

**ÇOK KATLI YAPILARDA SONLU ELEMENLAR
YÖNTEMİ İLE MERDİVENLERİN ANALİZİ**

Özgür ANIL

76318

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
(İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ)**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

76318

**5000
001**

**ANKARA KURULU
KİTAP MERKEZİ**

**Ocak 1998
ANKARA**

Özgür ANIL tarafından hazırlanan “Çok Katlı Yapılarda Sonlu Eleman Yöntemi ile Merdivenlerin Analizi” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Yrd. Doç Dr. Namık Kemal ÖZTORUN
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Ana bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Tekin GÜLTOP

Üye : Yrd. Doç. Dr. Namık Kemal ÖZTORUN

Üye : Doç. Dr. Sinan ALTIN

Üye :

Üye :

Bu tez Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

B. Atasoy

L-L

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
ÇİZELGELER LİSTESİ	XII
SEMBOLLER LİSTESİ	XVIII
1. GİRİŞ	1
2. DAHA ÖNCE YAPILAN ÇALIŞMALAR	4
2.1 MERDİVENLER İLE İLGİLİ YÖNETMELİKLERİN İNCELENMESİ	5
2.2 DIN STANDARTLARINDAN ÖNEMLİ ALINTILAR	5
3. MERDİVENLER İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER	9
3.1 MERDİVENLERİN SINIFLANDIRILMASI	9
3.1.1 DIN standartlarına göre merdiven çeşitleri	10
3.2 MERDİVENLERE ETKİ EDEN YÜKLER	11
3.3 MERDİVENLERDE GEOMETRİK BOYUTLAR	12
3.3.1 Merdiven basamağı	12
3.3.2 Merdiven basamak genişliği	15
3.3.3 Merdiven eğimi	15
3.3.4 DIN standartlarına göre basamak çeşitleri	16
3.3.5 Merdiven geometrik boyutlarının belirlenmesinde izlenilen yol	17
3.3.6 Merdiven genişliği	17
3.3.7 Sahanlık genişliği	18
3.3.8 Diğer geometrik boyutlar	18
4. KARŞILIKLI DÜZ KOLLU KIVRIMLI SİSTEM MERDİVENLER	19
4.1 KIVRIMLI SİSTEM MERDİVENLERDE MESNETLENME TÜRLERİ	21
4.2 KIVRIMLI SİSTEM MERDİVENLERİN HESAP METODLARI	21
4.2.1 Kıvrımlı sistem etkisinin gözönüne alan hesap metodları	22
4.2.2 Kıvrımlı sistem etkisini gözönüne almayan hesap metodları	23
4.3 BETONARME KIVRIMLI SİSTEM MERDİVENLERİN İNŞAASI	24
4.4 KIVRIMLI SİSTEM MERDİVENLERDE KESİT BOYUTLANDIRILMASI VE DONATI	26
5. NÜMERİK ÇALIŞMALAR	29

5.1 5 KATLI MERDİVEN ANALİZİ	29
5.2 YÜKLEME DURUMLARI	32
5.3 KESİT TESİRLERİNİN HESABI.....	33
5.3.1 Refrans 1'e göre analiz (Sayfa 121-125).....	33
5.3.2 2 Boyutlu SAP90 analizi	39
5.3.3 3 Boyutlu SAP90 analizi	48
5.4 2 KATLI MERDİVEN ANALİZİ	63
5.4.1 Refrans 1'e göre analiz (Sayfa 131-138).....	63
5.4.2 3 Boyutlu modelden alınan bir şeritin analizi.....	71
5.4.3 2 Katlı 3 boyutlu SAP90 sonlu eleman modeli.....	75
5.5 3 KATLI MERDİVEN ANALİZİ	80
6. 3 VE 5 KATLI MERDİVENLER İÇİN GENEL ANALİZ TABLOSUNUN OLUŞTURULMASI	86
6.1 ÇİZELGELERİN KONTROLÜ İÇİN YAPILAN ÖRNEKLER.....	90
6.1.1 3 katlı merdiven örnekleri.....	90
6.1.2 5 katlı merdiven örnekleri.....	94
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	99
KAYNAKLAR	103
EKLER	105
ÖZGEÇMİŞ.....	123

**ÇOK KATLI YAPILARDA SONLU ELEMANLAR
YÖNTEMİ İLE MERDİVENLERİN ANALİZİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Özgür ANIL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
OCAK 1998**

ÖZET

Çok katlı yapılarda merdivenlerin kesit tesirleri, merdivenlerin binaya mesnetlendiği sınır şartlarına, merdivenin geometri ve malzeme özelliklerine, binanın kat sayısına, binanın ve merdiven komponentlerinin rijitlik oranına ve ait oldukları katlara göre değişmektedir. Bu konuda literatürde az sayıda çalışmaya rastlanmaktadır [1-3]. Genellikle en üst ve en alt katlardaki kesit tesirleri ara katlardaki kesit tesirlerine kıyasla farklıdır. Yaklaşık el hesapları için çıkartılmış olan formülasyonlarda genellikle merdivenlerin katlara bağlı konumlarının etkileri gözönüne alınmamaktadır. Kat hizalarında ankastre, ara katlarda ise basit mafsallı mesnet veya birleşim bölgelerindeki rijitliğe bağlı olarak her iki tarafta da basit mesnet kabulü ile basitleştirilmiş iki boyutlu ve tek bir kat gözönüne alınarak yapılan analizlerle elde edilen kesit tesirleri tüm katlarda eşit kabul edilerek kullanılmaktadır. Tasarım ise genellikle momentler ve kesme kuvvetleri esas alınarak yapılmakta, merdivenlerin yatay ve eğik komponentlerinin düzlem içi gerilmeleri ihmal edilmektedir. Tek bir kat için yapılan analizlerde en altta merdivenin düşey hareketi tamamen önlendiği için

eksenel yükler genellikle basınç yükleri olarak görülmekte ve gözönüne alınmamaktadır. Gerçekte merdiven komponentlerin eksenel (düzlem içi) gerilmeleri sıfır olmayıp, sınır şartlarına bağlı olarak çekme veya basınç değerleri alabilmekte, dolayısıyla diğer kesit tesirleri de farklı değerler alabilmektedir. Gerçek kesit tesirleri birçok parametreye bağlı olmakta ve merdivenin bina ile etkileşimli olarak çalışması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Sistemin geometrisi ve yapı-merdiven etkileşimindeki rijitliklerin dağılımı gerçek kesit tesirlerini büyük oranlarda etkilemektedir. Bu durumda en gerçekçi yaklaşımın merdivenin yapı ile birlikte ve üç boyutlu olarak analiz edilmesi düşünülebilir. Sonlu elemanlar yöntemini kullanarak bu tür bir analizi gerçekleştirmek mümkündür. Ancak oldukça fazla bilgi girişi gerektiren bu yöntem pratik olmamaktadır. Bu çalışmada konut türü yapılarda oldukça sık kullanılan tipik bir merdiven, farklı yüklemeler altında ve binanın kat adedine bağlı olarak sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilmiş, pratik el hesaplarında kullanılmak üzere, merdivenin konumuna bağlı olarak katsayılar ve çizelgeler hazırlanmıştır. Böylece basit ve iki boyutlu herhangi bir analiz yöntemi kullanılarak sonuçlar elde edildikten sonra, tablolarda belirtilmiş katsayılarla uyarlanarak her kat hizasında düzlem içi ve düzlem dışı en gayrimüsait hesap sonuçları elde edilebilmektedir.

Bilim Kodu	:624.03.01
Anahtar Kelimeler	:Merdivenler, Katlanmış plak Sonlu elemanlar, 3 boyutlu analiz, Elastik analiz
Sayfa Adedi	:122
Tez. Yöneticisi	:Yrd. Doç. Dr. Namık Kemal Öztörün

**ANALYSIS OF THE MULTI STOREY BUILDINGS WITH FINITE
ELEMENT METHODS**

(M.SC. Thesis)

Özgür ANIL

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
JANUARY 1998**

ABSTRACT

Internal load distribution of the staircases of multi storey buildings depends on the supporting conditions of staircase to building, geometric and material properties of the staircase, number of the storeys, rigidity ratio between the components of the staircase and building and location of the staircase. Literature contains very few research about these subjects [1-3]. In general, internal load distribution along the staircases of the first storey and upper storey is different than those of the intermediate storeys. Approximate analysis methods which are prepared for hand calculations does not consider the effects caused by the location of the staircase and the number of the stories. Staircase is assumed to have a fixed support at the floor level and have a hinged support at the mid height in the formulation of the simple analysis methods. In some cases, both ends of the staircase between two floor levels are considered to be simply supported and the continuity is not satisfied. Because the span between the supports is taken into consideration only. The analysis results of a single storey staircases are applied to all storeys. Shearing force and moment

distributions along the staircase are used in design. Axial force distribution are not taken into consideration. Because the axial loads obtained by using approximate methods are compressive loads in general (depending on the considered boundary conditions). In reality, inplane loads are not equal to zero. Tensile or compressive stresses occur in the plane of the staircase components depending on the loading and the supporting conditions. Actual internal load distribution depends on many parameters. One of these parameters is the interaction of staircase with the building. Geometry of the system and rigidities of the components of the staircase interacting with building affects the internal load distribution along the staircase significantly. Therefore analysis of the staircase which is interacting with buildings in 3D form is the most appropriate analysis method. This analysis can be performed by using finite element method. But modeling the staircase together with the building requires large amount of input data preparation and is not practical. In this study a typical staircase system which is mostly used in conventional buildings is analysed for different number of storeys and under different loadings conditions. Three dimensional Finite Element Models are used to perform the analyses. Some tables for practical hand calculation are prepared. These tables include the correction factors for the analysis results of simple two dimensional, one storey staircase. Using these correction factors, three dimensional stress distribution and most critical stresses can be obtained from the analysis results of two dimensional one storey staircase which is modeled by frame type of finite elements.

Science code :624.03.01

Key Words :Staircase, Folded Shell, Finite Element, 3 Dimensional Analysis, Elastic Analysis

Page number :122

Advisor :Assistant Prof. Dr. Namık Kemal Öztörün

TEŞEKKÜR

Merdivenlerin tasarımını etkileyen birçok parametrenin incelendiği ve sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan SAP90 bilgisayar programı kullanılarak merdivenlerin 3 boyutlu analiz sonuçlarının elde edildiği çalışma yüksek lisans tezi olarak Sayın Yrd. Doç. Dr. Namık Kemal Öztörün tarafından bana verilmiştir.

Tezin hazırlanması süresince benim için değerli zamanlarını ayırarak, çalışmalarına yön veren, yapıcı önerileriyle büyük katkılarda bulunan Muhterem Hocam Yrd. Doç. Dr. Namık Kemal ÖZTORUN'a şükran ve minnettarlık duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Benden değerli desteklerini esirgemeyen Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Başkanı Sayın Prof. Dr. İbrahim GÜRER'e, Bölüm Başkan Yardımcıları Sayın Prof. Dr. Tülay ÖZBEK'e ve Sayın Doç. Dr. Sinan ALTIN'a, Bölümümüzün öğretim görevlisi kıymetli hocalarıma ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma ayrıca sevgili aileme-yürekten teşekkür ederim.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekiller:

Sayfa No:

Şekil 3.1	Merdivende bulunan geometrik boyutların ifadesi.....	13
Şekil 4.1	Kıvrımlı sistem merdivenlerin dıştan mesnetlenme biçimleri	20
Şekil 4.2	Kıvrımlı sistem merdivenlerin içten mesnetlenme biçimleri	20
Şekil 4.3	Kıvrımlı sistem merdivenlerde mesnet türleri ve yapım şekilleri	22
Şekil 4.4	Kıvrımlı sistem merdivenlerin yapımında mesnet oluşturulması	25
Şekil 4.5	Kıvrımlı sistem merdivenlerde yaygın yapım türü	26
Şekil 4.6	Kıvrımlı sistem merdivenlerde kıvrımlı levha etkisinin gözönüne alındığı durumdaki bağlantı detayı.....	27
Şekil 4.7	Kıvrımlı sistem merdivenlerde kıvrımlı levha etkisinin gözönüne alınmadığı durumdaki bağlantı detayı.....	28

Şekiller:Sayfa No:

Şekil 5.1	3 nolu yükleme durumunda plaklara etkiyen yüklerin dağılımı.....	34
Şekil 5.2	Örnek problemin geometrik boyutları.....	36
Şekil 5.3	2 boyutlu modelin referans 1'e uygun basitleştirilmiş modeli	37
Şekil 5.4	2 boyutlu modelde eğik kol plağında normal kuvvetler	38
Şekil 5.5	Referans 1'e uygun 2 boyutlu analiz sonuçları	38
Şekil 5.6	2 boyutlu SAP90 sonlu eleman modeli.....	40
Şekil 5.7	SAP90 2 boyutlu analiz modelinde sistemin deforme olmuş şekli	43
Şekil 5.8	SAP90 2 boyutlu analiz sonucunda moment grafiği	44
Şekil 5.9	5 katlı sonlu eleman modelinin 3 boyutlu deforme olmamış şekli	49
Şekil 5.10	2 ve 3 boyutlu modeller arasında karşılaştırma yapılan doğrultular	50

Şekiller:Sayfa No:

Şekil 5.11	Karşılaştırma yapılan doğrultulardaki ağırlıklı ortalama alma işlemi	51
Şekil 5.12	1. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması	52
Şekil 5.13	2. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması	53
Şekil 5.14	3. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması	53
Şekil 5.15	4. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması	54
Şekil 5.16	5. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması	54
Şekil 5.17	6. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması	55
Şekil 5.18	7. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması	55
Şekil 5.19	8. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması	56

Şekiller:Sayfa No:

Şekil 5.20	3 boyutlu modelin analizi sonucu elde edilen moment dağılımı	58
Şekil 5.21	3 boyutlu 5 katlı modelin deforme olmuş şekli	60
Şekil 5.22	5 katlı modeli oluşturan komponentler	62
Şekil 5.23	Merdiven sisteminin boyuna doğrultudaki eğilme momenti	67
Şekil 5.24	3 boyutlu modelden alınan ve analiz yapılan şerit	72
Şekil 5.25	3 boyutlu şeritin deforme olmuş şekli	73
Şekil 5.26	3 boyutlu şeritte moment dağılımı	74
Şekil 5.27	2 katlı 3 boyutlu modelin deforme olmamış şekli	75
Şekil 5.28	2 katlı sonlu eleman modelini oluşturan kısımlar	76
Şekil 5.29	1. parça için referans 1’de önerilen metodla 3 boyutlu analizlerin moment değerlerinin karşılaştırılması	77

Şekiller:Sayfa No:

Şekil 5.30	2. parça için referans 1’de önerilen metodla 3 boyutlu analizlerin moment değerlerinin karşılaştırılması.....	77
Şekil 5.31	3 boyutlu 2 katlı modelin deforme olmuş şekli	79
Şekil 5.32	Referans 1’ de önerilen metod ile 2 boyutlu ve 3 boyutlu SAP90 analiz sonuçlarının karşılaştırılması (1. Parça).....	81
Şekil 5.33	Referans 1’ de önerilen metod ile 2 boyutlu ve 3 boyutlu SAP90 analiz sonuçlarının karşılaştırılması (2. Parça).....	82
Şekil 5.34	Referans 1’ de önerilen metod ile 2 boyutlu ve 3 boyutlu SAP90 analiz sonuçlarının karşılaştırılması (3. Parça).....	82
Şekil 5.35	Referans 1’ de önerilen metod ile 2 boyutlu ve 3 boyutlu SAP90 analiz sonuçlarının karşılaştırılması (4. Parça).....	83
Şekil 5.36	3 katlı modelin deforme olmuş şekli.....	84
Şekil 6.1	Çizelgelerde kullanılan simgelerin şekil üzerindeki karşılığı.....	86

Şekiller:Sayfa No:

Şekil 6.2	Çizelgelerde verilen momentlerin ait olduğu doğrultular	87
Şekil 6.3	3 katlı merdiven genel çizelgesi için yapılan 1. örnek.....	90
Şekil 6.4	3 katlı merdiven genel çizelgesi için yapılan 2. örnek.....	93



ÇİZELGELER LİSTESİ

<u>Çizelgeler:</u>	<u>Sayfa No:</u>
Çizelge 3.1 Basamak yüksekliği değerleri.....	14
Çizelge 3.2 Kat yüksekliğine göre basamak sayıları.....	14
Çizelge 3.3 Basamak genişliği değerleri.....	15
Çizelge 3.4 Merdiven kolu genişliği değerleri.....	18
Çizelge 5.1 Grafiklerin 3 boyutlu modelde karşılık geldiği kısımlar.....	56
Çizelge 5.2 3 boyutlu ve 2 boyutlu modeller arası moment farklılaşımı.....	57
Çizelge 5.3 3 boyutlu ve 2 boyutlu modellerin 11 nolu noktasında deplasman karşılaştırılması.....	59
Çizelge 5.4 5 katlı merdiven için düzeltme katsayıları	61
Çizelge 5.5 Analizlerin moment kesit tesiri yönünden karşılaştırılması.....	78
Çizelge 5.6 3 boyutlu tek katlı ve 3 boyutlu 2 katlı modeller arası deplasman karşılaştırılması	78

Çizelgeler:Sayfa No:

Çizelge 5.7	2 katlı merdiven için düzeltme katsayıları	78
Çizelge 5.8	3 boyutlu 3 katlı moment kesit tesiri sonuçları ile 2 boyutlu el çözümü ve 3 boyutlu 5 katlı moment kesit tesiri sonuçlarının karşılaştırılması	81
Çizelge 5.9	3 katlı deplasman değeri sonuçlarının 2 boyutlu el çözümü ve 5 katlı deplasman değerleri ile karşılaştırılması.....	83
Çizelge 5.10	3 katlı merdiven için düzeltme katsayıları	85
Çizelge 6.1	3 katlı merdivenlerin analizi için genel çizelge.....	88
Çizelge 6.2	5 katlı merdivenlerin analizi için genel çizelge.....	89
Çizelge 6.3	Çizelge 6.1 ve gerçek analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	92
Çizelge 6.4	Çizelge 6.1 ve gerçek analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	92
Çizelge 6.5	Çizelge 6.2 ve gerçek analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	95

Çizelgeler:Sayfa No:

Çizelge 6.6	Çizelge 6.1 ve gerçek analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	95
Çizelge 7.1	5 katlı merdiven moment değerleri	101
Çizelge 7.2	3 katlı merdiven moment değerleri	101
Çizelge 7.3	2 katlı Merdiven moment değerleri.....	101
Çizelge 7.4	3, 5 ve 2 katlı merdivenlerin moment değerlerinin karşılaştırılması.....	101

EK A'DAKİ ÇİZELGELER

Çizelge A.1	2 boyutlu ve 3 boyutlu modeller arasında moment ve normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması (1. Parça)	106
Çizelge A.2	2 boyutlu ve 3 boyutlu modeller arasında moment ve normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması (2. Parça)	107
Çizelge A.3	2 boyutlu ve 3 boyutlu modeller arasında moment ve normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması (3. Parça)	108

Çizelgeler:Sayfa No:

Çizelge A.4	2 boyutlu ve 3 boyutlu modeller arasında moment ve normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması (4. Parça)	109
Çizelge A.5	2 boyutlu ve 3 boyutlu modeller arasında moment ve normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması (5. Parça)	110
Çizelge A.6	2 boyutlu ve 3 boyutlu modeller arasında moment ve normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması (6. Parça)	111
Çizelge A.7	2 boyutlu ve 3 boyutlu modeller arasında moment ve normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması (7. Parça)	112
Çizelge A.8	2 boyutlu ve 3 boyutlu modeller arasında moment ve normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması (8. Parça)	113

EK B'DEKİ ÇİZELGELER

Çizelge B.1	3 boyutlu şeritin analizi.....	114
Çizelge B.2	2 katlı binanın 3 boyutlu analizi	114

Çizelgeler:Sayfa No:

Çizelge B.3	2 katlı binanın 3 boyutlu analizi	114
-------------	---	-----

EK C'DEKİ ÇİZELGELER

Çizelge C.1	3 katlı ve 5 katlı modeller arasında moment ve normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması (1. Parça)	115
Çizelge C.2	3 katlı ve 5 katlı modeller arasında moment ve normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması (2. Parça)	116
Çizelge C.3	3 katlı ve 5 katlı modeller arasında moment ve normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması (3. Parça)	117
Çizelge C.4	3 katlı ve 5 katlı modeller arasında moment ve normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması (4. Parça)	118

EK D'DEKİ ÇİZELGELER

Çizelge D.1	Çizelge 6.1'in kontrolü için yapılan 1. Örnek.....	119
Çizelge D.2	Çizelge 6.1'in kontrolü için yapılan 2. Örnek.....	120

Çizelgeler:Sayfa No:

Çizelge D.3 Çizelge 6.2'in kontrolü için yapılan 1. Örnek..... 121

Çizelge D.4 Çizelge 6.2'in kontrolü için yapılan 2. Örnek..... 122



SEMBOLLER LİSTESİ

<u>Sembol</u>	<u>Açıklamalar</u>
a	Basamak genişliği
b	Merdiven kolu genişliği veya merdiven genişliği
b_p	Sahanlık genişliği
$b' = \lambda b$	Kova genişliği
C/Co	Bağıl uzama rijitliği
d_L	Kol plağı kalınlığı
d_p	Sahanlık plağı kalınlığı
E_b	Beton kesiti elastik modülü
h	Merdiven kolu plağı yararlı yüksekliği
h_L	Merdiven kat yüksekliği
h_x	Sahanlık plağının x yönündeki yararlı yüksekliği
h_y	Sahanlık plağının y yönündeki yararlı yüksekliği
KD	Merdiven kolu plağı ve sahanlık plağı birleşimindeki rijitliği temsil eden yay rijitliği
l_L	Merdiven kolunun yatay uzunluğu
l_{px}	Sahanlık plağının x yönündeki boyutu
l_{py}	Sahanlık plağının y yönündeki boyutu
n	Basamak adedi
N_C	Merdiven kolu plağı ve sahanlık plağı birleşimi bileşke normal kuvveti
p_l	Merdiven kolu plağı çizgisel kol yükü
q_L	Merdiven kolu plağı hesap yükü
q_p	Sahanlık plağı hesap yükü

<u>Sembol</u>	<u>Açıklamalar</u>
R_C	Merdiven kolu plağı ve sahanlık plağı birleşimi bileşke reaksiyonu
s	Basamak yüksekliği
X_1	Elastik ankastrelik momenti
α	Merdiven kolu plağı eğim açısı
$\beta = I_L / I_p$	Merdiven kolu plağı ve sahanlık plaklarının birim genişliklerinin atalet momenti oranı
$\kappa = q_p / q_L$	Sahanlık plağı hesap yükünün merdiven kolu plağı hesap yüküne oranı
$\varepsilon = l_{py} / L$	Sahanlık plağı genişliğinin merdiven kolu plağı dik uzunluğuna oranı
$\varepsilon_p = l_{py} / l_{px}$	Sahanlık plağının y eksenine paralel boyutunun sahanlık plağının x eksenine paralel boyutuna oranı
$\theta r l_{(qp)}, \theta r l_{(pl)}, \theta r l_{(mr)}$	Mesnetlenme şartına göre değişim gösteren dönme faktörleri

1. GİRİŞ

Yerli literatürde merdivenlerin analizi ve tasarımı ile ilgili olarak fazla sayıda çalışmaya rastlanmamaktadır. Merdivenler, mühendislikte yapısal analiz konusunda az incelenmiş konulardan biridir. Sadık Köseoğlu [1] tarafından hazırlanmış olan kitap farklı sınır şartları ve geometrik özelliklerdeki merdivenler için ülkemizde yaygın olarak kullanılan bir çalışmadır.

Merdivenler pratikte hesabına önem verilmeyen bir yapı elemanı olarak görülse de; yapının davranışına etki yapan önemli elemanlardır. Bu elemanlar kütleleri ile yapının kütle merkezinin yerini değiştirebilirler. Bu durum deprem etkilerinde önem taşıyan bir faktördür. Gereksiz yere masif dizayn edilen merdivenler yapının ağırlığını ve yapıya gelen etkileri arttırırlar. Ayrıca yapının kütle merkezini kaydırarak geometrik merkezi ile çakışmamasına ve dolayısıyla yapıda burulma oluşmasına sebep olabilirler. Bu yüzden merdivenlerin dizaynında gerekli titizlik gösterilmeli ve boyutlandırmada dikkat edilmelidir.

Merdivenler konusunda önerilen ve uygulanan yöntemler genellikle pratik, ancak belli varsayımlar içeren yöntemlerdir. Bu yöntemlerle yapılan 2 boyutlu analizler katlanmış plak olan bu tür yapı elemanlarının kesit tesirlerinin ve gerilme dağılımlarının tespiti için yaklaşık sonuçlar vermektedir. Bu nedenle merdivenlerin 3 boyutlu olarak modellenip analiz edilmesi düşünülmüştür. Bu türlü bir analizin elle yapılması pratik olmadığı için bilgisayar destekli hesap metodlarından birinin kullanılması öngörülmüştür.

Bu çalışmada tipik ve yaygın olarak kullanılan merdivenlerin gerilme dağılımı ile ilgili olarak daha detaylı bilgiler alabilmek ve iki boyutlu analiz sonuçları

arasındaki farkı araştırabilmek amacıyla sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak 3 boyutlu model analizleri yapılmıştır. Analizlerde genel amaçlı SAP90 programı kullanılmıştır.

Bu çalışmada merdivenlerin tasarımını etkileyen birçok parametre incelenmiştir. Çalışmada ilk parametre olarak kat adedinin yapısal çözümlemeye olan etkileri ve daha sonra yükleme durumundaki değişimin etkileri araştırılmıştır.

Kat adedi ve yükleme durumlarının etkileri sabit sınır şartları altında incelenmiştir. Daha sonra aynı parametrelerin etkisi farklı sınır şartları için araştırılmıştır.

Üç boyutlu modeller üzerinde yapılan araştırmalar lineer elastik malzeme kabulü dışında kesin çözüm sonuçları olarak kabul edilmiştir. İki boyutlu analiz ya da pratik el hesapları ile elde edilecek sonuçlar arasındaki farklar belirlenmiş ve basit modellerle makul sonuçlar elde edebilmek amacıyla çizelgeler hazırlanmıştır.

Analiz sonuçları katlara göre değişmekte ve farklı katlardaki merdivenlerin kesit tesirleri de farklı olmaktadır. Elde edilen sonuçlar iki boyutlu ve yalnızca bir kat için elde edilen basit bir analiz yönteminin sonuçları ile kıyaslanarak katsayılar elde edilmiştir. Katsayılar bölüm 5’de yapılan nümerik örneklerde ayrı ayrı verilmektedir. Böylece basit bir analiz yöntemi ile 2 boyutlu olarak çözüm yapıldıktan sonra kesit tesirlerinin katlara göre değişimi çizelgelerdeki katsayılar kullanılarak elde edilebilmektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen katsayılar kullanılarak 2 boyutlu model ile tek kat için bulunan analiz değerlerinden 3 boyutlu tesirler elde edilebilmektedir.

Çalışmada esas olarak iki ana parametrenin kesit tesirleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bunlardan birincisi kat adedi, ikincisi ise mesnetlenme şartlarıdır.

Bu parametreler değiştirilirken geometrik boyutlar gibi faktörler sabit tutulmuştur. Çalışma yapılırken iki parametre birbirinden bağımsız olarak incelenmiştir. Katsayılar tasarıma yönelik olarak belli spot noktalarda en elverişsiz kesit tesirleri için sunulmuştur. Örneğin 5 katlı bir yapı merdiveninde, yedi yükleme durumu gözönüne alınmış ve hesap yapılması gereken kesitlerdeki en elverişsiz değerler bulunarak çizelgeler oluşturulmuştur. Bu çizelgeler kullanılarak 2 boyutlu ve tek katlı çözüm sonuçlarından 3 boyutlu kesit tesirleri elde edilebilmektedir. Aynı işlemler 3 katlı yapılar içinde tekrarlanmıştır. Yapılan bu yükleme durumlarının detaylı açıklaması ve şekilleri 5. bölümde yer almaktadır.

2. DAHA ÖNCE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bölüm 1’de bahsedildiği gibi yerli literatürde bu konu hakkında araştırma ve incelemeler sınırlıdır. [Sadık Köseoğlu [1], Ergin Çıtıpıtıoğlu [2]] bu konuda ülkemizdeki başlıca çalışmalardır. Sadık Köseoğlu [1] karmaşık ve çok fazla sayıda parametreye bağlı olan bir yapı elemanının analizinde mühendislere ışık tutmuştur. Yabancı literatürde de bu konu hakkında çok detaylı araştırmalara rastlanmamıştır. Bu konudaki bir çok kaynak almancadır.

Çıtıpıtıoğlu E., ve Kılıç, H., [2], genel olarak ülkemizde merdivenlerin yapısal analizinde kullanılan bir eksen boyunca alınan birim genişlikteki bir bandın iki boyutlu olarak analizinde pratik yaklaşımlar getirmişlerdir. Bu çalışma ile merdiven eksenlerine paralel eksenlerdeki mesnet şartlarının etkisi incelenmiştir. Uyarlanmış mesnet koşulları ile birim genişlikteki bantta yapılan analizin oldukça gerçekçi sonuçlar verdiği görülmüştür. Önerilen yöntemde eğik merdiven kolunun tam ortasından geçen ve ara sahanlık ile kat döşemesinde devam eden 1 m genişliğinde birim bir şerit alınmış ve analizler bu şerit üstünde 2 boyutlu olarak yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen kesit tesirleri ile tek katlı, üç boyutlu sonlu eleman modelinden elde edilen kesit tesirlerinin oldukça yakın olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, analiz edilen merdivenin ara sahanlık ve kat döşemesi hizasında basit mesnetli olması durumunda, sonuçların gerçek çözüme yaklaşması için kat döşemesi hizasındaki mesnetin ankastre alınarak çözümün yapılması önerilmektedir.

Bu konuda yapılan diğer bir çalışma ise Bangladeş Yapı İnşası Standartları’nda yer alan merdivenlerin incelenmesini konu almıştır. Bu çalışma Ahmed, I. ve diğerleri [3] tarafından yapılmıştır.

2.1 Merdivenler ile İlgili Yönetmeliklerin İncelenmesi

Aşağıda merdivenler ile ilgili analiz ve inşaa esaslarını içeren uluslar arası yönetmelikler özetlenmiştir.

DIN 18064 Bölüm 1: Merdivenler, kavramlar ve teknik terimler

DIN 18065 Bölüm 1: Evlerdeki merdivenler ve ana boyutları

DIN 4174: Kat yükseklikleri ve merdiven basamak yükseklikleri

DIN 18334: Marangoz ve ahşap yapı işleri

DIN 68360: Marangoz işleri için ahşaplar ve kalite standartları

DIN 68365: Marangoz için kereste işleri ve kalite standartları

DIN 68368: Merdiven için döşemelik tahta ve kalite standartları

DIN 68705 Bölüm 3,4: Plwood, bina döşemeleri, kaplama döşemeleri ve kalite standartları

DIN 68763: Preslenmiş ahşap yongalarından meydana getirilmiş plakanın binalarda kullanımı, gösterimi, özellikleri, incelenmesi

DIN 1052 Bölüm 1: Kereste yapıları, dizaynı ve yapımı, Bölüm 3: Dizayn yükleri ve hareketli yükler

DIN 4074 Bölüm 1: Ahşap yapılar için kereste, kalite düzenlemeleri

DIN 4102: Bina malzemelerinin ve elemanlarının yangındaki davranışları

2.2 DIN Standartlarından Önemli Alıntılar

Yapısal Stabilite:

DIN 1055 bölüm 3'e göre binaların dizayn yükleri, hareketli yükler aşağıdaki gibi alınabilir;

Evlerde 3.5 kN/m^2

Devlet dairelerinde 5.0 kN/m^2

Merdiven basamağının döşenme tahtası tekil yükler için dizayn edilirken;

Evlerde 1.5 kN

Devlet binalarında 2.0 kN

El ile tutulacak yerlerde aşağıdaki yatay yükler alınabilir.

Evlerde 0.5 kN/m

Devlet binalarında 1.0 kN

Yangın Koruması:

Binalar ile ilgili yöresel kurallara göre iki katlı binalarda toplam 500 m^2 alan yanabilen malzemelerden yapılabilir. Federal illerde 3 ile 5 kat arasındaki binaların merdivenleri ve kat aralarının toplamının 500 m^2 'si yanabilen malzemedan yapılabilir. Ahşap merdivenler minimum kesite göre yapılarak DIN 4102 standartlarına uymalıdır [1]. Yük taşıyan noktalar ve kesitler sert ahşaptan veya yanmayan malzemedan yapılmalıdır.

Basamak yüksekliği/Basamak genişliği oranı:

İzin verilen basamak yüksekliği/basamak genişliği oranları (evlerde) DIN 18065'e göre alınmaktadır [1]. Tek aile yaşayan ünitelerde basamak yüksekliği 21 cm 'yi geçmemeli, birçok ailenin yaşadığı binalarda 19 cm 'yi geçmemelidir. Minimum basamak genişliği, tek ailenin yaşadığı ünitelerde 21 cm ., binalarda 26 cm . olmalıdır. Yüksek katlı binalarda basamak genişliği 29 cm . olmalıdır.

Merdiven korkulukları:

Merdiven korkulukları basamağın ön ucundan 90 cm yüksekliğinde, 12 m 'den çok kat geçimlerinde 1.10 m yüksekliğinde olmalıdır.

Basamak dizaynı:

Eğer basamak genişliği 26 cm'den az ise, 3 cm'lik bir kısım dışarıya doğru çıkıntı yapılmalıdır. Basamak ön kısmı yok ise ve çocukların bulunduğu bir ortamda iki merdiven basamağı arası boşluk 12 cm'den fazla olmamalıdır [1].

Merdiven kovası:

Merdiven basamağının ön köşesi ile üstündeki merdiven kolunun arasının dik olarak en az 2.10 m olması gereklidir [1].

