



T.C

KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK PERDELERDE PLASTİK MAFSAL BOYUNUN
ÇEŞİTLİ PARAMETRELER AÇISINDAN İRDELENMESİ

Hacer TÜLEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2020

KONYA

TEZ KABUL VE ONAYI

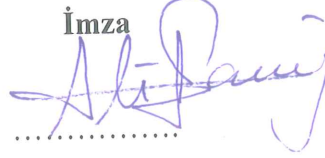
Hacer TÜLEN tarafından hazırlanan “Süneklik Düzeyi Yüksek Perdelerde Plastik Mafsallı Boyunun Çeşitli Parametreler Açısından İrdelenmesi” adlı tez çalışması 03/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Ali Serdar ECEMİŞ

İmza



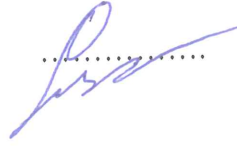
Danışman

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN



Üye

Dr. Öğr. Üyesi Gamze DOĞAN



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Lisansüstü Eğitim 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 seminar 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.

Hacer TÜLEN
03.01.2020



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK PERDELERDE PLASTİK MAFSAL BOYUNUN ÇEŞİTLİ PARAMETRELER AÇISINDAN İRDELENMESİ

Hacer TÜLEN

**Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

2020, 86 sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN
Dr. Öğr. Üyesi Ali Serdar ECEMİŞ
Dr. Öğr. Üyesi Gamze DOĞAN**

Perdeler boyutları itibari ile önemli yatay rijitlikleri olan elemanlardır. Rijitliğin haricinde deprem sırasında perdelerin yükseklik / genişlik oranına bağlı olmak kaydıyla mümkün olduğunca sünek bir şekilde davranıp yapı içinde payına düşen deprem kuvvetini ve enerjisini plastik ötesi deformasyon yaparak sönmülmesi istenir. Bu nedenle perdenin deprem esnasında plastikleşecek olan kritik bölgesinde kesme hasarının oluşmaması ve yeterli sünekliğin sağlanması için özel tasarım yapılır. Böylece deprem sırasında perdede oluşacak olan plastik mafsallaşmanın bu kritik bölge içinde oluşması beklenir. Betonarme yapı elemanlarında plastik mafsal boyunun gerçek yapı davranışa uygun olarak belirlenebilmesi yapılacak olan hesabın ve kabullerin gerçek davranışla mümkün olduğunca uyum içinde olması açısından oldukça önemlidir. Deprem sırasında yapı davranışında oldukça baskın olan betonarme perde gibi düşey taşıyıcı elemanların plastikleşme mekanizması ve plastik mafsal boyu yapı performansının değerlendirilmesi açısından son derece önemlidir.

Bu tez çalışmasında betonarme perdelerin mafsallaşma bölgeleri (mafsal yükseklikleri) perdelerin davranışına etkin çeşitli parametreler açısından analitik olarak belirlenmiştir. Çalışmada ele alınan konu plastik mafsal olduğu için modellenen perdelerin lineer olmayan davranışları incelenmiş ve bu kapsamda da ABAQUS programı kullanılmıştır. Çalışmada farklı kesme açıklıklarına ve farklı yatay sargı donatısı oranlarına sahip, farklı normal kuvvet seviyelerinde 72 adet konsol perde yatay itme analizine tabi tutulmuştur. Yapılan analizler sonucunda elde edilen yük-deplasman grafiklerinde maksimum yükün %15 azaldığı andaki sınır durum ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY-2018) ile Türk Deprem Yönetmeliği-2007(TDY-2007)'de izin verilen maksimum yer değiştirme sınırları gözönüne alınmıştır. Bu

sınırlara göre perde kesitlerinde özellikle perde uçlarında bulunan boyuna donatılarda meydana gelen akma durumuna göre belirlenen “analitik plastik mafsal boyları” (L_{pz}) ve basınç bölgesinde betonda meydana gelen ezilme durumuna göre “görünen plastik mafsal boyları” (L_p) ayrı ayrı belirlenmiştir. Elde edilen bulgular ile literatürde perdelerin plastik mafsal boyunu belirlemek için verilen ampirik formüller arasındaki uygunluk değerlendirilmiştir. Çalışmada ayrıca perdelerin deplasman süneklik değerleride incelenmiştir. Çalışma sonucunda; Kesme açıklığı arttıkça genel olarak plastik mafsal boylarının arttığı görülmüştür. Analitik plastik mafsal boyu ve görünen plastik mafsal boyu değerleri arasında 0.15-0.50 aralığında bir ilişki var olduğu gözlemlenmiştir. Literatürdeki ampirik formüllerden en yüksek yakınlığın görünen plastik mafsal boyu için %78 ve analitik plastik mafsal boyu için %69 ile Kazaz’ın önerdiği denklemle olduğu belirlenmiştir. Perdelerin süneklik değerleri incelendiğinde ise TBDY-2018’in tasarım koşullarını doğrular nitelikte sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Yer değiştirme, Plastik Mafsal, Sonlu Elemanlar, Betonarme Perde.



ABSTRACT
MASTER THESIS
INVESTIGATION OF PLASTIC HINGE LENGTH IN DUCTILE SHEAR
WALLS IN TERMS OF VARIOUS PARAMETERS

Hacer TÜLEN

THE GRADUATE EDUCATION INSTITUTE OF
KONYA TECHNICAL UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

2020,86 Pages

Jury

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN
Asst. Prof. Dr. Ali Serdar ECEMIŞ
Asst. Prof. Dr. Gamze DOĞAN

Reinforced concrete (RC) shear walls are element with significant lateral stiffness by their dimensions. In addition to the stiffness, the RC shear wall must to behaviour as ductile as possible depending on the height/ width ratio during the earthquake and it is requested to absorb the earthquake force which must be receive by forming plastic deformation. Special design is made in the critical area of the shear wall which will occur of plastic damage during the earthquake. With this shear wall design, it is aimed to avoid shear damage and to provide sufficient ductility. The determination of the plastic hinge length in accordance with the actual structure behaviour of the RC structural elements is very important in terms of ensuring that the account and the acceptantes to be made are in harmony with the actual behaviour. The plasticization mechanism and plastic hinge length of the vertical bearing elements such as reinforced concrete shear walls, which are very dominant in the construction behavior during the earthquake, are extremely important for the evaluation of the building performance.

In this thesis, the hinging regions (hinge lengths) of the reinforced concrete walls were analytically determined in terms of various parameters effective on the behavior of the walls. Since the subject discussed in this study is plastic hinge, the nonlinear behavior of the modeled shear walls is examined. Examinations were made using ABAQUS program. In this study, 72 cantilever shear walls with different parameters were analyzed. The plastic length at the base of the RC shear wall models was determined on the basis of analysis results that depend on several parameters, such as the length / height ratio, axial load level and the ratio of the web horizontal reinforcement. As a result of the analysis, load-displacement graphs were obtained. In these graphs, 3 boundary situations are taken into consideration. This boundary conditions; Limit state at the time the maximum load is reduced by %15 and Turkish Earthquake Code 2007 (TEC 2007) with Turkish Building Earthquake Code 2018 (TBEC- 2018) permissible maximum displacement limits. According to these limits, the analytical plastic hinge lengths (L_{pz}) determined according to the yield situation in the longitudinal reinforcement especially at the shear wall ends and the visible plastic hinge lengths (L_p) according to the crushing situation at concrete in the pressure zone were determined separately. The findings were compared with the empirical formulas given in the literature to

determine the plastic hinge length of the shear walls. Displacement ductility values of the shear walls were also investigated. In the results of working; It has been observed that as the length / height ratio increases, plastic hinge lengths. It is observed that there is a relationship between analytical plastic hinge length and visible plastic hinge length values in the range of 0.15-0.50. Among the empirical formulas in the literature, the highest affinity was found to be 78% for apparent plastic hinge length and 69% for analytical hinge length according to the equation proposed by Kazaz. When the ductility values of the shear walls were examined, the results confirming the design conditions of TBEC -2018 were obtained.

Keywords: Earthquake, Displacement, Plastic Hinge, Finite Elements, Reinforced Concrete Shear Wall.



ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve birikimini paylaşarak daima destek olan başta saygı değer hocam Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN' a,

Modelleme aşamasında katkısını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yunus Dere'ye,

Bana sürekli destek olan aileme ve dostlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hacer TÜLEN
KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1.GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı	2
1.3. Çalışmanın Önemi.....	2
2. BETONARME PERDELER	4
2.1. Konsol Perdelerin Davranışları	5
2.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler İçin TBDY-2018 Yönetmelik Koşulları	6
2.2.1 Enkesit Koşulları	6
2.2.2 Kritik Perde Yüksekliği ve Perde Uç Bölgeleri	6
2.2.3 Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları	7
2.2.4 Gövde Donatısı Koşulları	8
2.2.5 Tasarım Eğilme Momentleri ve Kesme Kuvvetleri.....	10
2.2.6 Perdelerin Kesme Güvenliği.....	10
2.3 Perdelerde H_w / l_w Oranının Sismik Davranışına Etkileri	11
3. KRİTİK PERDE YÜKSEKLİĞİ VE PLASTİK MAFSAL TANIMI	13
3.1 Yönetmeliklerde Perdeler İçin Verilen Kritik Yükseklik Sınırları	13
3.2 Plastik Mafsalları Tanımı ve Perdeler İçin Plastik Mafsalları Boyu Kabulleri	13
3.3 Kritik Perde Yüksekliği İle Plastik Mafsalları Boyu Arasındaki İlişkiler.....	19
3.4 Süneklik ve Plastik Mafsalları Boyu	19
4. ABAQUS İLE PERDE MODELİNİN YAPILMASI VE KABULLER	21
4.1 ABAQUS Programı ve Kullanım Alanları	21

4.2 ABAQUS Yazılımında Modelleme Aşamaları	24
5.ANALİTİK ÇALIŞMA	25
5.1 Betonarme Perde Hesabı	27
5.1.1 Kritik Perde Yüksekliği ve Perde Uç Bölgeleri	27
5.1.2 Perde Donatılarının Belirlenmesi	27
5.2 ABAQUS Programında Perde Modelinin Oluşturulması	29
5.2.1 Perde Modeli İçin Parçaların Oluşturulması	29
5.2.2 Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması	30
5.2.3 Oluşturulan Parçaların Birleştirilmesi.....	31
5.2.4 Analiz Adımlarının Belirlenmesi	32
5.2.5 Yükleme Durumu ve Sınır Şartlarının Belirlenmesi	32
5.2.6 Sistemin Küçük Parçalara Bölünmesi ve Analizin Tamamlanması.....	33
5.3 Plastik Mafsal Boyunun Belirlenmesi.....	35
5.4 ABAQUS Programının Doğrulanması.....	39
6.ARAŞTIRMA BULGULARI.....	40
6.1 ABAQUS Sonuçları	54
6.2 ABAQUS Sonuçlarının Yorumlanması	60
6.3 Mevcut Ampirik Formüllerle Karşılaştırma.....	73
7.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	77
7.1 Sonuçlar.....	78
7.2 Öneriler	80
KAYNAKLAR	82
ÖZGEÇMİŞ	85

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ρ_s	Yatay sargı donatısı oranı
N/N_0	Normal kuvvet seviyesi
l_w	Perdenin plandaki uzunluğu
b_w	Perdenin gövde kalınlığı
H_w	Perde yüksekliği
H_w/L_w	Kesme açıklığı
L_{pz}	Analitik plastik mafsal boyu
L_p	Plastik mafsal boyu
N_{dm}	Hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü
A_c	Perdenin enkesit alanı
f_{ck}	Betonun karakteristik basınç dayanımı
δ_{imax}	Etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri
h_i	Binanın i' inci katının kat yüksekliği
ϵ_{cu}	Betonun izin verilen en büyük kısalması
$\sum A_g$	Deprem doğrultusundaki perdelerin alanlarının toplamı
$\sum A_p$	Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı
f_{ctd}	Betonun tasarım çekme dayanımı
s	Enine donatı aralığı
b_k	En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık
f_{ywk}	Enine donatının karakteristik akma dayanımı
\emptyset	Donatı Çapı
β_v	Kesme kuvveti büyütme katsayısı
A_{ch}	Boşluksuz perdenin brüt enkesit alanı
N	Kat sayısı
M_u	Perde kesitindeki moment değeri
V_u	Perde kesitindeki kesme kuvveti
Δ_y	Akma durumundaki ötelenme
Δ_p	Plastik ötelenme
\emptyset_y	Akma eğriliği
\emptyset_u	Nihai eğrilik
μ_u	Nihai yer değıştirme
μ_y	Akma yer değıştirmesi

Kısaltmalar

TBDY-2018	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
TS498-1987	Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TDY-2007	Türk Deprem Yönetmeliğinin 2007
ABYYHY-1998	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1998
EC8-2005	Design of Structures for Eartquake Resistance
ACI 318-2019	Building Code Requirements for Structural Concrete 2019
NBC-2015	The National Building Code of Canada-2015
TS-500-2000	Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları-2000



TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1 Yönetmeliklerce belirlenen kritik perde yüksekliği sınırları	13
Tablo 5.1 Seçilen parametreler ve değişimleri	25
Tablo 5.2 Modellenen perdeler ve parametreleri	26
Tablo 5.3 Modellemede Kullanılan Parametre Değerleri	30
Tablo 5.4 Modelleme ve analiz için sırasıyla kullanılan modüller	34
Tablo 5.5 Perdeler için sınır şartlarına göre belirlenen deplasman değerleri	36
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları	40
Tablo 6.2 Çeşitli parametreler için perdelerin süneklik değerleri	55
Tablo 6.3 Çeşitli parametreler için belirlenen plastik mafsal boyları	57
Tablo 6.4 Yatay gövde donatısı oranlarına göre $(L_p/L_w)_{ort}$ 'nin değerleri	61
Tablo 6.5 Yatay gövde donatısı oranlarına göre $(L_{pz}/L_w)_{ort}$ 'nin değerleri	63
Tablo 6.6 Yatay gövde donatısı oranlarına göre $(L_p/L_w)_{ort}$ 'nin değerleri	66
Tablo 6.7 Yatay gövde donatısı oranlarına göre $(L_{pz}/L_w)_{ort}$ 'nin değerleri	67
Tablo 6.8 Kesme açıklığına göre $(L_p/L_w)_{ort}$ 'nin değerleri	70
Tablo 6.9 Yatay gövde donatısı oranlarına göre $(L_p/L_w)_{ort}$ 'nin değerleri	70
Tablo 6.10 Yatay gövde donatısı oranlarına göre $(L_{pz}/L_w)_{ort}$ 'nin değerleri	72

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Konsol perde davranışı	5
Şekil 2.2 Perdeler için konstrüktif kurallar (TBDY-2018)	9
Şekil 2.3 Perdeler için konstrüktif kurallar (TDY-2007)	9
Şekil 2.4 Tasarım eğilme momenti ve tasarım kesme kuvveti diyagramları	11
Şekil 3.1 Plastik mafsal yöntemi ve mafsal boyunun tanımı	15
Şekil 3.2 Taşıyıcı sistemin yer değiştirme ilişkisi	20
Şekil 4.1 ABAQUS ana penceresi	24
Şekil 5.1 Perde donatı detayı	28
Şekil 5.2 Perde ve temel partı	29
Şekil 5.3 Yatay gövde donatısı partı	29
Şekil 5.4 Betonun gerilme-şekil değiştirme diyagramları	30
Şekil 5.5 Çeliğin gerilme-şekil değiştirme ilişkisi	31
Şekil 5.6 Basınç hasar parametreleri	31
Şekil 5.7 Gömülü modellemeyle oluşturulmuş olan model	32
Şekil 5.8 Yükleme ve mesnet durumu	33
Şekil 5.9 Perde kesitinin bölünmüş hali	33
Şekil 5.10 Yük- deplasman grafiğinde göçme durumun teorik gösterimi	35
Şekil 5.11 Yük- deplasman grafiğinde göçme durumun teorik gösterimi	35
Şekil 5.12 L_{pz} ve L_p 'nin perde üzerindeki teorik gösterimi	38
Şekil 5.13 Betonda oluşan hasar dağılımı	38
Şekil 5.14 Donatıda oluşan hasar dağılımı	38
Şekil 5.15 RW2 perdesi donatı detayı (Thomsen ve Wallace (1995))	39

Şekil 5.16 Yük deplasman eğrilerinin karşılaştırılması	39
Şekil 6.1 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_w-H_w/L_w$ grafiği	60
Şekil 6.2 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_w-H_w/L_w$ grafiği	60
Şekil 6.3 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_w-H_w/L_w$ grafiği	61
Şekil 6.4 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_{pz}/L_w-H_w/L_w$ grafiği	62
Şekil 6.5 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_{pz}/L_w-H_w/L_w$ grafiği	62
Şekil 6.6 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_{pz}/L_w-H_w/L_w$ grafiği	62
Şekil 6.7 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz}-H_w/L_w$ grafiği	63
Şekil 6.8 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz}-H_w/L_w$ grafiği	64
Şekil 6.9 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz}-H_w/L_w$ grafiği	64
Şekil 6.10 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_w-H_w/L_w$ grafiği	65
Şekil 6.11 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_w-H_w/L_w$ grafiği	65
Şekil 6.12 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_w-H_w/L_w$ grafiği	65
Şekil 6.13 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_{pz}/L_w-H_w/L_w$ grafiği	66
Şekil 6.14 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_{pz}/L_w-H_w/L_w$ grafiği	67
Şekil 6.15 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_{pz}/L_w-H_w/L_w$ grafiği	67
Şekil 6.16 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz}-H_w/L_w$ grafiği	68
Şekil 6.17 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz}-H_w/L_w$ grafiği	68
Şekil 6.18 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz}-H_w/L_w$ grafiği	68
Şekil 6.19 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_w-H_w/L_w$ grafiği	69
Şekil 6.20 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_w-H_w/L_w$ grafiği	69
Şekil 6.21 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_w-H_w/L_w$ grafiği	70
Şekil 6.22 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_{pz}/L_w-H_w/L_w$ grafiği	71

Şekil 6.23 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_{pz}/L_w-H_w/L_w$ grafiği	71
Şekil 6.24 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_{pz}/L_w-H_w/L_w$ grafiği	71
Şekil 6.25 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz}-H_w/L_w$ grafiği	72
Şekil 6.26 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz}-H_w/L_w$ grafiği	73
Şekil 6.27 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz}-H_w/L_w$ grafiği	73
Şekil 6.28 Analiz Sonuçlarıyla Eurocode-8'e göre plastik mafsallıkların boylarının karşılaştırılması; (a) Görünen plastik mafsallık boyu (L_p) ile, (b) Analitik plastik mafsallık boyu (L_{pz}) ile	74
Şekil 6.29 Analiz Sonuçlarıyla Biskinis ve Fardis'e göre plastik mafsallıkların boylarının karşılaştırılması; (a) Görünen plastik mafsallık boyu (L_p) ile, (b) Analitik plastik mafsallık boyu (L_{pz}) ile.	75
Şekil 6.30 Analiz Sonuçlarıyla Bohl ve Adebar'e göre plastik mafsallıkların boylarının karşılaştırılması; (a) Görünen plastik mafsallık boyu (L_p) ile, (b) Analitik plastik mafsallık boyu (L_{pz}) ile	75
Şekil 6.31 Analiz Sonuçlarıyla Kazaz'a göre plastik mafsallıkların boylarının karşılaştırılması; (a) Görünen plastik mafsallık boyu (L_p) ile, (b) Analitik plastik mafsallık boyu (L_{pz}) ile	76

1.GİRİŞ

Mevcut yapı stoğunun büyük kısmı betonarme yapılardan oluşan Türkiye deprem aktivitesinin oldukça yoğun olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Özellikle neredeyse her on yılda bir yaşanan büyük depremler yapı tasarımında deprem kuvvetlerinin önemini arttırmaktadır. Betonarme yapılarda deprem kuvvetlerinin karşılanması amacıyla özellikle çok katlı yapılarda betonarme perdelerin kullanılması ile yapının yatay rijitliği artmaktadır. Kullanılan perdeler ile taşıyıcı sistem içinde bulunan kolon-kiriş (çerçeve) sisteminin yatay yer değiştirmesi sınırlanmakta, oluşacak ikinci mertebeye etkileri minimize edilmekte, çerçevenin deprem sırasında üzerine gelen deprem etkisi azalmakta ve taşıyıcı sistemde güvenilir ve ekonomik bir tasarım oluşturulmasını sağlamaktadır.

Depreme dayanıklı bir yapı tasarımında süneklik kavramı da en az rijitlik kadar önemlidir. Deprem esnasında yapının enerji yutabilmesi için plastik deformasyonlar yapılabilmesi gerekmektedir. Yapı elemanlarında meydana gelen plastik deformasyonlar belirli bir bölgede oluşmakta ve bu bölge plastik mafsallık bölgesi olarak isimlendirilmektedir. Plastik mafsallık bölgesi elemanın yük taşıma ve deformasyon kapasitesi açısından oldukça önemlidir (Sümer, 2017).

Perdeler boyutları itibari ile önemli yatay rijitlikleri olan elemanlardır. Rijitliğin haricinde deprem sırasında perdelerin yükseklik / genişlik (kesme açıklığı) oranına bağlı olmak kaydıyla mümkün olduğunca sünek bir şekilde davranıp payına düşen deprem kuvvetini elastik ötesi deformasyonlar yaparak emmesi istenir. Bu nedenle perdenin plastikleşecek olan kritik bölgesinde özel tasarım yapılır. Bu bölgede perdenin plandaki uzunluğuna yakın bir yükseklik boyunca enine donatılar sıklaştırılmaktadır ve perde elemanının burkulmasını önlemek için de perde uç bölgelerinde kolonlara benzer bir tasarım gerçekleştirilmektedir.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu yüksek lisans tezinin amacı; farklı yapısal parametrelere sahip ve yüksek süneklikte tasarlanmış perdelerin plastik mafsallık boylarının analitik olarak belirlenmesi ve bu amaç için yönetmeliklerce izin verilen tasarım yer değiştirme değerlerinde betonda ve donatıda oluşan hasarların incelenmesidir. Bu motivasyondan hareketle; farklı yatay sargı donatısı (ρ_{sh}) miktarlarına sahip, farklı normal kuvvet seviyesindeki

(N/N_o) perdelerin H_w/l_w oranlarındaki farklılıkta gözönünde bulundurularak deprem sırasında meydana gelen plastik hasarlar analitik olarak incelenmiş ve böylece değişkenlerin plastik mafsal boyu üzerindeki etkileri de belirlenmiş olacaktır.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışmada plastik mafsal bölgelerinin belirlenebilmesi için gerekli olan lineer olmayan davranış ABAQUS programı kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmada program ve modelin doğruluğu ilk olarak Thomsen ve Wallace (1995) tarafından gerçekleştirilmiş H_w/l_w oranı 3 olan RW2 perde modeli üzerinden kontrol edilmiştir. Kontrolün ardından Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018'de (TBDY-2018) yer alan tasarım esasları göz önüne alınarak seçilen parametrelere uygun olacak şekilde 72 adet yüksek süneklikte betonarme perde modeli oluşturulmuştur. Perdelerin lineer olmayan davranışları üzerinden sonuçlar değerlendirilmiştir. Perde kesitlerindeki hasarlar incelenirken donatıda meydana gelen akma durumuna göre belirlenen analitik plastik mafsal boyu (L_{pz}) ve betonda meydana gelen ezilme durumuna göre belirlenen görünen plastik mafsal boyunun uzunluğu (L_p) ayrı ayrı dikkate alınmıştır ve aralarındaki ilişki belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen plastik mafsal boyları ve literatürde perdelerin plastik mafsal boyunu belirlemek için yer alan ampirik formüller arasındaki uygunluk değerlendirilmiştir.

1.3 Çalışmanın Önemi

Betonarme yapı elemanlarında plastik mafsal boyunun gerçek yapı davranışa uygun olarak belirlenebilmesi yapılacak olan hesabın ve kabullerin gerçek davranışla mümkün olduğunca uyum içinde olması açısından oldukça önemlidir. Genel olarak kolon ve kirişlerde yapılan plastik bölge analizlerinde plastik mafsal boyu için kesit yüksekliğin yarısı kabulü yaygın olarak yapılan bir kabuldür. Bu nedenle kolon ve kirişlerde sıklaştırma/sargılama bölgesi plastik mafsal oluşacak bu bölgeyi kapsayacak şekilde seçilmektedir. Benzer şekilde perdelerde de plastik mafsal bölgesini kapsaması açısından yönetmeliklerde kritik perde yüksekliği tanımlanmaktadır.

Betonarme perdelerin şekil değiştirme ve yük kapasitelerini ele alan çalışmalar incelendiğinde perdelerin H_w/l_w oranının davranış üzerinde etkili olduğu görülmüştür. 2007 ve 2018 Türk deprem yönetmeliklerinde perde yüksekliğinin perde genişliğine olan oranı H_w / l_w eğer 2'den büyükse perde eğilme perdesi 2'den küçükse kesme

perdesi olarak isimlendirilmiştir. 2 sayısının tam olarak nereye dayandığı ise ayrı bir merak konusudur. Eğilme perdesinde plastik mafsall oluşumu beklendiği için kritik bölge tanımlanmış, perde uç bölgelerinin oluşturulması istenmiştir. Kesme perdesinde ise gövde donatısı şartları ağırlaştırılarak kesme kapasitesi yükseltilmiştir. Perdenin tıknazlaşmasının perdeyi daha fazla kesmeye zorlayacağı açıktır.

Literatür incelendiğinde perde boyu, perde yüksekliği, eksenel yük seviyesi ve moment/kesme kuvveti oranına bağlı olarak perdelerde her farklı parametre için farklı bir plastik mafsall boyu ifadesi olduğu görülmüştür. Her parametrenin ayrı ayrı plastik mafsall boyunu etkilediği düşünüldüğünde H_w / l_w oranının etkisi ve bunun yanında sargı donatısının miktarının ve eksenel yük seviyesinin değişiminin de ele alınması plastik mafsall boyunun gerçek davranışa uygun şekilde belirlenmesi için önemli parametrelerdir.

2. BETONARME PERDELER

TBDY-2018'e göre betonarme perdeler, planda uzun kenarının kalınlığa oranı (l_w/b_w) en az 6 olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Burada ilginç olan 1975 yönetmeliğinde L_w/b_w oranı 5 iken 1998 ve 2007 yönetmeliğinde bu oranın 7'ye çıkmış 2018 ise oranın 6'ya inmiş olmasıdır. Bununla beraber yönetmelikte perdelerin yüksekliğine bağlı olarak bir perde olma koşulu tanımlanmamıştır. Sadece perde yüksekliğinin planda uzunluğuna olan oranı (H_w/l_w)<2.0 olması durumunda perdenin eğilme perdesi değil kesme perdesi olacağından bahsedilmektedir.

Perdelerde boşluklar çıkarıldıktan sonra kalan net enkesit alanı, N_{dm} yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri-1987'de (TS498 1987) hareketli yükler için tanımlanmış olan hareketli yük azaltma katsayıları dikkate alınarak, G ve Q düşey yükler ve E deprem yükünün ortak etkisi G+Q+E altında hesaplanan aksenal basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere Denk.(2.1) koşulunu sağlamaları gerekmektedir.

$$A_c \geq N_{dm} / (0,35 f_{ck}) \quad (2.1)$$

Denk.(2.1)'de verilen 0,35 oranı 1998 ve 2007 deprem yönetmeliklerinde 0,50 olarak hesaba alınmaktaydı.

Perdeler yüksek rijitliğe sahip olduklarından yapıya etkiyen rüzgar ve deprem gibi yatay kuvvetlerin büyük bir kısmını karşılamakta ve sisteminin görelî kat ötelemelerini sınırlandırarak deprem yükü etkisi altında sistem elemanlarının daha az hasar görmelerini sağlamaktadırlar. Türk Deprem Yönetmeliği-2007'de (TDY-2007) tasarımda izin verilen maksimum değiştirme Denk.(2.2a)'yı ve TBDY-2018'de tasarımda izin verilen maksimum yer değiştirme Denk.(2.2b)'yi sağlamalıdır. Perdeler aynı zamanda kat devrilme momenti, kesme kuvveti ve burulma momentinin taşınmasında da katkı sağlamaktadırlar.

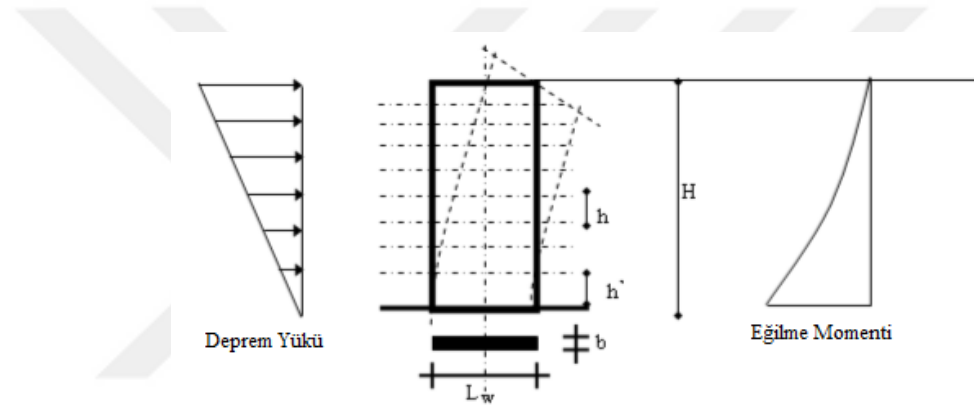
$$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0,02 \quad (2.2a)$$

$$\lambda \frac{(\delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0,016\kappa \quad (2.2b)$$

Burada; $\delta_{i\max}$: Etkin görel kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri, h_i : Binanın i ' inci katının kat yüksekliği, λ : DD-3 (tekrarlanma periyodu 72 yıl olan deprem) depremine göre hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesinin DD-2 (tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem) depremine göre hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesine oranı, κ betonarme binalarda 1.

2.1. Konsol Perdelerin Davranışları

Yüksek yapılarda yer alan boşluksuz perdeler Şekil 2.1'de gösterildiği gibi konsol kiriş davranışı sergilemektedir. Konsol perdeler yatay yüklerden dolayı oluşan eğilme momentine ve düşey yüklerden kaynaklanan aksenal normal kuvvete maruz kalmaktadır (Baykul,2014).



Şekil 2.1 Konsol perde davranışı (Şahin,2004). (H: Perde yüksekliği ,h': Kritik perde yüksekliği, h: Kat yüksekliği, L_w : Perdenin plandaki uzunluğu, b: Perdenin gövde kalınlığı)

Perdeler, kat seviyelerinde kat döşemeleri ile bağlandığından gövde kalınlığı az olduğu için oluşabilecek olan yanal burkulma tehlikesi oldukça azdır. Kat döşemelerinin yeterli kalınlıkta olmaları durumunda yanal diyafram gibi davranmaları nedeniyle perdelerde burkulmaya sebep olan kritik boyun perde yüksekliği yerine kat yüksekliği olarak belirlenmesi oldukça doğru bir yaklaşımdır (Baykul,2014).

Konsol perdeler en fazla mesnet kesitinde zorlanmaktadır. Bu yüzden basınç bölgesindeki betonun izin verilen en büyük kısalması (ϵ_{cu}) (TS-500-2000'de 0.003 olarak verilmiştir) arttırılarak kesit sünekliğinde artış olması hedeflenmektedir ve perdenin plandaki uzunluğuna yakın bir yükseklik boyunca enine donatılar sıklaştırılmalıdır. Boyuna donatıların burkulmasını engellemek için yatay donatılar kullanılmalıdır. Perdelerin eleman olarak burkulmasının engellemek için ise perde uç bölgelerinde basınç bölgesini büyütme ve kesitteki zorlamayı azaltmak için basınç

bölgesinde kolonlara benzer bir tasarım yapılması uygun bir yaklaşım olacaktır. (Baykul,2014).

