

## YATAY YÜK TAŞIYICI SİSTEM ALTERNATİFİ OLARAK “ENERJİ SÖNÜMLEYİCİ ÇELİK PANEL PERDELER”: SÜNEKLİK DÜZEYİ YETERSİZ BİR BETONARME BİNADA GÜÇLENDİRME UYGULAMASI

A. C. Özgeldi<sup>1</sup>, Y. Arslan<sup>1</sup>, Y. Z. Gündoğdu<sup>1</sup> ve M. Erdik<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İnşaat Yük. Müh, Miyamoto International, İstanbul

<sup>2</sup> Prof. Emeritus Dr. Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul  
Email: istanbul@miyamotointernational.com

### ÖZET:

Türkiye’de 90’lı yıllardan önce yapılan betonarme yapıların büyük bir çoğunluğu özellikle taşıyıcı sistem kusurlarından, uygun olmayan donatı detaylarından ve plastik mafsallarda sargı donatısının bulunmamasından dolayı sünek olmayan hasar şekillerine sahiptir. Bu zayıflıklar taşıyıcı sistemin genel davranışını etkilemektedir ve büyük bir deprem sonrasında sonuçlar genellikle yıkıcı olmaktadır.

Çelik Panel Perdeler (ÇPP), özellikle A.B.D, Kanada ve Japonya’da uzun yıllardır pratikte uygulanmakta ve bu ülkelerin tasarım yönetmeliklerinde yer almaktadırlar. Bu çalışmada ÇPP, tasarım kriterleri, perde panel çeşitleri ve analiz yöntemleri açısından değerlendirilmektedir. Ayrıca, ÇPP kullanılan bir güçlendirme tasarımından elde edilen sonuçlar paylaşılmaktadır.

Çalışma konusu bina üç katlı olup süneklik düzeyi yetersiz düz döşemeden oluşmaktadır. ÇPP, mevcut taşıyıcı sisteme ilave rijitlik, dayanım ve süneklik artışı sağlamaktadır. Ayrıca, doğrusal olmayan statik itme analizi yönteminin ÇPP sistemlerin tasarımında oldukça etkili ve verimli olduğu görülmüştür.

Çelik panel perdelerin, güçlendirme uygulamalarında popüler olarak kullanılan geleneksel yöntemlere ve ülkemizde henüz yaygınlaşmaya başlayan pasif enerji sönmüleyici kontrol elemanlarına iyi bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Çelik Panel Perdeler, Güçlendirme, Pasif Enerji Sönümlenme, Doğrusal Elastik Olmayan Statik İtme Analizi

## AS AN ALTERNATIVE LATERAL LOAD RESISTING SYSTEM “STEEL PLATE SHEAR WALLS: RETROFIT APPLICATION TO A NON-DUCTILE REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

### ABSTRACT:

In Turkey, majority of pre-90’s reinforced concrete structures have non- ductile failure modes primarily due to inadequacy of the structural system, poor detailing and lack of confinement reinforcement in plastic hinge zones. These deficiencies have significant influence on the behavior of the structural system and a major earthquake results in a catastrophic failure for such structures.

Steel Plate Shear Walls (SPSW) have been appearing in the design codes and also have been used in practice for many years especially in U.S.A, Canada and Japan. In this study, SPSW’s are evaluated in terms of design criteria, wall types and analysis procedures. Furthermore results obtained from a retrofit design that employs SPSW are presented in this article.

The building has three stories and consists of non-ductile reinforced concrete slab-column moment frames. SPSW provide additional rigidity, strength and ductility to existing structural system. Besides, nonlinear static pushover analysis is found to be a quite efficient analysis procedure for the design of SPSW systems.

It is considered that SPSW can be a good alternative in retrofit applications to popular traditional methods and passive energy dissipating control devices that are recently gaining popularity in Turkey.

**KEYWORDS:** Steel Plate Shear Walls, Retrofit, Passive Energy Dissipation, Pushover Analysis

## 1. GİRİŞ

Bu bildirinin amacı, 1975 deprem yönetmeliğine göre tasarlanmış kirişsiz döşemeli ve endüstriyel tesis olarak kullanılan bir yapının Çelik Panel Perdeler (ÇPP) ile güçlendirme tasarımının incelenmesidir. Bina birbirine benzer özelliklerde altı bloktan oluşmaktadır ve bloklar üzerinde yürütülen yapısal analizler yakın sonuçlar vermektedir. Bu nedenle çalışmada sadece bloklardan birine ait değerlendirme ve güçlendirme tasarımı sonuçları sunulmaktadır.