<u>Merdiven enleri</u>	<u>Merdiven genişliği</u>
1-)Tek aileli ünitelerde	0.80 m
2-)İki katlı evlerde	0.90 m
3-)İki kattan çok olan ve diğer evlerde	1.00 m
4-)Bodrum merdivenleri ve acil durum merdivenlerinde	0.80 m

125 kişiden fazla kişinin kullandığı binalarda merdiven genişlikleri artırılmalıdır. Nadir kullanılan merdivenler dar olabilir. Kullanılabilir merdiven genişliği duvar ile tek merdiven korkuluğu arası veya iki merdiven korkuluğu arası alınır.

Ses ızalasyonu:

İnsanların yaşadığı odalara yakın olan merdivenlerden ses transferi vardır. Merdivenler hemen oturma odası veya salon gibi yakın yerlere yapılmamaya çalışılmalı ve ses ızalasyonu yapılmalıdır.

Sesler ahşap basamaklara PVC veya halı kaplanarak azaltılabilir. Polyester ve plastic gibi malzemeler basamak ile ön tarafı arasına ve arkalarına konarak ses ızalasyonu sağlanabilir.



3. MERDİVENLER İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Merdivenler farklı yükseklikteki yapı kısımları arasında kişilerin eşya ve malzemelerin sirkülasyonunu sağlayan yapı elemanlarıdır. Bu elemanlar yangın ve deprem gibi doğal felaketlerde katlar arasında bağlantıyı sağlayarak önemli bir görev yaparlar.

Merdivenler genel olarak üç ana bölümden oluşur. Bu bölümler üzerinde basamakların bulunduğu eğimli merdiven kolu, merdiven kolları arasında bulunan yatay merdiven sahanlığı ve merdiven korkuluğu olarak özetlenebilir. Merdivenlerin analiz ve tasarımı bütün mühendislik uygulamalarında olduğu gibi ön boyutlandırma ve statik hesaplama olmak üzere iki bölümden oluşur.

Ön boyutlandırmada merdiven genişliği, sahanlık genişliği, kova genişliği, basamak genişliği ve yüksekliği gibi boyutlar belirlenir ve daha sonra bu boyutlar kullanılarak merdivene uygun düşecek statik sisteme karar verilir. Ön boyutlandırmada kabul edilen plak kalınlığı, kaplama türü ve yapının önemine göre ilgili yönetmelikten [TS 498 veya DIN 10555] yükler belirlenir. Daha sonra geometrik boyutlar ve hesaplanan yükler kullanılarak yapısal analiz yapılır. En son aşamada ise bulunan analiz değerlerine uygun olarak donatı yerleştirilir.

3.1 Merdivenlerin Sınıflandırılması

Merdivenler birçok parametreye sahip oldukları için çok fazla türü vardır. Bu parametreler gözönünde bulundurulduğu zaman merdivenler kullanılma yerlerine, yapıldıkları malzemeye, geometrik şekillerine ve en önemlisi taşıyıcı sistemlerine göre sınıflandırılabilirler.

Örneğin merdivenler kullanım yerlerine göre yapının içinde kullanılan iç merdivenler ve dışında kullanılan dış merdivenler olarak ikiye ayrılabilir. Yapıldıkları malzemeye göre taş, beton, betonarme, metal ve ahşap merdivenler olarak sınıflandırılabilirler. Ayrıca merdivenler sahanlıksız ve sahanlıklı olarak veya plandaki kol biçimlerine göre düz kollu ve dönel eğri kollu merdivenler olarak incelenebilirler. En önemli sınıflandırma parametresi olan taşıyıcı sistem türüne göre merdivenler taşıyıcı basamaklı, kıvrımlı sistem, çevre mesnetli helisel ve uzay taşıyıcı sistemli merdivenler olmak üzere dörde ayrılırlar. Bu çalışmada incelenen merdivenler taşıyıcı sisteme göre kıvrımlı, malzemeye göre betonarme, düz kollu ve sahanlıklı merdiven türlerine girmektedir.

3.1.1 DIN standartlarına göre merdiven çeşitleri

1-)Düz kollu merdivenler:

- a-)Tek kollu düz merdiven
- b-)Çift kollu ve ara sahanlıklı düz merdiven
- c-)Dik açılı kollu ve ara sahanlıklı merdiven
- d-)Yarım dönüşlü ve ara sahanlıklı merdiven
- e-)Üç kollu iki dönüşlü ve ara sahanlıklı merdiven
- f-)Üç kollu yarım dönüşlü ve ara shanlıklı merdiven

2-)Eğri kollu merdivenler:

- a-)Tek kollu helozoni(dönel) merdiven
- b-)Dairesel merdiven
- c-)Çift kollu dairesel ara sahanlıklı merdiven

3-)Eğri ve düz kollardan oluşan merdivenler:

- a-)Başlangıçta dörtte bir dönüş olan düz kollu merdiven
- b-)Sonunda (üst noktasında) dörtte bir dönüş olan tek düz kollu merdiven
- c-)Dörtte bir dönüşlü açılı tek düz kollu merdiven (90 derece)
- d-)Başında ve sonunda dörtte bir dönüşlü tek düz kollu merdiven
- e-)Yarı dairesel dönüşlü tek düz kollu merdiven (90 derece)

3.2 Merdivenlere Etki Eden Yükler

Merdiven taşıyıcı sistemine etki eden yüklerin başında sabit ve hareketli yükler gelir. Deprem etkisinden, mesnet çökmelerinden, rötre ve ısı değişiminden meydana gelen kuvvetler sabit ve hareketli yüklere kıyasla küçük kesit tesirleri oluştururlar.

Taşıyıcı plağın kendi ağırlığı, kaplama ve sıva ağırlığı sabit yük olarak sayılabilir. Merdiven korkuluk ağırlığı genellikle çok küçük olduğu için dikkate alınmaz.

Basamak ve kaplama ağırlıkları imal ediliş biçimlerine göre ayrı ayrı veya bir bütün olarak hesaplanır. Eğer basamaklar prefabrike imal edilmiş ve merdivene monte edilmişse kaplama ve basamak ağırlığı beraber, basamaklar betondan ve yerinde imal edilmişse ağırlıkları ayrı ayrı hesaplanır.

Hareketli yükler ise merdivene düzgün yayılı etkiyen yüklerdir. Bu yük değeri konutlarda 0.35 t/m^2 , genel yapılarda 0.5 t/m^2 ve futbol sahası,tiyatro, sinema gibi insanların kalabalık olduğu tribünlü yapılarda 0.75 t/m^2 alınır[1].

3.3 Merdivenlerde Geometrik Boyutlar

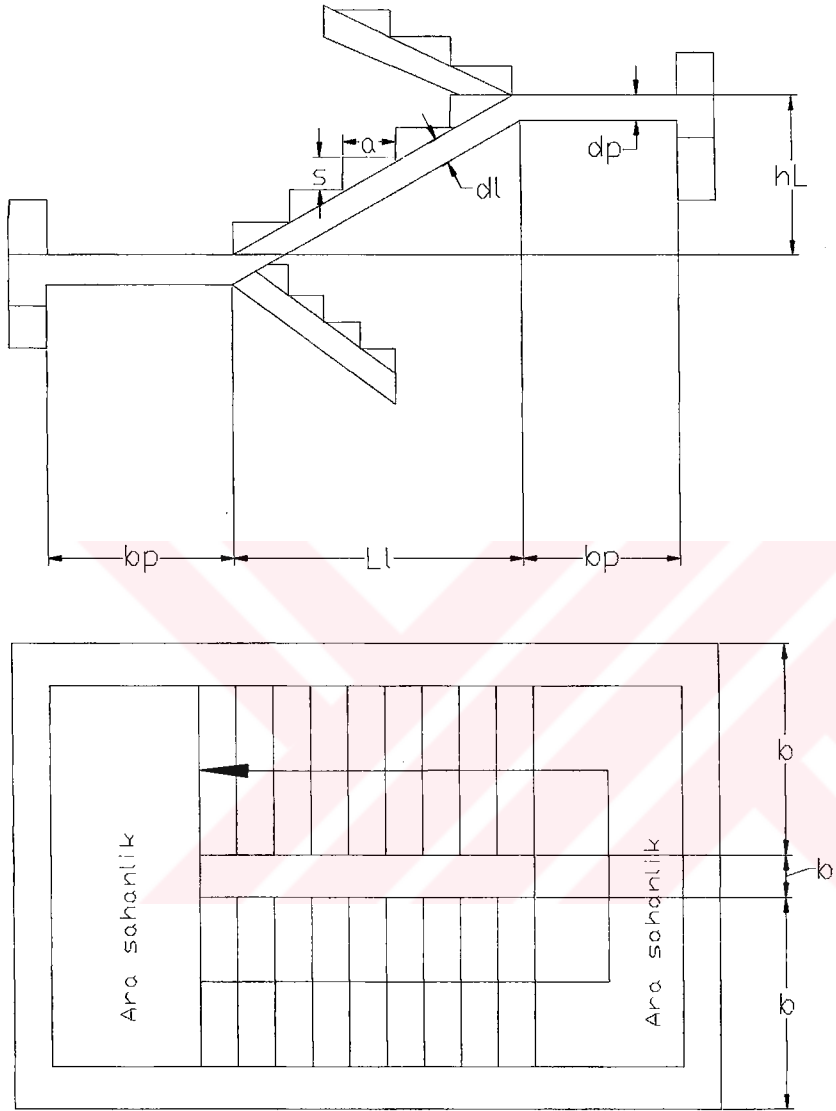
Merdivenlerin kullanım amaçlarını iyi gerçekleştirebilmeleri ve yapının mimari ve yapısal dizaynını güzelleştirebilmeleri için geometrik boyutlarının uygun ve iyi seçilmesi şarttır. Bu boyutların başında basamak yüksekliği, genişliği ve merdiven eğimi gelir. Bunların yanında sahanlık ve kova genişlikleri ve merdiven baş yüksekliği gibi bir çok seçilmesi gerekli boyut vardır. Bu boyutların sınırları ile ilgili detaylı bilgi TS 3612 veya DIN 18064'de bulunabilir [1].

3.3.1 Merdiven basamağı

Basamaklar bir araya gelerek merdiven kolunu oluşturan elemanlardır. Bu elemanlar kişilerin adım atarak merdivende ilerlemelerini sağlarlar.

Basamağın düşey kesimine rıht, yatay kesimine ayaklık denilmelidir. Ayrıca basamağın düşey kesiminin yüksekliği basamak yüksekliği (s), yatay kesiminin genişliği ise basamak genişliği (a) olarak adlandırılır.

Basamaklar malzeme türüne ve merdivenin karakterine bağlı olarak değişik profillerde yapılabilir. Genellikle üçgen profile sahip basamaklar kullanılır. Günümüzde prefabrike eleman teknolojisindeki gelişmeler ile değişik kesitteki basamaklarda imal edilmektedir. Şekil 1'de merdiveni meydana getiren geometrik boyutlar gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Merdivende bulunan geometrik boyutların ifadesi

Basamak yüksekliği ve genişlikleri merdivenin kullanılma uygunluğu yönünden belirli sınırlar içinde kalmalıdır. Bu sınırlar merdivenin kullanıldığı yapı türüne göre aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 3.1. Basamak yüksekliği değerleri

Merdivenin bulunduğu yapı	En büyük ölçüs (cm)	Normal ölçüs (cm)
1-)Çatı ve bodrum katı merdiveneleri	21	20
2-)Apartman ve sosyal konutlarda	19	18
3-)Okul ve resmi daire binalarında	18	17
4-)Hastahane, sinema, tiyatro ve genel yapılarda	17	16
5-)Dinsel yapılar ve anıtlar	16	15
6-)Bahçe merdivenleri	15	14

Bir merdivende basamak yüksekliklerinin tümü birbirine eşit olmalıdır. Yapıdaki kat yüksekliğine göre yapılabilecek basamak sayıları aşağıda özetlenmiştir.

Çizelge 3.2. Kat yüksekliğine göre basamak sayıları

Kat yüksekliği	Basamak sayısı
225 cm	12 veya 13 adet
250 cm	13,14,15 adet
262.5 cm	14,15 adet
275 cm	14,15,16 adet
300 cm	16,17,18 adet

Birbirine eşit iki kollu tam sahanlıklı merdivenlerde, her iki koldaki basamak sayıları aynı olacağından, toplam kat yüksekliği için seçilecek basamak sayısının çift rakamlı olması zorunludur.

3.3.2 Merdiven basamak genişliği

Basamak genişliği sınırları kabaca 26 cm ile 32 cm arasında değişmektedir. Bu geometrik boyut düz kollu merdivenlerde sabit iken dönel kollu merdivenlerde değişkendir.

Basamak genişlikleri en küçük ve normal ölçüleri Çizelge 3.3'de yapı türüne göre verilmiştir.

Çizelge 3.3. Basamak genişliği değerleri

Merdivenin bulunduğu yapı	En küçük ölçü a (cm)	Normal ölçü a (cm)
1-)Çatı ve bodrum katı merdiveneleri	22	24
2-)Apartman ve sosyal konutlarda	24	27
3-)Okul ve resmi daire binalarında	27	29
4-)Hastahane, sinema, tiyatro ve genel yapılarda	29	30
5-)Dinsel yapılar ve anıtlar	30	32
6-)Bahçe merdivenleri	32	34

3.3.3 Merdiven eğimi

Merdiven eğimi profilde basamak tepe noktalarını birleştiren doğrunun yatayla yaptığı açı olarak tanımlanabilir. Merdiven eğimi çoğunlukla bu açının tanjantı ile gösterilir. Bu eğim basamak yüksekliğinin, genişliğine oranı olarakta tanımlanabilir.

3 katlı olan küçük yapıların merdivenlerinde eğim değeri $4/5$ 'den küçük veya eşit olmalıdır. Diğer yapılarda ise $2/3$ değerinden küçük veya eşit olması tercih edilir.

3.3.4 DIN standartlarına göre basamak çeşitleri

Alt basamak: Birinci alt basamak

Üst basamak: En son (en üst) basamak

Seviye basamakları: İki kat arasında küçük seviye farkları ile yükselen basamaklar.

Kesitlerine göre basamaklar:

Katı dikdörtgen basamaklar: Dikdörtgen veya dikdörtgene yakın içi dolu (katı) veya boş kesite sahip basamaklardır. Dikdörtgen kesitin yüksekliği yaklaşık olarak merdiven basamak yüksekliğine eşittir.

Plak basamaklar:

Dikdörtgen veya ona yakın kesite sahip basamaklardır; Fakat bunların yüksekliği merdiven basamak yüksekliğinden küçüktür.

Üçgensel, kama şeklinde basamaklar:

Üçgensel veya ona yakın kesite sahip merdivenler. (katı veya içi boş)

Açısal veya L şeklinde basamaklar:

Açısal kesitli merdivenler.

3.3.5 Merdiven geometrik boyutlarının belirlenmesinde izlenilen yol

Tespit edilen basamak genişliği ve yüksekliğinin belirlenmesi için aşağıdaki denklem kullanılır.

$$2s + 1 = 62 \approx 64 \text{ cm}$$

Bu denklemin sağ tarafındaki rakam normal eğimli ($\alpha \approx 30$) merdivenlerde 63 cm, dik merdivenlerde 64 cm, eğimi az merdivenlerde ise 62 cm olarak alınır.

Boyutların belirlenmesine basamak yüksekliği s seçilerek başlanır. Bu değer çizelge 1'den yapı türüne ve kat yüksekliği ile basamak adedine göre seçilir. Basamak sayısı $2n = 2h_t / s$ denkleminde bulunarak kontrol edilir. Bu değer kesirli çıkarsa en yakın tam sayıya yuvarlanır.

Daha sonra uygunluk denklemini kullanılarak basamak genişliği tespit edilir. Sonuç olarak elde edilen basamak genişliği değeri hesap yapılan yapının türüne dikkat edilerek çizelge 3'deki değerler ile karşılaştırılır.

3.3.6 Merdiven genişliği

Merdiven genişliği, bir merdiven kolunun çıkış doğrultusuna dik doğrultudaki yararlı genişliğidir. Bu geometrik boyutun yapı türüne göre uygun değerleri çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Merdiven kolu genişliği değerleri

Merdivenin bulunduğu yapı	En küçük ölçü b (cm)	Normal ölçü b (cm)
1-)Bodrum çatı arası ve asma katlarda	70	90
2-)İki katlı konut merdivenleri	90	100
3-)Her katında tek daire bulunan 2'den fazla katlı yapılarda	100	120
4-)Her katında birden fazla daire bulunan 2'den fazla katlı yapılarda	120	140
5-)Okul, hastahane, tiyatro merdivenleri	120	150
6-)Sinema, toplantı salonu merdivenleri	220	250

3.3.7 Sahanlık genişliği

Sahanlık çıkış çizgisine dik doğrultudaki genişliği olarak tanımlanabilir. Sahanlık genişliği, genişliği 1 m ve daha küçük olan merdivenlerde en az 1m; 1m'den daha geniş merdivenlerde en az merdiven genişliği kadar olmalıdır.

3.3.8 Diğer geometrik boyutlar

Merdiven kovası genişliği normal olarak 20-25 cm alınmalıdır. Büyük ve önemli merdivenlerde bu genişlik 50 cm veya daha büyük alınabilmektedir. Korkuluk yüksekliği ise 90-110 cm değerleri arasında değişmektedir.

4. KARŞILIKLI DÜZ KOLLU KIVRIMLI SİSTEM MERDİVENLER

Çalışmada incelenen kıvrımlı sistem merdivenler konut, okul, hastahane, resmi daire ve sosyal yapılarda kullanılan en yaygın merdiven tipidir. Bu tür merdivenler mimari ve yapısal tasarım ve imalat açısından en pratik merdiven türü olarak nitelendirilebilirler. Bu sebeple çalışma konusu olarak bu tip merdivenler incelenmiştir.

Kıvrımlı sistem merdivenler mesnetlenme biçimlerine göre dıştan mesnetli, içten mesnetli ve hem içten hem de dıştan mesnetli olarak üç grupta incelenebilir.

Dıştan mesnetli kıvrımlı sistem merdivenlerin mesnetlenme biçimleri Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

Şekil 4.1’de a’dan d şikkına kadar olan merdivenlerde mesnetlenme duvar veya kirişlerle sağlanabilir ve mesnetin rijitliğine göre mesnet türünün basit veya ankastre olduğu varsayılabilir.

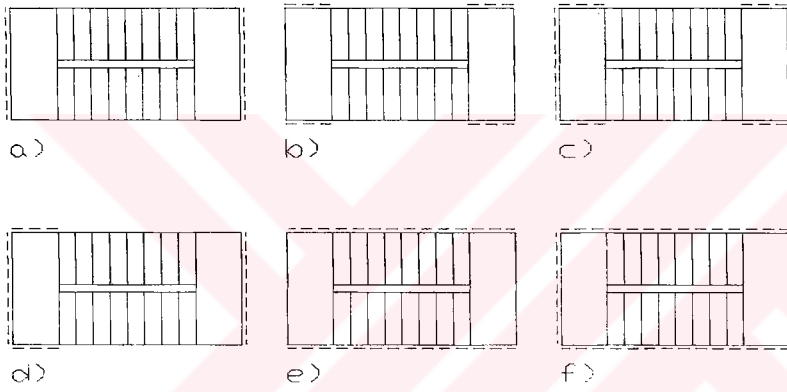
Şekil 4.1d’deki merdiven normal kat düzeyindeki sahanlık tüm dış kenarlarından mesnetlenmesine rağmen, ara sahanlık yalnızca sahanlığın uzun kenarı boyunca dıştan mesnetlenmiştir.

Kıvrımlı sistem merdivenlerin mesnetlenme tipine göre ikinci türü olan içten mesnetli merdivenler Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

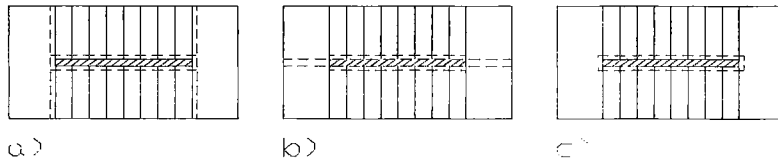
Şekil 4.2a’daki mesnetlenme kıvrım kenarları boyunca düzenlenen taşıyıcı kirişleri gerektirdiğinden, merdivenlerin görünüşünü önemli ölçüde bozar. Şekil 4.2’deki merdivenlerde sistemin tümü taşıyıcı perde duvarlar tarafından

taşınmaktadır. Bu mesnetlenme durumunun sahanlık plağında aşırı kesit tesirleri oluşturmasını önlemek amacı ile kıvrım kenarı boyunca enine veya sahanlık ortasından boyuna doğrultudaki taşıyıcı kirişler düzenlenmiştir.

Şekil 4.2c'deki merdiven özellikle bina dışında yer alan estetik merdiven tiplerinden biridir. Mesnetlenme merdiven kovası boyunca iç çevreden taşıyıcı perde duvara yapılır.



Şekil 4.1. Kıvrımlı sistem merdivenlerin dıştan mesnetlenme biçimleri



Şekil 4.2 Kıvrımlı sistem merdivenlerin içten mesnetlenme biçimleri

4.1 Kıvrımlı Sitem Merdivenlerde Mesnetlenme Türleri

Kıvrımlı sistem merdivenler dış ve iç mesnetlerinde değişik şekillerde mesnetlenmeye olanak veren bir yapıya sahiptir. Kenar mesnetlerin taşıyıcı duvar veya kirişe mesnetlenmesi Şekil 4.3 a ve b’de gösterilmiştir. İç mesnetlenme türleri ise Şekil 4.3 c-e’de verilmiştir.

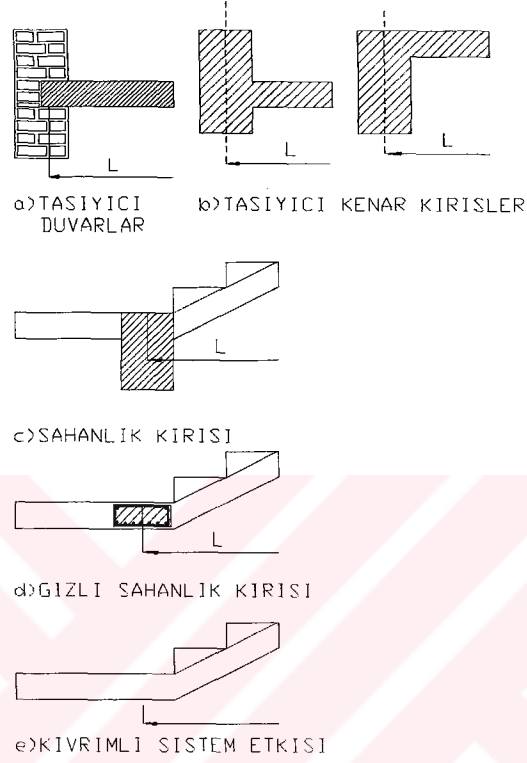
Şekil 4.3 c şıkında iç mesnetin görünür sahanlık kirişi, d şıkında gizli sahanlık kirişi olarak uygulanması gösterilmiştir. C şıkında gösterildiği gibi uygulanan sahanlık kirişi kıvrım kenarı boyunca plak altından sarktığından merdivenini görünüş güzelliğini bozar ve uygulanması bu sebeple istenmez.

Bu sakıncalı durumun önlenmesi için d şıkında belirtilen mesnetlenme türü uygulanabilir. Fakat plak içerisinde oluşturulan bu kirişin yapısal analiz açısından nasıl davranacağı tam olarak bilinemediği için bu mesnetlenme türünde tercih edilmemektedir.

4.2 Kıvrımlı Sitem Merdivenlerin Hesap Metodları

Kıvrımlı sistem merdivenlerin çözümü için çeşitli kabuller içeren birçok hesap metodu vardır. Bu metodlar ve kabulleri hakkında detaylı bilgi Sadık Köseoğlu tarafından verilmektedir [1].

Kıvrımlı sistem merdivenlerin çözümü için geliştirilen bu hesap metodları genel olarak kıvrımlı sistem etkisini gözönüne alan ve almayan düzlemsel davranış hesap metodları olarak iki grupta toplanabilir.



Şekil 4.3. Kıvrımlı sistem merdivenlerde mesnet türleri ve yapım şekilleri

4.2.1 Kıvrımlı sistem etkisinin gözönüne alan hesap metodları

Kıvrımlı sistem merdivenlerde mesnetlenme koşulları uygun olduğunda kıvrımlı sistem etkisinin gözönüne almak boyutlamada ve sonuçta elde edilen donatı miktarında belirli bir ölçüde ekonomi sağlar. Fakat bu tür analizlerde yatay mesnet kuvvetlerinin güvenilir bir biçimde alındığının kontrolü gereklidir.

Osteroth H. H: 1989 yılında kıvrımlı sistem merdivenlerle ilgili yapısal davranışı incelemek amacıyla çalışmalar yapmıştır [1]. Bu deneyler ile sahanlığın yatay deformasyonlarına engel olmanın ve sahanlık ile merdiven kollarının birbirine monolitik bağlanmasının merdivenin yapısal sistemi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda uygun mesnet koşulları altında kıvrımlı levha çalışma etkisinin varlığı kanıtlanmıştır.

4.2.2 Kıvrımlı sistem etkisini gözönüne almayan hesap metodları

Karşılıklı düz kollu kıvrımlı sistem merdivenlerde mesnetlenme durumları kıvrımlı plak etkisinin oluşmasına uygun olmadığı zaman kullanılan hesap metodlarıdır. Bu tür merdiven mesnetlenme biçimlerine örnek olarak yalnız sahanlık uzun kenarlarından mesnetlenen ve bu sebeple boyuna doğrultuda çalışan iki sahanlıklı merdivenler ve kıvrım doğrultularında süreklilik sağlanmayan prefabrike merdivenler gösterilebilir. İç mesnetlerde süreklilik sağlansa bile dış mesnetlerde yanal ötelemenin olması veya dış mesnetlerin yeterince rijit olmaması sebebiyle meydana gelen ötelenmeler yine kıvrımlı levha etkisinin oluşmasına engel olurlar.

Kıvrımlı sistem etkisini gözönüne almayan hesap metodlarının geliştirilmesindeki amaç kolay ve güvenli yönde kalan bir hesap yöntemi elde etmektir. Çünkü bazı durumlarda merdivenlerde kıvrımlı levha etkisinin oluşup oluşmadığının belirlenmesi çok zordur. Bu yüzden güvenli tarafta kalmak düşüncesi ile kıvrımlı levha etkisi göz önüne alınmadan hesap yapılmaktadır.

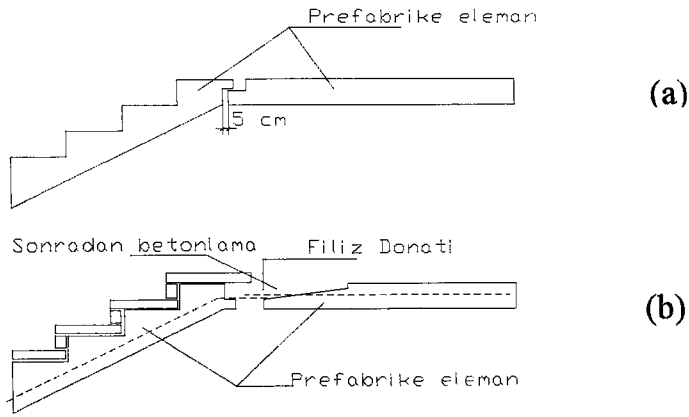
4.3 Betonarme Kıvrımlı Sistem Merdivenlerin İnşası

Bir merdivenin yapımını mimari koşulların yanı sıra, merdivenin mesnetlenme biçimi, komşu yapılarla bağlantısı ve yapısal analiz metodu gibi birçok parametre belirlemektedir. Basamak ölçüleri, eğim oranı ve ilk basamağın düzenlenmesi yapımı az etkileyen faktörlerdir. Fakat kıvrımlı sistem etkisinin gözönüne alınıp alınmaması merdivenin inşasını etkileyen en önemli faktörlerden biridir.

Merdivenin inşası hem yerinde dökme beton biçiminde ve hemde prefabrike eleman kullanımı ile olabilir. Prefabrike eleman kullanımı pek çok şantiyede tercih edilir. Prefabrike elemanlar normal olarak fabrikalarda imal edilmesine karşın, küçük prefabrike elemanların şantiyede yapılması tercih edilmektedir.

Prefabrike merdivenlerde eğimli kollar ile sahanlığın birleşme yerindeki mesnet çizgilerinin düzenlenmesi amacıyla değişik çözümler geliştirilmiştir. Şekil 4.4a'da çözümde eğimli kol plağı, mesnet kenarı pervazlaştırılarak sahanlıklarda oluşturulmuş getlere yerleştirilir. Bu çözüm kıvrımlı levha etkisinin oluşmasını sağlamaz. Çünkü serbest oturan bu uçta kuvvet taşınması mümkün değildir.

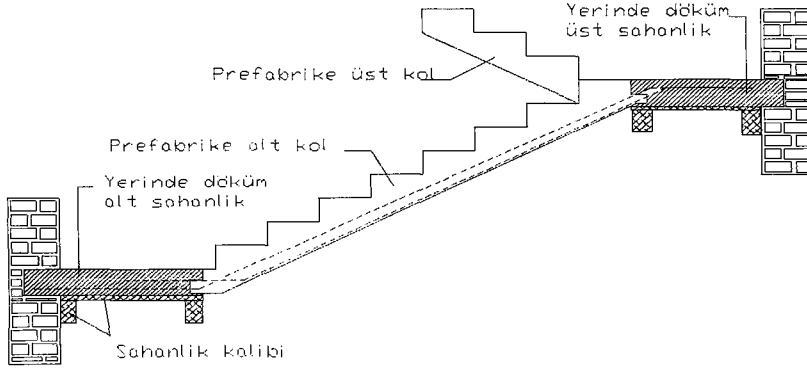
Şekil 4.4b'de yapılan çözüm kıvrımlı plak etkisinin oluşturulması için önerilebilecek bir metoddur. Sahanlık plağında oluşturulan bir bölgede sahanlık demirlerinin filizleri ile prefabrike kol plağının filizleri birleştirilerek arada kalan kısım yerinde betonlanır. Bu işlem birleşimin monolitik olmasını sağlar.



Şekil 4.4. Kıvrımlı sistem merdivenlerin yapımında mesnet oluşturulması

Karşılıklı düz kollu merdivenlerin Şekil 4.5’de görüldüğü gibi inşaatı yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu inşaa biçiminde sahanlık plakları sonradan yerinde dökümle oluşturulur.

Prefabrike olarak gelen eğik merdiven kolu plakları yapılırken donatı uçlarında filizler bırakılarak oluşturulur. Daha sonra bu eğik merdiven kolu plağı yerine yerleştirildikten sonra hazırlanmış olan sahanlık döşemesi kalıplarının içindeki döşeme donatıları ile bağlantıları yapılır. Sonuç olarak sahanlık plaklarının betonları döküldükten sonra monolitik bir üretim yapılmış olur.

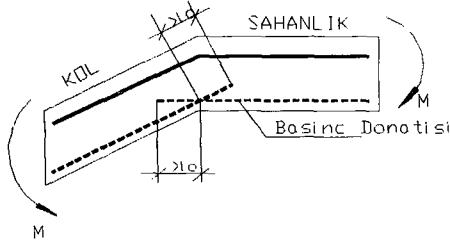


Şekil 4.5. Kıvrımlı sistem merdivenlerde yaygın yapım türü

4.4 Kıvrımlı Sistem Merdivenlerde Kesit Boyutlandırılması ve Donatı

Merdivenlerde yapılan yapısal analizde kıvrımlı levha etkisinin gözönüne alınması elde edilen donatı miktarında önemli bir ölçüde azalma meydana getirir. Bu hesap metodu donatının detaylandırılmasında kolaylık sağlar.

Merdivenin kıvrımlı levha olarak hesaplanması sonucunda kıvrım bölgesinde mesnetlenme oluşur. Bu mesnetlenmenin sonucunda kıvrım çizgisinde üstte negatif momentler oluşabilir. Bu durumda donatı detayı Şekil 4.6'da verildiği gibi düzenlenmelidir.

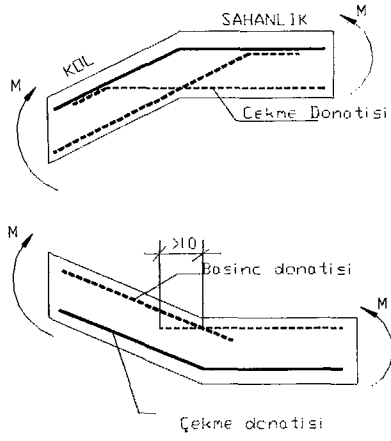


Şekil 4.6. Kıvrımlı sistem merdivenlerde kıvrımlı levha etkisinin gözönüne alındığı bağlantı detayı

Burada üstte kesintisiz olarak devam eden donatı eğilme çekme donatısıdır. Alta yer alan donatı ise genelde basınç donatısıdır. Bu donatı şekil 4.6'da gösterildiği gibi ankrajın sağlanması için kıvrım çizgisinden iki tarafa doğru l_0 ankrajlama uzunluğu kadar devam ettirilir. Ancak bu bölgede çekme olup olmadığı kontrol edilmeli, çekme olması durumunda donatı ek boyları artırılmalıdır.

Kıvrımlı sistem etkisine sahip merdivenlerde, eğilme davranışına ek olarak levhadaki düzlemsel tesirlerin de kontrol edilmesi gerekir. Bununla birlikte levha tesirlerinin önemli bir donatı gerektirmediği söylenebilir.

Kıvrımlı sistem etkisinin gözönüne alınmadığı veya olup olmadığından emin olunmadığı durumlarda kıvrım boyunca rijit bir mesnetlenme söz konusu değildir. Bu durumda kıvrım bölgelerinde üstte pozitif momentler oluşabilir. Bu duruma göre kıvrım bölgesindeki donatı detayı basit bir şekilde şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Kıvrımlı sistem merdivenlerde kıvrımlı levha etkisinin gözönüne alınmadığı durumdaki bağlantı detayı

5. NÜMERİK ÇALIŞMALAR

5.1 5 Katlı Merdiven Analizi

Birinci nümerik çalışmada yapı kat adedinin etkisinin incelenmesi amacıyla 5 katlı bir merdiven modellemesi yapılmıştır. Örnek merdivenin geometrik boyutları bölüm 1-4'de anlatılan geometrik boyut seçim esaslarına uygun olarak belirlenmiştir.

