

T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



FARKLI DÖŞEME SİSTEMİNE SAHİP
BETONARME YAPILARIN DEĞİŞİK ANALİZ
PARAMETRELERİNE VE DİĞER ÜLKE
YÖNETMELİKLERİNE GÖRE BAZI İMALAT
MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Kemal URAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2018
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Kemal Uray tarafından hazırlanan “Farklı Döşeme Sistemine Sahip Betonarme Yapıların Değişik Analiz Parametrelerine ve Diğer Ülke Yönetmeliklerine Göre Bazı İmalat Maliyetlerinin Karşılaştırılması” adlı tez çalışması 05/07/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

Danışman

Doç. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN

Üye

Doç. Dr. Atilla ÖZÜTOK

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
Lisansüstü Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.


Kemal URAY

Tarih:

09.07.2018

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI DÖŞEME SİSTEMİNE SAHİP BETONARME YAPILARIN DEĞİŞİK ANALİZ PARAMETRELERİNE VE DİĞER ÜLKE YÖNETMELİKLERİNE GÖRE BAZI İMALAT MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Kemal URAY

**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman: Doç. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN

Yıl, 2018 Sayfa 131

Jüri

**Prof. Dr. Mehmet KAMANLI
Doç. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN
Doç. Dr. Atilla ÖZÜTOK**

Yapılar tasarlanırken kullanım amaçları, ekonomik koşullar ve inşa edildikleri bölgenin depremsellik durumu yapı maliyet koşullarını önemli ölçüde etkilemektedir. Ülkemiz dünya üzerinde aktif olan fay kuşakları üzerinde yer alan sürekli depremlere maruz kalan ve deprem gerçeği ile yüz yüze bulunan bir ülkedir. Bu yüzden depremler, kullanılan yapı sistemleri ve yapı kullanım amaçları yapı maliyetlerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Yapıları depreme dayanıklı inşa etmek için deprem tehlikesi etkisinde bulunan ülkeler asgari koşulları içeren kendi yönetmeliklerini kullanmaktadırlar. Buna göre Avrupa topluluğu içerisinde yer alan ülkeler, birlikteliği sağlamak için depreme dayanıklı yapı tasarımı koşullarını içeren norm olan Eurocode 8'i kullanmaktadır. Eurocode 8 depreme dayanıklı yapı inşası için genel koşulları içermektedir. Yüksek depremselliğe sahip alanlarda Eurocode 8'e göre bazı deprem parametreleri ulusların kendi otoritelerine bırakılmıştır. Ülkemizde kullanılan deprem yönetmeliği ile Eurocode 8 depreme dayanıklı yapı tasarımının felsefesi açısından büyük benzerlikler taşımaktadır.

Bu çalışmada ilk olarak yapısal tasarıma etki eden bina önem katsayısı, deprem bölgesi, döşeme sistemi değişimi ve bina katsayısının değişiminin yapı maliyetine etkisi araştırılmıştır. İkinci olarak ise Eurocode 8 ve TDY 2007 yönetmeliği tasarım koşullarına göre yapılan SDY betonarme çerçeveli bir sistemin iki farklı paket programa göre metraj ve maliyetlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Parametrik çalışmaya konu olan bina modelinde en uygun maliyetli döşeme sistemi kirişli döşeme sistemi, en fazla maliyetli döşeme sistemi ise kirişli döşemeye nazaran yaklaşık % 20'lik bir maliyet fazlasıyla kirişsiz döşeme olmuştur. Bina önem katsayısında en önemli yapı ile en önemsiz yapı arasında tüm döşeme sistemlerinde kalıp ile beton miktarında önemli bir artış meydana gelmemiş ancak donatı miktarında % 10-17'lik bir artış olmuştur. Deprem bölgesi değişikliğinde ise 1. ve 4. Derece deprem bölgeleri arasında özellikle donatı metrajında yaklaşık %10-30 arasında artışlar meydana gelmektedir.

Yönetmeliklere göre maliyetlerin karşılaştırılmasını içeren tezin ikinci kısmında ise Eurocode 8'e göre hesaplanan binanın maliyetleri bizim yönetmeliğimize göre hesaplandan daha fazla çıkmaktadır. Betonarme binaların depreme dayanıklı hesap kuralları açısından Eurocode 8'in bizim yönetmeliğimize göre daha kapsamlı bir yönetmelik olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Döşeme sistemleri, Eurocode 8, TDY 2007, Yönetmelikler

ABSTRACT

MS THESIS

COMPARISON OF SOME MANUFACTURING COSTS ACCORDING TO VARIOUS ANALYSIS PARAMETERS AND OTHER REGULATIONS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH DIFFERENT FLOOR SYSTEMS

Kemal URAY

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
KONYA TECHNICAL UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CIVIL ENGINEERING**

Advisor: Assoc.Prof.Dr.Mahmud Sami DÖNDÜREN

Year 2018 Pages 131

Jury

Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

Assoc. Prof. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN

Assoc. Prof. Dr. Atilla ÖZÜTOK

When constructs are designed, their purpose of use, economic conditions and seismicity of the region where they are built have a significant effect on the cost of construction. Our country is a country that is exposed to continuous earthquakes on the fault lines that are active in the world and faces the earthquake reality. Because of this, earthquakes, used building systems and building usage purposes affect construction costs considerably.

Countries affected by the earthquake hazard in order to construct the construction depression are using their own regulations including the minimum conditions. Accordingly, countries within the European Community use Eurocode 8, which is the norm that includes the conditions for the design of tough durable structures to ensure coexistence. The Eurocode 8 depression contains general conditions for construction of durable construction. In areas with high seismic intensity, some earthquake parameters according to Eurocode 8 have been left to the national authorities. Earthquake regulations used in our country and Eurocode 8 have great similarities in terms of the philosophy of the durable structure design.

In this study, firstly the effect of building importance coefficient, earthquake zone, floor system change and building coefficient change on the building cost were investigated. Secondly, the comparison of the metric and the cost of a system with SDY reinforced concrete frame according to Eurocode 8 and TDY 2007 regulations design conditions according to two different package programs.

The most cost-effective flooring system is a beamed flooring system, while the most costly flooring system is a beamless flooring with a cost increase of about 20% compared to a beamed flooring. Between the most important structure and the most insignificant structure in the importance coefficient of the building, in all the flooring systems, there was not a significant shot in the quantity of the concrete with the mold, but the amount of the reinforcement increased by 10-17%. In the change of earthquake zone, between 1st and 4th degree earthquake zones, there is an increase of about 10-30% especially in reinforcements.

In the second part of the thesis which compares the costs according to the regulations, the cost of the building calculated according to Eurocode 8 is higher than calculated according to our directive. Eurocode 8 is a more comprehensive regulation than our regulation in terms of depression-resistant calculations of reinforced concrete buildings.

Keywords: Earthquake, Eurocode 8, Flooring systems, Regulations, TDY 2007

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimimin her aşamasında desteğini esirgemeyen, her zaman yol gösteren, bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim yüksek lisans tezimi gerçekleştirme konusunda büyük paya sahip sayın hocam tez danışmanım Doç. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışmamın hazırlanması esnasında her zaman yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Esra Uray'a moral ve neşe kaynağım, oğlum Tarık Mirza Uray'a ve sevgili aileme teşekkür ederim.

Kemal URAY
KONYA-2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. DEPREM HAREKETİ VE TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ.....	7
3.1. Deprem Türleri	10
3.1.1. Tektonik depremler	10
3.1.2. Volkanik depremler	10
3.1.3. Çöküntü depremler	10
3.2. Deprem Parametreleri ve Deprem Dalgaları	11
3.2.1. Odak noktası(Hiposantr).....	11
3.2.2. Dış merkez(Episantr)	11
3.2.3. Odak derinliği	11
3.2.4. Eş şiddet (İzoseit) eğrileri	12
3.2.5. Şiddet	12
3.2.6. Cisim dalgaları	13
3.2.7. Yüzey dalgaları	14
3.3. Türkiye’nin Depremseliği.....	14
4. BETONARME DÖŞEME SİSTEMLERİ	18
4.1. Kirişli Döşeme Sistemleri	19
4.1.1. Hurdî (Tek doğrultulu çalışan) döşemeler	19
4.1.2. Dal (İki doğrultulu çalışan) döşemeler	24
4.2. Kirişsiz Döşeme Sistemleri.....	28
4.2.1. Kirişsiz döşeme boyut ve donatı koşulları	29
4.2.2. Kirişsiz döşemelerin basit yöntemle yapısal çözümlemesi.....	30
4.2.3. Kirişsiz döşemelerde zımbalama	32
4.3. Dişli Döşeme Sistemleri	35
4.3.1. Tek doğrultuda çalışan dişli döşemeler	36
4.3.2. İki doğrultuda çalışan dişli döşemeler	37
5. EUROCODE 8 VE TDY 2007 YÖNETMELİĞİNDE DEPREM HESABI AÇISINDAN TEMEL İLKE VE KURALLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	38
5.1. Deprem Yük Hesapları ve Temel İlkelerin Karşılaştırılması	38
5.1.1. Eurocode 8’deki temel ilkeler	38

5.1.2. TDY 2007'deki temel ilkeler	38
5.2. Tasarımda Dikkate Alınacak Kriterler	40
5.2.1. Eurocode 8	40
5.2.2. TDY 2007	41
5.3. Zemin Koşulları ve Zemin Sınıfları	41
5.3.1. Eurocode 8	41
5.3.2. TDY 2007	42
5.4. Yapısal Düzensizlik Durumları	44
5.4.1. Eurocode 8	44
5.4.2. TDY 2007	46
5.5. Deprem Yüğü Hesabı.....	51
5.5.1. Eurocode 8	51
5.5.2. TDY 2007	56
5.6. Deprem Yüğülerinin Diğer Yüğülerle Birleştirilmesi	59
5.6.1. Eurocode 8	59
5.6.2. TDY 2007	61
5.7. Bina Önem Sınıfları ve Önem Faktörleri.....	62
5.7.1. Eurocode 8	62
5.7.2. TDY 2007	62
5.8. Bina Ağırılığının Belirlenmesi.....	63
5.8.1. Eurocode 8	63
5.8.2. TDY 2007	64
5.9. Modelleme ve Analiz.....	64
5.9.1. Eurocode 8	64
5.9.2. TDY 2007	70
5.10. Betonarme Elemanlar İçin En Kesit Koşulları ve Malzeme Özelliklerinin Karşılaştırılması	75
6. ANALİZİ YAPILAN SİSTEMLER VE ANALİZ SONUÇLARI.....	81
6.1. Değişik Parametrelerin Yapı Maliyet Hesaplarına Etkisinin Araştırılması.....	81
6.1.1. 4 Katlı Yapının Farklı Parametreler Kullanılarak Analizlerinin Yapılması .	84
6.1.2. 8 Katlı Yapının Farklı Parametreler Kullanılarak Analizlerinin Yapılması .	93
6.1.3. 12 Katlı Yapının Farklı Parametreler Kullanılarak Analizlerinin Yapılması	102
6.2. TDY 2007 ve Eurocode 8'e Göre Tasarlanan Yapının Maliyet Karşılaştırmasının Yapılması	111
6.2.1. PR 1'e göre yönetmeliklerin metraj ve maliyet karşılaştırmasının yapılması	114
6.2.2. PR 2'ye göre yönetmeliklerin metraj ve maliyet karşılaştırmasının yapılması	119
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	125
KAYNAKLAR	129
ÖZGEÇMİŞ	131

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

l_{sn}	: Döşeme serbest açıklığı
h_f	: Döşeme kalınlığı
D	: Faydalı yükseklik
C	: Paspayı
c_c	: Net beton örtüsü
ρ_{min}	: Minimum donatı oranı
B	: Döşemelerde birim hesap genişliği
q_d	: Döşemelerde dizayn yükü
l_s	: Döşeme hesap açıklığı
M	: Moment katsayıları yönteminde kullanılan katsayı
X_d	: Tek doğrultuda çalışan döşemelerde kiriş iç yüzünde hesaplanan düzeltilmiş mesnet momenti
X_k	: Tek doğrultuda çalışan döşemelerde kiriş aksında hesaplanan mesnet momenti
V_n	: Döşeme kesme kuvveti
α_s	: Döşeme sürekli kenar uzunlukları oranının, kenar uzunluklarına oranı
A	: İki doğrultuda çalışan döşemelerde moment katsayısı
Φ	: Donatı çapı
t_o	: Kirişsiz döşemelerde tabla kalınlığı
ρ_s	: Döşemelerde kısa doğrultu donatı oranı
ρ_l	: Döşemelerde uzun doğrultu donatı oranı
u_p	: Zımbalama çevresi
V_{pd}	: Tasarım zımbalama kuvveti
V_{pr}	: Zımbalama dayanımı
η_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: Dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: Rijitlik düzensizliği katsayısı
Δ_i	: i 'inci kattaki görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{max}$	: i 'inci kattaki maksimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	: i 'inci kattaki maksimum görelî kat ötelemesi
A_0	: Etkin yer ivme katsayısı

I	: Bina önem katsayısı
S	: Spektrum katsayısı
A	: Spektral ivme katsayısı
T_A, T_B	: Zemin sınıfına bağlı spektrum karakteristik periyotları
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
Ψ_0, Ψ_1, Ψ_2	: Yük birleştirme katsayıları
γ_1	: Bina önem faktörü
Φ	: Eurocode'de tanımlı yük azaltma katsayısı
N	: Hareketli yük katılım katsayısı
λ	: Düzeltme katsayısı
ΔF_N	: Ek eşdeğer deprem yükü
V_t	: Taban kesme kuvveti
W	: Bina ağırlığı
T_1	: Yapının doğal titreşim periyodu

Kısaltmalar

ACI 318	American concrete institute
CEN	Commite European de normalization
DCH	Süneklik düzeyi yüksek sistem
EC 8	Eurocode 8
EDYY	Eş değer deprem yükü yöntemi
ESY	Eşdeğer statik yöntem
MBY	Mod birleştirme yöntemi
PR 1	Analizlerde kullanılan Prota Structure paket programı
PR 2	Analizlerde kullanılan Sta4cad paket programı
SDY	Süneklik düzeyi yüksek
SDN	Süneklik düzeyi normal
TDY 2007	Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik
TS	Türk Standartı
UBC	Uniform Building Code
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

1. GİRİŞ

Yapılar projelendirilirken kullanım amaçlarına, ekonomik koşullara ve inşa edildiği bölgenin deprem durumlarına göre farklı döşeme sistemleri kullanılarak yapılmaktadır. Döşeme sistemlerinin değişmesi taşıyıcı sistemde yatay ve düşey yüklerin taşınması açısından farklılıklar oluşturmaktadır. Bu nedenle farklı parametreler için uygun döşeme sistemi türünü belirlemek ve sistemlerin çalışma prensiplerini, deprem davranışlarını iyi analiz etmek gerekmektedir.

Ülkemiz aktif deprem kuşağı olan Alp-Himalaya deprem kuşağında yer almaktadır. Bu yüzden her an büyük yer sarsıntılarına maruziyet durumu kaçınılmaz olmaktadır. Deprem gerçeği nüfusumuzun ve özellikle büyük şehirlerimizin hemen hemen tamamını tehdit etmektedir.

Bu sebeple ülkemizin deprem gerçeğini her zaman göz önünde bulundurarak binalarımızı tasarlamamız ve herhangi bir depremde oluşabilecek hasar ve can kayıplarını minimum seviyede tutmamız gerekmektedir. Bu biz inşaat mühendislerinin asli görevi ve en önemli sorumluluğudur.

Ülkemizde depremlerde meydana gelen can ve mal kayıplarını azaltmak için yönetmelik çalışmaları 1940'lı yıllarda başlamış ve 1944'te "Zelzele Mintıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi" yayımlanmıştır. İçişleri Bakanlığı 1945'te üniversiteler ile iş birliği yaparak ilk deprem bölgesi haritasını hazırlatmıştır. Daha sonra 1949, 1953, 1962, 1968 ve 1975'te büyük depremlerin sonucunda yönetmelik revizyonları gerçekleştirilmiştir.

Son olarak şu an yürürlükte olan "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" Mart 2007'de yürürlüğe girmiştir. Avrupa'da ise yapısal Eurocode'lar ile ilgili çalışmalar 1975 yılında başlamıştır. Avrupa Birliği 1978 yılında inşaat mühendisliğinde kullanılacak yönetmeliklerin hazırlanması için milletlerarası bir komisyon görevlendirmiştir. Komisyonun çalışmaları sonucunda yapısal Eurocode'lar 1990-1999 yılları arasında çıkartılarak tamamı yürürlüğe girmiş ve birlik ülkelerinde bir bütünlük sağlanmıştır.

Yapılan bu yüksek lisans tez çalışmasında birinci olarak yapı maliyetine etki eden farklı parametreler taşıyıcı sistem türü sabit tutularak ele alınmış ve bu parametrelerde örnek bir yapı sistemi üzerinde değişim yapılarak, yapının metraj ve maliyetine etkileri gösterilmeye çalışılmıştır.

Buna göre bu parametreler bina önem katsayısı, etkin yer ivmesi katsayısı, döşeme sistemi değişikliği ve 4, 8 ve 12 katlı binalar olarak dikkate alınmıştır. Birinci kısmın analizlerinde İdecad V.8.62 kullanılmış ve maliyet değerlendirmesi bu program sonuçlarına göre yapılmıştır.

İkinci olarak ise ülkemizde kullanılan TDY 2007 ile Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılan ve depreme dayanıklı yapı tasarımının temel ilke ve koşullarını içeren Eurocode 8 yönetmeliği 4 katlı SDY çerçevelerden oluşan 3. derece deprem bölgesinde inşa edilen yerel zemin sınıfı her iki yönetmelikte de benzer yaklaşımlardan dolayı zemin sınıfı Z3-C olarak alınan konut türü bir yapının Sta4cad v.14 ve Prota structure programlarında modellemesi yapılarak, iki farklı deprem yönetmeliğine göre elde edilen kaba inşaat metrajına bağlı maliyet karşılaştırılması ve yönetmeliklere göre belirlenen bina deprem etkisi değerlerinin hesaplaması yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Özkul (2003), “Deprem bölgelerine göre yapı maliyet artışının karşılaştırılması” konulu yüksek lisans tez çalışmasının ilk kısmında ülkemizde meydana gelen depremlerden ve deprem güvenliğinin felsefesi konularından bahsetmiştir. Devamında ise yapılara kullanılabilirlik kriteri uygulayarak deprem bölgelerine göre yapı maliyetlerinin nasıl değiştiğini araştırmıştır. Yazar kullanılabilirlik kriterini açıklarken kat arası deplasmanları önemli ölçüde sınırlayan yapısal elemanın deprem perdeleri olduğunun altını çizmiştir. Daha sonra yazar 1. ve 4. derece deprem bölgelerinde 5 ve 10 katlı binaları perde+çerçeve ve salt çerçeve olarak incelemiş, kullanılabilirlik sınır durumunda tüm yapı kaba inşaat maliyetlerinde %2-%10 arasında bir maliyet artışı sonucunu çıkarmıştır.

Hacıslamoğlu (2003), “Kirişli ve asmolen döşemeli yapıların yapı maliyeti ve deprem davranışlarının incelenmesi” konulu yüksek lisans tez çalışmasında taşıyıcı sistem düzensizliklerinin deprem kuvveti etkisi altında yapılarda ağır hasara neden olduğunu söylemiştir. Yazar analizlerini gerçekleştirdiği bina modelini komple asmolen döşemeli, komple kirişli döşemeli ve zemin katı asmolen döşemeli olarak modellemiş ve döşeme sistemlerinin düzensizliklere ve kaba yapı maliyetlerine etkisini araştırmıştır.

Ocak (2005), “Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik (1998) ile Eurocode (8 ve 2)’nin genel karşılaştırılması ve yapı elemanları hesabının problemlerle incelenmesi” konulu yüksek lisans tez çalışmasında Türk Deprem Yönetmeliği ile Eurocode 8’i genel kurallar ve hesap ilkeleri açısından karşılaştırmış, daha sonra her iki yönetmelik için örnek problemlerle analizler yapmıştır. Sonuç olarak yazar Türk Deprem Yönetmeliği, TS500 ve Eurocode 8 ve 2 arasında oldukça önemli bir paralellik olduğu kanısına varmış olup Eurocode 8 ve 2’nin daha kapsamlı olduğunu yapılan analiz ve irdelenen hükümler çerçevesinde göstermiştir.

Özgül (2006), “Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik-Eurocode 8 ile TS648’in ve Eurocode 3’ün genel ilkeler ve hesap metotları açısından karşılaştırılması” konulu yüksek lisans tez çalışmasında CEN’in hazırlamış olduğu Eurocode 8 ve Türk Deprem Yönetmeliği’ni teorik açıdan karşılaştırmıştır. Daha sonra yazar 4 katlı çelik bir yapıyı iki deprem yönetmeliği koşullarına göre çözüp TS 648 ve Eurocode 3’e göre boyutlandırmıştır. Yazar yönetmelik karşılaştırmalarını yaparken iki deprem yönetmeliğini de zemin koşulları, deprem tanımları ve depremin temel ilke ve

koşullarını esas almıştır. Yazar analizlerinde Sap 2000 sonlu elemanlar programını kullanmış ve tasarımlarını bu program çıktılarını göz önünde bulundurarak yapmıştır.

Kuzgun (2007), “1998 afet yönetmeliğinin EC 8 ve UBC-97 ile karşılaştırılması” konulu yüksek lisans tez çalışmasında 1998 Deprem Yönetmeliği, Eurocode 8 ve Uniform Building 97 arasında inceleme ve karşılaştırmalar yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre EC 8’de düzensizlik durumları ile ilgili herhangi bir şartın bulunmadığı ancak Eurocode 8’in her ülkenin kendi standardı ile kullanılabileceği belirtmiştir. Çeşitli yerel zemin sınıfları için EDYY analizi uygulandığında Z_2 yerel zemin sınıfında en yüksek taban kesme kuvveti A tipi sismik kaynağa 2 km mesafe için UBC-97 ile elde edilmiştir. TDY-2007 yönetmelikler içinde en düşük taban kesme kuvvetini vermiştir. Z_2 yerel zemin sınıfı için UBC-97 ya da EC-8 kullanılmasını önermiştir. Z_2 yerel zemin sınıfı için modal analiz yapıldığında en yüksek taban kesme kuvveti değerini EC-8 vermiş olup, en düşük taban kesme kuvveti değeri TDY-2007’nin olmuş ve TDY 2007’de bu yöntemde taban kesme kuvvetinde %30 luk bir artış gözlemlenmiştir. Z_3 yerel zemin sınıfı için yapılan EDYY ve modal analiz sonuçları için en yüksek taban kesme kuvveti değerlerini EC8 ve UBC-97’de elde etmiştir. Ayrıca yazar TDY-2007’ye göre tasarlanan bir yapının Eurocode 8 ile tahkik edilmesini önermektedir.

Ayyıldız (2009), “Deprem ve döşeme parametrelerinin yapı maliyetine etkilerinin yönetmeliklere göre karşılaştırılarak incelenmesi” konulu yüksek lisans tez çalışmasında, kirişli ve asmolen döşemeli perde+çerçeve 5 ve 8 katlı, salt çerçeve 2 katlı binaları modelleyerek analizlerini Probing Orion paket programında yapmıştır. Analizlerinde deprem bölgesi ve döşeme sistemi değişikliğinin yapı maliyetine etkisini araştırmıştır. Çalışmasının ikinci kısmında ise 5 katlı bir bina modeli ele alıp, TDY 2007 ve ACI 318 yönetmeliklerine göre tasarlamış iki yönetmelik için sonuçları ve kaba inşaat maliyetlerini karşılaştırmıştır.

Aydemir (2011), “TDY 2007 ile Eurocode 8’in betonarme binalarda maliyet açısından karşılaştırılması” konulu yüksek lisans tez çalışmasında, TDY 2007 ile Eurocode 8’in tasarım kuralları incelenmiş ve iki yönetmeliğe göre betonarme bir binanın 3 katlı ve 5 katlı olarak analiz sonuçlarına göre maliyet açısından karşılaştırmalar yapmıştır. Yapılan karşılaştırmalar neticesinde 3 katlı binanın toplam maliyeti TDY 2007’de Eurocode 8’e göre yaklaşık %12 oranında daha fazla çıkmış, 5 katlı binanın toplam maliyeti ise TDY 2007’de Eurocode 8’e göre yaklaşık %3 oranında daha fazla çıkmıştır. Ayrıca yazar Eurocode 8’in Türkçeleştirilip TDY 2007 ye paralel

olarak kullanılmasını, uyum sürecinden sonra da tamamen Eurocode'ların kullanılması Avrupa Birliğine giriş sürecinde ve mühendislik açısından dünyadaki gelişmelerin takip edilmesinin faydalı olacağını savunmaktadır.

Kacar (2011), "Betonarme binalarda Türk deprem yönetmeliği ile Eurocode 8'in karşılaştırılması" konulu yüksek lisans tez çalışmasında, Türk deprem yönetmeliği ve EC8 arasındaki tasarım prosedürü farklarını incelemek ve sonuçları değerlendirmek için araştırmalar yapmıştır. Çalışması 6 bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın temel ayağını iki yönetmeliğin temel tasarım kriterlerinin karşılaştırması oluşturmuştur. Daha sonra yazar betonarme bir yapı örneğini inceleyerek iki yönetmelik içinde temel tasarım ilkelerinin karşılaştırmasını yapmıştır.

Tuncer (2011), "Kullanım amaçları farklı binalarda kirişli ve kirişsiz döşemeli taşıyıcı sistemlerin maliyete etkisi üzerine bir çalışma" konulu yüksek lisans tez çalışmasında kullanım amacına ve döşeme sistemine bağlı olarak perdeli ve perde+çerçevesi sistemlerin yapı maliyetlerine etkisini araştırmaya çalışmıştır. Yazar çalışmasında iki farklı bina önem sınıfına ait yapıyı 2, 3 ve 4 katlı olarak modellemiş ve bu modellerde de kirişli ve kirişsiz döşeme sistemlerini kullanmıştır. Her modeli İdecad Statik programında oluşturmuş ve program çıktılarını değerlendirerek ilgili parametrelerin bina maliyetlerine etkilerini araştırmıştır.

Safkan (2012), "Eurocode 8 ve Türkiye deprem yönetmeliği 2007'nin Kıbrıs'ta konut binaları için karşılaştırılması" konulu bildirisinde yazar Kıbrıs Adasının sismik açıdan tehlikeli bir bölgede olduğundan ve tarih boyunca birçok yıkıcı deprem etkisi altında kaldığını söylemiştir. Kıbrıs adasının iki tarafında da ikiye ayrılmışlıktan dolayı iki farklı deprem yönetmeliğinin kullanıldığını söylemektedir. Kullanılan bu yönetmelikler EC8 ve TDY 2007'dir. İki yönetmelikte de farklı deprem bölgesi ivme haritaları kullanılmaktadır. Bu yüzden yazara göre deprem hesaplarında büyük farklılıklar oluşmaktadır. Yazar çalışmasının amacını bu temel farkları ortaya çıkarmak olarak belirlemiştir. Bu bağlamda Lefkoşe ve Gazimagusa bölgelerinde iki bina çözümlenmiştir. Çalışmasının sonuçlarına göre Gazimagusa bölgesinde Türk deprem yönetmeliği esas alınarak yapılan hesaplarda deprem yüklerini (taban kesme kuvveti) ciddi oranda az bulmuştur.

Ghareb (2015), "Türk ve Avrupa Birliği Yönetmeliklerinin benzerlik ve farklılıklarının karşılaştırılması" konulu yüksek lisans tez çalışmasında öncelikle uluslar tarafından kullanılan deprem yönetmeliklerinin temel işlevlerinden ve kullanım gereksinimlerinden bahsetmiştir. Daha sonra iki yönetmeliği de temel prensipleriyle

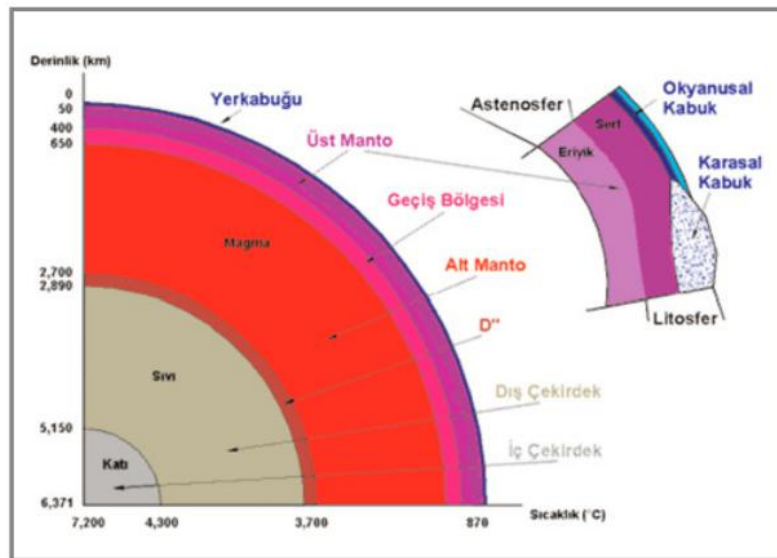
karşılaştırmıştır. Yaptığı bu karşılaştırmaları yönetmeliklerin zemin koşulları, deprem spektrumları, düzensizlik durumları ve temel betonarme yapı tasarımı üzerine gerçekleştirmiştir. Çalışmasının amacını Türkiye’de kullanılan deprem yönetmeliği ile Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılan EC8’in benzerlik ve farklılıklarını araştırmak oluşturmaktadır. Sonuç olarak yazar iki yönetmeliğin de depreme dayanıklı yapı tasarımı felsefesinde birçok benzer yönlerinin olduğunu ve her iki yönetmeliğin de amacının depreme karşı güvenli ve ekonomik yapılar oluşturmak olduğunu söylemiştir.

Akyol (2017), “Plak ve asmolen döşemelerin yapı maliyetine etkisinin araştırılması” konulu yüksek lisans tez çalışmasında, planda x ve y yönleri için her biri 4 farklı açıklıkta değişen, düşey doğrultuda ise 1-10 kat arasında değişen yapı modelleri ele almıştır. Yazar dolgu ve duvar ağırlıklarını hesaba katmadan minimum betonarme kesitler kullanmaya çalışarak parametrik bir çalışma yapmıştır. Yazar analizlerinde İdecad Statik paket programını kullanmıştır. Yaptığı statik ve dinamik analizler sonucunda asmolen döşeme sistemine sahip yapıların plak(kirişli) döşeme sistemine sahip yapılara nazaran %10.49-21.93 arasında fazla maliyete neden olduğunu tespit etmiştir.

3. DEPREM HAREKETİ VE TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ

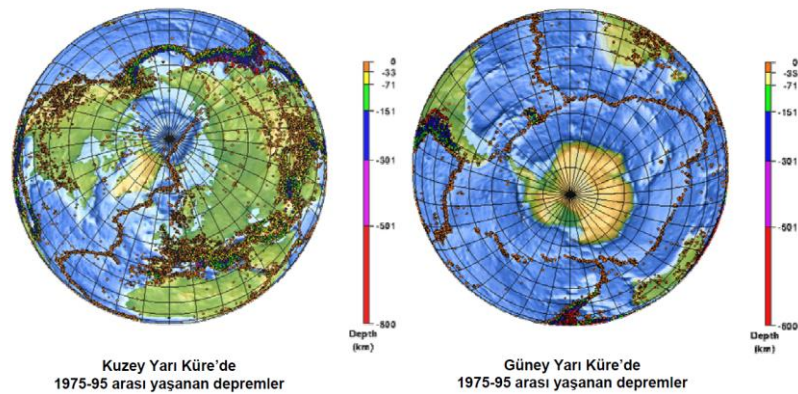
Yerkabuğu içinde çeşitli nedenlerle oluşan kırılmaların ani bir şekilde dalga hareketi oluşturarak yayılması olayına deprem denilmektedir. Depremler insanların üzerinde yaşamlarını güvenle sürdürdükleri zemin tabakasının hareket ederek yaşam ve sığınma alanımız olan evlerimizin de hasar görebileceğini gösteren doğal afetlerdir. Depremler oluşmadan önce bazı ikazlar verse de hala insanoğlunun elinde deprem oluşumunun önceden tahmini konusunda yeterli sonuçlar bulunmamaktadır. 1975 yılında Çin’de meydana gelen bir depremde birkaç saat önceden ön uyarı yapılarak on binlerce insanın yaşamı kurtarılmıştır. Bunun yanında sonra oluşan birçok deprem için yapılan ön uyarının doğru çıkmadığı görülmüştür. Güvenilir bir uyarı sisteminin günümüzde mevcut olmaması, yapıların depreme karşı dayanıklı düzenlenerek, depremin etkilerinden korunulması gereğini ortaya çıkarmaktadır.

Yerkürenin içyapısını oluşturan katmanlar konusunda, jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen bir yeryüzü modeli bulunmaktadır. Bu modele göre soğumalar sonucu en dışta oluşmuş yaklaşık 30-50 km kalınlığında bir litosfer tabakası bulunmaktadır. Okyanus ve kıtalar bu tabakanın üzerinde bulunmaktadır. Kalınlığı yaklaşık 2.900 km olan ve litosfer ile çekirdek arasında bulunan tabakaya manto adı verilmektedir. Mantonun altındaki çekirdeğin Nikel-Demir karışımından oluştuğu kabul edilmiştir. Şekil 3.1’de jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen tabakalar ve özellikleri verilmiştir (Anonim, 1995-2000).



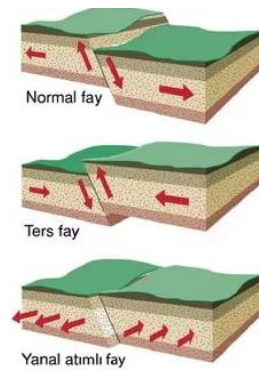
Şekil 3.1. Yerküreyi oluşturan tabakalar

Yerin yüzeyinden aşağılara inildikçe ısı artmaktadır. Yatay deprem dalgalarının yer çekirdeğinde yayılamadığı gerçeğinden yola çıkarak çekirdeğin sıvı olması gerektiği düşünülmektedir. Litosfer tabakasının altında bulunan manto tabakası genelde katı olmakla birlikte derinlere indikçe içerisinde bölgesel sıvı ortamlarda bulundurmaktadır. Manto tabakasının üstünde Astenosfer adı da verilen mantoya göre daha yumuşak bir yapıda olan üst manto bulunmaktadır. Bu tabakada oluşan iç kuvvetler neticesinde, taş kabuk parçalanmakta ve birçok levhalara ayrılmaktadır. Üst mantoda oluşan gerilimsel akımlar, radyoaktivite nedeni ile oluşan ısı yüksekliğine bağlanmaktadır. Oluşan bu akımlar yukarılara yükseldikçe yerin yüzeyinde gerilmelere ve bunun neticesinde güçsüz tabakaların kırılmasıyla levhaların meydana çıkmasına neden olmaktadır. Günümüzde 10 adet büyük levha ve çok sayıda küçük levhadan söz edilebilir. Oluşmuş olan bu levhalar üzerlerinde bulundurdıkları kıta takımları ile birlikte, Astenosfer üzerinde bir kayık gibi yüzmekte olup, birbirlerine göre insanların hissedemeyeceği bir hızda hareket etmektedirler. Gerilim akımlarının yüksel olduğu yerlerde levhalar birbirlerinden uzaklaşmakta ve buradan açığa çıkan ısı magma tabakasında okyanus ortası sırtlarını oluşturmaktadır. Levhaların birbirlerine değdikleri kısımlarda sürtünme ve sıkışmalar olmakta, sürtünen levhalardan biri aşağıya mantoya batmakta ve eriyerek yitme zonlarını oluşturmaktadır. Gerilim akımlarının sebep olduğu bu sürekli olay yer kürenin altında devam edip gitmektedir. Yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirine sürtündükleri, birbirlerini sıkıştırdıkları, birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri bu levhaların sınırları dünyada depremlerin oldukları yerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyada olan depremlerin büyük çoğunluğu bu levhaların birbirlerini zorladıkları sınırda oluşmaktadır (Anonim, 1995-2000). Şekil 3.2’de dünyada plaka hareketleri sonucunda oluşan depremler gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Dünyada plaka hareketleri sonucu oluşan deprem risk bölgeleri

Oluşan bu dalgalanma hareketi içerisinde geçtiği ortamları sarsarak, depremin odak noktasından uzaklaştıkça enerjisi azalarak yayılır. Bunun neticesinde yeryüzünde gözle görülebilen, kilometreler boyunca bir hat dahilinde uzayan fay adı verilen kırıklı yapılar oluşmaktadır. Oluşan bu fay sistemleri yeryüzünde görünür konumda olabilirken bazen de yüzey altında örtülü durumda da bulunabilir. Reid 1911 yılında depremlerinin oluşumunun "Elastik Geri Sekme Kuramı" adı altında anlatımını yapmış ve laboratuvar koşullarında da ispatlamıştır. Elastik geri sekme kuramına göre herhangi bir noktada zamana bağlı birim deformasyon miktarının oluşturduğu enerji kritik eşiğe ulaştığında kırıklı yapılar arasında bulunan sürtünme kuvveti değerini aşarak fay çizgisinin iki tarafında da kayaçları hareket ettirmekte ve olay ani olarak meydana gelmektedir. Ani deformasyonlar herhangi bir noktada yığılan enerjinin açığa çıkması, boşalması ile yer kabuğunda kırılma ve yırtılma hareketi ile olmaktadır. Kayaların enerji öncesinde oluşmuş bir birikimi olmadan kırılmaları mümkün değildir. Yer kabuğunda oluşan bu hareketleri üst mantoda oluşan konveksiyonel ısı akımları oluşturmakta ve kayaç dayanım gerilmeleri aşıldığı zaman kırılmalara sebep olmaktadır. İşte bu kırılmalar sonucu depremler oluşmaktadır. Deprem olayı esnasında oluşan faylarda, elastik geri sekmeler (atım), fayın her iki tarafında ve ters yönde oluşmaktadır. Faylar genellikle hareket yönlerine göre isimlendirilirler. Daha çok yatay hareket sonucu meydana gelen faylara doğrultu atımlı fay denir. Fayın oluşturduğu iki ayrı blokun birbirlerine göreli olarak sağa veya sola hareketlerinden de bahsedilebilir bunlar sağ veya sol yönlü doğrultulu atımlı faya bir örnektir. Düşey hareketlerle meydana gelen faylara da eğim atımlı fay denir. Fayların çoğunda hem yatay hem de düşey hareket bulunabilir (Anonim, 1995-2000). Şekil 3.3'te yer hareketi ve zorlanmalar sonucu oluşan fay çeşitleri gösterilmiştir. Depremler meydana gelişlerine göre farklı gruplarda bulunabilir, dünya üzerinde meydana gelen depremlerin çoğu tektonizma kökenlidir.



Şekil 3.3. Fay çeşitleri

3.1. Deprem Türleri

3.1.1. Tektonik depremler

Levha hareketleri sonucu oluşan depremlerdir. Dünya’da oluşan depremlerin büyük çoğunluğu bu kategoriye girmektedir. Ülkemizde oluşan depremlerin çoğu da bu deprem tipinde yer almaktadır. Şekil 3.4’te dünyada tektonik depremlerin oluşmasına sebep olan plaka hareketleri gösterilmiştir (Anonim, 2012a).



Şekil 3.4. Tektonik depremlerin oluşumuna sebep olan levha hareketleri

3.1.2. Volkanik depremler

Volkanizma hareketi sonucunda oluşan depremlerdir. Yanardağ merkezlerinin içerisinde bulunan ergimiş maddenin yeryüzüne çıkışı sırasındaki fiziksel ve kimyasal olaylar sonucunda oluşan gazların yapmış oldukları patlamalarla bu tür depremler oluşmaktadır. Bu depremler aktif yanardağ merkezlerinde oluşur bu yüzden yerele etki ederler. Japonya ve İtalya’da oluşan depremlerin bir kısmı bu gruba girmektedir. Türkiye’de aktif yanardağ olmadığı için bu tip depremler oluşmamaktadır (Anonim, 2012a).

3.1.3. Çöküntü depremler

Tuzlu ve jipsli arazilerde suyla temasla birlikte erime sonucunda oluşan mağara tavan bloklarının çökmesiyle oluşurlar. Etki alanları lokal karakterlidir ve büyük zarar eğilimi göstermezler (Anonim, 2012a).

3.2. Deprem Parametreleri ve Deprem Dalgaları

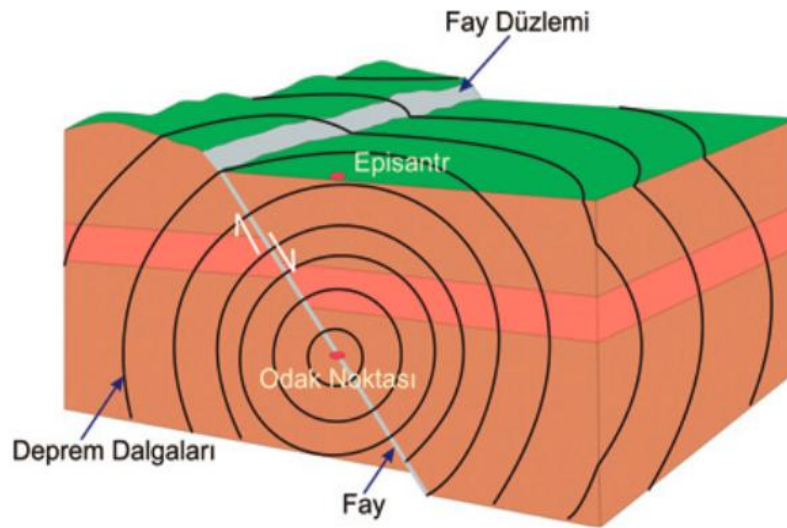
Oluşan bir depremi karakterize edebilmek için bazı parametreler gerekmektedir, aşağıda bu parametreler kısaca açıklanmaktadır.

3.2.1. Odak noktası(Hiposantr)

Odak noktası yerin içinde depremin enerjisinin ortaya çıktığı noktadır. Bu noktaya odak noktası veya iç merkez de denir. Gerçekte, enerjinin ortaya çıktığı bir nokta olmayıp bir alandır fakat pratik uygulamalarda nokta olarak kabul edilmektedir (Anonim, 2012a).

3.2.2. Dış merkez(Episantr)

Odak noktasına en yakın olan yer üzerindeki noktadır. Depremin en çok hasara neden olduğu yeryüzü noktasıdır. Ne kadar nokta olarak tarif edilse de bir alan değeridir. Bazen büyük bir depremin odak noktasının boyutları yüzlerce kilometreyle de belirlenebilir. Bu nedenle "Episantr Bölgesi" ya da "Episantr Alanı" olarak tanımlama yapılması gerçeğe daha yakın bir tanımlama olacaktır. Şekil 3.5.'te deprem parametreleri gösterilmektedir (Anonim, 2012a).



Şekil 3.5. Deprem parametreleri ve deprem dalgaları

3.2.3. Odak derinliği

Depremde enerjinin oluştuğu noktanın yeryüzüne en kısa dik uzaklığı olarak tarif edilir. Yeryüzünden 60 km derinliğine kadar oluşan depremlere sığ depremler denir. Yeryüzünden 70-300 km derinliklerini arasında oluşan depremlere orta derinlikte

depremler denilmektedir. Derin depremler ise yerin 300 km'den fazla derinliğinde olan depremlerdir. Yapılarda meydana gelen büyük hasarlar sığ depremlerde meydana gelmektedir, derin depremlerde ise deprem çok geniş alanlarda hissedilir ancak hasar verme derecesi düşüktür. Türkiye'de olan depremler genellikle sığ depremlerdir ve derinlikleri 0-60 km arasındadır (Anonim, 2012b).

3.2.4. Eş şiddet (İzoseit) eğrileri

Aynı şiddetle sarsılan noktaları birbirine bağlayan noktalara denir. Bunun tamamlanmasıyla eş şiddet haritası ortaya çıkar. Genel kabule göre eğrilerin oluşturduğu yani iki eğri arasında kalan alan, depremlerden etkilenme yönüyle, şiddet bakımından sınırlandırılmış olur (Anonim, 2012b).

3.2.5. Şiddet

Rastgele bir derinlikte oluşan depremin, anakarada meydana getirdiği etkinin ölçüsüdür. Depremin meydana getirdiği şiddet; doğa, insan ve tüm canlılar üzerinde meydana getirdiği zarar ölçüsüdür. Bu etki, depremin büyüklüğü, odak derinliği, uzaklığı yapıların depreme karşı gösterdiği dayanıklılıkla değişiklik gösterebilmektedir. Şiddet depremin kaynağındaki büyüklüğü hakkında doğru bilgi vermemekle beraber, deprem dolayısıyla oluşan hasarı yukarıda belirtilen etkenlere bağlı olarak yansıtır. Depremin şiddeti, depremlerin gözlenen etkileri sonucunda ve uzun yılların vermiş olduğu deneyimlere dayanılarak hazırlanmış olan "Şiddet Cetvelleri" ne göre değerlendirilmektedir. Diğer bir deyişle "Deprem Şiddet Cetvelleri" depremin etkisinde kalan canlı ve cansız her şeyin depreme gösterdiği tepkiyi değerlendirmektedir. Önceden hazırlanmış olan bu cetveller, her şiddet derecesindeki depremlerin insanlar, yapılar ve arazi üzerinde meydana getireceği etkileri belirlemektedir. Bir deprem oluştuğunda, bu depremin herhangi bir noktadaki şiddetini belirlemek için, o bölgede meydana gelen etkiler gözlenir. Bu izlenimler Şiddet Cetveli'nde hangi şiddet derecesi tanımına uygunsa, depremin şiddeti, o şiddet derecesi olarak değerlendirilir. Çizelge 3.1.'de Mercalli şiddet cetveli verilmektedir (Anonim, 1995-2000; 2012b).

Deprem sırasında, yeryüzü bloklarının (levhaların) ani olarak kayması ile açığa çıkan enerji, su dalgalarına benzeyen sismik dalgalar adı verilen dalgalar ile yayılır. Deprem dalgaları; Cisim dalgaları (P dalgaları, S dalgaları) ve yüzey dalgaları olarak ikiye ayrılır.

Çizelge 3.1. Mercalli Şiddet Cetveli

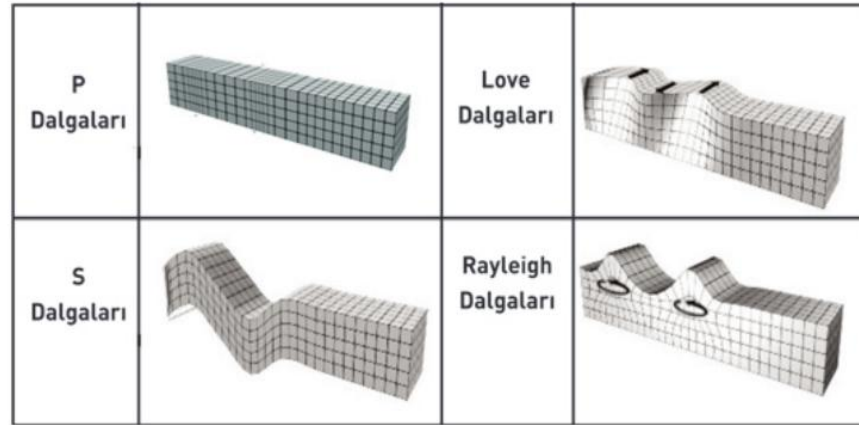
MERCALLİ ŞİDDET CETVELİ	
I	Çok özel koşullar dışında hissedilmezler.
II	Yalnızca binaların alt katlarında dinlenen insanlar hissedebilir. Asılı eşyalar hafifçe sallanabilir.
III	Bina içindeki insanlardan özellikle alt katta oturanlar hissedebilir. Birçok kişi depremi tanımlayamaz. Daha çok motorlu araçlar tarafından binada oluşturulan titreşime benzer.
IV	Gündüz vakti ise bina içindeki herkes, bina dışında hareketsiz duranlar hissedebilir. Gece vakti ise uyanık olanlar hissedebilir. Tabaklar kapı ve pencereler hafifçe sallanır.
V	Episantra yakın olan herkes hisseder, uyuyanlar uyanır. İyi yerleştirilmemiş tabaklar raflardan düşebilir. Bazı pencereler kırılır, iyi yerleştirilmeyen eşyalar devrilir.
VI	Herkes hisseder, bazı insanlar korkar. Bazı ağır mobilyalar hareket eder. Sıvalar dökülür, hafif hasarlar oluşabilir.
VII	Çok iyi yapılmış büyük yapılarda hasar derecesi önemsizdir. İyi projelendirilmemiş yapılarda zayıf-orta hasar oluşabilir. Zayıf ve projesiz binalarda ağır hasarlar meydana gelir. Bazı bacalar yıkılır.
VIII	Özel olarak yapılmış binalarda hafif hasar meydana gelir. Büyük ve iyi olarak inşa edilmiş binalarda kısmi hasar, kötü yapılmış binalarda büyük hasarlar oluşur. Bina ve fabrika bacaları, anıtlar devrilir.
IX	Çok iyi yapılmış binalarda hasar oluşur. Binalar eğilir. İyi yapılmış binalarda ciddi hasarlar oluşur. Binalar temellerinden oynar.
X	Çok iyi inşa edilmiş ahşap yapılar tamamen yıkılır. Duvarlar, çerçeveler tamamen hasar görür. Demiryollarında bükülmeler oluşur.
XI	Ayakta duvar kalmaz. Köprüler yıkılır. Demiryollarında büyük hasarlar oluşur.
XII	Hiçbir yapı ayakta kalamaz. Bölgenin haritası değişir. Eşyalar havaya fırlar.

3.2.6. Cisim dalgalarıP dalgaları:

Deprem odağından çevreye yayılan boyuna dalgalara denir. Sismografa ilk ulaşan deprem dalgalarıdır, yıkım etkileri düşüktür. Her ortamda yayılma özelliği gösterirler.

S dalgaları:

Deprem odağından çevreye yayılan boyuna dalgalara denir. Kayıtlara ikinci ulaşan dalgalardır. Sadece katı ortamlarda yayılabilirler. Şekil 3.6.'da P ve S dalgaları hareket doğrultuları verilmektedir.



Şekil 3.6. Yüzey ve cisim dalgaları

3.2.7. Yüzey dalgaları

Rayleigh Dalgaları:

Yeryüzünde okyanus üzerinde ilerleyen su dalgası gibi ilerleyen dalgalara rayleigh dalgası adı verilir. Genlikleri büyüktür. Deprem anında hissedilen sarsıntıların çoğu, diğer dalgalardan çok daha büyük enerji taşıyan Rayleigh dalgasından kaynaklanır.

