



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YAPISAL ÇELİK KİRİŞLERİN ELASTİK KRİTİK MOMENT
DEĞERİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ
VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mevlüt ÇAT

DANIŞMAN

Prof. Dr. Mustafa SÖNMEZ

AKSARAY, 2019



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YAPISAL ÇELİK KİRİŞLERİN ELASTİK KRİTİK MOMENT
DEĞERİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ
VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mevlüt ÇAT

DANIŞMAN

Prof. Dr. Mustafa SÖNMEZ

AKSARAY, 2019

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 162303402 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, **Mevlüt ÇAT** tarafından hazırlanan “**YAPISAL ÇELİK KİRİŞLERİN ELASTİK KRİTİK MOMENT DEĞERİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mustafa SÖNMEZ

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Prof. Dr. Metin Hakan SEVERCAN

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Doç. Dr. İbrahim Özgür DENEME

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Tez Savunma Tarihi: 19/08/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

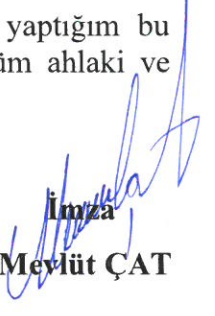
Doç. Dr. Mehmet Ali HİNİS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinallliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.


İmza
Mevlüt ÇAT

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve beni yalnız bırakmayan “Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği” bölümü öğretim üyelerinden kıymetli danışmanım Prof. Dr. Mustafa SÖNMEZ hocama katkılarından ötürü şükranlarımı sunarım. Manevi desteğinden ötürü Erdoğan ÖZTÜRK’e teşekkür ederim.

Bu çalışmayı; biricik kızım Zeynep ÇAT’a armağan ediyorum.

Mevlüt ÇAT
AKSARAY, 2019



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Konusu	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Hedefler	1
1.3 Araştırmanın Sınırlandırılması	2
2. YANAL BURULMALI BURKULMA DAVRANIŞI	3
2.1 Kavram ve Tanımlar.....	3
2.1.1 Kiriş elemanı için serbestlik dereceleri.....	4
2.1.2 Kesit geometrisi	7
2.1.3 Ağırlık merkezi (Center of Gravity, GC)	7
2.1.4 Kayma merkezi (Shear Center, SC).....	8
2.1.5 Dönme merkezi (Center of twist, TC)	10
2.1.6 Sınır şartları	10
2.1.7 Yükleme noktası seçimi.....	11
2.1.8 Saint Venant burulma teorisi (Üniform burulma)	11
2.1.9 Üniform olmayan burulma (Çarpılma kuvvetli burulma)	13
2.2 Yüklü Elemanların Düzlemde Burkulması ve Burkulma Modları	16
2.3 Yanal Burulma Burkulmasını Etkileyen Faktörler ve M_{cr} 'nin Analitik İncelemesi	17
2.3.1 Malzeme özellikleri	19
2.3.2 Kesit özellikleri.....	19
2.3.3 Kiriş uzunluğu	20
2.3.4 Yükleme tipi	20
2.3.5 Yükleme noktası	24
2.3.6 Kesit asimetrisi	25
2.3.7 Sınır koşulları.....	26
2.3.8 Etkili boy çarpanları k_z ve k_w	27
2.4 Amerikan Çelik Konstrüksiyon Enstitüsü, AISC.....	29
3. STANDARTLARIN KARŞILAŞTIRILMASI.....	30
3.1 TS EN 1993-1-1'e Göre Kiriş Tasarım Dayanımı	30
3.2 ÇYY-2018'e Göre Kiriş Tasarım Dayanımı	33
3.3 TS EN- 1993-1-1 İle ÇYY-2018'in Karşılaştırılması	35
4. YAZILIM VE YAZILIMDAN ELDE EDİLEN SONUÇLAR.....	38
4.1 LTBeam (CTICM)	38
4.2 Analiz Sonuçları	40
4.2.1 Yükleme durumu 1	40
4.2.2 Yükleme durumu 2	41
4.2.3 Yükleme durumu 3	41
4.2.4 Yükleme durumu 4	43
4.2.5 Yükleme durumu 5	43
4.2.6 Yükleme durumu 6	45

4.2.7 Yükleme durumu 7	46
4.2.8 Yükleme durumu 8	48
4.3 Analizlerin Değerlendirilmesi	50
5. BOZKURT OPTİMİZASYONU (GRAY WOLF OPTIMIZATION, GWO)	51
5.1 GWO' nün Temel Prensipleri.....	51
5.2 Matematiksel Modelleme ve Algoritma.....	52
5.3 GWO' in Yalancı Kodu.....	55
5.4 En Uygun C_1 Katsayılarının Hesaplanması.....	56
6. OPTİMİZASYON SONUÇLARI	58
6.1 Optimizasyon Sonucu.....	58
6.2 C_1 İçin Farklı Hesap Formülleri	59
6.3 Çalışmadan Elde Edilen C_1 Değerlerinin LTBeam ve Diğer Formüllerden Elde Edilen C_1 Değerleri İle Karşılaştırılması	61
6.3.1 Yükleme durumu 1 (Değişen oranlarda uç momentler)	61
6.3.2 Yükleme durumu 2 (Tekil yük)	62
6.3.3 Yükleme durumu 3 (Çift tekil yük)	63
6.3.4 Yükleme durumu 4 (Kısmi yayılı yük).....	65
6.3.5 Yükleme durumu 5 (Değişen oranlarda uç momentler ve tekil yük birlikte).....	65
6.3.6 Yükleme durumu 6 (Eşit şiddette uç momentler ve tekil yük birlikte) ...	68
6.3.7 Yükleme durumu 7 (Değişen oranlarda uç momentler ve kısmi yayılı yük birlikte).....	70
6.3.8 Yükleme durumu 8 (Eşit şiddette uç momentler ve kısmi yayılı yük birlikte).....	72
6.4 Hata Miktarları	74
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR	77
EKLER	79
EK A. 8 ve 16 metre Açıklığa Sahip IPE500 ve IPE240 Kirişleri İçin Farklı Yükleme Durumlarında Hesaplanan Moment ve C_1 Değerleri	80
EK B. Elastik Kritik Momentin (M_{cr}) Türetilmesi	284
EK C. IPE500 ve IPE240 Kesit Özellikleri İle Malzeme Özellikleri.	292
EK D. 8 ve 16 metre Açıklığa Sahip IPE500 ve IPE240 Kirişleri İçin Hesaplanan $M_{cr,ref}$ Değerleri	293
ÖZGEÇMİŞ	297

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPISAL ÇELİK KİRİŞLERİN ELASTİK KRİTİK MOMENT DEĞERİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mevlüt ÇAT

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa SÖNMEZ

ÖZET

Bu çalışmada, I enkesitli yapısal çelik kirişlerin yanal burulmalı burkulma davranışı incelenmiştir. Her iki ucundan zıt yönde ve eşit büyüklükte moment uygulanan basit mesnetli kirişin elastik kritik moment M_{cr} değeri analitik olarak kolay hesaplanır ve referans elastik kritik moment $M_{cr,ref}$ olarak isimlendirilir. Farklı mesnetleme ve yükleme durumlarında M_{cr} 'nin analitik olarak hesaplanması zor olduğu için genellikle nümerik yöntemlerin kullanılması kaçınılmaz olur. Bundan dolayı referans yükleme durumu dışındaki yükleme durumları için $M_{cr,ref}$ 'in eşdeğer üniform moment faktörü (C_1 veya C_b) ile çarpımı tavsiye edilmiştir. C_1 'in hesabı ile ilgili farklı formüller bulunmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı eşdeğer üniform moment faktörü C_1 için daha doğru sonuçlar veren bir ifadenin türetilmesidir.

Değişik yükleme durumları için kiriş boyunca sırayla $L/4$, $L/2$ ve $3L/4$ mesafelerindeki momentler M_A , M_B , M_C ve herhangi bir noktada oluşan maksimum moment M_{max} hesaplanmıştır. Bu işlem yapılırken M_{max} birim moment olarak ifade edilmiş ve diğer moment değerleri de M_{max} ile aynı oranda ölçeklendirilmiştir. Yine aynı yükleme durumları için LTBeam adlı yazılım kullanılarak M_{cr} değerleri bulunmuş ve bunların $M_{cr,ref}$ değerlerine oranlanması ile hesaplanan C_1 katsayıları tespit edilmiştir. Hedefimiz eşdeğer üniform moment faktörü C_1 'i M_A , M_B , M_C ve M_{max} 'ın bir fonksiyonu olarak yazabilmektir. Bu fonksiyondaki tasarım değişkenleri metasezgisel optimizasyon yöntemlerinden Bozkurt Optimizasyonu (GWO) kullanılarak Matlab programında yazılan bir kod vasıtası ile elde edilmiş ve C_1 için yeni bir ifade türetilmiştir.

Bu çalışmadan türetilen formül diğer formüller ile karşılaştırıldığında, çalışmanın amacına ulaştığı grafiklerden ve hata miktarlarından görülebilir. Önerilen formülün yanal burulmalı burkulma problemlerinde güvenli bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elastik kritik moment (M_{cr}), Eşdeğer üniform moment faktörü (C_1), Bozkurt optimizasyonu (GWO), Yanal burulmalı burkulma (LTB).

Ağustos, 2019; 297 sayfa

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION AND EVALUATION OF PARAMETERS AFFECTING THE ELASTIC CRITICAL MOMENT VALUE OF STRUCTURAL STEEL BEAMS

Mevlüt ÇAT

Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa SÖNMEZ

ABSTRACT

In this study, lateral torsional buckling behavior of I cross-section structural steel beams was investigated. The elastic critical moment M_{cr} value of the simple supported beam, where applied from both ends in opposite direction a moment of equal magnitude is easily calculated analytically and the reference elastic critical moment is called $M_{cr,ref}$. Analytical calculation of M_{cr} is difficult in different support and loading cases. Numerical methods are inevitable for this. Therefore, for loading cases other than the reference loading case, it is recommended that the $M_{cr,ref}$ be multiplied by the equivalent uniform moment factor (C_1 or C_b). There are different formulas for the calculation of C_1 . The main purpose of this study is to derivation an expression that gives more accurate results for equivalent uniform moment factor C_1 .

For the different loading cases, the moments M_A , M_B , M_C respectively at distances $L/4$, $L/2$ and $3L/4$ along the beam and the maximum moment M_{max} at any point was calculated. In this process, M_{max} was expressed as unit moment and other moment values are scaled at the same ratio as M_{max} . For the same loading cases, M_{cr} values were found by using LTBeam software, and C_1 coefficients calculated by ratioing them to $M_{cr,ref}$ values were determined. The aim is to write the equivalent uniform moment factor C_1 as a function of M_A , M_B , M_C and M_{max} . The design variables in this function were obtained by a code written using one of the metaheuristic optimization methods Gray Wolf Optimization (GWO) in Matlab program, and a new expression for C_1 was derivation.

When the formula derived from the study is compared with the other formulas, it can be seen from the graphs and error amounts that our study has achieved its purpose. It is concluded that the proposed formula can be used safely in lateral torsional buckling problems.

Keywords: Elastic critical moment (M_{cr}), Equivalent uniform moment factor (C_1), Gray wolf optimization (GWO), Lateral torsional buckling (LTB).

August, 2019; 297 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kiriş elamanı koordinat sistemi.	3
Şekil 2.2. Güçlü ekseninde eğilme.	3
Şekil 2.3. Zayıf ekseninde eğilme.	4
Şekil 2.4. x ekseni doğrultusunda ötelenme.	4
Şekil 2.5. y ekseni doğrultusunda ötelenme.	5
Şekil 2.6. z ekseni doğrultusunda ötelenme.	5
Şekil 2.7. x ekseni etrafında dönme.	5
Şekil 2.8. y ekseni etrafında dönme (Güçlü ekseninde eğilme).	6
Şekil 2.9. z ekseni etrafında dönme (Zayıf ekseninde eğilme-yanal burkulma).	6
Şekil 2.10. Çarpılma.	6
Şekil 2.11. Kesit geometrisi.	7
Şekil 2.12. Ağırlık merkezi.	7
Şekil 2.13. Simetri düzleminde yükleme.	8
Şekil 2.14. Simetri düzlemi ile çakışmayan yükleme.	8
Şekil 2.15. Kayma merkezi.	9
Şekil 2.16. Gerçek kiriş davranışı.	9
Şekil 2.17. Çatal desteği.	10
Şekil 2.18. Kayma merkezinden bir mesafeye (z_g) bir kuvvet (F) etkimesi.	11
Şekil 2.19. Dairesel bir elemana burulma momenti etkimesi.	13
Şekil 2.20. I kirişe burulma momenti etkimesi.	13
Şekil 2.21. Başlıkların yanal eğilmesinden kaynaklanan kesme kuvvetleri.	14
Şekil 2.22. Burkulma modları.	16
Şekil 2.23. Konsol kirişin yanal burulma burkulması.	17
Şekil 2.24. Çatal destekli kirişin yanal burkulması.	18
Şekil 2.25. Yanal burkulma riski olmayan kesitler.	19
Şekil 2.26. 3 farklı yükleme durumu ve moment diyagramları.	21
Şekil 2.27. Doğrusal moment dağılımları.	21
Şekil 2.28. Doğrusal olmayan moment dağılımları 1.	22
Şekil 2.29. Doğrusal olmayan moment dağılımları 2.	23
Şekil 2.30. μ oranına karşılık gelen C_1 değerleri.	24
Şekil 2.31. Yükleme noktasının kiriş dengesine etkisi.	24
Şekil 2.32. Çift ve tek simetri eksenli kesitler.	25
Şekil 2.33. Etkili boy.	27
Şekil 2.34. Farklı sınır durumları için etkili boy çarpanları ve burkulma boyları.	28
Şekil 3.1. Karakteristik eğilme momenti dayanımı.	33
Şekil 3.2. Her iki ucundan zıt yönde ve eşit büyüklükte moment uygulanan kirişler için dayanım eğrileri.	35
Şekil 3.3. Kiriş açıklığının ortasından tekil yük etki etmiş kirişler için dayanım eğrileri.	36
Şekil 3.4. Kiriş açıklığı boyunca düzgün yayılı yük etki etmiş kirişler için dayanım eğrileri.	37
Şekil 4.1. LTBeam sekme 1.	38
Şekil 4.2. LTBeam sekme 2.	38
Şekil 4.3. LTBeam sekme 3.	39
Şekil 4.4. LTBeam sekme 4.	39
Şekil 4.5. Yükleme durumu 1 için farklı kirişlere ait C_1 değerleri.	40
Şekil 4.6. Yükleme durumu 2 için farklı kirişlere ait C_1 değerleri.	41

Şekil 4.7. Yükleme durumu 3 için 8m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.	41
Şekil 4.8. Yükleme durumu 3 için 8m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.	42
Şekil 4.9. Yükleme durumu 3 için 16m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.	42
Şekil 4.10. Yükleme durumu 3 için 16m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.	42
Şekil 4.11. Yükleme durumu 4 için farklı kirişlere ait C_1 değerleri.	43
Şekil 4.12. Yükleme durumu 5 için 8m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.	43
Şekil 4.13. Yükleme durumu 5 için 8m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.	44
Şekil 4.14. Yükleme durumu 5 için 16m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.	44
Şekil 4.15. Yükleme durumu 5 için 16m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.	44
Şekil 4.16. Yükleme durumu 6 için 8m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.	45
Şekil 4.17. Yükleme durumu 6 için 8m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.	45
Şekil 4.18. Yükleme durumu 6 için 16m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.	46
Şekil 4.19. Yükleme durumu 6 için 16m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.	46
Şekil 4.20. Yükleme durumu 7 için 8m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.	47
Şekil 4.21. Yükleme durumu 7 için 8m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.	47
Şekil 4.22. Yükleme durumu 7 için 16m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.	47
Şekil 4.23. Yükleme durumu 7 için 16m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.	48
Şekil 4.24. Yükleme durumu 8 için 8m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.	48
Şekil 4.25. Yükleme durumu 8 için 8m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.	49
Şekil 4.26. Yükleme durumu 8 için 16m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.	49
Şekil 4.27. Yükleme durumu 8 için 16m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.	49
Şekil 5.1. Sürünün hiyerarşik yapısı.	52
Şekil 5.2. Sürünün avı izlemesi ve yakalaması	52
Şekil 5.3. (X,Y) koordinatındaki bir kurdun (X^*,Y^*) koordinatındaki avına ulaşması.	53
Şekil 6.1. Yükleme durumu 1 için C_1 değerleri.	61
Şekil 6.2. Yükleme durumu 2 için C_1 değerleri.	62
Şekil 6.3. Yükleme durumu 3 için LTBeam den elde edilen C_1 değerleri.	63
Şekil 6.4. Yükleme durumu 3 için Kirby ve Nethercot tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	63

Şekil 6.5. Yükleme durumu 3 için Yoo ve Lee tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.....	64
Şekil 6.6. Yükleme durumu 3 için Serna ve Lopez tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.....	64
Şekil 6.7. Yükleme durumu 3 için bu çalışmadan türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	64
Şekil 6.8. Yükleme durumu 4 için C_1 değerleri.	65
Şekil 6.9. Yükleme durumu 5 için LTBeam den elde edilen C_1 değerleri.....	66
Şekil 6.10. Yükleme durumu 5 için Kirby ve Nethercot tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	66
Şekil 6.11. Yükleme durumu 5 için Yoo ve Lee tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.....	67
Şekil 6.12. Yükleme durumu 5 için Serna ve Lopez tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	67
Şekil 6.13. Yükleme durumu 5 için bu çalışmadan türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	67
Şekil 6.14. Yükleme durumu 6 için LTBeam den elde edilen C_1 değerleri.....	68
Şekil 6.15. Yükleme durumu 6 için Kirby ve Nethercot tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	68
Şekil 6.16. Yükleme durumu 6 için Yoo ve Lee tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.....	69
Şekil 6.17. Yükleme durumu 6 için Serna ve Lopez tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	69
Şekil 6.18. Yükleme durumu 6 için bu çalışmadan türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	69
Şekil 6.19. Yükleme durumu 7 için LTBeam den elde edilen C_1 değerleri.....	70
Şekil 6.20. Yükleme durumu 7 için Kirby ve Nethercot tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	70
Şekil 6.21. Yükleme durumu 7 için Yoo ve Lee tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.....	71
Şekil 6.22. Yükleme durumu 7 için Serna ve Lopez tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	71
Şekil 6.23. Yükleme durumu 7 için bu çalışmadan türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	71
Şekil 6.24. Yükleme durumu 8 için LTBeam den elde edilen C_1 değerleri.....	72
Şekil 6.25. Yükleme durumu 8 için Kirby ve Nethercot tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	72
Şekil 6.26. Yükleme durumu 8 için Yoo ve Lee tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.....	73
Şekil 6.27. Yükleme durumu 8 için Serna ve Lopez tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	73
Şekil 6.28. Yükleme durumu 8 için bu çalışmadan türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Çarpılmaya göre kesit kategorileri.	15
Çizelge 2.2. Kısıtlı ve kısıtlanmamış kirişlerin burkulma modları.	26
Çizelge 2.3. Yanal burulma burkulması için etkili boy çarpanları.	28
Çizelge 3.1. Enkesit sınıfları için kesit modülü.	31
Çizelge 3.2. Uygun burkulma eğrisine karşılık gelen kusur faktörleri.	31
Çizelge 3.3. Yanal burulma burkulması için kusur faktörlerine ait öneriler.	32
Çizelge 3.4. Moment düzeltme faktörü.	32
Çizelge 6.1. Yeni katsayılar.	58
Çizelge 6.2. C_1 ifadelerine ait hata miktarları.	74



SİMGELER VE KISALTMALAR

AISC	American Institute Of Steel Construction
b	Başlık Genişliği [m]
C₁	Eşdeğer Üniform Moment Faktörü
C₂	Yükleme Noktası İçin Düzeltme Faktörü
C₃	Kesit Asimetrisi İçin Düzeltme Faktörü
CTICM	Centre Technique Industriel de la Construction Metallique
ÇYY-2018	Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik
d	Gövde Yüksekliği [m]
E	Elastisite Modülü [Pa]
EI	Eğilme Rijitliği [Pa. m ⁴]
Eurocode 3	TS EN-1993-1-1: 2005
F	Kuvvet [N]
G	Kayma Modülü [Pa]
GC	Ağırlık Merkezi
GI_t	Burulma Rijitliği [Pa. m ⁴]
H	Potansiyel Enerji [J]
h	Kiriş Yüksekliği [m]
H_e	Sistemin Harici Potansiyel Enerjisi [J]
H_i	Sistemin Dâhili Potansiyel Enerjisi [J]
I_t	Saint Venant Burulma Sabiti [m ⁴]
I_w	Çarpılma Sabiti [m ⁶]
I_z	z Ekseninde Eğilmede İkinci Atalet Momenti [m ⁴]
k	Etkili Boy Çarpanı
k_w	Çarpılma Sınır Durumu İçin Etkili Boy Çarpanı
k_z	Yanal Eğilme Sınır Durumu İçin Etkili Boy Çarpanı
L	Destekler Arası Kiriş Uzunluğu [m]
L_b	Basınç başlığında yanal yer değiştirmenin ve enkesit burulmasının önlendiği noktalar arasındaki eleman uzunluğu (stabilite bağlantısı ile desteklenmeyen eleman uzunluğu).
L_{cr}	Kritik Burkulma Boyu [m] (Eurocode 3)
L_p	Akma sınır durumu için yanal olarak desteklenmeyen sınır uzunluk.
L_r	Elastik olmayan yanal burulmalı burkulma durumu için sınır uzunluk.
M	Moment [Nm]
M_A	Yanal Stabilite Bağlantısı İle Desteklenen Noktalar Arasındaki Kiriş Uzunluğunun 1/4 Noktasındaki Eğilme Momentinin Mutlak Değeri
M_B	Yanal Stabilite Bağlantısı İle Desteklenen Noktalar Arasındaki Kiriş Uzunluğunun 1/2 Noktasındaki Eğilme Momentinin Mutlak Değeri
M_C	Yanal Stabilite Bağlantısı İle Desteklenen Noktalar Arasındaki Kiriş Uzunluğunun 3/4 Noktasındaki Eğilme Momentinin Mutlak Değeri
M_{cr}	Elastik Kritik Moment [Nm]
M_{cr,ref}	Referans Elastik Kritik Moment [Nm]
M_y	y Ekseni Etrafında Eğilme Momenti [Nm]
M_z	z Ekseni Etrafında Eğilme Momenti [Nm]
P_{cr}	Kritik Yük [N]
q_{cr}	Kritik Yayılı Yük [N/m]
SC	Kayma Merkezi
TC	Dönme Merkezi

t_f	Başlık Kalınlığı [m]
t_w	Gövde Kalınlığı [m]
u_t	Dönmeden Kaynaklanan Deplasman [m]
u_w	Çarpılmadan Kaynaklanan Deplasman [m]
u_x	x Doğrultusunda Deplasman [m]
u_y	y Doğrultusunda Deplasman [m]
u_z	z Doğrultusunda Deplasman [m]
W_y	y Eksen Etrafında Eğilme Dayanımı (Kesit Modülü) [m ³]
$\bar{x}$	Ağırlık Merkezinin Referans Noktasına Olan Uzaklığının Yatay Bileşeni [m]
$\bar{y}$	Ağırlık Merkezinin Referans Noktasına Olan Uzaklığının Düşey Bileşeni [m]
z_g	Yükleme Noktası ile Kayma Merkezi Arasındaki Mesafe [m]
z_j	Asimetrisinin y Eksen Üzerindeki Etkisine Bağlı Uzaklık [m]
z_s	Kayma Merkezi ile Ağırlık Merkezi Arasındaki Mesafe [m]
χ_{LT}	Yanal Burulma Burkulmasına İlişkin Burkulma Faktörü
Ψ	Uç Moment Oranı
γ_{M1}	Kısmi Güvenlik Faktörü
$d\phi$	Burulmaya Maruz Kalan Sonsuz Küçük Kiriş Elemanının Dönme Açısı
λ_{LT}	Yanal Burulma Burkulmasına İlişkin Narinlik Parametresi
μ	Fruchtengarten (2006), ya göre Değişen C_1 Oranı
ϕ	Dönme Açısı

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Konusu

Çubuk eksenlerine dik yük taşıyan eğilme elemanları olarak bilinen kirişlerin tasarımında farklı stabilite kontrolleri de yapılması gereklidir. Kirişlerdeki stabilite sorunları genellikle yanal burkulma olarak ortaya çıkar ve bu stabilite durumu yanal burulmalı burkulma olarak adlandırılır. Matematiksel olarak bu durum elastik kritik moment (M_{cr}) değeri ile ölçülür. Yanal burkulma, kirişe etkiyen yük, kiriş serbest açıklığı, kiriş enkesit özellikleri (enkesit boyutları), malzeme özellikleri, mesnetleme koşulları, uygulanan yükün şekli ve yükün konumu gibi birçok unsurdan etkilenir. Farklı yapısal tasarım programlarında farklı metotlar ile hesaplanan bu değerlerin analitik ve numerik olarak da farklı hesaplama yöntemleri mevcuttur. Bu tez çalışmasında M_{cr} değerini etkileyen eşdeğer üniform moment faktörü C_1 'in farklı hesaplama metotları incelenerek yeni bir formül tavsiye edilmiş ve M_{cr} 'i etkileyen parametrelere yer verilmiştir.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Hedefler

Ülkemizde çelik yapıların tasarım ve analizi için “TS EN 1993-1-1 Çelik yapıların tasarımı Bölüm 1-1: Genel kurallar ve binalara uygulanacak kurallar (Eurocode 3)” 2014 yılından beri, “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları” (ÇYY-2016) Resmi Gazetede yayımlandığı 2016 yılından beri kullanılmaktadır. “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları” en son 2018’de güncellenmiştir. Bu çalışmada bu standart kısaca ÇYY-2018 olarak isimlendirilecektir. TS EN 1993-1-1’de kirişlerin yanal burkulma tahkikleri için, M_{cr} değerinin söz konusu standarttaki Denk. 6.56’da kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Ancak, M_{cr} değerinin nasıl hesaplanacağı tasarımcıya bırakılmıştır. Yine benzer şekilde ÇYY-2018 de direkt olarak M_{cr} değeri yerine kritik gerilme F_{cr} değeri üzerine işlemlerin yapılması önerilmektedir ve sadece yükleme şekline bağlı olarak kritik gerilmenin değiştirilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Her iki standartta da M_{cr} 'i etkileyen faktörler ve nasıl bir formül kullanılacağı verilmemiştir. Bu konu ile ilgili birçok çalışma mevcuttur ve farklı formüller verilmiştir. Bu tez çalışmasında yanal burulma burkulması hakkında bilgi verilerek M_{cr} değerinin nasıl hesaplandığı ve bu değer

hesabını etkileyen parametrelerin neler olduğuna dair analitik ve nümerik çalışmalar ele alınacaktır. Farklı yükleme durumları için M_{cr} 'nin hesaplanması zahmetli bir işlemdir. Bu sebeple uç noktalarından eşit şiddette ve zıt yönlerde momente maruz kirişler referans yükleme durumu seçilmiş hesaplanan $M_{cr,ref}$ değerinin eşdeğer üniform moment faktörü C_1 ile çarpılarak farklı yük durumları için M_{cr} 'nin hesaplanmasına olanak sağlayabilecek bağıntılar karşılaştırılmıştır. Amaç eşdeğer sabit moment faktörü C_1 için hem pratik hem de daha doğru sonuçlar veren bir bağıntının türetilmesidir.

1.3 Araştırmanın Sınırlandırılması

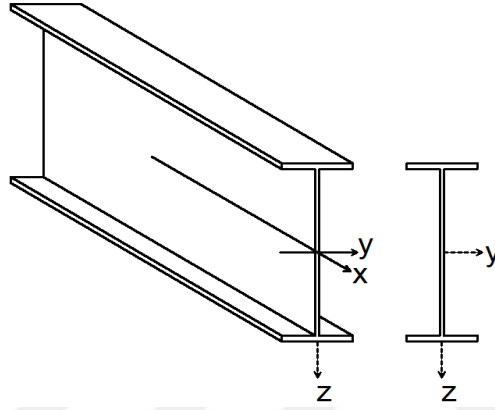
Yanal burulmalı burkulma, taşıyıcı elemanın hem eğilme hem de burulma halinde şekil değiştirdiği bir bileşik davranış durumudur. I, H, T, L gibi ince cidarlı enkesitlere sahip elemanlar açık enkesitli olmaları sebebi ile burulma rijitlikleri düşüktür. Bu sebepten ötürü bu enkesitteki elemanlar ile teşkil edilmiş eğilmeye maruz yapı elemanlarında yanal burulmalı burkulma riski söz konusudur.

Bu araştırmada ince cidarlı açık enkesitli I profilin yanal burulmalı burkulma tahkiki yapılacaktır. Diğer açık enkesit profiller bu çalışmanın dışındadır.

2. YANAL BURULMALI BURKULMA DAVRANIŞI

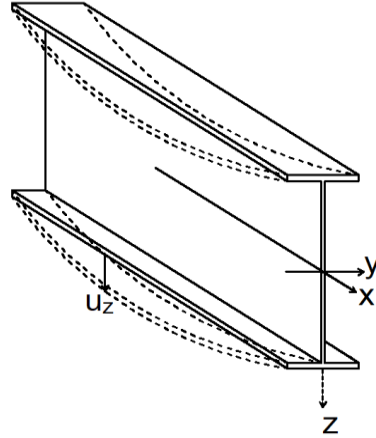
2.1 Kavram ve Tanımlar

Bu tez kapsamında eksenlerin yerleştirilmesi Şekil 2.1’de görüldüğü gibi kabul edilmiştir. Kiriş boyuna doğrultusundaki eksen x eksen, genişlik doğrultusundaki eksen y eksen ve yükseklik doğrultusundaki eksen z eksen olarak temsil edilmektedir. Notasyonlar ve şekil değiştirmeler bu yönlendirmelere göre tasarlanmıştır.



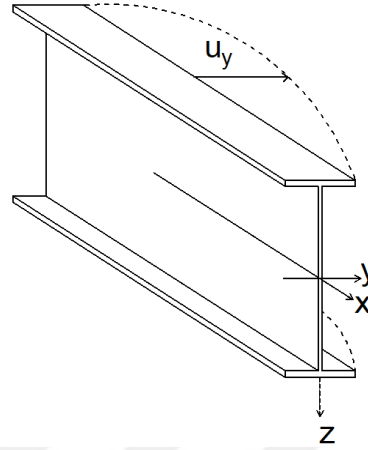
Şekil 2.1. Kiriş elamanı koordinat sistemi.

Bir kirişte, xz düzleminde etkiyen dış etkiler sonucunda M_y eğilme momenti meydana gelir. M_y eğilme momentinden kaynaklanan eğilmeye güçlü ekseninde eğilme denir. Şekil 2.2’de güçlü ekseninde eğilme sonucu oluşan z eksen doğrultusundaki deplasman (u_z) görülmektedir.



Şekil 2.2. Güçlü ekseninde eğilme.

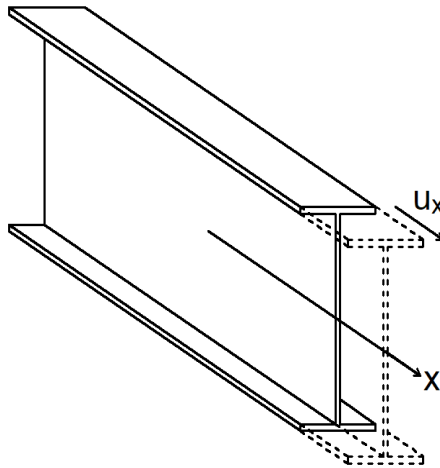
Kiriş xy düzleminde etkiyen dış etkiler sonucunda ise M_z eğilme momenti meydana gelir. M_z eğilme momentinden kaynaklanan eğilmeye de zayıf eksende eğilme denir. Şekil 2.3’de zayıf eksende eğilme sonucu oluşan y doğrultusundaki deplasman (u_y) görülmektedir.



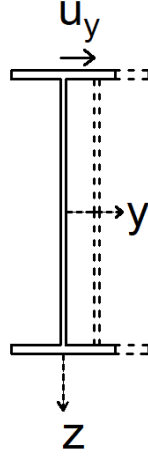
Şekil 2.3. Zayıf eksende eğilme.

2.1.1 Kiriş elemanı için serbestlik dereceleri

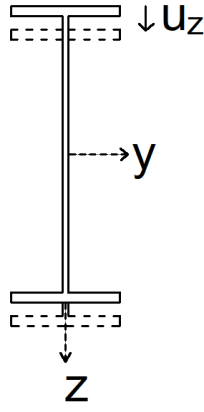
Bir kiriş elemanı için yedi farklı serbestlik derecesi vardır. Bu serbestlik dereceleri kirişin hareket kabiliyeti ile ilgilidir. Şekil 2.4, Şekil 2.5 ve Şekil 2.6 sırayla x , y ve z eksenleri doğrultusundaki ötelenmeyi gösterir.



Şekil 2.4. x ekseni doğrultusunda ötelenme.

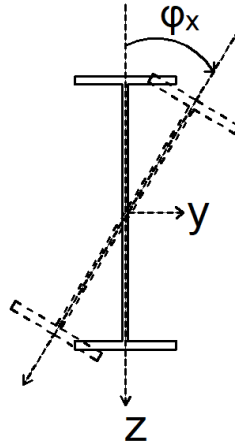


Şekil 2.5. y eksenî doğrultusunda ötelenme.

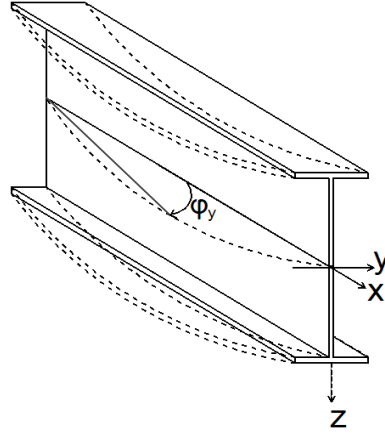


Şekil 2.6. z eksenî doğrultusunda ötelenme.

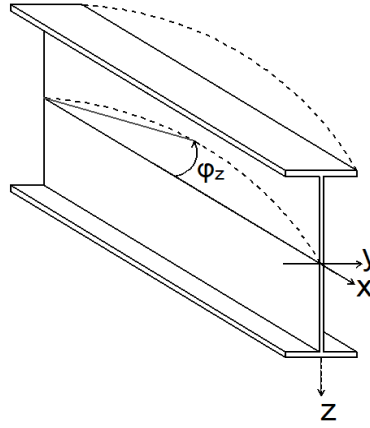
Şekil 2.7, Şekil 2.8 ve Şekil 2.9’da ise sırayla x, y ve z eksenleri etrafındaki dönme açıları görülmektedir.



Şekil 2.7. x eksenî etrafında dönme.

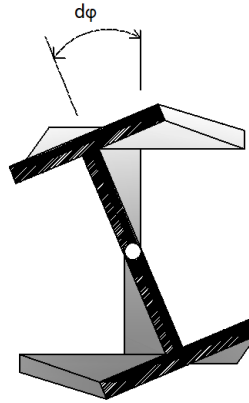


Şekil 2.8. y eksenini etrafında dönme (Güçlü ekseninde eğilme).



Şekil 2.9. z eksenini etrafında dönme (Zayıf ekseninde eğilme-yanal burkulma).

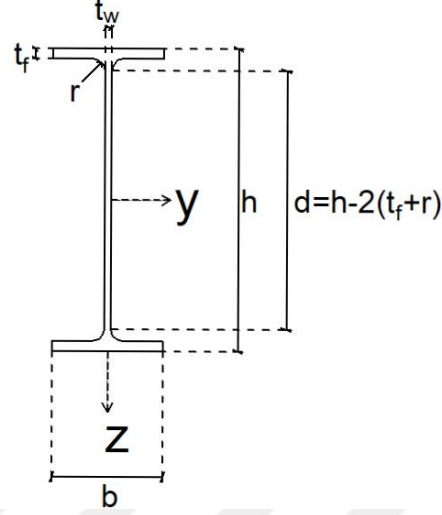
Şekil 2.10'da çarpılma sonucu kiriş elemanında oluşabilecek deformasyon temsil edilmiştir.



Şekil 2.10. Çarpılma.

2.1.2 Kesit geometrisi

Bu tez çalışmasında çift simetri eksenine sahip I enkesitli hazır profiller kiriş elemanı olarak kullanılacaktır. Şekil 2.11’de bu kirişlerin kesit geometrisi verilmiştir.

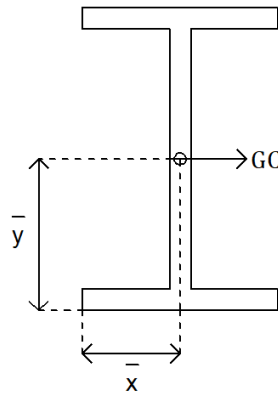


Şekil 2.11. Kesit geometrisi.

2.1.3 Ağırlık merkezi (Center of Gravity, GC)

Çift simetri eksenli bir kesitin ağırlık merkezi simetri eksenlerinin kesiştiği noktadadır. Bu durumda Şekil 2.12’de belirtilen ağırlık merkezinin koordinatları aşağıdaki eşitliklerden elde edilir.

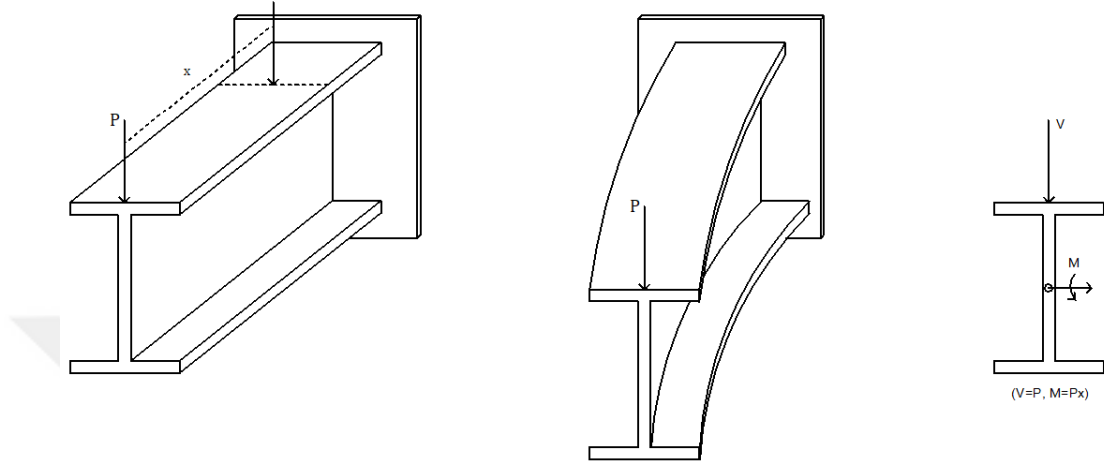
$$\left(\bar{x} = \frac{b}{2}, \quad \bar{y} = \frac{h}{2} \right) \quad (2.1)$$



Şekil 2.12. Ağırlık merkezi.

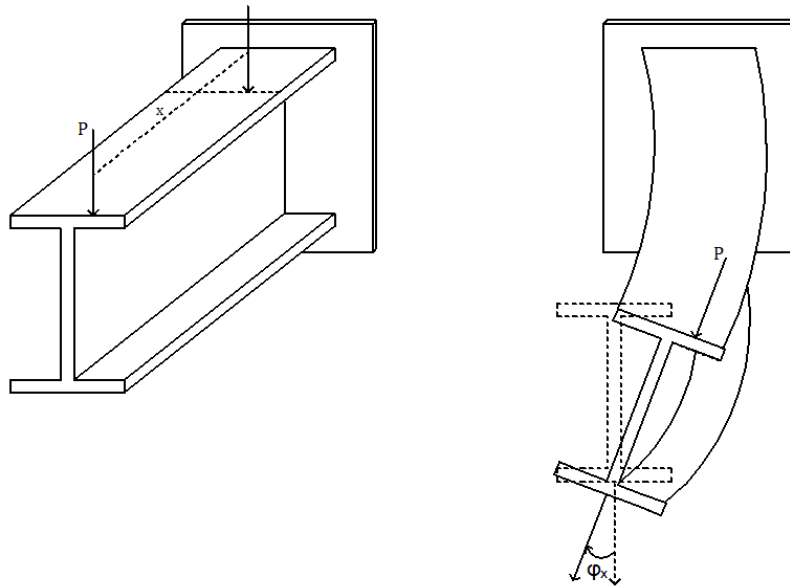
2.1.4 Kayma merkezi (Shear Center, SC)

Kusursuz bir I kirişin simetri düzlemindeki yüklemeye burulma meydana gelmez. Sadece simetri düzleminde eğilme gerçekleşir (Bkz. Şekil 2.13).



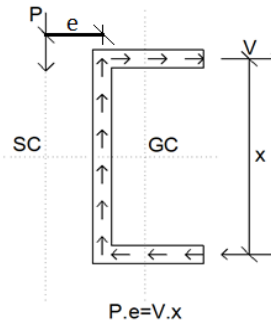
Şekil 2.13. Simetri düzleminde yükleme.

Şekil 2.14’de görüldüğü gibi kuvvetler çizgisi simetri eksenini ile çakışmıyor ise eğilmenin yanında burulmada meydana gelir.



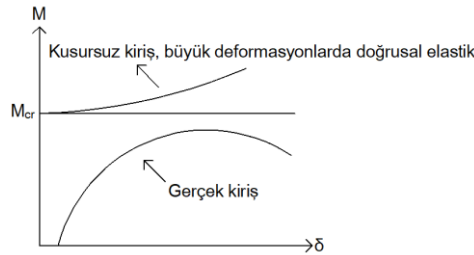
Şekil 2.14. Simetri düzlemi ile çakışmayan yükleme.

Şekil 2.15’de görüldüğü gibi kuvvetin doğrultusu kesit simetri eksenini ile çakışmıyor. Bu tür yüklemelerde burulmanın meydana gelmemesi için yük kayma merkezinden (SC) uygulanmalıdır. Kayma merkezinden yapılan yüklemelerde kiriş düşey düzlemde burulmasız eğilme davranışı gösterecektir. Bu durumda, aynı simetri düzlemindeki yüklemeye olduğu gibi; kesme kuvvetinden dolayı kayma gerilmeleri eğilme momentinden dolayı normal gerilmeler meydana gelir. Kayma merkezi dışındaki yüklemelerde ise burulmadan kaynaklanan gerilmelerinde hesaplanması gerekir.



Şekil 2.15. Kayma merkezi.

Çift simetri eksenli I profillerde ağırlık merkezi ile kayma merkezi aynı noktadır. Ancak bu kusursuz geometriye sahip bir kiriş için geçerlidir. Gerçek kirişler ideal kirişlerden farklı davranışlar sergiler çünkü hiçbir kiriş mükemmel düzlükte değildir. Gerçek kirişlerin bu ilk kusurlar ve artık gerilmeler gibi sebeplerden ötürü kapasiteleri ideal kirişlere nazaran daha azdır. Başlangıçta var olan kusur yükün artması ile artacaktır ve kritik yüke yaklaştıkça deformasyonlar daha da dikkat çekici bir hale gelecektir. Bu sebeplerden ötürü hiçbir gerçek kirişin kapasitesi teorik olarak hesaplanan elastik kritik moment M_{cr} değerine ulaşamaz. Şekil 2.16’dan bu durum daha net anlaşılabilir.



Şekil 2.16. Gerçek kiriş davranışı.

2.1.5 Dönme merkezi (Center of twist, TC)

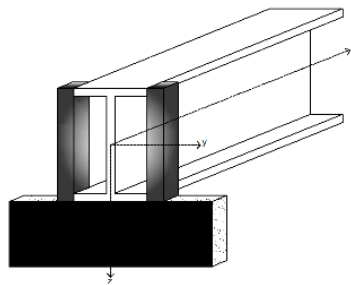
Burulma momentine maruz kalan kesitin döneceği noktadır. TC ve SC tanımları farklı olduğu için farklı yollardan türetilirler ancak temelde her zaman çakışmaktadırlar.

2.1.6 Sınır şartları

Tek açıklıklı basit mesnetli kiriş göz önüne alındığında y yönünde harekete sınırlandırıldığı kabul edilir. Ancak z yönündeki deplasmanlar hakkında bilgi vermez. Yanal burkulma ile ilgili çalışmalarda yanıl desteklerin nasıl olacağı da belirlenmelidir. Genellikle Şekil 2.17’de verilen mesnetleme şekli kullanılır. Kiriş boyuna doğrultusunda yani x yönünde hareket bir tarafta serbest bırakılıp diğer tarafta sınırlandırılır. Kirişin kendi eksenini etrafında dönmemesi için x eksenini etrafındaki dönmeye sınırlandırılmalıdır. Bu sınırlamalar dışında kalanlar ise; y eksenini etrafında dönme (güçlü eksen eğilmesi), z eksenini etrafında dönme (zayıf eksen eğilmesi, yanıl eğilme, k_z) ve çarpılmalıdır (k_w)

Çatal desteği diye anılan sınır koşulları aşağıda tanımlanmıştır.

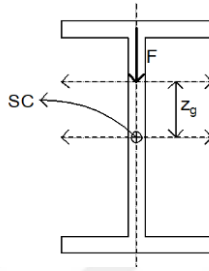
- (1) x , y ve z eksenlerinde ötelenme (tutulu)
- (2) x eksenini etrafında dönme (tutulu)
- (3) y eksenini etrafında dönme (serbest)
- (4) z eksenini etrafında dönme (serbest)
- (5) Çarpılma (serbest)



Şekil 2.17. Çatal desteği.

2.1.7 Yükleme noktası seçimi

Yükleme noktası, kesitte yükün etki ettiği noktadır. Yükleme noktasının kayma merkezinde olduğu varsayımı yaygındır fakat yanal burulmalı burkulma davranışında yükün gerçekte üst veya alt başlığa etki etmesi durumunda bu varsayım yanlış sonuçlar doğuracaktır. Bu sebeple yanal burulmalı burkulma davranışı için yükleme noktası burkulma kapasitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Ahlén ve Westlund, 2013). Şekil 2.18’de belirtilen z_g yükün etki ettiği nokta ile kayma merkezi arasındaki mesafedir.



Şekil 2.18. Kayma merkezinden bir mesafeye (z_g) bir kuvvet (F) etkimesi.

2.1.8 Saint Venant burulma teorisi (Üniform burulma)

Kirişler burulmaya maruz kaldıklarında bir φ açısı ile dönerler. Bir kiriş enkesitinin kiriş boyuna eksenini etrafındaki dönmesine burulma dönmesi denir. dx boyunda bir kiriş elemanının dönmesi $d\varphi$ olduğuna göre, birim dönme değeri;

$$\varphi' = \frac{d\varphi}{dx} \quad (2.2)$$

‘Üniform burulma halinde φ' birim dönmesi kiriş boyunca sabittir.’ (Deren vd., 2012)

Burulmaya maruz kalan I-kirişlerde kesitler düzlemde kalmaz. Bunun anlamı hem dönme hem de yerel çarpılma meydana gelir. St. Venant burulma halinde, kiriş boyunca tüm enkesitlerde bu çarpılmalar aynıdır. Bu etkiler, kesitlerde kesme kuvvetleri tarafından engellenir ve kesme kuvvetleri de burulma rijitliğine, GI_t 'ye bağlıdır. Üniform burulma momenti Denk. (2.3)’de verilmiştir.

$$T_{\text{Saint Venant}} = GI_t \cdot \frac{d\varphi}{dx} = GI_t \cdot \varphi' \quad (2.3)$$

T_{Saint Venant}: Üniform Burulma Momenti, G_t: Burulma Rijitliği

G: Kayma Modülü, I_t: Burulma Mukavemeti

Üniform burulma halinde burulma momenti de çubuk boyunca sabittir. TS EN 1993-1-1: 2005 standardı kapsamına giren yapısal çelikler için G kayma modülü aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \quad (2.4)$$

Burada; E: Elastisite modülü, ν : Elastik aşamadaki Poisson oranı

Yine aynı standart kapsamına giren yapısal çelikler için aşağıdaki değerlerin kullanılacağı belirtilmiştir.

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2 \text{ ve } \nu = 0.3$$

Bu katsayılar Denk. (2.4)'de yerine yazılacak olursa Denk. (2.5) elde edilir.

$$G = \frac{210000 \text{ N/mm}^2}{2(1 + 0.3)} \cong 80769.23 \text{ N/mm}^2 \quad (2.5)$$

TS EN 1993-1-1: 2005'de G kayma modülünün değerinin yaklaşık 81000 N/mm² alınabileceği belirtilmektedir.

I kirişler gibi açık enkesitli çubuklarda I_t burulma mukavemeti aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$I_t = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n b_i t_i^3 \quad (2.6)$$

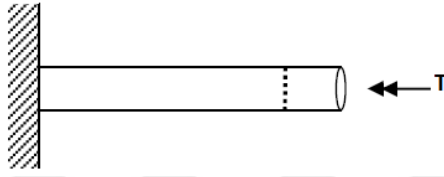
Üzerinde çalıştığımız çift simetri eksenli I kesit için burulma mukavemeti yazılacak olursa Denk. (2.7) elde edilir.

$$I_t = \frac{1}{3} (2 \cdot b t_f^3 + d t_w^3) \quad (2.7)$$

2.1.9 Üniform olmayan burulma (Çarpılma kuvvetli burulma)

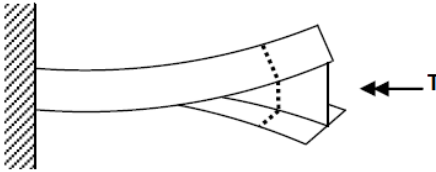
Burulmaya maruz dairesel kesitli bir elemanda; enkesitler, burulmadan sonrada burulmadan önceki gibi düzlem kaldığı düşüncesi ile bu kesitlerde çarpılma etkileri ihmal edilebilir. Bu durum Saint Venant burulma halidir. Böylece toplam burulma momenti T , üniform burulma momentine eşit olacaktır. Şekil 2.19’da ki gibi dairesel kesitli elemanlar için toplam burulma momenti aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$T = T_{\text{Saint Venant}} = G I_t \cdot \frac{d\varphi}{dx} = G I_t \cdot \varphi' \quad (2.8)$$



Şekil 2.19. Dairesel bir elemana burulma momenti etkimesi.

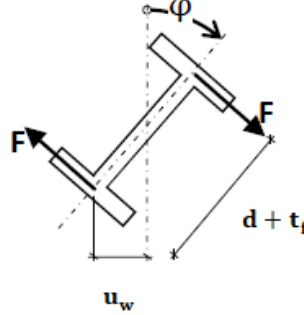
Dairesel olmayan kesitler burulmaya maruz kaldığında kesit elemanları başlangıç düzleminde kalmayacaktır. Burulma momenti elemanın parçalarını bükerek başlangıç düzleminin dışına çıkaracaktır. Bu tür deformasyona çarpılma denir. Başlıklar farklı yönlere saptığında kesitler artık başlangıç düzleminde değillerdir. Şekil 2.20’de görüldüğü gibi mesnette, başlıkların hareket kabiliyeti engellendiği için çarpılma önlenir.



Şekil 2.20. I kirişe burulma momenti etkimesi.

Üniform olmayan burulma halinde hem birim dönme hem de burulma momenti kiriş boyunca sabit değildir. Çift simetri eksenli bir I kesite etki eden burulma momenti, hem Saint Venant kayma gerilmelerine hem de çarpılma etkilerine karşı direnç gösterir. Bu durumda toplam burulma momenti, üniform burulma momenti (Primer burulma momenti) ile çarpılma burulması momentinin (Sekonder burulma momenti) toplamına eşittir.

I kesitlerde, başlıkların yanal sapması nedeniyle kesme kuvvetleri ortaya çıkacaktır (Bkz. Şekil 2.21). Bu durumda çarpılma etkileri, başlıklardaki kesme kuvvetlerinden ortaya çıkan momentin hesaplanmasıyla açıklanabilir.



Şekil 2.21. Başlıkların yanal eğilmesinden kaynaklanan kesme kuvvetleri.

Şekil 2.21 göz önüne alındığında çarpılmadan kaynaklanan deplasman (u_w), dönme (φ) cinsinden ifade edilebilir.

$$u_w = \frac{d + t_f}{2} \cdot \varphi \quad (2.9)$$

Bu yanal deformasyondan dolayı bir eğilme momenti (M) ve başlıkta bir kesme kuvveti (F) oluşur.

$$M = -EI_{z,flange} \cdot u_w'' = -EI_{z,flange} \cdot \frac{d + t_f}{2} \cdot \varphi'' \quad (2.10)$$

$$F = \frac{dM}{dx} = -EI_{z,flange} \cdot \frac{d + t_f}{2} \cdot \varphi''' \quad (2.11)$$

Gövdenin ikinci atalet momentine katkısı çok küçüktür ve hesaplamalarda ihmal edilebilir. Çift simetrik kesitler dikkate alındığından, ikinci atalet momenti her iki başlık için eşittir.

Böylece;

$$I_z = 2 \cdot I_{z,flange} \quad (2.12)$$

$$F = -E \frac{I_z}{2} \cdot \frac{d + t_f}{2} \cdot \varphi''' \quad (2.13)$$

Başlıklara etki eden kesme kuvvetleri bir kuvvet çifti oluşturur bu kuvvet çifti de bir dönme momentine neden olur.

$$T_{\text{warping}} = F(d + t_f) = -\frac{EI_z \cdot (d + t_f)^2}{4} \cdot \varphi''' \quad (2.14)$$

Buradan çarpılma mukavemeti I_w 'nin aşağıdaki değeri alacağı aşikârdır.

$$I_w = \frac{I_z(d + t_f)^2}{4} \quad (2.15)$$

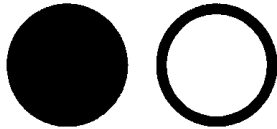
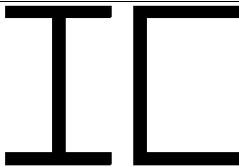
$$T_{\text{warping}} = -EI_w \cdot \varphi''' \quad (2.16)$$

Bu çıkarımlar ışığında toplam burulma momentinin aşağıdaki denklemde olduğu gibi yazılabileceği sonucuna varılabilir.

$$T = T_{\text{Saint Venant}} + T_{\text{warping}} = GI_t \cdot \varphi' - EI_w \cdot \varphi''' \quad (2.17)$$

Höglund çarpılma konusunda kesitleri 3 farklı kategoriye ayırmıştır (Ahnlén ve Westlund, 2013). Bu kategoriler ve kesit türleri Çizelge 2.1'de görülebilir.

Çizelge 2.1. Çarpılmaya göre kesit kategorileri.

(1) Çarpılmaya serbest kesitler ($I_w = 0$)	
(2) Çarpılma yarı serbest kesitler ($I_w \approx 0$ kabul edilebilir)	
(3) Çarpılma kesitleri (I_w ihmal edilemez)	

Burada çarpılmaya serbest kesitler, çarpılma oluşmayan kesitlerdir yani $I_w = 0$ ve $T_{\text{warping}} = 0$ 'dır. Çarpılma yarı serbest kesitler, hesaplamalarda çarpılmanın ihmal edilebileceği kesitlerdir. Çarpılma kesitleri ise, hesaplamalarda çarpılmanın dikkate alınması gereken kesitlerdir.

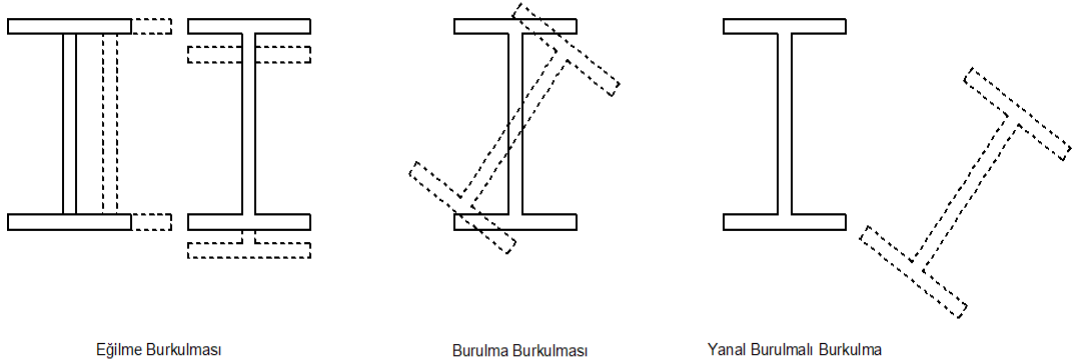
2.2 Yüklü Elemanların Düzlemde Burkulması ve Burkulma Modları

Bir kiriş yükleme tipi ve deformasyon şekline göre farklı modlarda burkulabilir (Bkz. Şekil 2.22). Çoğu zaman eğilme, burulma ve çarpılma gibi deformasyonlardan birkaçı aynı anda meydana gelir. Kesit bu deformasyonların her birine ayrı dirençler gösterir. Eğer kesit sadece eğiliyorsa buna eğilme burkulması denir ve kesit kuvvetleri eğilme rijitliği EI 'ya bağlıdır. Elemanın sadece dönmesi ile oluşan burkulma ise burulmalı burkulma olarak adlandırılır. Bu durumda kesit direnci burulma rijitliği GI_t ve çarpılma rijitliği EI_w 'ye bağlıdır. Bahsedilen hallerin hepsinin bir arada meydana geldiği yanal burulmalı burkulma hali ise aralarındaki en karmaşık davranış biçimidir. Bu davranış biçiminde eleman eksenı etrafında dönüyor ve aynı zamanda eğilerek yanal sapıyordur. Bu burkulma modunda kesit dirençleri; eğilme rijitliği EI , burulma rijitliği GI_t ve çarpılma rijitliği EI_w 'ye bağlıdır.

I : Atalet Momenti

I_t : Burulma Mukavemeti

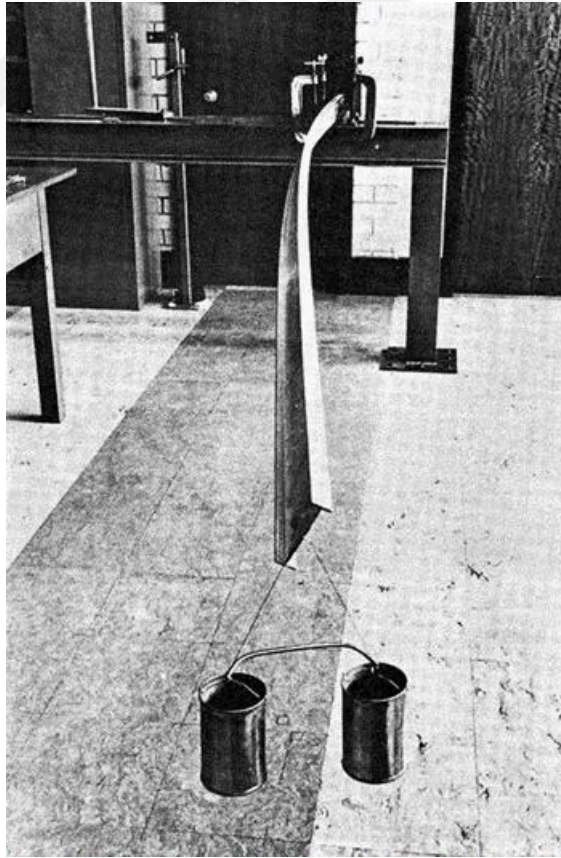
I_w : Çarpılma Mukavemeti



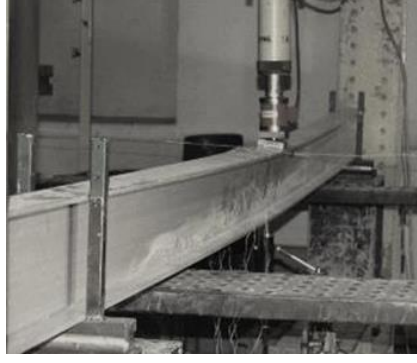
Şekil 2.22. Burkulma modları.

2.3 Yanal Burulma Burkulmasını Etkileyen Faktörler ve M_{cr} ' nin Analitik İncelemesi

Güçlü eksen eğilmesine maruz konsol bir I enkesitli kiriş eğer narin ise kesit taşıma kapasitesine ulaşmadan burkulabilir (Bkz. Şekil 2.23). Yani eğilme momenti kirişi eğmeye başlamadan önce kirişin narinliği sebebi ile kirişte yanal sapmalar ve dönme gerçekleşebilir buda kirişin taşıma kapasitesini azaltacaktır. Böylece kiriş daha eğilme taşıma kapasitesine ulaşmadan yanal burulmalı burkulma davranışını gösterecektir. Bu davranışın altında yatan sebep her ne kadar narinlik olsa da bir diğer sebepte sınır şartlarıdır. Konsol kirişin bir ucunun tamamen serbest olması da bu deformasyonun ortaya çıkmasında etkilidir. Çatal desteği ile bu durumun önüne geçilebilir (Bkz. Şekil 2.24). Uzunluğu fazla olan kirişler daha kısa olanlara nazaran daha narindir. Bunun için daha küçük yüklerde burkulurlar. Uzunlukları aynı kirişlerde de enine kesiti dar olanlar yine diğerlerine nazaran daha düşük yüklerde burkulurlar.



Şekil 2.23. Konsol kirişin yanal burulma burkulması (Ahnén ve Westlund, 2013).