Binanın güçlendirme yöntemine, Miyamoto International tarafından hazırlanan fizibilite çalışması neticesinde işveren ile birlikte karar verilmiştir. Söz konusu fizibilite çalışması kapsamında, incelenen binanın beş farklı alternatif güçlendirme yöntemi ile güçlendirilmesi durumu için (Sismik İzolasyon, Viskoz Sönümleyiciler, Dıştan Kule Tipi Viskoz Sönümleyiciler, Burkulması Önlenmiş Çelik Çaprazlar, Çelik Panel Perdeler) hedef deprem performansı, yapım yöntemi, toplam maliyet ve süre gibi farklı kriterlere göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda Çelik Panel Perdeler ile tasarım deprem seviyesi (50 yılda %10 aşılma olasılığı) için “Göçmenin Önlenmesi” performans seviyesini sağlayacak güçlendirme yöntemi seçilmiştir. İşletme faaliyetleri ve yapıda müdahale edilebilecek sınırlı alan olması sebebiyle yapı performansının oluşabilecek maksimum deprem seviyesine (50 yılda %2 aşılma olasılığı) göre de değerlendirilmesi göz ardı edilmiştir.

## 2. MEVCUT YAPI HAKKINDA BİLGİLER

### 2.1 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Çalışma konusu bina 1975 deprem yönetmeliğine göre tasarlanmış olup taşıyıcı sistemi kirişsiz düz döşeme olarak teşkil edilmiştir. Bina, inşaat derzleri ile birbirinden ayrılmış dört katlı ve taşıyıcı sistem düzensizliği bulunmayan 6 bloktan oluşmaktadır. Kat alanı yaklaşık 9000 m<sup>2</sup> olmak üzere toplam inşaat alanı 32000 m<sup>2</sup>'dir.

Binanın taşıyıcı sistem aksları her iki doğrultuda eşit aralıkları olacak şekilde düzenlenmiş olup, aks aralıkları 4.80m'dir. Kirişsiz düz döşemelerin kalınlığı 25cm dir. Binanın 1.katı kirişli döşemelerden meydana gelmektedir ve döşeme kalınlığı 15cm, kiriş boyutları ise 20/50cm ve 35/80cm'dir. Binanın kolon boyutları bodrum katta yaklaşık 60/60cm, zemin katta 50/50cm ve 40/40cm, 1.normal normal katta ise 30/30cm'dir.

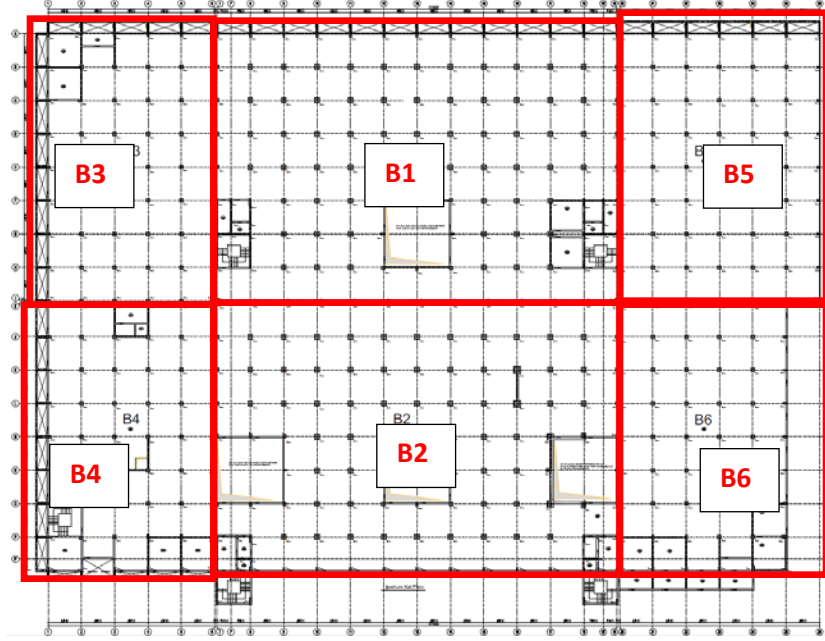
Yapının temel sistemi betonarme kazıklı temellerden meydana gelmektedir. Kazık çapları 65cm olup 10m uzunluktadırlar. Binanın kolonları iç bloklarda 2.5mx2.5m, kenar bloklarda ise 1.5mx2.5m tekil temellere oturmaktadır. Bu tekil temeller 2 ve 3'lü kazık gruplarına kazık başlığı olarak düzenlenmiştir. Tekil temeller arasında 30x40cm boyutlarında her iki doğrultuda bağ kirişleri bulunmaktadır. Kazıklı temeller “Bakırköy Formasyonu” olarak anılan kireç taşı ara bantlı, Siltli Kil tabakalar içerisinde yer almaktadır.

Binanın güncel servis yüklerinin tespiti amacıyla yük rölövesi hazırlanmıştır. Buna göre döşeme üstü beton kaplama kalınlığının yaklaşık 17cm olduğu görülmüştür. Ayrıca, zamanla işletme faaliyetlerindeki artış sebebiyle hareketli yüklerin oldukça fazla olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 1. kat yükleri yaklaşık 500-800 kg/m<sup>2</sup> düzeyindedir.