Love Dalgaları:

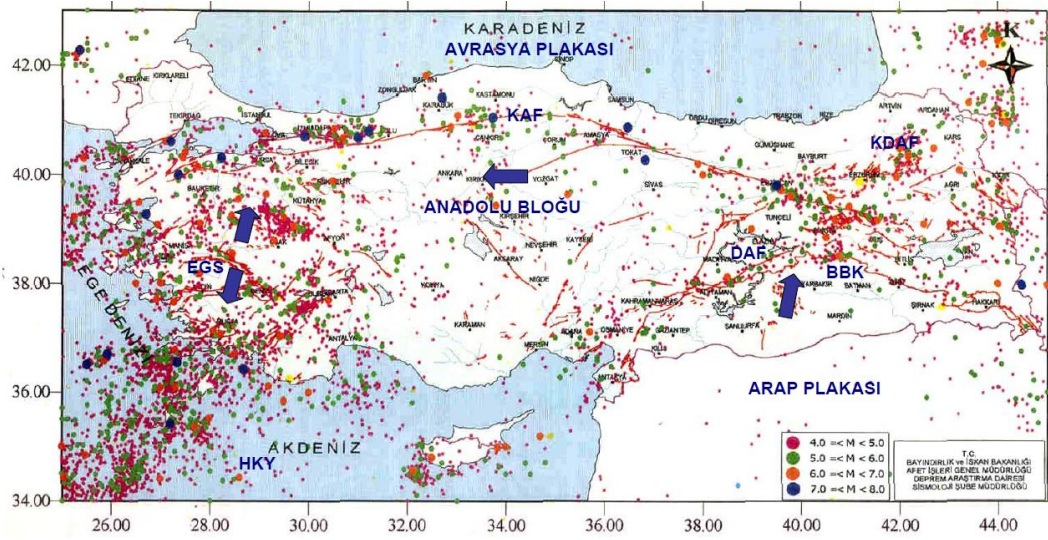
Yeri yatay düzlemde hareket ettiren yüzey dalgalarına love dalgaları denir. Yüzey dalgalarının en hızlısıdır. Yeryüzünde yarılmalara neden olurlar (Yılmaz, 2014).

3.3. Türkiye'nin Depremseliği

Depremler tarihi açısından en eski bilgi ve belgeler Çin ve Akdeniz'e komşu ülkeler ve Anadolu'ya aittir. Önceki devirlerden bu yana Anadolu'da yıkımlara sebep olan birçok sismik aktivite meydana gelmiştir. Büyük yıkımlara ve can kayıplarına sebep olan depremler arasında 1458 Erzincan, 1509 ve 1556 İstanbul, 1688 ve 1778 İzmir, 1668 Kuzey Anadolu, 1766 Marmara, 1822 Antakya, 1903 Malazgirt, 1912 Mürefte-Şarköy, 1939 Erzincan ve 1999 Marmara-Düzce depremleri sayılabilir (Özmen ve Nurlu, 1999).

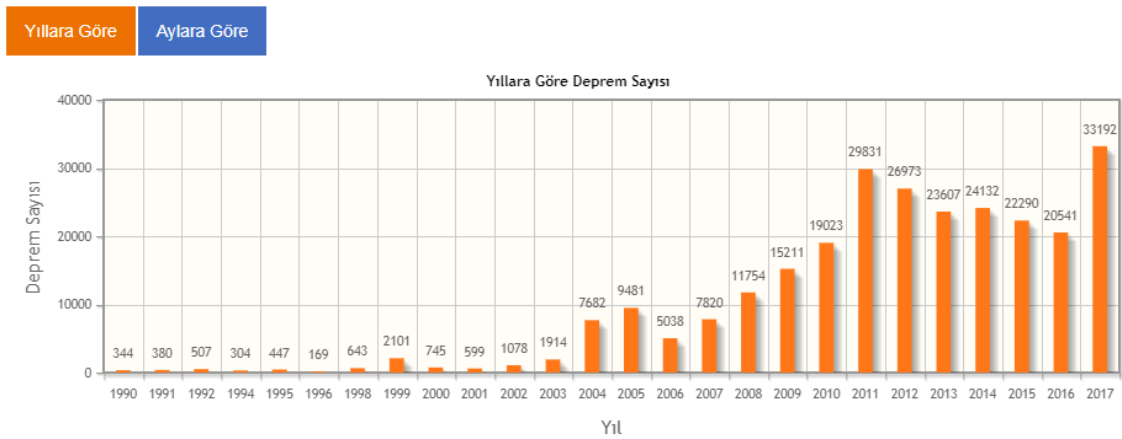
Türkiye, önemli deprem kuşaklarından biri olan ve Azor Adaları'ndan başlayıp Güneydoğu Asya'ya kadar uzanan Alp-Himalaya deprem kuşağında yer almaktadır. Türkiye, güneyde kuzey ve kuzeybatıya hareket eden Afrika ve Arap plakaları ile kuzeydeki Avrasya plakaları arasında yer almaktadır. Bu plakaların sıkıştirması nedeni ile batı yönünde kaymaya zorlanan Anadolu plakasının hareketi, batıda Ege plakası tarafından durdurulmaya çalışılınca bölgede kuzey-güney yönlü genişlemeler, Ege

Graben Sistemlerini meydana getirmiştir. Ülkemizde oluşan depremlerin çok büyük bir kısmı Anadolu plakasının çevresindeki plakalarla olan sınır zonlarında meydana gelmektedir. Bu zonlar Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı, Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağı ve Ege Graben Sistemi'dir (Özmen ve Nurlu, 1999).

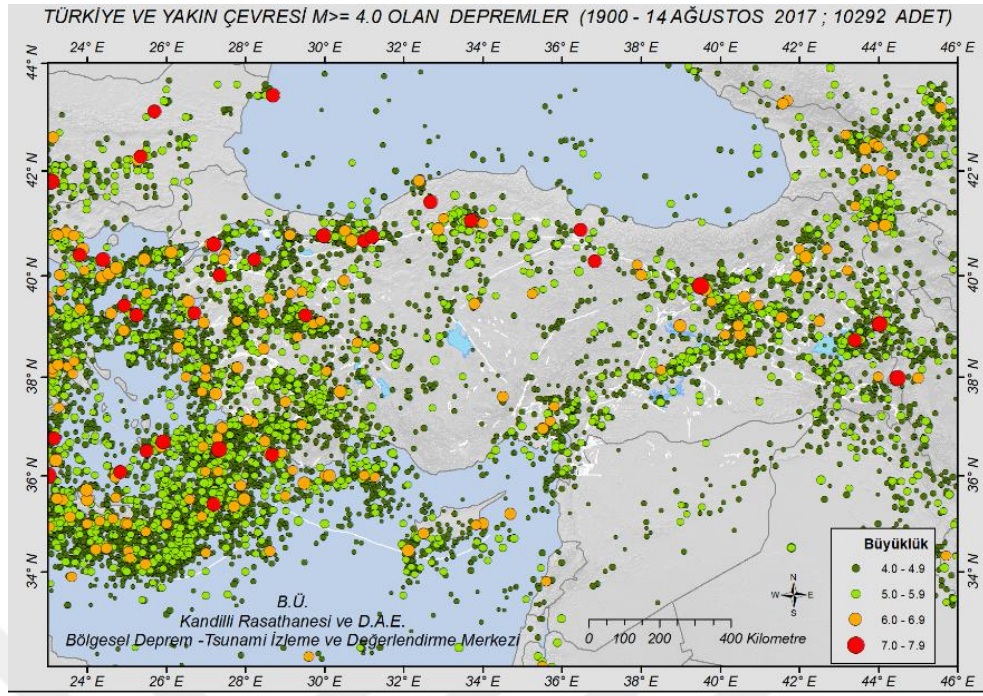


Şekil 3.7. Ülkemizde deprem etkisine sebep olan plaka hareketleri

Şekil 3.7.'de Ülkemizde deprem hareketine neden olan plaka hareketleri ve bunun sonucunda oluşan fay zonları verilmiştir. Türkiye'de 1990-2017 yılları arasında yıllara göre meydana gelen depremlerin sayıları Şekil 3.8.'de verilmektedir.

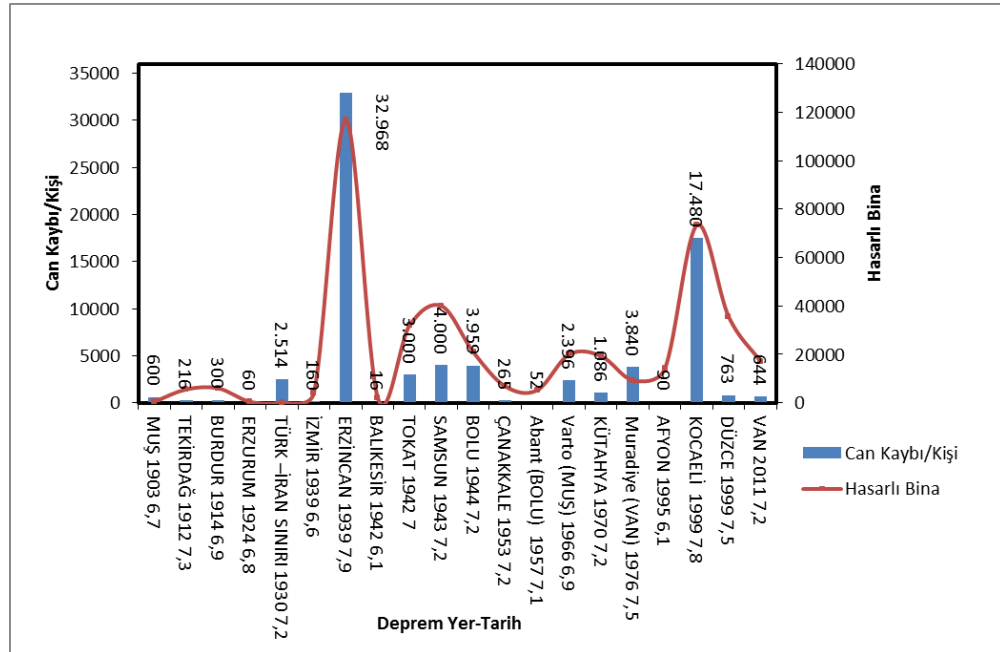


Şekil 3.8. Türkiye'de yıllara göre meydana gelen depremler



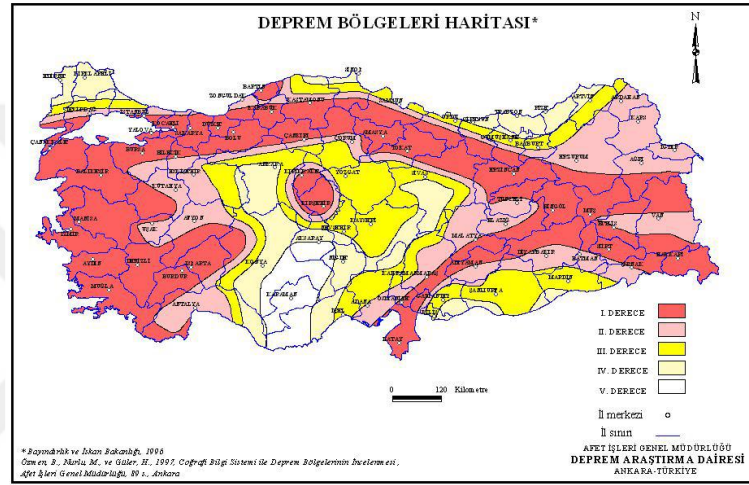
Şekil 3.9. Türkiye’de 1900-2017 yılları arasında meydana gelen $M \geq 4$ olan depremler

Şekil 3.9’da görüldüğü gibi tarih boyunca orta şiddetli ve şiddetli depremler genellikle Kuzey Anadolu Fay hattı, Doğu Anadolu Fay hattı ve Ege Çöküntü bloğunda meydana gelmiştir. Ayrıca ülkemizin deprem tehdidinin ne kadar etkili olduğunu hatırlatmak için Şekil 3.10’da büyüklüğü 6.0’dan fazla olan depremlerin bazıları verilmiştir.



Şekil 3.10. Türkiye’de meydana gelen bazı büyük depremler ve etkileri

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı 1996 yılında Deprem Bölgeleri Haritasını yayımlamıştır. Bu haritaya göre Şekil 3.11.'de Türkiye 5 bölgeye ayrılmıştır. Yer ivmesinin ≥ 0.40 g olması beklenen bölgeler I. derece, 0.30-0.40 g arasında olması beklenen bölgeler II. derece, 0.20-0.30 g arasında olması beklenen bölgeler III. derece, 0.10-0.20 g arasında olması beklenen bölgeler IV. derece ve 0.1 g'den küçük olması beklenen bölgeler V. derece bölge olarak belirlenmiştir. Çizelge 3.2 bu haritada hangi dereceli deprem bölgesinin ne kadar alan kapladığı ve buralarda ne kadar insan yaşadığını göstermektedir (Özmen ve Nurlu, 1999).



Şekil 3.11. Türkiye deprem bölgeleri haritası

Çizelge 3.2. Türkiye deprem bölgelerine göre yüz ölçümü ve yaşayan nüfus miktarları

Deprem Bölgeleri	Yüz Ölçümü (Km ²)	Yüzde (%)	Nüfus (2017)	Yüzde (%)
I. Derece	328 995	42	35 118 600	44
II. Derece	186 411	24	20 751 900	26
III. Derece	139 594	18	11 972 250	15
IV. Derece	97 894	12	10 375 950	13
V. Derece	32 051	4	1 596 300	2
TOPLAM	784 945		79 815 000	

Çizelge 3.2.'ye göre Türkiye toplam yüzölçümünün yaklaşık %66'lık bir kısmı I. ve II. derece deprem bölgesine yer almaktadır, aynı şekilde ülkemizde yaşayan toplam nüfusun %70'lik bir kısmı yine I. ve II. derece deprem bölgelerinde yaşamaktadır. Bunların hepsi göz önüne alındığında ülkemiz büyük oranda deprem tehdidi ile karşı karşıyadır bu yüzden ülkemizde inşa edilen tüm yapılar deprem etkisi göz önünde bulundurularak yeterli dayanım, rijitlik ve sünek tasarım kriterlerine göre tasarlanmalı buna paralel olarak can ve mal güvenliği etkin bir biçimde sağlanmalıdır.

4. BETONARME DÖŞEME SİSTEMLERİ

Döşemeler üç boyutlu yapısal elemanlardır, ancak diğer iki boyutu kalınlık boyutuna göre çok büyüktür. Döşemeler kısa kenarları doğrultusunda daha fazla yük taşırlar. Üzerlerinde bulunan yükleri etraflarında tasarlanan kirişlere farklı biçimlerde aktarırlar. Bu farklılıklar döşeme sistemin çalışma yönüyle alakalıdır. Ayrıca döşemelerin rijit diyafram gibi davranarak yatay yükleri (deprem ve rüzgar) çerçevelere aktarma özellikleri de vardır.

Döşeme sistemleri farklı geometrilerde olabilir, uygulamada en çok karşımıza çıkan şekilleri ise kare ve dikdörtgen formlarıdır. Döşeme sistemlerinin kalınlıklarının açıklık ve yükler belirlemektedir. Projelendirme safhasında döşeme sisteminin seçimine etki eden durumlar şu şekilde sıralanabilir (Doğangün, 2009).

Bölge depremsellik durumu:

Deprem bölgelerinde dayanıklılık ve performans açısından en uygun döşeme sisteminin fen ve sanat kurallarına uygun yapılmış kirişli döşeme sistemi olduğu söylenebilir. Kirişsiz ve asmolen döşemeler ötelenmeler açısından yeterli dayanımı sağlamamakta ve depremlerde çok kötü performans sergilemektedirler.

Döşeme maliyeti:

Seçilen döşeme sistemlerin kalıp, donatı, beton ve işçilik maliyetlerinin en az olması istenilen bir özelliktir. Bu bakımdan asmolen ve kirişsiz döşemeler kirişli döşemelere göre da az kalıp ve işçilik masrafı gerektirmektedir.

Geçilecek açıklık:

Döşeme sistemlerine göre geçilebilecek ekonomik açıklık miktarları yaklaşık olarak Çizelge 4.1’de verildiği şekildedir.

Etki eden yükler

Etki eden yük çok fazla ise kaset döşeme sistemleri diğer döşeme sistemlerine göre daha üstün özellik göstermektedirler.

Çizelge 4.1. Döşeme sistemlerine göre geçilebilecek açıklıklar

Döşeme Sistemi	Geçilebilecek Açıklık (m)
Hurdi döşemeler	3-6
Dal döşemeler	6-9
Asmolen döşemeler	6-9
Başıksız kirişsiz döşemeler	6-7

Yapı plan geometrisi

Dişli (asmolen, kaset) döşeme sistemleri karmaşık plan geometrisine sahip binalarda dolgu malzemesinin boşluklara göre uyarlanamamasından ve yassı kirişlerin kolonlara merkezi olarak oturtulamamasından dolayı uygun olmamaktadır (Doğangün, 2009).

Uygulamada en çok kullanılan isimlerine göre döşemeler şu şekilde sınıflandırılır;

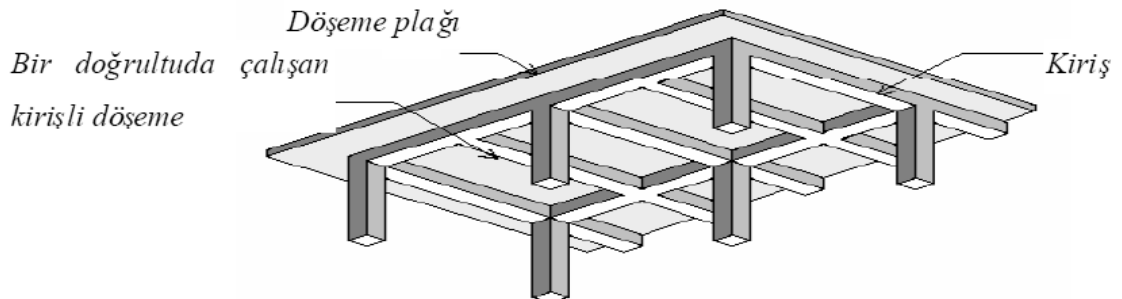
- 1) Kirişli Döşemeler
- 2) Kirişsiz Döşemeler
- 3) Dişli Döşemeler

4.1. Kirişli Döşeme Sistemleri

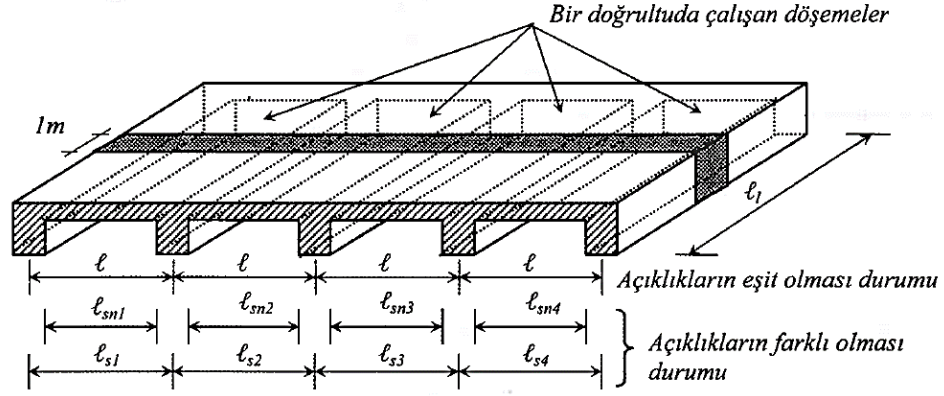
Konut türü yapılarda en çok kullanılan döşeme sistemidir. Dört kenarında kirişler olan ve karşıladığı yükleri bu kirişlere aktaran döşemelerdir. Kirişli döşemeler uzun kenarının kısa kenarına oranına göre hurdi ve dal döşemeler olarak iki kısma ayrılırlar (Altundal, 2014).

4.1.1. Hurdi (Tek doğrultulu çalışan) döşemeler

Döşemenin uzun kenarının kısa kenarına oranı $m \geq 2$ olması durumunda döşeme tek doğrultuda (kısa) yükün tamamına yakını taşıyor demektir, bu şekilde çalışan döşemelere tek doğrultuda çalışan döşemeler denmekte ve Şekil 4.1-4.2’de gösterilmektedir (Altundal, 2014).



Şekil 4.1. Tipik bir hurdi döşeme gösterimi



Şekil 4.2. Tek doğrultuda çalışan döşemelerde hesap ve serbest açıklıklar

Döşemelerin oturduğu kiriş eksenleri arasındaki mesafeye hesap açıklığı, döşemenin oturduğu kiriş yan yüzleri arasındaki temiz açıklığa ise serbest açıklık denilmektedir.

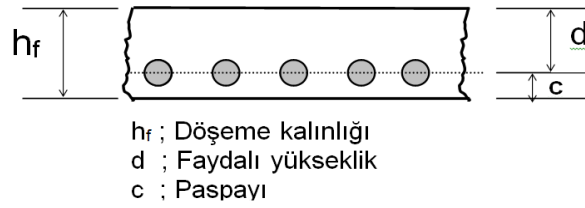
Hurdi döşemeler için minimum kalınlık değeri TS500'e göre 8 cm dir. Üzerinden taşıt geçen pasajlarda ve mahzen tavanlarında en az kalınlık 12 cm. olmalıdır. TS 500'e göre hurdi döşemelerde en az kalınlık değerleri aşağıda verilen değerlerden az olmamalıdır.

Basit mesnetli tek açıklıklı döşemelerde	$l_{sn}/25$
Sürekli döşemelerde	$l_{sn}/30$
Konsol döşemelerde	$l_{sn}/12$

TS 500'e göre sehim hesabı gerektirmeyen kalınlıklar ise aşağıda verilen değerlerden az olmamalıdır.

Basit mesnetli tek açıklıklı döşemelerde	$l_{sn}/20$
Sürekli döşeme kenar açıklık	$l_{sn}/25$
Sürekli döşeme iç açıklık	$l_{sn}/30$
Konsol döşemelerde	$l_{sn}/10$

Döşemelerde çekme donatısını örten net beton örtüsü kalınlığı (cc) TS 500'e göre 1,5 cm'den daha az olmamalıdır. Döşeme parametreleri Şekil 4.3'te verilmektedir

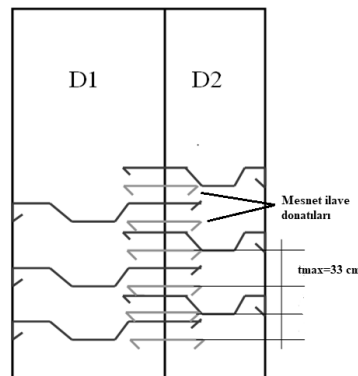


Şekil 4.3. Tipik döşeme kesiti ve hesaplarda kullanılan değerler

Hurdi döşemelerde kullanılan minimum asal doğrultu donatısı oran olarak TS 500 göre S220 çeliği için $\rho_{min}=0,003$, S420 ve S500 çeliği için ise $\rho_{min}=0,002$ olarak verilmiştir. Döşemelerde kullanılan donatı çapları 8 mm'den az olmamalıdır. Döşemeler basit eğilme altındaki elemanlar olduklarından hesaplamalar 1m'lik şeritler için yapılmaktadır, buna göre 1 m lik şeritte bulunması gereken donatı miktarı Eşitlik 4.1'deki gibi hesaplanır.

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot h_f \quad (4.1)$$

Kullanılan donatı aralığı ise kısa doğrultuda döşeme kalınlığının 1,5 katından ve 20 cm'den fazla olamaz. Açıklık donatılarının, tek açıklıklı döşemelerde en fazla 1/2'si sürekli döşemelerde ise en fazla 2/3'ü pilye olarak bükülebilir. Uzun doğrultuda kullanılan donatıların alanı asal doğrultudaki donatının 1/5'inden az olamaz. Aralık açısından ise dağıtma donatısının aralığı 30 cm'den fazla olmamalıdır. Mesnet üzerlerinde hesaplar sonucunda elde edilen gerekli donatının mevcut donatıdan fazla olması durumunda mesnet ilave donatıları (şapo) kullanılmalıdır. Kullanılan bu donatıların aralığı 33 cm'den fazla olmamalı ve Şekil 4.4'de göre düzenlenmelidir. (Altundal, 2014).



Şekil 4.4. Döşemelerde mesnet ilave donatıları

Döşeme hesaplarının kısa hesap yöntemi olan moment katsayıları yöntemi ile Şekil 4.5'e göre hesaplarının yapılabilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması gerekmektedir

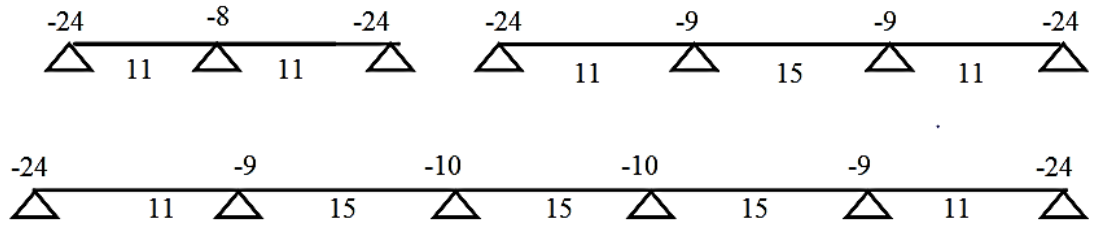
Hurdi döşemelerin kısa doğrultu açıklıkları oranı 0,8'e eşit veya büyük olmalıdır.

Döşeme hareketli yükü (Q)'nun, sabit yükü (G)'ye oranı 2'den küçük olmalıdır.

Yapı sisteminde en az iki döşeme açıklığı bulunmalıdır.

$$M=(q_d \cdot l_s^2)/m \quad (4.2)$$

Burada q_d döşeme dizayn yükü l_s ise döşeme hesap açıklığını ifade etmektedir.



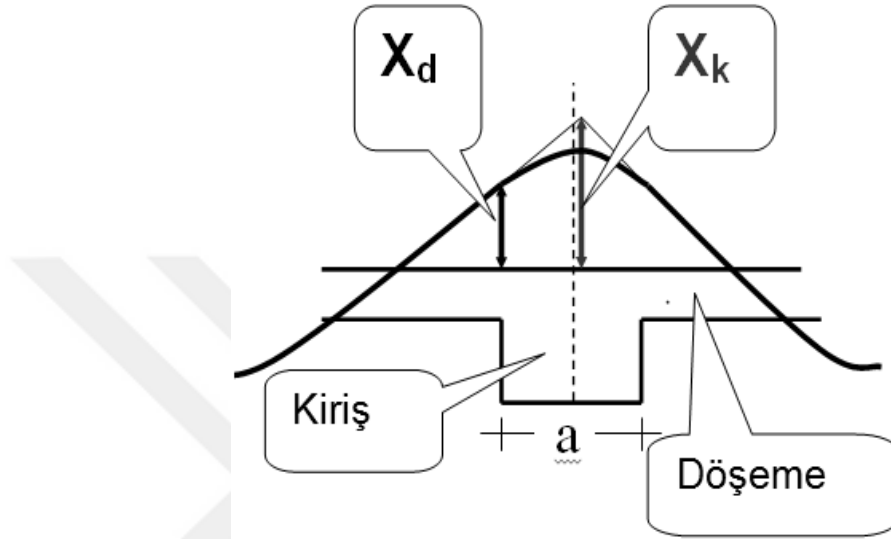
Şekil 4.5. Moment katsayıları yönteminde kullanılan “m” katsayı değerleri

Açıklıktaki moment hesapları hangi döşeme için yapılacak ise o döşemenin dizayn yükü, hesap açıklığı (kısa doğrultu) ve m katsayısı kullanılmalıdır. Mesnet momentlerinin hesaplamasında durum biraz farklı olarak hangi mesnet momenti hesaplanacak ise mesnedin her iki tarafında açıklık ve yüklerin farklı olması durumunda aritmetik ortalama değerleri kullanılmalıdır (Doğangün, 2009).

$$M_{\text{Mesnet}}=(q_{\text{ort}} \cdot l_{\text{s-ort}}^2)/m \quad (4.3)$$

Moment katsayıları yönteminin kullanılamaması durumunda statik çözüm yapmak gerekmektedir, buna göre elverişsiz yüklemeler yapılarak açıklık ve mesnet momentleri hesaplanmalıdır. Hesaplar 1m şerit üzerinde yapılmalıdır. Elverişsiz yüklemelerin yapılabilmesi dizayn yükleri kullanılmalıdır. Açıklıkta max. Moment elde etmek için açıklık çift yüklenmeli (1,4G+1,6Q) daha sonra tek (1,4G) ve çift olarak devam etmelidir. Eğer mesnette max. moment değeri elde edilecekse hesap yapılacak

Açıklık ve mesnette moment bulunurken kullanılan değer kiriş ekseninden kiriş eksenine olan mesafe (hesap açıklığı) olduğundan bulunan mesnet momentlerini Şekil 4.6'ya göre mesnet iç yüzlerine taşımak gerekmektedir. Bu yüzden döşemelerin mesnet momentlerinde düzeltmeye ihtiyaç duyulmakta ve aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmaktadır (Altundal, 2014).



Şekil 4.6. Hurdi döşemelerde bulunan mesnet momentinin kiriş iç yüzüne taşınması

$$V_n = q_d \cdot l_{sn} / 2 \quad (4.4)$$

$$\Delta M = V_n \cdot (a/3) \quad (4.5)$$

$$X_d = X_k - \Delta M \quad (4.6)$$

Düzeltilmiş mesnet momenti değeri $q_d \cdot l_s^2 / 14$ değerinden az olmamalıdır. Duvara oturan döşemelerin mesnet koşulu serbest dönebilen mesnet olarak kabul edildiğinden bu döşeme mesnetlerinde düzeltme yapılmaz, hesap sonucu bulunan değerler aynen alınarak betonarme hesaplara geçilir.

Hurdi döşemelerde uzun doğrultu ara mesnet donatısının minimum değeri komşu açıklıktaki çekme donatılarının büyük olanının %60'ından az olmamalıdır. Bu donatılar aralık olarak S220 çeliği için en fazla 20 cm S420 çeliği için en fazla 30 cm olacak şekilde düzenlenmelidir. Bu donatıları uzunluğu mesnetten her iki tarafa kısa açıklığın $1/4$ 'ü kadar uzatılmalıdır.

4.1.2. Dal (İki doğrultulu çalışan) döşemeler

Döşemenin uzun kenarının kısa kenarına oranı $m \leq 2$ ise döşeme üzerindeki yükleri iki doğrultuya aktararak taşır. Bu döşemelerin hesaplamalarında eşdeğer çerçeve, akma çizgileri yöntemleri kullanılacağı gibi TS500'de önerilen yaklaşık yöntem de kullanılabilir. Bu döşemelerin TS 500'de tanımlanan minimum kalınlık değeri Eşitlik 4.7'ye göre bulunan değerden az olamaz (Doğangün, 2009).

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{15+20/m} (1-\alpha_s/4) \quad (4.7)$$

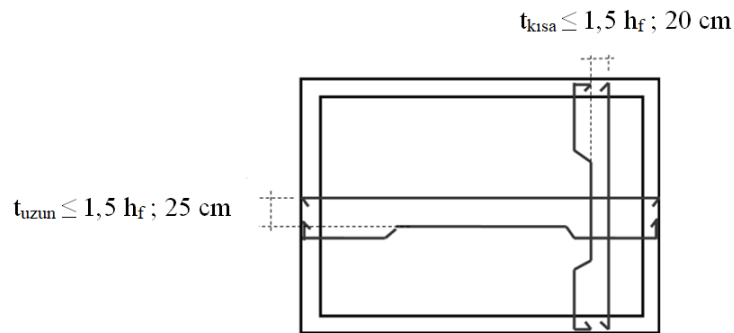
Hurdi döşemelerde olduğu gibi dal döşemelerde de TS 500 sehim hesabı gerektirmeyen döşeme kalınlık değerlerini aşağıdaki gibi vermektedir.

Kısa doğrultuda kesit alındığında tek dal döşeme ise $h_f \geq l_{sn}/25$

Kısa doğrultuda kesit alındığında kenar açıklık ise $h_f \geq l_{sn}/30$

Kısa doğrultuda kesit alındığında iç açıklık ise $h_f \geq l_{sn}/35$

TS 500'e göre minimum donatılar oran olarak her iki doğrultuda toplam donatı S220 çeliği için 0,004'den S420 çeliği için 0,0035 değerinden az olmamalıdır. Her bir doğrultudaki donatı oranı en az 0,0015 olmalıdır. Aralık olarak ise kısa açıklık doğrultusunda döşeme kalınlığının 1,5 katından ve 20 cm'den fazla olamaz. Uzun açıklıktaki donatı aralığı ise yine döşeme kalınlığının 1,5 katından ve 25 cm'den fazla olmamalıdır. Şekil 4.7'de kısa ve uzun doğrultuda donatı aralık şartları gösterilmektedir.



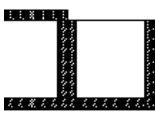
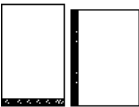
Şekil 4.7. Dal döşemelerde x ve y yönleri için donatı aralık şartları

Dal döşemelerde moment hesapları eğer açıklıklar birbirinden çok farklı değilse ve kesin hesap yapılmıyorsa TS 500’de tanımlanan yaklaşık hesap yöntemi kullanılarak bulunacaktır. Buna göre;

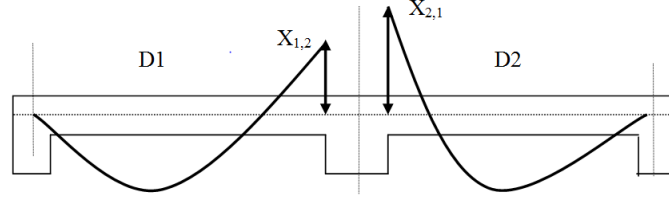
$$M=\alpha \cdot q_d \cdot l_{sn}^2 \quad (4.8)$$

Çizelge 4.2’deki katsayılar kullanılarak Eşitlik 4.8’e göre bulunan moment değeri 1 m’lik döşeme şeridi için hesaplanmaktadır.

Çizelge 4.2. Mesnet koşullarına bağlı olarak bulunan “ α ” moment katsayıları

Mesnet koşulları	Moment hesap kısmı		Kısa kenar doğrultusunda								Uzun Kenar Doğrultusu
			m=l ₁ / l _s								
			1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.75	2.00	
	Açıklık Momenti		0.025	0.030	0.034	0.038	0.041	0.045	0.053	0.062	0.025
	Mesnet Momenti	Sürekli Kenarlarda	0.033	0.040	0.045	0.050	0.054	0.059	0.071	0.083	0.033
	Açıklık Momenti		0.031	0.035	0.040	0.043	0.046	0.049	0.056	0.064	0.031
	Mesnet Momenti	S.li Kenar	0.041	0.047	0.053	0.057	0.061	0.065	0.075	0.085	0.041
		S.sz Kenar	0.016	0.018	0.020	0.022	0.023	0.025	0.028	0.032	0.016
	Açıklık Momenti		0.037	0.042	0.047	0.050	0.053	0.055	0.062	0.068	0.037
	Mesnet Momenti	S.li Kenar	0.049	0.056	0.062	0.066	0.070	0.073	0.082	0.090	0.049
		S.sz Kenar	0.019	0.021	0.024	0.025	0.027	0.028	0.031	0.034	0.019
	Açıklık Momenti		0.044	0.053	0.060	0.065	0.068	0.071	0.077	0.080	0.044
	Mesnet Momenti	S.li Kenar	-	-	-	-	-	-	-	-	0.056
		S.sz Kenar	0.022	0.027	0.030	0.033	0.034	0.036	0.039	0.040	-
	Açıklık Momenti		0.044	0.046	0.049	0.051	0.053	0.055	0.058	0.060	0.044
	Mesnet Momenti	S.li Kenar	0.056	0.061	0.065	0.069	0.071	0.073	0.077	0.080	-
		S.sz Kenar	-	-	-	-	-	-	-	-	0.022
	Açıklık Momenti		0.044	0.049	0.054	0.058	0.061	0.064	0.069	0.074	0.044
	Mesnet Momenti	S.li Kenar	0.058	0.065	0.071	0.077	0.081	0.085	0.092	0.098	0.058
		S.sz Kenar	0.022	0.025	0.027	0.029	0.031	0.032	0.035	0.037	0.022
	Açıklık Momenti		0.050	0.057	0.062	0.067	0.071	0.075	0.081	0.083	0.050
	Mesnet Momenti	Sürekli Kenarlarda	0.025	0.029	0.031	0.034	0.036	0.038	0.041	0.042	0.025

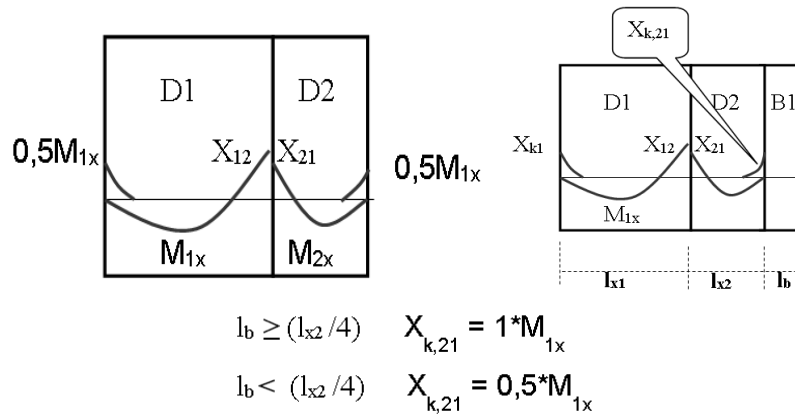
Çift doğrultuda çalışan döşemelerde Şekil 4.8’de gösterildiği gibi mesnetin her iki yanında moment değerleri birbirinden farklı olabilir bu durumda serbest açıklıklara göre bulunan mesnet momentlerinde dengeleme yapmak gerekmektedir.



Şekil 4.8. Farklı mesnet momentleri oluşması durumunda moment dengelemesi

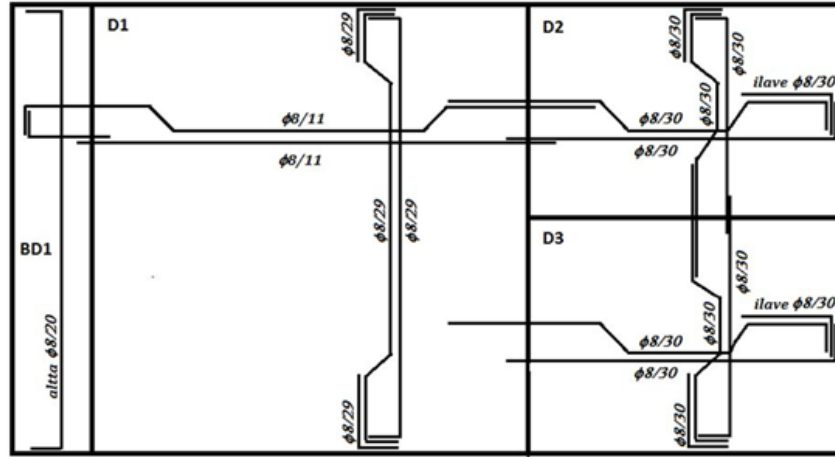
Buna göre mesnetin bir tarafındaki küçük momentin diğer tarafındaki büyük momente oranı 0.8’e eşit ve büyükse dengeleme yapmaya gerek yoktur büyük moment alınarak betonarme hesap yapılır, 0.8’den küçük ise momentler arasındaki farkın 2/3’ü döşemelere rijitlikleri oranında dağıtılır.

Çift doğrultuda çalışan döşemelerde kenar mesnet momentinin dönmenin tam olarak engellendiği durumda kenara dik açıklık momentine eşit olacağı, dönmenin engellenmediği durumlarda ise kenara dik açıklık momentinin 0.5 katı olacağı kabul edilmektedir. Kenar mesnette konsol döşeme yoksa dönmenin engellenmediği kabul edilecektir. Eğer konsol varsa konsolun uzun mu kısa mı olduğuna bakılır buna göre konsolun hesap açıklığı kısa doğrultusunda bulunan döşemenin kısa kenarının 1/4’ünden büyükse uzun konsol sayılır ve dönme engellenmiş kabul edilir. 1/4’ünden küçük ise kısa konsol sayılır ve dönme engellenmemiş olarak kabul edilir (Altundal, 2014). Açıklık momentlerinin mesnetlenme durumuna bağlı olarak dağıtılması Şekil 4.9’da gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Açıklık momentlerinin mesnette dönme koşullarına bağlı dağıtılması

Konsolun her zaman ankastre olarak mesnetlendiği kabul edilir. İstinat durumlarına bakılmaksızın konsoldan kirişe her zaman konsol momenti gelecektir. Bu durumda hesaplanan konsol momentinin kirişin diğer tarafında bulunan döşeme mesnet momentinden büyük olması durumunda mesnet momenti dengelemesi yapılmaksızın konsol momenti betonarme hesaba esas teşkil edecektir. Döşemelerde betonarme hesap sonucunda bulunan donatılar Şekil 4.10-4.12'ye göre teşkil edilmelidir.

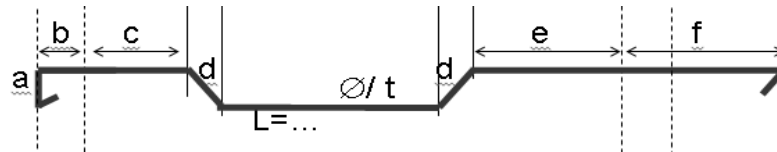


Şekil 4.10. Döşemelerde donatı teşkili

Düz donatı boyu:

Döşemenin oturduğu kiriş dış yüzünden kiriş dış yüzüne mesafenin bulunmasıyla hesap edilir.

Pilye donatı boyu:



Şekil 4.11. Pilye kesim-kıvrım boy detayı

$a+b=45\emptyset$: en az kenetlenme boyu kadar olmalıdır.

$c=l/7$: pilye doğrultusunda döşeme hesap açıklığı (l)

$$d=(h-2pp)\sqrt{2}$$

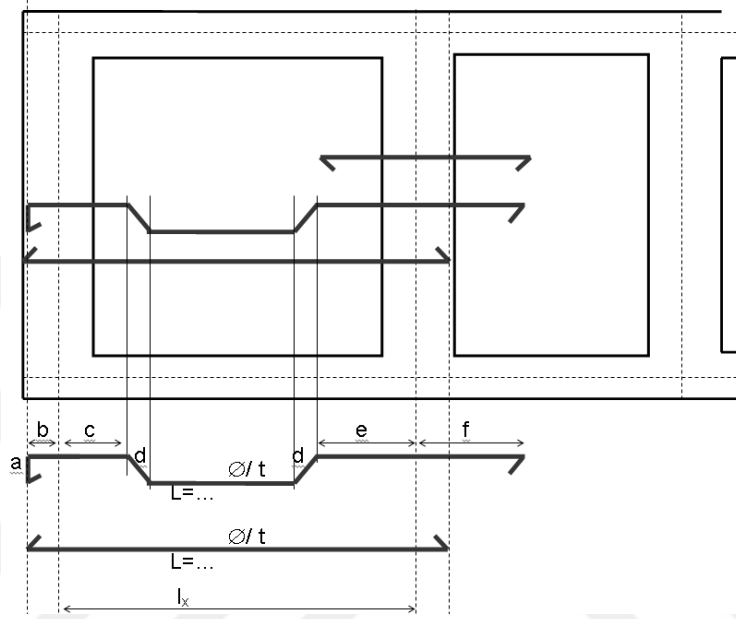
$e=l/5$: pilye doğrultusunda döşeme hesap açıklığı (l)

$f=l_i/4$: pilyenin devam ettiği döşemenin kısa kenar hesap açıklığı (Ocak)

Kanca boyu=10 $\emptyset$

Mesnet ilave donatıları:

Mesnet üzerinde bulunan mevcut donatının hesap sonucunda bulunan gerekli donatı alanından az olması durumunda ilave mesnet donatısı gerekmektedir. Buna göre bu donatının boyu sağında ve solunda bulunan döşeme hesap açıklıklarının $\frac{1}{4}$ 'ü kadar olmalıdır.



Şekil 4.12. Döşeme donatı detayı genel gösterimi

4.2. Kirişsiz Döşeme Sistemleri

Bu döşeme sistemleri kat yüksekliğine ihtiyaç duyulan, ferah mekanlar oluşturmak amacıyla uygulanan sistemler olup Şekil 4.13'te örneklenmiştir. Bu tür döşeme sistemlerine daha çok büro, depo ve bölme duvar olmayan büyük çalışma alanına sahip işyerlerinde ihtiyaç duyulur.

Deprem etkisi altında bu tür döşeme sistemlerinin kenar ve köşe kolonlarına etkiyen eğilme momentlerinin büyük olması aynı zamanda zımbalama yüzeylerinin küçük olması bu kolonlarda zımbalama riskini artırmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için planın dış kenarlarını komple dönecek şekilde çevre kirişi yapılması oluşabilecek kötü sonuçların önüne geçecektir. TDY 2007'de, dişli döşemelerde olduğu gibi bu döşemelerin de SDY kolonlar için verilen koşullardan birini sağlamaması durumunda SDN sistemler olarak alınması gerektiği söylenmektedir. 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde SDN kirişsiz döşemeli sistemlerde oluşacak hasarları sınırlamak için perde kullanımı zorunlu hale gelmektedir.

Kirişsiz döşemelerin diğer döşeme sistemlerine göre üstün ve zayıf yanları vardır.

Üstün tarafları;

- Kalıp imalatı ve işçilik daha az
- Isı ve ses yalıtımları kalın olmalarından dolayı daha iyi
- Daha kullanışlı bir mekân imkanı sunar

Zayıf tarafları;

- Zımbalama dayanımları düşük
- Deprem performansları iyi değil
- Kat rijitliği az olduğundan daha fazla perde elemanlara ihtiyaç duyulur. Daha fazla donatı ve beton gerektirirler (Doğangün, 2009).



Şekil 4.13. Kirişsiz döşemeli sistem uygulamaları

4.2.1. Kirişsiz döşeme boyut ve donatı koşulları

Tablasız ve başlıksız kirişsiz döşemelerde döşeme kalınlığı $h_f \geq (18 \text{ cm}; l_n/30)$; tablalı kirişsiz döşemelerde döşeme kalınlığı $h_f \geq (14 \text{ cm}; l_n/35)$; yapısal çözümlemenin TS 500’de verilen yaklaşık yöntemle yapılması durumunda döşeme kalınlığı $h_f \geq (20 \text{ cm}; l_n/30)$; olmalıdır. Tabla kalınlığı (t_o) $0.5 h_f$ değerinden az olmamalıdır.

Tablanın kolonun her iki tarafındaki uzunluğu hesap yapılan doğrultudaki döşeme açıklığının $1/6$ ’sından ve $4t_o$ değerinden az olmamalıdır. Net beton örtüsü değeri $1,5 \text{ cm}$ ’den az olmamalıdır. Her bir doğrultudaki donatı oranı $\rho_s, \rho_l \geq 0.0015$ koşulunu sağlamalıdır. Her iki doğrultudaki donatı oranları toplamı S220 çeliği için $\rho_s + \rho_l \geq 0.0040$, S420 çeliği için ise $\rho_s + \rho_l \geq 0.0035$ değerini sağlamalıdır. Kısa doğrultuda yerleştirilen donatı aralığı 20 cm ’den ve $1.5 h_f$ değerinden küçük olmalıdır.

Uzun doğrultuda yerleştirilen donatı aralığı ise 25 cm'den ve $1.5 h_f$ değerinden küçük olmalıdır (Doğangün, 2009).

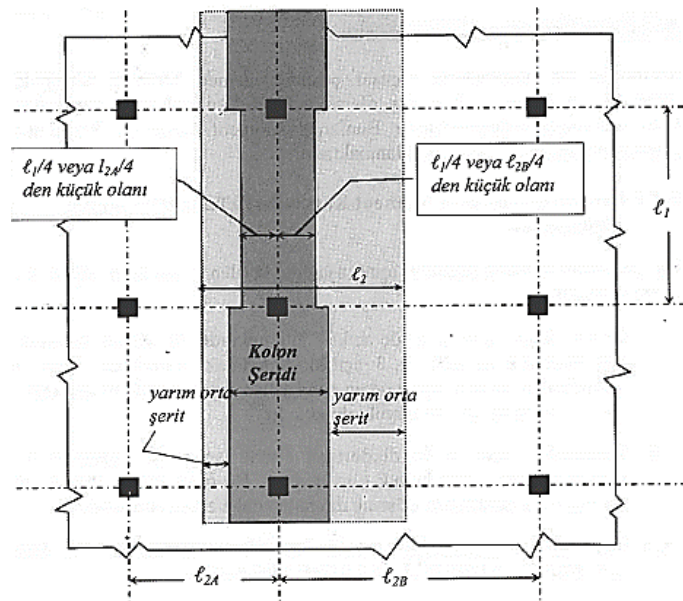
4.2.2. Kirişsiz döşemelerin basit yöntemle yapısal çözümlemesi

Yöntemin kullanımı için bazı koşulların sağlanması gerekmektedir.

- Her iki doğrultuda en az 3'er açıklık bulunmalıdır.
- Döşeme kenar uzunlukları birbirine yakın olmalı uzun kenarın kısa kenara oranı 2'den büyük olmamalıdır.
- Hareketli yükün ölü yüke oranı 2'den büyük olmamalıdır. Hareketli yükün sabit yüke oranının daha büyük olduğu durumlarda elverişsiz yüklemeler yapılarak çözüme gidilmelidir.
- Kolon akslarında sapma fazla olmamalıdır. Herhangi bir kolonun çerçeve aksına göre dış merkezliği, moment hesaplanan doğrultudaki açıklığın %10'undan fazla olmamalıdır. Eğer dış merkezlik değeri fazla olursa ekstra zorlanmalar meydana geleceğinden yöntem uygun sonuçlar vermeyecektir.

Bu koşullar sağlanıp yöntemin uygulamasına geçildiğinde;

- Kolon şeridi ve orta şeritler Şekil 4.14'e göre belirlenmelidir, kolon şeritleri belirlenirken her iki taraftaki döşeme açıklıklarının küçük olanının $1/4$ 'ü şeridin bir tarafını oluşturacaktır. Orta şeritlerde ise döşeme kısımlarının yarı ölçüsü şeridi oluşturmaktadır.