2.2 Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler İçin TBDY-2018 Yönetmelik Koşulları

2.2.1 Enkesit Koşulları

TBDY-2018'e göre perdelerin gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/16'sından ve 250 mm'den küçük olmaması gerekir. Ayrıca TBDY-2018, taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan binalarda (yani tünel kalıp binalarda), Denk.(2.3) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda perde kalınlığının, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm'den az olmaması gerektiğini belirtmektedir.

$$\sum A_g / \sum A_p \geq 0.002 \quad (2.3a)$$

$$V_t / \sum A_g \leq 0.5f_{ctd} \quad (2.3b)$$

Burada , $\sum A_g$; Deprem doğrultusundaki perdelerin alanlarının toplamı, $\sum A_p$; Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı, f_{ctd} ; Betonun tasarım çekme dayanımıdır.

2.2.2 Kritik Perde Yüksekliği ve Perde Uç Bölgeleri

Kritik perde yüksekliği, H_{cr} , temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren $2l_w$ değerini aşmamak üzere, Denk.(2.4)'de verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

$$2l_w \geq H_{cr} \geq \max [l_w ; H_w/6] \quad (2.4)$$

Burada, l_w ; Perdenin plandaki uzunluğu, H_w ; temel üstünden veya perdenin brüt kesit eğilme rijitliğinin yarıya indiği seviyeden itibaren ölçülen perde yüksekliğidir.

$H_w/l_w > 2$ olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır. Uç bölgeleri, perde uç bölgesinin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin içindedir düzenlenebilir.

Dikdörtgen kesitli perdelerde, Denk.(2.4)'de tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmamalıdır. 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 daha az alınmaması gerektiği belirtilmektedir.

2.2.3 Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları

TBDY-2018 'e göre tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerinin her birinde toplam düşey donatı alanının perde brüt enkesit alanına oranı en az 0.002 bu yüksekliğin dışında ise bu oran 0.001'den daha az olmamalıdır. Ayrıca, perde uç bölgelerinin her birinde boyuna donatı miktarı $4\phi 14$ 'ten az olmayacaktır. Perde uç bölgelerinde boyuna donatı oranı 0.03'ü (bindirme bölgesinde 0.06) geçmemelidir. Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar, aşağıdaki kurallara uyularak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve/veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılacaktır.

(a) Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm'den küçük alınmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay mesafe, a, etriye ve çiroz çapının 25 katından daha fazla olmayacaktır.

(b) Denk.(2.4)'de tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine, kolonların sarılma bölgeleri için Denk.(2.5) ile belirlenen enine donatının en az $2/3$ 'ü konulacaktır. Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı 150 mm'den daha büyük, 50 mm'den daha küçük alınmayacaktır. Bu aralık boyuna donatı çapının 6 katı ve perde kalınlığının $1/3$ 'ünden fazla olmayacaktır. Perde uç bölgesindeki enine donatılar temelin içinde, 300 mm'den ve perde kalınlığından küçük olmayan bir yükseklik boyunca devam ettirilecektir.

$$A_{sh} \geq 0.0075 s b_k (f_{ck} / f_{ywk}) \quad (2.5)$$

Burada; s; Enine donatı aralığı, b_k ; En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık, f_{ck} ; Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı, f_{ywk} ; Enine donatının karakteristik akma dayanımı, A_{sh} ; s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin gözönüne alınan b_k 'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamıdır.

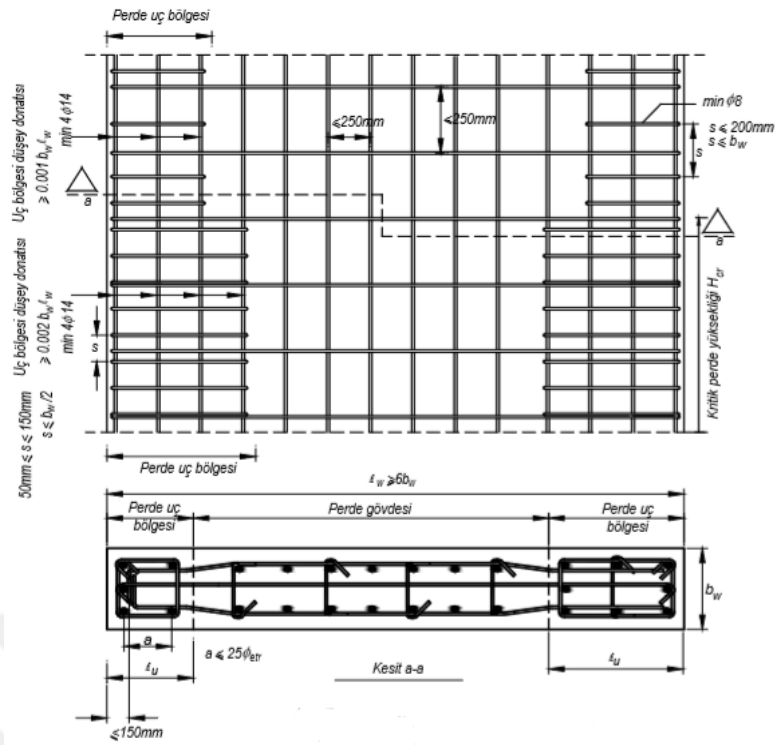
(c) Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya çiroz aralığı, perde kalınlığından ve 200 mm'den daha büyük alınmamalıdır.

2.2.4 Gövde Donatısı Koşulları

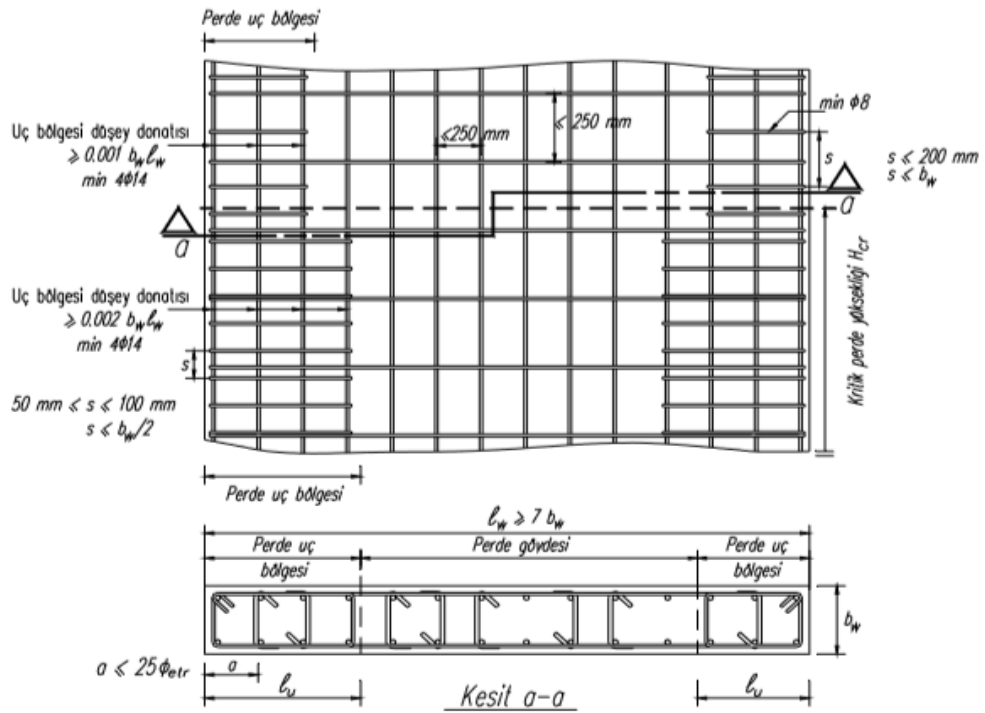
Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, boyuna ve enine donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmamalıdır. $H_w / l_w < 2.0$ olması durumunda perde gövde bölgesi, perdenin tüm kesiti olarak gözönüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmamalıdır.

Denk.(2.3)'de verilen koşulların her ikisinin de sağlandığı binalarda, boyuna ve enine toplam gövde donatısı oranlarının her biri 0.002'ye indirilebilir. Ancak bu durumda donatı aralığı 300 mm'yi geçmemelidir.

Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağırları, her bir metrekaare perde yüzünde en az dört adet özel deprem çirozu ile karşılıklı olarak bağlanmalıdır. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgeleri dışındaki beher metrekaare perde yüzünde en az on adet özel deprem çirozu kullanılmalıdır. Çirozların çapı, en az yatay donatının çapı kadar olacaktır. Ancak, çirozların birim alandaki sayısı $\emptyset_{gövde} / \emptyset_{çiroz}$ oranında arttırılarak çapı küçültülebilir. Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'de 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinde süneklik düzeyi yüksek perdeler için verilen tüm kurallar gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Perdeler için konstrüktif kurallar (TBDY-2018)



Şekil 2.3 Perdeler için konstrüktif kurallar (TDY-2007)

2.2.5 Tasarım Eğilme Momentleri ve Kesme Kuvvetleri

$H_w / l_w > 2.0$ koşulunu sağlayan perdelerde tasarıma esas eğilme momentleri, belirlenen kritik perde yüksekliği boyunca sabit bir değer olarak, perde tabanında hesaplanan eğilme momentine eşit alınacaktır. Kritik perde yüksekliğinin sona erdiği kesitin üstünde ise, perdenin tabanında ve tepesinde hesaplanan momentleri birleştiren doğruya paralel olan doğrusal moment diyagramı uygulanacaktır. Bu durum temsili olarak Şekil 2.4' de gösterilmiştir.

$H_w / l_w > 2.0$ koşulunu sağlayan perdelerde, gözönüne alınan herhangi bir kesitte enine donatı hesabında esas alınacak tasarım kesme kuvveti, V_e , Denk. (2.6) ile hesaplanacaktır.

$$V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \quad (2.6)$$

Burada; β_v ; Kesme kuvveti büyütme katsayısı, 1.5, $(M_p)_t$; Perdenin taban kesitinde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi gözönüne alınarak hesaplanan moment kapasitesi, $(M_d)_t$; Perdenin taban kesitinde yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan momenttir.

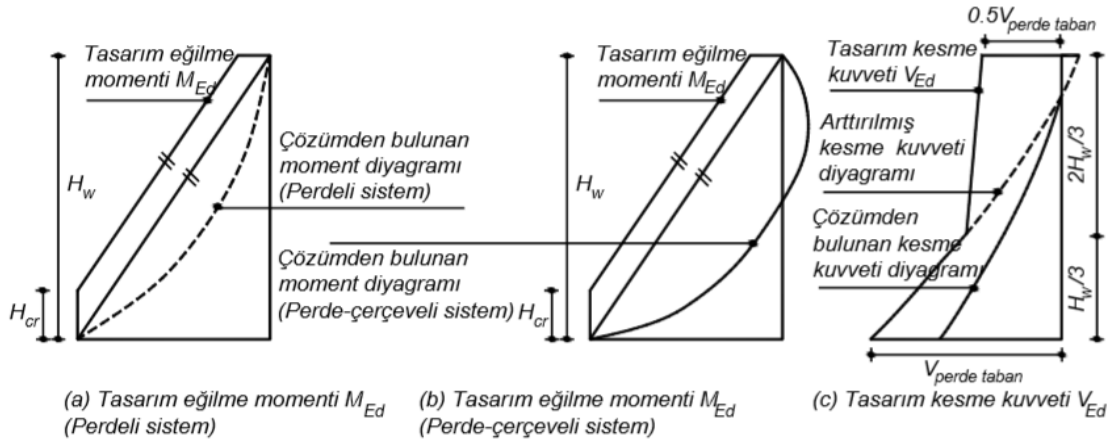
Düşey yükler (G+Q) ile TBDY-2018'e göre hesaplanan deprem yükünün (E) boşluksuz perdelerde 1.2D (dayanım fazlalığı katsayısı) katı ile büyütülmesi ile elde edilen değer, Denk. (2.6) ile hesaplanan V_e 'den küçük olması durumunda V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır. $H_w / l_w \leq 2.0$ olan perdelerin bütün kesitlerinde tasarım kesme kuvvetleri, TBDY-2018 Bölüm 4'e göre hesaplanan kesme kuvvetlerine eşit alınacaktır.

2.2.6 Perdelerin Kesme Güvenliği

Perde kesitlerinin kesme dayanımı, V_r , Denk.2.7 ile hesaplanacaktır.

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) \quad (2.7)$$

Burada; A_{ch} ; Boşluksuz perdenin brüt enkesit alanı, f_{ctd} ; Betonun tasarım çekme dayanımı, ρ_{sh} ; Perdede yatay gövde donatılarının hacimsel oranı, f_{ywd} ; Enine donatıların tasarım akma dayanımıdır.



Şekil 2.4 Tasarım eğilme momenti ve tasarım kesme kuvveti diyagramları(TBDY-2018)

2.3 Perdelerde H_w / l_w Oranının Sismik Davranışına Etkileri

Betonarme perdelerin şekil değiştirme ve yük kapasitelerini ele alan çalışmalar incelendiğinde perdelerin yükseklik / genişlik (H_w/l_w) oranının davranış üzerinde etkili olduğu görülmüştür. 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinde perde yüksekliğinin perde genişliğine olan oranı H_w/l_w eğer 2'den büyükse perde eğilme perdesi 2'den küçükse kesme perdesi olarak isimlendirilmiştir. Eğilme perdesinde plastik mafsall oluşumu beklendiği için kritik bölge tanımlanmış kesme perdesinde ise gövde donatısı şartları ağırlaştırılarak kesme kapasitesi yükseltilmiştir. Perdenin tıknazlaşmasının perdeyi daha fazla kesmeye zorlayacağı açıktır. Bu konu üzerinde bazı araştırmacılar bazı analitik çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Örneğin Kazaz ve Gülkan (2012) yaptıkları çalışmada; TDY-2007'de verilen betonarme elemanlar için kesit birim şekil değiştirme kapasite bağıntılarının doğruluğunu betonarme perdeler açısından incelemişlerdir. Yapılan analizler sonucunda perde boyu ve aksenal yük artışının perde ötelenme kapasitesini azalttığı gözlemlenmiştir. Eğrilik, plastik mafsall dönme açısı, ötelenme oranı ve birim şekil değiştirme kapasiteleri kullanılarak perdelerin hasar sınırları belirlenmiştir. Şahin ve ark. (2015) çalışmalarında farklı H_w / l_w oranına sahip perdeler için yapılan analizlerde H_w / l_w oranı arttıkça eğilme momentlerinde ve yer değiştirme değerlerinde azalma olduğu görülmüş ve analiz sonuçları incelendiğinde H_w / l_w oranı küçük değerler aldığıda perde uç bölgesi derinliğinin davranış üzerinde daha az etkisi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca perdelerin eğrilik sünekliği kapasitelerinin perde uç bölgesi alanı ve donatı oranına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir.

Yapılan alışmalar incelendiğinde H_w / l_w oranının değişiminin eğilme momenti değerlerini ve yer değiştirme değerlerini etkilediği görülmektedir. H_w / l_w oranının değişimi yönetmeliklerce de ele alınmıştır ve perde uç bölgelerinin oluşturulması, gövde donatısının düzenlenmesi, eğilme momenti ve kesme kuvvetinin belirlenmesinde bu oran dikkate alınmaktadır.



3. KRİTİK PERDE YÜKSEKLİĞİ VE PLASTİK MAFSAL TANIMI

Bu bölümde kritik perde yüksekliği için çeşitli yönetmeliklerce belirlenmiş olan sınır değerlerine, literatürde perdelerin plastik mafsal boyunu belirlemek için belirlenmiş olan ampirik formülere ve kritik perde yüksekliği ile plastik mafsal boyu arasındaki ilişkiye yer verilmiştir.

3.1 Yönetmeliklerde Perdeler İçin Verilen Kritik Yükseklik Sınırları

Konsol perdelerin en zorlanan kesiminin temele mesnetlendiği kesim olduğu varsayımı yapıldığından temel üst kotundan itibaren toplam perde yüksekliğinin belirli bir bölgesi kritik perde yüksekliği olarak belirlenmektedir. Kritik perde bölgesinin yüksekliği yönetmeliklerde verilen sınır değerler dikkate alınarak belirlenmektedir. Örneğin Tablo 3.1’ de Türkiye’de son üç dönemdir uygulanan deprem yönetmelikleri Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1998), Türk Deprem Yönetmelikleri (TDY-2007, TBDY-2018) ile Design of Structures for Earthquake Resistance (EC8-2005) ve Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-2019) yönetmeliklerinde kritik perde yüksekliği için verilen formüller gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Yönetmeliklerce belirlenen kritik perde yüksekliği sınırları

Referanslar	Kiritik Perde Yüksekliği (H_{cr}) Sınırları
ABYYHY-1998, TDY-2007 TBDY-2018	$2l_w \geq H_{cr} \geq \max(l_w ; H_w/6)$
EC8-2005	$H_{cr} = \max (l_w ; H_w/6), 2l_w$ $H_{cr} \leq h_s \quad n \leq 6$ katlı $2h_s \quad n \geq 7$ katlı
ACI- 318-2019	$H_{cr} = (l_w ; M_u / 4V_u)$

(l_w : Perdenin plandaki uzunluğu, H_w : Toplam perde yüksekliği, h_s : kat yüksekliği, n : kat sayısı, M_u : Perde kesitindeki moment değeri, V_u : Perde kesitindeki kesme kuvveti)

3.2 Plastik Mafsal Tanımı ve Perdeler İçin Plastik Mafsal Boyu Kabulleri

Depremler esnasında betonarme yapılarda doğrusal olmayan şekil değiştirmeler meydana gelmektedir. Davranışın doğrusal olmamasının nedeni malzemenin gerilme şekil değiştirme bağıntıları ve geometri değişimlerinin bağıntılarının doğrusal olmamasıdır. Yapılarda doğrusal olmayan eğilme şekil değişmelerinin plastik mafsalları

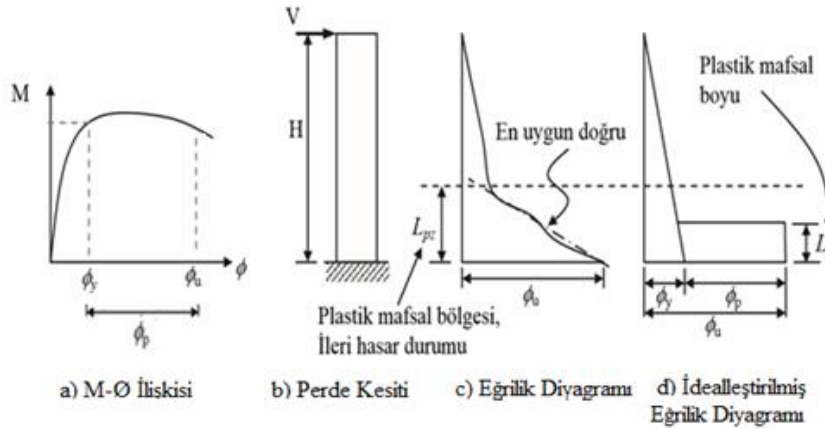
adı verilen kesitlerde toplandığı, bunun dışında kalan bölgelerde sistemin doğrusal elastik davrandığı varsayımı yapılmaktadır. Bu hipotez plastik mafsallık hipotezi olarak isimlendirilmektedir (Kumbasaroğlu, 2010).

Deprem yüklerinin önemli miktarının veya tamamının betonarme perdeler aracılığıyla taşınması planlanan yapılarda, perdeler taşıyıcı sistemden ayrı olacak şekilde dikey bir konsol kiriş gibi düşünülerek incelemeler yapılmaktadır. Şekil 3.1' de görüldüğü üzere plastik mafsallık hesap esasında tepe noktasındaki ötelenme, akma durumundaki ötelenme (Δ_y) ve perde alt bölgesinde meydana gelen plastik mafsaldaki dönmeden oluşan plastik ötelenme (Δ_p) bileşenlerinin toplamı olacak şekilde belirlenmektedir. Ötelenme değeri Denk.(3.1) ile belirlenmekte ve akma durumuyla meydana gelen ötelenme perde boyunca doğrusal olduğu kabul edilen elastik eğrilik dağılımının çift entegrasyonu ile belirlenirken, plastik bileşen ise plastik mafsallık dönme açısı ve perde boyunun çarpımıyla hesaplanmaktadır(Kazaz ve Gülkan,2012).

$$\Delta = \Delta_y + \Delta_p = \frac{\phi_y H^2}{3} + (\phi_u - \phi_y) L_p (H - 0.5L_p) \quad (3.1)$$

(3.1) bağıntısındaki ϕ_y akma eğriliğini, ϕ_u ise nihai eğriliği ifade etmektedir ve $(\phi_u - \phi_y)L_p$ bileşeni plastik mafsallık dönme açısının belirlenmesini sağlamaktadır. Plastik eğriliğin plastik mafsallık boyunun (L_p) orta kısmında yığılı olduğu kabulü yapılmaktadır. Bu boy depremlerden sonra kesit hasarlarının toplandığı gözlem boyu olarak da tanımlanabilir. Aslında plastikleşmenin olduğu bölgenin uzunluğu (L_{pz}) plastik mafsallık boyundan daha büyük bir değer alabilmektedir. Fakat bu boyu dışarıdan gözlemek imkansızdır. Bunun için ancak donatı üzerine yerleştirilen gerilme ölçerlere ihtiyaç vardır. Bundan dolayı L_{pz} ile ilgili yapılan kabuller literatürde genellikle $2L_p$ olarak kabul edilmektedir. Yönetmeliklerde ve değişik çalışmalarda önerildiği üzere, perdeler için plastik mafsallık boyunun perdenin sabit bir oranı olarak hesaplanamayacağı açıktır.(Kazaz ve Gülkan,2012).

Bu bakış açısıyla plastik mafsallık boyu, dönme ve eğrilik arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek için kullanılmaktadır. Perde tabanındaki moment-eğrilik ilişkisi, $M - \phi$, varsayılan malzeme modelleri aracılığıyla kesit yapılarak bulunmaktadır(Kazaz ve Gülkan,2012).



Şekil 3.1 Plastik mafsalsal yöntemi ve mafsalsal boyunun tanımı(Kazaz ve Gülkan,2012)

Plastikleşme perdenin fiziksel özelliklerine perde boyu, perde yüksekliği, aksenal yük seviyesi, vb. gibi parametrelere bağlı olarak perde alt bölgesi boyunca yayıldığından, her farklı parametre için farklı plastik mafsalsal boyları elde edilmektedir. Plastik mafsalsal boyunu belirleyebilmek için Oosterle ve ark. (1984) betonarme perdeleri sistemden ayrı olacak şekilde tersinir yüklemeye maruz bırakmışlardır ve plastik mafsalsal boyunun perdenin plandaki uzunluğuna (l_w) eşit olduğu kabulünü yapmışlardır. Paulay (1986) süneklik düzeyi yüksek perdelerin tasarımı için önerilerde bulunmuştur ve plastik mafsalsal uzunluğunun perde uzunluğunun bir fonksiyonu olduğunu belirtmiştir. Plastik mafsalsal uzunluğunun $0.5l_w$ ve l_w arasında bir değer alınmasını önermiştir. Thomsen ve Wallace (2004) deneysel verileri kıyaslayarak plastik mafsalsal uzunluğunun $0.33l_w$ ve $0.5l_w$ arasında olması gerektiği sonucuna varmışlardır. Paulay ve Priestly (1993) süneklik düzeyi yüksek dikdörtgen kesitli perdelerle sismik yüklemeler yaparak burkulma durumlarını incelemiş ve plastik mafsalsal boyunu belirlemek için Denk.(3.2) kullanmışlardır.

$$L_p = 0.2 L_w + 0.044H_w \quad (3.2)$$

Kazaz ve Gülkan (2012) çalışmasında sonlu eleman modelleme yaklaşımı kullanarak dikdörtgen kesitli betonarme perdelerin ötelenme, kesit dönmesi ve eğriliği arasındaki ilişkileri incelemiş ve perdeler için plastik mafsalsal boyunun perde boyunun sabit bir oranı olarak hesaplanamayacağını öngörmektedirler. Plastik mafsalsal boyunu belirlemek için diğer değişkenleri de hesaba katarak Denk. (3.3)'te verilen bağıntıyı geliştirmişler.

$$L_p = 0.27 L_w \left(1 - \frac{P}{P_0} \right) \left(1 - \frac{f_y}{f_c} \rho_{sh} \right) \left(\frac{M}{L_w} \right)^{0.45} \quad (3.3)$$

(3.3) bağıntısındaki P/P_0 perde tabanındaki eksenel yük oranı, ρ_{sh} yatay gövde donatısı oranı, M/V moment kesme kuvveti oranı ve L_w perde boyudur ve $(M/V)/L_w$ oranı perdenin kırılma modunu (eğilme, kesme, kesme/ eğilme) dikkate almakta bir ölçüde kesme gerilmesinin yerini tutmaktadır.

Biskinis ve Fardis (2010) dikdörtgen kesitli perdeler için deneysel verileri dikkate almışlar ve sismik detaylandırması iyi olan elemanlar için Denk.(3.4)'ü önermişlerdir.

$$L_p = 0.2L_w \left(1 + \frac{1}{3} \min \left(9, \frac{L_s}{L_w} \right) \right) \quad (3.4)$$

(3.4) bağıntısındaki L_s/L_w oranı, moment kesme kuvveti oranının perde genişliğine oranıdır.

Bohl ve Adebar (2011) kayma gerilmesinin plastik mafsal boyu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda plastik boyu hesaplanırken perde uzunluğu ve kayma uzunluğunun yanında eksenel yük oranının da dikkate alınması gerektiği sonucuna varmışlar ve Denk.(3.5)'i önermişlerdir.

$$L_p = (0.2l_w + 0.05L_s) \left(1 - 1.5 \frac{P}{A_g f_c} \right) \leq 0,8l_w \quad (3.5)$$

Mattock (1967) ve Priestly (1996) betonarme elemanlarda plastik mafsal boyunu belirlemek için benzer ifadeler önermişlerdir ve önerilen ifade Denk. (3.6)'da verilmiştir.

$$L_p = \alpha L + \beta D + \xi f_y d_b \quad (3.6)$$

Mattock (1967) kirişlerde plastik mafsal uzunluğunu belirlemek için $\alpha=0,05$, $\beta=0,5$ ve $\xi=0$ katsayılarını önermiştir. Priestly (1996) perdelerde plastik mafsal uzunluğunu belirleyebilmek için $\alpha=0,08$, $\beta=0$ ve $\xi=0,022$ katsayılarını önermiştir ve bu katsayılar kullanılarak elde edilen bağıntı (3.7)'de gösterilmektedir.

$$L_p = 0,08L_v + 0,022f_y d_b \quad (3.7)$$

TBDY-2018, ACI-318-2019 yönetmeliklerinde plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu perde uzunluğunun yarısı olarak belirtilmiştir. EC8-2005 ise plastik mafsal uzunluğunun Denk.(3.8) ile belirlenmesini önermektedir.

$$L_p = \frac{L_v}{30} + 0.2L_w + 0.11 \frac{d_{bL}f_y(\text{MPa})}{\sqrt{f'_c(\text{Mpa})}} \quad (3.8)$$

L_v kesme uzunluğu (moment-kesme kuvveti oranı, M / V), d_{bL} (ortalama donatı çapı), f_y boyuna donatının akma gerilmesi, f'_c betonun basınç dayanımı.

Yukarıda özetlenen yaklaşımların haricinde Arbulu (2006) çalışmasında betonarme perdelerde plastik mafsal mafsal uzunluğunu etkileyen duvar yüksekliği, kesme uzunluğu, eksenel yük seviyesi ve diyagonal çatlakları ayrı ayrı göz önüne alınarak VecTor2 analiz programında modellemeler yapmıştır. Analiz sonuçları incelenerek literatürde bulunan plastik mafsal boyuyla ilgili bağıntılarla karşılaştırmıştır. Kazaz (2013)'de konsol perdeler için plastik mafsal uzunluğunu ifade etmeyi amaçlamıştır ve bunun için nonlinear sonlu eleman analizlerinden faydalanmıştır. Yapılan analizlerde perde genişliği, perde yüksekliği, eksenel yük oranı, yatay ve boyuna donatının hacimsel oranı ve kesme uzunluğu parametrelerini kullanmıştır. Analizler sonucunda elde ettiği plastik mafsal uzunluğunu literatürde bulunan plastik mafsal uzunluklarıyla kıyaslamıştır.

Dazio ve arkadaşları (2009) çalışmalarında farklı dikey donatı içeriklerinin ve farklı donatı süneklik özelliklerinin ince perdelerin davranışı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. 6 adet betonarme perdenin yarı-statik döngüsel testlerinin sonuçlarını kullanmışlardır ve deneyler sonucunda plastik mafsal analizinde farklı sınır durumları karakterize eden gerilme limitleri önermişlerdir. Bu gerilme sınırlarının performansa dayalı tasarım ve yapısal perdelerin değerlendirilmesinde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Mojiri ve arkadaşları (2014) perde duvarların sismik tepkisinin daha iyi anlaşılması sağlamak amacıyla sarsma masası deneyini kullanmışlardır. Altı farklı perde modeli için ayrıntılı perde analizleri yapmışlardır. Perde duvarların yer değiştirme süneklik seviyelerini, plastik mafsal bölgelerinin genişliklerini ve uzunluklarını deneysel olarak elde etmişlerdir. Enerji bileşenlerini kullanarak enerji değişimi

seviyesini ve yayılma mekanizmalarını gözlemlemişlerdir. Çalışmanın sonunda perdelerin süneklik kapasitesinin ve plastik mafsallık kapasitelerinin The National Building Code of Canada-2015 (NBC-2015) yönetmeliği tarafından tanınanlardan daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Sanada ve arkadaşları (2017) yüksek basınç altında perdelerin sismik davranışlarını ve performanslarını incelemişlerdir. Analitik ve deneysel olarak inceledikleri perdeleri mevcut Japon tasarım yönetmeliğine uygun olarak detaylandırmışlardır. Numenelerin perde kalınlığının yaklaşık 2.5 katı kadar bir uzunluk boyunca ezildiğini ve analitik sonuçların deneysel sonuçlarla benzerlik gösterdiği belirlemişlerdir. Çalışmalarının sonunda eğilme davranışı gösteren perdelerin nihai deformasyonlarının belirlenmesi için basitleştirilmiş formüller sunmuşlardır ve bu deformasyonların plastik mafsallık bölgeleri için önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Salem ve arkadaşları (2019) deneysel ve analitik olarak yarı statik döngüsel yüklemeye maruz yedi adet yarı ölçekli perde duvarın düzlem dışı davranışlarını araştırmışlardır. Bu bağlamda perde hasarı dizisi, yük-yer değiştirme tepkisi, yer değiştirme sünekliği, rijitlik bozulması, enerji dağılımı ve eğrilik profillerini gözlemlemişlerdir. Donatı oranlarının ve eksenel yük seviyelerinin perde davranışı üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. Gözlemledikleri altı perde eğilme davranışı gösterir iken en yüksek düşey donatı oranına sahip olan perde kesme davranışı göstermiştir.

Siam ve arkadaşları (2019) betonarme perde duvarların maksimum yer değiştirme kapasitelerini tahmin etmek için sekiz farklı model kullanmışlardır. Sekiz modelin güvenilirliğini ölçmek için 81 tane betonarme perde duvarın deneysel sonuçlarından faydalanmışlardır. Genel olarak, bu çalışmada perde deplasman kapasitesi tahmin modellerini geliştirmeyi ve böylece deprem kurallarına uygun tasarım düzenlemelerinin gelecekteki sismik kodlarda benimsenmesine yönelik katkıda bulunmayı ve plastik mafsallık bölgelerinin daha büyük doğrulukla idealize edilmesini amaçlamışlardır.

Bölüm içerisinde belirtilen plastikleşmenin olduğu bölgenin uzunluğu (L_{pz}) ve plastik mafsallık uzunluğunun (L_p) aynı anda elde edildiği çalışmalar mevcuttur. Örneğin Yuan ve Wu (2017) yaptıkları çalışmada plastik mafsallık davranışını çevrimsel yüklenme durumunda 3 boyutlu sonlu elemanlar metoduyla incelemişlerdir. Plastik mafsallık

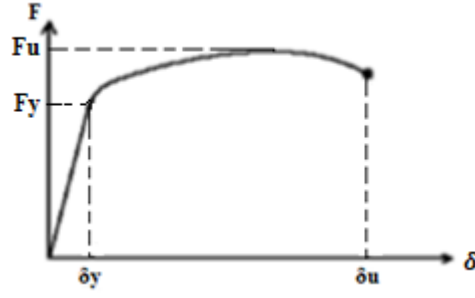
bölgesinin uzunluğunu, donatının aktığı bölge, eğrilik bölgesi, betonun ezildiği bölge ve eşdeğer plastik mafsal durumunu dikkate alarak farklı parametreler için belirlemişler ve kolonların monotonik ve çevrimsel yük altındaki davranışlarını incelemişlerdir. Modellerin doğruluğunu deneysel verilerle doğrulamışlardır. Araştırmanın sonucunda iki ayrı yükleme durumu için plastik mafsal bağıntısı önermişlerdir.

3.3 Kritik Perde Yüksekliği İle Plastik Mafsal Boyu Arasındaki İlişkiler

Şiddetli depremlerde öncelikli olarak perde hasarı beklenmektedir. Perde duvarlarda hasar oluştuğundan sonra yaptığı ötelenmeler artacağı için, çerçeve elemanlarda hasar oluşmaya başlamaktadır. Perdenin yaptığı ötelemeyi kolon uç bölgelerinde karşılayabilecek güç yoksa kolon uçlarında mafsallaşma olabilmekte ve durum yapının göçmesine neden olabilmektedir. Böyle bir durumun önüne geçmek için sünek perdelerin tasarımında kapasite ve plastik şekil değiştirmeden oluşan enerji sönümlemesi, plastik mafsal bölgelerinde eğilme yer değiştirmesinin miktarı dikkate alınmaktadır. Gevrek göçme mekanizmasının ve sınırlı sünekliğin önüne geçebilmek için oluşabilecek plastik mafsal bölgelerinin uygun şekilde detaylandırılması gerekmektedir. Bu detaylandırmanın uygun şekilde yapılabilmesi için yönetmelikler perde gerilmelerin en fazla olmasını beklediği bölgelerde bazı sınırlandırmalar getirmişler ve kritik perde yüksekliği tanımı yapmışlardır. Kritik yükseklik boyunca donatı koşulları ağırlaştırılmış ve H_w/l_w oranının 2'den büyük olduğu bölgelerde perde uç bölgelerinin oluşturulması istenmiştir. Başka bir ifade ile oranın 2'nin altında kalması durumunda perdede eğilme mafsallaşması beklenmemektedir.

3.4 Süneklik ve Plastik Mafsal Boyu

Süneklik, bir malzemenin, kesitin, elemanın veya taşıyıcı sistemin, gerilmeye, kesit tesirinde, yada yükte hatırı sayılır bir değişme olmadan, elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme, dolayısıyla yer değiştirme yapma yeteneğidir. Başka bir ifade ile betonarme kesitin dayanımında kritik bir azalma olmaksızın yapabileceği doğrusal ötesi şekil değiştirme kapasitesi (maksimum dayanımın %15 azalmasına müsaade edilir) olarakta söylenebilir. Şekil 3.2'de F_u yükün maksimum değerine, δ_y elastik davranışın sona erdiği akma yer değiştirmesine, δ_u nihai yer değiştirmeye karşı gelmektedir ve sünekliğin sayısal tanımı Denk.(3.9) ile ifade edilmektedir (Celep,2007).



Şekil 3.2 Taşıyıcı sistemin yer değiştirme ilişkisi

$$\mu_{\delta} = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (3.9)$$

Sünek bir yapıdan beklenen davranış, deprem sırasında zeminden yapıya iletilen enerjinin önemli bir bölümünü yapının dayanımında ciddi bir azalma olmaksızın, sönmümesidir. Yüklemedeki aşırı artış ile beraber akma seviyesine ulaşan kesitlerde, süneklik sayesinde plastik şekil değiştirmelerle enerji alınır ve iç kuvvetler daha az zorlanan kesitlere iletilmiş olur. Süneklik, izin verilen hasarla orantılıdır. Deprem enerjisi, iyi düzenlenmiş sünek bir taşıyıcı sistem sayesinde, göçmeden uzak kalınarak kontrollü hasarlarla karşılanmış olur. Sünekliğin gereği plastikleşme bölgelerinin oluşmasıdır ve plastik mafsallar yapının kapasitesini belirlemektedir(Celep,2007).

4. ABAQUS İLE PERDE MODELİNİN YAPILMASI VE KABULLER

Bu bölümde ABAQUS yazılımı ve kullanım alanları hakkındaki bilgilere ayrıca literatürde ABAQUS yazılımının kullanıldığı çalışmalara yer verilmiştir. Programın modelleme ve analiz aşamalarından kısaca bahsedilmektedir.

4.1 ABAQUS Programı ve Kullanım Alanları

ABAQUS gerçekçi modeller oluşturma imkanı sağlayarak detaylı çözümler yapmayı sağlayan bir sonlu elemanlar yazılımıdır. Bünyesinde yer alan farklı malzeme modelleri ve sonlu eleman tipleri sayesinde çözülmesi zor olan lineer ve non-lineer projeleri analiz etme imkanı sunmaktadır. ABAQUS programının Abaqus/Standard, ABAQUS/Explicit, ABAQUS/CFD ve ABAQUS/CAE olmak üzere 4 ana yazılımı bulunmaktadır (Anonim, 2018).

ABAQUS/Standard statik ve dinamik analizler yapabilen kapalı bir sonlu elemanlar yazılımıdır. Çözümlerinde gelişmiş malzeme ve eleman özelliklerinden faydalanmaktadır. Ayrıca akustik ve buna bağlı çift-etkili analizleri yapabilmekte, plastik enjeksiyon kalıp analiz sonuçları için çeşitli programlarla birlikte kullanılabilir (Anonim, 2018).

ABAQUS/Explicit zamana bağlı analizler yapabilen açık bir sonlu eleman yazılımıdır. Geometri, malzeme ve sınır şartlarından kaynaklanan lineer olmayan etkiler analizlere dahil edilebilmektedir. Düşürme testleri, çarpışma testleri ve devinim problemlerinin çözümü için kullanılabilir (Anonim, 2018).

ABAQUS/CFD ile ileri aşamada akışkanlar dinamiği analizleri yapılabilmektedir. Doğrusal olmayan ısı-akış ve yapısal-akış uygulamalarında kullanıldığında oldukça gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir (Anonim, 2018).

ABAQUS/CAE yukarıda belirtilen çözümleri kapsayan bir arayüze sahiptir. Gelişmiş özelliklere sahip bir sonlu eleman yazılımıdır. ABAQUS programı büyük çözümlerinin analizinde kullanılabilir. Kullanıcılarına farklı programlarda oluşturulmuş modelleri düzenleme imkanı sağlamakta ve analizlerini gerçekleştirmektedir.

Yin ve Wang (2004) uçlarda farklı elastik aksenal ve dönme kısıtlamaları olan çelik kirişlerin yüksek sıcaklıklarda sapma davranışının belirlenmesi üzerine ABAQUS sonlu elemanlar yazılımıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada aksenal olarak sınırlandırılmış kirişlerin davranışları gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan parametreler kiriş açıklığı, düzgün ve düzgün olmayan sıcaklık dağılımları, farklı yük seviyeleri, kiriş uçlarındaki farklı dayanım seviyeleri ve yanal bükülme etkileridir. Çalışma sonunda kiriş uçlarında gerçekçi aksenal kısıtlamalar mevcutsa ve büyük sapma miktarları dikkate alınmıyorsa kiriş için neredeyse sınırsız hayatta kalma sıcaklığına sahip olmanın mümkün olduğunu gözlemlemişlerdir.

Birtel ve Mark (2006) farklı parametreler kullanarak dikdörtgen kesitli kirişlerin hasarlarını sonlu elemanlar yöntemiyle belirlemeye çalışmışlardır. Modellemeleri gömülü modelleme tekniği kullanılarak ABAQUS programında oluşturmuşlardır. Tek aksenli, iki aksenli ve üç aksenli deneylerden elde edilen veriler ile analiz sonuçlarını karşılaştırmışlar.

Jajali ve Dashti (2010) ince betonarme perdelerin davranışlarını ABAQUS programında makroskobik ve mikroskobik modeller oluşturarak incelemişlerdir. Mikroskobik modeller yerel davranışların sonlu elemanlar yardımıyla detaylı değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Makroskobik modeller altta ve üstte rijit kirişler ve aralarında beton ve donatı davranışını temsil eden düşey elemanlar olacak şekilde modellenmiştir. Yapılan çalışmada deneysel olarak elde edilen sonuçlar analitik sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuçların birbiriyle olan uyumları belirtilmiştir.

Sinaei ve arkadaşları (2012) ABAQUS programını betonarme kirişlerin davranışını incelemek için kullanmışlardır. Çalışmada deneysel olarak test edilmiş olan betonarme kiriş gözönüne alınmıştır. Analiz sonuçları ve deneysel çalışma sonuçları kıyaslandığında yer değiştirme, gerilme değerleri ve kırışta oluşan hasarların birbiriyle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Ahmed (2014) çalışmasında yük etkisi altındaki bir kirişi ABAQUS programını kullanarak modellemiş ve dinamik analizini yapmıştır. Modellenen kiriş öncesinde dinamik etkiler altında deneye tabi tutulan bir kiriştir. En doğru sonlu eleman modelini oluşturmak için sönümleme, hasar parametreleri ve sürtünme katsayıları gibi parametreler değiştirilerek 30 adet modelin analizi yapılmıştır.

Alemdar (2015) çalışmasında betonarme köprü kolonlarında yüklemenin farklı aşamalarında elastik olmayan şekil değiştirmelerin dağılımını inceleyerek plastik mafsallık boyunu belirlemeye çalışmıştır. 3 boyutlu detaylı bilgisayar modeli ABAQUS sonlu elemanlar programında geliştirilmiş, deformasyon değerleri belirlenmiş ve deprem sarsma tablalarında farklı deprem yükleri altında köprü kolonunda ölçülen deformasyon değerleri belirlenerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Değerlendirme sonucunda analiz sonuçları ve deneysel sonuçların birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Kolonlarda oluşan plastik bölgenin uzunluğunun kolondaki boyuna donatının uzama miktarına bağlı olduğu gözlemlenmiştir.

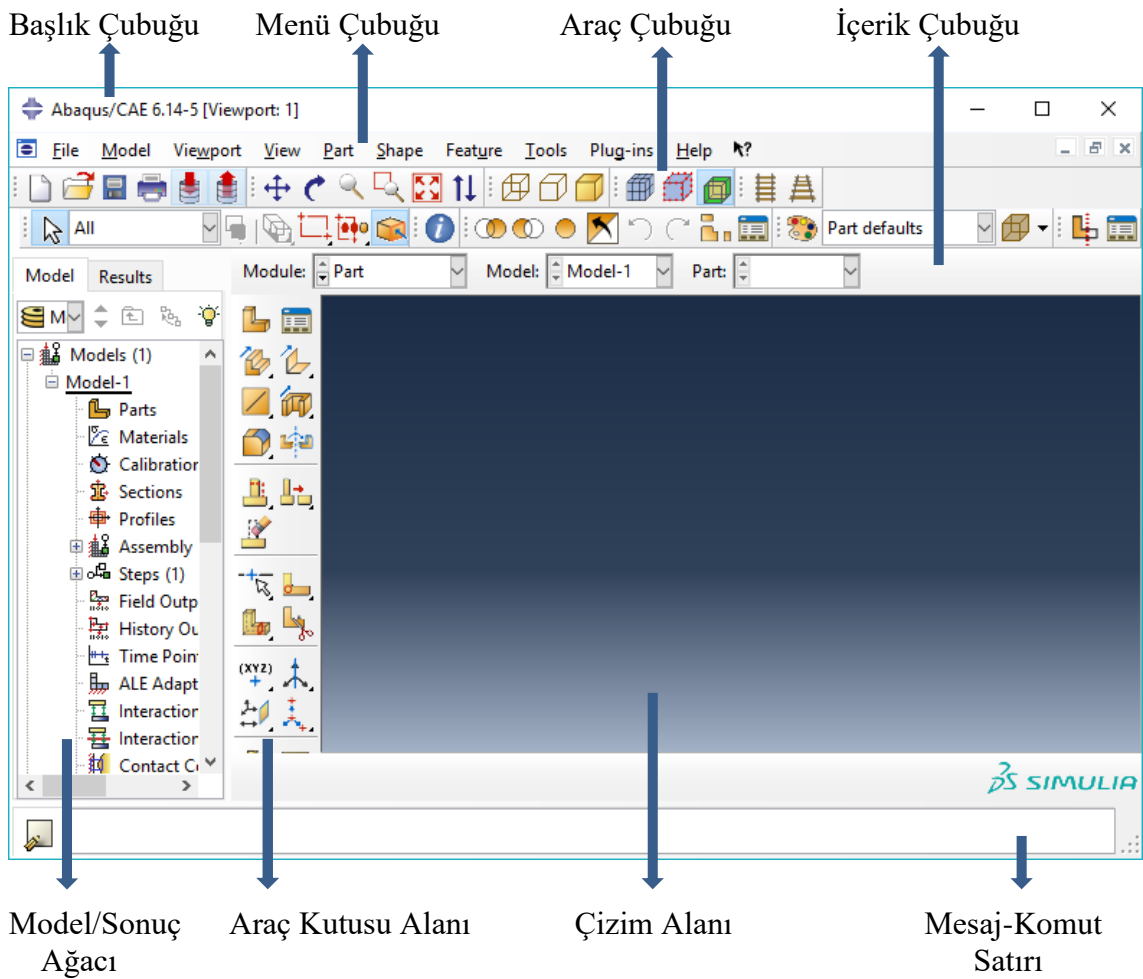
Sümer (2017), yüksek dayanımlı betonla üretilmiş kirişlerde plastik mafsallık boyunu ABAQUS yazılımı ile belirlemeyi amaçlamıştır. Literatürden elde edilen deneysel çalışmalar sonlu elemanlar modeliyle yük-deplasman ve şekil değiştirme kapasiteleri incelenmiştir. Plastik mafsallık boyunu belirlemek için kiriş boyutları davranışı etkileyecek şekilde kısa, orta ve narin olarak değiştirilmiş ve kiriş beton malzemesi olarak C50, C60 ve C80 kullanılmıştır. Kirişlerde oluşan çatlaklar ve donatı akma uzunlukları analiz edilerek kirişler için plastik mafsallık boyları belirtilmiştir.

Özbek ve arkadaşları (2017) dayanımı arttırılmış boşluklu betonlar geliştirmek amacıyla, boşluklu betonların dinamik davranışlarını sonlu eleman yöntemiyle analiz etmişlerdir. Analizlerde, ABAQUS/Explicit programı ile açık doğrudan entegrasyon metoduyla dairesel agregalı boşluklu betonlar araştırılmıştır. Boşluklu betonlar ve bir yalın betonda eş basınç eğrilerinin gelişiminden yola çıkılarak dalga ilerleme hızı için öngörüde bulunulmuştur. Analizden elde edilen değerlerin deneysel ultrases dalgası hızı sonuçlarına çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Boşluklu betonlarda oluşan hasar dağılımı ve gerilme yığılmaları incelendiğinde, deneylerde gözlemlendiği gibi dinamik yüklem altında çoklu çatlaklar ve yaklaşık agregat boyutunda fragmanlar oluştuğu belirlenmiştir. Fragman boyutunun agregat boyutu tarafından belirlendiği gözlemlenmiştir.

Husain ve arkadaşları (2018) mevcut betonarme perde duvarlarda çeşitli sebeplerle bırakılan boşlukların kenarlarının FRP kullanılarak güçlendirmesi üzerine çalışmışlardır. ABAQUS programının doğrulamasını gerçekleştirip güçlendirilmiş perdelerin analizlerini tamamlamışlardır. Analizler sonucunda perde duvar kapasitesinin arttığını ve süneklikteki artışı gözlemlenmiştir.

4.2 ABAQUS Yazılımında Modelleme Aşamaları

ABAQUS/CAE ara yüzünde başlık çubuğu, komutların tümüne erişim sağlayan menü çubuğu, araç çubuğu, modellemenin farklı aşamalarında kullanılan modülleri içeren içerik çubuğu, modellemelerin yapıldığı tuval ve çizim alanı, modelin parçalarının, malzemelerinin, yüklerin ve diğer modelleme detaylarının görüntülediği model ağacı, sonuç detaylarının verildiği sonuç ağacı, mesaj ve komut satırı bulunmaktadır. ABAQUS ana penceresi Şekil 4.1’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.1 ABAQUS ana penceresi

Model oluşturulurken ABAQUS programında mevcut olan modüllerden yararlanılmaktadır. Modelleme ve analiz için kullanılan modüller;

- Part
- Property
- Assembly
- Step
- Interaction
- Load
- Mesh
- Job modülüdür.

5. ANALİTİK ÇALIŞMA

Betonarme yapılar deprem esnasında plastik deformasyonlar yaparak deprem enerjisini sönmülemektedirler. Meydana gelen plastik deformasyonlar belirli bir bölgede oluşmakta ve bu bölge plastik mafsallık bölgesi olarak isimlendirilmektedir. Betonarme perdelerde plastik mafsallık bölgesinin uzunluğunu belirlemek için çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Çalışmalar sonucunda perde davranışını etkilediği görülen parametreler;

- Perde yüksekliği (H_w)
- Perdenin plandaki uzunluğu (l_w)
- Perde uç bölgesinde boyuna donatının hacimsel oranı (ρ_b)
- Normal kuvvet seviyesi (N/N_o)
- Kesme açıklığı (H_w/l_w)
- Yatay gövde donatısı oranıdır (ρ_{sh}).

Bu tez çalışmasında dikkate alınan parametreler kesme açıklığı, yatay gövde donatısı oranı ve normal kuvvet seviyesidir. Seçilen parametreler ve değişim durumları Tablo 5.1'de ve modellenen perdelerin 2 boyutlu gösterimleri Tablo 5.2'de gösterilmektedir. Yatay gövde donatısı oranı (ρ_{sh}) olarak seçilen parametrede yönetmeliğin alt sınır değeri olan 0.0025 oranında bununla birlikte bir miktar altında ve üstünde olacak şekilde analizler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.1 Seçilen parametreler ve değişimleri

Parametre	min	max	Artım Şekli
H_w/l_w	2	7	1
ρ_{sh}	0.0015	0.0035	0.0010
N/N_o	0.05	0.20	0.05

Tablo 5.2 Modellenen perdeler ve parametreleri

H_w/l_w	$p_{sh}=0.0015$	$p_{sh}=0.0025$	$p_{sh}=0.0035$
2			
3			
4			
5			
6			
7			

5.1 Betonarme Perde Hesabı

TBDY-2018’de yer alan enkesit koşulları dikkate alınarak perde kalınlıkları (b_w) 25 cm olarak belirlenmiştir. Perde olma koşulunda perdenin plandaki uzunluğunun kalınlığa oranının 6’dan büyük olması gerektiğinden perdelerin plandaki uzunluğu (l_w) 175 cm alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

5.1.1 Kritik Perde Yüksekliği ve Perde Uç Bölgeleri

Kritik perde yükseklikleri (H_{cr}) için Denk.(2.4)’de verilen koşullardan elverişsiz olan durumlar göz önüne alınmıştır. H_w/l_w oranı 2 olan perdeler için yönetmelik koşulları gereği kritik perde yüksekliği belirlenmemiştir. H_w/l_w oranı 2’den farklı bütün perdeler için ortak bir kritik perde yüksekliği belirlenmiş ve kritik perde yükseklikleri 176 cm olarak perde modelleri oluşturulmuştur. H_w / l_w oranı 2 olan perdeler için uç bölgeler düzenlenmemiştir. H_w/l_w oranı 2’den büyük perdelerde ise uç bölgeler oluşturulmuştur. Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerinin uzunluğu (l_u) perdenin toplam uzunluğunun %20’sinden ve perde kalınlığının 2 katından daha az olmayacak şekilde düzenlenmiş ve 50 cm olarak belirlenmiştir. Kritik perde yüksekliği üstünde perde uç bölgelerinin uzunluğu perdenin plandaki uzunluğunun %10’undan ve perde kalınlığından az olmayacak şekilde düzenlenmiş ve 25 cm olarak belirlenmiştir.

5.1.2 Perde Donatılarının Belirlenmesi

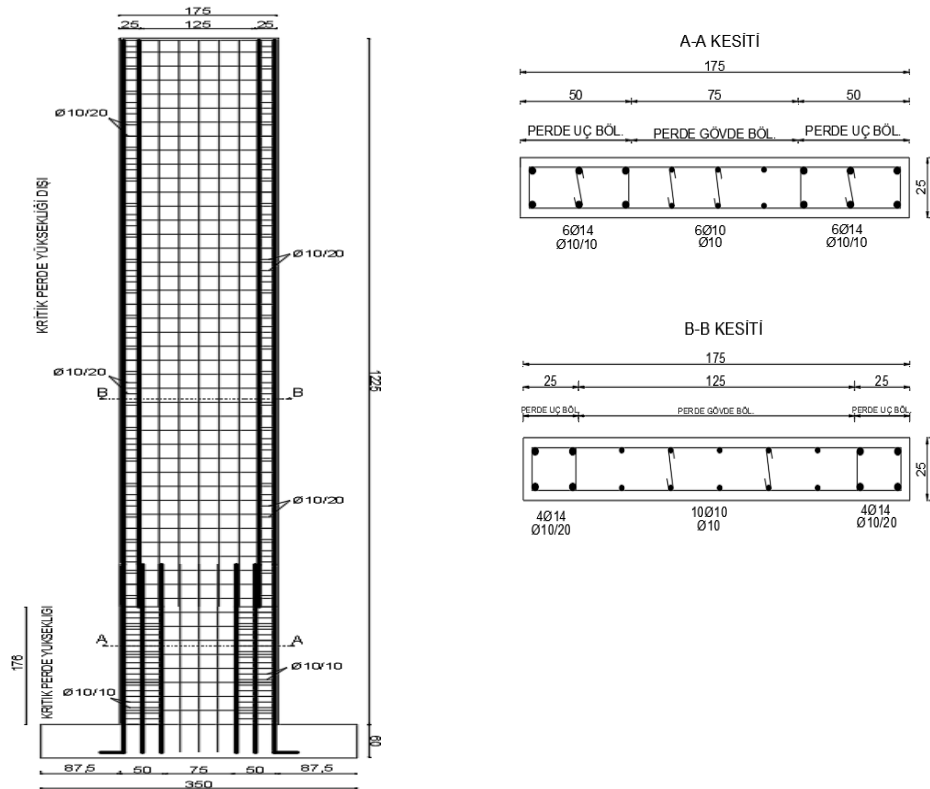
TBDY-2018’e göre minimum donatı oranları kullanılarak donatılar belirlenmiştir. H_w/l_w oranı 2 olan perdelerde boyuna donatı oranı tüm kesit dikkate alınarak hesaplanmalı ve minimum donatı oranı 0,0025’ten az olmalıdır. Bu perdelerde boyuna donatı 16Ø10 olacak şekilde tasarım yapılmıştır.

H_w/l_w oranı 2’den büyük perdelerde kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerinde düşey donatı alanının perde enkesit alanına oranı en az 0.002 olmalıdır ve bu durum gözönüne alınarak düşey donatılar 6Ø14 olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Kritik perde yüksekliği üstünde perde uç bölgelerinde düşey donatı alanının perde enkesit alanına oranı en az 0.001 olmalı ve bunun yanında donatı miktarı 4Ø14’ten az olmamalıdır. Kritik perde yüksekliği üstünde boyuna donatı miktarı 4Ø14 olacak şekilde tasarımlar yapılmıştır.

Gövdede kullanılacak boyuna donatılarının miktarı, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0,0025'inden az olmamalıdır. Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede düşey donatı 6Ø10 olarak belirlenmiştir ve kritik perde yüksekliği üstünde düşey donatı 10Ø10 olacak şekilde tasarım yapılmıştır.

Yatay gövde donatısı oranının perde davranışına etkisi incelenen parametrelerden biridir ve dikkate alınan donatı oranları 0.0015, 0.0025 ve 0.0035'tir. Yatay gövde donatısı oranı 0.0015 olduğunda donatılendirma Ø10/42, oran 0.0025 olduğunda Ø10/25 ve oran 0.0035 olduğunda Ø10/18 olacak şekilde perde tasarımları yapılmıştır. Yatay gövde donatısı oranı (ρ_{sh}) için 0.0015 seçilerek yönetmeliğin alt sınır değeri olan 0.0025 oranının bir miktar altına inilmiştir. Burada amaç bu donatının etkinliğinin de incelenmesidir.

Enine donatılar için yönetmelik min Ø8 kullanılmasını önermektedir. H_w/l_w oranı 2'den büyük olan perdelerde kritik yükseklik boyunca etriye aralığı 15 cm'den küçük, 5 cm'den büyük olması gerektiğinden Ø10/8 seçilmiştir. Kritik yükseklik üstünde etriye aralığının 20 cm'den küçük olmaması gerektiğinden Ø10/20 seçilmiştir. H_w/l_w oranı 2'den büyük perdeler için H_w/l_w oranı 7 olan örnek bir perde donatı detayı Şekil 5.1' de verilmiştir.



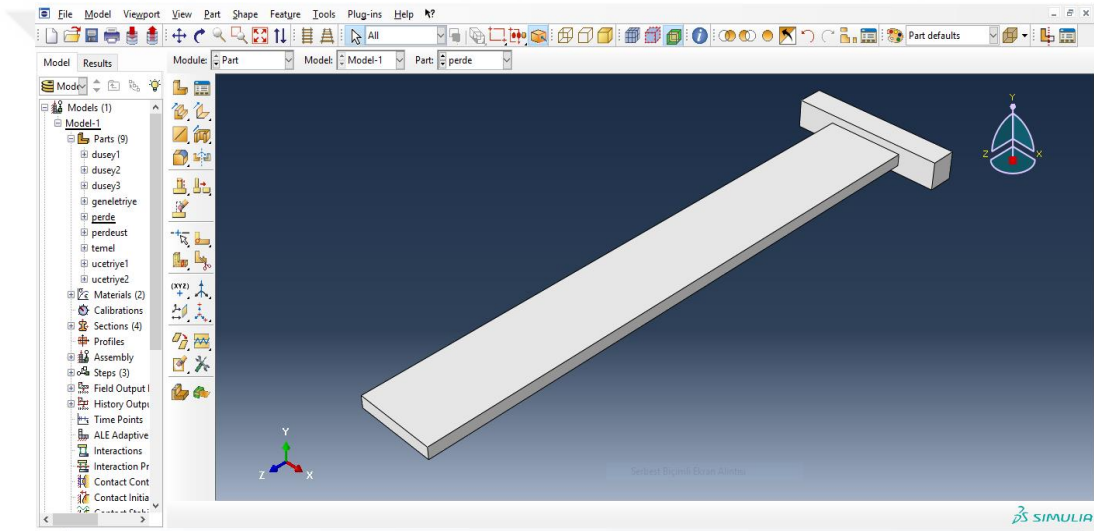
Şekil 5.1 Perde donatı detayı

5.2 ABAQUS Programında Perde Modelinin Oluşturulması

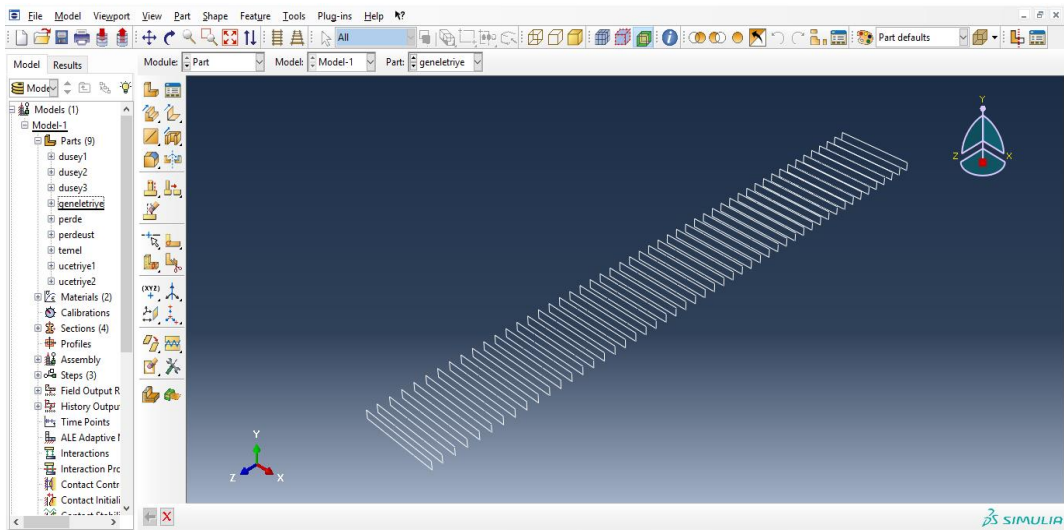
Bu bölümde sırasıyla perde modellerinin oluşturulma aşamalarına yer verilmektedir.

5.2.1 Perde Modeli İçin Parçaların Oluşturulması

TBDY-2018'e göre tasarımı yapılmış olan perdelerin ilk olarak 3 boyutlu hali AUTOCAD programı yardımıyla oluşturulmuştur. Perdelerin beton kesiti ve donatıları ayrı ayrı parçalar olacak şekilde ABAQUS programına aktarılmıştır. Şekil 5.2' de perde ve temel için oluşturulan part ve Şekil 5.3' de yatay gövde donatısı için oluşturulmuş part görülmektedir.



Şekil 5.2 Perde ve temel partı



Şekil 5.3 Yatay gövde donatısı partı

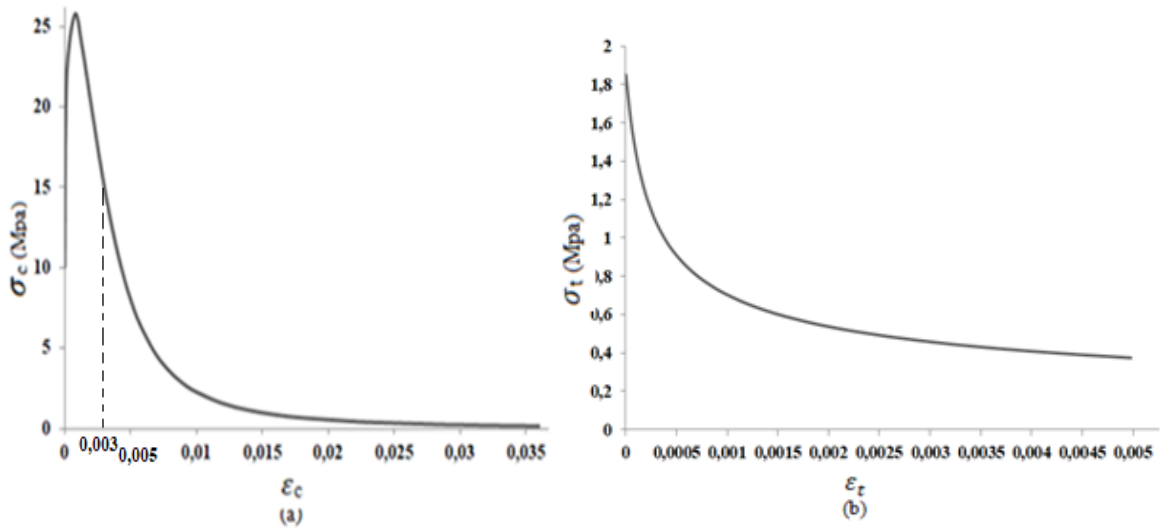
5.2.2 Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

ABAQUS beton hasarlı plastisite modelini kullanarak beton davranış modellemesi için geliştirilmiş sonlu eleman modelleme yazılımları arasındadır. Beton hasarlı plastisite modelinin doğruluğu, betonun basınç ve çekme gerilmeleri arasındaki ilişkiye, kırılma ve parçalanma hasar parametrelerine ve bunların yanında dilatasyon açısı (plastik hacim değişiminin plastik kayma gerilimi üzerindeki oranı) , eksantriste, f_b / f_c (iki eksenli ve tek eksenli basınç dayanımı) , K sabiti (çekme ve basınç meridyenleri boyunca akma koşullarının tanımlanması) ve viskozite parametrelerine bağlıdır. Tablo 5.3’de kullanılan parametre değerleri belirtilmektedir (Dere,2016).

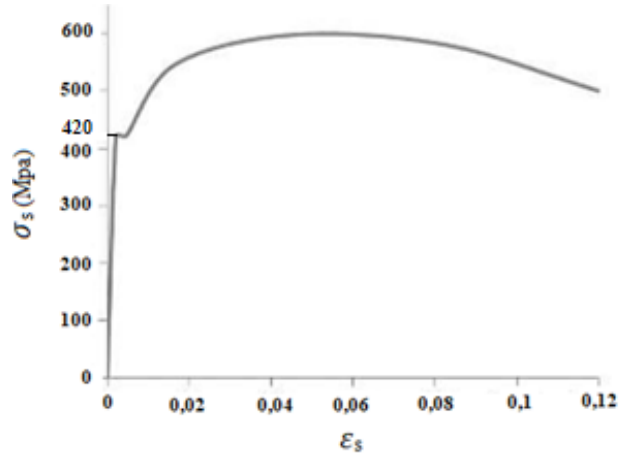
Tablo 5.3 Modellemede Kullanılan Parametre Değerleri

Modelleme Parametresi	Değeri
Dilatasyon Açısı (Derece)	31
Eksantriste (mm)	0.1
f_b / f_c	1.16
K	0.666
Viskozite (Pa.s)	0.001

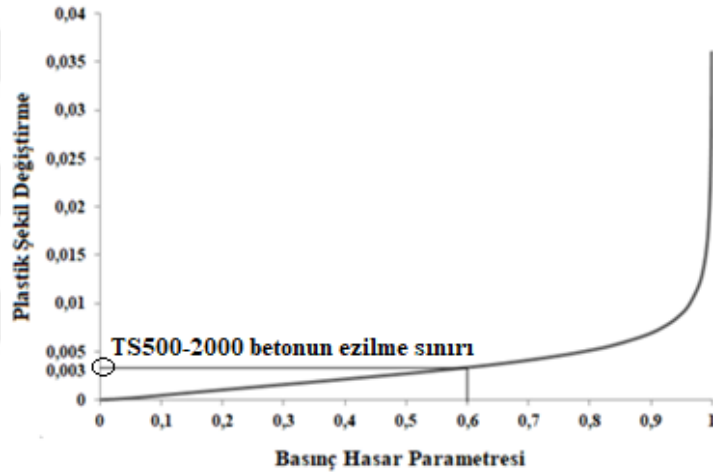
Çalışmada beton sınıfı C25 ve donatı B420c olarak tercih edilmiştir. Şekil 5.4’ de beton ve Şekil 5.5’de çelik için gerilme-şekil değiştirme diyagramları verilmektedir. Betonda oluşan hasarı belirleyebilmek için hasar parametreleri tanımlanmıştır ve Şekil 5.6’ da beton için basınç hasar parametrelerinin grafiği verilmiştir.



Şekil 5.4 Betonun gerilme-şekil değiştirme diyagramları



Şekil 5.5 Çeliğin gerilme-şekil değiştirme ilişkisi

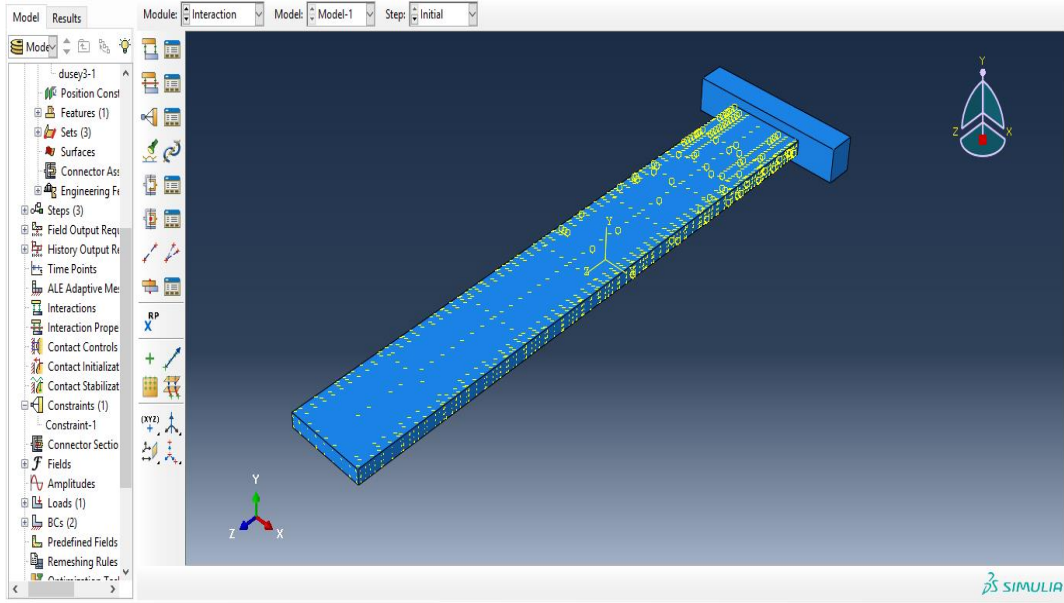


Şekil 5.6 Basınç hasar parametreleri

Malzeme özellikleri tanımlandıktan sonra beton ve çelik kısımlar için ayrı ayrı kullanılan donatılar için ayrı “sectionlar” tanımlanmıştır. Atanan “sectionlar” uygun bölgelerle ilişkilendirilerek malzeme tanımlama aşaması tamamlanmıştır.

5.2.3 Oluşturulan Parthların Birleştirilmesi

Geometrik olarak oluşturulmuş ve malzeme özellikleri tanımlanmış olan perde elemanları “Assembly” modülünde her bir perde için ayrı ayrı bir araya getirilmiştir. Beton ve donatı arasındaki etkileşim gömülü model kullanılarak oluşturulduğunda daha doğru sonuç verdiği için “constraint” menüsünden “embedded region” sekmesi seçilerek donatılar betonun içerisine gömülü hale getirilmiştir. Gömülü modellemede beton ve donatı arasındaki aderansın tam olduğu varsayımı yapılmaktadır. Şekil 5.7’ de “parthlarının” etkileşimi tamamlanmış olan örnek bir perde modeli gösterilmektedir.



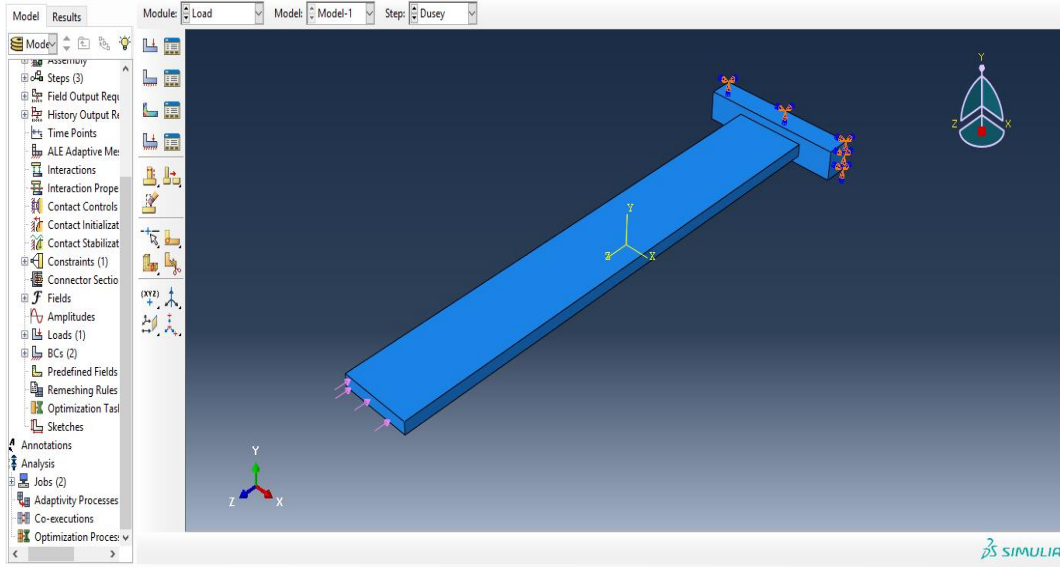
Şekil 5.7 Gömülü modellemeyle oluşturulmuş olan model

5.2.4 Analiz Adımlarının Belirlenmesi

Statik analizler için ilk olarak “Step” modülünden yatay ve düşey çözümlenme adımları oluşturulmuştur. “Field Outputtan” gerilme, deformasyon, kuvvetler, kırılma durumu tanımlanmış ve “History Outputtan” mesnet reaksiyonu ve deplasman durumu için istenilen sonuçlara bağlı olarak gerekli analiz adımlarının tanımlanması gerçekleştirilmiştir.

5.2.5 Yükleme Durumu ve Sınır Şartlarının Belirlenmesi

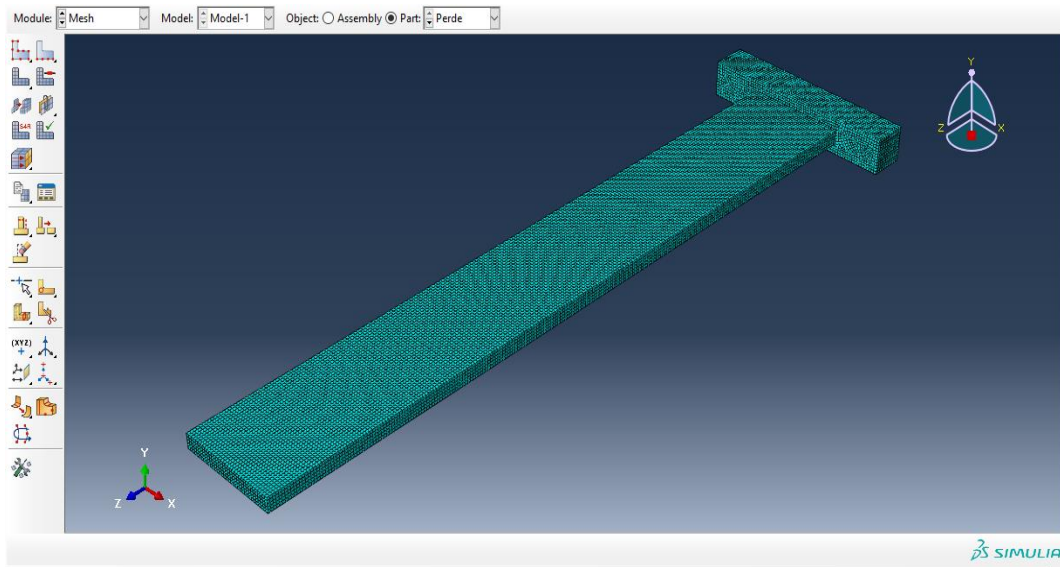
Yükleme durumunun perde davranışına etkisi incelediğinden normal kuvvet seviyeleri (N/N_0) 0.05, 0.1, 0.15 ve 0.2 olacak şekilde perdelerine ayrı ayrı yük tanımlamaları yapılmıştır. Mesnetler, ankastre mesnet olacak şekilde düzenlenmiştir. İzin verilecek yatay deplasman değerleri perdeler için göçme durumunun meydana geldiği deplasman seviyelerine göre belirlenmiştir. Şekil 5.8’ de örnek yükleme durumu ve mesnet koşulu gösterilmektedir.



Şekil 5.8 Yükleme ve mesnet durumu

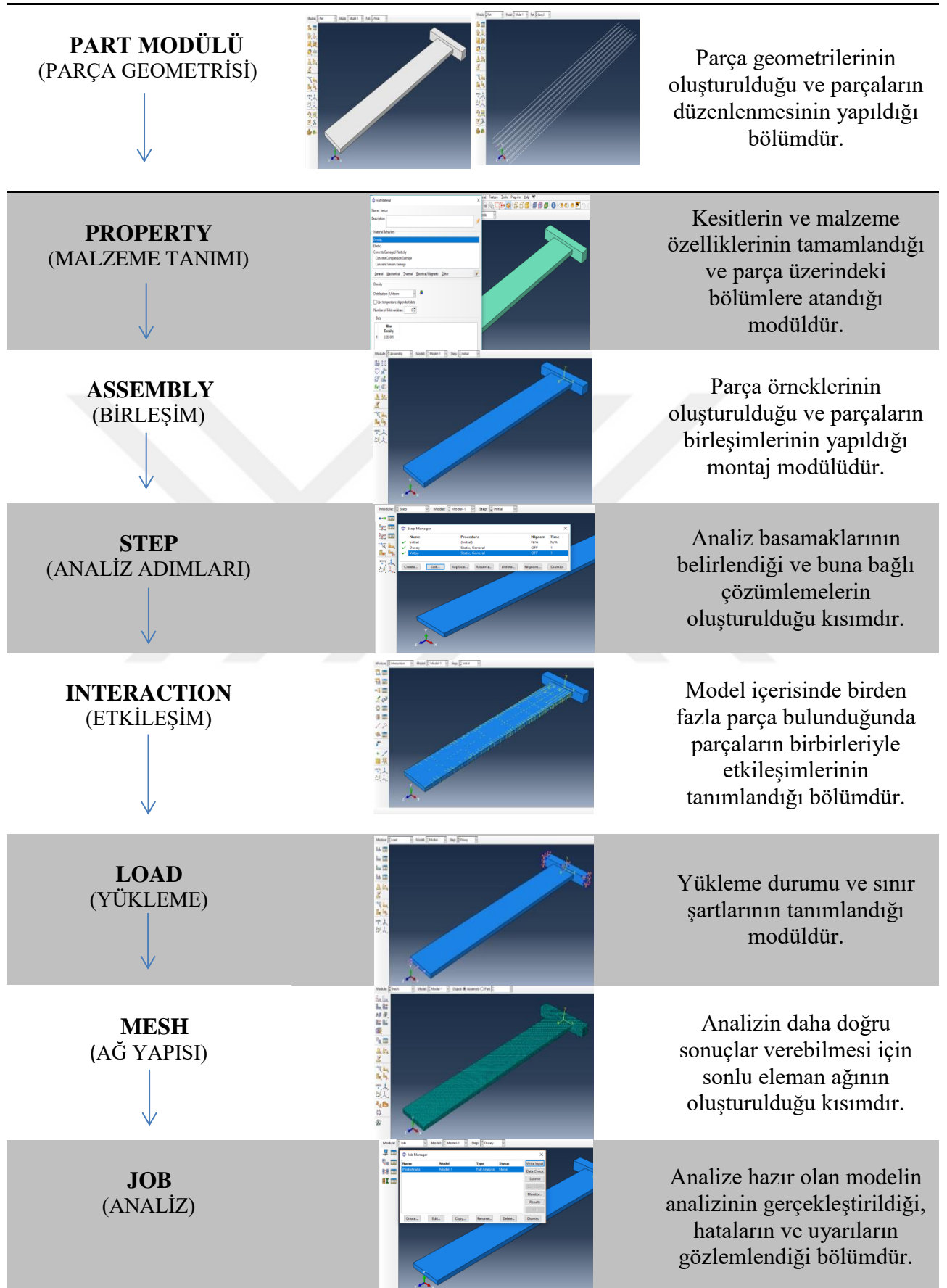
5.2.6 Sistemin Küçük Parçalara Bölünmesi ve Analizin Tamamlanması

Analiz hassasiyetini arttırmak ve gerçek perde davranışa yakın sonuçlar elde edebilmek için beton ve donatılar ayrı ayrı 5 cm'lik bölümlere ayrılmıştır. Daha hassas sonuçlar elde etmek için bu değer düşürülebilir ama bu durum analiz süresinin artmasına neden olacaktır. Şekil 5.9' da perde kesitinin bölünmüş hali gösterilmektedir. Bölünme işlemi tamamlandıktan sonra perdenin analizi gerçekleştirilmiştir. Modelleme ve analiz için kullanılan modüller sırasıyla Tablo 5.4'de özetlenmiştir.



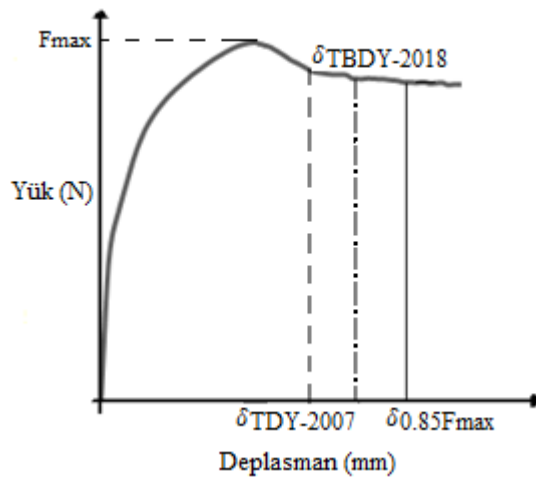
Şekil 5.9 Perde kesitinin bölünmüş hali

Tablo 5.4 Modelleme ve analiz için sırasıyla kullanılan modüller

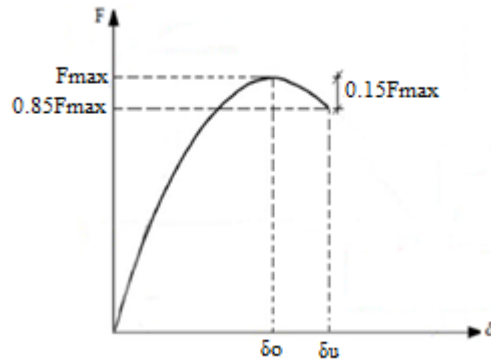


5.3 Plastik Mafsal Boyunun Belirlenmesi

Monotonik statik yükleme sonucunda analizlerden elde edilen yük-zaman ve deplasman-zaman grafiklerinin birleştirilmesiyle yük-deplasman grafikleri elde edilmiştir ve temsili bir hali Şekil 5.10'da gösterilmektedir. Hasar sınır durumları için TDY-2007 ve TBDY-2018'de tasarımda izin verilen maksimum yer değiştirme değerleri dikkate alınmıştır ve bunların yanında literatürde maksimum yük %15 azaldığında sistemde göçme durumunun oluştuğu varsayımı (Şekil 5.11) yapıldığından bu noktadaki yer değiştirme değerleri belirlenmiştir.



Şekil 5.10 Yük- deplasman grafiğinde göçme durumunun teorik gösterimi



Şekil 5.11 Yük- deplasman grafiğinde göçme durumunun teorik gösterimi

Her bir perde için göçme durumunun oluştuğu varsayılan deplasman değerleri ile TDY-2007 için Denk.(2.2a) ve TBDY-2018 içinde Denk.(2.2b)'de yer alan yönetmelik koşullarına göre belirlenen deplasman değerleri Tablo 5.5'de verilmiştir.

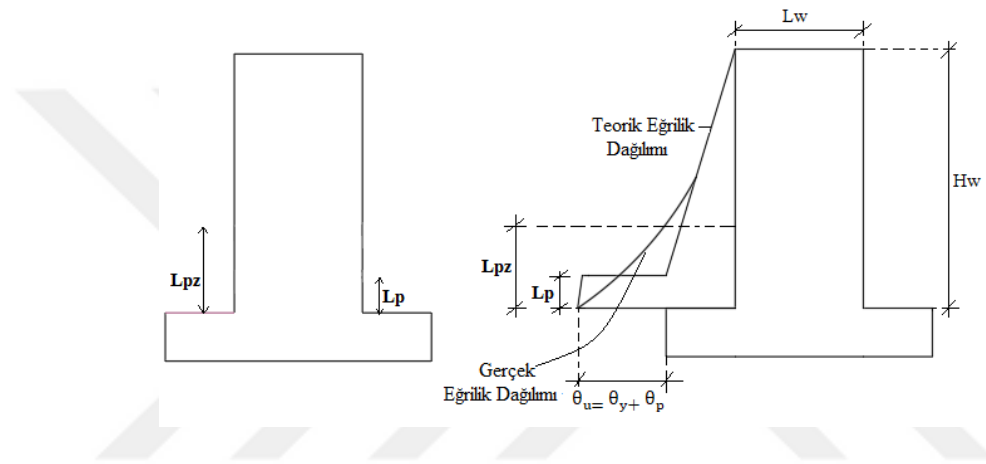
Tablo 5.5 Perdeler için sınır şartlarına göre belirlenen deplasman değerleri

Parametreler			Deplasmanlar (mm)		
H_w/l_w	ρ_{sh}	N/N_o	$\delta_{0.85F_{max}}$	$\delta_{TDY-2007}$	$\delta_{TBDY-2018}$
2	0.0015	0.05	91,02	70	84
		0.1	41,64		
		0.15	27,4		
		0.2	22,95		
2	0.0025	0.05	92,9	70	84
		0.1	43,55		
		0.15	29,02		
		0.2	24,29		
2	0.0035	0.05	142,6	70	84
		0.1	47,5		
		0.15	31,82		
		0.2	25,57		
3	0.0015	0.05	222	105	126
		0.1	179,4		
		0.15	73,65		
		0.2	55,6		
3	0.0025	0.05	281,3	105	126
		0.1	148,8		
		0.15	70,62		
		0.2	61,16		
3	0.0035	0.05	267,2	105	126
		0.1	198,8		
		0.15	91		
		0.2	57,74		
4	0.0015	0.05	476,2	140	168
		0.1	217,4		
		0.15	115		
		0.2	89,7		
4	0.0025	0.05	392	140	168
		0.1	206,2		
		0.15	110		
		0.2	90,6		
4	0.0035	0.05	393	140	168
		0.1	237,9		
		0.15	133,2		
		0.2	93,89		

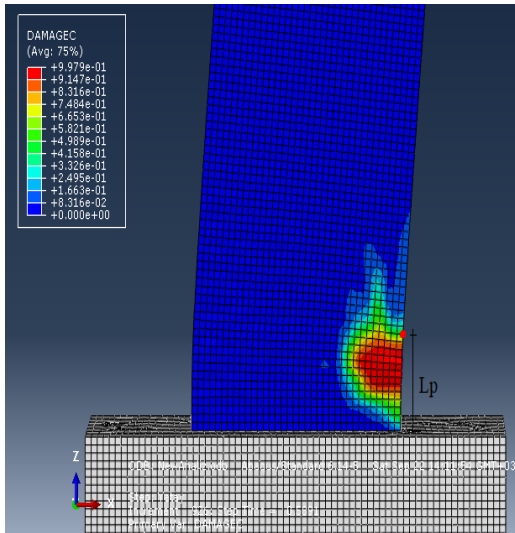
Tablo 5.5 Perdeler için sınır şartlarına göre belirlenen deplasman değerleri (devamı)

Parametreler			Deplasmanlar(mm)		
H_w/l_w	ρ_{sh}	N/N_o	$\delta_{0.85F_{max}}$	$\delta_{TDY-2007}$	$\delta_{TBDY-2018}$
5	0.0015	0.05	648,4	175	210
		0.1	303,4		
		0.15	160		
		0.2	128		
5	0.0025	0.05	591,9	175	210
		0.1	294,1		
		0.15	166,9		
		0.2	127,9		
5	0.0035	0.05	485,6	175	210
		0.1	337		
		0.15	189,8		
		0.2	133,1		
6	0.0015	0.05	823,4	210	252
		0.1	354,3		
		0.15	208,8		
		0.2	169,6		
6	0.0025	0.05	693	210	252
		0.1	363,5		
		0.15	215,8		
		0.2	170,7		
6	0.0035	0.05	671,6	210	252
		0.1	368,4		
		0.15	227,3		
		0.2	179,2		
7	0.0015	0.05	771,9	245	294
		0.1	389,7		
		0.15	256,1		
		0.2	209,2		
7	0.0025	0.05	832,9	245	294
		0.1	435,4		
		0.15	266,2		
		0.2	211		
7	0.0035	0.05	950	245	294
		0.1	390,2		
		0.15	295,1		
		0.2	220,9		

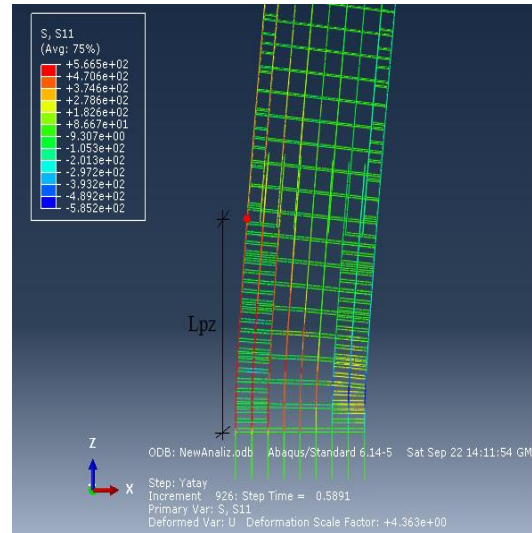
Belirlenen deplasman değerlerinde donatı ve betonda oluşan hasarlar (akma ve ezilme) gözönüne alınarak perdeler için plastik mafsal yükseklikleri gözlenen (L_p) ve analitik (L_{pz}) olarak 2 ayrı yükseklik değeri şeklinde belirlenecektir. L_{pz} donatının akmaya başladığı ($\varepsilon_s = \varepsilon_{sy}$) noktanın temel üst kotundan mesafesi ve hesaplanan yükseklik, L_p betonda maksimum deformasyonun (TS-500 $\varepsilon_{cu} = 0,003$ sınırı) aşıldığı noktanın temel üst kotundan mesafesi ve gözlemlenen yüksekliktir. Şekil 5.12’de L_{pz} ve L_p değerlerinin perde üzerindeki yeri teorik olarak gösterilmektedir. Şekil 5.13’de ABAQUS programında L_p boyunun nasıl belirlendiği ve Şekil 5.14’de L_{pz} ’nin nasıl belirlendiği gösterilmektedir



Şekil 5.12 L_{pz} ve L_p ’nin perde üzerindeki teorik gösterimi



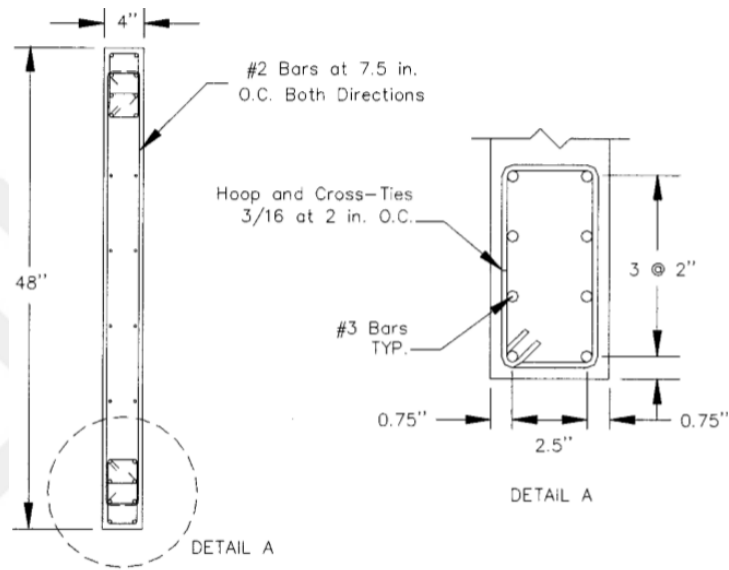
Şekil 5.13 Betonda oluşan hasar dağılımı



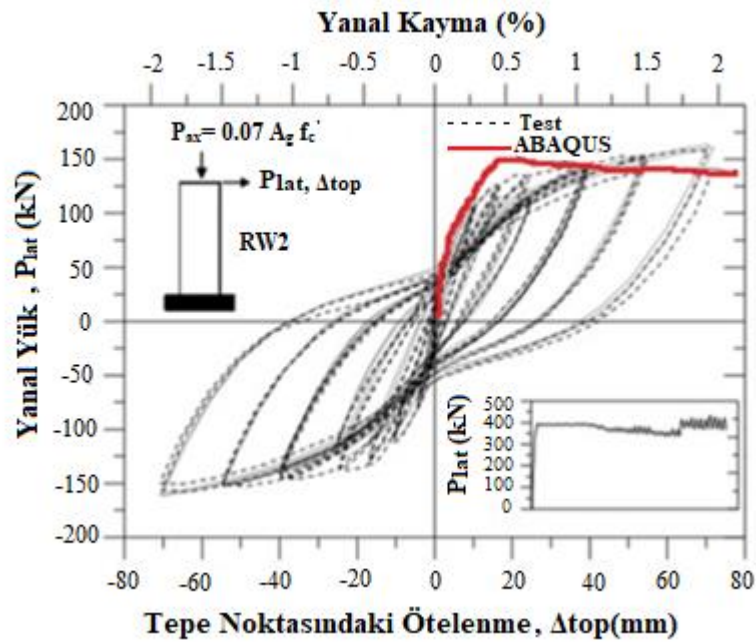
Şekil 5.14 Donatıda oluşan hasar dağılımı

5.4 ABAQUS Programının Doğrulanması

Kullanılan programının ve oluşturulan modellerin doğruluğu deneysel bir perde test sonucu ile karşılaştırılmıştır. Böylece analitik çalışmanın doğrulanması mevcut bir perde deneyi üzerinden yapılmıştır. Bu kapsamda Thomsen ve Wallace (2004) tarafından gerçekleştirilmiş H_w/l_w oranı 3 olan RW2 perdesi kullanılmıştır. RW2 perdesi Şekil 5.15’de gösterilmektedir. Analiz sonucunda elde edilen yük-deplasman eğrisi ve deneysel olarak test edilen eğrinin karşılaştırılması Şekil 5.16’da verilmiştir.



Şekil 5.15 RW2 perdesi donatı detayı (Thomsen ve Wallace,2004)

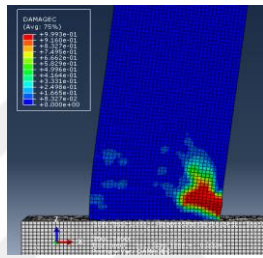
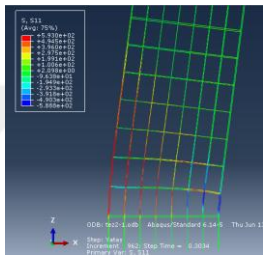
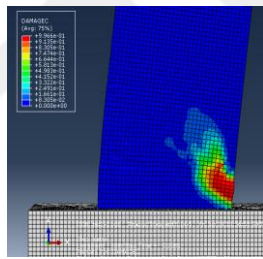
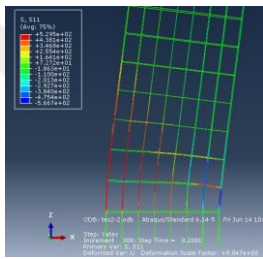
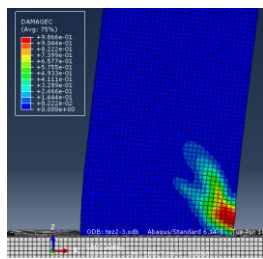
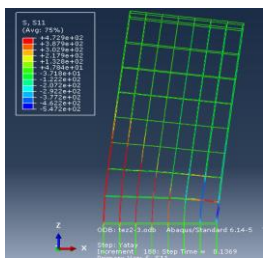
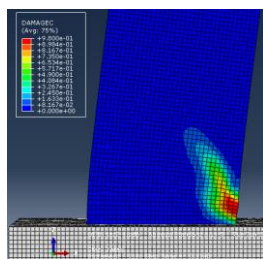
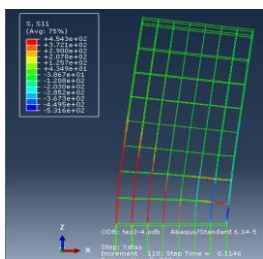


Şekil 5.16 Yük deplasman eğrilerinin karşılaştırılması (Thomsen ve Wallace,2004)

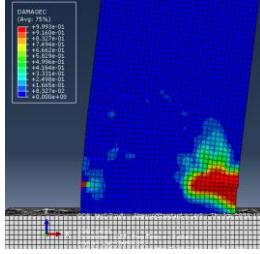
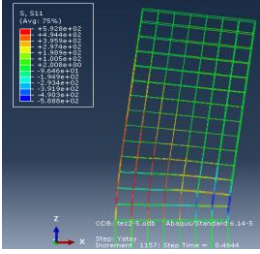
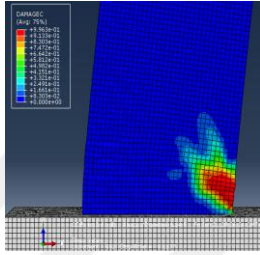
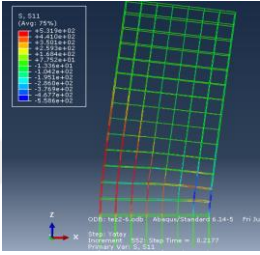
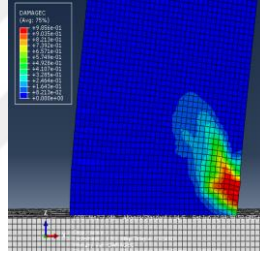
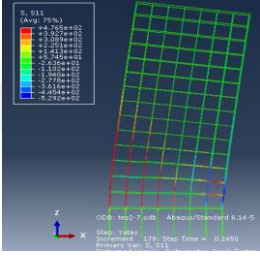
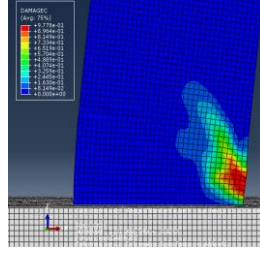
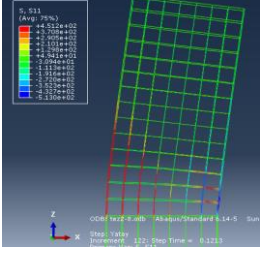
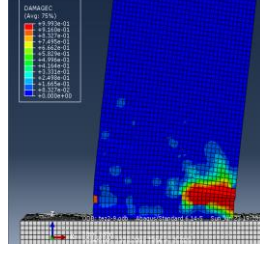
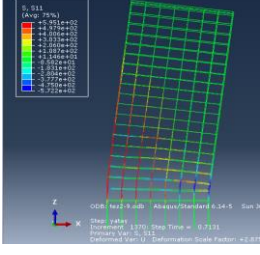
6. ARAŞTIRMA BULGULARI

Monotonik statik yüklemeler sonucunda tamamlanan analizlerden her bir perde modeli için ayrı ayrı yük-deplasman grafikleri elde edilmiştir. Grafiklerden maksimum yükün %15 azaldığı andaki deplasmanlar belirlenmiş ve perdelerin plastik mafsal boyları elde edilmiştir. Plastik mafsal boyları belirlerken göz önüne alınan hasar durumları bütün parametreler için Tablo 6.1’de gösterilmektedir.

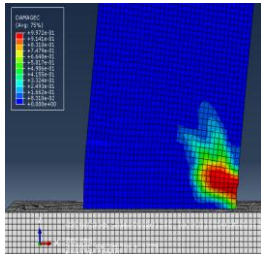
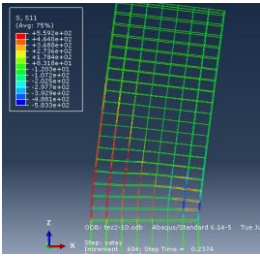
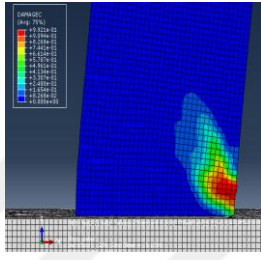
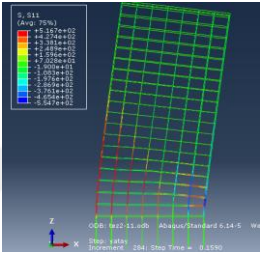
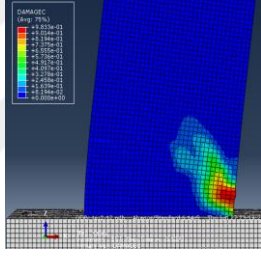
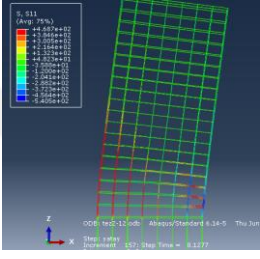
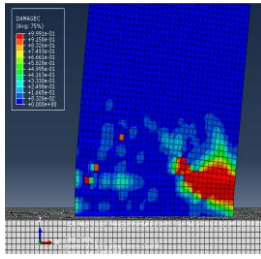
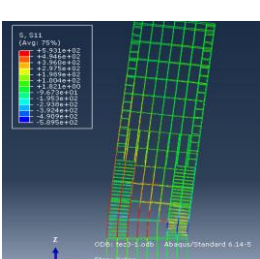
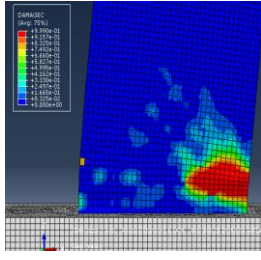
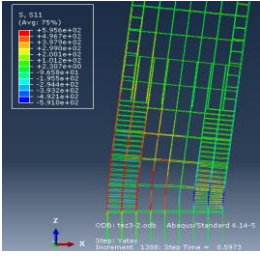
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları

Perde	H_w/l_w	N/N_o	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
1	2	0.05	0.0015		
2	2	0.1	0.0015		
3	2	0.15	0.0015		
4	2	0.2	0.0015		

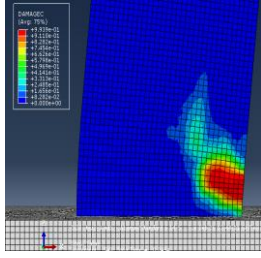
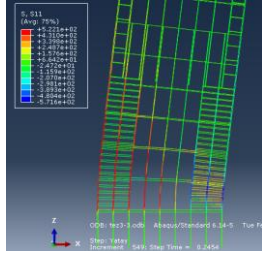
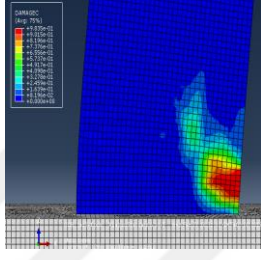
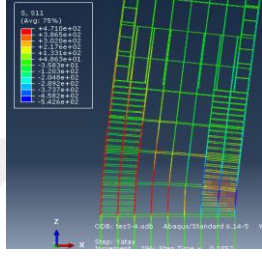
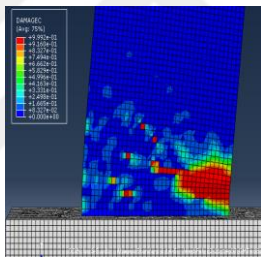
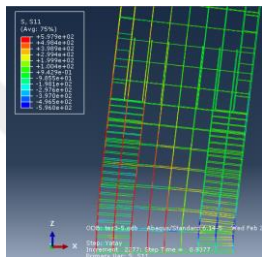
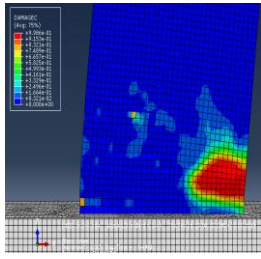
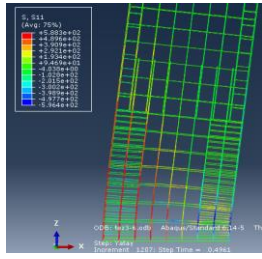
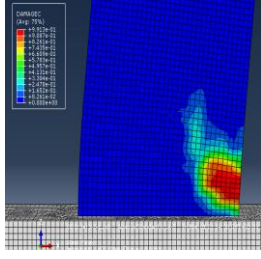
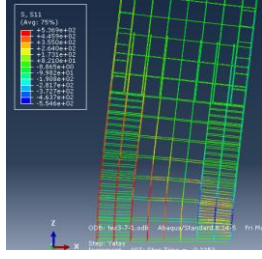
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
5	2	0.05	0.0025		
6	2	0.1	0.0025		
7	2	0.15	0.0025		
8	2	0.2	0.0025		
9	2	0.05	0.0035		

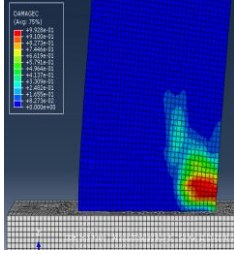
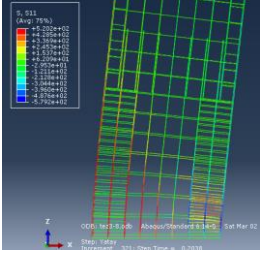
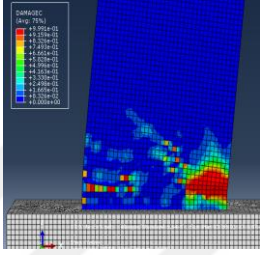
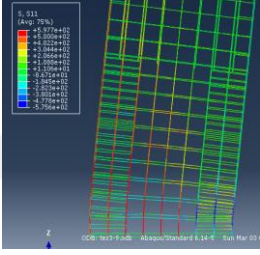
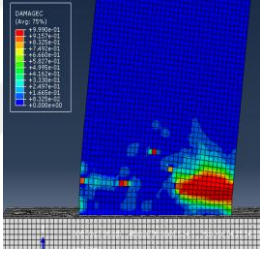
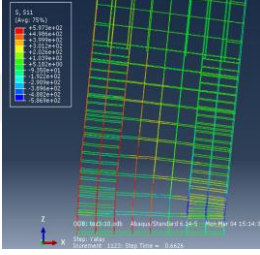
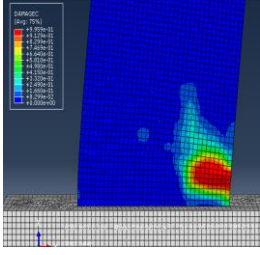
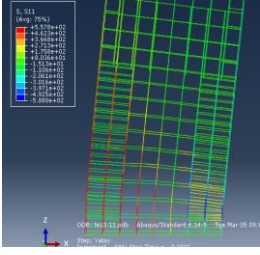
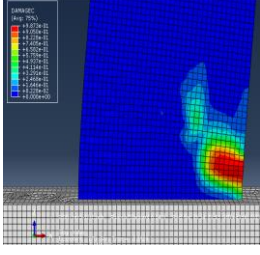
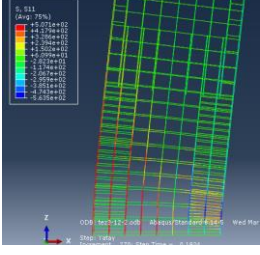
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
10	2	0.1	0.0035		
11	2	0.15	0.0035		
12	2	0.2	0.0035		
13	3	0.05	0.0015		
14	3	0.1	0.0015		

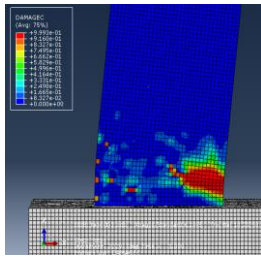
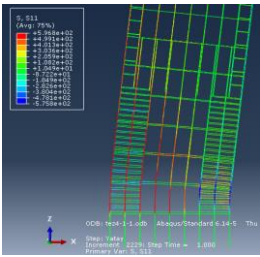
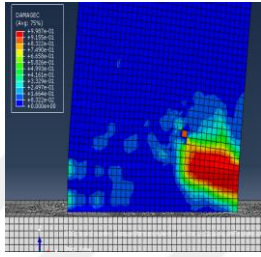
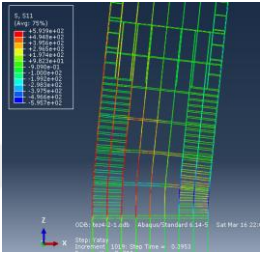
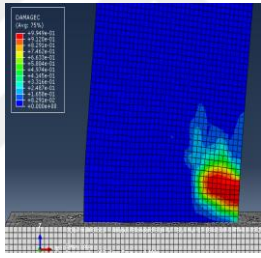
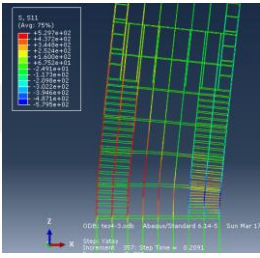
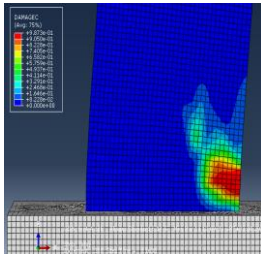
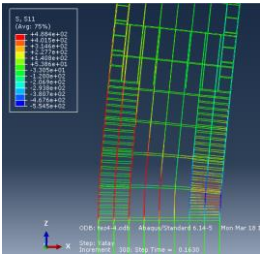
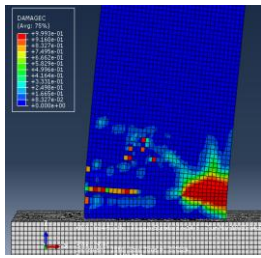
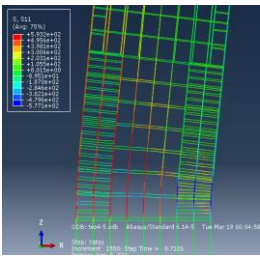
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
15	3	0.15	0.0015		
16	3	0.2	0.0015		
17	3	0.05	0.0025		
18	3	0.1	0.0025		
19	3	0.15	0.0025		

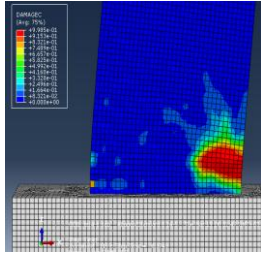
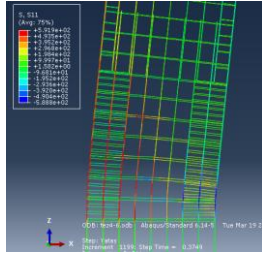
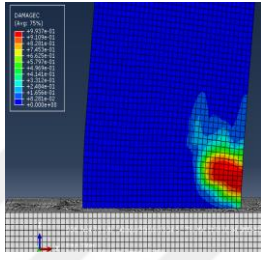
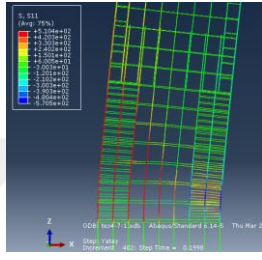
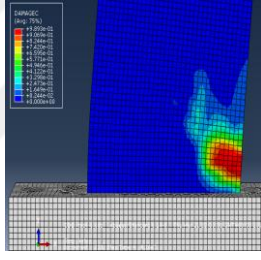
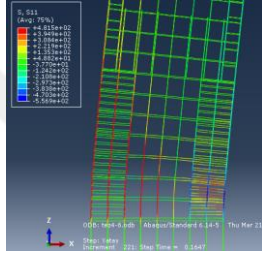
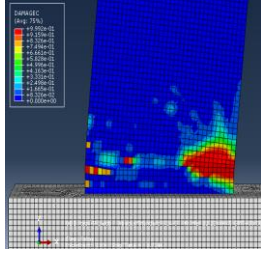
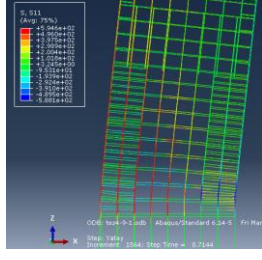
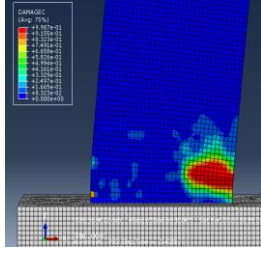
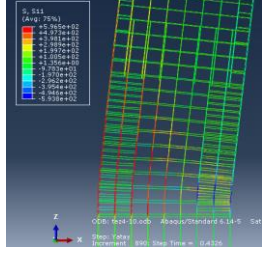
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
20	3	0.2	0.0025		
21	3	0.05	0.0035		
22	3	0.1	0.0035		
23	3	0.15	0.0035		
24	3	0.2	0.0035		

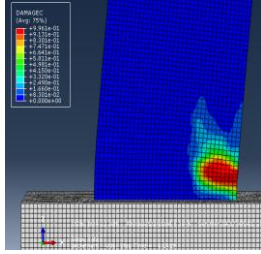
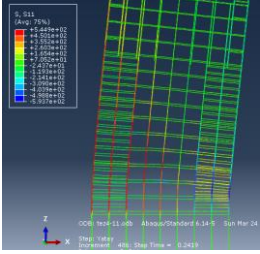
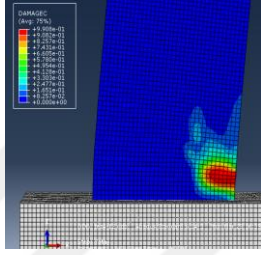
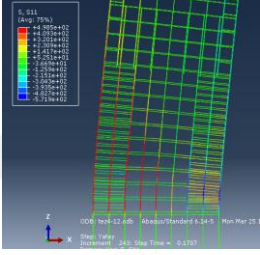
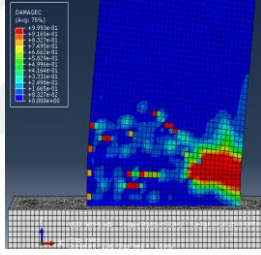
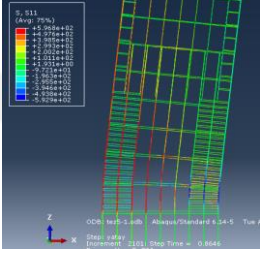
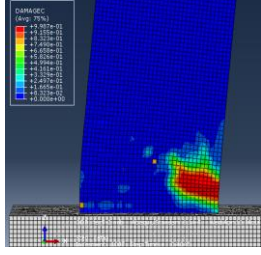
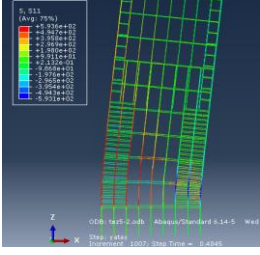
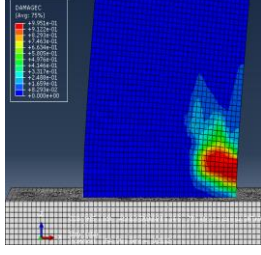
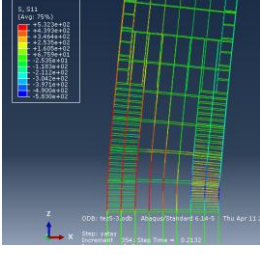
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
25	4	0.05	0.0015		
26	4	0.1	0.0015		
27	4	0.15	0.0015		
28	4	0.2	0.0015		
29	4	0.05	0.0025		

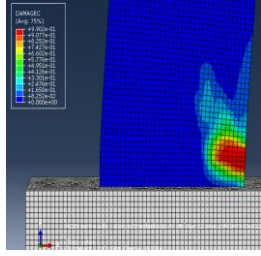
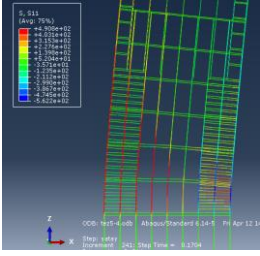
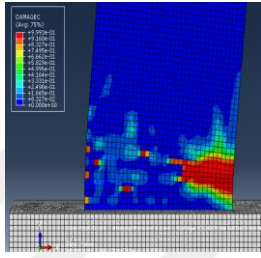
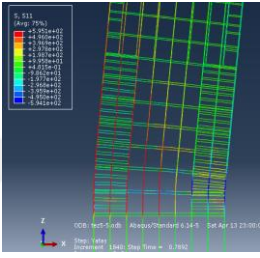
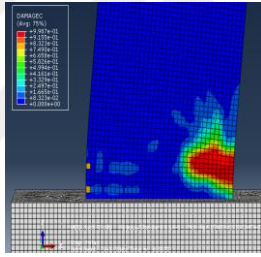
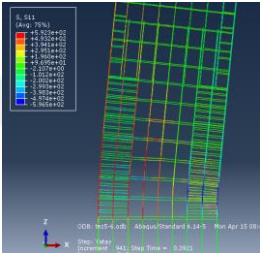
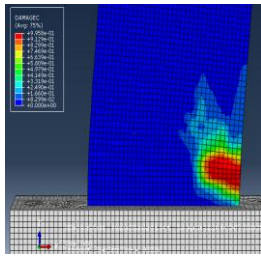
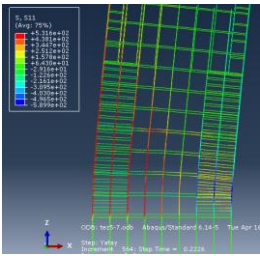
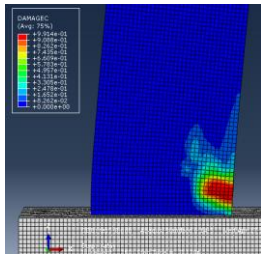
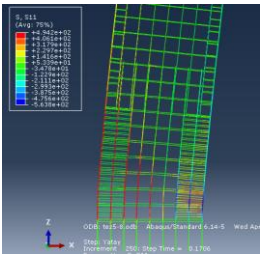
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_o	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
30	4	0.1	0.0025		
31	4	0.15	0.0025		
32	4	0.2	0.0025		
33	4	0.05	0.0035		
34	4	0.1	0.0035		

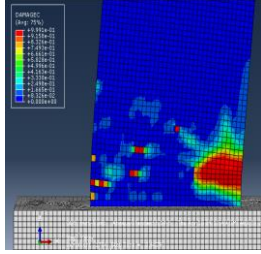
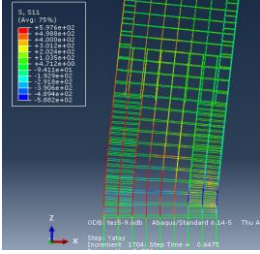
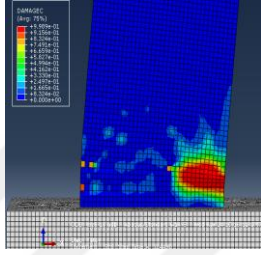
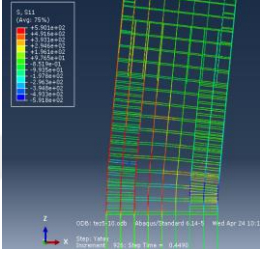
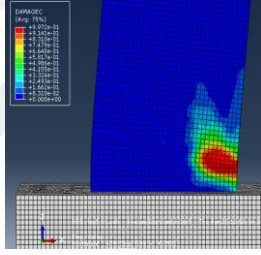
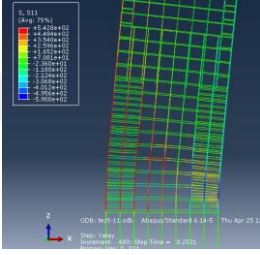
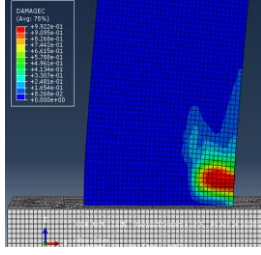
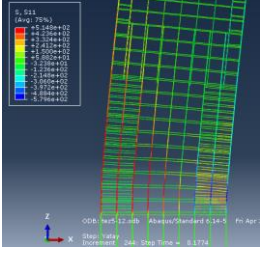
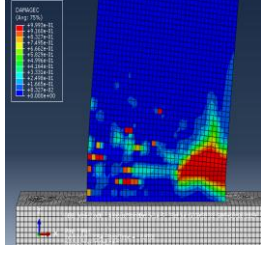
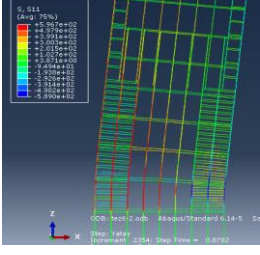
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
35	4	0.15	0.0035		
36	4	0.2	0.0035		
37	5	0.05	0.0015		
38	5	0.1	0.0015		
39	5	0.15	0.0015		

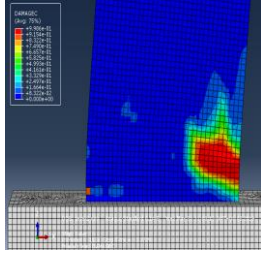
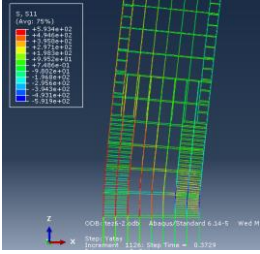
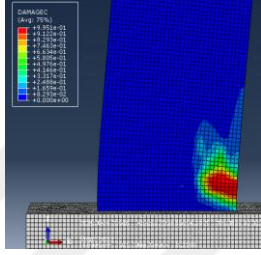
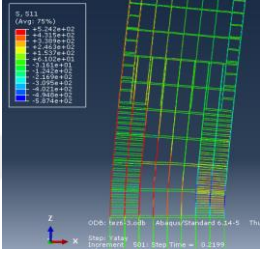
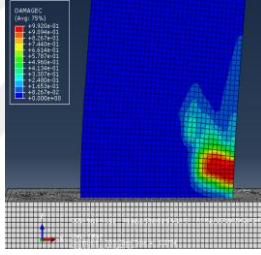
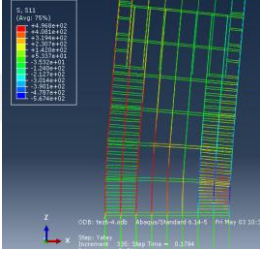
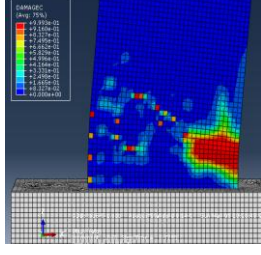
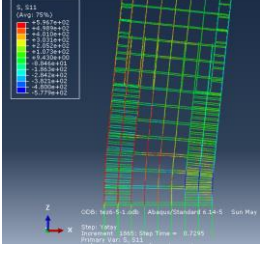
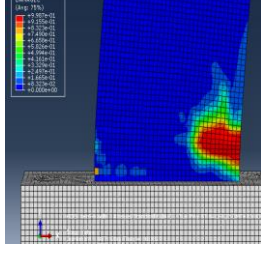
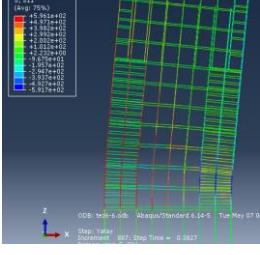
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
40	5	0.2	0.0015		
41	5	0.05	0.0025		
42	5	0.1	0.0025		
43	5	0.15	0.0025		
44	5	0.2	0.0025		

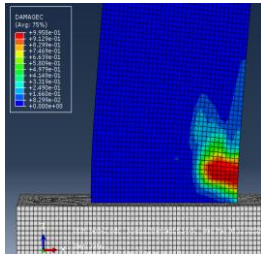
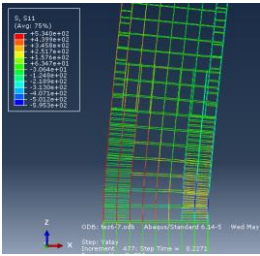
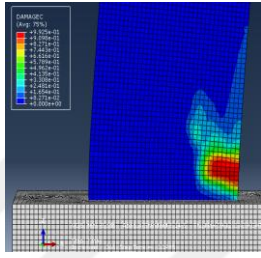
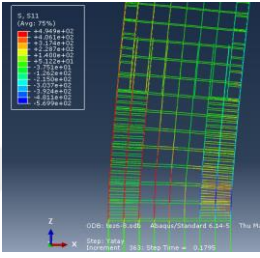
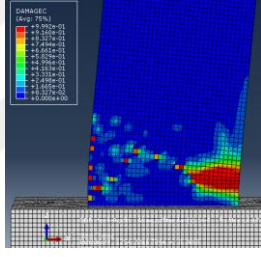
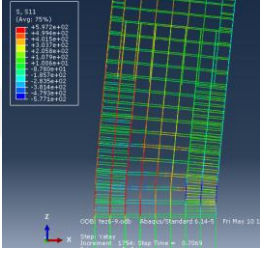
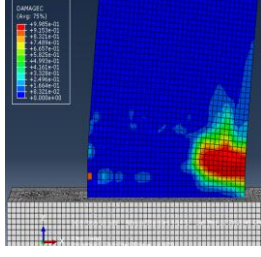
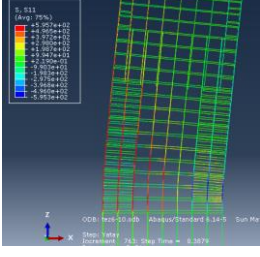
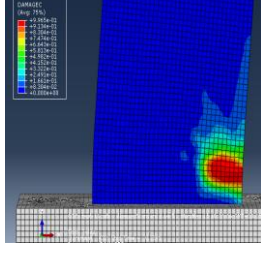
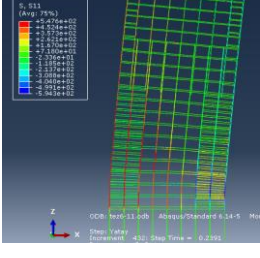
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
45	5	0.05	0.0035		
46	5	0.1	0.0035		
47	5	0.15	0.0035		
48	5	0.2	0.0035		
49	6	0.05	0.0015		

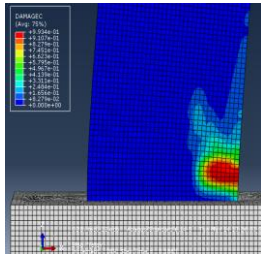
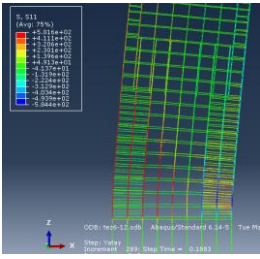
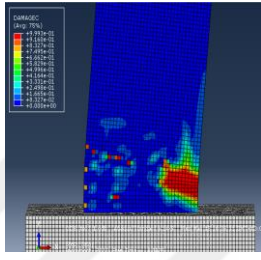
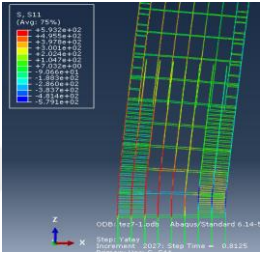
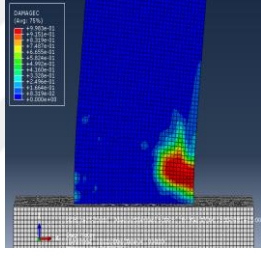
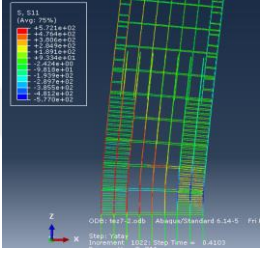
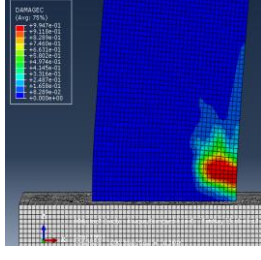
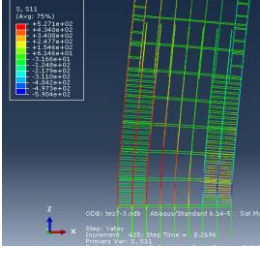
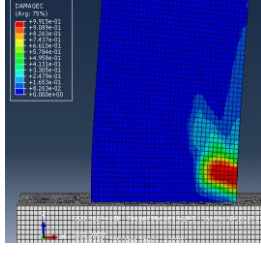
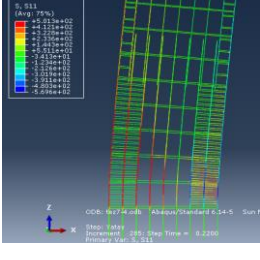
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
50	6	0.1	0.0015		
51	6	0.15	0.0015		
52	6	0.2	0.0015		
53	6	0.05	0.0025		
54	6	0.1	0.0025		

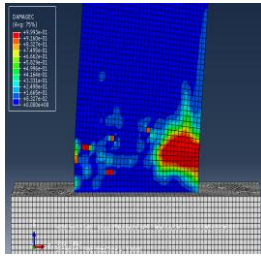
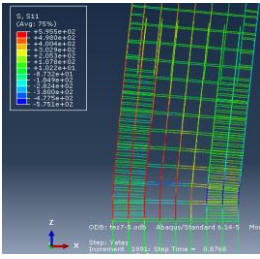
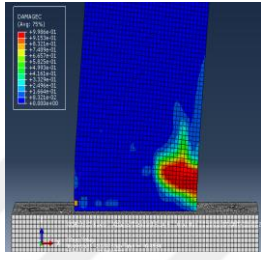
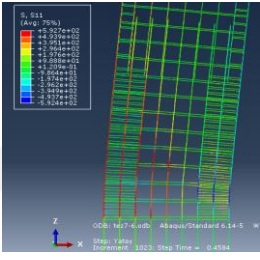
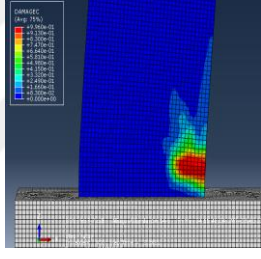
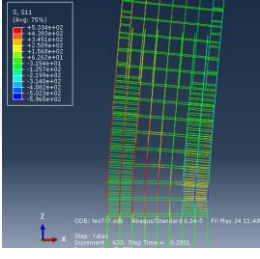
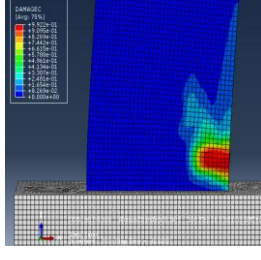
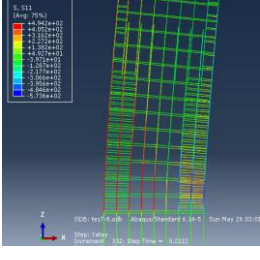
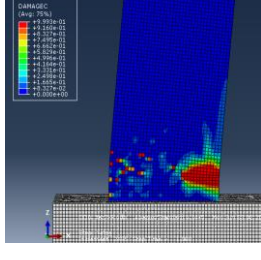
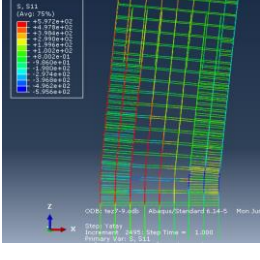
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
55	6	0.15	0.0025		
56	6	0.2	0.0025		
57	6	0.05	0.0035		
58	6	0.1	0.0035		
59	6	0.15	0.0035		

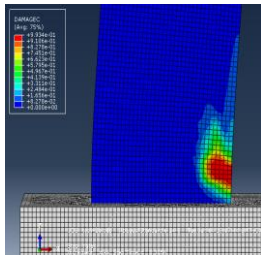
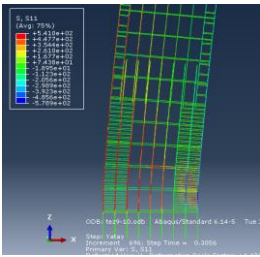
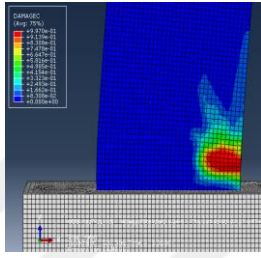
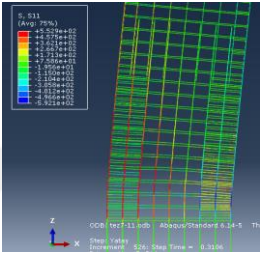
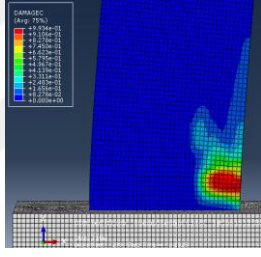
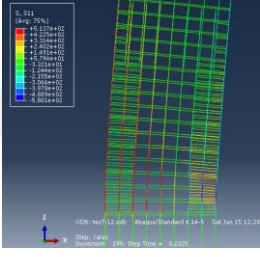
Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
60	6	0.2	0.0035		
61	7	0.05	0.0015		
62	7	0.1	0.0015		
63	7	0.15	0.0015		
64	7	0.2	0.0015		

Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
65	7	0.05	0.0025		
66	7	0.1	0.0025		
67	7	0.15	0.0025		
68	7	0.2	0.0025		
69	7	0.05	0.0035		

Tablo 6.1 Plastik Mafsal Boylarının Belirlendiği Hasar Durumları (devamı)

Perde	H_w/l_w	N/N_0	ρ_{sh}	L_p	L_{pz}
70	7	0.1	0.0035		
71	7	0.15	0.0035		
72	7	0.2	0.0035		

6.1 ABAQUS Sonuçları

Perde betonlarında meydana gelen ezilme durumu ile donatılarda gözlemlenen akma değerlerine göre belirlenen deplasmanlar ve Denk.(3.9)'a göre hesaplanan süneklik değerleri Tablo 6.2'de verilmiştir. Perdelerde oluşan hasar sınır durumları için TDY-2007 ve TBDY-2018'de tasarımda izin verilen maksimum yer değiştirme değerleri dikkate alınmıştır ve bunların yanında maksimum yük %15 azaldığında sistemde göçme durumunun olduğu varsayımı yapıldığından bu noktadaki yer değiştirme değeri belirlenmiştir (Tablo 5.5). Belirlenen yer değiştirme değerlerinde her bir perde için oluşan plastik mafsalları gözlenen (L_p) ve analitik (L_{pz}) şeklinde belirlenmiştir ve bu plastik mafsalları boyu değerleri Tablo 6.3'de verilmiştir.

Tablo 6.2 Çeşitli parametreler için perdelerin süneklik değerleri

Parametreler			Deplasmanlar(mm)		Deplasman Sünekliği	Ortalama Deplasman Sünekliği
H_w/l_w	ρ_{sh}	N/N_o	δ_y	δ_u	μ_δ	$\mu_{\delta ort}$
2	0.0015	0.05	8.42	91.02	10.81	5.123
		0.1	9.38	41.64	4.43	
		0.15	9.365	27.4	2.93	
		0.2	9.89	22.95	2.32	
2	0.0025	0.05	8.785	92.9	10.57	5.193
		0.1	8.898	43.55	4.89	
		0.15	10.05	29.02	2.89	
		0.2	10.03	24.29	2.42	
2	0.0035	0.05	6.747	142.6	21.14	8.283
		0.1	8.81	47.5	5.39	
		0.15	8.013	31.82	3.97	
		0.2	9.709	25.57	2.63	
3	0.0015	0.05	17.56	222	12.64	7.25
		0.1	17.76	179.4	10.10	
		0.15	20.22	73.65	3.64	
		0.2	21.23	55.6	2.62	
3	0.0025	0.05	14.7	281.3	19.14	9.113
		0.1	15.54	148.8	9.58	
		0.15	16.75	70.62	4.22	
		0.2	17.40	61.16	3.51	
3	0.0035	0.05	14.46	267.2	18.48	9.97
		0.1	15.59	198.8	12.75	
		0.15	16.89	91	5.39	
		0.2	17.73	57.74	3.26	
4	0.0015	0.05	27.06	476.2	17.6	7.93
		0.1	27.68	217.4	7.85	
		0.15	32.09	115	3.58	
		0.2	33.29	89.7	2.69	
4	0.0025	0.05	27.44	392	14.28	6.922
		0.1	28.26	206.2	7.3	
		0.15	32.84	110	3.35	
		0.2	32.84	90.6	2.76	
4	0.0035	0.05	26.68	393	14.73	7.655
		0.1	27.71	237.9	8.59	
		0.15	30.64	133.2	4.35	
		0.2	31.84	93.89	2.95	

Tablo 6.2 Çeşitli parametreler için perdelerin süneklik değerleri (devamı)

Parametreler			Deplasmanlar(mm)		Deplasman Sünekliği	Ortalama Deplasman Sünekliği
H_w/l_w	ρ_{sh}	N/N_o	δ_y	δ_u	μ_δ	$\mu_{\delta ort}$
5	0.0015	0.05	37.92	648.4	17.2	7.795
		0.1	39.93	303.4	7.6	
		0.15	43.8	160	3.65	
		0.2	46.82	128	2.73	
5	0.0025	0.05	41.28	591.9	14.34	7.013
		0.1	40.35	294.1	7.29	
		0.15	43.67	166.9	3.82	
		0.2	49.26	127.9	2.6	
5	0.0035	0.05	37.55	485.6	12.93	7.001
		0.1	41.8	337	8.06	
		0.15	45.68	189.8	4.15	
		0.2	46.27	133.1	2.89	
6	0.0015	0.05	54.63	823.4	15.07	6.82
		0.1	55.37	354.3	6.4	
		0.15	63.62	208.8	3.28	
		0.2	67	169.6	2.53	
6	0.0025	0.05	52.23	693	13.27	6.583
		0.1	55.34	363.5	6.57	
		0.15	58.68	215.8	3.68	
		0.2	60.64	170.7	2.81	
6	0.0035	0.05	56.78	671.6	11.83	6.123
		0.1	59.08	368.4	6.24	
		0.15	61.97	227.3	3.67	
		0.2	65.23	179.2	2.75	
7	0.0015	0.05	68.76	771.9	11.23	5.423
		0.1	79.13	389.7	4.92	
		0.15	83.04	256.1	3.08	
		0.2	85.21	209.2	2.46	
7	0.0025	0.05	68.54	832.9	12.15	5.825
		0.1	77.8	435.4	5.6	
		0.15	84.11	266.2	3.16	
		0.2	88.39	211	2.39	
7	0.0035	0.05	72.27	950	13.15	6.065
		0.1	79.13	390.2	4.93	
		0.15	80.6	295.1	3.66	
		0.2	87.65	220.9	2.52	

Tablo 6.3 Çeşitli parametreler için belirlenen plastik mafsal boyları

Parametreler			0.85F _{max}		TDY-2007		TBDY-2018	
H _w /l _w	ρ _{sh}	N/N _o	L _{pz} (cm)	L _p (cm)	L _{pz} (cm)	L _p (cm)	L _{pz} (cm)	L _p (cm)
2	0.0015	0.05	175.139	40	175.139	40	180.165	40
		0.1	134.937	40	144.987	40	150.013	40
		0.15	124.886	35	129.911	40	129.911	40
		0.2	99.76	35	Perde 23 mm'de geçmiştir.			
2	0.0025	0.05	134.937	50	180.911	50	185.190	50
		0.1	144.987	45	160.063	50	160.063	50
		0.15	109.810	40	134.937	50	134.937	50
		0.2	94.73	40	109.810	50	104.785	50
2	0.0035	0.05	185.190	40	165.089	35	139.962	35
		0.1	155.038	35	119.861	35	119.861	35
		0.15	124.886	35	139.962	40	139.962	40
		0.2	99.759	35	109.810	40	99.759	55
3	0.0015	0.05	169.772	45	174.789	45	179.980	45
		0.1	174.789	45	169.772	45	174.789	45
		0.15	134.649	45	139.667	45	134.649	45
		0.2	114.579	45	124.614	45	114.579	45
3	0.0025	0.05	180.346	50	180.346	45	185.356	45
		0.1	180.346	50	175.337	45	175.337	45
		0.15	135.260	45	145.279	50	115.221	50
		0.2	126.240	40	120.231	50	115.22	50
3	0.0035	0.05	145.279	40	190.365	40	190.365	50
		0.1	165.317	40	165.317	40	170.327	40
		0.15	150.288	40	150.288	40	150.288	40
		0.2	120.231	40	Perde 95.25 mm'de geçmiştir.			

Tablo 6.3 Çeşitli parametreler için belirlenen plastik mafsalları boyuları (devamı)

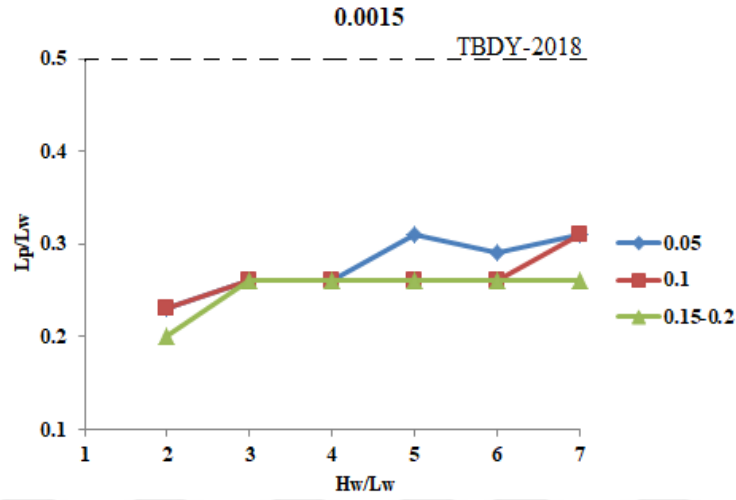
Parametreler			0.85F _{max}		TDY-2007		TBDY-2018	
H _w /l _w	ρ _{sh}	N/N _o	L _{pz} (cm)	L _p (cm)	L _{pz} (cm)	L _p (cm)	L _{pz} (cm)	L _p (cm)
4	0.0015	0.05	184.631	45	204.685	45	204.685	45
		0.1	164.577	45	179.617	45	179.617	45
		0.15	164.577	45	169.591	45	169.591	45
		0.2	139.510	45	149.537	45	139.510	45
4	0.0025	0.05	179.617	55	199.671	45	179.617	55
		0.1	179.617	50	179.617	50	179.617	50
		0.15	169.591	50	174.604	50	174.604	50
		0.2	144.523	45	149.537	50	139.510	50
4	0.0035	0.05	184.631	40	194.658	40	189.644	40
		0.1	189.644	40	179.617	40	184.631	40
		0.15	174.604	40	174.604	40	174.604	40
		0.2	139.510	40	139.510	40	139.510	40
5	0.0015	0.05	209.565	55	194.533	40	194.533	45
		0.1	199.543	45	189.522	45	194.533	45
		0.15	164.467	45	169.478	45	174.489	45
		0.2	144.424	45	159.457	45	134.402	45
5	0.0025	0.05	199.543	55	199.543	40	199.543	50
		0.1	179.5	50	184.511	50	194.533	50
		0.15	169.478	50	169.478	50	174.489	55
		0.2	154.446	50	164.467	50	159.457	55
5	0.0035	0.05	194.533	55	194.533	40	194.533	40
		0.1	184.511	40	189.522	40	189.522	40
		0.15	179.5	40	179.5	40	179.5	45
		0.2	134.402	40	154.446	40	149.435	40

Tablo 6.3 Çeşitli parametreler için belirlenen plastik mafsalsal boyları (devamı)

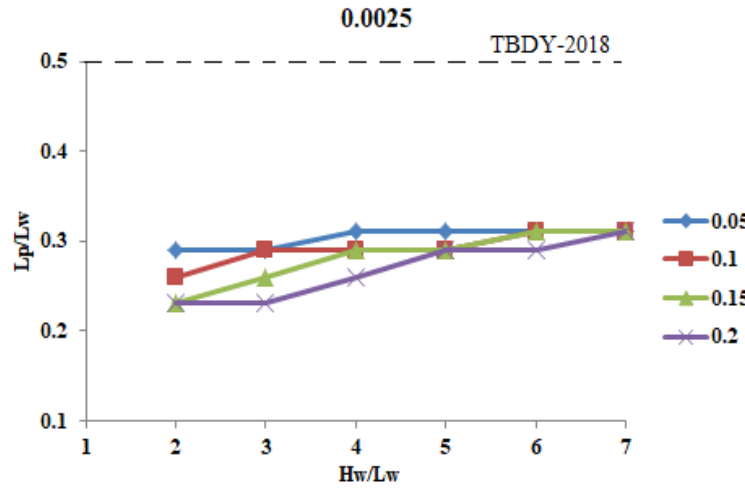
Parametreler			0.85F _{max}		TDY-2007		TBDY-2018	
H _w /l _w	ρ _{sh}	N/N _o	L _{pz} (cm)	L _p (cm)	L _{pz} (cm)	L _p (cm)	L _{pz} (cm)	L _p (cm)
6	0.0015	0.05	179.42	50	199.457	35	199.457	40
		0.1	199.457	45	194.447	45	194.447	45
		0.15	179.42	45	179.42	45	189.438	45
		0.2	144.356	45	164.393	45	164.393	45
6	0.0025	0.05	199.457	55	199.457	35	199.457	45
		0.1	199.457	55	199.457	50	199.457	55
		0.15	174.411	55	174.117	55	179.42	55
		0.2	139.347	50	159.384	55	159.384	55
6	0.0035	0.05	174.411	55	194.447	35	199.457	40
		0.1	194.447	50	184.429	40	189.439	40
		0.15	174.411	40	179.42	50	184.429	50
		0.2	149.365	40	159.384	40	159.384	50
7	0.0015	0.05	199.394	55	219.425	30	229.441	40
		0.1	214.417	55	214.417	45	214.417	45
		0.15	174.354	45	169.346	45	184.37	45
		0.2	149.315	45	149.315	45	144.307	50
7	0.0025	0.05	214.417	55	224.433	30	229.441	45
		0.1	214.417	55	224.433	50	214.417	55
		0.15	174.354	55	169.346	55	184.37	55
		0.2	139.299	55	144.307	55	159.331	55
7	0.0035	0.05	234.449	55	Sınır durumunda perdede hasar gözlemlenmemiştir.		229.441	40
		0.1	214.417	55	214.417	45	214.417	45
		0.15	189.378	55	189.378	55	189.378	55
		0.2	149.315	55	149.315	55	149.315	55

6.2 ABAQUS Sonuçlarının Yorumlanması

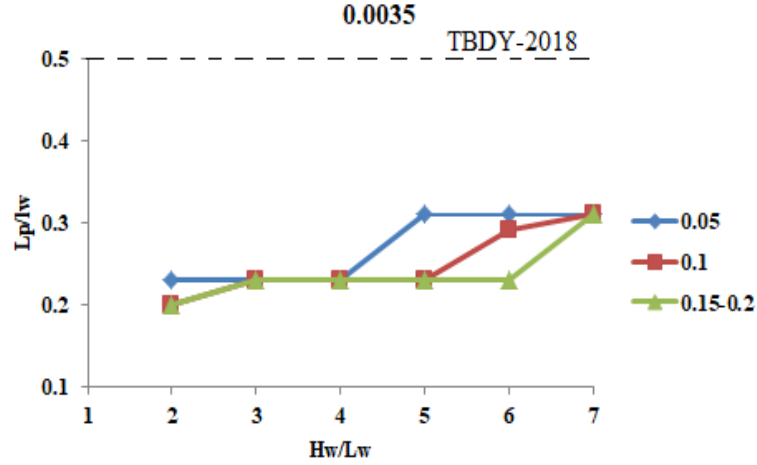
Maksimum yük %15 azaldığında ($0.85F_{max}$) elde edilen görünen plastik mafsal boyları (L_p) dikkate alınmış ve düşey eksen L_p/l_w yatay eksen ise H_w/l_w olacak şekilde grafikler oluşturulmuştur. Gövde donatısı oranına bağlı olarak gruplanan grafikler Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3’de gösterilmektedir. Her bir grafikte N/N_o oranlarına bağlı olarak değişim görülmektedir.



Şekil 6.1 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip L_p/L_w - H_w/L_w grafiği



Şekil 6.2 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip L_p/L_w - H_w/L_w grafiği



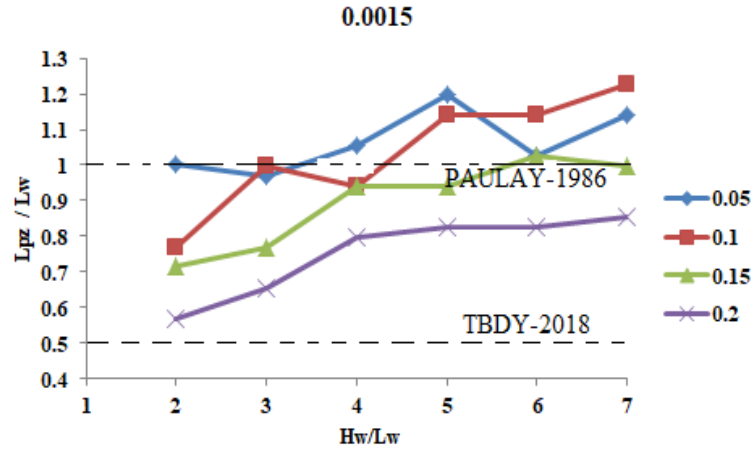
Şekil 6.3 0.0035 yataay gövde donatısı oranına sahip L_p/L_w - H_w/L_w grafiği

Grafikler incelendiğinde; Yük seviyesi (N/N_o) azaldıkça görünen plastik mafsall boyunun (L_p) genel olarak artma eğiliminde olduğu gözlemlenmektedir. Bununla beraber kesme açıklığı (H_w/l_w) arttıkça görünen plastik mafsall boyu (L_p)’de artmaktadır. Yataay gövde donatı oranlarına (ρ_{sh}) bağılı olarak plastik mafsall boyu (L_p)’nin değışimi de Tablo 6.4’de gösterilmiştir. Yataay gövde donatısının plastik mafsall boyunda çok etkin bir parametre olmadığı görülmektedir. Bununla beraber tüm durumlar incelendiğı zaman (Tablo 6.4) TBDY-2018’de plastik mafsall boyu için verilen $0.5l_w$ değerinin aslında oldukça katı olduğu, plastikleşmenin 0.25 - $0.29l_w$ mertebesinde olduğu görülmüştür.

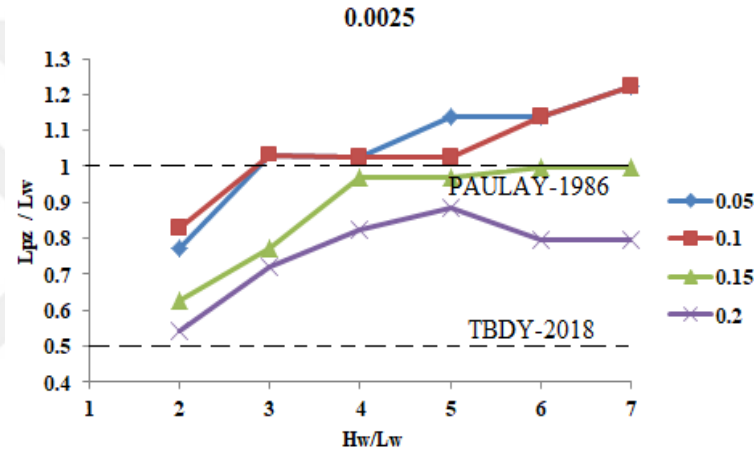
Tablo 6.4 Yataay gövde donatısı oranlarına göre $(L_p/L_w)_{ort}$ ’nin değerleri

Parametreler	Yataay Gövde Donatısı Oranı		
	0.0015	0.0025	0.0035
$(\frac{L_p}{l_w})_{ort}$	0.26	0.29	0.25

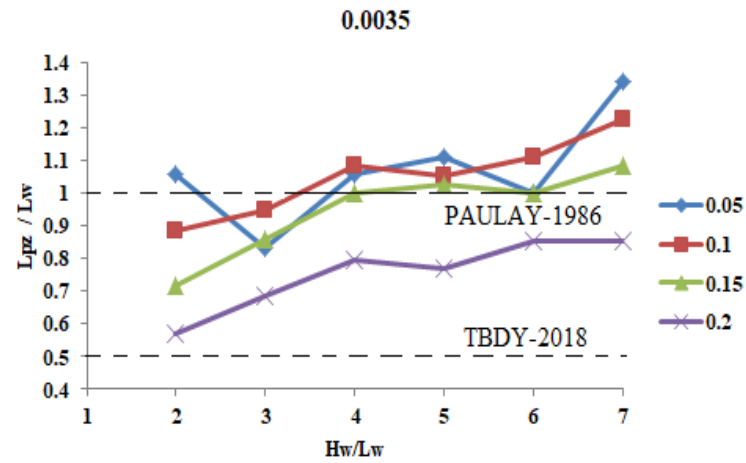
Maksimum yük %15 azaldığında elde edilen “analitik plastik mafsall boyları” (L_{pz}) dikkate alınmış ve L_{pz}/l_w - H_w/l_w oranlarıyla grafikler oluşturulmuştur. Gövde donatısı oranına bağılı olarak gruplanan grafikler Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6’da gösterilmektedir. Her bir grafikte N/N_o oranlarına bağılı olarak değışim görülmektedir. Grafiklerde alt sınır olarak TBDY-2018’de yer alan denklem ve üst sınır olarak hem Oosterle ve ark. (1984)’nın hem de Paulay (1986)’ın önerdiği aynı denklem kullanılarak sınırlar işaretlenmiştir.



Şekil 6.4 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip L_{pz}/l_w - H_w/l_w grafiği



Şekil 6.5 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip L_{pz}/l_w - H_w/l_w grafiği



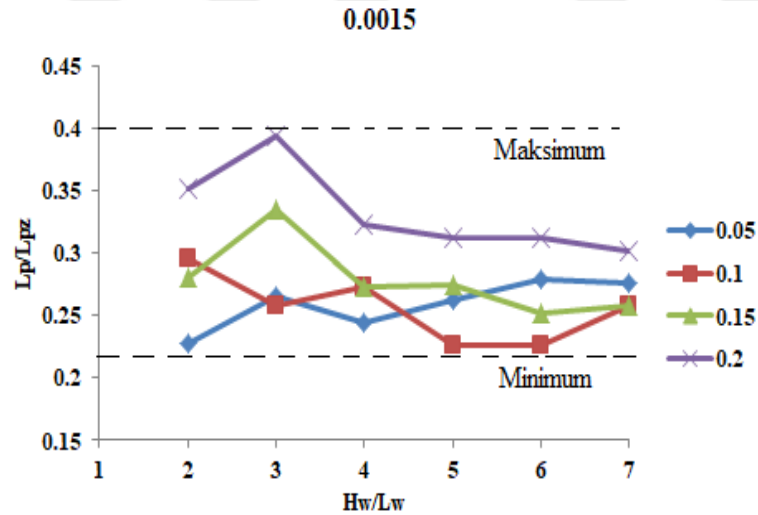
Şekil 6.6 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip L_{pz}/l_w - H_w/l_w grafiği

Grafikler incelendiğinde; Yük seviyesi (N/N_0) arttıkça analitik plastik mafsall boyunun (L_{pz}) değeri azalmaktadır. Bunun yanında kesme açıklığı (H_w/l_w) arttıkça analitik plastik mafsall boyu (L_{pz}) artmaktadır. Yatay gövde donatılarına (ρ_{sh}) bağlı olarak analitik plastik mafsall boyunun (L_{pz}) değişimi Tablo 6.5’de gösterilmektedir. Yatay gövde donatısının analitik plastik mafsall boyunda çok etkin bir parametre olmadığı görülmektedir.

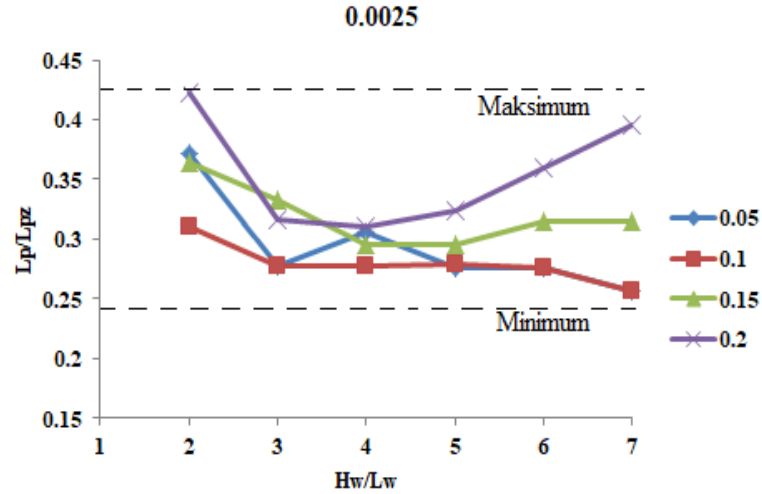
Tablo 6.5 Yatay gövde donatısı oranlarına göre $(L_{pz}/L_w)_{ort}$ ’nın değerleri

Parametreler	Yatay Gövde Donatısı Oranı		
	0.0015	0.0025	0.0035
$(\frac{L_{pz}}{L_w})_{ort}$	0.938	0.937	0.954

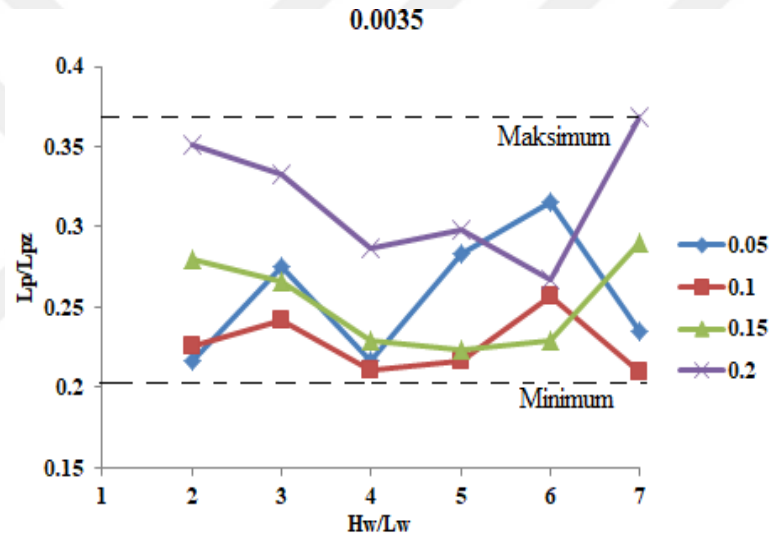
Maksimum yük %15 azaldığında elde edilen “analitik plastik mafsall boyları” (L_{pz}) ve görünen plastik mafsall boyları (L_p) dikkate alınmış ve $L_p/L_{pz}-H_w/l_w$ oranlarıyla grafikler oluşturulmuştur. Gövde donatısı oranına bağlı olarak gruplanan grafikler Şekil 6.7, Şekil 6.8 ve Şekil 6.9’da gösterilmektedir. Her bir grafikte N/N_0 oranlarına bağlı olarak değişim görülmektedir.



Şekil 6.7 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz}-H_w/L_w$ grafiği



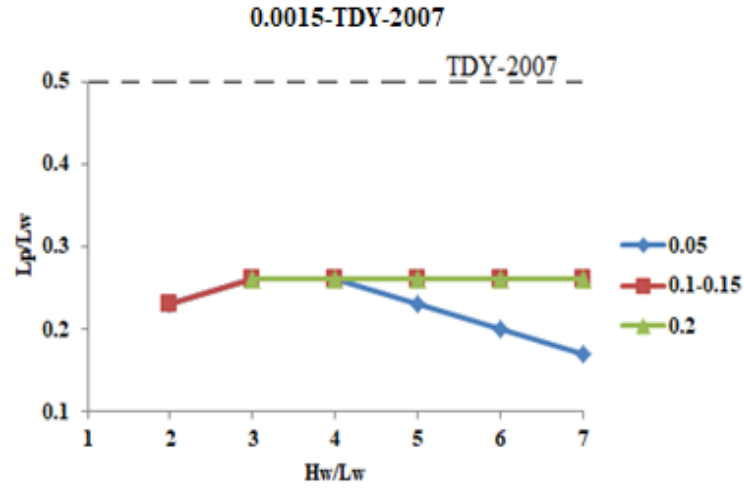
Şekil 6.8 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip L_p/L_{pz} - H_w/L_w grafiği



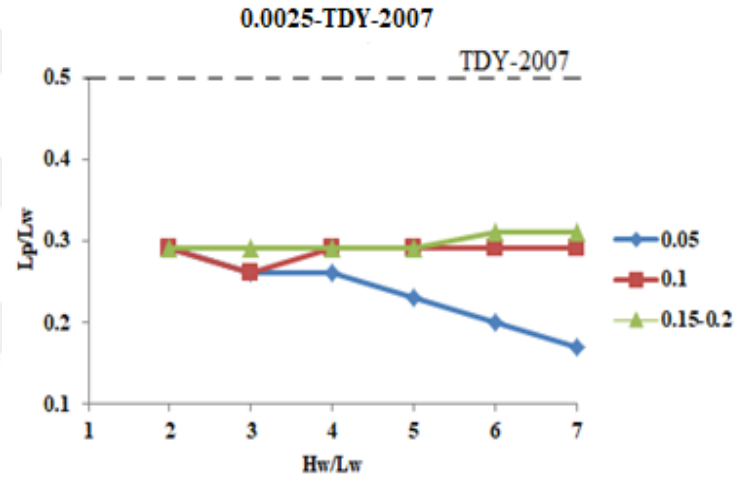
Şekil 6.9 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip L_p/L_{pz} - H_w/L_w grafiği

Grafikler incelendiğinde görünen plastik mafsallık boyu ve analitik plastik mafsallık boyu arasında 0.25-0.4 arasında bir oran olduğu görülmektedir. Literatürde bu oranın 0.5 olduğu ifade edilmektedir.

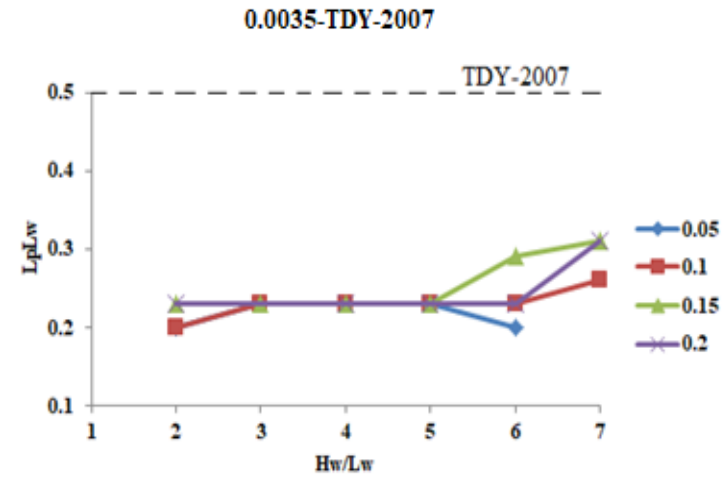
TDY-2007'nin izin verdiği maksimum yer değiştirmeye göre belirlenen görünen plastik mafsallık boyları dikkate alınmış ve $L_p/l_w - H_w/l_w$ oranlarıyla grafikler oluşturulmuştur. Gövde donatısı oranına bağlı olarak gruplanan grafikler Şekil 6.10, Şekil 6.11 ve Şekil 6.12'de verilmiştir. Her bir grafikte N/N_0 oranlarına bağlı olarak değişim görülmektedir. TDY-2007'de plastik mafsallık boyu için yer alan $0.5l_w$ ifadesi grafiklerde gösterilmektedir..



Şekil 6.10 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip L_p/L_w - H_w/L_w grafiği



Şekil 6.11 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip L_p/L_w - H_w/L_w grafiği



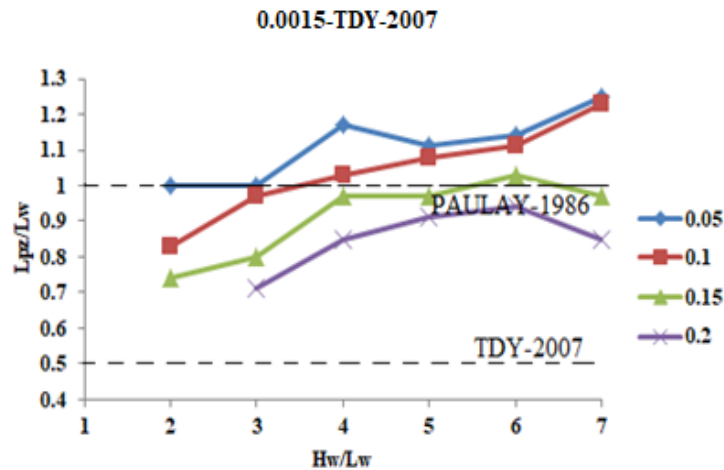
Şekil 6.12 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip L_p/L_w - H_w/L_w grafiği

Grafikler incelendiğinde; Yük seviyesi (N/N_0) azaldıkça genel olarak görünen plastik mafsalsal boyu (L_p) değeri azalmaktadır. Bununla birlikte elde edilen görünen plastik mafsalsal boyu değerleri TDY-2007’de plastik mafsalsal boyu için verilen $0.5l_w$ değerinin altında kalmışlardır. Tablo 6.6’da yatay gövde donatı oranlarına (ρ_{sh}) göre $(L_p/L_w)_{ort}$ değerleri verilmiştir. Görünen plastik mafsalsal boyunun (L_p) 0.0015’den 0.0025’e doğru gidildikçe arttığı ve 0.0025’den 0.0035’e doğru gittikçe azaldığı görülmektedir.

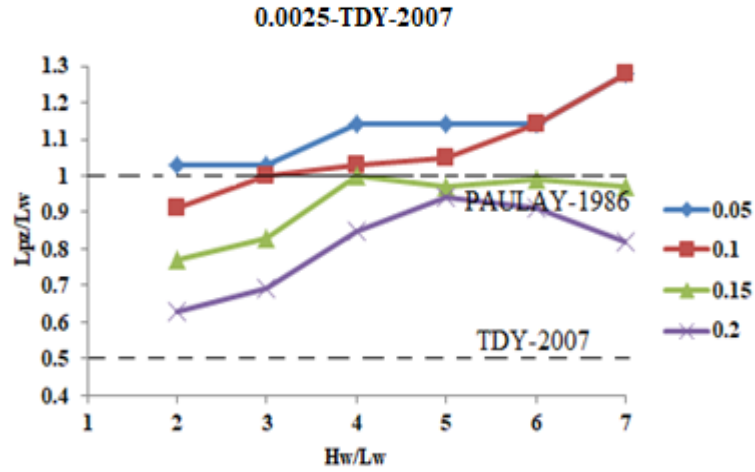
Tablo 6.6 Yatay gövde donatısı oranlarına göre $(L_p/L_w)_{ort}$ ’nın değerleri

Parametreler	Yatay Gövde Donatısı Oranı		
	0.0015	0.0025	0.0035
$(\frac{L_p}{L_w})_{ort}$	0.25	0.28	0.24

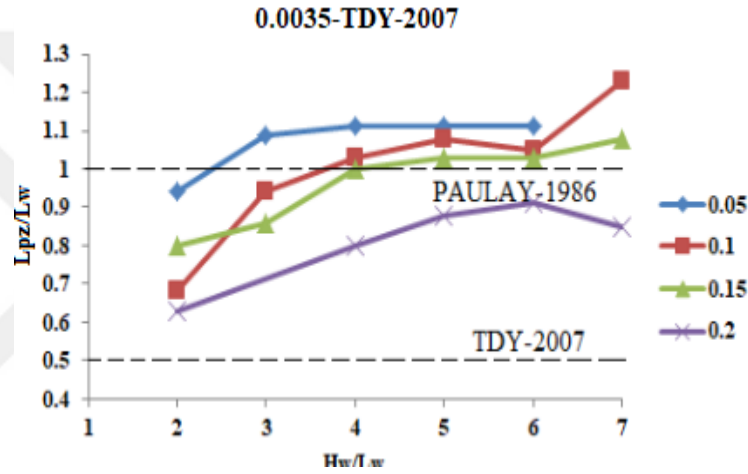
TDY-2007’nin izin verdiği maksimum yer değiştirmeye göre belirlenen analitik plastik mafsalsal boyları (L_{pz}) dikkate alınmış ve $L_{pz}/l_w - H_w/l_w$ oranlarıyla grafikler oluşturulmuştur. Gövde donatısı oranına bağlı olarak gruplanan grafikler Şekil 6.13, Şekil 6.14 ve Şekil 6.15’de verilmiştir. Her bir grafikte N/N_0 oranlarına bağlı olarak değişim görülmektedir. Grafiklerde sınır durumlar olarak TDY-2007’de ve literatürde yer alan plastik mafsalsal boyları işaretlenmiştir.



Şekil 6.13 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_{pz}/l_w - H_w/l_w$ grafiği



Şekil 6.14 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip L_{pz}/l_w - H_w/l_w grafiği



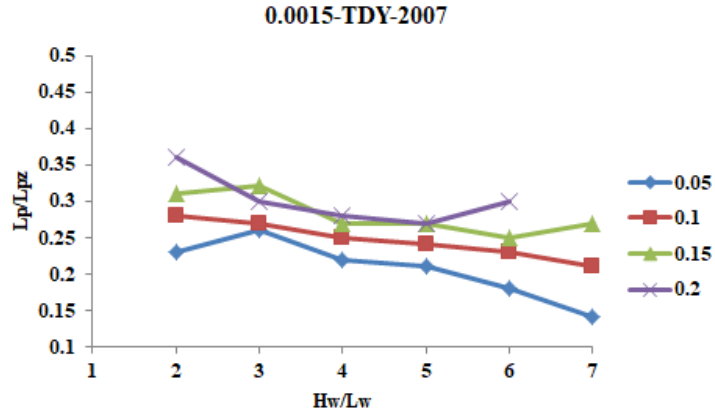
Şekil 6.15 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip L_{pz}/l_w - H_w/l_w grafiği

Grafikler incelendiğinde; Yük seviyesi (N/N_o) azaldıkça analitik plastik mafsal boyunun (L_{pz}) değeri artmaktadır. Bununla birlikte kesme açıklığı (H_w/l_w) arttıkça analitik plastik mafsal boyunun (L_{pz}) değeri artmaktadır. Yatay gövde donatılarına (ρ_{sh}) bağlı olarak analitik plastik mafsal boyunun (L_{pz}) değişimi Tablo 6.7'de gösterilmektedir. Yatay gövde donatısı oranı arttıkça analitik plastik mafsal boyunun (L_{pz}) değeri azalmaktadır.

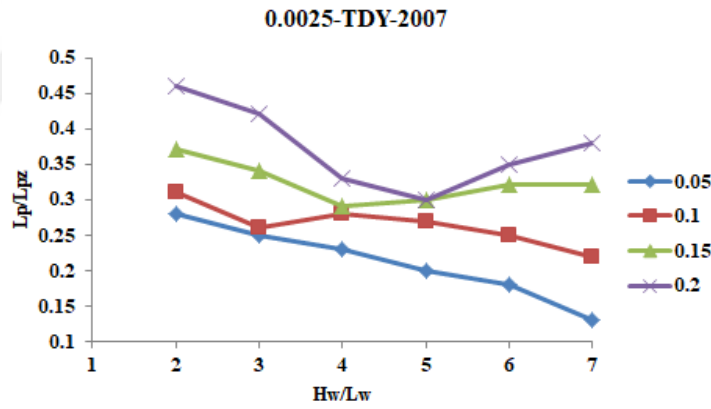
Tablo 6.7 Yatay gövde donatısı oranlarına göre $(L_{pz}/L_w)_{ort}$ 'nin değerleri

Parametreler	Yatay Gövde Donatısı Oranı		
	0.0015	0.0025	0.0035
$(\frac{L_{pz}}{L_w})_{ort}$	0.99	0.98	0.96

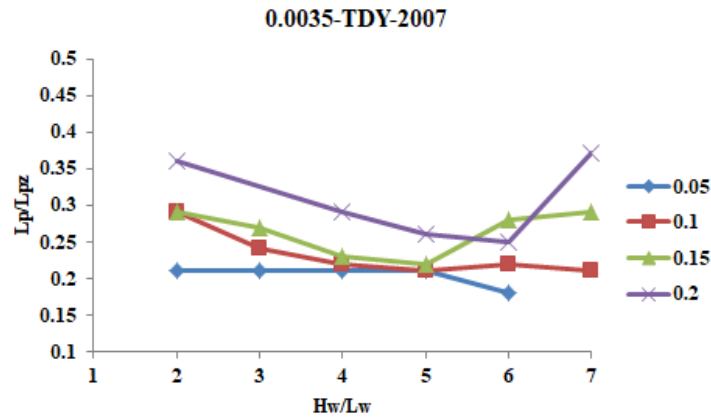
TDY-2007'nin izin verdiği maksimum yer değiştirmeye göre belirlenen “analitik plastik mafsal boyları” (L_{pz}) ve görünen plastik mafsal boyları (L_p) dikkate alınmış ve $L_p/L_{pz} - H_w/l_w$ oranlarıyla grafikler oluşturulmuştur. Gövde donatısı oranına bağlı olarak gruplanan grafikler Şekil 6.16, Şekil 6.17 ve Şekil 6.18’de verilmiştir. Her bir grafikte N/N_o oranlarına bağlı olarak değişim görülmektedir.



Şekil 6.16 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz} - H_w/l_w$ grafiği



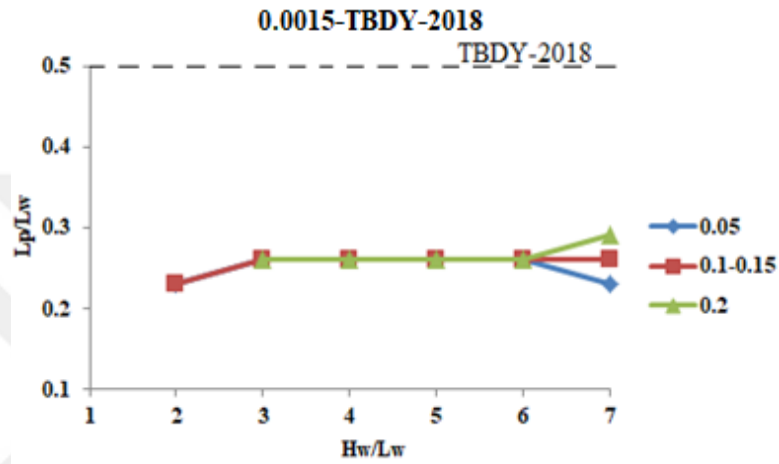
Şekil 6.17 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz} - H_w/l_w$ grafiği



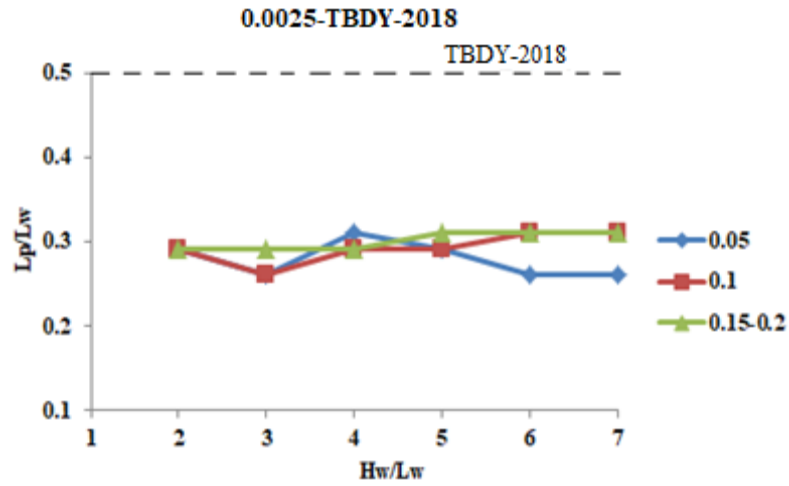
Şekil 6.18 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz} - H_w/l_w$ grafiği

Grafikler incelendiğinde görünen plastik mafsal boyu ve analitik plastik mafsal boyu arasında 0.15-0.45 arasında bir oran olduğu görülmektedir.

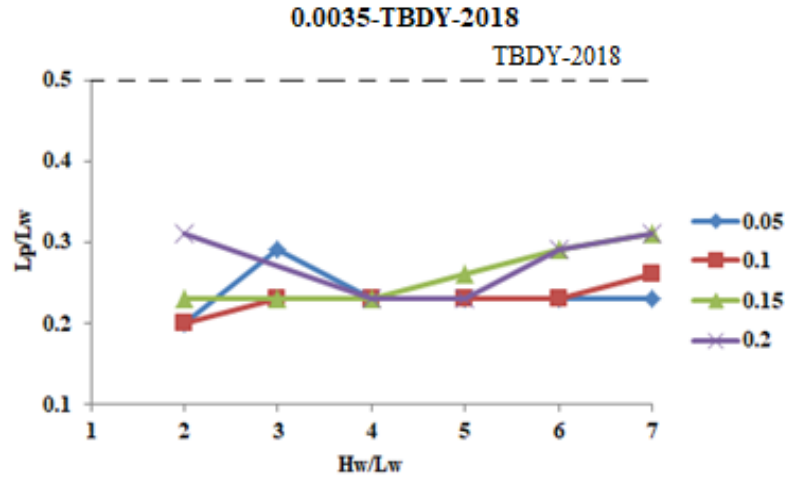
TBDY-2018'in izin verdiği maksimum yer değiştirmeye göre belirlenen görünen plastik mafsal boyları dikkate alınmış ve $L_p/l_w - H_w/l_w$ oranlarıyla grafikler oluşturulmuştur. Gövde donatısı oranına bağlı olarak gruplanan grafikler Şekil 6.19, Şekil 6.20 ve Şekil 6.21'de verilmiştir ve TBDY-2018'de plastik mafsal boyu için yer alan $0.5l_w$ ifadesi grafiklerde gösterilmektedir.



Şekil 6.19 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/l_w-H_w/l_w$ grafiği



Şekil 6.20 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/l_w-H_w/l_w$ grafiği



Şekil 6.21 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip L_p/l_w - H_w/l_w grafiği

Grafikler incelendiğinde; Yük seviyesi (N/N_o) arttıkça görünen plastik mafsal boyunun (L_p) değeri genel olarak artmaktadır. Tablo 6.8’de kesme açıklıklarına göre $(L_p/l_w)_{ort}$ değerleri verilmiştir. Kesme açıklığı (H_w/l_w) arttıkça genel olarak görünen plastik mafsal boyu (L_p) artmaktadır. Tablo 6.9’da yatay gövde donatı oranlarına (ρ_{sh}) göre $(L_p/l_w)_{ort}$ değerleri verilmiştir. Görünen plastik mafsal boyunun (L_p) değerinin 0.0015’den 0.0025’e doğru gidildikçe arttığı ve 0.0025’den 0.0035’e doğru gittikçe değerinin azaldığı görülmektedir.

Tablo 6.8 Kesme açıklığına göre $(L_p/L_w)_{ort}$ ’nın değerleri

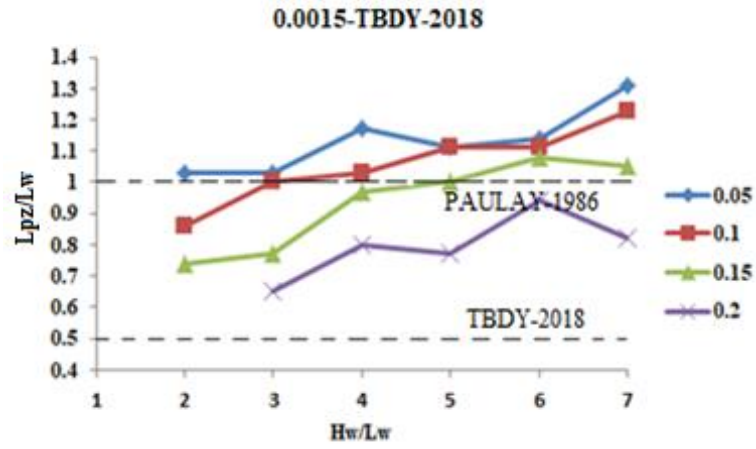
Parametre	Kesme Açıklığı					
	2	3	4	5	6	7
$(\frac{L_p}{L_w})_{ort}$	0.76	0.79	0.79	0.8	0.82	0.84

Tablo 6.9 Yatay gövde donatısı oranlarına göre $(L_p/L_w)_{ort}$ ’nın değerleri

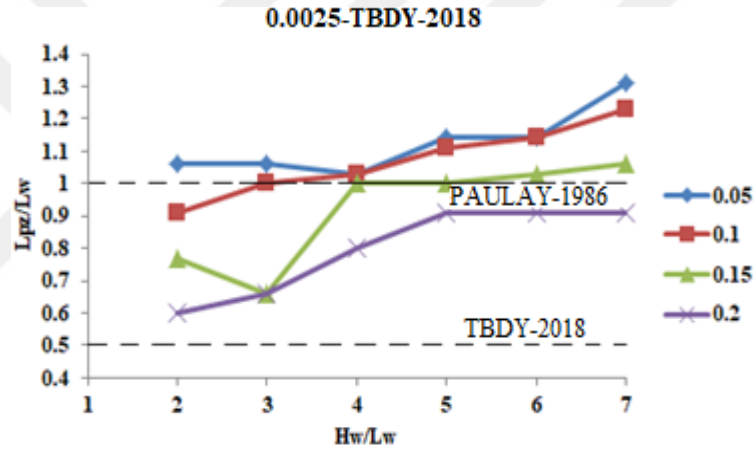
Parametreler	Yatay Gövde Donatısı Oranı		
	0.0015	0.0025	0.0035
$(\frac{L_p}{L_w})_{ort}$	0.26	0.29	0.25

TBDY-2018’in izin verdiği maksimum yer değiştirmeye göre belirlenen analitik plastik mafsal boyları (L_{pz}) dikkate alınmış ve $L_{pz}/l_w - H_w/l_w$ oranlarıyla grafikler oluşturulmuştur. Gövde donatısı oranına bağlı olarak gruplanan grafikler Şekil 6.22, Şekil 6.23 ve Şekil 6.24’de verilmiştir. Her bir grafikte N/N_o oranlarına bağlı olarak

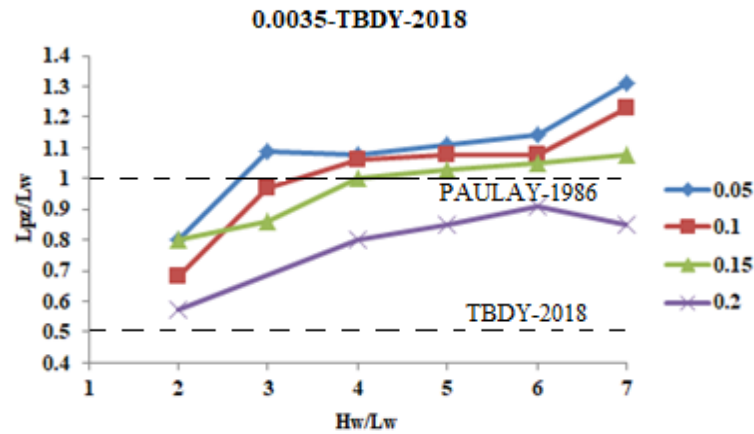
değişim görülmektedir. TBDY-2018’de ve literatürde yer alan plastik mafsal boyları işaretlenmiştir.



Şekil 6.22 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip L_{pz}/l_w - H_w/l_w grafiği



Şekil 6.23 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip L_{pz}/l_w - H_w/l_w grafiği



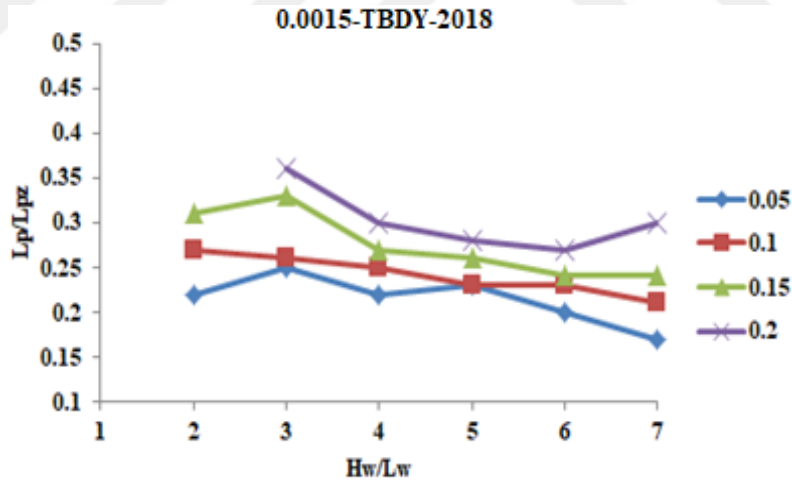
Şekil 6.24 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip L_{pz}/l_w - H_w/l_w grafiği

Grafikler incelendiğinde; Yük seviyesi (N/N_o) arttıkça analitik plastik mafsall boyunun (L_{pz}) değeri azalmaktadır. Bununla birlikte kesme açıklığı (H_w/l_w) arttıkça analitik plastik mafsall boyu (L_{pz}) genel olarak artmaktadır. Yatay gövde donatılarına (ρ_{sh}) bağlı olarak analitik plastik mafsall boyunun (L_{pz}) değışimini Tablo 6.10'da gösterilmektedir. Yatay gövde donatısı oranı arttıkça analitik plastik mafsall boyu (L_{pz}) değeri azda olsa azalmaktadır.

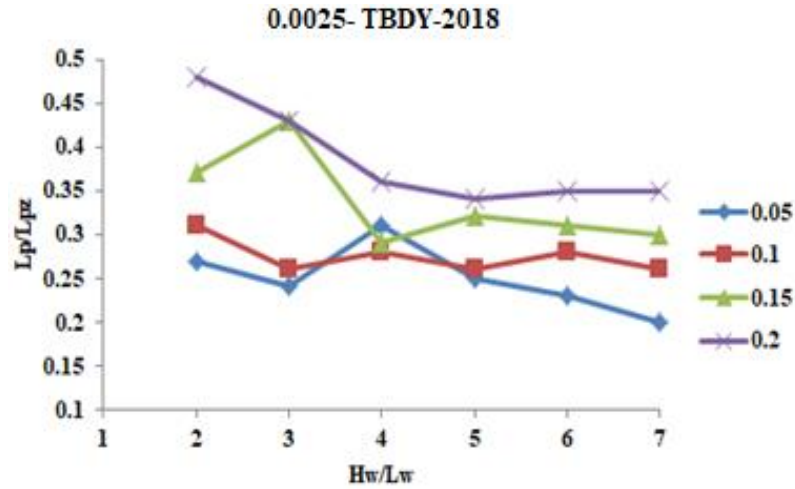
Tablo 6.10 Yatay gövde donatısı oranlarına göre $(L_{pz}/L_w)_{ort}$ 'nin değeri

Parametreler	Yatay Gövde Donatısı Oranı		
$(\frac{L_{pz}}{L_w})_{ort}$	0.0015	0.0025	0.0035
	0.987	0.978	0.975

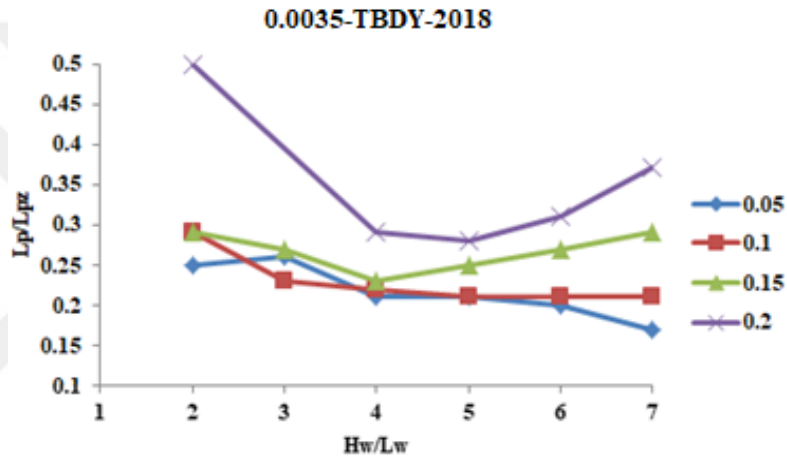
TBDY-2018'in izin verdiği maksimum yer değıştirmeye göre belirlenen "analitik plastik mafsall boyları" (L_{pz}) ve görünen plastik mafsall boyları (L_p) dikkate alınmış ve $L_p/L_{pz} - H_w/l_w$ oranlarıyla grafikler oluşturulmuştur. Gövde donatısı oranına bağlı olarak gruplanan grafikler Şekil 6.25, Şekil 6.26 ve Şekil 6.27'de verilmiştir. Her bir grafikte N/N_o oranlarına bağlı olarak değışim görülmektedir.