### 2.2 Malzeme Özellikleri ve Yapısal Eleman Detayları

Binanın malzeme kalitesi ve donatı içeriğinin belirlenmesi amacıyla, tahribatlı (karot ve sıyırma ) ve tahribatsız yöntemler (donatı taraması) ile gerçekleştirilen saha çalışmaları sonucunda beton dayanımı 25MPa, yatay ve düşey donatı kalitesi ise S220 olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmanın sonucuna göre kolonlarda boy donatı

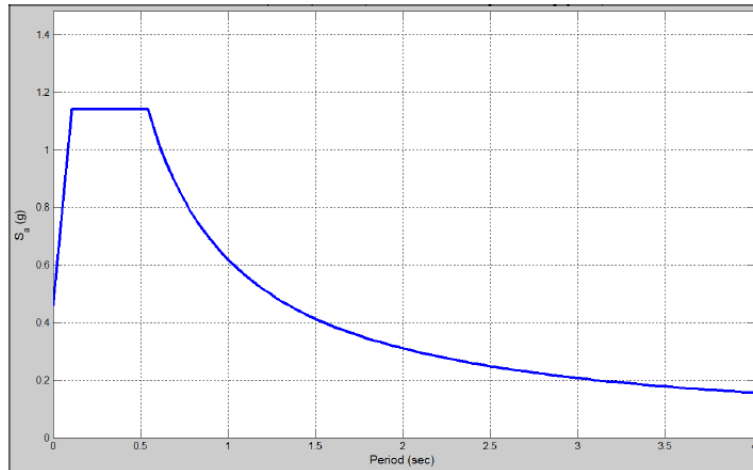
oranının ortalama %0.8, etriye çapının 8mm ve aralığının ise 200mm olduğu görülmüştür. Enine donatıların oranı ve detaylarından dolayı sargı donatısı özelliklerini sağlamamaktadırlar. Kolonların boy donatılarında bindirme boyu yetersizliği tespit edilmemiştir. Düz döşemelerde mesnet bölgelerinde kolon içerisinde ve döşeme alt yüzünde kullanılan süreklilik donatılarının genel olarak kullanılmadığı görülmüştür.



Şekil 1. Tipik kat planı

### 3. DEPREM TEHLİKE ANALİZİ VE TASARIM SPEKTRUMUNUN BELİRLNEMESİ

Çalışma konusu binanın deprem tehlike analizleri ve tasarım spektrumunun belirlenmesi Prof.Dr. Mustafa Erdik ve Dr. Ebru Harmandar tarafından gerçekleştirilmiştir. İncelenen sahanın zemin durumu için 15m derinlikte 4 adet sondaj yapılmıştır. Ayrıca, iki ayrı sismik profil uygulamasında yüzey dalgası analiz yöntemi ve sismik kırılma yöntemi kullanılarak  $V_{s30}$  hızları belirlenmiştir. Buna göre zemin ortamı DBYBHY 2007 şartnamesine göre Z3, NEHRP-C zemin sınıfındadır. Ayrıca incelenen yapının, Ana Marmara Fayına mesafesi 13km'dir. Tasarım spektrumu aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 2. Tasarım Depremi Spektrumu (Erdik ve Harmandar, 2016)

**4. Uluslararası Deprem Mühendisliđi ve Sismoloji Konferansı**  
**11-13 Ekim 2017 – ANADOLU ÜNİVERSİTESİ – ESKİŞEHİR**



Tablo 1. Tasarım Depremi Spektrumu Spektral İvme Değerleri

Yere-Özgülü Tasarım bazlı deprem spektral ivme parametreleri (GeoMean)			
%20 Tablo 2 + %30 Tablo 3 + %50 Tablo 4), NEHRP B/C sınırı, GeoMean, Yakın Fay Etkisi	72 yıl	475yıl	2475 yıl
Ss=SA (0.2s)	0.50g	1.14g	1.98g
S1=SA (1s)	0.20g	0.62g	1.03g

#### 4. MEVCUT YAPI PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

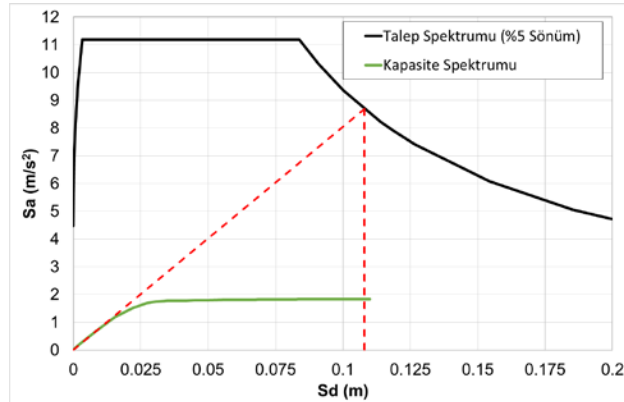
##### 4.1 Analitik Model Özellikleri

Mevcut yapı performansının belirlenmesinde ana rehber olarak ASCE41-13 seçilmiş ve yönetmelikte tavsiye ve yönergeler takip edilmiştir. İncelenen yapının analitik modeli SAP2000 yazılımı ile oluşturulmuştur.

