

## **TBDY 2018 Yönetmeliğinde Verilen Süneklik Düzeyi Yüksek Betonarme Taşıyıcı Sistemler için Maliyet ve Deprem Performansı Bakımından Bir Karşılaştırma**

**İsmail ÜNSAL<sup>1</sup>, Mehmet Fatih ŞAHAN\*<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adıyaman

Geliş tarihi: 06.04.2021 Kabul tarihi: 30.06.2021

### **Öz**

Bu çalışmada, “Deprem Etkilerinin Tamamının Moment Aktaran Süneklik Düzeyi Yüksek Betonarme Çerçevelerle Karşılandığı Taşıyıcı Sistemler” ile “Deprem Etkilerinin Tamamının Süneklik Düzeyi Yüksek Boşluksuz Betonarme Perdelerle Karşılandığı Taşıyıcı Sistemler” maliyet ve deprem performansları bakımından karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Bu amaçla 18 katlı konut tipi bir bina esas alınmış ve her iki taşıyıcı sistemi karşılaştırmak üzere STA4CAD yazılımında iki farklı model hazırlanmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY 2018) esas alınarak yapılan analizlerden her iki modelle elde edilen maliyetler karşılaştırılmıştır. Çok Modlu İtme Yöntemi kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen eleman hasar durumları üzerinden yapılan değerlendirmede perdeli modelin deprem performansının çerçeveli modelin performansından daha iyi olduğu gözlenmiştir. Kaba yapı maliyeti esas alınarak yapılan karşılaştırmada, deprem etkilerinin tamamının betonarme perdelerle karşılandığı taşıyıcı sistem modelinin, deprem etkilerinin tamamının betonarme çerçeveler ile karşılandığı taşıyıcı sistem modeline kıyasla daha ekonomik olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, Taşıyıcı sistemler, Deprem, TBDY 2018

### **A Comparison in Terms of Cost and Earthquake Performance for Reinforced Concrete Structural Systems of High Ductility Level Given in TBEC 2018**

#### **Abstract**

In this study, the structural systems in which seismic loads are fully resisted by frames and the structural systems in which seismic loads are fully resisted by solid structural walls are comparatively examined in terms of cost and earthquake performance. For this purpose, an 18-storey residential building was taken as basis and two different models were prepared in the STA4CAD software to compare both structural systems. In accordance with the Turkish Building Earthquake Code-2018 (TBEC 2018), the costs obtained for both models were compared. Analyzes were made using the Repulsion Analysis with Incremental Mode Combination Method and it was observed that the earthquake performance of the curtain model was better than the performance of the framed model in the evaluation made on the element damage. In the comparison made on the basis of cost, it has been observed that the structural system model, in which seismic loads are fully resisted by solid structural walls, is more economical than the structural system model in which seismic loads are fully resisted by frames.

**Keywords:** Structural system behavior factor, Structural systems, Earthquake, TBEC 2018

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Mehmet Fatih ŞAHAN, [fatihshahan@gmail.com](mailto:fatihshahan@gmail.com)

## 1. GİRİŞ

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi [1] tarafından paylaşılan bilgilere göre tüm dünyada meydana gelen depremlerin sayısı büyüklüklerine göre, 7-7,9 arası büyüklük için yıllık ortalama 18, 6-6,9 arası büyüklük için yıllık ortalama 120, 5-5,9 aralığı için 800, 4-4,9 aralığı için tahmini 6.200 ve 3-3,9 aralığı için ise tahmini 49.000 olarak verilmektedir. Ülkemizde ve dünyada son zamanlarda sıkça yaşanan bu depremler önemli oranda can ve mal kayıplarına neden olmakta ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ile ilgili çalışmaları oldukça önemli kılmaktadır. Bu çalışmalar incelendiğinde:

Aydınoglu [2] tarafından yapılan çalışmada belirtildiği üzere depreme dayanıklı yapıların tasarlanması uygulamaları 1900'lü yılların başlarında ortaya çıkmıştır. 20. Yüzyıl başlarında 1908 yılında İtalya Messina'da ve 1923 yılında Japonya Kanto'da meydana gelen ve büyük can kaybına neden olan bu iki depremden sonra binalara etkiyen deprem kuvvetlerinin bina ağırlığının yaklaşık %10'u seviyelerinde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu sonuçlarla birlikte deprem katsayısının takriben 0,10 gibi bir değere eşit olabileceği kabul edilmiştir. Bu deprem katsayısı değeri 1927'den sonra Amerika Birleşik Devletleri'nde Uniform Building Code (UBC) ile aynen kabul görmüştür. Daha sonraki zamanlarda Davranış Spektrumu konseptini (davranış görüngesi anlayışı) esas alan ve yapının doğal titreşim periyodunun deprem kuvvetini etkilediği görüşü ortaya çıkmış ve deprem yönetmeliklerinde yer almıştır. Zaman içerisinde yapılan çalışmalar sonucunda, depremler sırasında gözlemlenen yapısal davranış biçimleri esas alınmış ve taşıyıcı sistemlerin özelliklerine göre yapı tipleri tanımlanmış, Yapı Tipleri 4 ana gruba ayrılmış ve bu tiplere göre yapı tipi katsayısı ilk olarak 1958 UBC'de [3] yer almıştır. Ülkemizde ise yapı tipi katsayısı ilk kez Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik [4] 1975 yılında UBC'ye benzer biçimde tanımlanmıştır [2].

2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Yönetmeliği (DBYYHY 2007) [5] ile 18.03.2018 tarih ve 30364 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde (TBDY 2018) [6], taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere hesaplanacak elastik deprem yükleri, büyük oranda Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)'ye ve sistemin Doğal Titreşim Periyodu (T)'ye bağlı olarak belirlenen Deprem Yükü Azaltma Katsayısına bölünerek azaltılmaktadır. Bu durum dikkate alındığında taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), depreme dayanıklı yapı tasarımı için deprem etkilerinin tanımlanmasında oldukça önemli bir parametre haline gelmiştir. TBDY 2018'de yerinde dökme betonarme binalar için, taşıyıcı sistem davranış katsayısı 3 ile 8 arasında değişen 13 farklı taşıyıcı sistem önerilmiştir. Süneklilik düzeyi yüksek, sınırlı ve karma olarak sınıflandırılan taşıyıcı sistem tiplerinde R davranış katsayısı, deprem etkilerinin betonarme çerçevelerle veya boşluklu/bosluksuz betonarme perdelerle karşılanmasına bağlı olarak belirlenmektedir. Ayrıca bina yükseklik sınıfı tanımlaması yapılarak her taşıyıcı sistemin uygulanabileceği bir yükseklik sınırlaması da getirilmiştir. Literatürde gerek DBYYHY-2007 kapsamında gerekse TBDY-2018 kapsamında betonarme perdeli, betonarme çerçevesiz veya betonarme perdeli - çerçevesiz taşıyıcı sistemlerin davranışlarını inceleyen çeşitli çalışmalar mevcuttur.