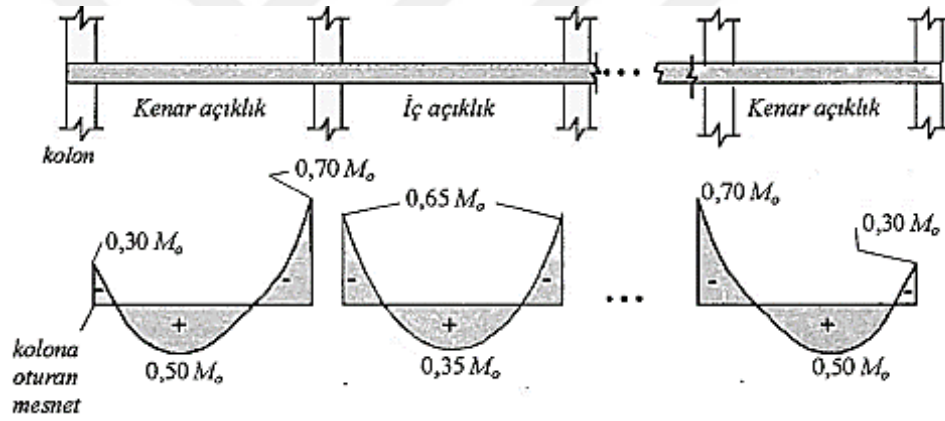
Şekil 4.14. Kirişsiz döşemeli sistemlerde kolon ve orta şerit hesapları

- Pozitif açıklık ve ortalama mesnet momentlerinin toplamı olarak adlandırılan M_0 momenti aşağıdaki hesaplanır.

$$M_0 = \frac{q_d \cdot l_2 \cdot l_n^2}{8} \quad (4.9)$$

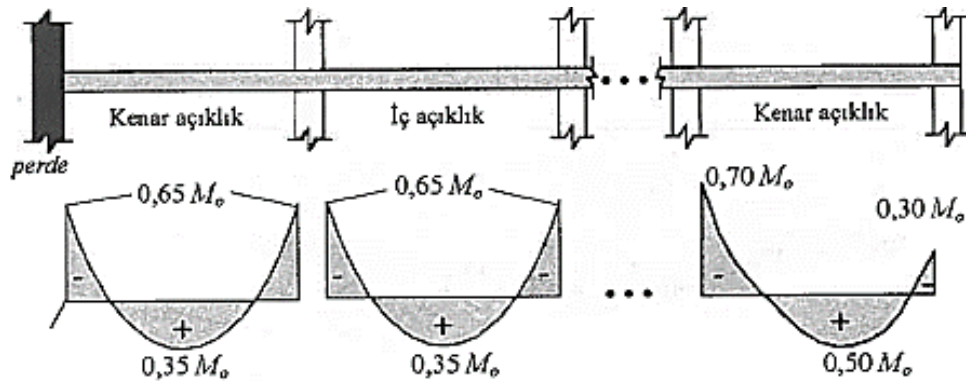
Burada; l_2 , moment hesaplanan doğrultuya dik iki komşu açıklık ortalamasını, l_n hesap yapılan doğrultudaki kolon yüzleri arası mesafeyi vermektedir. l_n açıklık değeri l_1 moment hesaplanan mesnet aksları arasındaki uzaklığı göstermek üzere $l_n < 0.65 l_1$ ise $l_n = 0.65 l_1$ olarak alınmalıdır (Doğangün, 2009).

Bulunan bu M_0 momenti açıklıklara ve mesnetlere Şekil 4.15-4.17'ye göre dağıtılır. Eğer hesap çerçevesi aşağıdaki gibi mesnetlerin sadece kolon olduğu gibi ise;



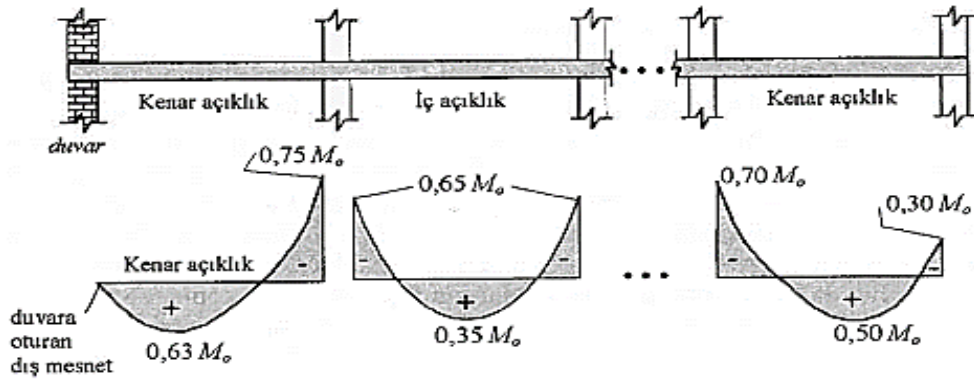
Şekil 4.15. Kirişsiz döşemeli sistemlerde M_0 momentlerinin mesnet ve açıklıklara dağıtılması

Eğer hesap çerçevesi aşağıdaki gibi kenar mesnedin perde olduğu gibi ise;



Şekil 4.16. Kirişsiz döşemeli sistemlerde M_0 momentlerinin mesnet ve açıklıklara dağıtılması

Eğer hesap çerçevesi aşağıdaki gibi kenar mesnedin perde olduğu gibi ise;



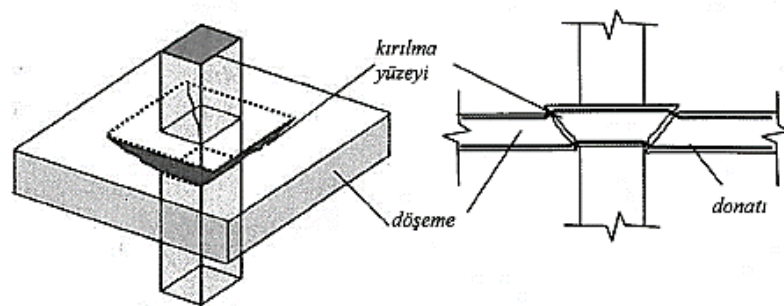
Şekil 4.17. Kirişsiz döşemeli sistemlerde M_0 momentlerinin mesnet ve açıklıklara dağıtılması

- Mesnet ve açıklık momentlerinin kolon ve orta şeritlere dağıtılması

Açıklık momentlerinin 0.6 katı kolon, 0.4 katı orta şeride verilmelidir. İç mesnetlerde hesaplanan momentin 0.75 katı kolon şeridine, 0.25 katı ise orta şeride verilmelidir. Dış mesnetlerde çözüm yapılan doğrultuya dik çevre kirişi yoksa dış mesnet momentinin tamamı kolon şeridine, çevre kirişi varsa toplam mesnet momentinin 0.75 katı kolon şeridine 0.25 katı ise orta şeride verilmelidir (Doğangün, 2009).

4.2.3. Kirişsiz döşemelerde zımbalama

Kirişsiz döşemelerde ve asmolen döşemelerin yastık kirişlerinde, düşey yüklerin deprem anında artmasından dolayı kolonun döşemeyi yırtması olayıdır. Kolondan kurtulan döşeme aşağı düşer ve son derece gevrek bir kırılma meydana getirir. Döşeme kalınlığı az ve kolon boyutları küçük olan sistemlerde zımbalama ihtimali daha yüksektir.



Şekil 4.18. Döşemelerde zımbalama yırtılması

Sünek tasarım kuralları ile bağdaşmayan bu durumun oluşmasını engellemek için TS 500'e uygun zımbalama denetimi şu şekilde yapılmalıdır;

- Zımbalama çevresini belirleme

Kolon yüzünden $d/2$ kadar mesafenin kapsandığı çevre zımbalama çevresi olarak alınmalı ve aşağıdaki gibi hesaplanmalıdır.

$$\text{Kare veya dikdörtgen kolonda; } u_p = 2(b_1 + b_2) \quad (4.10)$$

$$\text{Dairesel kolonda; } u_p = \pi(d_0 + d) \quad (4.11)$$

- Zımbalama çevresi içinde yüklerin belirlenmesi

Zımbalama çevresi içinde kalan alana ait döşeme yükleri toplamı;

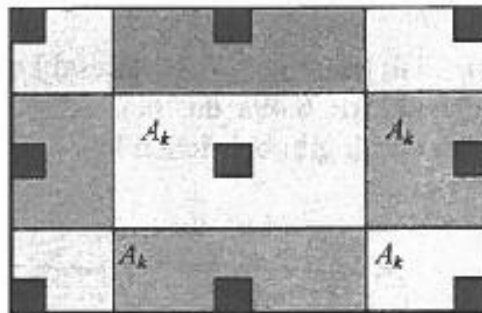
$$\text{Kare ve dikdörtgen kolonlarda; } F_a = q_d 2b_1 b_2 \quad (4.12)$$

$$\text{Dairesel kolonda; } F_a = q_d \pi (d_0 + d)^2 / 4 \quad (4.13)$$

- Dizayn eksenel yükünün bulunması

Hesap yapılan bölümde kolona aktarılan kat döşemesi dizayn yüküdür ve Şekil 4.19'daki gibi yük dağılımı yapılır.

$$F_a = q_d A_k \quad (4.14)$$



Şekil 4.19. Döşemelerden kolonlara yük aktarılması

Her bir kolona etrafındaki döşemelerin yarı açıklığı oranındaki alandan yük aktarılmaktadır.

- Tasarım zımbalama kuvvetinin bulunması

Döşeme hesap yükü bileşkesinin tasarım eksenel yük değerinden çıkarılması ile elde edilir.

$$V_{pd} = F_d - F_a \quad (4.15)$$

- γ katsayısının belirlenmesi

Eksenel yük durumunda $\gamma = 1.0$ alınır dış merkez yük durumunda ise Eşitlik 4.16 kullanılır.

$$\gamma = \frac{1}{1 + \left(\eta \cdot \frac{e}{w_m} \cdot u_p \cdot d \right)} \quad (4.16)$$

Burada boyutsuz bir katsayı olan η Eşitlik 4.17 ile bulunur.

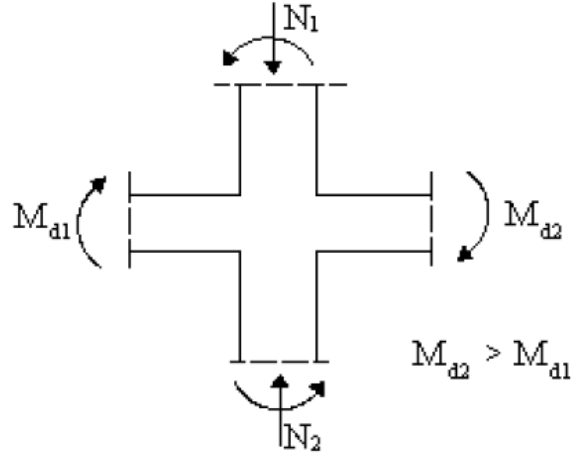
$$\eta = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{b_2}{b_1}}} \quad (4.17)$$

e eğilme düzleminde dış merkezliği, w_n ; zımbalama çevresi içinde kalan mukavemet momentini, u_p ; zımbalama çevresini ve d ; döşeme faydalı yüksekliğini göstermektedir. Döşemenin kenar ve köşe kolonları hariç γ katsayısı dikdörtgen kolonlar için Eşitlik 4.18 ile bulunabilir.

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1,5 \frac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x \cdot b_y}}} \quad (4.18)$$

Burada e_x , e_y ; x ve y eksenleri doğrultusunda dış merkezlikleri, b_x , b_y x ve y eksen takımındaki kolon boyutlarını göstermektedir. Hesaplanacak dış merkezlik ise Eşitlik 4.19 ile bulunur (Tuncer, 2011).

$$e = \frac{0,4.(M_{d1} + M_{d2})}{N_2 - N_1} \quad (4.19)$$



Şekil 4.20. Eksantiriste hesabında kullanılacak yükler

- Zımbalama dayanımının belirlenmesi

Zımbalama dayanımı, betonun tasarım çekme dayanımına, zımbalama çevresine ve döşeme faydalı yüksekliğine bağlı olarak Eşitlik 4.20 ile bulunur.

$$V_{pr} = \gamma \cdot f_{ctd} \cdot u_p \cdot d \quad (4.20)$$

Sonuç olarak kirişsiz döşemelerde zımbalama denetimi yapılmalı ve $V_{pr} \geq V_{pd}$ koşulun sağlandığı hesaplarda gösterilmelidir.

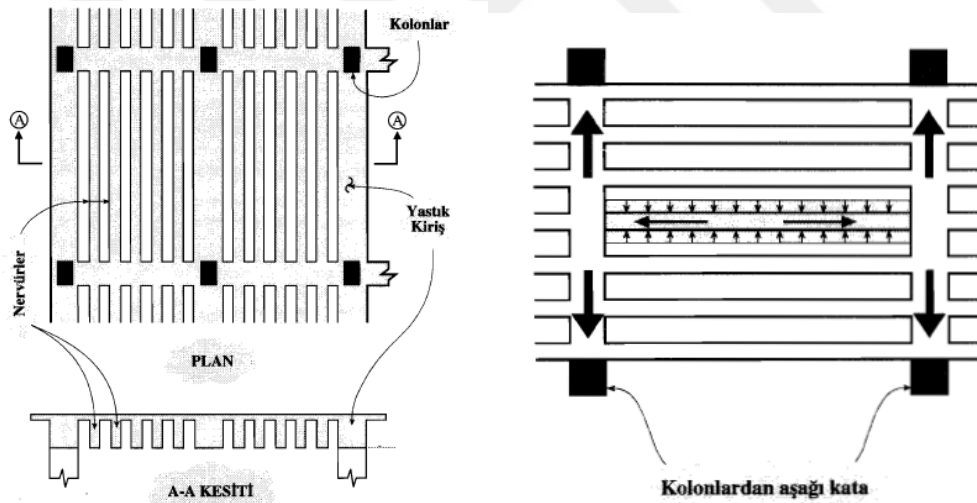
4.3. Dişli Döşeme Sistemleri

Bu tür döşemeler ara mesafeleri 70 cm'den fazla olmayacak şekilde, sık aralıklarla teşkil edilmiş narin kirişlerden ve ince bir tabliyeden oluşmuş sistemlerdir. Eğer tasarımda geçilecek açıklıklar fazla ise kirişli döşemelerde plak kalınlığını artırmak gerektiğinden bu döşemeler ekonomik olmaktan çıkar bu yüzden dişli(asmolen) döşeme yapılması uygun olmaktadır. Bu döşeme sistemlerinin üstün tarafı kirişli döşemelere göre kalıp ve işçilik maliyetlerinin düşük olmasıdır. Zayıf tarafları ise plak döşeme sistemlerine göre ağır olmalarından dolayı deprem performanslarının düşük olmasıdır.

TDY 2007’de SDY kolonlar, kirişler ve kolon-kiriş birleşim bölgeleri için verilen koşullardan herhangi birini sağlamayan dolgulu veya dolgusuz dişli ve kaset döşemeli sistemlerin süneklik düzeyi normal sistemler olarak göz önüne alınması gerektiği belirtilmektedir. SDN sistemlere yapıda perde bulunmaması halinde sadece 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde bina yüksekliğinin 13 m’den düşük olduğu durumda izin verilmektedir (Doğangün, 2009).

4.3.1. Tek doğrultuda çalışan dişli döşemeler

Tek doğrultuda çalışan dişli döşemeler 4 m’ye kadar enine dişsiz olarak tasarlanabilir. Enine dişler nervürlü döşemelerde yanal rijitliği artırmaktadır. Açıklık 4 m’yi geçerse TS 500’e göre enine diş yapılması gerekmektedir. Açıklık 7m’den büyükse ikinci bir enine diş yapılmalıdır. Dişli döşemelerde dişleri Şekil 4.21’de olduğu gibi döşeme uzun kenarı yönünde seçmek yüklerin kirişlere aktarılması için daha uygun olmaktadır. Ancak bu her zaman mümkün olmamaktadır bu durumda asıl önemli olan dişlerin sürekliliğinin bozulmadan devam etmesidir.



Şekil 4.21. Nervürlü döşemeler ve dişlerden yastık kirişlere yük aktarımı

Bu döşeme sistemlerinde yükün fazla olduğu ve kiriş derinliğinin artırılmayacağı durumlarda yastık kiriş genişliği artırılmaktadır. Ancak bu durumun da TDY 2007’de öngörülen kiriş genişliğinin, kiriş yüksekliği ve saplandığı kolon yüzünün genişliği toplamını geçemeyeceği göz önünde bulundurulmalıdır. Yine bu döşeme sistemlerinde kiriş ve kolon eksenlerinin çakışmasının zor olmasından dolayı ikinci mertebe etkileri oluşmaktadır (Doğangün, 2009).

4.3.1.1. Tek doğrultuda çalışan dişli döşemelerde boyut ve donatı koşulları

Nervürlü döşemelerde dişler arasındaki serbest açıklık değeri 70 cm'den küçük ve diş genişliği en az 10 cm olmalıdır. Tabliye (plak) kalınlığı ise dişler arası açıklığın 1/10'undan ve 5 cm'den az olmamalıdır. Plaktaki her bir doğrultuda dağıtma donatısı oranı 0.0015'den az, aralığı ise 25 cm'den fazla olmamalıdır.

Diş derinliği minimum;

Basit mesnetli tek açıklıklı	$l_n/20$
Sürekli dişli döşemelerde	$l_n/25$
Konsol dişli döşemelerde	$l_n/10$
Diş derinliği sehim kontrolü gerektirmeyen;	
Basit mesnetli tek açıklıklı	$l_n/15$
Sürekli dişli döşeme kenar açıklık	$l_n/18$
Sürekli dişli döşeme iç açıklık	$l_n/20$
Konsol dişli döşemelerde	$l_n/8$

Koşullarını sağlamalı ve dişler için etriye aralığı 25 cm'den küçük olmalıdır.

4.3.2. İki doğrultuda çalışan dişli döşemeler

Döşeme yüklerinin fazla olduğu ve geçilecek açıklıkların fazla olduğu durumlarda Şekil 4.22'de gösterilen iki doğrultuda çalışan (kaset) döşeme sistemleri tercih edilmektedir. Bu sistemlerin diğer döşeme sistemlerine göre zayıf tarafı hazır kalıp kullanılamaması veya döşeme sayısının az olması durumunda kalıp maliyetlerinin fazla olmasıdır. Bu sistemde döşeme yükleri iki doğrultuda da düzenlenmiş olan dişler vasıtasıyla yastık kirişlere aktarılırlar.



Şekil 4.22. Çift yönde çalışan (kaset) döşeme örnekleri

Kaset döşemelerde boyutlama ve donatı koşulları tek doğrultuda çalışan döşemelerde anlatıldığı gibi uygulanmalıdır (Doğangün, 2009).

5. EUROCODE 8 VE TDY 2007 YÖNETMELİĞİNDE DEPREM HESABI AÇISINDAN TEMEL İLKE VE KURALLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde iki yönetmelik için de depreme dayanıklı temel yapı tasarım ilkeleri ve deprem hesap yöntemleri karşılaştırılacak aynı zamanda 18 Mart 2018 tarihinde Resmi Gazetede yayımlanan 01/01/2019 tarihinde yürürlüğe girecek olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinden de genel hatlarıyla bahsedilecektir.

5.1. Deprem Yük Hesapları ve Temel İlkelerin Karşılaştırılması

5.1.1. Eurocode 8'deki temel ilkeler

Depremlili duruma göre tasarımları yapılacak yapılar asgari olarak aşağıdaki koşulları sağlamalıdır.

Göçmeye Karşı Dayanım İlkesi:

İnşa edilecek yapı tanımlanan deprem hareketine dayanacak, yapıda genel ve yerel göçme olmayacak biçimde tasarım yapılmalıdır.

Hasarın Sınırlandırılması İlkesi:

Tasarımı yapılan yapı, dizayn deprem hareketine göre daha düşük şiddetli depremlere dayanacak şekilde dizayn ve inşa edilmelidir. Yapının kullanımı kısıtlanmamalı ve yapıda ilk yatırım maliyetine oranla daha büyük masraflara yol açacak hasar oluşumları engellenmelidir.

Yukardaki temel koşulların sağlanması için taşıma gücü sınır durumu ve kullanılabilirlik sınır durumu limit kriterleri kontrol edilmelidir (Anonymous, 2004).

5.1.2. TDY 2007'deki temel ilkeler

TDY 2007'de temel amaç binanın deprem hareketi etkisi altında depreme dayanıklı yapı tasarımı felsefesi için asgari koşulların uygulanmasını sağlamaktır. Bu yönetmelik depreme dayanıklı bina tasarımının esas ilkesini şu şekilde oluşturmaktadır.

Hafif şiddetteki depremlerde binalarda yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda hasar oluşmayacak

Orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşan hasar sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalacak

Şiddetli depremlerde can güvenliğinin sağlanması için kalıcı hasar oluşumu sınırlandırılmalıdır. Yani toptan göçmeye hiçbir şekilde izin verilmemelidir.

Tasarımında kullanılacak tasarım depremi, bina önem katsayısı $I = 1$ olan binalar için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan şiddetli depreme karşı gelmektedir. Deprem yönetmeliğinde de aşağıdaki sınır durumlar göz önüne alınır (Celep ve Kumbasar, 2004). TBDY 2018’de ise tasarım depremi, deprem yer hareketi düzeyleri olarak tanımlanmış, buna göre 4 kısma ayrılmıştır.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1): DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1): DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3): DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4): DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

Kullanılabilirlik sınır durumu:

Yoğun olarak oluşan düşük şiddetli depremlerin yapıya herhangi bir olumsuz etki yapmaması ve taşıyıcı sistemde onarım gerektiren hasarın meydana gelmemesi istenir. Yapısal elemanlarda küçük çatlaklar oluşsa da büyük çatlaklar ve betonun ezilmesi gibi durumlara izin verilmez.

Hasar kontrolü sınır durumu:

Orta şiddetteki depremlerde yapıda bazı hasarlar meydana gelir. Donatıda kalıcı şekil değiştirmeler, betonda ise geniş çatlaklar oluşabilir. Bu durumda yapıda meydana

gelen hasarlar onarılabılır seviyede olmalıdır ve bu duruma sebep olan depremin çok sık olarak oluşmadığı kabul edilir.

Göçme kontrolü sınır durumu:

Çok şiddetli depreme yapının maruz kalma ihtimali düşüktür. Bu depreme maruz kalan yapılarda göçme mekanizması gevrek kırılmadan ve toptan göçmeden uzak olacak şekilde sünek tasarım ilkelerine uygun olmalıdır. Şiddetli bir depreme maruz kalan yapıda hasarın hafif olmasını sağlayacak şekilde tasarım yapmak ekonomik olmaz. Bu sınır durumun temelini göçme mekanizmasına sünek davranışın hakim olması oluşturur (Ocak, 2005).

5.2. Tasarımda Dikkate Alınacak Kriterler

5.2.1. Eurocode 8

Yapı bütünü ile deprem etkisi altında stabil olmalıdır. Yapı kayma ve devrilmeye karşı stabilitesini korumalıdır. Yapının temeli ve zemin, üst yapının hareketinden doğacak etkilere, önemli kalıcı deformasyon göstermeden dayanacağı tetkik edilmelidir. Tepki hesaplanırken hareketi ileten yapı elemanlarının gösterebileceği dirence önem verilmelidir. Yapı planda ve düşeyde sade ve düzgün bir geometriye sahip olmalıdır.

Yapılan yapısal tasarımda ikinci mertebe etkileri göz önüne alınmalıdır. Bina önem sınıfı yüksek olan binalarda herhangi bir depreme dayanım açısından yapı rijitlik ve süneklik yönünden yeterli olduğu gösterilmelidir. Yapı inşa edilirken ve kullanım durumundayken kabul edilebilir nedenler haricinde yapısal bir değişiklik yapılmamalıdır.

Yapılar planda ve boy kesitte basit ve düzenli olmalıdır. Gerektiğinde yapılar dinamik olarak birbirinden bağımsız parçalara bölünerek hesaplamaları yapılmalıdır. Yapılar mümkün olduğunca sünek inşa edilmeli, gevrek kırılmalar ve stabil olmayan mekanizmaların zamanından önce meydana gelmesinden kaçınılmalıdır.

Yapının deprem performansı yapının kritik bölgelerine veya elemanlarının davranışlarına bağlı olduğundan bu kritik noktalarda elemanlar gerekli kuvveti aktaracak ve sünek bir davranış gösterecek şekilde detaylandırılmalıdır. Yapı elemanlarının lineer olmayan davranış göstereceği tahmin edilen bölgelerde bu elemanların birleşim detaylarına özel olarak dikkat edilmelidir.

Yapısal analiz, zemin deformasyonunu ve bitişik yapıların bulunması gibi durumları içeren, yapısal olmayan elemanların etkisini de hesaba katan uygun bir modele dayandırılmalıdır. Temel rijitliği, üstyapıdan gelen yüklerin zemine düzgün bir şekilde aktarılması için uygun olmalıdır (Ocak, 2005).

5.2.2. TDY 2007

Düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır. Bunun için sade, simetrik ve düzenli bir yapı geometrisi tercih edilmelidir. T, L, H ve C şeklindeki binalarda uygun dilatasyon derzleriyle ayrımlar yapılmalıdır. Düşey doğrultuda ise herhangi bir katta yumuşak kat ve zayıf kat düzensizliklerinden kaçınmak gerekmektedir. Binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için, sünek tasarım ilkelerine titizlikle uyulmalıdır. Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır. Aynı zamanda döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalı, rijit diyafram özelliğini tam manasıyla sağlamalıdır (Özgül, 2006). TBDY 2018’de de TDY 2007’de benimsenen genel tasarım kriterlerine uyulması benimsenmektedir.

5.3. Zemin Koşulları ve Zemin Sınıfları

5.3.1. Eurocode 8

Yapının oturacağı ve etkileşim içinde olacağı zemin koşullarını belirleyecek uygun araştırmalar yapılmalıdır. Deprem sırasında inşa alanında, temel zemininde, yoğunlaşma ve sıvılaşma nedeniyle zemin oturması gibi riskler olmamalıdır. Deprem riskinin az olduğu bölgelerde ve bina önem katsayısının düşük olduğu bina zeminlerinde zemin araştırması yapılmayabilir (Ocak, 2005).

Zemin Sınıfları:

Yerel zemin koşullarında oluşacak deprem etkisi Çizelge 5.1’de tanımlanan A, B, C, D, E, zemin türleri göz önüne alınarak hesaplanır.

Çizelge 5.1. Eurocode 8 de tanımlı zemin sınıfları

Zemin Sınıfı	Zemin Sınıfı Tanımı	Parametreler		
		V _{s,30} (m/s)	N _{SPT}	Cu (kPa)
A	Yüzeyinde en fazla 5m'lik zayıf zemin tabakası bulunan kaya ve benzeri oluşumlar	>800	-	-
B	Onlarca metre kalınlıkta ve mekanik özellikleri derinlikle artan, çok sıkı kum ve çakıl tabakaları ile konsolide kil tabakaları	360-800	>50	>250
C	Onlarca metreden yüzlerce metreye varan kalınlıktaki derin veya orta sıkılıkta kum, çakıl veya kaya tortuları	180-360	15-50	70-250
D	Gevşekten ortaya kohezyonsuz toprak tortuları (bir miktar yumuşak kohezyon tabakası olan veya olmayan) veya yumuşaktan sert ağırıklı olarak kohezyonlu toprak	<180	<15	<70
E	C veya D'deki Vs değerine sahip alüvyon yüzey tabakası bulunan ve kalınlığı 5 metre ile 20 metre arasında değişen Vs>800 m/s katı materyalle vurgulanan toprak profili	-	-	-

5.3.2. TDY 2007

Yerel zemin koşullarının belirlenmesi için esas alınacak zemin sınıfları Çizelge 5.2'de, zemin grupları ise Çizelge 5.3'te verilmiştir.

1. ve 2. derece deprem bölgesinde bulunan 60 m'den fazla yüksekliğe sahip binaların tümü,

Deprem bölgelerinin tamamında, bina yüksekliğine bağlı olmaksızın bina önem katsayısının $I = 1.5$ ve $I = 1.4$ olduğu binalar

Yukarıda belirtilen iki hususta, gerekli saha ve laboratuvar deneylerine dayanan zemin araştırmalarının yapılması, ilgili raporların düzenlenmesi ve proje dokümanlarına eklenmesi zorunludur. Hazırlanan raporlarda zeminin, Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'e göre tanımlanan zemin grubu ve sınıfından hangisine girdikleri açıkça belirtilmelidir.

Yukarıda belirtilen iki hususun dışında kalan binalarda birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, zemin gruplarının ve yerel zemin sınıflarının Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'teki tanımlara göre belirlenmesini sağlayacak yerel bilgilerin ya da gözlem sonuçlarının deprem hesap raporlarında belirtilmesi veya bu konuda yayınlanmış kaynaklara referans verilmesi zorunludur. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, Çizelge 5.3'te (C) ve (D) gruplarına giren zeminlerde, deprem yükleri altında kazıkların yatay yataklanma parametreleri ile yatay ve eksenel yük taşıma güçlerinin belirlenmesi, saha ve laboratuvar deneylerini içeren zemin araştırmalarına göre yapılacaktır (TDY,

2007). TBDY 2018’de 2007 deprem yönetmeliğinden farklı olarak zemin sınıfları ile zemin grupları birleştirilerek sağlam zeminden zayıf zemine doğru ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF olarak isimlendirilmiştir. En kötü zemin olan ZF sınıfında sahaya özgü çalışmalar yapılmalı ve özel deprem spektrumları kullanılması zorunludur. Bu konu tasarım ve gözetim kontrolüne tabi olup konunun uzmanlarınca değerlendirilmelidir.

Çizelge 5.2. TDY 2007’ye göre yerel zemin sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 < 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 < 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 < h_1 < 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 < 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Çizelge 5.3. TDY 2007’ye göre zemin grupları

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr . (N/30)	Relatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar....	- > 50	- 85-100	>1000 -	>1000 >700
	2. Çok sıkı kum, çakıl.....	> 32	-	>400	>700
	3. Sert kil ve siltli kil.....				
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar....	- 30-50	- 65-35	500-1000 -	700-1000 400-700
	2. Sıkı kum, çakıl.....	16-32	-	200-400	300-700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...				
(C)	1. Yumu ak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.....	- 10-30	- 35-65	<500 -	400-700 200-400
	2. Orta sıkı kum, çakıl.....	8-16	-	100-200	200-300
	3. Katı kil ve siltli kil.....				
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları.....	- <10	-<35 <	- -	<200 <200
	2. Gevşek kum.....	<8		<100	<200
	3. Yumuşak kil, siltli kil.....				

5.4. Yapısal Düzensizlik Durumları

5.4.1. Eurocode 8

Deprem tasarımı açısından yapılar, düzenli ve düzensiz olarak iki kısma ayrılırlar. Yapısal düzensizlikler analiz metodunun seçimine ve boy kesitteki düzensizliklere bağlı olarak davranış katsayısının (q) belirlenmesine etki ederler, Çizelge 5.4'te yapıdaki düzensizlik durumlarının hesap yöntemine etkisi verilmektedir.

Çizelge 5.4. Hesap Yöntemi Seçimi

Düzenlilik Durumu		İzin Verilen Basitleştirme		Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (Çizelge 5.6)
Planda	Düşeyde	Model	Çözümleme	
Düzenli	Düzenli	Düzlemsel	Basitleştirilmiş	Tablo değeri
Düzenli	Düzensiz	Düzlemsel	Modal	Azaltılabilir
Düzensiz	Düzenli	Üç Boyut	Modal	Tablo değeri
Düzensiz	Düzensiz	Üç Boyut	Modal	Azaltılabilir

Planda Düzensizlik Durumları

Taşıyıcı Sistem Düzensizliği: Binanın yapısı, eğilme rijitliği ve kütlelerin dağılımı açısından planda simetrik bir düzene sahip olmama durumunu ifade eder.

Planda Girinti ve Çıkıntı Düzensizliği: Bina planda toplu ve sade durumda olmalıdır C, H, T, L gibi plan geometrisine sahip yapılardan kaçınılmalıdır. Planda göz önüne alınan doğrultudaki girinti ve oyukların toplam boyutu, planın dıştan dışa boyutunun %25'ini geçmesi durumudur.

Döşeme Sürekliliğinin Düzensizliği: Plak eleman olarak tasarlanan döşemenin düzlemsel rijitliği, rijit diyafram kabulüne uyacak şekilde olmalıdır. Döşemede meydana gelen deformasyonlar küçük ve kuvvet dağılımı üzerinde etkisiz olmalıdır.

Burulma Düzensizliği: %5'lik dış merkezlikle etkiyen deprem kuvveti için, bir katta deprem kuvveti doğrultusundaki maksimum yer değiştirme, katın ortalama yer değiştirmesinden %20 fazla olması durumudur.

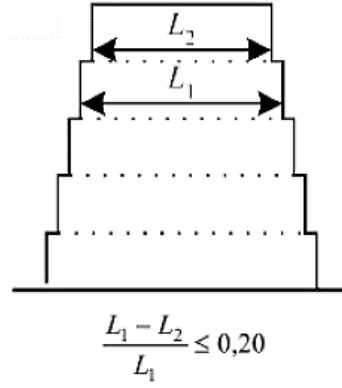
Düşeyde Düzensizlik Durumları

Süreksizlik Düzensizliği: Yatay yük taşıyan düşey elemanlar, binanın tepesine kadar sürekli olmalı ve kesilmeden devam etmelidir.

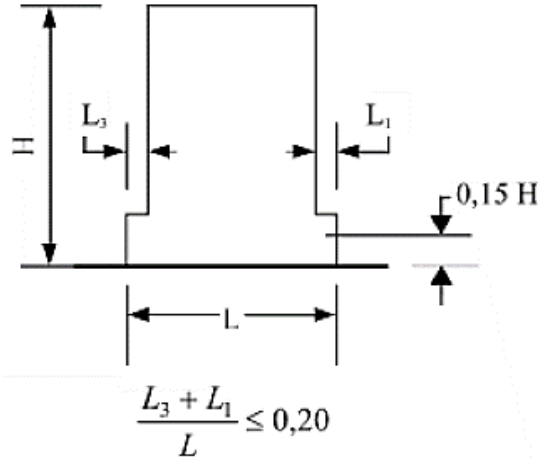
Rijitlik Düzensizliği: Eğilme rijitliği ve kütle, temelden tepeye kadar her yeni katta ya sabit kalmalı ya da ani değişim olmaksızın kademeli olarak azalmalıdır.

Dayanım Düzensizliği: Çerçeve binalarda, mevcut kat dayanımının hesap yapılan kat dayanımına oranı alt ve üst komşu katlara göre çok fark etmemelidir.

Geri Çekilme Düzensizliği: Bina yükseldikçe kat alanı planda küçülüyorsa bu tarz basamaklı yapılar için aşağıdaki özel güvenlik şartlarına uyulmalıdır. Eksenel simetriyi koruyarak devam eden çekilmeler mevcutsa, her bir kattaki bu kademeli çekilmeler, bulundukları doğrultudaki bir önceki plan boyutunun %20'sinden fazla olmamalıdır. Bu durumlar Şekil 5.1 ve 5.2'de gösterilmektedir (Kuzgun, 2007).



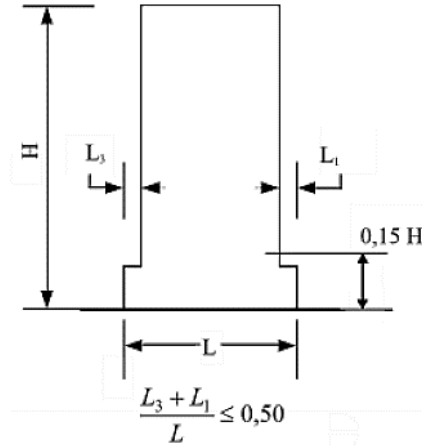
Şekil 5.1. Geri Çekilme Düzensizliği İçin Kriterler



Şekil 5.2. Geri Çekilme Düzensizliği İçin Kriterler

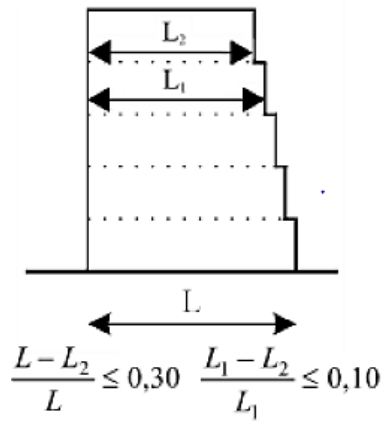
Yüksekliği, ana yapının toplam yüksekliğinin %15'inden az olduğu tekil bir çekilmenin varlığında, çekilme bir önceki kat plan boyutunun %50'sinden fazla olmamalıdır. Bu durum Şekil 5.3'te gösterilmektedir. Bu durumda, üst katların çerçevelerinin düşey izdüşümü içinde kalan temelin, temel genişletmesi yapılmamış

benzer bir yapıda meydana gelecek taban kesme kuvvetlerinin en az %75'ine karşı koyabilecek dayanıma sahip olmalıdır.



Şekil 5.3. Geri Çekilme Düzenliği İçin Kriterler

Geri çekilmeler simetriyi koruyacak biçimde değilse; tüm cephelerde, her kattaki geri çekilmeler temelin veya rijit bodrumun üstündeki döşeme zemininin plan boyutunun %30'undan fazla olmamalıdır. Ayrıca tekil geri çekilmeler bir önceki plan boyutunun %10'unu aşmamalıdır ve Şekil 5.4'te gösterilmektedir (Kuzgun, 2007).



Şekil 5.4. Geri Çekilme Düzenliği İçin Kriterler

5.4.2. TDY 2007

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar ve bunlarla ilgili koşullar Şekil 5.5'te verilmiştir.

A- PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
<u>A1- Burulma Düzensizliği</u> Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelenmesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelenmeye oranını ifade eden <i>Burulma Düzensizliği Katsayısı</i>, η_{bi}'nin 1.2'den büyük olması durumudur
<u>A2- Döşeme Süreksizlikleri</u> Herhangi bir kattaki döşemede, ✓ Merdiven ve asansör boşlukları dahil boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, ✓ Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenli bir şekilde aktarılmasını engelleyen yerel döşeme boşluklarının bulunması ✓ Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu
<u>A3- Planda Çıkıntılar Bulunması</u> Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu.
B- DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
<u>B1- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)</u> Betonarme binalarda birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde herhangi bir kattaki etkili kesme alanının bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan η_{ci}'nin 0.80 değerinden küçük olması durumudur.
<u>B2- Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)</u> Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i. kattaki ortalama görelî kat ötelenmesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelenmesi oranına bölünmesi ile tanımlanan η_{ki}'nin 2'den fazla olması durumudur.
<u>B3- Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği</u> Düşey elemanların (kolon ve perde) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin alt katta kolonlara oturtulması durumudur.

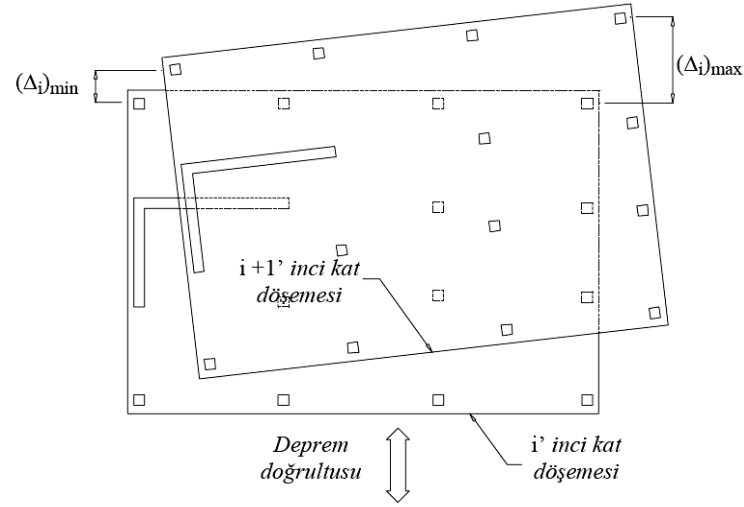
Şekil 5.5. TDY 2007'ye göre düzensizlik durumları

Planda Düzensizlik Durumları

A1 – Burulma Düzensizliği: Yapının birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelenmesinin, o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı, η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumudur yönetmeliğe göre Şekil 5.6'da ve Eşitlik 5.1'de verilmektedir.

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{\max}}{(\Delta_i)_{ort}} > 1,2 \quad (5.1)$$

%5 ek dış merkezlik değeri görel kat ötelenmelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2 [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}]$$

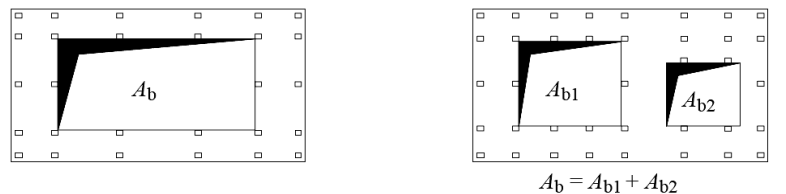
Burulma düzensizliği katsayısı :

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort}$$

Burulma düzensizliği durumu : $\eta_{bi} > 1.2$

Şekil 5.6. TDY 2007'ye göre burulma düzensizliği

A2 – Döşeme Süreksizlikleri: Katlarda diyafram görevi yapan döşeme sisteminde %33'den fazla boşluk bulunması hali ve döşemenin düzlem içi kesitinde ani değişimlerin olması durumudur ve yönetmelikte Şekil 5.7'de olduğu gibi verilmektedir.

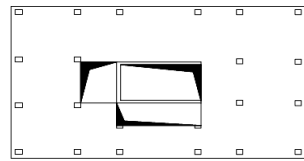


A2 türü düzensizlik durumu – I

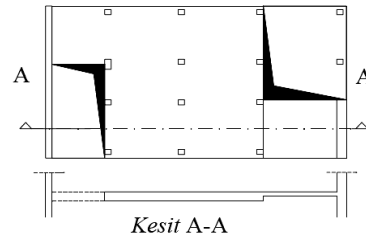
$$A_b / A > 1/3$$

Ab : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



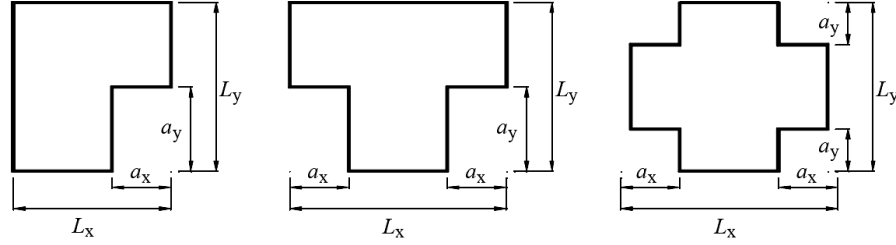
A2 türü düzensizlik durumu – II



A2 türü düzensizlik durumu – II ve III

Şekil 5.7. TDY 2007'ye göre döşeme süreksizlik durumları

A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması: Şekil 5.8’de görüldüğü gibi herhangi bir katta o katın planında döşemenin her iki doğrultusundaki çıkıntıların, katın x ve y yönü için uzunluklarına oranının 0.2’den büyük olmasıdır.



A3 türü düzensizlik durumu:
 $a_x > 0.2 L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.2 L_y$

Şekil 5.8. TDY 2007’ye göre A3 düzensizliği durumu

Düşeyde Düzensizlik Durumları

B1 –Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Bir katta kolon, perde ve kargir duvarların %15’inin etkin olduğu kesme alanının üst kattaki kesme alanına oranını ifade eden η_{ci} ’nin 0.80 değerinden küçük olması durumudur.

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0,80 \quad (5.2)$$

η_{ci} = i’inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı;

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0,15 \sum A_k \quad (5.3)$$

$\sum A_e$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı

$\sum A_w$: Herhangi bir katta, kolon en kesiti etkin gövde alanları olan A_w ’lerin toplamı

$\sum A_g$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde

olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı

$\sum A_k$: Herhangi bir katta, hesaplanan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının boşluklar düşülerek hesaplanan toplamı

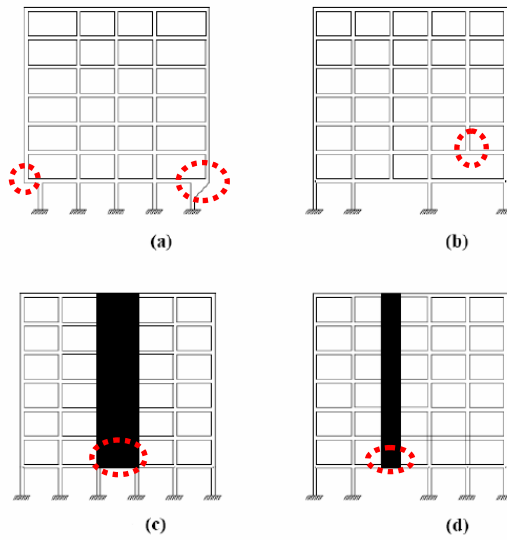
B2 –Komşu Katlar Arasında Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine komşu iki kattan birinin diğerine göre aşırı ötelenmesi durumudur.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2,0 \quad (5.4)$$

veya

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2,0 \quad (5.5)$$

B3 –Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı Sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumudur. Uygulamalarda da görülen düzensizlik koşulları Şekil 5.9’da gösterilmektedir.



Şekil 5.9. TDY 2007’ye göre düşeyde süreksizlik durumları

- a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlere veya kolon guselerine oturtulmasına hiçbir şekilde izin verilmez.
- b) Kolonun kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve düğüm noktasına bağlanan tüm elemanların bütün kesitlerinde iç tesir kuvvetleri %50 artırılmalıdır.
- c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

d) Perdelerin kendi düzlemleri içinde kirişlerin açıklığına oturtulmasına hiç bir zaman izin verilmez (TDY, 2007). TBDY 2018’de TDY 2007’deki düzensizlik koşullarının aynısı değiştirilmeden kullanılmaktadır.

5.5. Deprem Yüğü Hesabı

5.5.1. Eurocode 8

Birlik içerisinde bulunan ulusal alanlar, ulusal komiteler tarafından, hasar durumuna göre, çeşitli deprem bölgelerine ayrılır. Eurocode 8’in uygulamalarının çoğu için tehlike tek bir parametre ile tanımlanır. Bu parametre A zemin tipindeki maksimum referans zemin ivmesidir. Her ulusun kendi otoritesi tarafından her sismik bölge için seçilen en yüksek dizayn zemin ivmesi, ulusal otoriteler tarafından seçilen göçme olmaması için gereken dönüş periyodu TNCR’ye karşılık gelir (TNCR = 475 yıl). Eurocode 8’de şiddetli deprem bina önem sınıfı 1 olan yapılarda 475 yıllık dönüş periyotlu oluşan deprem olarak tariflenmektedir.

Tasarım maksimum yer ivmesi a_g ’nin 0.1 g’den küçük olduğu bölgeler, düşük sismisiteli deprem bölgeleridir. Bu bölgelerde bazı yapı tipi ve kategorileri için basitleştirilmiş veya azaltılmış tasarım yöntemleri kullanılabilir. Tasarım yer ivmesinin 0.04 g’den düşük olduğu bölgelerde Eurocode şartlarına uymak gerekmez. Yüzeyde herhangi bir noktada deprem hareketi “elastik yer ivmesi tepki spektrumu” ile gösterilir ve “elastik tepki spektrumu” olarak adlandırılır.

Elastik tepki spektrumunun şekli sismik yükün göçme olmaması ve hasarın kısıtlanması koşulu için aynı alınır. Önemli yapılar için ($\gamma_I > 1.0$) topografik genişletme etkileri hesaba katılmalıdır. Yatay deprem yükü bağımsız olduğu varsayılan iki düşey bileşenle tanımlanır. Bir yeri etkileyen depremler büyük farklılık gösteren kaynaklardan oluşuyorsa dizayn sismik hareketin yeterli şekilde gösterilebilmesini sağlayabilmek için spektrumun birden fazla şeklini kullanma olasılığı düşünülmelidir. Elastik tepki (davranış) spektrumu, deprem hareketinin yatay bileşenleri için, aşağıdaki ifadelerde tanımlanmıştır;

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \times S \times \left[1 + \frac{T}{T_B} \times (\eta \times 2.5 - 1) \right] \quad (5.6)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times 2.5 \quad (5.7)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times 2,5 \times \left[\frac{T_C}{T} \right] \quad (5.8)$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times 2,5 \times \left[\frac{T_C \times T_D}{T^2} \right] \quad (5.9)$$

Burada;

$S_e(T)$: Elastik davranış spektrumu ordinatı

T : Doğrusal tek serbestlik dereceli sistemin titreşim periyodu

a_g : A tipi zemindeki dizayn yer ivmesi ($a_g = \gamma_1 \times a_{gR}$)

T_B : Spektral ivme bölgesinin sabit periyodunun alt limiti

T_C : Spektral ivme bölgesinin sabit periyodunun üst limiti

T_D : Sabit yer değiştirme spektrumunun başlangıcı

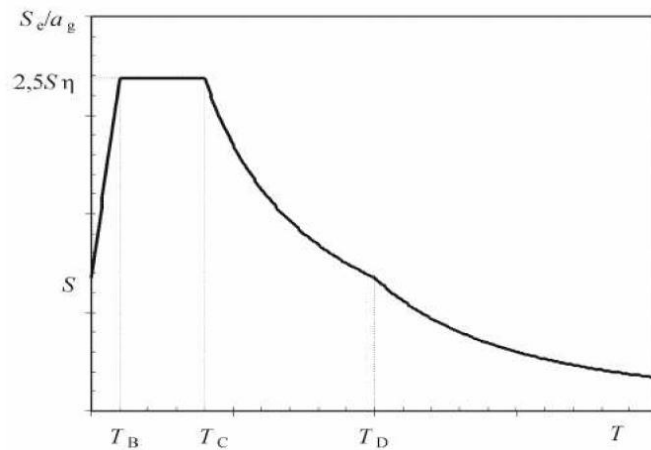
S : Zemin parametresi

η : Sönüm düzeltme faktörü (referans değer, %5 sönüm için $\eta = 1$ kabul edilir.)