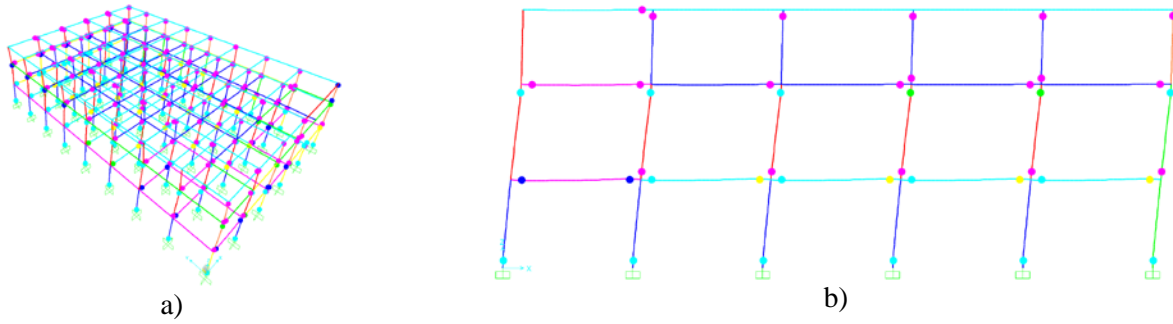
Bloklar arasındaki etkileşim ihmal edilerek, her blok bağımsız bir yapı olarak modellenmiştir. Kirişsiz döşemelerin modellenmesinde eşdeğer kiriş yöntemi kullanılmıştır (ASCE41-13 10.4.4.2). Döşemelerin mesnet bölgesindeki donatı içeriği saha çalışmaları kapsamında belirlenememiş olup, 1.4G+1.6Q yüklemesi altında meydana gelen kesit tesirlerini sağlayacak kadar olduğu kabul edilmiştir. Döşeme eğilme kapasitesinin hesaplanacağı etkin döşeme genişliği, kolon genişliği ile döşeme kalınlığının beş katının toplamı kadar alınmıştır (FEMA 356-6.5.4.3.2). Döşemelerin, doğrusal elastik olmayan davranışının göz önüne alınması amacıyla mesnet bölgelerinde tek eksenli eğilme etkisinde plastik mafsal tanımlanmıştır (ASCE 41-13 Tablo 10-15). Söz konusu tablodan, servis yükleri altında elde edilen Zımbalama yükü/ Zımbalama dayanımı oranına bağlı olarak plastik dönme kapasiteleri elde edilmiştir. Ayrıca, döşeme-kolon birleşim bölgelerinin güvenliği tahkik edilmiş olup, göz önüne alınan donatı oranları için döşeme eğilme kapasitesine ulaştığı durumda zımbalama güç tükenmesinin meydana gelmediği sonucuna varılmıştır. Diğer taşıyıcı sistem elemanları olan kolon ve kirişler çubuk elemanlar ile yığılı mafsal kabulü doğrultusunda modellenmiştir.

##### 4.2 Mevcut Yapı Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi Sonuçları

Gerçekleştirilen analizlerde tüm bloklarda genel olarak taşıyıcı sistem özelliklerinin benzer olmasından dolayı benzer sonuçlar gözlenmiştir. Buna göre binanın yatay yük taşıyıcı sistem türü ile elemanlarının malzeme kalitesi, donatı detayları ve oranlarının güncel yönetmeliklerde tanımlanan sünek tasarım kurallarına uymaması sebebiyle, gerçekleştirilen itme analizlerinde, tasarım depremi için (50-%10) hedef deplasman istemine ulaşmadan çok sayıda elemanın plastik dönme kapasitelerini aşarak “Göçme Bölgesi” performans seviyesinde olduğu görülmüştür. Özellikle bodrum ve zemin kat kolonları ile bodrum kat döşemelerinde hesaplanan plastik dönme istemlerinin izin verilen limitlerden fazla olduğu tespit edilmiştir. Aşağıda örnek olarak B4 blok için analiz sonuçları verilmiştir. Mevcut bina performans noktası 11cm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3. B4 Blok Kapasite Eğrisi-Tasarım Talep Spektrumu



Şekil 4. B4 Blok 3-boyutlu Hasar Dağılımı (a)Çerçeve Plastik Mafsal Dağılımı (b)