Ünsal ve arkadaşları [7], bina yüksekliğinin, toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) ve maksimum tepe deplasmanı üzerindeki etkisini, DBYYHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmelikleri kapsamında karşılaştırılmalı olarak incelemişlerdir. Bu amaçla ele aldıkları betonarme perdeli-çerçevesiz taşıyıcı sisteme sahip olan bir bina örneğini, Etabs bilgisayar programında, başta 30 kat olarak modellemiş ve yapılan her analiz sonrası 1 adet ara kat eksiltiyle 5 ile 30 katlar arasındaki 26 adet model için analizleri tekrarlamışlardır. Analizler sonucunda, DBYYHY-2007 yönetmeliği esas alınarak elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinin, yapı yüksekliği arttıkça yaklaşık olarak sabit değerde kaldığını,

TBDY-2018 yönetmeliği esas alınarak elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinin ise yapı yüksekliği arttıkça doğrusal olarak azaldığını gözlemlemiştir.

Kasap ve arkadaşları [8], çalışmalarında yük etkisindeki betonarme perdeli sistemlerle perdeli-çerçeve sistemlerde elemanlardaki yük dağılımını irdelemiş ve karşılaştırmalar yapmışlardır. Perdelerin, plandaki yerleşimine ve boşluklu ya da boşluksuz şekilde düzenlenmesine bağlı olarak aldıkları taban kesme kuvvetlerini ve taşıyıcı sistemin doğal titreşim periyotlarını karşılaştırmışlardır.

Aksoylu ve Arslan [9] çalışmalarında, perdeli – çerçeve betonarme yapıların doğal titreşim periyodu için TBDY-2018’de verilen ampirik periyot formülü ile Rayleigh formülünü karşılaştırmışlardır. Bu iki yaklaşımdan yola çıkarak hesapladıkları periyotların önemli oranda farklılık gösterdiğini ve bu değişimin yapıların depremden alacakları taban kesme kuvvetini önemli oranda etkilediğini gözlemlemiştir.

Işık ve arkadaşları [10], betonarme binalarda zemin katta yumuşak kat oluşumunun davranışa etkisini incelemek üzere betonarme bir bina modelleyip farklı zemin kat yüksekliklerini esas alarak statik itme eğrileri elde etmişlerdir. Analiz sonuçlarında, yumuşak kattan dolayı oluşabilecek çökme mekanizmalarını inceleyerek göçme şekillerinin yumuşak kat düzensizliğinin sebep olduğu tipik göçme mekanizmasına benzediğini gözlemlemiştir.

Nemutlu ve arkadaşları [11], taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşan 4 katlı bir bina ile betonarme çerçeve ve perdelerden oluşan 9 katlı bir binayı esas alarak, 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre yaptıkları analizlerde taban kesme kuvveti değerlerinin değişimlerini incelemiştir.

Bu çalışmada, TBDY 2018’de süneklik düzeyi yüksek yerinde dökme betonarme bina taşıyıcı sistemleri için önerilen “Deprem Etkilerinin Tamamının Moment Aktaran Süneklik Düzeyi Yüksek Betonarme Çerçevelerle Karşılandığı

Taşıyıcı Sistemler” ile “Deprem Etkilerinin Tamamının Süneklik Düzeyi Yüksek Boşluksuz Betonarme Perdelerle Karşılandığı Taşıyıcı Sistemler” kaba yapı maliyeti ve deprem performansları bakımından karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

Kuşu ve Beyen [12], Çanakkale bölgesinde 12 katlı bir binayı betonarme ve çelik yapı şeklinde ayrı ayrı tasarlayarak maliyet ve deprem parametreleri açısından karşılaştırmalar yapmışlardır. Modeller için Ayvacı bölgesine ait gerçek deprem kayıtları esas alınarak zaman tanım alanında doğrusal analizler yapılmıştır. Betonarme modelde taban kesme kuvveti değeri çelik modeldeki değerin yaklaşık iki katı kadar hesaplanırken, yapı maliyeti çelik modeldeki maliyet değerinin yaklaşık üçte biri kadar elde edilmiştir.

Kap ve arkadaşları [13], 1999 Marmara ve Düzce depremlerinden etkilenmiş olan bir okul binasının deprem performansının belirlenmesine yönelik olarak performans analizleri gerçekleştirmişlerdir. Analizler için TBDY-2018 yönetmeliği esas alınmış ve Sta4Cad bilgisayar programı kullanılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde binanın güçlendirilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Yaman ve arkadaşları [14], yaptıkları çalışmada betonarme bir binanın planındaki perde duvar yerleşimi farklılığının binanın kapasitesi ve deprem performansı üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada, perde duvarların iç ya da dış aksa yerleştirilmesinin, binanın kesme kapasitesinde %2 oranında bir değişime neden olduğu görülmüştür. Ayrıca salt çerçeve sisteme kıyasla, perde duvarlı modellerin binanın deprem performans seviyesini önemli derecede artırdığını gözlemlemiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada, 19 katlı konut tipi bir bina esas alınmıştır. Bina bir adet bodrum kat, zemin kat, 16 adet normal kat ve bir asansör makine dairesi katından oluşmaktadır. Bodrum kat rijit betonarme perdelerle çevrelenerek yeterli bodrum kat rijitliği sağlanmıştır. Bina yüksekliği 54,7 metre olup

deprem yönetmeliğinin (TBDY 2018) 3.3.1.1. maddesi kapsamında, bodrum kat yüksekliği bina yüksekliğine dahil edilmemiştir. Binanın bir normal katının alanı yaklaşık olarak  $485 \text{ m}^2$  olup kat yükseklikleri ve kat ağırlıkları ile ilgili bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Modellere ait kat yükseklikleri ve ağırlık bilgileri

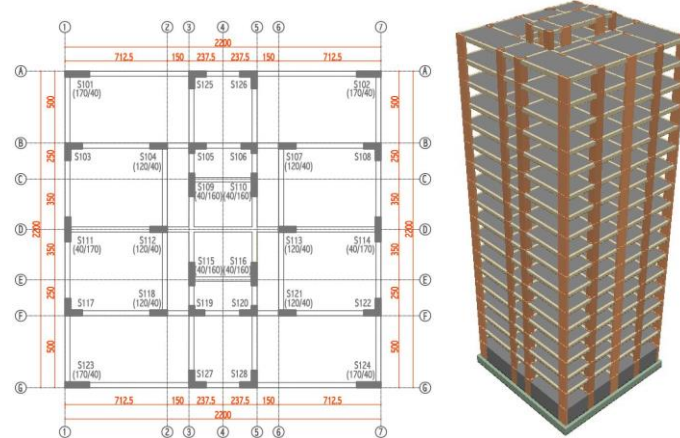
Kat	Yükseklik (metre)	Ağırlık (ton)	
		Perdeli model	Çerçevesel model
Bodrum kat	3,50	755,96	794,29
Zemin kat	3,50	652,95	598,44
1-15. Normal katlar	3,20	635,71	587,09
16. Normal kat	3,20	549,34	513,22
17. Asansör dairesi	2,30	87,84	59,40
TOPLAM		11.580,78	10.771,73

Konutlar için bina kullanım sınıfı BKS=3 ve bina önem katsayısı  $I=1$  alınmaktadır. Yerel zemin için ZD zemin sınıfı esas alınmıştır. DD-2 yer hareketi düzeyinde kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı  $S_{DS}$ , Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı’nın [15] Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması üzerinden 0,778 olarak hesaplanmıştır. Bu değer hesaplanırken Adıyaman İl merkezinde bulunan Adıyaman Üniversitesi’nin merkez yerleşkesi içerisinde bir koordinat esas alınmıştır. Deprem tasarım sınıfı DTS=1 ve bina yükseklik sınıfı BYS=3 olarak belirlenmiştir.

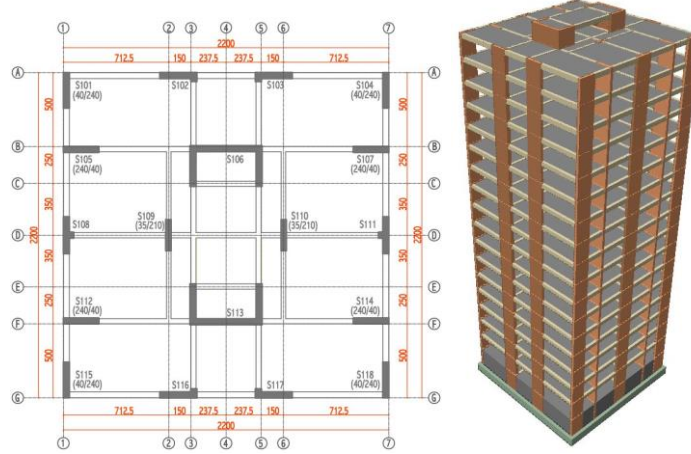
Deprem yönetmeliğinde, süneklik düzeyi yüksek yerinde dökme betonarme bina taşıyıcı sistemleri için önerilen “A11-Deprem Etkilerinin Tamamının Moment Aktaran Süneklik Düzeyi Yüksek Betonarme Çerçevelerle Karşılandığı Taşıyıcı

Sistemler (çerçevesel model)” için bina yükseklik sınırı 56 metre olarak belirtilmiştir. “A13- Deprem Etkilerinin Tamamının Süneklik Düzeyi Yüksek Boşluksuz Betonarme Perdelerle Karşılandığı Taşıyıcı Sistemler (perdeli model)” için ise bu sınır 70 metre olarak verilmiştir. Tasarımda bina yüksekliği seçilirken yönetmelikte verilen yükseklik sınırlamaları dikkate alınmış ve her iki taşıyıcı sistemin de yönetmelikte verilen uygulama sınırları içerisinde kalmasını sağlamak üzere bina yüksekliği 56 metrenin altında tutulmuştur.

Her iki taşıyıcı sistemi (A11 ve A13) karşılaştırmak üzere STA4-CAD bilgisayar programında [16] iki farklı model hazırlanmış olup çerçevesel model ile perdeli modele ait plan ve perspektif görünüşler sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2’de verilmiştir.



**Şekil 1.** Çerçevesel modelin normal kat kalıp planı ve perspektif görünüşü



Şekil 2. Perdeli modelin normal kat kalıp planı ve perspektif görünüşü

Taşıyıcı sistemlerin ön tasarımı yapılırken düşey elemanların en kesit ölçüleri, TS 500'de [17] verilen  $N_d \leq 0,9 f_{cd} A_c$  koşulu dikkate alınarak belirlenmiştir. Ayrıca kolonlarda yeterli sünekliği sağlamak üzere düşey yükler ve depremin ortak etkisi altında oluşacak eksenel basınç kuvvetlerini sınırlamak için deprem yönetmeliğinde verilen  $A_c \geq N_{dm} / (0,40 f_{ck})$  koşulu ön tasarım aşamasında dikkate alınmıştır. Benzer şekilde betonarme perdeler için yönetmelikte verilen  $A_c \geq N_{dm} / (0,35 f_{ck})$  koşulu da dikkate alınmıştır.

Ön tasarımı yapılırken binaların şiddetli depremlerin etkisi altındaki davranışının daha öngörülebilir olması için yönetmelikte tanımlanan plandaki ve düşeydeki düzensizliklerden kaçınılmıştır. Her iki modelde de düşey elemanlar X ve Y yönlerinde benzer rijitlikte ve simetrik olarak yerleştirilmiş, ağırlık ve rijitlik merkezi hemen her katta çakıştırılmıştır. Rijitliği ve dayanımı yüksek düşey elemanlar kalıp planında köşelerde ve kenar akslar üzerinde düzenlenmiştir. Betonarme perdeli modelde (A13), yönetmelik gereğince tek bir perdenin aldığı taban devrilme momenti sınırlandırılmış ve yönetmelikte verilen ilgili koşul sağlanmıştır. X yönü için bir perdenin aldığı maksimum taban devrilme momentinin, deprem yükleri etkisinde binanın tamamında oluşacak taban devrilme momentine oranı 0,240 olarak elde edilmiştir. Bu oran yönetmelikte verilen üst sınır olan 1/3 oranının altındadır. Y

yönü için bu oran 0,186 olarak elde edilmiştir. Böylece kalıp planında, az sayıda büyük boyutlara sahip perdeler yerine çok sayıda daha küçük boyutlu perdeler düzenlenmiştir. Ayrıca yönetmelik gereği, kenar akslardaki perdelerin, deprem yükleri etkisinde binanın tamamında oluşacak taban devrilme momentinin 1/6'sından fazlasını karşılaması gerekmektedir. Perdeli modelde (A13) bu oran X yönü için 0,153 olarak elde edilmiştir. Alt sınır olan 1/6 oranına ulaşamadığından koşul sağlanamamıştır. Y yönü için bu oran 0,121 olarak elde edilmiş olup benzer şekilde yine bu koşul sağlanamamıştır. Bu nedenle, yönetmelikte betonarme boşluksuz perdeli sistemler (A13) için  $R=6$  olarak verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı, yine yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca  $(4/5)R$  olarak revize edilmiş ve  $R=4,8$  olarak hesaplara dahil edilmiştir. Bu durumda deprem yönetmeliği,  $R$  davranış katsayısını azaltarak binaya etkiyecek deprem yükünü  $6,0/4,8$  oranında artırmış olmaktadır. Sözü edilen 1/6 koşulunun sağlanabilmesi için yapılan deneme analizlerinden, kenar akslarda oldukça büyük en kesitlere sahip betonarme perdelerin düzenlenmesi gerektiği anlaşılmıştır.

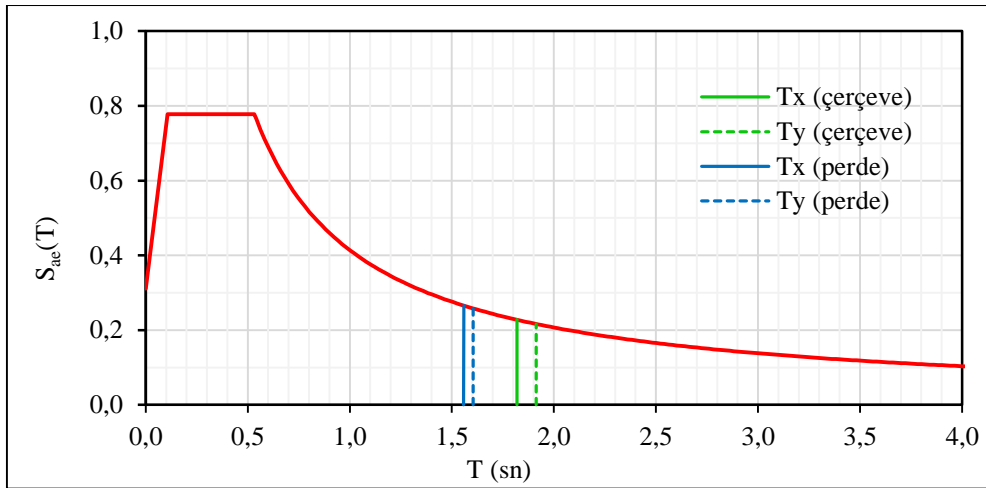
Betonarme çerçevesel sistem (A11) için ise yine yönetmeliğe uygun olarak  $R=8$  değeri esas alınmıştır. A11 ve A13 sistemleri için dayanım fazlalığı katsayıları yönetmelikte belirtildiği gibi sırasıyla 3 ve 2,5 olarak dikkate alınmıştır.

Bina temeli olarak her iki modelde de 150 cm kalınlığında radye temel seçilmiş olup yapı–temel etkileşimi dikkate alınmamıştır. Bu yaklaşımla, temelde oluşabilecek etkilerin üstyapıya yansıtılmaması, böylece iki farklı taşıyıcı sistem tipini karşılaştırırken diğer etkilerin minimum seviyede tutulması amaçlanmıştır. Radye temel üzerinde perdelerle çevrelenmiş rijit bir bodrum kat bulunması gerçek durumda da bu etkilerin minimize edilmesine büyük katkı sağlamaktadır.

Çerçevesel modelde kolon ve kirişler çerçeve (çubuk) sonlu eleman olarak modellenmiştir. Modelde A2 ve A3 düzensizlikleri

bulunmadığından döşemelerin rijit diyafram görevini yaparak kat kütlelerine etkiyen deprem yüklerini düşey elemanlara rijitlikleri oranında dağıtabileceği ön görülmüş olmasına rağmen, tüm sistem Sonlu Elemanlar Yöntemi ile analiz edilmiştir. Benzer şekilde perdeli model de Sonlu Elemanlar Yöntemi ile analiz edilmiştir.

Bu veriler esas alınarak her iki taşıyıcı sistem için elde edilen yatay elastik tasarım ivme spektrum grafiği Şekil 3'te verilmiştir. Şekilde X ve Y yönündeki birinci doğal titreşim periyotlarının spektrum grafiğindeki yerleri de gösterilmiştir. Sönüm oranı yönetmelikte belirtildiği gibi %5 olarak alınmıştır.



Şekil 3. Yatay elastik tasarım ivme spektrum grafiği

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Her iki taşıyıcı sistem modeli için de elde edilen doğal titreşim periyotları ve bina kütleleri ile analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Perdeli sistemin doğal titreşim periyodu X yönünde  $T_x=1,837$  s ve Y yönünde  $T_y=2,006$  s olarak elde edilmiştir. Çerçevesel sistemde ise  $T_x=1,819$  s ve  $T_y=1,913$  s olarak elde edilmiştir. Perdeli taşıyıcı sistemde rijitlik çerçevelere nazaran daha yüksek olduğundan doğal titreşim periyotlarının çerçevesel sisteme göre daha düşük çıkması beklenmektedir. Burada tersi bir sonuç

elde edilmiştir. Sonuçların bu şekilde elde edilmesinde etkin kesit rijitliği çarpanı faktörünün etkili olduğu değerlendirilmektedir. Perdeler için esas alınan etkin kesit rijitlik çarpanları çerçeve kolonları için esas alınan etkin kesit rijitlik çarpanlarından daha düşüktür. Yönetmelik gereğince dayanıma göre tasarım kapsamında betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesit özelliklerinin modellenmesinde etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılmaktadır. Yönetmelikte perdelerin düzlem içi eksenel ve kayma etkin kesit rijitlik çarpanları 0,50 iken düzlem dışı eğilme ve kesme etkin kesit rijitliği çarpanları sırasıyla 0,25 ve 1,0 olarak verilmektedir. Benzer şekilde çerçeve kolonlarının eğilme ve kesme etkin kesit rijitlik

çarpınları sırasıyla 0,70 ve 1,0 olarak verilmiştir. Ayrıca çerçevesel modelden perdeli modele geçilirken bazı düşey elemanların yönleri değiştirilmiştir. Bu hususun da periyot hesabında etkili olduğu değerlendirilmektedir. Deprem yönetmeliğinde hakim doğal titreşim periyodunun

alabileceği en büyük değer, yönetmelikte verilen Ampirik Hakim Doğal Titreşim Periyodunun ( $T_{pA}$ ) 1,4 katı ile sınırlandırılmaktadır. Bu sınır değerler perdeli sistem için  $T_x=1,558$  s ve  $T_y=1,605$  s olarak hesaplanmış olup eşdeğer deprem yükü hesabında bu değerler esas alınmıştır.

**Çizelge 2.** Doğal titreşim periyotları, bina kütleleri ve taban kesme kuvvetleri

Karşılaştırılan büyüklükler	Perdeli sistem (A13)	Çerçevesel sistem (A11)
Doğal titreşim periyodu ( $T_x$ )	1,837 s	1,819 s
Kütle katılım oranı ( $M_{xr}$ )	%68,8	%72,6
Doğal titreşim periyodu ( $T_y$ )	2,006 s	1,913 s
Kütle katılım oranı ( $M_{yr}$ )	%71,8	%73,7
Taban kesme kuvveti ( $V_{TE}^{(X)}$ )	551,73 ton	284,36 ton
Taban kesme kuvveti ( $V_{TE}^{(Y)}$ )	535,67 ton	284,36 ton
Bina kütlesi ( $W_t$ )	11.580,8 ton	10.771,7 ton

Doğal titreşim periyotları için oldukça yakın değerler elde edilmesine rağmen, taşıyıcı sistemlerin tabanlarında deprem etkisiyle oluşan toplam taban kesme kuvveti değerleri çok farklı çıkmıştır. Sonuçların bu şekilde elde edilmesinde taşıyıcı sistem davranış katsayısı ( $R$ ) etkili olmuştur. Deprem yönetmeliğinde bina tabanına etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü  $V_{TE}^{(X)}$  (taban kesme kuvveti) aşağıdaki denklemde verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır (Eşitlik 1).

$$V_{TE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \quad (1)$$

Burada  $m_t$  binanın toplam kütlelerini ve  $S_{aR}(T_p^{(X)})$  ise azaltılmış tasarım spektral ivmesini göstermektedir. Her bir doğrultuda binanın tümüne etkiyen taban kesme kuvvetinin ( $V_{TE}^{(X)}$ ) hesabında esas alınan azaltılmış tasarım spektral ivmesi ( $S_{aR}(T)$ ), yatay elastik tasarım spektral ivmesinin ( $S_{ae}(T)$ ) deprem yükü azaltma katsayısına ( $R_a(T)$ ) bölünmesi ile elde edilmektedir. Burada ( $R_a(T)$ ), konut binaları için yatay elastik tasarım spektrumunun  $T_B$  köşe periyodunun sağ tarafında kalan periyot değerleri için sadece  $R$  davranış katsayısına bağlıdır. Bu durumda binanın tümüne etkiyen taban kesme kuvvetini hesaplamak üzere

yatay elastik tasarım spektrum grafiğinden elde edilen ivme değerleri çerçevesel sistem için  $R=8$  değerine bölünürken, perdeli sistem için  $R=4,8$  değerine bölünmektedir. Böylece perdeli sistemin tabanında oluşan taban kesme kuvveti daha büyük değerlere ulaşmıştır. Perdeli modelde taban kesme kuvvetlerinin bu şekilde elde edilmesinde perdeli modelin periyotlarının  $T_x=1,558$  s ve  $T_y=1,605$  s olarak sınırlanmasının da etkisi olmuştur.

Çizelge 3'te her iki modele ait burulma düzensizliği katsayıları, etkin görel kat ötelemeleri ve ikinci mertebe gösterge değerleri verilmiştir. Her iki modelde de burulma düzensizliği katsayısının yönetmelikte verilen 1,20 sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir. Yönetmelik bu sınırın geçilmesine izin vermekle birlikte tasarım mühendisine bazı yaptırımlar uygulamaktadır. Etkin görel kat ötelemeleri her iki modelde de sınır değerine oldukça altında kalmıştır. Buradan her iki binada da yeterli rijitliğin rahatlıkla sağlandığı anlaşılmaktadır. Kat ötelemeleri bakımından çerçevesel modelin az da olsa daha iyi performans gösterdiği gözlenmektedir. Benzer şekilde ikinci mertebe göstergeleri de sınır değerlerin oldukça altında kalmaktadır.

**Çizelge 3.** Burulma düzensizliği katsayıları, etkin görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertbe gösterge değerleri

Karşılaştırılan büyüklükler	Perdeli sistem (A13)	Çerçevesel sistem (A11)
En büyük burulma düzensizliği katsayısı ( $\eta_{bi}$ )	1,105<1,200	1,116<1,200
En büyük etkin görelî kat ötelemesi $\delta_{i,max}^{(x)}$	0,0084<0,0198	0,0077<0,0198
En büyük etkin görelî kat ötelemesi $\delta_{i,max}^{(y)}$	0,0097<0,0198	0,0086<0,0198
En büyük ikinci mertbe gösterge değeri $\theta_{II,max}^{(x,y)}$	0,034<0,125	0,032<0,090

Çizelge 4'te her iki modele ait maksimum deprem deplasman değerleri verilmiştir. 17. Asansör makine dairesi küçük kütleli bir kat olduğundan tepe deplasmanı olarak 16. Normal Kata ait değerlerin dikkate alınması daha uygun olacaktır. Maksimum tepe deplasmanı her iki modelde de Y yönünde olup perdeli modelde 92,1 mm iken çerçevesel modelde 47,4 mm olarak elde edilmiştir. Perdeli modelin daha rijit olmasından yola çıkılarak bu modelde tepe deplasmanlarının daha

düşük olması beklenebilir. Fakat burada bu beklentiyle örtüşmeyen sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum, perdeli modelde taşıyıcı sistem davranış katsayısının R=4,8 olarak alınmış olması ve bunun sonucu olarak da yapıya etkiyen deprem kuvvetlerinin artmış olması ile açıklanabilir. Bu sonucun elde edilmesinde, betonarme perdelerin düzlem dışı eğilme davranışı için etkin kesit rijitlik çarpanı değerinin 0,25 alınmasının da etkili olduğu değerlendirilmektedir.

**Çizelge 4.** Maksimum deprem deplasmanları

Kat ismi	Perdeli model maksimum kat deplasmanları (m)		Çerçevesel model maksimum kat deplasmanları (m)	
	X	Y	X	Y
17. Asansör M.D.	0,0841	0,0895	0,0432	0,0451
16. Normal kat	<b>0,0838</b>	<b>0,0921</b>	<b>0,0442</b>	<b>0,0474</b>
15. Normal kat	0,0802	0,0890	0,0429	0,0463
14. Normal kat	0,0754	0,0849	0,0412	0,0446
13. Normal kat	0,0704	0,0804	0,0392	0,0426
12. Normal kat	0,0652	0,0756	0,0369	0,0403
11. Normal kat	0,0599	0,0704	0,0345	0,0378
10. Normal kat	0,0545	0,0649	0,0320	0,0352
9. Normal kat	0,0490	0,0591	0,0293	0,0324
8. Normal kat	0,0434	0,0531	0,0265	0,0294
7. Normal kat	0,0378	0,0469	0,0236	0,0264
6. Normal kat	0,0323	0,0406	0,0207	0,0232
5. Normal kat	0,0268	0,0341	0,0177	0,0199
4. Normal kat	0,0215	0,0277	0,0147	0,0166
3. Normal kat	0,0164	0,0213	0,0116	0,0132
2. Normal kat	0,0116	0,0152	0,0085	0,0098
1. Normal kat	0,0073	0,0095	0,0055	0,0064
Zemin kat	0,0036	0,0047	0,0027	0,0032
Bodrum kat	0,0011	0,0015	0,0007	0,0009

Deprem yönetmeliğinde DTS=1 için belirlenen bina performans hedefi Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi olup onarılabılır hasar

düzeyine karşılık gelmektedir. Bu hedefin DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde sağlanması gerekmektedir. Her iki modelin deprem



performansını belirlemek üzere, yönetmelikte verilen doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden “Çok Modlu İtme Yöntemi” esas alınarak performans analizleri yapılmıştır. Çerçeve model için DD-2 deprem yer hareketi esas alınarak yapılan performans analizi sonucunda elde edilen betonarme kolon ve kiriş elemanların hasar

durumları sırasıyla Çizelge 5 ve Çizelge 6’da verilmiştir. Benzer şekilde perdeli model için DD-2 deprem yer hareketi esas alınarak yapılan performans analizi sonucunda elde edilen betonarme perde ve kiriş elemanların hasar durumları sırasıyla Çizelge 7 ve Çizelge 8’de verilmiştir.

**Çizelge 5.** Çerçeve modelde kolon hasar durumu (DD-2 etkisinde)

Kat ismi	Kolon adedi	Sınırlı hasar (SH)	Belirgin hasar (BH)	İleri hasar (İH)	Belirgin ve ileri hasarlı kolon yüzdesi %
Bodrum kat	28	12	16	-	57
Zemin kat	28	-	20	8	100
1. Normal kat	28	4	24	--	86
2. Normal kat	28	4	24	-	86
3. Normal kat	28	4	24	-	86
4. Normal kat	28	4	24	-	86
5. Normal kat	28	4	24	-	86
6. Normal kat	28	4	24	-	86
7. Normal kat	28	4	24	-	86
8. Normal kat	28	6	22	-	79
9. Normal kat	28	10	18	-	64
10. Normal kat	28	10	18	-	64
11. Normal kat	28	10	18	-	64
12. Normal kat	28	10	18	-	64
13. Normal kat	28	23	5	-	18
14. Normal kat	28	28	-	-	-
15. Normal kat	28	28	-	-	-
16. Normal kat	28	28	-	-	-
17. Asansör M. D.	8	8	-	-	-
Toplam:	512	201	303	8	-

**Çizelge 6.** Çerçeve modelde kiriş hasar durumu (DD-2 etkisinde)

Kat ismi	Kiriş adedi	Sınırlı hasar (SH)	Belirgin hasar (BH)	İleri hasar (İH)	Belirgin ve ileri hasarlı kiriş sayısı
Bodrum kat	31	31	-	-	-
Zemin kat	45	-	45	-	45
1. Normal kat	45	-	45	-	45
2. Normal kat	45	-	45	-	45
3. Normal kat	45	-	45	-	45
4. Normal kat	45	-	45	-	45
5. Normal kat	45	-	45	-	45
6. Normal kat	45	-	45	-	45
7. Normal kat	45	-	45	-	45
8. Normal kat	45	-	45	-	45
9. Normal kat	45	-	45	-	45
10. Normal kat	45	-	45	-	45
11. Normal kat	45	-	45	-	45
12. Normal kat	45	-	45	-	45
13. Normal kat	45	-	45	-	45
14. Normal kat	45	-	45	-	45
15. Normal kat	45	-	45	-	45
16. Normal kat	45	25	20	-	20
17. Asansör M. D.	10	10	-	-	-
Toplam:	806	66	740	-	740

Çerçeve modelde en kritik kat olan zemin katta kolonların tamamı belirgin veya ileri hasar bölgesindedir. Sınırlı hasar bölgesinde kolon bulunmamaktadır. Bodrum katta ise kolonların sayıca %43'ü sınırlı hasar ve %57'si belirgin hasar bölgesinde olup ileri hasar bölgesinde kolon bulunmamaktadır. Perdeli modelde ise zemin katta perdelerin sayıca %44'ü sınırlı hasar ve %56'sı belirgin hasar bölgesindedir. Bodrum katta bu oran sırasıyla %28 ve %72 olarak gözlenmiştir.

Her iki modelin kaba yapı maliyetini yaklaşık olarak karşılaştırmak üzere STA4CAD bilgisayar programından analiz sonrası metraj verileri alınmıştır. C35/45 hazır betonu, betonarme demiri ve düz yüzeyli betonarme kalıbı imalatları üzerinden, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirlenen 2020 Birim Fiyatları [18] da dikkate alınarak her iki tasarım modelinin kaba

yapı maliyeti çıkarılmış ve Çizelge 9'da verilmiştir. Metrajlara temel imalatları dahil edilmemiştir. Birim fiyatlar, Bakanlığın poz tariflerinde belirttiği gibi her türlü işçilik, malzeme, nakliye, yatay-düşey taşıma, müteahhit genel giderleri, karı ve benzeri tüm giderleri içermektedir. Perdeli modelde R katsayısının düşük tutulması ve bunun sonucu olarak da deprem etkilerinin büyümüş olmasına rağmen yaklaşık 64,50 ton betonarme demirinden tasarruf edilmiştir. Perde en kesit ölçülerinin kolonlara nazaran daha büyük olması nedeniyle C35/45 hazır betonu ve düz yüzeyli betonarme kalıbı imalatları çerçeve modelde nazaran bir miktar artış gösterse de betonarme demir birim fiyatının yüksek olması, perdeli modelin toplam kaba yapı maliyetinin, çerçeve modelde kıyasla 156.869,65 TL daha ekonomik olmasını sağlamıştır.

**Çizelge 7.** Perdeli modelde perde hasar durumu (DD-2 etkisinde)

Kat ismi	Perde adedi	Sınırlı hasar (SH)	Belirgin hasar (BH)	İleri hasar (İH)	Belirgin hasarlı perde yüzdesi %
Bodrum kat	18	5	13	-	72
Zemin kat	18	8	10	-	56
1. Normal kat	18	8	10	-	56
2. Normal kat	18	10	8	-	44
3. Normal kat	18	8	10	-	56
4. Normal kat	18	6	12	-	67
5. Normal kat	18	5	13	-	72
6. Normal kat	18	4	14	-	78
7. Normal kat	18	4	14	-	78
8. Normal kat	18	4	14	-	78
9. Normal kat	18	4	14	-	78
10. Normal kat	18	4	14	-	78
11. Normal kat	18	4	14	-	78
12. Normal kat	18	4	14	-	78
13. Normal kat	18	10	8	-	44
14. Normal kat	18	12	6	-	33
15. Normal kat	18	12	6	-	33
16. Normal kat	18	6	12	-	67
17.Asansör M. D.	2	2	-	-	-
Toplam:	326	120	206	-	-

**Çizelge 8.** Perdeli modelde kiriş hasar durumu (DD-2 etkisinde)

Kat ismi	Kiriş adedi	Sınırlı hasar (SH)	Belirgin hasar (BH)	İleri hasar (İH)	Belirgin ve ileri hasarlı kiriş sayısı
Bodrum kat	18	5	13	-	13
Zemin kat	18	8	10	-	10
1. Normal kat	18	8	10	-	10
2. Normal kat	18	10	8	-	8
3. Normal kat	18	8	10	-	10
4. Normal kat	18	6	12	-	12
5. Normal kat	18	5	13	-	13
6. Normal kat	18	4	14	-	14
7. Normal kat	18	4	14	-	14
8. Normal kat	18	4	14	-	14
9. Normal kat	18	4	14	-	14
10. Normal kat	18	4	14	-	14
11. Normal kat	18	4	14	-	14
12. Normal kat	18	4	14	-	14
13. Normal kat	18	10	8	-	8
14. Normal kat	18	12	6	-	6
15. Normal kat	18	12	6	-	6
16. Normal kat	18	6	12	-	12
17.Asansör M.D.	2	2	-	-	-
Toplam:	326	120	206	-	206

**Çizelge 9.** Kaba yapı maliyetleri

İmalatlar	Miktarı	Birim fiyatı	Tutarı (TL)
<b>Perdeli model</b>			
C35/45 Hazır betonu (m <sup>3</sup> )	3.301,7	278,63	919.952,67
Betonarme demiri (ton)	273,3	4.444,21	1.214.602,59
Düz yüzeyli bet. kalıbı (m <sup>2</sup> )	18.922,7	63,98	1.210.674,35
<b>TOPLAM</b>			<b>3.345.229,61</b>
<b>Çerçevesel model</b>			
C35/45 Hazır betonu (m <sup>3</sup> )	3.036,1	3.036,1	3.036,1
Betonarme demiri (ton)	337,8	337,8	337,8
Düz yüzeyli bet. kalıbı (m <sup>2</sup> )	18.050,9	18.050,9	18.050,9
<b>TOPLAM</b>			<b>3.345.229,61</b>

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, TBDY 2018’de süneklik düzeyi yüksek yerinde dökme betonarme bina taşıyıcı sistemleri için önerilen “Deprem Etkilerinin Tamamının Moment Aktaran Süneklik Düzeyi

Yüksek Betonarme Çerçevelerle Karşılandığı Taşıyıcı Sistemler (A11)” ile “Deprem Etkilerinin Tamamının Süneklik Düzeyi Yüksek Boşluksuz Betonarme Perdelerle Karşılandığı Taşıyıcı Sistemler (A13)” kaba yapı maliyeti ve deprem performansları bakımından karşılaştırmalı olarak

irdelenmiş ve bu çalışmada ele alınmış olan bina modelleri özelinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Perdeli modelde rijitliğin yüksek olması nedeniyle doğal titreşim periyotlarının düşük çıkması beklenirken çerçevesel modelin periyotları ile yakın değerler elde edilmesi, çerçevesel modelde kolon kesitlerinin büyük tutulmasının yansira perdeler için esas alınan etkin kesit rijitlik çarpanlarının çerçeve kolonları için esas alınan etkin kesit rijitlik çarpanlarından daha düşük olması ile açıklanabilir. Ayrıca deprem yönetmeliğinde hakim doğal titreşim periyodu için üst sınırlar getirilmiştir. Çerçevesel modelde bu üst sınır aşılamazken perdeli modelde her iki yön için de üst sınır aşılmıştır. Bu nedenle perdeli modelin hakim doğal titreşim periyotları yönetmelik gereği küçültülerek Ampirik Hakim Doğal Titreşim Periyodunun ( $T_{pA}$ ) 1,4 katına eşitlenmiştir. Bu durum perdeli modelde taban kesme kuvvetlerinin büyümesine neden olmuştur.

Çerçevesel modelde taşıyıcı sistem davranış katsayısı  $R=8$  olarak alınmıştır. Perdeli modelde ise yönetmelikte belirtildiği gibi  $R=6$  olarak analize başlanmış ve ilk analizden sonra bu değer revize edilmiştir. Deprem tasarım sınıfının 1, 1a, 2, 2a olması durumunda deprem etkilerinin tamamının betonarme perdelerle karşılandığı binalarda kenar akslardaki perdelerin, deprem etkisinde binanın tamamında oluşacak taban devrilme momentinin  $1/6$ 'sından fazlasını karşılaması gerekmektedir. Bu koşulunun sağlanabilmesi için yapılan deneme analizlerinden, kenar akslarda oldukça büyük en kesitlere sahip betonarme perdelerin düzenlenmesi, ya da asansör ve benzeri amaçlarla düzenlenen merkezdeki çekirdek perde uzunluklarının sınırlandırılması gerektiği anlaşılmıştır. Perdeli modelde bu koşul sağlanamadığından taşıyıcı sistem davranış katsayısı yönetmelikte verilen şekliyle  $4R/5$  olarak revize edilmiş ve  $R=4,8$  değeri esas alınmıştır. Bu durum perdeli modelde taban kesme kuvvetlerinin daha da büyümesine neden olmuştur.

Yatay elastik tasarım spektrum eğrileri aynı olmasına rağmen, deprem etkisiyle oluşan toplam

taban kesme kuvveti değerleri çerçevesel modele nazaran perdeli modelde çok yüksek çıkmıştır. Yönetmeliğin perdeli model için uyguladığı yaptırımlar (taşıyıcı sistem davranış katsayısının ve periyotların düşürülmesi) sonuçların bu şekilde elde edilmesinde önemli oranda etkili olmuştur.

Burulma düzensizliği katsayıları, her iki modelde yakın değerler almış olup  $1,2$  sınır değerinin altındadır. Etkin görel kat ötelemeleri her iki modelde de sınır değer oldukça altında kalmıştır. Buradan her iki binada da yeterli rijitliğin rahatlıkla sağlandığı anlaşılmaktadır. Kat ötelemeleri bakımından çerçevesel modelin az da olsa daha iyi performans gösterdiği gözlenmektedir. Benzer şekilde ikinci mertebeye göstergeleri de sınır değerlerin oldukça altında kalmıştır.

Y yönündeki tepe deplasmanları perdeli model ve çerçevesel model için sırasıyla  $92,1$  mm ve  $47,4$  mm olarak elde edilmiştir. Yüksek öteleme rijitliği sebebiyle perdeli modelde tepe deplasmanlarının daha düşük olması beklenirken çerçevesel modele nazaran daha büyük kat ve tepe deplasmanları elde edilmiştir. Bu durum, perdeli modelde binaya etkiyen deprem kuvvetlerinin çerçevesel modele nazaran çok daha büyük olması ile açıklanabilir. Ayrıca çerçevesel modelde kolonların en kesit boyutlarının büyük tutulmuş olması ve yönetmelikte betonarme perdeler için verilen etkin kesit rijitlik çarpanı değerlerinin betonarme kolonlar için verilen değerlerden daha küçük olması deplasman verilerini bu şekilde etkilemiştir.

Çerçevesel modelde en kritik kat olan zemin katta kolonların tamamı belirgin (%71) veya ileri hasar (%29) bölgesinde olup sınırlı hasar bölgesinde kolon bulunmamaktadır. Perdeli modelde ise zemin katta perdelerin sayıca %44'ü sınırlı hasar ve %56'sı belirgin hasar bölgesindedir. Yönetmelikte sınırlı hasar, elemanın ilgili kesitinde sınırlı miktarda elastik ötesi davranış olarak tanımlanmış olup plastik mafsal oluşumu söz konusu değildir. Belirgin hasar, kesit dayanımının güvenli olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranış ve ileri hasar durumu ise kesitte ileri

düzye de elastik ötesi davranışı tanımlamaktadır. Bu durumda zemin kattaki hasar durumundan yola çıkarak perdeli modelin deprem performansının, çerçevele modele nazaran daha iyi olduğu söylenebilir.

Perdeli modelde C35/45 hazır betonu ve düz yüzeyle betonarme kalıbı imalatları çerçevele modele nazaran bir miktar artış gösterse de betonarme demir metrajı perdeli modelde önemli oranda düşük çıkmıştır. Betonarme demir imalatının birim fiyatının yüksek olması nedeniyle, perdeli modelin toplam kaba yapı maliyetinin, çerçevele modele kıyasla 156.869,65 TL daha ekonomik olduğu gözlenmiştir.

## 5. KAYNAKLAR

1. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, (2021, 08 Ocak) Erişim adresi: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/genel-bilgiler/>.
2. Aydınoğlu, M.N., 2007. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim, İstanbul, Sixth National Conference on Earthquake Engineering, 16-20 October, İstanbul, Turkey, 15-41.
3. International Council of Building Officials, 1958, Uniform Building Code, 610 South Broadway, Los Angeles, California.
4. İmar ve İskan Bakanlığı, 1975. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.
5. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Ankara.
6. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Ankara.
7. Ünsal, İ., Öncel F.A., Şahan, M.F., 2020. TDY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre Yapı Yüksekliğinin Taban Kesme Kuvveti ve Tepe Deplasmanı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(4), 930-942.
8. Kasap, H., Mert, N., Sevim, E., Şeber, B., 2015. Perdeli-Çerçevele Taşıyıcı Sistemli Binalarda Taşıyıcı Sistem Seçiminin Yapı Davranışı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 3(1), 48-55.
9. Aksoylu, C., Arlan, M.H., 2019. Çerçeve+perde Türü Betonarme Binaların Periyod Hesaplarının TBDY-2019 Yönetmeliğine Göre Ampirik Olarak Değerlendirilmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 24(3), 365-382.
10. Işık, E., Özdemir, M., Kutanis, M., 2016. Farklı Zemin Kat Yüksekliklerinin Yapı Performansına Etkisi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 7(3), 445-454.
11. Nemutlu, Ö.F., Sarı, A., 2018. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 ile Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'in Karşılaştırılması, International Engineering, Science and Education Conference (INESEC), 14-17 Kasım, Diyarbakır, 569-575.
12. Kuşu, A., Beyen K., 2019. Aynı Koşullar Altında Tasarlanan 12 Katlı Çelik ve Betonarme Bir Yapının TBDY 2018 Esaslarına Göre Karşılaştırılması, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(2), 64-73.
13. Kap, T., Özgan, E., Uzunoğlu, M.M., 2019. Betonarme Bir Okul Binasının 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7, 1140-1150.
14. Yaman, S., Tekeli, H., Demir, F., 2019. Betonarme Binalarda Perde Yeri Değişiminin Bina Performansına Etkisi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 16, 194-204.
15. AFAD, 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritası, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara. <http://tdth.afad.gov.tr/TDTH>
16. Sta4-CAD, Ver.14.1, Structural Analysis for Computer Aided Design, www.sta4.net.

- 17.** Türk Standartları Enstitüsü, 2000. TS500-Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Ankara.
- 18.** Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı, 2020. İnşaat Birim Fiyatlarına Esas İşçilik-araç ve Gereç Rayiç Listeleri, Ankara.