Şekil 2.24. Çatal destekli kirişin yanal burkulması (Ahnén ve Westlund, 2013).

Yanal burulma burkulmasını etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- (1) Malzeme özellikleri (G , E)
- (2) Enkesit özellikleri (I_t , I_w , I_z)
- (3) Kiriş serbest uzunluğu (L)
- (4) Sınır koşulları (Güçlü ekseninde eğilme, zayıf ekseninde eğilme, çarpılma)
- (5) Yükleme tipi (Yayılı yük, tekil yük, uç moment vb.)
- (6) Yükleme noktası (Üst başlık, kayma merkezi, alt başlık)

Yukarıdaki faktörler göz önünde bulundurularak doğru özelliklere sahip bir kiriş seçilirse yanal burulma burkulması önlenabilir (Ahnén ve Westlund 2013).

Yanal burulma burkulma riski, aşağıda belirtilen özelliklere sahip kirişler için yüksektir.

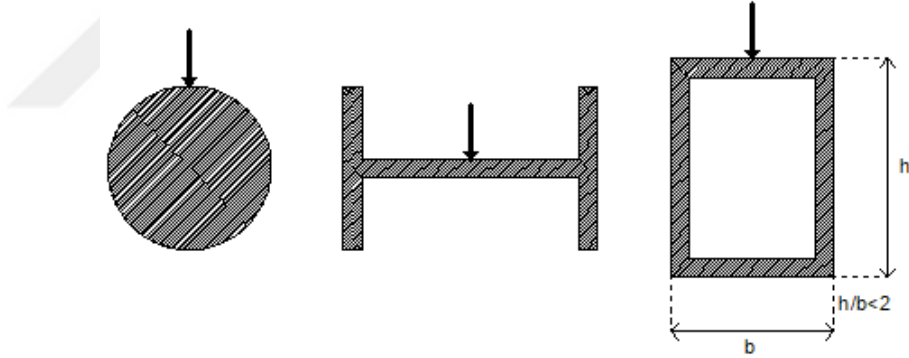
- (a) Mesnetler arası açıklığın uzun olduğu kirişlerde. (L)
- (b) Zayıf ekseninde eğilme rijitliği düşük olan kirişlerde. (EI_z)
- (c) Burulma rijitliği düşük olan kirişlerde. (GI_t)
- (d) Çarpılma rijitliği düşük olan açık enkesitli kirişlerde. (EI_w)
- (e) Yükün üst başlığa etki ettiği kirişlerde.

2.3.1 Malzeme özellikleri

Elastisite modülü, eğilme rijitliği (EL_z) ile çarpılma rijitliği nin (EL_w), kayma modülü ise burulma rijitliği nin (GI_t) bir çarpanıdır. Elastisite modülünün artması ile eğilme rijitliği ve çarpılma rijitliği nin, kayma modülünün artması ile de burulma rijitliği nin artacağı aşikârdır. Bunun sonucu olarakta tabii ki kirişin taşıma kapasitesi artacaktır. Elastisite modülü (E) ve kayma modülü (G) kirişin imal edildiği malzemenin özelliklerine bağlı büyüklüklerdir.

2.3.2 Kesit özellikleri

Yanal burulma burkulması güçlü eksen eğilmesinde mümkündür. Zayıf ekseninde eğilme rijitliği yeterince yüksekse veya rijitlik her iki eksen etrafında eşitse, yanal burulmalı burkulma oluşmaz (Ahnén ve Westlund, 2013). Şekil 2.25’de yanal burkulma riski olmayan kesitler verilmiştir.



Şekil 2.25. Yanal burkulma riski olmayan kesitler (Ahnén ve Westlund, 2013).

Zayıf ekseninde eğilme atalet momenti I_z , burulma sabiti I_t ve çarpılma sabiti I_w değerlerinin hesabı kesit geometrisi ile ilgilidir. Bu çarpanların hepsi sadece kiriş yüksekliği h , gövde yüksekliği d , başlık genişliği b , başlık kalınlığı t_f ve gövde kalınlığı t_w gibi kesit geometrisi ile ilgili büyüklüklere bağlıdır. Bunların dışında kesit asimetrisi de yanal burulmalı burkulma davranışını etkileyen kesit özelliklerindendir. Bu konu bölüm 2.3.7 de ele alınacaktır.

2.3.3 Kiriş uzunluğu

Aynı enkesite sahip kirişlerden uzun olanları kısımlara oranla daha narindir. Yanal burulmalı burkulma davranışı narin kirişlerde sık rastlanan bir durumdur. Mesnetler arası açıklığın fazla olması kirişin taşıma kapasitesi üzerinde olumsuz etkilerde bulunur. İlerleyen bölümlerde açıklanacak olan elastik kritik moment M_{cr} 'nin hesaplanmasında kullanılan 3 faktörlü formülün Denk. (2.18)'de verilen en basit referans durum için tasarlanmış halinden de anlaşılacağı gibi taşıma kapasitesi, kiriş uzunluğu (L) ile ters orantılıdır.

$$M_{cr,ref} = \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z}} \quad (2.18)$$

Bu denklemin türetilmesi Ek B de verilmiştir.

2.3.4 Yükleme tipi

Denk. (2.18) uç momentlere maruz bir basit kiriş için türetilmiş elastik kritik momenti verir. Bu referans denklem farklı durumlar için genişletilebilir.

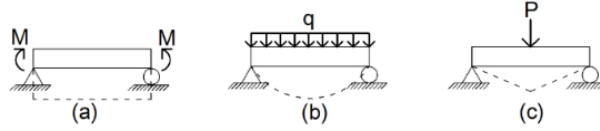
Şekil 2.26 (a) her iki ucundan zıt yönde ve eşit büyüklükte moment uygulanmış bir basit kiriştir. Bu durum için geçerli M_{cr} Denk. (2.18)'dir.

Şekil 2.26 (b) de düzgün yayılı yük ile açıklık boyunca yüklenmiş basit kiriş için geçerli M_{cr} denklemi;

$$M_{cr} = \frac{q_{cr} \cdot L^2}{8} = 1.13 \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z}} \quad (2.19)$$

Şekil 2.26 (c) de Orta açıklıkta tekil yük ile yüklenmiş basit kiriş için geçerli M_{cr} denklemi;

$$M_{cr} = \frac{P_{cr} \cdot L}{4} = 1.36 \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z}} \quad (2.20)$$



Şekil 2.26. 3 farklı yükleme durumu ve moment diyagramları.

Bu denklemler arasındaki tek fark başlarındaki katsayılarıdır. Buda genel bir yükleme durumu için elastik kritik momentin aşağıdaki gibi yazılabileceğini gösterir.

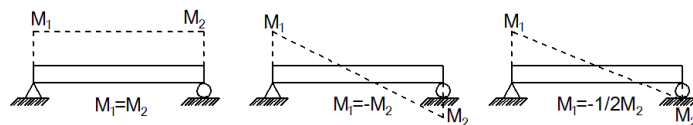
$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z}} \quad (2.21)$$

C_1 eşdeğer üniform moment faktörü olarak isimlendirilir. Bu üç farklı durum için C_1 'in aldığı değerler 1.0, 1.13 ve 1.36 olarak sıralanır. Burada dikkat çeken bir durum moment diyagramları altında kalan alan küçüldükçe C_1 faktörünün büyümesidir buda C_1 değerinin moment diyagramının şekli ile ilişkili olduğunu gösterir (Yoo ve Lee, 2011). Yükleme tipi moment diyagramını etkilediğinden, C_1 ve M_{cr} değerlerini de etkilemektedir (Ahnén ve Westlund, 2013).

Standart yük durumları için C_1 değerleri el kitaplarındaki tablolarda bulunabilir. Tablo değerlerinin bulunmadığı durumlarda eğri uydurma teknikleri kullanılarak türetilmiş ifadelerle yaklaşık C_1 değerleri hesaplanabilir. Kesin ifadelerin oluşturulması zordur çünkü C_1 , moment diyagramının şeklinden daha fazla faktöre bağlıdır.

C_1 için ilk ifadelerden biri 1955'te M.G. Salvadory tarafından ortaya atıldı (Serna vd., 2006). İfade Şekil 2.27'de verilen doğrusal moment dağılımları göz önüne alındığında makul sonuçlar verir.

$$C_1 = 1.75 - 1.05\Psi + 0.3\Psi^2 \leq 2.3 \quad (\Psi = \frac{M_1}{M_2}) \quad (2.22)$$

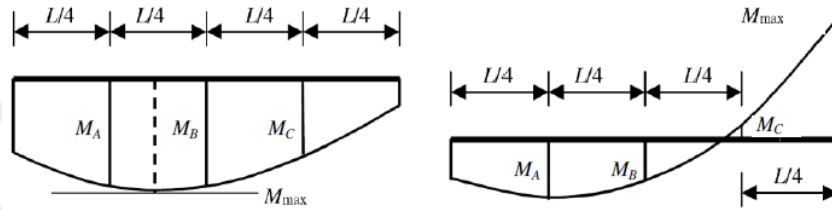


Şekil 2.27. Doğrusal moment dağılımları.

Kirby ve Nethercot, (1979) hem doğrusal hem de doğrusal olmayan moment diyagramlarına uygulanan bir C_1 ifadesi türetmiştir.

$$C_1 = \frac{12 M_{\max}}{3 M_A + 4 M_B + 3 M_C + 2 M_{\max}} \quad (2.23)$$

M_A , M_B ve M_C sırayla kiriş boyunca $L/4$, $L/2$ ve $3L/4$ mesafelerindeki momentlerin mutlak değerlerini, $M_{\max}$ ise kiriş boyunca herhangi bir mesafede oluşan maksimum momentin mutlak değerini temsil etmektedir (Bkz. Şekil 2.28).



Şekil 2.28. Doğrusal olmayan moment dağılımları 1.

Serna vd., (2006) çalışmalarında C_1 'in, Kirby ve Nethercot, (1979) tarafından varsayıldığı gibi, yalnızca moment dağılımına bağlı olmadığını, aynı zamanda sınır koşullarına bağlı olarak çarpılma ve yanal eğilmeden de etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Bu, C_1 için sınır koşullarıyla ilgili faktör içermeyen bir ifadenin türetilmesinin mümkün olmadığı anlamına gelir. Böylece çarpılma ve yanal eğilme ile ilgili faktörleri denklemlerine katıp Denk. (2.24)'ü türetmişlerdir (Ahnén ve Westlund, 2013).

$$C_1 = \frac{\sqrt{\sqrt{k} \cdot A_1 + \left(\frac{1 - \sqrt{k}}{2} \cdot A_2\right)^2} + \left(\frac{1 - \sqrt{k}}{2} \cdot A_2\right)}{A_1} \quad (2.24)$$

$$k = \sqrt{k_z \cdot k_w} \quad (2.25)$$

$$A_1 = \frac{M_{\max}^2 + \alpha_1 \cdot k \cdot M_1^2 + \alpha_2 \cdot k \cdot M_2^2 + \alpha_3 \cdot k \cdot M_3^2 + \alpha_4 \cdot k \cdot M_4^2 + \alpha_5 \cdot k \cdot M_5^2}{(1 + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5) M_{\max}^2} \quad (2.26)$$

$$A_2 = \left| \frac{M_1 + 2 M_2 + 3 M_3 + 2 M_4 + M_5}{9 M_{\max}} \right| \quad (2.27)$$

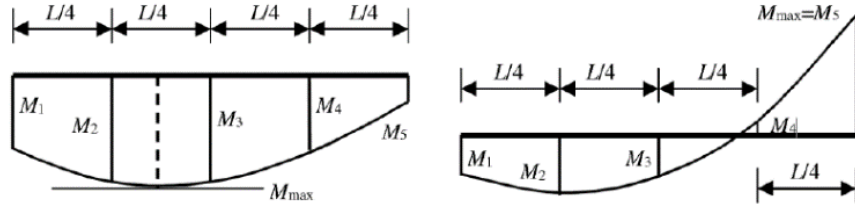
$$\alpha_1 = (1 - k_w) \quad \alpha_2 = 5 \cdot \frac{k_z^3}{k_w^2} \quad \alpha_3 = 5 \left(\frac{1}{k_z} + \frac{1}{k_w} \right)$$

$$\alpha_4 = 5 \cdot \frac{k_w^3}{k_z^2} \quad \alpha_5 = (1 - k_z)$$

k_z : Yanal eğilme ile ilgili etkili boy çarpanı

k_w : Çarpılma ile ilgili etkili boy çarpanı

M_1 ve M_5 uç momentler, M_2 , M_3 ve M_4 sırayla kiriş boyunca $L/4$, $L/2$ ve $3L/4$ mesafelerindeki momentler, $M_{\max}$ ise kiriş boyunca herhangi bir noktada oluşan maksimum momenti temsil eder (Bkz. Şekil 2.29).

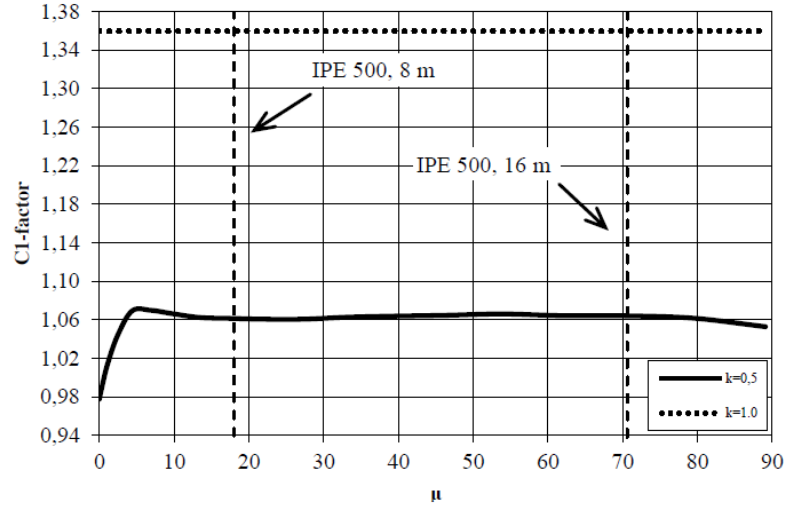


Şekil 2.29. Doğrusal olmayan moment dağılımları 2.

Serna vd., (2006) C_1 'in moment diyagramı ile birlikte k_z ve k_w etkili boy çarpanlarına bağlı olduğunu göstermiştir. Lakin Fruchtengarten (2006), C_1 'i aşağıdaki orana bağlar.

$$\mu = \frac{GI_T \cdot L^2}{EI_w} \quad (2.28)$$

Denk. (2.28)'de görüldüğü gibi μ , malzeme özellikleri, kesit özellikleri ve kirişin uzunluğundan etkilenir. Burada ana iddia, anlaşılacağı üzere C_1 'in moment diyagramı ve sınır koşullarının yanında malzeme özellikleri, kesit özellikleri ve kiriş uzunluğundan etkilendiğidir. Bu kıstasların hepsi göz önünde bulundurulmadan tam bir C_1 değeri telaffuz etmek olası değildir. Şekil 2.30'da orta açıklıkta tekil yüke maruz basit mesnetli kirişler için iki farklı yanıl sınır durumunda μ oranına karşılık gelen C_1 değerleri verilmiştir.

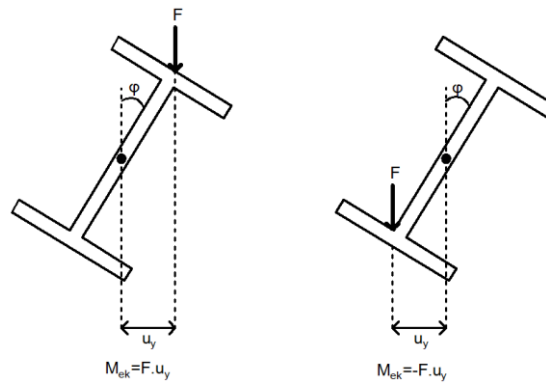


Şekil 2.30. μ oranına karşılık gelen C_1 değerleri (Fruchtengarten, 2006).

Burada $k = 1.0$ olması $k_z = 1.0$ ve $k_w = 1.0$ olduğu anlamına gelir. Şekil 2.30 incelendiğinde $k = 1.0$ olduğunda μ 'nün etkisinin neredeyse hiç olmadığı görülür. Yani $k = 1$ iken C_1 , μ den bağımsızdır. $k = 1.0$ olduğunda C_1 değeri büyük, $k = 0.5$ olduğunda ise C_1 değeri daha küçüktür.

2.3.5 Yükleme noktası

Yükün ağırlık merkezinin altında bir noktaya etkimesi, yanal burulmalı burkulma riskini azaltır. Bu nedenle, alt başlığa etkiyen bir yük, kirişi, üst başlıktaki bir yükten çok daha istikrarlı hale getirir. Kiriş yanal burulma burkulmasından dolayı döndüğünde, dönme merkezinin üstündeki yükler dönme momentine katkıda bulunacaktır. Dönme merkezinin altındaki yükler, kesitlerin dönüşlerini engeller ve kirişi dengeler (Bkz. Şekil 2.31).



Şekil 2.31. Yükleme noktasının kiriş dengesine etkisi (Ahlén ve Westlund, 2013).

Denk. (2.21) yük kayma merkezine etki ettiğinde geçerlidir. Fakat uygulamada yük kirişe ya üst başlıktan yâda alt başlıktan etki eder. Bu sebeptendir ki yük etki noktasını hesaba katan ikinci bir düzeltme faktörü C_2 denkleme eklenmiştir.

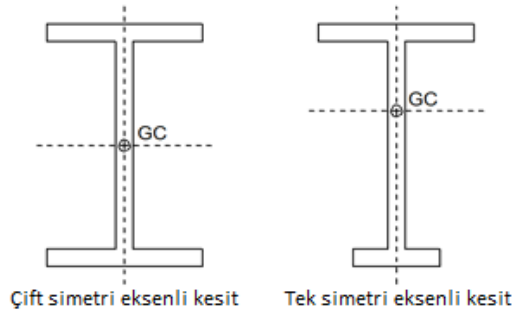
$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L^2} \left(\left(\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} \right) - (C_2 \cdot z_g) \right) \quad (2.29)$$

C_2 : Yüklenme noktası için düzeltme faktörü

z_g : Yükleme noktası ile kayma merkezi arasındaki mesafe, SC üzerinde pozitif olarak ölçülmüş. Şekil 2.18'e bakınız.

2.3.6 Kesit asimetrisi

Denk. (2.29) çift simetri eksenli kirişler için M_{cr} 'in hesaplanmasında kullanılabilir. Tek simetri eksenli kesitlerde M_{cr} 'i analitik olarak tahmin etmek için üçüncü bir C_3 düzeltme faktörü denkleme entegre edilmiştir.



Şekil 2.32. Çift ve tek simetri eksenli kesitler.

Şekil 2.32'de verilen tek simetri eksenli kesitler göz önüne alındığında elastik kritik moment M_{cr} aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L^2} \left(\left(\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} \right) - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \right) \quad (2.30)$$

C_3 : y ekseninde asimetri için düzeltme faktörü.

z_j : Asimetrinin y eksenindeki etkisine bağlı uzaklık.

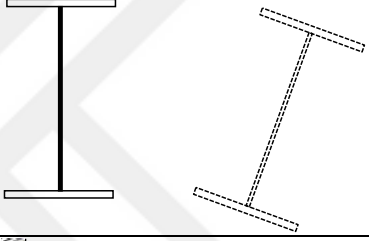
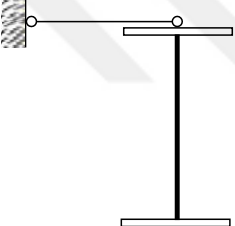
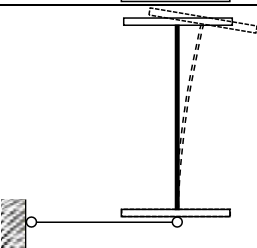
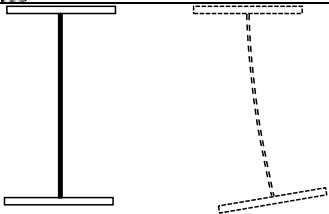
$$z_j = z_s - \frac{0.5 \int_A (y^2 + z^2) z dA}{I_y} \quad (2.31)$$

z_s : Kayma merkezi ile ağırlık merkezi arasındaki mesafe.

2.3.7 Sınır koşulları

Basınç altındaki başlıkta yanal deplasmanın sınırlandırılması durumunda, yanal burulma burkulması tamamen önlenemez. Mesnet aralıkları, açıklıklarda burkulma oluşmaması için yeterince küçük olmalıdır.

Çizelge 2.2. Kısıtlı ve kısıtlanmamış kirişlerin burkulma modları (Ahlén ve Westlund, 2013).

Sınırlama yok Yanal burulmalı burkulma serbest	
Basınçtaki başlık sınırlandırılmış Yanal burulmalı burkulma yok	
Çekmedeki başlık sınırlandırılmış Burulmasız burkulma mümkün	
Sınırlama yok İnce elastik gövde ve rijit başlıklara sahip kirişler için yanal burulmasız burkulma mümkün	

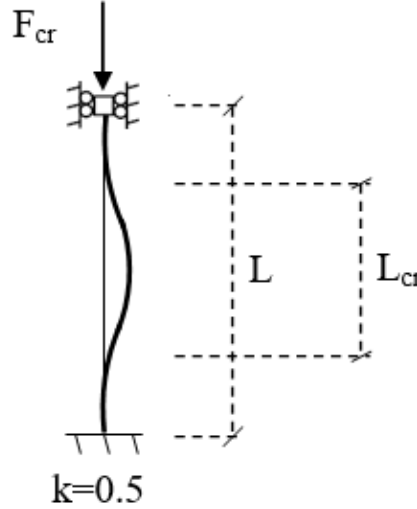
2.3.8 Etkili boy çarpanları k_z ve k_w

C_1 , C_2 ve C_3 faktörleri sırayla farklı yükleme durumları, farklı yük uygulama noktaları ve kesit asimetrisi için düzeltme faktörleridir. Bunlara ilave olarak farklı sınır koşullarının göz önüne alınması ile 3 faktör formülü daha da genişleyecektir. (Yoo ve Lee, 2011).

Etkili boy çarpanları, yanal sınırlamalar arasındaki L uzunluğunun sınır koşullarına tekabül eden burkulma boyu ile ilgilidir (Ahnén ve Westlund, 2013).

Analitik olarak enerji ve denge denklemleri kullanılarak sınır durumlarının burkulma yüküne etkisi hesaplanabilir. Ancak bu zahmetli teorik çözümler yerine uygulamada daha pratik yöntemler tercih edilir. Bunlardan biride elemanın uzunluğu L yerine kritik burkulma boyu olan L_{cr} 'i kullanmaktır (Bkz. Şekil 2.33).

$$L_{cr} = k \cdot L \quad (2.32)$$



Şekil 2.33. Etkili boy.

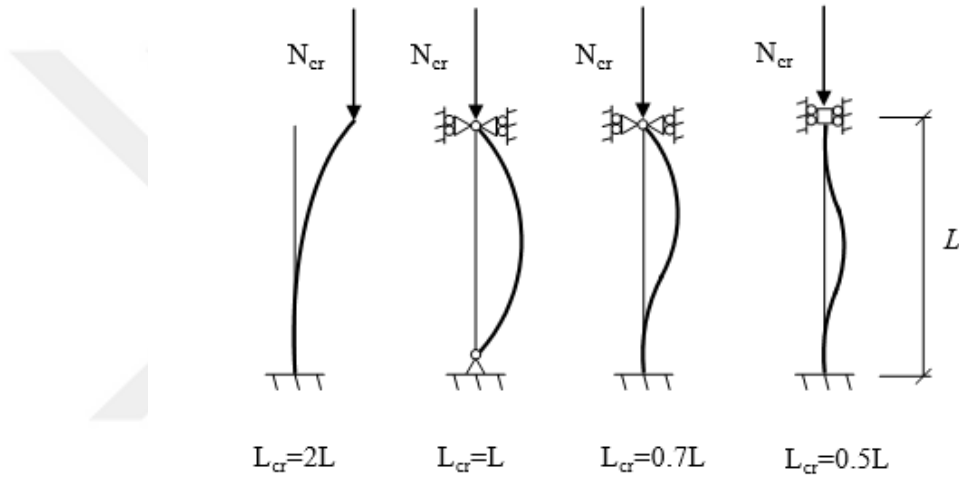
Çizelge 2.3. Yanal burulma burkulması için etkili boy çarpanları.

Sınır şartları	k_z ve k_w
Her iki tarafta da serbest	1.0
Bir uç serbest bir uç tutulu	0.7
Her iki uçta da tutulu	0.5

k_z : Yanal eğilmeye karşı emniyet boy çarpanı

k_w : Çarpılmaya karşı emniyet boy çarpanı

$k_z = k_w$ ise etkili boy çarpanları sadece k olarak ifade edilir.



Şekil 2.34. Farklı sınır durumları için etkili boy çarpanları ve burkulma boyları.

Sınır şartlarına bağlı emniyet çarpanlarının da denkleme eklenmesi ile 3 faktörlü formül aşağıdaki son halini alır.

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{(k_z \cdot L)^2} \left(\left(\sqrt{\left(\frac{k_z}{k_w} \right) \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k_z \cdot L)^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z}} + (C_2 \cdot z_g)^2 \right) - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \right) \quad (2.33)$$

Bu tez çalışmasında tüm analizler $k_z=k_w=k=1$ için geçerlidir. Ek A'da verilen yükleme durumlarının tümü için aynı sınır durumu söz konusudur.

2.4 Amerikan Çelik Konstrüksiyon Enstitüsü, AISC

Amerikan Çelik Konstrüksiyon Enstitüsü AISC LRFD nin tasarım kodu elastik kritik moment hesaplamaları için 3 faktörlü formüle ait bir varyasyonun kullanılmasını önerir. Kayma merkezinden yüklenen, çift simetrik kesitler için M_{cr} nin aşağıdaki ifade ile hesaplanabileceğini belirtmiştir (AISC LRFD, 1999).

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{EI_y \cdot GJ + \left(\frac{\pi \cdot E}{L_b} \right)^2 I_y \cdot C_w} \quad (2.34)$$

Burada; $L_b = k \cdot L$ dir.

Denk. (2.34)'de verilen terimlerin 3 faktörlü formülde hangi terimlere karşılık geldiği aşağıda verilmiştir.

$$C_b = C_1$$

$$C_w = I_w$$

$$J = I_t$$

$$I_y = I_z$$

$$k = k_z = k_w$$

$$C_2 = C_3 = 0$$

Denk. (2.34) kayma merkezinden yüklenen çift simetri eksenli kesitler için geçerlidir. AISC LRFD eşdeğer üniform moment faktörü C_b için Yoo ve Lee tarafından türetilen Denk. (2.35)'i kullanır.

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{3 M_A + 4 M_B + 3 M_C + 2.5 M_{max}} \quad (2.35)$$

M_{max} : Maksimum moment,

M_A, M_B, M_C : Sırasıyla $L/4, L/2$ ve $3L/4$ mesafede momentlerin mutlak değerleri.

3. STANDARTLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde TS EN 1993-1-1 ve ÇYY-2018'e göre yanal burulmalı burkulma kapasitesi ve burkulma eğrilerinin nasıl hesaplanacağına ve hesaplarda göz önüne alınan değişkenlere yer verilmiştir. Daha sonra IPN, IPE ve HEB enkesitli 200 ve 500 mm derinlikteki kirişlerin taşıma kapasiteleri karşılaştırılmalı olarak verilecektir.

3.1 TS EN 1993-1-1'e Göre Kiriş Tasarım Dayanımı

Yanal burulmalı burkulma davranışı çelik yapıların tasarımında dikkat edilmesi gereken önemli bir durumdur. TS EN 1993-1-1: 2005'in Genel Kurallar ve Binalara Uygulanacak Kurallar (Eurocode3) bölümünde yanal hareketi kısıtlanmamış ana ekseninden eğilmeye maruz bir elemanın yanal burulma burkulması tahkiki için, aşağıda verilen bağıntının kullanılması önerilmektedir.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (3.1)$$

M_{Ed} : Moment tasarım değeri,

$M_{b,Rd}$: Tasarım burkulma direnci momentidir.

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad (3.2)$$

Denk. (3.2)'de geçen χ_{LT} yanal burulma burkulması için azaltma katsayısıdır ve burkulma nedeniyle kapasiteyi azaltan tüm etkileri temsil eder. Bu sebepten ötürü $\chi_{LT} \leq 1$ şartı sağlanmalıdır. W_y ise kesit modülü olup enkesit sınıfları için Çizelge 3.1'e göre belirlenir.

χ_{LT} : Yanal burulma burkulması için azaltma katsayısı

W_y : Elemanın kesit sınıflamasına karşılık gelen eğilme direnci

f_y : Çeliğin akma dayanımı

γ_{M1} : Kısmi güvenlik faktörü ($\gamma_{M1}=1.00$)

Çizelge 3.1. Enkesit sınıfları için kesit modülü.

Sınıf 1 veya Sınıf 2 enkesitler için	$W_y = W_{pl,y}$ (Plastik kesit modülü)
Sınıf 3 enkesitler için	$W_y = W_{el,y}$ (Elastik kesit modülü)
Sınıf 4 enkesitler için	$W_y = W_{eff,y}$ (Etketif kesit modülü)

f_y , $W_{el,y}$ (Elastik mukavemet momenti) ve $W_{pl,y}$ (Plastik mukavemet momenti) değeri profil tablolarından alınabilir.

Azaltma katsayısı χ_{LT} , boyutsuz uygun narinlik $\bar{\lambda}_{LT}$ parametresine bağıdır. $\bar{\lambda}_{LT}$ de yanal burulma burkulması için elastik kritik moment M_{cr} nin karekökü ile ters orantılıdır. Eurocode3'te 6.3.2.2 Yanal burulma burkulması eğrileri-Genel durum başlığı altında χ_{LT} , $\bar{\lambda}_{LT}$ ve M_{cr} arasındaki bu ilişki aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - 0.75 \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad (3.3)$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.4) + 0.75 \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad (3.4)$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad (3.5)$$

Denk. (3.4)'de geçen α_{LT} , kusur faktörü olarak isimlendirilir. Uygun burkulma eğrisine karşılık gelen kusur faktörü α_{LT} , Milli Ek' ten alınabilir. Yanal burulma burkulması için kusur faktörlerine ait önerilen değeri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 3.2. Uygun burkulma eğrisine karşılık gelen kusur faktörleri (TS EN 1993-1-1: 2005, Çizelge 6.3).

Burkulma eğrisi	a	b	c	d
Kusur faktörü α_{LT}	0.21	0.34	0.49	0.76

Burkulma eğrilerine ait öneriler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 3.3. Yanal burulma burkulması için kusur faktörlerine ait öneriler (TS EN 1993-1-1: 2005, Çizelge 6.4).

Profil enkesiti	Sınırlar	Burkulma eğrileri
Haddelenmiş I profiller	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Kaynaklı I profiller	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Diğer enkesitli profiller	-	d

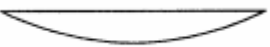
Elemanlardaki yanıl hareketi kısıtlayıcı elemanlar arasında oluşan moment dağılımının dikkate alınması için, azaltma faktörü χ_{LT} aşağıda verilen bağıntılar kullanılarak değıştirilebilir:

$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f} \leq 1 \quad (3.6)$$

$$f = 1 - 0.5 (1 - k_c) \left[1 - 2(\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2 \right] \leq 1 \quad (3.7)$$

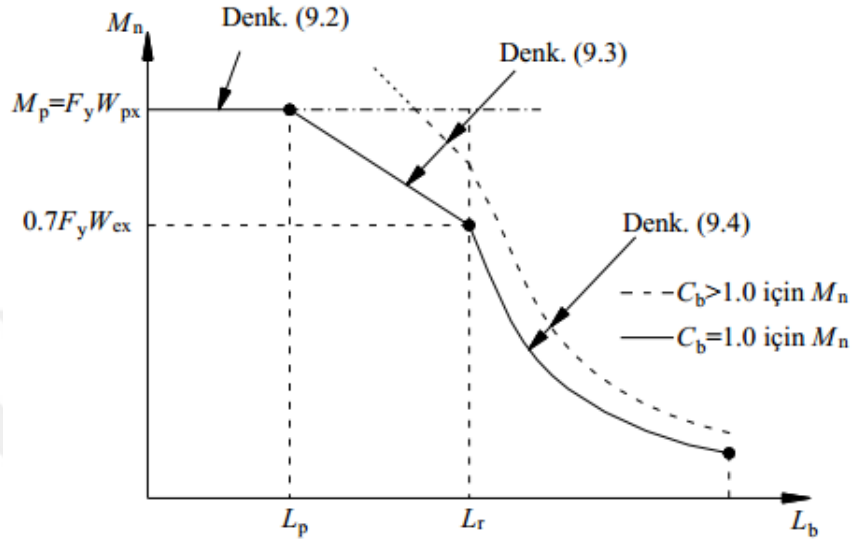
Denk. (3.7)'de verilen k_c değışken değeri Çizelge 3.4'den alınabilir.

Çizelge 3.4. Moment düzeltme faktörü (TS EN 1993-1-1).

	Moment Dağılımı	k_c
1	 $\psi = 1$	1.0
2	 $-1 \leq \psi \leq 1$	$\frac{1}{1.33 - 0.33\psi}$
3		0.94
4		0.90
5		0.91
6		0.86
7		0.77
8		0.82

3.2 ÇYY-2018'e Göre Kiriş Tasarım Dayanımı

Kuvvetli asal eksenleri etrafında eğilme etkisindeki, gövde ve başlık parçaları kompakt sınıfta olan U-enkesitli ve çift simetri eksenli I-enkesitli elemanların karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n , aşağıda verilen şekle göre hesaplanır.



Şekil 3.1. Karakteristik eğilme momenti dayanımı (ÇYY 2018, Şekil 9.1).

Denk. (3.8) kesitin zayıf eksen için atalet yarıçapı, i_{ts} : kirişin basınca maruz üst başlığı ile basınç başlığına yakın gövdenin 1/6 sını zayıf eksene göre atalet yarıçapı. J : burulma sabiti ($J = I_t$); I-enkesitler için $c=1$; h_0 : üst başlığın ağırlık merkezi ile alt başlığın ağırlık merkezi arasındaki mesafe ($d - t_f$).

$$i_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{h \cdot t_w}{b_f \cdot t_f} \right)}} \quad (3.8)$$

Kiriş serbest boyu $L_b \leq L_p$ durumunda kiriş boyunda karakteristik dayanım da bir azaltma olmayacak ve kiriş akma dayanımı tasarlanacaktır. Denk. (3.9) akma sınır durumunu vermektedir.

$$M_n = F_y \cdot W_{px} \quad (3.9)$$

Kiriş serbest uzunluğu boyu $L_b > L_r$ durumunda kiriş elastik olarak yanal burulmalı burkulma yapacağı kabul edilerek karakteristik dayanımı Denk. (3.10) ile hesaplanır.

$$M_n = F_{cr} \cdot W_{ex} \quad (3.10)$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J_c}{W_{ex} \cdot h_0} \left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2} \quad (3.11)$$

Kiriş serbest uzunluğu boyu $L_p < L_b \leq L_r$ durumunda kiriş elasto-platik davranış gösterdiği varsayılarak, tasarım dayanımı Denk. (3.12) ile hesaplanır. Denk. (3.11)'de verilen C_b , eşdeğer üniform moment faktörü olarak isimlendirilir. Bu değer hesaplanmasına daha sonra değinilecektir.

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot W_{ex}) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.12)$$

Eğilme etkisindeki elemanın karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n , olası her bir göçme sınır durumu için belirlenecek dayanımların en küçüğü olarak alınacaktır. Dolayısı ile tasarım dayanımları veya TS EN 1993-1-1'e göre tasarım burulma direnci Denk. (3.13) ile elde edilir.

$$M_{rd} = \phi M_n = 0.9 \cdot M_n \quad (3.13)$$

C_b Eşdeğer üniform moment faktörü olarak isimlendirilen değerdir ve daha önce bahsi geçen C_1 ile aynıdır. ÇYY-2018 de bu değer hesaplanması için Denk. (2.35) tavsiye edilmiştir.

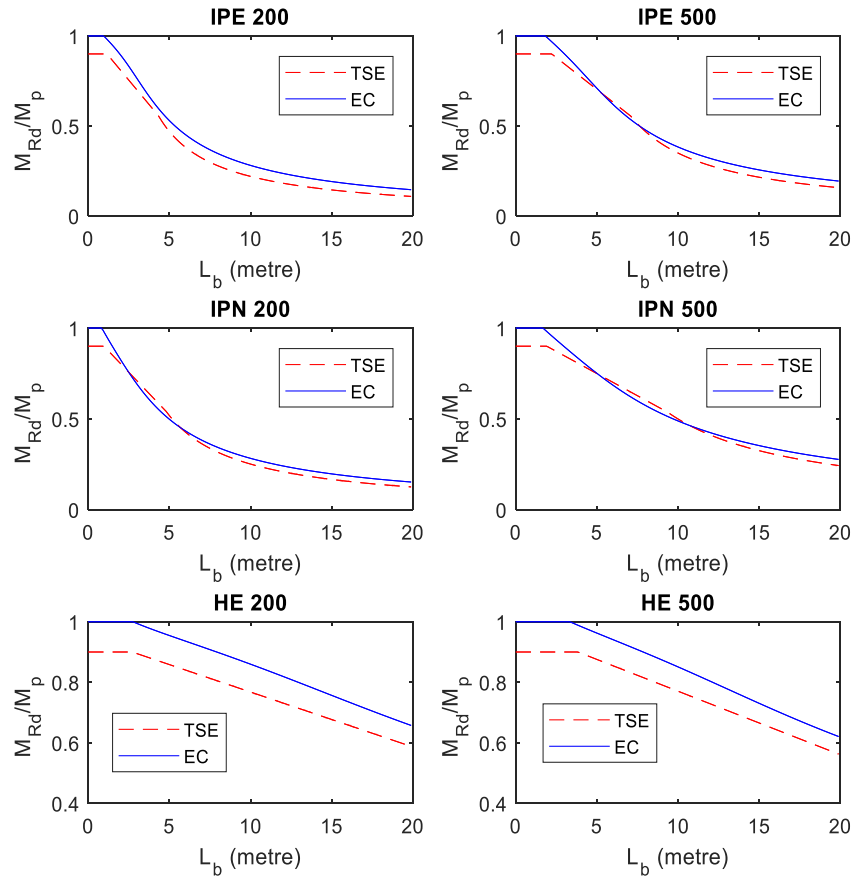
$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

Bu denklem daha önce verilen Denk. (2.23) ifadesine format olarak benzemesine karşın kat sayıları farklıdır.

Burada; M_{max} : Maksimum moment ve M_A, M_B, M_C sırayla $L/4, L/2$ ve $3L/4$ mesafelerindeki momentlerin mutlak değerleridir.

3.3 TS EN- 1993-1-1 İle ÇYY-2018'in Karşılaştırılması

Bu bölümde kiriş serbest boyunun değişiminde normalize edilmiş tasarım moment dayanımlarının değişimi incelenmiştir. İki farklı boyutta, üç farklı kesit özelliğine sahip IPE, IPN ve HE profillerin 200 ve 500 kodlu elemanları seçilmiştir. Grafiklerde kesikli çizgi şeklinde görülen TSE kodlu değerler ÇYY-2018'den, sürekli çizgi şeklinde görülen EC kodlu değerler ise TS EN 1993-1-1 den elde edilen değerlerdir.

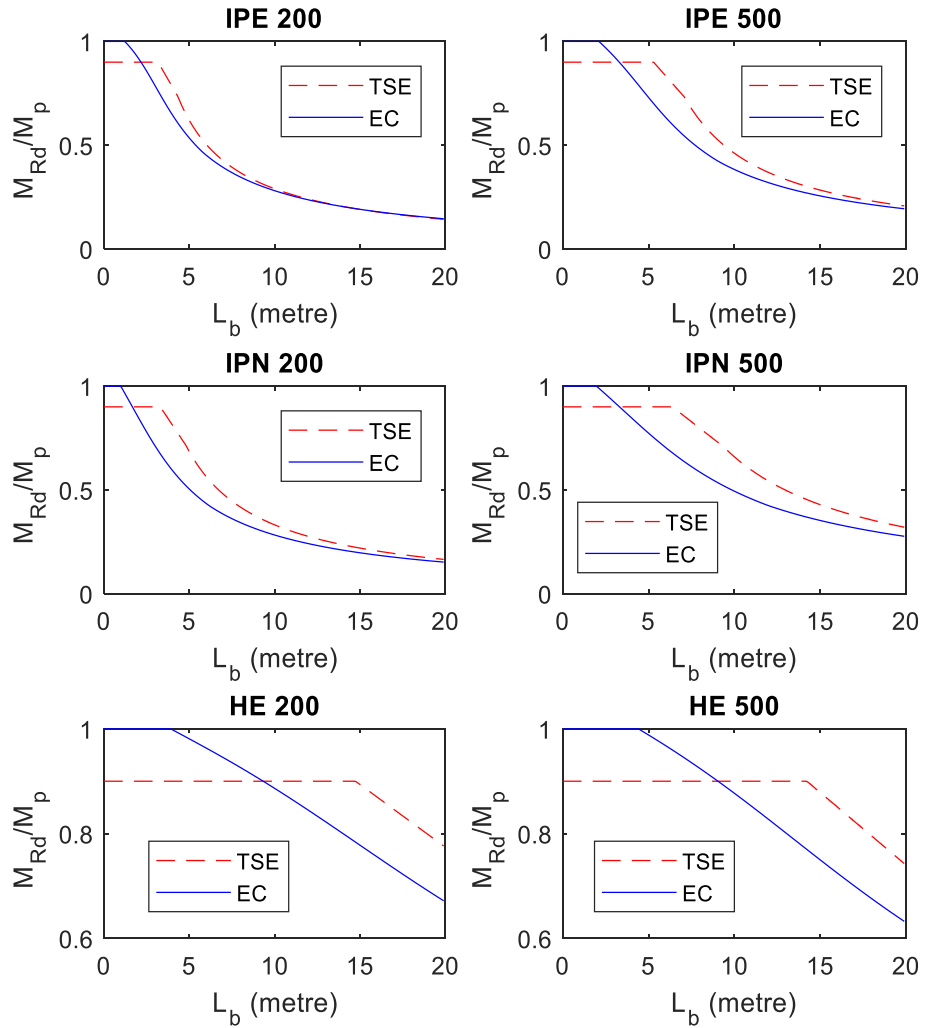


Şekil 3.2. Her iki ucundan zıt yönde ve eşit büyüklükte moment uygulanan kirişler için dayanım eğrileri.

Kirişlerin her iki ucunda eşit şiddette ve zıt işaretli moment altındaki davranışı Şekil 3.2’de verilmiştir. ÇYY-2018 için $C_b = 1$ ve TS EN 1993-1-1 için $k_c = 1$ seçilmiştir. Şekil 3.2’den anlaşılabacağı üzere HE profilleri için standartlar arasındaki fark diğer

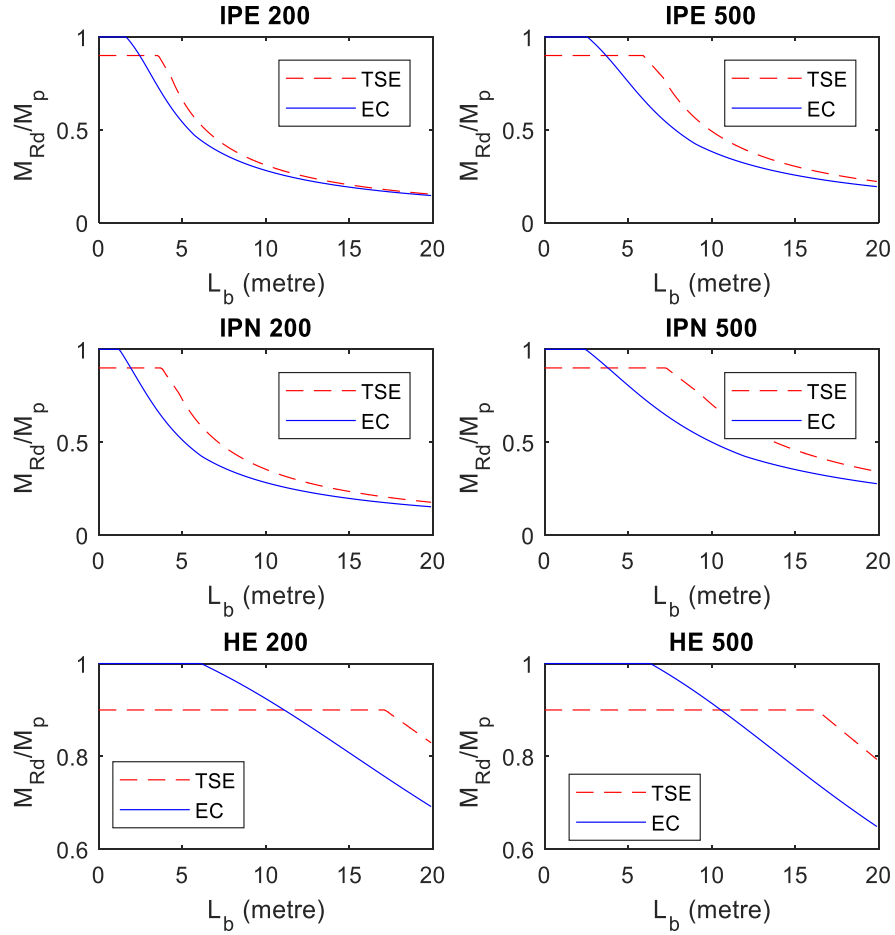
profillere oranla daha fazladır. Tüm kesitler için ÇYY-2018'in TS EN 1993-1-1'e nazaran güvenli kaldığı gözlenmiştir.

Şekil 3.3'de kiriş ortasında tekil yük durumu için normalize edilmiş dayanım eğrileri verilmiştir (ÇYY-2018 için $C_b = 1.32$ ve TS EN 1993-1-1 için $k_c = 0.86$). Bu eğrilerden görüleceği gibi IPE 200 için her iki standartta benzer moment değerleri verirken. Genellikle TS EN 1993-1-1'in daha güvenli değerler verdiği gözlenmiştir.



Şekil 3.3. Kiriş açıklığının ortasından tekil yük etki etmiş kirişler için dayanım eğrileri.

Kiriş açıklığı boyunca düzgün yayılı yük durumu (YY-2018 için $C_b = 1.2$ ve TS EN 1993-1-1 için $k_c = 0.94$) şekil 3.4’de verilmiştir. Kiriş ortasında tekil yük durumunda oluğu gibi bu durumda da TS EN 1993-1-1 daha güvenli bölgede kalacak şekilde sonuçlar vermiştir.



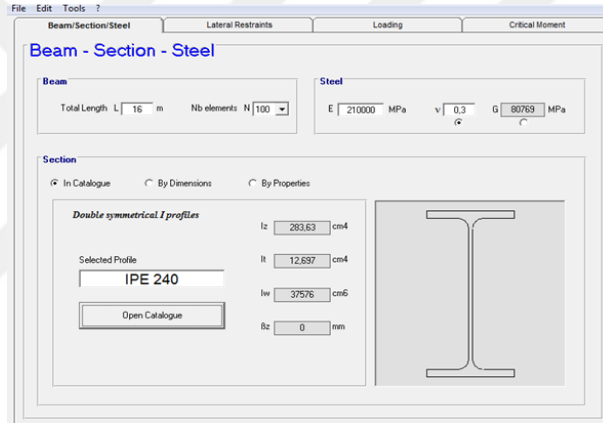
şekil 3.4. Kiriş açıklığı boyunca düzgün yayılı yük etki etmiş kirişler için dayanım eğrileri.

4. YAZILIM VE YAZILIMDAN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

4.1 LTBeam (CTICM)

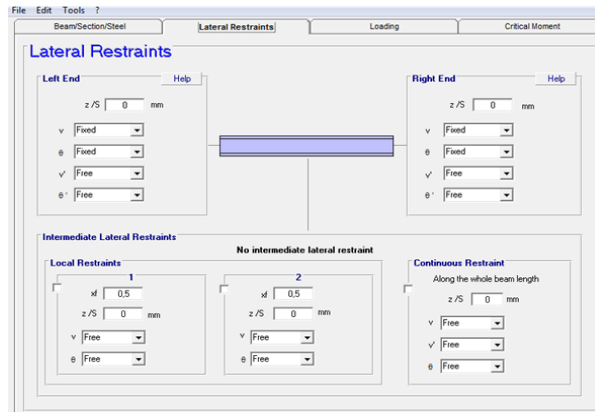
Bu tez çalışmasında LTBeam isimli analiz programı kullanılmıştır. Yazılım pratik ve kullanımı gayet kolay bir yazılımdır. Daha önce bu konu ile ilgili yapılan araştırmalar incelendiğinde bu yazılımdan elde edilen sonuçların tutarlılığı tespit edilmiştir. Bu sebeplerden ötürü tez çalışmasında bu yazılımın kullanılmasına karar verilmiştir. Ayrıca ücretsiz olması, kolay kurulumu, hızlı ve doğru sonuçlar vermesi de diğer tercih sebepleridir.

LTBeam dört sekmeli bir yazılımdır. İlk sekmede kirişin boyu, kesiti ve malzeme özellikleri belirlenir (Bkz. Şekil 4.1).



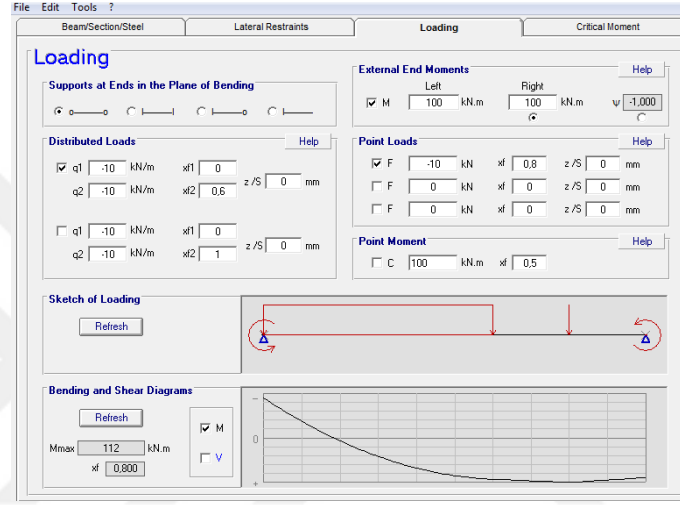
Şekil 4.1. LTBeam sekme 1.

İkinci sekmede yanal kısıtlamalar seçilir (Bkz. Şekil 4.2).



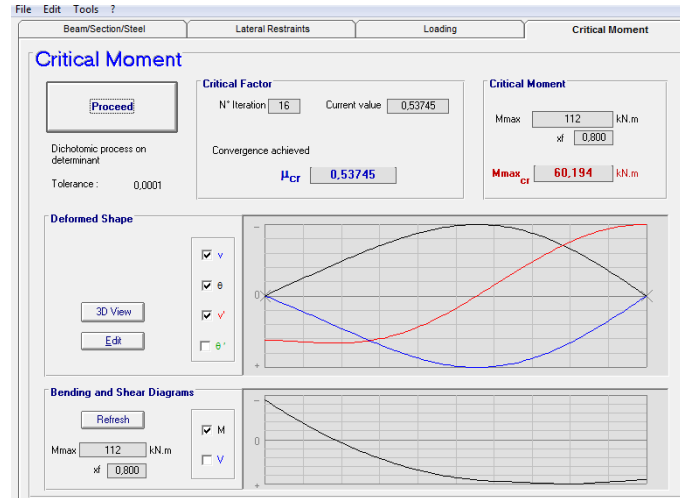
Şekil 4.2. LTBeam sekme 2.

Üçüncü sekme eğilme düzleminde kirişin uç noktalarındaki destek durumlarının yani mesnetleme türünün ve yükleme durumunun belirlendiği sekmedir. Bu yazılım dört farklı mesnet türü için analiz imkânı sağlamaktadır. Tekil yük, yayılı yük ve mesnet noktalarındaki uç momentlerin etki ettiği yük durumları ile bunların birlikte etki ettiği değişik varyasyonlar için analiz yapılabilir. Bu çalışmada çatal destekli 8 ve 16 metre açıklığa sahip IPE500 ve IPE240 türü kirişlerin 8 farklı yükleme durumunda toplam 252 farklı yükleme için M_{cr} değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca üçüncü sekme moment ve kesme kuvveti diyagramlarının gözlenebildiği sekmedir (Bkz. Şekil 4.3).



Şekil 4.3. LTBeam sekme 3.

Dördüncü ve son sekme ise kritik moment M_{cr} nin değerinin hesaplatıldığı sekmedir (Bkz. Şekil 4.4).



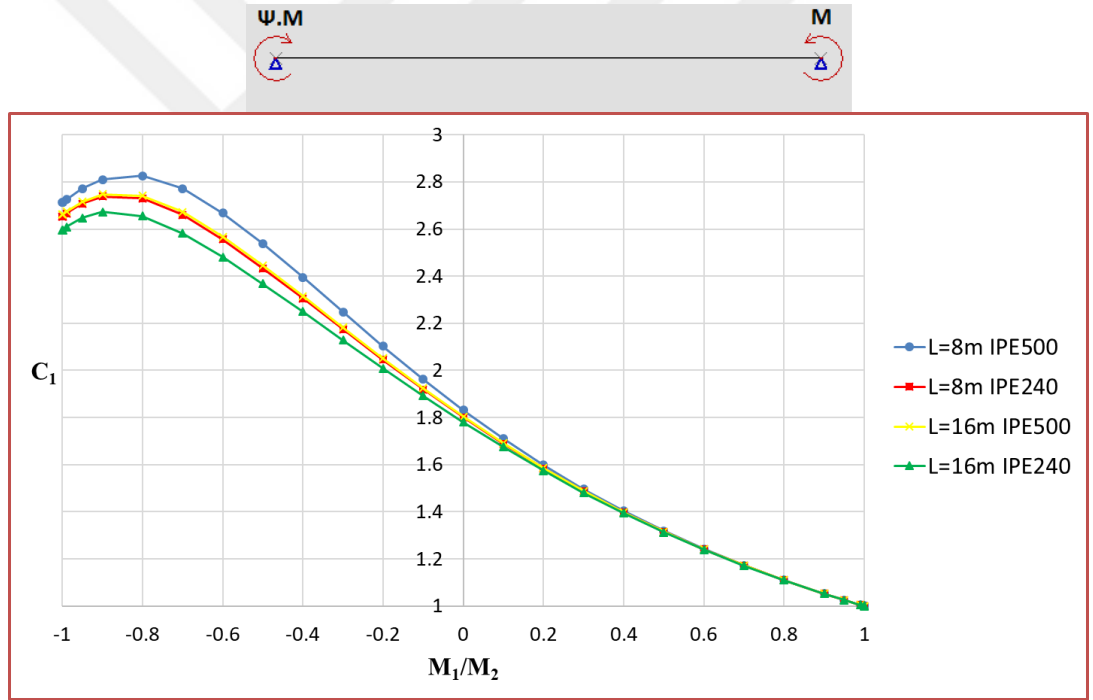
Şekil 4.4. LTBeam sekme 4.

4.2 Analiz Sonuçları

Bu bölümde 8 ve 16 metre açıklığa sahip IPE500 ve IPE240 kirişlerin farklı yükleme durumlarındaki C_1 değerlerine ait sonuçlar ele alınmıştır. Bu dört farklı kirişin her biri için LTBeam kullanılarak elde edilen elastik kritik moment (M_{cr}) değerleri referans elastik kritik moment ($M_{cr, ref}$) değerlerine oranlanarak C_1 katsayıları hesaplanmıştır.

4.2.1 Yükleme durumu 1

Bu yükleme durumunda kiriş uç noktalarından farklı oranlarda uç momentler uygulanmıştır. Mesnetlerden birinde moment sabit tutulurken diğer mesnette farklı katları etki ettirilerek bu analiz gerçekleştirilmiştir.

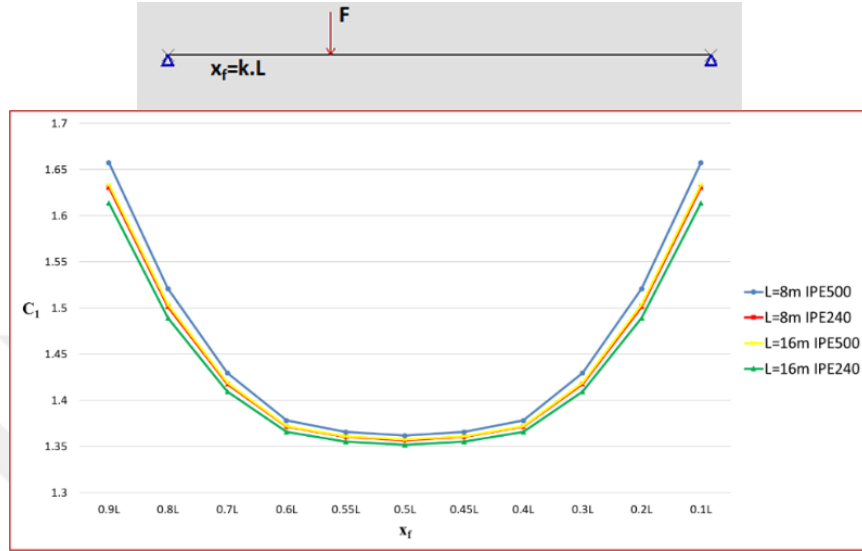


Şekil 4.5. Yükleme durumu 1 için farklı kirişlere ait C_1 değerleri.

Şekil 4.5’de uç moment oranlarındaki değişimin C_1 değerlerindeki değişime etkisi görülmektedir. Şekilden görüleceği gibi C_1 katsayıları kiriş narinleştikçe küçülmektedir.

4.2.2 Yükleme durumu 2

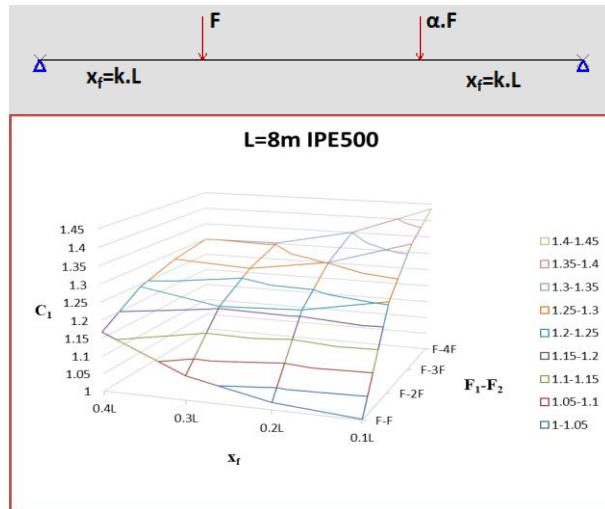
Bu yükleme durumunda tekil yük kiriş serbest açıklığı boyunca farklı mesafelerde etki ettirilmiştir. Mesafedeki değişimin C_1 değerlerine etkisi gözlenmiştir (Bkz. Şekil 4.6).



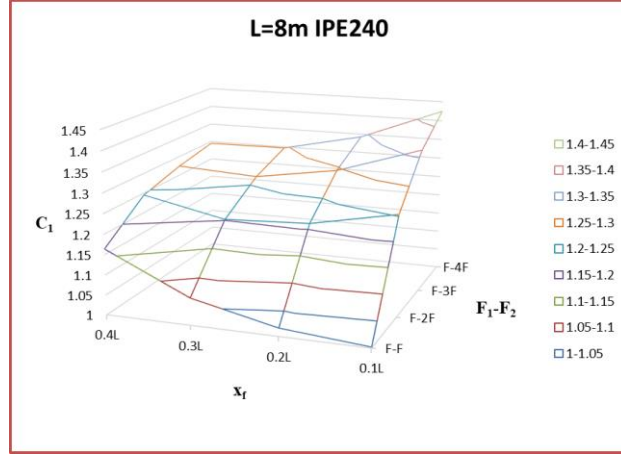
Şekil 4.6. Yükleme durumu 2 için farklı kirişlere ait C_1 değerleri.

4.2.3 Yükleme durumu 3

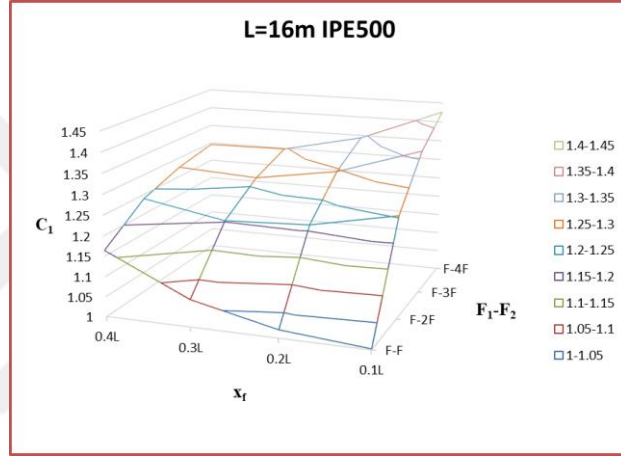
Bu yükleme durumunda biri diğerinin farklı katları olan iki tekil yük kiriş serbest açıklığı boyunca farklı mesafelerde etki ettirildi. Tekil yükler arasındaki oran ve etki mesafesinin değişiminin C_1 değerlerindeki değişime etkisi incelendi (Şekil 4.7-4.10).