Özet ve giriş bölümlerinde açıklandığı gibi 2 ve 3 boyutlu modellemeler arasındaki çözüm sonuçlarının karşılaştırılması amacıyla 2 boyutlu çözüm için gerekli hesaplama değerleri elde edilmiştir. 2 boyutlu analiz Sadık Köseoğlu [1] tarafından yayınlanmış kitapta önerilen yöntemle yapılmış, ayrıca SAP90 programı ile tekrarlanmıştır.

Sadık Köseoğlu tarafından önerilen 2 boyutlu analiz sisteminde, merdiven, yapının kat adedi parametresi dikkate alınmadan pratik ve el çözümüne uygun olan bir yöntemle çözülmektedir. Merdiven kolu ve döşemeler 2 boyutlu kiriş olarak düşünülmüştür.

Yükleme durumu olarak kat döşemesi, ara sahanlık döşemesi ve merdiven kolu plaklarının hepsinde toplam yük (ölü+zati) olduğu kabul edilmektedir. Bu çözüm sonucu elde edilen kesit tesirleri en gayri müsait değerler olarak kabul edilmekte ve merdiven donatılandırılmaktadır.

Bu hesaplamalarda çözümü pratik hale getirmek için varsayımlar yapılmıştır. Birinci çalışmada kitabın 3. bölüm, 1. örneği kullanılmıştır.

Daha sonraki aşamada 2 boyutlu model SAP90 sonlu eleman programı ile çözülmüştür. Bu işlem için gerekli geometrik veriler, ölü, hareketli yükler ve malzeme özellikleri bir önceki aşamada kullanılan değerlerden yararlanılarak elde edilmiştir. Bu aşamada çerçeve (frame) elemanları kullanılarak sistemin sonlu eleman modeli hazırlanmıştır. Yapılan modellemede mesnetlerde yatay ve düşey yönlerde deplasman tutulmuş, düzleme dik yöndeki dönme serbest bırakılmıştır. Diğer düğüm noktalarının yatay ve düşey yönde deplasmanına izin verilmiştir. Bu modelde de bir önceki metodda olduğu gibi kat adedi parametresi dikkate alınmamıştır.

Birinci nümerik çalışmanın son aşamasında kat adedi parametresi dikkate alınarak merdiven üç boyutlu olarak modellenmiştir. Bu modelde SAP90 programının kütüphanesinde bulunan 4 noktalı kabuk elemanı kullanılmıştır. Model 1720 adet elemandan oluşmaktadır. Ara sahanlıklar ve kat döşemesi $14 \times 8 = 112$ elemandan, eğik merdiven kolu plakları ise $16 \times 6 = 96$ elemandan oluşmaktadır.

Sistem üç boyutlu olarak modellendiği için tüm düğüm noktalarının X,Y ve Z yönlerinde deplasmanlarına, ayrıca X ve Y eksenleri etrafında dönmelerine izin verilmiştir.

Yapılan birinci nümerik örnekte referans [1]'deki sınır şartları aynen uygulanmış, kat döşemesi ve ara sahanlık döşemeleri sadece uzun kenarlarından sabit mesnetli olarak tutulmuştur.

Çözülen üç boyutlu nümerik örnekte en gayri müsait kesit tesiri değerlerini elde etmek için 7 farklı yükleme durumu esas alınmıştır.

Beş açıklıklı bir sürekli kirişteki yükleme kombinasyonları 5 katlı merdivene uygulanmıştır. Genelde en gayri müsait kesit tesirleri bütün katlarda toplam yük etkimesi sonucunda elde edilmektedir. Yük durumlarının şekilleri ve açıklamaları Bölüm 5.2’de detaylı olarak verilmektedir.

Çalışma sonuncunda 7 yükleme durumu için kesit tesiri değerleri elde edilmiş ve bu değerlerden yararlanılarak 2 boyutlu çözüm sonuçlarından 3 boyutlu dağılımların elde edilebilmesi için gerekli katsayılar hesaplanmıştır. 3 boyutlu 5 katlı çözüm neticeleri, 2 boyutlu modele tekabül eden noktalara karşılık gelen doğrultular boyunca kıyaslanarak, düzlemsel doğrultulardaki dağılımlar elde edilmiştir. Eğik merdiven kolunun, döşeme ve ara sahanlıklar ile birleşim noktalarına karşılık gelen doğrultularda, 7 noktada kesit tesiri değerleri okunmuştur. Bir enkesit boyunca elemanlarda oluşan gerilme dağılımının ağırlıklı ortalaması o hatta ait gerilme değeri olarak esas alınmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde 2 boyutlu SAP90 çözümü ile Sadık Köseoğlu tarafından önerilen çözüm metodu arasında önemli bir fark olmadığı görülmektedir. İki metodda da en gayrimüsait kesit tesiri bütün katlarda toplam yük etkimesi durumunda ortaya çıkmıştır.

Üç boyutlu 5 katlı model ile Sadık Köseoğlu tarafından önerilen yöntemler arasındaki farkın tablolar ve grafikler ile irdelenmesi Bölüm 5.3’de detaylı olarak incelenmiştir.

Merdivendeki moment dağılımı karşılaştırma yapılacak olan doğrultularda incelendiğinde aralarında fazla fark olmadığı görülmektedir. Fakat iç köşelerde döşeme ve ara sahanlık plaklarından, merdiven kolu plağına geçiş olan bölgelerde lokal gerilme birikimleri görülmüştür. Kesit tesiri dağılımı ayrıca

eğik merdiven kolu plağının orta kısmında incelenmiştir. Yaklaşık olarak plağın ortasında maksimum kesit tesiri değerlerinin oluştuğu kabul edilmiştir.

Yukarıda özetlenen işlemler 5 katlı bir binanın her katında tekrarlanmış ve her kat için 7 yükleme durumu gözönüne alınarak çizelgeler oluşturulmuş, daha sonra en gayrimüsaait analiz sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar 2 boyutlu analiz için Sadık Köseoğlu'nun [1] önermiş olduğu metodla elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve 2 boyutlu tek katlı analiz sonuçlarından, 3 boyutlu çok katlı kesit tesirlerini elde edebilmek amacıyla katsayı çizelgeleri oluşturulmuştur.

Aşağıda, 2 tanesi 2 boyutlu, sonuncusu 3 boyutlu olan 3 çözüm metodunun uygulanması sırasında yapılan hesaplamalar ve kullanılan yöntem anlatılmaktadır.

5.2 Yükleme Durumları

5. bölümde açıklandığı gibi 5 katlı merdiven, 5 açıklıklı çerçeve sistemi gibi düşünülerek 7 yükleme durumu incelenmiştir. Bu bölümde kullanılan yük değerleri 2 boyutlu analizlerde kullanılan değerler ile aynıdır. Kullanılan yükleme durumları aşağıda verilmektedir.

- 1-) T,Z,T,Z,T
- 2-) Z,T,Z,T,Z
- 3-) T,T,T,T,T
- 4-) T,T,Z,T,Z
- 5-) Z,Z,T,Z,T
- 6-) Z,T,T,Z,T
- 7-) T,Z,Z,T,Z

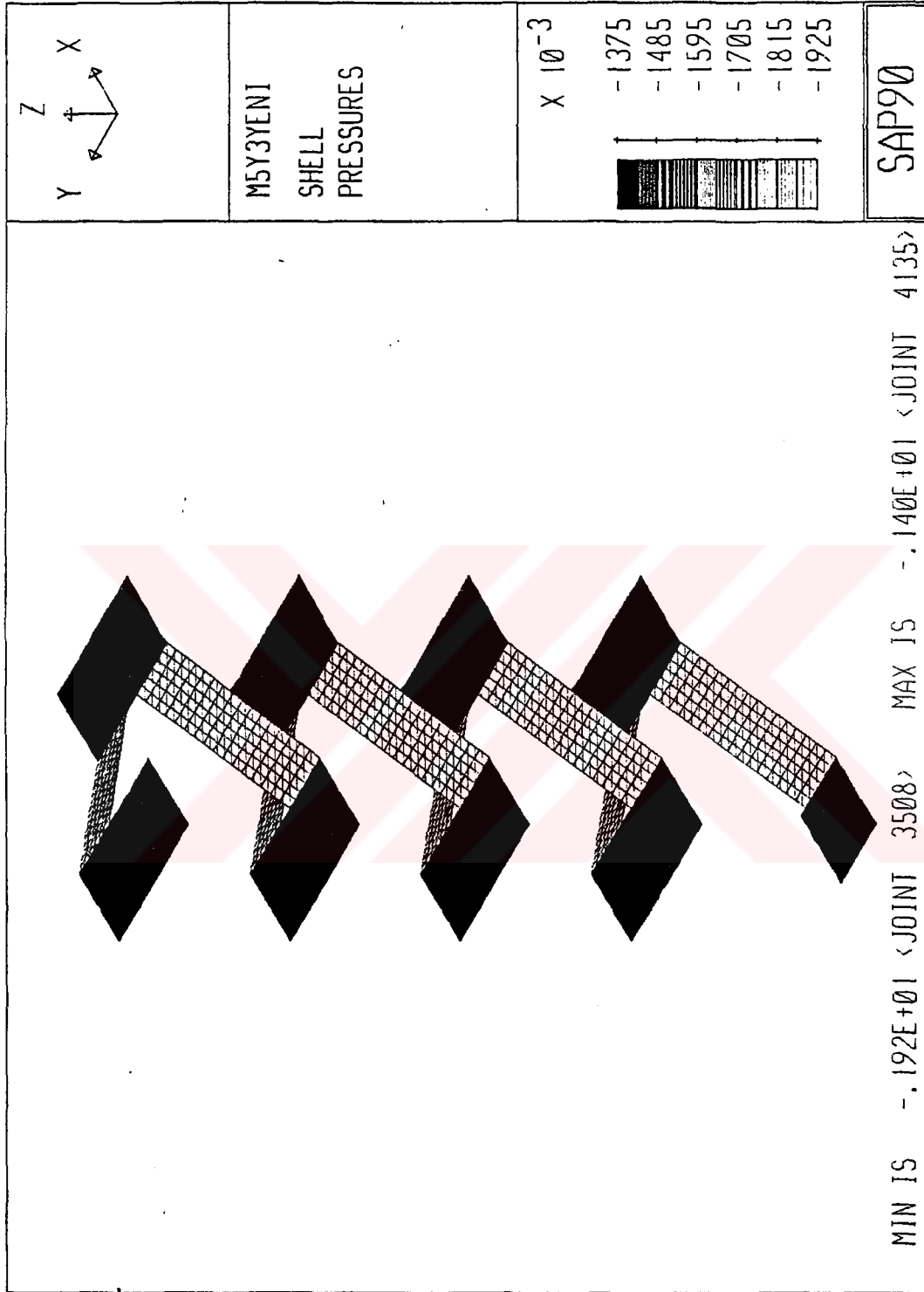
Yukarıda ifade edilen yük durumlarında, T toplam yükü, Z ise zati (ölü) yükü ifade etmektedir. Yükleme durumlarından 3 numaralı yük dağılımının katlara uygulanış sistematığı şekil 5.1’de gösterilmiştir.

5.3 Kesit Tesirlerinin Hesabı

Kesit tesirleri 3 ayrı yöntemle yapılmıştır. Bu yöntemler sırası ile referans 1’de anlatılan yöntem, 2 boyutlu SAP90 analizi ve 3 boyutlu SAP90 analizidir. Hesaplar aşağıda özetlenmiştir.

5.3.1 Refrans 1’e göre analiz (Sayfa 121-125)

Kesit tesirlerinin hesaplanması aşamasına geçmeden önce giriş olarak modellenen kat döşemesi, ara sahanlık ve eğik merdiven kolu plaklarına etkiyen yükler hesaplanmıştır. Bu yükler hesaplanırken belirlenen geometrik boyutlar kullanılmıştır.



Şekil 5.1 3 nolu yükleme durumunda plaklara etkiyen yüklerin dağılımı

Yüklerin hesaplanması:

1-Merdiven kolunda :

Plak zati ağırlığı	:	$0.20 \times 2.5 / 0.843$	$= 0.5938$
Basamak ağırlığı	:	$0.175 \times 2.3 / 2$	$= 0.2012$
Kaplama ve sıva ağırlığı	:		$= 0.175$
		$+$	
		$(Zati) g = 0.97 \text{ t/m}^2$	
		$(Hareketli) q = 0.35 \text{ t/m}^2$	

2-Sahanlıkta :

Plak zati ağırlığı	:	0.18×2.5	$= 0.450$
Kaplama ve sıva ağırlığı	:		$= 0.150$
		$+$	
		$(Zati) g = 0.60 \text{ t/m}^2$	
		$(Hareketli) q = 0.350 \text{ t/m}^2$	

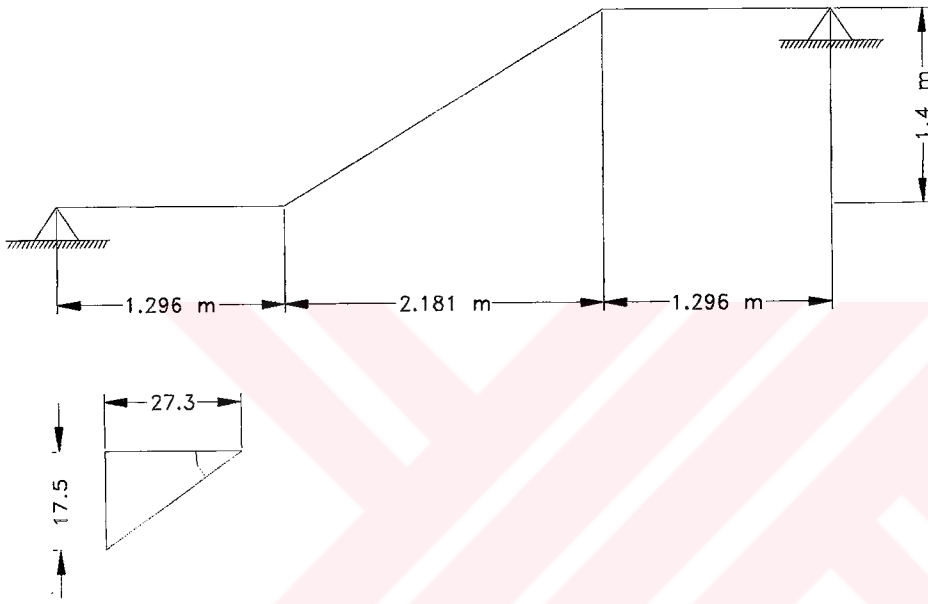
Toplam yük merdiven kolunda $= 1.918 \text{ t/m}^2$

Toplam yük sahanlıkta $= 1.40 \text{ t/m}^2$

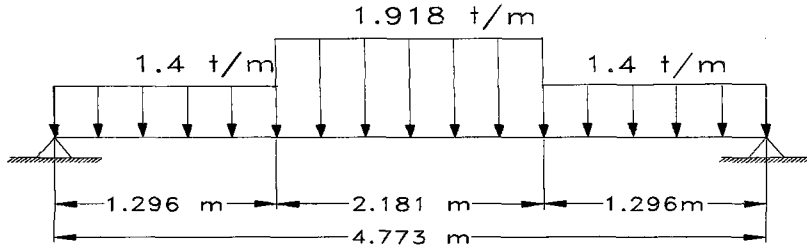
Şekil 5.2’de görülen tek katlı iki boyutlu model Sadık Köseoğlu tarafından önerilen yöntemde daha pratik ve elle çözülebilmesi için şekil 5.3’de görülen kiriş şeklinde modellenmiştir. Daha sonra çözülen nümerik örnekte mesnet şartlarının ve geometrinin simetrik olduğu varsayılarak kiriş basit denge denklemleri ile çözülmüştür (Bkz. Şekil 5.3).

Mesnet Reaksiyonları:

$$R_A = R_D = \frac{1.4 \times 1.296}{2} + \frac{1.4 \times 1.296}{2} + \frac{1.918 \times 2.18}{2} = 3.905 \text{ t}$$



Şekil 5.2. Örnek problemin geometrik boyutları



Şekil 5.3. 2 boyutlu modelin Referans 1'e uygun basitleştirilmiş modeli

Eğilme momentleri:

Maksimum moment:

$$M_{\max} = \frac{3.905 \times 4.772}{2} - \frac{1.4 \times 4.772^2}{8} - \frac{(1.918 - 1.4) \times 2.18^2}{8} = 5.025 \text{ t.m}$$

$$M_B = M_C = 3.905 \times 1.296 - \frac{1.4 \times 1.296^2}{2} = 3.885 \text{ t.m}$$

Kesme kuvvetleri ve normal kuvvetler:

Sahanlık plağında:

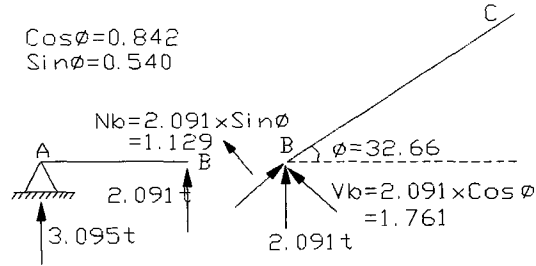
$$Q_A = Q_D = 3.905 \text{ t}$$

$$Q_B = Q_C = 3.905 - 1.4 \times 1.296 = 2.091 \text{ t}$$

Eğimli kol plağında:

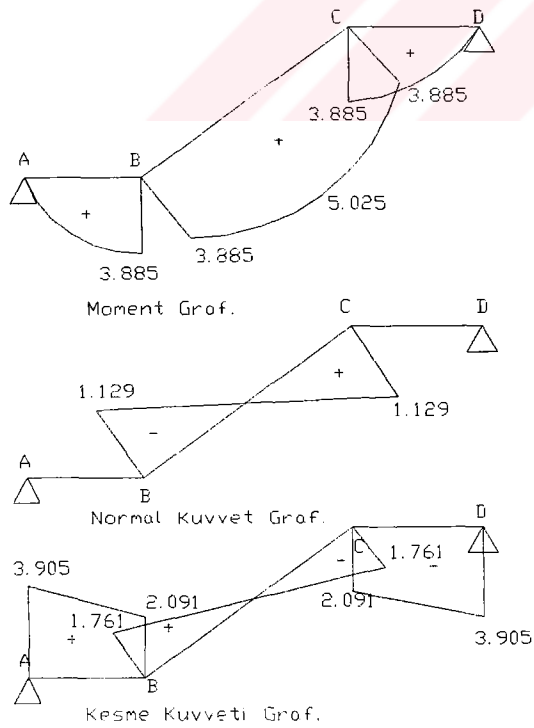
$$\cos \alpha = 0.842$$

$$\sin \alpha = 0.940$$



Şekil 5.4. 2 boyutlu modelde eğik kol plağında normal kuvvetler

Kesit Tesiri Grafikleri:



Şekil 5.5. Referans 1'e uygun 2 boyutlu analiz sonuçları

5.3.2 2 Boyutlu SAP90 analizi

SAP90 programı kullanılarak yapılan çözümlemede kiriş elemanları kullanılarak iki boyutlu çözümleme yapılmıştır. Bu çözümle bir önceki metodda olduğu gibi tek kat için uygulanmıştır. Çözüm için kullanılan data aşağıda verilmiştir.

MERDIVEN (2 BOYUTLU KARŞILAŞTIRMA REFERANS MODEL 1 T,T,T)

SYSTEM

L=1

JOINTS

1 X=0 Y=1.4 Z=0

2 X=1.296 Y=1.4

3 X=3.477390382 Y=0

4 X=4.773390382 Y=0

:

RESTRAINTS

1 R=1,1,1,1,1,0

2 R=0,0,1,1,1,0

3 R=0,0,1,1,1,0

4 R=1,1,1,1,1,0

:

FRAME

NM=2 NL=2

1 E=2000000 A=0.18 I=0.000486,1 W=2.5

2 E=2000000 A=0.20 I=0.000667,1 W=2.5

C DÖŞEME VE SAHANLIK TOPLAM YÜK

1 WG=0,-1.4,0

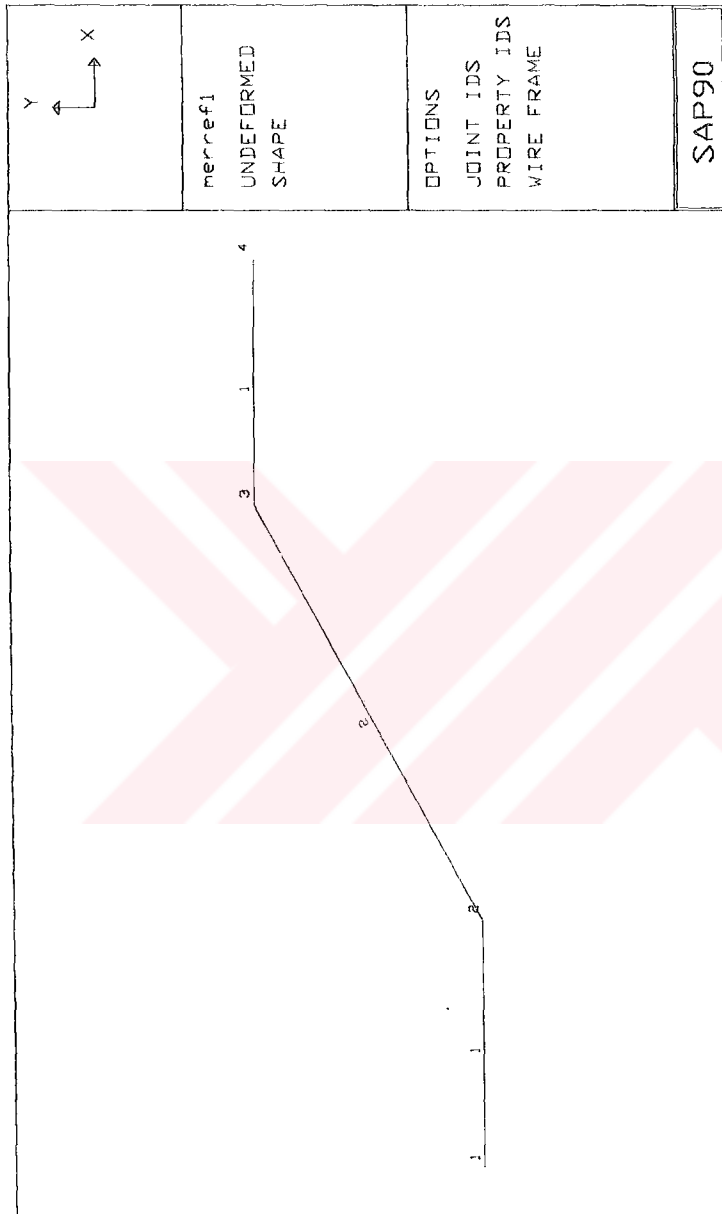
C EĞİK DÜZLEM TOPLAM YÜK

2 WG=0,-1.918,0

1 1 2 M=1 NSL=1

2 2 3 M=2 NSL=2

3 3 4 M=1 NSL=1



Şekil 5.6. 2 boyutlu SAP90 sonlu eleman modeli

Datanın ilk kısmında noktaların geometrik koordinatları verilmiştir. Şekil 5.6'da nokta numaraları ve eleman numaraları görülmektedir. 1 ve 4. düğüm noktaları sabit mesnetli olduğu için x ve y yönündeki deplasmanları tutulmuştur. Sadece z etrafında dönmeye izin verilmiştir. Ara sahanlık ve döşeme plakları 18 cm., eğik merdiven kolu ise 20 cm. kalınlıktadır.

Tüm sistem iki tip malzemedен oluşmaktadır. Modeldeki kirişlerin eni 1 metre alınarak kesit özellikleri birim genişlik için hesaplanmıştır.

Ara sahanlık ve kat döşemesi:

$$A=1 \times 0.18=0.18 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{1 \times 0.18^3}{12} = 0.000486 \text{ m}^4$$

Merdiven kolu:

$$A=1 \times 0.20=0.20 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{1 \times 0.20^3}{12} = 0.000667 \text{ m}^4$$

Sonuç olarak elde edilen kesit tesiri değerleri aşağıda verilmiştir.

PAGE 1

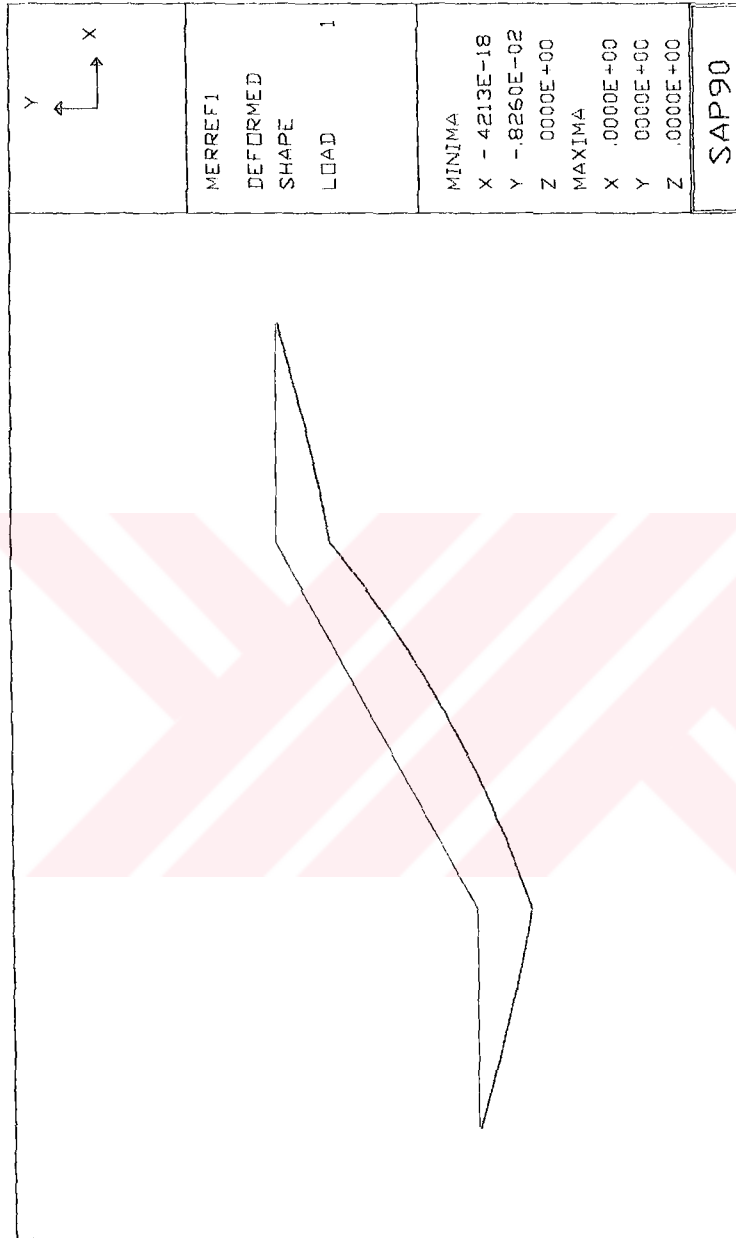
PROGRAM:SAP90/FILE:merref1.F3F

MERDIVEN (2 BOYUTLU KARSILASTIRMA REFERANS MODEL 1
T,T,T)

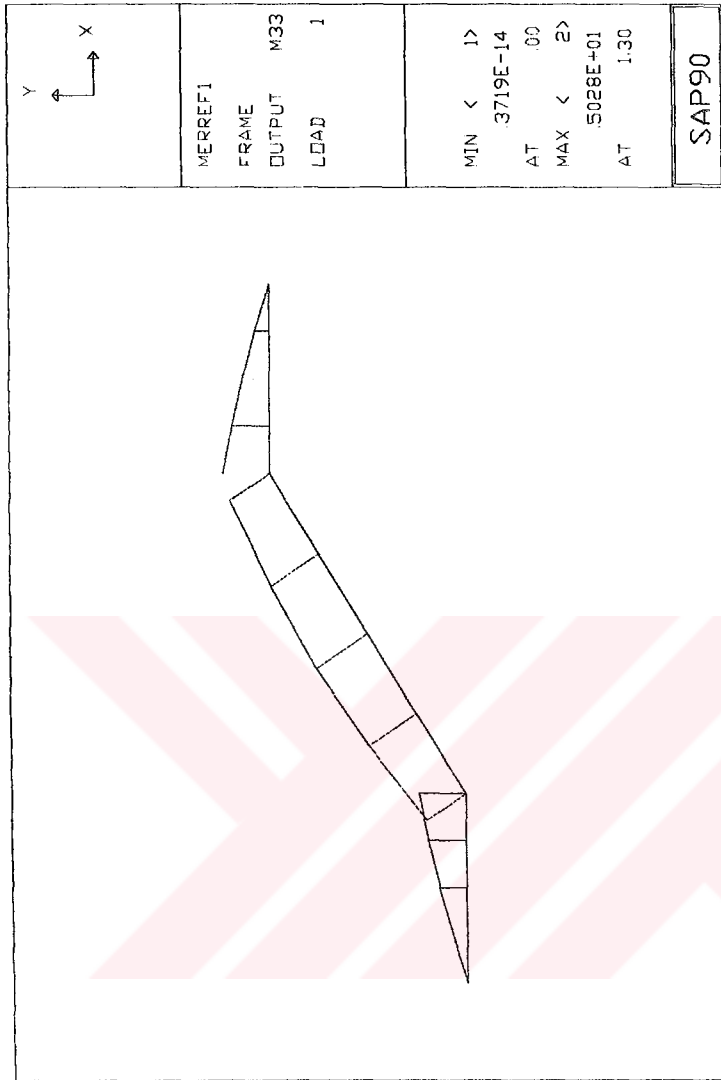
FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD	DIST	1-2 PLANE		AXIAL	1-3 PLANE		AXIAL
ID COND	ENDI	SHEAR	MOMENT	FORCE	SHEAR	MOMENT	TORQ
1 -----							
1	.000			.000			
	.000	3.906	.000				
	1.296	2.092	3.887				
	1.296			.000			
2 -----							
1	.000			1.130			
	.000	1.761	3.887				
	1.296	.000	5.028				
	2.592	-1.761	3.887				
	2.592			-1.130			
3 -----							
1	.000			.000			
	.000	-2.092	3.887				
	1.296	-3.906	.000				
	1.296			.000			

Sistemin deforme olmuş durumu şekil 5.7’de ve moment dağılımı şekil 5.8’de görülmektedir.



Şekil 5.7. SAP90 2 boyutlu analiz modelinde sistemin deforme olmuş şekli



Şekil 5.8. SAP90 2 boyutlu analiz sonucu moment grafiği

2 Boyutlu sistem analizi 9 noktadan oluşan ikinci bir model üzerinde tekrar yapılmıştır. Sistemi oluşturan nokta sayısı artırılarak kesit tesiri ve deformasyonların merdiven uzunluğu boyunca dağılımının incelenmesi amaç edinilmiştir. Geometrik boyut, malzeme özellikleri ve mesnet şartları bir önceki analiz ile tamamen aynıdır. Bu analiz sonucunda elde edilen kesit tesiri, deformasyon ve reaksiyonlar aşağıda sunulmuştur.

Bölüm 5.3’de verilen ve karşılaştırma sonuçlarını ifade eden grafiklerde bu değerler kullanılmıştır.

```

$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$  $$$$$$$$  $$$$$$$$$$  $$$$$$$$
$$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$
$$          $$    $$  $$    $$  $$          $$  $$    $$
$$          $$    $$  $$    $$  $$          $$  $$    $$
$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$  $$    $$
          $$  $$    $$  $$          $$  $$    $$
          $$  $$    $$  $$          $$  $$    $$
$$$$$$$$$$$  $$    $$  $$    $$$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$
$$$$$$$$$  $$    $$  $$    $$$$$$$$$$  $$$$$$$$

```

STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS

VERSION 5.40

Copyright (C) 1978-1992
EDWARD L. WILSON
All rights reserved

PAGE 1

PROGRAM:SAP90/FILE:mergraf.F3F

MERDIVEN (2 BOYUTLU KARSILASTIRMA REFERANS MODEL 1 T,T,T)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT	LOAD	DIST	1-2 PLANE	AXIAL	1-3 PLANE	AXIAL
ID	COND	ENDI	SHEAR	MOMENT	FORCE	SHEAR
						MOMENT
						TORQ
1	-----					
1	.000			.005		
	.000	3.905	.000			
	.486	3.224	1.732			
	.486			.005		
2	-----					
1	.000			.005		
	.000	3.224	1.732			
	.810	2.090	3.885			
	.810			.005		

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COND	DIST ENDI	1-2 PLANE SHEAR	1-2 PLANE MOMENT	AXIAL FORCE	1-3 PLANE SHEAR	1-3 PLANE MOMENT	AXIAL TORQ
3 -----								
1		.000			-1.125			
		.000	1.762	3.885				
		.486	1.101	4.580				
		.486			-.701			
4 -----								
1		.000			-.701			
		.000	1.102	4.580				
		.810	.001	5.027				
		.810			.005			
5 -----								
1		.000			.005			
		.000	.001	5.027				
		.648	-.879	4.742				
		.648			.570			
6 -----								
1		.000			.570			
		.000	-.879	4.742				
		.648	-1.759	3.888				
		.648			1.135			
7 -----								
1		.000			.005			
		.000	-2.093	3.888				
		.810	-3.227	1.734				
		.810			.005			
8 -----								
1		.000			.005			
		.000	-3.227	1.734				
		.486	-3.907	.000				
		.486			.005			

PAGE 2

PROGRAM: SAP90/FILE:mergraf.SOL

MERDIVEN (2 BOYUTLU KARSILASTIRMA REFERANS MODEL 1 T,T,T)

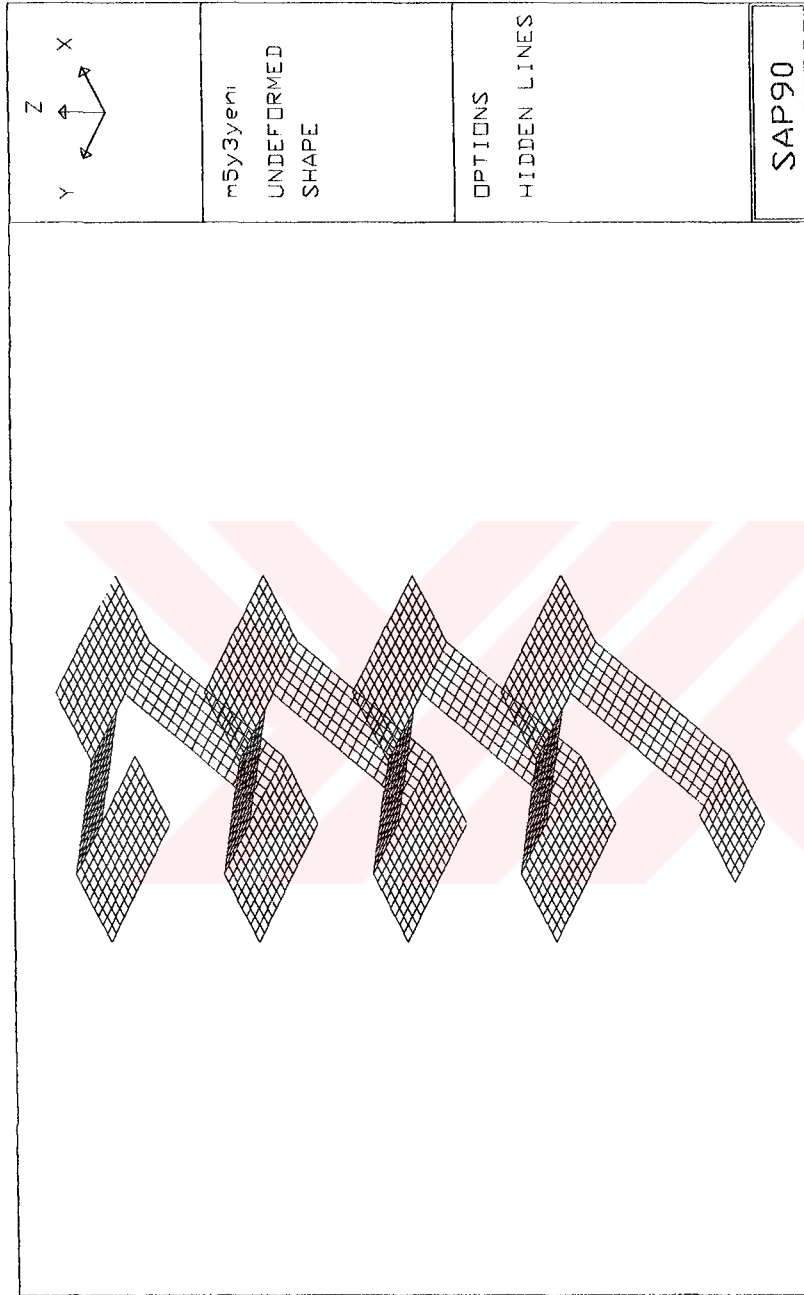
REACTIONS AND APPLIED FORCES

LOAD CONDITION 1 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(X)	F(Y)	M(Z)
1	.0000	.0000	.0000
3	.0000	.0000	.0000
4	.0000	.0000	.0000
7	.0000	.0000	.0000
8	.0000	.0000	.0000
10	.0000	.0000	.0000
11	-.1080E-11	.0000E+00	.0000E+00
12	-.0048	3.9046	.0000
13	.0048	3.9074	.0000
TOTAL	-.4547E-12	.7812E+01	.9937E-13

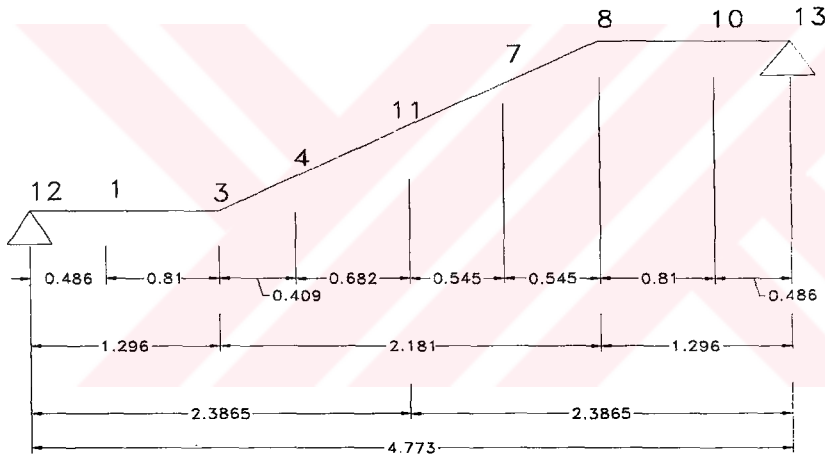
5.3.3 3 Boyutlu SAP90 analizi

3 boyutlu analiz için kullanılan SAP90 modeli 5. Bölümün giriş kısmında özetlendiği gibi hazırlanmıştır. Model 8 adet eğik merdiven kolu plağı, giriş döşemesi dahil 5 adet kat döşemesi plağı ve 4 adet arasahanlık plağından oluşturulmuştur. Eğik merdiven kolu plağında $16 \times 6 = 96$, giriş döşemesi hariç döşemeler ve arasahanlık plaklarında ise $14 \times 8 = 112$ eleman kullanılmıştır. Bütün model toplam 1720 adet elemandan oluşmaktadır.



Şekil 5.9. 5 katlı sonlu eleman modelinin 3 boyutlu deforme olmamış şekli

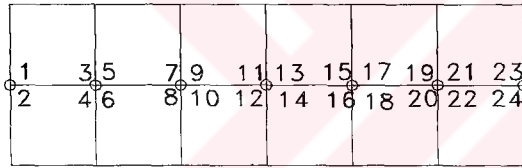
Şekil 5.9'da verilen 3 boyutlu modelin analiz sonuçları ile 2 boyutlu modeller çeşitli doğrultularda kesit tesiri değerleri karşılaştırılarak analizler arası farkların incelenmesi amaçlanmıştır. Karşılaştırılma yapılan doğrultular şekil 5.10'da görülmektedir.



Şekil 5.10. 2 ve 3 boyutlu modeller arasında karşılaştırma yapılan doğrultular

2 boyutlu ve 3 boyutlu modeller arasında kesit tesiri ve deformasyon değerleri arasındaki farkın daha iyi görülebilmesi için ikisi mesnet olmak üzere toplam dokuz doğrultuda ve her kat için bu iki model değerlerini karşılaştıran grafikler oluşturulmuştur. Grafiklerin oluşturulması için kullanılan değerler Ek A'da, çizelge A1-A8'de verilmiştir. Çizelgelerde, yukarıda özetlendiği gibi 9 nokta için üç boyutlu modelin analiz sonuçlarından elde edilen kesit tesiri değerlerinin ağırlıklı ortalaması ile 2 boyutlu el ve SAP90 çözümü sonuçlarının karşılaştırıldığı kısımlar yer almaktadır.

Kesit tesirlerinin karşılaştırma yapıldığı doğrultularda ortalama alınma işleminde şekil 5.11'deki sistem kullanılmaktadır.



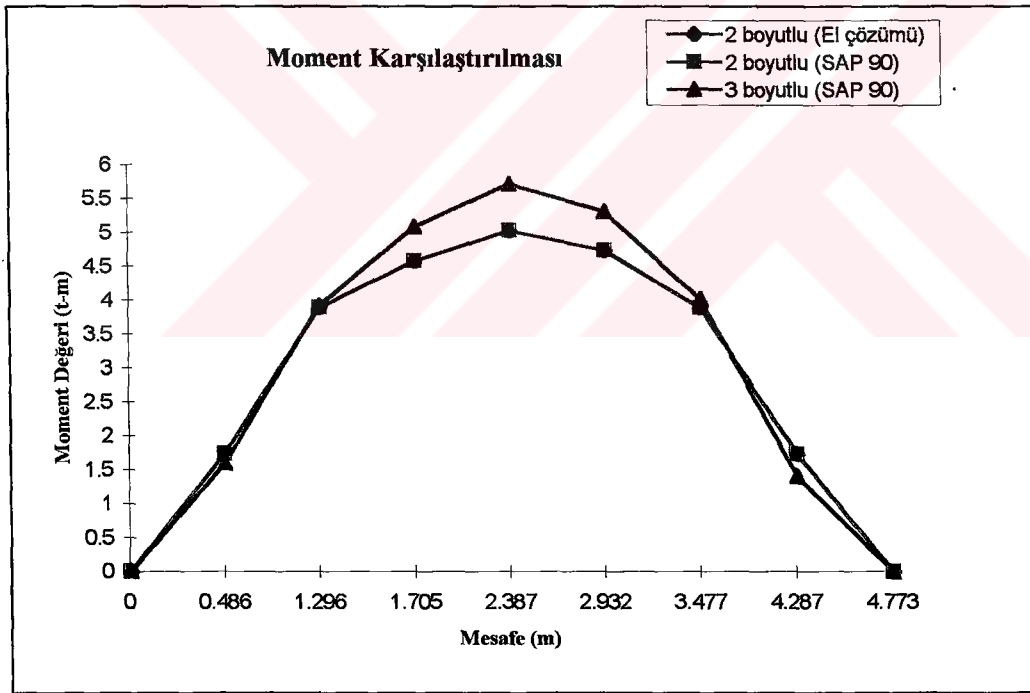
Şekil 5.11. Karşılaştırma yapılan doğrultulardaki ağırlıklı ortalama alma işlemi

Yukarıdaki şekilde modelin eğik merdiven kollarından alınan ve karşılaştırma yapılacak bir doğrultuda modeli meydana getiren plak elemanlarından okunan değerler ve ortalamalarının alındığı tipik noktalar gösterilmiştir.

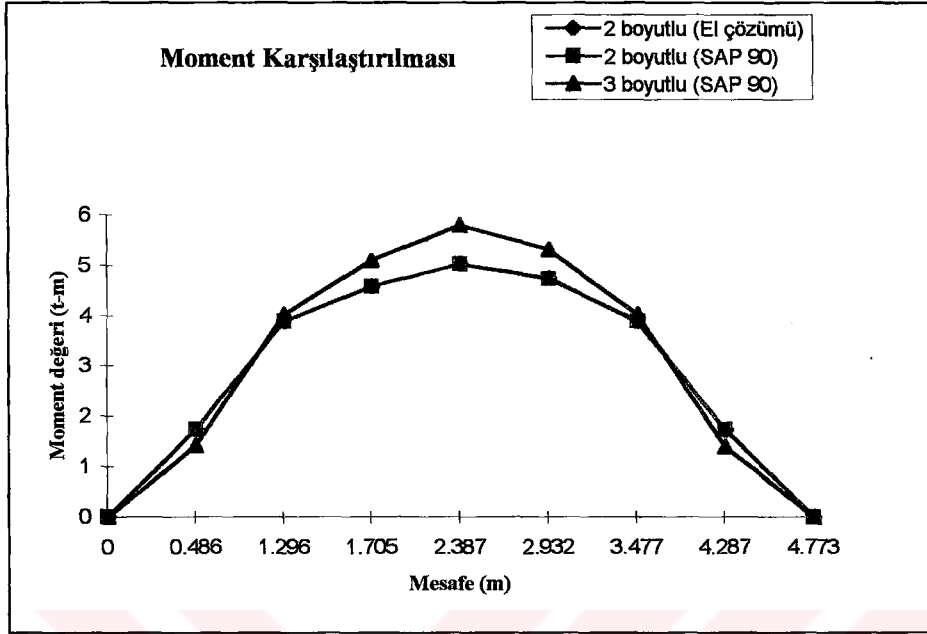
Bu işlemler 3 boyutlu modelde karşılaştırma yapılacak 9 doğrultuda ve her kat için ayrı ayrı tekrarlanmıştır. Oluşturulan grafikler bu ortalama değerler ile 2 boyutlu çözümler arasındaki karşılaştırmalar için yapılmıştır.

Çizelgeler ve grafikler incelendiğinde 5 katlı modelin 8 parçaya bölüldüğü görülmektedir. Her parça için elde edilen 3 boyutlu sonuçlar ile 2 boyutlu analizlerin sonuçlarının karşılaştırılması için grafikler Şekil 5.12-5.19'da sunulan grafiklerde görülmektedir.

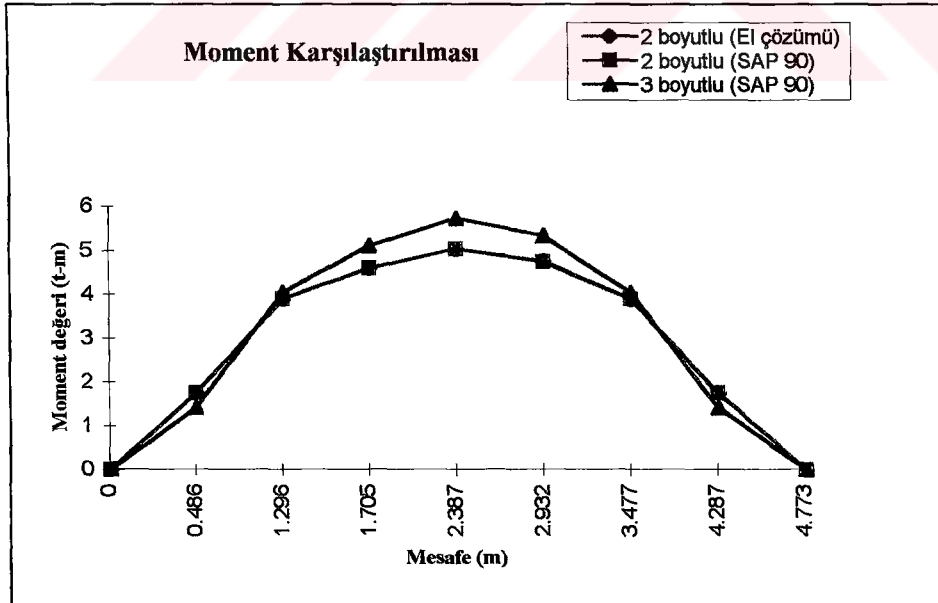
Bu grafiklerde şekil 5.10'da verilen doğrultulara karşılık gelen 2 boyutlu analiz sonuçları ile 3 boyutlu analiz sonuçlarının bu doğrultulardaki ortalama değerleri karşılaştırılmıştır. 3 boyutlu analizde ortalama değer hesaplanırken şekil 5.11'de ifade edilen yöntem izlenmiştir.



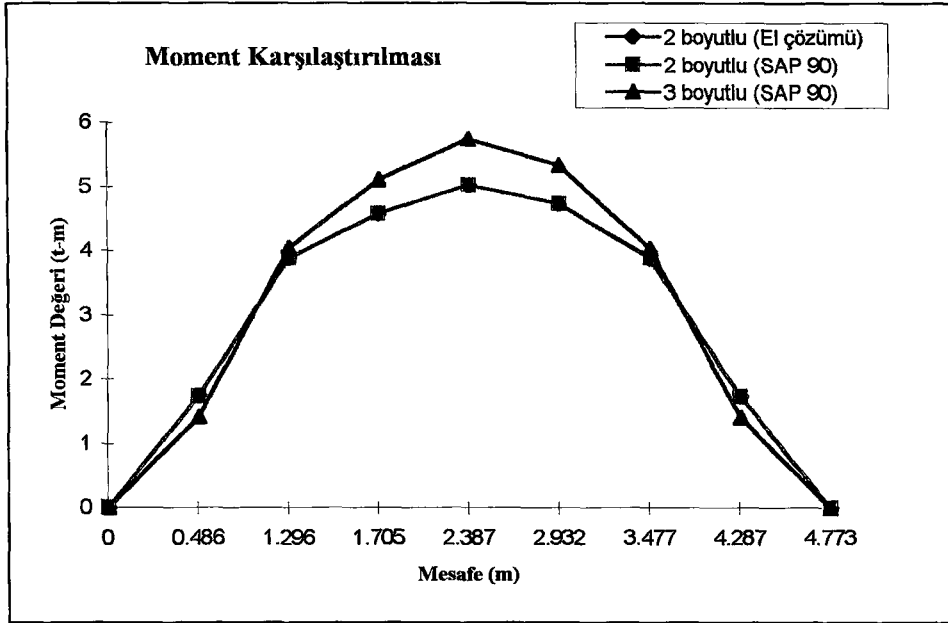
Şekil 5.12. 1. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması



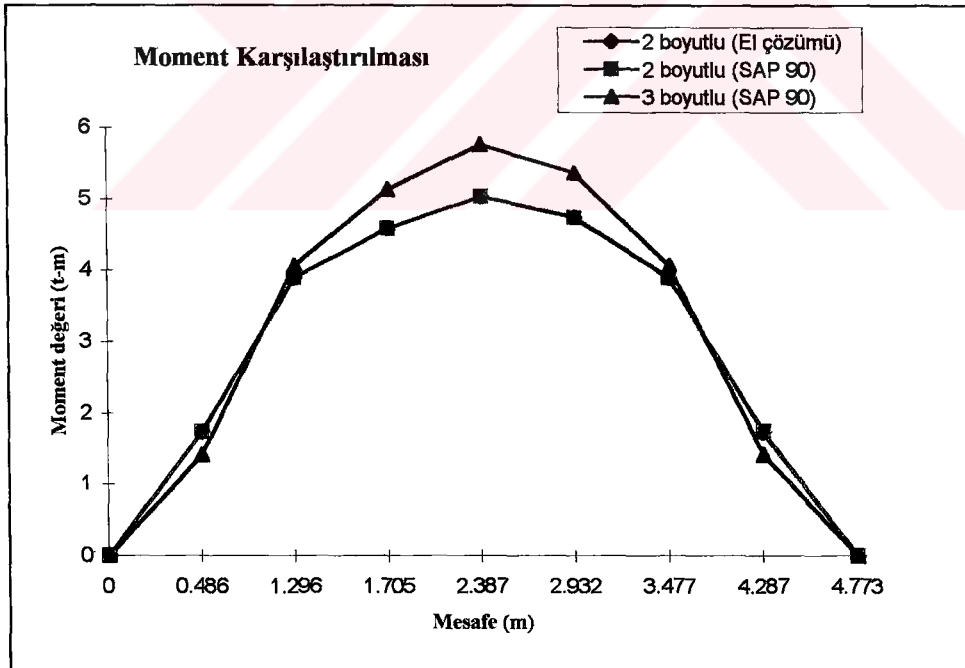
Şekil 5.13. 2. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması



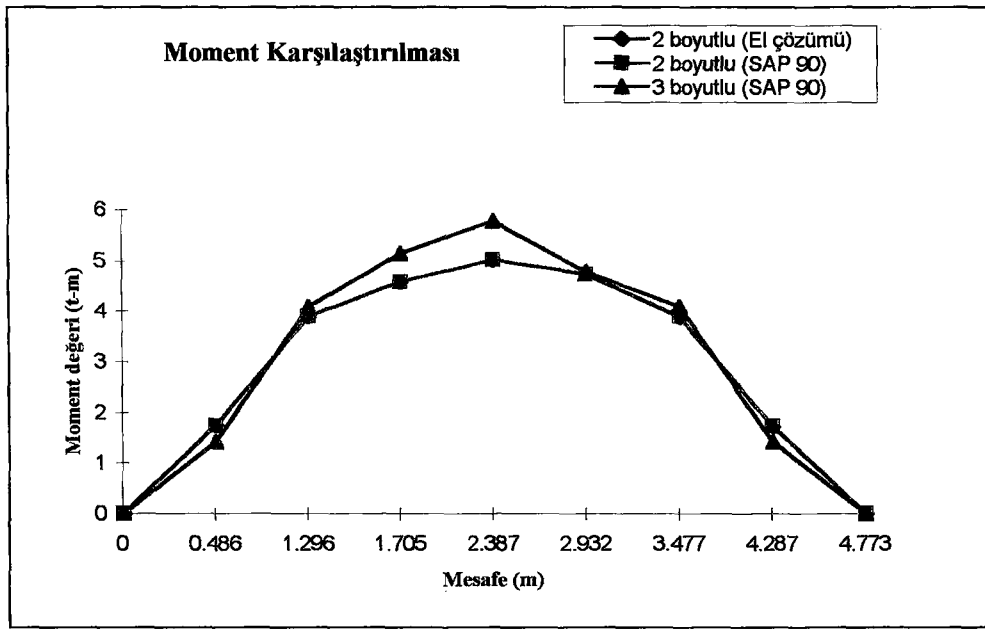
Şekil 5.14. 3. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması



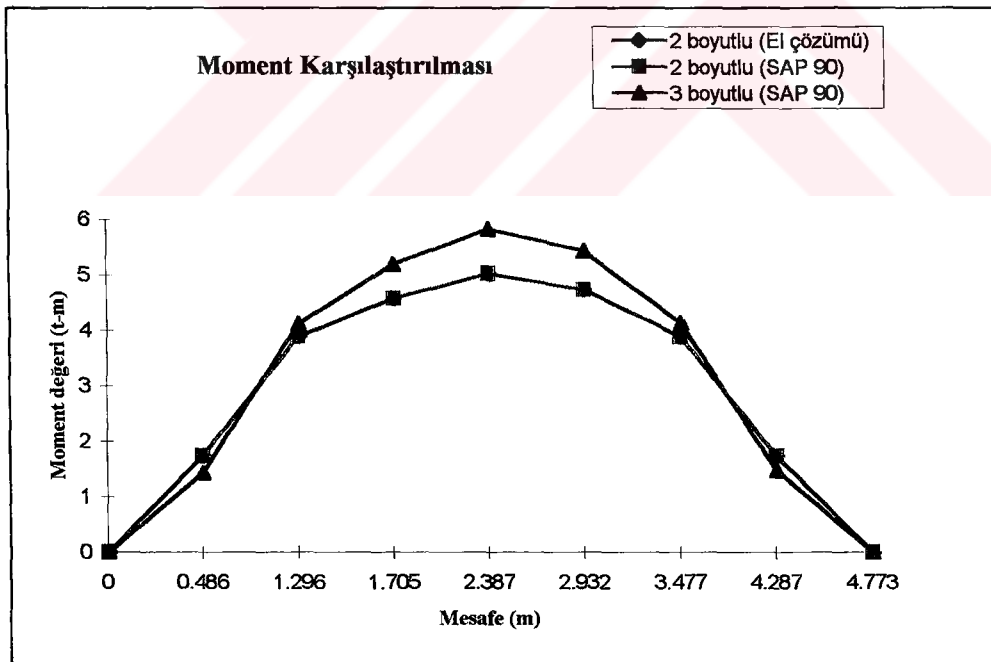
Şekil 5.15. 4. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması



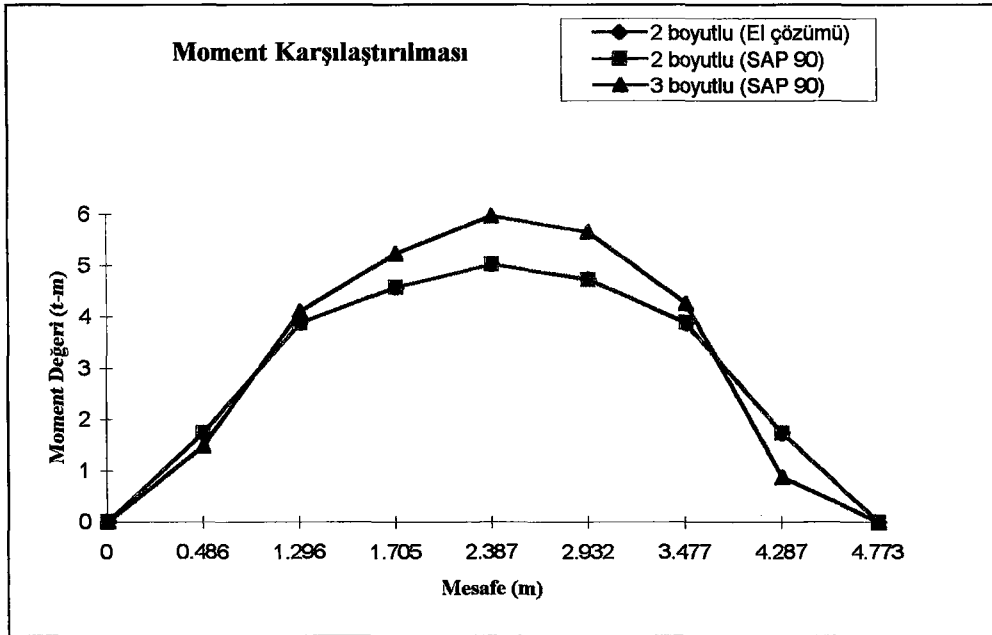
Şekil 5.16. 5. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.17. 6. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.18. 7. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.19. 8. parça için 3 boyutlu ve 2 boyutlu moment değerlerinin karşılaştırılması

Yukarıdaki grafiklerde sunulan her parça birtakım bölümlerden oluşmaktadır. 3 boyutlu modeli oluşturan bu bölümler aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir.

Çizelge 5.1. Grafiklerin 3 boyutlu modelde karşılık geldiği bölümler

Grafikteki karşılığı	3 boyutlu modeldeki anlamı
1. parça	Giriş döşemesi, 1. Eğik düzlem ve 1. Arasahanlık
2. parça	1. Arasahanlık, 2. Eğik düzlem ve 2. Kat döşemesi
3. parça	2. Kat döşemesi, 3. Eğik düzlem ve 2. Arasahanlık
4. parça	2. Arasahanlık, 4. Eğik düzlem ve 3. Kat döşemesi
5. parça	3. Kat döşemesi, 5. Eğik düzlem ve 3. Arasahanlık
6. parça	3. Arasahanlık, 6. Eğik düzlem ve 4. Kat döşemesi
7. parça	4. Kat döşemesi, 7. Eğik düzlem ve 4. Arasahanlık
8. parça	4. Arasahanlık, 8. Eğik düzlem ve 5. Kat döşemesi

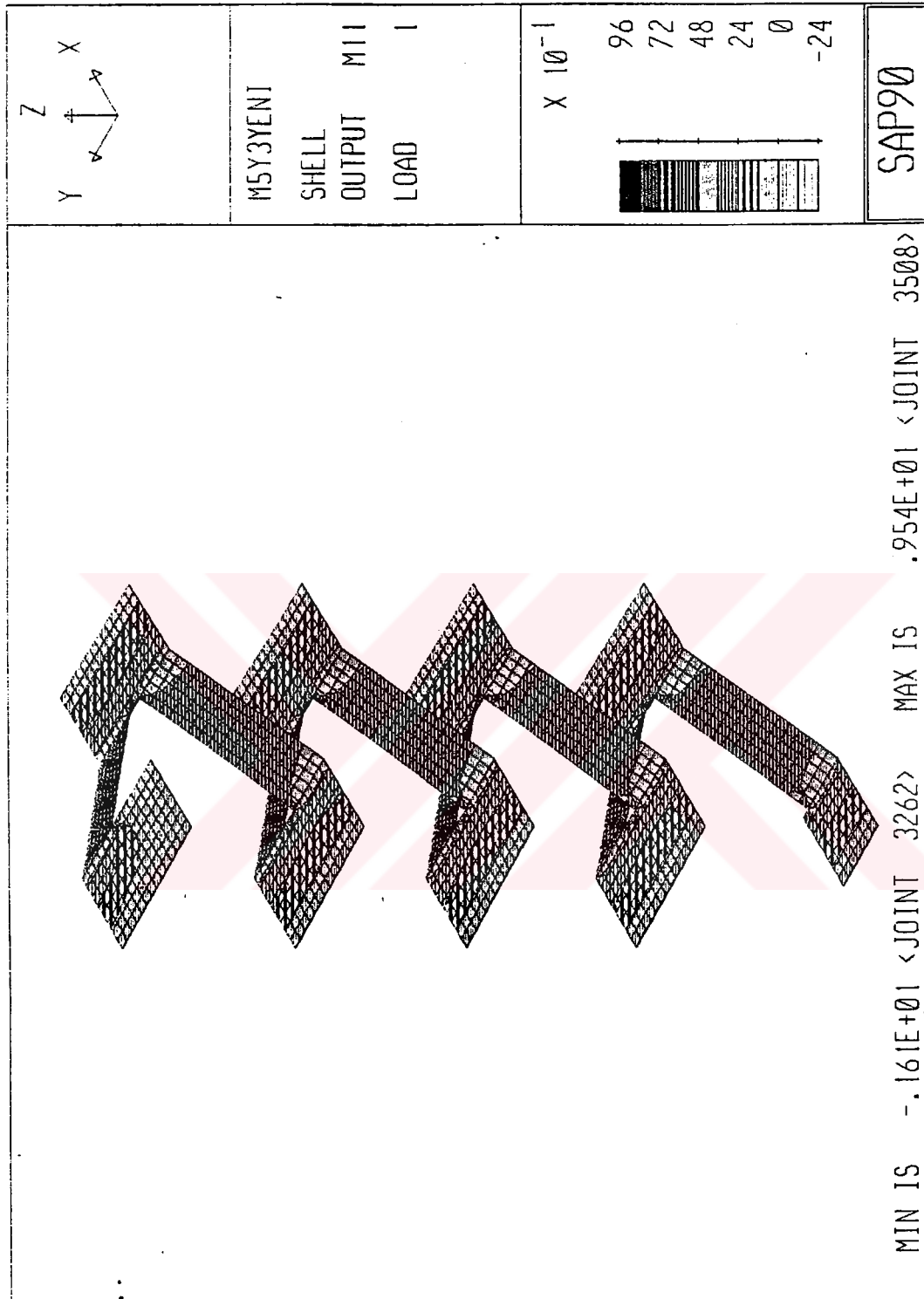
Grafikler ve çizelgeler incelendiğinde 2 boyutlu analiz sonuçları ile 3 boyutlu analiz sonuçlarının dağılım olarak birbirine uyduğu, ancak moment kesit tesiri değerleri arasında maksimum %20'ye yaklaşan bir fark olduğu gözlenmiştir.

Bu fark bütün katlarda ve merdiven komponentlerinde görülmekte ve yaklaşık olarak %18-%20 değerleri arasında kalmaktadır. 3 boyutlu modelin moment dağılımı Şekil 5.20'de verilmiştir.

Çizelge 5.2.'de 3 boyutlu modeli meydana getiren bölümlerin moment dağılımı 2 boyutlu analiz sonuçları ile karşılaştırılmış ve fark yüzdeleri sunulmuştur.

Çizelge 5.2. 3 boyutlu ve 2 boyutlu modeller arası moment farklılaşımı

Grafikteki karşılığı	3 boyutlu modeldeki bölümler	2 boyutlu model ile moment farkı (%)
1. parça	Giriş döşemesi, 1. Eğik düzlem ve 1. Arasahanlık	19.11
2. parça	1. Arasahanlık, 2. Eğik düzlem ve 2. Kat döşemesi	19.44
3. parça	2. Kat döşemesi, 3. Eğik düzlem ve 2. Arasahanlık	19.327
4. parça	2. Arasahanlık, 4. Eğik düzlem ve 3. Kat döşemesi	19.221
5. parça	3. Kat döşemesi, 5. Eğik düzlem ve 3. Arasahanlık	18.912
6. parça	3. Arasahanlık, 6. Eğik düzlem ve 4. Kat döşemesi	18.565
7. parça	4. Kat döşemesi, 7. Eğik düzlem ve 4. Arasahanlık	18.00
8. parça	4. Arasahanlık, 8. Eğik düzlem ve 5. Kat döşemesi	19.583



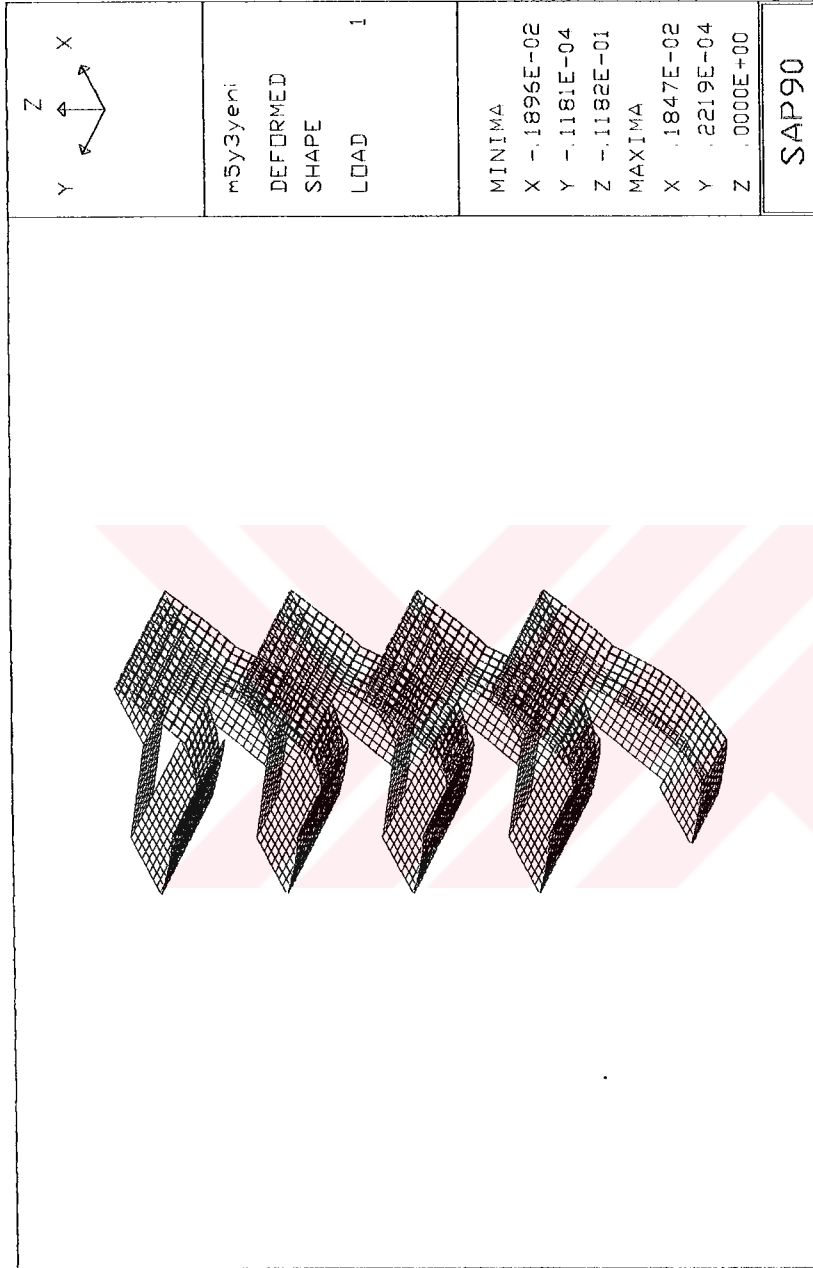
Şekil 5.20. 3 boyutlu modelin analizi sonucu elde edilen moment dağılımı

3 boyutlu modelde meydana gelen deplasman incelendiğinde Z eksen yönünde meydana gelen düşey deplasman değerinin yükseklik arttıkça arttığı gözlenmiştir. En üst kattaki düşey deformasyon maksimumdur. Çizelge 5.3’de 11’ nolu nokta olan eğik merdiven kolu plağının ortasındaki noktadaki sehimin katlara göre değişimi verilmiştir.