Sönüm düzeltme faktörü aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \xi}} \geq 0,7 \quad (5.10)$$

ξ : Yapının sönüm yüzde oranıdır. Özel çalışmalarda viskoz sönüm oranı için %5'ten farklı değerler kullanılabilir. Eurocode 8'de kullanılan elastik tepki spektrumu eğrisi Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.10. Elastik Tepki Spektrumu Eğrisi

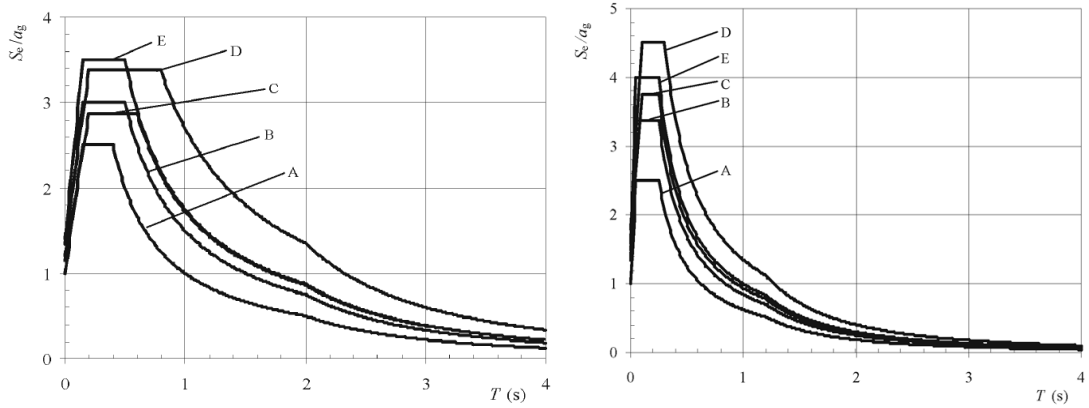
Zemin sınıflarına bağılı olarak T_B , T_C ve T_D periyot değerleri ve S zemin parametresi değerleri Çizelge 5.5.a ve Çizelge 5.5.b’de, zemin sınıflarına göre Tip 1 ve Tip 2 elastik tepki spektrumları Şekil 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.5.a. Tip 1 Elastik Tepki Spektrum Parametreleri

ZEMİN SINIFI	S	TB	TC	TD
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.15	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.8	2.0
E	1.4	0.15	0.5	2.0

Çizelge 5.5.b. Tip 2 Elastik Tepki Spektrum Parametreleri

ZEMİN SINIFI	S	TB	TC	TD
A	1.0	0.05	0.25	1.2
B	1.35	0.05	0.25	1.2
C	1.5	0.10	0.25	1.2
D	1.8	0.10	0.30	1.2
E	1.6	0.05	0.25	1.2



Şekil 5.11. Zemin Sınıflarına göre Tip 1 ve Tip 2 Elastik Tepki Spektrumları

Yapısal sistemler sismik durumda kalıcı şekil değiştirmeler oluşturmaları ve betonarmede uyum dolayısıyla daha büyük taşıma kapasitelerine sahiptir. Bundan dolayı lineer elastik davranışa oranla daha küçük tesir kuvvetleri almak daha doğru olacaktır. Bu durumda lineer çözümleme yapabilmek için yapının sünekliliğini hesaplara dahil etmek için depremin maksimum etkileri azaltılarak çözümleme yapılabilir. Azaltma işlemi “q” davranış katsayısı tanımlayarak elastik davranış

spektrumunu tasarım spektrumuna indirgeyerek yapılır. Yerçekimi ivmesi g ile normalize edilmiş $S_d(T)$ tasarım spektrumu aşağıdaki ifadelerle tanımlanır (Ocak, 2005).

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \times S_x \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \times \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (5.11)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \times S_x \frac{2,5}{q} \quad (5.12)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) = a_g \times S_x \frac{2,5}{q} \times \left[\frac{T_C}{T} \right] \geq 0,2a \quad (5.13)$$

$$T_D \leq T : S_d(T) = a_g \times S_x \frac{2,5}{q} \left[\frac{T_C}{T} \right] \times \left[\frac{T_D}{T} \right] \geq 0,2a \quad (5.14)$$

$S_d(T)$: Tasarım spektrumu ordinatı

q : Davranış faktörü

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (q) :

Yapıda yatay yükler etkisi altında istenilen yerlerde izin verilen mertebelerde hasar oluşumuna izin verilir bu durum yapının sünekliği ve enerji yutma kapasitesi ile ilgilidir yönetmelik bunu $S_e(T)$ Elastik Davranış Spektrumunu, “ q ” taşıyıcı sistem davranış katsayısı ile azaltarak boyutsuzlaştırılmış boyutlama spektrumu $S_d(T)$ ’yi elde ederek göz önünde bulundurur. Davranış katsayısı, taşıyıcı sistemin sünekliğini ve enerji yutma kapasitesini yansıtır ve Eurocode 8’e göre aşağıdaki ifade ile bulunur (Ocak, 2005).

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5 \quad (5.15)$$

Taşıyıcı sistemin güç tükenmesi durumunu yansıtan k_w katsayısı,

$k_w = 1.00$ çerçeve sistem ve çerçeve sisteme eşdeğer kabul edilecek karma sistemler

$k_w = (1 + \alpha_0)/3 \leq 1.00$ perdeli sistem, perdeli sisteme eşdeğer sistem ve çekirdekli sistemlerde 0.5'den az olmayacak şekilde seçilecektir.

$$\alpha_0 = \sum h_{wi} / \sum l_{wi}$$

Burada h_{wi} i. perdenin yüksekliği, l_{wi} ise boyudur.

Çizelge 5.6. Ana taşıyıcı sistem davranış katsayısı q_0

Bina Tipi	SDN Yapı	SDY Yapı
Çerçevesiz, perde+çerçevesiz ve boşluklu perdeli sistemler	$3.a_u / a_l$	$4,5.a_u / a_l$
Boşluksuz perdeli sistemler	3	$4.a_u / a_l$
Burulma rijitliği zayıf sistemler	2	3
Ters sarkaç sistemler	1.5	2

Düzenli olmayan yüksek katlı binalarda Çizelge 5.6'da verilen q_0 değerleri %20 oranında azaltılmalıdır. Eurocode 8'e göre tasarımda özel kalite sistemleri uygulanırsa ana taşıyıcı sistem davranış katsayısı q_0 %20 oranında artırılabilir. a_u/a_l oranı yapısal elemanların eğilme kapasiteleri ve göçme durumlarıyla ilgili ayrıntılı hesap gerektiren bir değerdir. Planda düzenli binalar için Eurocode 8 bu oransal değeri Çizelge 5.7'de olduğu gibi vermektedir (Kacar, 2011).

Çizelge 5.7. Eurocode 8'de tanımlı çarpma faktörü yaklaşık değerleri

Yapı Sistemi	a_u / a_l
Çerçeve veya eşdeğeri ikili sistemler	
Tek katlı çerçeveler	1.1
Çok katlı, tek açıklıklı çerçeve	1.2
Çok katlı çok açıklıklı çerçeveler	1.3
Perdeli veya eşdeğeri ikili sistemler	
Her iki doğrultuda yalnız iki perdeden oluşan sistemler	1
Diğer perdeli sistemler	1.1
Perde eşdeğeri sistemler ve boşluklu perdeli sistemler	1.2

5.5.2. TDY 2007

Yönetmeliğe göre deprem yüklerinin belirlenmesi için sismik hareketin yatay düzlemde ve birbirini dik kesen iki ekseninde etkidiği varsayılacaktır. Yönetmeliğe göre tanımlanan tasarım depremi, bina önem katsayısı, $I=1$ olan binalarda 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan şiddetli depreme karşılık gelir.

Yatay yüklerin belirlenmesi için kullanılacak olan spektral ivme katsayısı, $A(T)$ 'nin hesabı, aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir. $A(T)$ diğer bir ifade ile %5 sönüm oranı için tanımlanan elastik tasarım ivme spektrumunun yer çekimi ivmesine bölünmesidir (Aydemir, 2011).

$$A(T) = A_0 \times I \times S(T) \quad (5.16)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \times g \quad (5.17)$$

Spektral ivme katsayısının hesabında kullanılacak Etkin Yer İvme Katsayıları (A_0) deprem bölgelerine göre Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Etkin yer ivme katsayısı (A_0) (TDY 2007)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.4
2	0.3
3	0.2
4	0.1

Spektrum katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak aşağıdaki ifadeler yardımıyla bulunacaktır.

$$0 \leq T \leq T_A : S(T) = 1 + 1,5 \times \frac{T}{T_A} \quad (5.18)$$

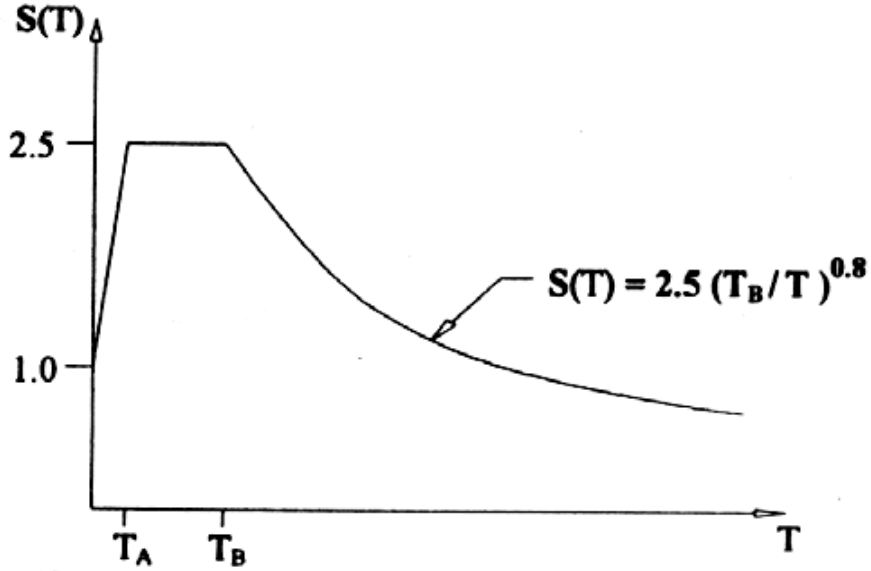
$$T_A < T \leq T_B : S(T) = 2,5 \quad (5.19)$$

$$T_B < T : S(T) = 2,5 \times \left[\frac{T_B}{T} \right]^{0,8} \quad (5.20)$$

Spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B yerel zemin sınıflarına bağlı olarak Çizelge 5.9'da elastik tasarım ivme spektrumu Şekil 5.12'de verilmiştir.

Çizelge 5.9. Spektrum karakteristik periyotları (TDY 2007)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.3
Z2	0.15	0.4
Z3	0.15	0.6
Z4	0.20	0.9



Şekil 5.12. Elastik tasarım ivme spektrumu (TDY 2007)

Deprem yükü azaltma katsayısı, $R_a(T)$, depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere çeşitli taşıyıcı sistemler için Çizelge 5.10'da tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)'ye ve binanın doğal titreşim periyodu T 'ye bağlı olarak aşağıdaki eşitlikler ile belirlenir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı değerleri çerçeveli sistemlerde plastik mafsallık bölgelerinin sayıca fazla olmasından buna bağlı olarak da deprem enerjisinin daha fazla sönmüneceğinden dolayı bu sistemlerde daha fazla değer almaktadır. Perdeli sistemlerde ise plastik mafsallar sadece perde tabanlarında oluşacağından bu tarz

sistemlerde taşıyıcı sistem davranış katsayısı değeri daha az değer almaktadır (Aydemir, 2011).

$$0 \leq T \leq T_A : R_d(T) = 1,5 + (R - 1,5) \times \frac{T}{T_A} \quad (5.21)$$

$$T > T_A : R_d(T) = R \quad (5.22)$$

Çizelge 5.10. TDY 2007'e göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı R

Taşıyıcı sistem	Süneklik düzeyi	
	Normal	Yüksek
Yerinde dökme betonarme binalar		
Deprem yükleri çerçevelerle taşınan binalar	4	8
Deprem yükleri bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşınan binalar	4	7
Deprem yükleri boşluksuz perdelerle taşınan binalar	4	6
Deprem yükleri çerçeveler ve perdelerle taşınan binalar	4	7
Prefabrike betonarme binalar		
Deprem yükleri bağlantıları tersinir moment aktarabilen çerçevelerle taşınan binalar	3	6
Deprem yükleri temele ankastre üstte mafsallı tek kat çerçevelerle taşınan binalar	-	5
Deprem yükleri prefabrike boşluksuz perdelerle taşınan binalar	-	4
Deprem yükleri perdelerle bağlantılı tersinir moment aktarabilen çerçevelerle taşınan binalar	3	5

Yeni yönetmelikte Türkiye deprem bölgeleri haritası değişmiş olup yayımlanan yeni haritaya göre her koordinat için farklı değerler verilmiştir. Bu yüzden yeni yönetmelikte etkin yer ivme katsayıları kullanılmamaktadır.

TDY 2007'de spektrum köşe periyotları sadece zemin hakim periyotlarına bağlı olarak belirlenmekte bölgenin depremselliğinin bu konuya bir etkisi bulunmamaktaydı, TBDY 2018'de ise spektrum köşe periyotlarına Amerikan yönetmeliğindeki yaklaşıma benzer bir yaklaşım izlenerek bölgenin depremsellik özellikleri de etki etmektedir.

TBDY 2018'e göre taşıyıcı sistem davranış katsayısının (R) yanı sıra dayanım fazlalığı (D) katsayısı yeni bir parametre olarak kullanılmaktadır. Buna göre tüm yapı elemanlarında kesme kuvveti talepleri artacaktır. Yeni yönetmeliğe göre deprem yükü azaltma katsayısının hesabında da değişiklik yapılmış bina önem katsayısı burada belirleyici olarak kullanılmıştır. TBDY 2018'de betonarme taşıyıcılı sistemlerde süneklik düzey sayısı da üçe çıkarılmış olup bunlar, süneklik düzeyi yüksek, süneklik düzeyi sınırlı ve süneklik düzeyi karma sistemler olarak isimlendirilmiştir.

5.6. Deprem Yüklerinin Diğer Yüklerle Birleştirilmesi

5.6.1. Eurocode 8

Depremsiz durumda Eurocode 8'e göre ana yük kombinasyon (sabit yük kombinasyonu, depremsiz durum) katsayıları Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Bu hesaplamalar sabit ve değişken yükte ayrı ayrı yapılır. Değişken olan yüklerin en büyük şiddetleri ile hep beraber etkimesine çok ender olarak rastlanacağı için, bu yüklerin veya etkilerin bulunmasında, birleştirme katsayıları ($\Psi < 1$) kullanılır. Böylece, herhangi bir Q_k yükünün ($\Psi \cdot Q_k$) temsili değeri elde edilir. Bu katsayılar kullanılarak, değişken yükün birleştirme değeri ($\Psi_0 \cdot Q_k$), sık ortaya çıkan değeri ($\Psi_1 \cdot Q_k$) ve sürekli sayılabilecek değeri ($\Psi_2 \cdot Q_k$) bulunur (Celep ve Kumbasar, 2004). Yük artırma katsayıları Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Yük artırma katsayıları

Etki Türü	γ_G (sabit yük G_k)	γ_Q (değişken yük Q_k)
Arttırıcı	1.35	1.50
Azaltıcı	1.00	Ψ_0, Ψ_1, Ψ_2

Çizelge 5.11'deki yük katsayıları kullanılarak aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\Sigma(\gamma_G G_k) + \gamma_Q Q_{k,1} + \Sigma_{i>1}(\gamma_Q \cdot \Psi_i \cdot Q_{k,i}) \quad (5.23)$$

Farklı azaltma katsayılarından dolayı pek çok yükleme durumunda, baştan hangi yükleme durumunun elverişsiz olduğunun bilinmesi mümkün değildir. Bu nedenle, en elverişsiz durumun bulunması için bütün muhtemel yükleme durumlarının incelenmesi gerekir, örneğin bir yapı sabit yük ve değişken yükün yanında kar ve rüzgar yükleri

etkisi altında Çizelge 5.13’de verilen üç türlü yükleme birleştirmesinin incelenmesi gerekmektedir. Birden fazla değişken yükün bulunduğu durumlarda Eurocode 8 Çizelge 5.12’deki birleştirme katsayılarını kullanmaktadır (Celep ve Kumbasar, 2004).

Çizelge 5.12. Yük Birleştirme Katsayıları

Yük şekli	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategori A: Konutlar	0.7	0.5	0.3
Kategori B: Ofis, iş yeri	0.7	0.5	0.3
Kategori C: Kongre salonları	0.7	0.7	0.6
Kategori D: Alışveriş merkezleri	0.7	0.7	0.6
Kategori E: Depo merkezleri	1.0	0.9	0.8
Kategori F: Trafik yükünün 30 KN’dan az olduğu yerler	0.7	0.7	0.6
Kategori G: Trafik yükünün 30 KN’dan fazla olduğu yerler	0.7	0.5	0.3
Rüzgâr yükü	0.6	0.5	0
Kar yükü	0.7	0.2	0
Diğer tür yükler	0.8	0.7	0.5

Çizelge 5.13. Yük ana birleştirme durumuna örnek

Birleştirme	$\gamma_G G_k$	$\gamma_Q Q_{k,1}$	$\gamma_Q \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	$\gamma_Q \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$
1	Sabit yük	Değişken yük	Kar	Rüzgâr
2	Sabit yük	Kar	Değişken yük	Rüzgâr
3	Sabit yük	Rüzgâr	Değişken yük	Kar

Basitleştirilmiş birleştirme durumunda bir tane değişken yük bulunması halinde eşitlik 5.24 kullanılır;

$$\Sigma(1.35 G_k) + 1.5 Q_{k,1} \quad (5.24)$$

Birden fazla değişken yük bulunması durumunda ise Eşitlik 5.25 teki

$$\Sigma(1.35 G_k) + \Sigma_{i \geq 1} 1.35 Q_{k,i} \quad (5.25)$$

basitleştirilmiş yük birleştirmesi kullanılabilir. Elde edilen sonuçlardan elverişsiz olanı kullanılacaktır. Örneğin, sabit yük, kar yükü ve rüzgâr yükü ele alınırsa, Çizelge 5.14’deki yükleme durumlarının incelenmesi gerekir (Celep ve Kumbasar, 2004).

Çizelge 5.14. Yükleme durumları

Birleştirme	$\gamma_G G_k$	$Q_{k,1}$	$Q_{k,i}$	$Q_{k,i}$
1	Sabit yük	1.35xdeğişken yük	1.35xkar	1.35xrüzgar
2	Sabit yük	1.5xdeğişken yük		
3	Sabit yük	1.5xkar		
4	Sabit yük	1.5xrüzgar		

Deprem etkisinde yük birleştirmesi: Bu tür durumda, (A_{Ed}) deprem etkisini (ekstrem yükleme) göstermek üzere, yük birleştirmesi Eşitlik 5.26'daki gibi yapılmaktadır, aynı zamanda Eurocode 8'e göre yapılan yük birleştirme tablosu tüm durumlar için örnek olarak Çizelge 5.15'te verilmektedir.

$$\Sigma(G_k) + \gamma_1 A_{Ed} + \Sigma_{i>1}(\psi_{2i} Q_{ki}) \quad (5.26)$$

Çizelge 5.15. Eurocode 8'e göre konutlar için temel yük kombinasyonu

Kombinasyon	G	Q	Ex	Ey
G+Q	1.35	1.5	0	0
G+Q+Ex(+)	1.00	0.30	1.00	0.30
G+Q-Ex(+)	1.00	0.30	-1.00	-0.30
G+Q+Ey(+)	1.00	0.30	0.30	1.00
G+Q-Ey(+)	1.00	0.30	-0.30	-1.00
G+Ex(+)	0.90	0	1.00	0.30
G-Ex(+)	0.90	0	-1.00	-0.30
G+Ey(+)	0.90	0	0.30	1.00
G-Ey(+)	0.90	0	-0.30	-1.00

5.6.2. TDY 2007

TS500'e göre sadece düşey yük durumu etkisi altında hesap yapılmakta ise yük kombinasyon katsayısı sabit yükler için 1.4, hareketli yükler için 1.6 olmaktadır.

Sismik dizayn durumundaki hareketlerin, dizayn (E_d , değeri aşağıdaki kombinasyonlara göre belirlenir.

$$G + Q \pm E_x \pm 0.3 E_y \quad (5.27)$$

$$G + Q \pm E_y \pm 0.3 E_x \quad (5.28)$$

TBDY 2018’de ise deprem yükünün diğer yüklerle birleştirildiği kombinasyon şu şekilde verilir;

$G+Q_e+0.2S+E_d^{(H)}+0.3E_d^{(Z)}$ burada S kar yükünü ifade etmektedir.

Elverişsiz durumda ise aşağıdaki kombinasyonlar kullanılır.

$$0.9 G \pm E_x \pm 0.3 E_y \quad (5.29)$$

$$0.9 G \pm E_y \pm 0.3 E_x \quad (5.30)$$

5.7. Bina Önem Sınıfları ve Önem Faktörleri

5.7.1. Eurocode 8

Binalar önem sınıflarına bağlı olarak 3 grupta toplanırlar;

- a) Yıkılmanın insan hayatı için önemli sonuç doğurduğu binalar
- b) Depremi hemen sonrasında halk güvenliği ve sağlığı için kullanılacak binalar
- c) İnsan yığınlarının az olduğu binalar

Önem sınıfları farklı önem faktörleriyle (γ_1) tanımlanır. Çizelge 5.16’da önem sınıfları ve önem faktörleri verilmiştir (Celep ve Kumbasar, 2004).

Çizelge 5.16. Önem sınıfları ve önem faktörleri

Binalar	Önem Sınıfı	Önem Faktörü (γ_1)
Depremde hasar görmemesi yaşamsal önem taşıyan binalar. (Örn. Hastane, itfaiye binası, enerji santralleri vb.)	I	1.4
Deprem dayanıklılığı hasar sonuçları bakımından önemli binalar (Örn. Okullar kültürel faaliyet binaları, toplantı salonları vb.)	II	1.2
Diğer kategorilere girmeyen sıradan binalar	III	1.0
Toplum güvenliği bakımından fazla önemli olmayan binalar	IV	0.8

5.7.2. TDY 2007

Bina önem katsayısı, yapının kullanım amacına bağlı olarak belirlenir. Depremden hemen sonra kullanılması gereken yapılarda ve halkın çok yığıldığı yapılarda, binanın kullanılmamasının oluşturacağı zarar, depremin doğuracağı can kaybı daha fazla olacağından, bu binalar için tekrarlama periyodu uzun, daha şiddetli bir depremin göz önüne alınması uygundur. Bunun gibi insanların çok yığıldığı yapılarda depremin doğuracağı can kaybını azaltmak için ve tehlikeli madde depolayan binaların

daha büyük depreme dayanmasını sağlamak için bu katsayı büyük tutulmuş ve Çizelge 5.17’de verilmiştir. TBDY 2018 de ise bu kısım bina kullanım sınıfı (BKS) adı altında 3’e ayrılmaktadır. Önceki yönetmelikte bina önem katsayısı 1.4 olan okul, yurt ve cezaevi vb. yapılar bu önem katsayısı iptal edilerek birinci önem düzeyi $I=1.5$ ’e yükseltilmiştir.

Çizelge 5.17. Bina önem katsayısı (I)

Binanın kullanım amacı veya türü	Bina önem katsayısı (I)
Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kıışlalar, cezaevleri, vb.	1.4
İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, vb.)	1.0

5.8. Bina Ağırlığının Belirlenmesi

5.8.1. Eurocode 8

Deprem yükünün hesabında kullanılacak olan toplam bina ağırlığı Eşitlik 5.31’e göre hesaplanır;

$$W = \sum G_{kj} + \sum \psi_{Ei} Q_{ki} \quad (5.31)$$

Hareketli yüklerin tamamının deprem anında binada bulunmaması ihtimalini göz önünde bulundurmak için Eşitlik 5.32’de verilen (ψ_{Ei}) azaltma katsayısı kullanılmaktadır. Deprem yükünü hesap etmeye esas kat ağırlıklarının bulunmasında kullanılan yük azaltma katsayıları Çizelge 5.18’de verilmiştir (Aydemir, 2011).

$$\psi_{Ei} = \phi \psi_{2i} \quad (5.32)$$

Çizelge 5.18. Yük azaltma katsayıları

Kategori	Kat	ϕ
Kategori D-F ve Arşivler		1.0
Kategori A-C	Çatı	1.0
	Bağlantılı olarak kullanılan katlar	0.8
	Bağımsız olarak kullanılan katlar	0.5

5.8.2. TDY 2007

Deprem yükünün hesaplanmasında kullanılan bina ağırlığı Eşitlik 5.33'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$W = \sum_{I=1}^N N \quad W_I = \sum_{I=1}^N N (G_I + nQ_I) \quad (5.33)$$

Deprem anında binadaki hareketli yüklerin tamamının aynı anda bulunma ihtimalinin düşük olacağı göz önüne alınarak (n) gibi bir hareketli yük katılım katsayısı tanımlanmıştır. Yapıda hesaplamalara esas teşkil edecek bu katsayılar Çizelge 5.19'da verilmiştir (Aydemir, 2011). TBDY 2018'de 2007 deprem yönetmeliğindeki deprem hesaplarında kullanılacak bina ağırlığının hesaplanmasında her hangi bir değişiklik söz konusu olmamıştır.

Çizelge 5.19. Hareketli yük katılım katsayısı

Hareketli yük katılım katsayısı	n
Depolar	0.8
Okullar, öğrenci yurtları, sinema ve konser salonları, tiyatrolar, garaj, lokanta ve mağazalar	0.6
Özel konutlar, otel, hastaneler ve işyerleri	0.3

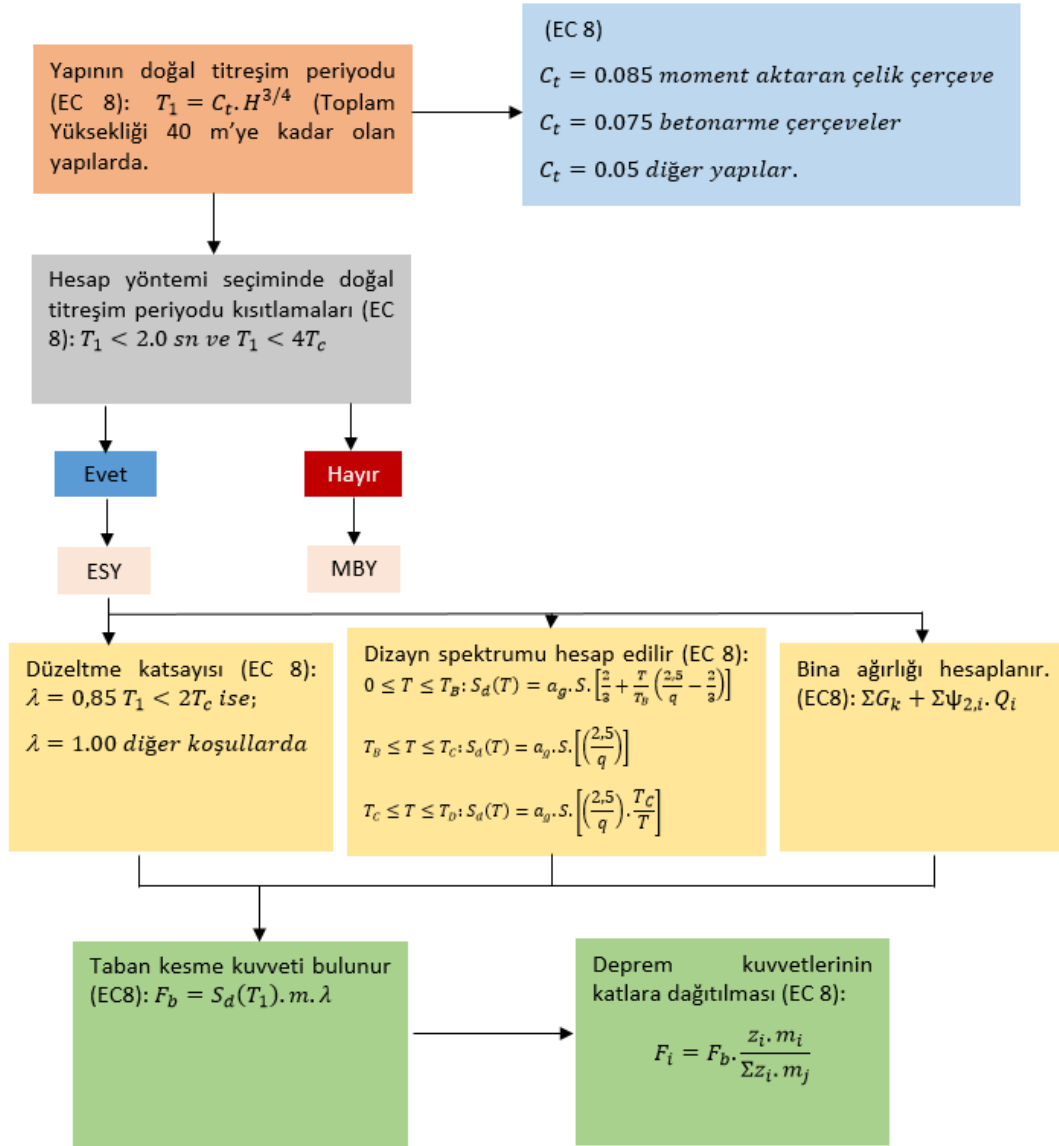
5.9. Modelleme ve Analiz

5.9.1. Eurocode 8

Deprem etkisi altındaki bina türünden yapıların taşıyıcı sisteminde boyutlamaya esas olacak kesit etkilerinin bulunarak, diğer yükleme durumlarından elde edilenlerle birleştirilmesi için, doğrusal elastik davranış kabul edilerek çözüm yapılır. Taşıyıcı sistemin durumuna göre aşağıda verilen lineer-elastik çözümlemelerden biri seçilir:

- 1) Eşdeğer Statik Analiz (Yanal kuvvet metodu analizi)
- 2) Modal Tepki Spektrumu Analizi

Lineer analiz yöntemlerinin dışında lineer olmayan analiz yöntemlerinden push-over analiz ve zaman tanım aralığında analiz yöntemleri de kullanılmaktadır. Şekil 5.13'te Eurocode 8'e göre hesap yöntemi seçimi akış diyagramı verilmektedir.



Şekil 5.13. Eurocode 8'e göre hesap yönteminin seçimi ve hesap adımları

- Eşdeğer Statik Analiz (Yanal Kuvvet Metodu):

İki doğrultuda ayrı ayrı uygulanan yöntem, yüksek modların etkisinin ihmal edilebileceği binalar için uygundur. Yöntemin uygulanabilmesi için yapı, Çizelge 5.4'te verilen düzensizlik koşullarını ve Eşitlik 5.34'ü sağlamalıdır.

$$T_1 \leq \{4T_C, 2,0 \text{ sn}\} \quad (5.34)$$

Taban Kesme Kuvveti:

Binada, her iki yatay yön için taban kesme kuvveti (F_b) Eşitlik 5.35'e göre hesaplanır.

$$F_b = S_d(T_1)m\lambda \quad (5.35)$$

Burada,

$S_d(T_1)$: T_1 periyodundaki dizayn spektrumunun ordinatı

T_1 : Binanın doğal titreşim periyodu

m : Toplam bina kütlesi

λ : Düzeltme faktörü (bina 2 kattan fazla ve $T_1 \leq 2 T_C$ ise $\lambda = 0.85$, aksi takdirde $\lambda = 1.0$)

Yükseklikleri 40 m'ye kadar olan binalarda doğal titreşim periyodu Eşitlik 5.36'daki formülle hesaplanır.

$$T_1 = C_t \times H^{\frac{3}{4}} \quad (5.36)$$

Burada,

C_t : Değeri, moment taşıyıcı çelik çerçevelerde 0.085, moment taşıyıcı betonarme sistemlerde 0.075 ve diğer tüm binalarda 0.050'dir.

H : Binanın metre cinsinden yerden yüksekliği

Betonarme ve yığma duvarlı binalarda ise;

$$C_t = 0.075 / \sqrt{A_c} < 0.05 \quad (5.37)$$

$$A_c = \sum A_i [0.2 + (l_{wi} / H)^2] \quad (5.38)$$

$$l_{wi} / H \leq 0.9 \quad (5.39)$$

şeklinde hesaplanır. Burada A_c (m^2) binanın ilk katındaki etkili kayma alanı A_i (m^2) binanın ilk katında i. perdenin etkili kesit alanı ve l_{wi} (m) deprem doğrultusundaki uzunluğudur.

Taban kesme kuvvetinin katlara dağıtılması:

Bina kütlesine ve spektrum çarpanına bağlı olarak bulunan taban kesme kuvveti yer değiştirmelerin bina yüksekliği boyunca lineer olarak arttığı düşünülerek katlara kat kesme kuvveti olarak dağıtılabilir.

$$F_i = F_b \times \frac{s_i \times m_i}{\sum s_j \times m_j} \quad (5.40)$$

Burada,

F_i : i katına etki eden yatay kuvvet

F_b : sismik taban kesme kuvveti

s_i, s_j : m_i, m_j kütlelerinin yer değiştirmesi

m_i, m_j : hesaplanan kat kütleleri

Hesaplamalar binanın yüksekliği boyunca artan deplasmanlara göre yapılırsa, yatay sismik kuvvetler (Ocak), Eşitlik 5.41 ile bulunur (Ocak, 2005).

$$F_i = F_b \left[(z_i w_i) / \sum_{j=1} (z_j w_j) \right] \quad (5.41)$$

Burada;

z_i, z_j : Temelden kat yükseklikleri

Zeminler şekil değiştirmez kabul edilerek belirlenen, yanal yük taşıyıcı sistemlere dağıtılmalıdır.

Modal tepki spektrumu analizi:

Yapı dinamiği kurallarına göre çok sayıda modun göz önüne alınmasıyla yapılır ve her türlü taşıyıcı sisteme uygulanabilecek bir yöntemdir. Genel tepkiye etki eden bütün titreşim modlarından gelen tepkiler hesaplanmalıdır. Efektif modal kütlelerin toplamının binanın toplam kütlesinin %90'ından fazla olması gerekmektedir.

(k) moduna ilişkin efektif modal kütle, (m_k), sismik hareketin uygulandığı yönde (F_{bk}), taban kesme kuvveti etkidiği için,

$F_{bk} = S_d(T_k).m_k$ formülüyle saptanır.

Efektif modal kütlelerin toplamının binanın toplam kütlelerinin %90'ından fazla olması koşulu sağlanamıyorsa, hesaba katılacak mod sayısı Eşitlik 5.42'deki koşulları sağlamalıdır.

$$k = 3\sqrt{n} ; T_k \leq 0,2sn \quad (5.42)$$

Burada

k : hesaba katılan modların sayısı

n : temelin yukarısındaki katların sayısı

T_k : k modunun titreşim periyodu

Modal Tepkilerin Birleştirilmesi: Burulma ve ötelenme modlarını içeren tepkinin bağımsız olarak hesaplanabilmesi için modların periyotları Eşitlik 5.43'teki koşulu sağlamalıdır.

$$T_j \leq 0.9 . T_i \quad (5.43)$$

Sismik hareket etkisinin maksimum değeri (Ghareeb), aşağıdaki formüle göre alınır.

$$E_E = \sqrt{\sum E_{EI}^2} \quad (5.44)$$

Burada;

E_E : sismik hareket etkisi

E_{EI} : i titreşim modundaki sismik hareket etkisinin değeri

Eğer modlar birbirinden bağımsız değilse, modal maksimumun kombinasyonu için “tam karesel birleştirme” gibi daha kesin işlemler yapılmalıdır.

Burulma:

Analizde üç boyutlu model kullanıldığı durumlarda burulma etkileri her “i” katında, kat düzlemine dik M_{1j} burulma momentini de içerecek statik yüklerin analizinin zarfı olarak incelenebilir.

$$M_{1i} = e_{1i} \times F_i$$

M_{1i} : “i” katının düşey eksene göre burulma momenti

e_{1i} : “i” katının dış merkezliği

F_i : “i” katına etkiyen yatay kuvvet

Burulma Etkileri İçin Yaklaşık Hesap: Analiz düzlemsel bir modellemeye göre yapılıyorsa her iki ana doğrultu için ayrı ayrı hesaplanır. Her “i” katına gelen yatay F_i deprem kuvveti, kütle merkezinin nominal yerinden e_2 gibi bir dış merkezlik göz önüne alınarak etki ettiği kabul edilebilir. Bu dış merkezliğin minimum değeri aşağıdaki eşitliklerde ve Şekil 5.14’te verilmiştir.

$$e_2 = 0,1x(L+B)x\sqrt{\frac{10xe_0}{L}} \leq 0,1x(L+B) \quad (5.45)$$

ve

$$e_2 = \frac{1}{2e_0} \left[l_s^2 - e_0^2 - r^2 + \sqrt{(s^2 + e_0^2 - r^2) + 4e_0^2 r^2} \right] \quad (5.46)$$

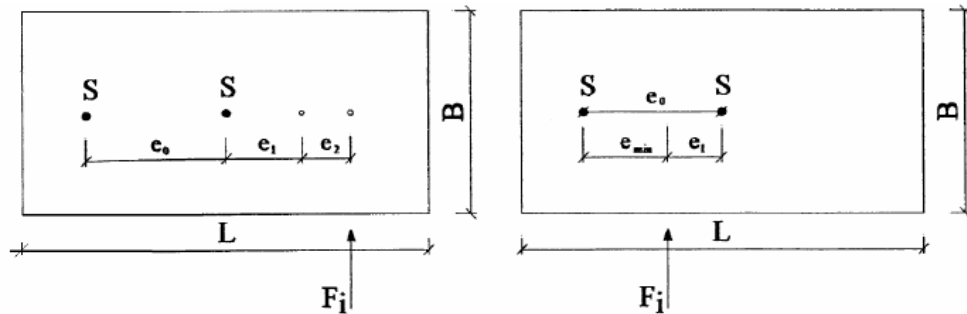
e_2 : Eş zamanlı çevrimsel ve burulma titreşimlerini hesaba katmak için göz önüne alınan dış merkezlik

e_0 : Yapının rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki gerçek dış merkezlik

l_s^2 : $(L^2 + B^2) / 12$ dönme yarıçapının karesi

r : Kat burulma ve yanal rijitlik oranı (burulma yarıçapının karesi)

e_2 ilave edilen dış merkezlik $r^2 > 5x(l_s^2 + e_0^2)$ olduğu durumlarda ihmal edilebilir. Bu durumda F_i deprem kuvveti dış merkezliini maksimum ve minimum olduğu durumda hesaplanarak burulma etkileri bulunabilir.



Şekil 5.14. Deprem yüküne ait dış merkezlikler (max. ve min. e değerleri)

$$M_i = F_i x e_{\max} = F_i x (e_0 + e_1 + e_2) \quad (5.47)$$

$$M_i = F_i x e_{\max} = F_i x (e_0 - e_1) \quad (5.48)$$

olarak hesaplanır (Ocak, 2005).

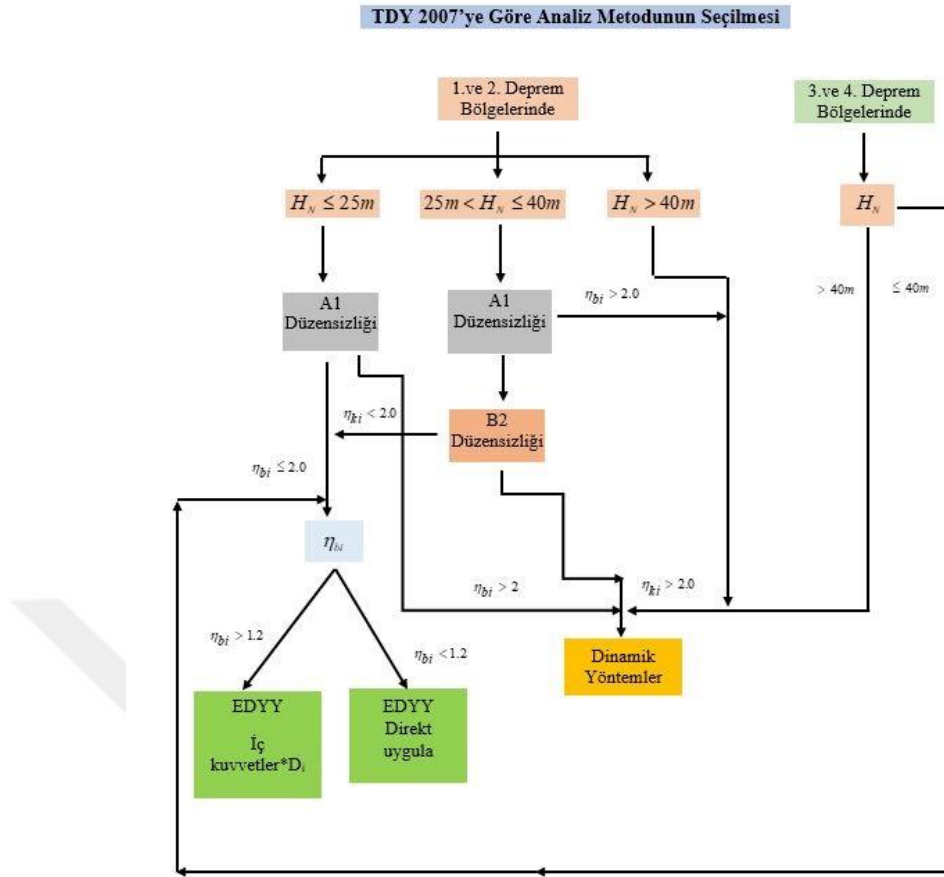
5.9.2. TDY 2007

Yönetmeliğimize göre deprem hesap yöntemleri eşdeğer statik ve dinamik analiz yöntemi olarak ikiye ayrılmakta ve bunlardan eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılması için bazı şartlar getirilmektedir.

Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabileceği binalar Çizelge 5.20’de hesap yönteminin seçimi de Şekil 5.15’te verilmiştir. TBDY 2018’de her bir katta burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} ’nin 2’den küçük olması koşulunun sağlandığı ve B2 türü düzensizliğin olmadığı herhangi bir seviyede yer ivmesine maruz ve bina kullanım sınıfı yüksek olan yapılarda maksimum 42 m yüksekliğe kadar eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanmasına düzensizlik koşullarının sağlanmadığı binalarda ise her koşulda maksimum 28 m yüksekliğe kadar eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanmasına izin verilmektedir. TBDY 2018’de yüksek binaların tasarımı ayrı bir bölümde verilmektedir. Buna göre tasarımda kullanılacak minimum taban kesme kuvveti, tasarım spektrumu gibi parametreler normal binaların tasarımında kullanılan parametrelerden ayrılmaktadır. Yüksek binaların tasarımında yeni yönetmeliğe göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan yöntemlerin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. TBDY 2018’de binanın doğal titreşim periyodu TDY 2007’de olduğu gibidir. Binanın doğal titreşim periyoduna ve bina ağırlığına bağlı olarak bulunan taban kesme kuvvetinin bulunuşunda da yönetmelikler arası benzer felsefe benimsenmektedir.

Çizelge 5.20. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar

<i>Deprem Bölgesi</i>	<i>Bina Türü</i>	<i>Toplam Yükseklik Sınırı</i>
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m



Şekil 5.15. Hesap yönteminin seçimi akış şeması

- **Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi:** Her hangi bir deprem doğrultusu için taban kesme kuvveti bina ağırlığının bir fonksiyonu olarak Eşitlik 5.49'daki ifade ile bulunur.

$$0,1 \alpha_0 \cdot I \cdot W \leq \frac{W \cdot A(T_1)}{R_a(T_1)} = V_t \quad (5.49)$$

Binanın doğal titreşim periyodu, T_1 , Eşitlik 5.50 ile hesaplanan değere eşit alınacaktır.

$$T_1 = 2\pi \left[\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_i^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5.50)$$

Binanın, deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlığı, (W), Eşitlik 5.51 ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (5.51)$$

(w_i), kat ağırlıkları Eşitlik 5.52'ye göre hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + nq_i \quad (5.52)$$

Katlara Etkiyen Deprem Yüklerinin Belirlenmesi: Eşitlik 5.49 ile hesaplanan taban kesme kuvveti, katlara Eşitlik 5.53'e göre dağıtılır.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (5.53)$$

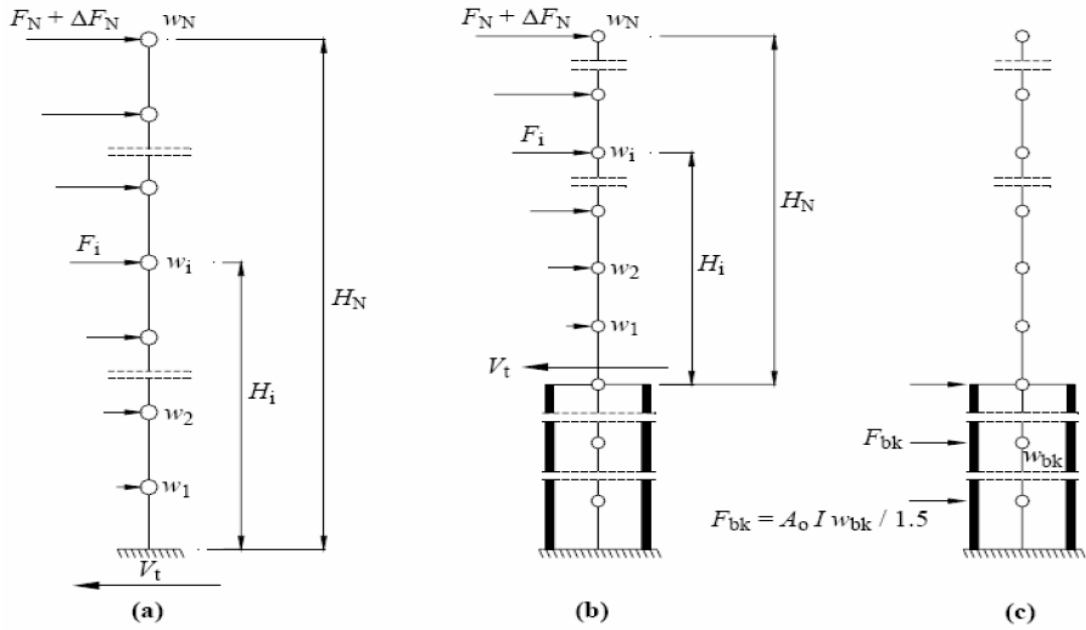
Son kata etki eden kamçı deprem yükü (ΔF_N) 'in değeri Eşitlik 5.54'e göre bulunacaktır.

$$\Delta F_N = 0,0075 \times N \times V_t \quad (5.54)$$

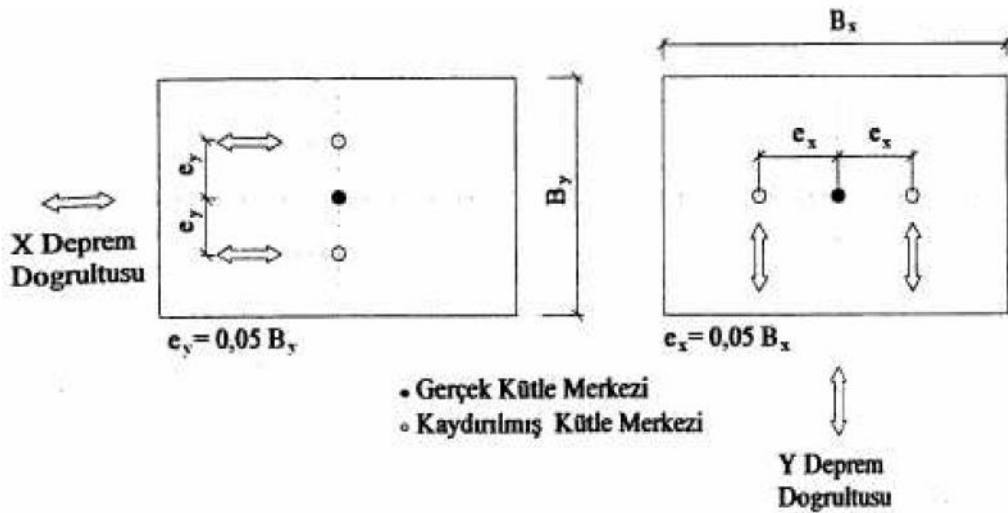
Taban kesme kuvveti kamçı kuvvet çıkarıldıktan sonra katlara Eşitlik 5.55'e göre dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \times H_i}{\sum_{j=1}^N w_j \times H_j} \quad (5.55)$$

Yer değiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları: Döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta, eşdeğer deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile kaydırılmış kütle merkezlerine tekil yatay yükler olarak Şekil 5.16'da olduğu gibi uygulanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm \%5$ 'i kadar kaydırılması ile Şekil 5.17'de verilen noktalardır (Aydemir, 2011).



Şekil 5.16. Katlara Göre Etki Eden Eşdeğer Deprem Yükleri



Şekil 5.17. İlave dış merkezliklerin hesaba katılması

Mod Birleştirme Yöntemi: Maksimum iç kuvvet ve yer değiştirmeler her mod için hesaplanan maksimum değerlerin istatistik olarak birleştirilmesiyle hesaplanır.

Göz önüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri:

Döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultudaki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacıyla deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm$

%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara veya ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır.

Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı:

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y , göz önünde bulundurulmuş iki deprem doğrultusu içinde her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiç bir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

Mod Katkılarının Birleştirilmesi:

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti iç kuvvet bileşenleri, yer değiştirme ve görel kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir.

$T_m < T_n$ olmak üzere, göz önüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için karelerin toplamının karekökü kuralı uygulanabilir.

Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için tam karesel birleştirme kuralı uygulanacaktır.

Hesabı yapılan deprem doğrultusunda, Mod birleştirilme yöntemine göre bulunan taban kesme kuvveti V_{tB} 'nin, Eşdeğer deprem yükü yönteminde hesaplanan taban kesme kuvveti V_t 'ye oranının aşağıda belirtilen β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, Eşitlik 5.56'ya göre büyütülecektir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} \times B_b \quad (5.56)$$

A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda Eşitlik 5.56'da $\beta=0.90$, bu düzensizliklerin hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0.80$ alınacaktır.

5.10. Betonarme Elemanlar İçin En Kesit Koşulları ve Malzeme Özelliklerinin Karşılaştırılması

Süneklik kavramı yapısal sistemin sabit gerilmeler altında güç tüketmeye devam etmesi olarak tanımlanabilir. Sünek olarak davranacağını taahhüt ettiğimiz yapı sistemi depremde oluşan enerjiyi, yönetmeliklerin istediği bölgelerde plastik mafsallar oluşturarak tüketir. Deprem bölgelerinde inşa edilen binalar sünek tasarım ilkesini benimseyerek tasarlanır. Yapılar, sünek tasarım ilkeleri göz önünde bulundurularak elastik davranışın ötesinde bir davranışı sergiler, bu davranışı tanımlamak için yapısal sistemin türüne bağlı olarak azaltma katsayıları kullanılır. Sünekliğin bir ifadesi olan bu katsayıları kullanmak için yönetmeliklerdeki eleman bazında lokal süneklik koşullarına uyulmalıdır. Buna göre Eurocode 8 betonarme yapı elemanlarını süneklik düzeyi düşük (DCL), süneklik düzeyi orta (DCM) ve süneklik düzeyi yüksek (DCH) olmak üzere 3'e ayırmıştır. TDY 2007'de ise yapılar süneklik düzeylerine göre süneklik düzeyi normal (SDN) ve süneklik düzeyi yüksek (SDY) olmak üzere 2'ye ayrılmıştır. Çizelge 5.21'de malzeme özellikleri ve malzeme boyutunda sünekliğin sağlanabilmesi için yönetmeliklere göre karşılaştırma verilmiştir. Çizelge 5.22'de yönetmeliklere göre betonarme taşıyıcı yapı elemanlarının en kesit koşulları karşılaştırılmıştır. Çizelge 5.23'te betonarme kiriş elemanların yönetmeliklere göre sünek donatı koşullarının karşılaştırması yapılmış, Çizelge 5.24'te betonarme kolon elemanların yönetmeliklere göre sünek donatı koşullarının karşılaştırması yapılmış ve Çizelge 5.25'te ise betonarme perde elemanların yönetmeliklere göre sünek donatı koşullarının karşılaştırması yapılmıştır (Ghareeb, 2015).