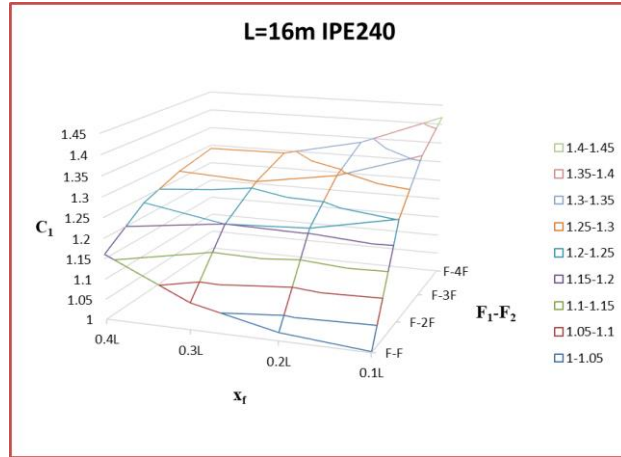
Şekil 4.7. Yükleme durumu 3 için 8m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.



Şekil 4.8. Yükleme durumu 3 için 8m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.



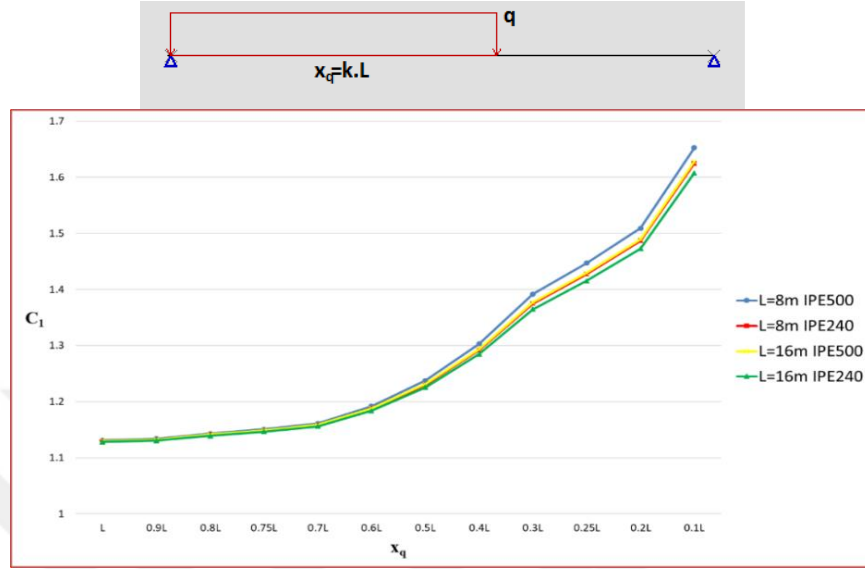
Şekil 4.9. Yükleme durumu 3 için 16m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.



Şekil 4.10. Yükleme durumu 3 için 16m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.

4.2.4 Yükleme durumu 4

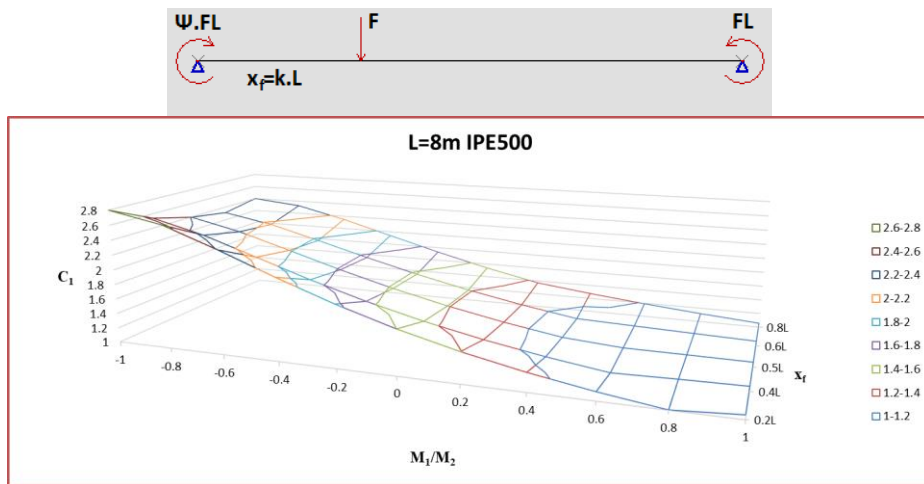
Bu yükleme durumunda kiriş farklı mesafelerde kısmi yayılı yük ile yüklenmiştir. Şekil 4.11’de mesafedeki değişimin C_1 değerleri üzerindeki etkisi görülmektedir.



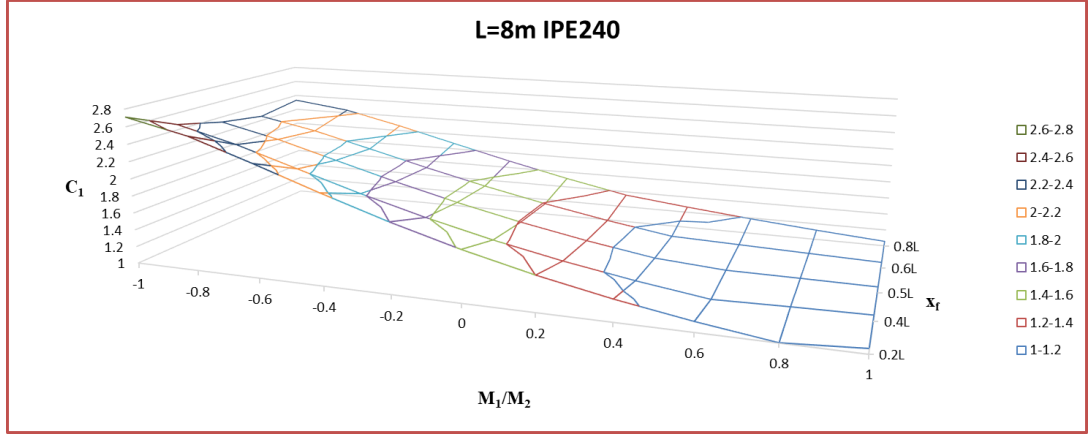
Şekil 4.11. Yükleme durumu 4 için farklı kirişlere ait C_1 değerleri.

4.2.5 Yükleme durumu 5

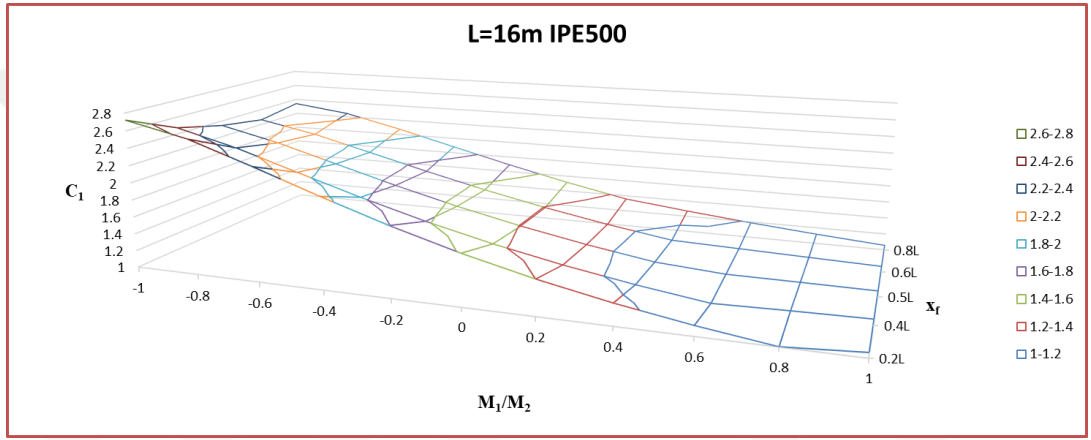
Bu yükleme durumunda uç momentler ve tekil yük birlikte etki ettirilmiştir. Uç momentler, uygulanan tekil yük ve kiriş açıklığının bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Değişen uç moment oranı ve değişen tekil yük etki mesafesinin C_1 değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir (Bkz. Şekil 4.12-4.15).



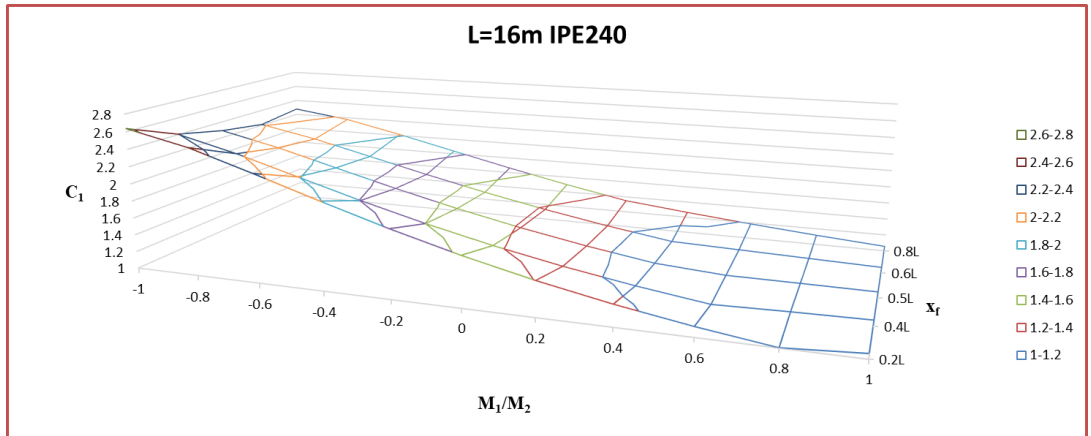
Şekil 4.12. Yükleme durumu 5 için 8m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.



Şekil 4.13. Yükleme durumu 5 için 8m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.



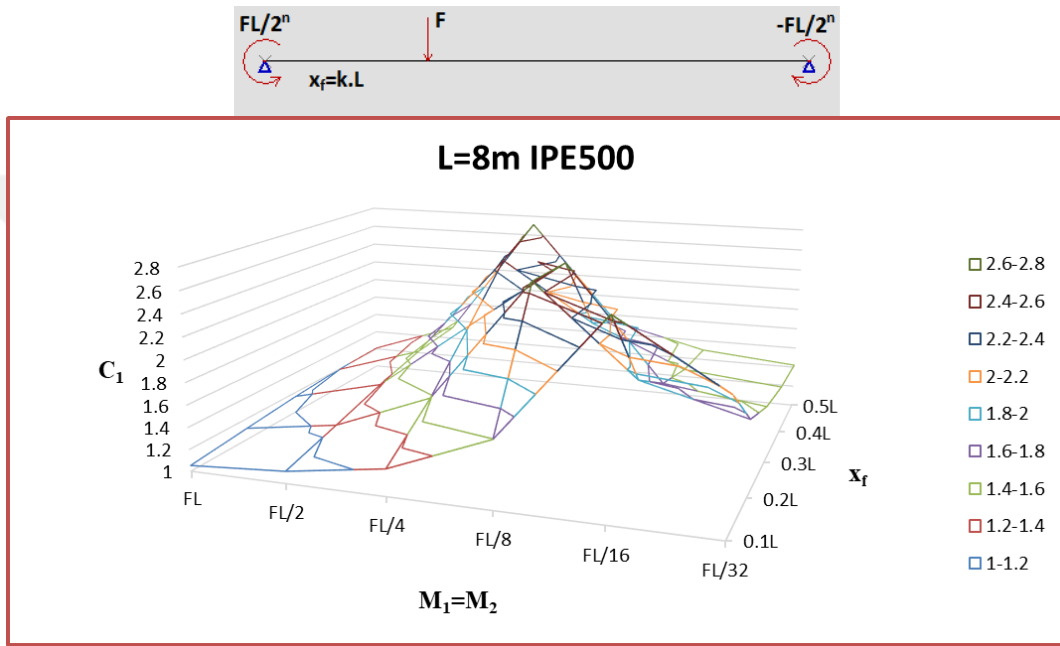
Şekil 4.14. Yükleme durumu 5 için 16m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.



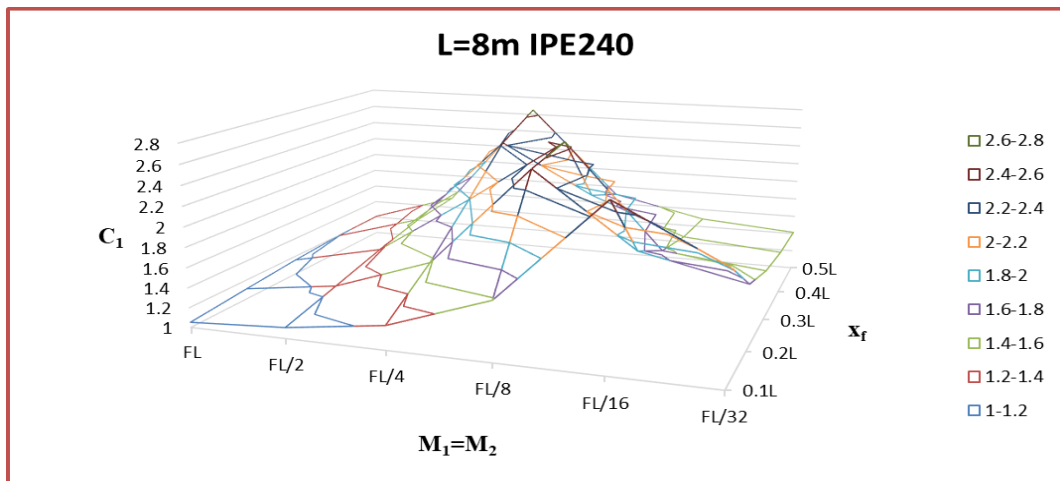
Şekil 4.15. Yükleme durumu 5 için 16m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.

4.2.6 Yükleme durumu 6

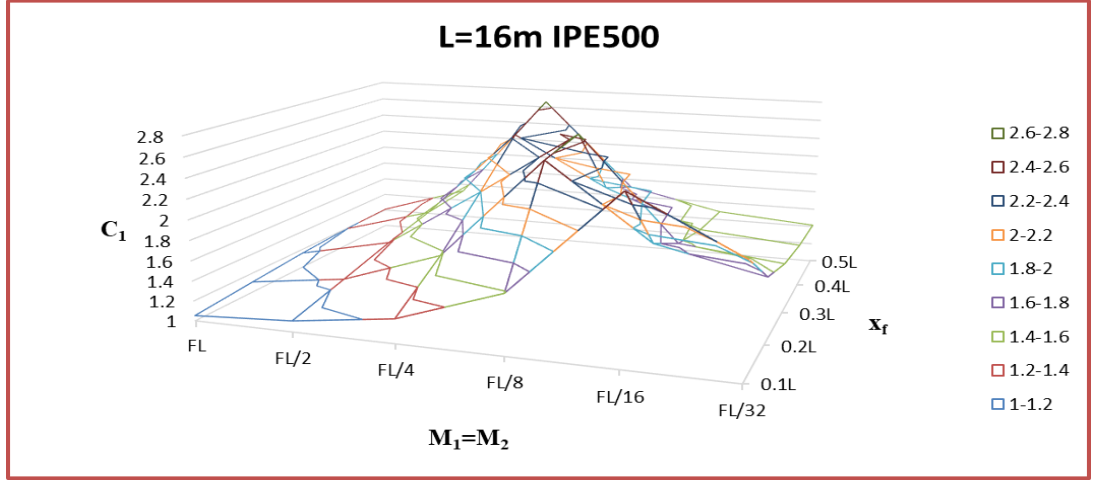
Bu yükleme durumunda da yükleme durumu 5 gibi uç momentler ve tekil yük birlikte etki ettirilmiştir. Ancak bu yüklemede farklı olarak uç momentler, uygulanan tekil yük ve kiriş açıklığının farklı bir fonksiyonu olarak belirlenmiş ve her iki mesnette de eşit şiddette ve zıt yönlerde etki etmişlerdir. Değişen uç moment ve değişen tekil yük etki mesafesinin C_1 değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir (Bkz. Şekil 4.16-4.19).



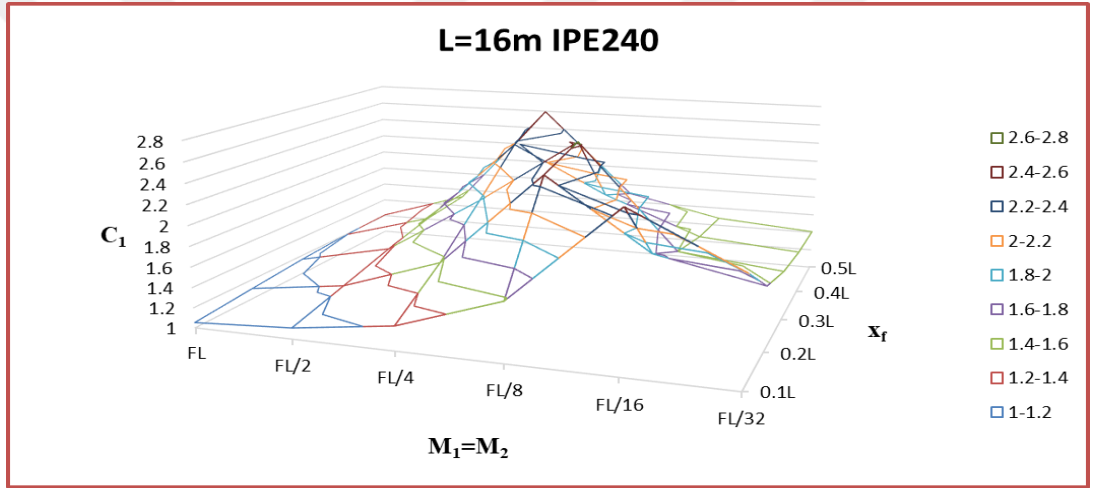
Şekil 4.16. Yükleme durumu 6 için 8m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.



Şekil 4.17. Yükleme durumu 6 için 8m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.



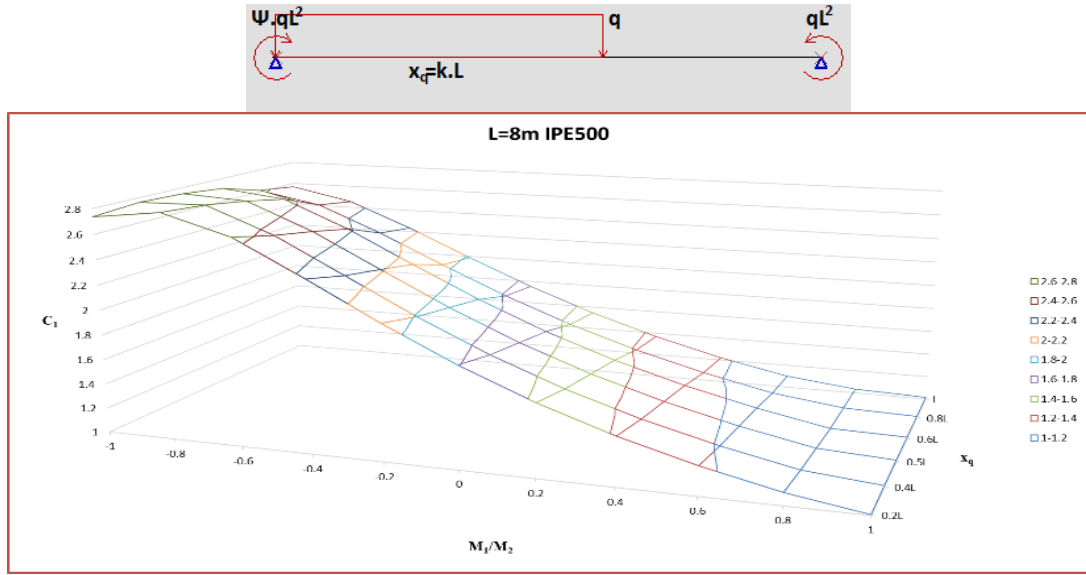
Şekil 4.18. Yükleme durumu 6 için 16m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.



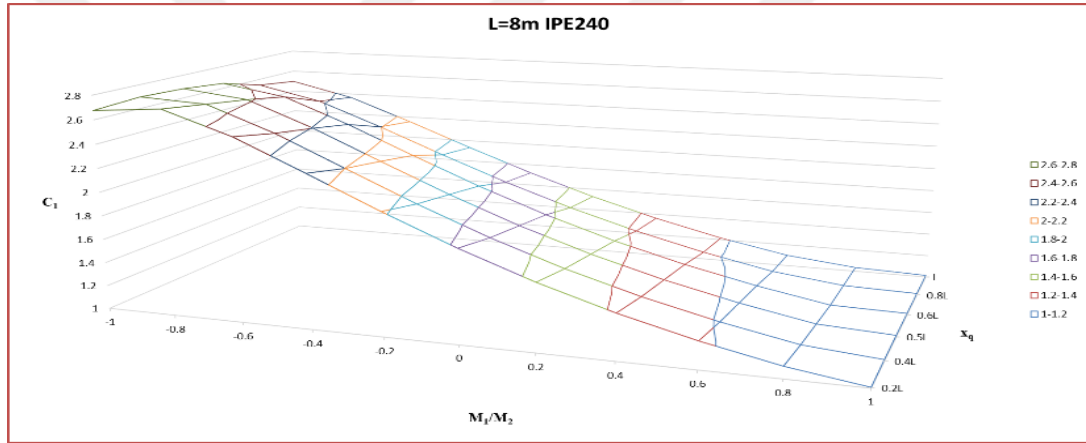
Şekil 4.19. Yükleme durumu 6 için 16m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.

4.2.7 Yükleme durumu 7

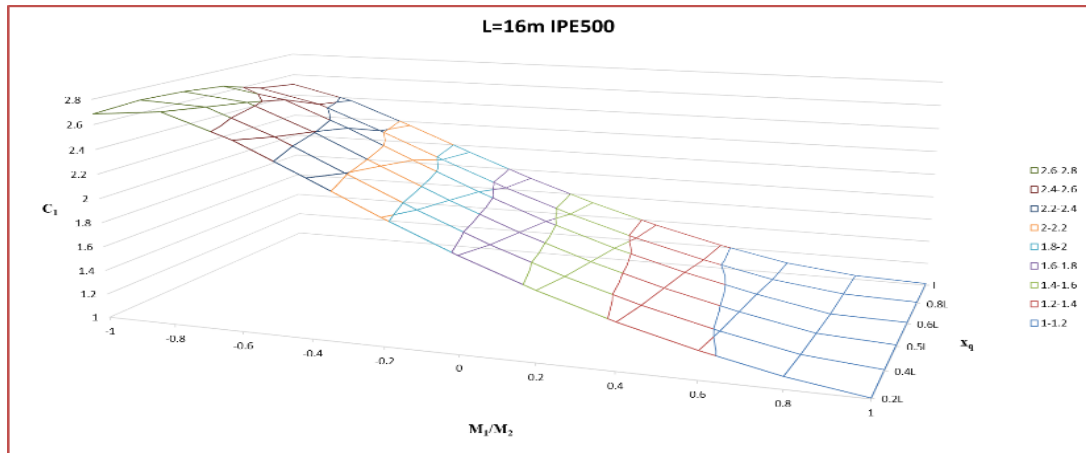
Bu yükleme durumunda uç momentler ve kısmi yayılı yük birlikte etki ettirilmiştir. Uç momentler, uygulanan yayılı yük ve kiriş açıklığının bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Değişen uç moment oranı ve değişen yayılı yük etki mesafesinin C_1 değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir (Bkz. Şekil 4.20-4.23).



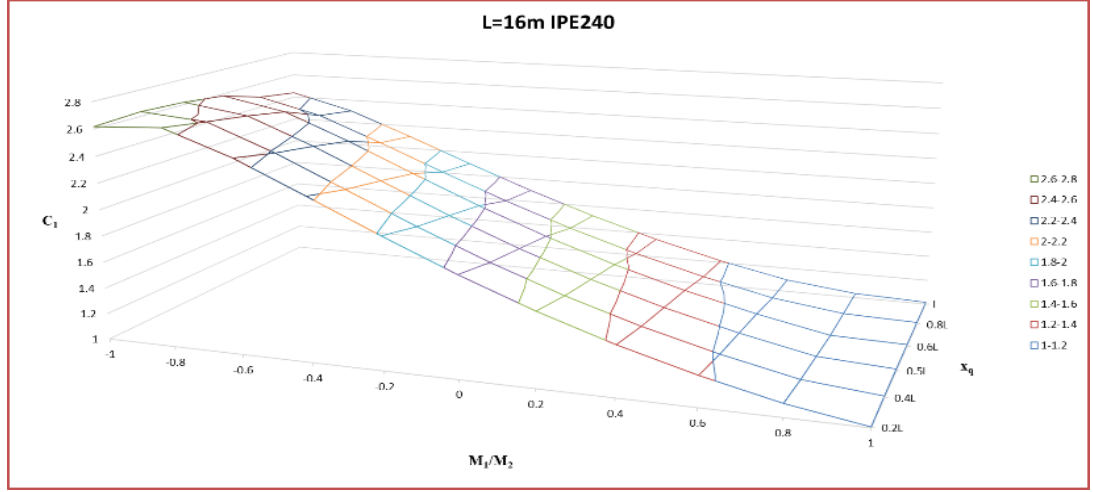
Şekil 4.20. Yükleme durumu 7 için 8m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.



Şekil 4.21. Yükleme durumu 7 için 8m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.



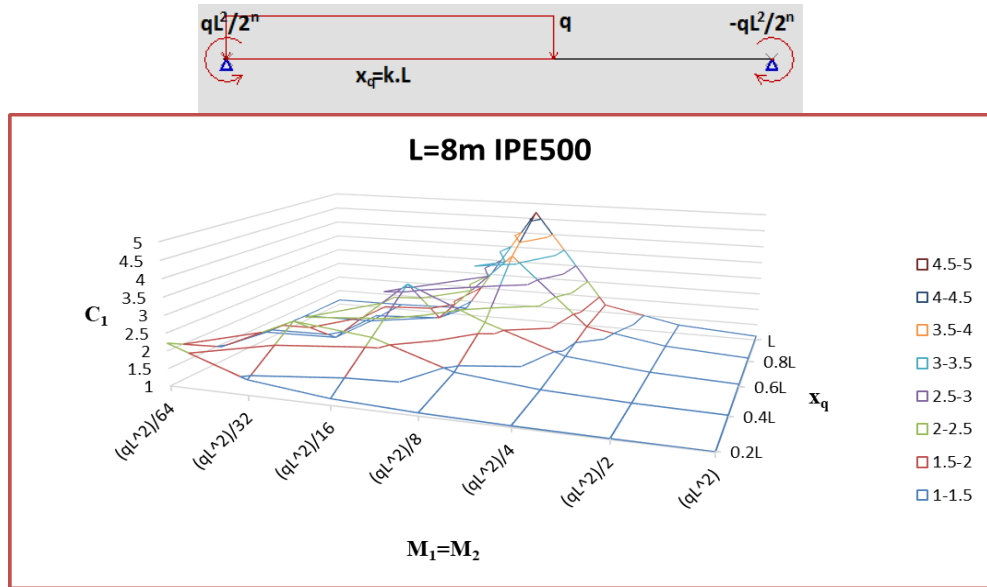
Şekil 4.22. Yükleme durumu 7 için 16m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.



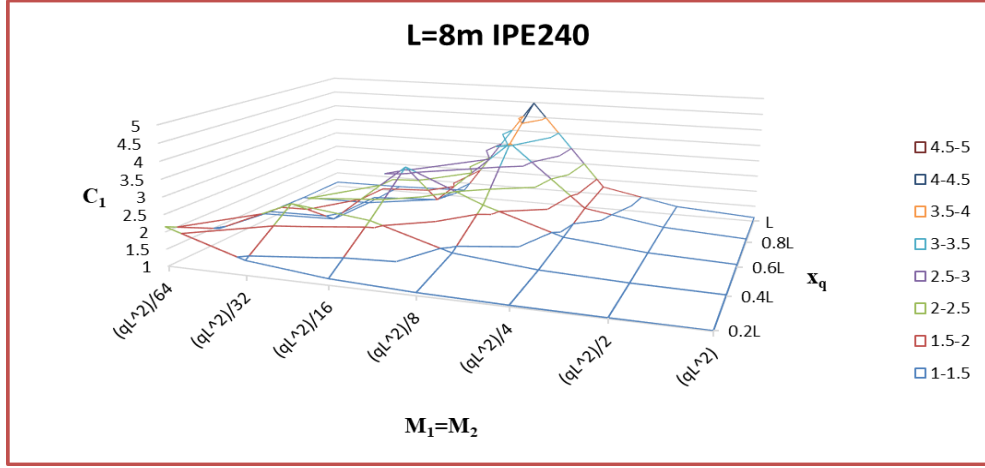
Şekil 4.23. Yükleme durumu 7 için 16m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.

4.2.8 Yükleme durumu 8

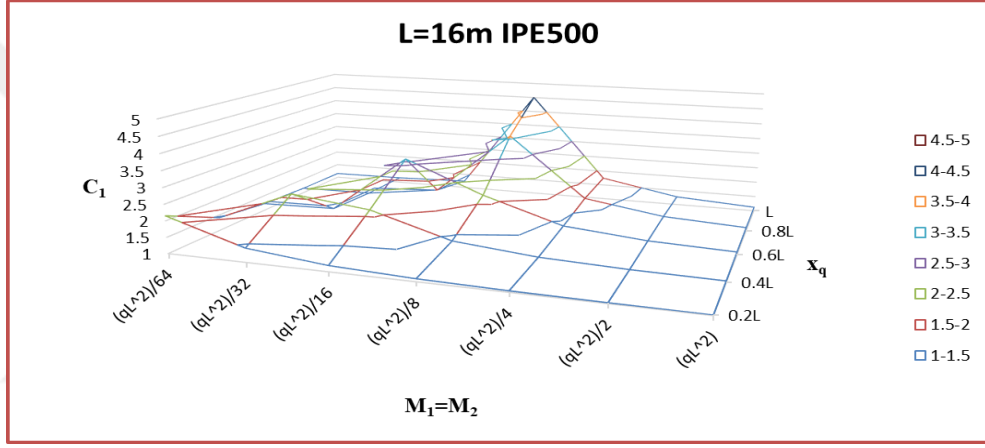
Bu yükleme durumunda da yükleme durumu 7 gibi uç momentler ve kısmi yayılı yük birlikte etki ettirilmiştir. Ancak bu yüklemelerde farklı olarak uç momentler, uygulanan yayılı yük ve kiriş açıklığının farklı bir fonksiyonu olarak belirlenmiş ve her iki mesnette de eşit şiddette ve zıt yönlerde etki etmişlerdir. Değişen uç moment ve değişen yayılı yük etki mesafesinin C_1 değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir (Bkz. Şekil 4.24-4.27).



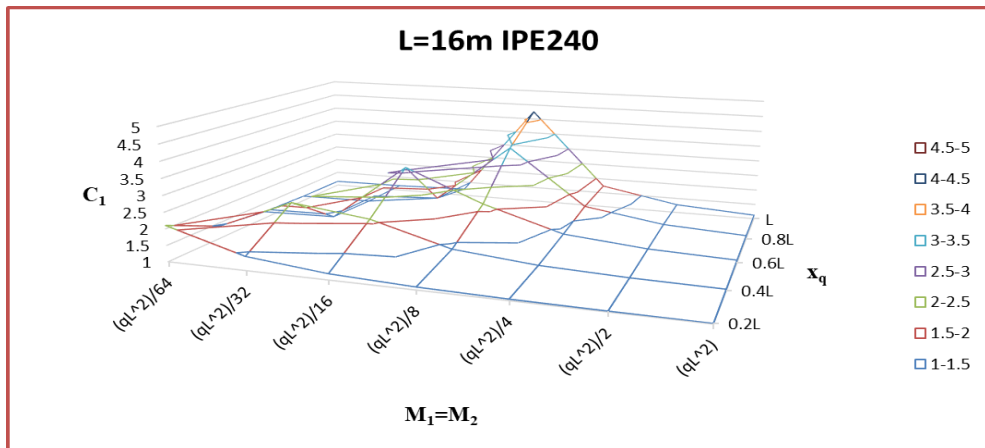
Şekil 4.24. Yükleme durumu 8 için 8m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.



Şekil 4.25. Yükleme durumu 8 için 8m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.



Şekil 4.26. Yükleme durumu 8 için 16m açıklığa sahip IPE500 kirişine ait C_1 değerleri.



Şekil 4.27. Yükleme durumu 8 için 16m açıklığa sahip IPE240 kirişine ait C_1 değerleri.

4.3 Analizlerin Değerlendirilmesi

Yükleme durumlarının hepsi incelendiğinde en küçük C_1 değerlerinin, aralarında en narin kiriş olan 16 metre açıklığa sahip IPE240 için elde edildiği görülebilir. Buda en kritik kiriş olduğunu gösterir. Bu sebepten ötürü optimizasyon işlemi bu kirişin değerleri için yapılacaktır.

Bu grafiklerden çıkarılacak bir sonuç C_1 değerinin sadece moment diyagramının şekline bağlı olmadığıdır. Kirişin narinlik derecesi C_1 değerleri üzerinde belirleyici role sahiptir.



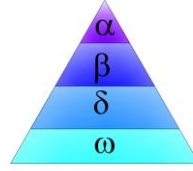
5. BOZKURT OPTİMİZASYONU (GRAY WOLF OPTIMIZATION, GWO)

Bozkurt optimizasyonu doğada sürüler halinde yaşayan kurtların liderlik hiyerarşisi ve doğal avlanma davranışından ilham almıştır ve Mirjalili vd., (2014) tarafından 2014 yılında geliştirilmiştir. Bozkurtlar Canidae ailesine aittir sürüler halinde yaşar, seyahat eder ve avlanırlar. Bir sürüde yaklaşık 12 ile 30 arasında kurt vardır. Sürü yönetici alfa (α), yönetici yardımcıları beta (β) ve delta (δ) üyeleri ile sürünün diğer üyeleri omegalar (ω) oluşur. Sürü avlanırken, önce avı kovalar, sonra onu çevreler ve saldırır. GWO bozkurtların bu avlanma davranışını taklit eder. Optimizasyon bu hali ile popülasyon tabanlı meta-sezgisel optimizasyon algoritmalarından biri olarak kabul edilir (Sönmez, 2018).

5.1 GWO' nün Temel Prensipleri

Her sürüde erkek veya dişi bir lider vardır ve alfa (α) olarak isimlendirilir. Lider av, uyuma yeri, uyanma zamanı gibi birçok konuda karar verir. Alfa'nın kararları sürü tarafından emir olarak kabul edilse de kendi içlerinde bir demokratik davranıştan da söz edilebilir. Çiftleşme yetkisi sadece sürü lideri olan alfanın bir ayrıcalığıdır. Alfanın sürünün en güçlü üyesi olma zorunluluğu yoktur ancak sürüyü bir arada tutan birey alfa olarak kabul edilir. Bu da sürünün organizasyon ve disiplininin güçten daha önemli olduğunu gösterir (Mirjalili vd., 2014).

Sürü hiyerarşisinde ikinci seviyede sürünün beta üyesi vardır. Betanın görevi karar verme aşamasında ve diğer işlerde lidere yardım etmektir. Beta kurdu potansiyel lider olarak kabul edilir ve eğer lider ölür veya çok yaşlanırsa liderin yerine geçer. En düşük rütbeli kurtlar omega olarak adlandırılır. Omegalar diğer kurtların emirlerini uygulamak zorundadırlar ve düşmanlar ile dövüşme, çocuk bakıcılığı gibi rutin işleri yapar. Sürüdeki kurtlar eğer alfa, beta veya omega değilse delta olarak isimlendirilirler. Bu kurtlar alfa ve betadan emir alır ama omegalara emirler verirler. Keşif yapma işlerini yapar, yavru ve hasta kurtlara bakıcılık işleri ile uğraşırlar. Şekil 5.1'de kurtların sosyal hiyerarşik yapısı görülebilir.

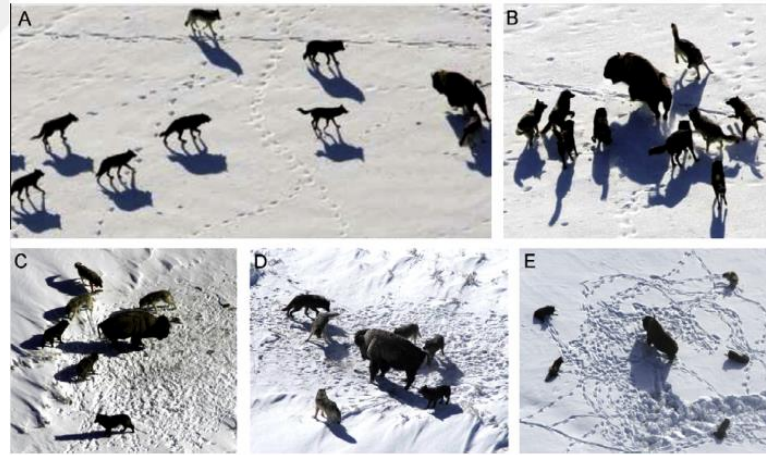


Şekil 5.1. Sürünün hiyerarşik yapısı (Mirjalili vd., 2014).

Kurtlar bu hiyerarşik yapı yanında grup olarak avlanırken ilginç bir sosyal davranış sergilerler. Avlanırken bir grup halinde kullandıkları davranış:

- a) Avı takip etmek ve ava yaklaşmak
- b) Avı kaçıdığı sürece izlemek ve av durana kadar daireler çizerek etrafını sarmak
- c) Ava saldırmak.

Bu sosyal davranış Şekil 5.2’de fotoğraflar ile verilmiştir. GWO algoritması bu avlanma prensibi kullanılarak geliştirilmiştir.



Şekil 5.2. Sürünün avı izlemesi ve yakalaması (Mirjalili vd., 2014).

5.2 Matematiksel Modelleme ve Algoritma

GWO algoritması oluşturulurken amaç fonksiyonunu en uygun değeri veren birey olarak alfa, ikinci en iyi değer beta ve üçünü en iyi değer delta olarak kabul edilir. Geriye kalan tüm çözümler doğal olarak omega olarak kabul edilir. Kurtların avlanma davranışına uygun olarak, alfa, beta ve delta kurtları sürüye yön verecek ve Omegalar da onları izleyerek avlanma olayına destek vereceklerdir.

Avlanma esnasında kurtların avın etrafında daireler çizerek avı durdurmaya çalıştıkları söylenmiştir. Bu avlanma davranışı aşağıdaki denklem ile modellenmiştir.

$$D = |C \cdot X_p(t) - X(t)| \quad (5.1)$$

$$X(t + 1) = X_p(t) - A \cdot D \quad (5.2)$$

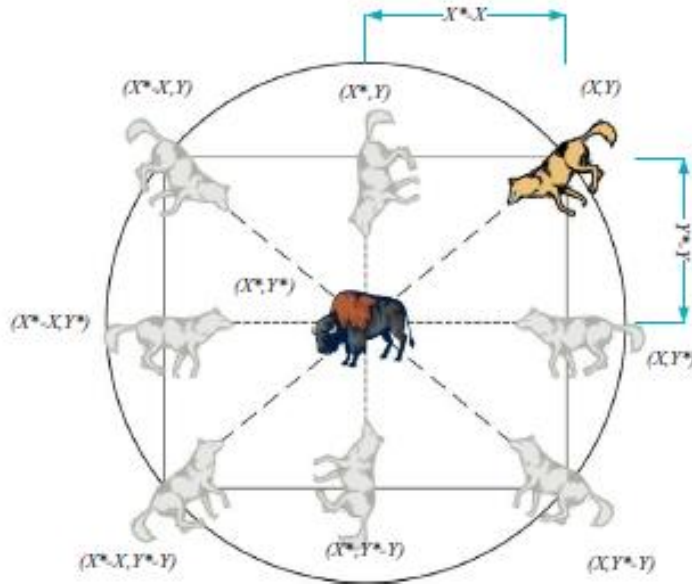
Bu denklemlerdeki t : kaçınıcı yineleme olduğunu; X_p avın yeri ve X ise kurdun yerini göstermektedir. ; A ve C katsayılar vektörü olarak tasarlanmıştır ve aşağıda verilen şekli ile hesaplanır.

$$A = 2 \cdot a \cdot r_1 - a \quad (5.3)$$

$$C = 2 \cdot r_2 \quad (5.4)$$

Denklemlerdeki r_1 ve r_2 $[0,1]$ aralığında rastgele seçilen reel sayılardır, a ise yinelemenin ilk adımında 2 den başlayıp son yinelemede 0 değerine kadar azalan reel bir sayıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$a = 2 \left(1 - \frac{t}{\text{Maksimum Döngü}} \right) \quad (5.5)$$



Şekil 5.3. (X,Y) koordinatındaki bir kurdun (X^*,Y^*) koordinatındaki avına ulaşması (Mirjalili vd., 2014).

Avın koordinatı olan (X^*, Y^*) noktasına (X, Y) noktasında olan bir kurdun nasıl ulaştığı Şekil 5.3’de gösterilmektedir. Eğer $C = 2 \cdot r_2 = (1, 1)$ ve $A = 2 \cdot a \cdot r_1 - a = (1, 0)$ olası değerlerini aldığı anda, kurdun koordinatları (X^*, Y^*) olacaktır.

Kurtlar avlarının yerlerini avlanma esnasında görürler ve avların etrafında daireler çizerler. Avlanma lider olan alfa kurt tarafından yönetilir ve çok nadiren de olsa beta ve delta kurtlarda yardım ederler. Optimizasyon algoritmasındaki amaç avın yeri yani optimum noktanın koordinatları bilinmez. Optimizasyon algoritmasının amacı bu noktayı tespit etmektir. Bu optimizasyon yönteminde alfa, beta ve delta kurtlarının tüm sürüyü kontrol ettikleri için avın yeri hakkında en doğru bilgiye sahip oldukları kabul edildiğinden dolayısı en iyi sonucu veren bu üç kurdun değerleri kaydedilir ve diğer kurtlar bu üçünün durumuna göre yerlerini günceller. Bu durum matematiksel olarak aşağıda verilen şekilde ifade edilmiştir.

$$D_\alpha = |C \cdot X_\alpha - X| \quad (5.6)$$

$$D_\beta = |C \cdot X_\beta - X| \quad (5.7)$$

$$D_\delta = |C \cdot X_\delta - X| \quad (5.8)$$

ve

$$X_1 = X_\alpha - A \cdot D_\alpha \quad (5.9)$$

$$X_2 = X_\beta - A \cdot D_\beta \quad (5.10)$$

$$X_3 = X_\delta - A \cdot D_\delta \quad (5.11)$$

Tahmini olarak avın yeri

$$X(t + 1) = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3} \quad (5.12)$$

Avlanma, kurtların avını yakalaması yani avın dolayısı ile lider kurtların yerlerini değiştirmedeği anda biter. Matematiksel olarak optimizasyon işlemini durdurmak demek a değerinin sabit olarak kalacağı ve bir optimum noktaya ulaşılacağı anlamına gelir.

5.3 GWO' in Yalancı Kodu

1. Başlat: Yinelemeyi başlat $t = 0$
2. Seçim: X adet kurdun ilk pozisyonlarını rastgele oluşturun. (lb ve ub : tasarım değişkeninin alacağı en küçük ve en büyük değerler; λ : $[0,1]$ arasında bir sayı; nP : sürüdeki eleman sayısı ve nD : tasarım değişkeni sayısı)

$$x_{j,i} = x_i^{lb} + \lambda(x_i^{ub} - x_i^{lb}) \rightarrow \begin{matrix} j = 1, 2, \dots, nP \\ i = 1, \dots, nD \end{matrix} \quad (5.13)$$

Formül kullanılarak

$$\mathbf{X}(t = 0) = \begin{bmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} & X_{1,3} & \dots & X_{1,nD} \\ X_{2,1} & X_{2,2} & X_{2,3} & \dots & X_{2,nD} \\ \vdots & \vdots & \vdots & X_{j,i} & \vdots \\ X_{nP,1} & X_{nP,2} & X_{nP,3} & \dots & X_{nP,nD} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_j \\ X_{nP} \end{bmatrix} \quad (5.14)$$

Sağ alttaki birinci indis sayısı (j) kurdun numarasını ve ikinci sayı (i) ise kaçınıcı tasarım değişkeni olduğunu gösterir. x_j değeri j . kurdun n boyutlu uzaydaki yerini gösterir.

3. Yinelemeyi $t = t+1$ olarak başlat.
4. Her bir kurt için ($1, \dots, j, \dots, nP$) işlemleri gerçekleştir.
 - a. Amaç fonksiyonun değeri hesapla eğer en iyi ise X_α , ikinciye X_β ve üçüncüyü X_δ olarak ata. Bunlarda biri değil ise hiçbir işlem yapma.
 - b. Her bir tasarım değişkeni için ($1, \dots, i, \dots, nD$) A ve C değerlerini hesapla. Daha sonra D_α , D_β ve D_δ değerlerini belirle.
 - c. j numaralı elemanın i numaralı tasarım değişkeni $x_{j,i}$ Denk. (5.13)'e göre hesaplanır.
5. Sonlandırma: Eğer $t \geq \text{Maximum Döngü}$ ise, alfa uygunluğunu optimal çözüm olarak göster değilse adım 3 e git.

5.4 En Uygun C₁ Katsayılarının Hesaplanması

Optimizasyon işleminin amacı, tahmin C₁ katsayıları ile elde edilen kritik moment değerleri ve analitik yöntemler ile elde edilen kritik moment değerleri arasındaki hatayı minimize etmektir. Bu amaçla, Denk. (5.15) - (5.20) arasında verilen hata ölçme örneklerinden biri kullanılabilir. Bu hata ölçütlerinden bazıları, mutlak hata (AE), hataların karelerinin ortalamalarının karekökü (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve mutlak hatanın standart sapması (Std_AE) gibi ölçeğe bağlı önlemlerdir. Ayrıca, varyansın mutlak kesri (R²), ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) ve yüzde mutlak hatanın standart sapması (Std_APE) gibi ölçekten bağımsız hata ölçüleri vardır. (Sönmez vd., 2017). Farklı veri kümelerinin tahmin performansı genellikle yüzdelere dayanan hata ölçme değerleri kullanılarak karşılaştırılır.

$$AE = |F_{\text{tahmin}} - F_{\text{analitik}}| \quad (5.15)$$

$$APE = \left| \frac{F_{\text{tahmin}} - F_{\text{analitik}}}{F_{\text{analitik}}} \right| \quad (5.16)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n AE^2}{\sum_{i=1}^n (F_{\text{tahmin}} - F_{\text{analitik}})^2} \quad (5.17)$$

$$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^n AE^2}{n} \right)^{0.5} \quad (5.18)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n AE \quad (5.19)$$

$$MAPE = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n APE \quad (5.20)$$

$$Std_AE = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (AE_i - MAE)^2}{n} \right)^{0.5} \quad (5.21)$$

$$Std_APE = \left(\frac{\sum_{i=2}^n (APE_i - MAPE)^2}{n-1} \right)^{0.5} \quad (5.22)$$

AE, tek bir noktanın mutlak hatası; APE, tek bir noktanın mutlak yüzde hatasıdır;

Bu çalışmada, $F_{analitik}$ değeri yerine yazılım kullanılarak Denk. (5.23) vasıtası ile hesaplanmış $C_{1,LTBeam}$ değerleri ve F_{tahmin} değerleri yerine ise optimizasyonda Denk. (5.24) vasıtası ile hesaplanan $C_{1,Buçalışma}$ değerleri kullanılmıştır.

$$C_{1,LTBeam} = \frac{M_{cr}}{M_{cr,ref}} \quad (5.23)$$

$$C_{1,Buçalışma} = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + x_2) M_{max}}{x_1 M_{max} + x_2 M_A + x_3 M_B + x_2 M_C} \quad (5.24)$$

Hata ölçme işlemi, mutlak yüzde hataların karelerinin ortalamasının karekökü alınarak gerçekleştirildi. Yani matematikte kuadratik ortalama olarak da bilinen RMSE (Root Mean Square Error) yöntemi kullanıldı.

Hata ölçütü olarak kullanılan ifade Denk. (5.25)'de verilmiştir.

$$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{C_{1,Buçalışma} - C_{1,LTBeam}}{C_{1,LTBeam}} \right)^2}{n} \right)^{0.5} \quad (5.25)$$

Denk. (5.25) aynı zamanda C_1 için daha önce türetilmiş diğer ifadelerden elde edilen değerlerin hata ölçümünde de kullanılmıştır.

6. OPTİMİZASYON SONUÇLARI

6.1 Optimizasyon Sonucu

GWO 16 metre uzunluğunda IPE 240 kirişinin 252 farklı yükleme durumundaki $M_{\max}$, M_A , M_B ve M_C değerleri için 30 kez çalıştırılmıştır. Optimizasyon işleminde 50 üyeli bir kurt sürüsü seçilmiş ve her optimizasyon da 1000 yineleme uygulanmıştır. Bu işlemin sonunda C_1 in hesabında $M_{\max}$, M_A , M_B ve M_C ye katsayı olacak x_1 , x_2 ve x_3 tasarım değişkenleri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

Çizelge 6.1. Yeni katsayılar.

Tasarım değişkenleri		
$x_1=8.9269$	$x_2=12.7237$	$x_3=24.1357$

Optimizasyon işlemi yapıldıktan sonra elde edilen C_1 denklemi Çizelge 6.1'deki katsayılarına göre

$$C_{1,Buçalışma} = \frac{58.4 M_{\max}}{8.9 M_{\max} + 12.7 M_A + 24.1 M_B + 12.7 M_C} \quad (6.1)$$

Denklemin daha pratik kullanımı için bu katsayılar $M_{\max}$ 'ın katsayısı ile sadeleştirilecek olursa;

$$12.7 / 8.9 \approx 1.4 \quad 24.1 / 8.9 \approx 2.7$$

$$C_{1,Buçalışma} = \frac{6.5 M_{\max}}{M_{\max} + 1.4 M_A + 2.7 M_B + 1.4 M_C} \quad (6.2)$$

Denk. (6.2) elde edilir.

Artık bu denklemden elde edilen C_1 değerleri ile literatürdeki diğer denklemlerden elde edilen C_1 değerleri karşılaştırılabilir. Bu işlem yapılırken Denk. (6.2)'den elde edilen değerler 'bu çalışma' şeklinde ifade edilecektir.

6.2 C₁ İçin Farklı Hesap Formülleri

Hatırlanacağı üzere 2. Bölümde C₁ için türetilen farklı formüller den bahsedilmişti. Bunları hatırlayacak olursak;

1. M.G. Salvadory (1955);

$$C_1 = 1.75 - 1.05 \Psi + 0.3 \Psi^2 \leq 2.3 \quad (\Psi = \frac{M_1}{M_2})$$

2. Kirby ve Nethercot (1979);

$$C_1 = \frac{12 M_{\max}}{3 M_A + 4 M_B + 3 M_C + 2 M_{\max}}$$

3. Yoo ve Lee; (Amerikan Çelik Konstrüksiyon Enstitüsü, AISC LRFD)

$$C_b = \frac{12.5 M_{\max}}{3 M_A + 4 M_B + 3 M_C + 2.5 M_{\max}}$$

Amerikan Çelik Konstrüksiyon Enstitüsü, AISC LRFD eşdeğer sabit moment faktörünü C₁ yerine C_b olarak isimlendirmiştir. Gösterim farklılığı olsa da temelde ikisi de aynıdır. SAP2000, AISC LRFD ayarlarında bu formülü kullanır.

4. Serna ve Lopez (2006);

$$C_1 = \frac{\sqrt{\sqrt{k} \cdot A_1 + \left(\frac{1 - \sqrt{k}}{2} \cdot A_2\right)^2} + \left(\frac{1 - \sqrt{k}}{2} \cdot A_2\right)}{A_1}$$

$$k = \sqrt{k_z \cdot k_w}$$

$$A_1 = \frac{M_{\max}^2 + \alpha_1 \cdot k \cdot M_1^2 + \alpha_2 \cdot k \cdot M_2^2 + \alpha_3 \cdot k \cdot M_3^2 + \alpha_4 \cdot k \cdot M_4^2 + \alpha_5 \cdot k \cdot M_5^2}{(1 + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5) M_{\max}^2}$$

$$A_2 = \left| \frac{M_1 + 2 M_2 + 3 M_3 + 2 M_4 + M_5}{9 M_{\max}} \right|$$

M_1 ve M_5 kirişin uç noktalarındaki moment değerlerini M_2 , M_3 ve M_4 ise sırayla $L/4$, $L/2$ ve $3L/4$ mesafelerindeki momentleri ifade eder.

$$\alpha_1 = (1 - k_w), \quad \alpha_2 = 5 \cdot \frac{k_z^3}{k_w^2}, \quad \alpha_3 = 5 \left(\frac{1}{k_z} + \frac{1}{k_w} \right), \quad \alpha_4 = 5 \cdot \frac{k_w^3}{k_z^2}, \quad \alpha_5 = (1 - k_z)$$

Burada $k = k_z = k_w = 1$ olduğu durumda; $\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = 5$, $\alpha_3 = 10$, $\alpha_4 = 5$, $\alpha_5 = 0$ olacaktır ve A_1 ifadesi Denk. (6.3)'teki halini alacaktır.

$$A_1 = \frac{M_{\max}^2 + 5 M_2^2 + 10 M_3^2 + 5 M_4^2}{21 M_{\max}^2} \quad (6.3)$$

$k=1$ olması sebebi ile C_1 için yazdıkları formülde A_2 nin katsayısı sıfır olacak ve A_2 değerleri kaybolacaktır. Böylece C_1 'in değeri Denk. (6.4) ile hesaplanabilir.

$$C_1 = \frac{\sqrt{A_1}}{A_1} = A_1^{-\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{21 M_{\max}^2}{M_{\max}^2 + 5 M_2^2 + 10 M_3^2 + 5 M_4^2}} \quad (6.4)$$

Denk. (6.4)'de M_2 , M_3 ve M_4 yerine sırayla M_A , M_B ve M_C yazılacak olursa;

$$C_1 = \sqrt{\frac{21 M_{\max}^2}{M_{\max}^2 + 5 M_A^2 + 10 M_B^2 + 5 M_C^2}} \quad (6.5)$$

Bunlara ek olarak 2. Bölümde bahsedilmeyen fakat CSI (2011) de yer alan beşinci bir formülde Denk. (6.6)'da verilen formüldür.

5. CSI (2011)

$$C_1 = 1.88 - 1.40\Psi + 0.52\Psi^2 \quad \left(\Psi = \frac{M_1}{M_2} \right) \quad (6.6)$$

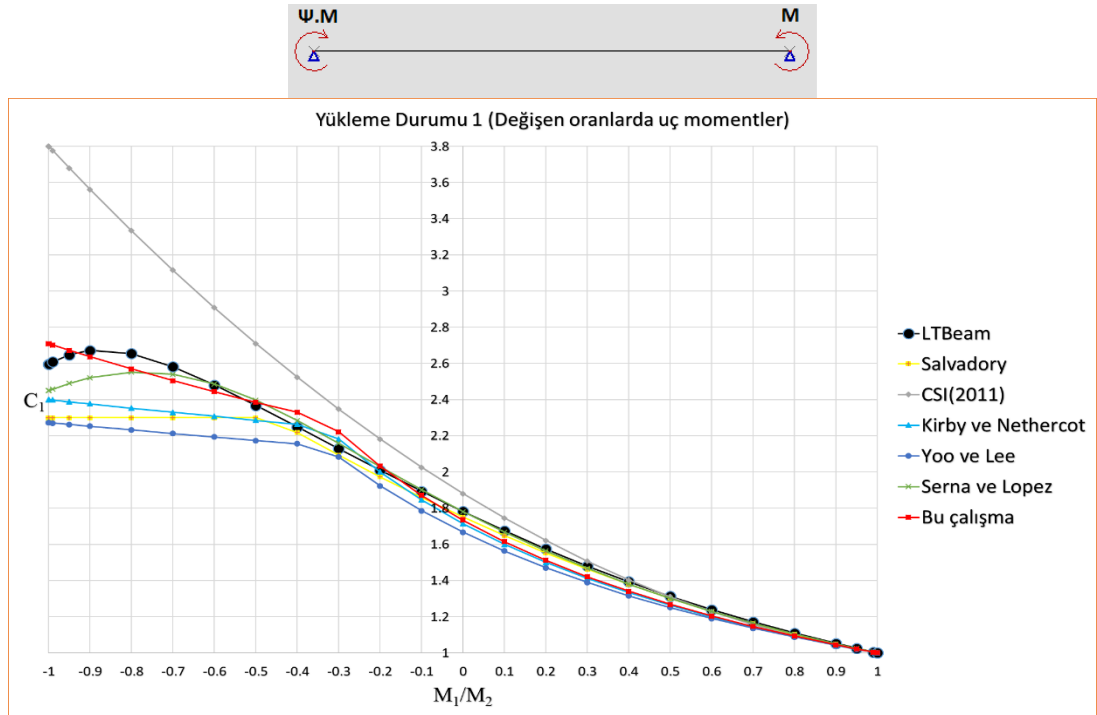
SAP2000, Eurocode 3 ayarında bu formülü kullanır. Görüldüğü gibi SAP2000'in Eurocode 3 ayarlarında kullandığı hesap formülü M.G. Salvatory tarafından türetilen denklem ile benzerlik içermektedir.

6.3 Çalışmadan Elde Edilen C_1 Değerlerinin LTBeam ve Diğer Formüllerden Elde Edilen C_1 Değerleri İle Karşılaştırılması

Grafiklerde görülen LTBeam isimli eğriler; LTBeam den elde edilen elastik kritik momentlerin, referans elastik kritik momentlere bölünmesi ile elde edilen C_1 değerlerini temsil etmektedir.

6.3.1 Yükleme durumu 1 (Değişen oranlarda uç momentler)

Bu yükleme durumunda Şekil 6.1’de görüldüğü gibi CSI (2011) ile elde edilen C_1 değerleri yazılımdan ve diğer formüllerden elde edilen C_1 değerlerinden bariz biçimde büyüktür. En küçük C_1 değerleri ise Yoo ve Lee tarafından türetilmiş denklem ile elde edilmiş olanlardır. Serna ve Lopez tarafından türetilen denklem ile elde edilen C_1 değerlerinin oluşturduğu eğri dikkat çekici bir biçimde yazılımdan elde edilen sonuçlara ait eğri ile benzer eğrilik göstermiş ve yazılımdan elde edilen sonuçlara yakın sonuçlar vermiştir. GWO sonucu elde ettiğimiz denkleme ait C_1 değerlerinin de LTBeam den elde edilenlere yakın olduğu görülmektedir. Bölüm sonunda C_1 ifadelerine ait hata miktarları bir tablo halinde verilmiştir (Bkz. Çizelge 6.2).



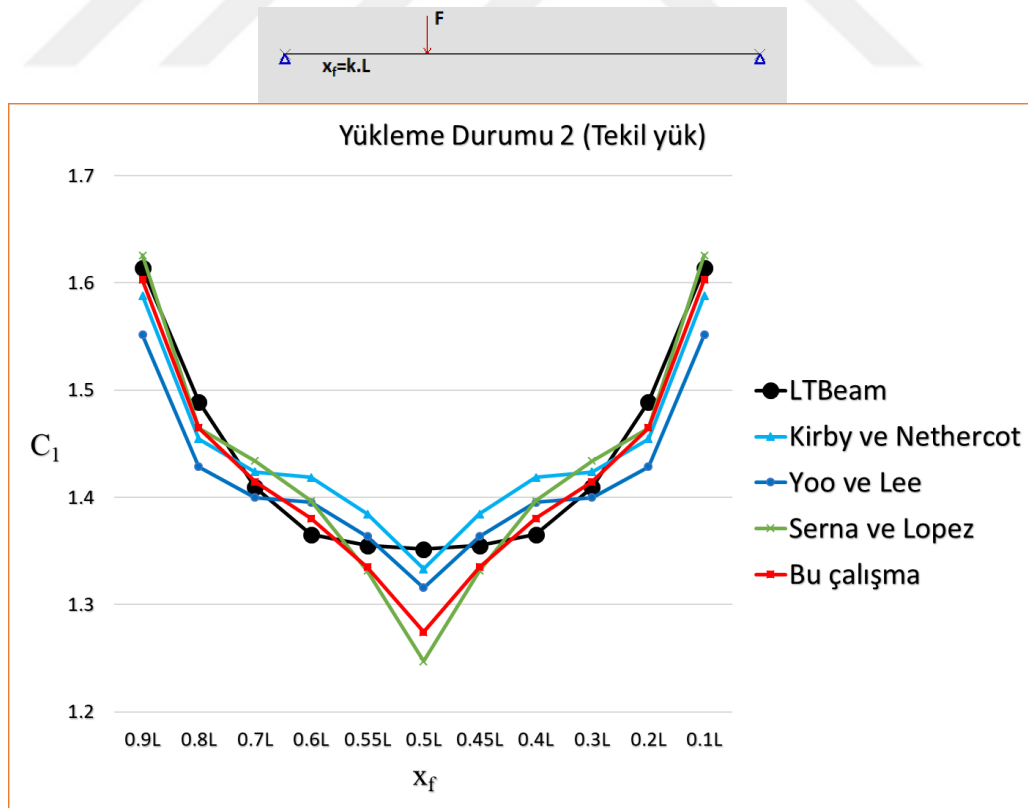
Şekil 6.1. Yükleme durumu 1 için C_1 değerleri.

