

**ÇELİK LEVHA PERDELİ YAPI SİSTEMİNİN
LEVHA KALINLIĞINA BAĞLI OLARAK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Edip SEÇKİN
İnşaat Mühendisi
(0209020001)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 Eylül 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 12 Eylül 2004**

Tez Danışmanı : Yard.Doç.Dr. Güven KIYMAZ

Diğer Jüri Üyeleri : Yard.Doç.Dr. Murat TÜRK

Yard.Doç.Dr. Nijat MESTANZADE

EYLÜL 2004

ÖNSÖZ

İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği bölüm kapsamında hazırlanan bu yüksek lisans tezinde; çelik levha perdeli çerçeve sistemlerde levha kalınlığının davranış üzerine etkisi incelenmiştir.

Yüksek lisans öğrenimim süresince bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım tez danışmanım Sayın Yard.Doç.Dr. Güven KIYMAZ'a, ilgi ve katkıları için Dr.Erdal COŞKUN'a ve Prof.Dr.Turgut UZEL hocalarıma teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Öğrenimim boyunca desteğini esirgemeyen aileme, anlayışı ve sabrı için sevgili eşime sonsuz teşekkür ederim.

Minnet borçlu olduğum ve bu yıl aramızdan ayrılan değerli hocam Prof.Dr. Hasan KARATAŞ'ı saygıyla anıyorum.

Eylül, 2004

İstanbul

Edip SEÇKİN
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Tanım	1
1.2. Tez Konusunun Tanımı.....	2
2. YAPI SİSTEMİN TANITILMASI	3
2.1. Giriş	3
2.2. Çelik Levhalı Perde Tipleri	8
3. ÇELİK LEVHA PERDEDE DAVRANIŞ	10
3.1. Giriş	10
3.2. Plastik Mafsallaşma	14
3.3. Çelik Levhalı Perdenin Davranışı	16
3.4. Kesme Kuvveti Altında Çelik Perdenin Davranışı	19
3.5. Önemli Göçme Modları	22
3.6. Göçme Modlarının Hiyerarşik Sıralaması	23
4. ÇELİK PERDELERİN TASARIM KRİTERLERİ	25
4.1. Çelik Perdelerin Kesme, Eğilme ve Bileşik Kesme-Eğilme Kapasitelerinin Bulunması	25
4.1.1. Çelik Perdelerin Kesme Kapasitelerinin Bulunması	26
4.1.2. Çelik Levhalı Perdelerin Eğilme Kapasitesi	29

4.2. Çelik Levhalı Perdelerin Kırma, Moment, Bileşik Kırma-Moment ve Eksenel Y¼k Kapasiteleri	29
4.3. Çelik Perdenin Çevre Kolon ve Kirişlerle Birleşimlerinin Tasarımı .	30
4.4. Çevre Kiriş ve Kolonlarının Tasarımı	31
4.5. Çelik Perdelerin Performansa Dayalı Tasarım Kriterleri	32
4.6. Çelik Perdeler İçin Sismik Tasarım Yöntemlerinin Geliştirilmesi	33
4.7. Lineer Olmayan Statik İtme Analizi (Pushover)	34
4.8. Çelik Plakalı Perdelerin Analiz İçin Modellenmesi	36
4.8.1. Bant Eleman Modellenmesi	36
5. SONUÇLAR	43
KAYNAKLAR	48
EK A. SAP2000 Analiz Sonuçları Tablo ve Grafikler	50
EK B. Önerilen Çelik Plakalı Perde Sistemleri ve Detayları	77
ÖZGEÇMİŞ	81

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1 Malzeme Özellikleri	38
Tablo 4.2 Kesit Tipleri	38
Tablo 4.3 Çerçeve Özellikleri	40
Tablo 4.4 “FRAME” modelinin kuvvet-yer değiştirme tablosu	42

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Kanada’da çelik levha perdeli <i>Canam Manac Genel Müdürlük Ek Binası</i> 3
Şekil 2.2	Çelik levhalı perde çerçevesinin ana elemanları..... 4
Şekil 2.3	Çapraz elemanlı uygulamalar ve bunların levha perdeli sistem karşılıkları..... 4
Şekil 2.4	Çelik levha perdeli sistem illüstrasyonu..... 5
Şekil 2.5	Tokyo’da inşa edilen ofis binasının tipik döşeme planı..... 6
Şekil 2.6	Sık uygulanan çelik levhalı perde sistem tipleri..... 7
Şekil 2.7	Çelik levha perde sistemleri..... 8
Şekil 2.8	Berkitmesiz ve Berkitmeli Çelik Levha Perdeler..... 9
Şekil 3.1	Çelik malzemesinin tipik gerilme-şekil değiştirme grafiği..... 11
Şekil 3.2	İdeal çeliğin dönüşümlü yüklemde gerilme-şekil değiştirme grafiği..... 11
Şekil 3.3	Çeşitli çelik sınıflarının gerilme-şekil değiştirme grafikleri..... 12
Şekil 3.4	Süneklik çeşitleri..... 13
Şekil 3.5.a	Kirişte Plastik Mafsal 15
Şekil 3.5.b	Plastik Mafsal oluşumu 15
Şekil 3.6	Çelik levha perdeli çerçeve, Yüksek gövdeli çelik kiriş analogisi..... 16
Şekil 3.7	4 kenarı basit mesnetli çelik levhanın kayma gerilmeleri altındaki davranışı..... 17
Şekil 3.8	Berkitmesiz Çelik Levhalı Perdede Test ve Histerisis Eğrisi.... 17
Şekil 3.9	Çelik levha perdelerin davranış bölgeleri 20
Şekil 3.10	Çelik levha perdede kesme gerilmeleri..... 20
Şekil 3.11	Çelik Levhalı Perde Sisteminde Ana Göçme Modlarının Sıralaması..... 23
Şekil 4.1	Nippon Steel Binası Japonya..... 29

Şekil 4.2	Çelik levhanın bağlantı şekli.....	30
Şekil 4.3	Tipik Çelik Levhalı Perde Sistemi.....	31
Şekil 4.4	Modelleme tipleri.....	32
Şekil 4.5	Plastik mafsal kuvvet-yer değiştirme ilişkisi.....	34
Şekil 4.6	P Plastik mafsalı kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi.....	35
Şekil 4.7	M_3 Plastik mafsalı moment-dönme ilişkisi.....	36
Şekil 4.8	1. Mod yapı periyotları.....	38
Şekil 4.9	Şematik Elasto-Plastik Davranış.....	39
Şekil 4.10	Çerçeve Modelleri.....	40
Şekil 4.11	“FRAME” isimli modelin itme analizi eğrisi	41
Şekil 5.1	Tüm çerçevelerin taban kesme kuvvetleri	43
Şekil 5.2	Tüm çerçevelerin itme analizi eğrileri	44
Şekil 5.3	Tüm çerçevelerin görelî kat ötelemeleri	44
Şekil 5.4	150 mm deplasman sınırında taban kesme kuvvetleri	45
Şekil 5.5	150 mm deplasman sınırında görelî kat ötelemeleri	45

SEMBOL LİSTESİ

A	: Kesit alanı
A_b	: Kirişin kesit alanı
A_c	: Kolonun kesit alanı
A_w	: Çelik levhanın kesme alanı
b_f	: Başlık genişliği
C_{pr}	: Güvenlik faktörü [FEMA350]
E	: Çelik elastisite modülü [$E=2,1 \cdot 10^6$ N/cm ²]
F_y	: Çelik akma gerilmesi
F_{yw}	: Çelik profil gövde akma gerilmesi
g	: Yerçekimi ivmesi [9,81 m/s ²]
h	: Kesit yüksekliği
h	: Çelik perde yüksekliği
h_c	: Kesit gövde yüksekliği
I_c	: Kolon atalet momenti
L	: Çelik levha genişliği
L	: Eleman boyu
k_v	: Plaka burkulma katsayısı [AISC,1999]
M_p	: Nominal plastik eğilme dayanımı
P	: Uygulanan kuvvet
R_y	: Belirsizlik faktörü [AISC,1997]
T₁	: Binanın 1.doğal titreşim periyodu [s]
t_f	: Başlık kalınlığı
t_w	: Gövde kalınlığı
w	: Çelik levha gövde kalınlığı
W_{pl}	: Plastik mukavemet momenti
V	: Kat kesme kuvveti
V_n	: Çelik perde kesme kapasitesi
Z	: Plastik mukavemet momenti

σ	: Gerilme
σ_{cr}	: Kritik gerilme
σ_y	: Akma gerilmesi
ϵ	: Şekil değiştirme oranı
θ	: Azaltma katsayısı
Δ_i	: Binanın i'nci katındaki görelı kat ötelemesi
β	: Bant elemanın düşeyle yaptığı açı
λ	: Narinlik modülü
λ_p	: Levha narinlik modülü (Kompakt) [AISC,1997]
λ_r	: Levha narinlik modülü (Narin) [AISC,1997]
τ	: Kayma gerilmesi
τ_{cr}	: Plaka kritik kayma gerilmesi

ÇELİK LEVHA PERDELİ ÇERÇEVE SİSTEMLERDE LEVHA KALINLIĞININ DAVRANIŞ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, özellikle çelik yapılarda kullanılan çelik levhalı perde sistemlerinin levha kalınlığının sistemdeki etkileri ve davranışını saptamaktır. Çalışmada Kanada Çelik Standardına göre bazı parametreler ele alınmış ve düzlem çerçevesi 5 katlı bir yapı taşıyıcı sistemi ele alınmıştır. Yapı sisteminde sadece levha kalınlıkları değiştirilerek analizler yapılmıştır. Modellerde moment aktaran çerçeve ve çeşitli gövde kalınlıklarına sahip çelik perdelerde doğrusal olmayan parametreler kullanılmıştır.

Çalışmada ele alınan düzlem çerçevelerin performansını tayin etmek üzere deprem riski olan bölgelerde daha popüler olan ve üstünde birçok çalışma yapılan performans esaslı tasarım analizi (pushover) yöntemi kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem için 11 farklı çerçeve tanımlanmış ve yapının kat ve tepe noktası yerdeğiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri, taban kesme kuvvetleri ve yapı periyotları elde edilmiştir. Bulunan sonuçlarla çerçevenin doğrusal olmayan davranışı üzerindeki etkiler incelenmiştir.

Sonuç olarak, yapılarda çelik levhalı perde sistemlerinin levha kalınlığının artmasıyla rijitliklerinin arttığı, depremden dolayı oluşan yatay kuvvetlerin karşılanmasında kapasitenin arttığı ancak sünek davranamadıkları görülmüştür.

EFFECT OF WALL THICKNESS ON THE BEHAVIOR OF STEEL PLATE WALL FRAME SYSTEMS

SUMMARY

The purpose of this work is to identify the building response to variations in modeling thicknesses for the steel plate shear wall systems. Different frame models for this system were developed and nonlinear pushover analysis were carried out using SAP2000 Structural Analysis Program. The frames investigated involved nonlinear hinges for the beam and column ends and analysis parameters for the pushover analysis.

Static pushover analysis was used to assess the performance of frames subjected to lateral forces. The global storey level and roof displacement demands, storey drift ratio demands, base shears and structural periods were obtained by subjecting the eleven frames to a set of lateral forces. The results are compared to evaluate the influence of plate thickness on the nonlinear response of the frames.

According to the results obtained in the studies, it is concluded that varying the plate thickness has a significant effect on the linear and nonlinear response of the frames. It was found and that increasing the plate thickness results in higher elastic frame stiffness and a higher lateral load resisting capacity. However, frame ductility reduces in frames with plates of higher thickness.

1. GİRİŞ

1.1. Genel Tanım

Deprem, ülkemize en ağır hasarları vermiş, maddi ve manevi kayıpları en yüksek olan doğal afetlerden biridir. Gerekli mühendislik ve mimarlık hizmeti almamış yapıların bir çığ gibi büyüyerek rasgele oluşturduğu çarpık kentleşme örnekleri bu hasar ve kayıpların daha da büyümesine sebep olmaktadır. Depremlerin şiddetli etkileri ile yapılar gerekli dayanımı gösteremeyip hasar alıyorlar yada çöküyorlar. Can kaybının büyük çoğunluğunu da bu tür kısmi veya toptan göçmelerin olması oluşturmaktadır. Bu sebeple deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde depreme dayanıklı, can kaybına sebep olmayacak, ekonomik sınırlar içinde kalacak ve deprem etkilerine en uygun davranışı gösterecek yapıların yapılması gerekmektedir.

Deprem bölgelerindeki yapıların çok büyük bir kısmını betonarme yapılar oluşturmaktadır. Buna karşın yapısal çelik taşıyıcı sisteme sahip olan sadece endüstri yapıları, köprü, büyük depolar gibi açıklık yapıları vardır. Ülkemizde yavaş yavaş konut ve işyeri amaçlı binalarda da kullanılmaya başlanan çelik taşıyıcılı yapı sistemleri, yukarıda bahsettiğimiz olumsuzlukları en aza indirecek yapısal sistemlerdendir.

Ülkemizdeki depremlerin sonuçlarına bakıldığında öncelikli ve hemen hizmet vermesi gereken bir çok yapının ağır hasar aldığı yada çöktüğü görülmüştür. Bu tip yapıların ayakta kalması için yapı tipine, kullanım amacına, mimari gereksinimlere ve ekonomik şartlara göre bir çok taşıyıcı sistem çeşidi vardır. Bu sistemler arasında yapı malzemesinin çelik olması nedeniyle yüksek sünekliğe, hızlı inşaat süresine ve daha hafif ağırlıklara sahip yapısal çelik taşıyıcı sistemler mevcuttur.

Yüksek süneklik yeteneği olan çeliğin, malzeme olarak, eleman olarak ve bir sistem olarak üzerine etkiyen yüklerle elastik bölgenin ilerisinde şekil değiştirme özelliği vardır. Yani süneklik, sistemin göçme yüküne ulaşana kadar enerji yutabilme yeteneğidir. Bu enerji yapısal elemanlarda ve belli noktalarda yutulurak karşılanabilir.

Böylece yapılarda rüzgar ve depremin sebep olduğu yatay yükleri taşımanın çeşitleri yöntemleri oluşmaktadır. Çelik yapılar için bu yöntemlerden en bilinenleri çelik çaprazlı çerçeveler, kolon-kiriş birleşimlerinin moment aktaracak şekilde tasarlandığı rijit çerçeveler veya betonarme perdeli çerçevelerdir. Son yıllarda bu bilinen yöntemlere alternatif teşkil edebilecek kadar dikkat çeken, Kanada ve Japonya'da sıkça kullanılmaya başlanan bir sistem; çelik levha perdeli çerçeve sistemleri geliştirilmiştir.

1.2. Tez Konusunun Tanımı

Bu çalışmada çelik yapılarda yatay yükleri taşıyan, çevresi çelik kolon ve kirişlerle mesnetlendirilmiş çelik levhalı perde yapı sistemi incelenmiştir. Bu yapı sistemiyle ilgili bilgiler için bu konuda dünyada tek standart olan Kanada Çelik Standardı'ndan yararlanılmıştır. Yapı modelleri tek düzlemde iki doğrultulu, beş katlı çerçeveler olarak ele alınmış, elemanların iç kuvvetlerini, deplasman değerlerini ve dinamik özelliklerini bulmak için SAP2000 analiz programı kullanılmıştır. Statik analizler yapıp elemanların düşey yükler altında yeterli kesite sahip oldukları saptanmış daha sonra yine elemanlara elasto-plastik davranış yaptıracak mafsal özellikleri ile lineer olmayan analiz parametreleri tanımlanmıştır. Son olarak her çerçevenin statik itme analizleri yapılmış sonuçlar tablo ve grafik gösterimlerle karşılaştırılmıştır.

Yapılan çalışmanın amacı çerçevelerde, farklı gövde kalınlıklarının yapının davranışına olan etkisinin incelenmesi ve aralarında karşılaştırmanın yapılmasıdır.

2. YAPI SİSTEMİN TANITILMASI

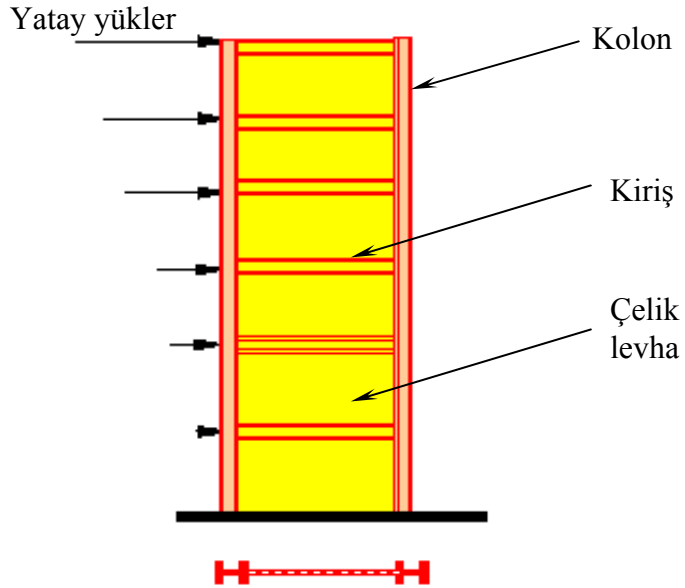
2.1. Giriş

Bu sistemde çelik levha perdeler bir kat yüksekliğinde ve bir açıklık genişliğinde imal edilip, bina çerçevesi içerisine düşey olarak yerleştirilmekte ve levhayı çevreleyen kiriş ve kolonlara bağlanmaktadır (**Şekil 2.1**). Bu yerleşim şekli temel üst kotundan itibaren bina yüksekliği boyunca her katta tekrarlanır.

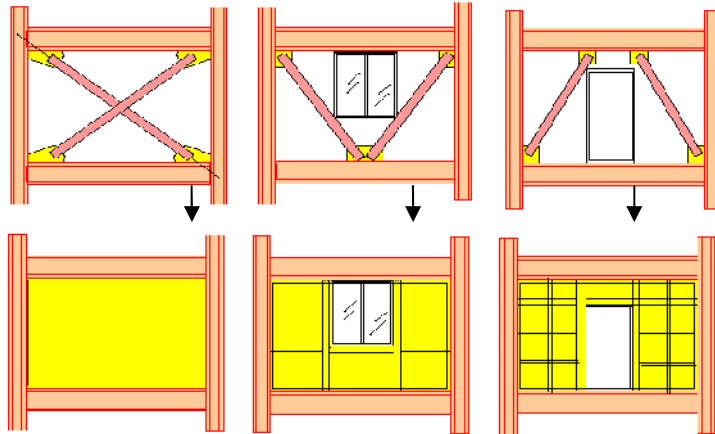


Şekil 2.1 Kanada'da çelik levha perdeli *Canam Manac Genel Müdürlük Ek Binası*

Çelik levhalı perde sistemlerin oluşturulması için çelik levha ile bu levhaların bağlanacağı kolonlar ve kirişlere gereksinim vardır (**Şekil 2.2**). Levhalar kaynaklı ya da bulonlu birleşimlerle çevre kolon ve kiriş elemanlara her katta tespit edilir. Bu şekilde her katta dört kenarı basit mesnetli çelik levha panellerden oluşan bir sistem oluşturulmuş olur. **Şekil 2.3**'te çapraz elemanlı uygulamalar ile levha perde düzleminde açılacak pencere yada kapı boşlukları oluşturulması açısından klasik çapraz sisteme karşılık gelen çelik levha perde uygulama şekilleri gösterilmiştir. Görüldüğü gibi çelik perdede kapı / pencere boşluğu açılması söz konusu ise levha üzerine tespit edilen berkitme elemanları ile boşluğun sebep olduğu rijitlik kaybı karşılanmaktadır. Burada yatay yükleri karşılayan çelik levha perdeler olup ikincil sırada sünek moment aktaran çerçeveler vardır.

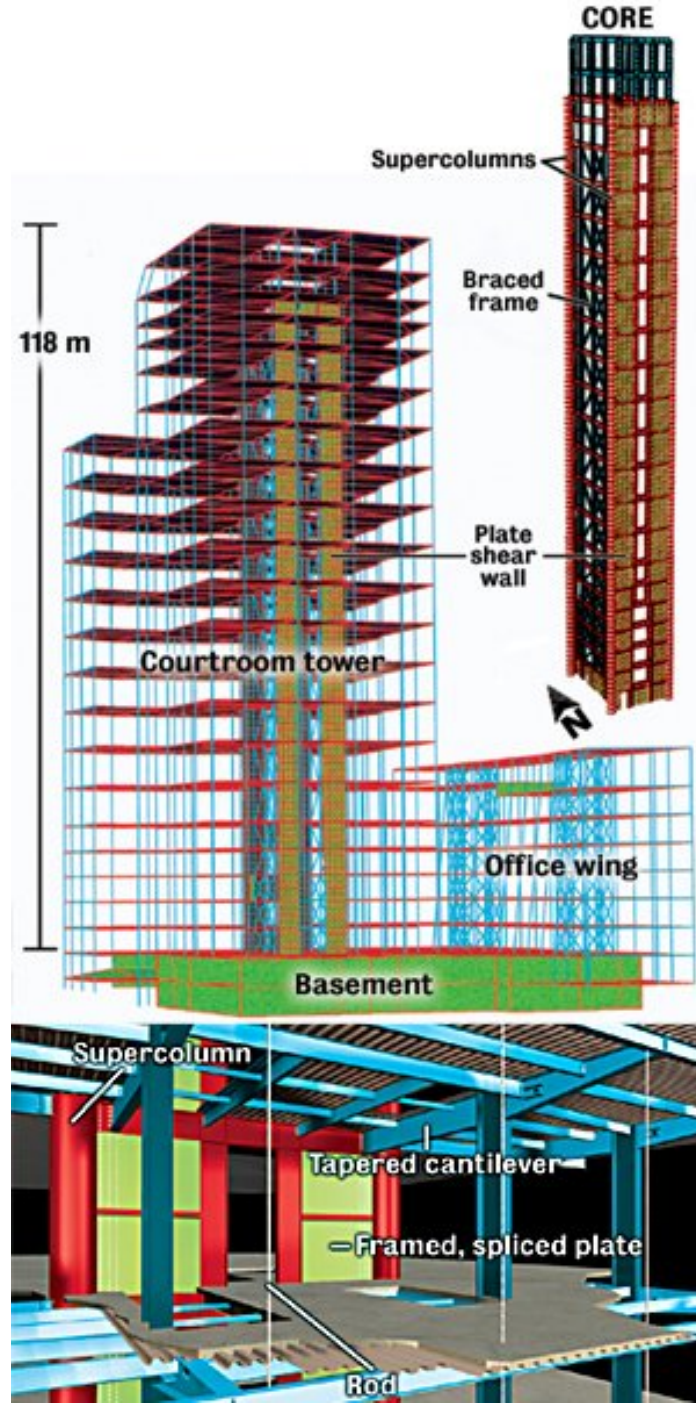


Şekil 2.2 Çelik levhalı perde çerçevesinin ana elemanları.



Şekil 2.3 Çapraz elemanlı uygulamalar ve bunların levha perdeli sistem karşılıkları.

Çelik levhalı perde sistemler ile uygun tasarım kriterlerinin kullanılması halinde depremlerde oldukça iyi davranış gösterebilecek, sünek, ekonomik ve fonksiyonel sistemlerin elde edilmesi mümkündür. [6]

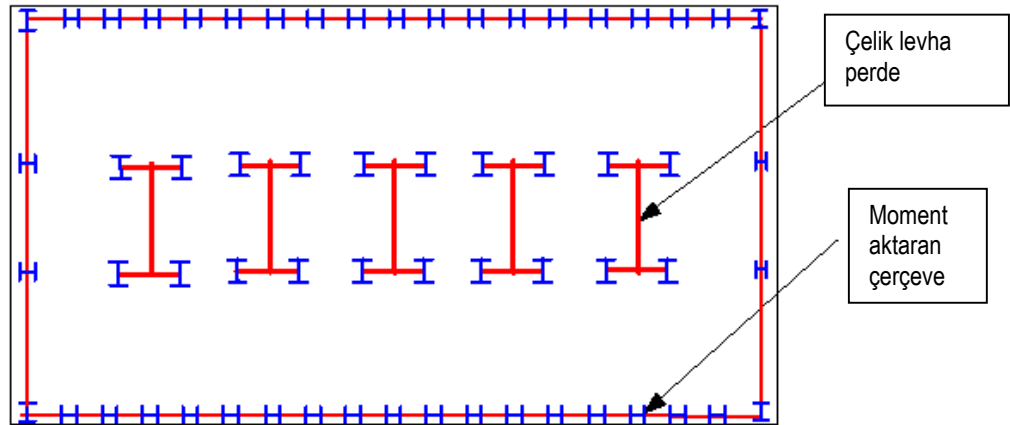


Şekil 2.4 Çelik levha perdeli sistem illüstrasyonu.

Çelik levhalı perde sistemlerin olumlu yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [1]:

- 1- Uygun tasarlanıp, detaylandırılmış çelik levhalı perde sistemlerin yeterli düzeyde sünekliği ve depremin enerjisini sönmleme kapasitesi vardır.
- 2- Çelik levhalı perde sistemlerin başlangıç rijitliklerinin yüksek olması nedeniyle kat ötelenmelerinin etkili bir şekilde kontrol edilmesi mümkündür.
- 3- Kalınlıklarının az olması nedeniyle daha az yer kaplarlar, mimariyi olumsuz yönde etkilemezler.
- 4- Betonarme perdelerle karşılaştırıldığında oldukça hafiftirler böylece kolonlara ve temellere daha az yük aktarılır, yapı daha hafif olacağından gelen deprem yükleri de azalır.
- 5- Yapımları kolay, imatları hızlıdır. Beton dökmenin zor olduğu iklim koşullarına uygundur.

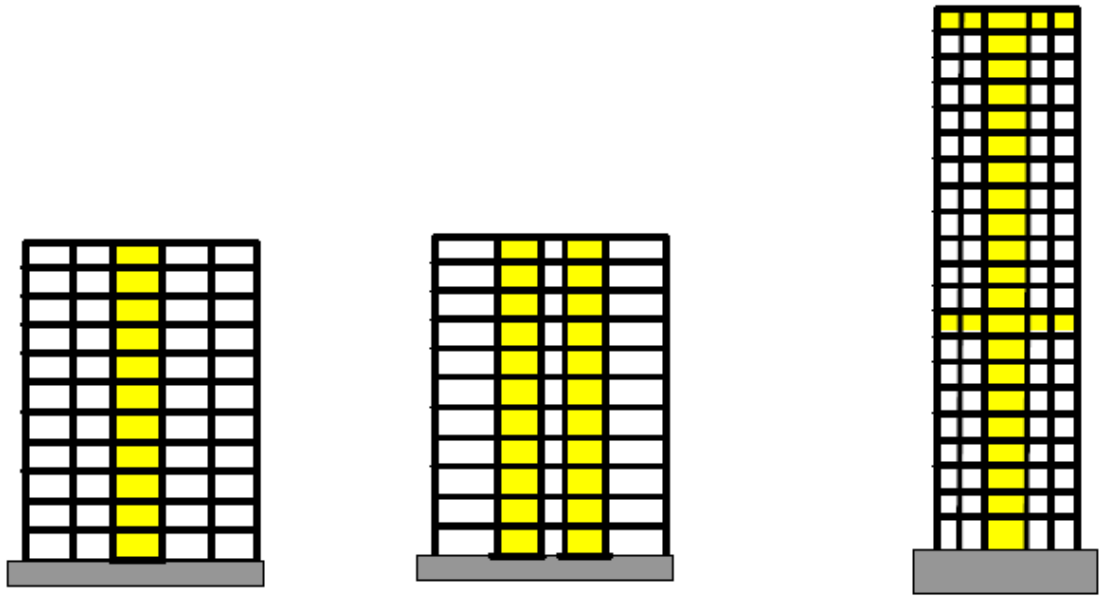
Berkitmeli veya berkitmesiz çelik levhalı perde sistemler, 1970’li yıllardan bu yana Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Japonya başta olmak üzere çok katlı yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu süre içerisinde çelik levha perdeli yapılar şiddetli depremleri hasarsız ya da çok küçük çaplı sayılabilecek hasarlarla atlattımlardır. Kaynaklarda çelik levha perdeler kullanılarak inşa edilen ilk önemli yapı olarak Tokyo’da 1970 yılında tamamlanan 20 katlı Nippon Steel binası anılmaktadır. Bu yapıda yatay yükler binanın uzun doğrultusunda moment aktaran çerçevelerle birlikte çelik levha perdeler ile taşınırken kısa doğrultuda sadece çelik levha perdeler kullanılmıştır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Tokyo’da inşa edilen ofis binasının tipik döşeme planı.

Çelik levha perdeler kullanılarak inşa edilen 6 katlı Kaliforniya Sylmar hastane binası, şiddetli bir depremde sergilediği performansla iyi bir örnektir. Bu bina 1971 yılında San Fernando depreminde yıkılan betonarme karkas Olive View Hastanesi'nin yerine inşa edilmiştir. Yapım sonrası kritik noktalarına çeşitli deprem ölçüm aletleri yerleştirilmiş olan Sylmar hastane binası 1987 Whittier ve 1994 Northridge depremlerinde önemli iki sınav atlatmıştır. Ölçüm aletleri verilerine göre çatı katındaki ivmeler $2.3g$ 'ye ulaşmış, yer ivmesi de $0.66g$ olarak ölçülmüştür. Depremler sonrası yerinde yapılan incelemelerde asma tavan, sprinkler sistemi gibi yapısal olmayan elemanlarda hasar gözlenmiştir. Yapısal olmayan bu hasarlar yapının çok yüksek bir rijitliğe sahip olduğunun işaretidir [3].

Çelik levhalı perde sistemlerin çok katlı çelik yapılarda kullanılması yakın sayılabilecek sürede geliştirilen bir tekniktir, ancak teorik temelleri 1960'lı yıllara dayanır [2]. Yapılan deneysel ve teorik çalışmalar çelik levhalı perde sistemlerin depremlerde sünek davranış gösterebilecek, ekonomik ve fonksiyonel sistemler olduğu yönündedir.

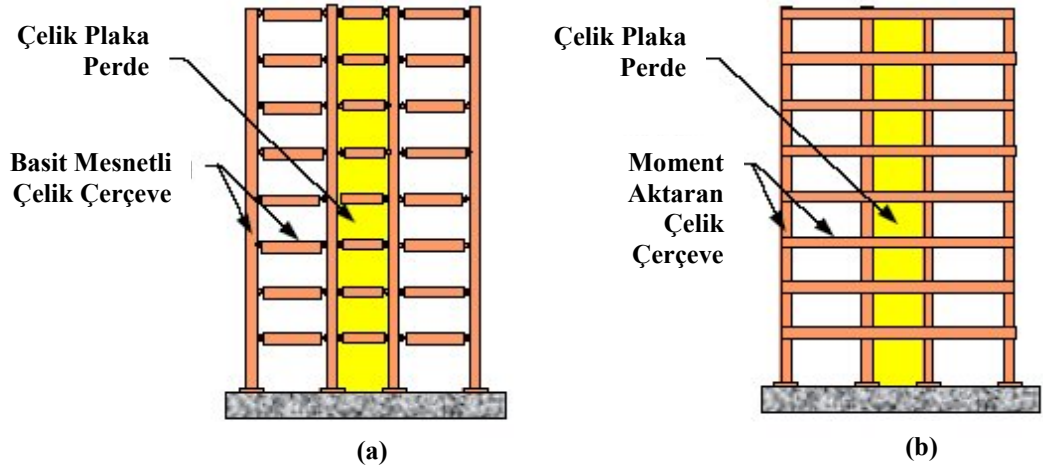


Şekil 2.6 Sık uygulanan çelik levhalı perde sistem tipleri

2.2. Çelik Levhalı Perde Tipleri

Şekil 2.7 'de gösterildiği gibi çelik levha perdeler iki tip çerçeve sisteminde kullanılabilirler. Bunlar standart ve dual sistemlerdir. Standart sistemlerde kolon-kiriş birleşimleri moment aktarmayan basit birleşimlidir. Tasarım da çelik levhalı perdeler sadece yatay yükleri taşıyan sistem elemanları olarak kabul edilirler .

Liu ve Astaneh-asl' in yaptığı çalışmalarda basit birleşimli düğüm noktalarının da önemli ölçüde moment kapasitelerinin olduğu ve yarı rijit davranış gösterdikleri görülmüştür. Dual sistemde ise moment aktaran çerçeveler çelik levhalı perdelerle birlikte çalışırlar ve yatay yüklerin taşınmasında çelik levhalı perdeler yardımcı olurlar [1].

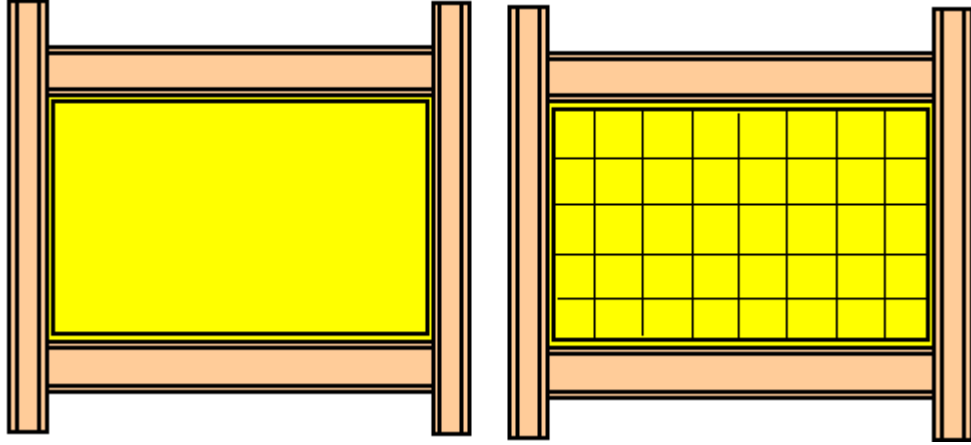


Şekil 2.7 Çelik levha perde sistemleri

Çelik levhalı perdeler berkitmeli yada berkitmesiz de yapılabilirler (Şekil 2.8). Amerika'daki ilk uygulamalarda özellikle sismik bölgelerde bu tip sistemler berkitmeli uygulanmıştır. Japonya'da ise literatürlere göre neredeyse tüm çelik levhalı perde sistemlerinde berkitmeli levha paneller kullanılmıştır. Son 10 yılda ise Amerika ve Kanada'da tasarlanıp uygulanan bir çok çelik levhalı perde berkitmesizdir [1].

Berkitmeli levha perdelerde amaç panelde oluşacak kayma akmasından önce burkulmayı önlemektir. Berkitmesiz levhalarda ise burkulmaya izin verilir ve kat

kesme kuvveti oluşan diyagonal çekme bölgesinde karşılanır. Neticede aynı kat kesme kuvvetine göre tasarımı yapılan levhaların berkitmeli olanında plaka kalınlığı daha ince çıkmaktadır. Bu iki tip panel sisteminin seçiminde tasarımı yapan mühendisin sismik performansı, mimari kısıtlamaları, ekonomiyi, üretim kolaylığını, nakliye ve inşaa edilebilirliği göz önüne alması gerekir.



Şekil 2.8. Berkitmesiz ve Berkitmeli Çelik Levha Perdeler

Ekonomik açıdan berkitmesiz çelik levhaların kaynak ve işçilik açısından daha uygun olduğu görülür. Tabii ki aynı kalınlığa sahip iki panelden berkitmeli olan daha yüksek kesme dayanımına sahiptir. Berkitmeli perdelerde devrilme momenti sınır kolonlarla karşılanır. Tıpkı I kesitli kirişin flanşlarının eğilme etkilerinin çoğunu, gövdesinin de biraz eğilme ve kesme kuvvetinin de çoğunu karşıladığı gibi.

Berkitmesiz çelik perdelerde ise levhalar, diyagonal basınç burkulmasından dolayı devrilme momentinin taşınmasında katkı sağlayamazlar. Devrilme momentinden dolayı oluşan ilave basınç kuvvetlerini taşıyabilecek sınır kolonların kesitleri, aynı şartlarda berkitmeli panellerin sınır kolonlarına göre daha büyük çıkmaktadır. Ancak günümüzde kaynaklı imal edilen berkitmeli levhaları kaynak maliyetlerinden dolayı ekonomik olmamaktadır.

Bu yüzden berkitmeli sistemler uygulama açısından tavsiye edilmez [1]. Sadece levha üstünde boşluklar varsa kaybedilen dayanım için bu boşlukların çevresi berkitme plakası ile desteklenebilir ve bu durumda perde daha ekonomik olabilir.

3. ÇELİK LEVHA PERDE DAVRANIŞI

3.1. Giriş

Çelik taşıyıcılı yapılar deprem kuvvetlerine karşı yüksek dayanım ve süneklik yeteneğine sahip olduklarından sismik hareketlerin yoğun olduğu bölgelerde kullanılması tercih edilmelidir.

Yapının tasarımı, deprem karşısında davranışı ve temel niteliklerini sürdürmesi gibi özellikler ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir. Yapının depremin yıkıcı etkilerinden sıyrılması için yeteri kadar sünek, dayanıklı ve güvenli olması sağlanmalıdır. Deprem enerjisinin tüketildiği elemanların ve özel noktaların göçmesi önlenmeli ve herhangi bir can kaybına sebebiyet verilmemelidir. Bu durum en önemli tasarım kontrolü olarak her durumda göçmeye karşı güvenliğin sağlanmasıdır.

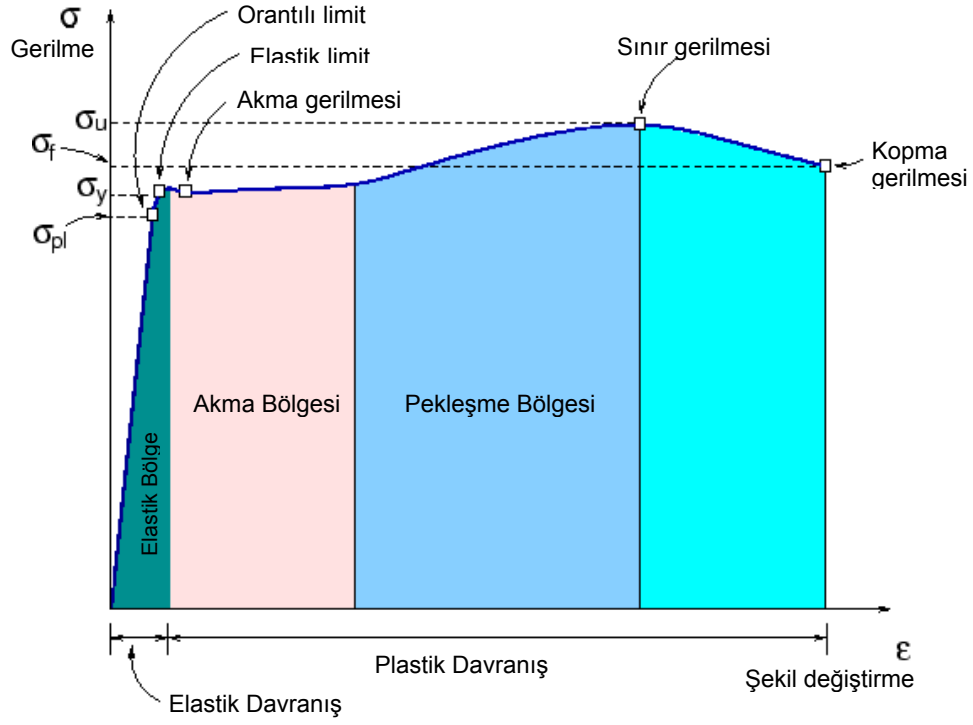
Yüksek dayanım ve süneklik yeteneği çeliğin en önemli iki özelliğidir. Dönüşümlü yükler altındaki yapısal çeliğin davranışını anlamak için çelik malzemesinin karakteristik özelliklerinin bilinmesi gerekir. Birçok çeliğin özellikleri gerilme-şekil değiştirme grafiklerinden elde edilir. **Şekil 3.1**'de tipik gerilme-şekil değiştirme grafiği görülmektedir.

Gerilme σ ; uygulanan kuvvetin (P), kesit alanına (A) oranıdır.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

Şekil değiştirme ε ; birim uzamanın (ΔL) toplam boya (L) oranıdır.

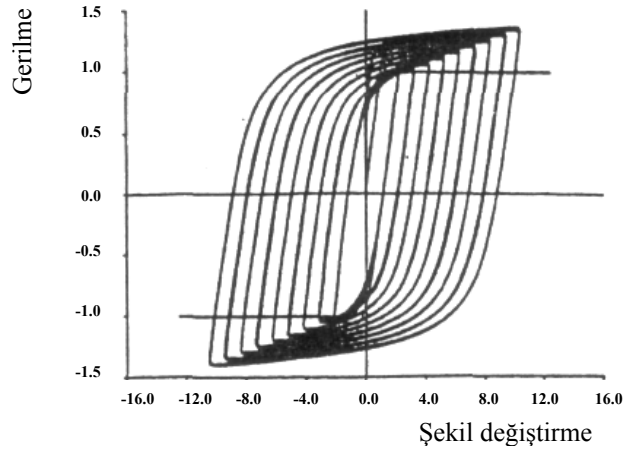
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (3.2)$$



Şekil 3.1 Çelik malzemesinin tipik gerilme-şekil değiştirme grafiği

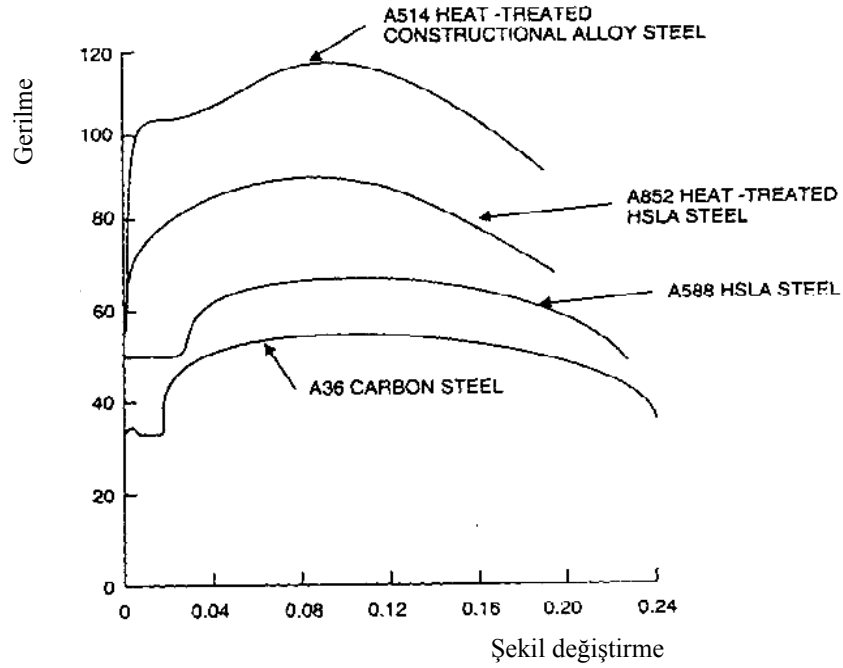
Şekil 3.1’de de görüldüğü üzere elastik davranışın ardından plastik davranışın gelişimiyle çeliğin yüksek enerji sönümleme yeteneği görülmektedir. Tüm yapısal çeliklerin elastisite modülleri (E) 200,000 MPa alınabilir.

Yapısal çelik malzemesi dönüşümlü yükler altında sertleşerek dayanım kazanır. Bu özelliği ile davranışta yer değiştirme genliğini artırır ve geniş histerisis eğrilerinin oluşmasına sebep olur. Şekil 3.2’de çelik elemanın dönüşümlü yükleme altındaki tipik gerilme-şekil değiştirme grafiği görülmektedir. Burada gittikçe genişleyen histerisis eğrisinde malzeme dayanımında %40 artış olmaktadır.



Şekil 3.2 İdeal çeliğin dönüşümlü yüklemede gerilme-şekil değiştirme grafiği.

Çeliğin enerji yutma özelliği ise basitçe malzemenin elastik ötesi şekil değiştirme yeteneğidir. Bu özellik değişik dayanımlara sahip çelik sınıflarında farklılıklar gösterir. **Şekil 3.3'** ten de anlaşılacağı üzere yüksek mukavemete sahip çeliklerde şekil değiştirme yeteneği daha zayıftır. Bu yüzden yüksek mukavemete sahip çelikler sismik hareketliliği olan bölgelerde deprem yüklerini taşıyan yapı elemanlarında dikkatli kullanılmalıdır.



Şekil 3.3 Çeşitli çelik sınıflarının gerilme-şekil değiştirme grafikleri.

1960 öncesi süneklik sadece malzeme davranışını anlatmak amacıyla kullanılırdı. Daha sonra yapılan çalışmalar **Şekil 3.4'** te gösterilen süneklik çeşitlerini ortaya çıkarmıştır [9].

Burada malzemenin sünekliğinden yapı sistemin sünekliğine kadar olan davranışlar gösterilmiştir.

Süneklik Tipi		
Malzeme Sünekliği		$\mu_{\epsilon} = \frac{\epsilon_h - \epsilon_y}{\epsilon_y}$
Kesit Sünekliği		$\mu_{\chi} = \frac{\chi_h - \chi_y}{\chi_y}$
Eleman Sünekliği		$\mu_{\theta} = \frac{\theta_u - \theta_y}{\theta_y}$
Yapısal Süneklik		$\mu_{\delta} = \frac{\delta_u - \delta_y}{\delta_y}$
Enerji Sünekliği		$\mu_E = \frac{E_p - E_y}{E_y}$

Şekil 3.4 Süneklik çeşitleri.

- Malzeme sünekliği veya şekil değiştirme sünekliği, malzemenin plastik şekil değiştirme özelliğidir.
- Kesit sünekliği, kesitin şekil değiştirmeleri, kesiti oluşturan parçaların birbirleriyle etkileşimi ile ilgilidir.
- Eleman sünekliği veya dönme sünekliği, eleman özellikleri ile ilgilidir.
- Yapısal süneklik veya yer değiştirme sünekliği yapının tümünün davranışı ile ilgilidir.
- Enerji sünekliği, yutulan sismik enerji ile ilgilidir.

Bu süneklik kavramları arasında bir ilişki vardır. Enerji sünekliği yapısal ve eleman sünekliğinin birleşiminden oluşur. Eleman sünekliği ise kesit ve malzeme sünekliğine bağlıdır. Harcanan tüm enerji, dönüşümlü yüklemeler altında her bir çevrimde harcanan enerjilerin toplanmasıyla bulunur. Böylece enerji yutma kapasitesi gittikçe artan çelik yapının, deprem yükleri gibi sık meydana gelmeyen fakat şiddetli olan yükler altında stabilitesinin korunmasını sağlayan en önemli özelliktir.

3.2 Plastik Mafsallaşma

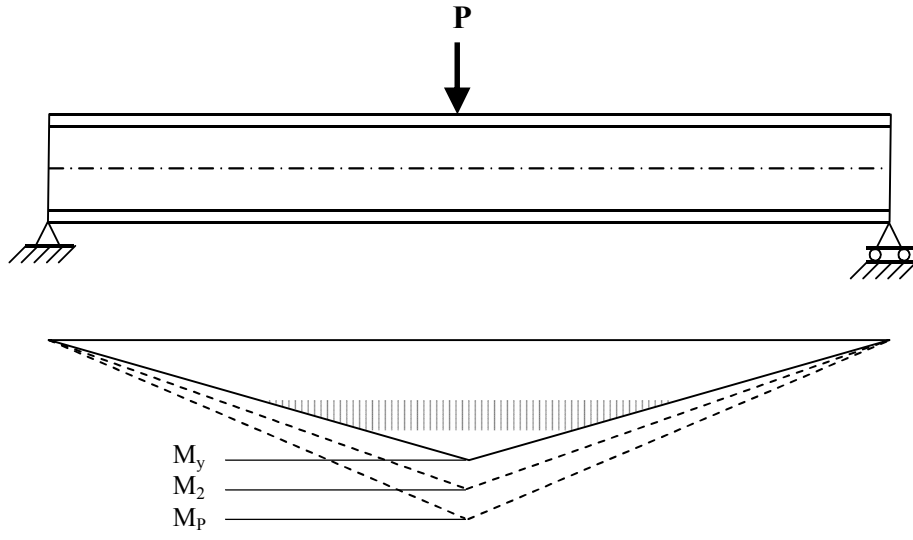
Çelik yapıların sünek davranışında plastik mafsallaşma önemli bir yer tutmaktadır. **Şekil 3.5.a**'da gösterilen ortasından tekil yükle yüklenmiş basit mesnetli bir kiriş bulunmaktadır. P yükü arttırıldığında kiriş kesitindeki en son lifler σ_y akma gerilmesine ulaşacaktır. Bu ana kadar kirişteki gerilme dağılımı doğrusaldır ve kesitin taşıdığı moment M_y dir. P yükü daha da arttırılırsa kesitteki iç liflere doğru gerilme σ_y 'ye ulaşır. M_2 momentine ulaşıldığı anda kesitin bir kısmı akmış bir kısmı henüz akmamıştır. Yükleme arttırıldıkça gerilmeler σ_y 'ye ulaşır ve plastikleşme kiriş boyunca yayılır. Akma gerilmesi σ_y 'ye ulaşmış kesitler daha büyük bir gerilmeye ulaşamazlar ancak büyük oranda şekil değiştirmeye sahip olurlar. Kesitin tümü σ_y 'ye ulaştıktan sonra kiriş ortasındaki açıklık momenti M_p olmaktadır (**Şekil 3.5.b**).

Teorik olarak plastikleşmenin momentin en büyük olduğu noktada meydana geldiği kabul edilmektedir. Yükleme daha da arttırılırsa kesit bu noktada mafsal davranış gösterir ve M_p momenti oluşmuştur. Kesitin taşıyabileceği plastik moment değeri Denklem 3.3 ile hesaplanır.

$$M_p = W_{pl} \cdot \sigma_y \quad (3.3)$$

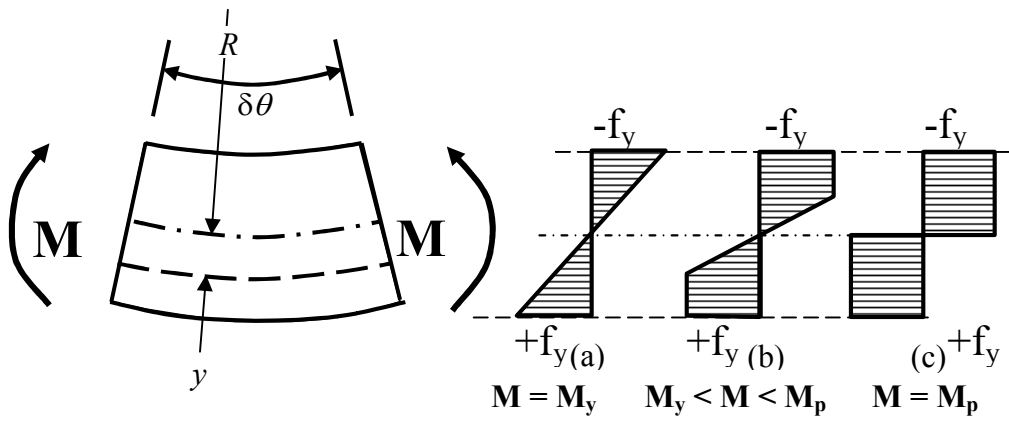
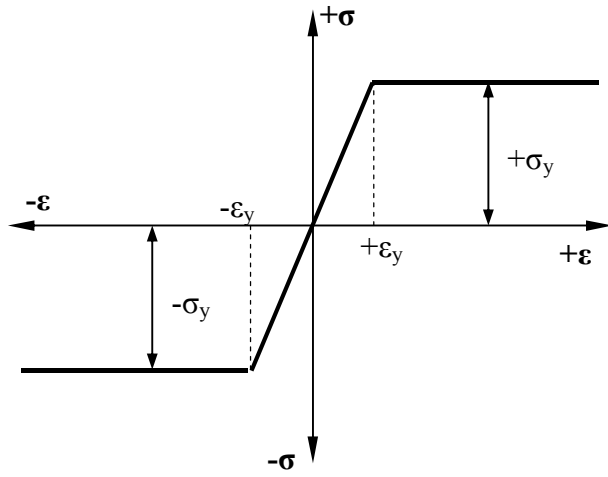
W_{pl} : Plastik mukamet momenti

σ_y : Çelik akma gerilmesi



Moment Diyagramı

Şekil 3.5.a Kirişte Plastik Mafsal

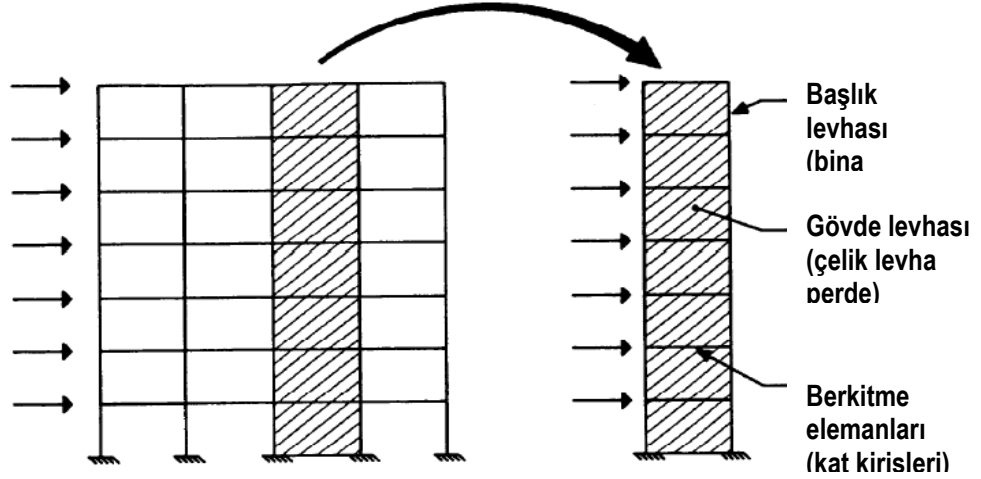


Şekil 3.5.b Plastik Mafsal oluşumu

3.3 Çelik Levhalı Perdenin Davranışı

Çelik levhalı perde sistem bir çerçevenin yatay yükler altındaki davranışı gövde levhası berkitilmiş yüksek gövdeli çelik kirişin düşey yükler altındaki davranışına eşdeğerdir [4].

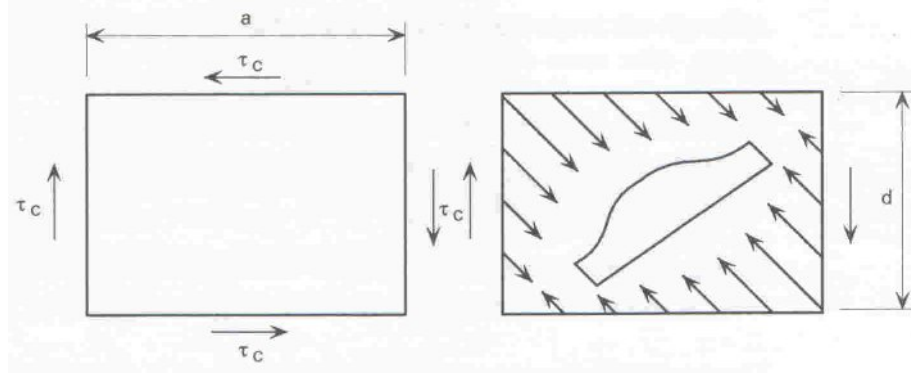
Dikey yerleştirilmiş yüksek gövdeli çelik kirişe benzer şekilde çalışan sistemde kenar kolonlar yüksek gövdeli kirişin başlık levhaları, kat kirişleri de yüksek gövdeli kirişin gövdesindeki düşey berkitme elemanları olarak göz önüne alınabilir [8]. (Şekil 3.6)



Şekil 3.6 Çelik levha perdeli çerçeve - Yüksek gövdeli çelik kiriş analojisi

Bilindiği gibi düşey yükler altındaki yüksek gövdeli kirişin hesabında göz önüne alınan en önemli davranış biçimi gövde levhasının kesme kuvvetleri altındaki davranışdır. Bu kuvvetlerden doğan gerilmeleri karşılayacak gövde levhasının genellikle narin bir levha olması sebebiyle üzerine belirli aralıklarla berkitme elemanları tespit edilir. Böylece kiriş gövdesi dört kenarı basit mesnetli daha küçük panellere bölünmüş olur.

Şekil 3.7'da bu tip bir panelin kayma gerilmeleri altındaki davranışı gösterilmiştir.



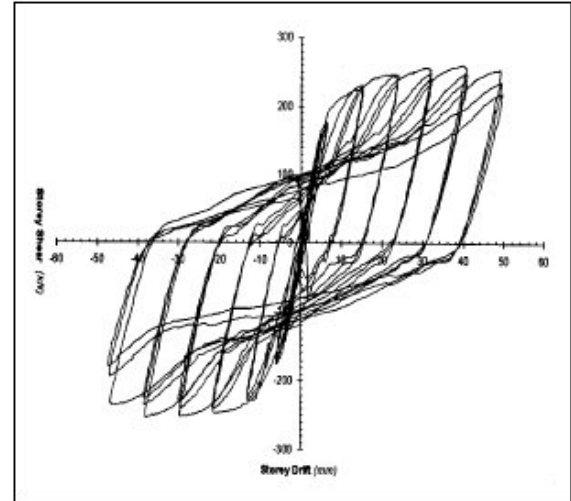
Şekil 3.7 4 kenarı basit mesnetli çelik levhanın kayma gerilmeleri altındaki davranışı.

Panel, kayma gerilmelerinin artması ile birlikte öncelikle elastik burkulmaya maruz kalacak ve bunu takip eden burkulma sonrası yüklemeye seviyelerinde şekilde de gösterilen *diyagonal çekme alanı etkisi* ile daha fazla yük taşıyabilecektir.

Çelik levha perdelerin tekrarlı yatay yükler altındaki dayanım, süneklik ve çevrimsel davranışı üzerine yapılan analitik ve deneysel çalışmalar bu etkinin önemli seviyede enerji sönmüleme sağladığı sonucunu vermiştir (**Şekil 3.8**).



(Photo: Curtsey of C. Ventura)



(Curves from: Lubell, 1997)

Şekil 3.8. Berkitmesiz Çelik Levhalı Perdede Test ve Histerisis Eğrisi [1].

Çelik levha perdeler berkitmeli ya da berkitmesiz olarak uygulanabilir. Berkitmeli çelik levha perde kullanılmasında hedef levhanın kesme kuvveti altında akmasından önce burkulmasının önüne geçmektir. Berkitmesiz uygulamada ise çelik levhanın burkulmasına izin verilir ve kat kesme kuvvetleri elastik burkulma sonrası

oluşan diyagonal çekme alanı etkisi ile taşınır. Aynı kat kesme kuvvetini taşıyan berkitmesiz levha kalınlığı berkitmeli levha kalınlığından daha fazla olacaktır.

Ancak yapılan araştırmalar berkitmesiz düz levha uygulamasının daha ekonomik olacağı yönünde sonuçlar vermiştir [1].

Çelik levha perde tasarımında göz önüne alınan önemli eleman davranış şekilleri aşağıda verildiği gibi sıralanabilir:

Çelik levhada

1. Levhanın kolon-kirişlere bağlantısı bulonlu ise bulonların kesme davranışı
2. Çelik levhanın burkulması
3. Çelik levha malzemesinin kesme kuvvetleri altında akması
4. Çelik levhanın yırtılması

Üst ve alt kat kirişlerinde

1. Levhanın üstünde ve altında yer alan kat kirişlerinin kesme etkisi ile akması
2. Kirişlerde plastik mafsal oluşması
3. Kirişlerin gövde veya başlık plakalarının yerel burkulması
4. Rijit çerçeve ise kirişlerin moment aktaran uç birleşimlerinde çatlama
5. Kirişlerin eleman yada yanal burulmalı burkulması
6. Kiriş üstü döşeme kesme bağlantı elemanlarının kırılması

Kolonlarda

1. Kolonlarda plastik mafsal oluşması
2. Kolonların gövde veya başlık plakalarının yerel burkulması
3. Kolonların eleman seviyesinde burkulması
4. Kolon taban plakalarının yatay yükler altında çerçeve düzeyinde dönme dolayısıyla oluşan çekme kuvvetleri altında akması bağlantı bulonlarının kopması
5. Perde altı temellerde çatlama

Çerçevenin yatay yükler altında olumlu bir çevrimsel davranış sergileyebilmesi için hesaplarda yukarıda sıralanan davranış biçimlerinin belli bir

sıra ile oluşması sağlanmalıdır. Örneğin, artan yükler altında yukarıda kolonlar için sıralanan davranış biçimleri kiriş ve levha davranışlarından sonra meydana gelmelidir. Sıralama önce levha, sonra üst ve alt kat kirişleri ve en son kolonlar şeklinde düşünülmelidir. Levhaları çok kalın, kolonları narin olarak düzenlenen bir çerçevede levhanın elastik burkulmasından önce kolonların burkulması veya üzerlerinde plastik mafsall oluşması olasıdır ve bunun olumlu bir çerçeve davranışı olduğu söylenemez.

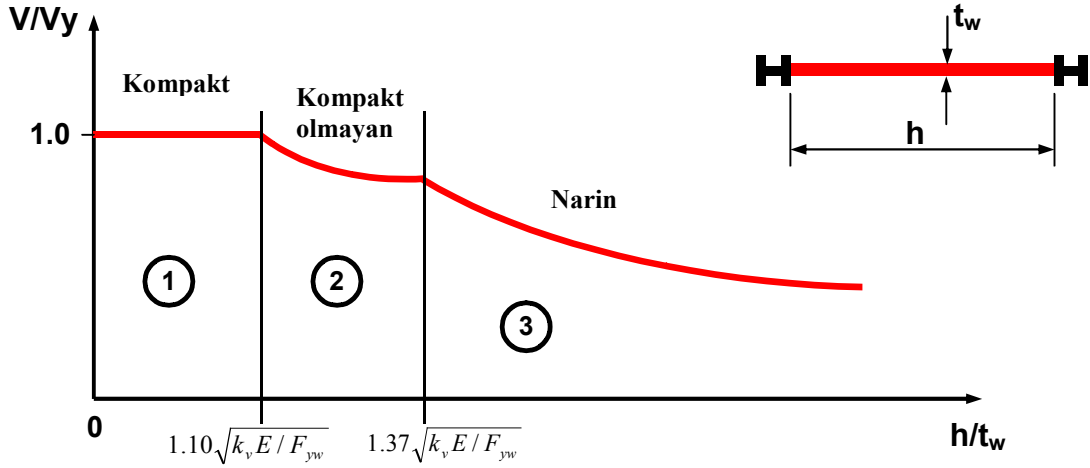
Özetle, çelik levha perdeli bir çerçevede levhalar yatay yük etkileri altında enerjilerini tüketmeden kiriş ve kolon göçmelerine izin verilmemelidir.

Son yıllarda çelik levhalı perde sistemler üzerinde yoğunlaşan çalışmaların sonuçları yukarıda anlatılan ana prensipler doğrultusunda düzenlenerek bazı tasarım kuralları geliştirilmiştir. 2002 Kanada Çelik Yapılar Tasarım Gücü yönetmeliği konuyla ilgili en güncel verilerin sonuçlarını içeren yürürlükteki tek yönetmeliktir. Yönetmelikte verilen tasarım kuralları genel olarak çelik levhanın kalınlığı, diyagonal çekme alanının açısı, kolonlar arası temiz açıklık, kolon ve kiriş rijitlikleri ile levhanın kolon ve kirişler ile birleşimi üzerinedir. Daha önce inşa edilen çelik levha perdeli yapılarda yatay yük taşıyıcı sistem hesabında çalışmada bahsi geçen analogi gereği yüksek gövdeli çelik kirişlere ait hesap yöntemleri kullanılmıştır.

3.4. Kesme Kuvveti Altında Çelik Perdenin Davranışı

Şekil 3.9'da çelik perdenin kesme dayanımı ile levha narinlik oranı arasındaki ilişki gösterilmiştir. Bu ilişkiyi temsil eden eğriler esasen AISC 1999 Şartnamesinde yüksek gövdeli kirişlerin davranışını ifade eden eğrilerdir ve daha önce bahsi geçen analogiden dolayı çelik levha perde davranışını ifade etmek içinde kullanılabilirler.

Buna göre davranış üç ana narinlik bölgesinde incelenmektedir; kompakt, kompakt olmayan ve narin levhalar. Çelik levha perde sistemler için de uygulanabilir. Yine çelik panelin narinliğine bağlı olarak *Kompakt*, *Kompakt Olmayan* ve *Narin* olarak sınıflandırılabilir [1].



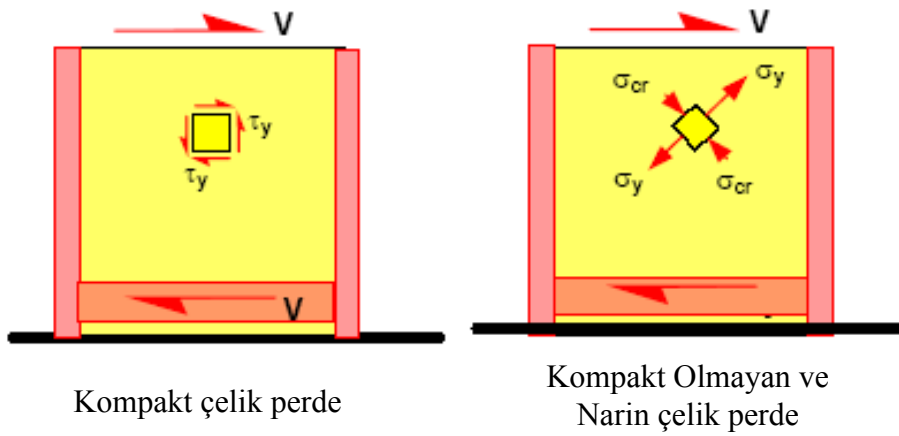
Şekil 3.9. Çelik levha perdelerin davranış bölgeleri

1. BÖLGE

Çelik levha perde narinliğinin,

$$h/t_w \leq \lambda_p = 1.10\sqrt{k_v E / F_{yw}} \quad (3.4)$$

olması durumunu kapsar. Bu durumda çelik perde “**Kompakt**” bölgededir. Bu narinlik bölgesindeki perdeden beklenen uygulanan kesme kuvveti altında çelik levha burkulması olmadan levhanın akma gerilmesine ulaşabilmesidir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Çelik levha perdede kesme gerilmeleri

Perdenin kompakt olması ve plastik davranışın gerçekleşmesi için daha kalın levha kullanmak ekonomik olmamaktadır. Plastik davranışın gerçekleşmesi için kalın levha yerine berkitmeli daha ince levha kullanmak daha uygun olabilir.

2. BÖLGE

Çelik levha perde narinliğinin,

$$\lambda_p = 1.10\sqrt{k_v E / F_{yw}} < h / t_w < \lambda_r = 1.37\sqrt{k_v E / F_{yw}} \quad (3.5)$$

olması durumunu kapsar. Bu durumda çelik perde “**Kompakt Olmayan**” bölgededir. Bu bölgedeki perdeden beklenen, kayma akma gerilmeleri henüz oluşurken levhanın burkulmasıdır. Bu durumda diyagonal çekme ve basınç gerilmelerinin yatay bileşenleri ile kat kesme kuvveti karşılanır (**Şekil 3.10**).

3. BÖLGE

Çelik levha perde narinliğinin,

$$\lambda_r = 1.37\sqrt{k_v E / F_{yw}} < h / t_w \quad (3.6)$$

olması durumunu kapsar. Bu durumda çelik perde “**Narin**” bölgededir. Burada eleman burkulması elastik bölgede oluşmaktadır. Levhanın akma gerilmelerine ulaşması mümkün değildir.

3.5. Önemli Göçme Modları

Çelik levhalı perde sistemlerinde tipik göçme modları;

Çelik Levhalı Perdede :

<i>I.</i>	Bulonlarda sıyrılma	D ü k t i l
<i>II.</i>	Çelik levhanın burkulması	D ü k t i l
<i>III.</i>	Çelik levhanın akması	D ü k t i l
<i>IV.</i>	Çelik levhanın kırılması	G e v r e k
<i>V.</i>	Çevre kolon ve kirişe olan bağlantıların kırılması	G e v r e k

Alt ve Üst Kirişlerde Göçme Modları :

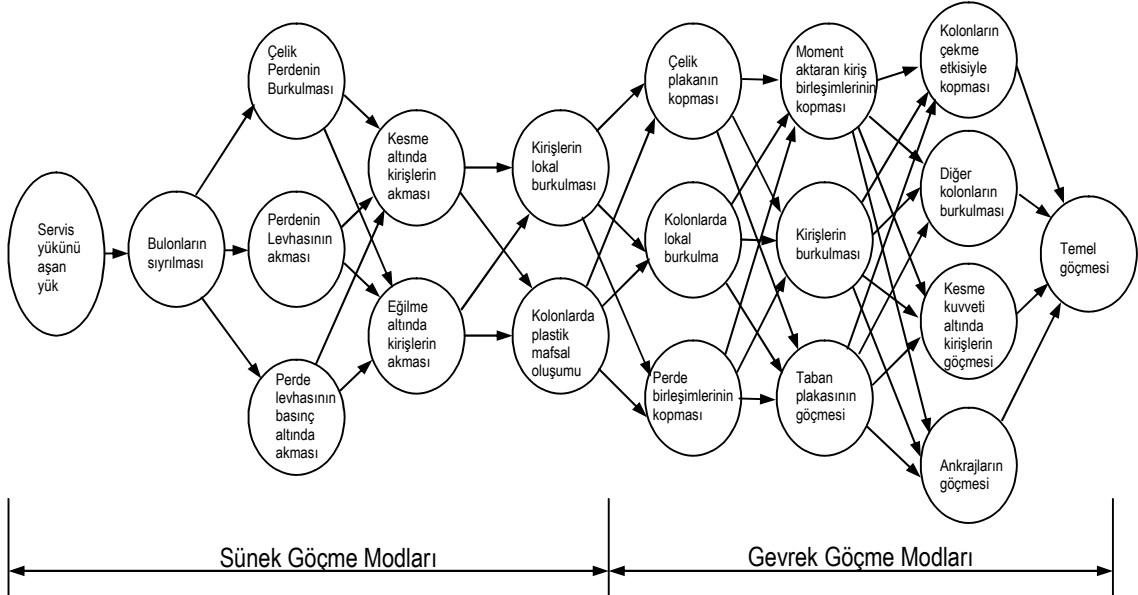
<i>VI.</i>	Alt ve üst kirişlerde kesme akmasının olması	D ü k t i l
<i>VII.</i>	Alt ve üst kirişlerde plastik mafsall oluşması	D ü k t i l
<i>VIII.</i>	Alt ve üst kirişlerde flanş veya gövdelerinde lokal burkulma oluşması. Eğer $b / t \leq \lambda_p$ ise	D ü k t i l
<i>IX.</i>	Dual sistemde kirişlerin moment aktaran birleşimlerinde kopma olması	G e v r e k
<i>X.</i>	Kirişlerde yanal burulmalı burkulma oluşması	G e v r e k
<i>XI.</i>	Kirişlerde kesme aktaran birleşimlerin kopması	G e v r e k

Sınır Kolonlarında Göçme Modları :

<i>XII.</i>	Kolon alt ve üst ucunda plastik mafsall oluşumu	D ü k t i l
<i>XIII.</i>	Sınır kolonlarda yerel burkulma oluşumu Eğer $b / t \leq \lambda_p$ ise	D ü k t i l
<i>XIV.</i>	Sınır kolonlarda eleman burkulması oluşumu Eğer $\lambda_c = (KL / \pi r) \sqrt{F_y / E} \leq 1$ ise	D ü k t i l
<i>XV.</i>	Sınır kolon eklerinde çekme kopması oluşumu	G e v r e k
<i>XVI.</i>	Sınır kolonların taban plakalarının akması (Yukarı kalkma durumunda)	D ü k t i l
<i>XVII.</i>	Taban plakası ankrajlarının kopması (Yukarı kalkma durumunda)	G e v r e k
<i>XVIII.</i>	Taban plakasının kopması (Eğilme yada yukarı kalkma durumunda)	G e v r e k
<i>IXX.</i>	Çelik levha perdesinin temelinde göçme	G e v r e k

3.6. Göçme Modlarının Hiyerarşik Sıralaması

Hedeflenen düktil performansın sağlanması için, yukarıda sıralanan mod durumları hiyerarşik bir sıralama içinde gerçekleşmelidir. Tipik bir hiyerarşi Şekil 3.11 'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Çelik Levhali Perde Sisteminde Ana Göçme Modlarının Sıralaması [1].

Düşey yük taşımayan elemanlarda yani alt ve üst kirişlerde oluşan ilk düktil göçme modlarının ardından sınır kolonlarda da düktil göçmeler oluşmaktadır. Gevrek göçmeler ise düktil göçme modlarının arkasından meydana gelmektedir. Panel etrafındaki birleşimlerde bulon sıyrılmaları önemli göçme modu olarak alınmamalı. Aslında bulonlardaki sıyrılma sürtünme yoluyla enerji dağıtım mekanizması olarak çalışır ve yapıya az da olsa yararlı bir yarı rijitlik sağlar. Tabiki bu sıyrılma servis yatay yükleri altında olmaması gerekir [1].

Narin levhalardaki burkulmalar kesme dayanımını yada levhanın tüm performansını olumsuz olarak etkilemezler. Eğer panel düzlemi dışındaki burkulma deformasyonları kullanılabilirlik problemleri ortaya çıkarıyorsa, bu tip burkulmaların geciktirilmesi için berkitme elemanları kullanılabilir. Ancak bu konu ekonomik yönden de dikkate alınmalıdır.

Sismik tasarımda öngörülen göçme modları arasında en iyi mod diyagonal çekme bölgesindeki akma modudur. Eğer deprem sonrası yüksek maliyetli tamir-takviye masraflarından uzak durulması gerekiyorsa sınır kolonlardaki çekme etkisi sebepli kopmadan veya basınç etkili burkulmadan tamamıyla kaçınılmalıdır. İstenilen sismik davranışın oluşması için çelik levha perdeler düktil göçme modlarına göre tasarlanmalıdırlar. Bununla birlikte hesaplanan gevrek kırılma modlarının kapasitelerinin düktil göçme modu kapasitelerinin en az 1.20 katı kadar arttırılması tavsiye edilir [1].

4. ÇELİK PERDELERİN TASARIM KRİTERLERİ

4.1. Çelik Perdelerin Kesme, Eğilme ve Bileşik Kesme-Eğilme Kapasitelerinin Bulunması

Yüksek gövdeli kirişler için kullanılan analojinin neredeyse aynısı çelik perde duvarları için de kullanılabilir. Yine yüksek gövdeli kiriş için geliştirilen modelleme teknikleri ve tasarım metotları çelik perde duvarlarına adapte edilip uygulanabilir [1].

Yüksek gövdeli kirişler ile çelik panel perdeler arasındaki başlıca farklar şunlardır;

1. Yüksek gövdeli kirişler çok nadir aksel yüklenirler. Bu kirişler genellikle düşey yüklerin etkisi altındadır. Ancak bu yüklerin kiriş mesnetleri tarafından taşınması istenir. Çelik perdeler ise sadece kesme ve eğilmeye çalıştırılır. Analizlerde perdenin genel stabilitesi için çevre kolonlarında aksel yükten dolayı oluşan $P-\delta$ etkileri dikkate alınmalıdır.
2. Yüksek gövdeli kirişlerin flanşları gövde düzlemindeki eğilme rijitliğine oranla daha küçük rijitliğe sahiptirler. Çelik perdelerde ise sınır kolonlar tıpkı flanş gibi çalışırlar ancak plakalar yerine profiller kullanılır. Ayrıca bu kolonlar daha büyük eğilme rijitliği ve dayanıma sahiptirler. Bu kolonların dayanımları ve eğilme rijitlikleri perde içinde oluşan diyagonal çekme bölgesinin eğimine ve genişliğine bağlıdır.
3. Yüksek gövdeli kirişlerdeki berkitme elemanları gövdeye tek taraftan kaynaklanmaktadır. Çelik perdelerde de kat kirişleri tıpkı berkitme plakası gibi rol oynarlar. Ayrıca kat döşemelerinin de bu kirişlere

bağlanması durumunda daha güçlü berkitme elemanı olurlar. Çevre kirişlerin rijitlikleri ve dayanımları levhanın burkulma performansını etkiler. Döşeme kirişleri çelik levha sistemini neredeyse tam tutulmuş mesnet gibi tutarlar. Hatta çelik levhaların diyagonal çekme bölgelerinde akma gerçekleştikten sonra güçlü kirişlerin varlığı plakayı kısmen daha iyi mesnetler.

4. Çelik perdelerde çevrimsel yüksek inelastik yükler beklenirken yüksek gövdeli kirişlerde ise tekdüze veya düşük genlikli yorulma tipindeki yükler öngörülür.

Yukarıda bahsedilen farklılıklar göz önüne alındığında çelik perdenin yüksek gövdeli kirişe benzetilmesinde tasarım açısından emniyetsiz tarafta kalınmamaktadır [1].

Bu açıdan, yüksek gövdeli kirişler için öngörölmüş formölasyonlarla çelik perdenin gerçek kapasitesini tahmin etmek mümkündür. Çelik levhanın dayanımı temellerin ve diğör bileşenlerin tasarımlarıyla da geliştirilebilir.

Daha detaylı bilgi için SSRC (1998) Kılavuzundan ve Elgali'nin araştırmalarından faydalanılabilir.

4.1.1. Çelik Perdelerin Kesme Kapasitelerinin Bulunması

Çelik perdelerin kesme kapasiteleri (AISC 1999) standardındaki yüksek gövdeli kirişler için hazırlanmış yöntemler kullanılarak elde edilebilir. Bu formölasyonlara Theodore V.Galambos'un yazdığı SSRC Kılavuzu refere edilebilir.

LRFD formatında çelik levha perdenin kesme kapasitesi şu şekilde verilebilir;

$\phi_v = 90$

A – Kompakt çelik plakalı perdeler için;

$$h / t_w \leq \lambda_p = 1.10 \sqrt{k_v E / F_{yw}} \quad (3.4)$$

$$V_n = 0.60 A_w F_{yw} \quad (4.1)$$

B – Kompakt olmayan ve narin çelik plakalı perdeler için;

$$h / t_w > \lambda_p = 1.10 \sqrt{k_v E / F_{yw}}$$

$$V_n = 0.60 A_w F_{yw} \frac{1 - C_v}{1.15 \sqrt{1 + (a/h)^2}} \quad (4.2)$$

k_v ise;

$$k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \quad (4.3)$$

Burada k_v değeri eğer $a/h > 3$ veya $a/h > \left[\frac{260}{h/t_w} \right]^2$ ise **5.0** alınabilir.

C_v ise AISC (1999);

a) $1.10 \sqrt{k_v E / F_{yw}} \leq h / t_w \leq 1.37 \sqrt{k_v E / F_{yw}}$ ise

$$C_v = \frac{1.10 \sqrt{k_v E / F_{yw}}}{h / t_w} \quad (4.4)$$

b) $h / t_w > 1.37 \sqrt{k_v E / F_{yw}}$ ise

$$C_v = \frac{1.51 k_v E}{(h / t_w)^2 F_{yw}} \quad (4.5)$$

A_w : Plakanın kesme alanı ($d_w \cdot t_w$)

V_n : Minimum akma dayanımına göre minimum kesme kapasitesi

Bu formüller (AISC 1999) yüksek gövdeli kirişler için yazılmış eşitliklerden adapte edilmiştir [1].

Tasarımda aşağıdaki eşitlik dikkate alınmalıdır;

$$V \leq \phi V_n \quad (4.6)$$

V : Analizde kullanılan kesme kuvveti

Çelik levhanın tasarımından sonra bir “beklenen kesme kapasitesi” V_{ne} hesaplanmalıdır. Bu da çelik levhanın gerçek kesme alanı ve beklenen akma dayanımına göre hesap edilir. Çelik levha perdenin yukarıdaki eşitliklere göre beklenen kesme dayanımı nominal kesme dayanımından daha büyüktür. Bu, pekleşme sebebi ile gerçek akma dayanımının verilen minimum değerden büyük olmasından kaynaklanmaktadır.

Beklenen kesme kapasitesi çevre kolon, kiriş ve birleşimlerin tasarımı için de kullanılacaktır.

$$V_{ne} = C_{pr} R_y V_n \quad (4.7)$$

C_{pr} : FEMA350’de moment aktaran çerçeveler için kullanılan bir faktördür. Ancak burada çelik levhanın pekleşme etkisinden dolayı kesme akma kapasitesini arttırıcı bir katsayı olarak kullanılmıştır. Burada pekleşmiş malzemenin akma noktası F_y ve F_u dayanımlarının ortalaması olarak alınmıştır.

$$C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2F_y} = 1 + \frac{F_u}{2F_y} \quad (4.8)$$

R_y : (AISC1997)’ de verilen F_y için belirsizlik faktörüdür. Çelik levhalı perdeler için $R_y = 1.1$ alınabilir.

4.1.2. Çelik Levhalı Perdelerin Eğilme Kapasitesi

Berkitmeli çelik levhalı perdelerde devrilme momentinin büyük kısmını panelin karşılaması ve levha burkulmasından önce kesme akmasının olması için berkitme kullanılır. Berkitmesiz panellerde ise devrilme momentinin çok büyük kısmını sınır kolonlar karşılamaktadır (Şekil 4.1)



Şekil 4.1 Nippon Steel Binası Japonya [1].

4.2. Çelik Levhalı Perdelerin Kesme, Moment, Bileşik Kesme-Moment ve Aksenal Yük Kapasiteleri

Berkitmeli çelik levha perdeler ve kompakt olan berkitmesiz çelik levha perdeler eğilme ve aksenal kuvvetler gibi kesme kuvvetlerinin taşınmasında da yardımcı olurlar.

Berkitilmiş bir çelik levha, üstündeki berkitmelerin oluşturduğu küçük alt panellere bağlı olarak panel kenarlarındaki normal ve kesme gerilmelerinin kombinasyonu etkisi altındadır. Perde göçmeden önce gerilmenin yeniden dağılımıyla berkitilmiş çelik levhalı perdeden tam düktil, olması beklenir. Burada berkitilmiş çelik levhalı perdenin toplam kapasitesi, ayrı ayrı tüm panellerin kapasitelerinin toplamıdır.

Aşağıda çelik levha kenarlarındaki bileşik kesme ve normal gerilmelerin eşitliği verilmiştir.

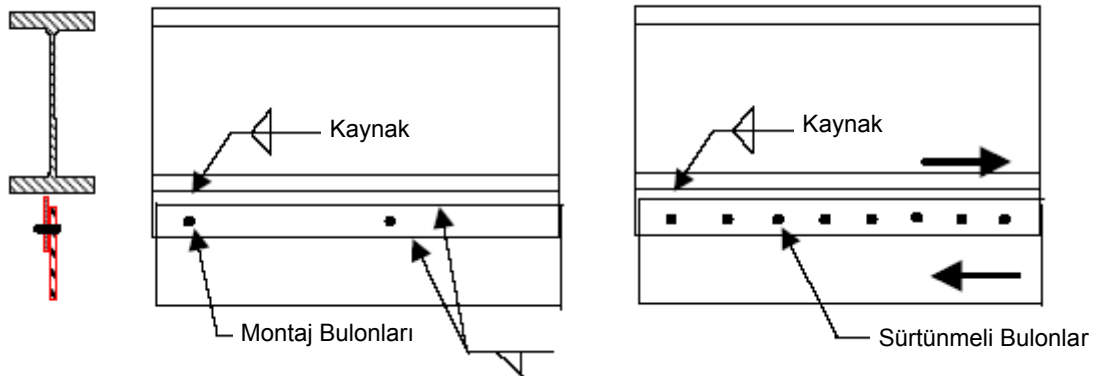
$$\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \left[\frac{\tau}{\tau_{cr}} \right]^2 = 1 \quad (4.9)$$

Berkitmesiz ve narin çelik levhalı perdelerde, aksel yükün ve devrilme momentinin çok büyük kısmını sınır kolonlar taşıdığı için ve kesme kuvvetinin de paneldeki diyagonal çekme bölgesi tarafından karşılandığı için bu tip eşitliğe gerek yoktur.

4.3. Çelik Perdenin Çevre Kolon ve Kirişlerle Olan Birleşimlerinin Tasarımı

Çelik perdelerin sınır kolon ve kirişlere birleşiminde iki tip detay vardır. (Şekil 4.2) Kaynaklı birleşimler kılıcına plakalı birleşim gibi ele alınıp, kaynaklar da daha önce bahsedilen “beklenen kesme akma dayanımı”na göre tasarlanmalıdır. Bulonlu birleşim yapılacaksa bulonlar kritik kayma “beklenen kesme dayanımı”na göre tasarlanmalıdır.

Tekrarlı yükler altındaki perdede diyagonal çekme bölgesindeki akmalar başlamadan önce sürtünmeli kesmeye göre tasarlanmış bulonların sürtünme dirençlerini yitirmesi istenir. Bulonlu perde sistemler üzerinde yapılan test sonuçlarına göre, sürtünmeli kesmeye göre hesaplanan bulonların, servis rüzgar yükünün 1.2 katından daha büyük yükleri sürtünme aşılmadan taşıyabilecek şekilde tasarlanması tavsiye edilmektedir [1].

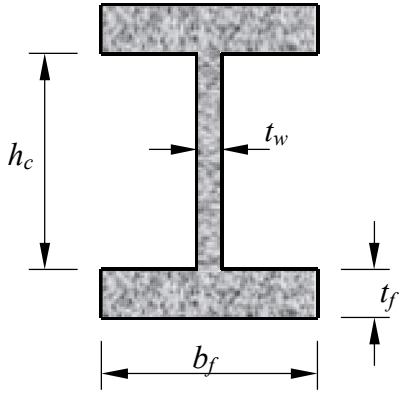


Şekil 4.2 Çelik levhanın bağlantı şekli

4.4. Çevre Kiriş ve Kolonlarının Tasarımı

Dual sistemler için kolon ve kirişler moment aktaran özel çerçeve elemanları ise bunlar için moment aktaran çerçeveler için verilmiş koşullar uygulanmalıdır. Dual olmayan standart çelik levhalı perdeler için sınır kiriş ve kolonlar daha önce listelenen düktil göçme modlarından birine göre tasarlanmalıdır. Gevrek göçme modlarının kontrol edilmesi gerekmekte ve kapasitelerinin de en az düktil göçme kapasitesinin 1.2 katı kadar olmalıdır. Ayrıca sınır kolon ve kirişlerin b/t oranlarının aşağıdaki durumları da sağlaması gerekmektedir [1].

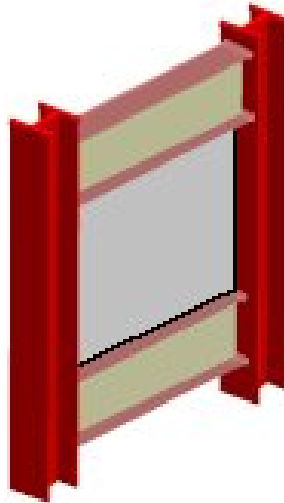
Boyutsuz formda yazılırsa;



$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0.31\sqrt{E/F_y} \quad (4.10)$$

$$\frac{h_c}{t_w} \leq 3.10\sqrt{E/F_y} \quad (4.11)$$

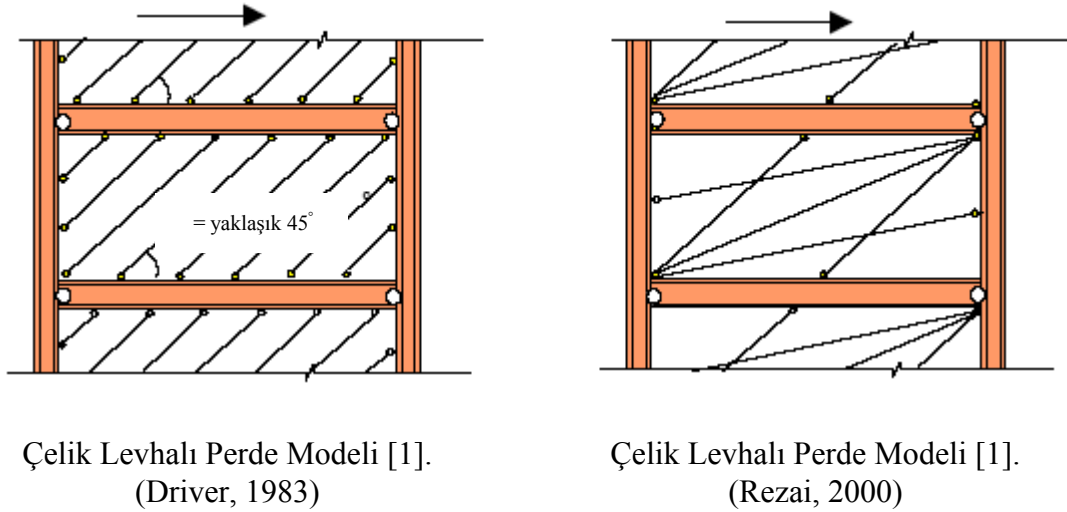
Berkitmesiz çelik plakalı perdelerde kolon ve kirişlerin gövde kalınlıkları en az çelik panel kalınlığı kadar olmalıdır.



Şekil 4.3 Tipik Çelik Levhalı Perde Sistemi

Narin çelik plakalı perdelerde küçük kesme kuvvetlerine oranla diyagonal basınç kuvvetleri altında burkulma beklenir. Burkulmadan sonra diyagonal çekme bölgesindeki faaliyet esas mekanizmadır. Bu davranışın hesabında burkulabilir shell elemanlar kullanılarak modelleme yapılabilir. Eğer burkulabilir shell elemanlar oluşturulamıyorsa izotropik olmayan malzeme tanımıyla tam shell elemanlarla diyagonal basınç elemanları modellemesi yapılabilir.

Analizlerde izotropik olmayan malzeme tanımında elastisite modülü ve kesme modülü 3 yönde farklı verilmelidir [1]. Shell elemanlarla modellemede yine en az $4 \times 4 = 16$ elemanlı model kurulmalıdır. Eğer shell elemanlarla model kurulamıyorsa çelik plakalar çekme bölgesinde sıralı bir bant oluşturacak şekilde modellenir. Bu durum için Kanada'lı araştırmacıların önerdiği iki tip model vardır. (Şekil 4.4)



Şekil 4.4 Modelleme tipleri

4.5. Çelik Perdelerin Performansa Dayalı Tasarım Kriterleri

Performansa esaslı tasarım iki ana unsura, talep ve kapasiteye dayanmaktadır. Talep yapıya etkiyen deprem yükleri, kapasite ise bu yükler altındaki davranışdır. Yapının kapasitesi deyince taşıyıcı sistem elemanlarının lineer bölgenin ilerisindeki kapasitelerinin toplamı olarak düşünülebilir. Bu kapasitelerin hesaplanabilmesi için

malzemenin ve elemanın elastik ötesi şekil değiştirmeleri lineer olmayan sistem hesaplarına göre irdelenir.

Yapının kapasitesi ise taban kesme kuvveti ile tepe noktasının deplasmanı arasındaki ilişki ile ifade edilir. Bu ilişki grafik yolla anlatıldığında kapasite eğrisi ortaya çıkar. Kapasite eğrisi, yapıda düşey yüklerin ve orantılı artan yatay yüklerin etkisiyle sistemin göçme durumuna kadar sürdürülen itme analizi sonuçlarına göre elde edilir. Buna taşıma kapasitesi yada limit durum denir.

Yatay yüklere dayanıklı özellikle deprem yüklerine dayanıklı yapı tasarımı kriteri olarak süneklik önemli bir özelliktir. Süneklik yeteneği olan yapılarda deprem enerjilerinin büyük bir kısmı tüketilmektedir [5]

Çelik levhalı perdede performansa dayalı tasarım için yeterli sünekliğe ve yeterli dayanıma ihtiyaç vardır. Aşağıda Abolhassan Astaneh-Asl,'de verildiği şekliyle, performans ve yüksek sünekliğin sağlanması için tasarım yöntemi açıklanmıştır. Genel olarak bu yöntem uyarınca, taşıyıcı sistem elemanlarında gevrek kırılma modlarının oluşumundan önce sistemde yatay yükleri taşıyan elemanlardan inelastik davranış sergilemesi beklenir ve kontrollü bir şekilde göçme olmadan deprem sonunda düşey yükleri taşıyan elemanlara doğru yayılır.

4.6. Çelik Perdeler İçin Sismik Tasarım Yöntemlerinin Geliştirilmesi

Aşağıda sismik tasarım yöntemlerinin safhaları verilmiştir.

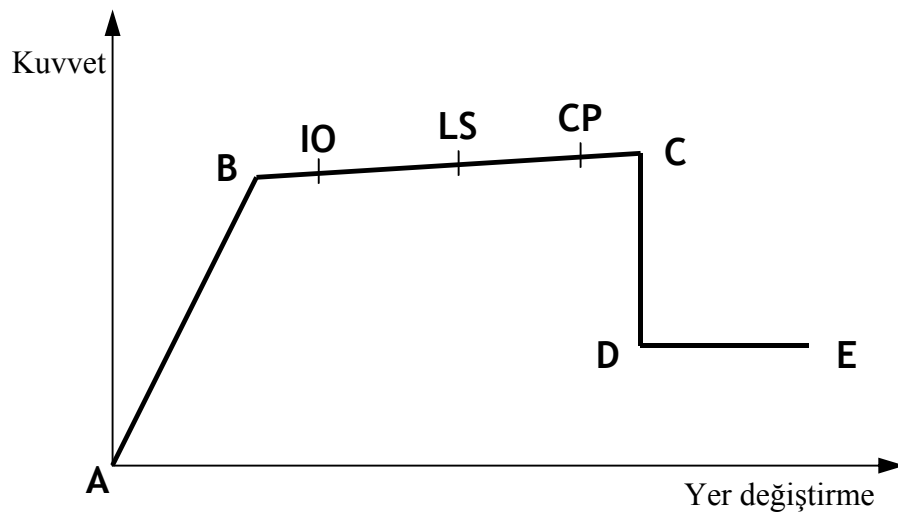
1. Geniş kapsamlı literatür çalışması,
2. Sistemde göçme modlarının (limit durumların) belirlenmesi
3. Limit durumlar düktil ve gevrek diye gruplandırılır. Malzeme akmasından kaynaklanan göçme modları “**Düktil**”, yeterli seviyede akma gerçekleşmeden olan göçme modları da “**Gevrek**” olarak adlandırılır ve tasarımda dikkate alınır. Burkulma göçme modu ise inelastik veya elastik olma durumuna göre sırasıyla düktil veya gevrek

olarak tanımlanır. Bulonlardaki sıyrılma düktil olarak hesaba katılır ve sismik tasarımda en çok istenen öncelikli durumdur.

4. Göçme modları hiyerarşik olarak sıralanırsa;
 - a. İnelastik davranış özelliği olan elemanlarda gevrek kırılma olmadan önce düktil göçme olmalıdır.
 - b. Yatay yükleri taşıyan elemanlar perde paneli gibi, düşey yükleri taşıyan elemanlardan önce limit duruma ulaşmalıdır.
5. Oluşan bu sıralamaya göre bütün göçme modlarının tasarım formülleri geliştirilir.

4.7. Lineer Olmayan Statik İtme Analizi (Pushover)

İtme analizi, deprem etkisindeki yapıların davranışlarını incelemek için dünyada gittikçe gelişen analiz yöntemlerinden biridir. Bu analizle yapının süneklik kapasitesi, dinamik yüklere dayanımı, taşıyıcı elemanların ne zaman ve hangi sıra ile akma ve göçmeye ulaştığı belirlenebilir. Statik itme analizi için SAP2000 programı kullanılarak, ATC40 ve FEMA273 yönetmeliklerinin önerdiği plastik mafsallık yer değiştirme özellikleri alınmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Plastik mafsallık kuvvet-yer değiştirme ilişkisi

- A-B noktaları arasında kesit elastik davranış göstermektedir
- B noktası plastik şekil değiştirmenin başladığı noktadır.
- C noktası kesit taşıma gücünü belirtmektedir.
- D noktasından sonra artan şekil değiştirmeler için kesit taşıma kapasitesi küçük değerler almaktadır.
- E noktasından sonra kesit taşıma gücünü tamamen kaybetmektedir.

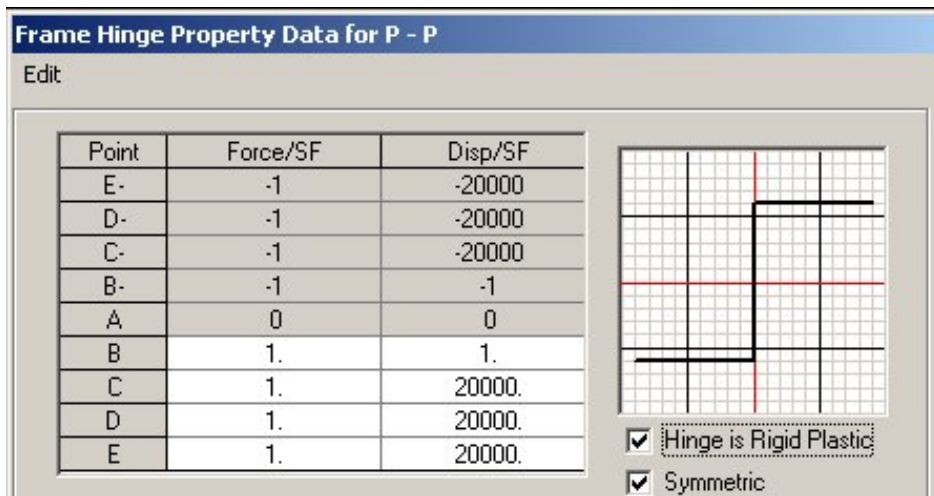
Kesit taşıma gücüne erişinceye kadar IO, LS ve CP seviyeleri tanımlanmıştır.

- **IO** (Immediate Occupancy) : Bu durumda yapı taşıyıcı sistem elemanlarında hasar yoktur. Hemen kullanılabilirlik sınır durumudur.
- **LS** (Life Safety) : Yapının göçmemesini sağlayacak tamir edilebilir hasarlar vardır. Can güvenliği sınır durumudur.
- **CP** (Collapse Prevention) : Yapı elemanlarında tamir edilemeyecek ağır hasar vardır, lokal göçmeler yaşanabilir. Ancak taşıyıcı sistem ayakta durabilmeli ve çok az can kaybı olabilir.

Analizlerde ele alınan mafsalları ise P ve M₃ plastik mafsallarıdır.

P Plastik Mafsalı

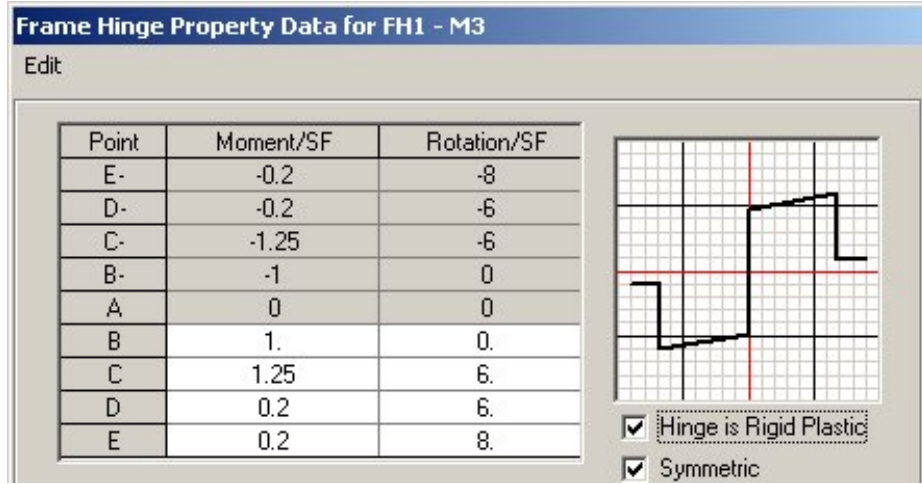
Sadece aksel yük etkisindeki çelik yapı elemanlarında normal kuvvet şekil değiştirme ilişkisinin tanımlanması için kullanılır. **Şekil 4.6'**de P mafsalı için normal kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi verilmiştir.



Şekil 4.6 P Plastik mafsalı kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi

M₃ Plastik Mafsalı

Moment yük etkisindeki çelik yapı elemanlarında $M-\chi$ ilişkisinin tanımlanması için kullanılır. **Şekil 4.7**'de M_3 mafsalı için moment-dönme ilişkisi verilmiştir.



Şekil 4.7 M_3 Plastik mafsalı moment-dönme ilişkisi

4.8. Çelik Plakalı Perdelerin Analiz İçin Modellenmesi

Çelik perdelerin kompakt, kompakt olmayan ve narin olmalarına dayanan, plaka burkulmasını kontrol altında tutabilen programlar ile çeşitli modelleme yollarıyla analizleri yapılabilir.

4.8.1. Bant Eleman Modellenmesi

Çok katlı binada çelik levhalar yapısal çerçevenin bir parçası durumundadırlar. Bunlarda daha önce bahsedilen yüksek gövdeli kiriş metodolojisine uymaktadırlar.

Berkitilmiş çelik levha perde modelinde basitleştirilmiş bant elemanlar kullanılır. Bu elemanların ön boyutlamaları ile ilgili tek standart Kanada Çelik Tasarım standardıdır. Bu modelleme tekniği Wagner'in diyagonal çekme bölgesi teorisi üzerine oturmaktadır. Modelde plakalar yan yana dizilmiş eğimli bant elemanlardan oluşmaktadır. Sadece eksenel çekme kuvvetlerine direnirler. Her bant

eleman eşit kesit alanına sahip aynı kalınlık ve genişliktedirler. Bir açıklıkta en az 10 bant eleman olmalıdır [10].

Modelde çelik panel kolon ve kirişlerle çevrelenmiş, kiriş-kolon birleşimleri moment aktarmayan birleşim olarak çözülmüş, kirişlerin sonsuz rijit olduğu ve kolonlarında sürekli olduğu kabulü yapılmıştır. bu kabullere dayanarak bant elemanların eğimi için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir.

$$\tan^4 \beta = \frac{\frac{2}{w.L} + \frac{1}{A_c}}{\frac{2}{w.L} + \frac{2.h}{A_b.L} + \frac{h^4}{180.I_c.L^2}} \quad (4.12)$$

L	: Çelik panel genişliği	A _c	: Kolonun kesit alanı
h	: Çelik panel yüksekliği	A _b	: Kirişin kesit alanı
w	: Çelik panelin gövde kalınlığı	I _c	: Kolonun atalet momenti

Denklem 4.12'ye göre farklı ebatlardaki çerçeveler için farklı açılar hesaplanmaktadır. Sistemin basitleştirilmesi açısından eğimin 45° olarak alınmasını önermektedir [7].

Kullanılan modelde bant elemanların eğimleri 45° alınmış ve SAP2000 programı ile 2 boyutlu düzlem çerçeve olarak çözülmüştür. Çerçevenin kapasitesi hakkında bilgi sahibi olabilmek için elastik davranışın ötesine geçilmelidir. Bu sebeple çerçeveye her katta düşey ölü yük uygulanmış (q=10 kN/m) ve yine her katta (10 kNs²/m) kütle tanımlanmıştır.

Tüm çerçeve modellerinde kolonlar için HE400M, kirişler içinde HE300A hazır profiller kullanılmıştır. Kolonlar için “STEEL” adıyla çelik malzeme kullanılmıştır. Kirişlerin sonsuz rijitliğini sağlamak için kesite “STLBEAM” adıyla yüksek elastisite modülüne sahip (E : 2.10⁹ kN/m²) çelik malzeme tipi tanımlanmıştır (**Tablo 4.1**).

Tablo 4.1 Malzeme Özellikleri

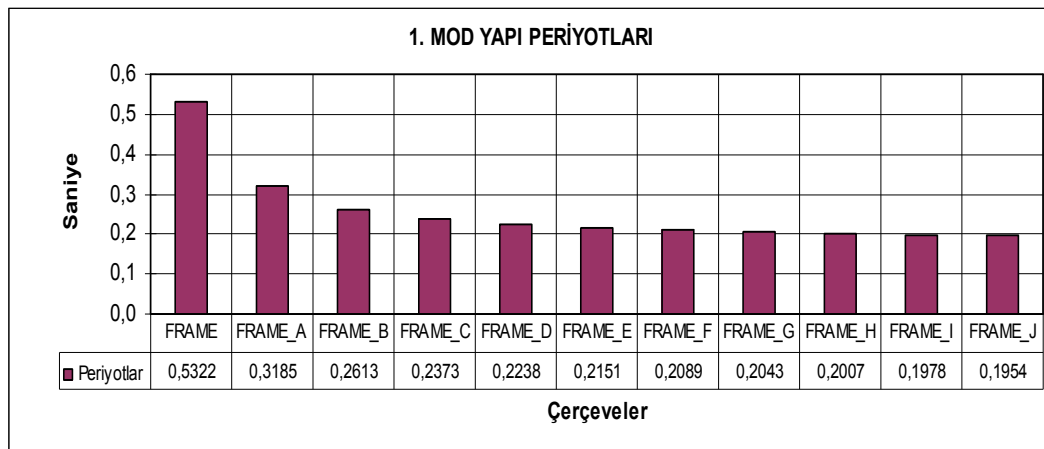
Malzeme Özellikleri	Kütle M	Birim Ağırlık W (kN/m ³)	Elastisite Modülü E (kN/m ²)	Akma Dayanımı F _y (kN/m ²)	Sınır Dayanımı F _u (kN/m ²)
STEEL	0	78,5	2.10 ⁸	245.000	399.896
STLBEAM	0	78,5	2.10 ⁹	245.000	399.896

Bant elemanlar için yine “STEEL” adıyla çelik malzeme tanımlanmıştır. Modelde bant elemanların kolon ve kirişe bağlanan düğüm noktalarında Burulma T, M₂ ve M₃ momentlerine serbestlik verilerek her elemanın i ve j ucunda mafsal tanımı gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla bant elemanlar sadece eksenel çekme kuvvetlerini taşıyabileceklerdir.

Tablo 4.2 Kesit Tipleri

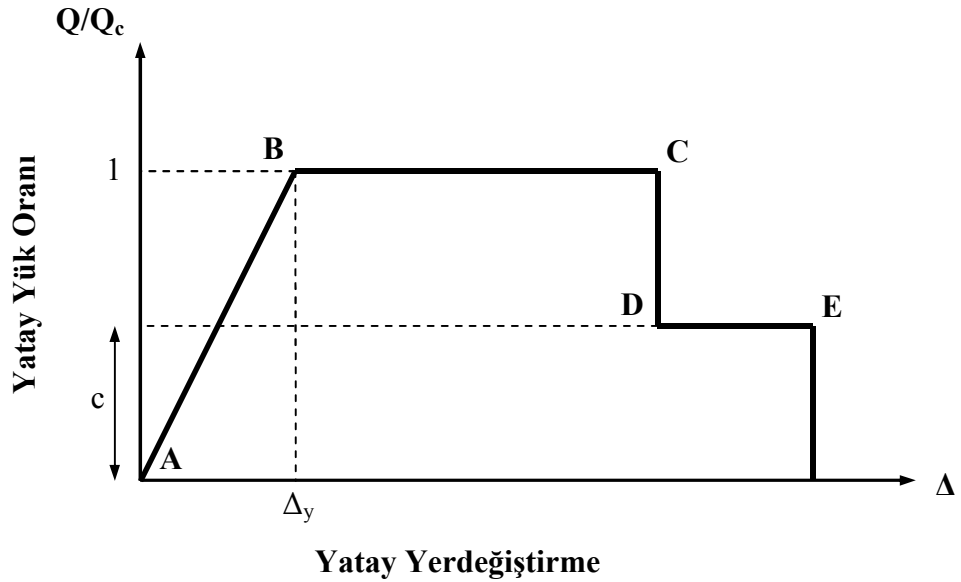
Kesit Malzeme Özellikleri	Malzeme Akma Dayanımı F _y (kN/m ²)	Plastik Mukavemet Momenti Z _x (m ³)	Moment Kapasitesi M _y (kNm)
HE 300A	245.000	0,001383	338,835
HE 400M	245.000	0,005571	1364,895

Modal analizle elde edilmiş yapı periyotları (Mod1) Şekil 4.8’ de gösterilmiştir.

**Şekil 4.8** 1. Mod yapı periyotları.

Elasto-plastik davranışın gerçekleşmesi için yine bant elemanların i ve j uçlarında aksel (P) plastik mafsalları tanımlanmış ve SAP2000 analiz programının plastik mafsalları özelliklerinin bulunduğu menüde ilk başlangıç A noktasında, plastik yer değiştirmenin akma yer değiştirmesine ve plastik kuvvetin akma kuvvetine oranı olarak 1, B, C ve D noktaları için plastik yer değiştirmenin akma yer değiştirmesine oranı olarak çok yüksek bir değer 20000 verilmiş, plastik kuvvetin akma kuvvetine oranına da 1 değeri verilmiştir. (Şekil 4.9)

Bu yaklaşımla yapı çerçevesinde X yönünde statik itme analizi başlayınca bant elemanlar akma gerilmelerine ulaştıktan sonra ilave yükler taşıyamayacaklardır.

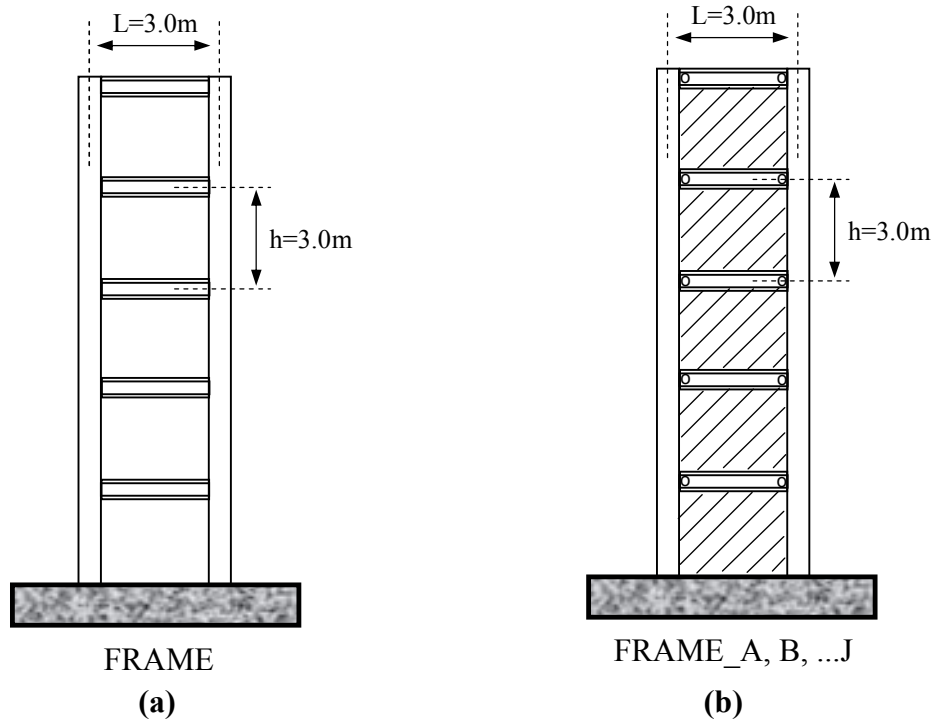


Şekil 4.9 Şematik Elasto-Plastik Davranış.

Tablo 4.3'te her biri farklı 11 adet 2 boyutlu çerçevenin özellikleri gösterilmiştir. Kat yükseklikleri $h=3.0m$ ve kolon aksından kolon aksına olan mesafe $L=3.0m$ olarak alınmıştır.

Tablo 4.3 Çerçeve Özellikleri.

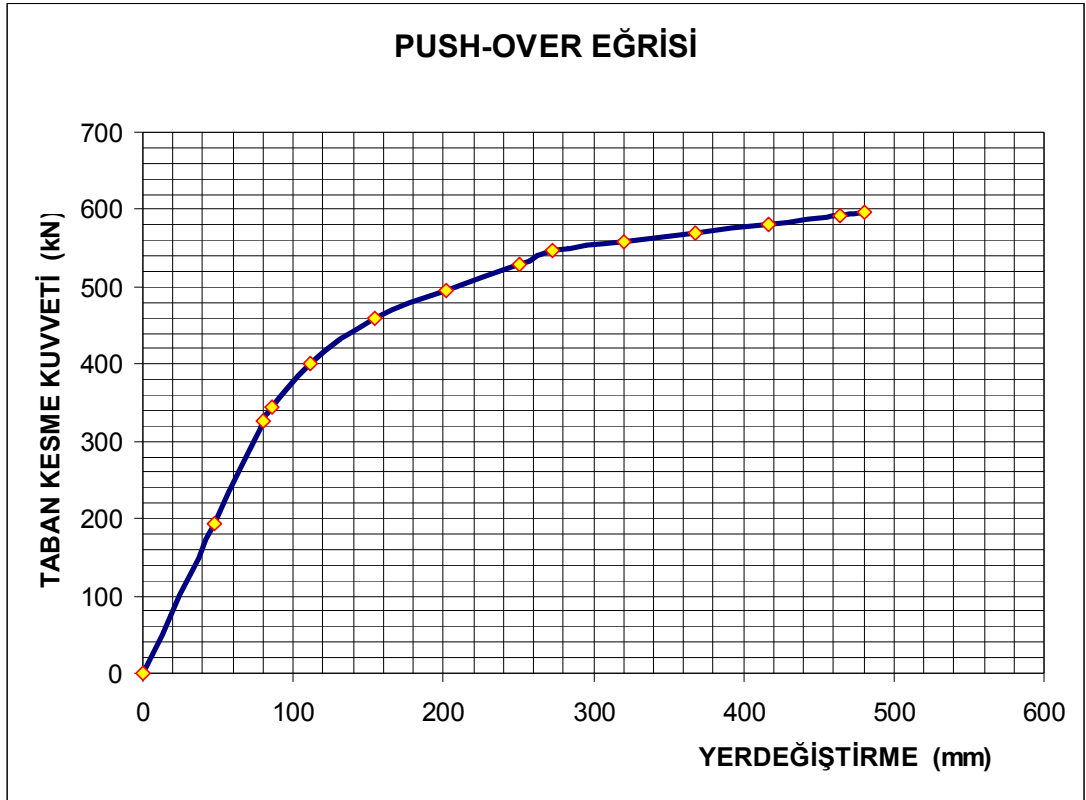
ÇERÇEVE İSMİ	KOLON KESİTİ	KİRİŞ KESİTİ	ÇELİK LEVHA KALINLIĞI
FRAME	HE400M	HE300A	MOMENT AKTARAN ÇERÇEVE
FRAME_A	HE400M	HE300A	w = 1 mm
FRAME_B	HE400M	HE300A	w = 2 mm
FRAME_C	HE400M	HE300A	w = 3 mm
FRAME_D	HE400M	HE300A	w = 4 mm
FRAME_E	HE400M	HE300A	w = 5 mm
FRAME_F	HE400M	HE300A	w = 6 mm
FRAME_G	HE400M	HE300A	w = 7 mm
FRAME_H	HE400M	HE300A	w = 8 mm
FRAME_I	HE400M	HE300A	w = 9 mm
FRAME_J	HE400M	HE300A	w = 10 mm



Şekil 4.10 Çerçeve Modelleri

“FRAME” isimli çerçevede kolon-kiriş birleşimleri moment aktaran ve boşluklarda çelik levha bulunmayan basit çerçevedir. Bu modelin ilk önce statik analizi yapılarak kolon ve kirişlerinin yeterlilikleri elde edilmiştir. Daha sonra kolon ve kirişlerin i ve j uçlarına (M_3) plastik mafsallık özellikleri tanımlanmış, doğrusal olmayan analiz parametreleri verildikten sonra çerçeveye adım adım statik itme analizi uygulanmıştır.

Şekil 4.11’de görüldüğü gibi taban kesme kuvveti ile tepe noktasındaki yer değiştirme arasında itme analizi eğrisi oluşturulmuştur.



Şekil 4.11 “FRAME” isimli modelin itme analizi eğrisi

Analiz sonrasında her adımdaki taban kesme kuvveti ve yer değiştirme değerleri alınmıştır (Tablo 4.4). En yüksek taban kesme kuvvetinin $V= 596,45$ kN, en büyük toplam yer değiştirmenin de $d= 480$ mm olduğu görülmüştür. Modelle ilgili analiz sonuçları, tablo ve grafikler Ek.A da yer almaktadır.

Tablo 4.4 “FRAME” modelinin kuvvet-yer değiştirme tablosu.

ADIM	TABAN KESME KUVVETİ (kN)	YERDEęİŐTİRME (mm)
0	0,00	0,00
1	194,69	48,00
2	325,37	80,22
3	343,68	85,94
4	400,40	111,51
5	458,93	154,13
6	494,34	202,13
7	529,75	250,13
8	546,05	272,23
9	557,70	320,23
10	569,34	368,23
11	580,98	416,23
12	592,63	464,23
13	596,45	480,00

Diğer çerçeveselerde tüm kolon-kiriş bağlantıları moment aktarmayan ve boşluklarında gövde kalınlığı değişken çelik levhalar konmuştur. Tipik çerçeveseler **Şekil 4.10.b**'de gösterilmiştir.

Bant eleman tanımlanmış çerçeveselerde (**Şekil 4.10.b**) (FRAME_A, B,....., J) kirişlerin i ve j uçlarında (M_3) momentleri için serbestlik verilerek kirişler basit kiriş durumuna getirilmiştir. Bant elemanların i ve j uçlarında ise T, M_2 , M_3 momentlerine serbestlik verilerek sadece eksenel yük taşımaları sağlanmıştır. Modelin ölü yükler altında statik analizi yapılmış, iç kuvvetleri elde edilmiş ve kolon kiriş kesitlerinin yeterli oldukları saptanmıştır.

Daha sonra kolonların i ve j uçlarında (M_3) plastik moment mafsalı, bant elemanlarında i ve j uçlarına (P) plastik eksenel yük mafsalı tanımlanmıştır. Bu durumda bant elemanlar sadece eksenel çekme yükü alacaklardır. Doğrusal olmayan analiz parametreleri verildikten sonra çerçeveye adım adım statik itme analizi uygulanmıştır.

5. SONUÇLAR

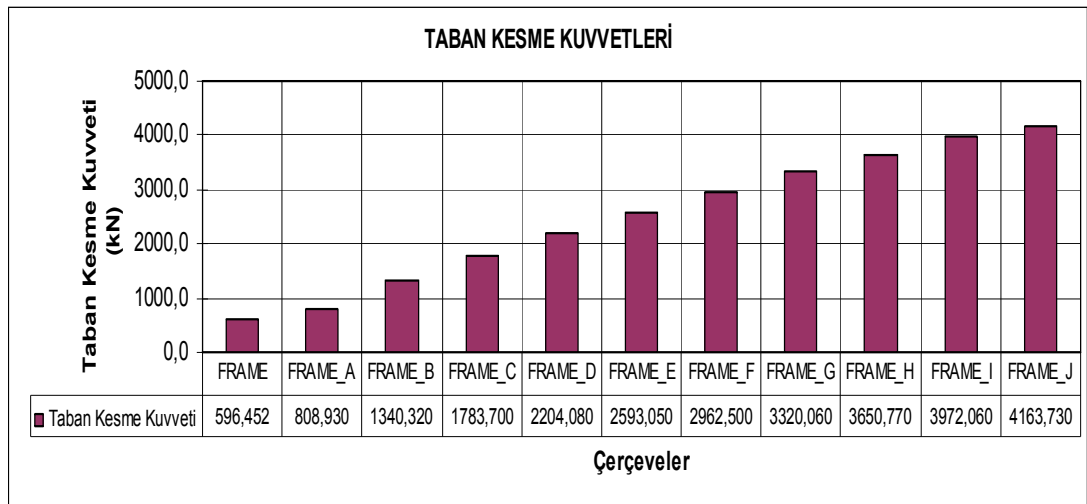
Bu çalışmada, yapı modelleri tek düzlemde iki doğrultulu, beş katlı, çeşitli çelik levha kalınlıklarına sahip 11 adet çerçeve olarak ele alınmış, elemanların iç kuvvetleri, çerçevelerin periyotları, tepe nokta deplasmanları, görelî kat ötelemeleri ve taban kesme kuvvetleri SAP2000 analiz programı kullanılarak bulunmuştur. Sonuçlar tablo ve grafik anlatımlarla EK.A'da sunulmuştur.

Çalışma sırasıyla;

- Çerçevelerde yatayda kolon aksları arası ve düşeyde kiriş aksları arası olarak 3,00m tanımlanmıştır. Kolonlar için HE 400 M, kirişler için HE 300 A profilleri seçilmiştir.
- Çelik levhalı çerçevelerde 0,3857m genişliğe sahip 10 adet bant eleman yatayla 45°'lik bir açı yapacak şekilde modellenmiş ve kalınlıkları her çerçeve tipinde 1mm artırılarak farklılık sağlanmıştır.
- Kolon ve kirişler için düşey yükler etkisinde statik analizler yapılarak Eurocode-3 standardına göre dizayn edilmiş ve yeterli güvenliğe sahip oldukları saptanmıştır.
- Çerçevelerin elasto-plastik davranış yapmaları için kolonlarda (M_3), çelik bant elemanlarda (P) mafsal özellikleri ile lineer olmayan analiz parametreleri tanımlanmıştır.
- Son olarak her çerçevenin statik itme analizleri yapılmış sonuçlar tablo ve grafik gösterimlerle karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar ele alındığında;

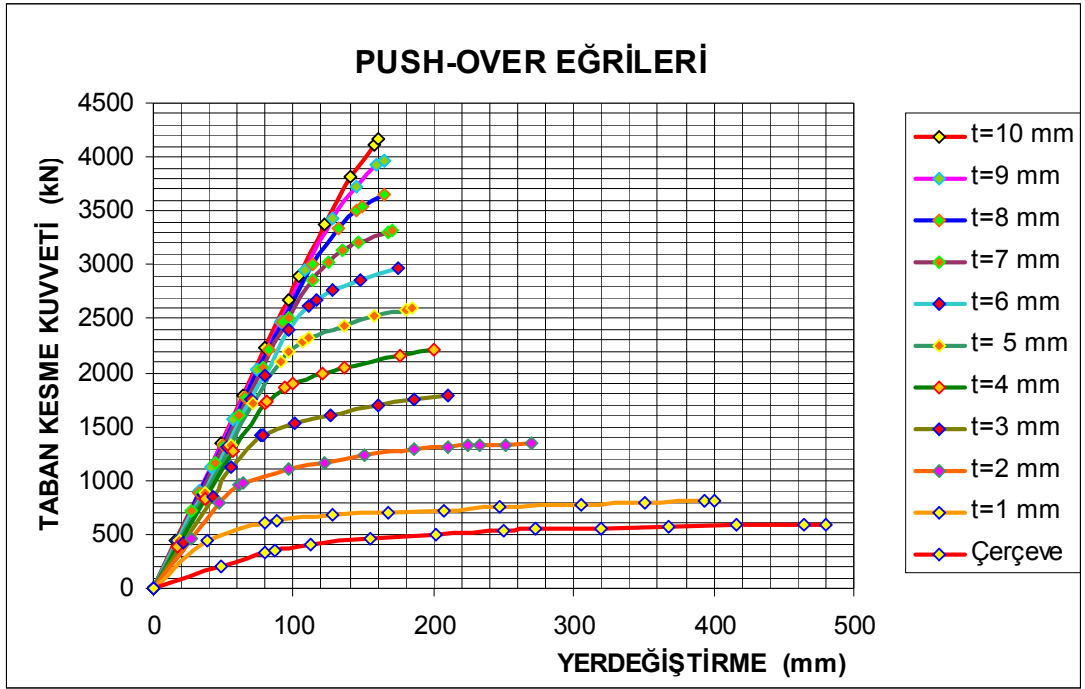
- “*FRAME*” isimli çelik levhasız ve kolon-kiriş birleşimleri moment aktaran çerçevede 0.5322 sn ile en büyük periyot değerine, *FRAME_J* çerçevesinde ise 0.1954 sn ile en küçük periyot değerine sahip olduğu saptanmıştır. Bu durumda %63,28 oranında yapı periyodu azalmıştır.
- Periyot değerine ters orantılı olarak çerçevelerin başlangıç rijitlikleri de değişmektedir. Etkiyen en büyük taban kesme kuvveti 4163.73 kN ile *FRAME_J* çerçevesi, en küçük taban kesme kuvveti de 596.45 kN ile *FRAME* çerçevesidir (Şekil 5.1). Bu durumda da %698,08 oranında taban kesme kuvveti artmıştır.



Şekil 5.1 Tüm çerçevelerin taban kesme kuvvetleri

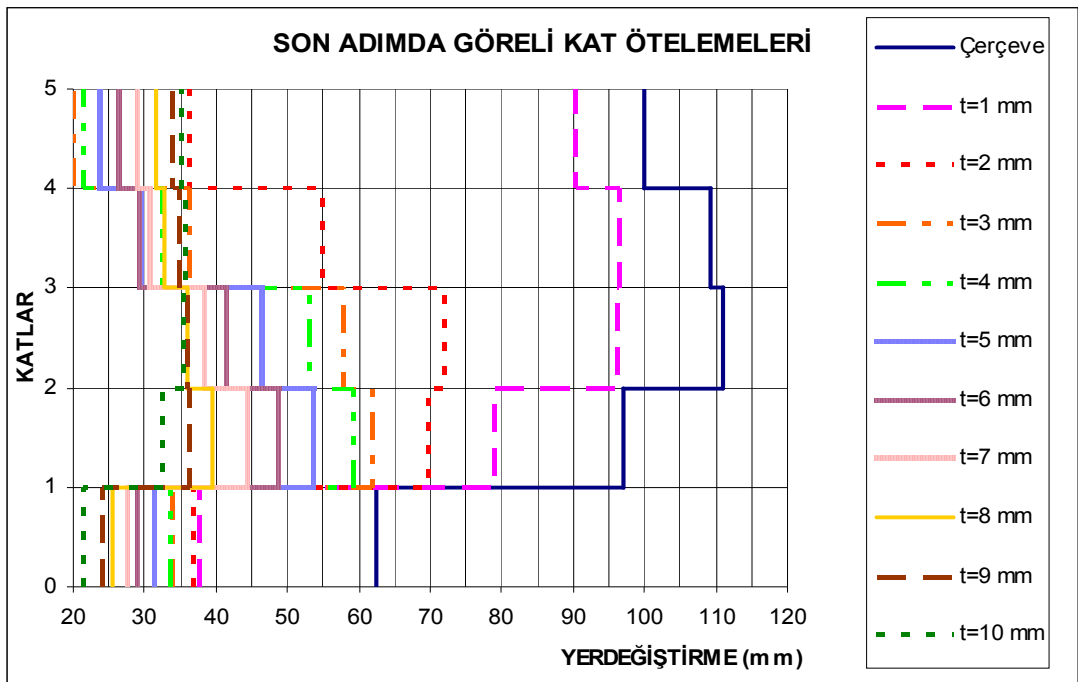
- Çerçevelerin taban kesme kuvvetleri arasında en büyük artış % 65,69 oranıyla *FRAME_A* ile *FRAME_B* arasında olmuştur.
- Çerçevelerin taban kesme kuvvetleri arasında en küçük artış % 4,82 oranıyla *FRAME_I* ile *FRAME_J* arasında olmuştur.
- Çerçevelerin kolon eksenel kuvvetleri arasında en büyük artış % 100,92 oranıyla *FRAME_A* ile *FRAME_B* arasında olmuştur.
- Çerçevelerin kolon eksenel kuvvetleri arasında en küçük artış % 4,77 oranıyla *FRAME_I* ile *FRAME_J* arasında olmuştur.

Şekil 5.2 'de görüldüğü gibi tüm çerçevelerin taban kesme kuvveti ile tepe noktasındaki yer değiştirme arasındaki itme analizi eğrileri oluşturulmuştur.



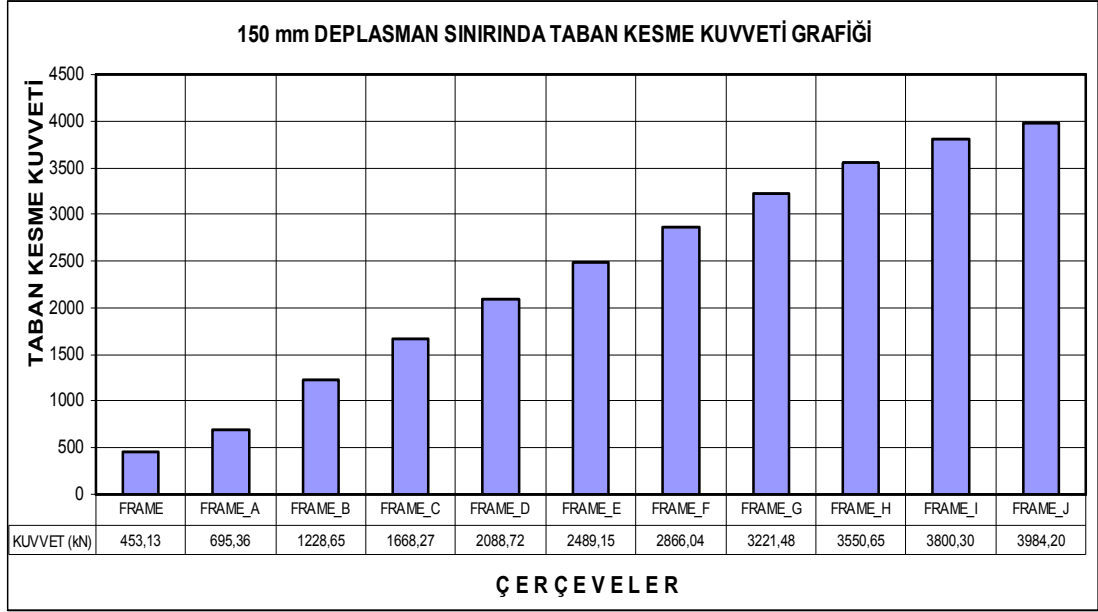
Şekil 5.2 Tüm çerçevelerin itme analizi eğrileri

Ayrıca itme analizinin bittiği son adımlardaki görelî kat ötelemelerinin çerçeveler arasındaki ilişkileri Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



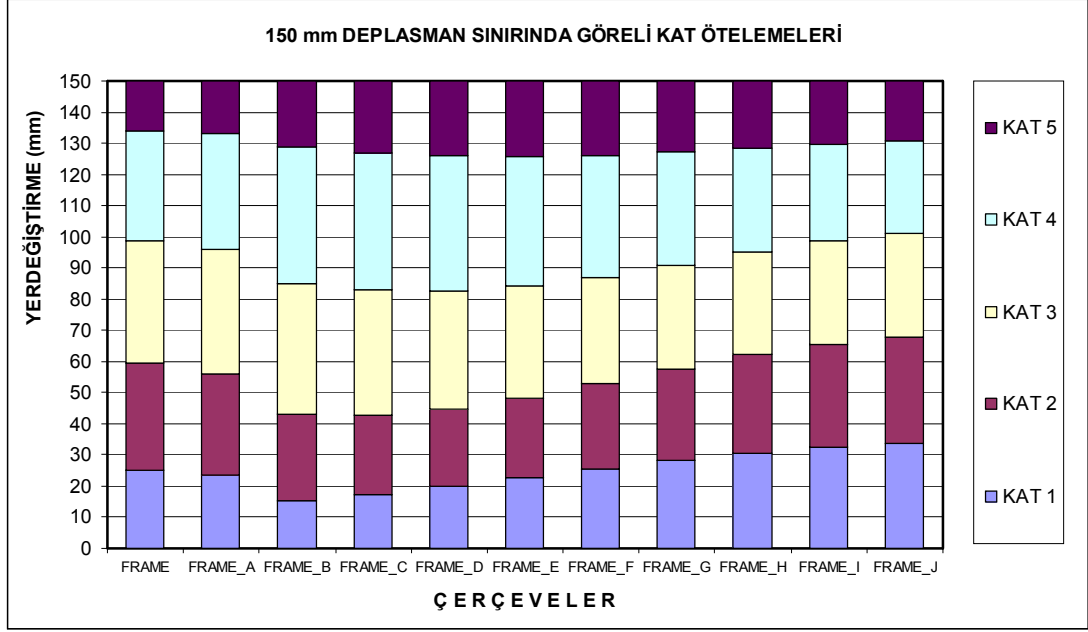
Şekil 5.3 Tüm çerçevelerin görelî kat ötelemeleri

Çerçevelerin tepe noktalarındaki deplasman 150 mm ile sınırlandırıldığında taban kesme kuvvetleri Şekil 5.4'te ve görelî kat ötelemeleri ve Şekil 5.5'de verilmiştir. Grafik tabloları Ek.A'da verilmiştir.



Şekil 5.4 150 mm deplasman sınırında taban kesme kuvvetleri

- 150 mm ile sınırlandırılmış durumda etkiyen en büyük taban kesme kuvveti 3984,20 kN ile *FRAME_J* çerçevesi, en küçük taban kesme kuvveti de 453,13 kN ile *FRAME* çerçevesidir (Şekil 5.4). Bu durumda % 879,26 oranında taban kesme kuvvetinin yükseldiği görülmüştür.
- 150 mm ile sınırlandırılmış durumda çerçevelerin taban kesme kuvvetleri arasında en büyük artış % 76,69 oranıyla *FRAME_A* ile *FRAME_B* arasında olmuştur.
- 150 mm ile sınırlandırılmış durumda çerçevelerin taban kesme kuvvetleri arasında en küçük artış % 4,84 oranıyla *FRAME_I* ile *FRAME_J* arasında olmuştur.



Şekil 5.5 150 mm deplasman sınırında görelî kat ötelemeleri

- Çerçevesler ince levha kalınlığında inelastik davranış, kalınlık arttıkça elastik sınırlar içinde davranış göstermiştir.
- Kat sayısı arttıkça levha kalınlıkları uygun biçimde inceltilir.
- Eleman kesitlerinin ve birleşimlerin seçiminde mafsallaşmalar hiyerarşik düzende dikkate alınmalı ve iyi tasarlanmalıdır.
- Plaka düzlemi dışında bir yükleme halinde eğilme momenti etkisinde levha silindirik rijitliği dikkate alınmalıdır.
- Çelik levha perdeli sistemin yüksek yatay kuvvetlere maruz kalacak çelik çerçevesli yapılarda, deprem sonrası hemen kullanılacak ve özellik arzeden yapılarda kullanılmasında dayanım, süneklik ve ekonomi açısından fayda sağlanacağı bir gerçektir.

KAYNAKLAR

- [1] **Astaneh-Asl, A.**, (2001) “Seismic Behavior and Design of Steel Shear Walls”, Steel Tips, Structural Steel Educational Council, Moraga, CA.
- [2] **Basler, K. and Thurlimann, B.**, (1963), “Strength of Plate Girders in Bending”, Journal of the Structural Division, ASCE, 89, n. ST4, August.
- [3] **Celebi, M.**, (1997). “Response of Olive View Hospital to Northridge and Whittier Earthquakes”, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 123, p. 389-396, April. 1997.
- [4] **CSA**, (Canadian Standards Association), (1994), “Limit States Design of Steel Structures”, CAN/CSA-S16-01, p.1-94, Rexdale, Ontario, Canada.
- [5] **Çatalkaya, H.**, (2004) “Çok Katlı Bir Çelik Yapıda Değişik Çapraz Düzenlemelerin Yapının Depremdeki Davranışına Etkilerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] **Driver, R.G., Kulak, Elwi, A. E. and G. L., Kennedy, D.J.L.** , (1998) “Cyclic Tests of Four-Story Steel Plate Shear Wall”, Journal of Structural Engineering., ASCE Vol. 124, No. 2, Feb., pp. 112- 120.
- [7] **Driver, R.G., G.L.Kulak, A.E.Elwi and D.J.L. Kennedy**, (1998) “FE and Simplified Models of Steel Plate Shear Wall”, Journal of Structural Engineering, ASCE Vol. 124, No. 2, Feb., pp. 121-130.

- [8] **Enünlü, A.K.**, (1999) “The Use of Steel Plate Shear Walls for Retrofitting of Reinforced Concrete Buildings” Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] **Gioncu, V. and Mazzolani, F.M.**, (2002) “Ductility of Seismic Resistant Steel Structures”, Taylor & Francis Group, NewYork.
- [10] **Lubell A.S., H. G. L. Prion, C. E. Ventura and M. Rezai**, “Unstiffened Steel Plate Shear Wall Performance Under Cyclic Loading”, Journal of Structural Engineering, ASCE Vol. 126, pp. 453-460, April 2000

Metin içinde atıf yapılmayan kaynaklar:

Basler, K., (1961), “Strength of Plate Girders in Shear”, *Journal of the Structural Division*, ASCE, 87, n. ST7, October.

Elgaaly, M. and Caccese, V., (1993) “Post-buckling Behavior of Steel- Plate Shear Walls under Cyclic Loads”, *J. of Str. Engrg.* ASCE, 119, n. 2, pp. 588-605.

Elgaaly, M. and Liu Yinbo, “Analysis of Thin-Steel-Plate Shear Walls”, Journal of Structural Engineering, ASCE Vol. 123, No. 11, pp. 1487-1496, November1997.

EK A.

SAP2000 Analiz Sonuçları Tablo ve Grafikler

Tablo A.1 Yapı Periyotları

PERİYOTLAR (sn)	ÇERÇEVELER										
	FRAME plakasız	FRAME_A w=1 mm	FRAME_B w=2 mm	FRAME_C w=3 mm	FRAME_D w=4 mm	FRAME_E w=5 mm	FRAME_F w=6 mm	FRAME_G w=7 mm	FRAME_H w=8 mm	FRAME_I w=9 mm	FRAME_J w=10 mm
MOD 1	0,53222	0,31847	0,26128	0,23730	0,22381	0,21507	0,20890	0,20428	0,20069	0,19780	0,19542
MOD 2	0,14657	0,09776	0,07914	0,07026	0,06479	0,06098	0,05813	0,05590	0,05408	0,05257	0,05128
MOD 3	0,06818	0,05145	0,04263	0,03794	0,03491	0,03274	0,03109	0,02978	0,02870	0,02779	0,02701

Tablo A.2 Yapı Taban Kesme Kuvvetleri

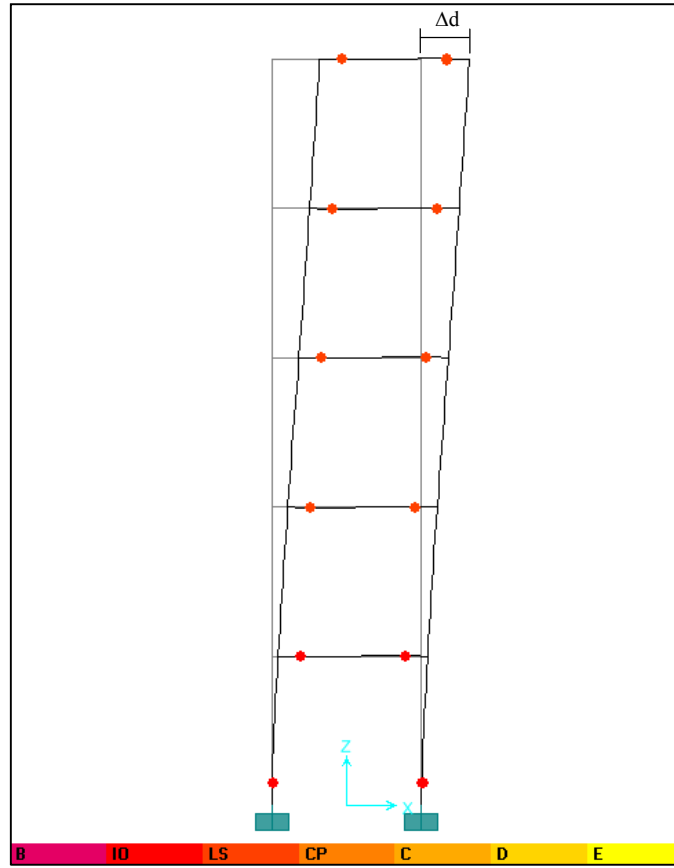
T.K.Kuvveti (kN)	ÇERÇEVELER										
	FRAME plakasız	FRAME_A w=1 mm	FRAME_B w=2 mm	FRAME_C w=3 mm	FRAME_D w=4 mm	FRAME_E w=5 mm	FRAME_F w=6 mm	FRAME_G w=7 mm	FRAME_H w=8 mm	FRAME_I w=9 mm	FRAME_J w=10 mm
Kuvvet	596,45	808,93	1340,32	1783,70	2204,08	2593,05	2962,50	3320,06	3650,77	3972,06	4163,73

Tablo A.3 Tepe Noktası 150 mm Yerdeğiştirmeli Görelü Kat Ötelemeleri ve Taban Kesme Kuvveti

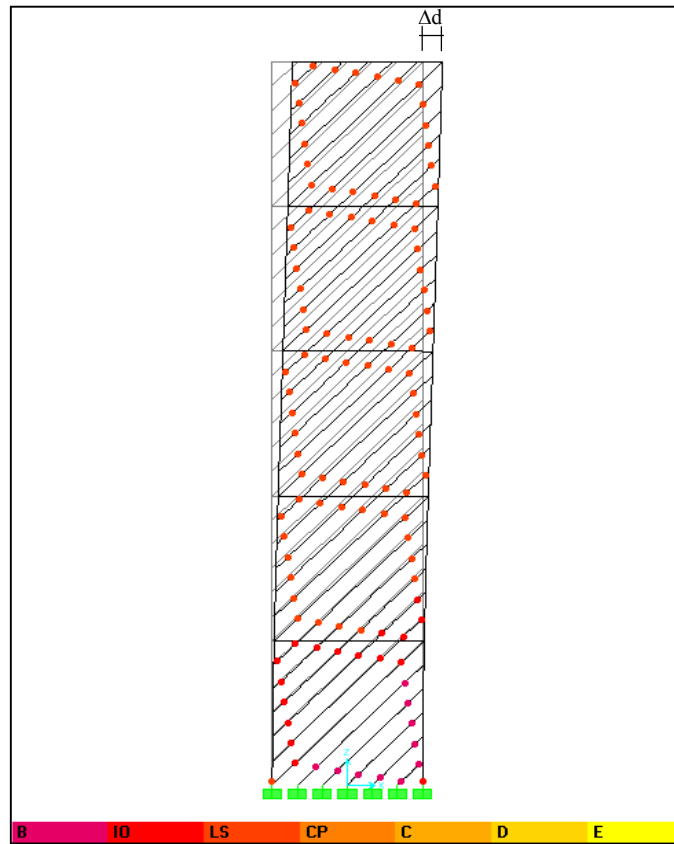
KAT DEPLASMANLARI (mm)	ÇERÇEVELER										
	FRAME plakasız	FRAME_A w=1 mm	FRAME_B w=2 mm	FRAME_C w=3 mm	FRAME_D w=4 mm	FRAME_E w=5 mm	FRAME_F w=6 mm	FRAME_G w=7 mm	FRAME_H w=8 mm	FRAME_I w=9 mm	FRAME_J w=10 mm
Kat 5	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Kat 4	124,80	126,40	134,70	132,70	130,10	127,30	124,50	121,80	119,50	117,60	116,40
Kat 3	90,61	94,00	107,10	107,30	105,30	101,90	97,24	92,38	87,85	84,46	82,16
Kat 2	51,50	53,95	64,84	67,04	67,23	65,91	62,98	59,19	54,90	51,33	48,80
Kat 1	16,18	17,00	21,32	23,11	24,00	24,28	23,72	22,89	21,61	20,35	19,16
Mesnet	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TABAN KESME KUVVETİ (kN)	453,13	695,36	1228,65	1668,27	2088,72	2489,15	2866,04	3221,48	3550,65	3800,30	3984,20

Tablo A.4 7 No'lu Dügüm Noktasındaki F_3 ve M_2 Mesnet Reaksiyonları

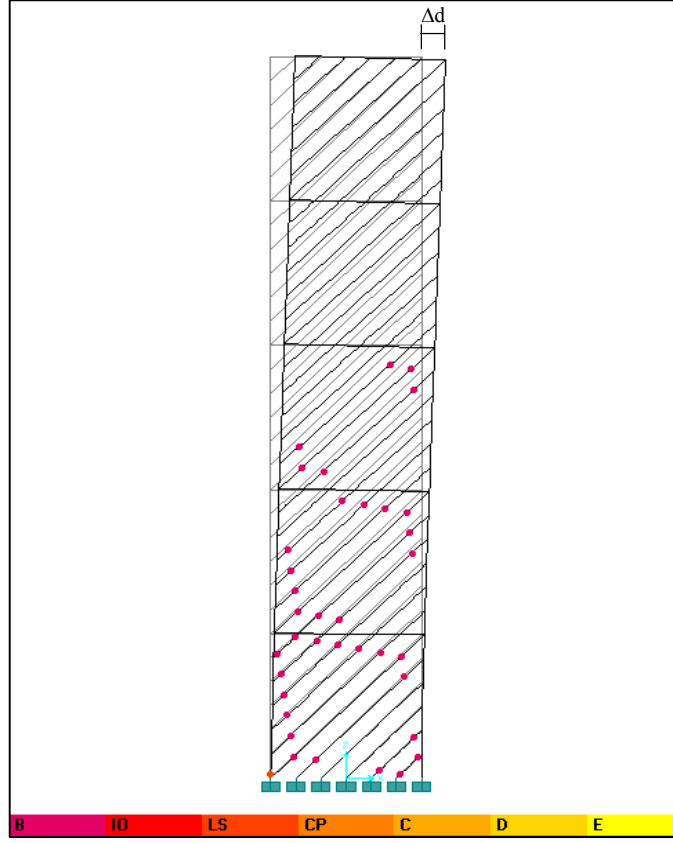
MESNET REAKSİYONLARI (kN)	ÇERÇEVELER										
	FRAME plakasız	FRAME_A w=1 mm	FRAME_B w=2 mm	FRAME_C w=3 mm	FRAME_D w=4 mm	FRAME_E w=5 mm	FRAME_F w=6 mm	FRAME_G w=7 mm	FRAME_H w=8 mm	FRAME_I w=9 mm	FRAME_J w=10 mm
F_3 (kN)	1240,73	2142,27	4304,25	6137,63	7853,56	9384,59	10843,03	12257,10	13539,39	14773,09	15478,45
M_2 (kNm)	-1510,49	-1529,43	-1503,26	-1442,34	-1411,92	-1376,11	-1287,76	-1196,25	-1121,30	-1086,56	-978,88
Kuv. Artış Oranı % :	-	72,66	100,92	42,59	27,96	19,49	15,54	13,04	10,46	9,11	4,77



Şekil A.1 “FRAME” isimli modelin itme analizi son adımdaki çerçeve ötelenmesi.



Şekil A.2 “FRAME_A” isimli modelin itme analizi son adımdaki çerçeve ötelenmesi.



Şekil A.3 “FRAME_J” isimli modelin itme analizi son adımdaki çerçeve ötelenmesi.

Şekil A.1, A.2, A.3’ teki kırmızı noktalar mafsallaşmanın oluştuğu eleman uçlarını, Δd ise tepe noktası deplasmanını göstermektedir.

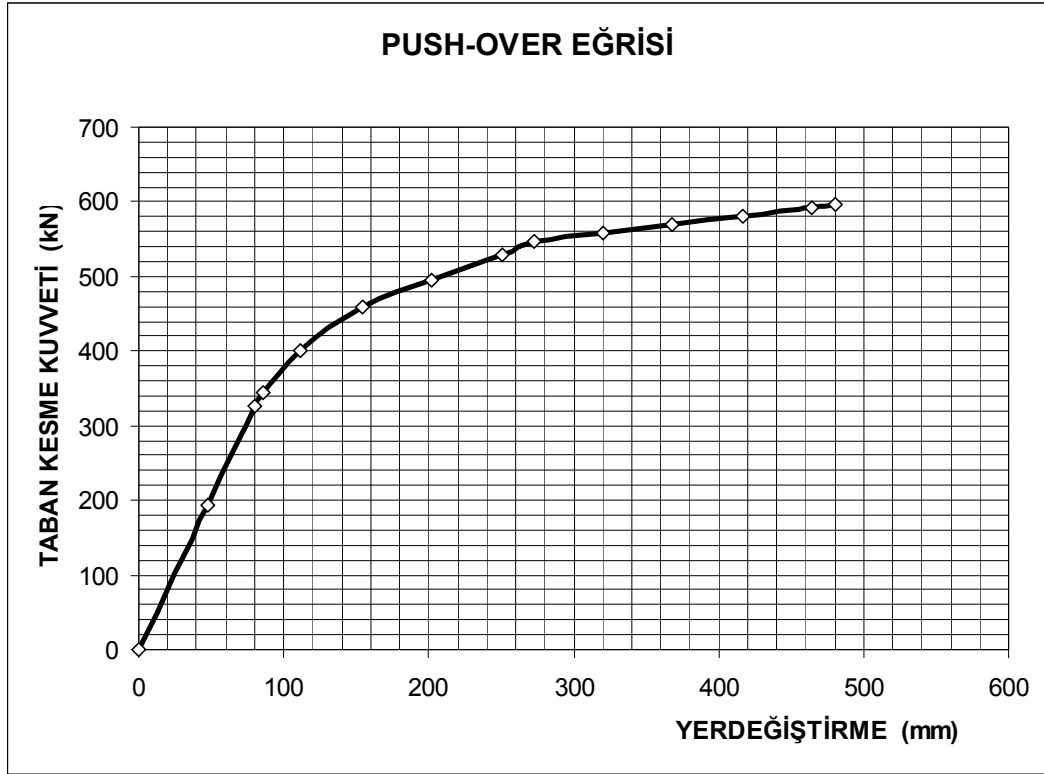
Tablo A.4.a Her Adimda Taban Kesme Kuvvetleri

Adim Sayisi	Taban Kesme Kuvveti (kN)
0	0.00
1	194.69
2	325.37
3	343.68
4	400.40
5	458.93
6	494.34
7	529.75
8	546.05
9	557.70
10	569.34
11	580.98
12	592.63
13	596.45

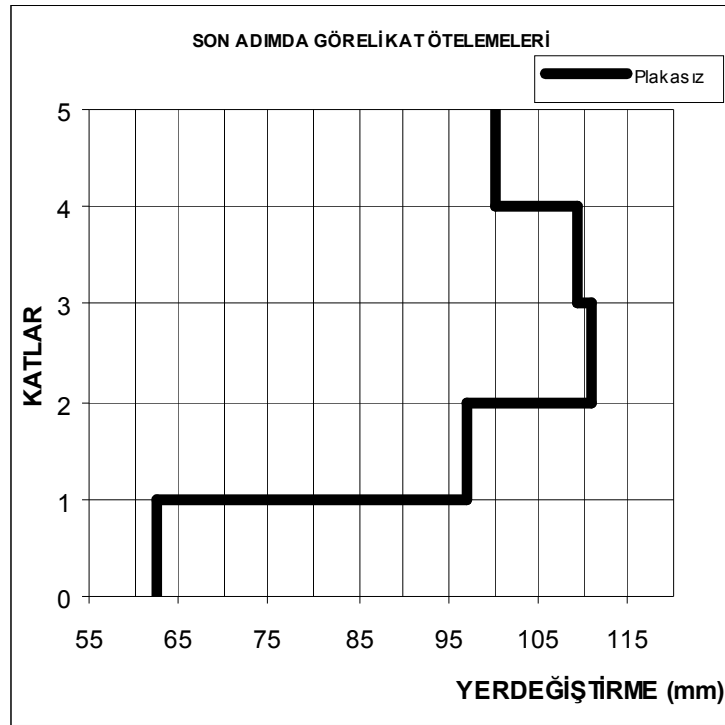
Çerçeve Adı : FRAME
Çelik Levha Kalınlığı (mm) : -
Max. Deplasman (mm) : 480
Max. Taban Kesme Kuvveti (kN) : 596.45

Tablo A.4.b Her Adimda Dügüm Noktaları X Yönü Deplasmanları (mm)

Dügüm Nok. No:	8	9	10	11	12
Adim Sayisi	K A T L A R				
	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	5.74	16.99	29.16	39.81	48.00
2	9.59	28.39	48.73	66.53	80.22
3	10.23	30.50	52.41	71.40	85.94
4	12.77	39.14	68.44	93.27	111.51
5	16.77	52.45	93.05	128.34	154.13
6	20.02	63.88	115.63	163.47	202.13
7	23.28	75.31	138.21	198.60	250.13
8	24.77	80.58	148.62	214.77	272.23
9	33.48	98.82	176.79	252.93	320.23
10	42.18	117.06	204.96	291.08	368.23
11	50.89	135.31	233.14	329.23	416.23
12	59.59	153.55	261.31	367.39	464.23
13	62.45	159.54	270.56	379.92	480.00



Şekil A.4 “FRAME” Çerçevesi Push-over Eğrisi.



Şekil A.4a “FRAME” Tepe Noktası Görelî Öteleme Grafiği.

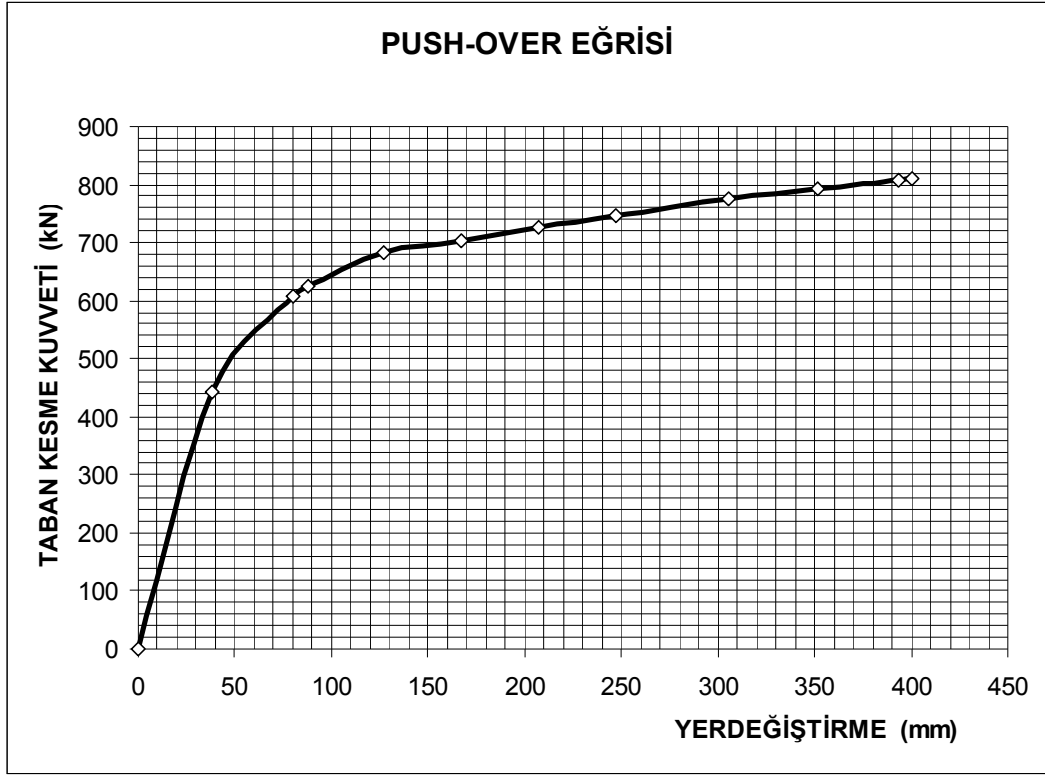
Tablo A.5.a Her Adimda Taban Kesme Kuvvetleri

Adim Sayisi	Taban Kesme Kuvveti (kN)
0	0.00
1	443.18
2	608.80
3	624.95
4	682.66
5	704.38
6	726.10
7	747.81
8	776.73
9	793.04
10	806.66
11	808.93

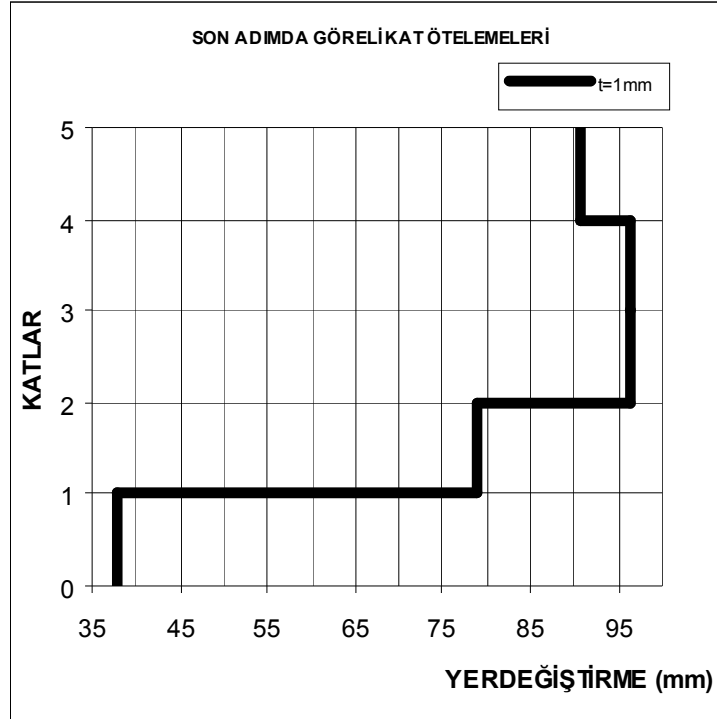
Çerçeve Adı : FRAME_A
Çelik Levha Kalınlığı (mm) : 1
Max. Deplasman (mm) : 400
Max. Taban Kesme Kuvveti (kN) : 808.93

Tablo A.5.b Her Adimda Dügüm Noktaları X Yönü Deplasmanları (mm)

Dügüm Nok. No:	8	9	10	11	12
Adim Sayisi	KATLAR				
	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	5.49	14.56	23.73	31.74	38.40
2	10.83	32.71	54.40	69.67	79.83
3	11.71	35.70	59.71	76.66	87.49
4	15.55	48.66	83.56	110.04	127.15
5	18.03	57.65	101.71	138.83	167.15
6	20.52	66.65	119.86	167.62	207.15
7	23.01	75.64	138.01	196.41	247.15
8	27.30	89.59	165.17	238.74	305.44
9	32.25	102.55	188.20	272.96	351.29
10	37.06	114.75	209.48	304.29	393.03
11	37.86	116.78	213.03	309.51	400.00



Şekil A.5 “FRAME_A” Çerçevesi Push-over Eğrisi.



Şekil A.5a “FRAME_A” Tepe Noktası Görelî Öteleme Grafiği.

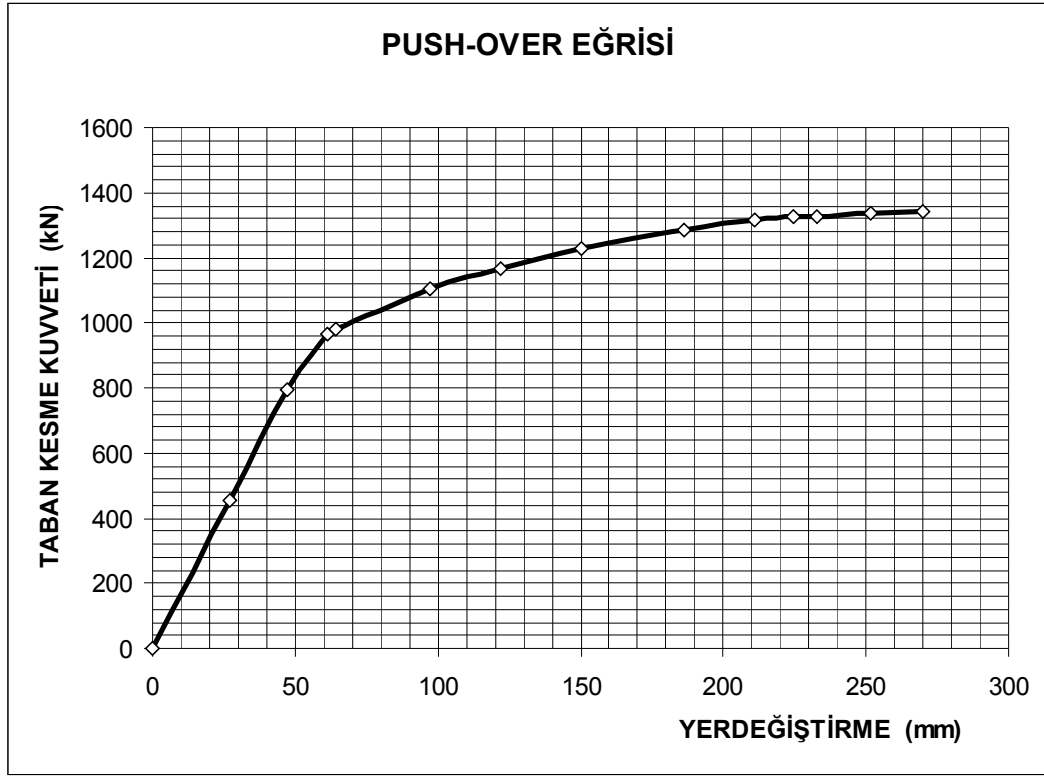
Tablo A.6.a Her Adimda Taban Kesme Kuvvetleri

Adim Sayisi	Taban Kesme Kuvveti (kN)
0	0.00
1	455.27
2	795.50
3	964.00
4	979.06
5	1102.59
6	1165.67
7	1228.32
8	1286.96
9	1314.15
10	1324.38
11	1328.58
12	1334.84
13	1340.32

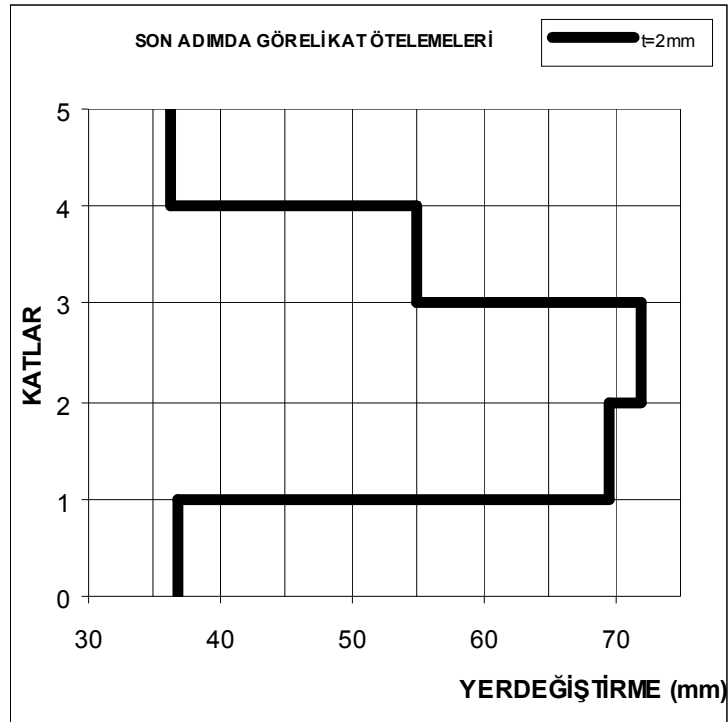
Çerçeve Adı : FRAME_B
Çelik Levha Kalınlığı (mm) : 2
Max. Deplasman (mm) : 270
Max. Taban Kesme Kuvveti (kN) : 1340.32

Tablo A.6.b Her Adimda Dügüm Noktaları X Yönü Deplasmanları (mm)

Dügüm Nok. No:	8	9	10	11	12
Adim Sayisi	K A T L A R				
	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	3.82	9.85	16.14	21.93	27.00
2	6.68	17.21	28.20	38.33	47.18
3	8.83	23.98	38.41	50.84	61.58
4	9.30	25.53	40.76	53.46	64.38
5	14.33	42.03	67.64	84.61	97.20
6	17.65	52.89	86.36	108.10	122.03
7	21.28	64.64	106.81	134.44	150.10
8	26.31	79.17	131.64	167.16	186.44
9	29.70	88.29	147.11	188.11	210.88
10	31.71	93.32	155.48	199.59	224.79
11	32.72	95.87	159.85	205.82	232.72
12	34.80	101.31	169.49	220.16	251.94
13	36.86	106.55	178.66	233.68	270.00



Şekil A.6 “FRAME_B” Çerçevesi Push-over Eğrisi.



Şekil A.6a “FRAME_B” Tepe Noktası Görelî Öteleme Grafiği.

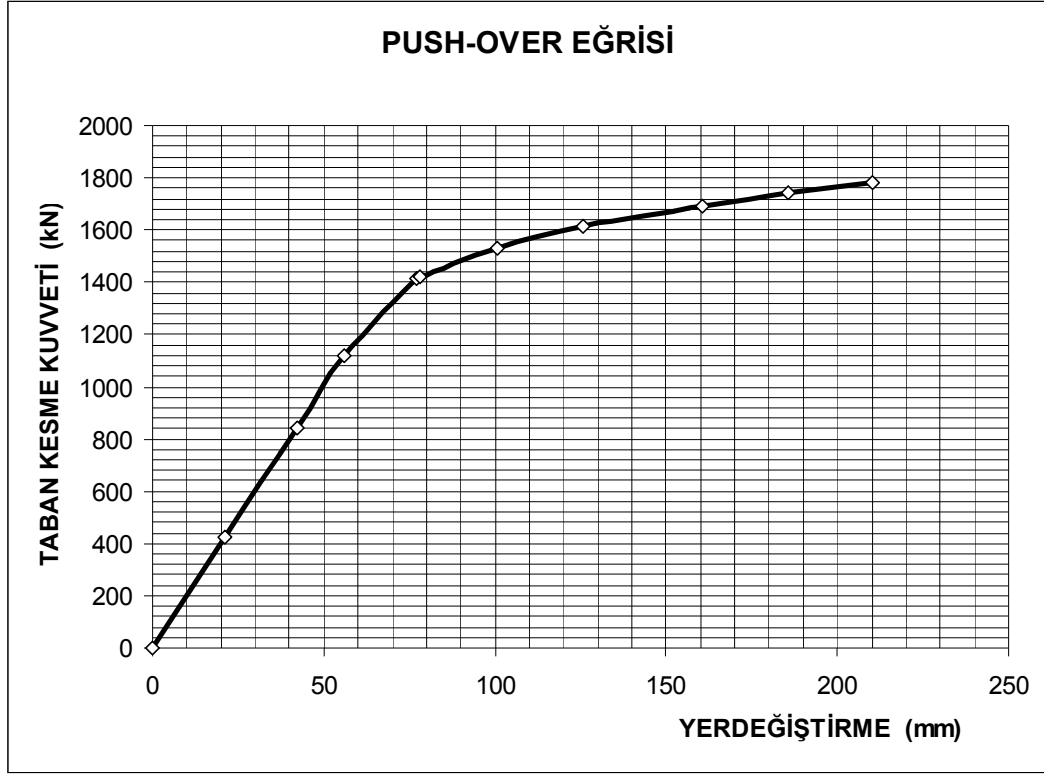
Tablo A.7.a Her Adimda Taban Kesme Kuvvetleri

Adim Sayisi	Taban Kesme Kuvveti (kN)
0	0.00
1	421.65
2	843.34
3	1120.76
4	1413.17
5	1419.29
6	1528.54
7	1611.29
8	1693.82
9	1745.62
10	1783.70

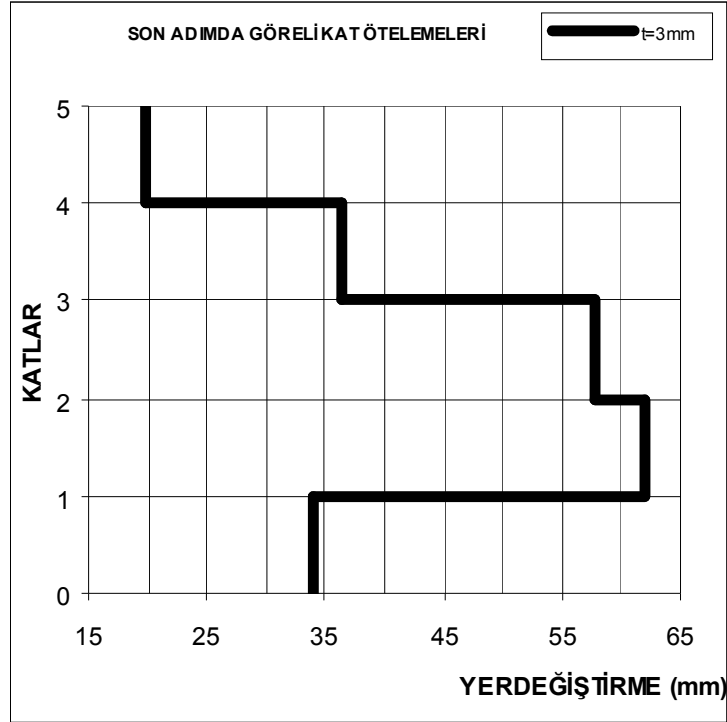
Çerçeve Adı : FRAME_C
Çelik Levha Kalınlığı (mm) : 3
Max. Deplasman (mm) : 210
Max. Taban Kesme Kuvveti (kN) : 1783.7

Tablo A.7.b Her Adimda Dügüm Noktaları X Yönü Deplasmanları (mm)

Dügüm Nok. No:	8	9	10	11	12
Adim Sayisi	K A T L A R				
	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.85	7.33	12.17	16.80	21.00
2	5.70	14.66	24.33	33.60	42.00
3	7.58	19.48	32.34	44.66	55.81
4	10.96	29.61	47.32	63.01	77.10
5	11.12	30.19	48.19	63.96	78.12
6	15.11	42.98	67.85	85.63	100.93
7	18.94	55.30	88.17	109.46	125.77
8	24.94	72.27	115.86	143.07	160.78
9	28.95	83.70	134.81	166.79	185.67
10	34.06	95.97	153.85	190.09	210.00



Şekil A.7 “FRAME_C” Çerçevesi Push-over Eğrisi.



Şekil A.7a “FRAME_C” Tepe Noktası Görelî Öteleme Grafiği.

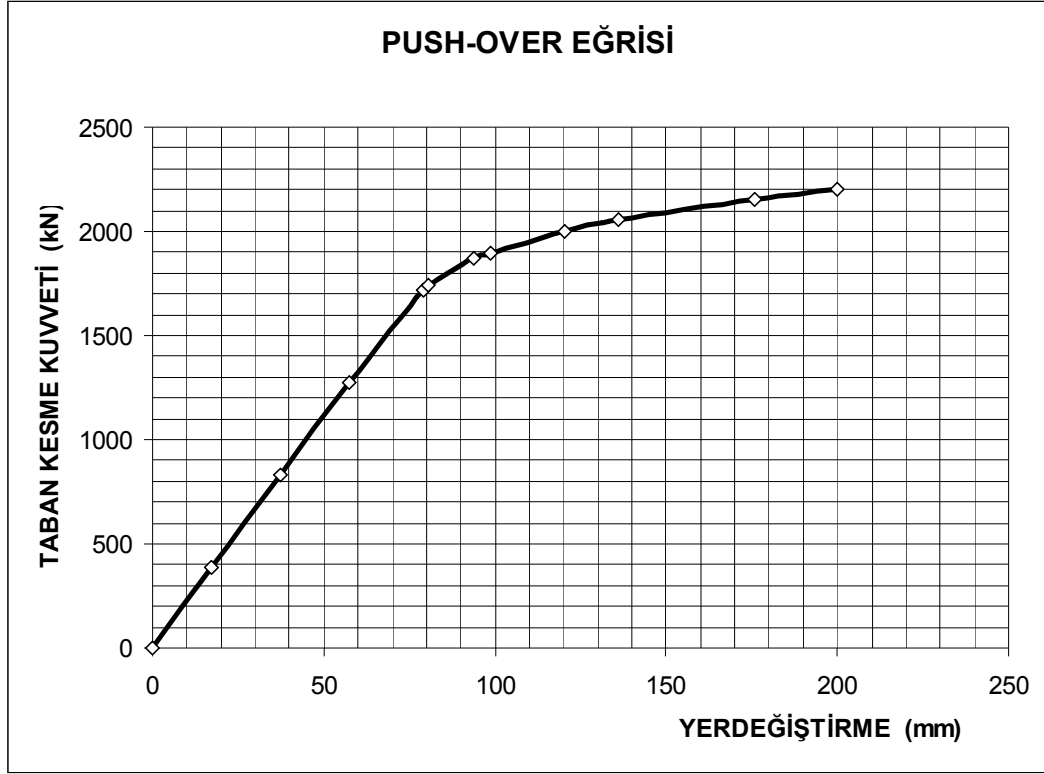
Tablo A.8.a Her Adimda Taban Kesme Kuvvetleri

Adim Sayisi	Taban Kesme Kuvveti (kN)
0	0.00
1	386.04
2	831.12
3	1276.28
4	1719.70
5	1738.14
6	1868.22
7	1896.92
8	1996.54
9	2052.78
10	2155.47
11	2204.08

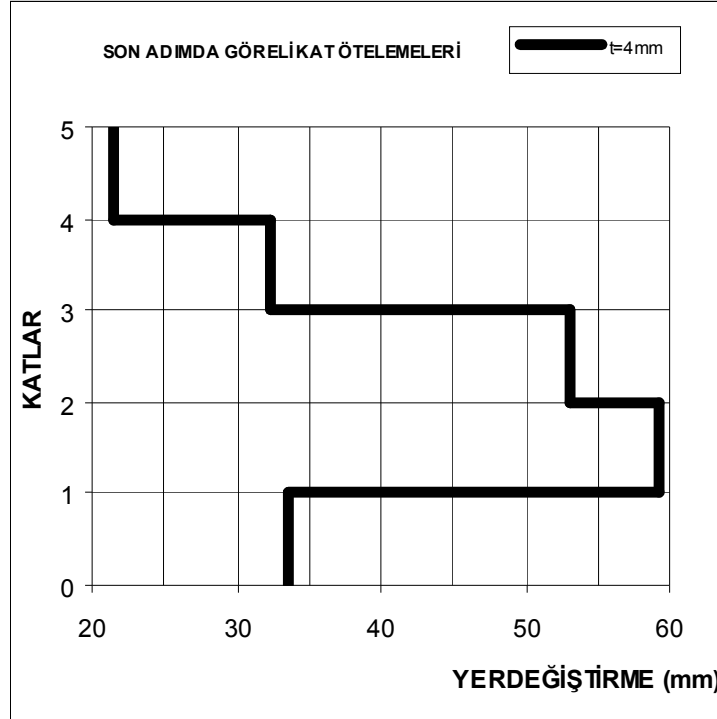
Çerçeve Adı : FRAME_D
Çelik Levha Kalınlığı (mm) : 4
Max. Deplasman (mm) : 200
Max. Taban Kesme Kuvveti (kN) : 2204.08

Tablo A.8.b Her Adimda Dügüm Noktaları X Yönü Deplasmanları (mm)

Dügüm Nok. No:	8	9	10	11	12
Adim Sayisi	K A T L A R				
	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.26	5.84	9.81	13.72	17.35
2	4.86	12.57	21.12	29.54	37.35
3	7.47	19.30	32.44	45.36	57.35
4	10.51	27.60	45.55	62.98	79.14
5	10.76	28.28	46.49	64.12	80.46
6	13.36	36.00	57.35	76.45	94.05
7	14.27	38.90	61.56	81.03	98.90
8	18.35	51.31	80.32	101.48	120.32
9	21.44	60.12	93.91	116.69	136.13
10	28.67	80.37	126.39	155.01	175.75
11	33.65	92.95	146.04	178.46	200.00



Şekil A.8 “FRAME_D” Çerçevesi Push-over Eğrisi.



Şekil A.8a “FRAME_D” Tepe Noktası Görelî Öteleme Grafiği.

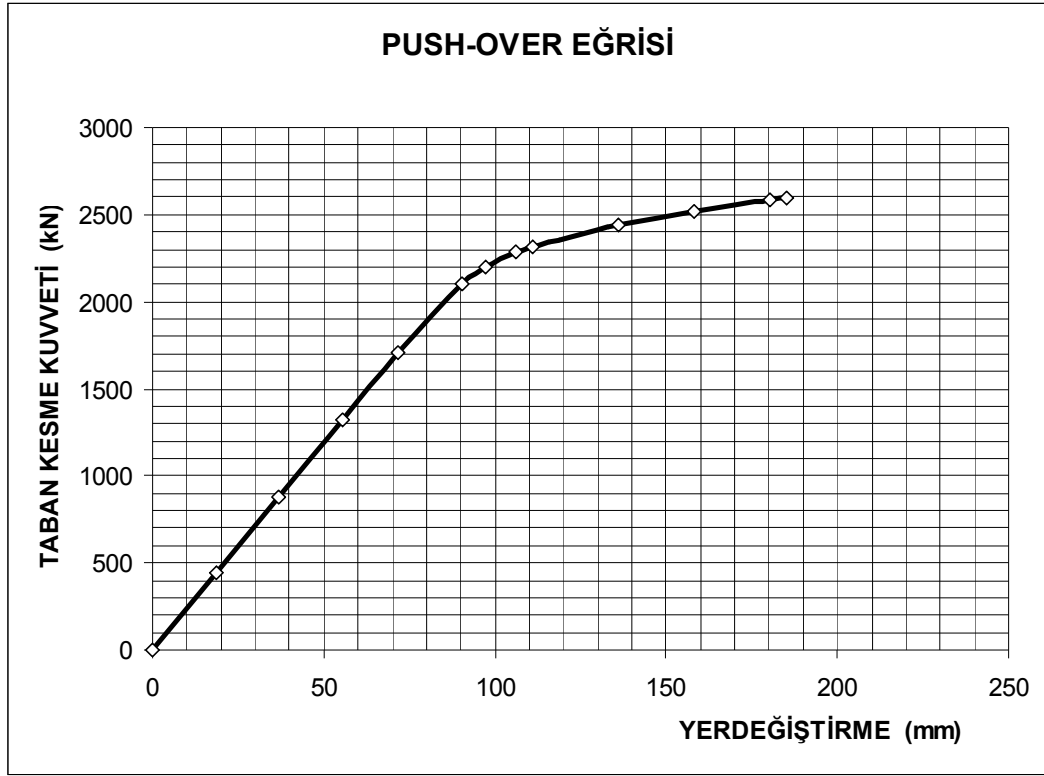
Tablo A.9.a Her Adimda Taban Kesme Kuvvetleri

Adim Sayisi	Taban Kesme Kuvveti (kN)
0	0.00
1	440.73
2	881.55
3	1322.49
4	1707.75
5	2100.26
6	2198.26
7	2285.23
8	2319.85
9	2437.88
10	2518.71
11	2581.68
12	2593.05

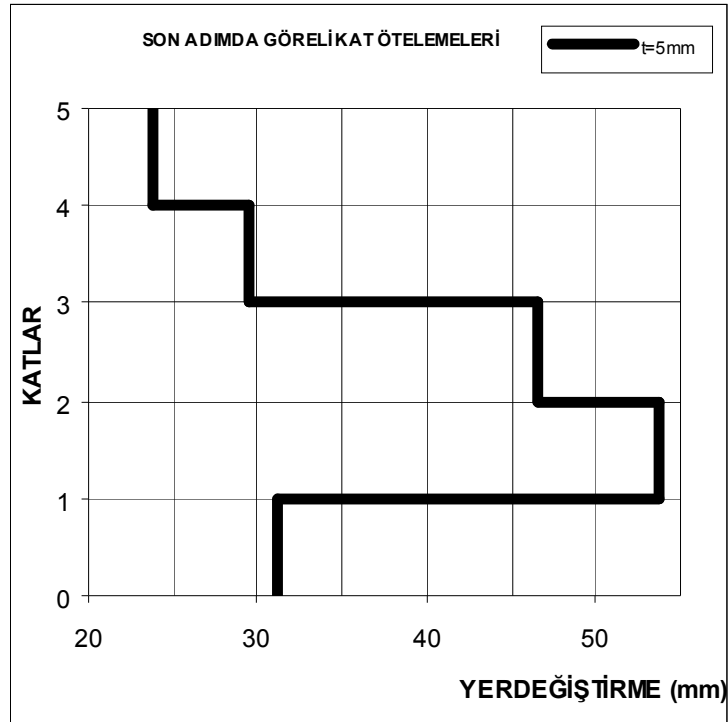
Çerçeve Adı : FRAME_E
Çelik Levha Kalınlığı (mm) : 5
Max. Deplasman (mm) : 185
Max. Taban Kesme Kuvveti (kN) : 2593.05

Tablo A.9.b Her Adimda Dügüm Noktaları X Yönü Deplasmanları (mm)

Dügüm Nok. No:	8	9	10	11	12
Adim Sayisi	K A T L A R				
	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.32	6.04	10.27	14.50	18.50
2	4.64	12.08	20.53	29.01	37.00
3	6.97	18.13	30.80	43.51	55.50
4	9.00	23.41	39.77	56.18	71.66
5	11.60	30.57	50.97	71.17	90.21
6	12.91	34.07	55.90	77.08	97.03
7	14.71	39.29	63.08	85.19	105.95
8	15.85	42.47	67.46	89.97	111.06
9	21.34	57.82	89.55	113.74	135.95
10	25.97	70.64	108.92	135.04	158.06
11	30.23	82.48	127.61	156.60	180.31
12	31.24	85.06	131.58	161.17	185.00



Şekil A.9 “FRAME_E” Çerçevesi Push-over Eğrisi.



Şekil A.9a “FRAME_E” Tepe Noktası Görelî Öteleme Grafiği.

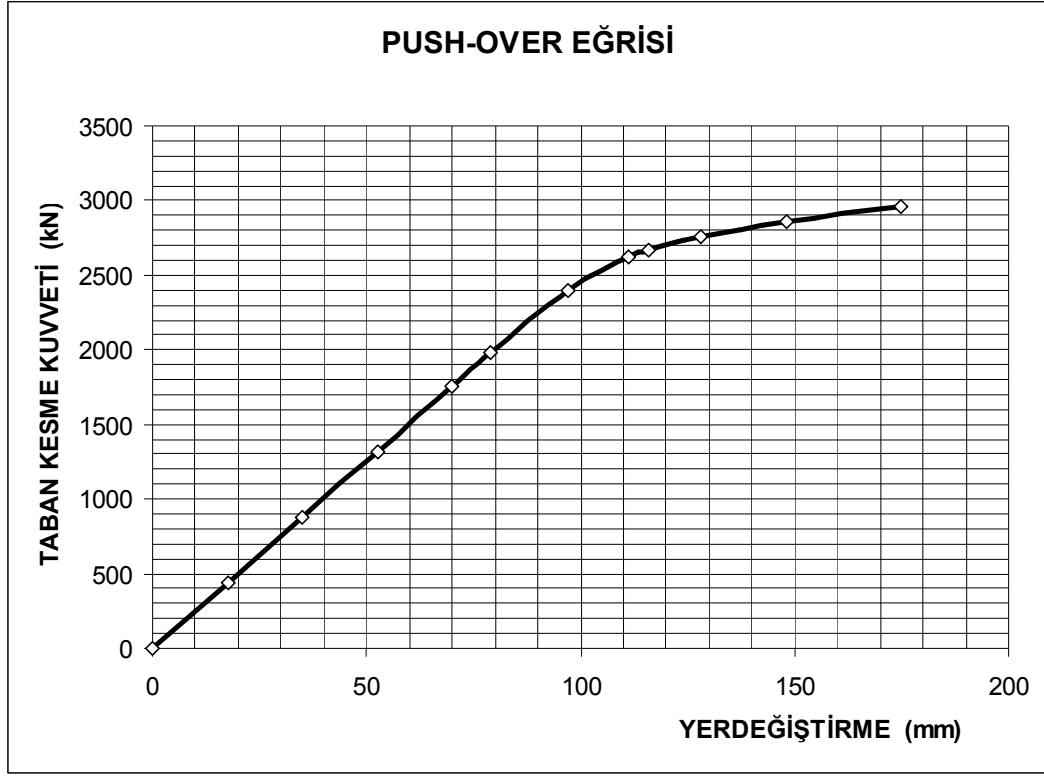
Tablo A.10.a Her Adimda Taban Kesme Kuvvetleri

Adim Sayisi	Taban Kesme Kuvveti (kN)
0	0.00
1	437.87
2	875.82
3	1313.92
4	1752.15
5	1975.69
6	2399.08
7	2617.83
8	2670.37
9	2760.15
10	2858.84
11	2962.50

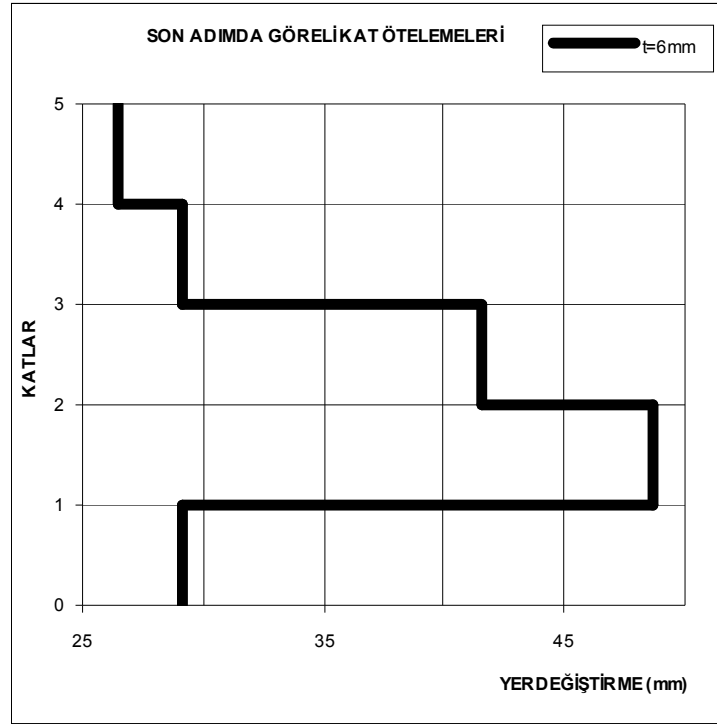
Çerçeve Adı : FRAME_F
Çelik Levha Kalınlığı (mm) : 6
Max. Deplasman (mm) : 175
Max. Taban Kesme Kuvveti (kN) : 2962.5

Tablo A.10.b Her Adimda Dügüm Noktaları X Yönü Deplasmanları (mm)

Dügüm Nok. No:	8	9	10	11	12
Adim Sayisi	K A T L A R				
	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.13	5.58	9.57	13.62	17.50
2	4.25	11.15	19.13	27.25	35.00
3	6.38	16.73	28.70	40.87	52.50
4	8.51	22.31	38.27	54.50	70.00
5	9.60	25.16	43.15	61.45	78.93
6	11.98	31.72	53.77	76.00	97.22
7	14.84	38.75	63.62	87.96	111.15
8	15.93	41.63	67.55	92.42	116.10
9	18.76	49.28	77.87	103.70	128.22
10	23.30	61.86	95.63	122.72	148.15
11	29.14	77.86	119.41	148.58	175.00



Şekil A.10 "FRAME_F" Çerçevesi Push-over Eğrisi.



Şekil A.11a "FRAME_F" Tepe Noktası Görelî Öteleme Grafiği.

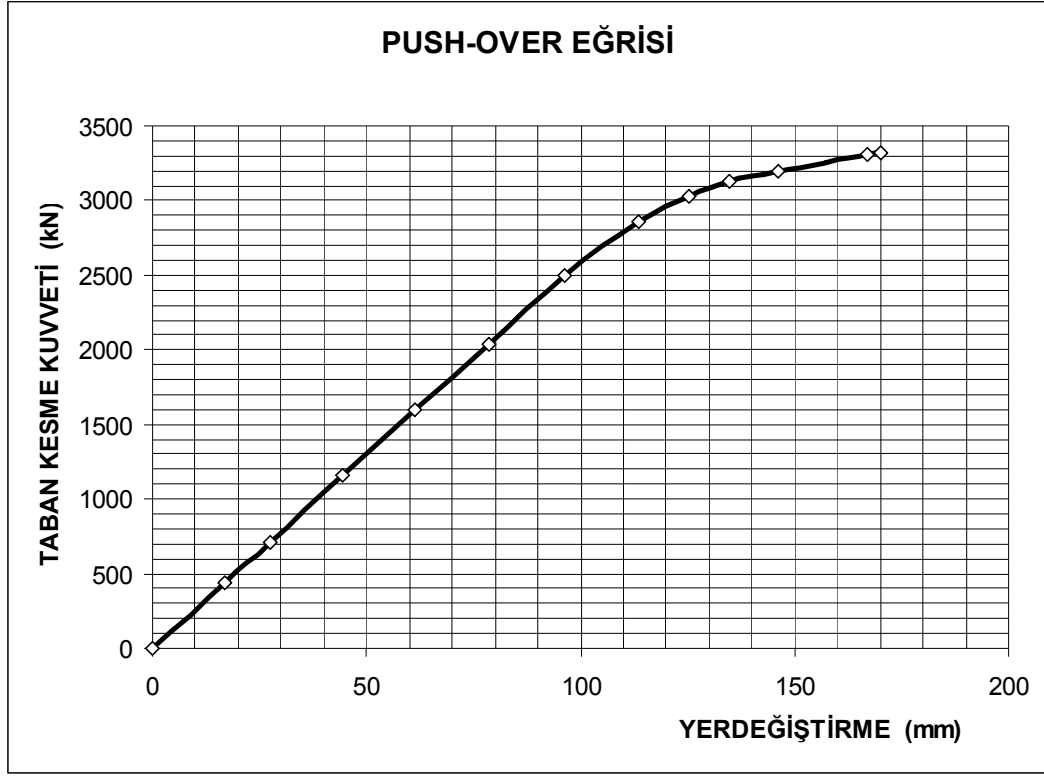
Tablo A.11.a Her Adimda Taban Kesme Kuvvetleri

Adim Sayisi	Taban Kesme Kuvveti (kN)
0	0.00
1	441.44
2	713.27
3	1154.89
4	1596.68
5	2038.63
6	2500.21
7	2861.83
8	3032.00
9	3126.84
10	3201.73
11	3306.52
12	3320.06

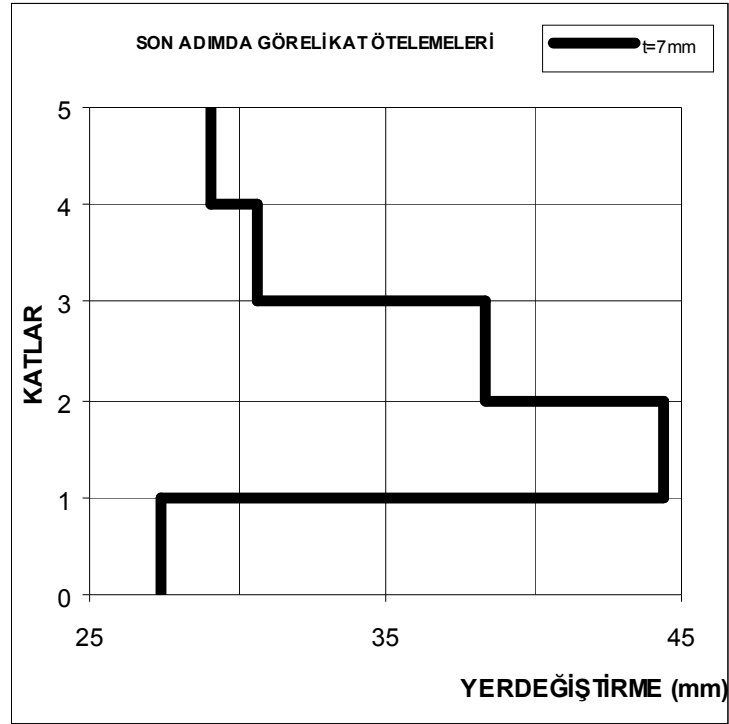
Çerçeve Adı : FRAME_G
Çelik Levha Kalınlığı (mm) : 7
Max. Deplasman (mm) : 170
Max. Taban Kesme Kuvveti (kN) : 3320.06

Tablo A.11.b Her Adimda Dügüm Noktaları X Yönü Deplasmanları (mm)

Dügüm Nok. No:	8	9	10	11	12
Adim Sayisi	K A T L A R				
	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.01	5.31	9.18	13.16	17.00
2	3.25	8.57	14.83	21.26	27.47
3	5.25	13.88	24.01	34.43	44.47
4	7.27	19.19	33.19	47.59	61.47
5	9.28	24.50	42.37	60.75	78.47
6	11.39	30.29	52.21	74.75	96.46
7	14.17	37.24	62.82	88.66	113.54
8	16.98	43.65	71.48	98.93	125.35
9	19.13	49.33	79.15	107.55	134.83
10	21.99	56.71	88.91	118.09	146.06
11	26.72	69.89	107.48	137.99	166.91
12	27.46	71.86	110.26	140.96	170.00



Şekil A.12 “FRAME_G” Çerçevesi Push-over Eğrisi.



Şekil A.12a “FRAME_G” Tepe Noktası Görelî Öteleme Grafiği.

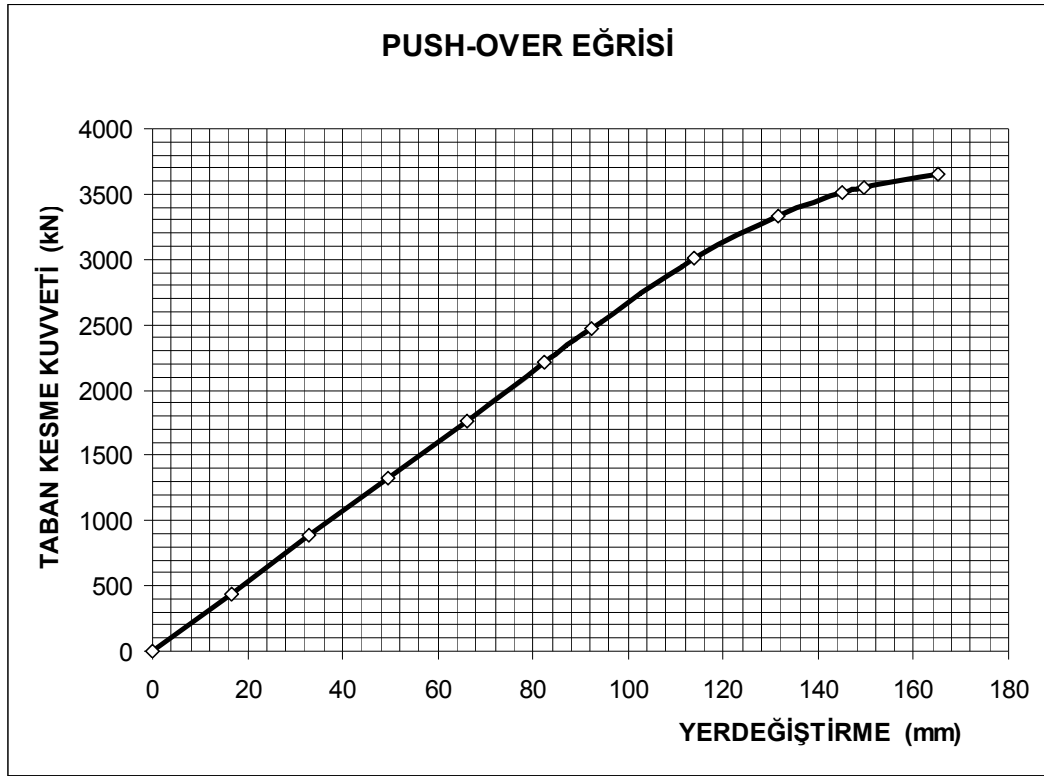
Tablo A.12.a Her Adimda Taban Kesme Kuvvetleri

Adim Sayisi	Taban Kesme Kuvveti (kN)
0	0.00
1	441.15
2	882.48
3	1323.88
4	1765.46
5	2207.20
6	2471.43
7	3003.68
8	3333.52
9	3507.41
10	3548.67
11	3650.77

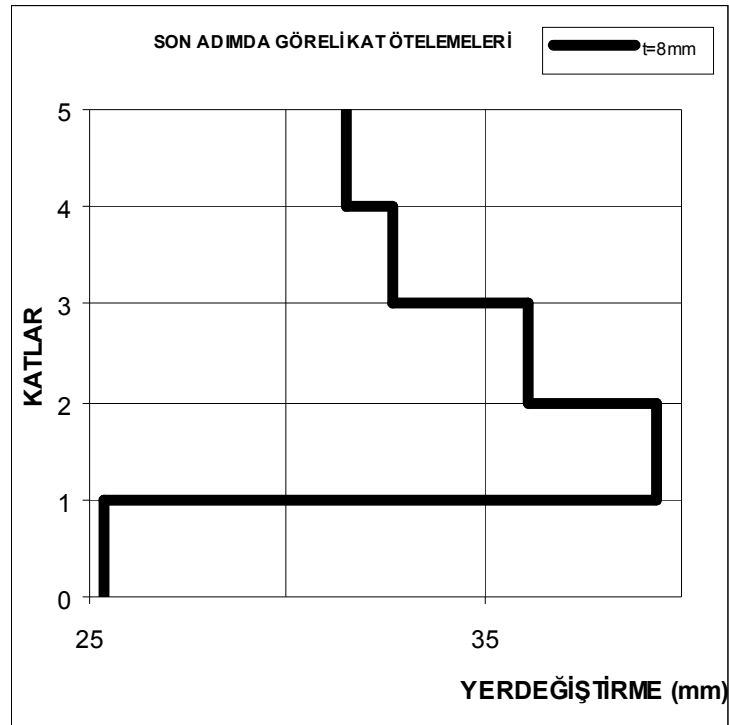
Çerçeve Adı : FRAME_H
Çelik Levha Kalınlığı (mm) : 8
Max. Deplasman (mm) : 170
Max. Taban Kesme Kuvveti (kN) : 3650.77

Tablo A.12.b Her Adimda Dügüm Noktaları X Yönü Deplasmanları (mm)

Dügüm Nok. No:	8	9	10	11	12
Adim Sayisi	K A T L A R				
	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1.90	5.06	8.82	12.71	16.50
2	3.80	10.12	17.63	25.43	33.00
3	5.71	15.19	26.45	38.15	49.50
4	7.61	20.26	35.27	50.86	66.00
5	9.52	25.32	44.10	63.58	82.50
6	10.66	28.35	49.37	71.19	92.37
7	13.62	35.98	61.73	88.27	114.03
8	17.16	44.01	73.31	102.84	131.48
9	20.33	51.63	83.52	114.68	144.87
10	21.54	54.70	87.60	119.17	149.73
11	25.40	64.74	100.85	133.51	165.00



Şekil A.13 “FRAME_H” Çerçevesi Push-over Eğrisi.



Şekil A.13a “FRAME_H” Tepe Noktası Görelî Öteleme Grafiği.

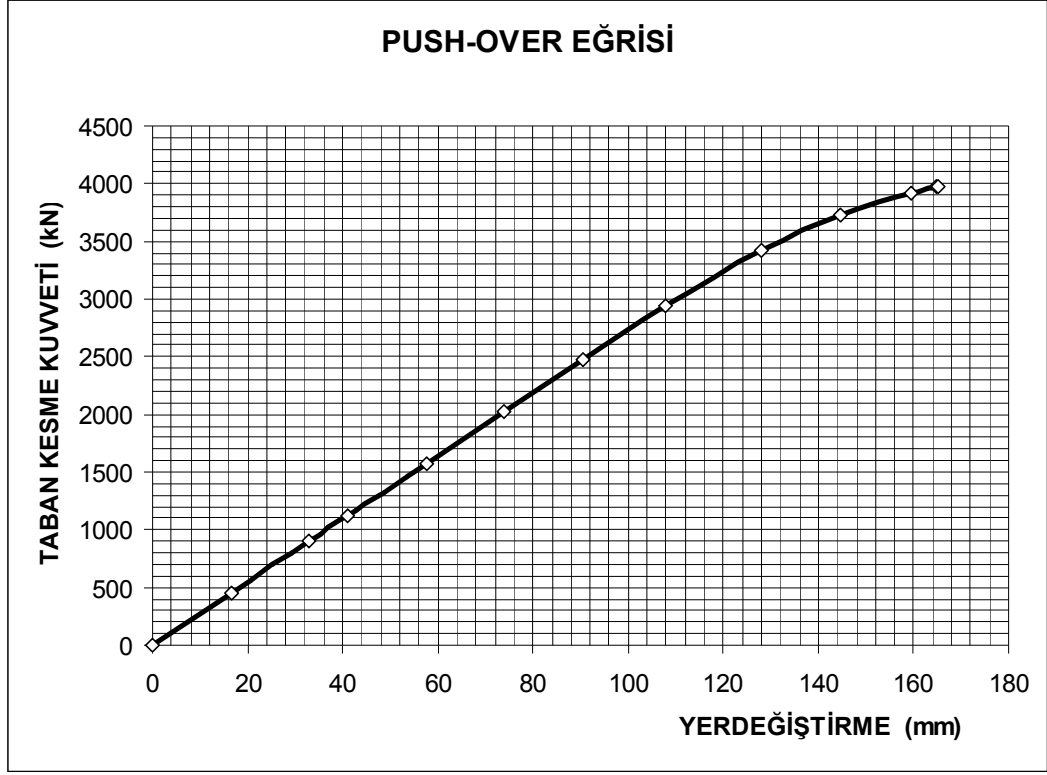
Tablo A.13.a Her Adimda Taban Kesme Kuvvetleri

Adim Sayisi	Taban Kesme Kuvveti (kN)
0	0.00
1	451.71
2	903.61
3	1121.91
4	1573.99
5	2026.23
6	2478.67
7	2943.28
8	3422.02
9	3731.03
10	3923.84
11	3969.37
12	3972.06

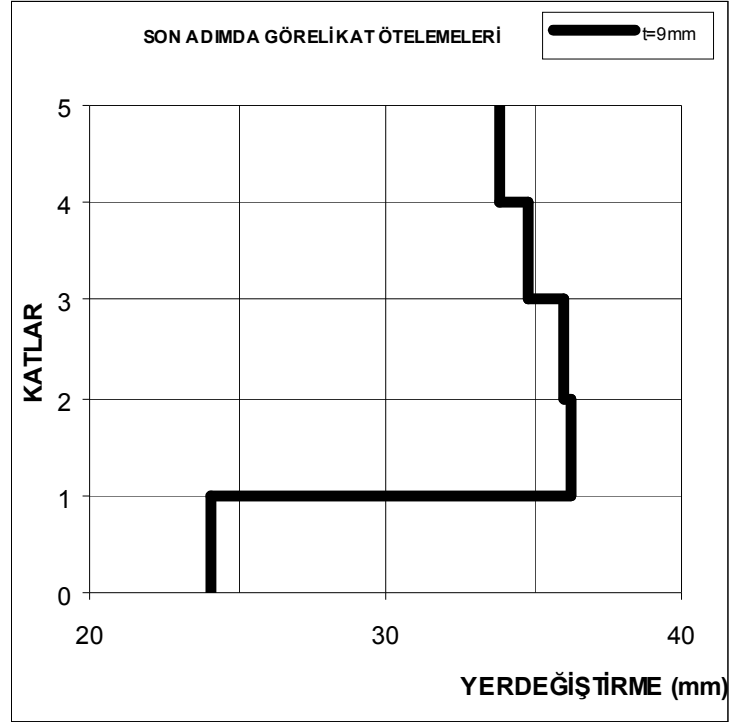
Çerçeve Adı : FRAME_I
Çelik Levha Kalınlığı (mm) : 9
Max. Deplasman (mm) : 165
Max. Taban Kesme Kuvveti (kN) : 3972.06

Tablo A.13.b Her Adimda Dügüm Noktaları X Yönü Deplasmanları (mm)

Dügüm Nok. No:	8	9	10	11	12
Adim Sayisi	K A T L A R				
	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1.86	4.99	8.74	12.67	16.50
2	3.72	9.98	17.48	25.33	33.00
3	4.62	12.38	21.70	31.45	40.97
4	6.49	17.38	30.45	44.12	57.47
5	8.35	22.37	39.19	56.78	73.97
6	10.21	27.36	47.94	69.45	90.47
7	12.21	32.77	57.21	82.76	107.71
8	15.45	40.40	69.15	98.91	127.96
9	19.02	48.26	80.37	112.89	144.61
10	22.68	56.76	91.64	125.94	159.36
11	23.97	60.06	96.03	130.80	164.63
12	24.07	60.31	96.34	131.14	165.00



Şekil A.14 “FRAME_I” Çerçevesi Push-over Eğrisi.



Şekil A.14a “FRAME_I” Tepe Noktası Görelî Öteleme Grafiği.

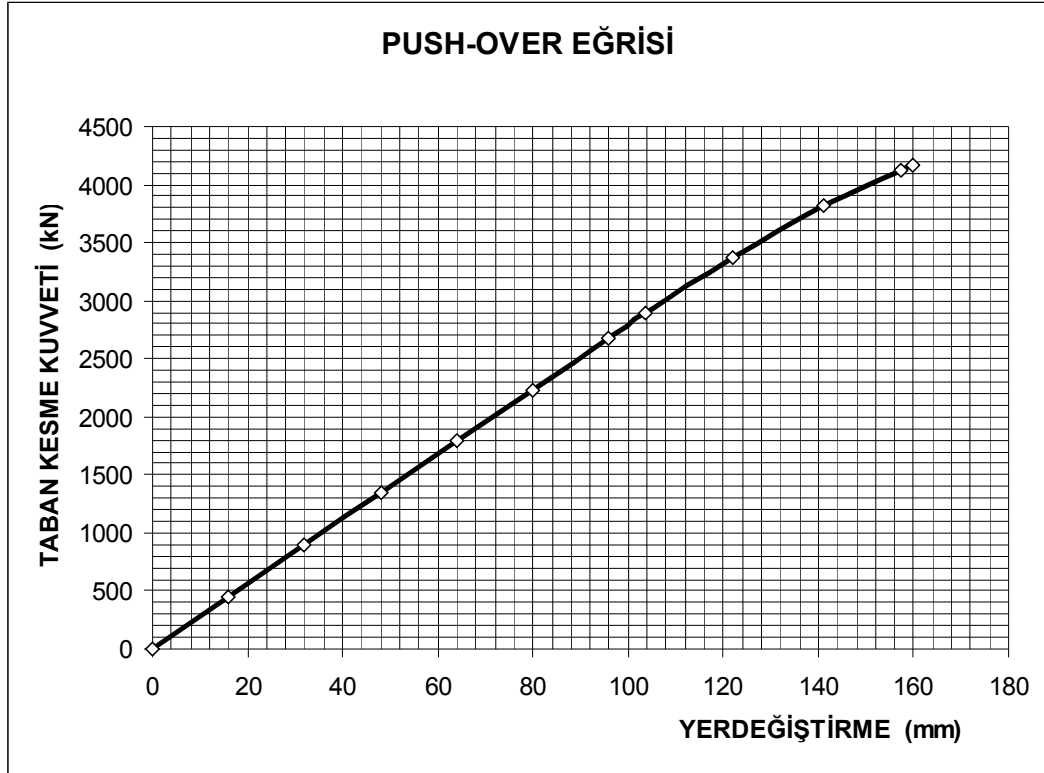
Tablo A.14.a Her Adimda Taban Kesme Kuvvetleri

Adim Sayisi	Taban Kesme Kuvveti (kN)
0	0.00
1	446.68
2	893.57
3	1340.65
4	1787.76
5	2235.07
6	2682.58
7	2899.99
8	3374.06
9	3821.50
10	4121.82
11	4163.73

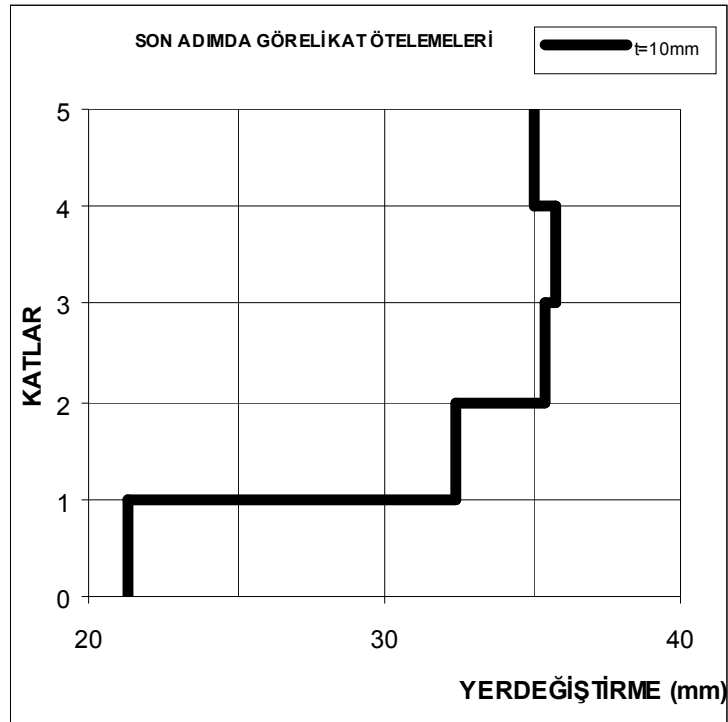
Çerçeve Adı : FRAME_J
Çelik Levha Kalınlığı (mm) : 10
Max. Deplasman (mm) : 160
Max. Taban Kesme Kuvveti (kN) : 4163.73

Tablo A.14.b Her Adimda Dügüm Noktaları X Yönü Deplasmanları (mm)

Dügüm Nok. No:	8	9	10	11	12
Adim Sayisi	K A T L A R				
	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1.77	4.77	8.41	12.24	16.00
2	3.54	9.55	16.82	24.48	32.00
3	5.31	14.32	25.24	36.72	48.00
4	7.08	19.10	33.65	48.97	64.00
5	8.85	23.88	42.07	61.21	80.00
6	10.63	28.66	50.49	73.46	96.00
7	11.49	30.98	54.57	79.40	103.77
8	14.00	37.09	64.63	93.55	121.92
9	17.32	44.70	76.26	109.06	141.23
10	20.69	52.24	87.14	122.58	157.33
11	21.31	53.67	89.07	124.89	160.00



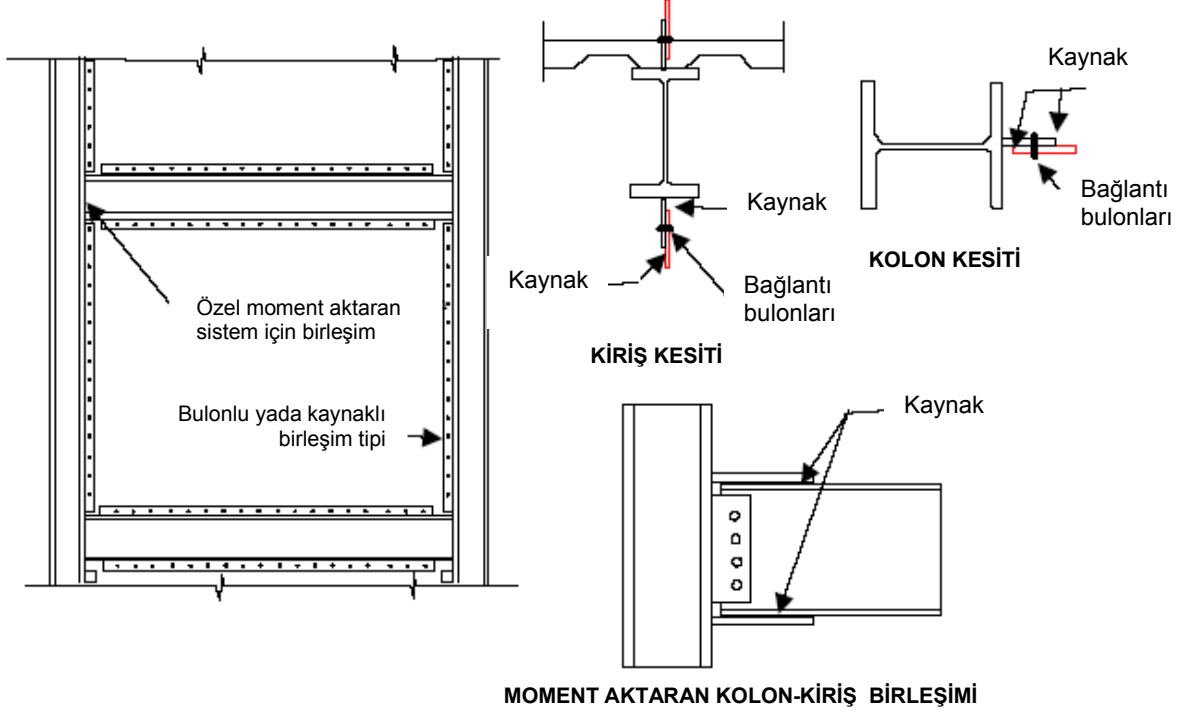
Şekil A.24 “FRAME_I” Çerçevesi Push-over Eğrisi.



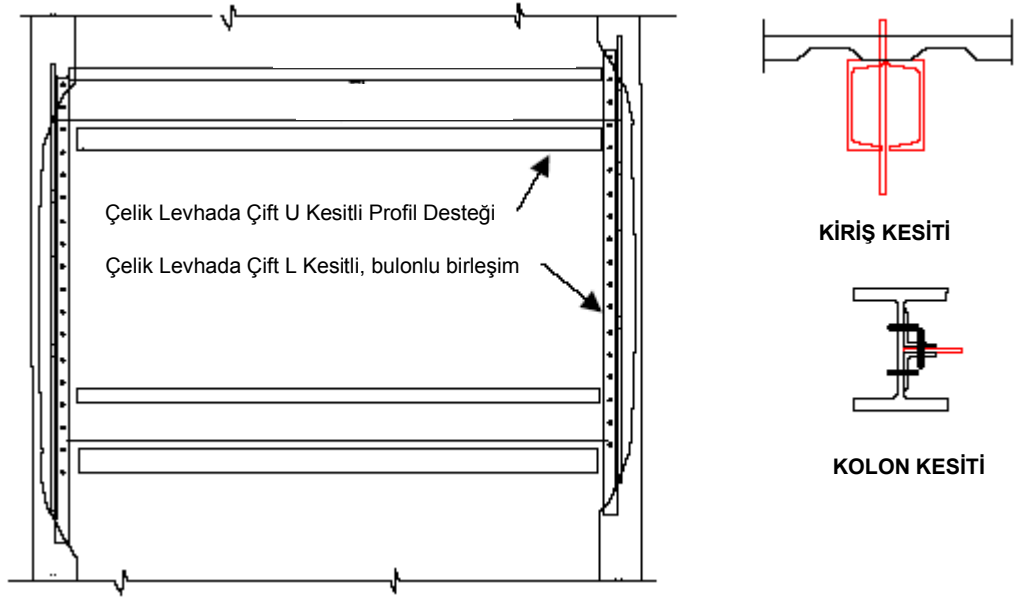
Şekil A.25 “FRAME_J” Tepe Noktası Görelî Öteleme Grafiği.

EK B.

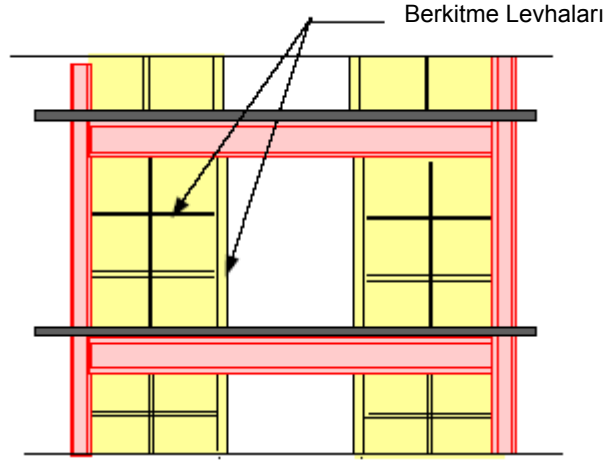
Önerilen Çelik Plakalı Perde Sistemleri ve Detayları



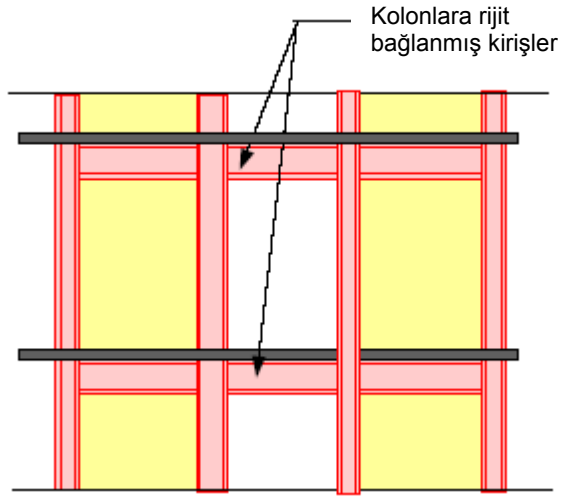
Şekil B.1 Önerilen çelik levhalı perde bağlantı şekli [1].



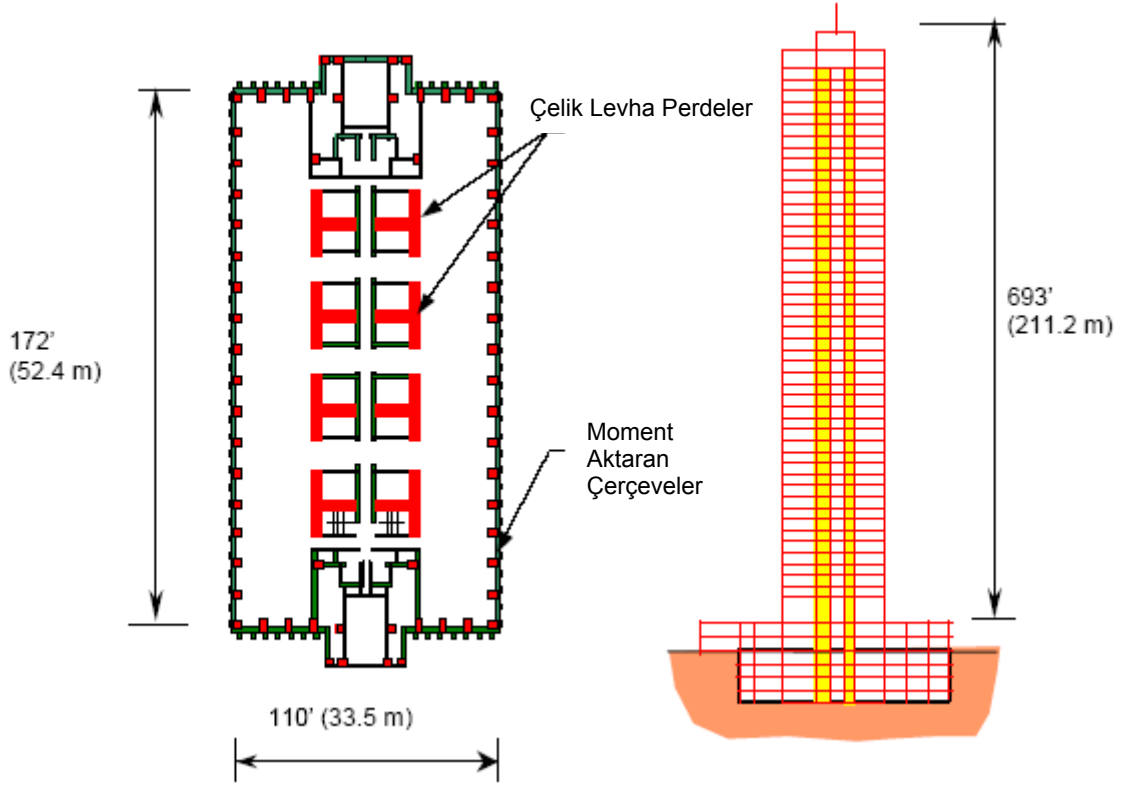
Şekil B.2 Önerilen bulonlu çelik levha perde bağlantı şekli [1].



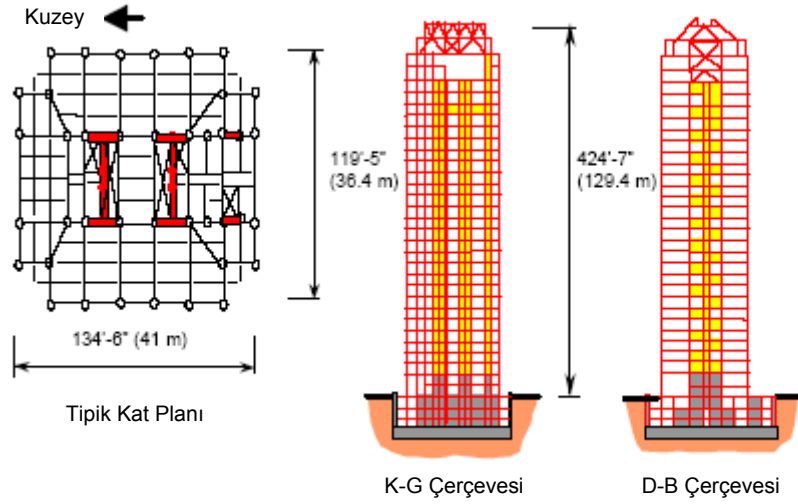
Şekil B.3 Berkitilmiş boşluklu çelik levhalı perde [1].



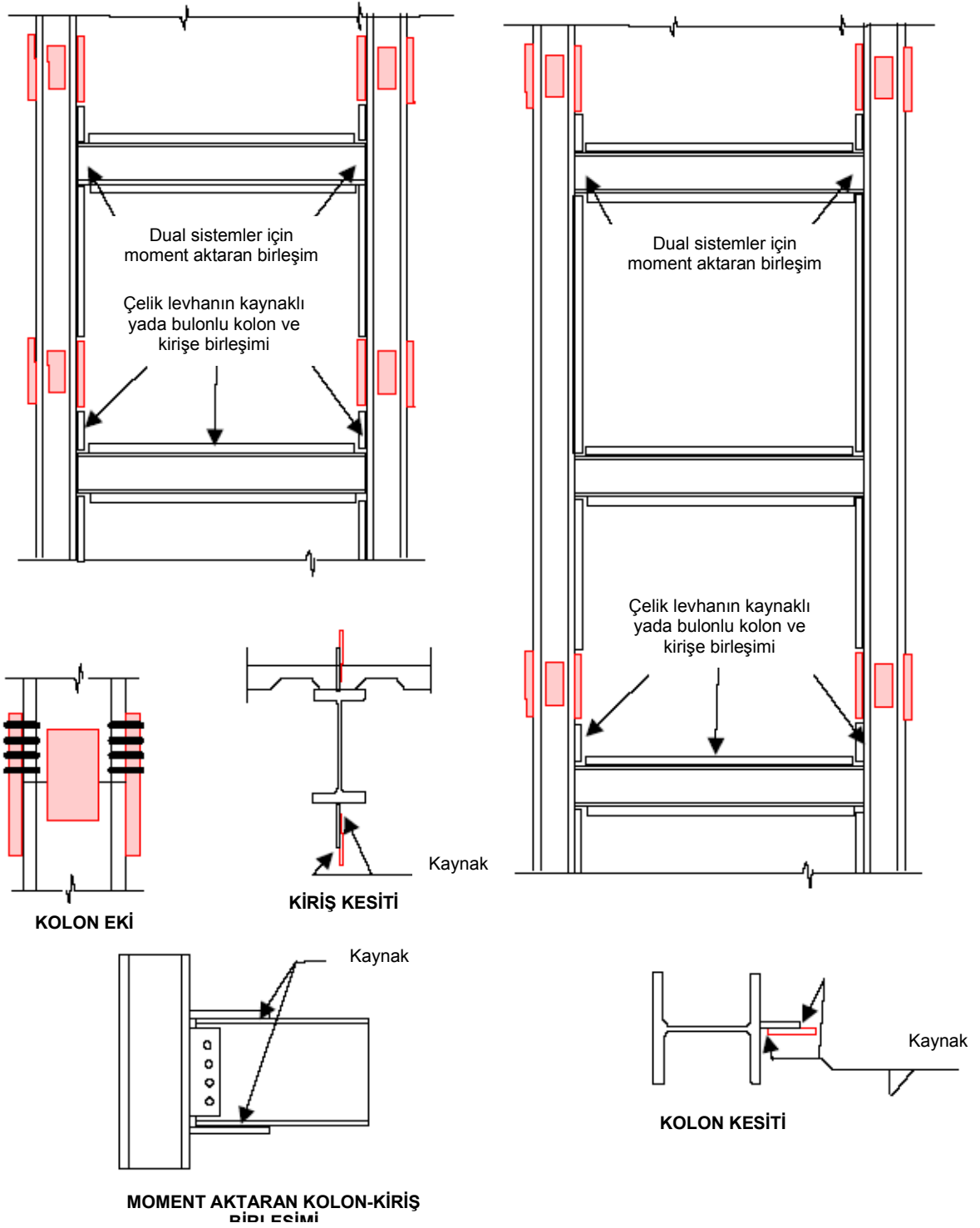
Şekil B.4 Boşluk çevresi güçlendirilmiş çelik levhalı perde [1].



Şekil B.5 Kobe'de 35 katlı şematik bina kesiti [1].



Şekil B.6 Kobe'de 35 katlı şematik bina planı [1].



Şekil B.7 Tipik kaynaklı çelik levhalı perde detayları [1].

ÖZGEÇMİŞ

Edip SEÇKİN, 1971 yılında doğmuş, ilk ve orta öğretimini İstanbul'da tamamlamıştır. 1991 yılında Trakya Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu İnşaat Bölümünden mezun olmuştur. 1997 yılında askerlik görevini Çanakkale'de tamamlamıştır. 1998 yılında İstanbul Kültür Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne dikey geçiş yapmış ve 2002 yılında bölüm birincisi olarak mezun olmuştur.