Çizelge 5.21. Yönetmeliklerin malzeme özelliklerinin karşılaştırılması

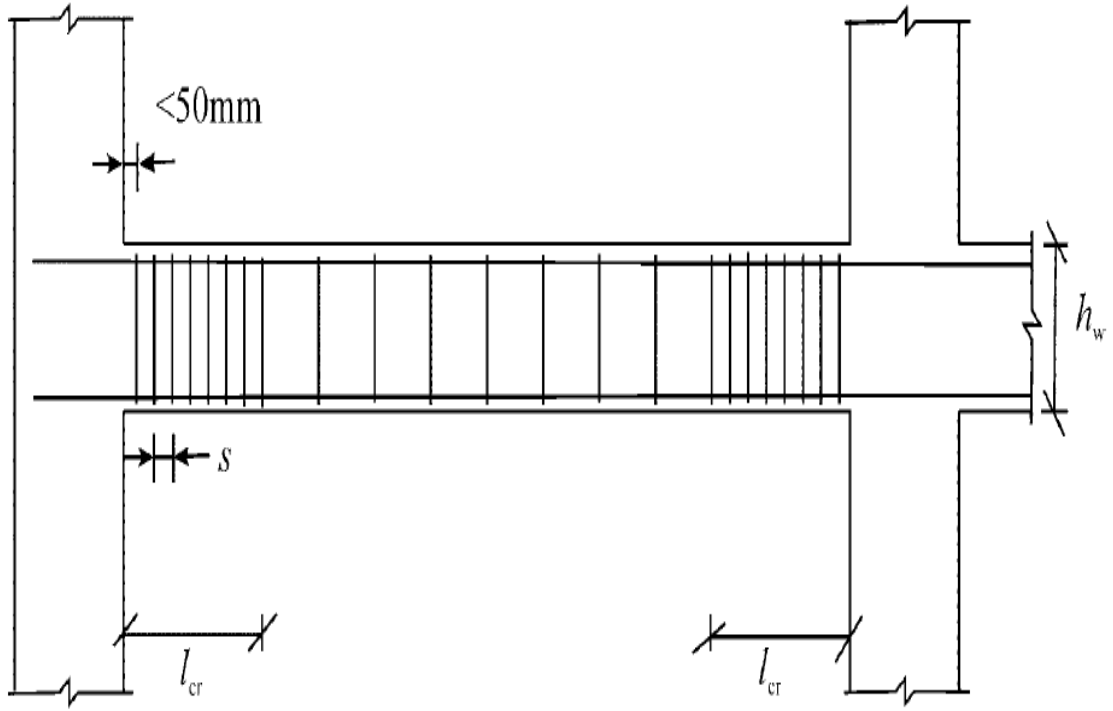
TDY 2007, TS500	EUROCODE 8, EUROCODE 2
$\gamma_{\text{betonarme}}=2.5 \text{ t/m}^3$, $\gamma_{\text{beton}}=2.4 \text{ t/m}^3$,	$\gamma_{\text{betonarme}}=2.5 \text{ t/m}^3$, $\gamma_{\text{beton}}=2.0 \text{ t/m}^3$,
Betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı $f_{\text{ctk}} = 0.35\sqrt{f_{\text{ck}}} \text{ (Mpa)}$	Betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı $f_{\text{ctm}} = 0.30 f_{\text{ck}}^{2/3} \text{ (Mpa)}$
Betonun elastisite modülü $E_{\text{cj}} = 3250\sqrt{f_{\text{ckj}}} + 14000 \text{ (Mpa)}$	Betonun elastisite modülü $E_{\text{cm}} = 9.5 (f_{\text{ck}} + 8)^{1/3} \text{ (kN/mm}^2\text{)}$
Malzeme katsayıları $\gamma_{\text{mc}} = 1.5$, $\gamma_{\text{ms}} = 1.15$	Malzeme katsayıları $\gamma_{\text{mc}} = 1.5$, $\gamma_{\text{ms}} = 1.15$
Beton poisson oranı 0.20, ısı genleşme katsayısı $10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}$	Beton poisson oranı 0.20, ısı genleşme katsayısı $10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}$
$F_{\text{ck}} \geq \text{C20}$ (SDN ve SDY sistemlerde)	DCM sistemlerde $F_{\text{ck}} \geq \text{C16/20}$, DCH sistemlerde $F_{\text{ck}} \geq \text{C20/25}$
Donatı çubuklarının karakteristik çekme dayanımı $F_{\text{yk}} \leq 420 \text{ Mpa}$	Donatı çubuklarının karakteristik çekme dayanımı $F_{\text{yk}} \leq 600 \text{ Mpa}$

Çizelge 5.22. Yapısal elemanların geometrik koşullarının karşılaştırılması

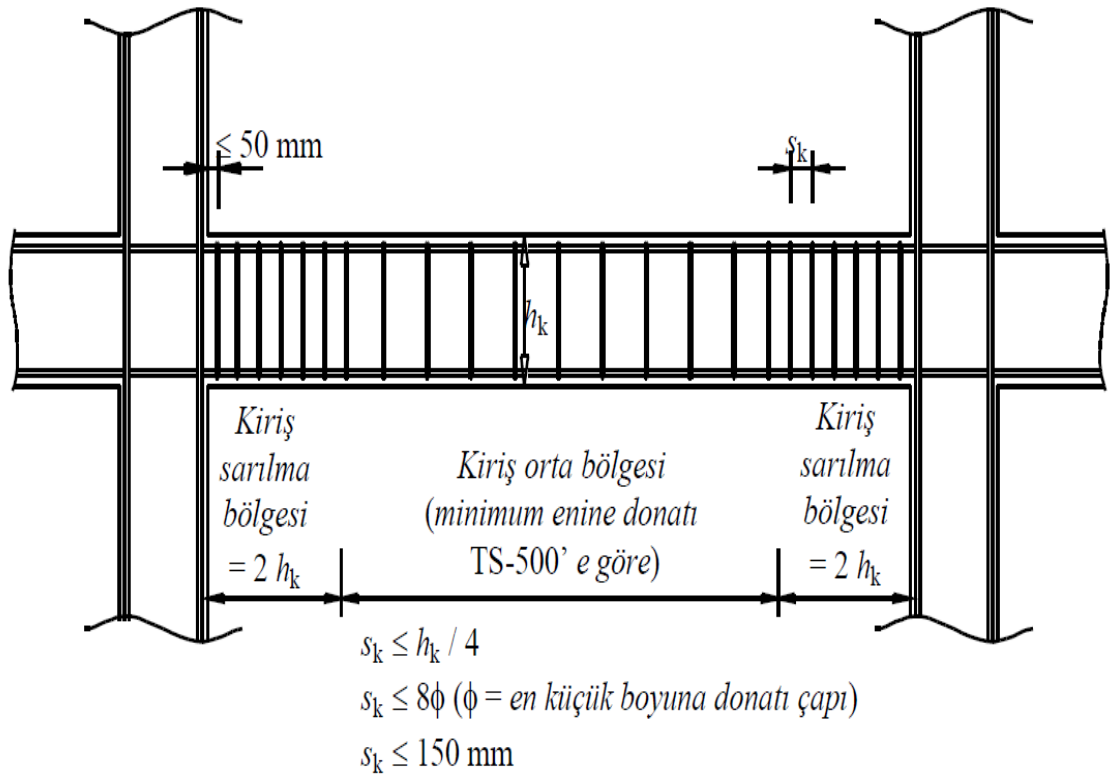
TDY 2007		EUROCODE 8
KIRIŞLAR	Kiriş gövde genişliği 25 cm'den az olmamalıdır.	Kiriş gövde genişliği DCH sistemlerde 20 cm'den az olmamalı, DCM ve DCL sistemlerde ise bir kısıtlama yoktur.
	Kiriş gövde genişliği kiriş yüksekliği ile kirişin saplandığı kolonun dik doğrultusundaki boyutunun toplamını geçemez.	Kiriş gövde genişliği $b_w = \min(b_c + h_w; 2b_c)$ koşulunu sağlamalıdır (Bu değerleri geçemez).
	Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm'den daha az, kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından daha fazla olmayacaktır.	Kiriş yüksekliği kiriş genişliğinin 3.5 katından daha az olmalıdır.
KOLONLAR	Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 25 cm'den ve en kesit alanı 750 cm ² 'den daha az olmayacaktır. Dairesel kolonların çapı en az 30 cm olacaktır.	DCH sistemlerde Min. kolon en kesit boyutu 25 cm'den az olamaz. DCM ve DCL sistemlere bir şart getirilmemiştir.
	Kolonun brüt en kesit alanı, N_{dm} düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere, $A_c \geq N_{dm} / (0.50 f_{ck})$ koşulunu sağlayacaktır.	DCH sistemlerde $\theta \geq 0.1$ olduğu durumda ikinci mertebe etkilerinin göz önünde bulundurulduğu düzleme paralel kolon en kesit boyutu $h_w/10$ 'dan küçük olamaz. DCM ve DCL sistemlere bir şart getirilmemiştir.
PERDELER	Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm'den az olmayacaktır. Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan binalarda, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm'den az olmayacaktır.	Perde kalınlığı DCH ve DCM sistemlerde 15 cm'den ve temiz kat yüksekliğinin 1/20'sinden az olmamalıdır.
	Kritik perde yüksekliği H_{cr} perde genişliğinden ve perde yüksekliğinin 1/6'sından büyük olmalıdır. Kritik perde yüksekliği H_{cr} perde genişliğinin 2 katından küçük olmalıdır.	Kritik perde yüksekliği h_{cr} , perde genişliğinden ve perde yüksekliğinin 1/6'sından büyük olmalıdır. Kritik perde yüksekliği h_{cr} , 6 kattan düşük kat sayısına sahip binalarda perde genişliğinin 2 katından ve temiz kat yüksekliğinden büyük olamaz. Kritik perde yüksekliği h_{cr} , 6 kattan yüksek kat sayısına sahip binalarda perde genişliğinin 2 katından ve temiz kat yüksekliğinin 2 katından büyük olamaz.
	Perdelerde, kritik perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır. Kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan perde kesimi boyunca ise, perde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmayacaktır.	Perde duvar kesitlerinde uç bölgelerde sargılanmış kısımların kalınlığı, b_w , 20 cm'den az olmamalıdır. Sargılanmış kısmın uzunluğu maksimum 2 b_w ya da 0.2 l_w değerlerini aşmamalıdır. b_w kalınlığı temiz kat yüksekliğinin 1/15'inden fazla olmalıdır. Sargılanmış bölüm uzunluğu 2 b_w ya da 0.2 l_w değerlerini aşarsa b_w kalınlığı temiz kat yüksekliğinin 1/10'undan az olmamalıdır.

Çizelge 5.23. Kirişlerde donatı koşullarının karşılaştırılması

TDY 2007		EUROCODE 8
KIRIŞLER	Kiriş sarılma bölgesinin uzunluğu $2h_k$ olarak alınacaktır.	Kiriş kritik bölgesinin uzunluğu DCH sistemlerde $1,5h_w$, DCM ve DCL sistemlerde ise h_w olarak belirlenmelidir.
	Kiriş mesnetlerinde çekme donatılarının minimum oranı denklemde verilen koşula uyulacaktır $\rho_{min} \geq 0.8 f_{ctd} / f_{yd}$.	Kirişte minimum çekme donatısı DCH ve DCM sistemlerde $\rho_{min} = 0.5 f_{ctm} / f_{yk}$ olmalı, DCL sistemlerde ise $\rho_{min} = 0.26 f_{ctm} / f_{yk}$ olmalıdır.
	Boyuna donatıların çapı 12 mm'den az olmayacaktır. Kirişin alt ve üstünde en az iki donatı çubuğu, kiriş açıklığı boyunca sürekli olarak bulunacaktır. 1. ve 2. derece deprem bölgelerindeki taşıyıcı sistemlerde, kiriş mesnedindeki alt donatı, aynı mesnetteki üst donatının %50'sinden daha az olamaz. 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde bu oran %30'dur.	DCH sistemlerde kiriş boyunca en az 2 ϕ 14 donatı altta ve üstte bulundurulmalıdır. DCH ve DCM sistemlerde kirişlerde mesnette bulunan çekme donatısının 1/4'ü açıklıkta basınç donatısı olarak, mesnette bulunan çekme donatısının 1/2'si mesnette kritik bölge uzunluğunca basınç donatısı olarak bulunmak zorundadır.
	Açıklık ve mesnetlerdeki çekme donatısı oranı TS-500'de verilen maksimum değerden ve %2'den fazla olmayacaktır.	DCH ve DCM kirişlerde maksimum donatı oranı $\rho_{max} = \rho' + 0.0018 f_{cd} / (\mu_{\phi} \cdot \epsilon_{sy,d} \cdot f_{yd})$, DCL kirişlerde ise 0.04 değerinden fazla olamaz.
	Kiriş mesnetlerinde kolon yüzünden itibaren kiriş derinliğinin iki katı kadar uzunluktaki bölge, Sarılma Bölgesi olarak tanımlanacak ve bu bölge boyunca özel deprem etriyeleri kullanılacaktır. Daha elverişsiz bir değer elde edilmedikçe, etriye aralıkları kiriş yüksekliğinin 1/4'ünü, en küçük boyuna donatı çapının 8 katını ve 150 mm'yi aşmayacaktır. Sarılma bölgesi dışında, TS-500'de verilen minimum enine donatı koşullarına uyulacaktır.	DCH ve DCM kirişlerde kritik bölge dışında etriye aralığı 0.75d değerinden az olmalıdır. DCH ve DCM kirişlerde kritik bölge içinde etriye çapı 6mm'den az olmamalıdır. DCH kirişlerde kritik bölge içinde etriye aralığı $s_w \leq \min\{6d_{bL}, h_w/4, 24b_w, 175\text{mm}\}$ şartını sağlamalıdır. DCM kirişlerde kritik bölge içinde etriye aralığı $s_w \leq \min\{8d_{bL}, h_w/4, 24b_w, 225\text{mm}\}$ şartını sağlamalıdır.



Şekil 5.18. Eurocode 8'e göre kiriş kritik bölgelerinde etriye düzenlemesi



Şekil 5.19. TDY 2007'ye göre kiriş birleşim bölgelerinde etriye düzenlemesi

Çizelge 5.24. Kolonlarda donatı koşullarının karşılaştırılması

TDY 2007		EUROCODE 8
KOLONLAR	Boyuna donatı alanı brüt alanı kesitin %1'inden az, %4'ünden fazla olmayacaktır.	Boyuna donatı oranı ρ , 0.01'den az ve 0.04'ten fazla olmamalıdır. Simetrik kesitlerde simetrik donatı bulundurulmalıdır.
	En az donatı, dikdörtgen kesitli kolonlarda 4Ø16 veya 6Ø14, dairesel kolonlarda ise 6Ø14 olacaktır. Bindirmeli ek yapılan kesitlerde boyuna donatı oranı %6'yı geçmeyecektir.	Kolon-kiriş birleşim bölgesinde bütünlüğü sağlamak için her bir kolon yüzeyinde kolon köşe donatıları arasında en az bir ara donatı bulundurulmalıdır. Boyuna donatı çapı Ø8'den büyük olmalıdır.
	Etriyeler ve çirozlar tarafından tutulmuş boyuna donatılar arasındaki maksimum uzaklık 25Øetriye değerini geçmemelidir.	Etriyeler ve çirozlar tarafından tutulmuş boyuna donatılar arasındaki maksimum uzaklık DCH kolonlarda 15 cm'den DCM kolonlarda 20 cm'den fazla olamaz. Tutulu olmayan boyuna donatılar arasındaki mesafe de Eurocode 8'e göre DCH kolonlarda 15 cm'yi geçmemelidir.
	Kolonun alt ve üst ucundaki sarılma bölgesinin uzunluğu kolona bağlanan en derin kirişin alt yüzünden başlayarak aşağıya doğru ölçülmek üzere, kolon kesitinin büyük boyutundan (dairese kesitlerde kolon çapından), kolon serbest yüksekliğinin 1/6'sından ve 500 mm'den az olmayacaktır.	Her bir kolonun alt ve üst ucundaki kritik bölge uzunluğu l_{cr} DCH sistemlerde $\max\{1.5h_c, 1.5b_c, 0.6m, l_c/5\}$ şartını, DCM sistemlerde ise $\max\{h_c, b_c, 0.45m, l_c/6\}$ şartını sağlamalıdır. Eğer $l_c / h_c \leq 3$ ise kolonun tamamı kritik bölge olarak kabul edilmelidir (l_c = kolon net açıklığı, h_c = kolonun büyük boyutu)
	Sarılma bölgelerinde Ø8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır. Bu bölgede, boyuna doğrultudaki etriye ve çiroz aralığı en küçük en kesit boyutunun 1/3'ünden ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır. Sürekli dairesel spirallerin adımı, göbek çapının 1/5'inden ve 80 mm'den fazla olmayacaktır. Kolon orta bölgesinde Ø8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır. Kolon boyunca etriye, çiroz veya spiral aralığı, en küçük en kesit boyutunun yarısından ve 200 mm'den daha fazla olmayacaktır.	Kritik bölge dışında DCH sistemli kolonlarda etriye aralığı $\min\{20d_{bL}, h_c, b_c, 400mm\}$ koşulunu, DCM sistemli kolonlarda $\min\{12d_{bL}, 0.6h_c, 0.6b_c, 240mm\}$ koşulunu sağlamalıdır. Kolon kritik bölgelerinde DCH sistemlerde etriye donatı çapı $d_{bw} \geq \{6mm, 0.4(f_{ydL}/f_{ywd})^{0.5}, d_{bL,max}\}$, DCM sistemlerde etriye donatı çapı $d_{bw} \geq \{6mm, d_{bL,max}/4\}$ şartını sağlamalıdır. Kritik bölge içinde etriye aralığı DCH sistemlerde $\min\{6d_{bL}, b_o/3, 125mm\}$ şartını, DCM sistemlerde $\min\{8d_{bL}, b_o/2, 175mm\}$ şartını sağlamalıdır (b_o = Beton çekirdeğinin min. Boyutu etriye içinde kalan; d_{bL} = Boyuna donatının çapı)

Çizelge 5.25. Perdelerde donatı koşullarının karşılaştırılması

TDY 2007		EUROCODE 8
PERDELER	Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam en kesit alanı, düşey veya yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt en kesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır. $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak göz önüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmayacaktır.	Kritik bölge içerisinde perde uç kolonlarında minimum düşey donatı oranı DCH ve DCM sistemlerde %0.5'ten DCL sistemlerde ise %0.2'den az olmamalıdır. Kritik bölge içerisinde perde uç kolonlarında maksimum düşey donatı oranı tüm süneklik seviyelerinde %4'ü geçmemelidir. Kritik bölge içerisinde perde uç kolonlarında etriye çapı DCH sistemlerde $d_{bw} \geq 6\text{mm}$, $0.4(f_{yd} / f_{ywd})^{0.5} d_{bL}$ koşulunu, DCM sistemlerde ise $d_{bw} \geq 6\text{mm}$ koşulunu sağlamalıdır.
	Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağırları, beher metrekare perde yüzünde en az 4 adet özel deprem çirozu ile karşılıklı olarak bağlanacaktır. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgeleri dışındaki beher metrekare perde yüzünde en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılacaktır. Çirozların çapı, en az yatay donatının çapı kadar olacaktır	Kritik bölge içerisinde perde uç kolonlarında etriye aralığı DCH sistemlerde $s_w \leq 6d_{bL}$, $b_o/3$, 125mm koşulunu DCM sistemlerde ise $8d_{bL}$, $b_o/2$, 175mm koşulunu sağlamalıdır. Kritik bölge yüksekliği dışında sismik tasarım durumunda basınç deformasyonu ϵ_c'nin %0.2'den büyük olduğu kesitlerde minimum %0.5 oranında düşey donatı oranı sağlanmalıdır. Diğer durumlarda ise minimum %0.2 oranında düşey donatı bulunmalıdır. Düşey donatıların aralığı 15 cm'den fazla olmamalıdır.
	Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt en kesit alanına oranı 0.001'den az olmayacaktır. Ancak, kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4Ø14'ten az olmayacaktır. Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, a, etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmayacaktır.	Kritik bölge yüksekliği dışında minimum etriye çapı $d_{bw} \geq \max(6\text{mm}, d_{bL}/4)$ şartını, maksimum etriye aralığı ise $s_w \leq \min(20d_{bL}, b_{wo}, 400\text{mm})$ şartını sağlamalıdır (b_{wo}= Perde kalınlığı; d_{bL}=Boyuna donatı çapı).
	Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerinde etriye alanları TDY 2007 3.3.4.1 Eşitlik 3.1.'de ifade edilen değerlerin 2/3'ünü sağlamak zorundadır. Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır. Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya çiroz aralığı, perde duvar kalınlığından ve 200 mm'den daha fazla olmayacaktır.	Perde duvar gövdesinde DCH ve DCM sistemlerde sismik tasarım durumunda basınç deformasyonu ϵ_c'nin %0.2'den büyük olduğu kesitlerde minimum %0,5 oranında düşey donatı oranı sağlanmalıdır. Diğer durumlarda ise minimum %0.2 oranında düşey donatı bulunmalıdır. Perde duvar gövdesinde DCH ve DCM sistemlerde maksimum donatı oranı %4'ten fazla olamaz. Perde duvar gövdesinde DCH sistemlerde düşey donatı çapı $d_{bv} \geq 8\text{mm}$ ve $d_{bv} \leq b_{wo}/8$ şartlarını sağlamalıdır. Perde duvar gövdesinde düşey donatının ağ aralığı DCH sistemlerde $\min(25d_{bv}, 250\text{mm})$ koşulunu, DCM sistemlerde $\min(3b_{wo}, 400\text{mm})$ koşulunu sağlamalıdır. Perde duvar gövdesinde yatay minimum ağ donatı oranı DCH sistemlerde $\rho_{h,\min}=\%0.2$, DCM sistemlerde $\rho_{h,\min}=\%0.1$ şartlarını sağlamalıdır. DCH sistemlerde yatay donatı çapı $d_{bh} \geq 8\text{mm}$ ve $d_{bh} \leq b_{wo}/8$ şartlarını sağlamalıdır. Perde duvar gövdesinde yatay donatının ağ aralığı DCH sistemlerde $\min(25d_{bh}, 250\text{mm})$ koşulunu, DCM sistemlerde $\max(400\text{mm})$ koşulunu sağlamalıdır

6. ANALİZİ YAPILAN SİSTEMLER VE ANALİZ SONUÇLARI

İnşaat mühendisliği literatüründe sonlu elemanlar metodu ile analiz yapan pek çok bilgisayar programı bulunmaktadır. Bu programlar özellikle betonarme ve çelik sistemlerden oluşan yapıların yük etkisi altında davranışını belirlemek ve depreme dayanıklı dizaynı için kullanılmaktadır.

6.1. Değişik Parametrelerin Yapı Maliyet Hesaplarına Etkisinin Araştırılması

Çalışmanın ilk kısmında, taşıyıcı siteminde perde + çerçeve elemanlara sahip bina modeli Çizelge 6.1’de verilen parametre değerlerine göre IdeCad V.8.62 bilgisayar programında 3 boyutlu olarak modellenip deprem ve dinamik analizleri gerçekleştirilerek taşıyıcı eleman kesit boyutlarına göre kaba inşaat metraj ve maliyet hesapları yapılmıştır. Yapı modeli belirlenirken döşeme sistemi özelliklerini en iyi şekilde yansıtmak için her iki doğrultuda da farklı açıklıklara sahip döşemeler kullanılmıştır. Bu şekilde belirlenen modelin farklı döşeme sistemlerine bağlı olarak döşeme kalınlığının belirlenmesinde en iyi sonucu vereceği düşünülmektedir. Analizler her bir deprem bölgesi için farklı kullanım özelliklerine sahip binaların, günümüzde en çok kullanılan döşeme sistemlerine göre ve farklı bina kat sayısı durumlarına bağlı olarak IdeCad V.8.62 programında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bu çözüm sonuçlarına göre farklı parametrelerin yapı maliyetine etkileri araştırılmıştır.

Buna göre tezin birinci bölümünün konusu olan yapı sisteminin özelliklerine bakıldığında; tasarımı ve analizleri yapılan tüm yapılarda yerel zemin sınıfı Z3 seçilmiştir. Yapılar kullanım amaçlarına göre sınıflandırıldığında konut türü yapılar için bina önem katsayısı $I=1$, spor salonu olan yapılar için bina önem katsayısı $I=1.2$, okul türünde olan yapılar için bina önem katsayısı $I=1.4$ ve kullanım amacı hastane olan yapıda ise bina önem katsayısı $I=1.5$ olarak seçilmiş ve yapı yükleri yapı türlerine uygun olarak belirlenmiştir.

Deprem Yönetmeliğine göre perde içermeyen kirişsiz döşemeli betonarme sistemler ile kolon ve kirişleri yüksek süneklik düzeyi koşullarından her hangi birini sağlamayan dolgulu veya dolgusuz dişli ve kaset döşemeli betonarme sistemler, süneklik düzeyi normal sistemler olarak göz önüne alınacaktır denilmektedir. Süneklik düzeyi normal binalara betonarme perde duvar kullanılmaması durumunda, sadece üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ve yapı toplam yüksekliğinin (H_N) 13 m’den küçük olduğu durumlarda izin verilmektedir. Plak döşemeli sistemlere ise sadece

süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan betonarme binalarda (H_N) 25 m'den küçük olduğu durumlarda izin verilmektedir. Ayrıca TDY 2007'ye göre, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde; bina önem katsayısı $I=1.5$ ve $I=1.4$ olan tüm binalarda süneklik düzeyi yüksek veya karma sistemlerin kullanılması zorunludur denilmektedir. Belirtilen bu yönetmelik koşullarına göre analizde kullanılan yapıların tüm koşulları sağlaması için deprem yüklerinin çerçeveler ve boşluklu ve/veya boşluksuz perdeler tarafından birlikte taşındığı kabul edilmiş olup SDY sistem seçilmiş ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=7$ alınmıştır.

Modellemesi yapılan binalarda günümüzde de en çok kullanılan kat yüksekliği olan 3 m seçilmiştir. Konut türünde olan yapı için hareketli yük katılım katsayısı 0.3 olarak alınmıştır. Diğer kullanım türündeki yapılarda ise hareketli yük katılım katsayısı değeri 0.6 olarak göz önünde bulundurulmuştur. Sistemlerde hesap yöntemi olarak deprem yönetmeliğine göre tüm koşulları sağladığı için ve kullanılmasında bir kısıtlama olmadığından modal analiz yöntemi kullanılmıştır. Yapılarda kiriş yükleri olarak duvar yükü etkisi 13.5'lik tuğla duvar olacak şekilde göz önünde bulundurulmuştur.

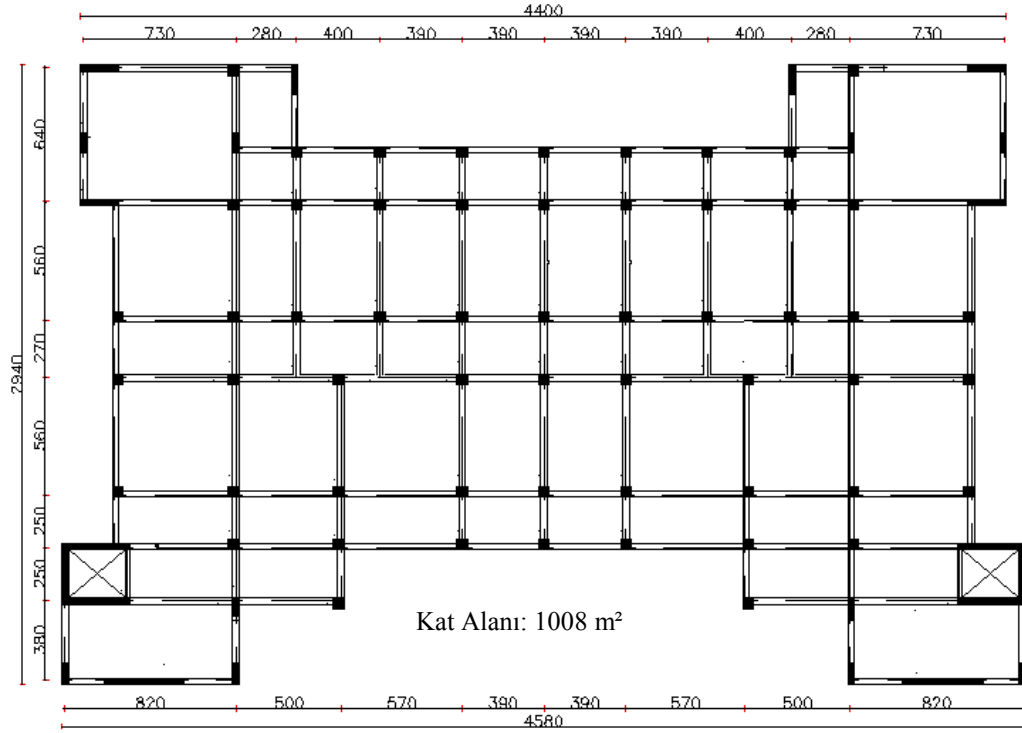
Modellerde tüm katlarda döşeme kalınlığı için sehim kontrolü gerektirmeyen kalınlık değerleri alınmış olup plak döşemelerde bu değer 12-15 cm olarak değişmektedir. Asmolen döşemelerde ise döşeme kalınlık değeri, döşeme dolgu malzemelerinin boyutları da göz önünde bulundurularak 35 cm olarak belirlenmiştir. Kirişsiz döşemelerde döşeme kalınlığı TS 500'e göre sehim kontrolü gerektirmeyen kalınlık değeri kullanılarak 25 cm olarak seçilmiştir. Döşeme sistemlerinde kullanılan hareketli yükler konut türü olan yapılarda 200 kg/m^2 , spor salonu olarak tasarlanan yapılarda 350 kg/m^2 , kullanım amacı okul olacak şekilde tasarımı yapılan yapılarda 350 kg/m^2 ve kullanım amacı hastane olacak şekilde tasarımı yapılan yapılarda ise 500 kg/m^2 olarak seçilmiştir. Hareketli yük katılım katsayıları (HKK) kullanım amacı konut olan yapılarda 0.3, kullanım amacı spor salonu olan yapılarda 0.6, kullanım amacı okul olan yapılarda 0.6 ve kullanım amacı hastane olan yapılarda 0.6 olarak seçilmiştir.

Çizelge 6.1. Çalışmanın 1. kısmında analizleri yapılan farklı parametrelere sahip yapı sistemleri

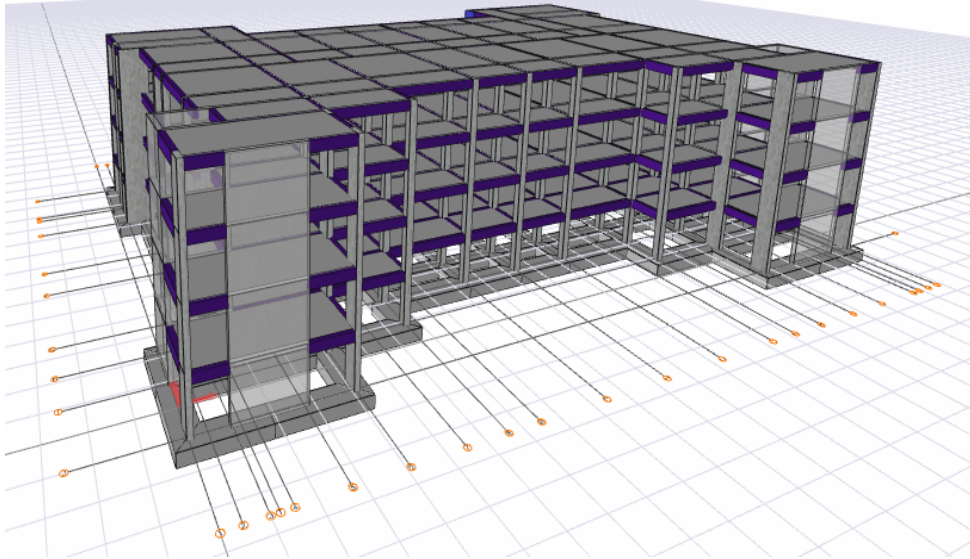
Deprem Bölgesi	Bina Önem Katsayısı	Döşeme Sistemi	Bina Kat Sayısı	Analiz Sayısı
1	1.0	Kirişsiz	4	16
2	1.2			
3	1.4			
4	1.5			
Deprem Bölgesi	Bina Önem Katsayısı	Döşeme Sistemi	Bina Kat Sayısı	Analiz Sayısı
1	1.0	Kirişli	4	16
2	1.2			
3	1.4			
4	1.5			
Deprem Bölgesi	Bina Önem Katsayısı	Döşeme Sistemi	Bina Kat Sayısı	Analiz Sayısı
1	1.0	Asmolen	4	16
2	1.2			
3	1.4			
4	1.5			
Deprem Bölgesi	Bina Önem Katsayısı	Döşeme Sistemi	Bina Kat Sayısı	Analiz Sayısı
1	1.0	Kirişsiz	8	16
2	1.2			
3	1.4			
4	1.5			
Deprem Bölgesi	Bina Önem Katsayısı	Döşeme Sistemi	Bina Kat Sayısı	Analiz Sayısı
1	1.0	Kirişli	8	16
2	1.2			
3	1.4			
4	1.5			
Deprem Bölgesi	Bina Önem Katsayısı	Döşeme Sistemi	Bina Kat Sayısı	Analiz Sayısı
1	1.0	Asmolen	8	16
2	1.2			
3	1.4			
4	1.5			
Deprem Bölgesi	Bina Önem Katsayısı	Döşeme Sistemi	Bina Kat Sayısı	Analiz Sayısı
1	1.0	Kirişsiz	12	16
2	1.2			
3	1.4			
4	1.5			
Deprem Bölgesi	Bina Önem Katsayısı	Döşeme Sistemi	Bina Kat Sayısı	Analiz Sayısı
1	1.0	Kirişli	12	16
2	1.2			
3	1.4			
4	1.5			
Deprem Bölgesi	Bina Önem Katsayısı	Döşeme Sistemi	Bina Kat Sayısı	Analiz Sayısı
1	1.0	Asmolen	12	16
2	1.2			
3	1.4			
4	1.5			
TOPLAM ANALİZ				144

6.1.1. 4 Katlı Yapının Farklı Parametreler Kullanılarak Analizlerinin Yapılması

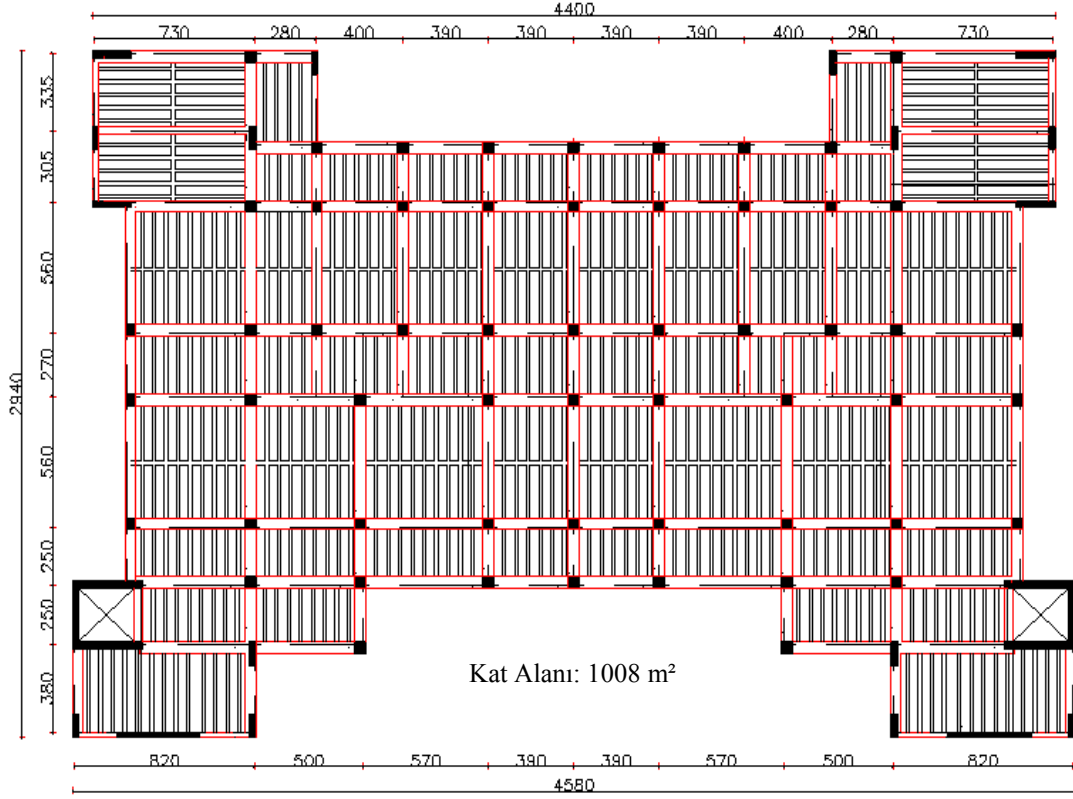
Analizlere öncelikle Şekil 6.1-6.6 arasında plan ve üç boyutlu çizimleri verilen 4 katlı yapıdan başlanılmıştır. Bina modeli x yönünde ortalama 44.90 m, y yönünde ise 29.40 m açıklığa sahiptir. 4 katlı bina modelinin temel sistemi mütemadi temel olarak tasarlanmıştır.



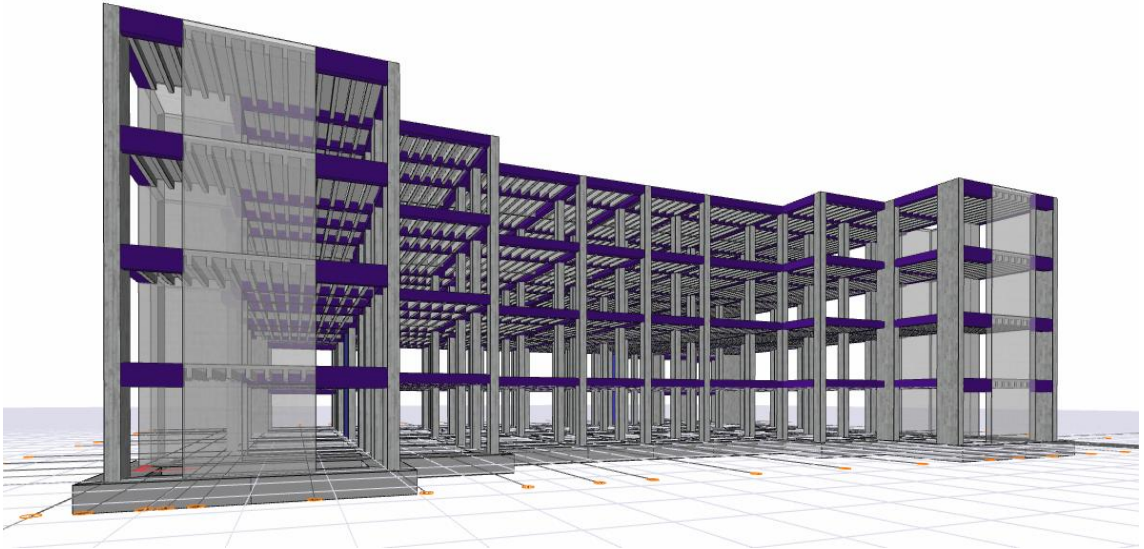
Şekil 6.1. 4 Katlı kirişli döşeme sistemli yapının plan görüntüsü



Şekil 6.2. 4 Katlı kirişli döşeme sistemli yapının 3 boyutlu görüntüsü



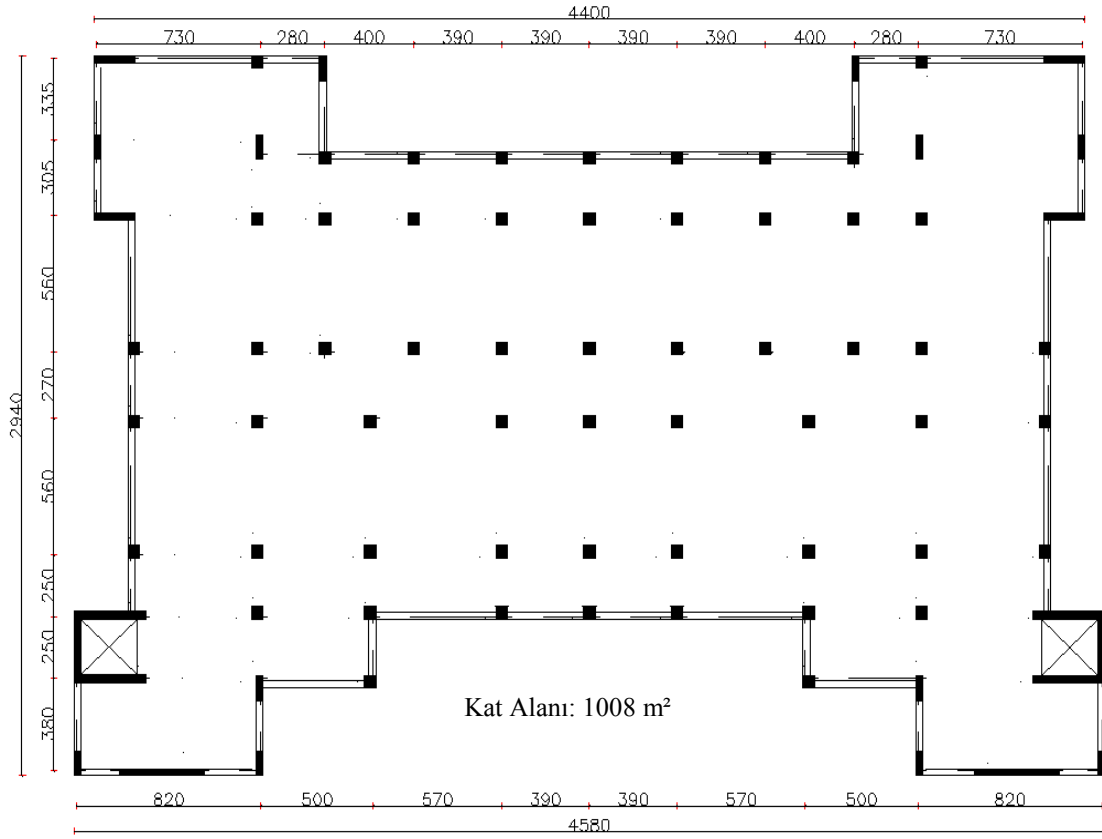
Şekil 6.3. 4 Katlı asmolen döşeme sistemli yapının plan görüntüsü



Şekil 6.4. 4 Katlı asmolen döşeme sistemli yapının 3 boyutlu görüntüsü

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 4 katlı bina modelinden elde edilen beton metrajı sonuçlarına döşeme sisteminin etkisi Şekil 6.7'ye göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşemeden **asmolen** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %12.9'luk artış, **asmolen** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %14.91'lik artış ve **kirişli** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %29.71'lik bir artış olmuştur.

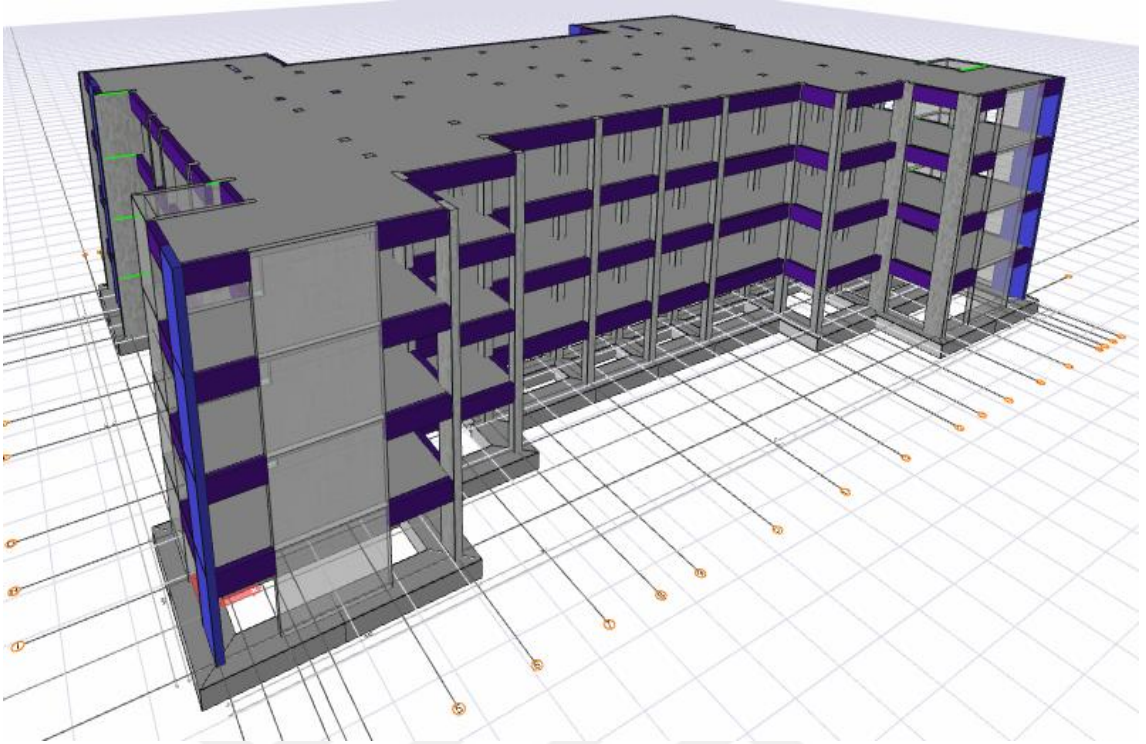
Deprem ve dinamik analizleri yapılan 4 katlı bina modelinden elde edilen beton metrajı sonuçlarına bina önem katsayısının etkisi değerlendirildiğinde tüm döşeme sistemlerinde de bina önem katsayısı arttıkça yapıların beton metrajı miktarları da artmıştır.



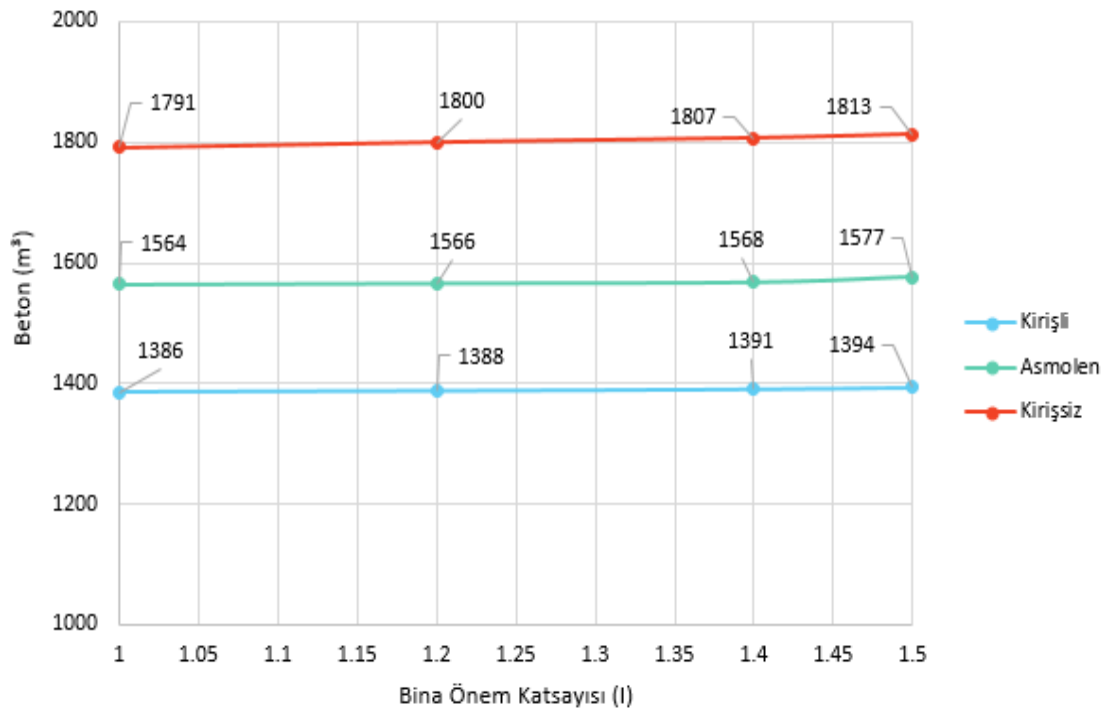
Şekil 6.5. 4 Katlı kirişsiz döşeme sistemli yapının plan görüntüsü

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 4 katlı bina modelinden elde edilen kalıp metrajı sonuçlarına döşeme sisteminin etkisi Şekil 6.8'e göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşemeden **asmolen** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %12 'lik azalış, **asmolen** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %4.7'lik artış olmuştur bu artışın sebebi kirişsiz döşeme sistemine sahip yapıda yanal ötelenme rijitliğini artırmak için yapılan derin çevre kirişleridir. **Kirişli** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %7'lik bir azalış olmuştur.

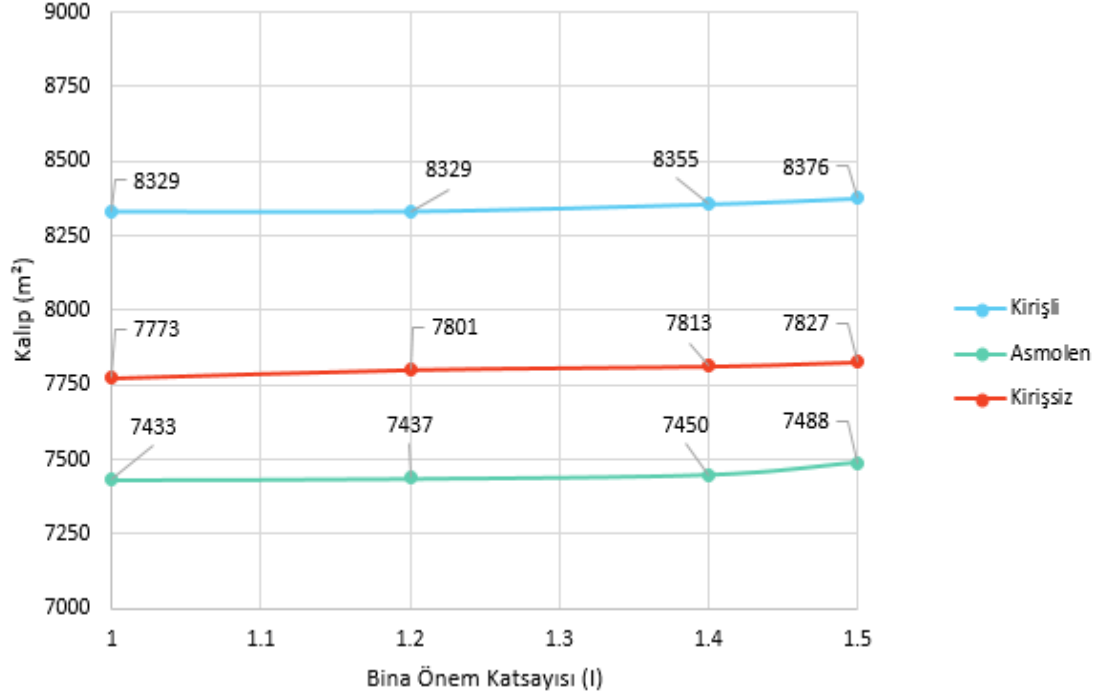
Deprem ve dinamik analizleri yapılan 4 katlı bina modelinden elde edilen kalıp metrajı sonuçlarına bina önem katsayısının etkisi değerlendirildiğinde tüm döşeme sistemlerinde de bina önem katsayısı arttıkça yapıların kalıp metrajı miktarları da artmıştır.