6.3.2 Yükleme durumu 2 (Tekil yük)

Tekil yük ile yüklenmiş basit kirişte mesnet noktalarında moment oluşmayacağı için uç momentlerin oranından bahsedilemez. CSI (2011) ve Salvadori ye ait denklemler uç momentlerin oranına bağlı oldukları için bu yükleme durumunda kullanılmamıştır.

Şekil 6.2’de tekil yükün kirişin tam ortasından etki ettiği yükleme durumunda Serna ve Lopez tarafından türetilen denklem ile elde edilen C_1 değerinin hem yazılım hem de diğer formüllerden elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir.

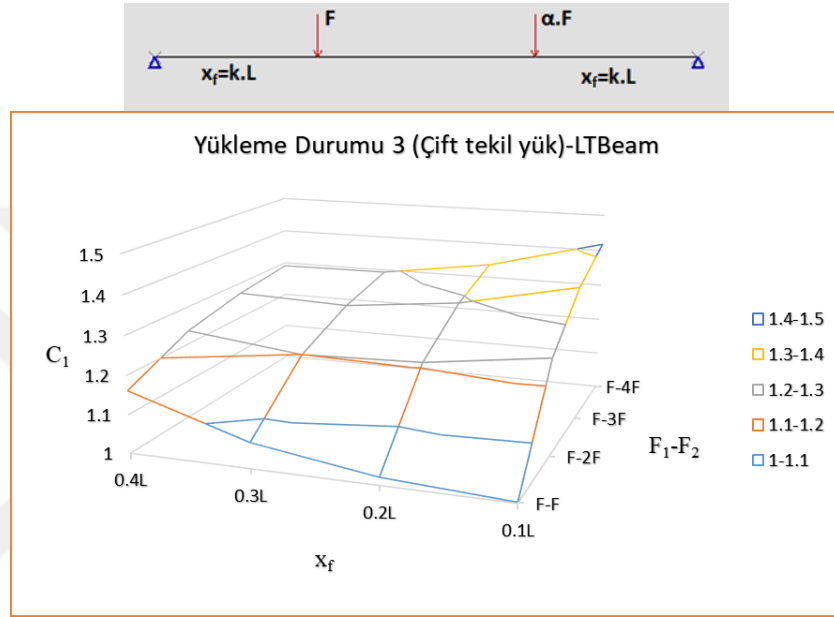
C_1 eşdeğer sabit moment faktörü büyüdükçe M_{cr} de büyüyecektir. Formüllerden elde edilen C_1 değerlerinin yazılımdan elde edilenden C_1 değerinden büyük olması demek bu formüllerden elde edilen C_1 değerleri kullanılarak hesaplanan elastik kritik momentin gerçeğin üzerinde sonuçlar vereceği ve bunun da güvenli olmayacağı anlamına gelir. Bu açıklamalar doğrultusunda tekil yük yükleme durumunda en iyi sonuçları bu çalışmadan elde edilen denklemin verdiği söylenebilir. Bu da Şekil 6.2’de açık bir şekilde görülmektedir.



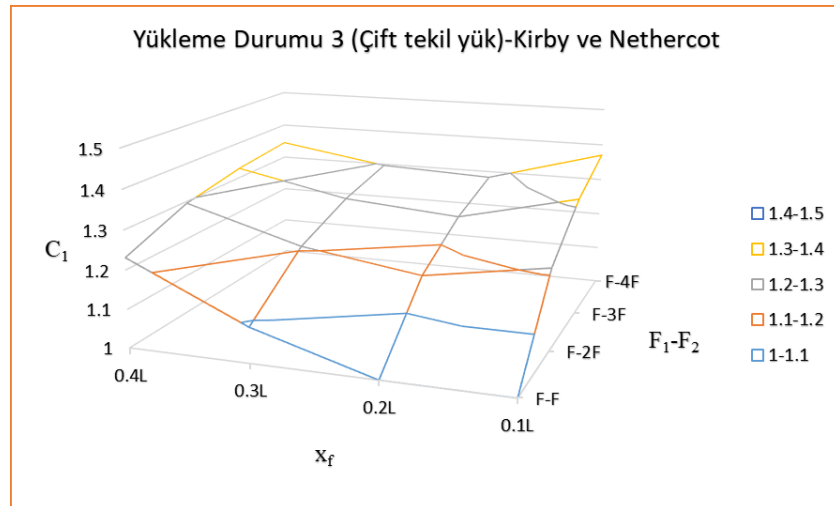
Şekil 6.2. Yükleme durumu 2 için C_1 değerleri.

6.3.3 Yükleme durumu 3 (Çift tekil yük)

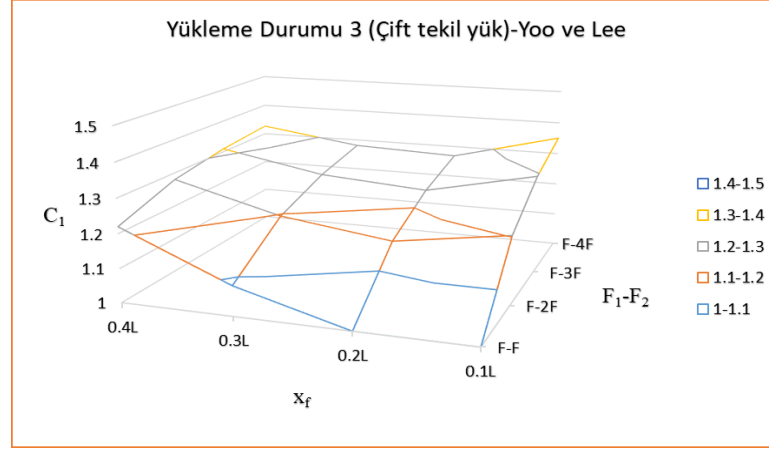
Bu yükleme durumunda Serna ve Lopez tarafından türetilen C_1 ifadesine ait değerlerdeki hata miktarı en az olmasına rağmen bu çalışmadan türetilen C_1 ifadesinin daha güvenli kaldığı iddia edilebilir. Özellikle kuvvetlerin $F-4F$ ve etki mesafesinin de $0.4L$ olduğu yükleme durumunda her bir ifadeden elde edilen C_1 değerleri yazılımdan elde edilenden büyüktür (Bkz. Şekil 6.3-6.7).



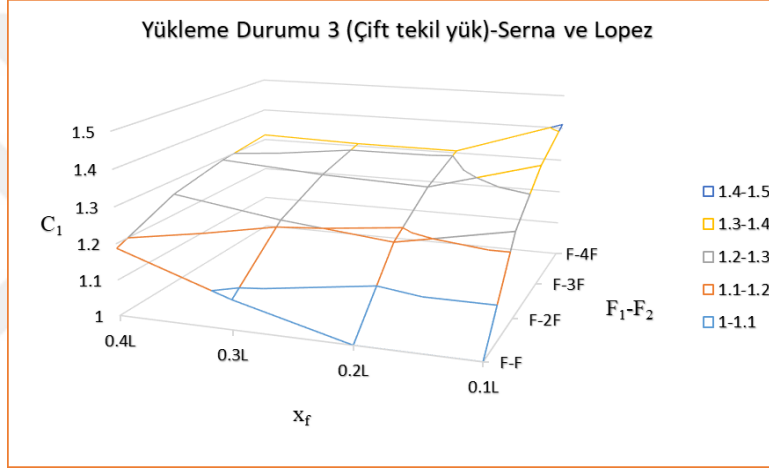
Şekil 6.3. Yükleme durumu 3 için LTBeam den elde edilen C_1 değerleri.



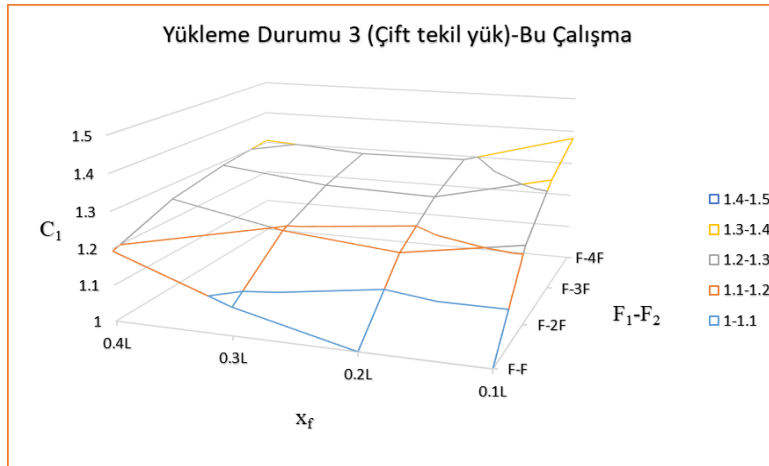
Şekil 6.4. Yükleme durumu 3 için Kirby ve Nethercot tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



Şekil 6.5. Yüklem durumu 3 için Yoo ve Lee tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



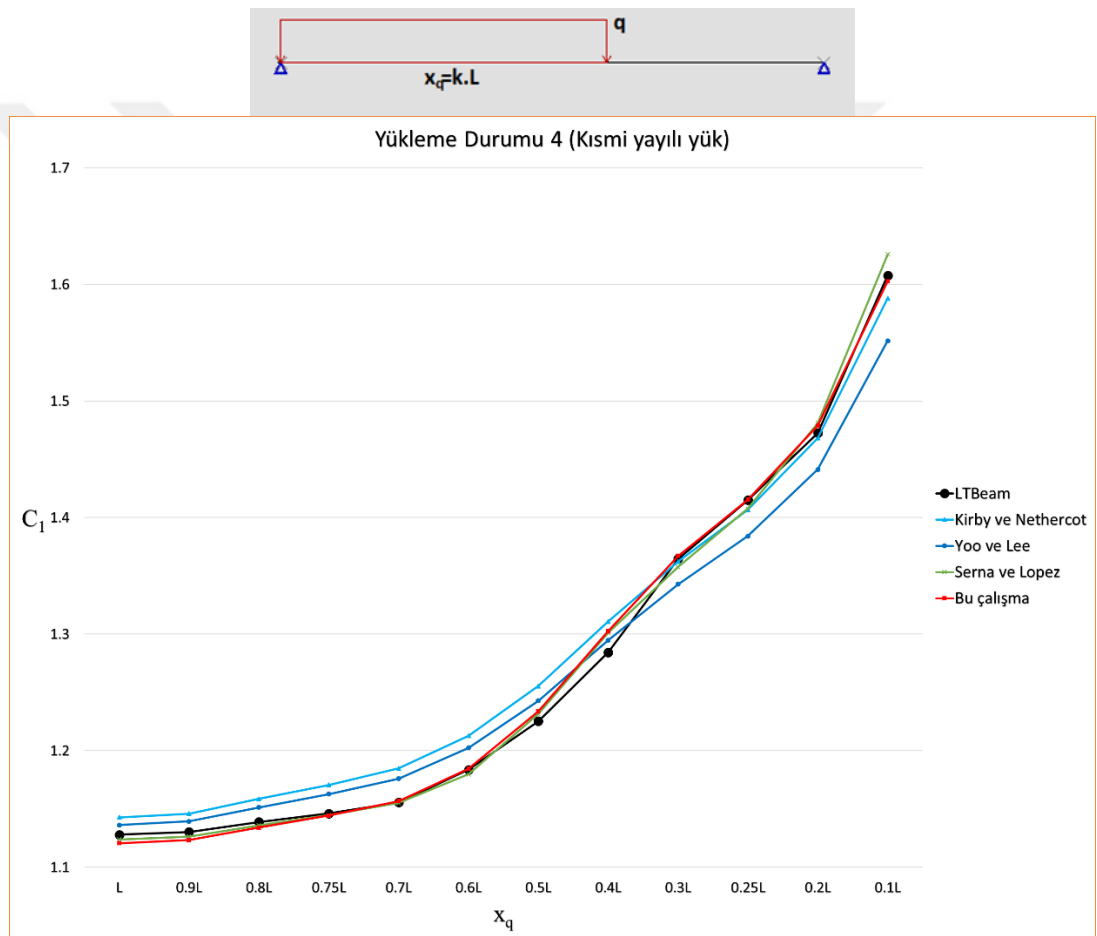
Şekil 6.6. Yüklem durumu 3 için Serna ve Lopez tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



Şekil 6.7. Yüklem durumu 3 için bu çalışmadan türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.

6.3.4 Yükleme durumu 4 (Kısmi yayılı yük)

Kısmi yayılı yük durumunda bu çalışmadan elde edilen hesap formülü ile bulunmuş C_1 değerleri yazılımdan elde edilenler ile neredeyse çakışmaktadır. Serna ve Lopez'e ait denklemin Kirby ve Nethercot ile Yoo ve Lee tarafından türetilen denklemlere nazaran yazılımdan elde edilen sonuçlara daha yakın sonuçlar verdiği de Şekil 6.8'den anlaşılabılır. Bu yükleme durumu için LTBeam den elde edilen sonuçlara en yakın sonuçları veren hesap formülünün bu çalışmadan elde edilenler olduğu söylenebilir.

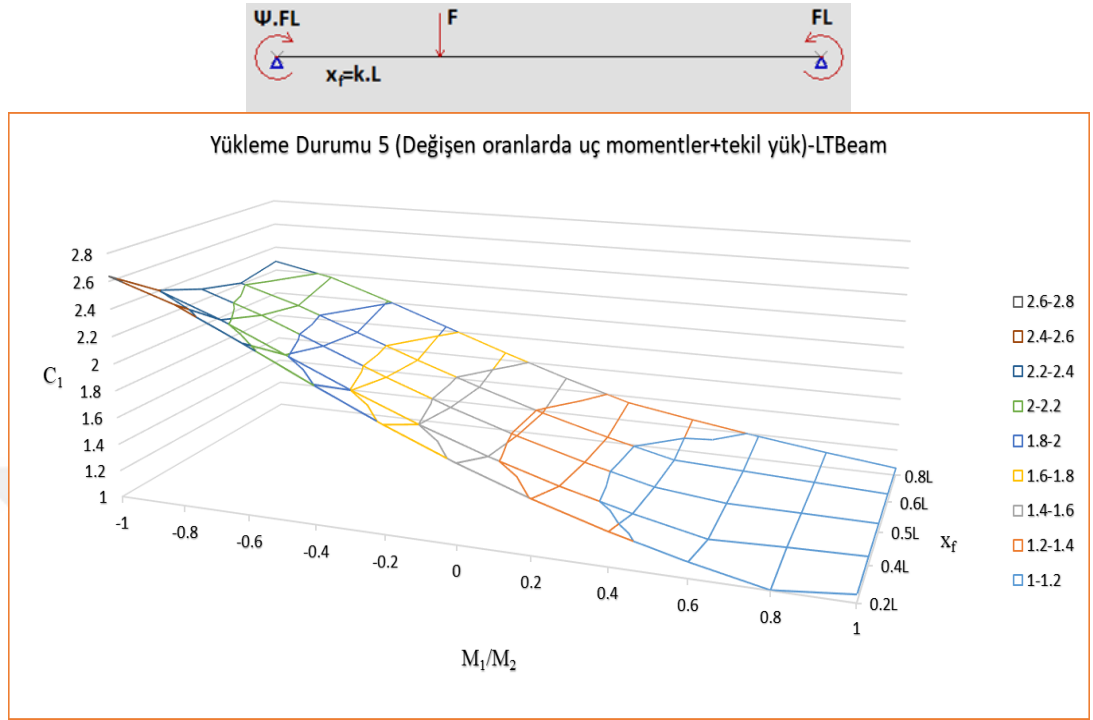


Şekil 6.8. Yükleme durumu 4 için C_1 değerleri.

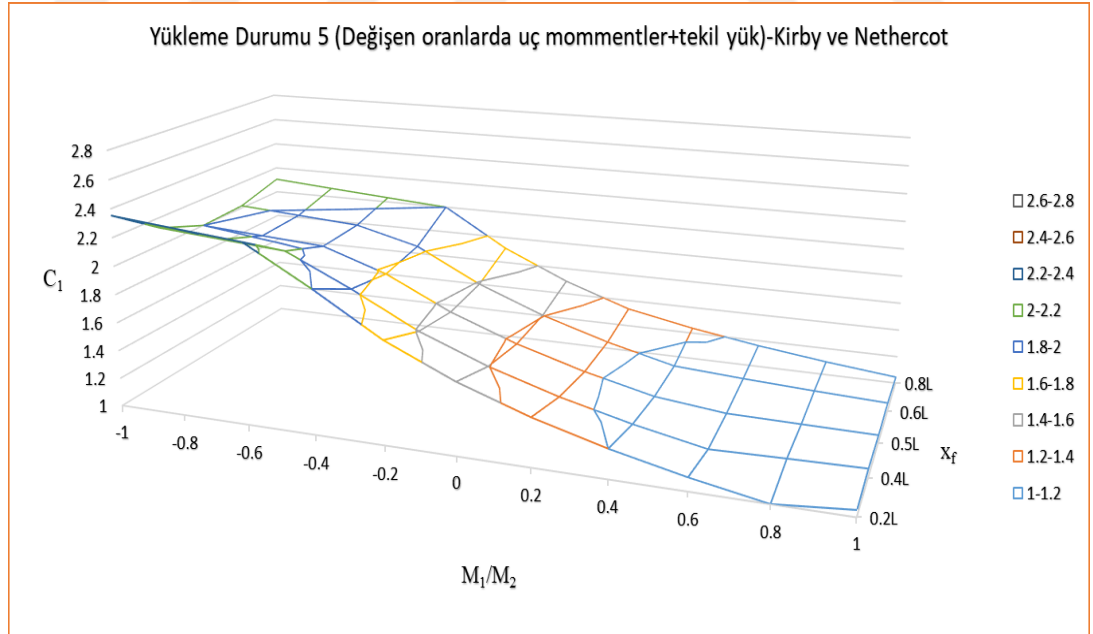
6.3.5 Yükleme durumu 5 (Değişen oranlarda uç momentler ve tekil yük birlikte)

Bu yükleme durumu için en iyi sonuçları Serna ve Lopez tarafından türetilen C_1 ifadesinin verdiği söylenebilir. Bu çalışmadan türetilen C_1 ifadesi diğer ifadelerin

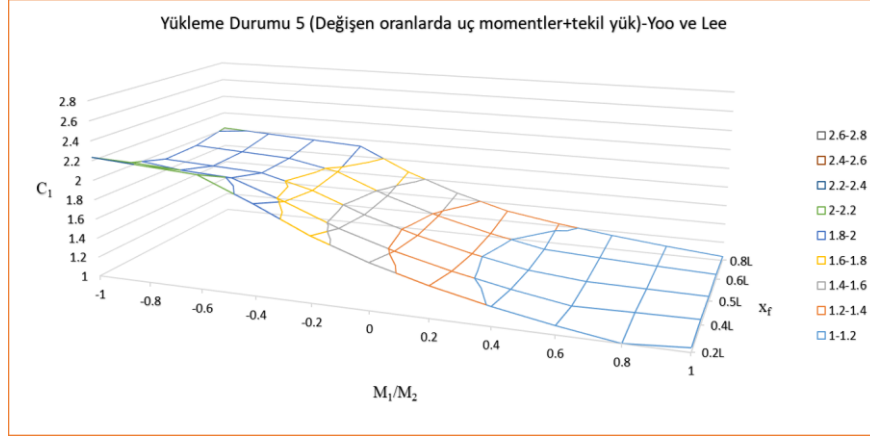
hepsinden daha iyi sonuçlar vermiştir (Bkz. Şekil 6.9-6.13). Çizelge 6.2’de ki hata miktarlarından da bu netice açık bir şekilde görülmektedir.



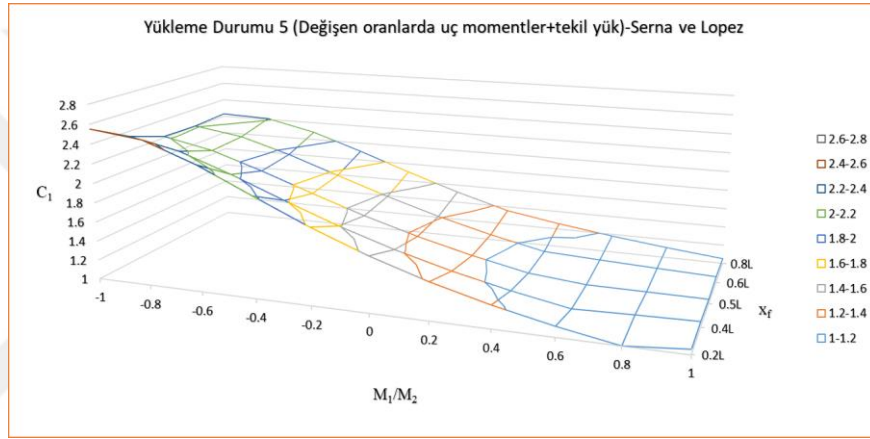
Şekil 6.9. Yükleme durumu 5 için LTBeam den elde edilen C_1 değerleri.



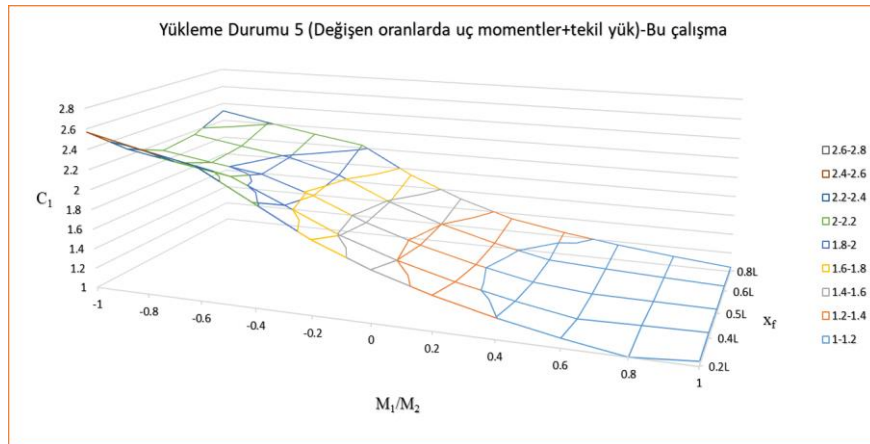
Şekil 6.10. Yükleme durumu 5 için Kirby ve Nethercot tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



Şekil 6.11. Yüklem durumu 5 için Yoo ve Lee tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



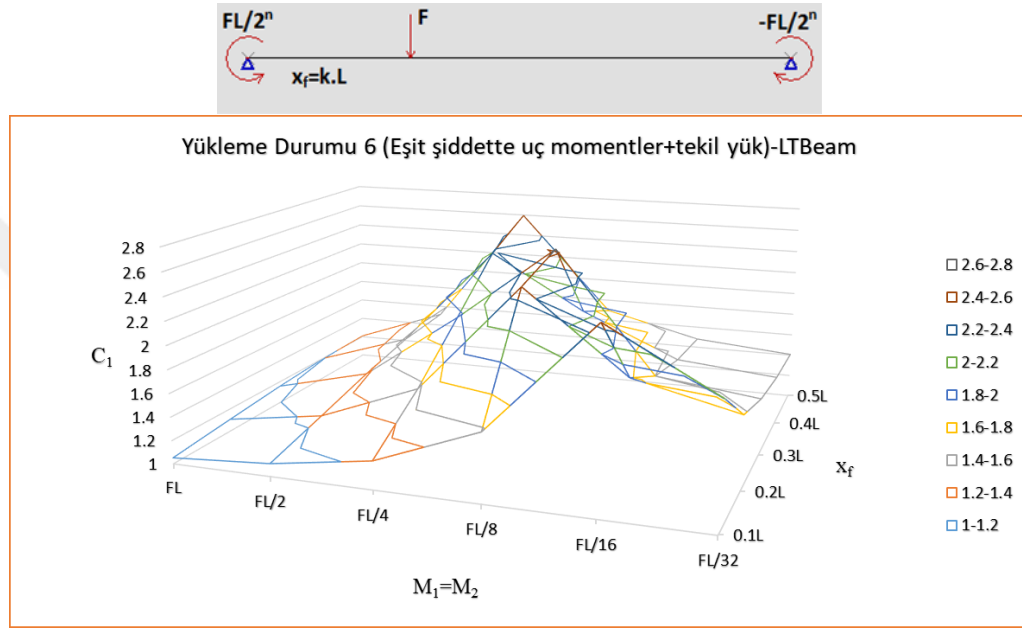
Şekil 6.12. Yüklem durumu 5 için Serna ve Lopez tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



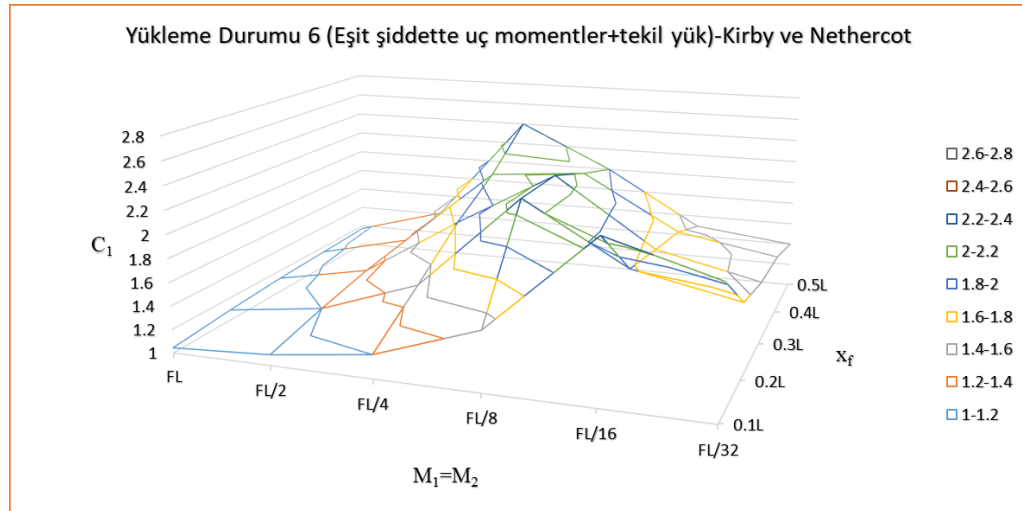
Şekil 6.13. Yüklem durumu 5 için bu çalışmadan türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.

6.3.6 Yükleme durumu 6 (Eşit şiddette uç momentler ve tekil yük birlikte)

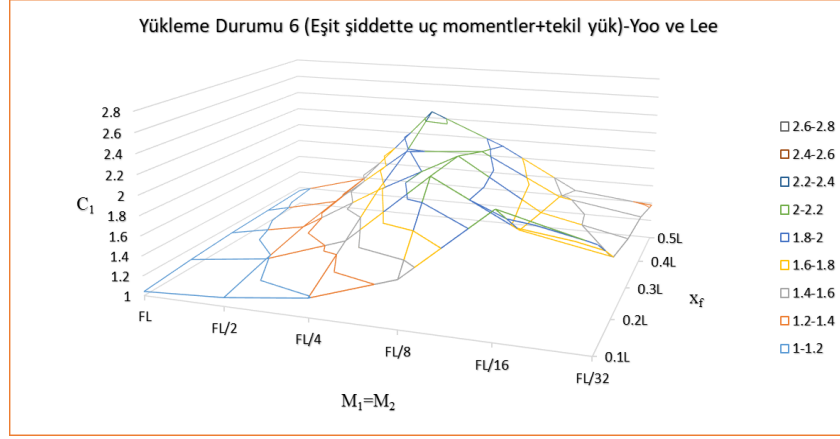
Tekil yük ve kiriş serbest açıklığının bir fonksiyonu olan eşit şiddette uç momentler ile tekil yükün birlikte etki ettiği bu yükleme durumunda en az hata miktarına sahip olan bu çalışmadan türetilmiş C_1 ifadesinin en iyi sonuçları verdiği görülmüştür (Bkz. Şekil 6.14-6.18). Serna ve Lopez tarafından türetilen denklemin en yüksek hatayı verdiği yükleme durumu bu yükleme durumudur (Bkz. Çizelge 6.2).



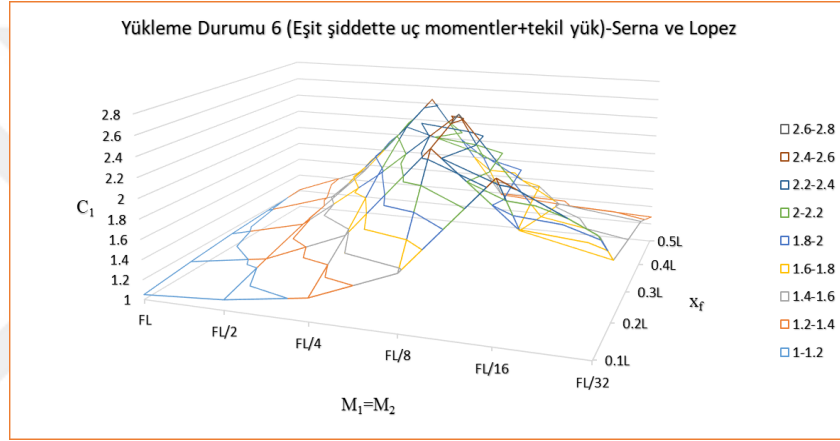
Şekil 6.14. Yükleme durumu 6 için LTBeam den elde edilen C_1 değerleri.



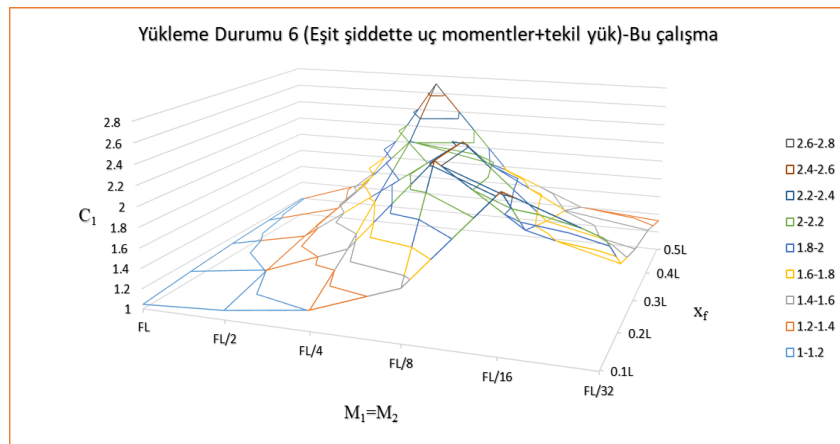
Şekil 6.15. Yükleme durumu 6 için Kirby ve Nethercot tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



Şekil 6.16. Yüklem durumu 6 için Yoo ve Lee tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



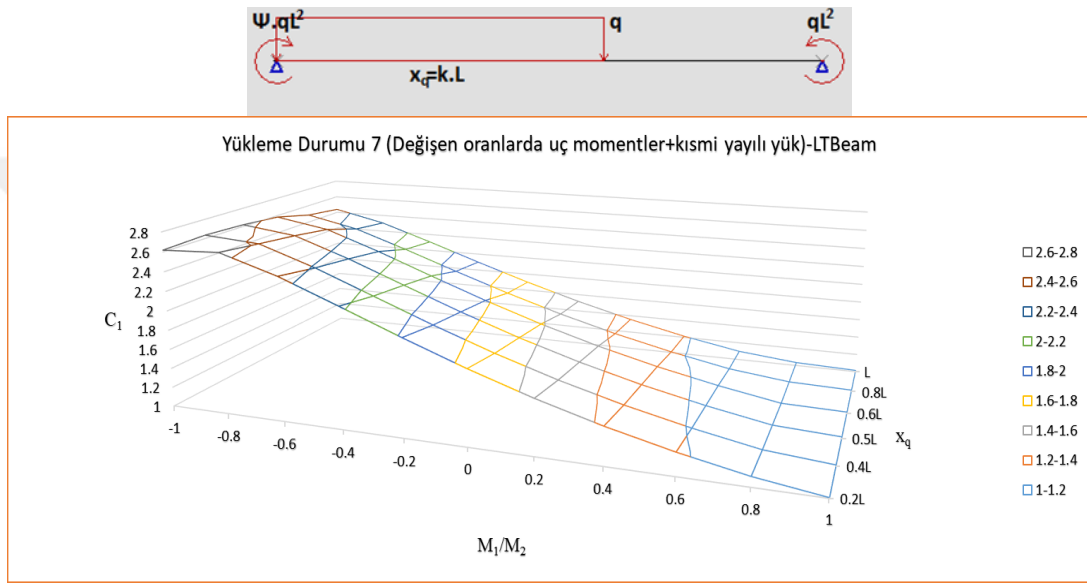
Şekil 6.17. Yüklem durumu 6 için Serna ve Lopez tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



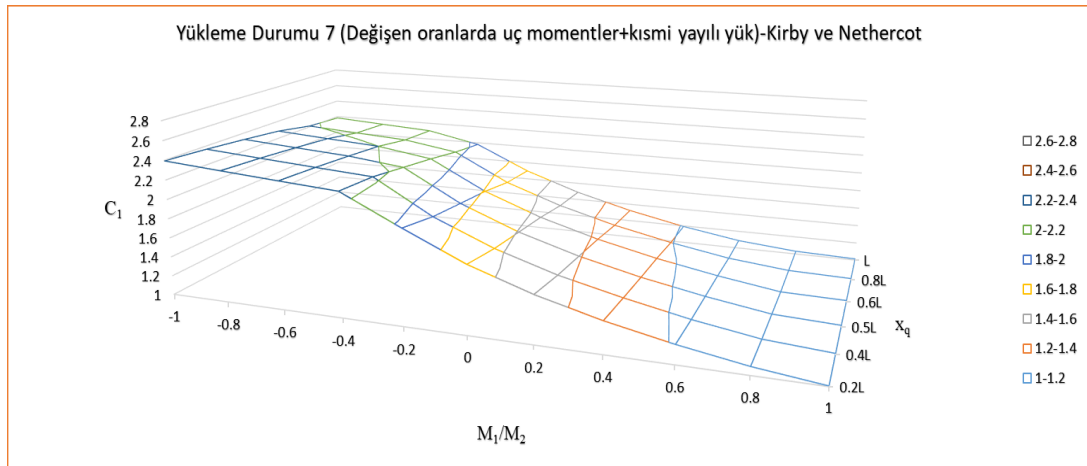
Şekil 6.18. Yüklem durumu 6 için bu çalışmadan türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.

6.3.7 Yükleme durumu 7 (Değişen oranlarda uç momentler ve kısmi yayılı yük birlikte)

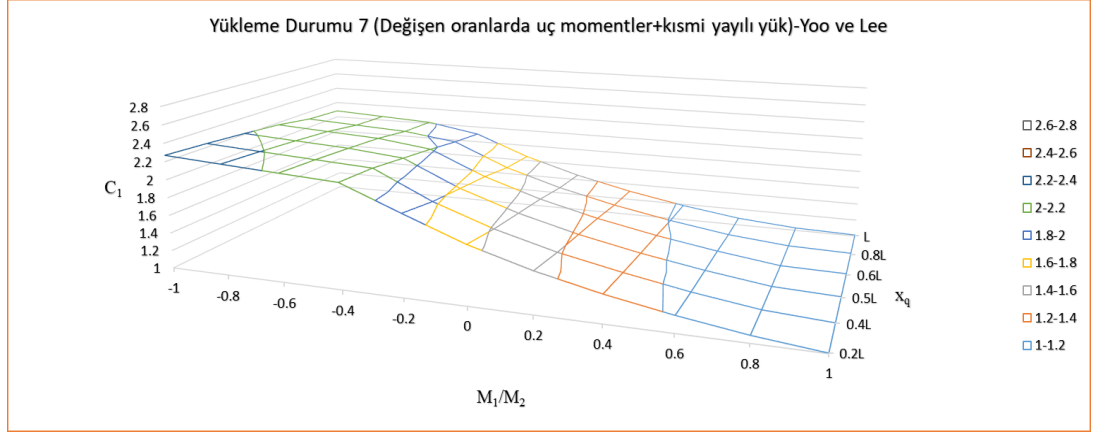
Yayılı yük ve kiriş uzunluğunun bir fonksiyonu olan değişen oranlarda uç momentler ile yayılı yükün birlikte etki ettiği yükleme durumunda Serna ve Lopez tarafından türetilen C_1 ifadesi ve bu çalışmadan elde edilen C_1 ifadesi diğer ikisine nazaran yazılımdan elde edilen C_1 değerlerine daha yakın sonuçlar vermektedir (Bkz. Şekil 6.19-6.23).



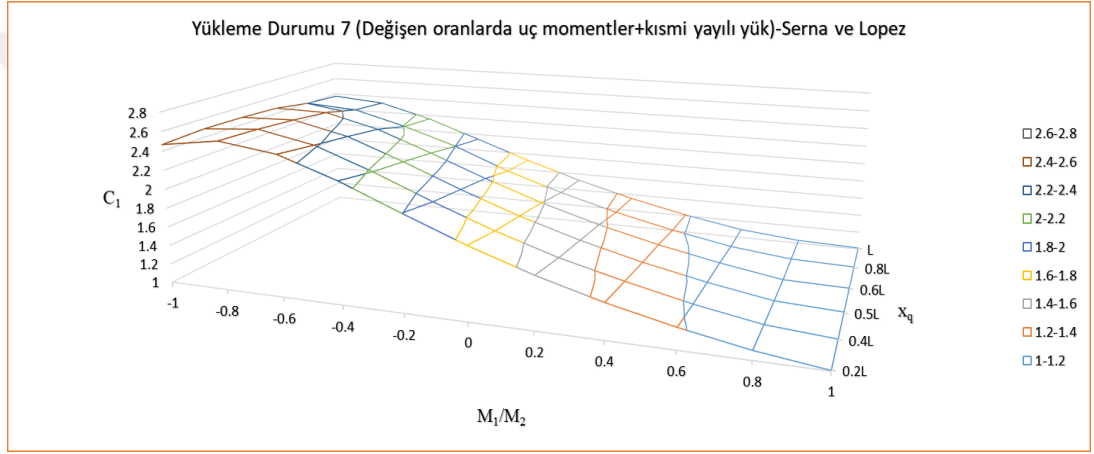
Şekil 6.19. Yükleme durumu 7 için LTBeam den elde edilen C_1 değerleri.



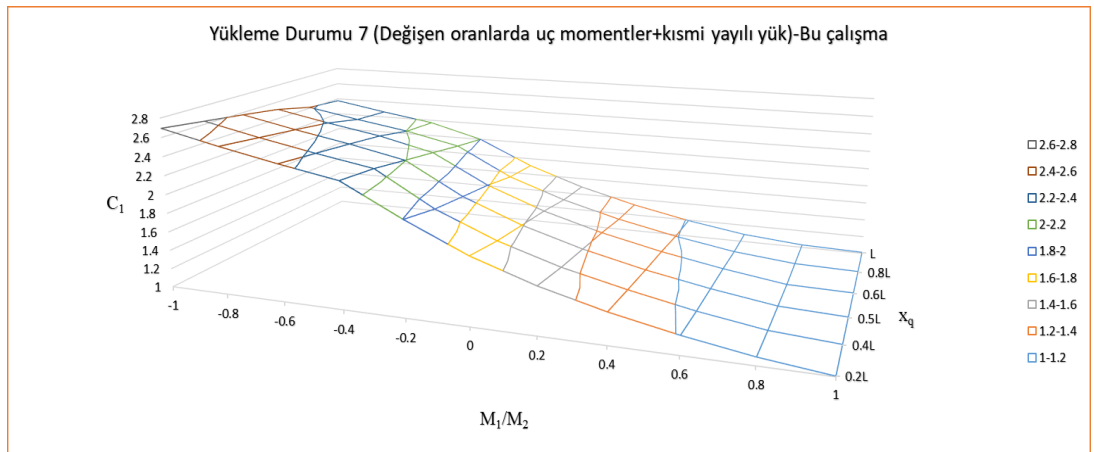
Şekil 6.20. Yükleme durumu 7 için Kirby ve Nethercot tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



Şekil 6.21. Yüklem durumu 7 için Yoo ve Lee tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



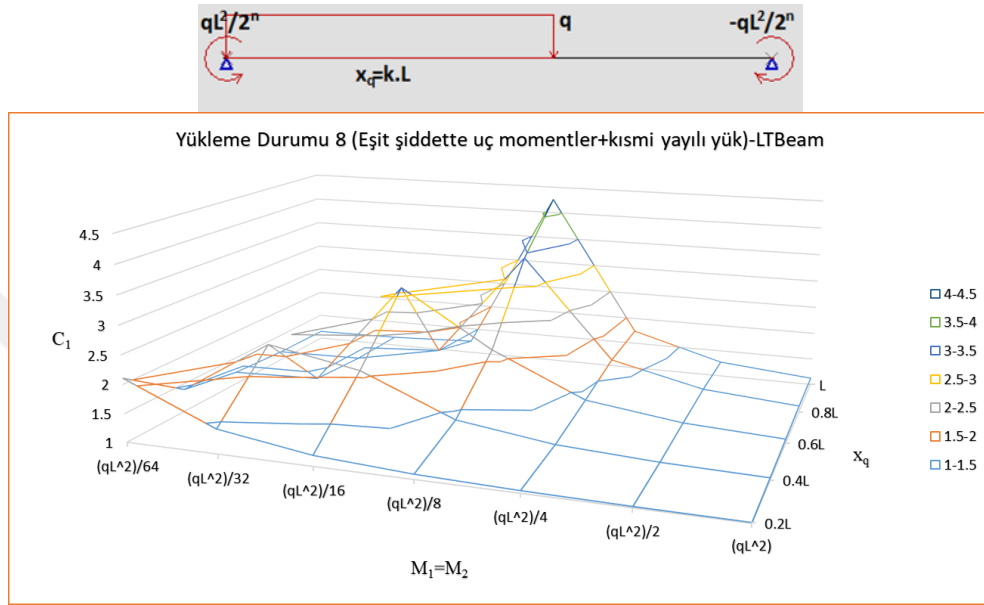
Şekil 6.22. Yüklem durumu 7 için Serna ve Lopez tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



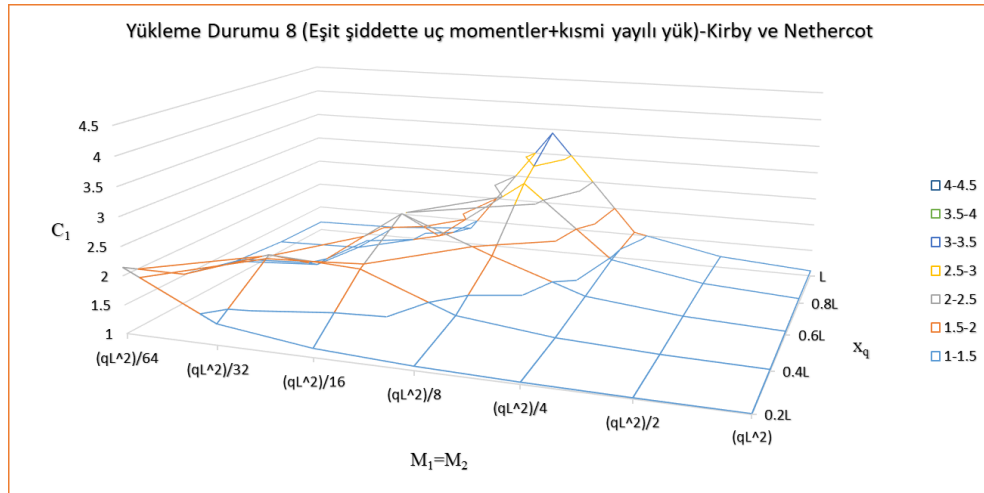
Şekil 6.23. Yüklem durumu 7 için bu çalışmadan türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.

6.3.8 Yükleme durumu 8 (Eşit şiddette uç momentler ve kısmi yayılı yük birlikte)

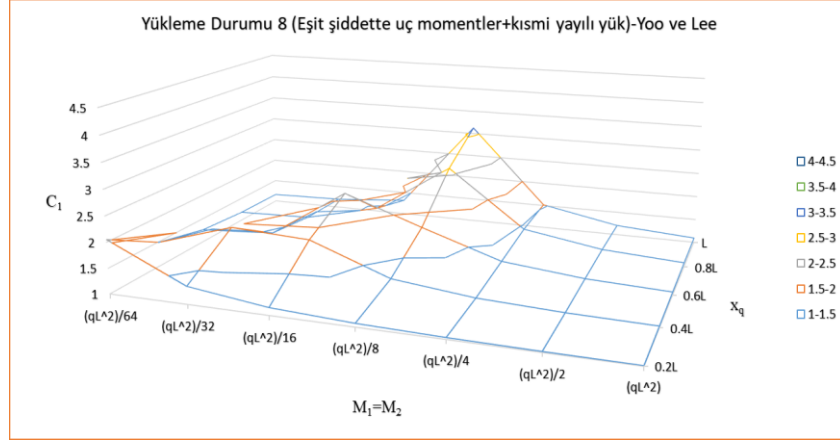
Bu yükleme durumunda diğerlerine nazaran, C_1 için türetilmiş denklemlerin tümü yüksek hata değerleri vermektedir. Bu yükleme durumu içinde Serna ve Lopez tarafından türetilen denklem ile bu çalışmadan türetilen denklem diğerlerine nazaran daha iyi sonuçlar vermiştir (Bkz. Şekil 6.24-6.28).



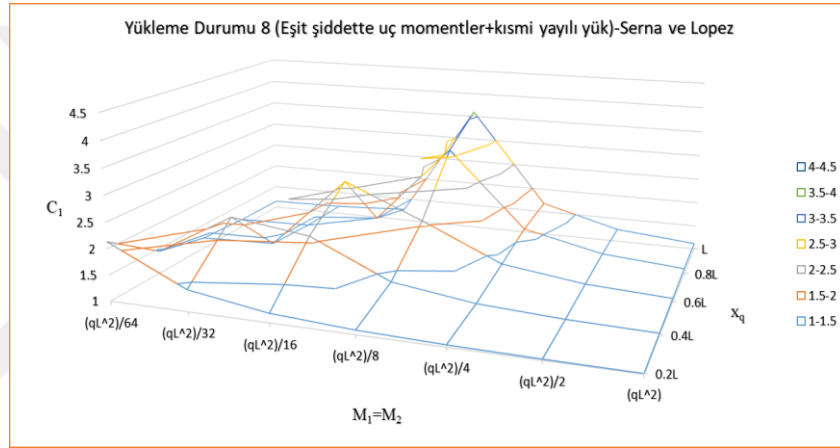
Şekil 6.24. Yükleme durumu 8 için LTBeam den elde edilen C_1 değerleri.



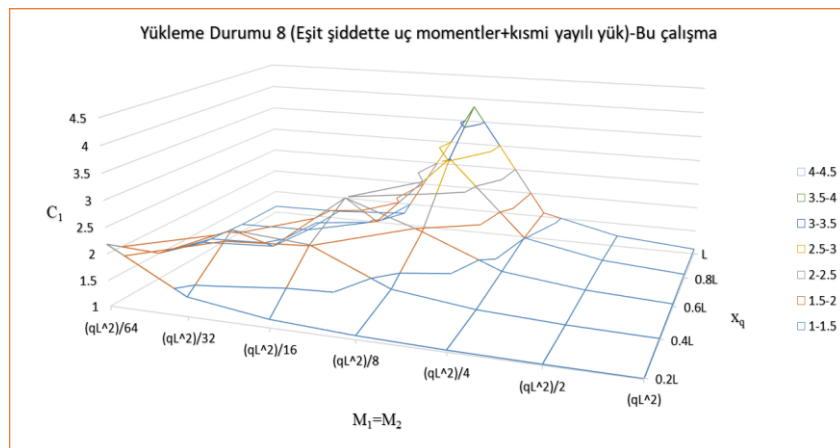
Şekil 6.25. Yükleme durumu 8 için Kirby ve Nethercot tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



Şekil 6.26. Yüklem durumu 8 için Yoo ve Lee tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



Şekil 6.27. Yüklem durumu 8 için Serna ve Lopez tarafından türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.



Şekil 6.28. Yüklem durumu 8 için bu çalışmadan türetilen denklemden elde edilen C_1 değerleri.

6.4 Hata Miktarları

Aşağıdaki çizelgede, C_1 için türetilmiş ifadelerden elde edilen değerlerin LTBeam kullanılarak elde edilen değerler ile arasındaki hata miktarları her yükleme durumu için ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 6.2. C_1 ifadelerine ait hata miktarları.

Yükleme Durumu	RMSE Salvatory	RMSE CSI (2011)	RMSE Kirby & Nethercot	RMSE Yoo & Lee	RMSE Serna & Lopez	RMSE Bu Çalışma
Durum 1	0.0728	0.2014	0.0553	0.0843	0.0268	0.0274
Durum 2	-	-	0.0233	0.0271	0.0284	0.0204
Durum 3	-	-	0.0344	0.0352	0.0166	0.0233
Durum 4	-	-	0.0173	0.0175	0.0062	0.0057
Durum 5	-	-	0.0428	0.0574	0.016	0.0308
Durum 6	-	-	0.0709	0.0781	0.0505	0.0434
Durum 7	-	-	0.0495	0.0725	0.0175	0.0261
Durum 8	-	-	0.0799	0.0965	0.04	0.0584

Çizelge 6.2’de görüldüğü gibi en küçük hata miktarları ya bu çalışmadan türetilmiş C_1 ifadesine ya da Serna ve Lopez tarafından türetilmiş C_1 ifadesine aittir. Dikkat çeken bir husus yükleme durumu 2 yani tekil yük durumunda Serna ve Lopez tarafından türetilmiş ifadeye ait hata miktarının en yüksek olmasıdır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, I enkesitli yapısal çelik kirişlerin yanal burulmalı burkulma davranışı incelenmiştir. Çalışmanın temel amacı eşdeğer üniform moment faktörü C_1 için daha doğru sonuçlar veren bir ifadenin türetilmesidir.

Değişik yükleme durumları için kiriş boyunca sırayla $L/4$, $L/2$ ve $3L/4$ mesafelerindeki momentler M_A , M_B , M_C ve herhangi bir noktada oluşan maksimum moment M_{max} hesaplanmıştır. Bu işlem yapılırken M_{max} birim moment olarak ifade edilmiş ve diğer moment değerleri de M_{max} ile aynı oranda ölçeklendirilmiştir. Yine aynı yükleme durumları için LTBeam adlı yazılım kullanılarak M_{cr} değerleri bulunmuş ve bunların $M_{cr,ref}$ değerlerine oranlanması ile hesaplanan C_1 katsayıları tespit edilmiştir. Bahsi geçen bu hesaplamaların hepsi Ek A da verilmiştir. Bunları yapmaktaki hedefimiz eşdeğer sabit moment faktörü C_1 'i M_A , M_B , M_C ve M_{max} 'ın bir fonksiyonu olarak yazabilmektir. Bu fonksiyon çalışmada Denk. (5.24) de verilmiştir. Bu denklemdeki x_1 , x_2 ve x_3 tasarım değişkenleri metasezgisel optimizasyon yöntemlerinden Bozkurt Optimizasyonu (GWO) kullanılarak Matlab programında yazılan bir kod vasıtası ile elde edilmiş ve C_1 için yeni bir ifade Denk. (6.2) türetilmiştir. Ek A da verilen moment değerleri gerçek moment değerleridir. C_1 hesabında kullanılan ifadelerde ise bu momentlerin mutlak değerleri kullanılmaktadır. Optimizasyon işlemi bu durum göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Türetilen denklemde M_A , M_B ve M_C sırayla $L/4$, $L/2$ ve $3L/4$ mesafelerindeki momentlerin mutlak değerlerini M_{max} ise herhangi bir noktada oluşan maksimum momentin mutlak değerini ifade eder.

Çalışmanın 6. Bölümünde bu çalışmadan elde edilen C_1 değerleri ile yazılımdan ve literatürde kullanılan diğer formüllerden elde edilen C_1 değerleri grafikler yardımı ile karşılaştırılmıştır.

Değişen oranlarda uç momentlerin etki ettiği yükleme durumunda CSI (2011) ile elde edilmiş C_1 değerlerinin hem yazılımdan hem de diğer ifadelerden elde edilen C_1 değerlerinden yüksek olduğu Şekil 6.1'de rahatlıkla görülebilmektedir. Bu durum Çizelge 6.2'deki hata miktarına yansımıştır.

Kirby ve Nethercot tarafından türetilen ifade ile Yoo ve Lee tarafından türetilen ifadeden elde edilen C_1 değerlerine ait hata miktarları tüm yükleme durumlarında Serna ve Lopez tarafından türetilen ifade ve bu çalışmadan türetilen ifadeden elde edilen C_1 değerlerine ait hata miktarlarından daha büyük çıkmıştır.

Uç moment yüklemesinde Serna ve Lopez'e ait ifade ile bu çalışmadan elde edilen ifadenin hata miktarları neredeyse aynıdır.

Tekil yük, kısmi yayılı yük ve eşit şiddette uç momentler ile tekil yükün birlikte etki ettiği yükleme durumlarında bu çalışmadan elde edilen ifadeye ait hata miktarları Serna ve Lopez tarafından türetilen ifadeye ait hata miktarlarından daha düşük çıkmıştır. Diğer dört yükleme durumunda ise Serna ve Lopez tarafından türetilen ifadeye ait hata miktarları daha düşüktür.

Bu çalışmadan elde edilen denklem sınırlı sayıda yükleme durumunda güvenilir sınırlar dışında kalmıştır. Tüm yükleme durumları için genel olarak değerlendirecek olursak iyi sonuçlar verdiğini söyleyebiliriz. Tekil yük, çift tekil yük ve kısmi yayılı yük durumlarında hem diğerlerine nazaran daha güvenli bölgede kalmış hem de yazılımdan elde edilen sonuçlara yakın sonuçlar vermiştir. Özellikle kısmi yayılı yük durumunda yazılımdan elde edilen sonuçlar ile neredeyse çakışmaktadır.

Çalışmadan türetilen formül diğer formüller ile karşılaştırıldığında, çalışmamız amacına ulaştığı grafiklerden ve hata miktarlarından görülebilir.

Çalışmamız basit kirişler için geçerlidir. Bu çalışma farklı mesnet durumları ve yanal kısıtlamalar için genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- Ahnlén, M. ve Westlund, J., 2013. Lateral torsional buckling of I-beams, Yüksek Lisans Tezi, Chalmers University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, Göteborg, Sweden.
- AISC LRFD, 1999. Load and resistance factor design specification for structural steel buildings. American Institute Of Steel Construction, Chicago, Illinois, USA.
- ANSI/AISC 360-16, 2016. Specification for structural steel buildings, American Institute Of Steel Construction, Chicago, Illinois, USA.
- Bruins, R. H. J., 2007. Lateral-torsional buckling of laterally restrained steel beams, Yüksek Lisans Tezi, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Netherlands.
- Chen, W. F. ve Lui, E. M., 1987. Structural stability – Theory and implementation, Prentice-Hall, New Jersey, USA.
- Deren, H., Uzgider, E., Piroğlu, F. ve Çağlayan, Ö., 2012. Çelik yapılar, Dördüncü Baskı, Çağlayan Kitabevi, Beyoğlu, İstanbul.
- Galambos, T. V. ve Surovek, A. E., 2008. Structural stability of steel: Concepts and applications for structural engineers, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- Gaylord, E. H., Gaylord, C. N. ve Stallmeyer, J. E., 1992. Design of steel structures, Third Edition, McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Hauksson, H. Þ. ve Vilhjálmsson, J. B., 2014. Lateral-torsional buckling of steel beams with open cross section, Yüksek Lisans Tezi, Chalmers University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, Göteborg, Sweden.
- Jovi, M., 2015. Lateral torsional buckling analysis of multiple laterally restrained I-beams in bending, Yüksek Lisans Tezi, Eindhoven University of Technology, Department of the Built Environment, Eindhoven, Netherlands.
- Kabir, M. I., 2016. Lateral torsional buckling of welded wide flange beams, Yüksek Lisans Tezi, Concordia University, The Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Montreal, Quebec, Canada.
- Kabir, M. I. ve Bhowmick, A. K., 2018. Applicability of North American standards for lateral torsional buckling of welded I-beams, Journal of Constructional Steel Research, 147, 16-26.
- Kirby, P. A. ve Nethercot, D. A., 1985. Design for structural stability, Collins, London, UK.

- Lopes, G. C., Couto, C., Real, P. V. ve Lopes, N., 2017. Elastic critical moment of beams with sinusoidally corrugated webs, *Journal of Constructional Steel Research*, 129, 185-194.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S. M. ve Lewis, A., 2014. Grey wolf optimizer, *Advances in Engineering Software*, 69, 46–61.
- Özbaşaran, H., 2013. Çelik I kesitli konsol kirişlerin yanal burulmalı burkulmasının deneysel ve analitik olarak incelenmesi, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Serna, M. A., López, A., Puente, I. ve Yong, D. J., 2006. Equivalent uniform moment factors for lateral–torsional buckling of steel members, *Journal of Constructional Steel Research*, 62, 566-580.
- Sönmez, M., 2018. Performance comparison of metaheuristic algorithms for the optimal design of space trusses, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43, 10, 5265-5281.
- Sönmez, M., Akgüngör, A.P. ve Bektaş, S., 2017. Estimating transportation energy demand in Turkey using the artificial bee colony algorithm, *Energy*, 122, 301-310.
- T.C. Resmi Gazete, 29614 sayılı çelik yapıların tasarım, hesap ve yapım esaslarına dair yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. (30333 mükerrer), 15.02.2018, 2-240.
- TSE TS EN 1993-1-1, 2005. Çelik yapıların tasarımı - Bölüm 1-1: Genel kurallar ve binalara uygulanacak kurallar (Eurocode 3), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uzun, E. T., 2017. Nonlinear analysis of steel frames considering lateral torsional buckling effect, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yoo, C. H. ve Lee, S. C., 2011. Stability of structures – Principles and applications, Elsevier Inc., Burlington, USA.
- Van der Aa, R. P., 2015. Numerical assessment of the design imperfections for steel beam lateral torsional buckling, Yüksek Lisans Tezi, Eindhoven University of Technology, Master Architecture Building and Planning, Eindhoven.

EKLER

EK A. 8 ve 16 Metre Açıklığa Sahip IPE500 ve IPE240 Kirişleri İçin Farklı Yükleme Durumlarında Hesaplanan Moment ve C_1 Değerleri

EK B. Elastik Kritik Momentin (M_{cr}) Türetilmesi

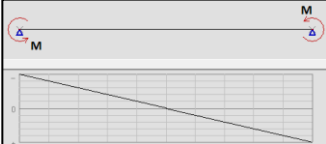
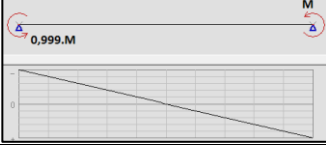
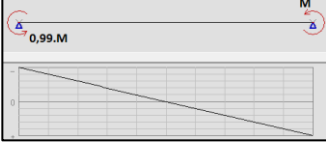
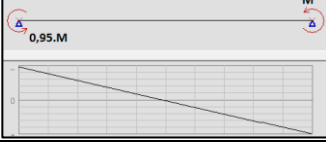
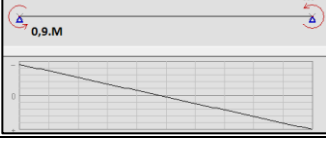
EK C. IPE500 ve IPE240 Kesit Özellikleri İle Malzeme Özellikleri.