Şekil 6.25 0.0015 yatay gövde donatısı oranına sahip $L_p/L_{pz} - H_w/L_w$ grafiği



Şekil 6.26 0.0025 yatay gövde donatısı oranına sahip L_p/L_{pz} - H_w/L_w grafiği

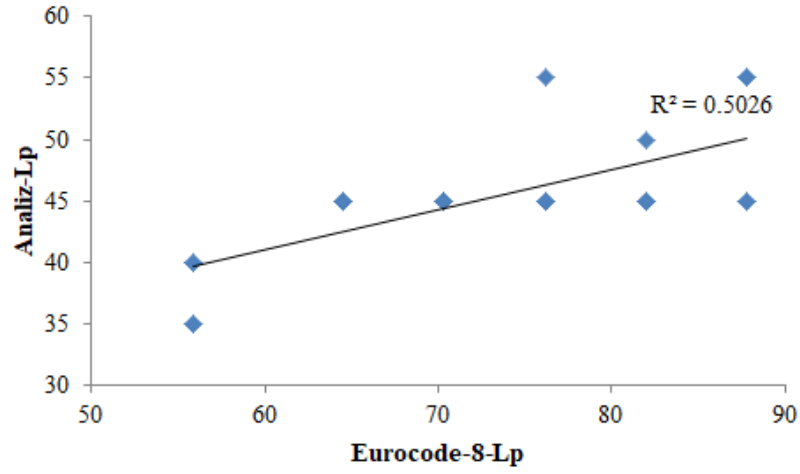


Şekil 6.27 0.0035 yatay gövde donatısı oranına sahip L_p/L_{pz} - H_w/L_w grafiği

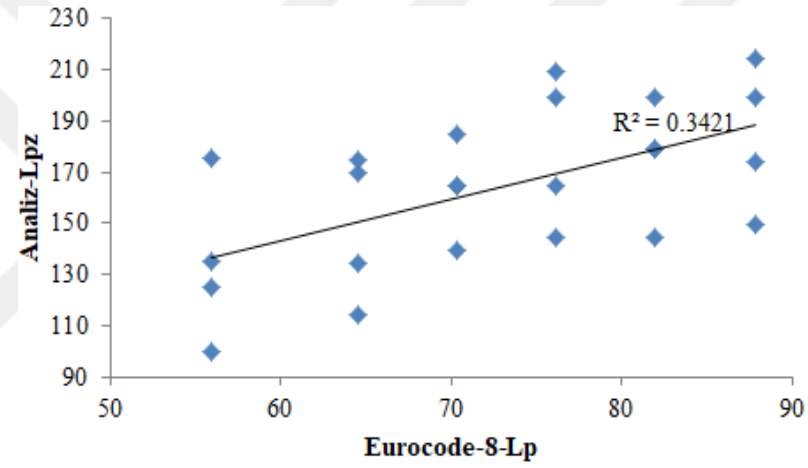
Grafikler incelendiğinde görünen plastik mafsalsal boyu ve analitik plastik mafsalsal boyu arasında 0.15-0.5 arasında bir oran olduğu görülmektedir.

6.3 Mevcut Ampirik Formüllerle Karşılaştırma

Literatürde perde plastik mafsalsal boylarını belirlemek için çeşitli ampirik formüller bulunmaktadır. Analizlerden elde edilen değerler EC8(2005), Biskinis ve Fardis(2010), Bohl ve Adebar(2011) ve Kazaz(2012)'in önerdikleri formüllerden elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar hem görünen plastik mafsalsal boylarıyla (L_p) hem de analitik plastik mafsalsal boylarıyla (L_{pz}) yapılmıştır. Regresyon eğrileri Şekil 6.28, Şekil 6.29, Şekil 6.30 ve Şekil 6.31'de gösterilmektedir.

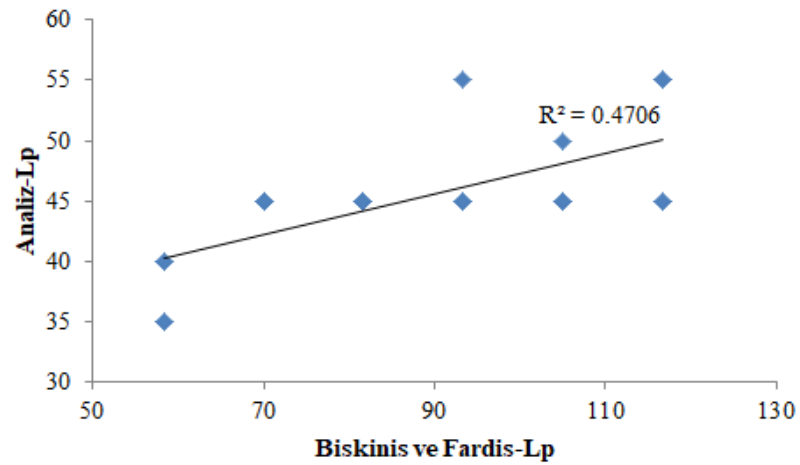


(a)

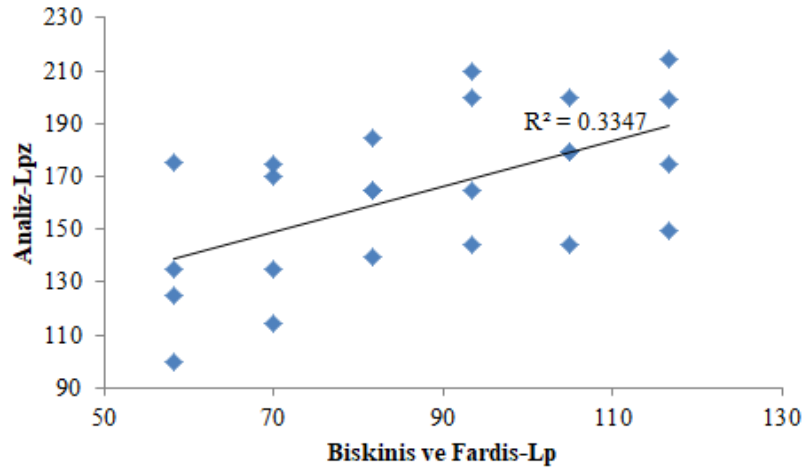


(b)

Şekil 6.28 Analiz Sonuçlarıyla Eurocode-8'e göre plastik mafsal boylarının karşılaştırılması; (a) Görünen plastik mafsal boyu (L_p) ile, (b) Analitik plastik mafsal boyu (L_{pz}) ile.



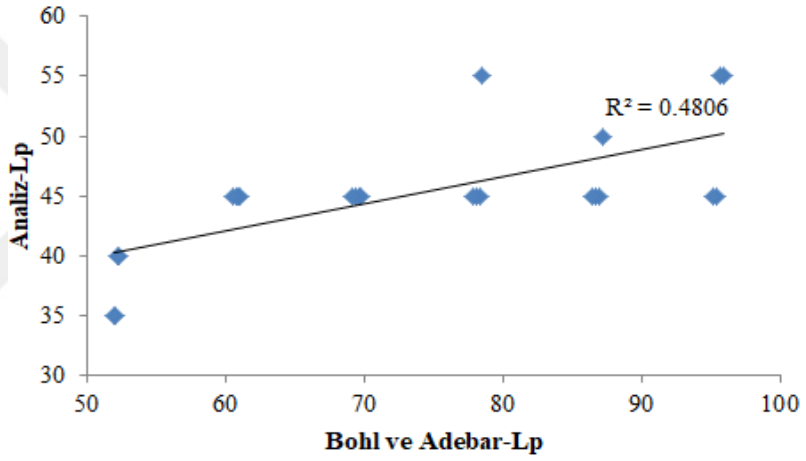
(a)



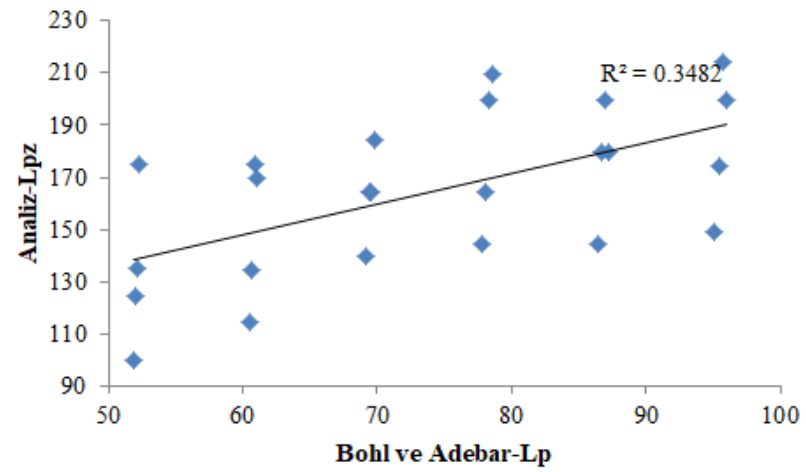
(b)

Şekil 6.29 Analiz Sonuçlarıyla Biskinis ve Fardis'e göre plastik mafsal boylarının karşılaştırılması; (a)

Görünen plastik mafsal boyu (L_p) ile , (b) Analitik plastik mafsal boyu (L_{pz}) ile.



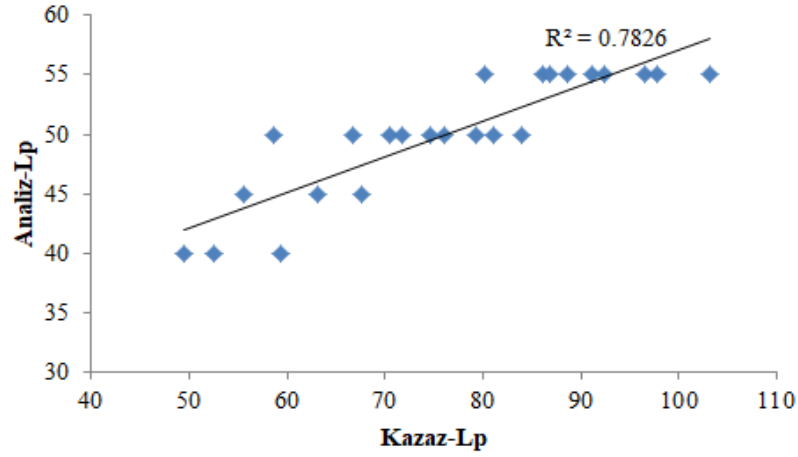
(a)



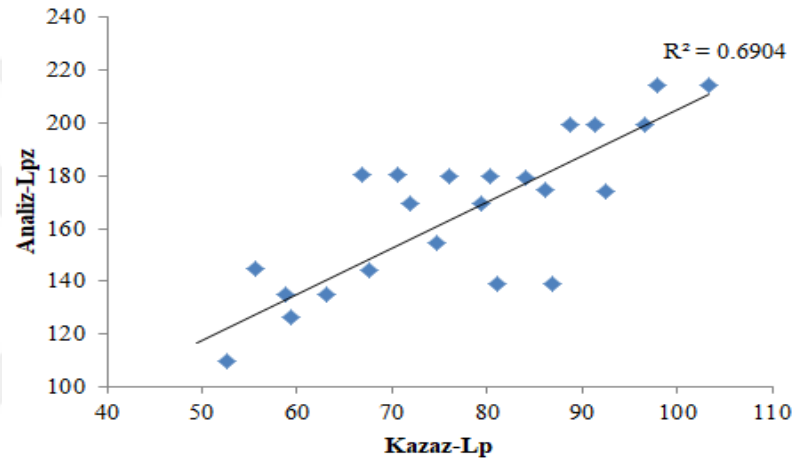
(b)

Şekil 6.30 Analiz Sonuçlarıyla Bohl ve Adebar'e göre plastik mafsal boylarının karşılaştırılması;

(a) Görünen plastik mafsal boyu (L_p) ile , (b) Analitik plastik mafsal boyu (L_{pz}) ile



(a)



(b)

Şekil 6.31 Analiz Sonuçlarıyla Kazaz'a göre plastik mafsalsal boylarının karşılaştırılması; (a) Görülen plastik mafsalsal boyu (L_p) ile , (b) Analitik plastik mafsalsal boyu (L_{pz}) ile

Regresyon eğrilerinden elde edilen R^2 değerleri incelendiğinde plastik mafsalsal boyları için en yüksek yakınlığın Kazaz'ın çalışmasıyla olduğu görülmüştür. Şekil 6.31'de verildiği gibi Kazaz'ın değerleriyle görülen plastik mafsalsal boyu değerleri arasında %78 ve analitik mafsalsal boyu değerleri arasında %69'luk bir yakınlık bulunmaktadır. Görülen plastik mafsalsal boyu değerleri ile çalışmalardan elde edilen plastik mafsalsal değerleri arasında analitik plastik mafsalsal değerlerine göre daha fazla yakınlık olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum literatürde yer alan ampirik formüllerin betonun ezilme durumu gözönüne alınarak oluşturulduğu varsayımı yapıldığını göstermektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Betonarme yapılar için perdeler oldukça önemli taşıyıcı elemanlardır. Şiddetli depremlerde kuvvetlerin rijit elemanlara daha fazla gelmesi neticesinde ilk olarak betonarme perdelerde yapısal hasar oluşmaktadır. Perde hasarlarından sonra ise yatay ötelenmelerin artması ile beraber çerçeve elemanlarda elastik ötesi hasarlar meydana gelmeye başlamaktadır. Özellikle gevrek göçme mekanizmasının ve sınırlı sünekliğin önüne geçebilmek için doğrusal olmayan eğilme şekil değişimlerinin oluşturduğu plastik mafsallık bölgelerinin uygun şekilde detaylandırılması gerekmektedir. Bu nedenle yönetmelikler perdelerdeki gerilmelerin en fazla olmasını beklediği bölgelerde bazı sınırlandırmalar getirmişlerdir. Deprem sırasında oluşacak hasarlar tiplerinin, hasar dağılımlarının ve olası göçme senaryosunun deprem mühendisliği ilkelerine göre kurgulanması gerekmektedir. Yapı mühendisi deprem sırasındaki bu senaryoyu ancak analitik yada deneysel yöntemlerle modelleyerek yapının davranışı ile ilgili bir takım çıkarımlarda bulunabilmektedir. Deneysel çalışmaların uzun zaman alması, maliyeti vs. düşünüldüğü zaman gelişmiş sonlu elemanlar yazılımlarının bu davranışı gözlemlenmede tek araç olabileceği açıktır. Bununla beraber yazılımlarında belirli bir kabul silsilesi içinde sonuca ulaştığı bu nedenle yapılan kabullerin gerçek davranışı temsil yeteneği de sorgulanmış olmalıdır.

Deprem davranışı merak edilen bir yapının yatay yük etkisi altındaki performansının belirlenmesindeki en önemli parametre plastikleşmenin (elastik ötesi deformasyonun) oluşacağı bölgelerde yapılacak olan kabullerdir. Eleman uçlarında tanımlanacak olan plastik mafsalların özellikleri yapı elemanlarının deformasyon kapasitesindeki bir belirteçtir. Elemanların deformasyon kapasitesi ise yapının global performansının en önemli göstergesidir. Bu nedenle plastik mafsallık boyunun gerçek yapı davranışına uygun olarak belirlenebilmesi yapılacak olan hesabın ve kabullerin gerçek davranışla mümkün olduğunca uyum içinde olması açısından oldukça önemlidir. Genel olarak kolon ve kirişlerde yapılan plastik bölge analizlerinde plastik mafsallık boyu için kesit yüksekliğinin yarısı kabulü ki yönetmeliklerce de bu önerilmektedir, yaygın olarak yapılan bir kabuldür. Bu nedenle kolon ve kirişlerde sıklaştırma/sargılama bölgesi plastik mafsallık oluşacak bu bölgeyi kapsayacak şekilde seçilmektedir. Bir yapıda deprem sırasında davranışı tamamen kontrol altında tutan perde yada perdelerin bulunması durumunda ise çoğu zaman kolon ve kiriş plastik mafsallık kabulleri ikincil öneme sahip olabilir. Bu durumda perdelerin mafsallaşma özelliklerinin doğru bir

şekilde belirlenmesi daha kritiktir. Yönetmelikler kiriş ve kolonlara benzer bir yaklaşımla betonarme perdeler içinde plastik mafsalsal bölgesi yüksekliği ve bu bölge içinde bir takım tasarım kuralları önermiştir.

Bu tez çalışmasında temel motivasyon perdelerin plastik mafsalsal yüksekliklerinin analitik olarak belirlenmesi ve literatürdeki yaklaşımların irdelenmesi olmuştur. Bu nedenle çalışmada özellikle perde davranışına etkin parametreler seçilerek analitik bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışmada perdeler için kesme açıklıkları (H_w/l_w) en önemli parametre olarak düşünülmüştür. Bununla beraber perdelerde farklı yatay sargı donatısı miktarları ve farklı normal kuvvet seviyeleri de gözönünde bulundurulmuştur. Tasarlanan 72 adet perde ABAQUS programı kullanılarak modellenmiş ve değişkenlerin plastik mafsalsal boyu üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Plastik mafsalsal boylarının belirlenmesinde TBDY-2018 ve TDY-2007’de izin verilen maksimum yer değiştirme değerlerinde hemde literatürde göçme deplasmanı kabulüne dayalı bir yaklaşımla beton kesitlerde ve donatılarda oluşan hasarlar incelenmiştir. Çalışmada analiz yapılan perdelerde “analitik plastik mafsalsal boyu” (L_{pz}) ve “görünen plastik mafsalsal boyu” (L_p) olarak ayrı ayrı dikkate alınmış, L_{pz} ile L_p arasındaki ilişki de belirlenmiştir. Literatürde perdelerin plastik mafsalsal boylarını belirlemek için farklı yaklaşımlar bulunmaktadır ve analiz sonuçlarından elde edilen plastik mafsalsal boylarının bu yaklaşımlarla olan ilişkisi incelenmiştir. Çalışmada ayrıca perde deplasman süneklikleri de elde edilerek yönetmelik tabanlı bir irdeleme yapılmıştır.

7.1 Sonuçlar

Türkiye gibi sismik aktivitenin yoğun olduğu bölgelerde yapı elemanlarının gerçek davranışa uygun olarak tasarlanmaları ve plastik mafsalsal boylarının doğru tahmin edilmesi oldukça önemlidir. Bu fikirden yola çıkılarak yapılan tez çalışmasında elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

- Süneklik; dayanımda kayda değer bir azalma olmadan elastik ötesi şekil değiştirmeler yapabilme yeteneğidir ve modellenen perdeler incelendiğinde normal kuvvet değeri arttıkça deplasman süneklik değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

- H_w/l_w (kesme açıklığı) oranı 2 olan perdelerin ortalama süneklik değerleri modellenen diğer perdelerin ortalama süneklik değerlerine göre daha düşüktür. Bu durum TBDY-2018'de perde tasarımı için verilen sınır şartlarını doğrular niteliktedir.
- Perdenin plastikleşecek bölgesi için özel bir tasarım yapılmaktadır ve perdelerin plastik mafsallık bölgesini kapsamaması düşüncesiyle yönetmeliklerde kritik perde yüksekliği tanımı yapılmaktadır. Analizlerden elde edilen plastik mafsallık boyu değerleri (L_p ve L_{pz}) yönetmeliklerce belirlenen kritik perde yüksekliklerinin arasında kalmıştır ve doğrular niteliktedir.
- H_w/l_w oranı 2, yatay gövde donatısı oranı 0.0015 ve N/N_o oranı 0.2 olan perde modeli TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre belirlenen izin verilen maksimum yer değiştirme değerlerine ulaşmadan geçmiştir. Bu durum perde boyunun kısa olmasından, yatay gövde donatısı oranının belirlenen en düşük seviyede olmasından ve çalışmada ki en yüksek yük oranına maruz kalmasından kaynaklanmaktadır.
- H_w/l_w oranı 7, yatay gövde donatısı oranı 0.0035 ve N/N_o oranı 0.05 olan perde modelinde TDY-2007'ye göre izin verilen maksimum yer değiştirme değerinde hasar oluşmadığı gözlemlenmiştir. Perde yüksekliği arttıkça yüksek donatı oranı ve düşük normal kuvvet seviyesinde hasarın oluşup oluşmadığını belirlemek için H_w/l_w oranları 8 ve 9 olan perdeler modellenmiştir. Her iki perde modelinde de TDY-2007'ye göre hasar gözlemlenmemiştir.
- Analizlerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde maksimum yük %15 azaldığı durumda yük seviyesi azaldıkça görünen plastik mafsallık boyları artmıştır. Fakat TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre yük seviyesi azaldıkça görünen plastik mafsallık boyu değerleri azalmaktadır.
- TDY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerinde izin verilen maksimum yer değiştirmelere ve maksimum yük %15 azaldığı durumdaki (nihai durum) yer değiştirmelere göre belirlenen görünen plastik mafsallık boyu değerleri yatay gövde donatısı oranı 0.0015'ten 0.0025'e doğru gittikçe artmakta ve 0.0025'ten 0.0035'e doğru gittikçe azalmaktadır.
- Analizler sonucunda elde edilen plastik mafsallık boyları incelendiğinde maksimum yük %15 azaldığı durumda ve TBDY-2018'e göre H_w/L_w oranı arttıkça görünen plastik mafsallık boyu değerleri artmaktadır.

- Analizlerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde maksimum yük %15 azaldığı durumda ve TDY-2007'e göre yük seviyesi arttıkça analitik plastik mafsal boyları azalmıştır. Fakat TBDY-2018'e göre yük seviyesi arttıkça analitik plastik mafsal boyu değerleri artmaktadır.
- Maksimum yük %15 azaldığı durumda belirlenen analitik plastik mafsal boyu değerleri yatay gövde donatısının oranı arttıkça artmaktadır. TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre belirlenen analitik plastik mafsal boyu değerleri ise yatay gövde donatısının oranı arttıkça azalmaktadır.
- TDY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerinde izin verilen maksimum yer değiştirmelere ve maksimum yük %15 azaldığı durumdaki yer değiştirmelere göre belirlenen analitik plastik mafsal boyu değerleri H_w/L_w oranı arttıkça artmaktadır.
- Görünen plastik mafsal boyları ve analitik plastik mafsal boyları arasında üç sınır durum için çeşitli oranlar olduğu görülmüştür. Bu oranlar maksimum yük %15 azaldığında 0.25-0.4 aralığında, TDY-2007'nin izin verdiği koşullara göre belirlenen değerler arasında 0.15-0.45 aralığında ve TBDY-2018'e göre belirlenen plastik mafsal boyu değerlerine göre 0.15-0.50 aralığındadır. Üç durumu kapsayacak şekilde aralarında ki oranın 0.15-0.50 aralığında olduğu söylenebilir.
- Literatürde plastik mafsal boylarını belirlemek için ampirik formüller bulunmaktadır ve parametre sayısı fazla olan denklemlerden elde edilen değerlerle analizler sonucunda elde edilen değerler kıyaslanmıştır. Sonuçlar arasında en yüksek yakınlığın Kazaz(2012)'in önerdiği denklemle olduğu görülmüştür. Görünen plastik mafsal boyu değerleriyle denklemlerden elde edilen değerlerin arasında analitik plastik mafsal boyu değerlerine göre daha fazla yakınlık bulunmaktadır.

7.2 Öneriler

- Perde davranışını perdenin yüksekliği, plandaki uzunluğu, uç bölgesindeki boyuna donatı oranı, normal kuvvet seviyesi, kesme açıklığı ve yatay gövde donatısı oranının etkilediği yapılan çalışmalarda araştırmacılar tarafından gözlemlenmiştir. Bu tez çalışmasında 6 farklı kesme açıklığı, 3 farklı yatay gövde donatısı oranı ve 4 farklı yük seviyesi göz önüne alınmıştır. Parametre

çeşitleri ve sayıları arttırılarak betonarme perdeler için yeni modeller oluşturulup çalışmanın kapsamı genişletilebilir.

- Çalışmada perde modelleri boşluksuz olacak şekilde modellenerek konsol giriş davranışı sergilemişlerdir. Gerçekleştirilecek çalışmalarda konsol perdelerin yanı sıra modelleme aşamasında çeşitli boşluklar bırakılarak bağ kirişli perde modelleri de oluşturulabilir ve davranışları arasındaki farklılıklar incelenebilir.
- Betonarme yapılarda perdeler kat seviyelerinde döşemeler ile bağlanmaktadır ve bu durum narin olmalarına karşı burkulma durumunun oluşmasını engellemektedir. Gerçek davranışa yakın bir davranış gözlemek adına modelleme aşamasında perdeler yatay deplasmanı sınırlayacak döşemeler eklenerek davranış belirlenebilir.
- Yapılacak olan çalışmalarda betonarme çerçeve ve perdeler döşemeler ile beraber modellenerek gerçek taşıyıcı sistem modeli de oluşturulabilir. Bunun için daha gelişmiş donanıma ihtiyaç olacağı açıktır.

KAYNAKLAR

- ABYYHY, 1998, Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- ACI 318-08, 2014, Building code requirements for structural concrete and commentary, American Concrete Institute.
- Alemdar, Z.F., 2015, Betonarme köprü kolonlarında plastik mafsalsal bölgelerinin modellenmesi, İMO Teknik Dergi, 7279-7286.
- Anonim, ABAQUS FEA [online], [https://grupotomasyon.com.tr/services/abaqus-fea/?https://grupotomasyon.com.tr/iletisim/&gclid=EAIaIQobChMIhQGHR9vZ5AIVBN-yCh39lwdpEAAYAiAAEgI5nfD_BwE%20\(ABAQUS\)](https://grupotomasyon.com.tr/services/abaqus-fea/?https://grupotomasyon.com.tr/iletisim/&gclid=EAIaIQobChMIhQGHR9vZ5AIVBN-yCh39lwdpEAAYAiAAEgI5nfD_BwE%20(ABAQUS)) [Ziyaret Tarihi: 5 Ekim 2019].
- Anonim, Abaqus sizin için ne yapabilir? [online], <http://www.a-ztech.com.tr/abaqus.html> [Ziyaret Tarihi: 10 Ekim 2019].
- Arbulu, A.B.G., 2006, Plastic hinge length in high-rise concrete shear walls, The University Of British Columbia.
- Baykul, S., 2014, Betonarme binalarda deprem perdelerinin ön boyutlandırılması ve düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Birtel, V. ve Mark, P., 2006, Parameterised finite element modelling of RC beam shear failure.
- Biskinis, D. ve Fardis, M.N., 2010, Flexure-controlled ultimate deformations of members with continuous or lap-spliced bars, Structural concrete, 11:2, 93-108.
- Bohl, P. ve Adebar, P., 2011, Plastic hinge lengths in high-rise concrete shear walls, ACI Structural Journal, 108:2, 148-157.
- Dazio, A., Beyer, K., Bachman, H., 2009, Quasi-static cyclic tests and plastic hinge analysis of RC structural walls, Engineering Structures, 31(2009)1556–1571.
- DBYBHY, 2007, Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.

- Dere, Y., 2006, Assessing a retrofitting method for existing RC buildings with low seismic capacity in Turkey, ASCE, ISSN 0887-3828.
- Eurocode8, 2005, Design of structures for earthquake resistance. European Committee for Standardization.
- Kazaz, İ., 2013, Analytical study on plastic hinge length of structural walls, ASCE, 139(11): 1938-1950.
- Kazaz, İ. ve Gülkan, P., 2012, Süneklik düzeyi yüksek betonarme perdelerdeki hasar sınırları, İmo Teknik Dergi, 6113-6140, 387.
- Kumbasaroğlu, T., 2010, Az ve orta katlı mevcut binaların güçlendirilmesine ilişkin bir öneri. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mojiri, S., Tait, M.J., El-Dakhkhni, W. W., 2014, Seismic response analysis of lightly reinforced concrete block masonry shear walls based on shake table tests. ASCE, 140(9): 04014057.
- Oesterle R.G, Aristizabal-Ochoa J.D, Shiu K.N, Corley W.G., 1984, Web crushing of reinforced concrete structural walls. ACI Journal, 81(3):231-241.
- Özbek Açar, A.Ş., Weerheijm, J. ve Breugel, K., 2017, Dairesel agregalı model boşluklu betonların dinamik davranışının sonlu eleman yöntemi ile analizi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 22-3.
- Paulay, T., 1986, The design of ductile reinforced concrete structural walls for earthquake resistance, Earthquake Spectra, 2(4):783-823.
- Paulay, T. ve Priestly, M.J.N., 1993, Stability of ductile structural walls. ACI Structural Journal, 90(4):385-392.
- Priestley, M. J. N., Seible, F., and Calvi, G. M., 1996, Seismic design and retrofit of bridges, Wiley, New York.
- Salem., S., Ezzeldin., M., El-Dakhkhni., W., 2019, Out-of-plane behavior of load-bearing reinforced masonry shear walls, ASCE, 145(11): 04019127.

- Sanada, Y., Yamamoto, N., Takahashi, S., Tani, M., Fukuyama, H., 2017, Flexure mechanism and deformation at bending-compression failure of rc structural walls, ASCE, 144(2): 04017204.
- Siam, A.,S., Ezzeldin, M., El-Dakhakhni, W., 2019, Reliability of displacement capacity prediction models for reinforced concrete block shear walls, Structures, 20 (2019) 385–398.
- Sinaei, H., Shariati, M., Abna, A.H., Aghaei, M. ve Shariat, A., 2012, Evaluation of reinforced concrete beam behaviour using finite element analysis by ABAQUS, Academic Journals.
- Sümer, Y., 2017, Yüksek dayanımlı betonla üretilmiş kirişlerde plastik mafsallı boyunun belirlenmesi, APJES 5-2.
- Şahin, H., Alyamaç, K.E., ve Erdoğan, A.S., 2015, Deprem perdelerinin yanall ötelenmesine perde uç bölgesinin ve donatı oranının etkisi, Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- TBDY, 2018, Türkiye bina deprem yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Thomsen, J.H. ve Wallace J.W.,2004. Displacement- based design of slender reinforced concrete structural walls: Experimental verification. Journal of Structural Engineering, ASCE, 130(4):618-630.
- Türk Standartı TS 500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yuan, F. ve Wu, Y., 2017, Effect on load cycling on plastic hinge length in RC columns, Engineering Structures, 147 (2017) 90–102.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hacer TÜLEN
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti (T.C.)
Doğum Yeri ve Tarihi : KONYA/03.07.1995
Telefon : 05055509529
e-mail : hacer.tulen@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	Konya Anadolu Lisesi, Meram-KONYA	2013
Üniversite	Selçuk Üni. İnşaat Müh. Bölümü, Selçuklu/KONYA	2017
Yük. Lisans	Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü	2017-Devam ediyor

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2019	Kocaeli Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

YABANCI DİLLER

İngilizce- 81,25 (YökDil)

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler :

Ceyhan M., Tülen H., Öztürk Ö., Keskin Ü.S., Topçu İ.B., (2018) Mechanical and Durability Properties of Different Types of Fiber Reinforced Concrete,

3.İnternational Conference On Civil And Environmental Engineering (ICOCEE)
(Tam Metin Bildiri)

Tülen H., Arslan M.H., Dere Y., 2018, Betonarme Perdelerde Kritik Perde Yüksekliği
İle İlgili Bir İrdeleme, İnternational Eurasian Conference on Science,
Engineering and Technology (EurasianSciEnTech) (Tam Metin Bildiri)

Tülen H., Arslan M.H., Dere Y., 2019, Determination Of Plastic Hinge Length İn
Reinforced Concrete Shear Wall, 4th Eurasian Conference on Civil and
Environmental Engineering(Tam Metin Bildiri)