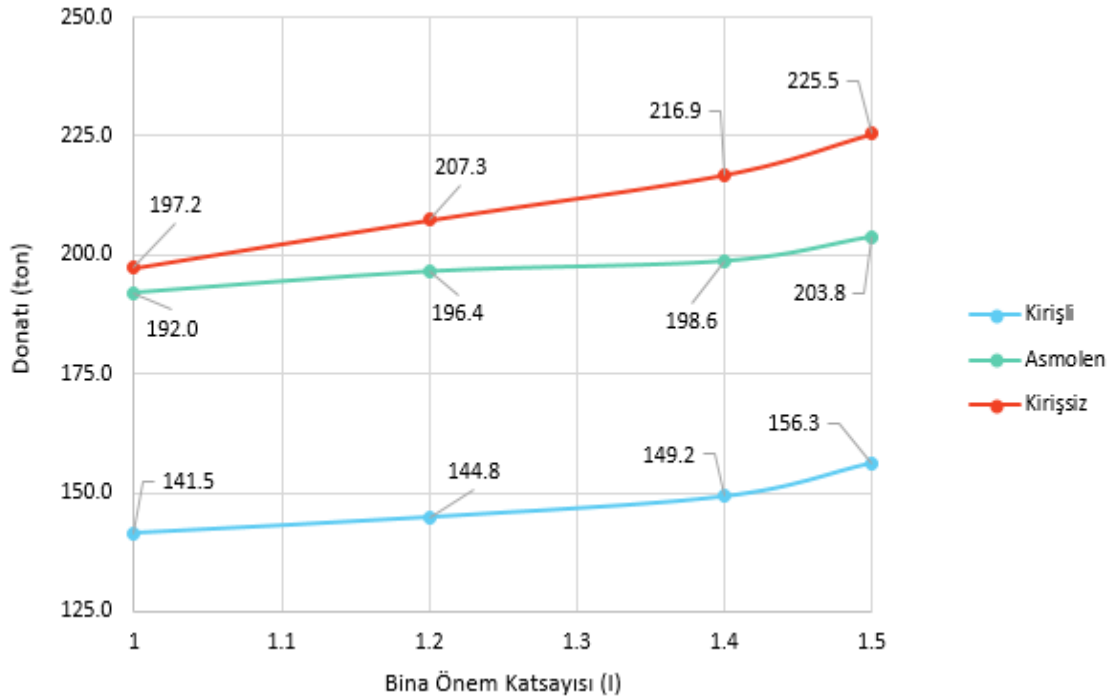
Şekil 6.6. 4 Katlı kirişsiz döşeme sistemli yapının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 6.7. 4 Katlı bina modelinde beton miktarının bina önem katsayısı (I) ve döşeme sistemine bağlı değişimi



Şekil 6.8. 4 Katlı bina modelinde kalıp miktarının bina önem katsayısı (I) ve döşeme sistemine bağlı değişimi

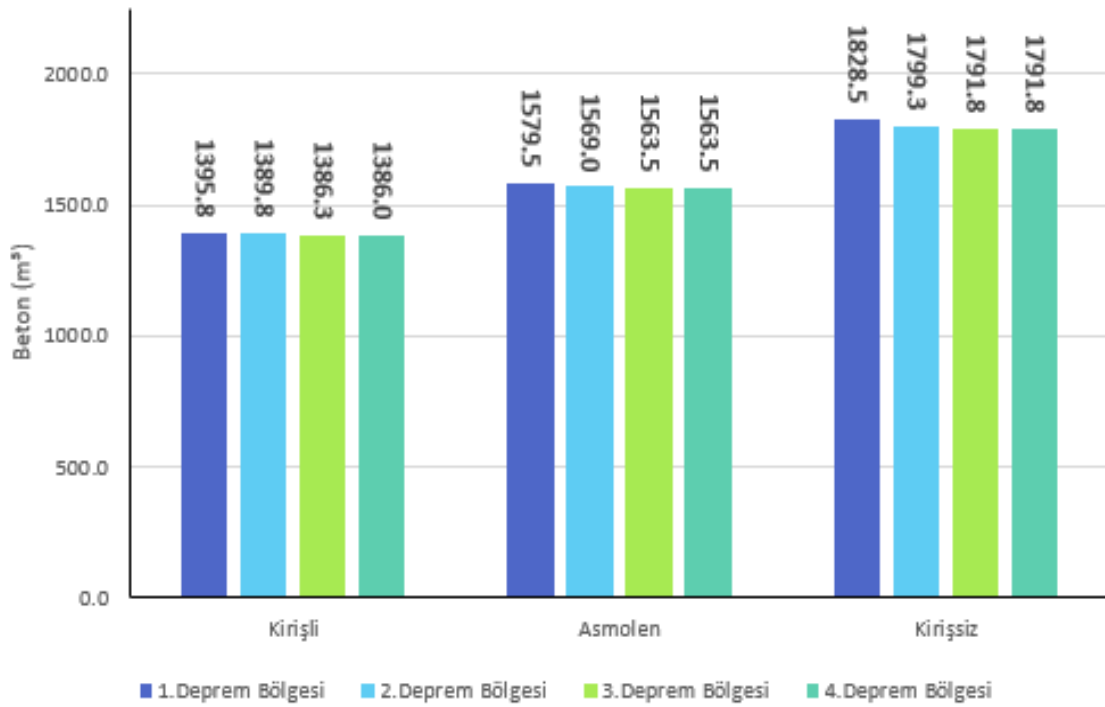


Şekil 6.9. 4 Katlı bina modelinde donatı miktarının bina önem katsayısı (I) ve döşeme sistemine bağlı değişimi

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 4 katlı bina modelinden elde edilen donatı metrajı sonuçlarına döşeme sisteminin etkisi Şekil 6.9'a göre değerlendirildiğinde

kirişli döşemeden **asmolen** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %33.8'lik artış, **asmolen** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %7'lik artış ve **kirişli** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %43'lük bir artış olmuştur.

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 4 katlı bina modelinden elde edilen donatı metrajı sonuçları bina önem katsayısı 1 ve 1.5 için değerlendirildiğinde, **kirişli** döşeme sistemine sahip yapılarda yaklaşık olarak %10.45'lik bir artış, **asmolen** döşeme sistemine sahip yapılarda yaklaşık olarak %6.25'lik bir artış ve **kirişsiz** döşeme sistemine sahip yapılarda yaklaşık olarak %14.21'lik bir artış gözlemlenmiştir.



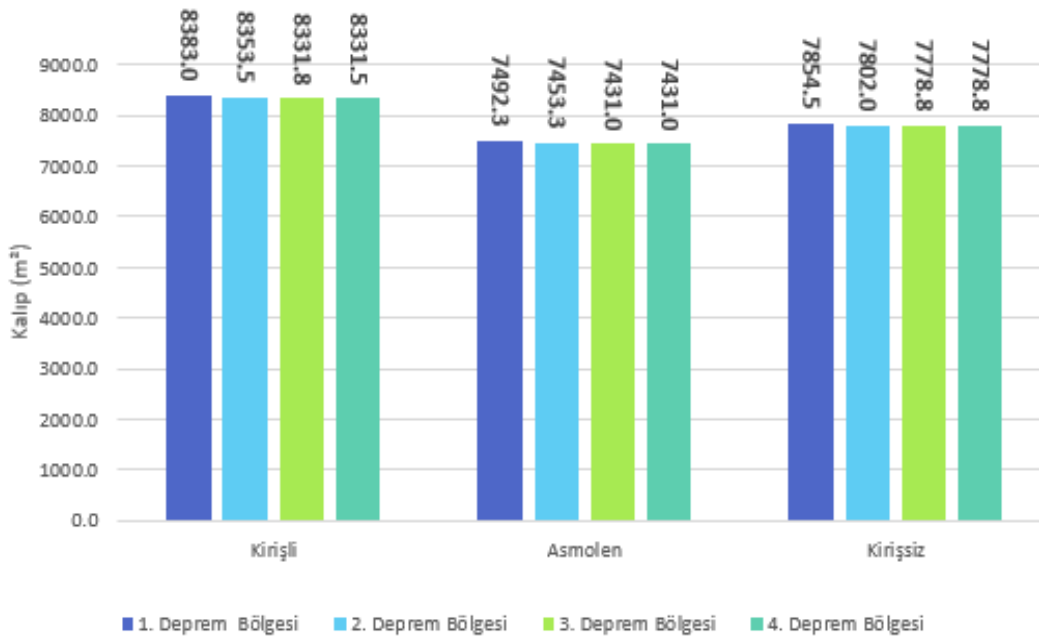
Şekil 6.10. 4 Katlı bina modelinde beton miktarının deprem bölgelerine ve döşeme sistemine bağlı değişimi

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 4 katlı bina modelinden elde edilen beton metrajı sonuçlarına deprem bölgesinin etkisi Şekil 6.10'a göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşeme sistemine sahip yapılarda beton metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiş, **asmolen** döşeme sistemine sahip yapılarda beton metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiş ve **kirişsiz** döşeme sistemine sahip yapılarda beton metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiştir.

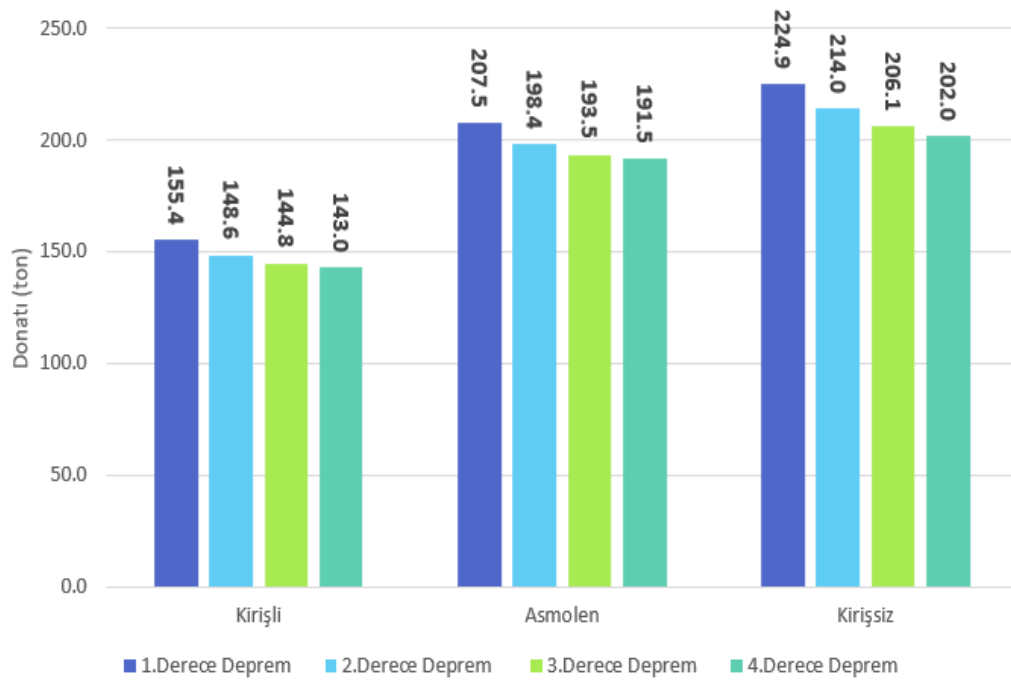
Artışın az olmasının sebebi olarak başlangıç kesitlerinin büyük olması, bu yüzden talep edilen kesit tesirlerinin kesitlerde donatı porsantajını artırarak karşılandığı düşünülmektedir.

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 4 katlı bina modelinden elde edilen kalıp metrajı sonuçlarına deprem bölgesinin etkisi Şekil 6.11'e göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşeme sistemine sahip yapılarda kalıp metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiş, **asmolen** döşeme sistemine sahip yapılarda kalıp metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiş ve **kirişsiz** döşeme sistemine sahip yapılarda kalıp metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiştir.

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 4 katlı bina modelinden elde edilen donatı metrajı sonuçlarına deprem bölgesinin etkisi Şekil 6.12'ye göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşeme sistemine sahip yapılarda 1. derece ve 4. derece deprem bölgelerinde kıyaslama yapıldığında donatıda yaklaşık %8.7'lik bir artış gözlenmiştir. **Asmolen** döşeme sistemine sahip yapılarda 1. derece ve 4. derece deprem bölgelerinde kıyaslama yapıldığında donatıda yaklaşık %8.4'lük bir artış gözlenmiştir. **Kirişsiz** döşeme sistemine sahip yapılarda 1. derece ve 4. derece deprem bölgelerinde kıyaslama yapıldığında donatıda yaklaşık %11.4'lük bir artış gözlenmiştir.



Şekil 6.11. 4 Katlı bina modelinde kalıp miktarının deprem bölgelerine ve döşeme sistemine bağlı değişimi

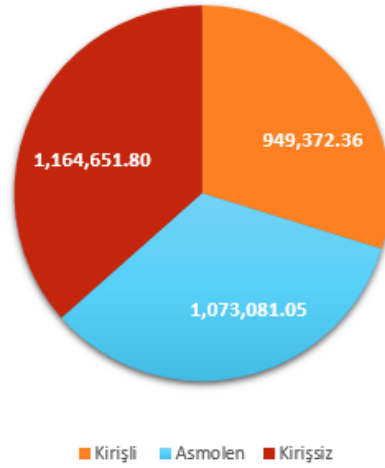


Şekil 6.12. 4 Katlı bina modelinde donatı miktarının deprem bölgelerine ve döşeme sistemine bağlı değişimi

Analizler neticesinde metraj sonuçları elde edilen 4 katlı binanın maliyet hesap ve karşılaştırmaları Şekil 6.13 ve Şekil 6.14'teki grafiklerle verilmiştir. Maliyet karşılaştırmaları kaba inşaat (beton, kalıp, donatı) malzeme ve işçilik fiyatları için yapılmıştır. Birim fiyatlar Oska 10.3.2.0 programından alınan Çizelge 6.2'de verilen 2017 analizli birim fiyatlardır.

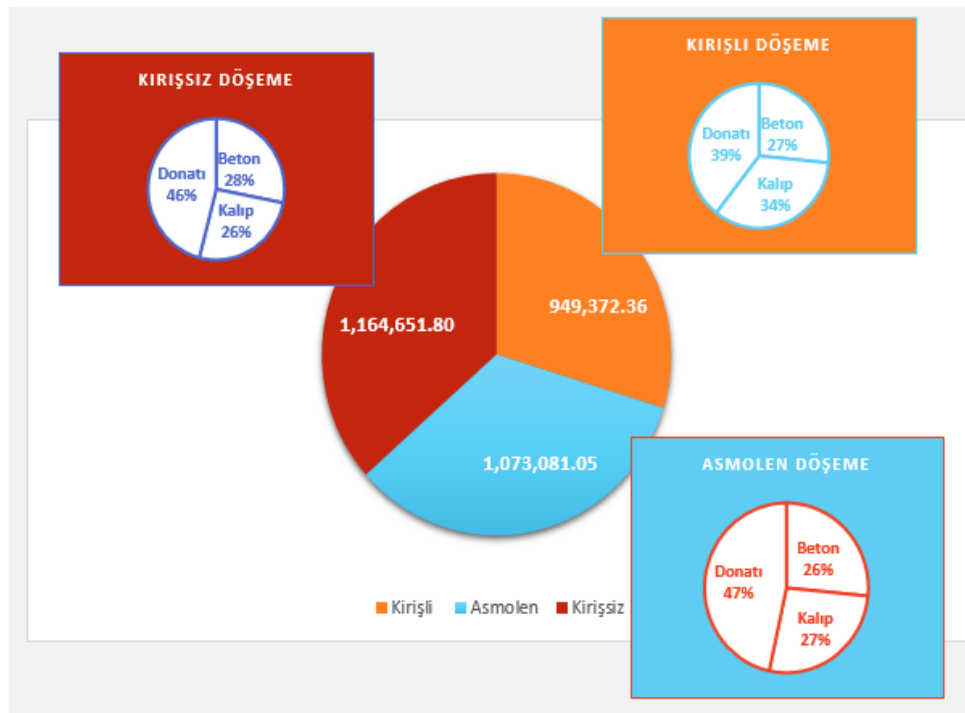
Çizelge 6.2. Maliyet hesaplarında kullanılacak olan birim fiyatlar

Poz No	Tanımı	Birimi	2017 Yılı Birim Fiyatı (TL)
Y.21.001/02	Ahşaptan düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı yapılması	m ²	38.66
Y.16.050/15	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi	m ³	181.54
Y.23.014- Y.23.015	Ø 8- Ø 12 mm - Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması (fiyat ortalaması alınmıştır).	ton	2527.78



Şekil 6.13. 4 Katlı bina modelinde bina kaba inşaat maliyetine döşeme sisteminin etkisi

Döşeme sistemi değişikliğinin yapı maliyetine etkisi Şekil 6.13'e göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşeme sisteminden **asmolen** döşeme sistemine geçişte kaba inşaat maliyetinde yaklaşık %13'lük bir artış meydana gelmiş, **asmolen** döşeme sisteminden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte kaba inşaat maliyetinde yaklaşık %8.5'lik bir artış meydana gelmiş ve **kirişli** döşeme sisteminden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte kaba inşaat maliyetinde yaklaşık %22.7'lik bir artış meydana gelmiştir.

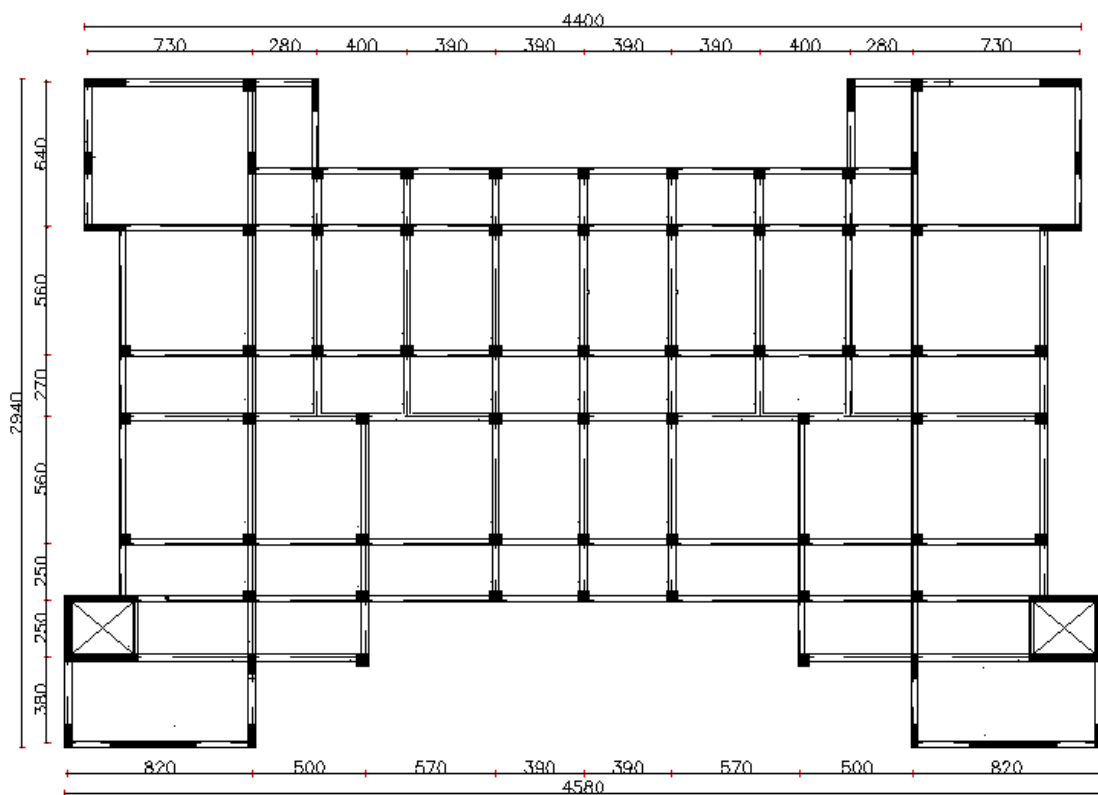


Şekil 6.14. 4 Katlı bina modelinde döşeme sistemine göre malzemelerin maliyet yüzdeleri

Şekil 6.14'e göre döşeme sistemleri içerisindeki malzemelerin maliyet oranları verilmektedir. Buna göre kirişsiz ve asmolen döşemeli sistemlerde donatının maliyete etkisi kirişli döşemeli sisteme göre fazla ve birbirine göre yakın çıkmaktadır.

6.1.2. 8 Katlı Yapının Farklı Parametreler Kullanılarak Analizlerinin Yapılması

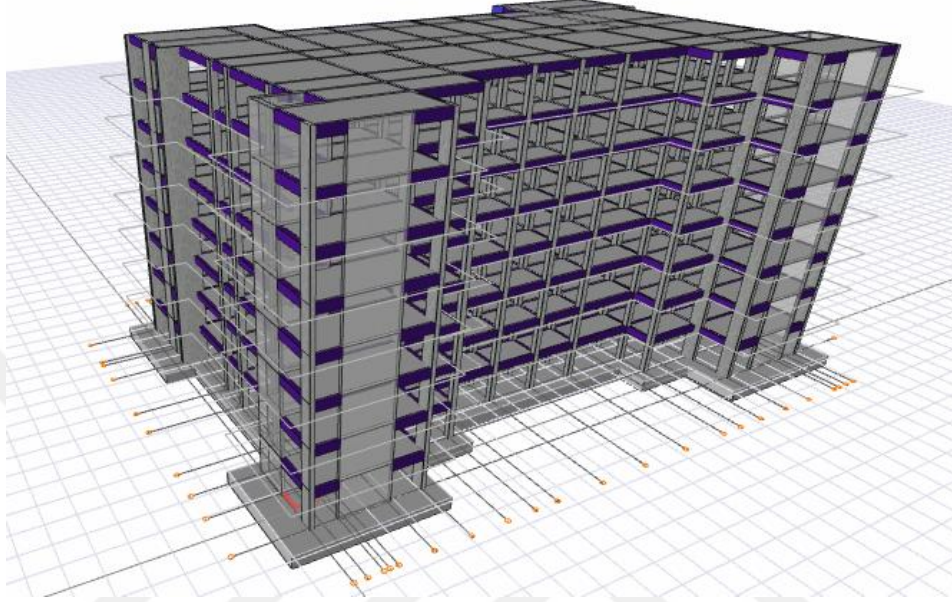
Analizlere bina kat sayısı 8 kata çıkarılarak devam edilmiş, kat sayısı artırılarak metraj ve maliyet oranlarını nasıl etkilediği araştırılmaya çalışılmıştır. Analizleri yapılan 8 katlı bina modelleri Şekil 6.15-6.20 arasında verilmiştir.



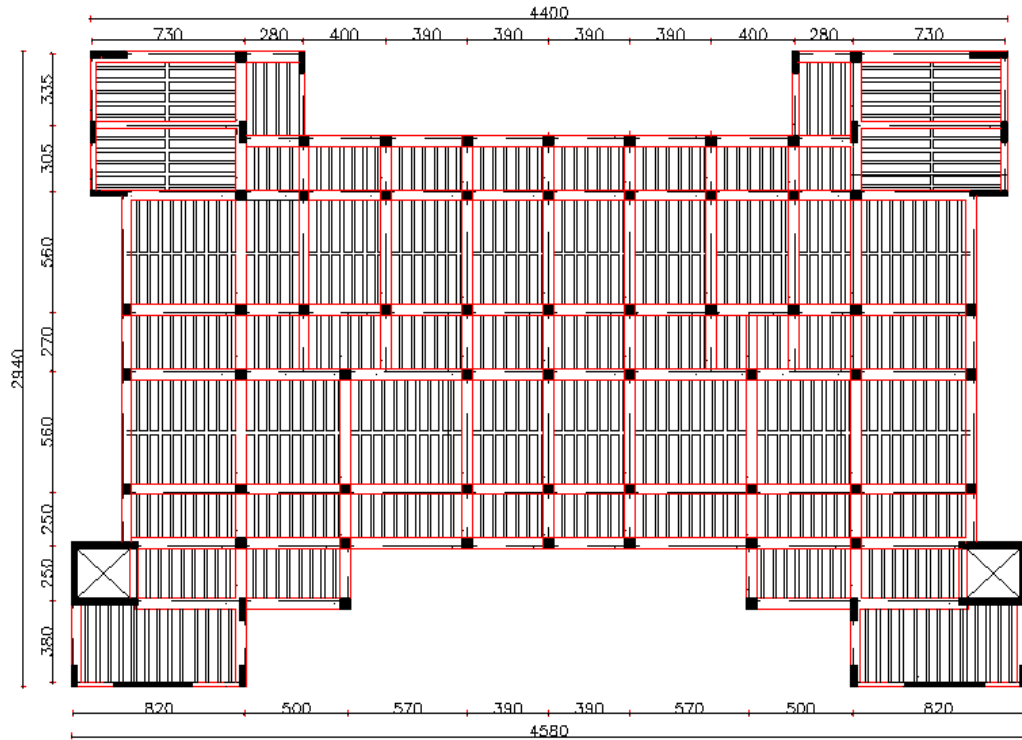
Şekil 6.15. 8 Katlı kirişli döşeme sistemli yapının plan görüntüsü.

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 8 katlı bina modelinden elde edilen beton metraji sonuçlarına döşeme sisteminin etkisi Şekil 6.21'e göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşemeden **asmolen** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %13.8'lik artış, **asmolen** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %19.4'lük artış ve **kirişli** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %35.9'luk bir artış olmuştur.

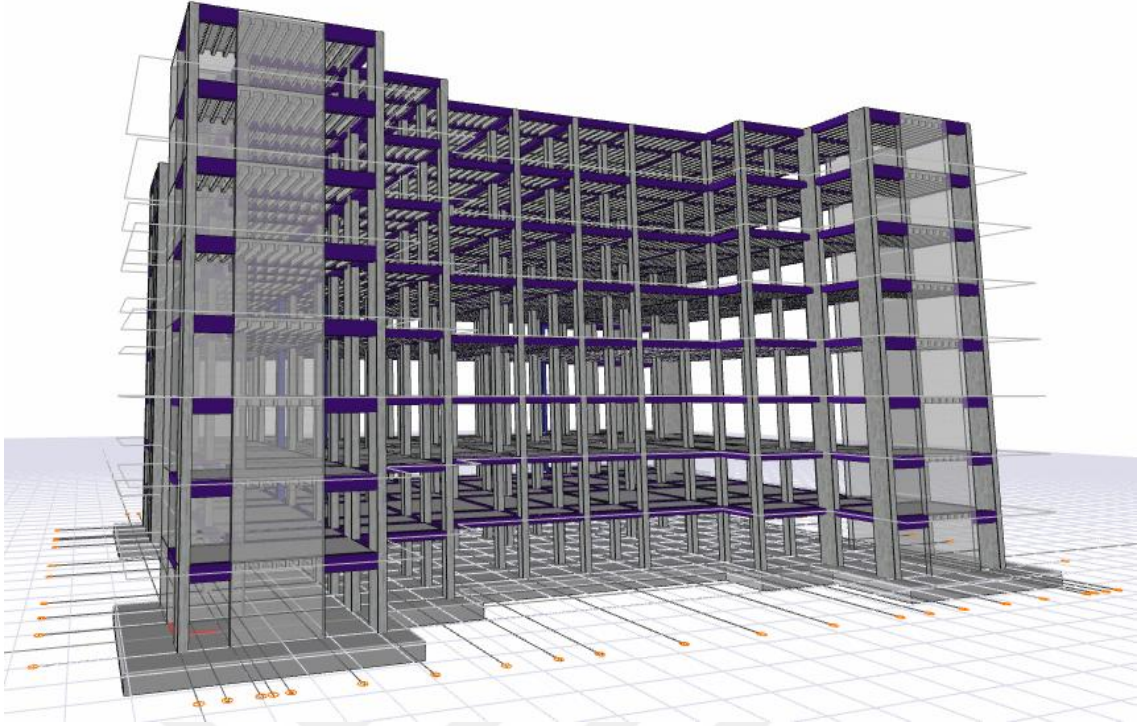
Deprem ve dinamik analizleri yapılan 8 katlı bina modelinden elde edilen beton metrajı sonuçlarına bina önem katsayısının etkisi değerlendirildiğinde tüm döşeme sistemlerinde de bina önem katsayısı arttıkça yapıların beton metrajı miktarları da artmıştır.



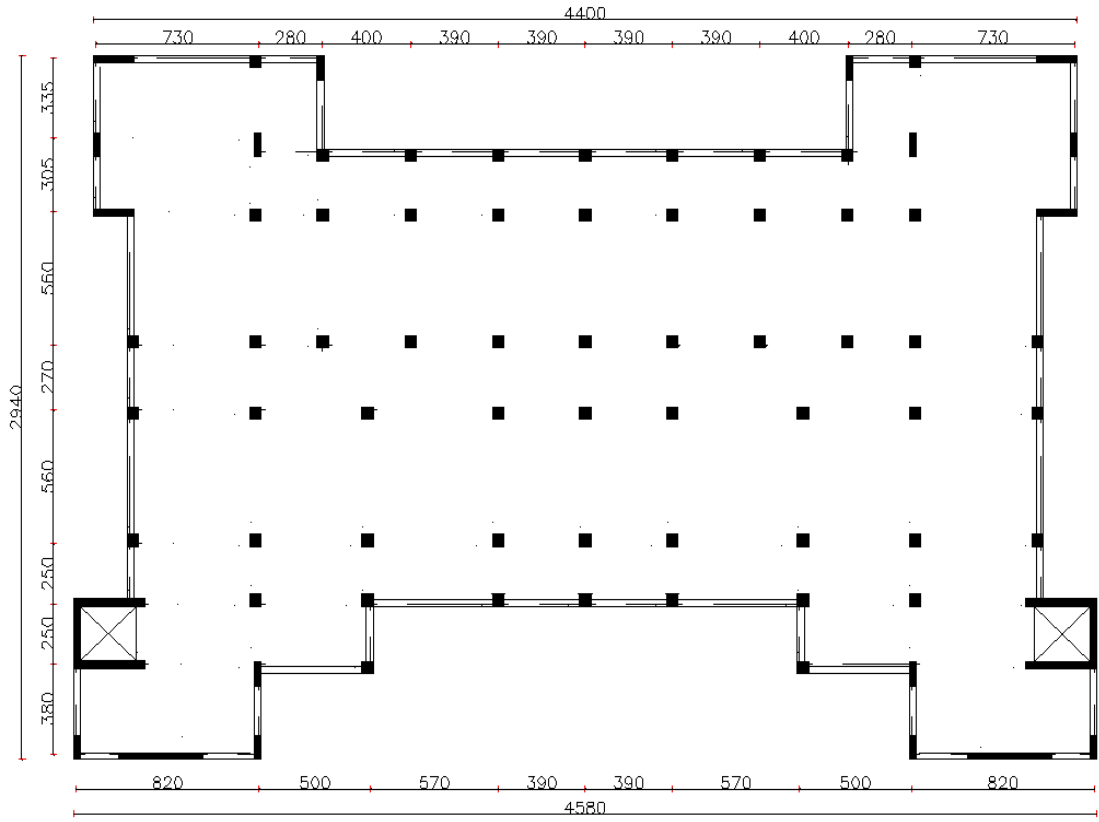
Şekil 6.16. 8 Katlı kirişli döşeme sistemli yapının 3 boyutlu görüntüsü



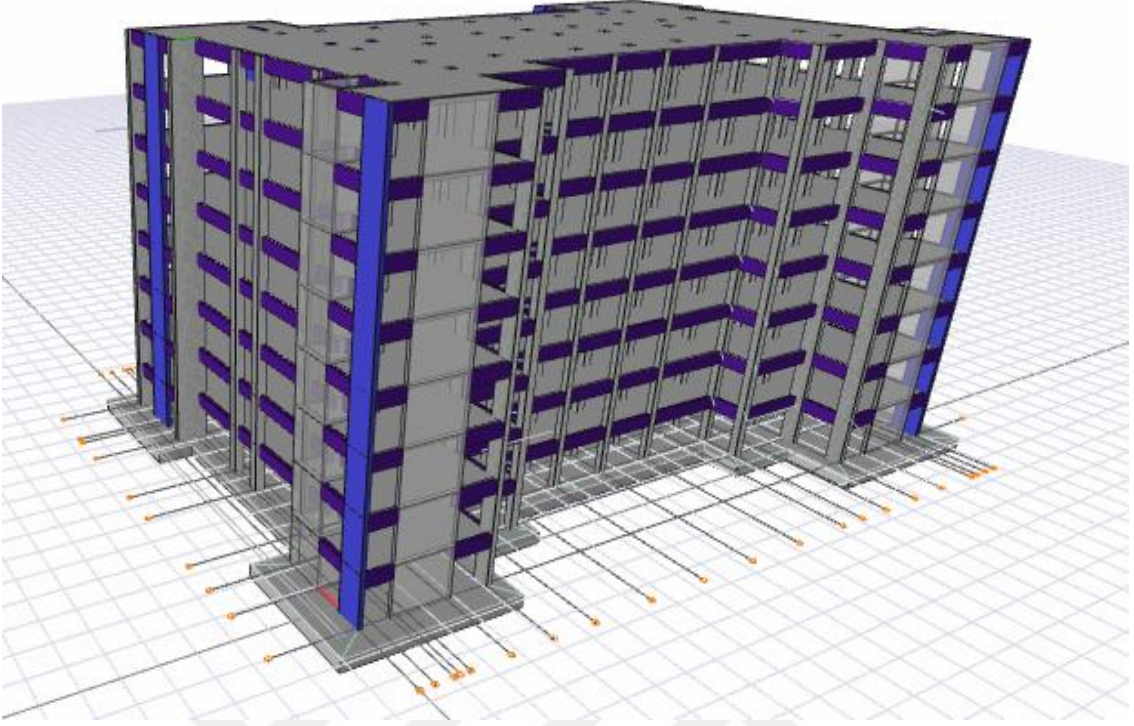
Şekil 6.17. 8 Katlı asmolen döşeme sistemli yapının plan görüntüsü



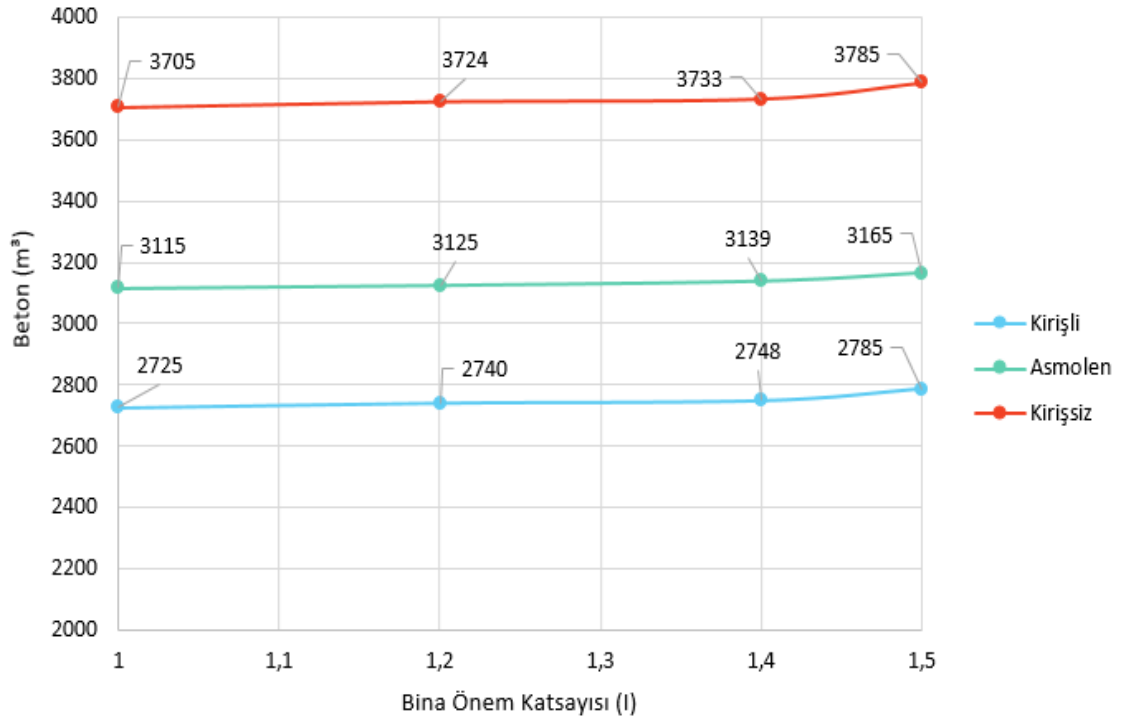
Şekil 6.18. 8 Katlı asmolen döşeme sistemli yapının 3 boyutlu görüntüsü



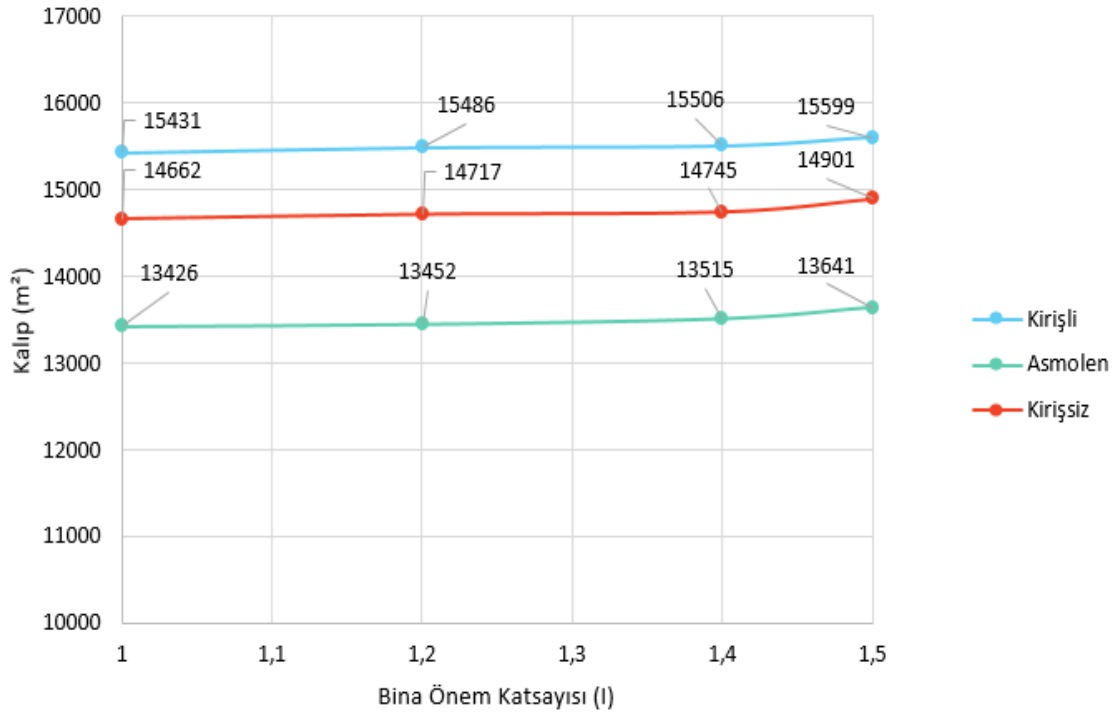
Şekil 6.19. 8 Katlı kirişsiz döşeme sistemli yapının plan görüntüsü



Şekil 6.20. 8 Katlı kirişsiz döşeme sistemli yapının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 6.21. 8 Katlı bina modelinde beton miktarının bina önem katsayısı (I) ve döşeme sistemine bağlı değişimi



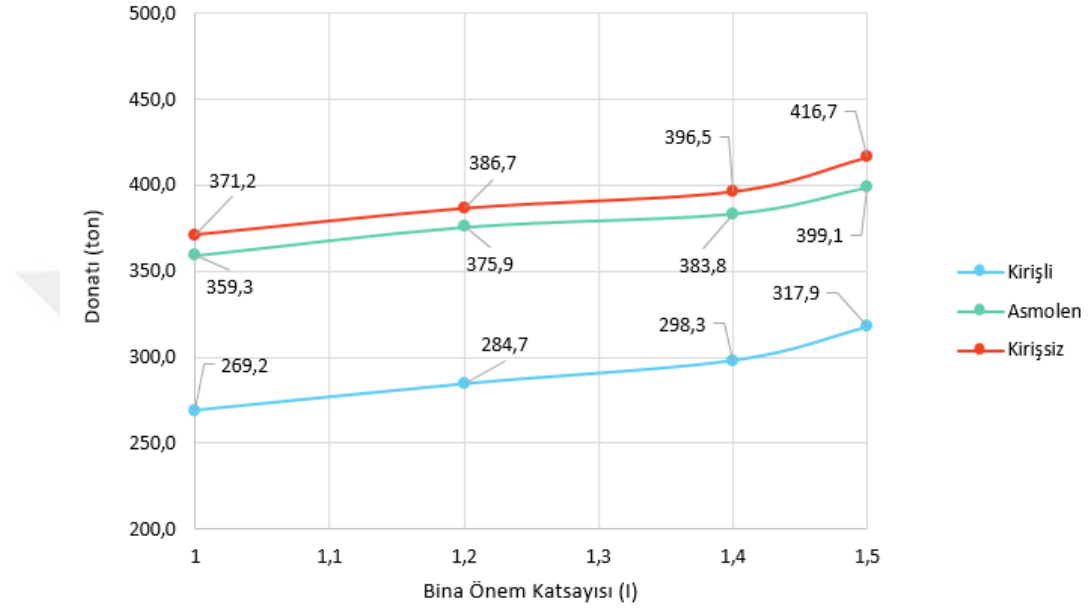
Şekil 6.22. 8 Katlı bina modelinde kalıp miktarının bina önem katsayısı (I) ve döşeme sistemine bağlı değişimi

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 8 katlı bina modelinden elde edilen kalıp metraji sonuçlarına döşeme sisteminin etkisi Şekil 6.22'ye göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşemeden **asmolen** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %14.78'lik azalış, **asmolen** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %9.24'lük artış olmuştur bu artışın sebebi kirişsiz döşeme sistemine sahip yapıda yanal ötelenme rijitliğini artırmak için yapılan derin çevre kirişleridir. **Kirişli** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %5'lik bir azalış olmuştur.

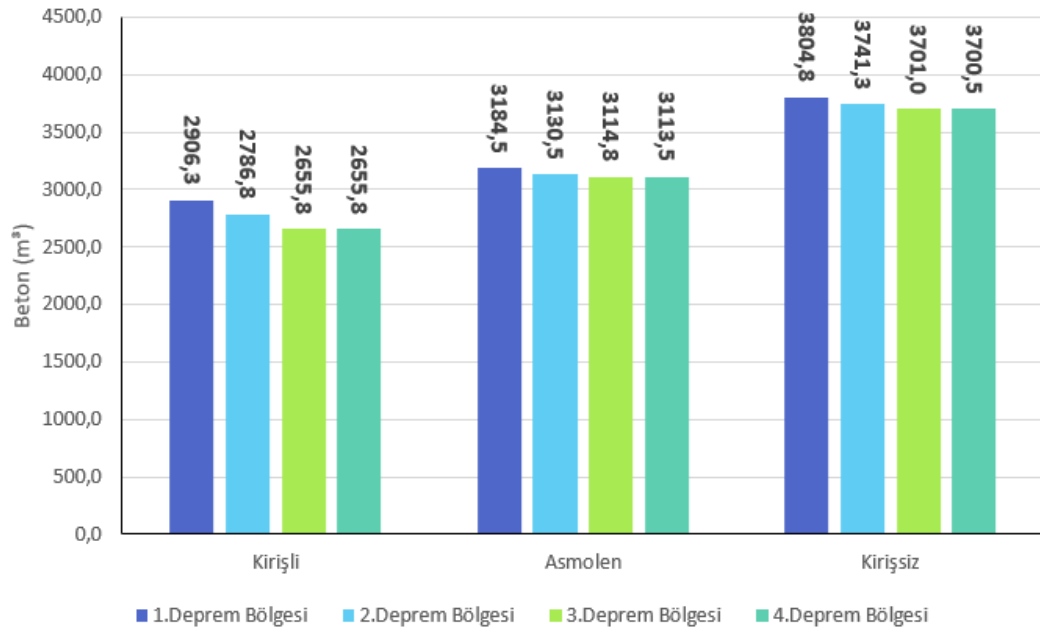
Deprem ve dinamik analizleri yapılan 8 katlı bina modelinden elde edilen kalıp metraji sonuçlarına bina önem katsayısının etkisi değerlendirildiğinde tüm döşeme sistemlerinde de bina önem katsayısı arttıkça yapıların kalıp metraji miktarları da artmıştır.

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 8 katlı bina modelinden elde edilen donatı metraji sonuçlarına döşeme sisteminin etkisi Şekil 6.23'e göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşemeden **asmolen** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %29.8'lik artış, **asmolen** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %3.7'lik artış ve **kirişli** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %34.6'lık bir artış olmuştur.

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 8 katlı bina modelinden elde edilen donatı metrajı sonuçları bina önem katsayısı 1 ve 1.5 için değerlendirildiğinde, **kirişli** döşeme sistemine sahip yapılarda yaklaşık olarak %18.08'lik bir artış, **asmolen** döşeme sistemine sahip yapılarda yaklaşık olarak %11.1'lik bir artış ve **kirişsiz** döşeme sistemine sahip yapılarda yaklaşık olarak %12.4'lük bir artış gözlemlenmiştir.



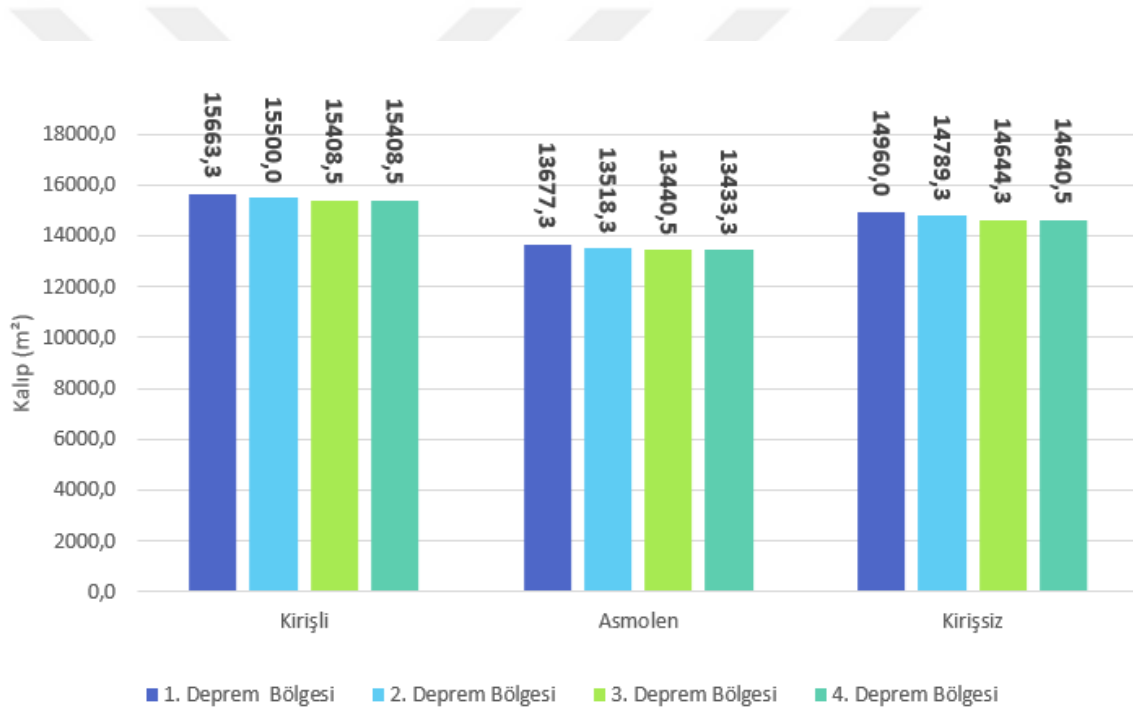
Şekil 6.23. 8 Katlı bina modelinde donatı miktarının bina önem katsayısı (I) ve döşeme sistemine bağlı değişimi



Şekil 6.24. 8 Katlı bina modelinde beton miktarının deprem bölgelerine ve döşeme sistemine bağlı değişimi

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 8 katlı bina modelinden elde edilen beton metrajı sonuçlarına deprem bölgesinin etkisi Şekil 6.24'e göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşeme sistemine sahip yapılarda beton metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiş, **asmolen** döşeme sistemine sahip yapılarda beton metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiş ve **kirişsiz** döşeme sistemine sahip yapılarda beton metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiştir.

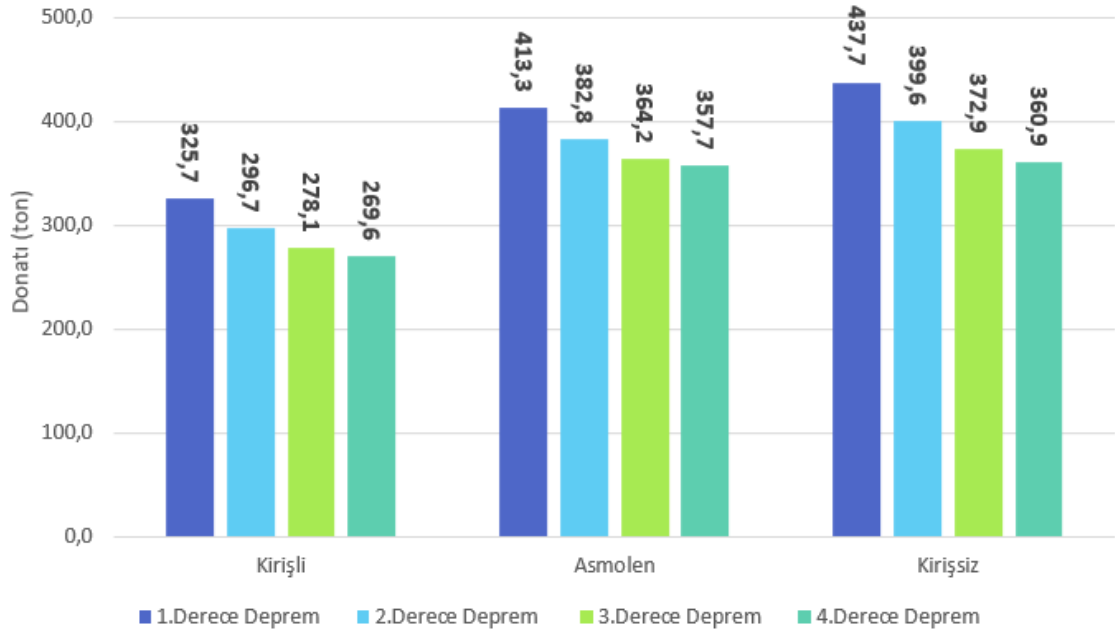
Artışın az olmasının sebebi olarak başlangıç kesitlerinin büyük olması, bu yüzden talep edilen kesit tesirlerinin kesitlerde donatı porsantajını artırarak karşılandığı düşünülmektedir.