## 5. GÜÇLENDİRME METODOLOJİSİ

### 5.1 İnce Levhalı Çelik Perdeler

Mevcut yatay yük taşıyıcı sistem elemanlarının plastik deformasyon kapasitesinin sınırlı oluşundan dolayı, mevcut taşıyıcı sisteme hem ilave rijitlik katarak hedef deplasman istemi azaltılmaya çalışılmış hem de sistemin plastik deformasyon kapasitesi artırılmaya çalışılmıştır. Buna göre binanın kullanım özellikleri de göz önüne alınarak bu çalışma kapsamında İnce Levhalı Çelik Perdeler kullanılmıştır. İnce Levhalı Çelik Perdeler (Unstiffened Steel Plate Shear Wall) özellikle Kuzey Amerika ve Japonya’da çok sayıda projede kullanılmış yatay yük taşıyıcı sistemlerdir. Bu sistemler A.B.D, Kanada ve Japonya’da ilgili yönetmeliklerde yer almaktadırlar. Bu sistemlerin avantajlı özellikleri;

- Betonarme perdelerle kıyasla, kalınlıkları daha incedir ve bina ağırlığı göreceli olarak daha hafiftir.
- Yapım süresi betonarme imalatlara göre daha hızlı ve kontrollüdür.
- Bu sistemler önemli miktarda rijitlik, dayanım ve süneklik kapasitesine sahiptir.
- Bu sistemler ile ilgili olarak çok sayıda araştırma ve test gerçekleştirilmiş olup, uygulama yapılan bazı binalar deprem etkisine maruz kalmıştır ve hedeflenen performans kriterlerine ulaşıldığı görülmüştür (Sylmar Hospital Building-Northridge- 1997 ve Kobe Office Building-Kobe-1995).

### 5.2 Yöntem

Binanın işletme şartları göz önünde bulundurulduğunda, ÇPP’lerin tasarım ve kullanım adetlerinde çeşitli kriterler göz önüne alınmıştır. Buna göre, ÇPP yerleşim ve sayılarına İşveren ile birlikte karar verilmiştir. Binanın zemin katında yoğun elektro-mekanik tesisatların bulunmasından dolayı bu hatlara en az müdahale edilecek şekilde çalışma yapılmıştır. Ayrıca, ÇPP kapasitelerinin üst sınırının belirlenmesinde, bağlantı elemanları ile döşeme şeritlerinin kapasiteleri belirleyici olmuştur. Dolayısıyla, işletme şartları ve bina mevcut özelliklerinden dolayı ÇPP’lerin katkısı belirli bir düzeyde sınırlandırılmaktadır. Söz konusu müdahale yöntemine ek olarak, ÇPP ilave edilen çerçevelerde mevcut betonarme kolonlar üzerinde oluşan ilave eksenel yük isteminden dolayı söz konusu kolonlar Karbon Lifli Polimer Kumaş (CFRP) ile sarılmaktadırlar. Yine aynı çerçevelerde diyafram dikmelerinde oluşan kuvvetlerin karşılanabilmesi amacı ile bu bölgelerde döşeme alt yüzlerinden Karbon Lifli Plakalar uygulanmaktadır.

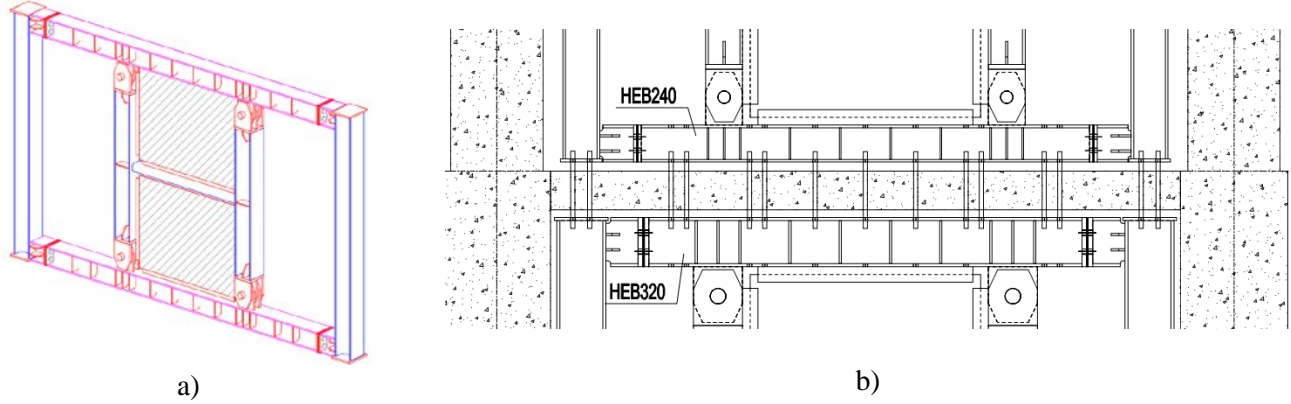
### 5.3 Çelik Panel Perde Tasarımı ve Modelleme

Bu çalışmada ÇPP’lerin ön tasarımında göz önüne alınan kabuller aşağıdaki gibidir.

- Pasif enerji sönümleyici sistemlerin optimizasyonu için Takeuchi ve diğ. (2002)’ e göre  $K_{\text{sönümleyici}} / K_{\text{çerçeve}}$  oranının yaklaşık 1~3 düzeyinde olduğu durumlarda yeterli sönüm elde edildiği belirtilmiştir. Buna göre her bir katta kullanılan İnce Levhalı Çelik Perde rijitliğinin, katın mevcut çerçeve rijitliğine oranı 1~3 arasında olacak şekilde düzenleme yapılmıştır.
- Söz konusu deprem düzeyi için en büyük göreceli kat ötelemesinin 0.02 değerini aşmaması hedeflenmiştir.

- İnce Levhalı Çelik Perdeler A1 Burulma Düzensizliği oluşturmayacak şekilde düzenlenmiştir.

Ayrıca,ÇPP levha genişlikleri, binanın mevcut taşıyıcı sistem özellikleri ve işletme koşulları göz önüne alınarak, mevcut çerçevelerin genişliğinden daha dar olacak şekilde tasarlanmıştır. Binanın mevcut kolonlarının taşıma gücünün sınırlı olmasından dolayı ve ÇPP'lerin Düşey Çevre Elemanlarında (VBE) oluşacak büyük kuvvetler nedeniyle, bu elemanlar mevcut betonarme kolonlardan ayrı (temassız) olacak şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca, mevcut betonarme çerçevenin içerisinde ilave çelik elemanlardan oluşan yeni bir çelik çerçeve teşkil edilmiştir. ÇPP, yeni çelik çerçeve içerisine yerleştirilmektedir. Şekil 5'te mevcut bina için hazırlanan ÇPP'ye ait 3-boyutlu görsel ve döşeme bağlantı detayı gösterilmiştir.



Şekil 5. Tipik Güçlendirme ÇPP Görünüşü (a) ÇPP- Mevcut Çerçeve Bağlantı Detayı (b)

İnce levhalı çelik perdelerin modellenmesinde “Eşdeğer Şerit (Strip)” kullanılmıştır. Bu yöntem Kanada ve A.B.D tasarım yönetmeliklerinde de yer almaktadır. Buna göre, perde panel bölgesi, belirli sayıda iki ucu pinli eğik çekme çubukları (şeritleri) ile temsil edilmektedir. Eğik çubuk eleman adedine ve perde geometrisine bağlı olarak, perde etrafında yer alan kirişler, her birinin uzunluğu  $\Delta_x$  olan parçalara bölünmektedir.

$$\Delta_x = \frac{1}{n} [L + h \tan(\alpha)]$$

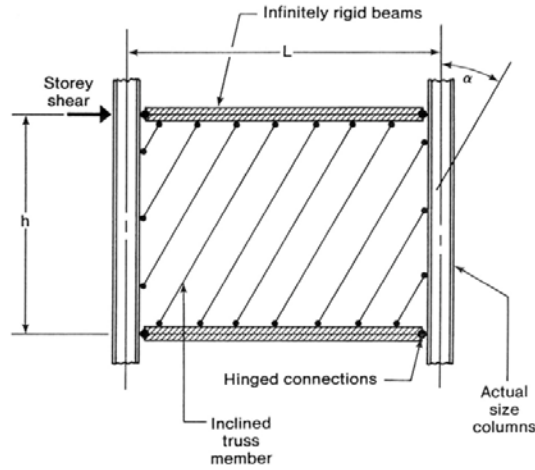
$\Delta_x$  = Düğüm noktaları arasındaki kiriş parçasının uzunluğu,

L = Panel genişliği,

h = Panel yüksekliği,

n = Şerit sayısı,

Eğik çubuk elemanlarının eşdeğer alanı aşağıdaki gibi verilmektedir.

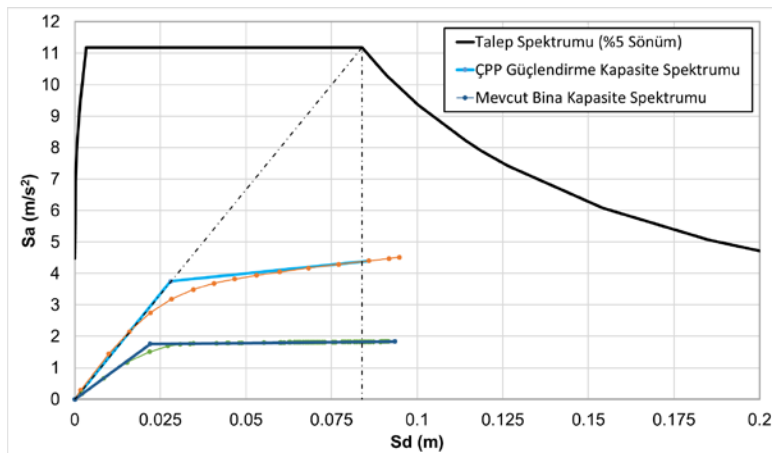


Şekil 6. Eşdeğer şerit modeli (Thorburn et al. 1983)

#### 5.4 Güçlendirme Analiz Sonuçları

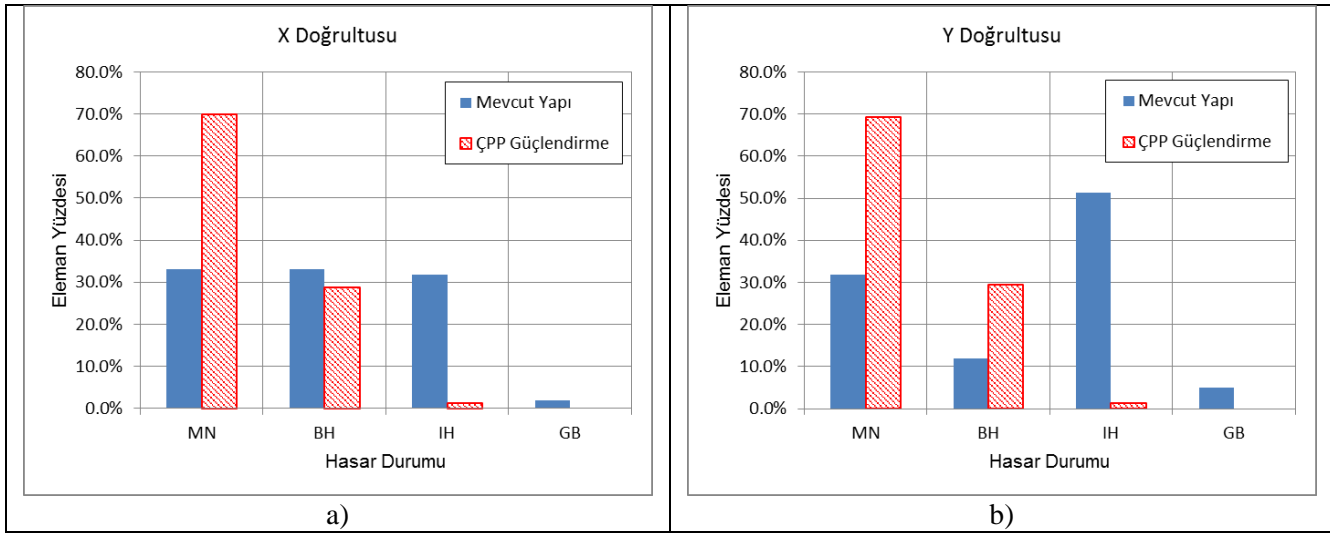
Güçlendirme performansının belirlenmesinde ana rehber olarak ASCE41-13 seçilmiş ve yönetmelikte tavsiye ve yönergeler takip edilmiştir. ÇPP'ler ile güçlendirilen binanın doğrusal elastik olmayan statik itme analizi sonuçları örnek olarak B4 blok için aşağıdaki grafiklerde verilmiştir. Belirlenen hedef deplasman için eleman bazlı yapılan değerlendirme sonuçlarına göre yapının "Göçmenin Önlenmesi" performans seviyesini sağladığı görülmüştür. Yapıya ilave edilen ÇPP'ler yapıda belirgin bir rijitlik artışı sağlamıştır. Ayrıca kolonlarda ve kirişsiz döşemede oluşan kuvvet taleplerini azaltarak elemanlarda oluşan hasarı azalttığı görülmüştür.

Binanın ÇPP'ler ile güçlendirilmesinden sonra, üst yapıdan gelen yükler altında temel kazıklarının dayanımı kontrol edilmiştir. Mevcut temel sisteminin tekil temeller altında kazık gruplar oluşması nedeniyle, ÇPP yerleştirilmesinden sonra sadece müdahale edilen çerçeve kolonlarının altındaki kazık gruplarının kapasitesi yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple ÇPP'nin bağlandığı temel kazıkların oluşan eksenel yük talebi komşu kazık gruplarına da yaymak amacıyla yeni temel kirişleri düzenlenmiştir. Yeni temel sisteminin tasarımında statik itme analizi kullanılmıştır. Ayrıca, kazık-zemin etkileşimini göz önüne almak amacıyla zeminin düşey ve yatay rijitliği kazıklar üzerinde modellenen doğrusal olmayan yaylar kullanılmıştır. Güçlendirme sonrası binanın performans noktası 8.5cm olarak belirlenmiştir. Böylece 11cm olan mevcut yapıya ait performans noktası ÇPP'ler ile 8.5cm'e indirgenmiştir.

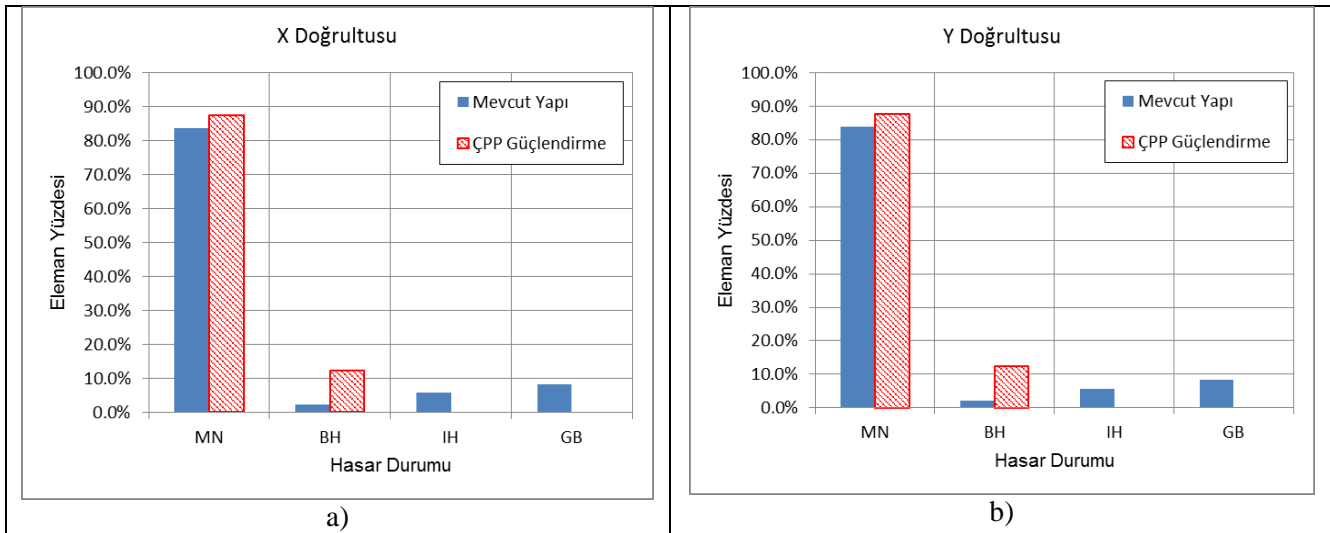


Şekil 6. B4 Blok Mevcut ve Güçlendirilmiş Durum Kapasite Eğrisi- Tasarım Talep Spektrumu





Şekil 6. X Doğrultusu Mevcut Durum ve Güçlendirme Sonrası Kolon Hasar Dağılımı (a) Y Doğrultusu Mevcut Durum ve Güçlendirme Sonrası Kolon Hasar Dağılımı (b)



Şekil 6. X Doğrultusu Mevcut Durum ve Güçlendirme Sonrası Kiriş Hasar Dağılımı (a) Y Doğrultusu Mevcut Durum ve Güçlendirme Sonrası Kiriş Hasar Dağılımı (b)

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Güçlendirme çalışması işverenin talebi ve binanın hali hazır durumdaki kullanım durumu göz önüne alındığında binada gerçekleştirilebilecek müdahalelerin sınırlı düzeyde olmasından dolayı, binadan beklenen performans hedefi; tasarım depremi (DBE T=475 Yıl) etkisi altında “Göçmenin Önlenmesi” performans seviyesinin sağlanması olarak belirlenmiştir.

Yapının mevcut davranışı göz önüne alınarak, süneklik ve rijitlik artışına ihtiyacı olduğu tespit edilmiş ve buna yönelik olarak ÇPP ile güçlendirme tasarımı yapılmıştır. Böylece yeterli süneklik düzeyine sahip olmayan ve tasarım depremine göre Göçme Bölgesinde olan kirişsiz döşemeye sahip betonarme bir yapının performansı ÇPP ile “Göçmenin Önlenmesi” performans seviyesine yükseltilmiştir.

Güçlendirme tasarımı nonlineer statik itme analizi sonuçlarına göre yürütülmüştür. Özellikle ÇPP'lerin şerit yöntemi ile modellenebilmesi bu elemanları nonlineer statik itme analizi ile tasarım için oldukça elverişli hale getirmektedir.

ÇPP'ler S235 kalitesinde olacak şekilde yapısal çelik elemanlar olarak tasarlanmıştır. Böylece yerel üretimi olmayan viskoz damper ve burkulması önlenmiş çaprazlar gibi enerji sönmleyicilere göre yurtiçinde imalatı yapılabilecek bir alternatif olacak ve ulaştırma masraflarından da tasarruf sağlanmış olacaktır.

## **7. KAYNAKLAR**

ACI, (2011). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary (ACI 318-11), American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.

AISC (2006), Steel Design Guide 20: Steel Plate Shear Walls, American Institute of Steel Construction Inc.

ANSI/AISC 341-05, (2005). Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction Inc.,

ASCE/SEI 41-13, (2013). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers.

CSI (2012), "SAP2000 15.0.1: Integrated Software for Structural Analysis and Design", Computers and Structures Inc., Berkeley, CA.

DBYBHY (2007), "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.

FEMA 440, (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Applied Technology Council.

Thorburn, L.J., Kulak, G.L. ve Montgomery, C.J., (1983). Analysis of steel plate shear walls.