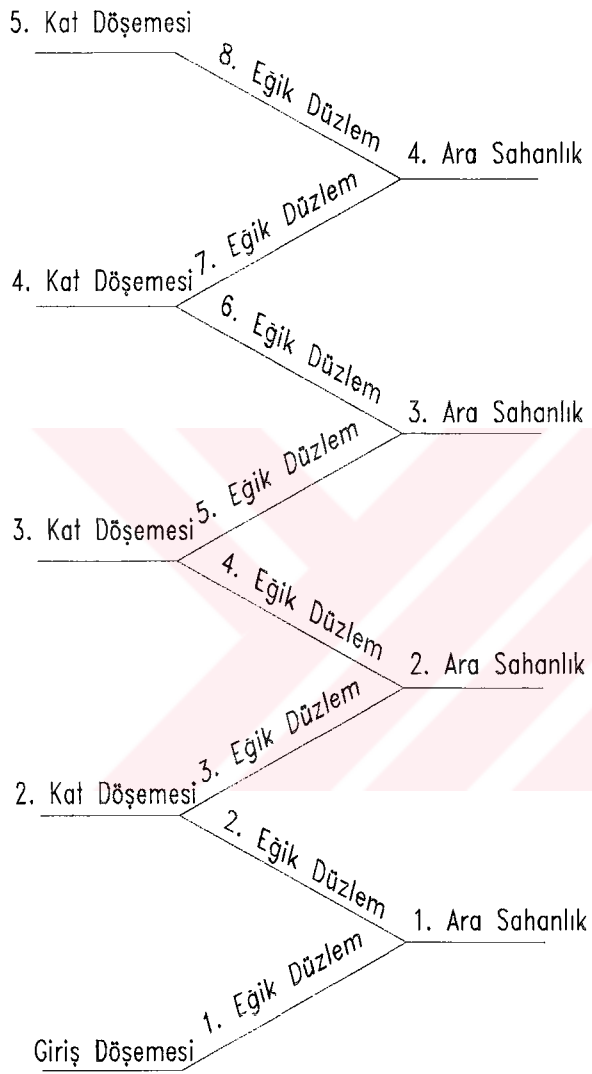
Çizelge 5.3. 3 boyutlu ve 2 boyutlu modellerin 11 nolu noktasında deplasman karşılaştırılması (Bkz. Şekil 5.22)

3 boyutlu modeldeki bölümler	3 Boyutlu model Deplasmanı (m)	2 Boyutlu model Deplasmanı (m)	Modeller arası fark (%)
Giriş döşemesi, 1. Eğik düzlem ve 1. Arasahanlık	0.01137	0.010820	4.837
1. Arasahanlık, 2. Eğik düzlem ve 2. Kat döşemesi	0.01138	0.010820	4.921
2. Kat döşemesi, 3. Eğik düzlem ve 2. Arasahanlık	0.01139	0.010820	5.004
2. Arasahanlık, 4. Eğik düzlem ve 3. Kat döşemesi	0.01142	0.010820	5.254
3. Kat döşemesi, 5. Eğik düzlem ve 3. Arasahanlık	0.01146	0.010820	5.585
3. Arasahanlık, 6. Eğik düzlem ve 4. Kat döşemesi	0.01153	0.010820	6.158
4. Kat döşemesi, 7. Eğik düzlem ve 4. Arasahanlık	0.01163	0.010820	6.946
4. Arasahanlık, 8. Eğik düzlem ve 5. Kat döşemesi	0.01182	0.010820	8.460

Grafikler incelendiğinde 2 boyutlu el çözümü ve 2 boyutlu SAP90 analizi sonuçlarının oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu iki analiz arasındaki fark %0.139-%0.00436 değerleri arasında kalmaktadır (Bkz. Çizelge A1-A9).



Şekil 5.21. 3 boyutlu 5 katlı modelin deforme olmuş şekli



Şekil 5.22. 5 katlı modeli oluşturan komponentler

5.4 2 Katlı Merdiven Analizi

Bu örnekte sınır şartlarının kesit tesirleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İncelenen örnekte arasahanlık ve kat döşemesi plaklarının üç tarafıda sabit mesnetli olarak alınmıştır. Önce referans 1'de verilen analiz metodu uygulanmıştır. Daha sonra 3 boyutlu modelden alınan bir şerit üzerinde analiz yapılmıştır. Son olarak ise 2 katlı ve 3 boyutlu sonlu eleman modeli analiz edilerek bu üç analizden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

5.4.1 Referans 1'e göre analiz (Sayfa 131-138)

Bu kısımda referans 1'de verilen analiz (Sadık Köseoğlu,1992) yöntemi uygulanmıştır. Bu analizde katlanmış plak etkisi a-)göz önüne alınarak, b-) alınmadan ve c-)kısmen alınarak üç metodla yapılmıştır.

Yöntemin ilk kısmında kesit tesiri büyüklüklerinin hesaplanabilmesi için kullanılacak geometrik verilerin ve yüklerin hesaplanması yer almaktadır. Hesaplamanın bu kısmı aşağıda sunulmuştur.

Sistem açıklıkları:

$$\text{Kol plağı için : } l_L = n \times a = 8 \times 27.26 = 218.1 \quad = 2.181 \text{ m}$$

$$l'_L = l_L / \cos \alpha = 2.181 / 0.841 = 2.592 \text{ m}$$

$$\text{Sahanlık plağı için : } l_{px} = 1.05 \times (2 \times 0.972 + 0.324) = 2.38 \text{ m}$$

$$l_{py} = 1.025 \times 1.296 = 1.33 \text{ m}$$

Örtü betonu için yararlı yükseklikler:

$$\text{Kol plağında : } h = 20 - 1.5 = 18.5 \text{ cm}$$

Sahanlıkta: $h_x=18-2 =16 \text{ cm}$

$h_y=16-1 =15 \text{ cm}$

Sehim sınırlandırması:

Kol plağı için: $l_i/h=0.6 \times 218.1/18.5=7.07 < 35$

Yükler:

Bu kısımda sisteme etkiyen yükler Bölüm 5.1'deki yüklerle aynıdır.

Merdiven kolu plağı için: $g_L=0.97$ $\swarrow$ $\searrow$ $q_L=1.32 \text{ t/m}^2$
 $p=0.350$

Sahanlık plağı için : $g_p=0.60$ $\swarrow$ $\searrow$ $q_p=0.950 \text{ t/m}^2$
 $p=0.350$

Hesap yükleri:

Merdiven kolu plağı için: $q_L=1.918 \text{ t/m}^2$

Sahanlık plağı için : $q_p=1.4 \text{ t/m}^2$

Kesit tesirlerinin hesaplanması:

İlk olarak kıvrımlı sistem etkisinin göz önüne alındığı metod uygulanmıştır.

Analizin birinci aşamasında ilerleyen aşamalarda kullanılacak yardımcı büyüklükler hesaplanmıştır.

Yardımcı büyüklüklerin bulunması:

$$\varepsilon = l_{py}/l_L = 1.333/2.181 = 0.61$$

$$\varepsilon_p = l_{py}/l_{px} = 1.33/2.38 = 0.56$$

$$\beta = (d_L/d_p)^3 = (20/18)^3 = 1.372$$

$$\kappa = q_p/q_L = 1.4/1.918 = 0.73$$

Yardımcı büyüklükler bulunduktan sonra bu değerlerden yararlanılarak merdiven kolu plağı ve sahanlık plağının birleşim yerinin rijitliğini ifade eden kol plağı rijitliğinin bulunmasına geçilir. Bu işlem için denklem 5.1-5.3'den yararlanılabilir.

$$K_D = 0.8 \times \frac{C}{C_o} \times E_b \times \frac{d_L}{l_L} \quad (5.1)$$

$$C_e = 0.5 \times K_D \times \sin^2 \alpha \quad (5.2)$$

$$D = E \times I_p = E_b \frac{bd_p^3}{12} \quad (5.3)$$

Denklem 5.1'de geçen C/Co bağıl uzama rijitliği değeri 0.5 varsayılarak K_D ve C_e değerleri hesaplanır.

$$K_D = 0.8 \times 0.5 \times E_b \times \frac{20}{259.2}$$

$$= 0.0309E_b$$

$$C_e = 0.5 \times (0.0309E_b) \times 0.29$$

$$= 0.0451E_b$$

$$D = E_b \times 1.00 \times (0.18)^3 / 12$$

$$= 0.000486E_b$$

$$\text{Rijitlik oranı: } D / C = \frac{0.000486E_b}{0.00451E_b} = 0.10776 \cong 0.10$$

$D/C=0.10$ ve $\varepsilon_p=0.56$ değerleri kullanılarak birleşim yerindeki eğilme momentinin hesaplanmasında kullanılacak olan dönme faktörleri referans 1'den elde edilir [Sadık Köseoğlu, çizelge 3.2 sayfa 81-83]. Doğrusal enterpolasyon yapılarak çizelgedeki ara değerlerde hesaplanabilir. İncelenen örnek için bu değerler; $\theta_{(qp)}=-44.7$, $\theta_{(pl)}=117.04$ ve $\theta_{(mr)}=3.618$ olarak okunmuştur. Okunan değerler ve daha önce hesaplanan yardımcı değerler

denklem 5.4'de yerine konularak eğik merdiven kolu ve sahanlık plağı birleşimindeki X_1 elastik ankastrelik momenti hesaplanmıştır.

$$X_1 = - \frac{\frac{1}{24} - \beta \times \cos \alpha \times \left[\frac{\kappa \times \varepsilon^3}{\theta_{(qp)}} + \frac{0.5 \times \varepsilon^2}{\theta_{(pl)}} \right]}{\frac{1}{2} + \frac{\beta \times \varepsilon}{\theta_{(mr)}} \times \cos \alpha} \times q_L \times l_L^2 \quad (5.4)$$

$$X_1 = - \frac{\frac{1}{24} - 1.372 \times 0.841 \times \left[\frac{0.73 \times 0.61^3}{-44.7} + \frac{0.5 \times 0.61^2}{.117.04} \right]}{\frac{1}{2} + \frac{1.372 \times 0.61}{3.618} \times 0.841} \times q_L \times l_L^2$$

$$X_1 = -0.0635 \times q_L \times l_L^2$$

$$X_1 = - \frac{q_L \times l_L^2}{15.746}$$

$$X_1 = -0.579 \text{ t-m}$$

Eğik merdiven kolu plağının sahanlık plağı ve kat döşemesiyle birleşim yerlerinde oluşan moment değeri yukarıdaki gibi hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değer denklem 5.5'de yerine konularak merdiven kolu plağında oluşan maksimum açıklık momenti değeri hesaplanabilir.

$$M_{LM} = \left(\frac{1}{8} - 0.0635 \right) \times q_L \times l_L^2 = 0.0615 \times q_L \times l_L^2 \quad (5.5)$$

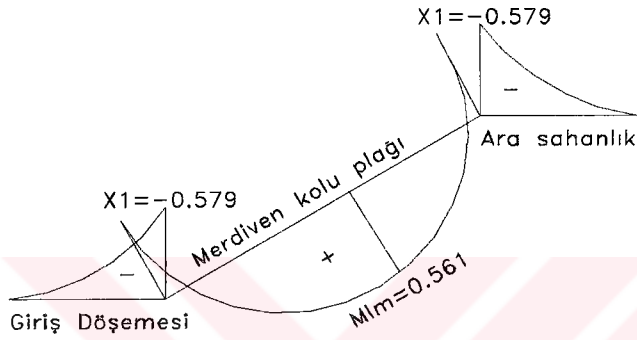
$$M_{LM} = \frac{q_L \times l_L^2}{16.260}$$

$$M_{LM} = 0.561 \text{ t-m}$$

Hesaplanan elastik ankastrelik momenti ve maksimum açıklık momenti Şekil 5.23'de gösterilmiştir.

Aynı hesaplamalar kıvrımlı sistem etkisini göz önüne almayan hesap yöntemi kullanılarak tekrar yapılmıştır. Bu metodda kullanılan geometrik boyutlar,

yükler ve yardımcı değerlerin hesaplanması bir önceki metodla özdeştir. Farklı olan referans 1'deki çizelge 3.2'den okunan dönme faktörü değerleridir.



Şekil 5.23. Merdiven sisteminin boyuna doğrultudaki eğilme momenti

Çizelge 3.2'den[1] okunacak olan dönme faktörleri değerleri $C=0$ satırından okunarak hesaplamalar yapılır. $\epsilon_p=0.56$ ve $C=0$ için tablo 3.2'den okunan değerler aşağıda sunulmuştur.

$$\theta_{(qp)}=31.6$$

$$\theta_{(pl)}=6.996$$

$$\theta_{(mr)}=2.274$$

Bu değerler ve denklem 5.4 yardımıyla X_1 elastik ankastrelik momenti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$X_1 = -\frac{\frac{1}{24} - 1.372 \times 0.841 \times \left[\frac{0.73 \times 0.61^3}{31.6} + \frac{0.5 \times 0.61^2}{6.996} \right]}{\frac{1}{2} + \frac{1.372 \times 0.61}{2.274} \times 0.841} \times q_L \times l_L^2$$

$$X_1 = -0.00609 \times q_L \times l_L^2 \quad M_{LM} = 0.11891 \times q_L \times l_L^2$$

Hesaplanan değerler incelendiğinde elastik ankastrelik momenti değerinin azaldığı, açıklık maksimum moment değerinin ise arttığı görülmektedir. Moment dağılımındaki bu farklılaşım gereksiz yere donatı kullanılmasına sebep olacağı için ekonomik bir çözüm değildir.

Aynı sistem kıvrımlı sistem etkisini kısmen ve basit bir şekilde göz önüne alan hesap metodları ile bir daha çözülmüştür. Bu methodda da kullanılan geometrik, yük ve yardımcı hesaplama verileri diğer metodlar ile aynıdır.

Bu methodda referans 1'deki çizelge 3.2'den bakılması gerekli dönme faktörleri ile ilgili olarak yine referans 1'de bazı değerler önerilmiştir. Bu değerler aşağıda sunulmuştur.

$$\theta_{(qp)} = 15.8 \quad \theta_{(mr)} = 2.03 \quad \theta_{(pl)} = (-2) \times 5.12 = -10.24$$

$\theta_{(pl)}$ dönme faktörünün başındaki -2 bir çarpandır (Referans 1). Bu faktörler denklem 5.4'de yerine konularak elastik ankastrelik momenti aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$X_1 = - \frac{\frac{1}{24} - 1.372 \times 0.841 \times \left[\frac{0.73 \times 0.61^3}{15.8} + \frac{0.5 \times 0.61^2}{-10.24} \right]}{\frac{1}{2} + \frac{1.372 \times 0.61}{2.03} \times 0.841} \times q_L \times l_L^2$$

$$X_1 = -0.0598 \times q_L \times l_L^2$$

$$M_{LM} = 0.0653 \times q_L \times l_L^2$$

$$X_1 = -0.545 \text{ t-m}$$

$$M_{LM} = 0.596 \text{ t-m}$$

Hesaplanan değerler incelendiğinde sonuçların gerçeğe daha yakın olduğu görülmektedir.

Bundan sonraki aşamada merdiven kolu plağına etkiyen bileşke normal kuvvet hesaplanmıştır. Bu hesaplamada kullanılan veriler aşağıda özetlenmiştir.

$$L_{py} = 1.33 \text{ m}$$

$$q_p = 1.4 \text{ t/m}^2$$

$$pl = \frac{q_L \times l_L}{2} = \frac{1.918 \times 2.181}{2} = 2.0916 \text{ t / m}$$

$$M_r = -X_1 = -(-0.579) = 0.579 \text{ t-m}$$

$$R_{C(qp)} = 31.54 \quad R_{C(pl)} = 14.62 \quad R_{C(mr)} = 1.206$$

En son yazılan üç değer referans 1'deki çizelge 3.2 'den yararlanılarak okunmuş değerlerdir. Yukarıdaki veriler denklem 5.6'da yerine konularak R_C eğik merdiven kolunun sahanlıklarda oluşturduğu reaksiyon kuvveti hesaplanmıştır.

$$R_C = \frac{q_p \times l_{py}^2}{R_{c(qp)}} + \frac{pl \times l_{py}}{R_{c(pl)}} + \frac{Mr}{R_{c(mr)}} \quad (5.6)$$

$$R_C = \frac{1.4 \times 1.33^2}{3.154} + \frac{2.091 \times 1.33}{14.62} + \frac{0.579}{1.206}$$

$$R_C = 0.7852 + 0.1903 + 0.4801$$

$$R_C = 1.4456 \text{ t}$$

R_C reaksiyon kuvveti ve denklem 5.7 kullanılarak eğik merdiven kolu plağına etkiyen bileşke normal kuvvet aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$N_L = \frac{R_C}{\sin \alpha} \quad (5.7)$$

$$N_L = \frac{1.4456}{0.540} = 2.6969 \text{ t}$$

Bu değer eğik merdiven kolu plağı genişliğine bölünürse birim uzunluğa etkiyen normal kuvvet hesaplanabilir. Sonuç olarak hesaplanan birim kol genişliğine etkiyen normal kuvvet;

$$N_{L1} = \frac{N_L}{b} = \frac{2.6969}{0.972} = 2.7726 \text{ t / m}$$

değerindedir.

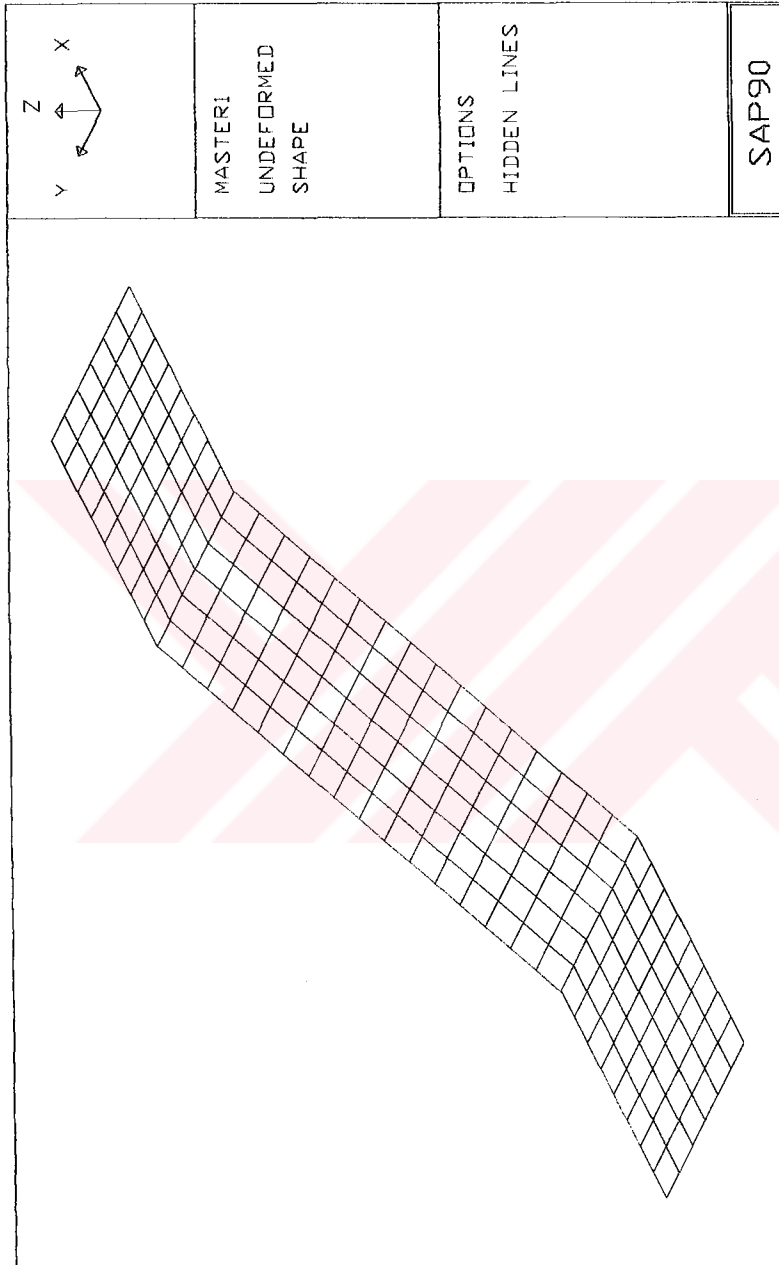
5.4.2 3 Boyutlu modelden alınan bir şeritin analizi

Bu analizde 3 boyutlu SAP90 sonlu eleman modelinden alınan 3 boyutlu bir şeritin analizi yapılmıştır. Bu analizin amacı referans 1’de önerilen çözüm metodunun 3 boyutlu olarak kat adedi parametresi dikkate alınmadan incelenmesidir.

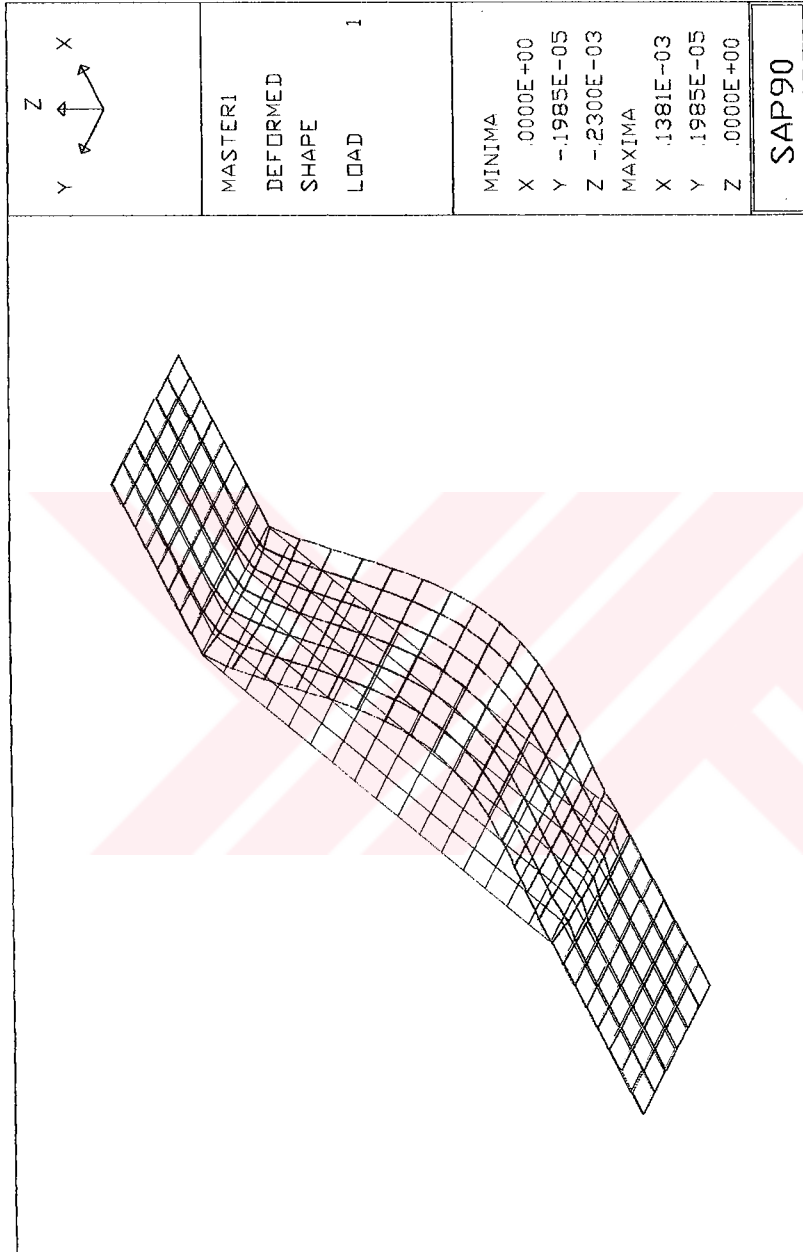
Analiz edilen sistem şekil 5.24’de verilmiştir.

Şekil 5.24’de görüldüğü gibi arasahanlık ve kat döşemeside merdiven kolu plağı aynı genişlikte alınarak bir şerit oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde SAP90 sonlu eleman programının 4 noktalı plak elemanı kullanılmıştır. Mesnet şartları, geometrik boyutlar ve yükler bir önceki el çözümü ile özdeştir.

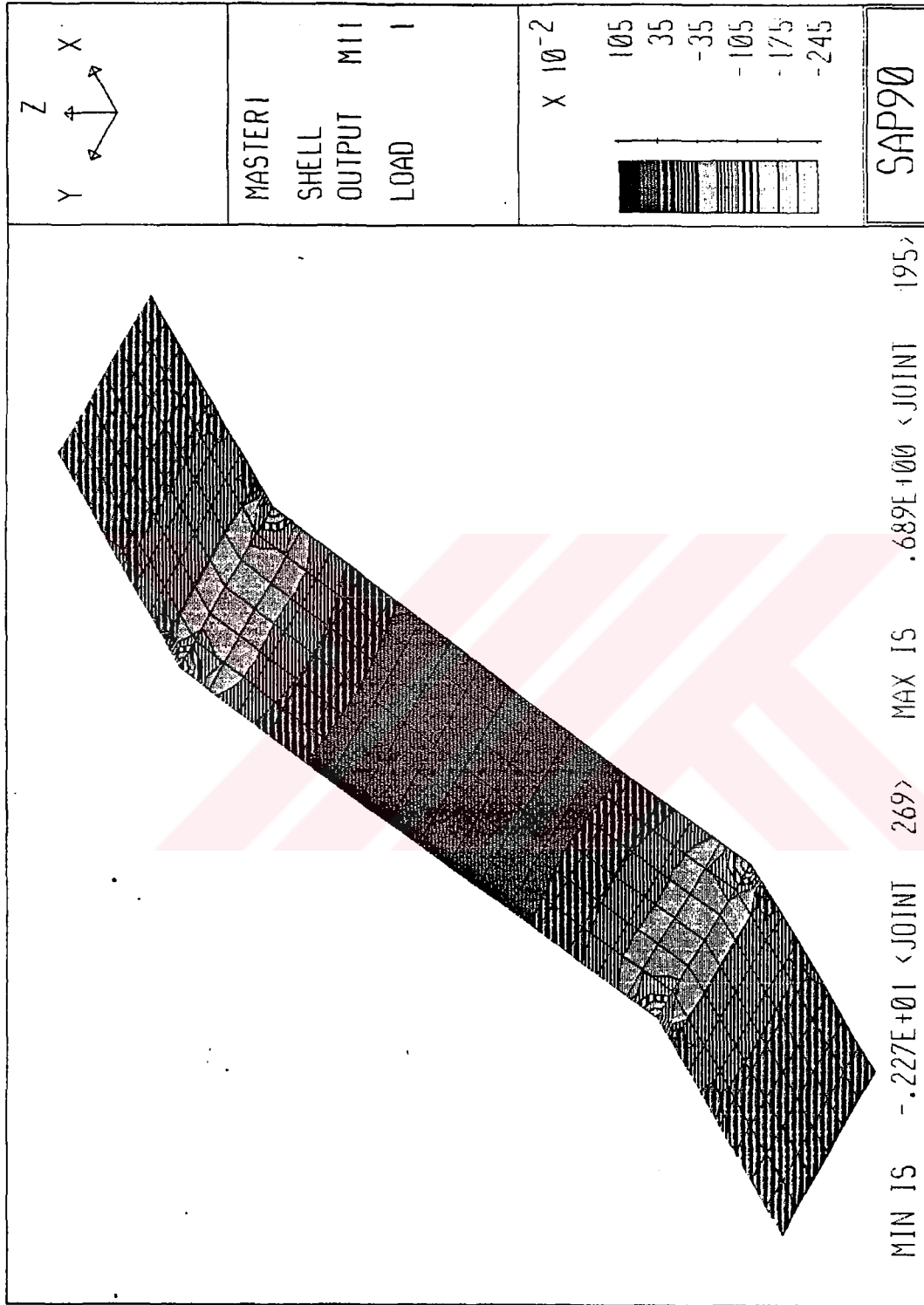
Modelin düşey yükler altında analizi sonucunda elde edilen kesit tesirleri EK B’de çizelge B.1’de sunulmuştur. Bu analiz sonucu elde edilen moment dağılımı ve deformasyonlar Şekil 5.25 ve 5.26’da görülmektedir.



Şekil 5.24. 3 boyutlu modelden alınan ve analiz yapılan şerit



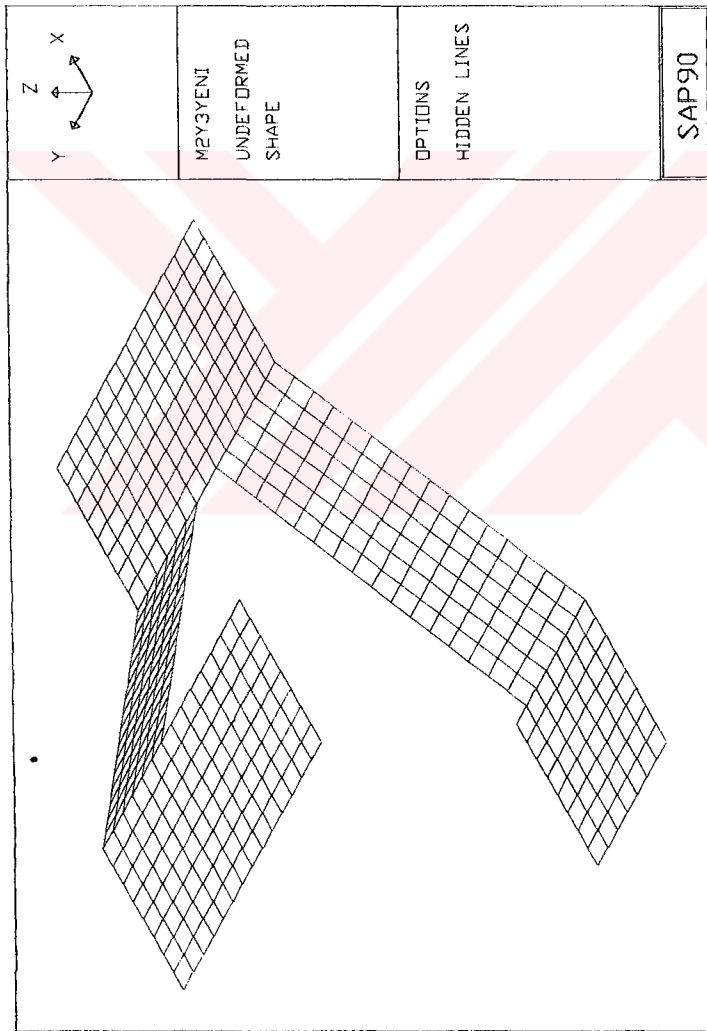
Şekil 5.25. 3 boyutlu şeritin deforme olmuş şekli



Şekil 5.26. 3 boyutlu şeritte moment dağılımı

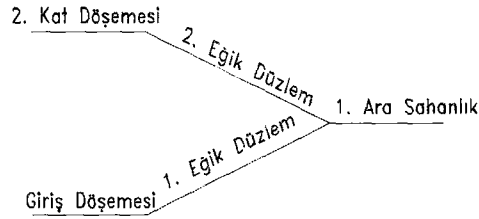
5.4.3 2 Katlı 3 boyutlu SAP90 sonlu eleman modeli

Bu analizin amacı kat adedi parametresinin kesit tesirleri ve dağılımları üzerindeki etkilerinin araştırılmasıdır. Model 472 adet 4 noktalı plak elemanında oluşmaktadır. Şekil 5.27’de modelin deforme olmamış şekli görülmektedir.



Şekil 5.27. 2 katlı 3 boyutlu modelin deforme olmamış şekli

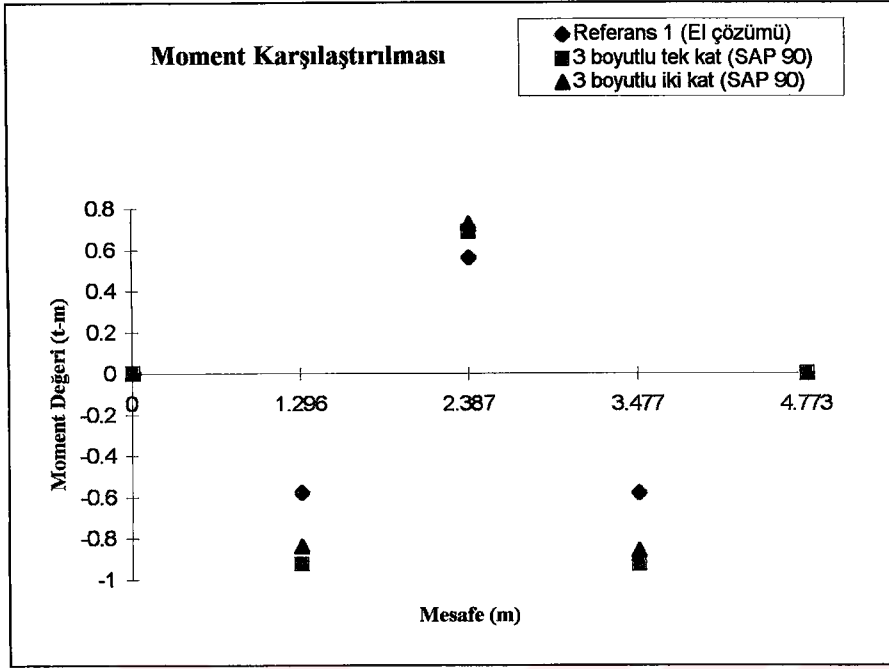
Analiz sonucunda elde edilen kesit tesiri değerlerinin ortalama değerleri EK B’de çizelge B.2 ve B.3’de, 1. ve 2. parça için ayrı ayrı verilmiştir. 1. ve 2. parçayı meydana getiren bölümler şekil 5.28’de görülmektedir.



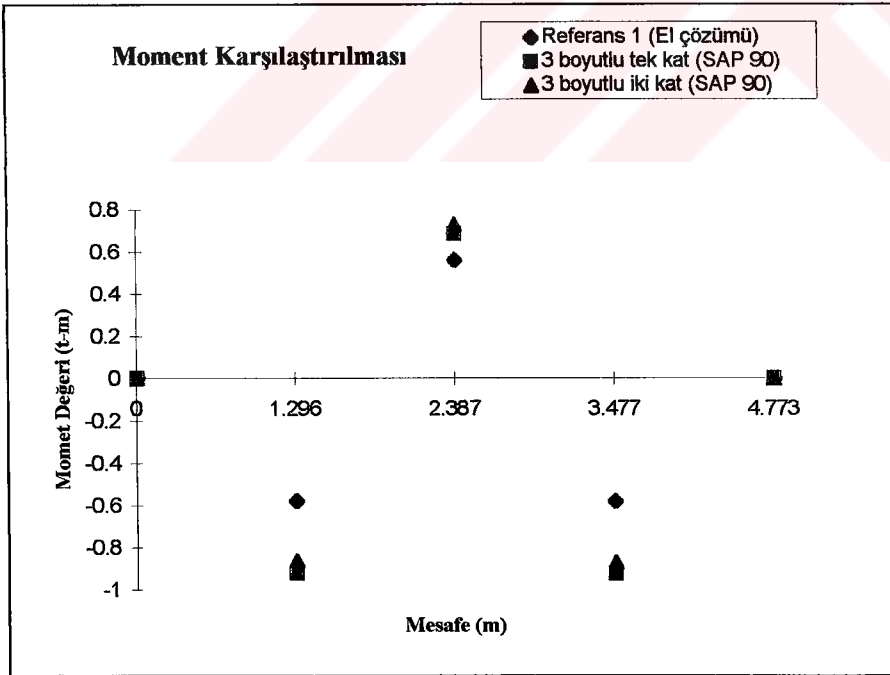
Şekil 5.28. 2 katlı sonlu eleman modelini oluşturan bölümler

Sonuç olarak elde edilen analiz sonuçları grafiksel olarak sahanlık ve kat döşemesi mesnetleri, merdiven kolu plağı ile sahanlık plağı ve kat döşemesi birleşim yerleri ve merdiven plağı ortasında karşılaştırılmıştır. Moment kesit tesiri dağılımı için elde edilen grafikler Şekil 5.29 ve Şekil 5.30’dan görülmektedir.

Ek B’deki çizelgeler incelendiğinde referans 1’de önerilen yöntem ile 3 boyutlu 2 katlı analiz arasında %33’e varan bir fark olduğu yine referans 1’deki yöntem ile 3 boyutlu tek katlı şerit analizi arasında ise %38’e varan bir fark olduğu görülmektedir. Çizelge 5.5’de 2 katlı model ve diğer iki analizin karşılaştırılma sonuçları özetlenmiştir.



Şekil 5.29. 1. parça için referans 1’de önerilen metodla 3 boyutlu analizlerin moment değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.30. 2. parça için referans 1’de önerilen metodla 3 boyutlu analizlerin moment değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 5.5. Analizlerin moment kesit tesiri yönünden karşılaştırılması

Grafikteki karşılığı	3 boyutlu modeldeki bölge	Referans 1 ile 3 boyutlu şerit moment farkı (%)	Referans 1 ile 3 boyutlu 2 katlı moment farkı (%)
1. parça	Giriş döşemesi, 1. Eğik düzlem ve 1. Arasahanlık	37.434	32.437
2. parça	1. Arasahanlık, 2. Eğik düzlem ve 2. Kat döşemesi	37.434	33.337

Sistemler deplasman yönünden incelendiğinde 3 boyutlu tek katlı şerit ve 3 boyutlu 2 katlı sonlu eleman modeli değerleri arasında bir karşılaştırma yapılabilmektedir. Çünkü el çözümünde deplasmanların hesabı konusunda bir denklem veya formülasyon yer almamaktadır. Deplasmanların karşılaştırılması eğik merdiven kolu plağının ortasındaki doğrultuda yapılmıştır. Deplasman değerleri ve aralarındaki farklar Çizelge 5.6'da özetlenmiştir. Ayrıca 2 katlı SAP90 modelinin deforme olmuş şekli Şekil 5.31'de sunulmuştur.

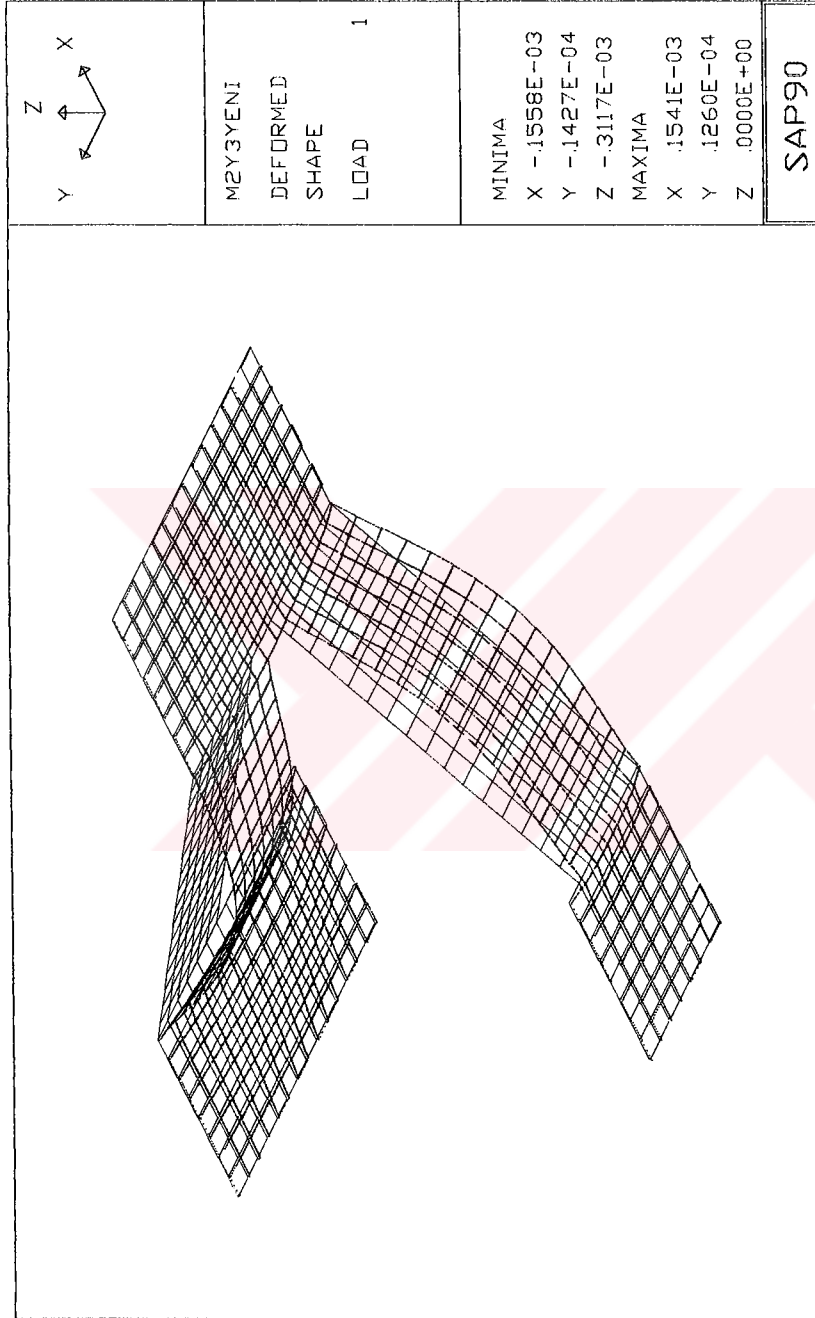
Çizelge 5.6. 3 boyutlu tek katlı ve 3 boyutlu 2 katlı modeller arası deplasman karşılaştırılması

3 boyutlu modeldeki kısımlar	3 Boyutlu tek katlı şerit model Deplasmanı (m)	3 Boyutlu iki katlı model Deplasmanı (m)	Modeller arası fark (%)
Giriş döşemesi, 1. Eğik düzlem ve 1. Arasahanlık	0.0002300	0.0002892	20.47
1. Arasahanlık, 2. Eğik düzlem ve 2. Kat döşemesi	0.0002300	0.0003117	26.21

Bu örnekte yapılan analiz sonuçları incelendikten sonra referans 1'de önerilen metodla elde edilen moment kesit tesiri değerlerini 3 boyutlu ve 2 katlı analiz sonuçlarına çevirmek için aşağıdaki katsayı çizelgesi elde edilmiştir.

Çizelge 5.7. 2 katlı merdiven için düzeltme katsayıları

Mesafe (m)	Referans 1 (El çözümü)	3 boyutlu 2 katlı analiz değerlerini elde etmek için kullanılan katsayılar	
		1. parça	2. parça
0	0	0	0
1.296	-0.579	1.446283103	1.490279217
2.387	0.561	1.294958408	1.295318627
3.477	-0.579	1.480094991	1.500089954
4.773	0	0	0



Şekil 5.31. 3 boyutlu 2 katlı modelin deforme olmuş şekli

5.5 3 Katlı Merdiven Analizi

İncelenen 3. nümerik örnekte 3 katlı bir yapının merdiveni 1 nolu örnekte kullanılan geometrik boyutlar, malzeme özellikleri ve mesnetlenme şartı esas alınarak analiz edilmiştir. Bu analiz ile kat adedi parametresinin kesit tesiri değerleri ve dağılımı üzerindeki etkisinin daha iyi görülebilmesi için mesnetlenme şartı sabit tutulmuştur.

Bu analiz sonucunda 3 katlı 3 boyutlu analiz ve 1. örnekte elde edilen 5 katlı 3 boyutlu analiz sonuçları karşılaştırılarak 3 boyutlu analiz sonuçlarının kat adedinden etkilenme oranı irdelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca 3 katlı 3 boyutlu analiz sonuçları 1. örnekte olduğu gibi referans 1'de önerilen 2 boyutlu el çözümü ve 2 boyutlu SAP90 analiz sonuçları ile de karşılaştırılmıştır.

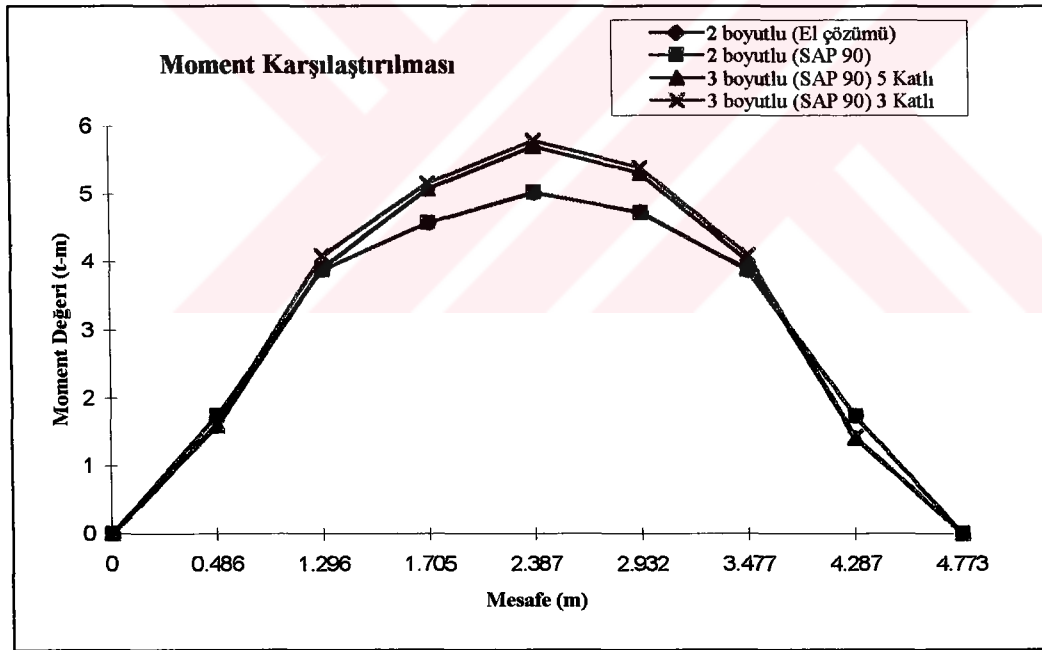
2 boyutlu el ve SAP90 çözümü 1. nümerik örnek ile özdeş olduğu için bu analizler ile ilgili tekrar bilgi verilmemiştir. 3 boyutlu model ise 1 ve 2. örnekte olduğu gibi SAP90 sonlu eleman programının eleman kütüphanesinde 4 noktalı plak elemanından oluşturulmuştur. Modelde 888 adet eleman kullanılmıştır.

3 boyutlu model 1. örnekte olduğu gibi kat ve arasahanlık plaklarının dış uzun kenarları boyunca sabit olarak mesnetlenmiştir. Bu modelin analizi sonucu elde edilen moment değerleri ile 2 boyutlu ve 3 boyutlu 5 katlı model analiz sonuçlarının karşılaştırılması EK C'de verilmiş ve çizelge 5.8'de ise özetlenmiştir.

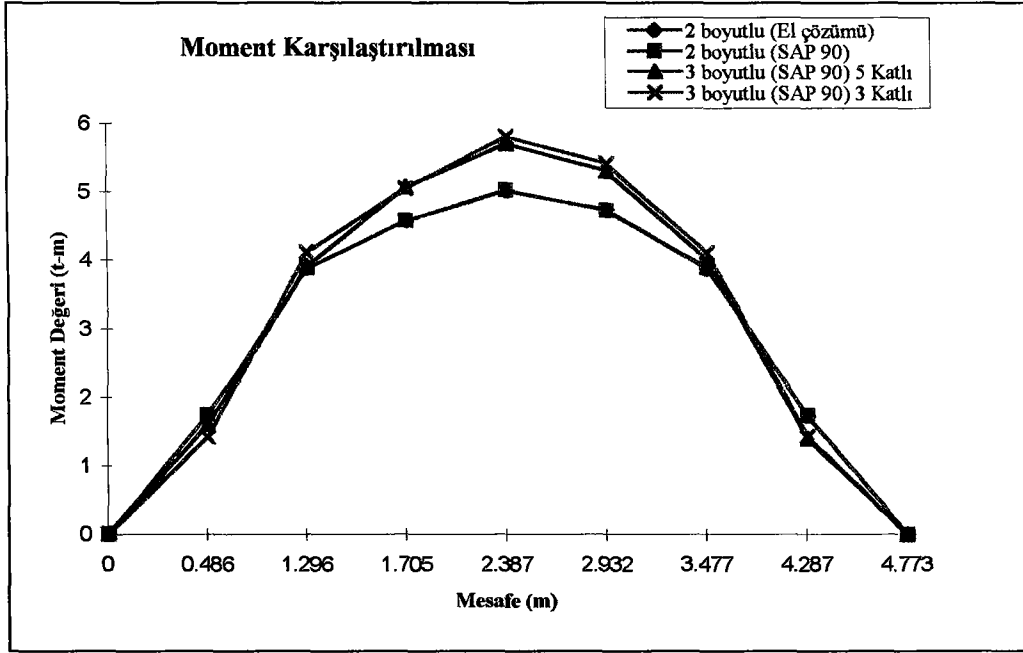
Ayrıca bu analiz sonuçlarının grafiksel olarak karşılaştırılması Şekil 5.32-5.35'de sunulmuştur.

Çizelge 5.8. 3 boyutlu 3 katlı moment kesit tesiri sonuçları ile 2 boyutlu el çözümü ve 3 boyutlu 5 katlı moment kesit tesiri sonuçlarının karşılaştırılması

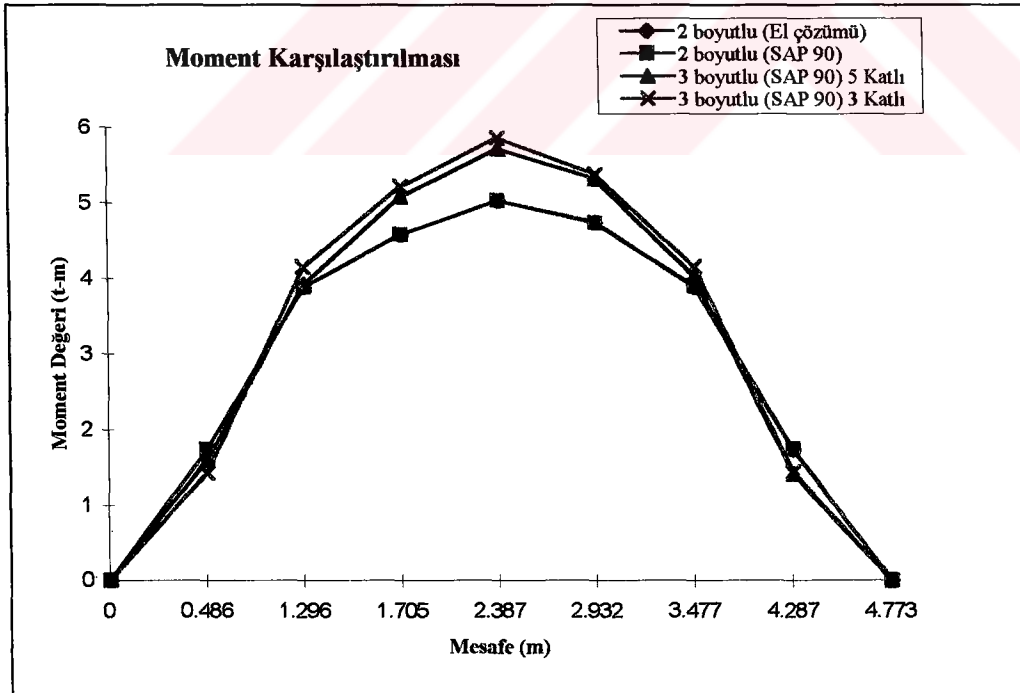
Grafikteki karşılığı	3 boyutlu modeldeki bölge	2 boyutlu el çözümü ve 3 boyutlu 3 katlı SAP90 farkı(%)	3 boyutlu 3 katlı ve 5 katlı SAP90 farkı (%)
1. parça	Giriş döşemesi, 1. Eğik düzlem ve 1. Arasahanlık	17.98	4.33
2. parça	1. Arasahanlık, 2. Eğik düzlem ve 2. Kat döşemesi	17.98	12.66
3. parça	2. Kat döşemesi, 3. Eğik düzlem ve 2. Arasahanlık	17.58	11.52
4. parça	2. Arasahanlık, 4. Eğik düzlem ve 3. Kat döşemesi	19.85	11.18



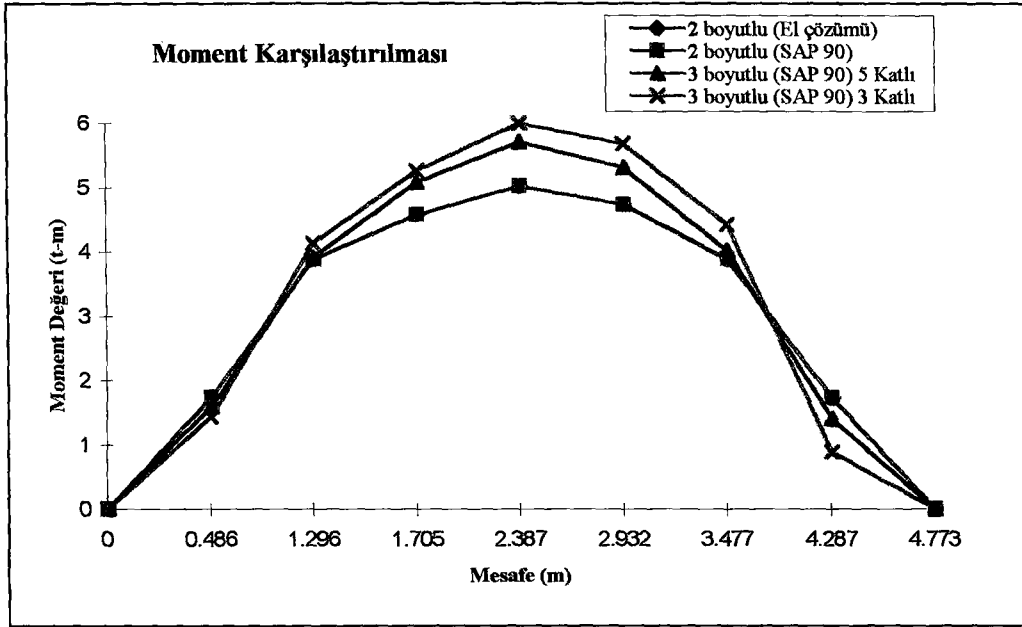
Şekil 5.32. Referans 1' de önerilen metod ile 2 boyutlu ve 3 boyutlu SAP90 analiz sonuçlarının karşılaştırılması (1. Parça)



Şekil 5.33. Referans 1' de önerilen metod ile 2 boyutlu ve 3 boyutlu SAP90 analiz sonuçlarının karşılaştırılması (2. Parça)



Şekil 5.34. Referans 1' de önerilen metod ile 2 boyutlu ve 3 boyutlu SAP90 analiz sonuçlarının karşılaştırılması (3. Parça)

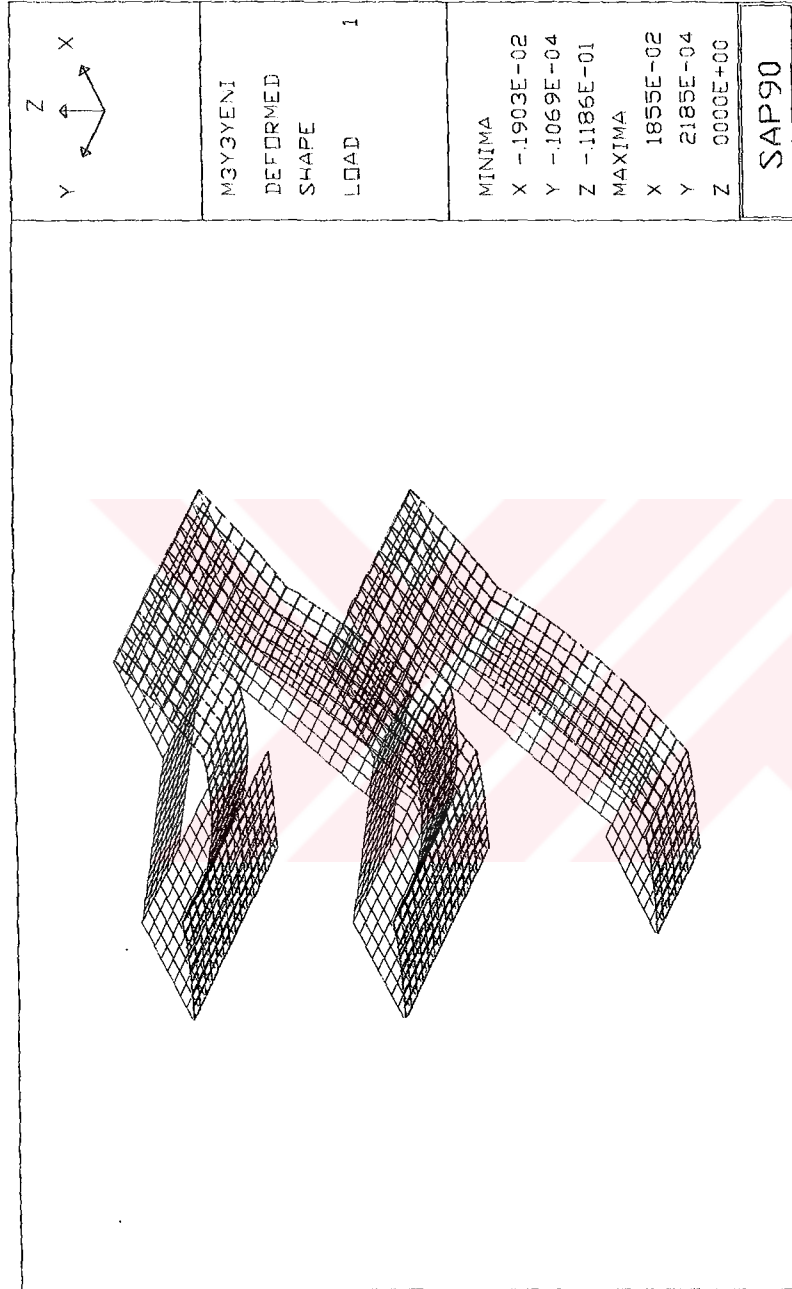


Şekil 5.35. Referans 1' de önerilen metod ile 2 boyutlu ve 3 boyutlu SAP90 analiz sonuçlarının karşılaştırılması (4. Parça)

Bir sonraki aşamada sistemler deplasman yönünden karşılaştırılmıştır. Şekil 5.36'da 3 katlı modelin deforme olmuş şekli görülmektedir. 3 katlı sistemi oluşturan kısımların 2 boyutlu ve 3 boyutlu 5 katlı diğer sistemler ile deplasmanların karşılaştırılması sonucu elde edilen değerler çizelge 5.9'da sunulmuştur.

Çizelge 5.9. 3 katlı deplasman sonuçlarının 2 boyutlu el çözümü ve 5 katlı deplasman değerleri ile karşılaştırılması

3 boyutlu modeldeki kısımlar	3 Boyutlu 3 katlı model Deplasmanı (m)	3 Boyutlu 5 katlı model Deplasmanı (m)	2 boyutlu el çözümü deplasmanı (m)	3 boyutlu Modeller arası fark (%)	2 boyutlu el çözümü ve 3 katlı arası fark (%)
Giriş döşemesi, 1. Eğik düzlem ve 1. Arasahanlık	0.01156	0.01137	0.010820	1.644	6.401
1. Arasahanlık, 2. Eğik düzlem ve 2. Kat döşemesi	0.01160	0.01138	0.010820	1.897	6.724
2. Kat döşemesi, 3. Eğik düzlem ve 2. Arasahanlık	0.01168	0.01139	0.010820	2.483	7.363
2. Arasahanlık, 4. Eğik düzlem ve 3. Kat döşemesi	0.01186	0.01142	0.010820	3.710	8.769



Şekil 5.36. 3 katlı modelin deforme olmuş şekli

3. nümerik örnek için en son olarak 2 boyutlu el çözümü değerlerini 3 katlı ve 3 boyutlu analiz sonuçlarına çevirmek için hesaplanan düzeltme katsayıları diğer örneklerde olduğu gibi sistemi oluşturan her parça için çizelge 5.10'da özetlenmiştir.

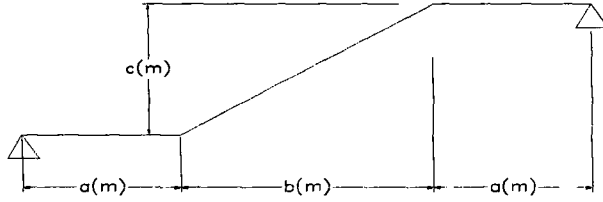
Çizelge 5.10. 3 katlı merdiven için düzeltme katsayıları

Mesafe (m)	2 boyutlu analiz değeri moment (t-m)	3 boyutlu dağılımları elde etmek için kullanılan katsayılar			
		1. parça	2. parça	3 parça	4. parça
0	0	0	0	0	0
0.486	1.7325	0.934421769	0.820222763	0.824180195	0.826731602
1.296	3.885	1.052732733	1.058081296	1.066283784	1.062974045
1.705	4.5798	1.127374558	1.104227623	1.138922551	1.148640043
2.387	5.0245	1.153613958	1.157267721	1.1648232	1.193470329
2.932	4.7386	1.13890882	1.145045478	1.133800947	1.19854405
3.477	3.885	1.056113256	1.060243458	1.068174603	1.141001073
4.287	1.7325	0.820222763	0.824180195	0.826731602	0.508961535
4.773	0	0	0	0	0

6. 3 ve 5 KATLI MERDİVENLER İÇİN GENEL ANALİZ TABLOSUNUN OLUŞTURULMASI

Çalışmanın son aşamasında irdelenen nümerik örnekler ışığında iki veya daha fazla katlı binalarda kat döşemesi ve arasahanlık hizalarından sabit mesnetli merdivenlerde kesit tesiri dağılımlarının üç boyutlu olarak elde edilebilmesi için çizelgeler oluşturulmuştur. Söz konusu çizelgelerdeki katsayılar yardımıyla 2 boyutlu ve çubuk elemanlarla, tek katlı olarak modellenmiş analiz sonuçlarından 2 katlı veya daha yüksek bir yapının merdivenlerine ait üç boyutlu tesirler elde edilebilmektedir.

Bu çizelgeler oluşturulurken arasahanlık genişliği, merdiven kolu plağı dik genişliği ve yarı kat yüksekliği değişken olarak kullanılmıştır. Bu parametreler Şekil 6.1’de görülmektedir.

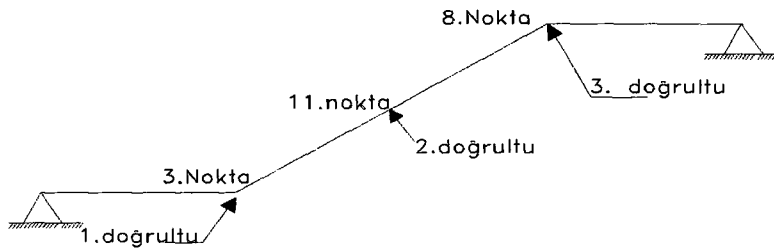


Şekil 6.1. Çizelgelerde kullanılan simgelerin şekil üzerindeki karşılığı

Çizelgelerde arasahanlık genişliği a , merdiven kolu dik genişliği b ve yarı kat yüksekliği ise c ile ifade edilmiştir (Bkz. Şekil 6.1)

3 Katlı ve 5 katlı merdivenlerin her biri için 3 tane olmak üzere 6 çizelge oluşturulmuştur. 3 adet merdiven kolu plağı dik genişliği değerinin her biri için 3 farklı arasahanlık ve 3 farklı yarı kat yüksekliği değeri olmak üzere toplam 9 adet analiz yapılmıştır. 6 çizelgeyi oluşturan değerler toplam 54 adet analizden elde edilmiştir.

Çizelgeler moment kesit tesiri değerlerinin elde edilmesi için oluşturulmuştur. Her analizden 3 ve 5 katlı merdivenleri meydana getiren kısımlar içinde maksimum momente sahip olan değerler seçilmiş ve bu parçaya ait 3 doğrultuda ortalama moment değerleri Bölüm 5’de irdelenen örneklerde uygulanan sistem ile hesaplanmıştır. Ortalama değerlerin hesaplandığı doğrultular Şekil 6.2’de gösterilmiştir. Kat sayısı 5’den fazla olan binaların merdivenlerinin ilk ve son katlarındaki kesit tesirleri 5 katlı analizlerdeki birinci ve beşinci kat değerlerine tekabül etmektedir. Ara katlardaki fark ihmal edilecek kadar küçüktür. Bu nedenle elde edilen katsayılar 5 veya daha fazla katlı merdivenlerde de kullanılabilir.



Şekil 6.2. Çizelgelerde verilen momentlerin ait olduğu doğrultular

Şekil 6.2’de görüldüğü gibi merdiven kolu plağının arasahanlık ve kat döşemesi plağı ile birleşim doğrultularında ayrıca merdiven kolu plağının orta kısmındaki ortalama moment kesit tesiri değerleri 3 katlı merdivenler için Tablo 6.1’de, 5 katlı merdivenler içinse Tablo 6.2’de sunulmuştur.

Bu çizelgeler kullanılarak birden fazla katlı binaların merdivenlerinde ve sözkonusu doğrultularda moment kesit tesiri değerleri lineer interpolasyon ile hesaplanabilir. Tablolar çok sayıda örnekle test edilmiş, bu çalışmada 3 ve 5 katlı merdivenlerin her biri için ikişer örneğin sonuçları sunulmuştur. Tabloların maksimum %1.5 civarında bir hata ile gerçek analiz sonuçlarına yakın değerler verdiği görülmüştür.

Çizelge 6.1. 3 katlı merdivenlerin analizi için genel çizelge

b=2.2 (m)		Kat Yüksekliği (c) (m)		
		1.4	1.7	2
Ara Sahanlık Genişliği (a) (m)	1.2	3.6828	4.0147	4.0184
		5.2804	5.5013	5.7642
		4.2674	4.2539	4.2474
	1.5	5.3715	5.3742	5.3785
		6.5295	6.7488	7.0132
		5.7303	5.7198	5.7127
	1.8	6.8666	7.2189	6.8822
		7.9133	8.1495	8.3969
		7.3583	7.6913	7.3405

b=2.8 (m)		Kat Yüksekliği (c) (m)		
		1.4	1.7	2
Ara Sahanlık Genişliği (a) (m)	1.2	4.7868	4.7766	4.7917
		6.6958	6.9145	7.1778
		5.0715	5.0592	5.0505
	1.5	6.3382	6.6249	6.3418
		8.1184	8.3027	8.5987
		6.7418	7.0127	6.7168
	1.8	8.0329	8.3443	8.0346
		9.677	9.8839	10.1543
		8.5725	8.8715	8.5452

Tabloda yer alan moment değerlerinin birimleri t-m'dir.

b=3.5 (m)		Kat Yüksekliği (c) (m)		
		1.4	1.7	2
Ara Sahanlık Genişliği (a) (m)	1.2	5.6939	5.6967	5.6987
		8.5654	8.7832	9.0455
		6.0131	5.9988	5.9871
	1.5	7.4746	7.4719	7.4726
		10.1934	10.4882	10.6689
		7.9209	7.9017	7.8883
	1.8	9.3908	9.3886	9.388
		11.9549	12.1673	12.4263
		9.9886	9.9663	9.9512

Çizelge 6.2. 5 katlı merdivenlerin analizi için genel çizelge

b=2.2 (m)		Kat Yüksekliği (c) (m)		
		1.4	1.7	2
Ara Sahanlık Genişliği (a) (m)	1.2	3.665142	3.995451	3.999133
		5.262315	5.482459	5.744458
		4.24786	4.234422	4.227951
	1.5	5.345746	5.348433	5.352712
		6.507137	6.725686	6.989181
		5.704061	5.693609	5.686542
	1.8	6.833677	7.184288	6.849203
		7.886198	8.121589	8.368142
		7.324607	7.656082	7.306888

b=2.8 (m)		Kat Yüksekliği (c) (m)		
		1.4	1.7	2
Ara Sahanlık Genişliği (a) (m)	1.2	4.763849	4.753698	4.768726
		6.672868	6.890819	7.153217
		5.048278	5.036034	5.027374
	1.5	6.307811	6.593136	6.311394
		8.090596	8.274264	8.569251
		6.71093	6.980589	6.686044
	1.8	7.994386	8.304292	7.996077
		9.643858	9.850049	10.11952
		8.533247	8.830878	8.506072

Tabloda yer alan moment
değerlerinin birimleri t-m'dir.

b=3.5 (m)		Kat Yüksekliği (c) (m)		
		1.4	1.7	2
Ara Sahanlık Genişliği (a) (m)	1.2	5.6666	5.669387	5.671377
		8.536065	8.753119	9.01452
		5.985566	5.971332	5.959685
	1.5	7.438762	7.436075	7.436772
		10.15849	10.45228	10.63236
		7.884631	7.865519	7.85218
	1.8	9.345775	9.343586	9.342988
		11.91396	12.12563	12.38374
		9.942863	9.920665	9.905634

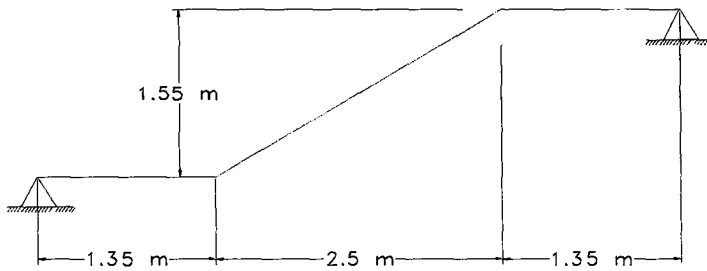
Bu örneklerin incelenen doğrultulardaki SAP90 analizleri ve enterpolasyon ile elde edilen sonuçları bölüm 6.1'de verilmiştir.

6.1 Çizelgelerin Kontrolü için Yapılan Örnekler

Bu kısımda Bölüm 6'da verilen çizelge 6.1 ve 6.2'nin gerçek analiz sonuçlarına yaklaşıklık yüzdesinin irdelenebilmesi için 4 adet örnek yapılmıştır. Enterpolasyonların kolay yapılabilmesi için çizelgeyi oluşturan kolon ve satırlarının orta kısımlarına düşen değerler alınmıştır. Bu bölümde incelenen örneklerin irdelenen doğrultulardaki SAP90 analiz sonuçları ve aynı doğrultuların ortalama moment değerleri EK D'de çizelge D.1-D.4'de sunulmuştur. Bu değerler ile 6. Bölüm'de verilen çizelge 6.1 ve 6.2'den enterpolasyon ile elde edilmiş değerlerin hesaplanışları ve karşılaştırılması bölüm 6.1.1 ve 6.1.2'de görülmektedir.

6.1.1 3 katlı merdiven örnekleri

3 Katlı merdivenler için yapılan 1. örneğin geometrik boyutları şekil 6.3'de sunulmuştur.

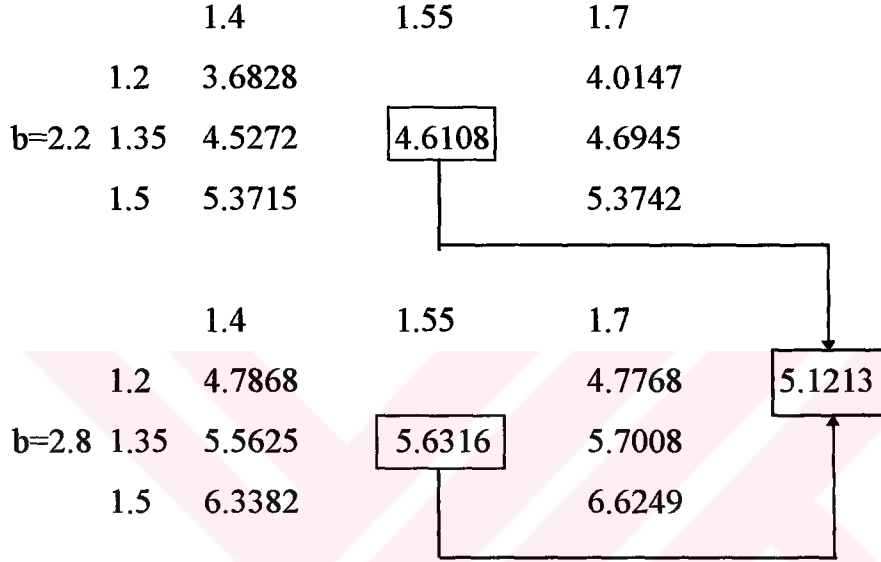


Şekil 6.3. 3 katlı merdiven için 1. örnek

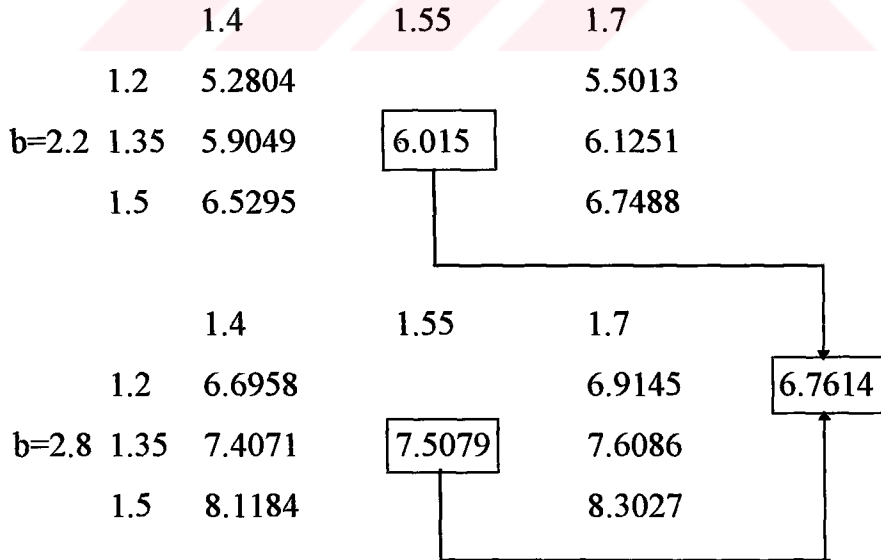
Yukarıda geometrik boyutlar ışığında çizelge 6.1 kullanılarak lineer enterpolasyon ile moment değerleri incelenen doğrultularda ve noktalarda

aşağıdaki gibi hesaplanmış (Bkz. Şekil 6.2) ve EK D’de verilmiş olan gerçek analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sözkonusu doğrultular ve noktalar Şekil 6.2’de görülmektedir. Kutu içindeki rakamlar enterpolasyon değerleridir.

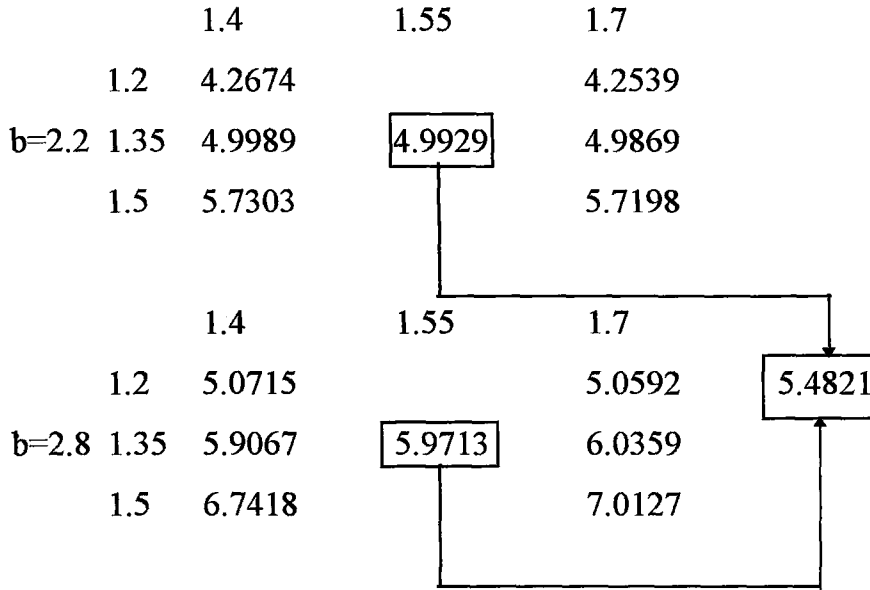
1. Doğrultu, 3. Nokta



2. Doğrultu, 11. Nokta



3. Doğrultu, 8. Nokta



Yukarıdaki hesaplamalar sonucunda çizelge 6.1'den elde edilen moment kesit tesiri değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler ile gerçek analiz sonuçları karşılaştırılması çizelge 6.3'de sunulmuştur.

Çizelge 6.3. Çizelge 6.1 ve gerçek analiz sonuçlarının karşılaştırılması

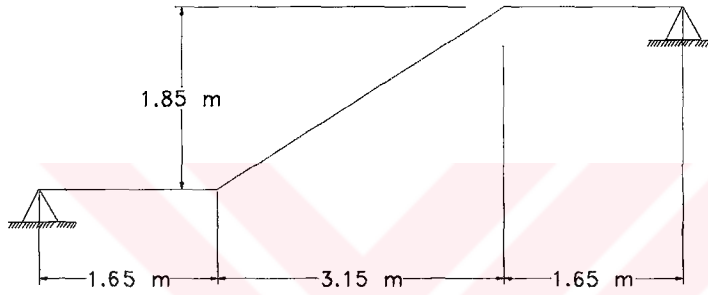
Doğrultu	Nokta	Tablo Değeri (t-m)	Gerçek analiz sonucu (t-m)	% fark
1	3	5.1213	5.1097	0.22
2	11	6.7614	6.7215	0.59
3	8	5.4821	5.4258	1.03

Birinci örnekte çizelge 6.1'i oluşturan üç parçadan 1. ve 2. arasında yapılan bir enterpolasyonun kullanılmıştır. Çizelgenin 2. ve 3. kısmının da kontrolü için 2. bir örnek bu aralıkta yapılmıştır. Bu örneğin geometrik boyutları Şekil 6.4'de görülmektedir.

2. örneğin gerçek analiz sonuçlarıyla çizelge 6.1'den elde edilen enterpolasyon sonuçlarının karşılaştırılması çizelge 6.4'de verilmiştir.

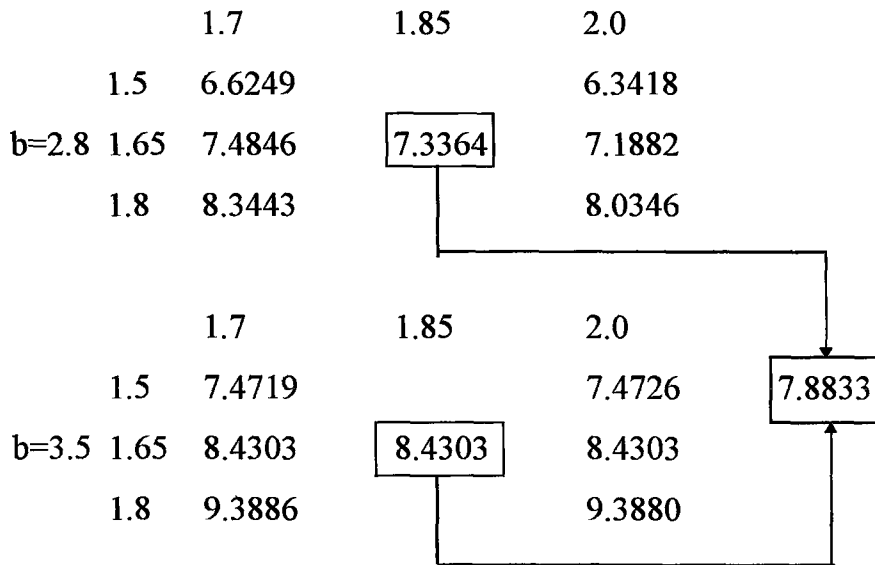
Çizelge 6.4. Çizelge 6.1 ve gerçek analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Doğrultu	Nokta	Çizelge Değeri (t-m)	Gerçek analiz sonucu (t-m)	% fark
1	3	7.8833	7.7899	1.18
2	11	10.3363	10.2795	0.55
3	8	8.3567	8.2582	1.18



Şekil 6.4. 3 katlı merdiven için 2. Örnek

1. Doğrultu, 3. Nokta



2. Doğrultu, 11. Nokta

	1.7	1.85	2.0
1.5	8.3027		8.5987
b=2.8 1.65	9.0933	9.2349	9.3765
1.8	9.8839		10.1543
	1.7	1.85	2.0
1.5	10.4882		10.6689
b=3.5 1.65	11.3278	11.4377	11.5476
1.8	12.1673		12.4263

Diagram showing the flow of values from the first table to the second table. A box containing 9.2349 connects to a box containing 10.3363. A box containing 11.4377 connects to a box containing 10.3363.

3. Doğrultu, 8. Nokta

	1.7	1.85	2.0
1.5	7.0127		6.7168
b=2.8 1.65	7.9421	7.7866	7.6310
1.8	8.8715		8.5452
	1.7	1.85	2.0
1.5	7.9017		7.8883
b=3.5 1.65	8.9340	8.9269	8.9198
1.8	9.9663		9.9512

Diagram showing the flow of values from the first table to the second table. A box containing 7.7866 connects to a box containing 8.3567. A box containing 8.9269 connects to a box containing 8.3567.

6.1.2 5 katlı merdiven örnekleri

Bu kısımda bölüm 6.1.1'de olduğu gibi bölüm 6'da verilen çizelge 6.2'nin kontrolü amacıyla 2 adet örnek yapılmıştır. Bu örneklerden birincisi çizelgeyi

oluşturan 3 parçanın 1. ve 2. kısmının ortasına, ikincisi ise 2. ve 3. parçasının arasına düşmektedir. İncelenen örneklerin geometrik boyutları bölüm 6.1.1’de irdelenen örnekler ile özdeştir. Birinci örneğin geometrik boyutları Şekil 6.3, ikinci örneğin geometrik boyutları ise Şekil 6.4’de görülmektedir.

Birinci örneğin çizelge 6.2’den elde edilen enterpolasyon sonuçları ile karşılaştırılması çizelge 6.5’de, ikinci örnek ise çizelge 6.6’da sunulmuştur.

Çizelge 6.5. Çizelge 6.2 ve gerçek analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Doğrultu	Nokta	Çizelge Değeri (t-m)	Gerçek analiz sonucu (t-m)	% fark
1	3	5.0967	5.0915	0.10
2	11	6.7383	6.7050	0.49
3	88	5.4570	5.4061	0.93

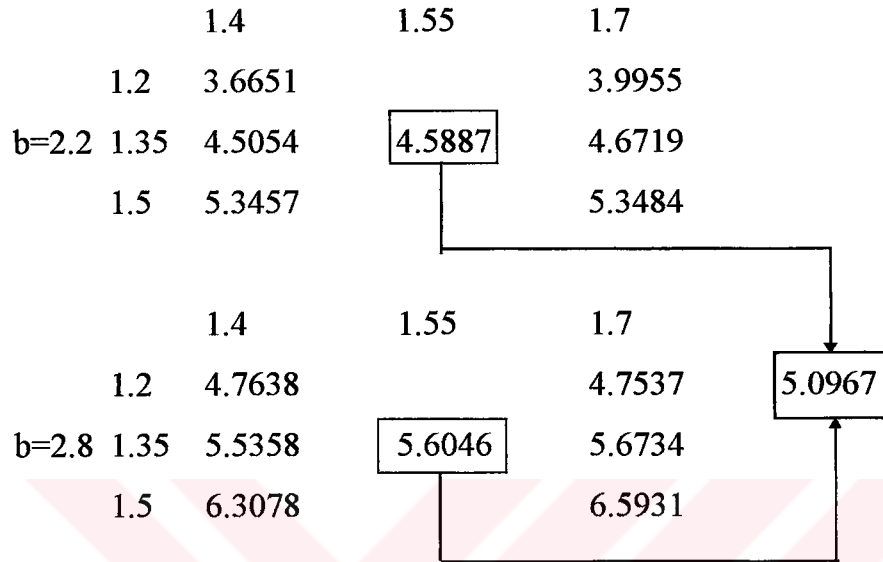
Çizelge 6.6. Çizelge 6.2 ve gerçek analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Doğrultu	Nokta	Çizelge Değeri (t-m)	Gerçek analiz sonucu (t-m)	% fark
1	3	7.8460	7.7573	1.13
2	11	10.3010	10.2499	0.496
3	8	8.3185	8.2263	1.11

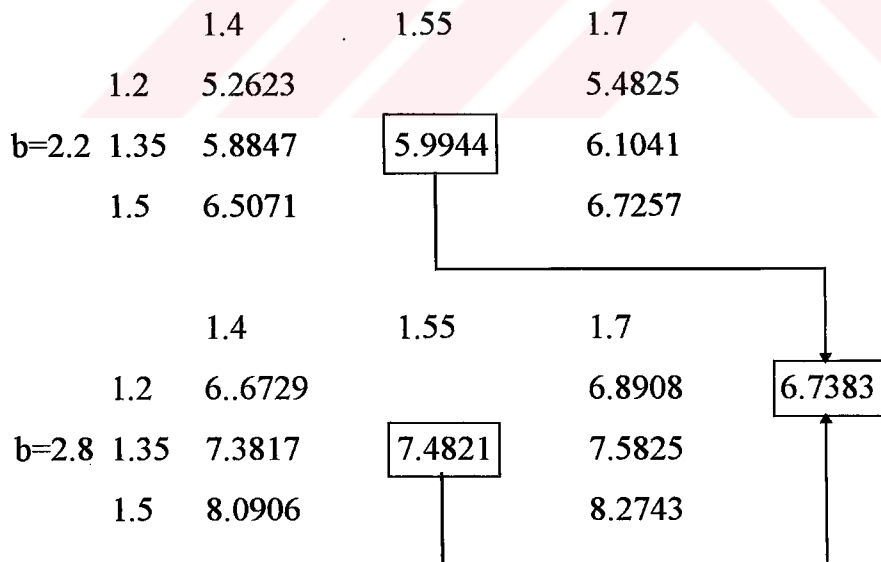
Yukarıdaki çizelge 6.5 ve 6.6’da verilen tablo 6.2 ‘den elde edilen enterpolasyon değerlerinin elde edilişleri aşağıda hesaplanmıştır.

1. Örnek

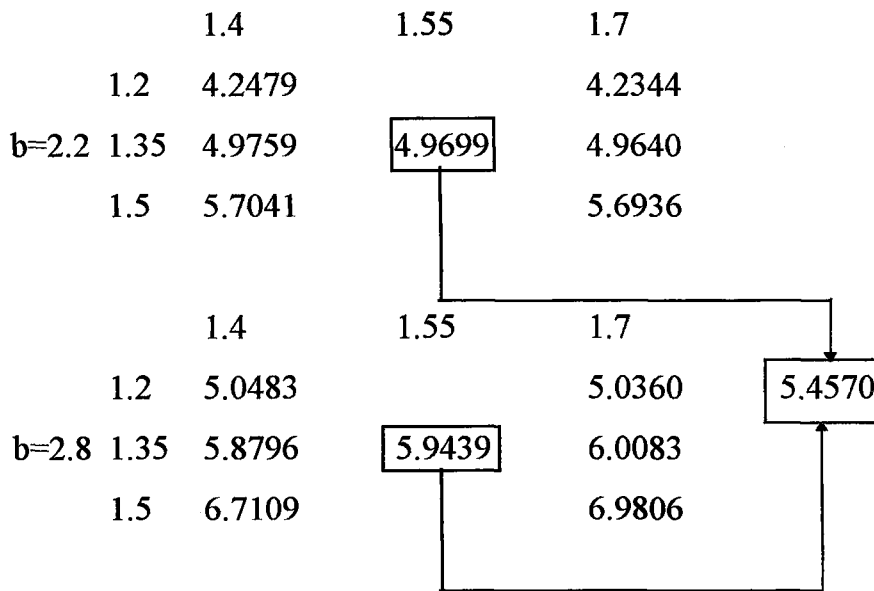
1. Doğrultu, 3. Nokta



2. Doğrultu, 11. Nokta

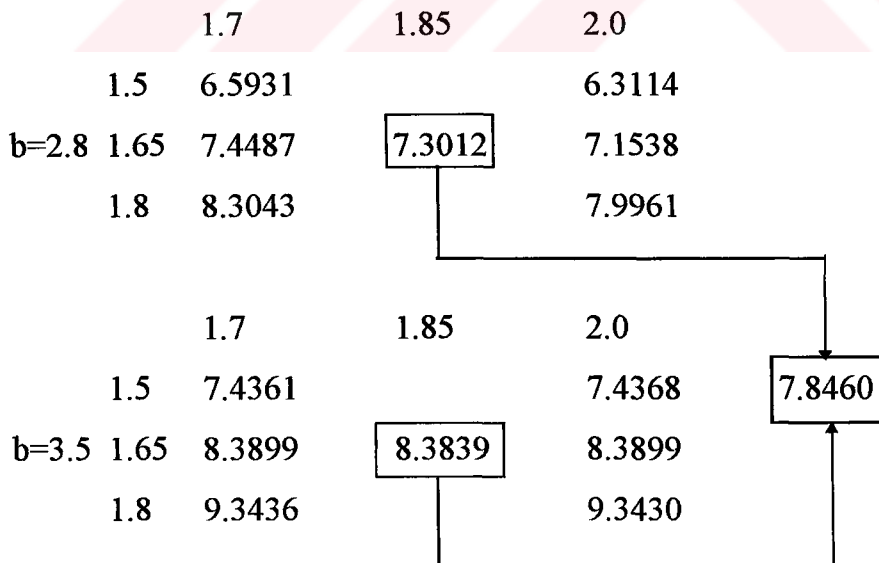


3. Doğrultu, 8. Nokta

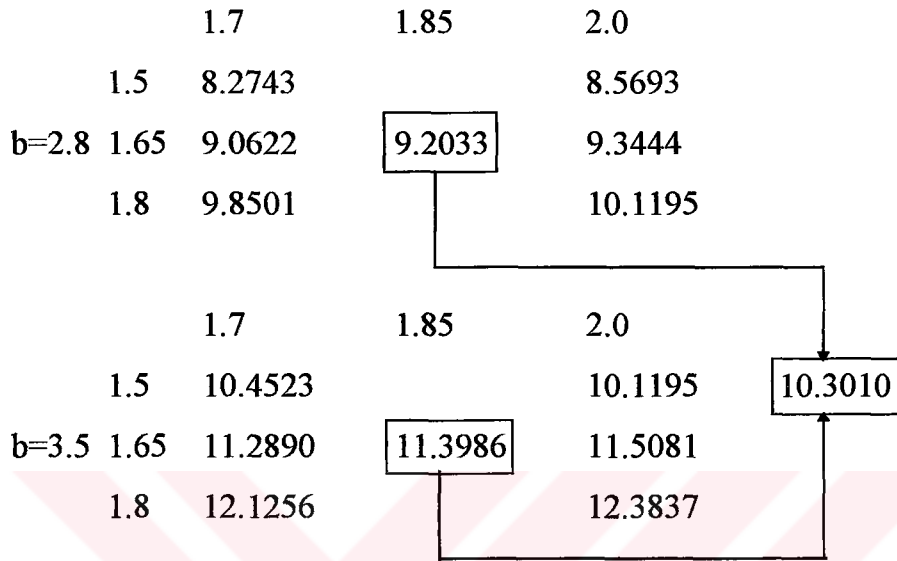


2. Örnek

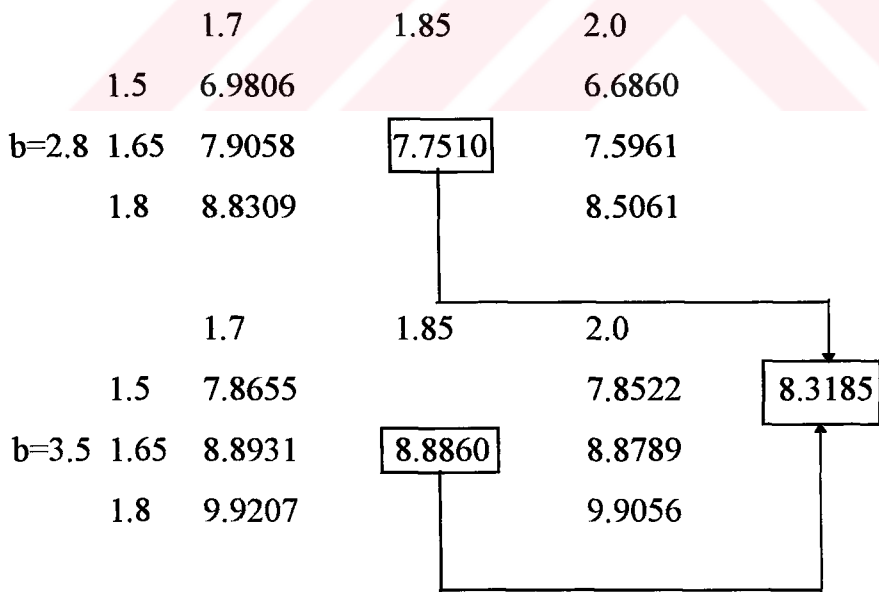
1. Doğrultu, 3. Nokta



2. Doğrultu, 11. Nokta



3. Doğrultu, 8. Nokta



7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çalışmanın amacı 2 boyutlu ve 3 boyutlu merdiven analizleri arasındaki kesit tesiri değerlerindeki değişim yüzdesi ve 2 boyutlu analizlerde göz önüne alınmayan kat adedi parametresinin kesit tesirleri üzerindeki etkisinin incelenmesidir.

Bölüm 5’de yapılan 3 örneğin moment değerleri çizelge 7.1-7.3’de sunulmuştur. Bu örnekler incelendiğinde moment dağılımının sınır şartlarından büyük ölçüde etkilendiği görülmektedir. Arasahanlık ve kat döşemesi hizalarından sabit mesnetli olan 1. ve 3. örneklerden elde edilen değerler 2 boyutlu analiz sonuçlarına daha yakın değerlerdir. Bu mesnetlenme biçimi 3. boyuttaki moment dağılımını fazla etkilememektedir. Moment dağılımı plak genişliği boyunca homojen dağılım göstermektedir. Birbirine paralel kesitlerdeki boyuna yöndeki moment dağılımları birbirine yakın değerler almakta ve dağılımları arasında birebir eşleme sonucunda tutarlılık görülmektedir. Fakat plakların genişlik değiştirdiği keskin köşelerde oluşan gerilme birikimleri bu dağılımın tutarlılığını bölgesel olarak değiştirmektedir.

Kat döşemesi ve arasahanlık plakları diğer kenarlarından mesnetlenmediği için 2 boyutlu analizlerde olduğu gibi bir deformasyon ve moment dağılımı gözlemlenebilir. Fakat 2 boyutlu analizlerde kat adedi parametresi göz önüne alınmadığı için yine de iki analiz metodu arasında %20’ye varan bir fark oluşmuştur. Analiz metodlarının ve elde edilen değerlerin grafiksel ve çizelge ile detaylı olarak karşılaştırılması 5. bölümde verilmiştir.

Yapılan bu örnekler sonucunda katlar arasındaki moment değişim miktarları konusunda da inceleme yapılması sağlanmıştır. Çizelge 7.1’de 5 katlı merdiven örneği sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde katlar arasında

%12.5'e varan moment farkı gözlenmiştir. Aynı şekilde çizelge 7.2'de 3 katlı merdivenin moment dağılımı incelendiğinde bu örnekte de katlar arasında %12.5'e varan farklar vardır.

2, 3 ve 5 Katlı merdiven analiz sonuçları incelendiğinde mesnet şartlarındaki değişimin moment dağılımı ve değerlerini çok fazla etkilediği görülmektedir. Bu farklılaşım çizelge 7.4 gösterilmiştir. Kat döşemesi ve sahanlıkların iki yönde mesnetlenmesi katlanmış plak etkisini daha fazla ortaya çıkartarak 2 boyutlu analiz metodları ile elde edilen sonuçlar ile farkı artırmaktadır. Nitekim 5. Bölümde incelenen 2. örnekte bu farklılaşım miktarı %35 olarak elde edilmiştir. Bu yüzden kat döşemesi veya arasahanlık plağı 2 yönde mesnetlenen merdivenlerde 2 boyutlu ve kat adedi parametresini göz önüne almayan hesaplamalardan kaçınılmalıdır.

Çalışmanın son aşamasında arasahanlık ve kat döşemesi doğrultularında sabit mesnetli 3 ve 5 katlı merdivenlerin 3 boyutlu sonlu eleman modellemeleri kullanılarak analiz yapılmadan sonuca kolayca ulaşmak için 54 adet analiz sonucunda çizelgeler oluşturulmuştur. Bu çizelgeler kullanılarak çizelgelerin içerdiği aralıktaki geometrik boyutlara sahip merdivenlerin moment kesit tesiri değerlerinin elde edilmesi sağlanmıştır.

Merdivenler bir çok geometrik boyuta sahip yapı elemanlarıdır. Ön boyutlandırmada analize başlamadan önce geometrik boyutla tahmini olarak belirlenmektedir. Bu sebeple merdivenlerin analizi parametrik bir çalışma gerektirmektedir.

Çizelge 7.1. 5 katlı merdiven moment değerleri

Nokta No	Mesafe (m)	5 Katlı merdiven moment değerleri (t-m)					%fark
		1. parça	2. parça	3. parça	4. parça	5. parça	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.486	1.5924464	1.402607813	1.396909375	1.399096875	1.4044625	12.27903
3	1.296	3.9125708	4.018954167	4.0253625	4.036208333	4.056754167	5.007213
4	1.705	5.0803333	5.096433333	5.093941667	5.104979167	5.123083333	3.047151
5	2.387	5.712575	5.7994375	5.726779167	5.740404167	5.755141667	4.408915
6	2.932	5.3123167	5.314675	5.322491667	5.335208333	5.35475	15.41156
7	3.477	4.0201208	4.020775	4.028129167	4.0406625	4.060758333	8.892274
8	4.287	1.4026078	1.396909375	1.399096875	1.4044625	1.410460938	40.32147
9	4.773	0	0	0	0	0	0

Çizelge 7.2. 3 katlı merdiven momentleri

Nokta No	Mesafe (m)	3 Katlı merdiven moment değerleri (t-m)				%fark
		1. parça	2. parça	3. parça	4. parça	
1	0	0	0	0	0	0
2	0.486	1.6188857	1.421035938	1.427892188	1.4323125	12.22135541
3	1.296	4.0898667	4.110645833	4.1425125	4.129654167	1.270867217
4	1.705	5.16315	5.057141667	5.2160375	5.260541667	3.866521984
5	2.387	5.7963333	5.814691667	5.852654167	5.99691667	3.339535931
6	2.932	5.3968333	5.4259125	5.372629167	5.679420833	5.401812558
7	3.477	4.103	4.119045833	4.149858333	4.432789167	7.439766573
8	4.287	1.4210359	1.427892188	1.4323125	0.881775859	38.43690819
9	4.773	0	0	0	0	0

Çizelge 7.4. 3, 5 katlı ve 2 katlı merdivenlerin moment değerlerinin karşılaştırılması

Nokta No	Mesafe (m)	3 Katlı	5 Katlı	2 Katlı	5 ve 3 Katlı arası % fark
1	1.296	4.1296542	4.109854167	-0.86287167	0.479459035
2	2.387	5.9965917	5.976054167	0.72667375	0.342486218
3	3.477	4.4327892	4.412491667	-0.86855208	0.45789455

Çizelge 7.3. 2 katlı merdiven moment değerleri

Nokta No	Mesafe (m)	2 Katlı merdiven moment değerleri (t-m)		% fark
		1. parça	2. parça	
1	0	-4.4E-05	-1.3016E-05	70
2	1.296	-0.8374	-0.862871667	2.951965
3	2.387	0.726472	0.72667375	0.027763
4	3.477	-0.85698	-0.868552083	1.332342
5	4.773	-1.3E-05	-1.64435E-05	20.94141

Bu çalışmada incelenen mesnetlenme şartları dışında kalan veya farklı geometrilere sahip merdiven türleri için benzer tablolar oluşturulabilir. Ayrıca mesnetlenme biçimi haricinde kalan plak kalınlığı gibi parametrelerin kesit tesirlerine etkisi araştırılabilir.

Sonuç bölümünde bahsedildiği gibi katlanmış merdiveni meydan getiren plakların genişlik değiştirdiği veya keskin köşe ve birleşim doğrultularının köşelerinde gerilme birikmesi dolayısıyla kesit tesirleri dağılımın ortalamasında çok fazla sapmalar gözlenmiştir. Lokal gerilmelerin donatı üzerindeki etkisi bir başka çalışma konusu olacaktır.

Merdivenlerin yapı ile birlikte ve 3 boyutlu olarak modellenmesi durumunda, yapı-merdiven etkileşiminin daha detaylı ve gerçekçi olarak araştırılması söz konusu olabilir. Ancak gerek bilgisayarların gerekse programların kapasitelerinin sınırlı olması nedeniyle bu tür bir analiz bu aşamada pratik görülmemektedir. Söz konusu analizler program ve bilgisayar kapasitelerindeki artışla birlikte daha ileride araştırılacaktır.

İncelenen parametreler için 60'ın üstünde analiz yapılması gerekmiştir. Merdiven gibi çok parametre içeren bir yapı elemanının irdelenmesi için çok fazla analize ihtiyaç vardır. Ayrıca incelenen bu merdiven türü haricinde birçok merdiven şekli literatürde yer almaktadır. Bu değişik merdivenler başka çalışmalarda incelenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Köseoğlu, S., 1992, Merdivenler Statiği ve Konstruksiyonu, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, 4. Baskı, İstanbul
- [2] Çıtıpıtıoğlu, E., Kılıç, H., 7-8 November 1996, Accuracy of Unit Strip Method in the Design Reinforced Concrete Staircases, Concrete Technology for Developing Countries, Fourth International Conference, Eastern Mediterranean University, North Cyprus.
- [3] Ahmed, I., Muqtadir, A., and Ahmad, S., 1996, Design Provision for Stair Slab in the Bangladesh Building Code, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 122, No.3.
- [4] Wilson, E.L., and Habibullah, A., 1992, SAP90- Structural Analysis Users Manual, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [5] Çakıroğlu, A., ve Çetmeli, E., 1979, Yapı Statiği I ve II, 6. Baskı, İstanbul
- [6] Çakıroğlu, A., 1974, Hiperstatik Sistemlerin Hesap Metotları, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, 3. Baskı, İstanbul
- [7] Ersoy, U., 1985, Betonarme Cilt 1, Ankara
- [8] Aka, İ., Keskinel, F., ve Arda, T.S., 1981, Betonarmeye Giriş, Birsen Yayınevi, 6. Baskı, İstanbul

- [9] Aka, İ., Keskinel, F., ve Arda T.S., 1983, Betonarme Yapı Elemanları, Birsen Yayınevi, 5. Baskı, İstanbul
- [10] TS 500, 1985, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [11] TS 498 1987, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara



EKLER

EK 1 :5 Katlı Merdiven Örneği için 2 Boyutlu ve 3 Boyutlu Analiz Değerlerinin Karşılaştırılması

EK 2 :2 Katlı Merdiven Örneği, 2 Boyutlu analiz Değerleri ve 3 Boyutlu Şerit Analizinin Karşılaştırılması

EK 3 :5 Katlı ve 3 Katlı Merdivenlerin Analiz Değerlerinin Karşılaştırılması

EK 4 :3 ve 5 Katlı Merdivenlerin Analizlerinin Kolaylaştırılması için Yapılan Çizelge 6.1 ve 6.2'nin Denenmesi için Yapılan Örneklerin Analiz Sonuçları

EK A

ÇİZELGE A.1. 2 Boyutlu ve 3 Boyutlu Modeller Arasında Moment ve Normal Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

GİRİŞ DÖŞEMESİ, 1. EĞİK DÜZLEM VE 1. ARA SAHANLIK (1. PARÇA)

Moment karşılaştırılması							
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)	2 Boyutlu El Çözümü ve SAP 90 Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 ve 2 Boyutlu El Çözümü Arası % Hata	Düzeltilme Katsayıları
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.49	1.7325	1.732	1.592446	0.028860029	8.057365556	0.919160998
3	1.3	3.885	3.885	3.912571	0	-0.70967396	1.00709674
4	1.71	4.5798	4.58	5.080333	-0.004367003	-10.92430859	1.109291527
5	2.39	5.0245	5.027	5.712575	-0.049756195	-13.63785558	1.136943975
6	2.93	4.7386	4.732	5.312317	0.139281644	-12.26366582	1.121073031
7	3.48	3.885	3.888	4.020121	-0.077220077	-3.398169582	1.034780137
8	4.29	1.7325	1.734	1.402608	-0.086580087	19.1114295	0.809586039
9	4.77	0	0	0	0	0	0

Normal kuvvet karşılaştırılması				
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)
1	0	0	0.005	0
2	0.49	0	0.005	1.144206
3	1.3	-1.1297	-1.125	0.288796
4	1.71	-0.706	-0.701	0.002213
5	2.39	1.1E-05	0.005	-0.01458
6	2.93	0.565	0.57	-0.01659
7	3.48	1.1297	1.135	-0.34413
8	4.29	0	0.005	-0.0484
9	4.77	0	0.005	0

ÇİZELGE A.2. 2 Boyutlu ve 3 Boyutlu Modeller Arasında Moment ve Normal Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

1. ARA SAHANLIK, 2. EĞİK DÜZLEM VE 2. KAT DÖŞEMESİ (2. PARÇA)

Moment karşılaştırılması							
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)	2 Boyutlu El Çözümü ve SAP 90 Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 ve 2 Boyutlu El Çözümü Arası % Hata	Düzeltilme Katsayıları
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.49	1.7325	1.732	1.402608	0.028860029	19.01802468	0.809586039
3	1.3	3.885	3.885	4.018954	0	-3.447983698	1.034479837
4	1.71	4.5798	4.58	5.096433	-0.004367003	-11.27583697	1.112806964
5	2.39	5.0245	5.027	5.799438	-0.049756195	-15.36577482	1.154231764
6	2.93	4.7386	4.732	5.314675	0.139281644	-12.3135038	1.121570717
7	3.48	3.885	3.888	4.020775	-0.077220077	-3.414994856	1.03494852
8	4.29	1.7325	1.734	1.396909	-0.086580087	19.44005911	0.806296898
9	4.77	0	0	0	0	0	0

Normal kuvvet karşılaştırılması				
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)
1	0	0	0.005	0
2	0.49	0	0.005	-0.0484
3	1.3	-1.1297	-1.125	0.272274
4	1.71	-0.706	-0.701	-0.07075
5	2.39	1.1E-05	0.005	-0.08478
6	2.93	0.565	0.57	-0.08695
7	3.48	1.1297	1.135	-0.40272
8	4.29	0	0.005	-0.08166
9	4.77	0	0.005	0

ÇİZELGE A.3. 2 Boyutlu ve 3 Boyutlu Modeller Arasında Moment ve Normal Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

2. KAT DÖŞEMESİ, 3. EĞİK DÜZLEM VE 2. ARASAHANLIK (3. PARÇA)

Moment karşılaştırılması							
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)	2 Boyutlu El Çözümü ve SAP 90 Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 ve 2 Boyutlu El Çözümü Arası % Hata	Düzeltilme Katsayıları
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.49	1.7325	1.732	1.396909	0.028860029	19.34703378	0.806296898
3	1.3	3.885	3.885	4.025363	0	-3.612934363	1.036129344
4	1.71	4.5798	4.58	5.093942	-0.004367003	-11.22143377	1.112262908
5	2.39	5.0245	5.027	5.726779	-0.049756195	-13.9204131	1.139770956
6	2.93	4.7386	4.732	5.322492	0.139281644	-12.47869118	1.12322029
7	3.48	3.885	3.888	4.028129	-0.077220077	-3.604145233	1.036841484
8	4.29	1.7325	1.734	1.399097	-0.086580087	19.31390571	0.807559524
9	4.77	0	0	0	0	0	0

Normal kuvvet karşılaştırılması				
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)
1	0	0	0.005	0
2	0.49	0	0.005	-0.08166
3	1.3	-1.1297	-1.125	0.185106
4	1.71	-0.706	-0.701	-0.09893
5	2.39	1.1E-05	0.005	-0.16054
6	2.93	0.565	0.57	-0.16054
7	3.48	1.1297	1.135	-0.40959
8	4.29	0	0.005	-0.13272
9	4.77	0	0.005	0

ÇİZELGE A.4. 2 Boyutlu ve 3 Boyutlu Modeller Arasında Moment ve Normal Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

2. ARASAHANLIK 4. EĞİK DÜZLEM 3. KAT DÖŞEMESİ (4. PARÇA)

Moment karşılaştırılması							
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)	2 Boyutlu El Çözümü ve SAP 90 Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 ve 2 Boyutlu El Çözümü Arası % Hata	Düzeltilme Katsayıları
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.49	1.7325	1.732	1.399097	0.028860029	19.2207347	0.807559524
3	1.3	3.885	3.885	4.036208	0	-3.892106392	1.038921064
4	1.71	4.5798	4.58	5.104979	-0.004367003	-11.46242722	1.114672948
5	2.39	5.0245	5.027	5.740404	-0.049756195	-14.19144951	1.142482668
6	2.93	4.7386	4.732	5.335208	0.139281644	-12.74742885	1.125903924
7	3.48	3.885	3.888	4.040663	-0.077220077	-3.92650463	1.040067568
8	4.29	1.7325	1.734	1.404463	-0.086580087	19.00446943	0.810656566
9	4.77	0	0	0	0	0	0

Normal kuvvet karşılaştırılması				
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)
1	0	0	0.005	0
2	0.49	0	0.005	-0.13272
3	1.3	-1.1297	-1.125	0.118418
4	1.71	-0.706	-0.701	-0.27803
5	2.39	1.1E-05	0.005	-0.26214
6	2.93	0.565	0.57	-0.26578
7	3.48	1.1297	1.135	-0.5442
8	4.29	0	0.005	-0.21461
9	4.77	0	0.005	0

ÇİZELGE A.5. 2 Boyutlu ve 3 Boyutlu Modeller Arasında Moment ve Normal Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

3. KAT DÖŞEMESİ, 5. EĞİK DÜZLEM VE 3. ARA SAHANLIK (5. PARÇA)

Moment karşılaştırılması							
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)	2 Boyutlu El Çözümü ve SAP 90 Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 ve 2 Boyutlu El Çözümü Arası % Hata	Düzeltilme Katsayıları
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.49	1.7325	1.732	1.404463	0.028860029	18.91094111	0.810656566
3	1.3	3.885	3.885	4.056754	0	-4.420956671	1.044209567
4	1.71	4.5798	4.58	5.123083	-0.004367003	-11.8577147	1.118625995
5	2.39	5.0245	5.027	5.755142	-0.049756195	-14.4846164	1.145415796
6	2.93	4.7386	4.732	5.35475	0.139281644	-13.1603973	1.130027856
7	3.48	3.885	3.888	4.060758	-0.077220077	-4.443372771	1.04524024
8	4.29	1.7325	1.734	1.410461	-0.086580087	18.65853878	0.814118867
9	4.77	0	0	0	0	0	0

Normal kuvvet karşılaştırılması				
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)
1	0	0	0.005	0
2	0.49	0	0.005	-0.21461
3	1.3	-1.1297	-1.125	-0.00587
4	1.71	-0.706	-0.701	-0.39365
5	2.39	1.1E-05	0.005	-0.40775
6	2.93	0.565	0.57	-0.42676
7	3.48	1.1297	1.135	-0.65889
8	4.29	0	0.005	-0.32154
9	4.77	0	0.005	0

ÇİZELGE A.6. 2 Boyutlu ve 3 Boyutlu Modeller Arasında Moment ve Normal Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

3. ARASAHANLIK, 6. EĞİK DÜZLEM VE 4. KAT DÖŞEMESİ (6. PARÇA)

Moment karşılaştırılması							
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)	2 Boyutlu El Çözümü ve SAP 90 Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 ve 2 Boyutlu El Çözümü Arası % Hata	Düzeltilme Katsayıları
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.49	1.7325	1.732	1.410461	0.028860029	18.564611	0.814118867
3	1.3	3.885	3.885	4.078888	0	-4.990669241	1.049906692
4	1.71	4.5798	4.58	5.150615	-0.004367003	-12.45884279	1.124637539
5	2.39	5.0245	5.027	5.784113	-0.049756195	-15.06092103	1.15118171
6	2.93	4.7386	4.732	4.786581	0.139281644	-1.153454807	1.010125666
7	3.48	3.885	3.888	4.090483	-0.077220077	-5.207904664	1.052891463
8	4.29	1.7325	1.734	1.420239	-0.086580087	18.09463307	0.819762807
9	4.77	0	0	0	0	0	0

Normal kuvvet karşılaştırılması				
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)
1	0	0	0.005	0
2	0.49	0	0.005	-0.32154
3	1.3	-1.1297	-1.125	-0.17646
4	1.71	-0.706	-0.701	-0.60367
5	2.39	1.1E-05	0.005	-0.51398
6	2.93	0.565	0.57	-0.49782
7	3.48	1.1297	1.135	-0.83538
8	4.29	0	0.005	-1.28955
9	4.77	0	0.005	0

ÇİZELGE A.7. 2 Boyutlu ve 3 Boyutlu Modeller Arasında Moment ve Normal Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

4. KAT DÖŞEMESİ, 7. EĞİK DÜZLEM VE 4. ARA SAHANLIK (7. PARÇA)

Moment karşılaştırılması							
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)	2 Boyutlu El Çözümü ve SAP 90 Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 ve 2 Boyutlu El Çözümü Arası % Hata	Düzeltilme Katsayıları
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.49	1.7325	1.732	1.420239	0.028860029	18.00005413	0.819762807
3	1.3	3.885	3.885	4.118808	0	-6.018232518	1.060182325
4	1.71	4.5798	4.58	5.191888	-0.004367003	-13.35998908	1.133649395
5	2.39	5.0245	5.027	5.829142	-0.049756195	-15.95666733	1.16014363
6	2.93	4.7386	4.732	5.433054	0.139281644	-14.81517681	1.146552603
7	3.48	3.885	3.888	4.138913	-0.077220077	-6.453510802	1.065357143
8	4.29	1.7325	1.734	1.472884	-0.086580087	15.05857122	0.850149711
9	4.77	0	0	0	0	0	0

Normal kuvvet karşılaştırılması				
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)
1	0	0	0.005	0
2	0.49	0	0.005	-1.28955
3	1.3	-1.1297	-1.125	-0.45886
4	1.71	-0.706	-0.701	-0.91136
5	2.39	1.1E-05	0.005	-0.92441
6	2.93	0.565	0.57	-0.92807
7	3.48	1.1297	1.135	-1.0625
8	4.29	0	0.005	-0.61395
9	4.77	0	0.005	0

ÇİZELGE A.8. 2 Boyutlu ve 3 Boyutlu Modeller Arasında Moment ve Normal Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

4. ARASAHANLIK, 8. EĞİK DÜZLEM VE 5. KAT DÖŞEMESİ (8. PARÇA)

Moment karşılaştırılması							
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)	2 Boyutlu El Çözümü ve SAP 90 Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 ve 2 Boyutlu El Çözümü Arası % Hata	Düzeltilme Katsayıları
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.49	1.7325	1.732	1.472884	0.028860029	14.96048643	0.850149711
3	1.3	3.885	3.885	4.109854	0	-5.787752038	1.05787752
4	1.71	4.5798	4.58	5.240004	-0.004367003	-14.41057132	1.144155676
5	2.39	5.0245	5.027	5.976054	-0.049756195	-18.879136	1.189382857
6	2.93	4.7386	4.732	5.658671	0.139281644	-19.58306917	1.194165119
7	3.48	3.885	3.888	4.412492	-0.077220077	-13.490012	1.135776491
8	4.29	1.7325	1.734	0.878996	-0.086580087	49.30820177	0.507356872
9	4.77	0	0	0	0	0	0

Normal kuvvet karşılaştırılması				
Nokta No	Mesafe (m)	2 boyutlu (El çözümü)	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)
1	0	0	0.005	0
2	0.49	0	0.005	-0.61395
3	1.3	-1.1297	-1.125	-0.53677
4	1.71	-0.706	-0.701	-1.09446
5	2.39	1.1E-05	0.005	-1.10546
6	2.93	0.565	0.57	-1.10923
7	3.48	1.1297	1.135	-1.06192
8	4.29	0	0.005	-0.82714
9	4.77	0	0.005	0

EK B

ÇİZELGE B.1 3 BOYUTLU ŞERİTİN ANALİZİ

GİRİŞ DÖŞEMESİ, 1. EĞİK DÜZLEM VE 1. ARA SAHANLIK

Moment karşılaştırılması					
Nokta No	Mesafe (m)	Referans 1 (El çözümü)	3 boyutlu tek kat (SAP 90)	Referans 1 el çözümü ve 3 boyutlu tek kat SAP90 arası % hata	Düzeltilme Katsayısı
1	0	0	6.5667E-08	0	0
2	1.3	-0.579	-0.9254304	37.43451808	1.598325417
3	2.39	0.561	0.68531667	18.14003259	1.221598336
4	3.48	-0.579	-0.9254304	37.43451808	1.598325417
5	4.77	0	6.5667E-08	0	0

ÇİZELGE B.2. 2 KATLI BİNANIN 3 BOYUTLU ANALİZİ

GİRİŞ DÖŞEMESİ, 1. EĞİK DÜZLEM VE 1. ARA SAHANLIK (1. PARÇA)

Moment karşılaştırılması								
Nokta No	Mesafe (m)	Referans 1 (El çözümü)	3 boyutlu tek kat (SAP 90)	3 boyutlu iki kat (SAP 90)	Referans 1 el çözümü ve 3 boyutlu tek kat SAP90 arası % hata	Referans 1 el çözümü ve 3 boyutlu iki kat SAP90 arası % hata	3 boyutlu tek kat ve 3 boyutlu iki kat SAP90 arası % hata	Düzeltilme Katsayısı
1	0	0	6.5667E-08	-4.40407E-05	0	0	0	0
2	1.3	-0.579	-0.9254304	-0.837397917	37.43451808	30.85724379	-10.51262467	1.4463
3	2.39	0.561	0.68531667	0.726471667	18.14003259	22.77744257	5.665052319	1.295
4	3.48	-0.579	-0.9254304	-0.856975	37.43451808	32.43676887	-7.9880296	1.4801
5	4.77	0	6.5667E-08	-1.3016E-05	0	0	0	0

ÇİZELGE B.3. 2 KATLI BİNANIN 3 BOYUTLU ANALİZİ

1. ARA SAHANLIK, 2. EĞİK DÜZLEM VE 2. KAT DÖŞEMESİ (2. PARÇA)

Moment karşılaştırılması								
Nokta No	Mesafe (m)	Referans 1 (El çözümü)	3 boyutlu tek kat (SAP 90)	3 boyutlu iki kat (SAP 90)	Referans 1 el çözümü ve 3 boyutlu tek kat SAP90 arası % hata	Referans 1 el çözümü ve 3 boyutlu iki kat SAP90 arası % hata	3 boyutlu tek kat ve 3 boyutlu iki kat SAP90 arası % hata	Düzeltilme Katsayısı
1	0	0	6.5667E-08	-1.3016E-05	0	0	0	0
2	1.3	-0.579	-0.9254304	-0.862871667	37.43451808	32.89848046	-7.250064224	1.4903
3	2.39	0.561	0.68531667	0.72667375	18.14003259	22.79891767	5.691286266	1.2953
4	3.48	-0.579	-0.9254304	-0.868552083	37.43451808	33.33733105	-6.548638179	1.5001
5	4.77	0	6.5667E-08	-1.64435E-05	0	0	0	0

EK C

ÇİZELGE C.1. 3 Katlı ve 5 Katlı Modeller Arasında Moment ve Normal Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

GİRİŞ DÖŞEMESİ, 1. EĞİK DÜZLEM VE 1. ARA SAHANLIK (1. PARÇA)

Moment karşılaştırılması

Nokta No	Mes. (m)	2 boyutlu El Çözümü	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)	2 Boyutlu El Çözümü, SAP90 Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 3 katlı ve 2 Boyutlu El Çözümü Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 5 katlı ve 3 boyutlu SAP 90 3 katlı % Hata	Düzeltilme Katsayıları
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.5	1.7325	1.732	1.592446	1.61889	0.028860029	6.557823129	1.633178024	0.934422
3	1.3	3.885	3.885	3.912571	4.08987	0	-5.273273273	4.335002771	1.052733
4	1.7	4.5798	4.58	5.080333	5.16315	-0.004367003	-12.73745578	1.603994977	1.127375
5	2.4	5.0245	5.027	5.712575	5.79633	-0.049756195	-15.36139583	1.445022716	1.153614
6	2.9	4.7386	4.732	5.312317	5.39683	0.139281644	-13.89088198	1.566041815	1.138909
7	3.5	3.885	3.888	4.020121	4.103	-0.077220077	-5.611325611	2.019965066	1.056113
8	4.3	1.7325	1.734	1.402608	1.42104	-0.086580087	17.97772367	1.296809216	0.820223
9	4.8	0	0	0	0	0	0	0	0

Normal kuvvet karşılaştırılması

Nokta No	Mes. (m)	2 boyutlu El Çözümü	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90)
				5 Katlı	3 Katlı
1	0	0	0.005	0	0
2	0.5	0	0.005	1.144206	1.05777
3	1.3	-1.1297	-1.125	0.288796	0.1739
4	1.7	-0.706	-0.701	0.002213	-0.1132
5	2.4	1.1E-05	0.005	-0.01458	-0.1325
6	2.9	0.565	0.57	-0.01659	-0.33281
7	3.5	1.1297	1.135	-0.34413	-0.42659
8	4.3	0	0.005	-0.0484	-0.47244
9	4.8	0	0.005	0	0

ÇİZELGE C.2. 3 Katlı ve 5 Katlı Modeller Arasında Moment ve Normal Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

1. ARA SAHANLIK, 2. EĞİK DÜZLEM VE 2. KAT DÖŞEMESİ (2. PARÇA)

Moment karşılaştırılması

Nokta No	Mes. (m)	2 boyutlu El Çözümü	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90) 5 Katlı	3 boyutlu (SAP 90) 3 Katlı	2 Boyutlu El Çözümü, SAP90 Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 3 katlı ve 2 Boyutlu El Çözümü Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 5 katlı ve 3 boyutlu SAP 90 3 katlı % Hata	Düzeltilme Katsayıları
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.5	1.7325	1.732	1.592446	1.42104	0.028860029	17.97772367	-12.06236145	0.820223
3	1.3	3.885	3.885	3.912571	4.11065	0	-5.808129558	4.818585887	1.058081
4	1.7	4.5798	4.58	5.080333	5.05714	-0.004367003	-10.42276227	-0.458592387	1.104228
5	2.4	5.0245	5.027	5.712575	5.81469	-0.049756195	-15.72677215	1.75618369	1.157268
6	2.9	4.7386	4.732	5.312317	5.42591	0.139281644	-14.50454776	2.093580266	1.145045
7	3.5	3.885	3.888	4.020121	4.11905	-0.077220077	-6.024345774	2.40164844	1.060243
8	4.3	1.7325	1.734	1.402608	1.42789	-0.086580087	17.58198052	1.770748185	0.82418
9	4.8	0	0	0	0	0	0	0	0

Normal kuvvet karşılaştırılması

Nokta No	Mes. (m)	2 boyutlu El Çözümü	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90) 5 Katlı	3 boyutlu (SAP 90) 3 Katlı
1	0	0	0.005	0	0
2	0.5	0	0.005	1.144206	-0.47244
3	1.3	-1.1297	-1.125	0.288796	-0.02628
4	1.7	-0.706	-0.701	0.002213	-0.43554
5	2.4	1.1E-05	0.005	-0.01458	-0.45208
6	2.9	0.565	0.57	-0.01659	-0.45571
7	3.5	1.1297	1.135	-0.34413	-0.68772
8	4.3	0	0.005	-0.0484	-0.40354
9	4.8	0	0.005	0	0

ÇİZELGE C.3. 3 Katlı ve 5 Katlı Modeller Arasında Moment ve Normal Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

2. KAT DÖŞEMESİ, 3. EĞİK DÜZLEM VE 2. ARASAHANLIK (3. PARÇA)

Moment karşılaştırılması									
Nokta No	Mes. (m)	2 boyutlu El Çözümü	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90) 5 Katlı	3 boyutlu (SAP 90) 3 Katlı	2 Boyutlu El Çözümü, SAP90 Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 3 katlı ve 2 Boyutlu El Çözümü Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 5 katlı ve 3 boyutlu SAP 90 3 katlı % Hata	Düzeltilme Katsayıları
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.5	1.7325	1.732	1.592446	1.42789	0.028860029	17.58198052	-11.52427631	0.82418
3	1.3	3.885	3.885	3.912571	4.14251	0	-6.628378378	5.550777859	1.066284
4	1.7	4.5798	4.58	5.080333	5.21604	-0.004367003	-13.89225512	2.601671607	1.138923
5	2.4	5.0245	5.027	5.712575	5.85265	-0.049756195	-16.48231997	2.393429762	1.164823
6	2.9	4.7386	4.732	5.312317	5.37263	0.139281644	-13.38009468	1.12258818	1.133801
7	3.5	3.885	3.888	4.020121	4.14986	-0.077220077	-6.817460317	3.126311541	1.068175
8	4.3	1.7325	1.734	1.402608	1.43231	-0.086580087	17.32683983	2.073897107	0.826732
9	4.8	0	0	0	0	0	0	0	0

Normal kuvvet karşılaştırılması					
Nokta No	Mes. (m)	2boyutlu El Çözümü	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90) 5 Katlı	3 boyutlu (SAP 90) 3 Katlı
1	0	0	0.005	0	0
2	0.5	0	0.005	1.144206	-0.40354
3	1.3	-1.1297	-1.125	0.288796	-0.3613
4	1.7	-0.706	-0.701	0.002213	-0.82135
5	2.4	1.1E-05	0.005	-0.01458	-0.82288
6	2.9	0.565	0.57	-0.01659	-0.83843
7	3.5	1.1297	1.135	-0.34413	-0.9865
8	4.3	0	0.005	-0.0484	-0.57797
9	4.8	0	0.005	0	0

ÇİZELGE C.4. 2 Boyutlu ve 3 Boyutlu Modeller Arasında Moment ve Normal Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

2. ARASAHANLIK 4. EĞİK DÜZLEM 3. KAT DÖŞEMESİ (4. PARÇA)

Moment karşılaştırılması									
Nokta No	Mes. (m)	2 boyutlu El Çözümü	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90) 5 Katlı	3 boyutlu (SAP 90) 3 Katlı	2 Boyutlu El Çözümü, SAP90 Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 3 katlı ve 2 Boyutlu El Çözümü Arası % Hata	3 Boyutlu SAP 90 5 katlı ve 3 boyutlu SAP 90 3 katlı % Hata	Düzeltilme Katsayıları
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.5	1.7325	1.732	1.592446	1.43231	0.028860029	17.32683983	-11.18009712	0.826732
3	1.3	3.885	3.885	3.912571	4.12965	0	-6.297404547	5.256695224	1.062974
4	1.7	4.5798	4.58	5.080333	5.26054	-0.004367003	-14.86400425	3.425661172	1.14864
5	2.4	5.0245	5.027	5.712575	5.99659	-0.049756195	-19.34703287	4.736301594	1.19347
6	2.9	4.7386	4.732	5.312317	5.67942	0.139281644	-19.85440496	6.463760609	1.198544
7	3.5	3.885	3.888	4.020121	4.43279	-0.077220077	-14.10010725	9.309450953	1.141001
8	4.3	1.7325	1.734	1.402608	0.88178	-0.086580087	49.1038465	-59.06625222	0.508962
9	4.8	0	0	0	0	0	0	0	0

Normal kuvvet karşılaştırılması					
Nokta No	Mes. (m)	2 boyutlu El Çözümü	2 boyutlu (SAP 90)	3 boyutlu (SAP 90) 5 Katlı	3 boyutlu (SAP 90) 3 Katlı
1	0	0	0.005	0	0
2	0.5	0	0.005	1.144206	-0.57797
3	1.3	-1.1297	-1.125	0.288796	-0.48084
4	1.7	-0.706	-0.701	0.002213	-1.14719
5	2.4	1.1E-05	0.005	-0.01458	-1.07508
6	2.9	0.565	0.57	-0.01659	-1.12308
7	3.5	1.1297	1.135	-0.34413	-1.02134
8	4.3	0	0.005	-0.0484	-0.81749
9	4.8	0	0.005	0	0

EK D

ÇİZELGE D.1. Tablo 6.1'in kontrolü için yapılan 1. örnek

3. nokta			11. nokta		
Eleman No:	Nokta No:	Moment:	Eleman No:	Nokta No:	Moment:
673	1390	5.2573	688	1446	6.6612
681		3.8531	689		6.6612
673	1391	5.279	688	1447	6.6544
681		4.1471	689		6.6544
665		5.5889	704		6.7642
697		3.968	705		6.7642
665	1392	5.4974	704	1448	6.7595
697		4.29	705		6.7595
657		5.6812	720		6.7816
713		4.1827	721		6.7816
657	1393	5.7019	720	1449	6.7751
713		4.3116	721		6.7751
649		5.8314	736		6.7739
729		4.2368	737		6.7739
649	1394	5.6939	736	1450	6.7658
729		4.5748	737		6.7658
641		5.7904	752		6.7414
745		4.5224	753		6.7414
641	1395	6.4836	752	1451	6.7345
745		3.9806	753		6.7345
633		6.4983	768		6.6232
761		3.9669	769		6.6232
633	1396	5.406	768	1452	6.6227
761		7.8895	769		6.6229
Ortalama:		5.1097	Ortalama:		6.721466667

8. nokta			8. nokta		
Eleman No:	Nokta No:	Moment:	Eleman No:	Nokta No:	Moment:
696	1502	3.8895	760		4.8691
777		5.2559	809		5.9069
696	1503	4.1441	760	1507	3.9489
777		5.3683	809		7.2475
712		4.0599	776		4.2422
785		5.596	817		6.9207
712	1504	4.3195	776	1508	10.282
785		5.6361	817		7.0891
728		4.3075	Ortalama:		5.40614
793		5.7318			
728	1505	4.3653			
793		5.9236			
744		4.3984			
801		5.9408			
744	1506	4.7781			
801		5.9824			

ÇİZELGE D.2. Tablo 6.1'in kontrolü için yapılan 2. örnek

3. nokta			11. nokta		
Eleman No:	Nokta No:	Moment:	Eleman No:	Nokta No:	Moment:
673	1390	7.8582	688	1446	10.186
681		5.7807	689		10.186
673	1391	7.9972	688	1447	10.177
681		6.2401	689		10.176
665		8.4399	704		10.343
697		6.0378	705		10.343
665	1392	8.3784	704	1448	10.335
697		6.4994	705		10.335
657		8.6321	720		10.361
713		6.3812	721		10.361
657	1393	8.7082	720	1449	10.351
713		6.5612	721		10.351
649		8.891	736		10.352
729		6.4761	737		10.352
649	1394	8.713	736	1450	10.341
729		6.9883	737		10.341
641		8.8581	752		10.316
745		6.925	753		10.316
641	1395	9.9549	752	1451	10.307
745		6.1095	753		10.307
633		9.9794	768		10.142
761		6.0894	769		10.142
633	1396	8.3204	768	1452	10.143
761		12.137	769		10.143
Ortalama:		7.789854167	Ortalama:		10.27945833

8. nokta			8. nokta		
Eleman No:	Nokta No:	Moment:	Eleman No:	Nokta No:	Moment:
696	1502	5.8274	776		6.4582
777		7.859	817		10.606
696	1503	6.2513	776	1508	15.598
777		8.1258	817		10.746
712		6.1653	Ortalama:		8.2582
785		8.4718			
712	1504	6.5684			
785		8.5871			
728		6.565			
793		8.7376			
728	1505	6.6755			
793		9.0462			
744		6.7178			
801		9.0944			
744	1506	7.3268			
801		9.1552			
760		7.4293			
809		9.018			
760	1507	6.1117			
809		11.055			

ÇİZELGE D.3. Tablo 6.2'nin kontrolü için yapılan 1. örnek

3. nokta			11. nokta		
Eleman No:	Nokta No:	Moment:	Eleman No:	Nokta No:	Moment:
1505	3390	5.2395	1520	3446	6.6446
1513		3.8394	1521		6.6446
1505	3391	5.2601	1520	3447	6.6379
1513		4.1335	1521		6.6378
1497		5.5707	1536		6.7475
1529		3.9536	1537		6.7474
1497	3392	5.4778	1536	3448	6.7428
1529		4.2762	1537		6.7428
1489		5.6629	1552		6.7649
1545		4.1678	1553		6.7649
1489	3393	5.6816	1552	3449	6.7585
1445		4.298	1553		6.7584
1481		5.813	1568		6.7572
1561		4.2219	1569		6.7572
1481	3394	5.6738	1568	3450	6.7493
1561		4.5601	1569		6.7493
1473		5.7732	1584		6.725
1577		4.5057	1585		6.725
1473	3395	6.4588	1584	3451	6.7181
1577		3.9707	1585		6.7181
1465		6.4788	1600		6.6072
1593		3.9527	1601		6.6071
1465	3396	5.3751	1600	3452	6.6067
1593		7.8502	1601		6.6069
Ortalama:		5.0914625	Ortalama:		6.704966667

8. nokta			8. nokta		
Eleman No:	Nokta No:	Moment:	Eleman No:	Nokta No:	Moment:
1528	3502	3.876	1608		4.2276
1609		5.2373	1649		6.8954
1528	3503	4.1293	1608	3508	10.247
1609		5.3498	1649		7.0656
1544		4.0462	Ortalama:		5.42515
1617		5.5761			
1544	3504	4.304			
1617		5.6167			
1560		4.2928			
1625		5.7115			
1560	3505	4.3495			
1625		5.9031			
1576		4.3833			
1633		5.9196			
1576	3506	4.7608			
1633		5.9615			
1592		4.8524			
1641		5.8855			
1592	3507	3.934			
1641		7.2224			

ÇİZELGE D.4. Tablo 6.2'nin kontrolü için yapılan 2. örnek

3. nokta			11. nokta		
Eleman No:	Nokta No:	Moment:	Eleman No:	Nokta No:	Moment:
1505	3390	7.826	1520	3446	10.157
1513		5.756	1521		10.157
1505	3391	7.963	1520	3447	10.147
1513		6.2153	1521		10.147
1497		8.4066	1536		10.313
1529		6.0118	1537		10.313
1497	3392	8.3429	1536	3448	10.305
1529		6.4739	1537		10.305
1489		8.5984	1552		10.331
1545		6.3543	1553		10.331
1489	3393	8.6716	1552	3449	10.322
1445		6.5361	1553		10.322
1481		8.8573	1568		10.322
1561		6.4491	1569		10.322
1481	3394	8.6769	1568	3450	10.311
1561		6.9614	1569		10.311
1473		8.8267	1584		10.286
1577		6.8956	1585		10.286
1473	3395	9.912	1584	3451	10.278
1577		6.0911	1585		10.278
1465		9.9452	1600		10.113
1593		6.0652	1601		10.113
1465	3396	8.2677	1600	3452	10.114
1593		12.07	1601		10.114
Ortalama:		7.757254167	Ortalama:		10.24991667

8. nokta			8. nokta		
Eleman No:	Nokta No:	Moment:	Eleman No:	Nokta No:	Moment:
1528	3502	5.8034	1608		6.4316
1609		7.826	1649		10.559
1528	3503	6.2248	1608	3508	15.533
1609		8.0925	1649		10.703
1544		6.1404	Ortalama:		8.22629
1617		8.4362			
1544	3504	6.5406			
1617		8.552			
1560		6.5383			
1625		8.7009			
1560	3505	6.6471			
1625		9.009			
1576		6.6903			
1633		9.0559			
1576	3506	7.2954			
1633		9.1172			
1592		7.3989			
1641		9.042			
1592	3507	6.0845			
1641		11.009			

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Ankara’da doğdum. 1986 yılında Bahçelievler Ulubatlı Hasan İlkokulunda ilk öğrenimimi bitirdim. Orta ve Lise öğrenimimi Bahçelievler Deneme Lisesi’nde 1992 yılında tamamladım. 1996 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldum. Halen aynı üniversitede İnşaat Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans yapmakta ve araştırma görevlisi olarak çalışmaktayım.

~~CONFIDENTIAL~~