Şekil 6.25. 8 Katlı bina modelinde kalıp miktarının deprem bölgelerine ve döşeme sistemine bağlı değişimi

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 8 katlı bina modelinden elde edilen kalıp metrajı sonuçlarına deprem bölgesinin etkisi Şekil 6.25'e göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşeme sistemine sahip yapılarda kalıp metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiş, **asmolen** döşeme sistemine sahip yapılarda kalıp metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiş ve **kirişsiz** döşeme sistemine

sahip yapılarda kalıp metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiştir.



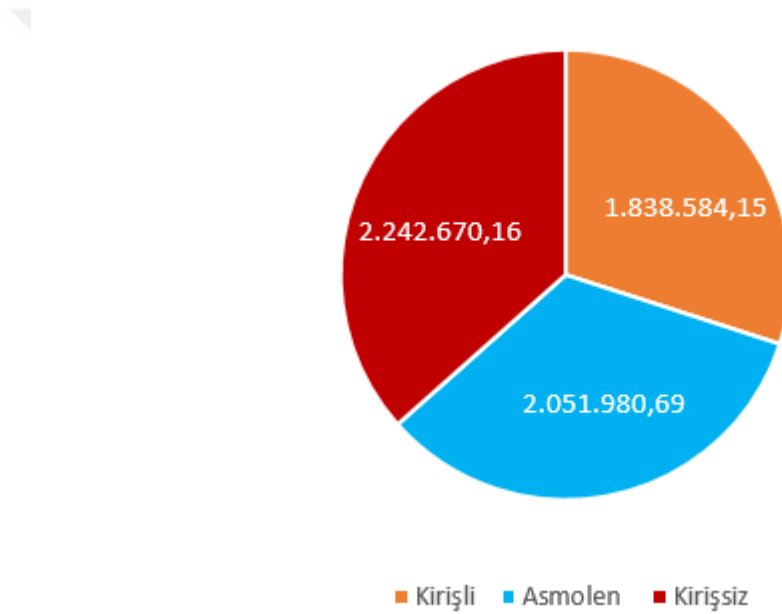
Şekil 6.26. 8 Katlı bina modelinde donatı miktarının deprem bölgelerine ve döşeme sistemine bağlı değişimi

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 8 katlı bina modelinden elde edilen donatı metrajı sonuçlarına deprem bölgesinin etkisi Şekil 6.26'ya göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşeme sistemine sahip yapılarda 1. derece ve 4. derece deprem bölgelerinde kıyaslama yapıldığında donatıda yaklaşık %20.8'lik bir artış gözlenmiştir. **Asmolen** döşeme sistemine sahip yapılarda 1. derece ve 4. derece deprem bölgelerinde kıyaslama yapıldığında donatıda yaklaşık 15.5'lik bir artış gözlenmiştir. **Kirişsiz** döşeme sistemine sahip yapılarda 1. derece ve 4. derece deprem bölgelerinde kıyaslama yapıldığında donatıda yaklaşık %21'lik bir artış gözlenmiştir.

Analizler neticesinde metraj sonuçları elde edilen 8 katlı binanın maliyet hesap ve karşılaştırmaları Şekil 6.27 ve Şekil 6.28'teki grafiklerle verilmiştir. Maliyet karşılaştırmaları kaba inşaat (beton, kalıp, donatı) malzeme ve işçilik fiyatları için yapılmıştır. Birim fiyatlar Oska 10.3.2.0 programından alınan Çizelge 6.3'te verilen 2017 analizli birim fiyatlarıdır.

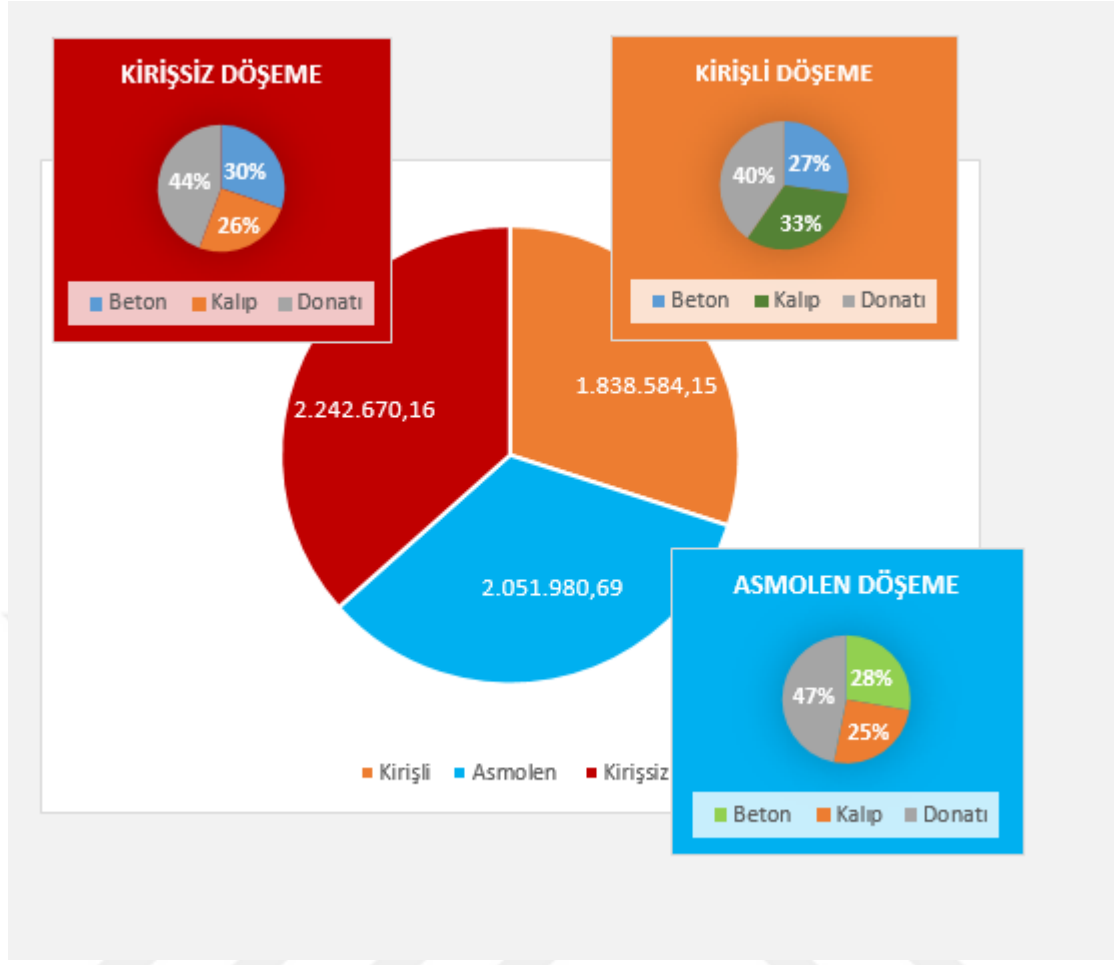
Çizelge 6.3. Maliyet hesaplarında kullanılacak olan birim fiyatlar

Poz No	Tanımı	Birimi	2017 Yılı Birim Fiyatı (TL)
Y.21.001/02	Ahşaptan düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı yapılması	m ²	38.66
Y.16.050/15	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi	m ³	181.54
Y.23.014- Y.23.015	Ø 8- Ø 12 mm - Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması (fiyat ortalaması alınmıştır).	ton	2527.78

**Şekil 6.27.** 8 Katlı bina modelinde bina kaba inşaat maliyetine döşeme sisteminin etkisi

Döşeme sistemi değişikliğinin yapı maliyetine etkisi Şekil 6.27'ye göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşeme sisteminden **asmolen** döşeme sistemine geçişte kaba inşaat maliyetinde yaklaşık %11.6'lık bir artış meydana gelmiş, **asmolen** döşeme sisteminden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte kaba inşaat maliyetinde yaklaşık %9.3'lük bir artış meydana gelmiş ve **kirişli** döşeme sisteminden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte kaba inşaat maliyetinde yaklaşık %22'lik bir artış meydana gelmiştir.

Şekil 6.28'de döşeme sistemleri içerisindeki malzemelerin maliyet oranları verilmektedir. Buna göre kirişsiz ve asmolen döşemeli sistemlerde kalıbın maliyete etkisi kirişli döşemeli sisteme göre daha az ve birbirine göre yakın çıkmaktadır.



Şekil 6.28. 8 Katlı bina modelinde döşeme sistemine göre malzemelerin maliyet yüzdeleri

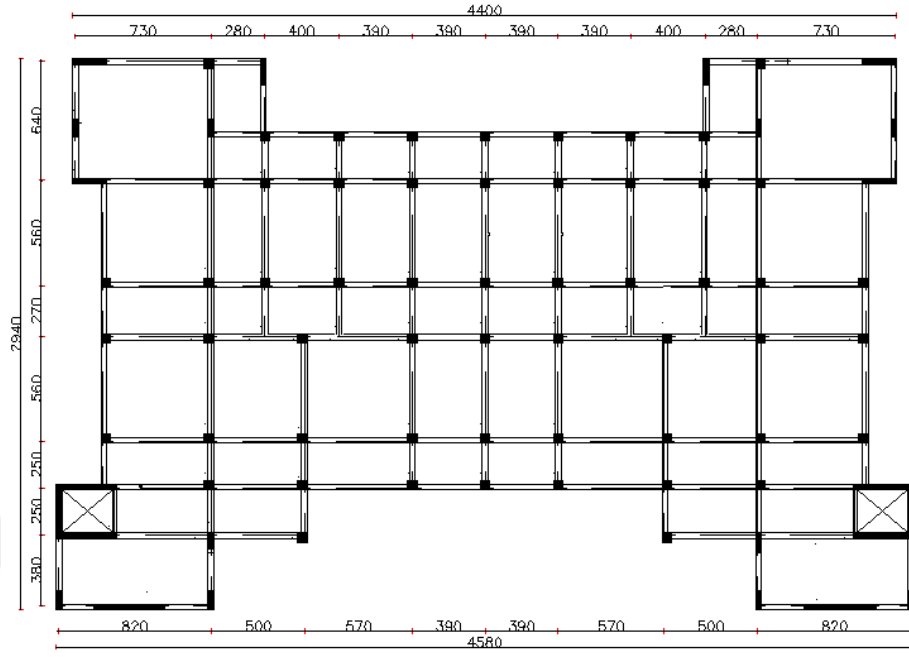
6.1.3. 12 Katlı Yapının Farklı Parametreler Kullanılarak Analizlerinin Yapılması

Son olarak analizlere bina kat sayısı 12 kata çıkarılarak devam edilmiş ve 12 katlı yapı modelinde metraj ve maliyet oranlarının nasıl değiştiği araştırılmaya çalışılmıştır. Analizleri yapılan 12 katlı bina modelleri Şekil 6.29-6.34 arasında verilmiştir.

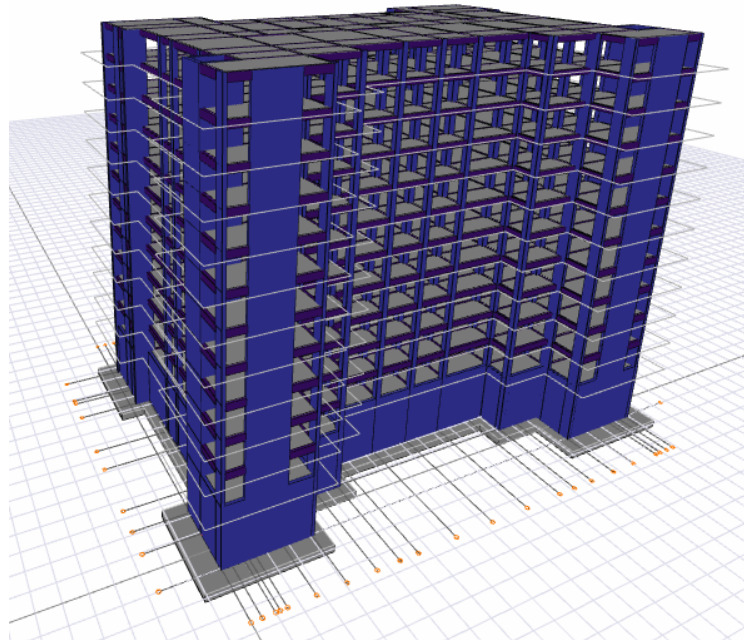
Deprem ve dinamik analizleri yapılan 12 katlı bina modelinden elde edilen beton metrajı sonuçlarına döşeme sisteminin etkisi Şekil 6.35'e göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşemeden **asmolen** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %11,92'lik artış, **asmolen** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %16,86'lık artış ve **kirişli** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %30,8'lik bir artış olmuştur.

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 12 katlı bina modelinden elde edilen beton metrajı sonuçlarına bina önem katsayısının etkisi değerlendirildiğinde tüm döşeme

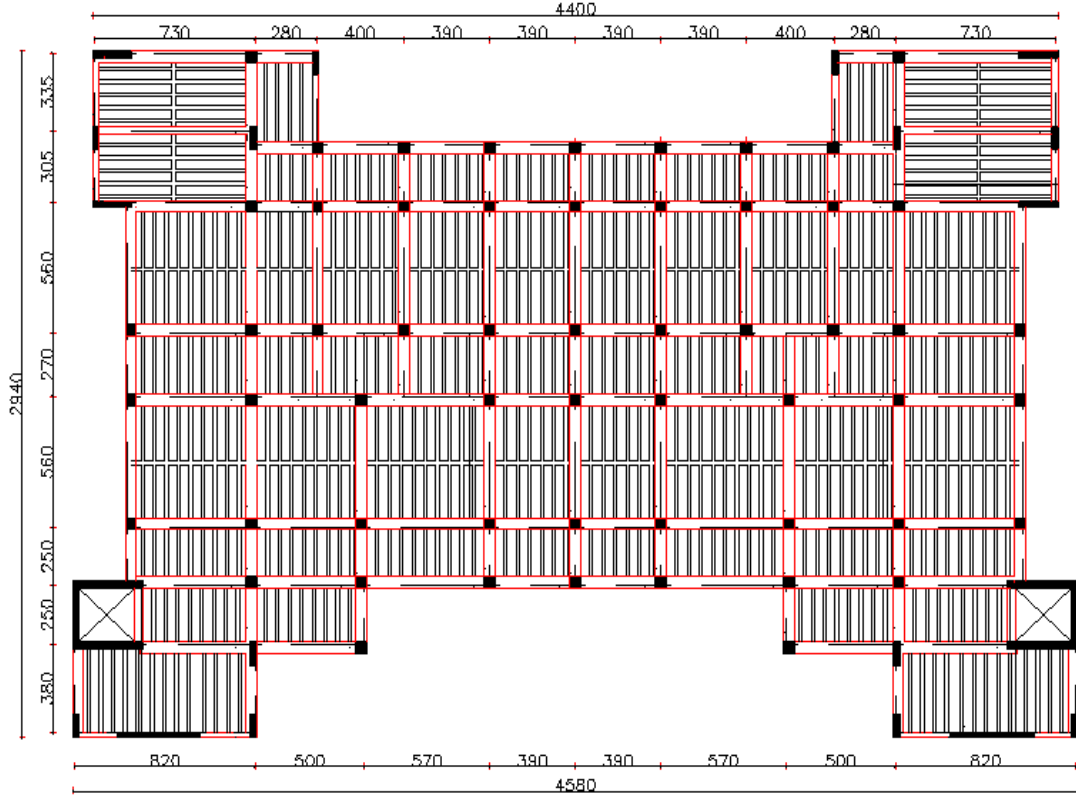
sistemlerinde de bina önem katsayısı arttıkça yapıların beton metrajı miktarları da artmıştır.



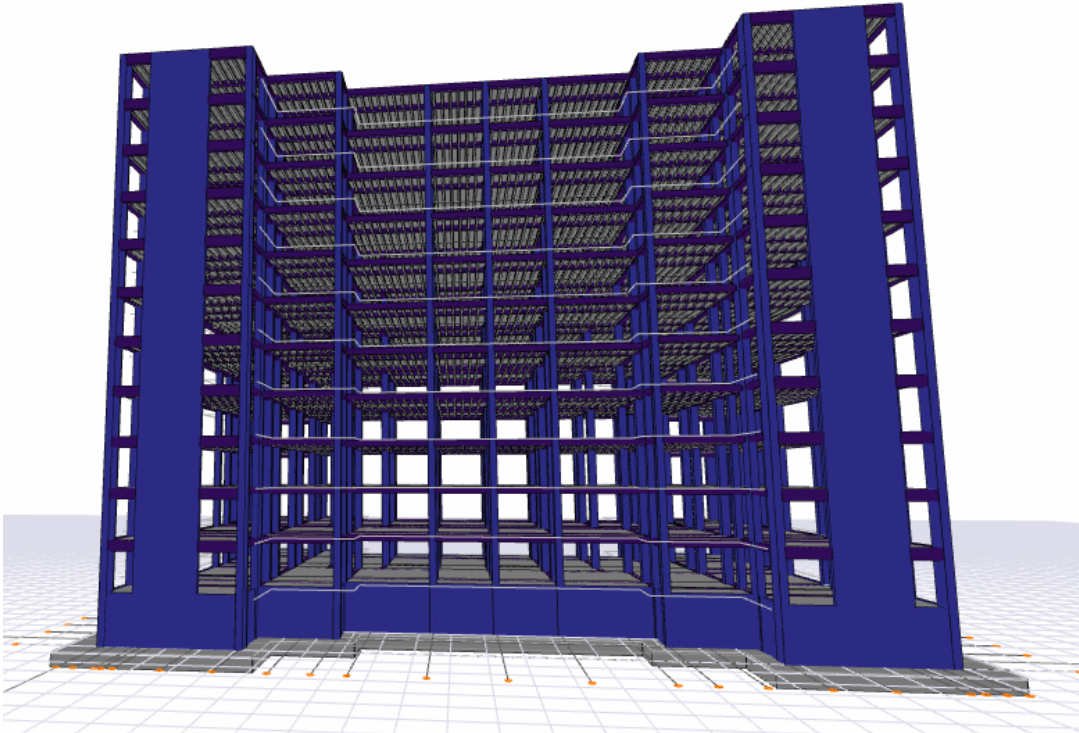
Şekil 6.29. 12 Katlı kirişli döşeme sistemli yapının plan görüntüsü



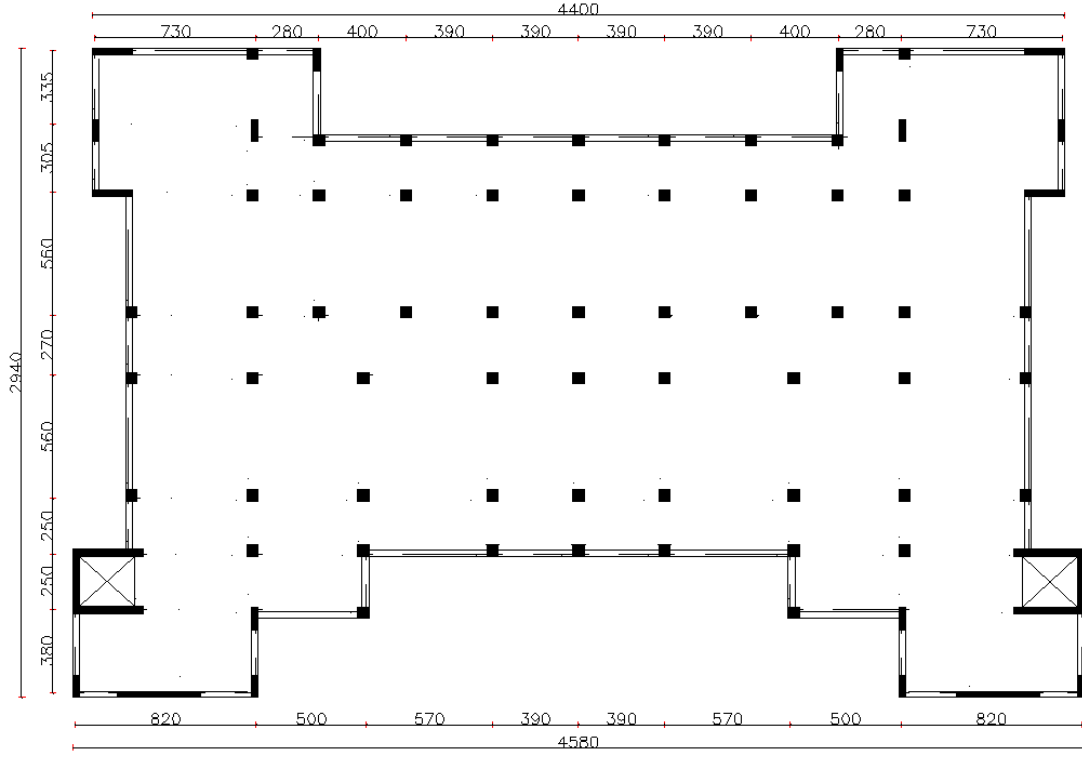
Şekil 6.30. 12 Katlı kirişli döşeme sistemli yapının 3 boyutlu görüntüsü



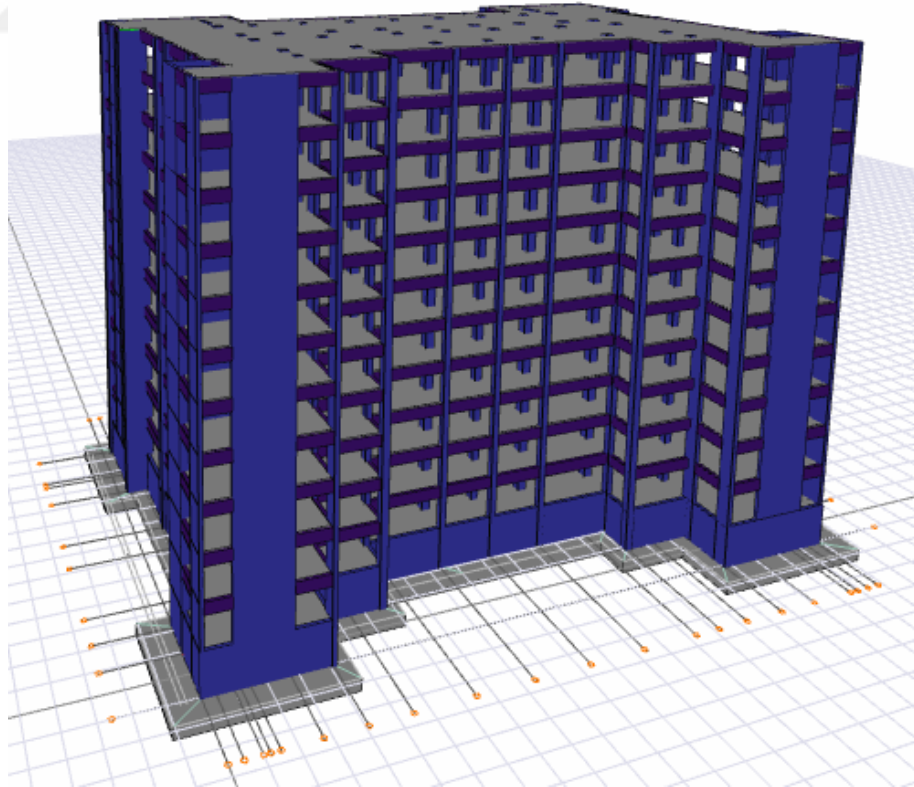
Şekil 6.31. 12 Katlı asmolen döşeme sistemli yapının plan görüntüsü



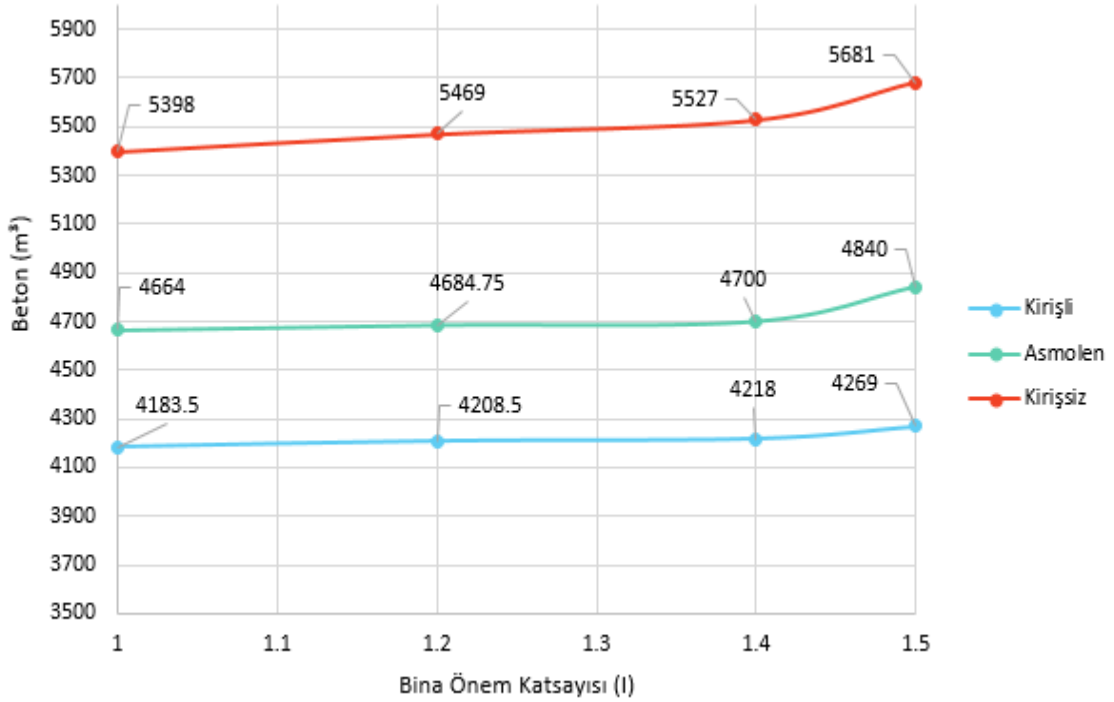
Şekil 6.32. 12 Katlı asmolen döşeme sistemli yapının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 6.33. 12 Katlı kirişsiz döşeme sistemli yapının plan görüntüsü



Şekil 6.34. 12 Katlı kirişsiz döşeme sistemli yapının 3 boyutlu görüntüsü

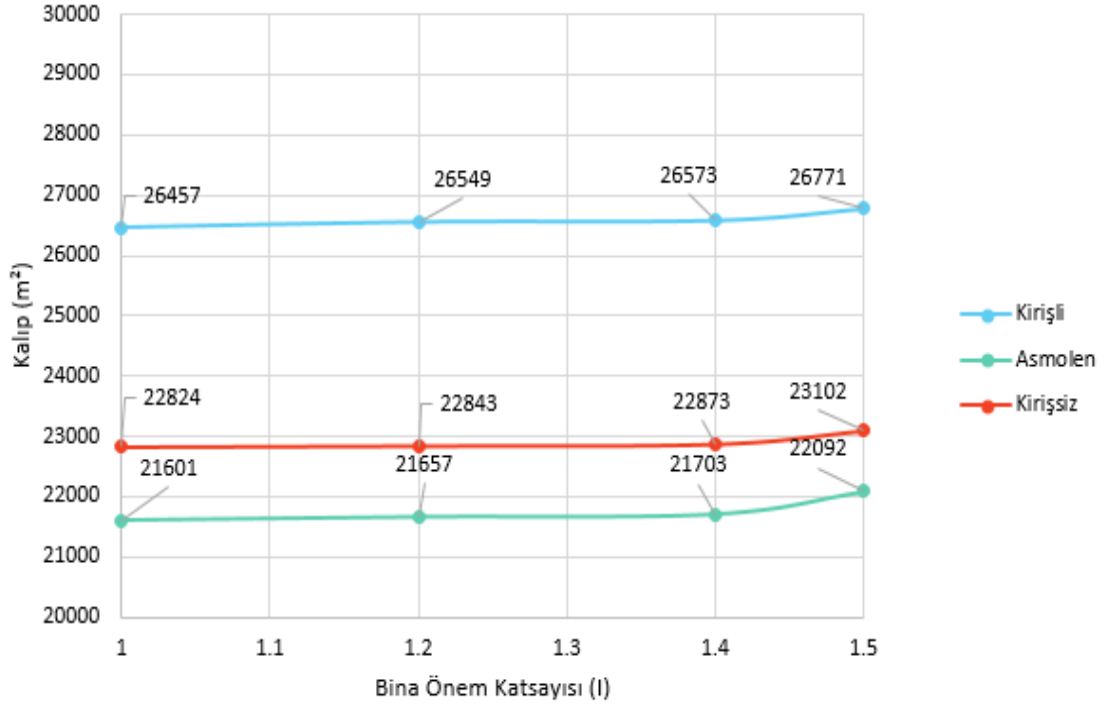


Şekil 6.35. 12 Katlı bina modelinde beton miktarının bina önem katsayısı (I) ve döşeme sistemine bağlı değişimi

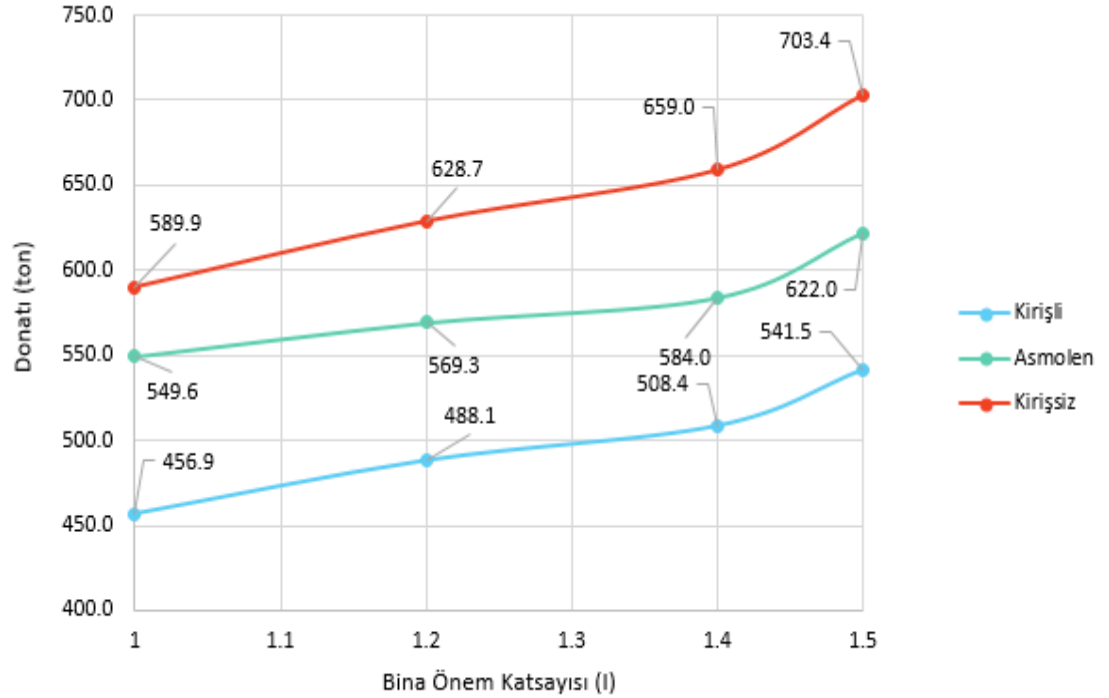
Deprem ve dinamik analizleri yapılan 12 katlı bina modelinden elde edilen kalıp metraji sonuçlarına döşeme sisteminin etkisi Şekil 6.36'ya göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşemeden **asmolen** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık 22.16'lık azalış, **asmolen** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %5.3'lük artış olmuştur bu artışın sebebi kirişsiz döşeme sistemine sahip yapıda yanal ötelenme rijitliğini artırmak için yapılan derin çevre kirişleridir. **Kirişli** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte yaklaşık %16'lık bir azalış olmuştur.

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 12 katlı bina modelinden elde edilen kalıp metraji sonuçlarına bina önem katsayısının etkisi değerlendirildiğinde tüm döşeme sistemlerinde de bina önem katsayısı arttıkça yapıların kalıp metraji miktarları da artmıştır.

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 12 katlı bina modelinden elde edilen donatı metraji sonuçlarına döşeme sisteminin etkisi Şekil 6.37'ye göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşemeden **asmolen** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %16.43'lük artış, **asmolen** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %7'lik artış ve **kirişli** döşemeden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte ortalama olarak yaklaşık %24.20'lik bir artış olmuştur.

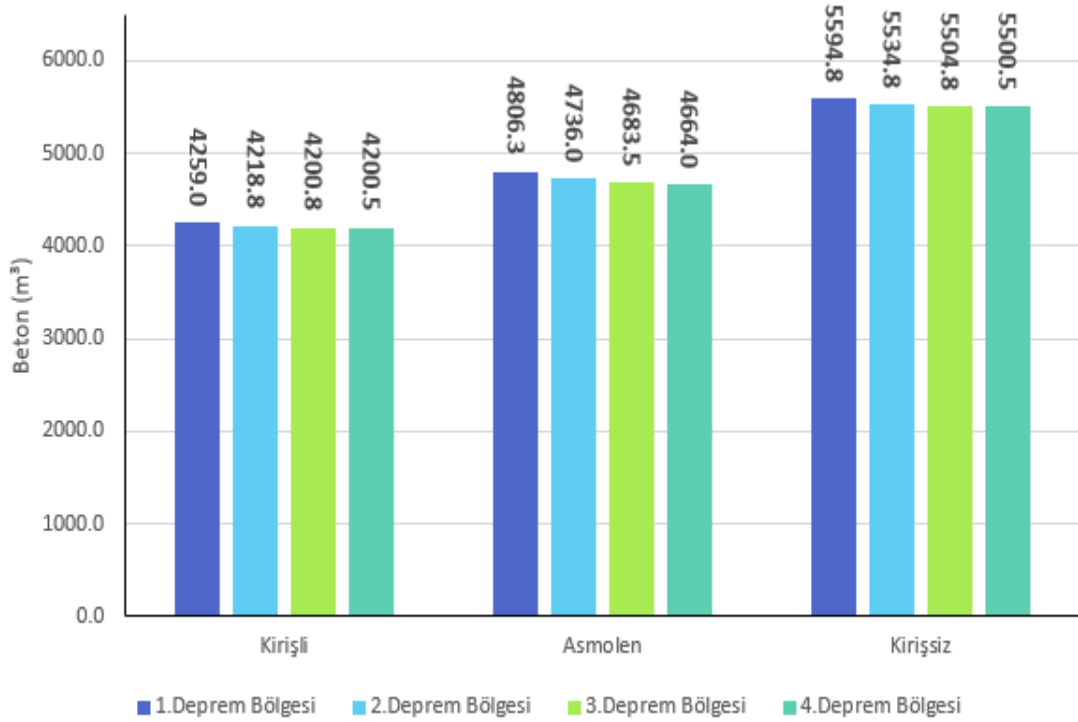


Şekil 6.36. 12 Katlı bina modelinde kalıp miktarının bina önem katsayısı (I) ve döşeme sistemine bağlı değişimi



Şekil 6.37. 12 Katlı bina modelinde donatı miktarının bina önem katsayısı ve döşeme sistemine bağlı değişimi

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 12 katlı bina modelinden elde edilen donatı metrajı sonuçları bina önem katsayısı 1 ve 1.5 için değerlendirildiğinde, kirişli döşeme sistemine sahip yapılarda yaklaşık olarak %18.4'lük bir artış, asmolen döşeme sistemine sahip yapılarda yaklaşık olarak %13.1'lik bir artış ve kirişsiz döşeme sistemine sahip yapılarda yaklaşık olarak %19'luk bir artış gözlemlenmiştir.

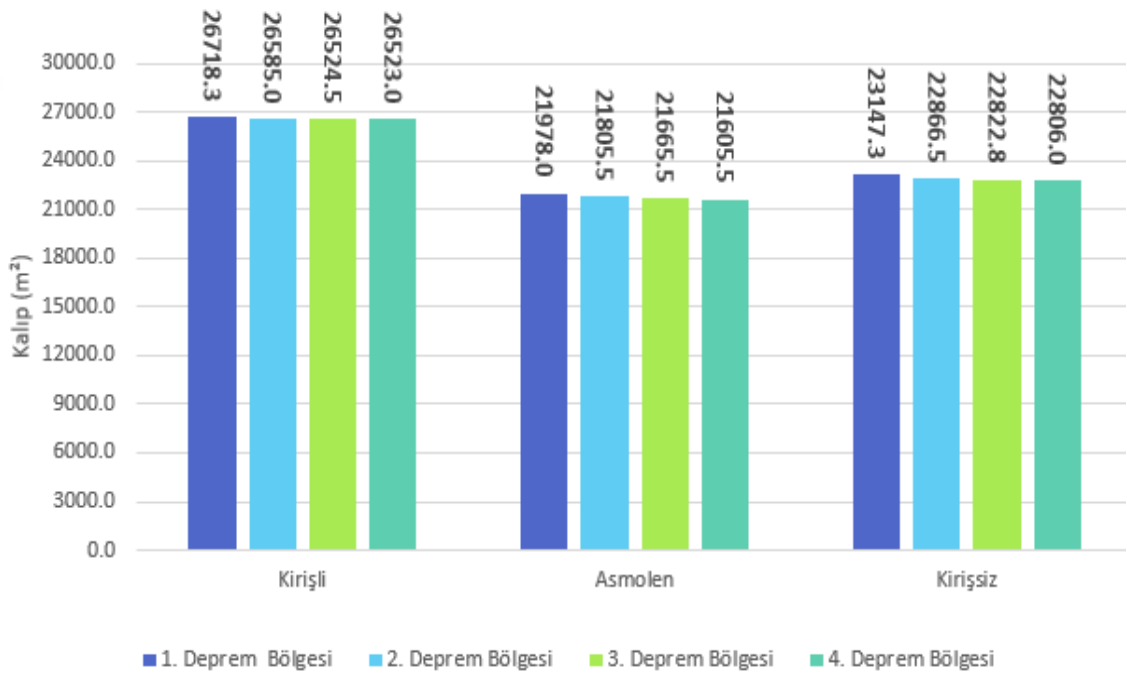


Şekil 6.38. 12 Katlı bina modelinde beton miktarının deprem bölgelerine ve döşeme sistemine bağlı değişimi

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 12 katlı bina modelinden elde edilen beton metrajı sonuçlarına deprem bölgesinin etkisi Şekil 6.38'e göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşeme sistemine sahip yapılarda beton metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiş, **asmolen** döşeme sistemine sahip yapılarda beton metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiş ve **kirişsiz** döşeme sistemine sahip yapılarda beton metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiştir.

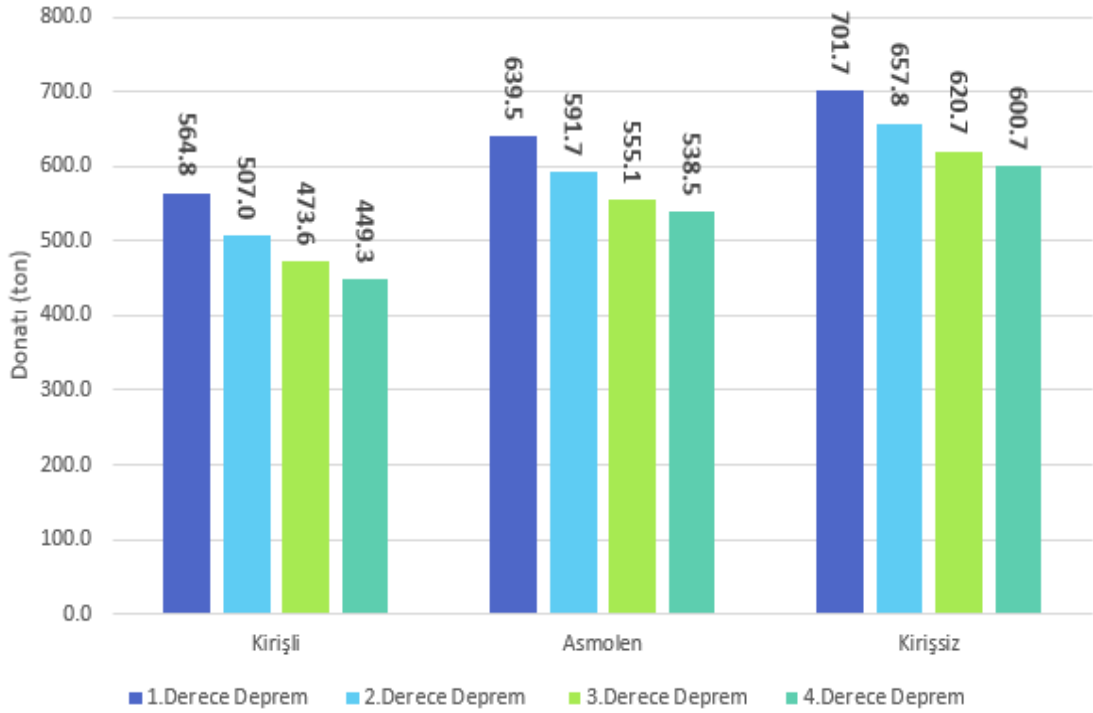
Artışın az olmasının sebebi olarak başlangıç kesitlerinin büyük olması, bu yüzden talep edilen kesit tesirlerinin kesitlerde donatı porsantajını artırarak karşılandığı düşünülmektedir.

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 12 katlı bina modelinden elde edilen kalıp metrajı sonuçlarına deprem bölgesinin etkisi Şekil 6.39 'a göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşeme sistemine sahip yapılarda kalıp metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiş, **asmolen** döşeme sistemine sahip yapılarda kalıp metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiş ve **kirişsiz** döşeme sistemine sahip yapılarda kalıp metrajı miktarı 4. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru sürekli bir artış göstermiştir.



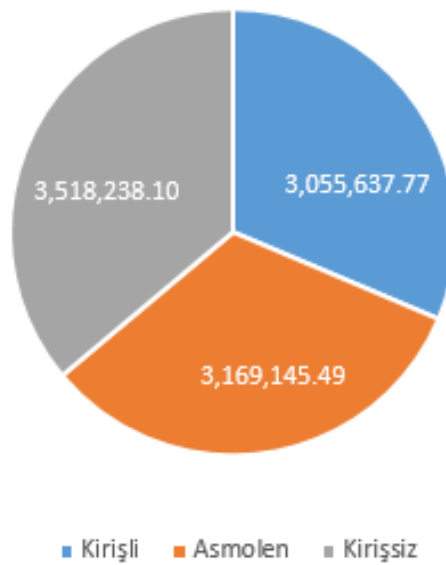
Şekil 6.39. 12 Katlı bina modelinde kalıp miktarının deprem bölgelerine ve döşeme sistemine bağlı değişimi

Deprem ve dinamik analizleri yapılan 12 katlı bina modelinden elde edilen donatı metrajı sonuçlarına deprem bölgesinin etkisi Şekil 6.40'a göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşeme sistemine sahip yapılarda 1. derece ve 4. derece deprem bölgelerinde kıyaslama yapıldığında donatıda yaklaşık %32.4'lük bir artış gözlenmiştir. **Asmolen** döşeme sistemine sahip yapılarda 1. derece ve 4. derece deprem bölgelerinde kıyaslama yapıldığında donatıda yaklaşık %18.8'lik bir artış gözlenmiştir. **Kirişsiz** döşeme sistemine sahip yapılarda 1. derece ve 4. derece deprem bölgelerinde kıyaslama yapıldığında donatıda yaklaşık %16.8'lik bir artış gözlenmiştir.



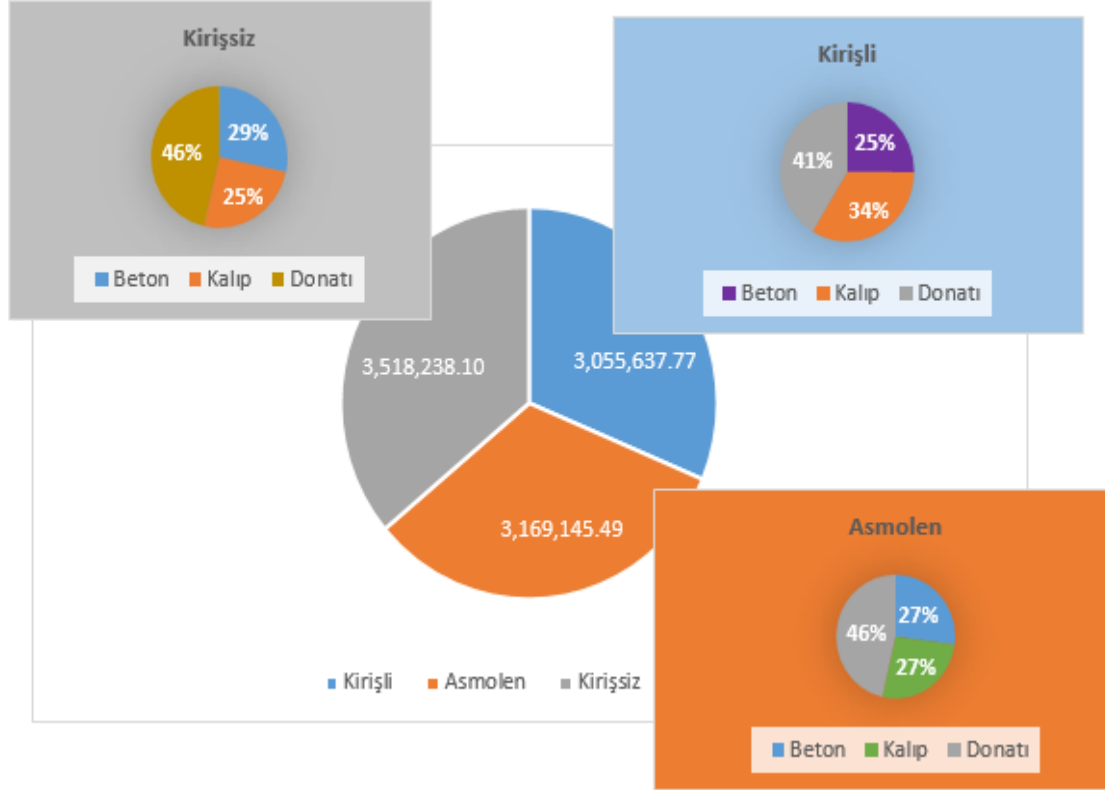
Şekil 6.40. 12 Katlı bina modelinde donatı miktarının deprem bölgelerine ve döşeme sistemine bağlı değişimi

Tez kapsamında analizleri yapılan 12 katlı bina modellerinden elde edilen metraj sonuçlarına göre maliyet hesap ve karşılaştırmaları Şekil 6.41 ve 6.42’de verilmektedir. Maliyet karşılaştırmaları kaba inşaat (beton, kalıp, donatı) malzeme ve işçilik fiyatları için yapılmıştır. Birim fiyatlar Oska 10.3.2.0 programından alınan Çizelge 6.3’te verilen 2017 analizli birim fiyatlardır.



Şekil 6.41. 12 Katlı bina modelinde bina kaba inşaat maliyetine döşeme sisteminin etkisi

Döşeme sistemi değişikliğinin yapı maliyetine etkisi Şekil 6.41'e göre değerlendirildiğinde **kirişli** döşeme sisteminden **asmolen** döşeme sistemine geçişte kaba inşaat maliyetinde yaklaşık %4'lük bir artış meydana gelmiş, **asmolen** döşeme sisteminden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte kaba inşaat maliyetinde yaklaşık %11'lik bir artış meydana gelmiş ve **kirişli** döşeme sisteminden **kirişsiz** döşeme sistemine geçişte kaba inşaat maliyetinde yaklaşık %15'lik bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 6.42. 12 Katlı bina modelinde döşeme sistemine göre malzemelerin maliyet yüzdeleri

Şekil 6.42'ye göre döşeme sistemleri içerisindeki malzemelerin maliyet oranları verilmektedir. Buna göre kirişsiz ve asmolen döşemeli sistemlerde donatının maliyete etkisi kirişli döşemeli sisteme göre daha çok ve birbirine yakın çıkmaktadır.

6.2. TDY 2007 ve Eurocode 8'e Göre Tasarlanan Yapının Maliyet

Karşılaştırmasının Yapılması

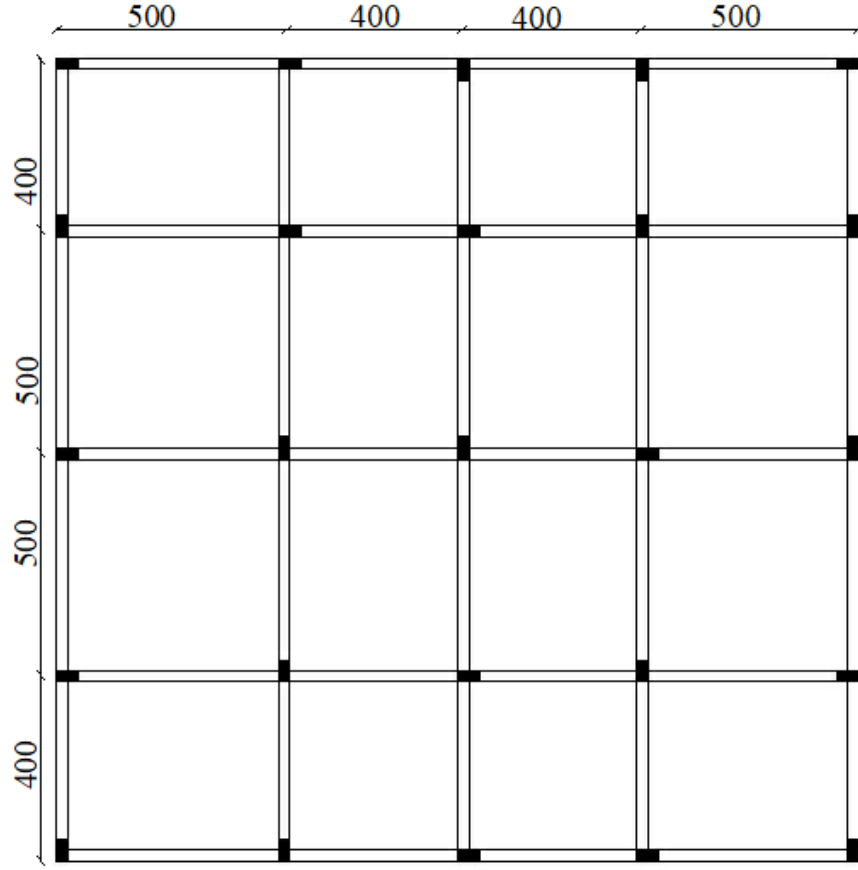
Bu bölümde TDY 2007 ve Eurocode 8 yönetmeliğine göre tasarımı yapılmış benzer özellikteki 4 katlı binanın metraj ve maliyet açısından yönetmeliklere göre karşılaştırılması yapılacaktır.