EK D. 8 ve 16 Metre Açıklığa Sahip IPE500 ve IPE240 Kirişleri İçin Hesaplanan $M_{cr,ref}$ Değerleri

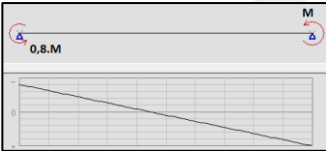
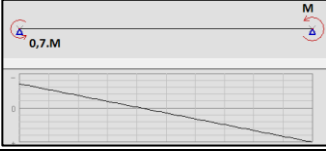
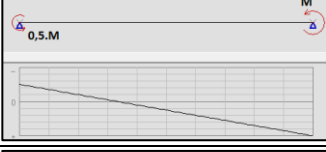


EK A. 8 ve 16 metre Açıklığa Sahip IPE500 ve IPE240 Kirişleri İçin Farklı Yükleme Durumlarında Hesaplanan Moment ve C_1 Değerleri

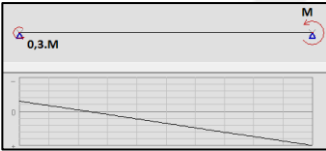
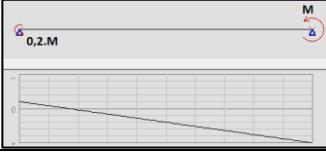
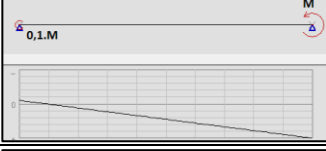
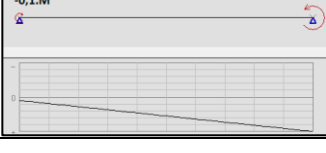
Çizelge A.1. 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	1	-1	1	-0.5	0	0.5	279.348	757.75	2.712566405
	-0.999	1	-0.999	1	-0.4993	0.0005	0.50025	279.348	758.12	2.713890917
	-0.99	1	-0.99	1	-0.4925	0.005	0.5025	279.348	761.41	2.725668342
	-0.95	1	-0.95	1	-0.4625	0.025	0.5125	279.348	774.17	2.771346135
	-0.9	1	-0.9	1	-0.425	0.05	0.525	279.348	785.09	2.810437161

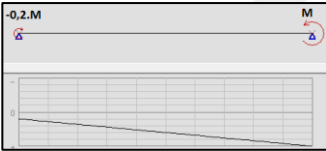
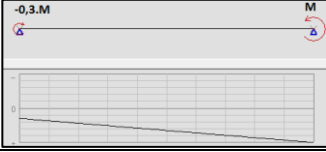
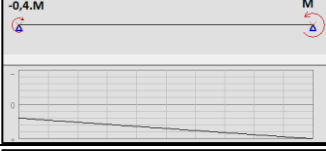
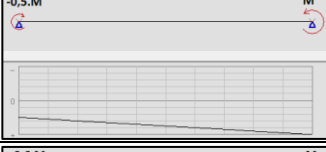
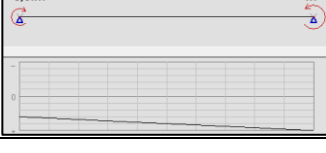
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.8	1	-0.8	1	-0.35	0.1	0.55	279.348	789.55	2.82640291
	-0.7	1	-0.7	1	-0.275	0.15	0.575	279.348	774.17	2.771346135
	-0.6	1	-0.6	1	-0.2	0.2	0.6	279.348	745.48	2.668642697
	-0.5	1	-0.5	1	-0.125	0.25	0.625	279.348	709.11	2.538446669
	-0.4	1	-0.4	1	-0.05	0.3	0.65	279.348	669.07	2.395112906

Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.3	1	-0.3	1	0.025	0.35	0.675	279.348	627.87	2.247626616
	-0.2	1	-0.2	1	0.1	0.4	0.7	279.348	587.31	2.102431376
	-0.1	1	-0.1	1	0.175	0.45	0.725	279.348	548.37	1.963035354
	0	1	0	1	0.25	0.5	0.75	279.348	511.72	1.831836992
	0.1	1	0.1	1	0.325	0.55	0.775	279.348	477.72	1.710125005

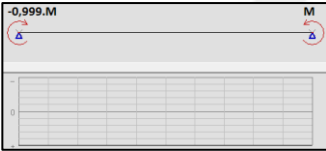
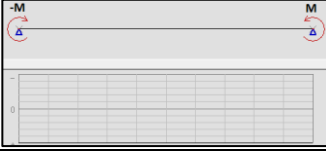
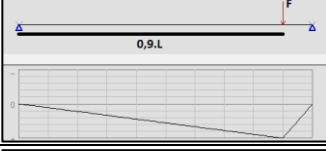
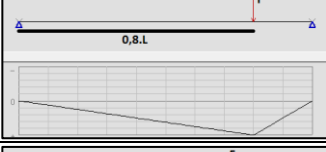
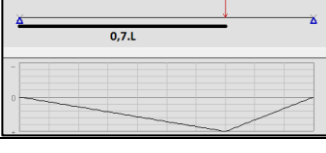
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.2	1	0.2	1	0.4	0.6	0.8	279.348	446.44	1.598149978
	0.3	1	0.3	1	0.475	0.65	0.825	279.348	417.91	1.496019302
	0.4	1	0.4	1	0.55	0.7	0.85	279.348	391.94	1.403052823
	0.5	1	0.5	1	0.625	0.75	0.875	279.348	368.38	1.318713576
	0.6	1	0.6	1	0.7	0.8	0.9	279.348	347.02	1.24224981

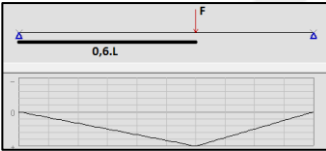
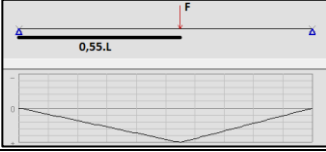
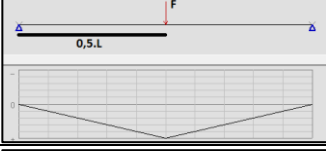
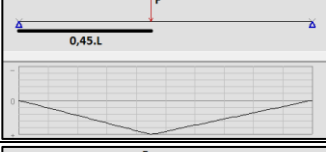
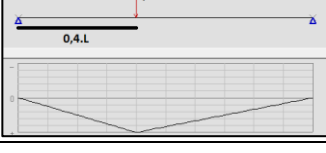
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.7	1	0.7	1	0.775	0.85	0.925	279.348	327.61	1.172766585
	0.8	1	0.8	1	0.85	0.9	0.95	279.348	310	1.109726936
	0.9	1	0.9	1	0.925	0.95	0.975	279.348	293.96	1.052307516
	0.95	1	0.95	1	0.9625	0.975	0.9875	279.348	286.48	1.025530879
	0.99	1	0.99	1	0.9925	0.995	0.9975	279.348	280.75	1.00501883

Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.999	1	0.999	1	0.99925	0.9995	0.99975	279.348	279.48	1.000472529
	1	1	1	1	1	1	1	279.348	279.348	1
	0	0	0/0	1	0.27778	0.55556	0.83333	279.348	463.01	1.657466672
	0	0	0/0	1	0.3125	0.625	0.9375	279.348	424.88	1.520970259
	0	0	0/0	1	0.35714	0.71429	0.83333	279.348	399.34	1.429543079

Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.41667	0.83333	0.625	279.348	384.96	1.378066068
	0	0	0/0	1	0.45454	0.90909	0.55556	279.348	381.49	1.365644286
	0	0	0/0	1	0.5	1	0.5	279.348	380.37	1.36163495
	0	0	0/0	1	0.55556	0.90909	0.45454	279.348	381.49	1.365644286
	0	0	0/0	1	0.625	0.83333	0.41667	279.348	384.96	1.378066068

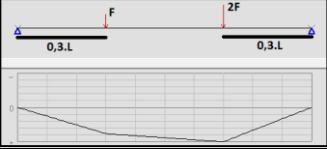
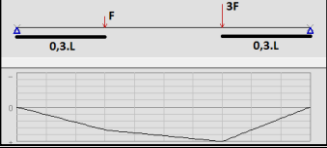
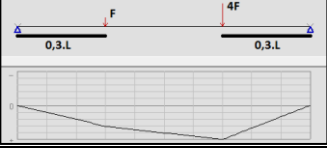
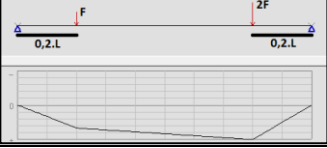
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.83333	0.71429	0.35714	279.348	399.34	1.429543079
	0	0	0/0	1	0.9375	0.625	0.3125	279.348	424.88	1.520970259
	0	0	0/0	1	0.83333	0.55556	0.27778	279.348	463.01	1.657466672
	0	0	0/0	1	0.625	1	0.625	279.348	326.03	1.167110557
	0	0	0/0	1	0.83333	1	0.83333	279.348	298.43	1.068309063

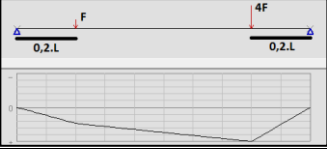
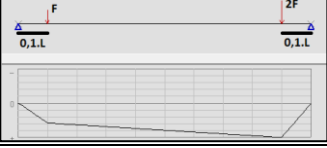
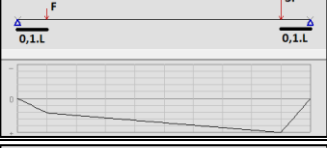
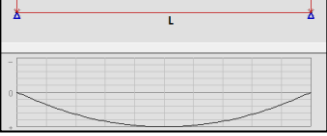
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	1	1	1	279.348	285.03	1.020340221
	0	0	0/0	1	1	1	1	279.348	280.08	1.002620387
	0	0	0/0	1	0.5469	0.93754	0.625	279.348	347.12	1.242607787
	0	0	0/0	1	0.51138	0.90912	0.625	279.348	357.16	1.27854862
	0	0	0/0	1	0.49108	0.89287	0.625	279.348	362.99	1.299418646

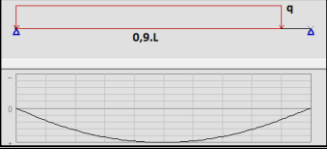
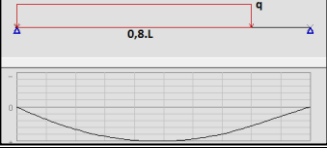
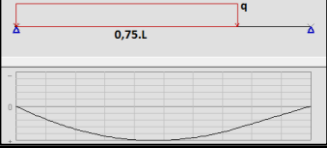
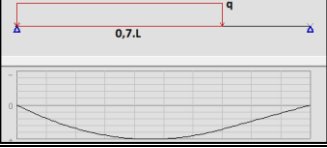
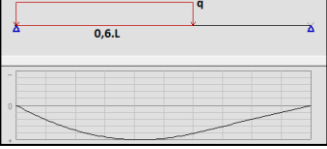
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.63726	0.88236	0.83333	279.348	336.41	1.204268511
	0	0	0/0	1	0.55556	0.83334	0.83333	279.348	353.88	1.266806993
	0	0	0/0	1	0.51076	0.80646	0.83333	279.348	363.8	1.302318255
	0	0	0/0	1	0.69447	0.83336	0.97225	279.348	339.09	1.213862279
	0	0	0/0	1	0.57694	0.76925	0.96157	279.348	363.5	1.301244326

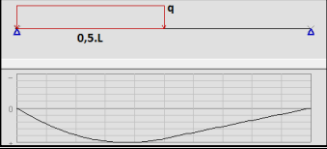
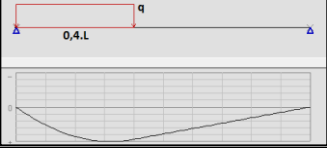
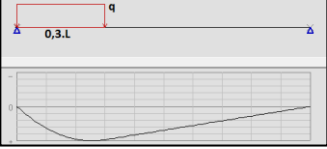
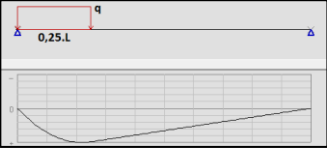
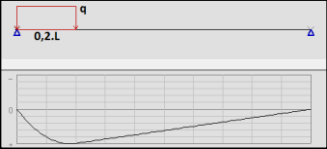
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.51473	0.73533	0.95593	279.348	377.21	1.350322895
	0	0	0/0	1	0.6579	0.78948	0.92106	279.348	351.01	1.25653307
	0	0	0/0	1	0.53574	0.71432	0.8929	279.348	383.02	1.371121325
	0	0	0/0	1	0.473	0.67572	0.87844	279.348	400.98	1.435413892
	0	0	0/0	1	0.75	1	0.75	279.348	315.99	1.131169724

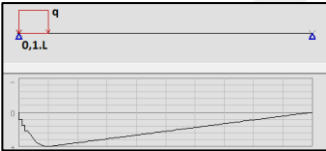
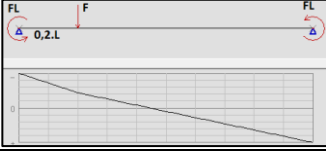
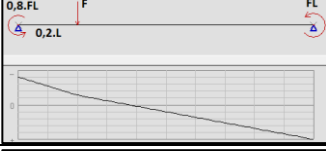
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.75513	1	0.73471	279.348	316.71	1.133747154
	0	0	0/0	1	0.77044	0.99831	0.68362	279.348	319.28	1.142947148
	0	0	0/0	1	0.78227	0.99561	0.64003	279.348	321.46	1.150751035
	0	0	0/0	1	0.79712	0.99036	0.5918	279.348	324.33	1.161024958
	0	0	0/0	1	0.83617	0.96372	0.5102	279.348	332.89	1.191667741

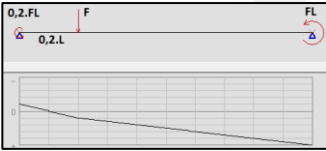
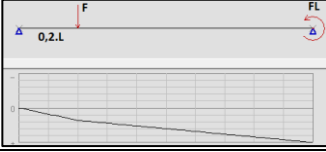
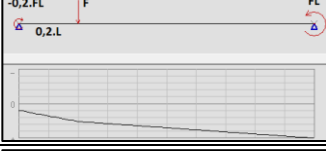
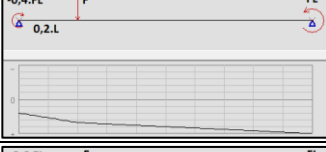
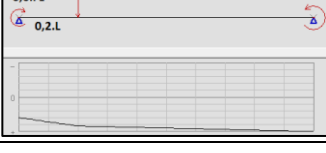
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.88908	0.88908	0.44454	279.348	345.68	1.237452926
	0	0	0/0	1	0.95219	0.78128	0.39064	279.348	364	1.303034208
	0	0	0/0	1	1	0.69232	0.34616	279.348	388.71	1.391490184
	0	0	0/0	1	0.97966	0.65311	0.32655	279.348	404.13	1.44669015
	0	0	0/0	1	0.92593	0.61713	0.30865	279.348	421.58	1.509157037

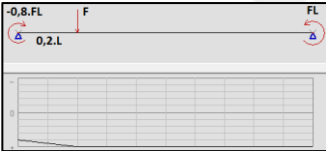
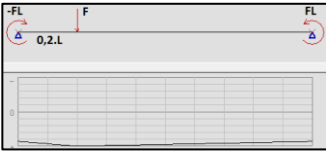
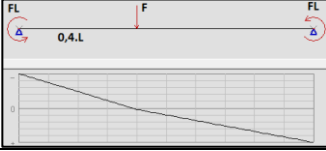
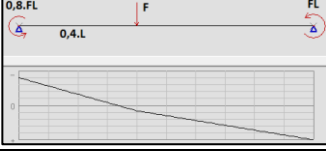
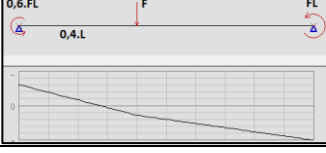
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.83333	0.55556	0.27778	279.348	461.65	1.652598193
	-1	1	-1	1	-0.35	0.10	0.55	279.348	781.83	2.798767129
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2	0.20	0.60	279.348	741.89	2.655791343
	-0.6	1	-0.6	1	-0.05	0.30	0.65	279.348	667.58	2.389779057
	-0.4	1	-0.4	1	0.1	0.40	0.70	279.348	586.91	2.10099947

Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.2	1	-0.2	1	0.25	0.50	0.75	279.348	511.96	1.832696135
	0	1	0	1	0.4	0.6	0.80	279.348	447.02	1.600226241
	0.2	1	0.2	1	0.55	0.7	0.85	279.348	392.65	1.405594456
	0.4	1	0.4	1	0.7	0.8	0.9	279.348	347.75	1.244863038
	0.6	1	0.6	1	0.85	0.9	0.95	279.348	310.72	1.112304366

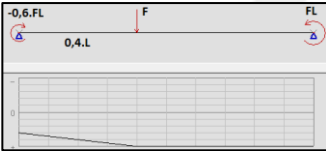
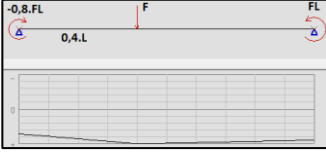
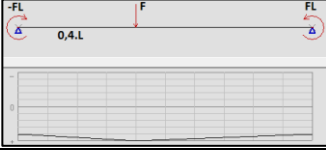
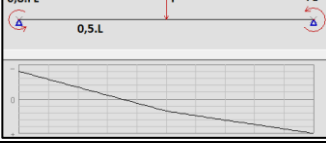
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8	1	0.8	1	1	1	1	279.348	280	1.002334006
	0.8621	0.8621	1	1	0.99138	0.94828	0.90517	279.348	295.04	1.056173662
	-1	1	-1	1	-0.35	0.2	0.6	279.348	708.59	2.536585191
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2	0.3	0.65	279.348	656.35	2.349578304
	-0.6	1	-0.6	1	-0.05	0.4	0.7	279.348	587.26	2.102252388

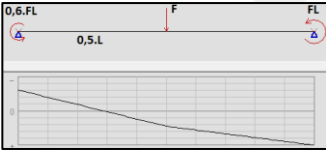
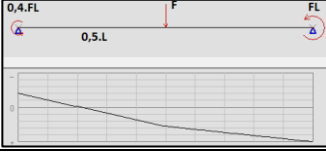
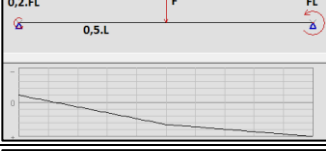
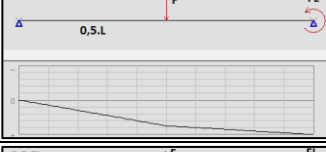
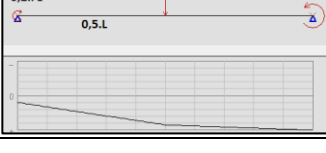
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.4	1	-0.4	1	0.1	0.5	0.75	279.348	518.31	1.855427639
	-0.2	1	-0.2	1	0.25	0.6	0.8	279.348	456.13	1.632837894
	0	1	0	1	0.4	0.7	0.85	279.348	402.61	1.441248908
	0.2	1	0.2	1	0.55	0.8	0.9	279.348	357.52	1.279837336
	0.4	1	0.4	1	0.7	0.90	0.95	279.348	319.85	1.144987614

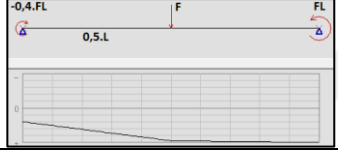
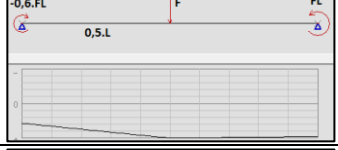
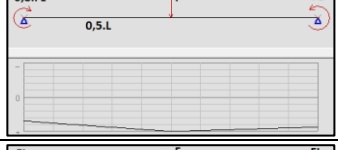
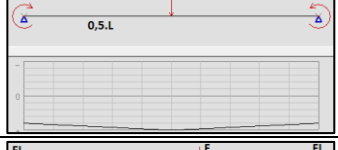
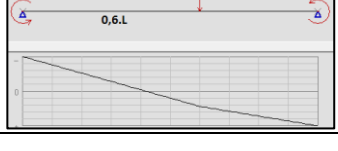
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.6	1	0.6	1	0.85	1	1	279.348	288.31	1.032081848
	0.7143	0.8929	0.8	1	0.89286	0.98214	0.9375	279.348	293.21	1.049622693
	0.8065	0.8065	1	1	0.92742	0.96774	0.8871	279.348	296.8	1.062474047
	-1	1	-1	1	-0.375	0.25	0.625	279.348	669.14	2.395363489
	-0.8	1	-0.8	1	-0.225	0.35	0.675	279.348	622.95	2.230014176

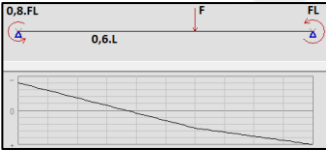
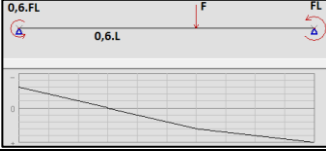
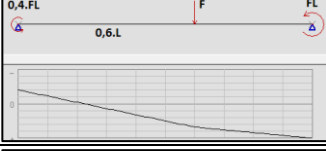
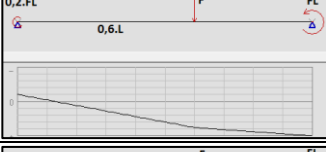
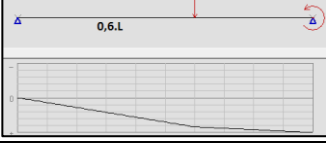
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.6	1	-0.6	1	-0.075	0.45	0.725	279.348	561.52	2.010109254
	-0.4	1	-0.4	1	0.075	0.55	0.775	279.348	499.36	1.787591105
	-0.2	1	-0.2	1	0.225	0.65	0.825	279.348	442.58	1.584332088
	0	1	0	1	0.375	0.75	0.875	279.348	393.02	1.406918968
	0.2	1	0.2	1	0.525	0.85	0.925	279.348	350.71	1.255459141

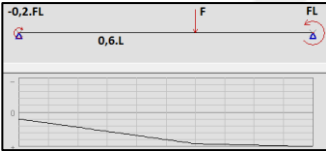
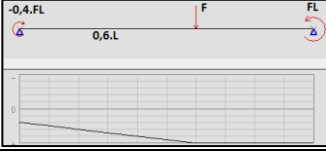
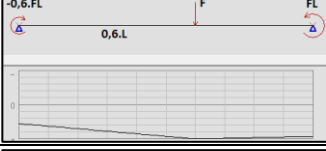
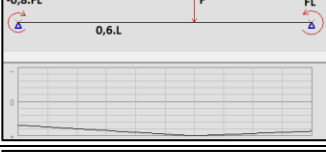
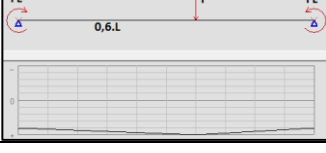
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.4	1	0.4	1	0.675	0.95	0.975	279.348	314.94	1.127410971
	0.5714	0.9524	0.6	1	0.78571	1	0.97619	279.348	298.98	1.070277933
	0.6957	0.8696	0.8	1	0.84783	1	0.93478	279.348	298.03	1.066877157
	0.8	0.8	1	1	0.9	1	0.9	279.348	296.69	1.062080273
	-1	1	-1	1	-0.4	0.2	0.65	279.348	646.19	2.313207898

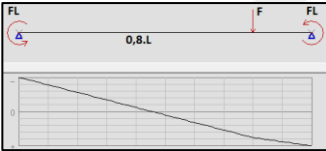
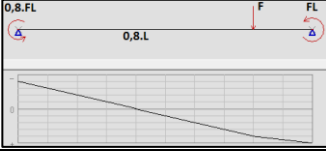
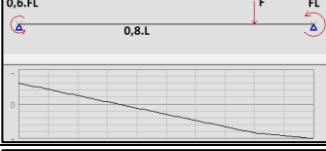
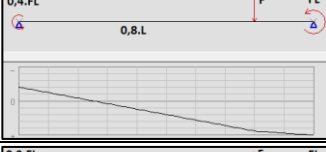
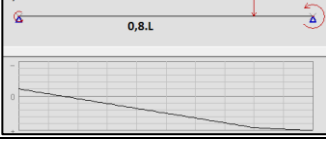
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.8	1	-0.8	1	-0.25	0.3	0.7	279.348	607.71	2.175458568
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1	0.4	0.75	279.348	552.78	1.978822114
	-0.4	1	-0.4	1	0.05	0.5	0.8	279.348	495.31	1.77309306
	-0.2	1	-0.2	1	0.2	0.6	0.85	279.348	441.55	1.58064493
	0	1	0	1	0.35	0.7	0.9	279.348	393.75	1.409532196

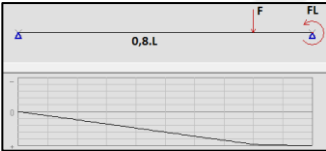
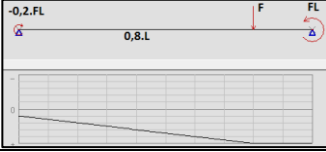
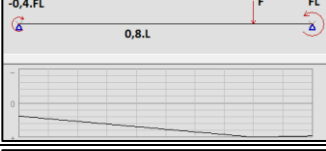
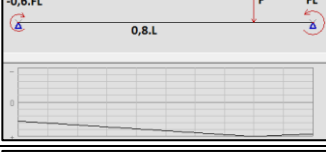
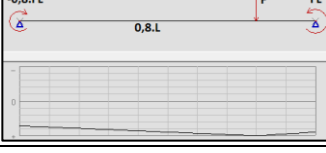
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.2	1	0.2	1	0.5	0.8	0.95	279.348	352.34	1.261294156
	0.4	1	0.4	1	0.65	0.9	1	279.348	316.97	1.134677893
	0.5556	0.9259	0.6	1	0.74074	0.92593	0.97222	279.348	309.84	1.109154173
	0.6897	0.8621	0.8	1	0.81897	0.94828	0.94828	279.348	303.06	1.084883371
	0.8065	0.8065	1	1	0.8871	0.96774	0.92742	279.348	296.8	1.062474047

Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	1	-1	1	-0.45	0.1	0.65	279.348	670.31	2.399551814
	-0.8	1	-0.8	1	-0.3	0.2	0.7	279.348	649.56	2.325271704
	-0.6	1	-0.6	1	-0.15	0.3	0.75	279.348	600.15	2.14839555
	-0.4	1	-0.4	1	0	0.4	0.8	279.348	541.45	1.938263385
	-0.2	1	-0.2	1	0.15	0.5	0.85	279.348	483.2	1.729742114

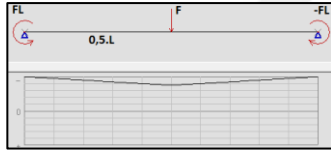
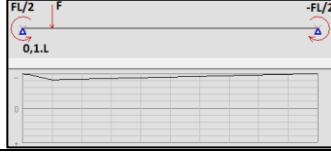
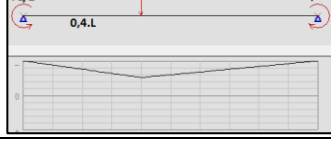
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	1	0	1	0.3	0.6	0.9	279.348	429.74	1.538367914
	0.2	1	0.2	1	0.45	0.7	0.95	279.348	382.74	1.370118991
	0.3846	0.9615	0.4	1	0.57692	0.76923	0.96154	279.348	356.1	1.27475407
	0.5556	0.9259	0.6	1	0.69444	0.83333	0.97222	279.348	332.75	1.191166574
	0.7143	0.8929	0.8	1	0.80357	0.89286	0.98214	279.348	312.54	1.118819537

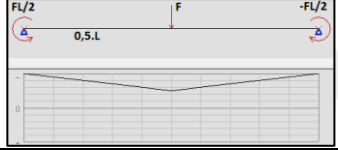
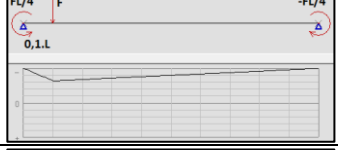
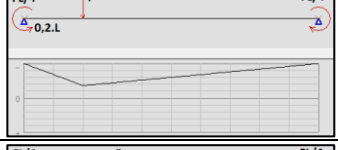
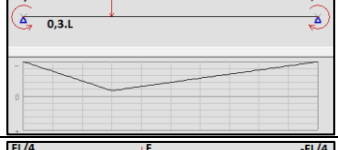
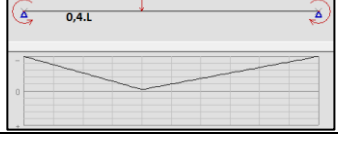
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8621	0.8621	1	1	0.90517	0.94828	0.99138	279.348	295.04	1.056173662
	-1	-1	1	-1	-0.925	-0.95	-0.975	279.348	293.92	1.052164326
	-1	-1	1	-1	-0.85	-0.9	-0.95	279.348	309.2	1.106863124
	-1	-1	1	-1	-0.825	-0.85	-0.925	279.348	323.54	1.158196944
	-1	-1	1	-1	-0.85	-0.8	-0.9	279.348	334.16	1.196214041

Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.875	-0.75	-0.875	279.348	338.13	1.210425706
	-1	-1	1	-1	-0.85	-0.9	-0.95	279.348	309.89	1.109333162
	-1	-1	1	-1	-0.7	-0.8	-0.9	279.348	345.21	1.235770437
	-1	-1	1	-1	-0.65	-0.7	-0.85	279.348	382.06	1.367684752
	-1	-1	1	-1	-0.7	-0.6	-0.8	279.348	412.41	1.476330598

Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.75	-0.5	-0.75	279.348	424.65	1.520146914
	-1	-1	1	-1	-0.7	-0.8	-0.9	279.348	346.77	1.241354869
	-1	-1	1	-1	-0.4	-0.6	-0.8	279.348	442.38	1.583616135
	-1	-1	1	-1	-0.3	-0.4	-0.7	279.348	566.28	2.027148933
	-1	-1	1	-1	-0.4	-0.2	-0.6	279.348	694.64	2.486647479

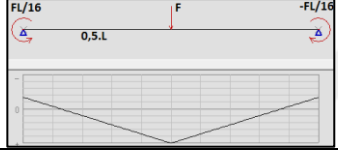
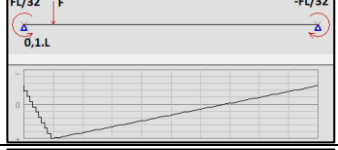
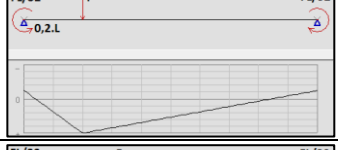
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.5	0	-0.5	279.348	757.69	2.712351619
	-1	-1	1	-1	-0.4	-0.6	-0.8	279.348	445.98	1.596503286
	-1	-1	1	-1	0.2	-0.2	-0.6	279.348	750.73	2.687436459
	-1	-1	1	-1	0.4	0.2	-0.4	279.348	748.96	2.681100276
	-1	-1	1	-1	0.2	0.6	-0.2	279.348	536.53	1.920650944

Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	0	1	0	279.348	480.89	1.721472858
	-1	-1	1	-1	0.2	-0.2	-0.6	279.348	746.89	2.673690164
	-0.641	-0.641	1	1	0.89744	0.38462	-0.1282	279.348	536.11	1.919147443
	-0.424	-0.424	1	1	0.76271	0.59322	0.08475	279.348	458.67	1.641930495
	-0.352	-0.352	1	1	0.49296	0.77465	0.21127	279.348	427.91	1.531816945

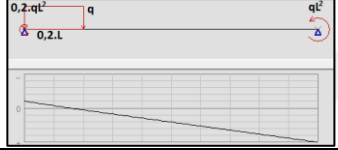
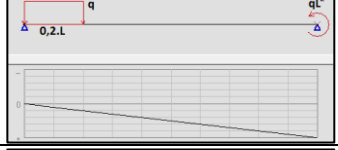
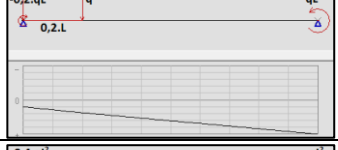
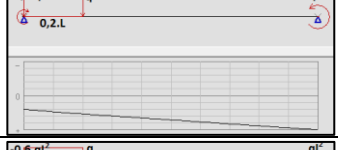
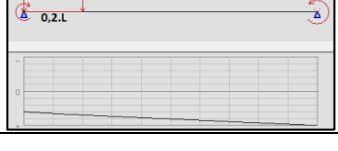
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.333	-0.333	1	1	0.33333	1	0.33333	279.348	419.17	1.500529805
	-0.532	-0.532	1	1	0.74468	0.31915	-0.1064	279.348	598.69	2.143169094
	-0.243	-0.243	1	1	0.92233	0.53398	0.14563	279.348	468.86	1.678408294
	-0.175	-0.175	1	1	0.8042	0.66434	0.24476	279.348	424.03	1.51792746
	-0.15	-0.15	1	1	0.56886	0.80838	0.32934	279.348	403.28	1.44364735

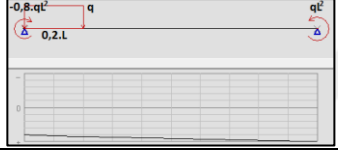
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.143	-0.143	1	1	0.42857	1	0.42857	279.348	397.02	1.421238026
	-1	1	-1	1	-0.485	0.01	0.505	279.348	764.4	2.736371837
	-0.8	1	-0.8	1	-0.335	0.11	0.555	279.348	787.6	2.819422369
	-0.6	1	-0.6	1	-0.185	0.21	0.605	279.348	738.52	2.643727537
	-0.4	1	-0.4	1	-0.035	0.31	0.655	279.348	660.79	2.365472457

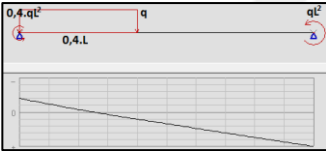
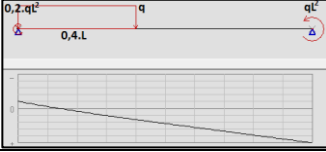
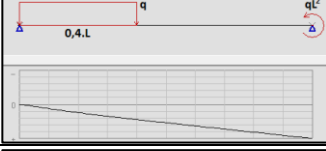
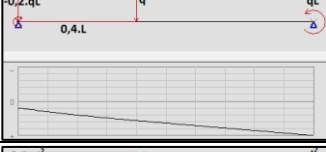
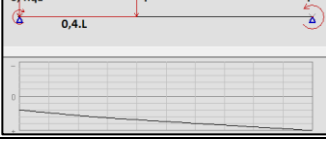
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.2	1	-0.2	1	0.115	0.41	0.705	279.348	579.34	2.073900654
	0	1	0	1	0.265	0.51	0.755	279.348	504.73	1.806814439
	0.2	1	0.2	1	0.415	0.61	0.805	279.348	440.55	1.577065166
	0.4	1	0.4	1	0.565	0.71	0.855	279.348	387.09	1.385690966
	0.6	1	0.6	1	0.715	0.81	0.905	279.348	343.01	1.227894955

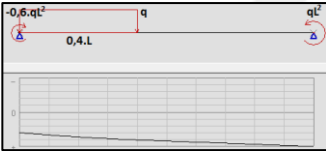
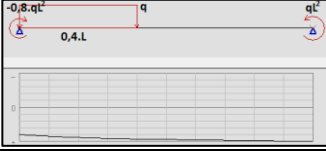
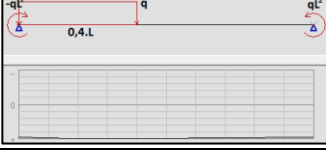
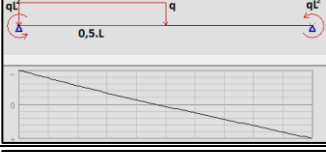
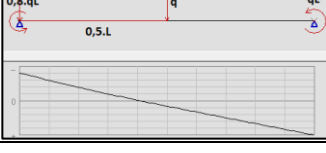
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8	1	0.8	1	0.865	0.91	0.955	279.348	306.7	1.097913713
	0.9841	0.9841	1	1	0.99882	0.9939	0.98898	279.348	281.08	1.006200152
	-1	1	-1	1	-0.4513	0.04	0.52	279.348	771.87	2.763112677
	-0.8	1	-0.8	1	-0.3013	0.14	0.57	279.348	773.73	2.769771038
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1512	0.24	0.62	279.348	714.89	2.559137706

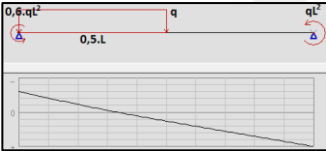
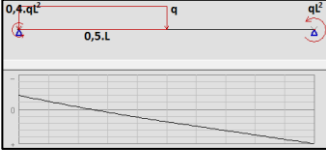
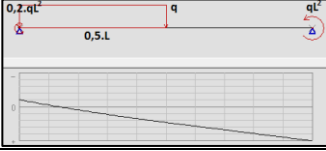
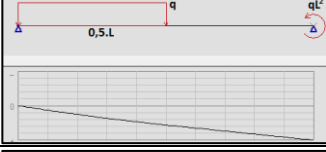
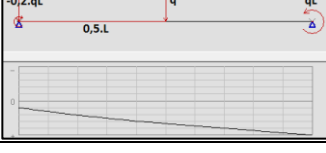
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.4	1	-0.4	1	-0.0012	0.34	0.67	279.348	635.7	2.275656171
	-0.2	1	-0.2	1	0.14875	0.44	0.72	279.348	556.37	1.991673468
	0	1	0	1	0.29875	0.54	0.77	279.348	485.08	1.736472071
	0.2	1	0.2	1	0.44875	0.64	0.82	279.348	424.37	1.51914458
	0.4	1	0.4	1	0.59242	0.73578	0.86789	279.348	373.89	1.338438077

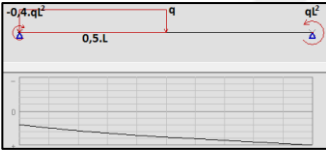
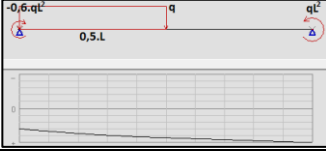
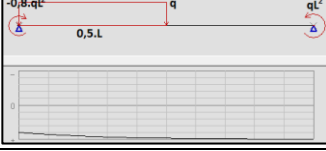
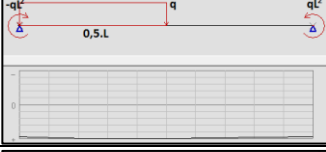
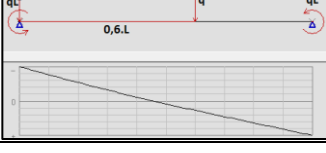
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.6	1	0.6	1	0.74875	0.84	0.92	279.348	332.27	1.189448287
	0.8	1	0.8	1	0.89875	0.94	0.97	279.348	297.91	1.066447585
	0.9513	0.9513	1	1	0.99767	0.98934	0.97032	279.348	283.13	1.013538669
	-1	1	-1	1	-0.4375	0.0625	0.53125	279.348	768.06	2.749473775
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2875	0.1625	0.58125	279.348	758.64	2.715752395

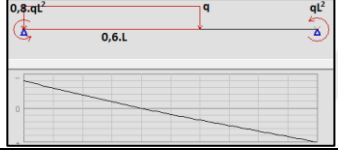
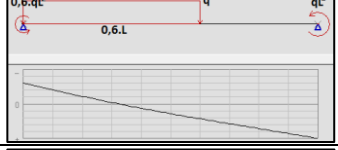
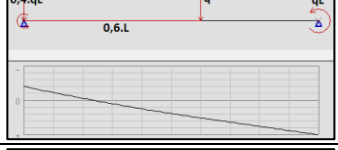
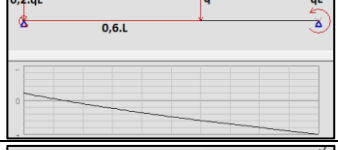
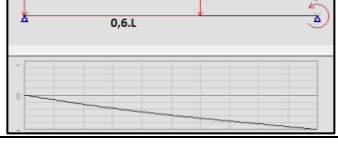
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1375	0.2625	0.63125	279.348	696.29	2.49255409
	-0.4	1	-0.4	1	0.0125	0.3625	0.68125	279.348	617.89	2.211900568
	-0.2	1	-0.2	1	0.1625	0.4625	0.73125	279.348	540.94	1.936437705
	0	1	0	1	0.3125	0.5625	0.78125	279.348	472.34	1.690865873
	0.2	1	0.2	1	0.4625	0.6625	0.83125	279.348	414.1	1.4823804

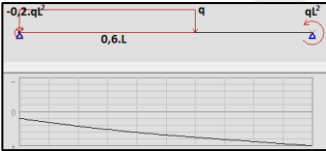
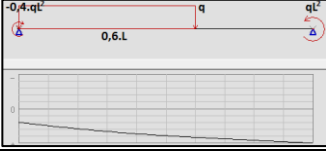
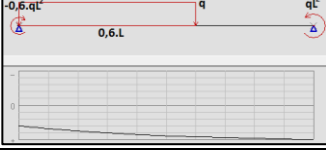
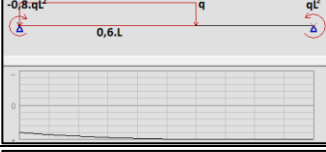
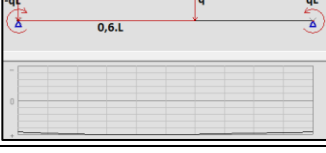
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.4	1	0.4	1	0.6125	0.7625	0.88125	279.348	365.68	1.309048212
	0.6	1	0.6	1	0.7625	0.8625	0.93125	279.348	325.66	1.165786045
	0.8	1	0.8	1	0.9125	0.9625	0.98125	279.348	292.54	1.047224251
	0.9343	0.9343	1	1	0.99272	0.99272	0.96352	279.348	283.55	1.01504217
	-1	1	-1	1	-0.4263	0.085	0.545	279.348	757.91	2.713139167

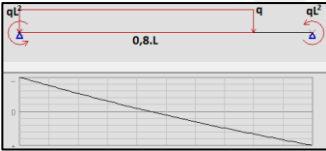
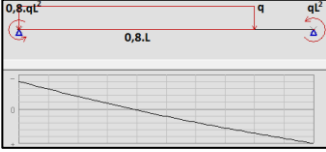
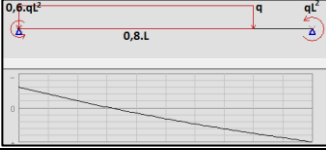
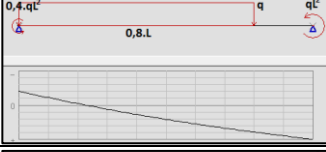
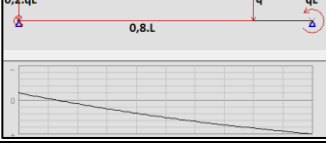
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2763	0.185	0.595	279.348	739.21	2.646197574
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1262	0.285	0.645	279.348	675.24	2.417200052
	-0.4	1	-0.4	1	0.02375	0.385	0.695	279.348	598.83	2.143670261
	-0.2	1	-0.2	1	0.17375	0.485	0.745	279.348	524.96	1.879233071
	0	1	0	1	0.32375	0.585	0.795	279.348	459.49	1.644865902

Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.2	1	0.2	1	0.47375	0.685	0.845	279.348	403.91	1.445902602
	0.4	1	0.4	1	0.62375	0.785	0.895	279.348	357.6	1.280123717
	0.6	1	0.6	1	0.77375	0.885	0.945	279.348	319.22	1.142732363
	0.8	1	0.8	1	0.92375	0.985	0.995	279.348	287.32	1.028537881
	0.9189	0.9189	1	1	0.98672	0.99706	0.9603	279.348	283.63	1.015328551

Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	1	-1	1	-0.4113	0.115	0.57875	279.348	730.27	2.614194481
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2613	0.215	0.62875	279.348	701.02	2.509486375
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1113	0.315	0.67875	279.348	638.05	2.284068617
	-0.4	1	-0.4	1	0.03875	0.39938	0.72875	279.348	566.95	2.029547375
	-0.2	1	-0.2	1	0.18875	0.515	0.77875	279.348	499.18	1.786946747

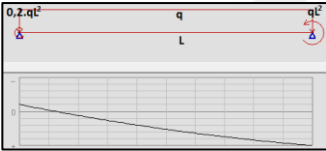
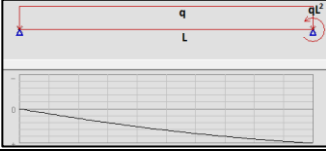
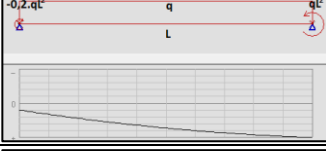
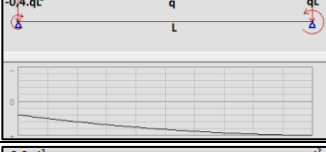
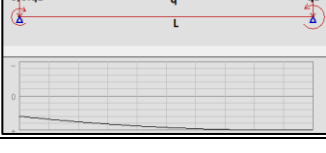
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	1	0	1	0.33875	0.615	0.82875	279.348	439.22	1.572304079
	0.2	1	0.2	1	0.48875	0.715	0.87875	279.348	388.09	1.38927073
	0.4	1	0.4	1	0.63875	0.815	0.92875	279.348	345.18	1.235663044
	0.6	1	0.6	1	0.78875	0.915	0.97875	279.348	309.37	1.107471684
	0.7758	0.9697	0.8	1	0.91034	0.98429	0.99762	279.348	288.13	1.03143749

Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8967	0.8967	1	1	0.97628	0.99982	0.96731	279.348	283.48	1.014791586
	-1	1	-1	1	-0.4063	0.125	0.59375	279.348	717.43	2.568230308
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2563	0.225	0.64375	279.348	685.55	2.454107422
	-0.6	1	-0.6	1	0.10625	0.325	0.69375	279.348	623.83	2.233164368
	-0.4	1	-0.4	1	0.04375	0.425	0.74375	279.348	555.16	1.987341953

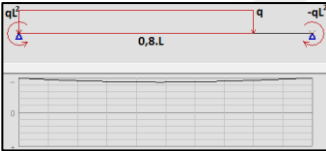
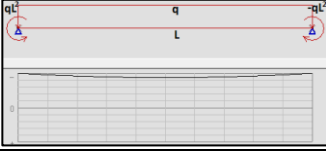
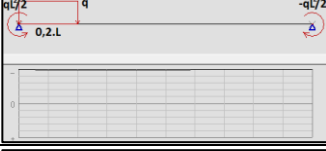
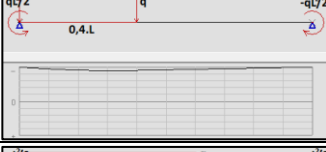
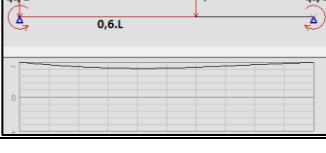
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.2	1	-0.2	1	0.19375	0.525	0.79375	279.348	489.84	1.753511749
	0	1	0	1	0.34375	0.625	0.84375	279.348	431.95	1.546279193
	0.2	1	0.2	1	0.49375	0.725	0.89375	279.348	382.46	1.369116657
	0.4	1	0.4	1	0.64375	0.825	0.94375	279.348	340.78	1.219912081
	0.597	0.995	0.6	1	0.7898	0.9204	0.98881	279.348	307.43	1.100526941

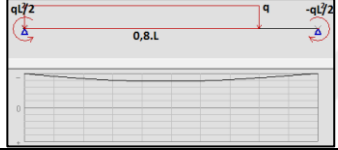
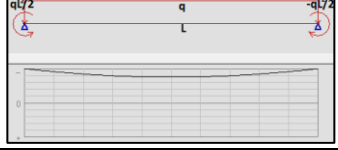
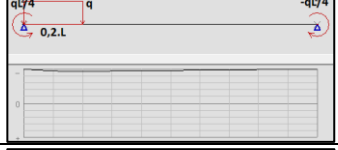
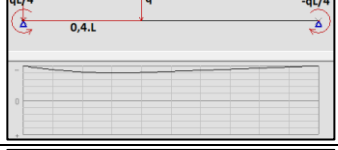
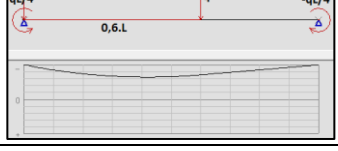
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.7656	0.9569	0.8	1	0.90311	0.98086	0.9988	279.348	289.07	1.034802469
	0.8889	0.8889	1	1	0.97222	1	0.97222	279.348	283.4	1.014505205
	-1	-1	1	-1	-0.985	-0.99	-0.995	279.348	282.13	1.009958904
	-1	-1	1	-1	-0.9513	-0.96	-0.98	279.348	290.08	1.038418031
	-1	-1	1	-1	-0.9263	-0.915	-0.955	279.348	300.8	1.076793104

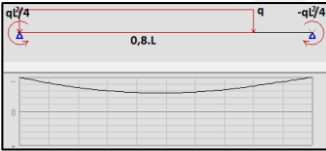
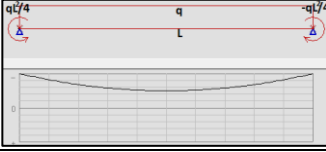
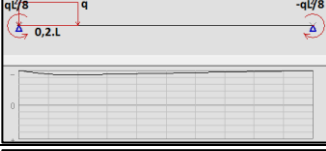
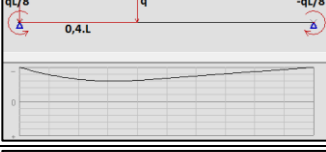
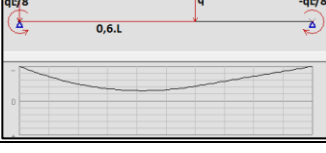
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.9113	-0.885	-0.9213	279.348	309.86	1.109225769
	-1	-1	1	-1	-0.9063	-0.875	-0.9063	279.348	313.3	1.121540158
	-1	-1	1	-1	-0.97	-0.98	-0.99	279.348	284.98	1.020161233
	-1	-1	1	-1	-0.9025	-0.92	-0.96	279.348	301.6	1.079656915
	-1	-1	1	-1	-0.8525	-0.83	-0.91	279.348	325.66	1.165786045

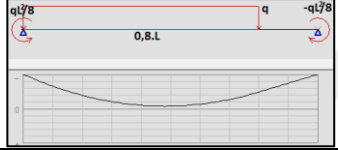
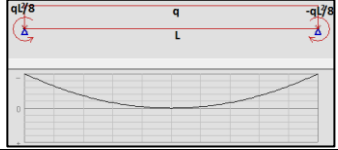
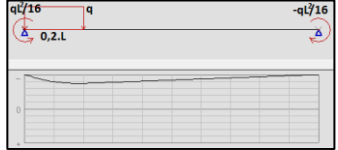
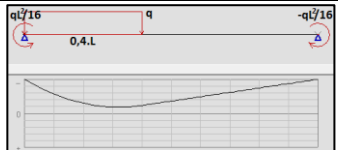
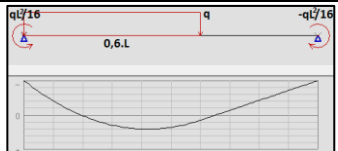
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.8225	-0.77	-0.8425	279.348	347.63	1.244433467
	-1	-1	1	-1	-0.8125	-0.75	-0.8125	279.348	356.4	1.275827999
	-1	-1	1	-1	-0.94	-0.96	-0.98	279.348	290.8	1.040995461
	-1	-1	1	-1	-0.805	-0.84	-0.92	279.348	327.34	1.171800049
	-1	-1	1	-1	-0.705	-0.66	-0.82	279.348	388.96	1.392385125

Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.645	-0.54	-0.685	279.348	457.42	1.63745579
	-1	-1	1	-1	-0.625	-0.5	-0.625	279.348	488.87	1.750039377
	-1	-1	1	-1	-0.88	-0.92	-0.96	279.348	303.15	1.08520555
	-1	-1	1	-1	-0.61	-0.68	-0.84	279.348	392.48	1.404985896
	-1	-1	1	-1	-0.41	-0.32	-0.64	279.348	610.94	2.187021207

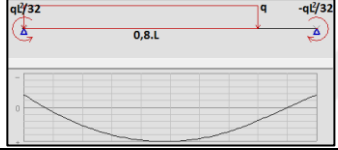
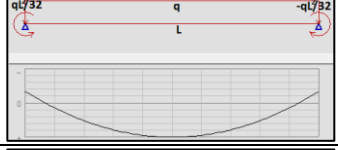
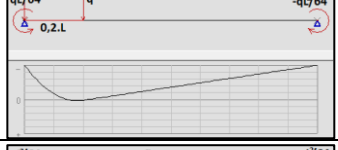
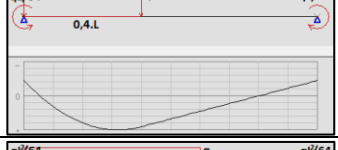
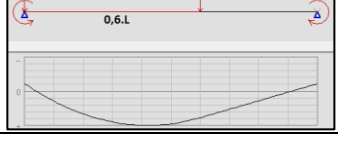
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.29	-0.08	-0.37	279.348	1033.6	3.700044389
	-1	-1	1	-1	-0.25	0	-0.25	279.348	1314.8	4.706674113
	-1	-1	1	-1	-0.76	-0.84	-0.92	279.348	330.81	1.184221831
	-1	-1	1	-1	-0.22	-0.36	-0.68	279.348	605.22	2.166544955
	-1	-1	1	-1	0.18	0.36	-0.28	279.348	881.77	3.156528774

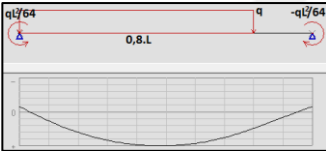
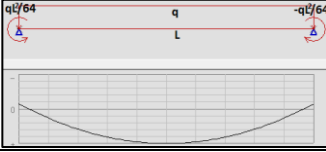
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	0.42	0.84	0.26	279.348	423.19	1.514920458
	-1	-1	1	-1	0.5	1	0.5	279.348	347.63	1.244433467
	-1	-1	1	-1	-0.52	-0.68	-0.84	279.348	400.85	1.434948523
	-1	-1	1	-1	0.56	0.28	-0.36	279.348	676.88	2.423070865
	-0.549	-0.549	1	1	0.74627	0.94381	0.24144	279.348	358.81	1.284455231

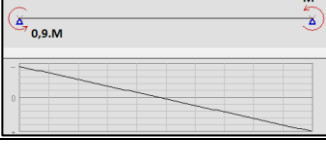
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.372	-0.372	1	1	0.68493	0.99762	0.56581	279.348	333.08	1.192347896
	-0.333	-0.333	1	1	0.66667	1	0.66667	279.348	327.56	1.172587597
	-1	-1	1	-1	-0.04	-0.36	-0.68	279.348	619.26	2.216804846
	-0.439	-0.439	1	1	0.93113	0.68517	0.12298	279.348	399.7	1.430831794
	-0.215	-0.215	1	1	0.8009	0.95591	0.40475	279.348	343.68	1.230293397

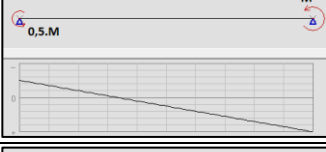
Çizelge A.1 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.157	-0.157	1	1	0.73437	0.99799	0.63394	279.348	325.25	1.164318341
	-0.143	-0.143	1	1	0.71429	1	0.71429	279.348	321.03	1.149211736

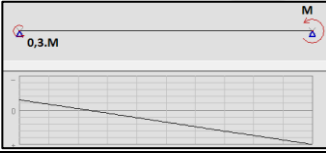
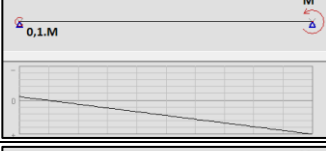
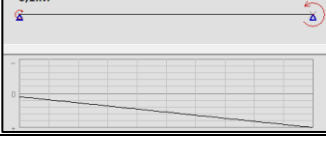
Çizelge A.2. 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	1	-1	1	-0.5	0	0.5	32.465	86.127	2.652918528
	-0.999	1	-0.999	1	-0.4993	0.0005	0.50025	32.465	86.166	2.654119821
	-0.99	1	-0.99	1	-0.4925	0.005	0.5025	32.465	86.542	2.665701525
	-0.95	1	-0.95	1	-0.4625	0.025	0.5125	32.465	87.903	2.707623595
	-0.9	1	-0.9	1	-0.425	0.05	0.525	32.465	88.885	2.737871554

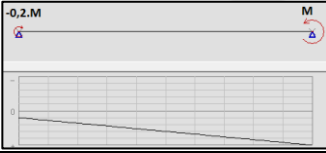
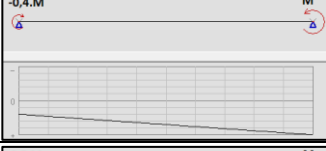
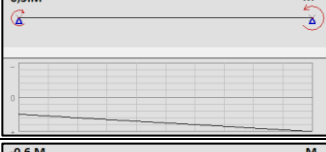
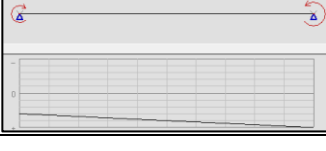
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.8	1	-0.8	1	-0.35	0.1	0.55	32.465	88.641	2.730355768
	-0.7	1	-0.7	1	-0.275	0.15	0.575	32.465	86.352	2.659849068
	-0.6	1	-0.6	1	-0.2	0.2	0.6	32.465	82.965	2.555521331
	-0.5	1	-0.5	1	-0.125	0.25	0.625	32.465	79.016	2.433882643
	-0.4	1	-0.4	1	-0.05	0.3	0.65	32.465	74.829	2.304912983

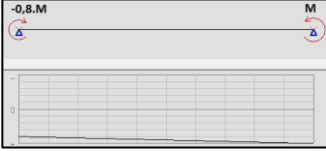
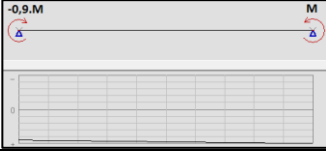
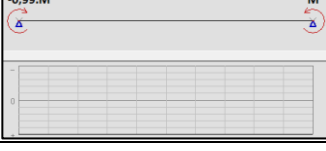
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.3	1	-0.3	1	0.025	0.35	0.675	32.465	70.581	2.174064377
	-0.2	1	-0.2	1	0.1	0.4	0.7	32.465	66.382	2.044725089
	-0.1	1	-0.1	1	0.175	0.45	0.725	32.465	62.323	1.919698136
	0	1	0	1	0.25	0.5	0.75	32.465	58.453	1.800492838
	0.1	1	0.1	1	0.325	0.55	0.775	32.465	54.806	1.688156476

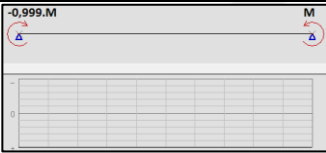
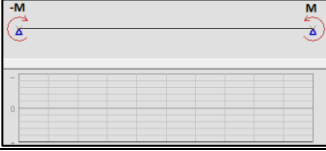
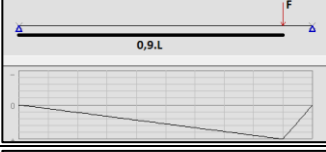
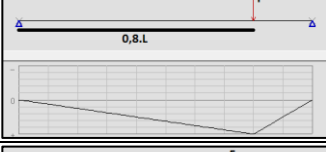
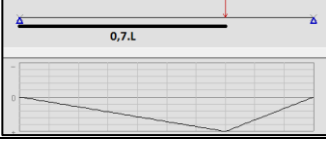
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.2	1	0.2	1	0.4	0.6	0.8	32.465	51.404	1.583366703
	0.3	1	0.3	1	0.475	0.65	0.825	32.465	48.254	1.486339134
	0.4	1	0.4	1	0.55	0.7	0.85	32.465	45.355	1.397042969
	0.5	1	0.5	1	0.625	0.75	0.875	32.465	42.697	1.315170183
	0.6	1	0.6	1	0.7	0.8	0.9	32.465	40.265	1.24025874

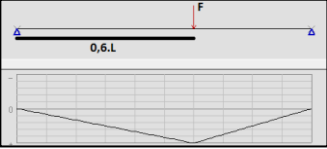
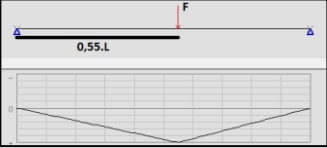
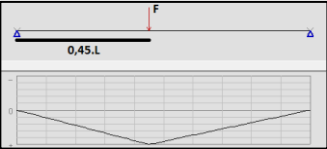
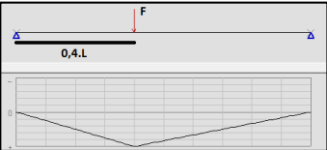
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.7	1	0.7	1	0.775	0.85	0.925	32.465	38.043	1.171815802
	0.8	1	0.8	1	0.85	0.9	0.95	32.465	36.014	1.109317727
	0.9	1	0.9	1	0.925	0.95	0.975	32.465	34.161	1.052240875
	0.95	1	0.95	1	0.9625	0.975	0.9875	32.465	33.292	1.025473587
	0.99	1	0.99	1	0.9925	0.995	0.9975	32.465	32.626	1.004959187

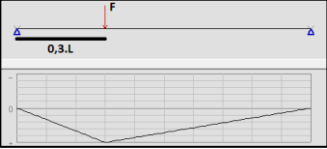
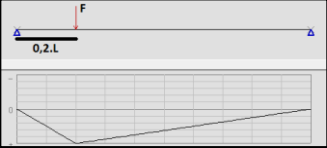
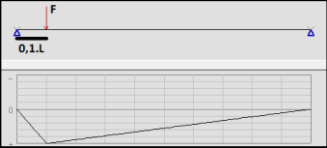
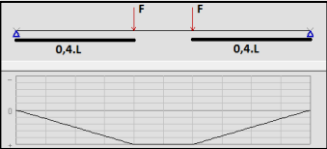
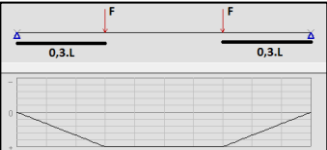
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.999	1	0.999	1	0.99925	0.9995	0.99975	32.465	32.48	1.000462036
	1	1	1	1	1	1	1	32.465	32.465	1
	0	0	0/0	1	0.27778	0.55556	0.83333	32.465	52.932	1.630432774
	0	0	0/0	1	0.3125	0.625	0.9375	32.465	48.742	1.501370707
	0	0	0/0	1	0.35714	0.71429	0.83333	32.465	46.019	1.417495765

Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.41667	0.83333	0.625	32.465	44.519	1.371292161
	0	0	0/0	1	0.45454	0.90909	0.55556	32.465	44.159	1.360203296
	0	0	0/0	1	0.5	1	0.5	32.465	44.04	1.35653781
	0	0	0/0	1	0.55556	0.90909	0.45454	32.465	44.159	1.360203296
	0	0	0/0	1	0.625	0.83333	0.41667	32.465	44.519	1.371292161

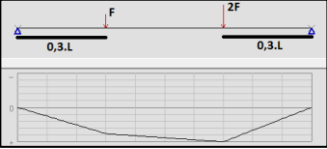
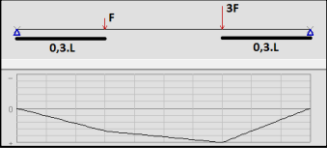
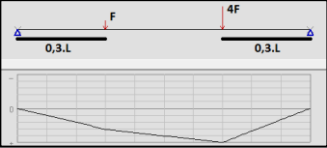
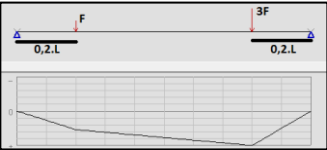
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.83333	0.71429	0.35714	32.465	46.019	1.417495765
	0	0	0/0	1	0.9375	0.625	0.3125	32.465	48.742	1.501370707
	0	0	0/0	1	0.83333	0.55556	0.27778	32.465	52.932	1.630432774
	0	0	0/0	1	0.625	1	0.625	32.465	37.788	1.163961189
	0	0	0/0	1	0.83333	1	0.83333	32.465	34.644	1.067118435

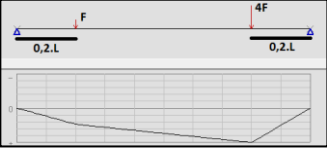
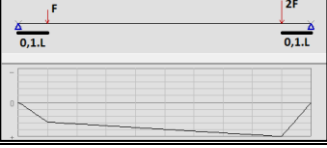
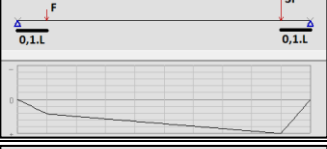
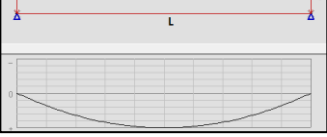
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	1	1	1	32.465	33.12	1.020175574
	0	0	0/0	1	1	1	1	32.465	32.549	1.002587402
	0	0	0/0	1	0.5469	0.93754	0.625	32.465	40.422	1.245094717
	0	0	0/0	1	0.51138	0.90912	0.625	32.465	41.37	1.274295395
	0	0	0/0	1	0.49108	0.89287	0.625	32.465	42.038	1.2948714

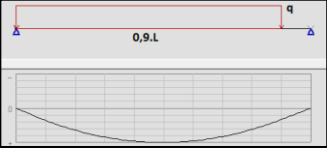
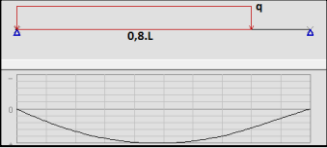
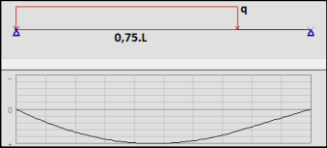
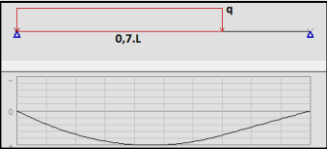
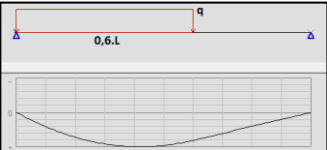
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.63726	0.88236	0.83333	32.465	39.014	1.201724935
	0	0	0/0	1	0.55556	0.83334	0.83333	32.465	40.992	1.262652087
	0	0	0/0	1	0.51076	0.80646	0.83333	32.465	42.107	1.296996766
	0	0	0/0	1	0.69447	0.83336	0.97225	32.465	39.327	1.211366087
	0	0	0/0	1	0.57694	0.76925	0.96157	32.465	42.066	1.295733867

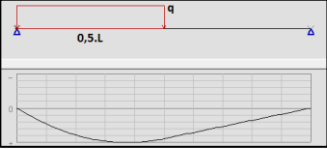
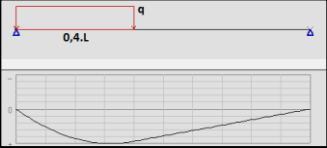
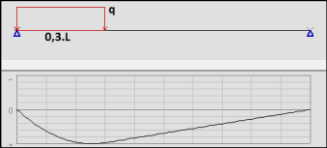
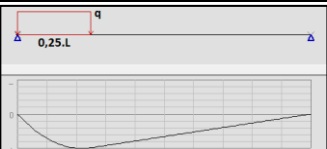
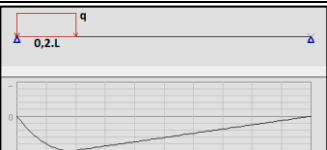
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.51473	0.73533	0.95593	32.465	43.586	1.342553519
	0	0	0/0	1	0.6579	0.78948	0.92106	32.465	40.69	1.253349761
	0	0	0/0	1	0.53574	0.71432	0.8929	32.465	44.276	1.363807177
	0	0	0/0	1	0.473	0.67572	0.87844	32.465	46.254	1.424734329
	0	0	0/0	1	0.75	1	0.75	32.465	36.67	1.129524103

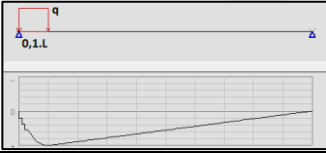
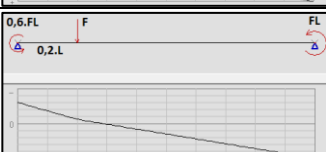
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.75513	1	0.73471	32.465	36.75	1.131988295
	0	0	0/0	1	0.77044	0.99831	0.68362	32.465	37.04	1.140920992
	0	0	0/0	1	0.78227	0.99561	0.64003	32.465	37.282	1.148375173
	0	0	0/0	1	0.79712	0.99036	0.5918	32.465	37.602	1.158231942
	0	0	0/0	1	0.83617	0.96372	0.5102	32.465	38.543	1.187217003

Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.88908	0.88908	0.44454	32.465	39.942	1.230309564
	0	0	0/0	1	0.95219	0.78128	0.39064	32.465	41.94	1.291852765
	0	0	0/0	1	1	0.69232	0.34616	32.465	44.637	1.374926844
	0	0	0/0	1	0.97966	0.65311	0.32655	32.465	46.334	1.427198521
	0	0	0/0	1	0.92593	0.61713	0.30865	32.465	48.261	1.486554751

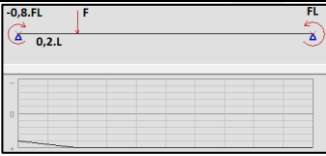
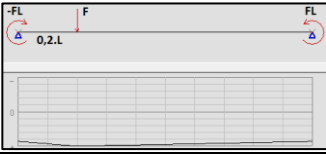
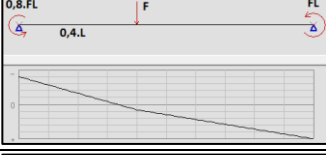
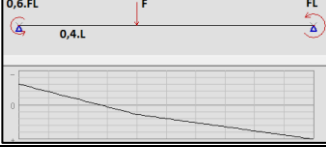
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.83333	0.55556	0.27778	32.465	52.752	1.624888341
	-1	1	-1	1	-0.35	0.10	0.55	32.465	87.945	2.708917296
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2	0.20	0.60	32.465	82.702	2.547420299
	-0.6	1	-0.6	1	-0.05	0.30	0.65	32.465	74.722	2.301617126
	-0.4	1	-0.4	1	0.1	0.40	0.70	32.465	66.357	2.043955028

Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.2	1	-0.2	1	0.25	0.50	0.75	32.465	58.472	1.801078084
	0	1	0	1	0.4	0.6	0.80	32.465	51.455	1.584937625
	0.2	1	0.2	1	0.55	0.7	0.85	32.465	45.427	1.399260742
	0.4	1	0.4	1	0.7	0.8	0.9	32.465	40.344	1.24269213
	0.6	1	0.6	1	0.85	0.9	0.95	32.465	36.096	1.111843524

Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8	1	0.8	1	1	1	1	32.465	32.542	1.002371785
	0.8621	0.8621	1	1	0.99138	0.94828	0.90517	32.465	34.285	1.056060373
	-1	1	-1	1	-0.35	0.2	0.6	32.465	79.995	2.464038195
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2	0.3	0.65	32.465	73.872	2.275435084
	-0.6	1	-0.6	1	-0.05	0.4	0.7	32.465	66.406	2.045464346

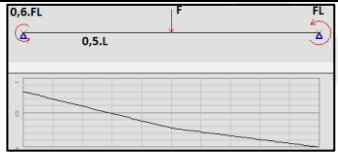
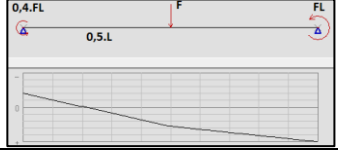
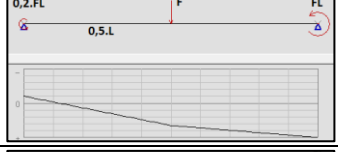
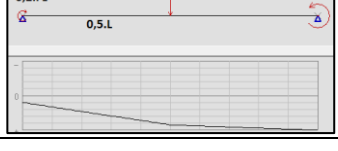
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.4	1	-0.4	1	0.1	0.5	0.75	32.465	59.048	1.818820268
	-0.2	1	-0.2	1	0.25	0.6	0.8	32.465	52.334	1.612012937
	0	1	0	1	0.4	0.7	0.85	32.465	46.443	1.430555983
	0.2	1	0.2	1	0.55	0.8	0.9	32.465	41.394	1.275034653
	0.4	1	0.4	1	0.7	0.90	0.95	32.465	37.109	1.143046358

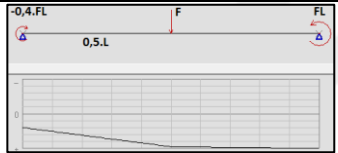
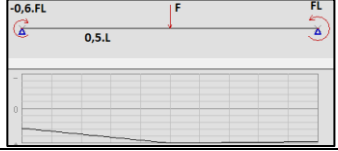
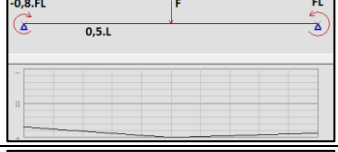
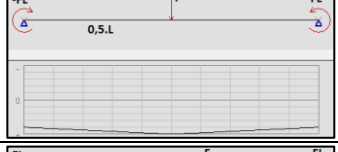
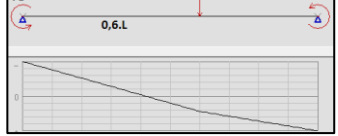
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.6	1	0.6	1	0.85	1	1	32.465	33.489	1.03154166
	0.7143	0.8929	0.8	1	0.89286	0.98214	0.9375	32.465	34.073	1.049530263
	0.8065	0.8065	1	1	0.92742	0.96774	0.8871	32.465	34.487	1.062282458
	-1	1	-1	1	-0.375	0.25	0.625	32.465	75.806	2.335006931
	-0.8	1	-0.8	1	-0.225	0.35	0.675	32.465	70.288	2.165039273

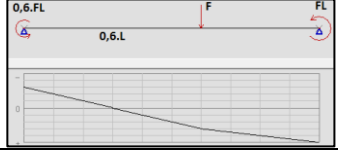
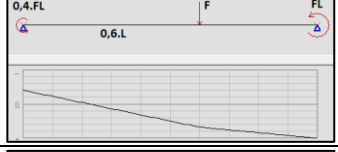
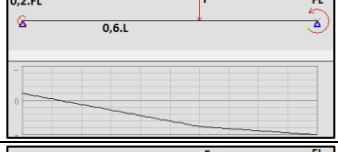
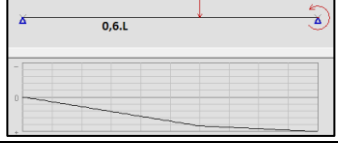
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.6	1	-0.6	1	-0.075	0.45	0.725	32.465	63.54	1.95718466
	-0.4	1	-0.4	1	0.075	0.55	0.775	32.465	56.86	1.751424611
	-0.2	1	-0.2	1	0.225	0.65	0.825	32.465	50.718	1.562236254
	0	1	0	1	0.375	0.75	0.875	32.465	45.276	1.39460958
	0.2	1	0.2	1	0.525	0.85	0.925	32.465	40.557	1.249253042

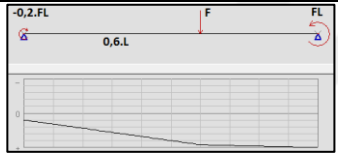
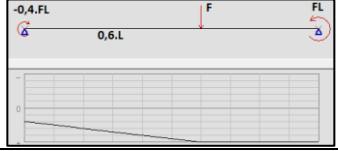
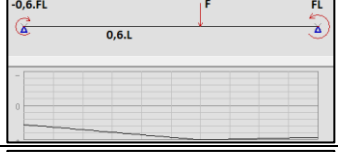
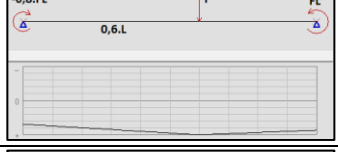
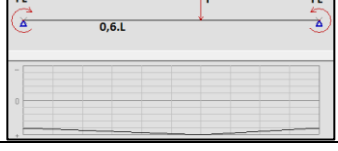
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.4	1	0.4	1	0.675	0.95	0.975	32.465	36.511	1.124626521
	0.5714	0.9524	0.6	1	0.78571	1	0.97619	32.465	34.709	1.069120591
	0.6957	0.8696	0.8	1	0.84783	1	0.93478	32.465	34.624	1.066502387
	0.8	0.8	1	1	0.9	1	0.9	32.465	34.476	1.061943632
	-1	1	-1	1	-0.4	0.2	0.65	32.465	73.218	2.255290313

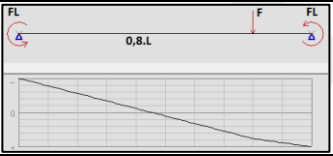
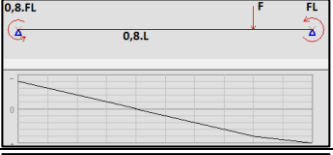
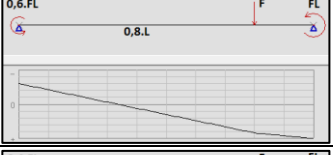
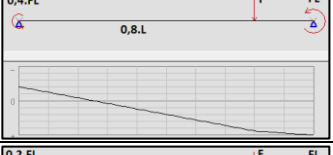
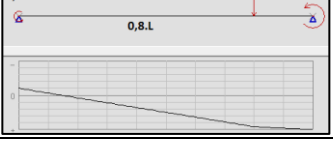
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.8	1	-0.8	1	-0.25	0.3	0.7	32.465	68.462	2.108794086
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1	0.4	0.75	32.465	62.383	1.921546281
	-0.4	1	-0.4	1	0.05	0.5	0.8	32.465	56.221	1.731741876
	-0.2	1	-0.2	1	0.2	0.6	0.85	32.465	50.449	1.553950408
	0	1	0	1	0.35	0.7	0.9	32.465	45.249	1.393777915

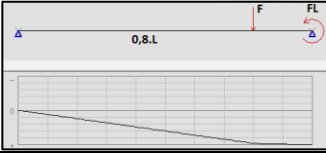
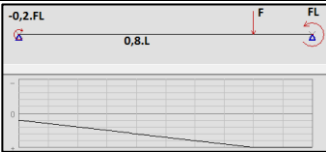
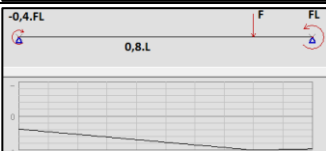
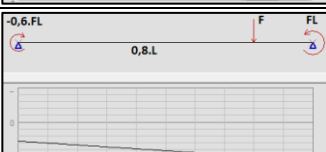
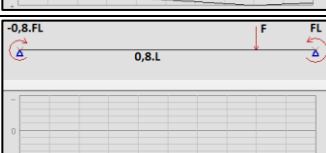
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.2	1	0.2	1	0.5	0.8	0.95	32.465	40.674	1.252856923
	0.4	1	0.4	1	0.65	0.9	1	32.465	36.704	1.130571385
	0.5556	0.9259	0.6	1	0.74074	0.92593	0.97222	32.465	35.946	1.107223163
	0.6897	0.8621	0.8	1	0.81897	0.94828	0.94828	32.465	35.199	1.084213769
	0.8065	0.8065	1	1	0.8871	0.96774	0.92742	32.465	34.487	1.062282458

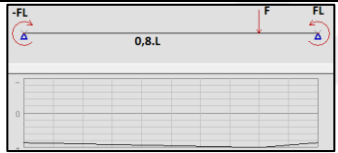
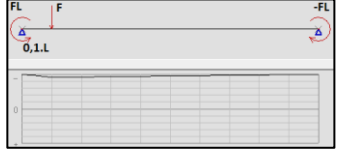
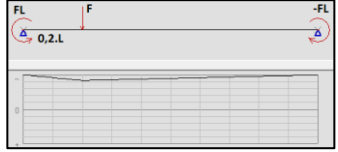
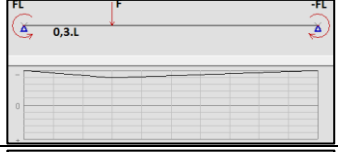
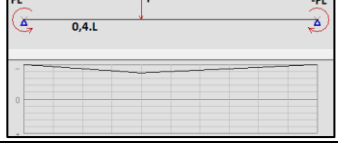
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	1	-1	1	-0.45	0.1	0.65	32.465	75.727	2.332573541
	-0.8	1	-0.8	1	-0.3	0.2	0.7	32.465	72.593	2.236038811
	-0.6	1	-0.6	1	-0.15	0.3	0.75	32.465	67.036	2.06486986
	-0.4	1	-0.4	1	0	0.4	0.8	32.465	60.869	1.874911443
	-0.2	1	-0.2	1	0.15	0.5	0.85	32.465	54.795	1.68781765

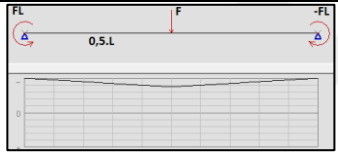
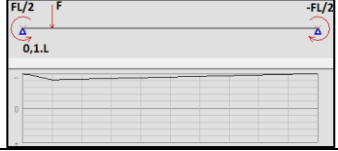
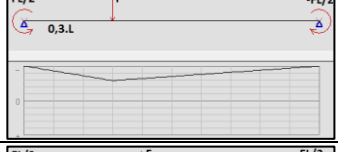
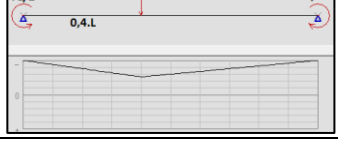
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	1	0	1	0.3	0.6	0.9	32.465	49.136	1.513506854
	0.2	1	0.2	1	0.45	0.7	0.95	32.465	44.05	1.356845834
	0.3846	0.9615	0.4	1	0.57692	0.76923	0.96154	32.465	41.168	1.26807331
	0.5556	0.9259	0.6	1	0.69444	0.83333	0.97222	32.465	38.578	1.188295087
	0.7143	0.8929	0.8	1	0.80357	0.89286	0.98214	32.465	36.291	1.117849992

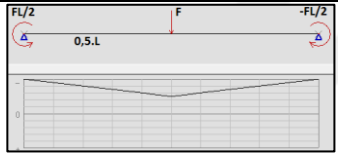
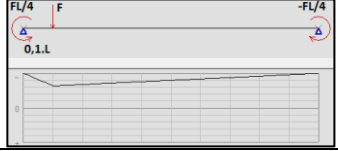
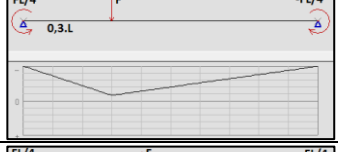
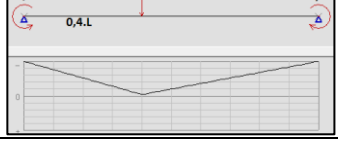
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8621	0.8621	1	1	0.90517	0.94828	0.99138	32.465	34.285	1.056060373
	-1	-1	1	-1	-0.925	-0.95	-0.975	32.465	34.155	1.05205606
	-1	-1	1	-1	-0.85	-0.9	-0.95	32.465	35.925	1.106576313
	-1	-1	1	-1	-0.825	-0.85	-0.925	32.465	37.585	1.157708301
	-1	-1	1	-1	-0.85	-0.8	-0.9	32.465	38.821	1.195780071

Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.875	-0.75	-0.875	32.465	39.285	1.210072386
	-1	-1	1	-1	-0.85	-0.9	-0.95	32.465	36.003	1.1089789
	-1	-1	1	-1	-0.7	-0.8	-0.9	32.465	40.073	1.234344679
	-1	-1	1	-1	-0.65	-0.7	-0.85	32.465	44.305	1.364700447
	-1	-1	1	-1	-0.7	-0.6	-0.8	32.465	47.824	1.473094101

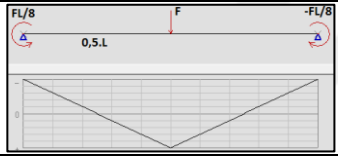
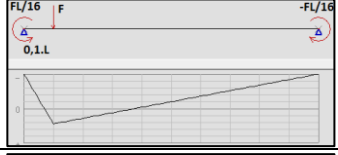
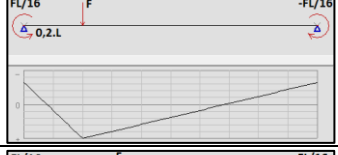
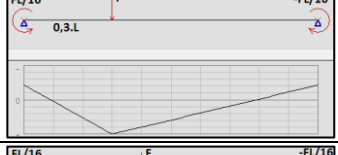
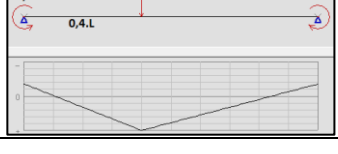
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.75	-0.5	-0.75	32.465	49.264	1.517449561
	-1	-1	1	-1	-0.7	-0.8	-0.9	32.465	40.24	1.23948868
	-1	-1	1	-1	-0.4	-0.6	-0.8	32.465	51.013	1.571322963
	-1	-1	1	-1	-0.3	-0.4	-0.7	32.465	64.606	1.990020022
	-1	-1	1	-1	-0.4	-0.2	-0.6	32.465	78.747	2.425596797

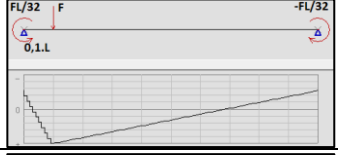
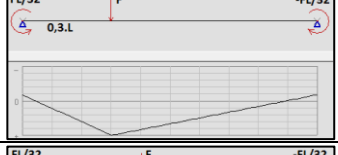
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.5	0	-0.5	32.465	86.12	2.652702911
	-1	-1	1	-1	-0.4	-0.6	-0.8	32.465	51.361	1.582042199
	-1	-1	1	-1	0.2	-0.2	-0.6	32.465	83.331	2.56679501
	-1	-1	1	-1	0.4	0.2	-0.4	32.465	86.273	2.657415678
	-1	-1	1	-1	0.2	0.6	-0.2	32.465	61.798	1.903526875

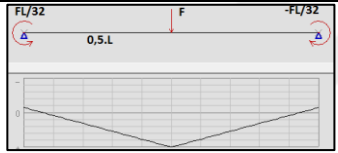
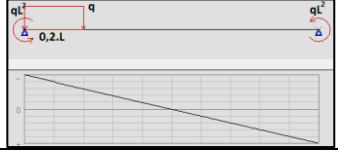
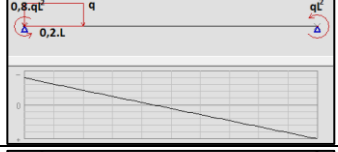
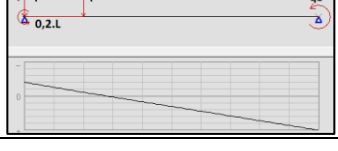
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	0	1	0	32.465	55.478	1.708855691
	-1	-1	1	-1	0.2	-0.2	-0.6	32.465	83.061	2.558478361
	-0.641	-0.641	1	1	0.89744	0.38462	-0.1282	32.465	60.518	1.8640998
	-0.424	-0.424	1	1	0.76271	0.59322	0.08475	32.465	52.486	1.616694902
	-0.352	-0.352	1	1	0.49296	0.77465	0.21127	32.465	49.302	1.518620052

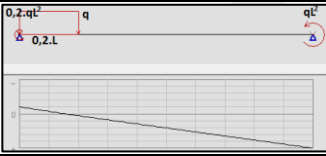
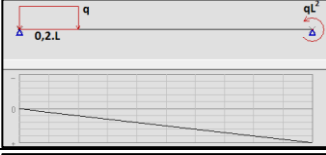
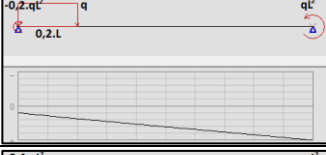
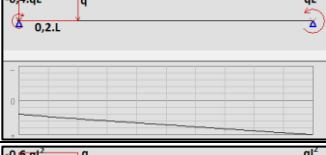
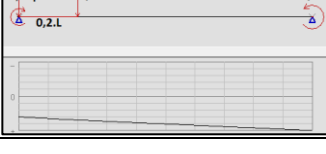
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.333	-0.333	1	1	0.33333	1	0.33333	32.465	48.399	1.490805483
	-0.532	-0.532	1	1	0.74468	0.31915	-0.1064	32.465	66.972	2.062898506
	-0.243	-0.243	1	1	0.92233	0.53398	0.14563	32.465	53.398	1.644786693
	-0.175	-0.175	1	1	0.8042	0.66434	0.24476	32.465	48.72	1.500693054
	-0.15	-0.15	1	1	0.56886	0.80838	0.32934	32.465	46.558	1.43409826

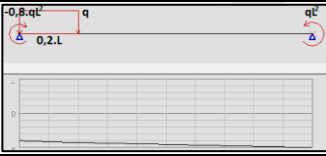
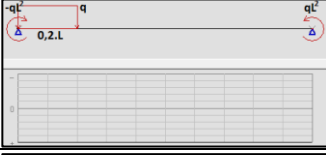
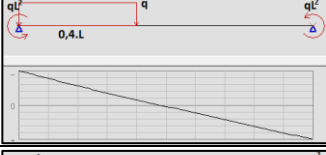
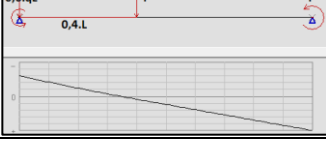
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.143	-0.143	1	1	0.42857	1	0.42857	32.465	45.91	1.414138303
	-1	1	-1	1	-0.485	0.01	0.505	32.465	86.87	2.675804713
	-0.8	1	-0.8	1	-0.335	0.11	0.555	32.465	88.286	2.719420915
	-0.6	1	-0.6	1	-0.185	0.21	0.605	32.465	82.197	2.531865085
	-0.4	1	-0.4	1	-0.035	0.31	0.655	32.465	73.975	2.278607731

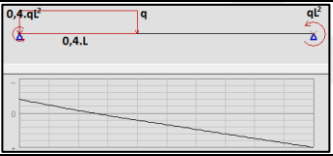
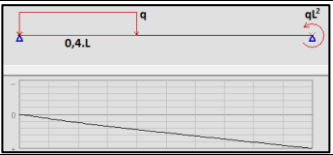
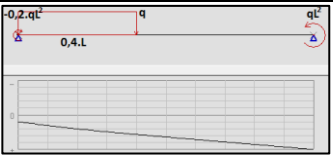
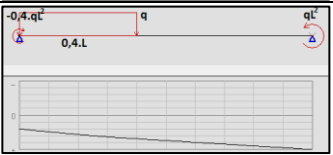
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.2	1	-0.2	1	0.115	0.41	0.705	32.465	65.557	2.019313106
	0	1	0	1	0.265	0.51	0.755	32.465	57.707	1.777514246
	0.2	1	0.2	1	0.415	0.61	0.805	32.465	50.754	1.563345141
	0.4	1	0.4	1	0.565	0.71	0.855	32.465	44.809	1.380224858
	0.6	1	0.6	1	0.715	0.81	0.905	32.465	39.809	1.226212845

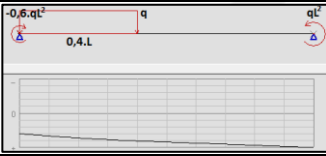
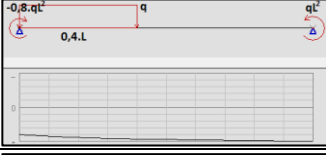
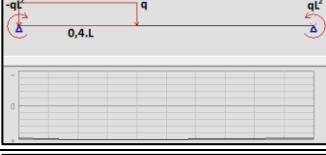
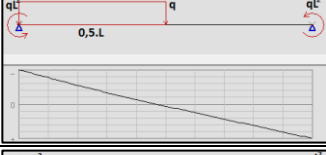
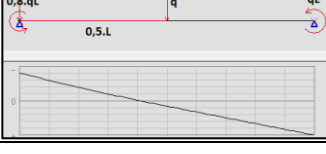
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8	1	0.8	1	0.865	0.91	0.955	32.465	35.635	1.097643616
	0.9841	0.9841	1	1	0.99882	0.9939	0.98898	32.465	32.665	1.006160481
	-1	1	-1	1	-0.4513	0.04	0.52	32.465	87.563	2.697150778
	-0.8	1	-0.8	1	-0.3013	0.14	0.57	32.465	86.548	2.665886339
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1512	0.24	0.62	32.465	79.697	2.454859079

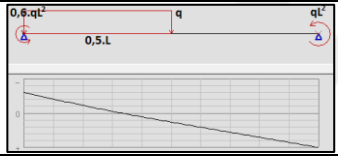
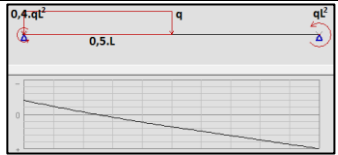
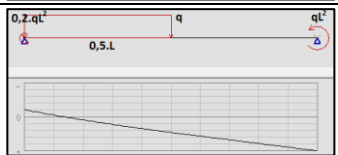
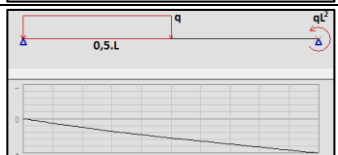
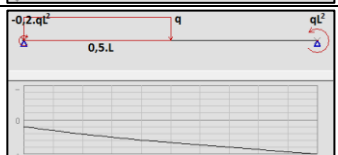
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.4	1	-0.4	1	-0.0012	0.34	0.67	32.465	71.396	2.199168335
	-0.2	1	-0.2	1	0.14875	0.44	0.72	32.465	63.156	1.945356538
	0	1	0	1	0.29875	0.54	0.77	32.465	55.59	1.71230556
	0.2	1	0.2	1	0.44875	0.64	0.82	32.465	48.957	1.507993223
	0.4	1	0.4	1	0.59242	0.73578	0.86789	32.465	43.312	1.334113661

Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.6	1	0.6	1	0.74875	0.84	0.92	32.465	38.576	1.188233482
	0.8	1	0.8	1	0.89875	0.94	0.97	32.465	34.615	1.066225166
	0.9513	0.9513	1	1	0.99767	0.98934	0.97032	32.465	32.901	1.013429848
	-1	1	-1	1	-0.4375	0.0625	0.53125	32.465	87.046	2.681225936
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2875	0.1625	0.58125	32.465	84.863	2.613984291

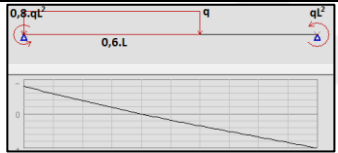
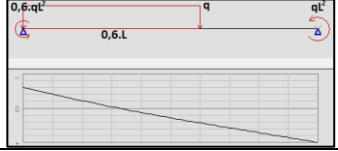
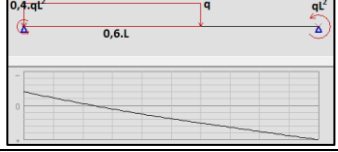
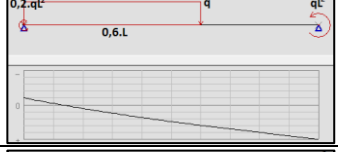
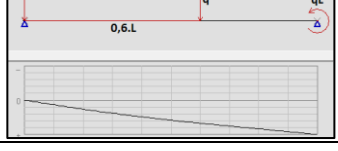
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1375	0.2625	0.63125	32.465	77.768	2.395441244
	-0.4	1	-0.4	1	0.0125	0.3625	0.68125	32.465	69.551	2.142337902
	-0.2	1	-0.2	1	0.1625	0.4625	0.73125	32.465	61.512	1.894717388
	0	1	0	1	0.3125	0.5625	0.78125	32.465	54.191	1.669212999
	0.2	1	0.2	1	0.4625	0.6625	0.83125	32.465	47.805	1.472508856

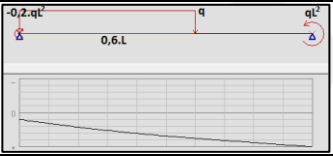
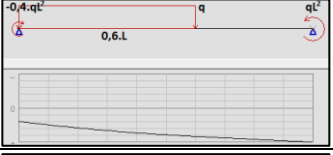
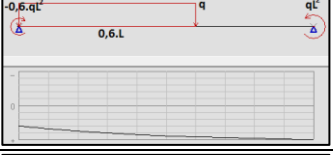
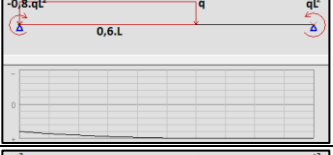
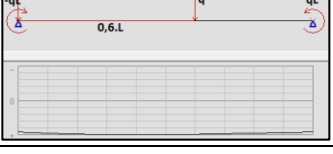
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.4	1	0.4	1	0.6125	0.7625	0.88125	32.465	42.371	1.3051286
	0.6	1	0.6	1	0.7625	0.8625	0.93125	32.465	37.811	1.164669644
	0.8	1	0.8	1	0.9125	0.9625	0.98125	32.465	33.992	1.047035269
	0.9343	0.9343	1	1	0.99272	0.99272	0.96352	32.465	32.951	1.014969968
	-1	1	-1	1	-0.4263	0.085	0.545	32.465	85.84	2.644078238

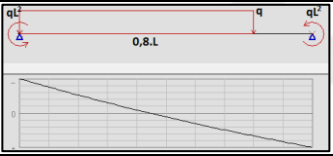
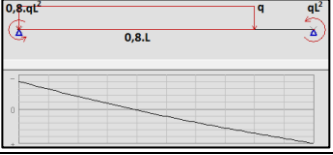
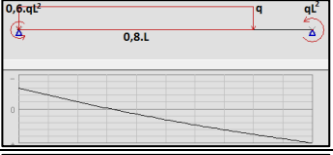
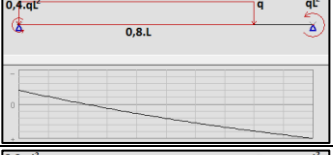
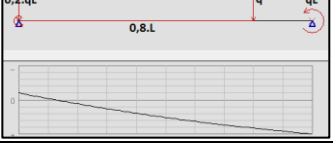
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2763	0.185	0.595	32.465	82.739	2.548559988
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1262	0.285	0.645	32.465	75.561	2.327460342
	-0.4	1	-0.4	1	0.02375	0.385	0.695	32.465	67.534	2.080209456
	-0.2	1	-0.2	1	0.17375	0.485	0.745	32.465	59.777	1.841275219
	0	1	0	1	0.32375	0.585	0.795	32.465	52.754	1.624949946

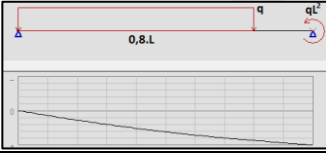
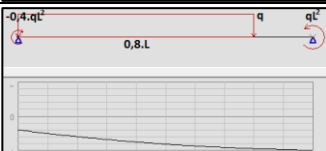
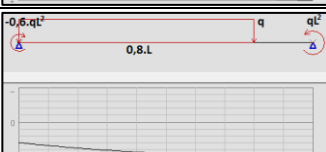
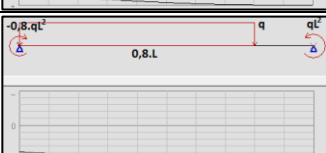
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.2	1	0.2	1	0.47375	0.685	0.845	32.465	46.641	1.436654859
	0.4	1	0.4	1	0.62375	0.785	0.895	32.465	41.441	1.276482366
	0.6	1	0.6	1	0.77375	0.885	0.945	32.465	37.062	1.141598645
	0.8	1	0.8	1	0.92375	0.985	0.995	32.465	33.387	1.028399815
	0.9189	0.9189	1	1	0.98672	0.99706	0.9603	32.465	32.963	1.015339596

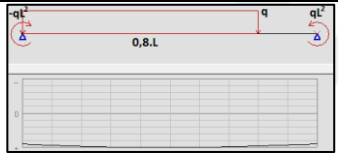
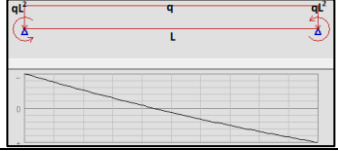
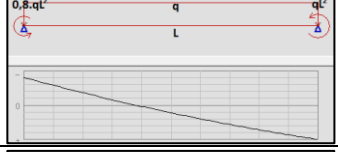
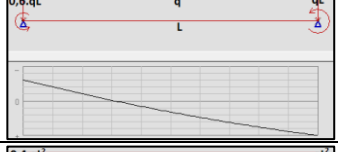
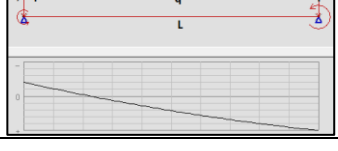
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	1	-1	1	-0.4113	0.115	0.57875	32.465	82.607	2.544494071
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2613	0.215	0.62875	32.465	78.52	2.418604651
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1113	0.315	0.67875	32.465	71.548	2.2038503
	-0.4	1	-0.4	1	0.03875	0.39938	0.72875	32.465	64.058	1.973140305
	-0.2	1	-0.2	1	0.18875	0.515	0.77875	32.465	56.906	1.752841522

Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	1	0	1	0.33875	0.615	0.82875	32.465	50.453	1.554073618
	0.2	1	0.2	1	0.48875	0.715	0.87875	32.465	44.816	1.380440474
	0.4	1	0.4	1	0.63875	0.815	0.92875	32.465	39.996	1.231972894
	0.6	1	0.6	1	0.78875	0.915	0.97875	32.465	35.916	1.106299091
	0.7758	0.9697	0.8	1	0.91034	0.98429	0.99762	32.465	33.478	1.031202834

Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8967	0.8967	1	1	0.97628	0.99982	0.96731	32.465	32.944	1.014754351
	-1	1	-1	1	-0.4063	0.125	0.59375	32.465	81.069	2.497119975
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2563	0.225	0.64375	32.465	76.777	2.364916063
	-0.6	1	-0.6	1	0.10625	0.325	0.69375	32.465	69.971	2.155274911
	-0.4	1	-0.4	1	0.04375	0.425	0.74375	32.465	62.742	1.932604343

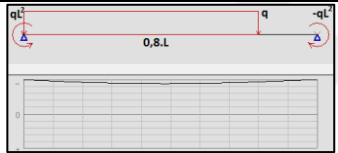
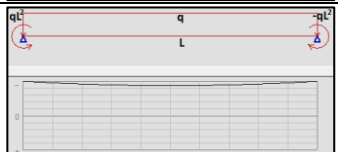
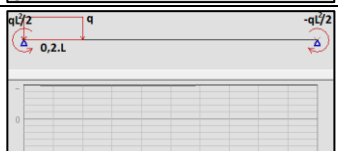
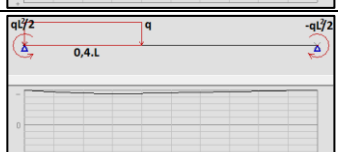
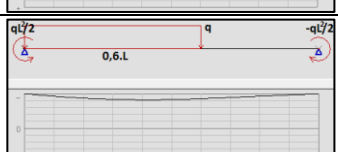
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.2	1	-0.2	1	0.19375	0.525	0.79375	32.465	55.848	1.72025258
	0	1	0	1	0.34375	0.625	0.84375	32.465	49.613	1.5281996
	0.2	1	0.2	1	0.49375	0.725	0.89375	32.465	44.16	1.360234098
	0.4	1	0.4	1	0.64375	0.825	0.94375	32.465	39.484	1.216202064
	0.597	0.995	0.6	1	0.7898	0.9204	0.98881	32.465	35.687	1.099245341

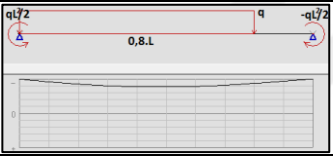
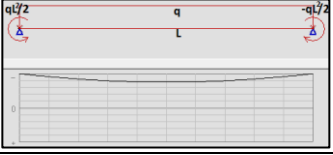
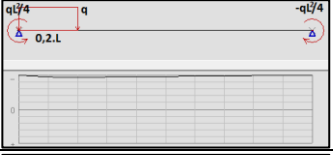
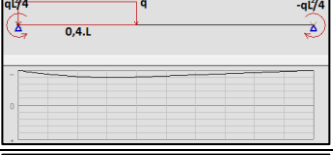
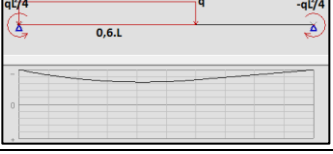
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.7656	0.9569	0.8	1	0.90311	0.98086	0.9988	32.465	33.587	1.034560296
	0.8889	0.8889	1	1	0.97222	1	0.97222	32.465	32.937	1.014538734
	-1	-1	1	-1	-0.985	-0.99	-0.995	32.465	32.787	1.009918374
	-1	-1	1	-1	-0.9513	-0.96	-0.98	32.465	33.711	1.038379794
	-1	-1	1	-1	-0.9263	-0.915	-0.955	32.465	34.957	1.076759587

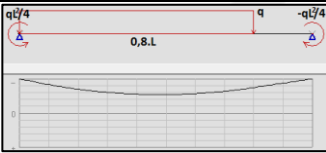
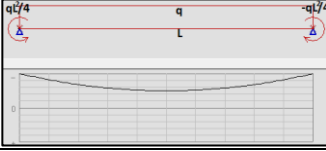
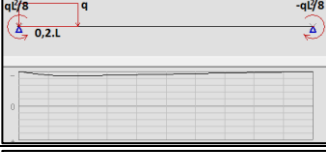
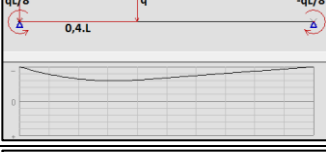
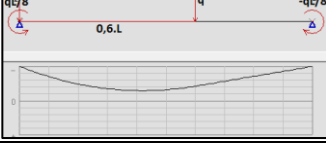
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.9113	-0.885	-0.9213	32.465	36.01	1.109194517
	-1	-1	1	-1	-0.9063	-0.875	-0.9063	32.465	36.41	1.121515478
	-1	-1	1	-1	-0.97	-0.98	-0.99	32.465	33.118	1.020113969
	-1	-1	1	-1	-0.9025	-0.92	-0.96	32.465	35.046	1.079501001
	-1	-1	1	-1	-0.8525	-0.83	-0.91	32.465	37.839	1.165532112

Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.8225	-0.77	-0.8425	32.465	40.393	1.244201448
	-1	-1	1	-1	-0.8125	-0.75	-0.8125	32.465	41.411	1.275558294
	-1	-1	1	-1	-0.94	-0.96	-0.98	32.465	33.796	1.040997998
	-1	-1	1	-1	-0.805	-0.84	-0.92	32.465	38.025	1.171261358
	-1	-1	1	-1	-0.705	-0.66	-0.82	32.465	45.149	1.390697674

Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.645	-0.54	-0.685	32.465	53.086	1.635176344
	-1	-1	1	-1	-0.625	-0.5	-0.625	32.465	56.728	1.747358694
	-1	-1	1	-1	-0.88	-0.92	-0.96	32.465	35.225	1.085014631
	-1	-1	1	-1	-0.61	-0.68	-0.84	32.465	45.483	1.400985677
	-1	-1	1	-1	-0.41	-0.32	-0.64	32.465	69.995	2.156014169

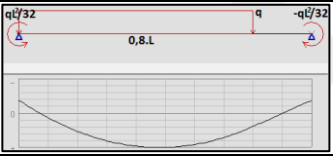
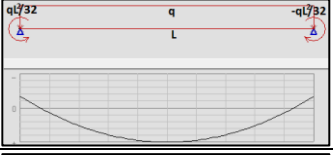
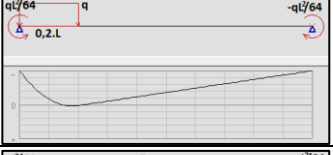
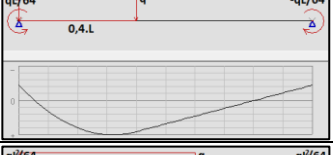
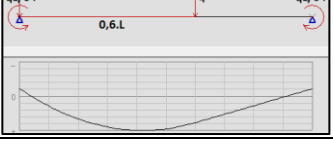
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.29	-0.08	-0.37	32.465	115.61	3.561065763
	-1	-1	1	-1	-0.25	0	-0.25	32.465	145.28	4.474973048
	-1	-1	1	-1	-0.76	-0.84	-0.92	32.465	38.413	1.183212691
	-1	-1	1	-1	-0.22	-0.36	-0.68	32.465	68.573	2.112213153
	-1	-1	1	-1	0.18	0.36	-0.28	32.465	101.97	3.140920992

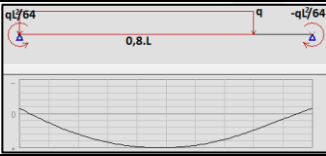
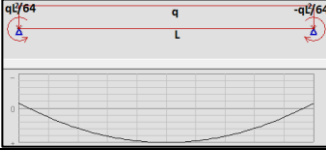
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	0.42	0.84	0.26	32.465	48.959	1.508054828
	-1	-1	1	-1	0.5	1	0.5	32.465	40.24	1.23948868
	-1	-1	1	-1	-0.52	-0.68	-0.84	32.465	46.368	1.428245803
	-1	-1	1	-1	0.56	0.28	-0.36	32.465	77.832	2.397412598
	-0.549	-0.549	1	1	0.74627	0.94381	0.24144	32.465	41.414	1.275650701

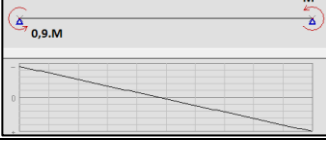
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.372	-0.372	1	1	0.68493	0.99762	0.56581	32.465	38.594	1.188787925
	-0.333	-0.333	1	1	0.66667	1	0.66667	32.465	37.976	1.169752041
	-1	-1	1	-1	-0.04	-0.36	-0.68	32.465	69.702	2.146989065
	-0.439	-0.439	1	1	0.93113	0.68517	0.12298	32.465	45.751	1.409240721
	-0.215	-0.215	1	1	0.8009	0.95591	0.40475	32.465	39.74	1.224087479

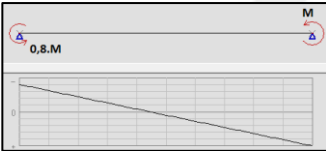
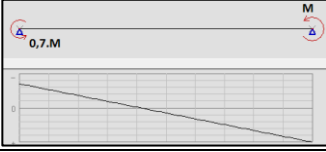
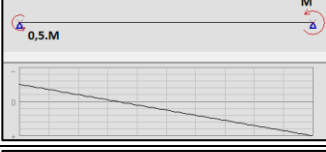
Çizelge A.2 (devam). 8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=8m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.157	-0.157	1	1	0.73437	0.99799	0.63394	32.465	37.712	1.161620206
	-0.143	-0.143	1	1	0.71429	1	0.71429	32.465	37.241	1.147112275

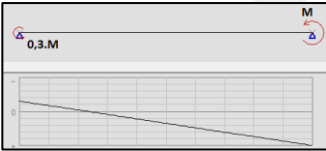
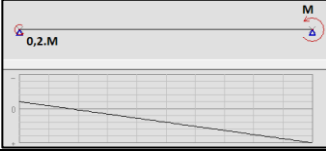
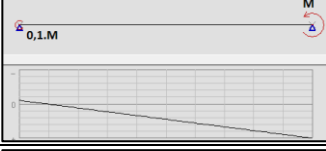
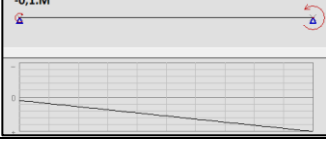
Çizelge A.3. 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	1	-1	1	-0.5	0	0.5	119.275	317.38	2.660909663
	-0.999	1	-0.999	1	-0.4993	0.0005	0.50025	119.275	317.53	2.662167261
	-0.99	1	-0.99	1	-0.4925	0.005	0.5025	119.275	318.94	2.673988682
	-0.95	1	-0.95	1	-0.4625	0.025	0.5125	119.275	323.97	2.716160134
	-0.9	1	-0.9	1	-0.425	0.05	0.525	119.275	327.7	2.747432404

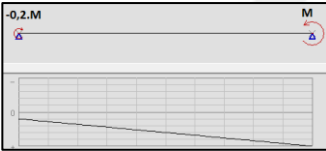
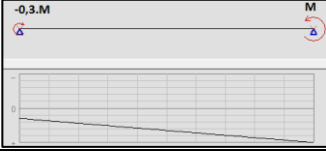
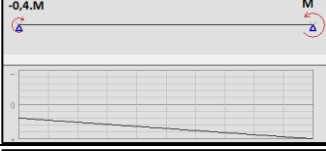
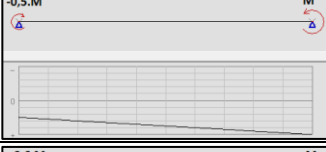
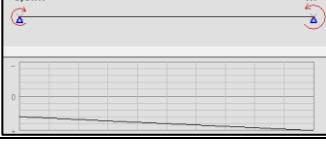
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.8	1	-0.8	1	-0.35	0.1	0.55	119.275	327.06	2.742066653
	-0.7	1	-0.7	1	-0.275	0.15	0.575	119.275	318.82	2.672982603
	-0.6	1	-0.6	1	-0.2	0.2	0.6	119.275	306.3	2.568015091
	-0.5	1	-0.5	1	-0.125	0.25	0.625	119.275	291.67	2.445357367
	-0.4	1	-0.4	1	-0.05	0.3	0.65	119.275	276.08	2.314651017

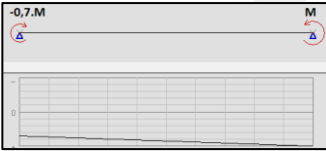
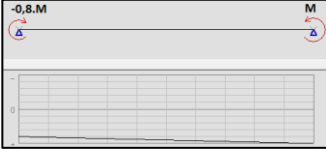
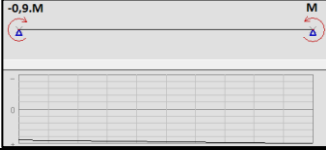
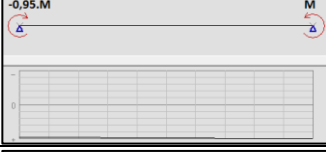
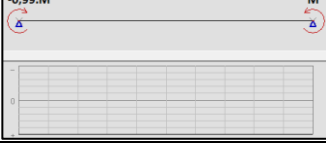
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.3	1	-0.3	1	0.025	0.35	0.675	119.275	260.25	2.181932509
	-0.2	1	-0.2	1	0.1	0.4	0.7	119.275	244.64	2.051058478
	-0.1	1	-0.1	1	0.175	0.45	0.725	119.275	229.54	1.924460281
	0	1	0	1	0.25	0.5	0.75	119.275	215.16	1.803898554
	0.1	1	0.1	1	0.325	0.55	0.775	119.275	201.64	1.690547055

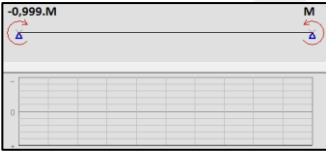
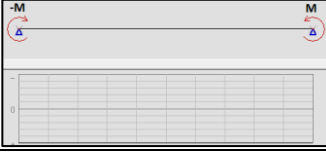
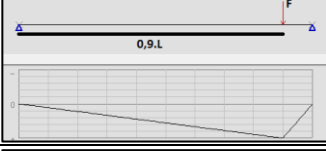
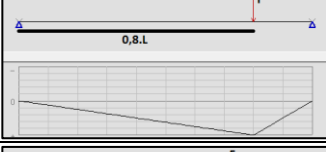
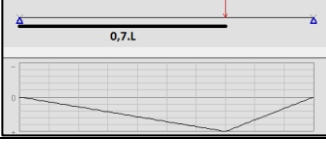
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.2	1	0.2	1	0.4	0.6	0.8	119.275	189.06	1.585076504
	0.3	1	0.3	1	0.475	0.65	0.825	119.275	177.41	1.48740306
	0.4	1	0.4	1	0.55	0.7	0.85	119.275	166.72	1.397778244
	0.5	1	0.5	1	0.625	0.75	0.875	119.275	156.91	1.315531335
	0.6	1	0.6	1	0.7	0.8	0.9	119.275	147.96	1.240494655

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.7	1	0.7	1	0.775	0.85	0.925	119.275	139.79	1.171997485
	0.8	1	0.8	1	0.85	0.9	0.95	119.275	132.32	1.109369105
	0.9	1	0.9	1	0.925	0.95	0.975	119.275	125.5	1.052190316
	0.95	1	0.95	1	0.9625	0.975	0.9875	119.275	122.32	1.025529239
	0.99	1	0.99	1	0.9925	0.995	0.9975	119.275	119.87	1.004988472

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.999	1	0.999	1	0.99925	0.9995	0.99975	119.275	119.33	1.000461119
	1	1	1	1	1	1	1	119.275	119.275	1
	0	0	0/0	1	0.27778	0.55556	0.83333	119.275	194.83	1.633452106
	0	0	0/0	1	0.3125	0.625	0.9375	119.275	179.34	1.503584154
	0	0	0/0	1	0.35714	0.71429	0.83333	119.275	169.23	1.41882205

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.41667	0.83333	0.625	119.275	163.66	1.372123245
	0	0	0/0	1	0.45454	0.90909	0.55556	119.275	162.33	1.360972542
	0	0	0/0	1	0.5	1	0.5	119.275	161.89	1.357283588
	0	0	0/0	1	0.55556	0.90909	0.45454	119.275	162.33	1.360972542
	0	0	0/0	1	0.625	0.83333	0.41667	119.275	163.66	1.372123245

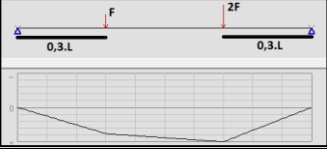
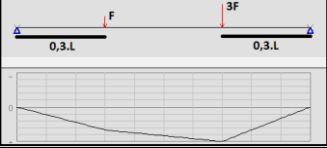
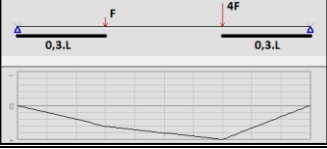
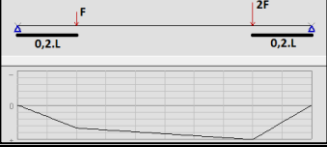
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.83333	0.71429	0.35714	119.275	169.23	1.41882205
	0	0	0/0	1	0.9375	0.625	0.3125	119.275	179.34	1.503584154
	0	0	0/0	1	0.83333	0.55556	0.27778	119.275	194.83	1.633452106
	0	0	0/0	1	0.625	1	0.625	119.275	138.88	1.164368057
	0	0	0/0	1	0.83333	1	0.83333	119.275	127.3	1.067281492

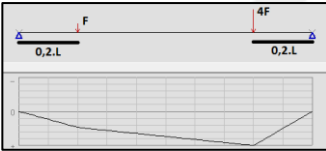
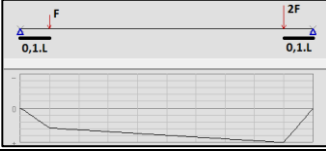
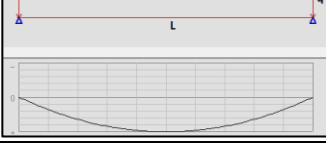
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	1	1	1	119.275	121.68	1.020163488
	0	0	0/0	1	1	1	1	119.275	119.58	1.002557116
	0	0	0/0	1	0.5469	0.93754	0.625	119.275	147.84	1.239488577
	0	0	0/0	1	0.51138	0.90912	0.625	119.275	152.07	1.27495284
	0	0	0/0	1	0.49108	0.89287	0.625	119.275	154.51	1.295409767

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.63726	0.88236	0.83333	119.275	143.38	1.202095997
	0	0	0/0	1	0.55556	0.83334	0.83333	119.275	150.67	1.263215259
	0	0	0/0	1	0.51076	0.80646	0.83333	119.275	154.78	1.297673444
	0	0	0/0	1	0.69447	0.83336	0.97225	119.275	144.52	1.211653741
	0	0	0/0	1	0.57694	0.76925	0.96157	119.275	154.63	1.296415846

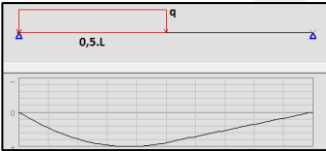
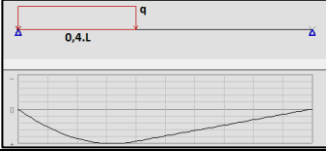
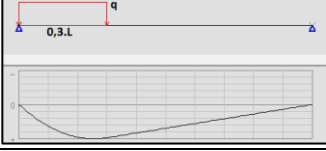
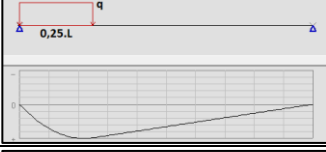
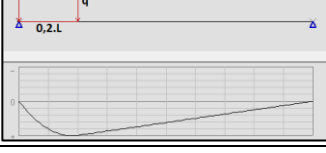
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.51473	0.73533	0.95593	119.275	160.24	1.34345001
	0	0	0/0	1	0.6579	0.78948	0.92106	119.275	149.54	1.253741354
	0	0	0/0	1	0.53574	0.71432	0.8929	119.275	162.76	1.364577657
	0	0	0/0	1	0.473	0.67572	0.87844	119.275	170.09	1.426032278
	0	0	0/0	1	0.75	1	0.75	119.275	134.76	1.129826032

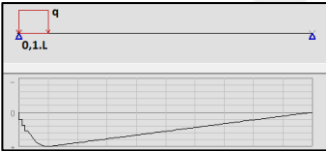
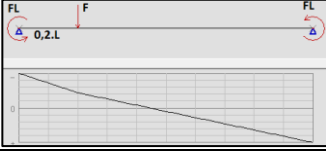
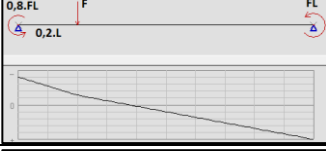
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.75513	1	0.73471	119.275	135.05	1.132257388
	0	0	0/0	1	0.77044	0.99831	0.68362	119.275	136.12	1.141228254
	0	0	0/0	1	0.78227	0.99561	0.64003	119.275	137.01	1.148690002
	0	0	0/0	1	0.79712	0.99036	0.5918	119.275	138.19	1.158583106
	0	0	0/0	1	0.83617	0.96372	0.5102	119.275	141.67	1.18775938

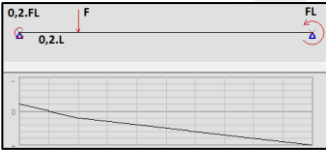
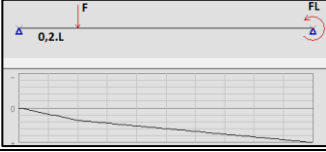
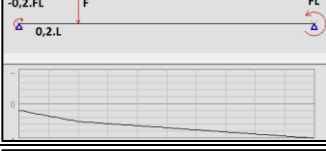
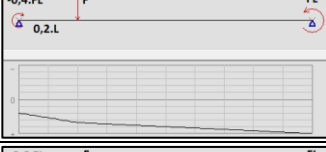
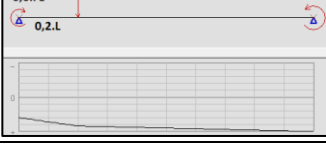
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.88908	0.88908	0.44454	119.275	146.85	1.23118843
	0	0	0/0	1	0.95219	0.78128	0.39064	119.275	154.23	1.293062251
	0	0	0/0	1	1	0.69232	0.34616	119.275	164.2	1.376650597
	0	0	0/0	1	0.97966	0.65311	0.32655	119.275	170.48	1.429302033
	0	0	0/0	1	0.92593	0.61713	0.30865	119.275	177.61	1.489079857

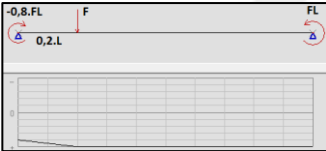
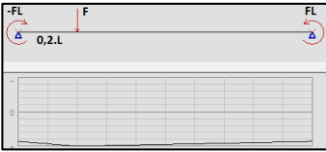
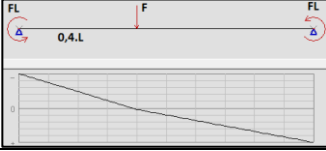
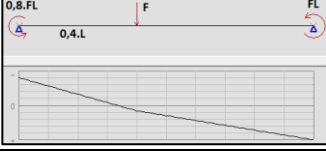
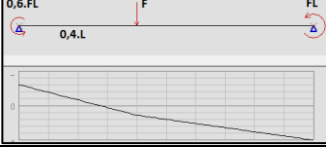
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.83333	0.55556	0.27778	119.275	194.17	1.627918675
	-1	1	-1	1	-0.35	0.10	0.55	119.275	324.44	2.720100608
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2	0.20	0.60	119.275	305.3	2.559631105
	-0.6	1	-0.6	1	-0.05	0.30	0.65	119.275	275.66	2.311129742
	-0.4	1	-0.4	1	0.1	0.40	0.70	119.275	244.53	2.05013624

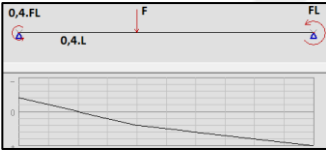
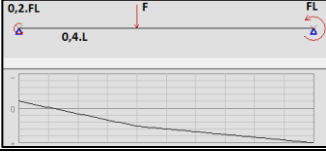
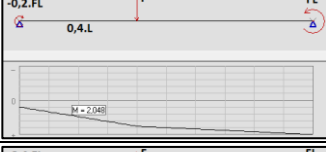
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.2	1	-0.2	1	0.25	0.50	0.75	119.275	215.25	1.804653113
	0	1	0	1	0.4	0.6	0.80	119.275	189.26	1.586753301
	0.2	1	0.2	1	0.55	0.7	0.85	119.275	166.98	1.39995808
	0.4	1	0.4	1	0.7	0.8	0.9	119.275	148.25	1.242926011
	0.6	1	0.6	1	0.85	0.9	0.95	119.275	132.62	1.111884301

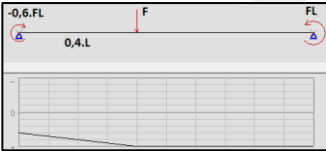
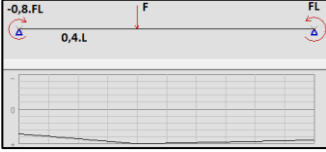
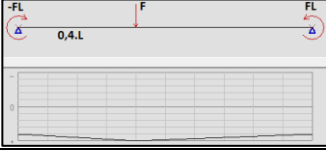
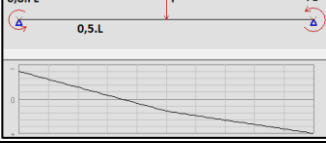
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8	1	0.8	1	1	1	1	119.275	119.56	1.002389436
	0.8621	0.8621	1	1	0.99138	0.94828	0.90517	119.275	125.96	1.05604695
	-1	1	-1	1	-0.35	0.2	0.6	119.275	294.95	2.472856843
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2	0.3	0.65	119.275	272.39	2.283714106
	-0.6	1	-0.6	1	-0.05	0.4	0.7	119.275	244.7	2.051561518

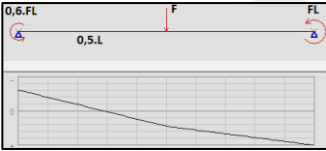
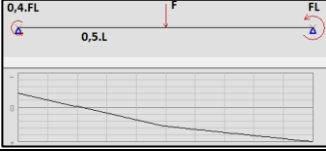
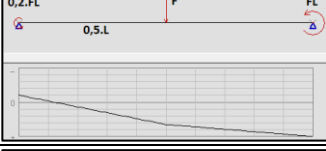
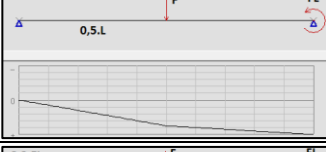
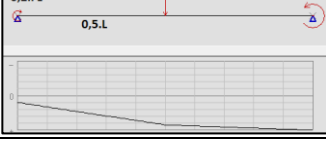
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.4	1	-0.4	1	0.1	0.5	0.75	119.275	217.42	1.822846363
	-0.2	1	-0.2	1	0.25	0.6	0.8	119.275	192.54	1.614252777
	0	1	0	1	0.4	0.7	0.85	119.275	170.78	1.431817229
	0.2	1	0.2	1	0.55	0.8	0.9	119.275	152.14	1.275539719
	0.4	1	0.4	1	0.7	0.90	0.95	119.275	136.37	1.143324251

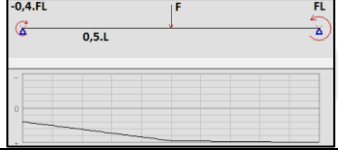
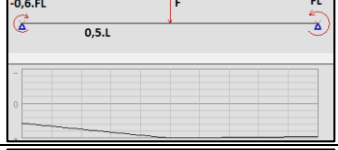
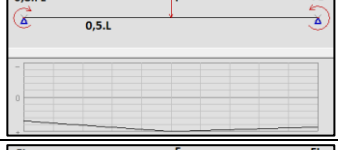
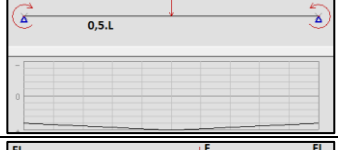
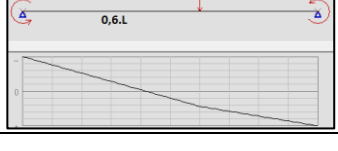
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.6	1	0.6	1	0.85	1	1	119.275	123.05	1.031649549
	0.7143	0.8929	0.8	1	0.89286	0.98214	0.9375	119.275	125.18	1.049507441
	0.8065	0.8065	1	1	0.92742	0.96774	0.8871	119.275	126.7	1.0622511
	-1	1	-1	1	-0.375	0.25	0.625	119.275	279.37	2.342234332
	-0.8	1	-0.8	1	-0.225	0.35	0.675	119.275	259.11	2.172374764

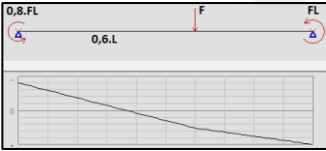
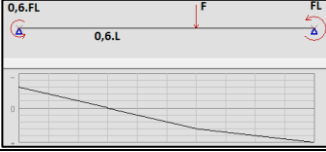
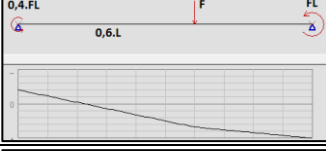
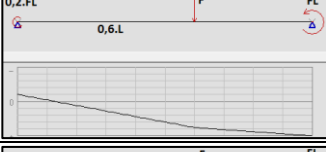
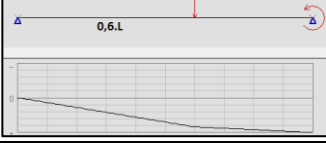
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.6	1	-0.6	1	-0.075	0.45	0.725	119.275	234.13	1.962942779
	-0.4	1	-0.4	1	0.075	0.55	0.775	119.275	209.37	1.755355271
	-0.2	1	-0.2	1	0.225	0.65	0.825	119.275	186.62	1.564619577
	0	1	0	1	0.375	0.75	0.875	119.275	166.5	1.395933767
	0.2	1	0.2	1	0.525	0.85	0.925	119.275	149.09	1.24996856

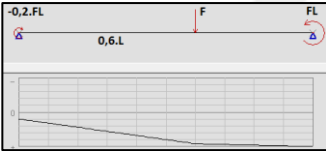
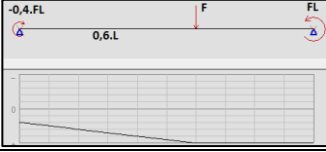
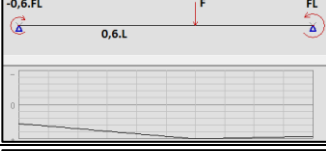
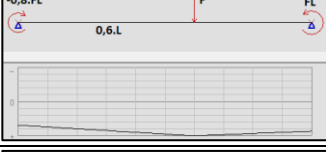
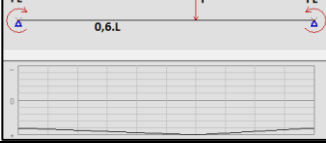
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.4	1	0.4	1	0.675	0.95	0.975	119.275	134.18	1.12496332
	0.5714	0.9524	0.6	1	0.78571	1	0.97619	119.275	127.54	1.069293649
	0.6957	0.8696	0.8	1	0.84783	1	0.93478	119.275	127.21	1.066526934
	0.8	0.8	1	1	0.9	1	0.9	119.275	126.67	1.061999581
	-1	1	-1	1	-0.4	0.2	0.65	119.275	269.82	2.262167261

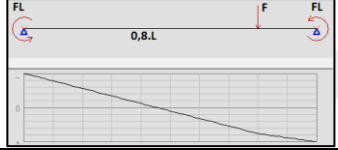
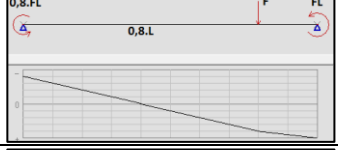
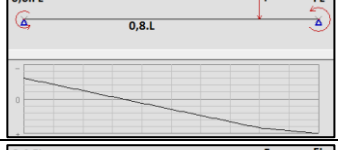
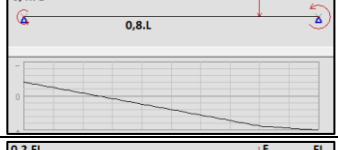
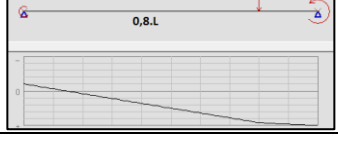
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.8	1	-0.8	1	-0.25	0.3	0.7	119.275	252.39	2.116034374
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1	0.4	0.75	119.275	229.92	1.927646196
	-0.4	1	-0.4	1	0.05	0.5	0.8	119.275	207.08	1.736155942
	-0.2	1	-0.2	1	0.2	0.6	0.85	119.275	185.69	1.556822469
	0	1	0	1	0.35	0.7	0.9	119.275	166.44	1.395430727

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.2	1	0.2	1	0.5	0.8	0.95	119.275	149.55	1.253825194
	0.4	1	0.4	1	0.65	0.9	1	119.275	134.9	1.13099979
	0.5556	0.9259	0.6	1	0.74074	0.92593	0.97222	119.275	132.09	1.107440788
	0.6897	0.8621	0.8	1	0.81897	0.94828	0.94828	119.275	129.33	1.084300985
	0.8065	0.8065	1	1	0.8871	0.96774	0.92742	119.275	126.7	1.0622511

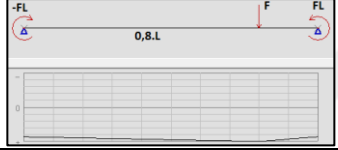
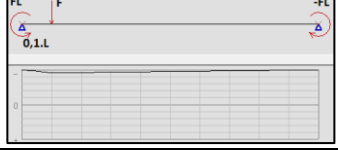
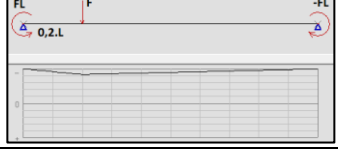
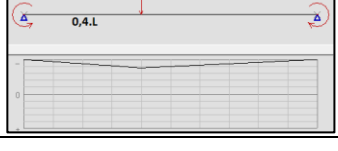
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	1	-1	1	-0.45	0.1	0.65	119.275	279.22	2.340976734
	-0.8	1	-0.8	1	-0.3	0.2	0.7	119.275	267.9	2.246070006
	-0.6	1	-0.6	1	-0.15	0.3	0.75	119.275	247.39	2.074114441
	-0.4	1	-0.4	1	0	0.4	0.8	119.275	224.45	1.881785789
	-0.2	1	-0.2	1	0.15	0.5	0.85	119.275	201.86	1.692391532

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	1	0	1	0.3	0.6	0.9	119.275	180.85	1.516243974
	0.2	1	0.2	1	0.45	0.7	0.95	119.275	162.01	1.358289667
	0.3846	0.9615	0.4	1	0.57692	0.76923	0.96154	119.275	151.34	1.26883253
	0.5556	0.9259	0.6	1	0.69444	0.83333	0.97222	119.275	141.77	1.188597778
	0.7143	0.8929	0.8	1	0.80357	0.89286	0.98214	119.275	133.34	1.117920771

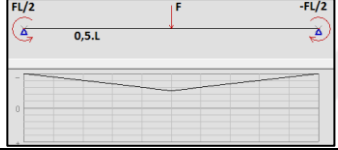
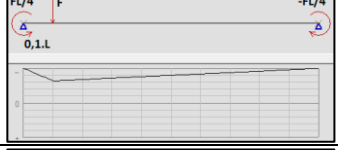
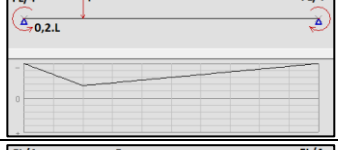
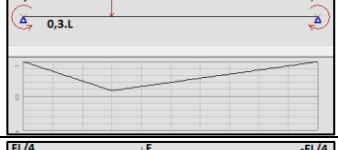
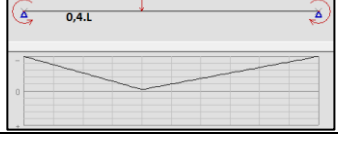
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8621	0.8621	1	1	0.90517	0.94828	0.99138	119.275	125.96	1.05604695
	-1	-1	1	-1	-0.925	-0.95	-0.975	119.275	125.49	1.052106477
	-1	-1	1	-1	-0.85	-0.9	-0.95	119.275	131.99	1.106602389
	-1	-1	1	-1	-0.825	-0.85	-0.925	119.275	138.1	1.157828547
	-1	-1	1	-1	-0.85	-0.8	-0.9	119.275	142.63	1.195808007

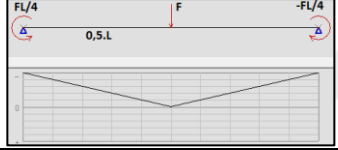
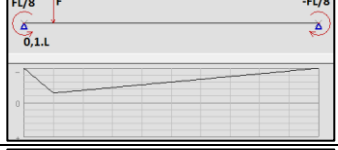
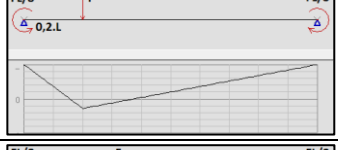
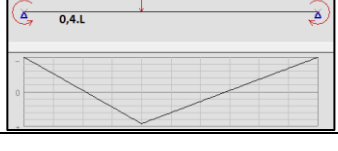
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.875	-0.75	-0.875	119.275	144.34	1.210144624
	-1	-1	1	-1	-0.85	-0.9	-0.95	119.275	132.28	1.109033746
	-1	-1	1	-1	-0.7	-0.8	-0.9	119.275	147.24	1.234458185
	-1	-1	1	-1	-0.65	-0.7	-0.85	119.275	162.82	1.365080696
	-1	-1	1	-1	-0.7	-0.6	-0.8	119.275	175.74	1.473401803

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.75	-0.5	-0.75	119.275	181.03	1.517753092
	-1	-1	1	-1	-0.7	-0.8	-0.9	119.275	147.88	1.239823936
	-1	-1	1	-1	-0.4	-0.6	-0.8	119.275	187.59	1.572752044
	-1	-1	1	-1	-0.3	-0.4	-0.7	119.275	237.89	1.994466569
	-1	-1	1	-1	-0.4	-0.2	-0.6	119.275	290.19	2.432949067

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.5	0	-0.5	119.275	317.31	2.660322783
	-1	-1	1	-1	-0.4	-0.6	-0.8	119.275	188.89	1.583651226
	-1	-1	1	-1	0.2	-0.2	-0.6	119.275	307.74	2.580088032
	-1	-1	1	-1	0.4	0.2	-0.4	119.275	317.35	2.660658143
	-1	-1	1	-1	0.2	0.6	-0.2	119.275	227.39	1.90643471

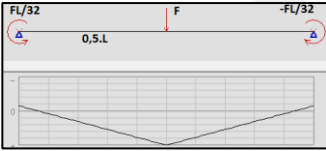
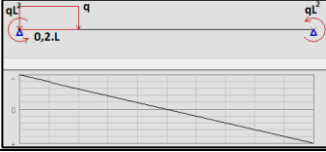
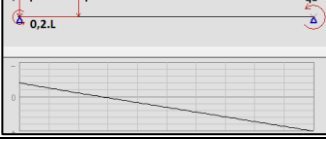
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	0	1	0	119.275	204.1	1.711171662
	-1	-1	1	-1	0.2	-0.2	-0.6	119.275	306.7	2.571368686
	-0.641	-0.641	1	1	0.89744	0.38462	-0.1282	119.275	223.03	1.869880528
	-0.424	-0.424	1	1	0.76271	0.59322	0.08475	119.275	193.15	1.619367009
	-0.352	-0.352	1	1	0.49296	0.77465	0.21127	119.275	181.35	1.520435967

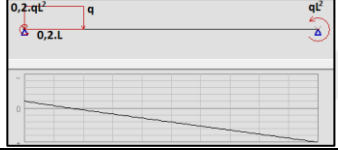
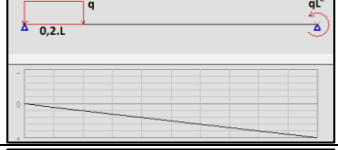
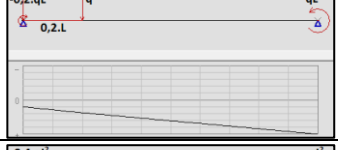
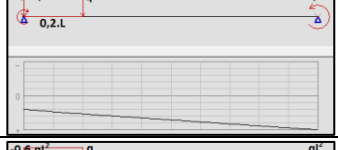
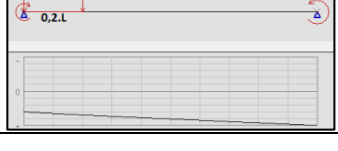
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.333	-0.333	1	1	0.33333	1	0.33333	119.275	178.01	1.492433452
	-0.532	-0.532	1	1	0.74468	0.31915	-0.1064	119.275	247.08	2.071515406
	-0.243	-0.243	1	1	0.92233	0.53398	0.14563	119.275	196.59	1.648207923
	-0.175	-0.175	1	1	0.8042	0.66434	0.24476	119.275	179.2	1.502410396
	-0.15	-0.15	1	1	0.56886	0.80838	0.32934	119.275	171.22	1.435506183

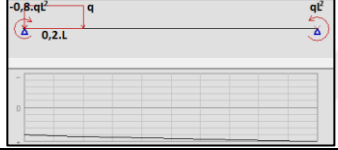
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.143	-0.143	1	1	0.42857	1	0.42857	119.275	168.82	1.415384615
	-1	1	-1	1	-0.485	0.01	0.505	119.275	320.14	2.684049466
	-0.8	1	-0.8	1	-0.335	0.11	0.555	119.275	325.82	2.731670509
	-0.6	1	-0.6	1	-0.185	0.21	0.605	119.275	303.48	2.544372249
	-0.4	1	-0.4	1	-0.035	0.31	0.655	119.275	272.91	2.288073779

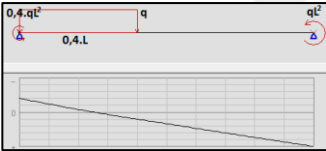
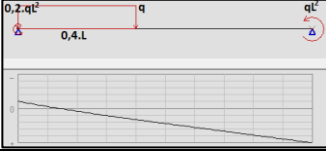
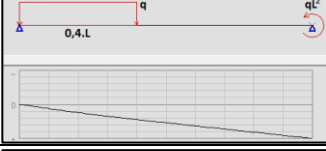
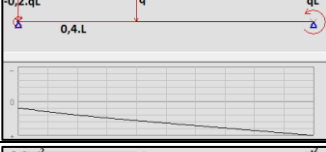
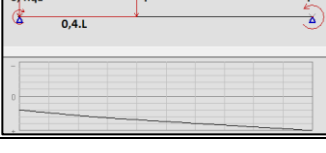
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.2	1	-0.2	1	0.115	0.41	0.705	119.275	241.56	2.0252358
	0	1	0	1	0.265	0.51	0.755	119.275	212.39	1.780674911
	0.2	1	0.2	1	0.415	0.61	0.805	119.275	186.66	1.564954936
	0.4	1	0.4	1	0.565	0.71	0.855	119.275	164.69	1.380758751
	0.6	1	0.6	1	0.715	0.81	0.905	119.275	146.28	1.226409558

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8	1	0.8	1	0.865	0.91	0.955	119.275	130.92	1.097631524
	0.9841	0.9841	1	1	0.99882	0.9939	0.98898	119.275	120.01	1.00616223
	-1	1	-1	1	-0.4513	0.04	0.52	119.275	322.75	2.705931671
	-0.8	1	-0.8	1	-0.3013	0.14	0.57	119.275	319.43	2.678096835
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1512	0.24	0.62	119.275	294.18	2.466401174

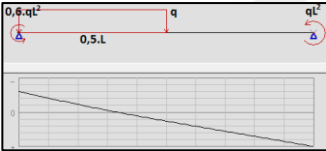
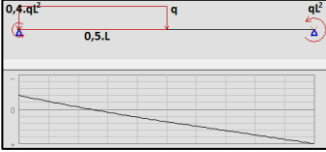
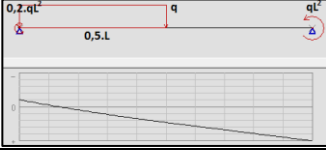
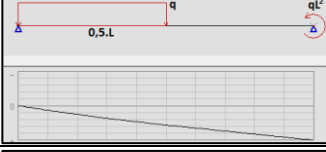
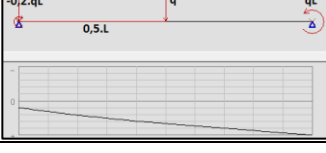
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.4	1	-0.4	1	-0.0012	0.34	0.67	119.275	263.3	2.207503668
	-0.2	1	-0.2	1	0.14875	0.44	0.72	119.275	232.62	1.95028296
	0	1	0	1	0.29875	0.54	0.77	119.275	204.55	1.714944456
	0.2	1	0.2	1	0.44875	0.64	0.82	119.275	180.02	1.509285265
	0.4	1	0.4	1	0.59242	0.73578	0.86789	119.275	159.19	1.334646825

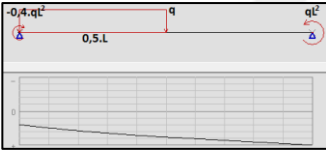
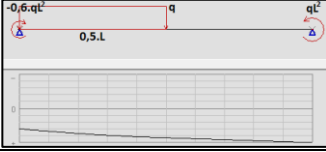
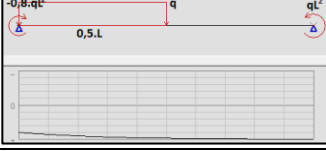
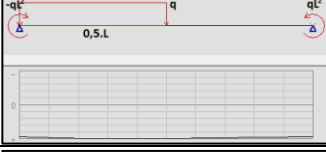
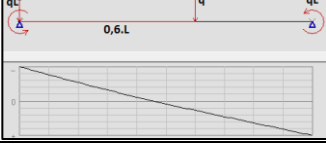
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.6	1	0.6	1	0.74875	0.84	0.92	119.275	141.74	1.188346259
	0.8	1	0.8	1	0.89875	0.94	0.97	119.275	127.18	1.066275414
	0.9513	0.9513	1	1	0.99767	0.98934	0.97032	119.275	120.88	1.013456298
	-1	1	-1	1	-0.4375	0.0625	0.53125	119.275	320.88	2.690253616
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2875	0.1625	0.58125	119.275	313.22	2.626032278

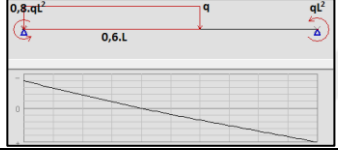
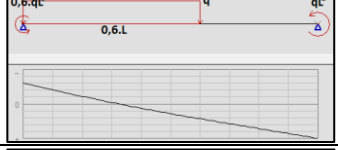
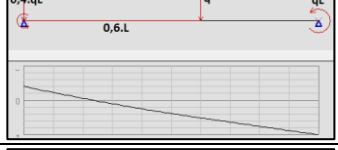
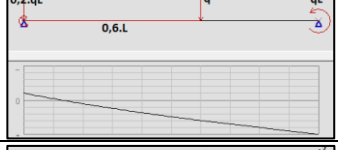
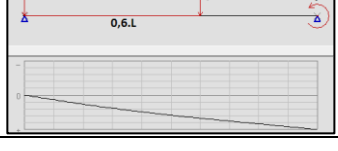
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1375	0.2625	0.63125	119.275	286.99	2.40612031
	-0.4	1	-0.4	1	0.0125	0.3625	0.68125	119.275	256.43	2.14990568
	-0.2	1	-0.2	1	0.1625	0.4625	0.73125	119.275	226.53	1.899224481
	0	1	0	1	0.3125	0.5625	0.78125	119.275	199.37	1.671515406
	0.2	1	0.2	1	0.4625	0.6625	0.83125	119.275	175.77	1.473653322

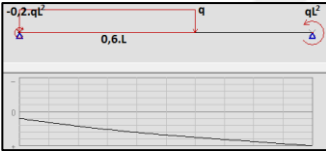
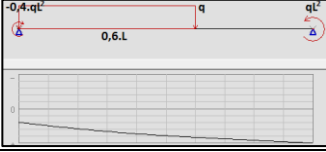
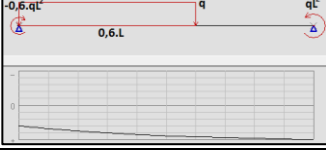
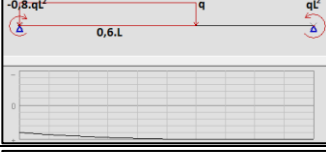
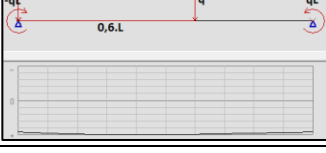
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.4	1	0.4	1	0.6125	0.7625	0.88125	119.275	155.73	1.305638231
	0.6	1	0.6	1	0.7625	0.8625	0.93125	119.275	138.93	1.164787256
	0.8	1	0.8	1	0.9125	0.9625	0.98125	119.275	124.89	1.047076085
	0.9343	0.9343	1	1	0.99272	0.99272	0.96352	119.275	121.06	1.014965416
	-1	1	-1	1	-0.4263	0.085	0.545	119.275	316.46	2.653196395

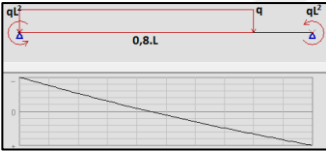
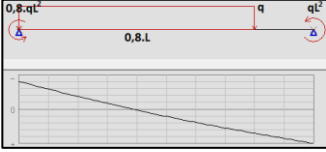
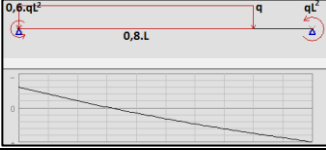
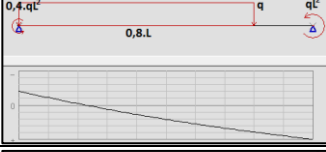
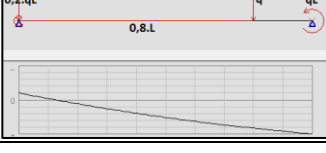
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2763	0.185	0.595	119.275	305.33	2.559882624
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1262	0.285	0.645	119.275	278.79	2.33737162
	-0.4	1	-0.4	1	0.02375	0.385	0.695	119.275	248.94	2.087109621
	-0.2	1	-0.2	1	0.17375	0.485	0.745	119.275	220.11	1.845399287
	0	1	0	1	0.32375	0.585	0.795	119.275	194.08	1.627164117

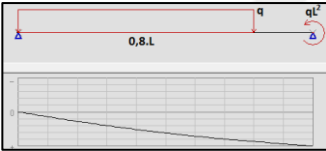
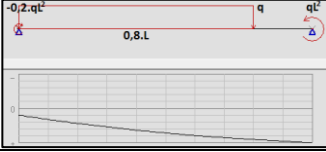
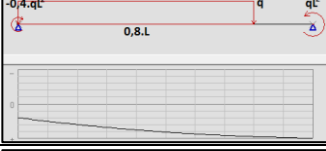
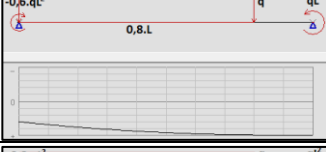
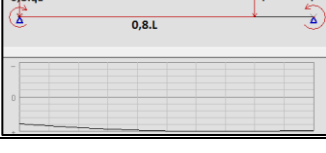
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.2	1	0.2	1	0.47375	0.685	0.845	119.275	171.48	1.43768602
	0.4	1	0.4	1	0.62375	0.785	0.895	119.275	152.3	1.276881157
	0.6	1	0.6	1	0.77375	0.885	0.945	119.275	136.18	1.141731293
	0.8	1	0.8	1	0.92375	0.985	0.995	119.275	122.66	1.028379795
	0.9189	0.9189	1	1	0.98672	0.99706	0.9603	119.275	121.1	1.015300776

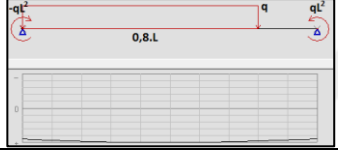
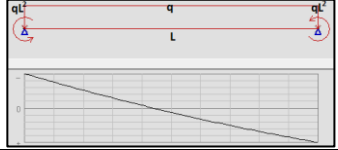
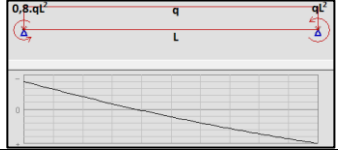
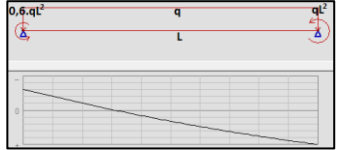
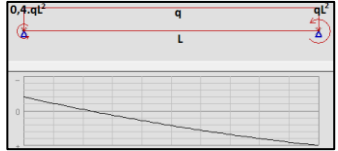
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	1	-1	1	-0.4113	0.115	0.57875	119.275	304.55	2.553343115
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2613	0.215	0.62875	119.275	289.73	2.429092433
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1113	0.315	0.67875	119.275	263.91	2.2126179
	-0.4	1	-0.4	1	0.03875	0.39938	0.72875	119.275	236.08	1.979291553
	-0.2	1	-0.2	1	0.18875	0.515	0.77875	119.275	209.52	1.756612869

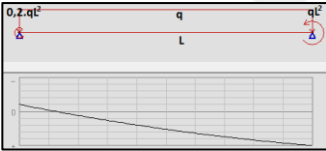
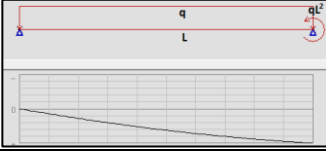
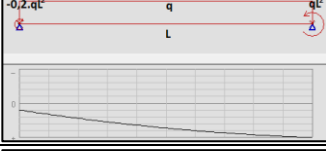
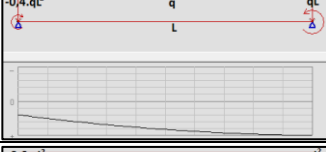
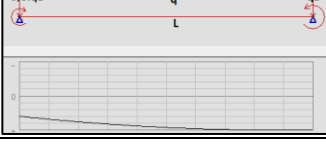
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	1	0	1	0.33875	0.615	0.82875	119.275	185.59	1.55598407
	0.2	1	0.2	1	0.48875	0.715	0.87875	119.275	164.77	1.38142947
	0.4	1	0.4	1	0.63875	0.815	0.92875	119.275	147	1.232446028
	0.6	1	0.6	1	0.78875	0.915	0.97875	119.275	131.97	1.10643471
	0.7758	0.9697	0.8	1	0.91034	0.98429	0.99762	119.275	122.99	1.03114651

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8967	0.8967	1	1	0.97628	0.99982	0.96731	119.275	121.03	1.014713896
	-1	1	-1	1	-0.4063	0.125	0.59375	119.275	298.93	2.50622511
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2563	0.225	0.64375	119.275	283.28	2.37501572
	-0.6	1	-0.6	1	0.10625	0.325	0.69375	119.275	258.09	2.163823098
	-0.4	1	-0.4	1	0.04375	0.425	0.74375	119.275	231.2	1.938377699

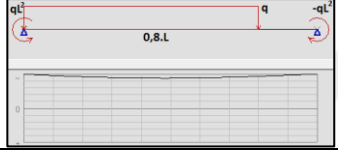
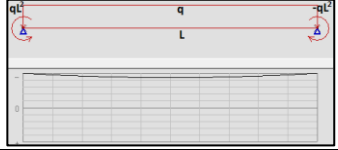
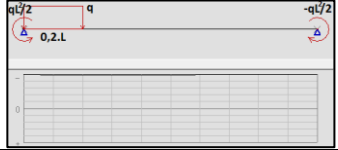
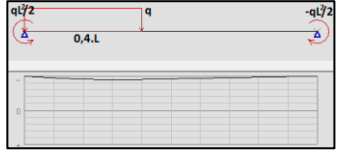
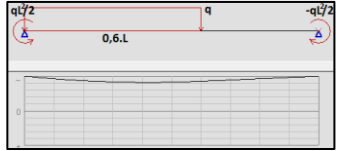
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.2	1	-0.2	1	0.19375	0.525	0.79375	119.275	205.61	1.723831482
	0	1	0	1	0.34375	0.625	0.84375	119.275	182.52	1.530245232
	0.2	1	0.2	1	0.49375	0.725	0.89375	119.275	162.36	1.361224062
	0.4	1	0.4	1	0.64375	0.825	0.94375	119.275	145.12	1.216684133
	0.597	0.995	0.6	1	0.7898	0.9204	0.98881	119.275	131.13	1.099392161

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.7656	0.9569	0.8	1	0.90311	0.98086	0.9988	119.275	123.4	1.034583945
	0.8889	0.8889	1	1	0.97222	1	0.97222	119.275	121.01	1.014546217
	-1	-1	1	-1	-0.985	-0.99	-0.995	119.275	120.46	1.009935024
	-1	-1	1	-1	-0.9513	-0.96	-0.98	119.275	123.85	1.038356739
	-1	-1	1	-1	-0.9263	-0.915	-0.955	119.275	128.43	1.076755397

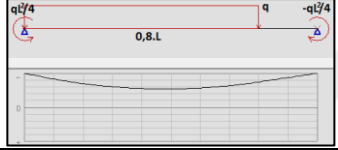
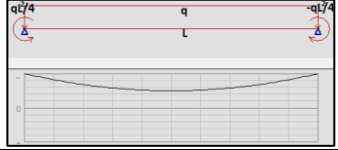
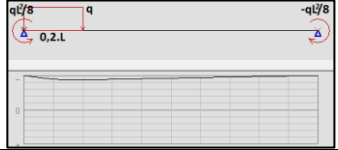
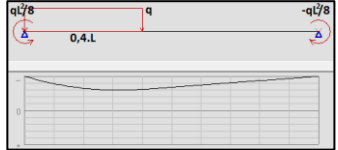
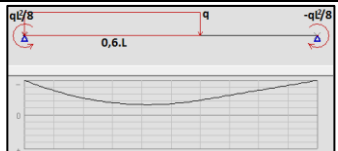
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.9113	-0.885	-0.9213	119.275	132.3	1.109201425
	-1	-1	1	-1	-0.9063	-0.875	-0.9063	119.275	133.77	1.121525886
	-1	-1	1	-1	-0.97	-0.98	-0.99	119.275	121.67	1.020079648
	-1	-1	1	-1	-0.9025	-0.92	-0.96	119.275	128.76	1.079522113
	-1	-1	1	-1	-0.8525	-0.83	-0.91	119.275	139.02	1.165541815

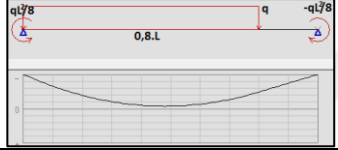
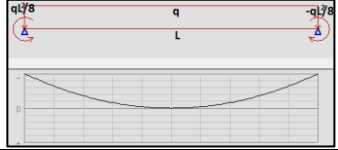
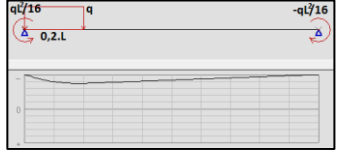
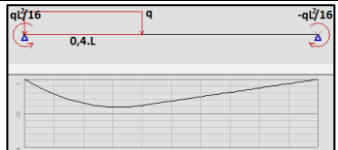
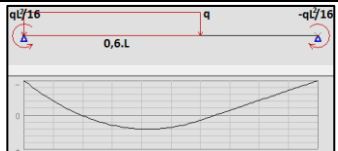
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.8225	-0.77	-0.8425	119.275	148.41	1.244267449
	-1	-1	1	-1	-0.8125	-0.75	-0.8125	119.275	152.15	1.275623559
	-1	-1	1	-1	-0.94	-0.96	-0.98	119.275	124.16	1.040955774
	-1	-1	1	-1	-0.805	-0.84	-0.92	119.275	139.71	1.171326766
	-1	-1	1	-1	-0.705	-0.66	-0.82	119.275	165.91	1.390987214

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.645	-0.54	-0.685	119.275	195.08	1.635548103
	-1	-1	1	-1	-0.625	-0.5	-0.625	119.275	208.46	1.747725844
	-1	-1	1	-1	-0.88	-0.92	-0.96	119.275	129.41	1.084971704
	-1	-1	1	-1	-0.61	-0.68	-0.84	119.275	167.16	1.401467198
	-1	-1	1	-1	-0.41	-0.32	-0.64	119.275	257.62	2.159882624

Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.29	-0.08	-0.37	119.275	426.95	3.579543073
	-1	-1	1	-1	-0.25	0	-0.25	119.275	537.45	4.50597359
	-1	-1	1	-1	-0.76	-0.84	-0.92	119.275	141.14	1.183315867
	-1	-1	1	-1	-0.22	-0.36	-0.68	119.275	252.66	2.118298051
	-1	-1	1	-1	0.18	0.36	-0.28	119.275	374.93	3.143408091

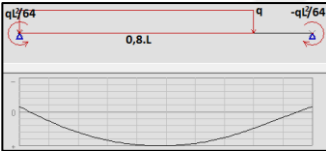
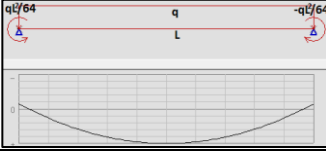
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	0.42	0.84	0.26	119.275	179.98	1.508949906
	-1	-1	1	-1	0.5	1	0.5	119.275	147.92	1.240159296
	-1	-1	1	-1	-0.52	-0.68	-0.84	119.275	170.45	1.429050514
	-1	-1	1	-1	0.56	0.28	-0.36	119.275	286.33	2.400586879
	-0.549	-0.549	1	1	0.74627	0.94381	0.24144	119.275	152.29	1.276797317

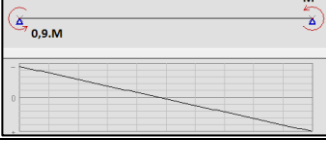
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.372	-0.372	1	1	0.68493	0.99762	0.56581	119.275	141.85	1.189268497
	-0.333	-0.333	1	1	0.66667	1	0.66667	119.275	139.58	1.170236848
	-1	-1	1	-1	-0.04	-0.36	-0.68	119.275	256.98	2.154516873
	-0.439	-0.439	1	1	0.93113	0.68517	0.12298	119.275	168.36	1.411527982
	-0.215	-0.215	1	1	0.8009	0.95591	0.40475	119.275	146.09	1.2248166

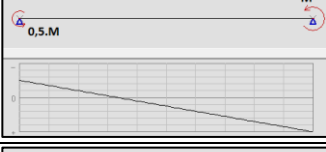
Çizelge A.3. (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE500)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.157	-0.157	1	1	0.73437	0.99799	0.63394	119.275	138.6	1.162020541
	-0.143	-0.143	1	1	0.71429	1	0.71429	119.275	136.86	1.147432404

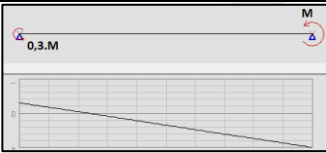
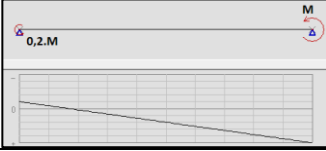
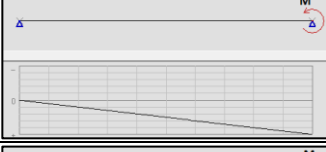
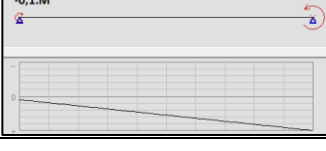
Çizelge A.4. 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	1	-1	1	-0.5	0	0.5	15.573	40.42	2.595517884
	-0.999	1	-0.999	1	-0.4993	0.0005	0.50025	15.573	40.439	2.596737944
	-0.99	1	-0.99	1	-0.4925	0.005	0.5025	15.573	40.616	2.608103769
	-0.95	1	-0.95	1	-0.4625	0.025	0.5125	15.573	41.226	2.647274128
	-0.9	1	-0.9	1	-0.425	0.05	0.525	15.573	41.614	2.672189045

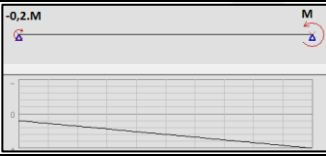
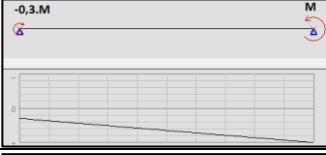
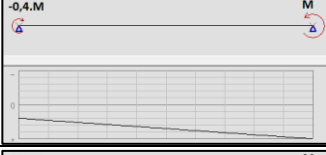
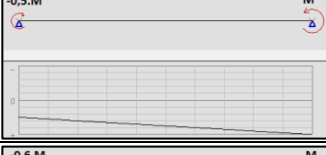
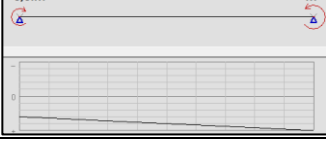
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.8	1	-0.8	1	-0.35	0.1	0.55	15.573	41.336	2.654337636
	-0.7	1	-0.7	1	-0.275	0.15	0.575	15.573	40.195	2.5810698
	-0.6	1	-0.6	1	-0.2	0.2	0.6	15.573	38.635	2.480896423
	-0.5	1	-0.5	1	-0.125	0.25	0.625	15.573	36.874	2.367816092
	-0.4	1	-0.4	1	-0.05	0.3	0.65	15.573	35.025	2.249084955

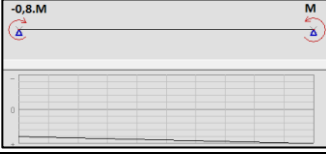
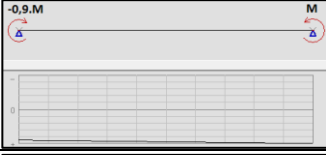
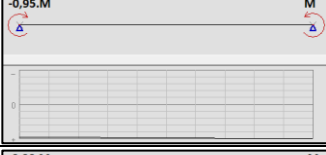
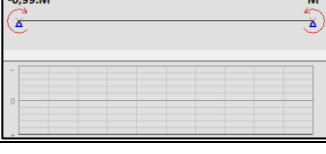
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.3	1	-0.3	1	0.025	0.35	0.675	15.573	33.148	2.128555834
	-0.2	1	-0.2	1	0.1	0.4	0.7	15.573	31.29	2.009246773
	-0.1	1	-0.1	1	0.175	0.45	0.725	15.573	29.477	1.892827329
	0	1	0	1	0.25	0.5	0.75	15.573	27.733	1.780838631
	0.1	1	0.1	1	0.325	0.55	0.775	15.573	26.073	1.674243884

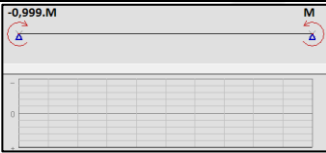
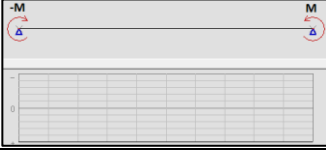
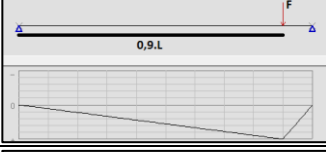
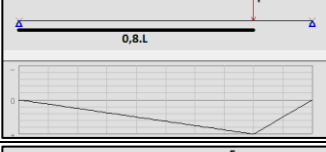
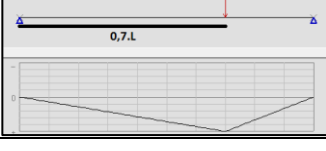
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.2	1	0.2	1	0.4	0.6	0.8	15.573	24.51	1.573877866
	0.3	1	0.3	1	0.475	0.65	0.825	15.573	23.05	1.480125859
	0.4	1	0.4	1	0.55	0.7	0.85	15.573	21.696	1.393180505
	0.5	1	0.5	1	0.625	0.75	0.875	15.573	20.445	1.312849162
	0.6	1	0.6	1	0.7	0.8	0.9	15.573	19.296	1.239067617

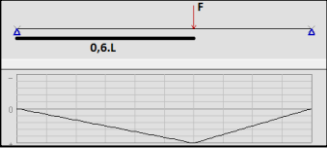
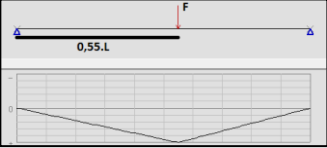
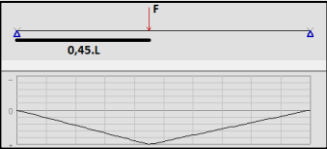
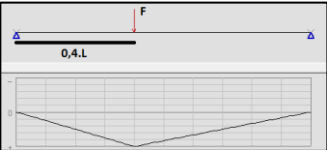
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	$M_{\max}$	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.7	1	0.7	1	0.775	0.85	0.925	15.573	18.24	1.171257946
	0.8	1	0.8	1	0.85	0.9	0.95	15.573	17.273	1.109163295
	0.9	1	0.9	1	0.925	0.95	0.975	15.573	16.386	1.052205741
	0.95	1	0.95	1	0.9625	0.975	0.9875	15.573	15.97	1.02549284
	0.99	1	0.99	1	0.9925	0.995	0.9975	15.573	15.631	1.003724395

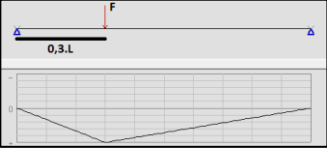
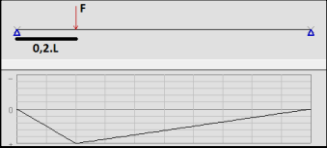
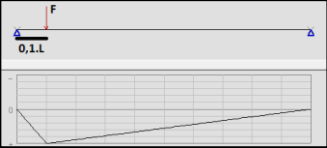
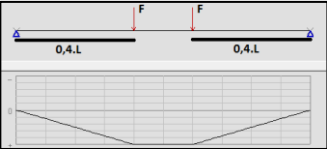
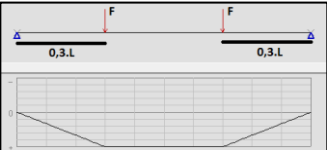
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.999	1	0.999	1	0.99925	0.9995	0.99975	15.573	15.581	1.00051371
	1	1	1	1	1	1	1	15.573	15.573	1
	0	0	0/0	1	0.27778	0.55556	0.83333	15.573	25.128	1.613561934
	0	0	0/0	1	0.3125	0.625	0.9375	15.573	23.191	1.489179991
	0	0	0/0	1	0.35714	0.71429	0.83333	15.573	21.947	1.409298144

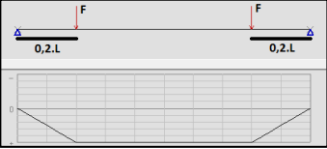
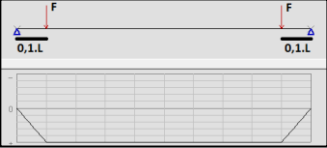
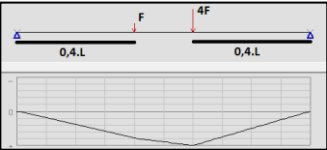
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.41667	0.83333	0.625	15.573	21.265	1.365504399
	0	0	0/0	1	0.45454	0.90909	0.55556	15.573	21.102	1.355037565
	0	0	0/0	1	0.5	1	0.5	15.573	21.049	1.351634239
	0	0	0/0	1	0.55556	0.90909	0.45454	15.573	21.102	1.355037565
	0	0	0/0	1	0.625	0.83333	0.41667	15.573	21.265	1.365504399

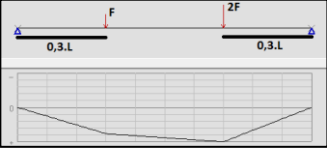
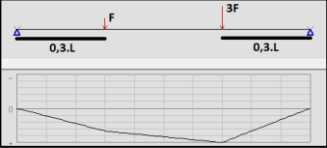
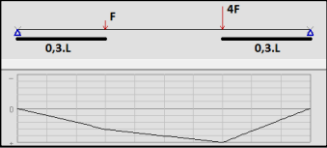
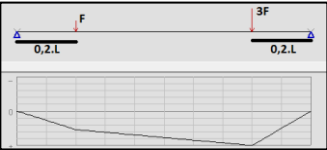
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr,ref}}$
	0	0	0/0	1	0.83333	0.71429	0.35714	15.573	21.947	1.409298144
	0	0	0/0	1	0.9375	0.625	0.3125	15.573	23.191	1.489179991
	0	0	0/0	1	0.83333	0.55556	0.27778	15.573	25.128	1.613561934
	0	0	0/0	1	0.625	1	0.625	15.573	18.079	1.16091954
	0	0	0/0	1	0.83333	1	0.83333	15.573	16.6	1.065947473

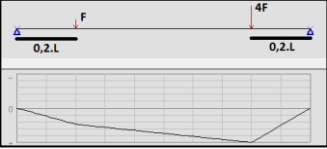
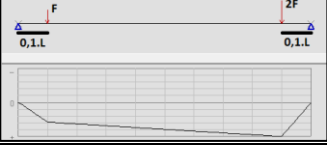
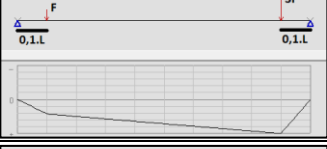
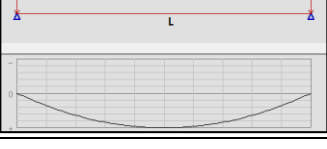
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	1	1	1	15.573	15.884	1.019970462
	0	0	0/0	1	1	1	1	15.573	15.614	1.002632762
	0	0	0/0	1	0.5469	0.93754	0.625	15.573	19.239	1.235407436
	0	0	0/0	1	0.51138	0.90912	0.625	15.573	19.785	1.270468118
	0	0	0/0	1	0.49108	0.89287	0.625	15.573	20.1	1.290695434

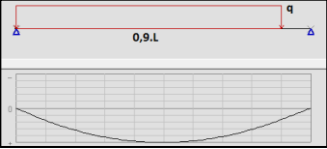
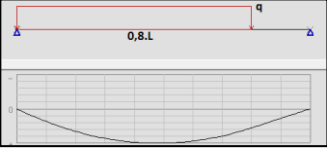
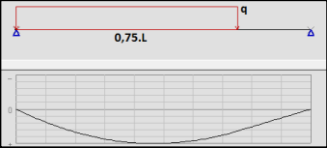
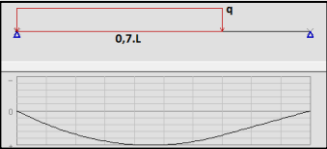
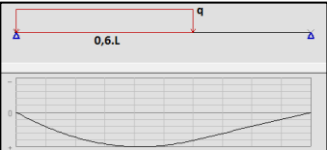
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.63726	0.88236	0.83333	15.573	18.683	1.199704617
	0	0	0/0	1	0.55556	0.83334	0.83333	15.573	19.615	1.259551788
	0	0	0/0	1	0.51076	0.80646	0.83333	15.573	20.137	1.293071341
	0	0	0/0	1	0.69447	0.83336	0.97225	15.573	18.837	1.209593527
	0	0	0/0	1	0.57694	0.76925	0.96157	15.573	20.123	1.29217235

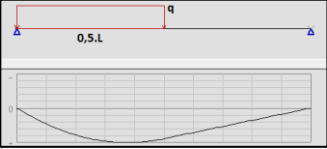
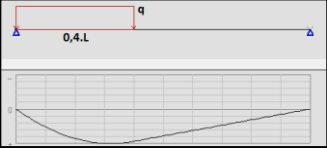
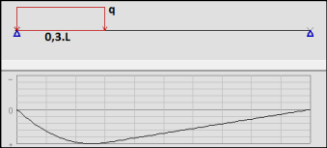
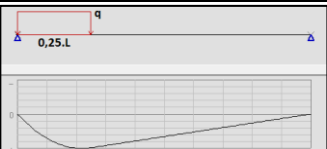
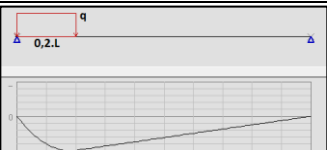
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.51473	0.73533	0.95593	15.573	20.828	1.33744301
	0	0	0/0	1	0.6579	0.78948	0.92106	15.573	19.486	1.251268221
	0	0	0/0	1	0.53574	0.71432	0.8929	15.573	21.164	1.359018815
	0	0	0/0	1	0.473	0.67572	0.87844	15.573	22.083	1.418031208
	0	0	0/0	1	0.75	1	0.75	15.573	17.566	1.12797791

Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.75513	1	0.73471	15.573	17.603	1.130353818
	0	0	0/0	1	0.77044	0.99831	0.68362	15.573	17.738	1.139022667
	0	0	0/0	1	0.78227	0.99561	0.64003	15.573	17.851	1.146278816
	0	0	0/0	1	0.79712	0.99036	0.5918	15.573	17.998	1.15571823
	0	0	0/0	1	0.83617	0.96372	0.5102	15.573	18.434	1.183715405

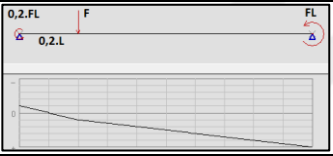
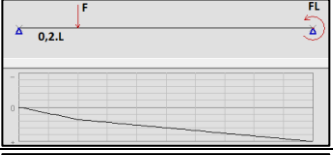
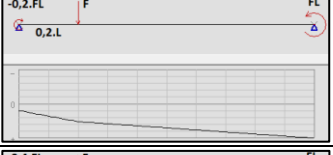
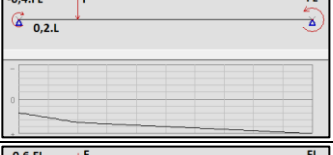
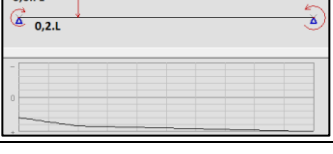
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.88908	0.88908	0.44454	15.573	19.083	1.225390098
	0	0	0/0	1	0.95219	0.78128	0.39064	15.573	20.004	1.284530919
	0	0	0/0	1	1	0.69232	0.34616	15.573	21.252	1.36466962
	0	0	0/0	1	0.97966	0.65311	0.32655	15.573	22.037	1.415077378
	0	0	0/0	1	0.92593	0.61713	0.30865	15.573	22.934	1.472677069

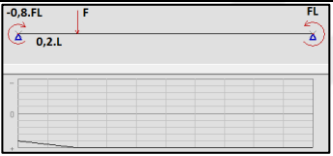
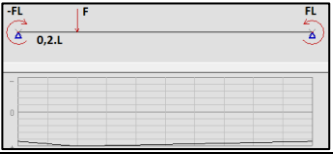
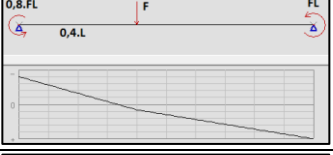
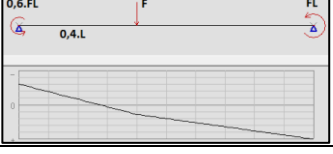
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	0	0/0	1	0.83333	0.55556	0.27778	15.573	25.037	1.607718487
	-1	1	-1	1	-0.35	0.10	0.55	15.573	41.047	2.635779875
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2	0.20	0.60	15.573	38.54	2.474796121
	-0.6	1	-0.6	1	-0.05	0.30	0.65	15.573	34.985	2.246516407
	-0.4	1	-0.4	1	0.1	0.40	0.70	15.573	31.279	2.008540423

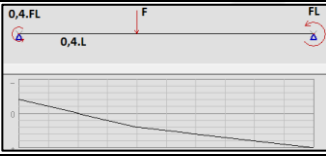
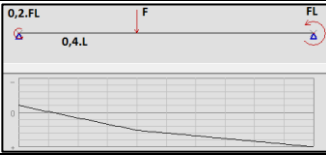
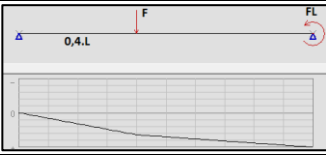
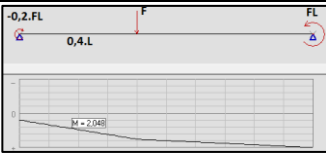
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.2	1	-0.2	1	0.25	0.50	0.75	15.573	27.739	1.781223913
	0	1	0	1	0.4	0.6	0.80	15.573	24.531	1.575226353
	0.2	1	0.2	1	0.55	0.7	0.85	15.573	21.727	1.395171113
	0.4	1	0.4	1	0.7	0.8	0.9	15.573	19.332	1.24137931
	0.6	1	0.6	1	0.85	0.9	0.95	15.573	17.311	1.111603416

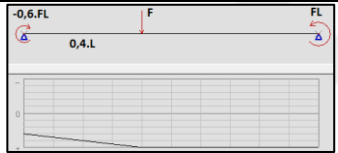
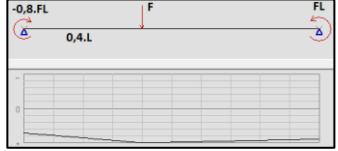
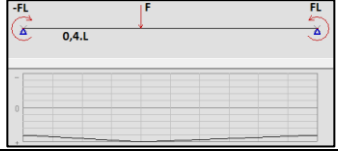
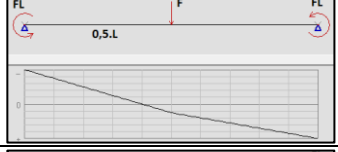
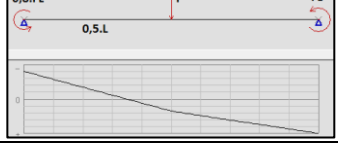
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8	1	0.8	1	1	1	1	15.573	15.61	1.002375907
	0.8621	0.8621	1	1	0.99138	0.94828	0.90517	15.573	16.444	1.055930135
	-1	1	-1	1	-0.35	0.2	0.6	15.573	37.497	2.407821229
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2	0.3	0.65	15.573	34.668	2.226160663
	-0.6	1	-0.6	1	-0.05	0.4	0.7	15.573	31.301	2.009953124

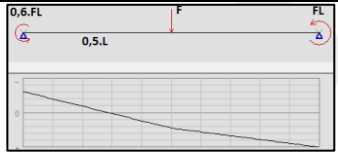
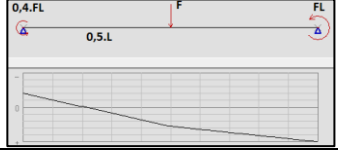
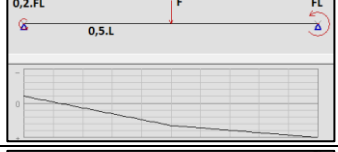
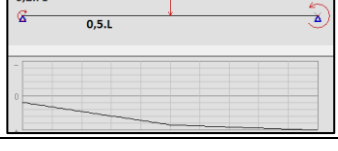
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr,ref}}$
	-0.4	1	-0.4	1	0.1	0.5	0.75	15.573	27.974	1.796314133
	-0.2	1	-0.2	1	0.25	0.6	0.8	15.573	24.905	1.599242278
	0	1	0	1	0.4	0.7	0.85	15.573	22.175	1.423938869
	0.2	1	0.2	1	0.55	0.8	0.9	15.573	19.808	1.271945033
	0.4	1	0.4	1	0.7	0.90	0.95	15.573	17.782	1.14184807

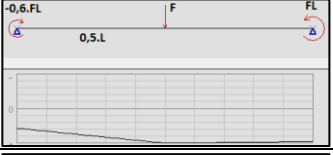
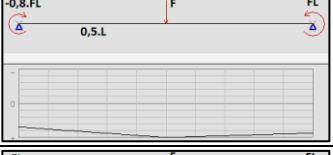
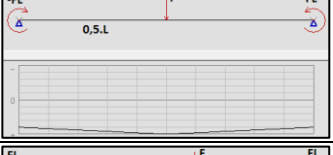
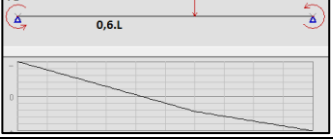
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr,ref}}$
	0.6	1	0.6	1	0.85	1	1	15.573	16.058	1.031143646
	0.7143	0.8929	0.8	1	0.89286	0.98214	0.9375	15.573	16.343	1.049444551
	0.8065	0.8065	1	1	0.92742	0.96774	0.8871	15.573	16.541	1.062158865
	-1	1	-1	1	-0.375	0.25	0.625	15.573	35.64	2.288576382
	-0.8	1	-0.8	1	-0.225	0.35	0.675	15.573	33.052	2.122391318

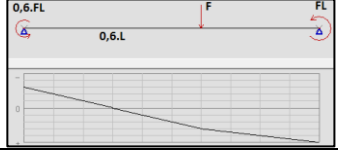
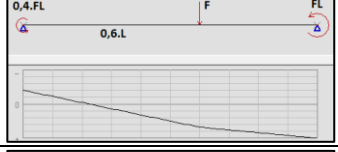
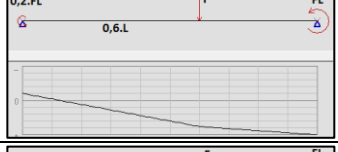
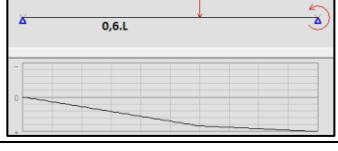
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.6	1	-0.6	1	-0.075	0.45	0.725	15.573	29.976	1.924869967
	-0.4	1	-0.4	1	0.075	0.55	0.775	15.573	26.936	1.72966031
	-0.2	1	-0.2	1	0.225	0.65	0.825	15.573	24.121	1.548898735
	0	1	0	1	0.375	0.75	0.875	15.573	21.602	1.387144417
	0.2	1	0.2	1	0.525	0.85	0.925	15.573	19.395	1.245424774

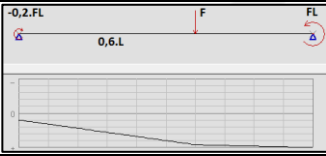
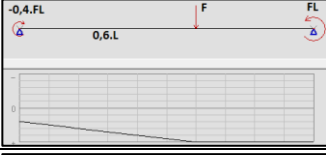
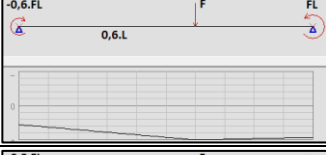
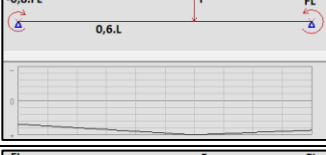
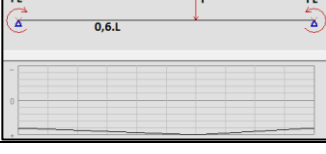
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.4	1	0.4	1	0.675	0.95	0.975	15.573	17.487	1.122905028
	0.5714	0.9524	0.6	1	0.78571	1	0.97619	15.573	16.639	1.068451808
	0.6957	0.8696	0.8	1	0.84783	1	0.93478	15.573	16.604	1.066204328
	0.8	0.8	1	1	0.9	1	0.9	15.573	16.537	1.06190201
	-1	1	-1	1	-0.4	0.2	0.65	15.573	34.434	2.211134656

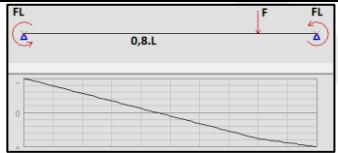
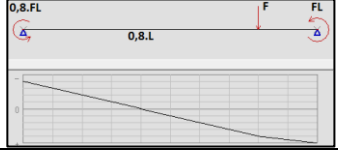
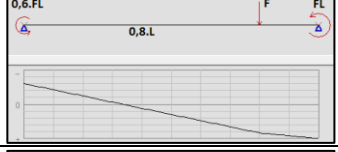
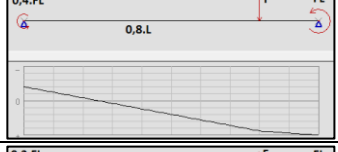
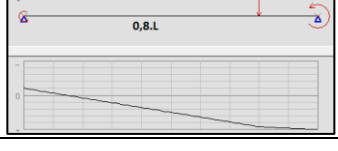
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.8	1	-0.8	1	-0.25	0.3	0.7	15.573	32.165	2.065433764
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1	0.4	0.75	15.573	29.382	1.886727028
	-0.4	1	-0.4	1	0.05	0.5	0.8	15.573	26.582	1.706928659
	-0.2	1	-0.2	1	0.2	0.6	0.85	15.573	23.95	1.537918192
	0	1	0	1	0.35	0.7	0.9	15.573	21.556	1.384190586

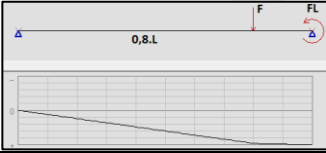
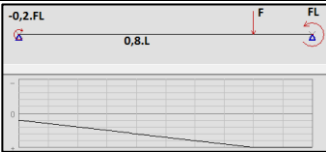
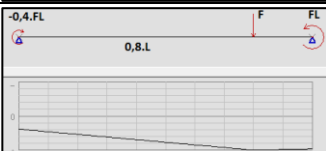
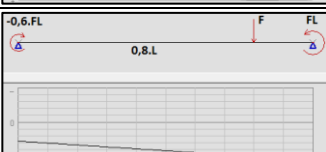
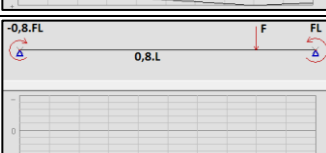
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.2	1	0.2	1	0.5	0.8	0.95	15.573	19.43	1.247672253
	0.4	1	0.4	1	0.65	0.9	1	15.573	17.566	1.12797791
	0.5556	0.9259	0.6	1	0.74074	0.92593	0.97222	15.573	17.225	1.106081038
	0.6897	0.8621	0.8	1	0.81897	0.94828	0.94828	15.573	16.878	1.083798883
	0.8065	0.8065	1	1	0.8871	0.96774	0.92742	15.573	16.541	1.062158865

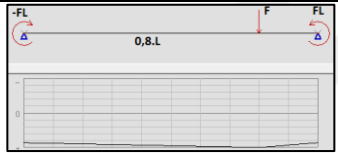
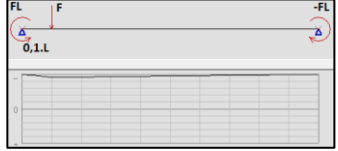
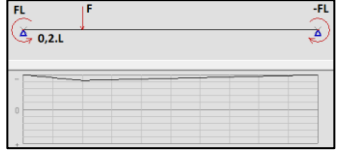
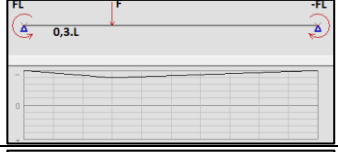
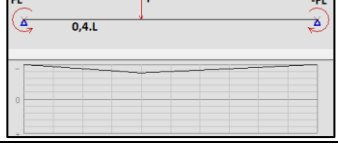
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	1	-1	1	-0.45	0.1	0.65	15.573	35.461	2.277082129
	-0.8	1	-0.8	1	-0.3	0.2	0.7	15.573	33.872	2.175046555
	-0.6	1	-0.6	1	-0.15	0.3	0.75	15.573	31.348	2.012971168
	-0.4	1	-0.4	1	0	0.4	0.8	15.573	28.601	1.836576125
	-0.2	1	-0.2	1	0.15	0.5	0.85	15.573	25.886	1.662235921

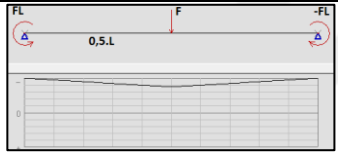
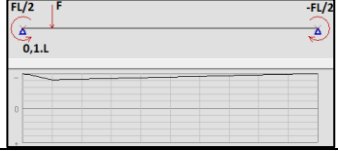
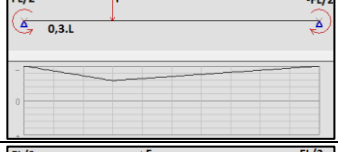
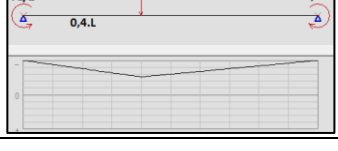
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	1	0	1	0.3	0.6	0.9	15.573	23.331	1.498169909
	0.2	1	0.2	1	0.45	0.7	0.95	15.573	21	1.348487767
	0.3846	0.9615	0.4	1	0.57692	0.76923	0.96154	15.573	19.682	1.263854106
	0.5556	0.9259	0.6	1	0.69444	0.83333	0.97222	15.573	18.477	1.186476594
	0.7143	0.8929	0.8	1	0.80357	0.89286	0.98214	15.573	17.398	1.117190008

Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8621	0.8621	1	1	0.90517	0.94828	0.99138	15.573	16.444	1.055930135
	-1	-1	1	-1	-0.925	-0.95	-0.975	15.573	16.383	1.0520131
	-1	-1	1	-1	-0.85	-0.9	-0.95	15.573	17.23	1.106402106
	-1	-1	1	-1	-0.825	-0.85	-0.925	15.573	18.025	1.157452
	-1	-1	1	-1	-0.85	-0.8	-0.9	15.573	18.617	1.195466513

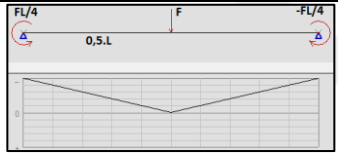
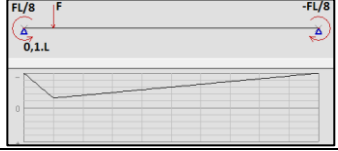
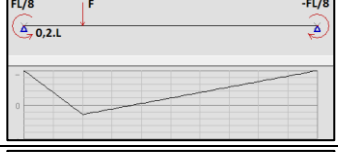
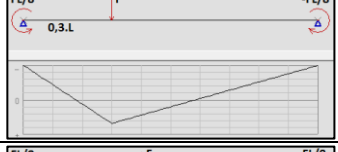
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.875	-0.75	-0.875	15.573	18.839	1.209721955
	-1	-1	1	-1	-0.85	-0.9	-0.95	15.573	17.268	1.108842227
	-1	-1	1	-1	-0.7	-0.8	-0.9	15.573	19.207	1.233352597
	-1	-1	1	-1	-0.65	-0.7	-0.85	15.573	21.219	1.362550568
	-1	-1	1	-1	-0.7	-0.6	-0.8	15.573	22.895	1.470172735

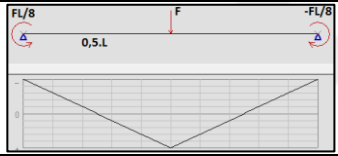
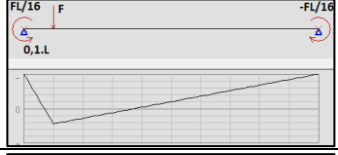
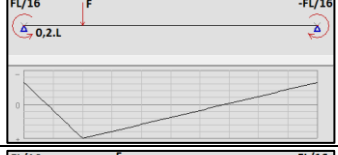
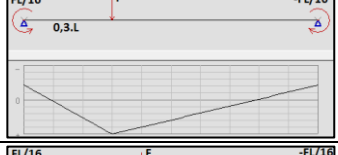
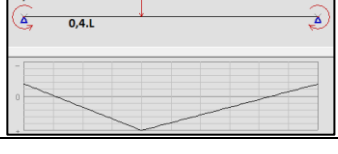
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.75	-0.5	-0.75	15.573	23.585	1.51448019
	-1	-1	1	-1	-0.7	-0.8	-0.9	15.573	19.285	1.238361266
	-1	-1	1	-1	-0.4	-0.6	-0.8	15.573	24.343	1.563154177
	-1	-1	1	-1	-0.3	-0.4	-0.7	15.573	30.586	1.964040326
	-1	-1	1	-1	-0.4	-0.2	-0.6	15.573	36.995	2.37558595

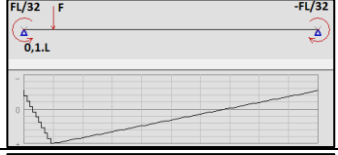
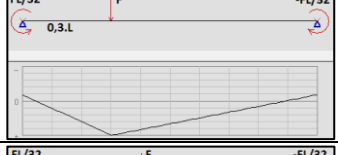
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.5	0	-0.5	15.573	40.411	2.59493996
	-1	-1	1	-1	-0.4	-0.6	-0.8	15.573	24.492	1.572722019
	-1	-1	1	-1	0.2	-0.2	-0.6	15.573	38.769	2.48950106
	-1	-1	1	-1	0.4	0.2	-0.4	15.573	40.97	2.63083542
	-1	-1	1	-1	0.2	0.6	-0.2	15.573	29.393	1.887433378

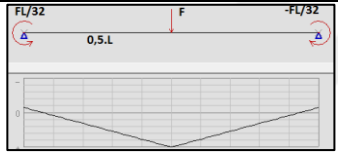
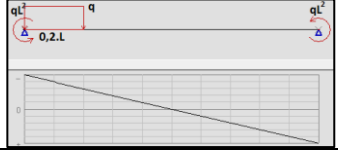
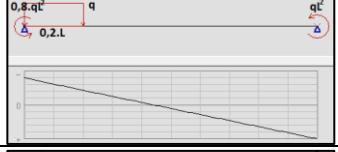
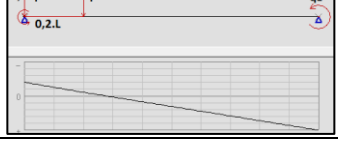
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	0	1	0	15.573	26.404	1.695498619
	-1	-1	1	-1	0.2	-0.2	-0.6	15.573	38.672	2.48327233
	-0.641	-0.641	1	1	0.89744	0.38462	-0.1282	15.573	28.495	1.829769473
	-0.424	-0.424	1	1	0.76271	0.59322	0.08475	15.573	24.907	1.599370706
	-0.352	-0.352	1	1	0.49296	0.77465	0.21127	15.573	23.482	1.507866179

Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.333	-0.333	1	1	0.33333	1	0.33333	15.573	23.077	1.481859629
	-0.532	-0.532	1	1	0.74468	0.31915	-0.1064	15.573	31.354	2.01335645
	-0.243	-0.243	1	1	0.92233	0.53398	0.14563	15.573	25.294	1.624221409
	-0.175	-0.175	1	1	0.8042	0.66434	0.24476	15.573	23.185	1.488794709
	-0.15	-0.15	1	1	0.56886	0.80838	0.32934	15.573	22.214	1.426443203

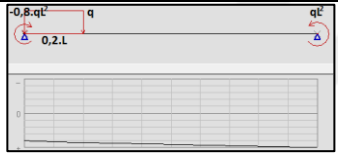
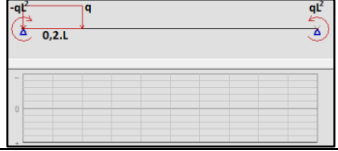
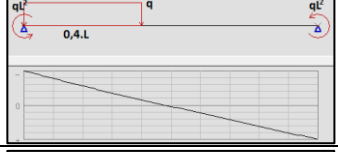
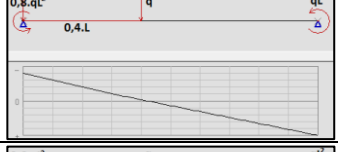
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.143	-0.143	1	1	0.42857	1	0.42857	15.573	21.922	1.407692802
	-1	1	-1	1	-0.485	0.01	0.505	15.573	40.762	2.61747897
	-0.8	1	-0.8	1	-0.335	0.11	0.555	15.573	41.148	2.642265459
	-0.6	1	-0.6	1	-0.185	0.21	0.605	15.573	38.291	2.458806909
	-0.4	1	-0.4	1	-0.035	0.31	0.655	15.573	34.648	2.224876389

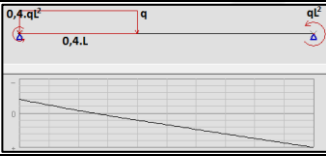
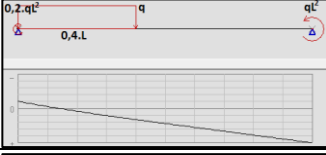
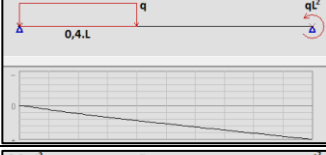
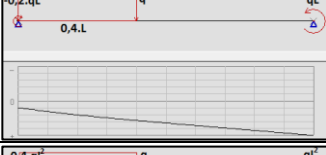
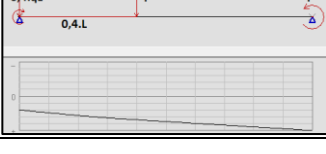
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.2	1	-0.2	1	0.115	0.41	0.705	15.573	30.924	1.985744558
	0	1	0	1	0.265	0.51	0.755	15.573	27.393	1.759005972
	0.2	1	0.2	1	0.415	0.61	0.805	15.573	24.211	1.554677968
	0.4	1	0.4	1	0.565	0.71	0.855	15.573	21.439	1.376677583
	0.6	1	0.6	1	0.715	0.81	0.905	15.573	19.079	1.225133243

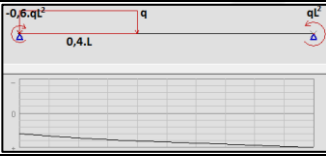
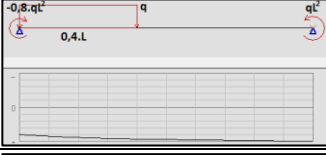
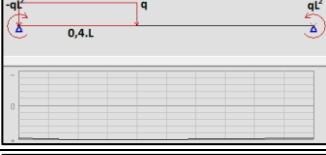
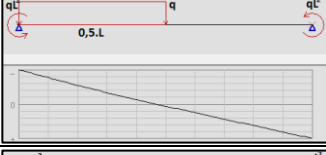
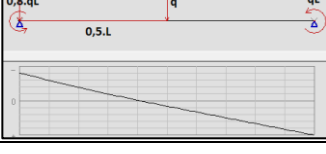
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8	1	0.8	1	0.865	0.91	0.955	15.573	17.091	1.097476401
	0.9841	0.9841	1	1	0.99882	0.9939	0.98898	15.573	15.67	1.006228729
	-1	1	-1	1	-0.4513	0.04	0.52	15.573	41.039	2.635266166
	-0.8	1	-0.8	1	-0.3013	0.14	0.57	15.573	40.324	2.589353368
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1512	0.24	0.62	15.573	37.187	2.387914981

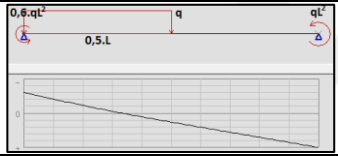
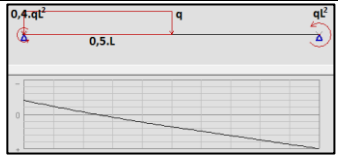
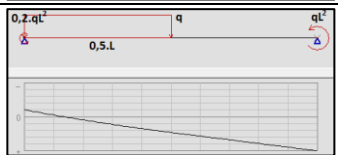
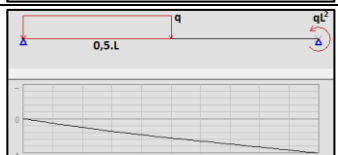
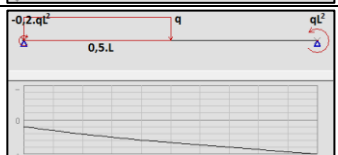
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.4	1	-0.4	1	-0.0012	0.34	0.67	15.573	33.514	2.152058049
	-0.2	1	-0.2	1	0.14875	0.44	0.72	15.573	29.848	1.916650613
	0	1	0	1	0.29875	0.54	0.77	15.573	26.428	1.697039748
	0.2	1	0.2	1	0.44875	0.64	0.82	15.573	23.375	1.500995312
	0.4	1	0.4	1	0.59242	0.73578	0.86789	15.573	20.734	1.331406922

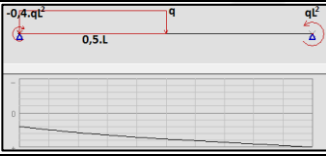
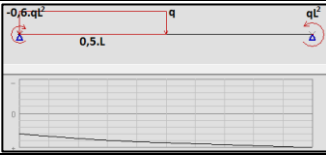
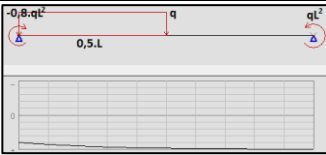
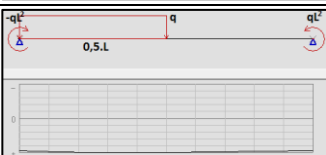
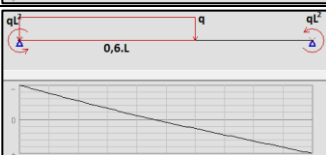
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.6	1	0.6	1	0.74875	0.84	0.92	15.573	18.492	1.1874398
	0.8	1	0.8	1	0.89875	0.94	0.97	15.573	16.604	1.066204328
	0.9513	0.9513	1	1	0.99767	0.98934	0.97032	15.573	15.783	1.013484878
	-1	1	-1	1	-0.4375	0.0625	0.53125	15.573	40.781	2.61869903
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2875	0.1625	0.58125	15.573	39.566	2.540679381

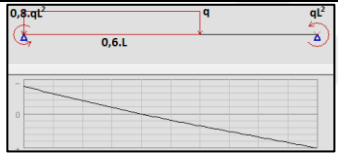
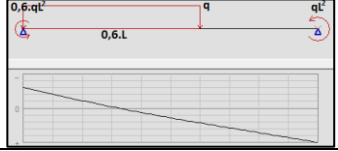
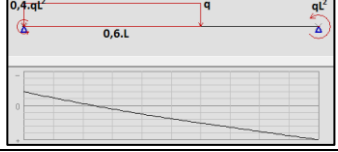
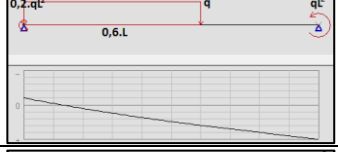
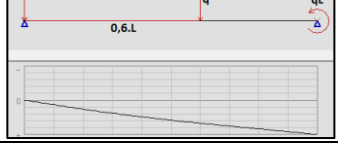
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1375	0.2625	0.63125	15.573	36.34	2.333525974
	-0.4	1	-0.4	1	0.0125	0.3625	0.68125	15.573	32.693	2.099338599
	-0.2	1	-0.2	1	0.1625	0.4625	0.73125	15.573	29.103	1.868811404
	0	1	0	1	0.3125	0.5625	0.78125	15.573	25.781	1.655493482
	0.2	1	0.2	1	0.4625	0.6625	0.83125	15.573	22.832	1.466127272

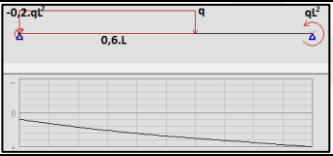
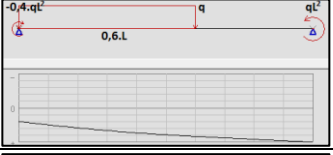
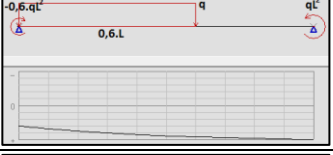
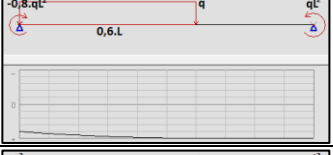
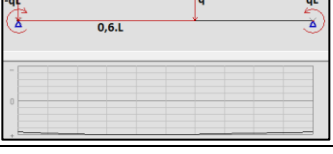
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	$M_{\max}$	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.4	1	0.4	1	0.6125	0.7625	0.88125	15.573	20.287	1.302703397
	0.6	1	0.6	1	0.7625	0.8625	0.93125	15.573	18.127	1.164001798
	0.8	1	0.8	1	0.9125	0.9625	0.98125	15.573	16.305	1.047004431
	0.9343	0.9343	1	1	0.99272	0.99272	0.96352	15.573	15.806	1.014961793
	-1	1	-1	1	-0.4263	0.085	0.545	15.573	40.219	2.582610929

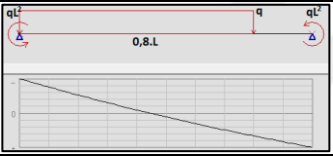
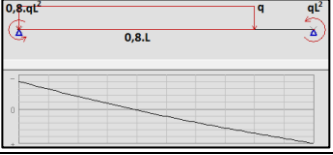
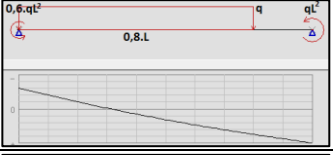
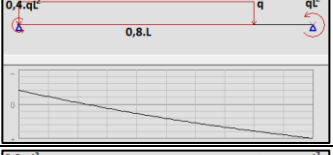
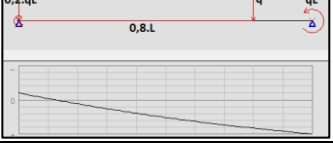
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2763	0.185	0.595	15.573	38.617	2.479740577
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1262	0.285	0.645	15.573	35.361	2.270660759
	-0.4	1	-0.4	1	0.02375	0.385	0.695	15.573	31.787	2.041160984
	-0.2	1	-0.2	1	0.17375	0.485	0.745	15.573	28.309	1.817825724
	0	1	0	1	0.32375	0.585	0.795	15.573	25.113	1.612598729

Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.2	1	0.2	1	0.47375	0.685	0.845	15.573	22.283	1.430873949
	0.4	1	0.4	1	0.62375	0.785	0.895	15.573	19.842	1.274128299
	0.6	1	0.6	1	0.77375	0.885	0.945	15.573	17.769	1.141013292
	0.8	1	0.8	1	0.92375	0.985	0.995	15.573	16.014	1.028318243
	0.9189	0.9189	1	1	0.98672	0.99706	0.9603	15.573	15.812	1.015347075

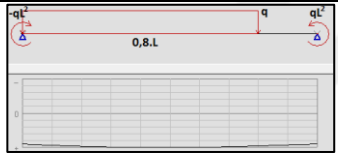
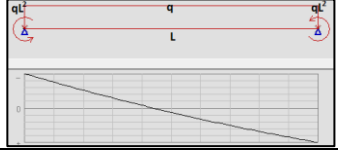
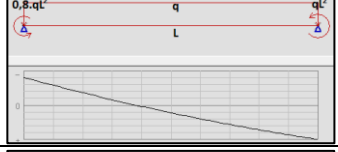
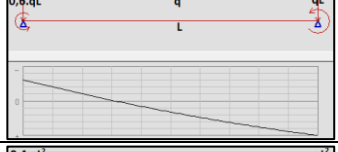
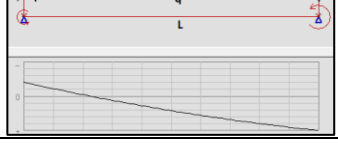
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	1	-1	1	-0.4113	0.115	0.57875	15.573	38.709	2.485648237
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2613	0.215	0.62875	15.573	36.699	2.356578694
	-0.6	1	-0.6	1	-0.1113	0.315	0.67875	15.573	33.541	2.153791819
	-0.4	1	-0.4	1	0.03875	0.39938	0.72875	15.573	30.193	1.938804341
	-0.2	1	-0.2	1	0.18875	0.515	0.77875	15.573	26.973	1.732036217

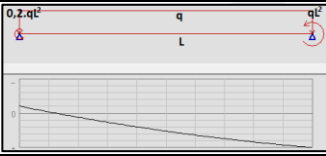
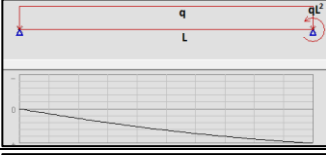
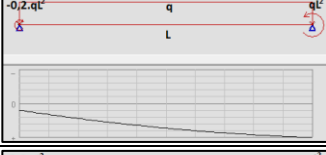
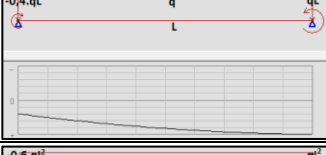
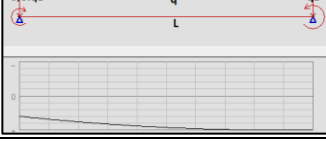
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0	1	0	1	0.33875	0.615	0.82875	15.573	24.023	1.542605792
	0.2	1	0.2	1	0.48875	0.715	0.87875	15.573	21.412	1.374943813
	0.4	1	0.4	1	0.63875	0.815	0.92875	15.573	19.151	1.22975663
	0.6	1	0.6	1	0.78875	0.915	0.97875	15.573	17.217	1.105567328
	0.7758	0.9697	0.8	1	0.91034	0.98429	0.99762	15.573	16.057	1.031079432

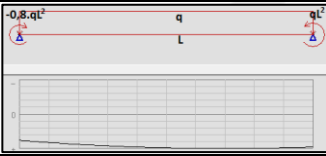
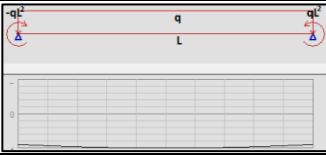
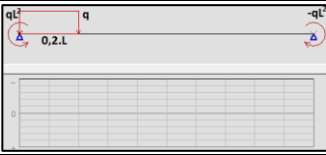
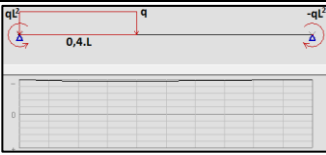
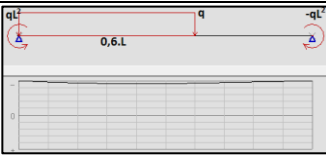
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.8967	0.8967	1	1	0.97628	0.99982	0.96731	15.573	15.802	1.014704938
	-1	1	-1	1	-0.4063	0.125	0.59375	15.573	37.977	2.438643807
	-0.8	1	-0.8	1	-0.2563	0.225	0.64375	15.573	35.887	2.304437167
	-0.6	1	-0.6	1	0.10625	0.325	0.69375	15.573	32.811	2.106915816
	-0.4	1	-0.4	1	0.04375	0.425	0.74375	15.573	29.576	1.899184486

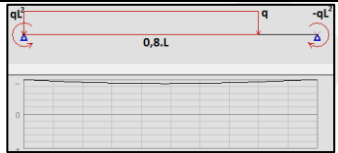
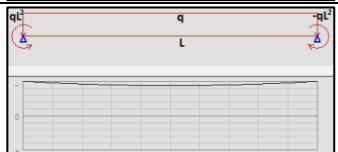
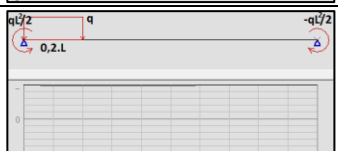
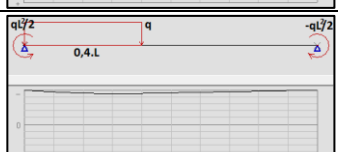
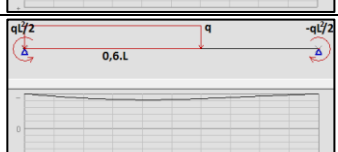
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	$M_{\max}$	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, \text{ref}}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, \text{ref}}}$
	-0.2	1	-0.2	1	0.19375	0.525	0.79375	15.573	26.471	1.699800938
	0	1	0	1	0.34375	0.625	0.84375	15.573	23.625	1.517048738
	0.2	1	0.2	1	0.49375	0.725	0.89375	15.573	21.098	1.35478071
	0.4	1	0.4	1	0.64375	0.825	0.94375	15.573	18.904	1.213895845
	0.597	0.995	0.6	1	0.7898	0.9204	0.98881	15.573	17.107	1.098503821

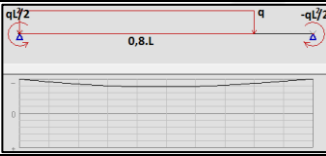
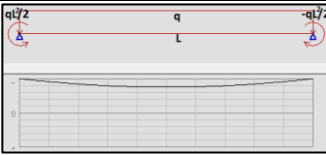
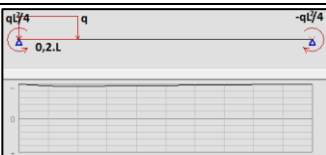
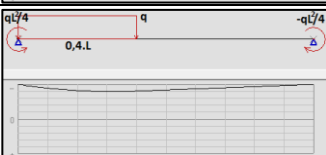
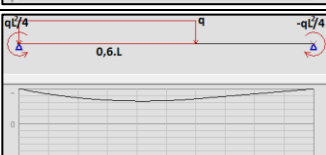
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	0.7656	0.9569	0.8	1	0.90311	0.98086	0.9988	15.573	16.109	1.034418545
	0.8889	0.8889	1	1	0.97222	1	0.97222	15.573	15.799	1.014512297
	-1	-1	1	-1	-0.985	-0.99	-0.995	15.573	15.729	1.010017338
	-1	-1	1	-1	-0.9513	-0.96	-0.98	15.573	16.171	1.038399795
	-1	-1	1	-1	-0.9263	-0.915	-0.955	15.573	16.769	1.076799589

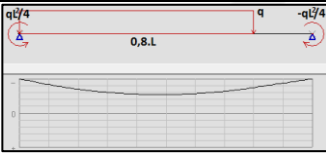
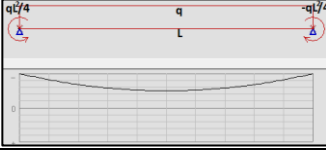
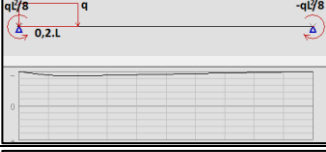
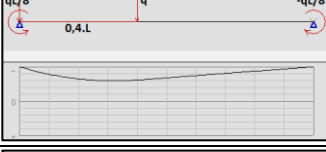
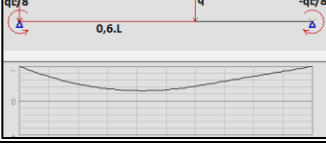
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.9113	-0.885	-0.9213	15.573	17.273	1.109163295
	-1	-1	1	-1	-0.9063	-0.875	-0.9063	15.573	17.466	1.12155654
	-1	-1	1	-1	-0.97	-0.98	-0.99	15.573	15.887	1.020163103
	-1	-1	1	-1	-0.9025	-0.92	-0.96	15.573	16.811	1.079496565
	-1	-1	1	-1	-0.8525	-0.83	-0.91	15.573	18.148	1.165350286

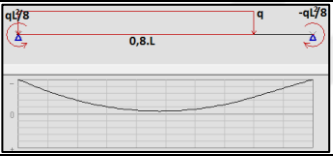
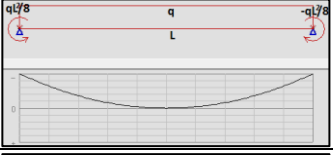
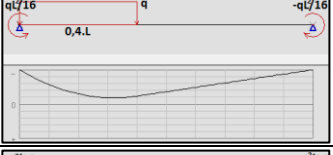
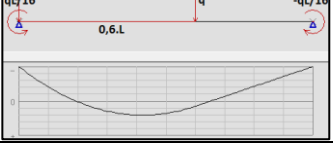
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.8225	-0.77	-0.8425	15.573	19.373	1.244012072
	-1	-1	1	-1	-0.8125	-0.75	-0.8125	15.573	19.861	1.275348359
	-1	-1	1	-1	-0.94	-0.96	-0.98	15.573	16.211	1.040968343
	-1	-1	1	-1	-0.805	-0.84	-0.92	15.573	18.234	1.170872664
	-1	-1	1	-1	-0.705	-0.66	-0.82	15.573	21.637	1.389391896

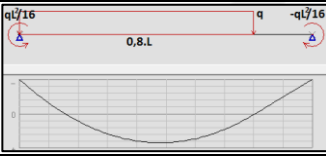
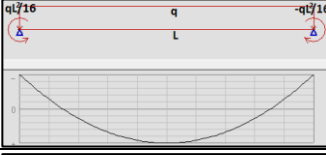
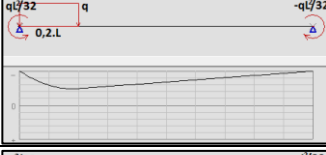
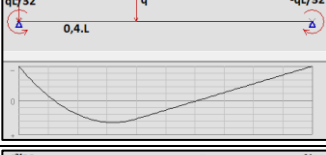
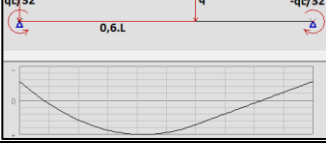
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.645	-0.54	-0.685	15.573	25.428	1.632826045
	-1	-1	1	-1	-0.625	-0.5	-0.625	15.573	27.168	1.744557889
	-1	-1	1	-1	-0.88	-0.92	-0.96	15.573	16.896	1.084954729
	-1	-1	1	-1	-0.61	-0.68	-0.84	15.573	21.775	1.398253387
	-1	-1	1	-1	-0.41	-0.32	-0.64	15.573	33.179	2.130546459

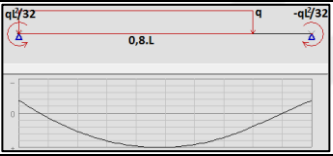
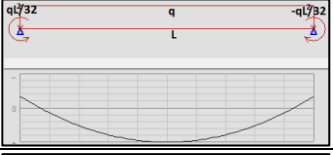
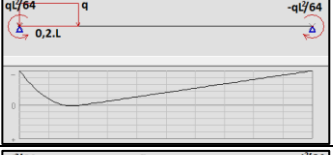
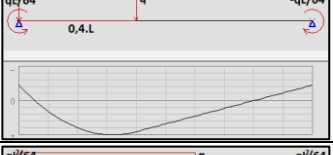
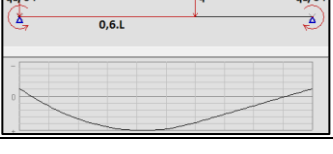
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	-0.29	-0.08	-0.37	15.573	53.442	3.431708727
	-1	-1	1	-1	-0.25	0	-0.25	15.573	66.303	4.257561164
	-1	-1	1	-1	-0.76	-0.84	-0.92	15.573	18.417	1.182623772
	-1	-1	1	-1	-0.22	-0.36	-0.68	15.573	32.334	2.076285879
	-1	-1	1	-1	0.18	0.36	-0.28	15.573	48.552	3.117703718

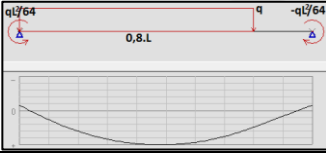
Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-1	-1	1	-1	0.42	0.84	0.26	15.573	23.381	1.501380595
	-1	-1	1	-1	0.5	1	0.5	15.573	19.229	1.234765299
	-1	-1	1	-1	-0.52	-0.68	-0.84	15.573	22.173	1.423810441
	-1	-1	1	-1	0.56	0.28	-0.36	15.573	36.975	2.374301676
	-0.549	-0.549	1	1	0.74627	0.94381	0.24144	15.573	19.76	1.268862775

Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	M_{max}	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.372	-0.372	1	1	0.68493	0.99762	0.56581	15.573	18.462	1.185513389
	-0.333	-0.333	1	1	0.66667	1	0.66667	15.573	18.176	1.167148269
	-1	-1	1	-1	-0.04	-0.36	-0.68	15.573	32.766	2.104026199
	-0.439	-0.439	1	1	0.93113	0.68517	0.12298	15.573	21.731	1.395427984
	-0.215	-0.215	1	1	0.8009	0.95591	0.40475	15.573	18.989	1.21935401

Çizelge A.4 (devam). 16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için farklı yükleme durumlarında hesaplanan moment ve C_1 değerleri.

YÜKLEME DURUMU (L=16m IPE240)	M_1	M_2	M_1/M_2	$M_{\max}$	M_A	M_B	M_C	$M_{cr, ref}$ (kNm)	M_{cr} (kNm) (LTBeam)	$C_1 = \frac{M_{cr}}{M_{cr, ref}}$
	-0.157	-0.157	1	1	0.73437	0.99799	0.63394	15.573	18.051	1.159121557
	-0.143	-0.143	1	1	0.71429	1	0.71429	15.573	17.832	1.145058756

EK B. Elastik Kritik Momentin (M_{cr}) Türetilmesi

Bu ekte referans durum için elastik kritik moment $M_{cr,ref}$ değerini veren Denk. (2.18) in nasıl türetildiği verilmiştir. Referans durum basit mesnetlenmiş çift simetrik bir I kirişin uç noktalarından şiddetleri aynı işaretleri zıt momentlerin uygulandığı yükleme durumu olarak tanımlanmıştır. Denklemin türetilmesinde potansiyel enerji metodu kullanılmıştır.

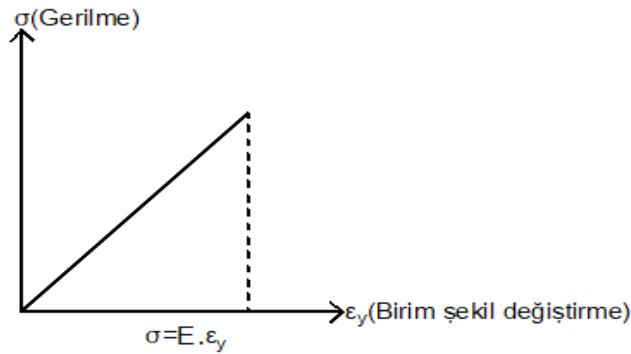
Toplam potansiyel enerji dâhili ve harici potansiyel enerjilerin toplamı şeklinde tanımlanır. Burada dâhili potansiyel enerjiden kasıt birim şekil değiştirmeler kaynaklı olan harici potansiyel enerjiden kasıt ise dış yükler kaynaklı olan potansiyel enerjidir.

$$H = H_i + H_e \quad (B.1)$$

Yanal burulmalı burkulmada eğilme ve burulma davranışlarının bir arada meydana geldiği göz önüne alınırsa dâhili potansiyel enerjinin de eğilmeden ve burulmadan kaynaklanan birim şekil değiştirmeler sonucu oluşacak potansiyel enerjilerin toplamı şeklinde yazılabileceği yorumu yapılabilir.

$$H_i = H_{i,b} + H_{i,t} \quad (B.2)$$

Gerilmeler elastisite modülü ile birim şekil değiştirmelerin çarpımına eşittir.

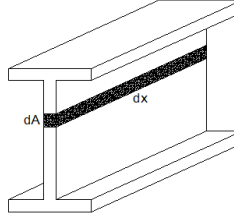


Şekil B.1. Doğrusal elastik bir davranış için gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.

EK B1. Dâhili potansiyel enerjinin tanımlanması, H_i

EK B1.1. Zayıf eksen eğilme;

Yanal burkulmaya maruz kiriş elemanında kesit alanı dA ve uzunluğu dx olan küçük bir parça tanımlayalım.



Şekil B.2. Kiriş elemanının küçük bir parçası.

$$dH_{i,b} = \frac{1}{2} dA \cdot E \cdot \epsilon_y \cdot \epsilon_y dx \quad (B.3)$$

$$\epsilon_y = \frac{\sigma_x}{E} = -\frac{1}{E} \frac{M_z}{I_z} y \quad (B.4)$$

Denk. (B.4), Denk. (B.3) te yerine yazılır ve kiriş boyunca integre edilirse aşağıdaki denklem elde edilir.

$$H_{i,b} = \int_0^L \frac{M_z^2}{2 \cdot EI_z} dx \quad (B.5)$$

Yanal yer değiştirme u_y aşağıdaki bağıntı ile ifade edilebilir.

$$u_y'' = -\frac{M_z}{EI_z} dx \quad (B.6)$$

Potansiyel enerji denklemini uygulanan moment yerine yanal yer değiştirme cinsinden yazacak olursak zayıf eksen eğilmesinden kaynaklanan potansiyel enerji Denk. (B.7) ile hesaplanır.

$$H_{i,b} = \int_0^L \frac{EI_z (u_y'')^2}{2} dx \quad (B.7)$$

EK B1.2. Burulma

Burulmaya maruz kalan küçük bir kiriş elemanının dâhili potansiyel enerjisi burulma momenti T ' nin elemanın uzunluğu dx üzerindeki işine eşittir. dx uzunluğunda bir kiriş elemanın dönmesi $d\varphi$ olarak tanımlanmıştı. (Bkz. Bölüm 2.1.8)

Burulma sebebi ile oluşacak potansiyel enerji burulma momenti T ile ortalama dönme açısı $d\varphi/2$ ' nin çarpımı olarak yazılır.

$$dH_{i,t} = \frac{1}{2} T \cdot d\varphi = \frac{1}{2} T \cdot \varphi' dx \quad (B.8)$$

Burulma momenti, üniform burulma momenti ve çarpılma burulma momentlerinin toplamına eşittir. (Bkz. Bölüm 2.1.9)

$$T = T_{\text{Saint Venant}} + T_{\text{warping}} = GI_t \cdot \varphi' - EI_w \cdot \varphi''' \quad (B.9)$$

Burulma momenti, potansiyel enerji denkleminde yerine yazılırsa;

$$dH_{i,t} = \frac{1}{2} (GI_t \cdot \varphi' - EI_w \cdot \varphi''') \varphi' dx \quad (B.10)$$

Kiriş uzunluğu boyunca integre edilirse;

$$H_{i,t} = \int_0^L \frac{GI_t \cdot (\varphi')^2}{2} dx - \int_0^L \frac{EI_w \cdot \varphi''' \cdot \varphi'}{2} dx \quad (B.11)$$

Yukarıdaki parçalı integralin ikinci parçasının integrali alındığında;

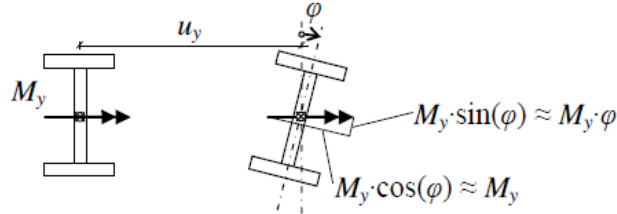
$$\int_0^L \frac{EI_w \cdot \varphi''' \cdot \varphi'}{2} dx = \frac{1}{2} [EI_w \cdot \varphi'' \cdot \varphi']_0^L - \int_0^L \frac{EI_w \cdot (\varphi'')^2}{2} dx \quad (B.12)$$

Çarpılma serbestlik derecesi $\varphi'' = 0$ dır. Sınır terimi ortadan kalkar.

$$H_{i,t} = \int_0^L \frac{GI_t \cdot (\varphi')^2}{2} dx + \int_0^L \frac{EI_w \cdot (\varphi'')^2}{2} dx \quad (B.13)$$

EK B2. Harici potansiyel enerjinin tanımlanması, H_e

Kirişin dönerek burkulduğu esnada z eksenini etrafında eğilme momentinin bir bileşeni $M_y \cdot \varphi$ oluşur.



Şekil 3. Kiriş döndüğünde zayıf eksen etrafında oluşan eğilme momentinin bir bileşeni. (Ahnén ve Westlund, 2013)

Eğilme sırasındaki dâhili potansiyel enerjideki değişimle aynı düşünceden zayıf eksen etrafındaki bu ek momentten dolayı oluşan harici potansiyel enerjideki değişim aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$H_{e,M_y} = \int_0^L M_y \cdot \varphi \cdot u_y'' dx \quad (B.14)$$

EK B3. Toplam Potansiyel Enerji

Bilinen iç ve dış potansiyel enerjiler ile toplam potansiyel enerji için bir ifade oluşturulabilir.

$$H = H_i + H_e = H_{i,b} + H_{i,t} + H_{e,M_y} \quad (B.15)$$

$$H = \int_0^L \frac{EI_z (u_y'')^2}{2} dx + \int_0^L \frac{GI_t (\varphi')^2}{2} dx + \int_0^L \frac{EI_w (\varphi'')^2}{2} dx + \int_0^L M_y \cdot \varphi \cdot u_y'' dx \quad (B.16)$$

Sistemin potansiyelinin minimum olması için u_y ve φ sapmaları bulunmalıdır.

Bir f fonksiyonu tanımlanacak olursa;

$$f(u_y'', \varphi, \varphi', \varphi'') = \frac{EI_z(u_y'')^2}{2} + \frac{GI_t(\varphi')^2}{2} + \frac{EI_w(\varphi'')^2}{2} + M_y \cdot \varphi \cdot u_y'' \quad (B.17)$$

H potansiyel enerjisinin minimum değerini veren Denk. (B.18) yazılabilir.

$$H_{\min} = \int_0^L f(u_y'', \varphi, \varphi', \varphi'') dx \quad (B.18)$$

Bu koşul Euler denklemleri ile çözülebilir.

$$\frac{\partial f}{\partial u_y} - \frac{d}{dx} \left(\frac{\partial f}{\partial u_y'} \right) + \frac{d^2}{dx^2} \left(\frac{\partial f}{\partial u_y''} \right) = 0 \quad (B.19)$$

$$\frac{\partial f}{\partial \varphi} - \frac{d}{dx} \left(\frac{\partial f}{\partial \varphi'} \right) + \frac{d^2}{dx^2} \left(\frac{\partial f}{\partial \varphi''} \right) = 0 \quad (B.20)$$

$$\frac{\partial f}{\partial u_y} = 0 \quad (B.21)$$

$$\frac{\partial f}{\partial u_y'} = 0 \quad (B.22)$$

$$\frac{\partial f}{\partial u_y''} = \frac{1}{2} EI_z \cdot 2u_y'' + M_y \cdot \varphi = EI_z \cdot u_y'' + M_y \cdot \varphi \quad (B.23)$$

$$\frac{\partial f}{\partial \varphi} = M_y \cdot u_y'' \quad (B.24)$$

$$\frac{\partial f}{\partial \varphi'} = \frac{1}{2} GI_t \cdot 2\varphi' = GI_t \cdot \varphi' \quad (B.25)$$

$$\frac{\partial f}{\partial \varphi''} = \frac{1}{2} EI_w \cdot 2\varphi'' = EI_w \cdot \varphi'' \quad (B.26)$$

Denk. (B.21-B.23), Denk. (B.19)'da yerine yazılırsa Euler denklemlerinden ilki elde edilir.

$$\frac{d^2}{dx^2}(EI_z \cdot u_y'' + M_y \cdot \varphi) = 0 \quad (B.27)$$

$$EI_z \cdot u_y'''' + M_y \cdot \varphi'' = 0 \quad (B.28)$$

Denk. (B.24-B.26), Denk. (B.20)'de yerine yazılırsa Euler denklemlerinden ikincisi elde edilir.

$$M_y \cdot u_y'' - \frac{d}{dx}(GI_t \cdot \varphi') + \frac{d^2}{dx^2}(EI_w \cdot \varphi'') = 0 \quad (B.29)$$

$$M_y \cdot u_y'' - GI_t \cdot \varphi'' + EI_w \cdot \varphi'''' = 0 \quad (B.30)$$

İki Euler denklemi Denk. (B.28) ve Denk. (B.30) burkulma sonrası sapma dengesini tanımlayan bağlı diferansiyel denklemlerdir.

Eğer Denk. (B.28), x' e göre iki kere integre edilirse, aşağıdaki ifade elde edilir.

$$EI_z \cdot u_y'' + M_y \cdot \varphi = k_1 x + k_2 \quad (B.31)$$

Burada k_1 ve k_2 : Sınır koşullarından tespit edilebilecek sabitlerdir.

Her iki ucundan çatal destekli bir kiriş için;

$$u_y''(0) = u_y''(L) = 0 \quad (B.32)$$

$$\varphi(0) = \varphi(L) = 0 \quad (B.33)$$

Dolayısıyla, k_1 ve k_2 sabitleri sıfıra eşittir ve Denk. (B.31) aşağıdaki hali alır.

$$EI_z \cdot u_y'' + M_y \cdot \varphi = 0 \quad (B.34)$$

$$u_y'' = -\frac{M_y \cdot \varphi}{EI_z} \quad (B.35)$$

Denk. (B.35), Denk. (B.30)'da yerine yazılırsa, aşağıdaki dördüncü mertebeden adi diferansiyel denklem elde edilir.

$$-\frac{M_y^2 \cdot \varphi}{EI_z} - GI_t \cdot \varphi'' + EI_w \cdot \varphi'''' = 0 \quad (B.36)$$

Bu denklemin çözümü şekil değiştirmenin tahmini ile mümkündür. Çözümün sinüs eğrisi şeklinde olduğu varsayılırsa Denk. (B.37) yazılabilir.

$$\varphi = A \cdot \sin\left(\frac{j \cdot \pi \cdot x}{L}\right) \quad (B.37)$$

Denk. (B.37)'nin ikinci ve dördüncü dereceden türevleri alınır.

$$\varphi'' = -A \left(\frac{j \cdot \pi}{L}\right)^2 \cdot \sin\left(\frac{j \cdot \pi \cdot x}{L}\right) \quad (B.38)$$

$$\varphi'''' = A \left(\frac{j \cdot \pi}{L}\right)^4 \cdot \sin\left(\frac{j \cdot \pi \cdot x}{L}\right) \quad (B.39)$$

Denk. (B.37-B.39), Denk. (B.36)'da yerine yazılırsa aşağıdaki ifade elde edilir.

$$A \cdot \sin\frac{j \cdot \pi \cdot x}{L} \cdot \left(-\frac{M_y^2}{EI_z} + GI_t \cdot \left(\frac{j \cdot \pi}{L}\right)^2 + EI_w \cdot \left(\frac{j \cdot \pi}{L}\right)^4\right) = 0 \quad (B.40)$$

$$A \cdot \sin\frac{j \cdot \pi \cdot x}{L} \neq 0 \quad (B.41)$$

Olduğundan denklem aşağıdaki hale indirgenebilir.

$$\left(-\frac{M_y^2}{EI_z} + GI_t \cdot \left(\frac{j \cdot \pi}{L}\right)^2 + EI_w \cdot \left(\frac{j \cdot \pi}{L}\right)^4\right) = 0 \quad (B.42)$$

Denk. (B.42)'den M_y çekilecek olursa

$$M_y = \sqrt{EI_z \cdot EI_w \cdot \left(\frac{j \cdot \pi}{L}\right)^4 + EI_z \cdot GI_t \cdot \left(\frac{j \cdot \pi}{L}\right)^2} \quad (B.43)$$

$$M_y = \frac{(j \cdot \pi)^2}{L^2} \sqrt{EI_z \cdot EI_w + \frac{EI_z \cdot GI_t}{\left(\frac{j \cdot \pi}{L}\right)^2}} \quad (B.44)$$

$$M_y = \frac{(j \cdot \pi)^2}{L^2} \sqrt{\frac{(EI_z)^2 \cdot EI_w}{EI_z} + \frac{(EI_z)^2 \cdot GI_t}{EI_z \cdot \left(\frac{j \cdot \pi}{L}\right)^2}} \quad (B.45)$$

$$M_y = \frac{(j \cdot \pi)^2 \cdot EI_z}{L^2} \sqrt{\frac{EI_w}{EI_z} + \frac{GI_t}{EI_z \cdot \left(\frac{j \cdot \pi}{L}\right)^2}} \quad (B.46)$$

$$M_y = \frac{(j \cdot \pi)^2 \cdot EI_z}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot GI_t}{EI_z \cdot (j \cdot \pi)^2}} \quad (B.47)$$

M_y en düşük değerini $j = 1$ için alır. Uç moment yüklemesine maruz çatal destekli çift simetrik I kiriş için elastik kritik moment ifadesi türetilmiştir.

$$M_{cr,ref} = \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z}} \quad (B.48)$$

EK C. IPE500 ve IPE240 Kesit Özellikleri İle Malzeme Özellikleri.

IPE500 Kesit Özellikleri

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$t_f = 16 \text{ mm}$$

$$t_w = 10.2 \text{ mm}$$

$$I_z = 2141.69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_t (J) = 89.01 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w (C_w) = 1254258 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

IPE240 Kesit Özellikleri

$$h = 240 \text{ mm}$$

$$b = 120 \text{ mm}$$

$$t_f = 9.8 \text{ mm}$$

$$t_w = 6.2 \text{ mm}$$

$$I_z = 283.63 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_t (J) = 12.70 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w (C_w) = 37575.88 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

Malzeme Özellikleri

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

$$\nu = 0.3$$

$$G \cong 80769.23 \text{ N/mm}^2$$

EK D. 8 ve 16 Metre Açıklığa Sahip IPE500 ve IPE240 Kirişleri İçin Hesaplanan $M_{cr,ref}$ Değerleri

8 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için $M_{cr,ref}$

$$\begin{aligned} M_{cr,ref} &= \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z}} \quad (\text{TEORİK}) \\ &= \frac{\pi^2 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 2141.69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{8000^2 \text{ mm}^2} \sqrt{\frac{1254258 \cdot 10^6 \text{ mm}^6}{2141.69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} + \frac{8000^2 \text{ mm}^2 \cdot 80769.23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 89.01 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{\pi^2 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 2141.69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}} \\ &\cong 279.348 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{cr,ref} &= \frac{\pi}{L_b} \sqrt{EI_y \cdot GJ + \left(\frac{\pi \cdot E}{L_b}\right)^2 I_y \cdot C_w} \quad (\text{AISC}) \\ &= \frac{\pi}{8000 \text{ mm}} \sqrt{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 2141.69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \cdot 80769.23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 89.01 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 + \left(\frac{\pi \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{8000 \text{ mm}}\right)^2 2141.69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \cdot 1254258 \cdot 10^6 \text{ mm}^6} \\ &\cong 279.348 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

16 metre açıklığa sahip IPE500 kirişi için $M_{cr,ref}$

$$M_{cr,ref} = \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z}} \quad (\text{TEORİK})$$

$$= \frac{\pi^2 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 2141.69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{16000^2 \text{ mm}^2} \sqrt{\frac{1254258 \cdot 10^6 \text{ mm}^6}{2141.69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} + \frac{16000^2 \text{ mm}^2 \cdot 80769.23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 89.01 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{\pi^2 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 2141.69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}}$$

$$\cong 119.275 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cr,ref} = \frac{\pi}{L_b} \sqrt{EI_y \cdot GJ + \left(\frac{\pi \cdot E}{L_b}\right)^2 I_y \cdot C_w} \quad (\text{AISC})$$

$$= \frac{\pi}{16000 \text{ mm}} \sqrt{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 2141.69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \cdot 80769.23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 89.01 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 + \left(\frac{\pi \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{16000 \text{ mm}}\right)^2 2141.69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \cdot 1254258 \cdot 10^6 \text{ mm}^6}$$

$$\cong 119.275 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

8 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için $M_{cr,ref}$

$$M_{cr,ref} = \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G I_t}{\pi^2 \cdot EI_z}} \quad (\text{TEORİK})$$

$$= \frac{\pi^2 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 283.63 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{8000^2 \text{ mm}^2} \sqrt{\frac{37575.88 \cdot 10^6 \text{ mm}^6}{283.63 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} + \frac{8000^2 \text{ mm}^2 \cdot 80769.23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 12.70 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{\pi^2 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 283.63 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}}$$

$$\cong 32.464 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cr,ref} = \frac{\pi}{L_b} \sqrt{EI_y \cdot GJ + \left(\frac{\pi \cdot E}{L_b}\right)^2 I_y \cdot C_w} \quad (\text{AISC})$$

$$= \frac{\pi}{8000 \text{ mm}} \sqrt{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 283.63 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \cdot 80769.23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 12.70 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 + \left(\frac{\pi \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{8000 \text{ mm}}\right)^2 283.63 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \cdot 37575.88 \cdot 10^6 \text{ mm}^6}$$

$$\cong 32.464 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

16 metre açıklığa sahip IPE240 kirişi için $M_{cr,ref}$

$$M_{cr,ref} = \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z}} \quad (\text{TEORİK})$$

$$= \frac{\pi^2 \cdot 210000 \frac{N}{mm^2} \cdot 283.63 \cdot 10^4 mm^4}{16000^2 mm^2} \sqrt{\frac{37575.88 \cdot 10^6 mm^6}{283.63 \cdot 10^4 mm^4} + \frac{16000^2 mm^2 \cdot 80769.23 \frac{N}{mm^2} \cdot 12.70 \cdot 10^4 mm^4}{\pi^2 \cdot 210000 \frac{N}{mm^2} \cdot 283.63 \cdot 10^4 mm^4}}$$

$$\cong 15.573 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cr,ref} = \frac{\pi}{L_b} \sqrt{EI_y \cdot GJ + \left(\frac{\pi \cdot E}{L_b}\right)^2 I_y \cdot C_w} \quad (\text{AISC})$$

$$= \frac{\pi}{16000 \text{ mm}} \sqrt{210000 \frac{N}{mm^2} \cdot 283.63 \cdot 10^4 mm^4 \cdot 80769.23 \frac{N}{mm^2} \cdot 12.70 \cdot 10^4 mm^4 + \left(\frac{\pi \cdot 210000 \frac{N}{mm^2}}{16000 \text{ mm}}\right)^2 283.63 \cdot 10^4 mm^4 \cdot 37575.88 \cdot 10^6 mm^6}$$

$$\cong 15.573 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Mevlüt ÇAT
Adres : Meydan Mah. 959. Sok. Barış Apt. No:8 AKSARAY
E-posta adresi : serdarcat68@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans : Selçuk Üniversitesi Eğitim Fakültesi İlköğretim
Matematik Öğretmenliği Bölümü, 1998-2002.

Lisans : Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat
Mühendisliği Bölümü, 2012-2016.

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat
Mühendisliği Anabilim Dalı, 2016-2019.

MESLEKİ DENEYİM

1. Milli Eğitim Bakanlığı / Matematik Öğretmenliği.
2. HSK Mühendislik / Aksaray Belediyesi Kapalı Pazar Yeri Projesi (Yaz Stajı).
3. HSK Mühendislik / Mercedes-Benz Yağmur Test İstasyonu Tadilatı (Yaz Stajı).
4. Alkım Mühendislik-Aktürk Mühendislik / Aksaray Merkez Altınkaya Gölet'i ve Sulaması İnşaatı (Yaz Stajı).

ÖDÜLLER

1. Milli Eğitim Bakanlığı / Aylıkla Ödüllendirme.
2. Aksaray Valiliği / Takdirname.
3. Çeltik İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü / Teşekkür Belgesi.