Buna göre tasarımı yapılana binanın deprem parametresi, malzeme özellikleri vb. genel bilgileri Çizelge 6.4'te, analizleri yapılan bina modelinin kat planı Şekil 6.43'te verilmektedir.

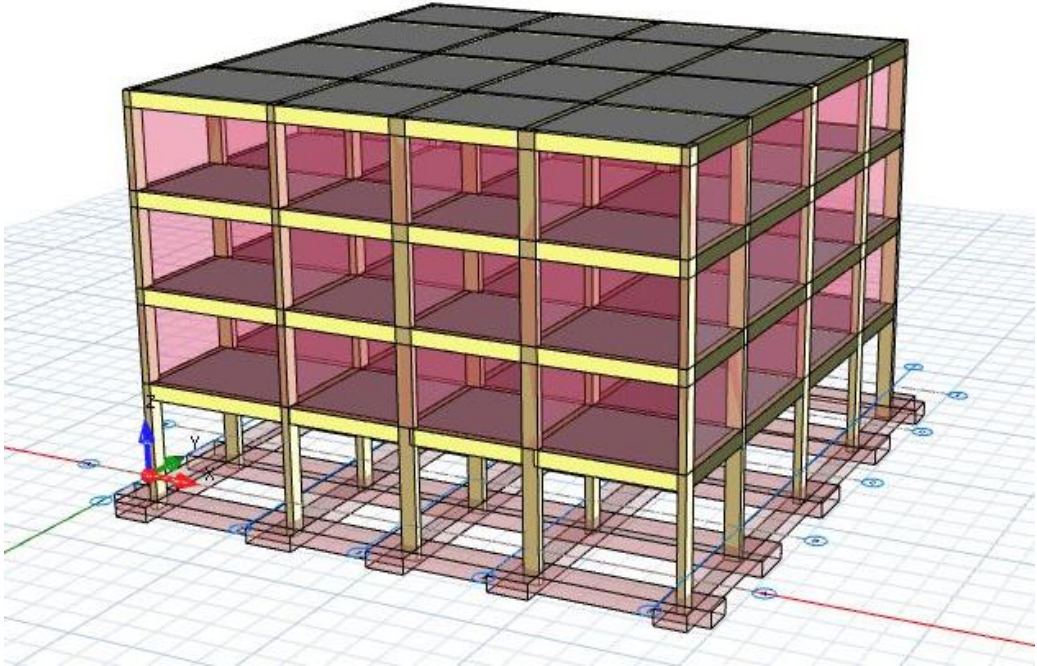
Çizelge 6.4. Yönetmeliklere göre maliyet karşılaştırması yapılacak binanın özellikleri

Bina Kat yüksekliği	3 m
Bina Kat Adedi	4
Bina Oturum Alanı	324 m ²
Kullanım Türü	Konut
Bina Boyutları	18x18 m (Kare)
Zemin Grubu	C
Zemin Sınıfı	Z3
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	0,20
Deprem Hesap Yöntemi	EDYY-ESY
Taşıyıcı Sistem Türü	Çerçevesi Sistem
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	8
Süneklik Düzeyi	Yüksek
Hareketli Yük Katılım Katsayısı	0.3
Malzeme Sınıfları	C25/S420
Kullanılan Deprem Yönetmelikleri	TDY 2007/EUROCODE 8
Betonarme Hesap Yöntemi	Taşıma Gücü
Kullanılan Yönetmelikler	Eurocode 1-2 / TS 498-500
Kullanılan Duvar Malzemesi	19'luk Tuğla Duvar
Kullanılan Döşeme Sistemi	Kirişli Plak
Temel Tipi	Sürekli Temel
Kullanılan Hesap Programları (PR 1)	Prota Structure v2.0.12
Kullanılan Hesap Programları (PR 2)	Sta4cad v.14

Bundan sonraki kısımlarda, kullanılan programlar Çizelge 6.4'e göre PR 1 ve PR 2 olarak isimlendirilecektir.



Şekil 6.43. Yönetmeliklere göre metraj ve maliyet karşılaştırmasında kullanılacak olan bina planı



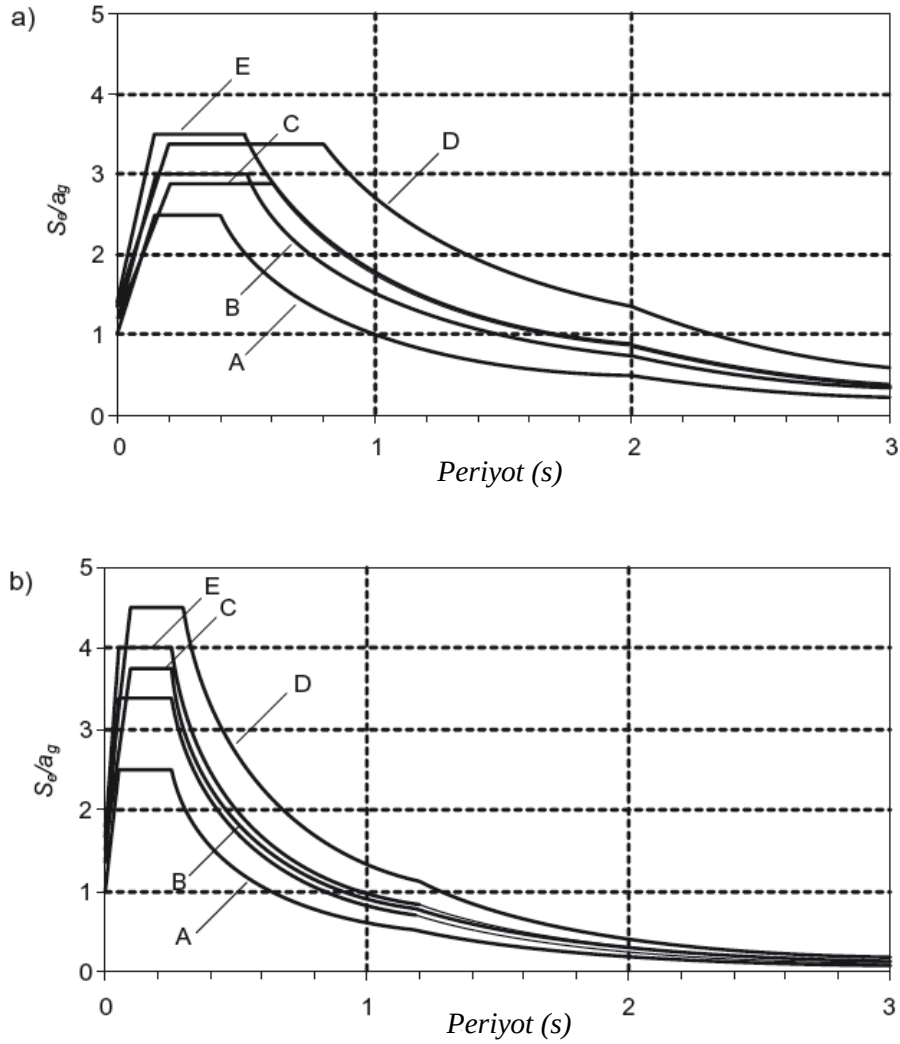
Şekil 6.44. PR 1’de oluşturulan 3 boyutlu analiz modeli

6.2.1. PR 1'e göre yönetmeliklerin metraj ve maliyet karşılaştırmasının yapılması

Yukarıda özellikleri ve planı verilmiş olan 4 katlı bina modelinin PR 1 kullanılarak iki farklı yönetmeliğe göre yapısal analizleri yapılmış olup, analiz sonuçlarına göre metraj ve maliyet değerlendirmesi yapılmıştır.

6.2.1.1. Eurocode 8'e göre PR 1'de yapılan tasarımın metraj ve maliyet hesapları

Eurocode 8, Güney Avrupa'nın yüksek sismisite alanları için ve Kuzey Avrupa'nın düşük sismisiteli bölgeleri için iki farklı spektrum tanımlaması ortaya koymaktadır. Buna göre Tip 1 spektrumun $M_s = 5.5-7$ arası depremlerde kullanılması gerektiğini, Tip 2 spektrumun ise $M_s=5.5$ 'e kadar olan depremlerde kullanılmasını önermektedir. Şekil 6.45'te Eurocode 8'de verilen Tip 1 ve Tip 2 elastik tepki spektrumları gösterilmektedir.



Şekil 6.45. EC 8'de tanımlanan farklı zemin sınıflarına göre a) Tip 1 ve b) Tip 2 tepki spektrumları

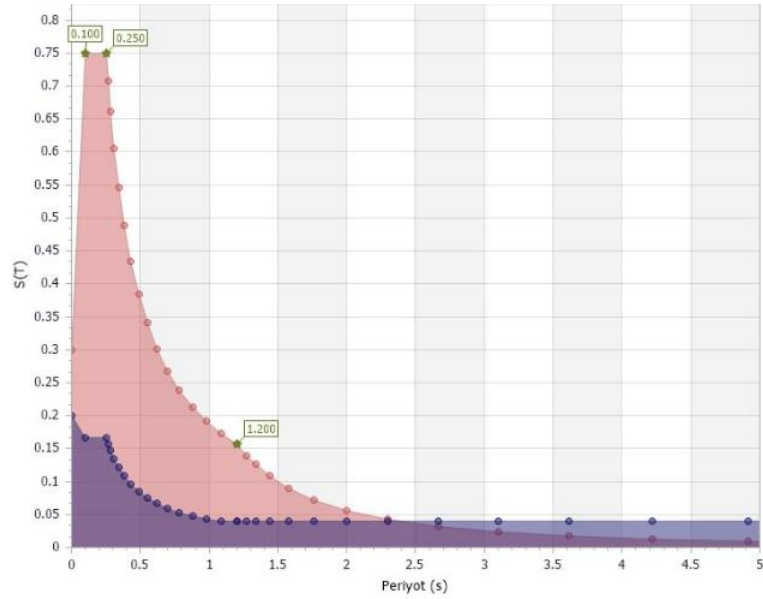
Çizelge 6.5. Ülkemizde meydana gelen $M_s \geq 5.5$ olan depremlerin deprem bölgelerine göre dağılışı (Arioğlu, 2007)

Deprem Bölgesi	$M_s \geq 5.5$ Deprem Sayısı (1900-2000)	Yüzdesi
1	96	75
2	25	20
3	3	2
4	4	3
5	-	-

Ülkemizde meydana gelen $M_s \geq 5.5$ olan depremlerin %95 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde olmuştur. 3. derece deprem bölgesinde ($A_0=0.2$) tasarlanacak olan bina modelinin M_s dalgası büyüklüğünün 5.5'ten küçük olacağı kabul edilebilir. Buna göre analizlerde Şekil 6.46'da gösterilen dar bölgesi spektrum eğrisi (Tip 2) kullanılacaktır.

Çizelge 6.6. PR 1'e göre analiz öncesi ve analiz sonrası değerleri

Analiz Tipi	Eşdeğer Statik Yöntem
Kullanılan Deprem Yönetmeliği	Eurocode 8
Etkin Yer İvmesi (A_{gr})	0.2g
Taşıyıcı Sistem	Çerçeve Sistem
Süneklik Düzeyi	DCH
a_u/a_1	1.3
Süneklik Katsayısı (q) (bina burulmaya yatkın q düzeltildi)	4.68
Sönüm Oranı	0.05
Yerel Zemin Sınıfı	C
Spektrum Karakteristik Periyotları	$T_b=0.10$ s ; $T_c=0.25$ s ; $T_d=1.20$ s
Bina önem Katsayısı	1
Etkin Göçme Durumu Katsayısı (k_w)	1
Bina Ağırlığı	1477.90 t
Yapı Periyodu	$T_{1x}=0.557$; $T_{1y}=0.572$
Taban Kesme Kuvveti	$F_{1x}=106.17$ t ; $F_{1y}=103.08$ t



Şekil 6.46. PR 1’de kullanılan EC 8 Tip 2 elastik ve dizayn spektrum eğrileri

PR 1’de Eurocode 8’e göre analizleri yapılan ve analiz değerleri Çizelge 6.6’da verilen bina modelinin, metraj sonuçları ve Oska 10.3.2.0 kullanılarak hesaplanan maliyetler Çizelge 6.7’de verilmiştir.

Çizelge 6.7. PR 1’de Eurocode 8’e göre hesaplanan metraj ve maliyet sonuçları

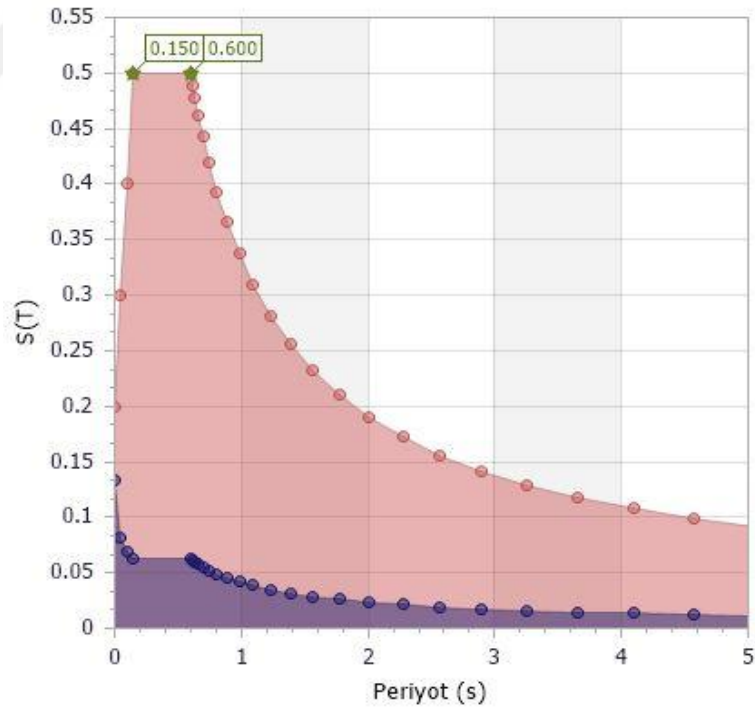
	Deprem Yönetmeliği	Analiz Programı	Metraj	Birim Fiyat (TL)	Maliyet (TL)
Beton (m³)	Eurocode 8	PR 1 (Prota Structurev2.0.12)	373.662	181,54	67,834.20
Kalıp (m²)	Eurocode 8	PR 1 (Prota Structurev2.0.12)	2,419.67	38.66	93,544.40
Donatı(ton)	Eurocode 8	PR 1 (Prota Structurev2.0.12)	34.29	2,527.78	86,677.60
TOPLAM MALİYET					248,056.25

6.2.1.2. TDY 2007’ye göre PR 1’de yapılan tasarımın metraj ve maliyet hesapları

TDY 2007’de ülkemiz deprem bölgesi olarak 5 kısma ayrılmaktadır. Bunlardan en tehlikelisi aktif fayların %91’ini barındıran 1. ve 2. derece deprem bölgeleridir. Bu bölümde Çizelge 6.4, Şekil 6.43 ve Şekil 6.44’te plan, boyut ve tasarım kriterleri verilen yapısal modelin PR 1’de TDY 2007 kullanılarak analizleri de metraj maliyet sonuçları verilecektir.

Çizelge 6.8. PR 1'e göre analiz öncesi ve analiz sonrası değerleri

Analiz Tipi	EDYY
Kullanılan Deprem Yönetmeliği	TDY 2007
Etkin Yer İvmesi (A_0)	0.2
Taşıyıcı Sistem	Çerçeve Sistem
Süneklik Düzeyi	SDY
Sönüm Oranı	0.05
Yerel Zemin Sınıfı	Z3 , C
Spektrum Karakteristik Periyotları	$T_a=0.15$ s ; $T_b=0.6$ s
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	8
Bina önem Katsayısı	1
Bina Ağırlığı	1439.56 t
Yapı Periyodu	$T_{1x}=0.5341$; $T_{1y}=0.5338$
Taban Kesme Kuvveti	$F_{1x}=89.94$ t ; $F_{1y}=89.94$ t

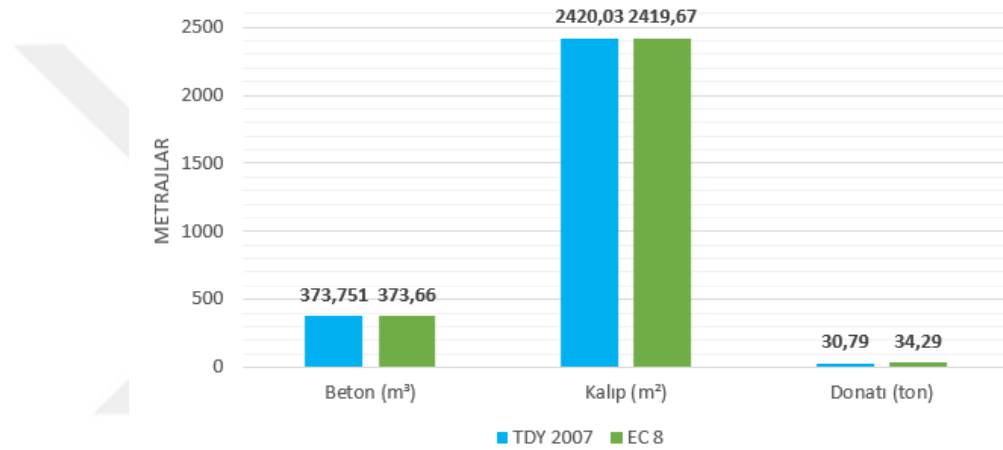


Şekil 6.47. PR 1'de kullanılan TDY 2007 elastik ve dizayn spektrum eğrileri

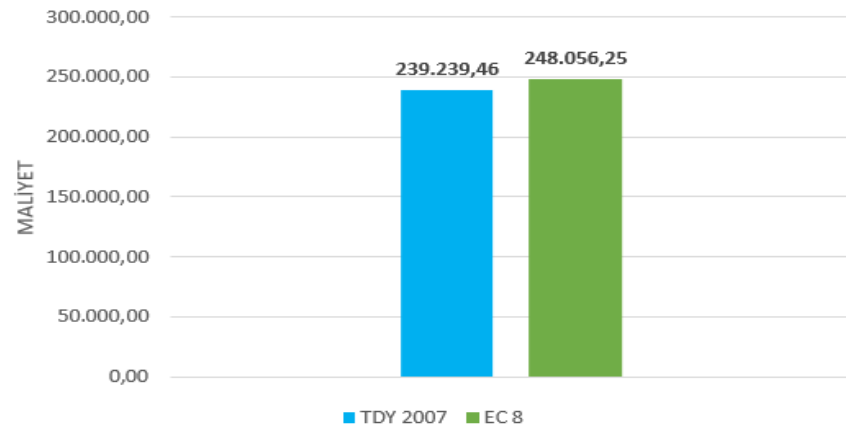
PR 1'de TDY 2007'ye göre Şekil 6.47'deki tasarım spektrumu kullanılarak analizleri yapılan ve analiz değerleri Çizelge 6.8'de verilen bina modelinin, metraj sonuçları ve Oska 10.3.2.0 kullanılarak hesaplanan maliyetler Çizelge 6.9'da verilmiştir.

Çizelge 6.9. PR 1’de TDY 2007’ye göre hesaplanan metraj ve maliyet sonuçları

	Deprem Yönetmeliği	Analiz Programı	Metraj	Birim Fiyat (TL)	Maliyet (TL)
Beton (m³)	TDY 2007	PR 1 (Prota Structurev2.0.12)	373.751	181.54	67,850.80
Kalıp (m²)	TDY 2007	PR 1 (Prota Structure v2.0.12)	2,420.03	38.66	93,558.40
Donatı(ton)	TDY 2007	PR 1 (Prota Structure v2.0.12)	30.79	2,527.78	77,830.30
TOPLAM MALİYET					239,239.46



Şekil 6.48. PR 1’e göre TDY 2007 ve EC 8 kullanılarak elde edilen metrajlar



Şekil 6.49. PR 1’e göre TDY 2007 ve EC 8 kullanılarak elde edilen maliyetler

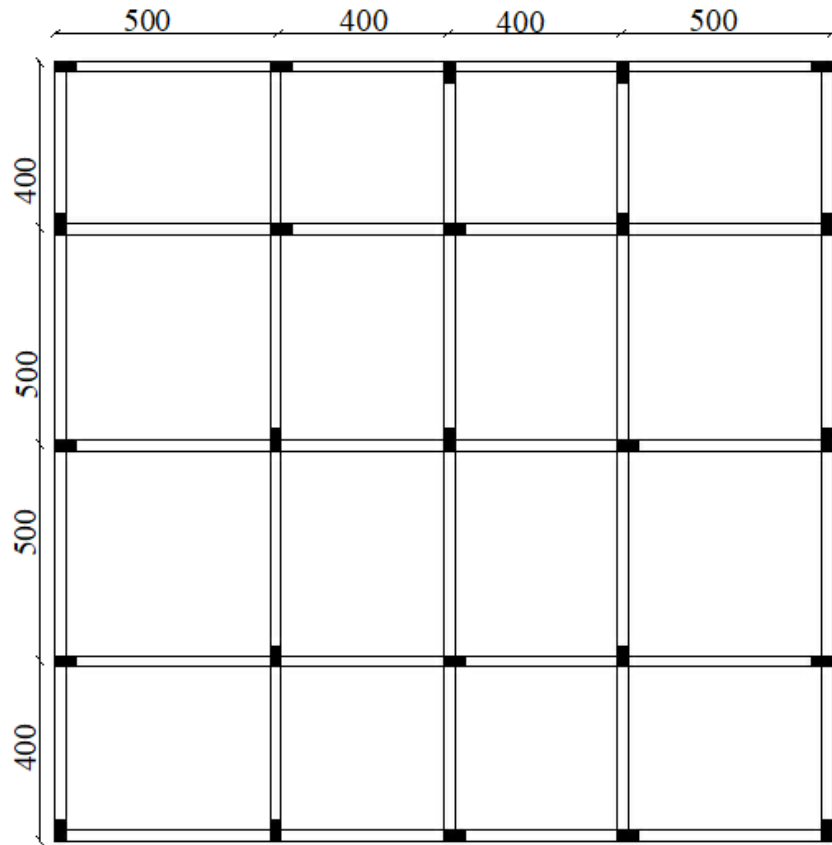
PR 1’de yapılan analiz sonuçlarından elde edilen metraj ve maliyetler Şekil 6.48 ve Şekil 6.49’a göre iki yönetmelik için karşılaştırıldığında beton ve kalıp miktarlarında

EC 8 ve TDY 2007 arasında önemli bir değişim olmamıştır. Ancak donatı miktarında EC 8'e göre tasarım yapıldığında yaklaşık %11.3'lük bir artış meydana gelmektedir.

Çevre Şehircilik Bakanlığının 2017 birim fiyatları kullanılarak hesaplanan kaba inşaat maliyetleri açısından kıyaslama yapıldığında EC 8'de hesaplanan kaba inşaat maliyeti TDY 2007'ye göre hesaplanan maliyetten yaklaşık %4 oranında fazla çıkmaktadır.

6.2.2. PR 2'ye göre yönetmeliklerin metraj ve maliyet karşılaştırmasının yapılması

Çizelge 6.4'te tasarım özellikleri, Şekil 6.50–6.51'de planı ve 3 boyutlu katı modeli verilmiş olan 4 katlı bina modelinin PR 2 kullanılarak iki farklı yönetmeliğe göre yapısal analizleri tamamlanmış olup, analiz sonuçlarına göre metraj ve maliyet değerlendirmesi yapılmıştır.



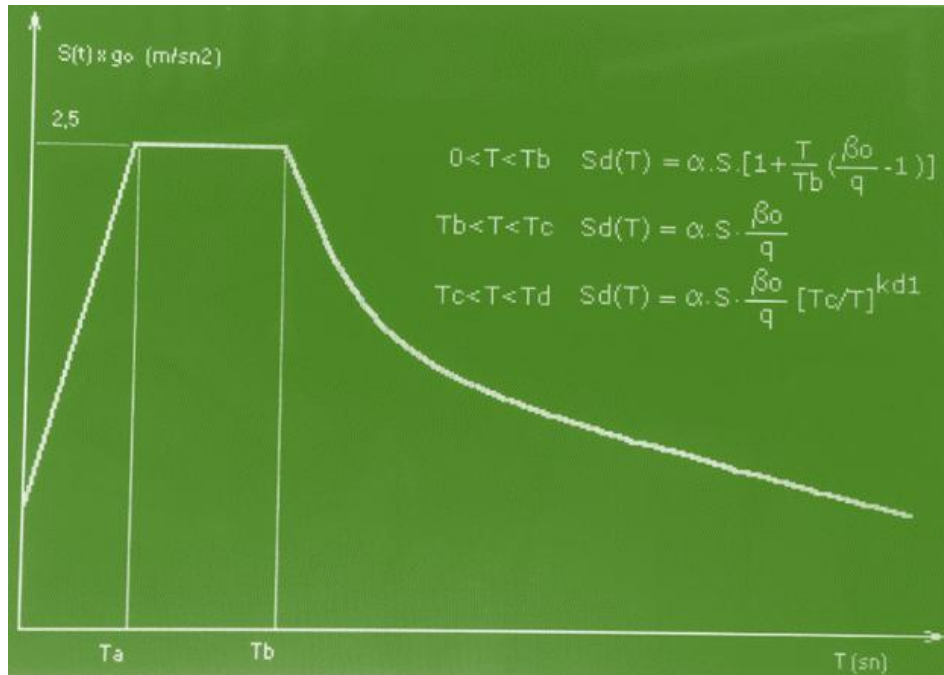
Şekil 6.50. Yönetmeliklere göre metraj ve maliyet karşılaştırmasında kullanılacak olan bina planı



Şekil 6.51. PR 2’de oluşturulan 3 boyutlu analiz modeli

6.2.2.1. Eurocode 8’e göre PR 2’de yapılan tasarımın metraj ve maliyet hesapları

PR 2’de PR 1’de olduğu gibi Eurocode 8’de tanımlı ayrı sismik bölgeler için Tip 1 ve Tip 2 spektrum eğrileri verilmemiştir. Bunun yerine kullanıcı tarafından manuel olarak spektrum karakteristik değerlerini girilmesi opsiyonu sunulmaktadır. Tez kapsamında PR 2 kullanılarak Eurocode 8’e göre tasarımı yapılan binada Şekil 6.52’deki dizayn spektrumu kullanılmış ve analiz sonuçları Çizelge 6.10’da verilmiştir.



Şekil 6.52. PR 2’de Eurocode 8’e göre deprem analizleri için kullanılan spektrum eğrisi

Çizelge 6.10. PR 2'ye göre analiz öncesi ve analiz sonrası değerleri

Analiz Tipi	Eşdeğer Statik Yöntem
Kullanılan Deprem Yönetmeliği	Eurocode 8
Etkin Yer İvmesi (A_{gr})	0.2g
Taşıyıcı Sistem	Çerçeve Sistem
Süneklik Düzeyi	DCH
a_u/a_1 (Program kullanmıyor)	1.3
Süneklik Katsayısı (q) (PR1 sonucu alındı)	4.68
Sönüm Oranı	0.05
Yerel Zemin Sınıfı	C
Spektrum Karakteristik Periyotları (Spektrum tipleri programda verilmiyor)	$T_b=0.10$ s ; $T_c=0.25$ s
Bina önem Katsayısı	1
Etkin Göçme Durumu Katsayısı (k_w) (Programda kullanılmıyor)	1
Bina Ağırlığı	1471.095 t
Yapı Periyodu	$T_{1x}=0.47$ sn ; $T_{1y}=0.482$ sn
Taban Kesme Kuvveti	$F_{1x}=131.547$ t ; $F_{1y}=127.872$ t

PR 2'de Eurocode 8'e göre analizleri yapılan ve analiz değerleri Çizelge 6.10'da verilen bina modelinin, metraj sonuçları ve Oska 10.3.2.0 kullanılarak hesaplanan maliyetler Çizelge 6.11'de verilmiştir.

Çizelge 6.11. PR 2'de Eurocode 8'e göre hesaplanan metraj ve maliyet sonuçları

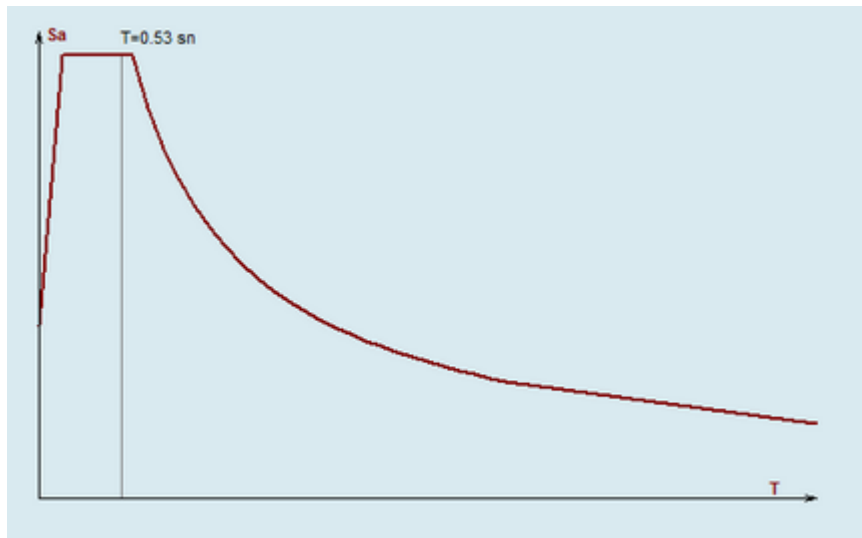
	Deprem Yönetmeliği	Analiz Programı	Metraj	Birim Fiyat (TL)	Maliyet (TL)
Beton (m³)	Eurocode 8	PR 2 (Sta4cad v.14)	363.20	181.54	65,935.33
Kalıp (m²)	Eurocode 8	PR 2 (Sta4cad v.14)	2,372.2	38.66	91,709.25
Donatı(ton)	Eurocode 8	PR 2 (Sta4cad v.14)	30.3	2,527.78	76,591.73
TOPLAM MALİYET					234,236.31

6.2.2.2. TDY 2007'ye göre PR 2'de yapılan tasarımın metraj ve maliyet hesapları

Bu bölümde PR 2 (Sta4cad) kullanılarak Şekil 6.53'teki spektrum eğrisine göre 4 katlı binanın dinamik ve statik analizleri yapılarak Çizelge 6.12'de verilen analiz sonuçlarına göre programdan elde edilen metraj değerleri ile maliyet hesapları yapılmış ve Çizelge 6.13'te verilmiştir.

Çizelge 6.12. PR 2'ye göre analiz öncesi ve analiz sonrası değerleri

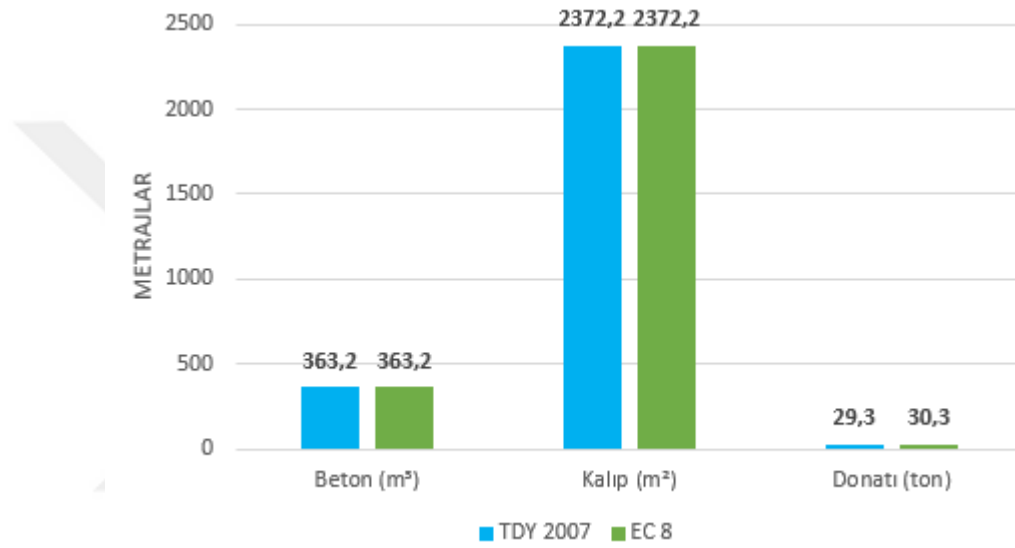
Analiz Tipi	EDYY
Kullanılan Deprem Yönetmeliği	TDY 2007
Etkin Yer İvmesi (A_0)	0.2
Taşıyıcı Sistem	Çerçeve Sistem
Süneklik Düzeyi	SDY
Sönüm Oranı	0.05
Yerel Zemin Sınıfı	Z3 , C
Spektrum Karakteristik Periyotları	$T_a=0.15$ s ; $T_b=0.6$ s
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	8
Bina önem Katsayısı	1
Bina Ağırlığı	1421.49 t
Yapı Periyodu	$T_{1x}=0.53$; $T_{1y}=0.536$
Taban Kesme Kuvveti	$F_{1x}=88.84$ t ; $F_{1y}=88.84$ t



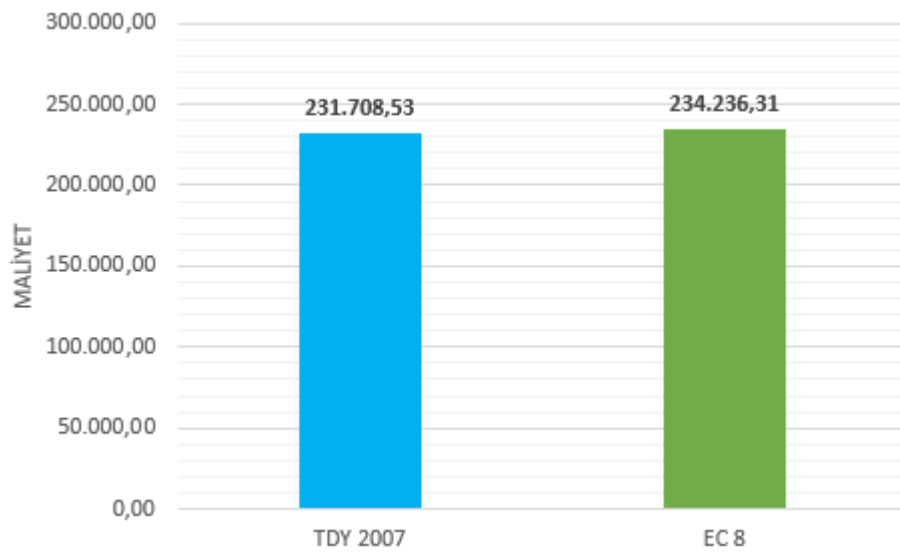
Şekil 6.53. PR 2'de kullanılan TDY 2007 elastik spektrum eğrisi

Çizelge 6.13. PR 2'de TDY 2007'ye göre hesaplanan metraj ve maliyet sonuçları

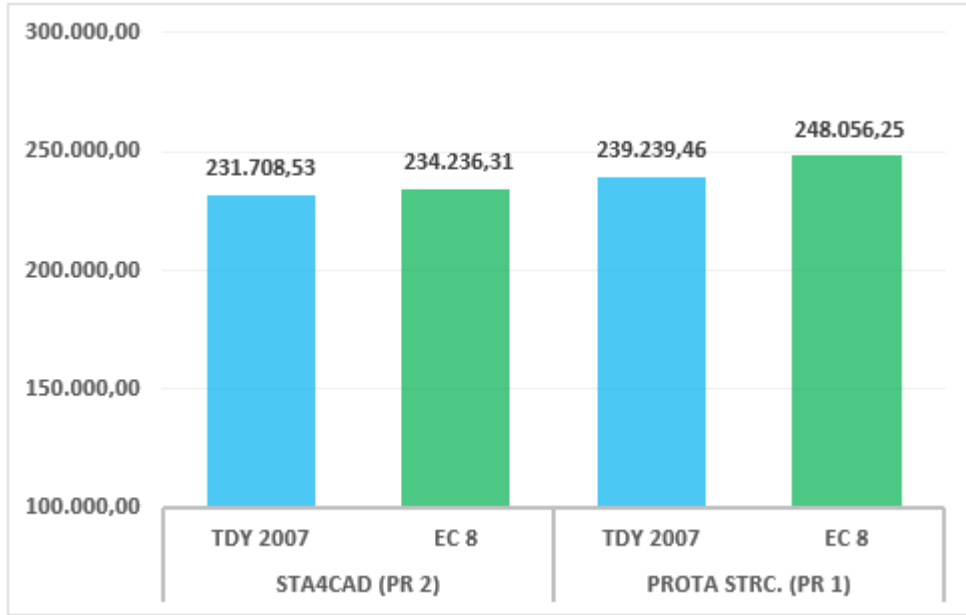
	Deprem Yönetmeliği	Analiz Programı	Metraj	Birim Fiyat (TL)	Maliyet (TL)
Beton (m³)	TDY 2007	PR 2 (Sta4cad v.14)	363.20	181.54	65,935.33
Kalıp (m²)	TDY 2007	PR 2 (Sta4cad v.14)	2,372.20	38.66	91,709.25
Donatı(ton)	TDY 2007	PR 2 (Sta4cad v.14)	29.3	2,527.78	74,063.95
TOPLAM MALİYET					231,708.53



Şekil 6.54. PR 2'ye göre TDY 2007 ve EC 8 kullanılarak elde edilen metrajlar



Şekil 6.55. PR 2'ye göre TDY 2007 ve EC 8 kullanılarak elde edilen maliyetler



Şekil 6.56. PR 2'ye göre TDY 2007 ve EC 8 kullanılarak elde edilen maliyetler

PR 1 programında tasarlanan ve sonuçları Çizelge 6.6-6.9, Şekil 6.48-6.49'da verilen 4 katlı kirişli döşeme sistemine sahip yapının TDY 2007 ve Eurocode 8 yönetmeliği kullanılarak elde edilen bina ağırlık sonuçları karşılaştırıldığında TDY 2007'de Eurocode 8'e göre %2.6 oranında bina ağırlığı daha az, iki yönetmelik eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bulunan taban kesme kuvveti açısından karşılaştırıldığında TDY 2007'de Eurocode 8'e göre taban kesme kuvveti yaklaşık %16.7 oranında daha az çıkmıştır.

PR 2 programında tasarlanan ve sonuçları Çizelge 6.10-6.13, Şekil 6.54-6.55'de verilen 4 katlı kirişli döşeme sistemine sahip yapının TDY 2007 ve Eurocode 8 yönetmeliği kullanılarak elde edilen bina ağırlık sonuçları karşılaştırıldığında TDY 2007'de Eurocode 8'e göre %3.5 oranında bina ağırlığı daha az, iki yönetmelik eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bulunan taban kesme kuvveti açısından karşılaştırıldığında TDY 2007'de Eurocode 8'e göre taban kesme kuvveti yaklaşık %45 oranında daha az çıkmıştır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın birinci kısmına konu olan yapının SDY perde+çerçevesi sistemi sabit tutulmuş, değişken parametrelere göre kesiti kurtarmayan yapı elemanlarında kesit ve donatı yüzdesi artırılarak hesaplamalar İdecad v. 8.62 programında yapılmıştır.

Analizlerde parametre değeri olarak bina önem katsayısı değişimi, deprem bölgesi değişikliği, döşeme sisteminin değişikliği ve bina kat sayılarındaki değişiklikler göz önünde bulundurulmuş, değişikliklerin bina metraj ve maliyetine etkileri değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında ise SDY 4 katlı salt çerçevelerden oluşan konut türü yapının Eurocode 8 ve TDY 2007'ye göre Sta4cad v.14 ve Prota Structure paket programında tasarımı ve analizi yapılmış ve bu iki yönetmeliğe göre elde edilen tasarım değerleri yapı metraj ve maliyet açısından değerlendirilmiştir.

Çalışmanın birinci kısmında elde edilen sonuçlar Şekil 7.1'e göre bina önem katsayısının metrajlara etkisi değerlendirildiğinde 4, 8 ve 12 katlı yapılarda bina önem katsayısı arttıkça beton, kalıp ve donatı metrajında sürekli bir artış meydana gelmektedir. Bu artışın oluşmasında bina önem katsayısının artmasının deprem hesabında bulunan taban kesme kuvvetini artırması ve yapı kullanım durumuna göre hareketli yüklerin değişmesinden kaynaklı yapı ağırlığında artışların meydana gelmesi gösterilebilir. Bina önem katsayısının artması donatı metrajının artışında daha anlamlı sonuçlar vermektedir. Buna göre 4 katlı yapılarda $I=1.0$ ve $I=1.5$ olması halinde donatıda, kirişli döşemelerde %10.45'lik, asmolen döşemelerde %6.25'lik ve kirişsiz döşemelerde %14.21'lik bir artış söz konusu olmaktadır. 8 katlı yapılarda ise $I=1.0$ ve $I=1.5$ olması halinde donatıda, kirişli döşemelerde %18.08'lik, asmolen döşemelerde %11.1'lik ve kirişsiz döşemelerde %12.4'lük bir artış söz konusu olmaktadır. Son olarak 12 katlı yapılarda $I=1.0$ ve $I=1.5$ olması halinde donatıda, kirişli döşemelerde %18.4'lük, asmolen döşemelerde %13.1'lik ve kirişsiz döşemelerde %19'luk bir artış söz konusu olmaktadır.

Şekil 7.1'e göre yapılarda döşeme sistemlerinin değişiminin metrajlara olan etkisi değerlendirildiğinde genel olarak sırasıyla kirişli, asmolen ve kirişsiz döşeme sistemlerine geçişte beton ve donatı miktarlarında sürekli bir artış olmuştur. Ancak kirişli döşemeden asmolen döşemeye geçişte kiriş dışlarının oluşmamasından dolayı kalıp metrajında azalma yaşanmıştır. Asmolen döşeme sisteminde kirişsiz döşeme sistemine geçişte kalıpta artış yaşanmasının sebebi ise kirişsiz döşemeli sitemde yanal

ötelenme rijitliğinin düşük olmasından dolayı yapıya derin çerçeve kirişi yapılması gösterilebilir. Beton miktarının en fazla kirişsiz döşemeli sistemlerde olmasının sebebi olarak zımbalama dayanımının sağlanamaması sebebiyle döşeme kalınlığının fazla çıkması, aynı zamanda yatay ötelenme rijitliğinin yetersizliği sebebiyle yine döşeme kalınlığının fazla çıkması gösterilebilir. Donatı miktarının kirişsiz döşemeli sistemlerde fazla çıkmasına sebep olan durum olarak kirişsiz döşemeli sistemlerde büyüyen kesitler ve yapı ağırlığının fazla olmasından dolayı yatay kuvvetin fazla olması söylenebilir.

Deprem bölgesi değişiminin metrajlara etkisi Şekil 7.1'e göre değerlendirildiğinde etkin yer ivmesi artışına bağlı olarak kesitlerde zorlanmalar artmakta buda metrajları etkilemektedir. Buna göre 4. derece deprem bölgesi ile 1. derece deprem bölgesi arasında 4, 8 ve 12 katlı yapılarda, tüm döşeme sitemlerinde beton ve kalıp metrajlarında yaklaşık olarak %2-3 artış meydana gelmektedir. 4. derece deprem bölgesi ile 1. derece deprem bölgesi arasında donatı metrajında ise 4 katlı kirişli döşeme sitemine sahip yapıda %8.7'lik, asmolen döşeme sistemine sahip yapıda %8.4'lük ve kirişsiz döşeme sistemine sahip yapıda %11.4'lük bir artış meydana gelmektedir. 4. derece deprem bölgesi ile 1. derece deprem bölgesi arasında donatı metrajında ise 8 katlı kirişli döşeme sitemine sahip yapıda %20.8'lik, asmolen döşeme sistemine sahip yapıda %15.5'lik ve kirişsiz döşeme sistemine sahip yapıda %21'lik bir artış meydana gelmektedir. Son olarak 4. derece deprem bölgesi ile 1. derece deprem bölgesi arasında donatı metrajında 12 katlı kirişli döşeme sitemine sahip yapıda %32.4'lük, asmolen döşeme sistemine sahip yapıda %18.8'lik ve kirişsiz döşeme sistemine sahip yapıda %16.8'lik bir artış meydana gelmektedir.

Çalışmanın ikinci kısmında Prota Structure v2.0.12 programından TDY 2007 ve Eurocode 8 yönetmelikleri kullanılarak analizleri yapılan binalardan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, her iki yönetmeliğe göre beton ve kalıp metrajı miktarları hemen hemen aynı çıkmakta donatı metrajında ise Eurocode 8'de TDY 2007'ye göre yaklaşık %11.3'lük bir fazlalık çıkmaktadır. Kaba inşaat maliyetleri açısından karşılaştırma yapıldığında TDY 2007'de Eurocode 8'e göre yaklaşık %4 oranında daha az kaba inşaat maliyeti çıkmıştır.

Sta4cad v.14 programından TDY 2007 ve Eurocode 8 yönetmelikleri kullanılarak analizleri yapılan binalardan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, her iki yönetmeliğe göre beton ve kalıp metrajı miktarları aynı çıkmakta donatı metrajında ise Eurocode 8'de TDY 2007'ye göre yaklaşık %3.4'lük bir fazlalık çıkmaktadır. Kaba

inşaat maliyetleri açısından karşılaştırma yapıldığında TDY 2007’de Eurocode 8’e göre %1.1 oranında daha az kaba inşaat maliyeti çıkmıştır.

Programların yönetmeliklere göre analiz özellikleri değerlendirildiğinde Prota Structure v2.0.12’nin Eurocode 8 yönetmeliğine göre tasarımda Sta4cad v.14’e göre yönetmelik koşullarını tam olarak içeren bir ara yüze sahiptir. Bu yüzden Eurocode 8 yönetmeliğine göre analiz yapılacaksa Prota Structure v2.0.12’nin kullanımı önerilmektedir.

Programlar kaba inşaat maliyetleri açısından kendi aralarında değerlendirildiğinde Prota Structure v2.0.12’den TDY 2007’ye göre elde edilen maliyet Sta4cad v.14 kullanılarak elde edilen maliyetten yaklaşık %3.25 daha fazla çıkmaktadır. Aynı zamanda Prota Structure v2.0.12’den Eurocode 8’e göre elde edilen maliyet Sta4cad v.14 kullanılarak elde edilen maliyetten yaklaşık %5.9 daha fazla çıkmaktadır.

Türk deprem yönetmeliğinde yapılan 2018 değişimleri yönetmeliğimizin dünyadaki gelişmelere göre revizyonunu sağlamış ve daha güncel bir yönetmeliğimiz olmuştur.

KAYNAKLAR

- Altundal, A., 2014, Betonarme yapı elemanları " Hurdi Döşemeler" ders sunumu, 2014 güz, *Sakarya*, Prof. Adil Altundal, p. 1-20.
- Anonim, 1995-2000, Depremler hakkında genel bilgiler, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/genel-bilgiler/>: [16 Kasım 2017].
- Anonim, 2012a, Yeryüzünde oluşan deprem türleri, İstanbul, <http://www.jeofizikmuhendisleri.com/makaleler/.Deprem.T%C3%BCrleri.Nelerdir?>: [16 Kasım 2017].
- Anonim, 2012b, Deprem parametreleri, İstanbul, <http://www.jeofizikmuhendisleri.com/makaleler/DEPREM.PARAMETRELER%C4%B0>: [16 Kasım 2017].
- Anonymous, 2004, Desing of structures for earthquake resistance of EC 8, 1998-1:2004, *Brussels*, CEN, p. 29-32.
- Aydemir, Z., 2011, TDY 2007 ile Eurocode 8'in betonarme binalardamaliyet açısından karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi*, Sakarya, 18-25.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2004, Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı, 1. Baskı, *İstanbul*, Prof.Dr. Zekai Celep, p. 209-350.
- Doğangün, A., 2009, Betonarme yapıların hesap ve tasarımı, 5. Baskı, *İstanbul*, Birsen Yayınevi, p. 215-318.
- Ghareeb, S. S. H., 2015, Convergences and divergences in seismic construction standards specified in European Union and Turkey, up to 4 story buildings, Degree of master of science, *Near East University*, Nicosia.
- Kacar, B., 2011, A comparison of Turkish earthquake code with Eurocode 8 in reinforced concrete buildings, Msc Thesis, *Kingston University*, London, 18-26.
- Kuzgun, K. E., 2007, 1998 Afet yönetmeliğinin EC 8 ve UBC-97 ile karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi*, Elazığ, 34-37.
- Ocak, F., 2005, Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik (1998) ile eurocode (8 ve 2)' nin genel karşılaştırılması ve yapı elemanları hesabının problemlerle incelenmesi, Yüksek Lisan Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara, 3-30.
- Özgül, S., 2006, Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik - Eurocode 8 ve TS648 - Eurocode 3'ün genel ilkeler ve hesap metotları açısından karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 4-29.
- Özmen, B. ve Nurlu, M., 1999, Deprem Bölgeleri Haritası ile İlgili Bazı Bilgiler, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni*, 99 (2-3), 32-35.

- TDY, 2007, Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, *Ankara*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, p. 3-28.
- Tuncer, A., 2011, Kullanım amaçları farklı binalarda kirişli ve kirişsiz döşemeli taşıyıcı sistemlerin maliyete etkisi üzerine bir çalışma, Yüksek lisans tezi, *Sakarya Üniversitesi*, Sakarya, 26-30.
- Yılmaz, A., 2014, Deprem dalgaları, Kayseri, <https://www.fizik.net.tr/site/deprem-dalgaları/>: [16 Kasım 2017].



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kemal URAY
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Cihanbeyli/1990
Telefon : 507 517 08 35
Faks :
e-mail : Kuray0642@gmail.com

EĞİTİM

Derece		Bitirme Yılı
Lise	: Enderun Fen Lisesi	2007
Üniversite	: Sakarya Üniversitesi	2011
Yüksek Lisans	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011	A.K.M Yapı Denetim	Kontrol Mühendisi
2012	Mehmet Serdar KAYHAN	Şantiye Şefi
2013	Akarşlan İnşaat	Şantiye Şefi
2015	DSİ 26. Bölge Müdürlüğü/Yusufeli B.	Kontrol Mühendisi
2016	TCDD 73 DBM Konya	İnşaat Mühendisi

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

DÖNDÜREN, M. S., & Kemal, U. R. A. Y. (2017). EUROCODE 8 VE TDY 2007'NİN DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI İÇİN TEMEL İLKE VE KOŞULLARININ KARŞILAŞTIRILMASI. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 16(3), 184-197 (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır).