Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi
Nigde Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences

ISSN: 2564-6605
Araştırma / Research

DEPREM ETKİLERİNİN BETONARME ÇERÇEVELER İLE BOŞLUKLU BETONARME PERDELER TARAFINDAN BİRLİKTE KARŞILANDIĞI YÜKSEK BİNALARIN ANALİZ SONUÇLARININ TBDY (2018) VE DBYBHY (2007) 'YE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

Ömer ÖZER[1,*], S. Bahadır YÜKSEL[2]

[1,2] *Konya Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,Selçuklu/Konya*

ÖZET

Betonarme birçok yapıda deprem etkileri, betonarme çerçeveler ve betonarme perdeler tarafından birlikte karşılanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, bu tip betonarme yapıların analiz sonuçlarının Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY, 2007) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e (TBDY, 2018) göre karşılaştırıp sonuçlarının incelenmesidir. Rijit bodrum + 13 katlı bina modeli, DBYBHY (2007) için 1. Derece deprem bölgesinde, TBDY (2018)'e göre ise hem İstanbul Atatürk Havaalanı bölgesinin yer ivmesine, hem de Kocaeli Gölcük bölgesinin yer ivmesine göre analiz edilmiştir. Yapının, tüm taşıyıcıları ve tüm parametreleri için karşılaştırma yapıldığında, DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) analiz sonuçları arasında ciddi farklılıkların olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: DBYBHY (2007), TBDY (2018), Bağ kirişi, Perdeli sistem, Zemin yapı etkileşimi, Yumuşak zemin.

COMPARING ANALYSIS RESULTS OF TALL BUILDINGS WHICH TAKES EARTHQUAKE EFFECTS BY REINFORCED CONCRETE FRAMES AND SHEAR WALLS TOGETHER ACCORDING TO TBEC 2018 AND TEC 2007

ABSTRACT

In many reinforced concrete structures, the earthquake effects are met together by reinforced concrete frames and shear walls. The purpose of this study is to compare and examine the results of analysis of this type of reinforced concrete structures according to Turkish Earthquake Code 2007 (TEC, 2007) and Turkish Building Earthquake Code 2018 (TBEC, 2018). The rigid basement + 13 floor model building is analyzed for seismic zone 1 according to TEC (2007) and same model is analyzed at Istanbul Atatürk Airport and at Kocaeli Gölcük regions ground acceleration according to TBEC (2018). By comparing for all the load carrying members and the parameters of the structure, it has been observed that there are serious differences between the analysis results of TEC (2007) and TBEC (2018).

Keywords: TEC (2007), TBEC (2018), Coupling beam, Shear wall system, Soil structure interaction, Soft soil.

1. GİRİŞ

Ülkemizde, bugüne kadar 1947, 1953, 1961, 1968, 1975, 1998, 2007 ve şu anda yürürlükte olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY, 2018) olmak üzere, toplam 8 farklı deprem yönetmeliği yürürlükte olmuştur. Bir önceki deprem yönetmeliği olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'de (DBYBHY, 2007) Türkiye coğrafyası dört ana deprem bölgesine ayrılmış ve her bir deprem bölgesi için ayrı bir etkin yer ivmesi belirlenmiştir [1]. Bu kabuldeki en büyük sorun ise aynı deprem bölgesindeki her bir coğrafyada sanki aynı yer ivmesi varmış gibi kabul edilmesidir. TBDY (2018)'de ise her bir koordinatın kendine has yer ivmesi ve deprem parametreleri vardır. Ayrıca literatürde yapılan bir çok çalışma doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin daha gerçekçi sonuçlar verdiğini göstermiştir [2]. TBDY (2018)'in de doğrusal olmayan analiz yöntemleri üzerinde de daha fazla durulduğu görülmektedir. Böylelikle yenilenen deprem yönetmeliğiyle daha gerçekçi deprem yüklemeleri ve analiz sonuçlarının yolu açılmıştır.

TBDY (2018)'in 16C.1.2 maddesi incelendiğinde ise, ilgili maddede "güvenli tarafta kalma tercihi nedeni ile bodrumlu binalar dâhil olmak üzere temeli yüzeysel olan binalarda yapı-zemin etkileşimi bu nedenle ihmal edilebilir" hükmü bulunmaktadır. Ancak kolon ve perdelere gelen deprem yükü dağılımı, temel çözüm sistemine göre değişmekte, rijit temel

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: omer@anahtarmuhendislik.com
Geliş / Recieved: 29.02.2020 Kabul / Accepted: 22.05.2020 doi: 10.28948/ngmuh.694781

kabulünde zorlanmayan perde ve kolon kesitleri zemin yapı etkileşimli (ZYE) çözümlerde zorlanabilmektedir [3]. Ayrıca zemin parametrelerinin binaların deprem performansına ciddi etkilerinin olduğu bilinmektedir [4], [5]. Bu etkileri en doğru şekilde yapıya aktarmanın yolu ise gerçekçi modellemedir. Bu bağlamda rijit temel kabulü de yerini düşey statik yüklemeler altında yapıların temellerinde çökme ve dönme etkileri, yatay dinamik yükler altında ise yapı ve temel arasında farklı hareket etme eğilimini dikkate alan ZYE'li çözüme bırakmıştır [6], [7]. Literatürde yapılan çalışmalarda göstermiştir ki ankastre temel kabulü gerçekçilikten uzak kalmakta ve yapı analizlerinde ZYE'li çözümlerin uygulanması önem arz etmektedir [8-10].

Bu çalışmada, DBYBHY (2007)'e göre Z3, TBDY (2018)'e göre ise ZD zemin sınıfında bulunan, rijit bodrum + 13 katlı bağ kirişli perdelerin ve kolon kiriş sisteminin bir arada kullanıldığı yapı modeli hem rijit temel kabulü ile hem de ZYE'li çözüm kullanılarak analiz edilmiştir. Literatürdeki çoğu çalışmada olduğu gibi sadece yapı periyotu üzerinde durulmamış, perde, kolon ve bağ kirişi kesit tesirleri, temel analiz sistemine ve seçilen deprem yönetmeliğine göre detaylı olarak incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Yapı modellemesi yapılırken perdeleri bağlayan kirişlerin bağ kirişi sayılıp sayılamayacağını belirlemek için TBDY (2018)'deki formüllerden yararlanılmıştır. Bağ kirişli (boşluklu) perdelerin tanımlanmasında esas alınan bağ derecesi katsayısı Ω, Denklem (1)'e göre hesaplanmaktadır [11].

$$\Omega = \frac{cN_V}{M_{DEV}} = \frac{cN_V}{M1+M2+cN_V} \tag{1}$$

Denklem (1)'de verilen bağ derecesi katsayısının Denklem (2)'de tanımlanan koşulu sağladığı taşıyıcı sistem elemanları ise bağ kirişli (boşluklu) perde olarak tanımlanır.

$$\Omega \geq 1/3 \tag{2}$$

Denklem (1) ve Denklem (2)'de simgelerin anlamları aşağıda verilmiştir:

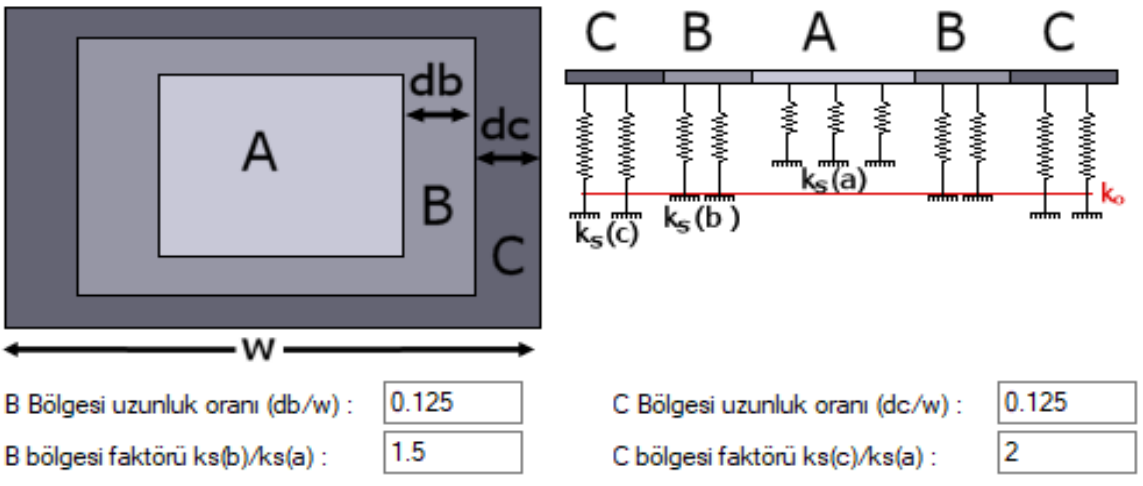
c: Bağ kirişli (boşluklu) perde parçalarının enkesit ağırlık merkezleri arasındaki uzaklık

N_v: Deprem etkisinde bağ kirişli perdenin bağ kirişlerinde oluşan kesme kuvvetlerinin tüm perde yüksekliği boyunca toplam olarak perde parçalarının tabanında oluşan birbirine eşit çekme ve basınç eksenel kuvvetleri

M_1, M_2: Bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarında deprem etkisinden, tabanda elde edilen eğilme momentleri

M_{DEV}: Betonarme perdenin veya çaprazlı çerçevenin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti

Temel sistemi modellenirken iki farklı temel metodu üzerinde durulmuştur. Bunlardan birincisi rijit temel metodudur. Bu yöntemde, en alt kat kolonları ve perdeleri, temele ankastre mesnetli olarak kabul edilmekte, dolayısıyla zeminin yapıdan, yapının da zeminden etkilenmediği varsayılmaktadır. Diğer temel analiz metodu ise daha gerçekçi temel modelleme yöntemi olan Pseudo-Coupled metodudur [12]. Bu yöntemde, temel 3 parçaya bölünür ve her bir alan için ayrı yatak katsayısı tanımlanır (Şekil 1). Her 3 parçaya ait seçilecek olan yatak katsayısının bulunmasında kullanılacak parametreler de aşağıda verilmiştir.



Şekil 1. Pseudo-Coupled metodunda boyutsuz yatak katsayısının düzenli formasyonlu temel alanı içindeki değişimi [13]

$$ydb=W\times(db/W) \quad (3)$$

$$hdb=H\times(db/W) \quad (4)$$

$$ydc=W\times(dc/W) \quad (5)$$

$$hdc=H\times(dc/W) \quad (6)$$

$$Aa=(W-ydb-ydc)\times(H-hdb-hdc) \quad (7)$$

$$Ba=(W-ydc)\times(H-hdc)-Aa \quad (8)$$

$$Ca=W\times H-Ba-Aa \quad (9)$$

$$Eo=(Aa+Ba+Ca)/(Aa+B\ faktör\times Ba+C\ faktör\times Ca) \quad (10)$$

$$K_s(a)=Eo\times K_0 \quad (11)$$

$$K_s(b)=(B\ faktör)\times K_s(a) \quad (12)$$

$$K_s(c)=(C\ faktör)\times K_s(a) \quad (13)$$

W: Radye taban bölgesinin X-Y ekseninde X yönündeki uzunluğu
H: Radye taban bölgesinin X-Y ekseninde Y yönündeki uzunluğu
db/W: Şekil 1'deki B bölgesi genişliği için alınan oran
dc/W: Şekil 1'deki C bölgesi genişliği için alınan oran
Aa: A bölgesi alan değeri
Ba: B bölgesi alan değeri
Ca: C bölgesi alan değeri
K_0: Zemin etütüne göre elde edilen zemin yatak katsayısı değeri
B faktör: Diyalogdan alınan B bölgesi faktörü
C faktör: Diyalogdan alınan C bölgesi faktörü

Temel analizinde, temel içerisinde yukardaki formüllere göre ayrılan 3 ayrı bölge için Ks(a), Ks(b) ve Ks(c) yatak katsayıları kullanılır.

Analiz modeli TBDY (2018)'e göre deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (A14) grubuna girmektedir. Bu sistemler için davranış katsayısı R=8 alınmaktadır. DBYBHY (2007) modelinde süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranını belirten α_s 0.88 bulunmuştur. DBYBHY (2007)'e göre süneklik düzeyi yüksek sistemde Denklem (14) formülüne göre R katsayısı 6.48 seçilmiştir.

$$R = 10 - 4\,\alpha_s \quad (14)$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan analiz modeli rijit bodrum + 13 kattan oluşmaktadır ve kat yükseklikleri 3.5m'dir. Analizi yapılan modelde deprem etkileri, moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılanmaktadır. Modelin kalıp planı Şekil 2'te verilmiştir ve TBDY (2018)'de bahsedilen süneklik düzeyi yüksek sistem seçilmiştir. Seçilen modele ait parametreler, Tablo 1'de verilmiştir.

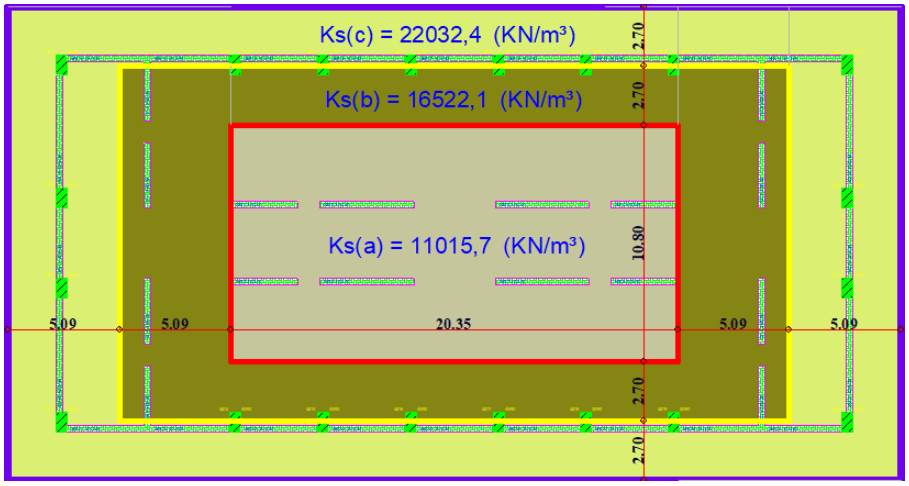
Tablo 1. Yapı genel parametreleri

Yapı Modeli Parametreleri			
Genel Parametreleri		**Taşıyıcı Parametreleri**	
Kat Sayısı	Rijit bodrum + 13 kat	Temel Yüksekliği	1.4 m
Kat Yüksekliği	3.5 m	Temel Ebatları	40.7m x 21.6m
Yapı Yüksekliği	49 m	Perde Kesiti	0.3 x 3
Bina Yükseklik Sınıfı	BYS 3	Perde Uç Düşey Donatı-Etr.	Φ14 - Φ12/10
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	TBDY 2018 – 8 DBYBHY (2007) – 6.48	Perde Gövde Donatı-Etr.	Φ14 - Φ12/10
Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	2.5	Kolon Kesiti	0.5 x 0.9
Beton Sınıfı	C45	Kolon Donatısı - Etr.	18Φ18 - Φ10/9
Çelik Sınıfı	B420C	Kiriş Kesiti	0.3 x 0.7
Deprem Tasarım Sınıfı	DTS 1	Bağ Kirişi Kesiti	0.3 x1.4
Bina Kullanım Sınıfı	BKS 3	Döşeme Kalınlıkları	0.15 m
Hesap Yöntemi	Dayanıma Göre Tasarım	Döşeme Ölü / Hareketli Yük	0.17 / 0.2 t/m^2
Yapı Süneklik Düzeyi	Yüksek	Zemin Sınıfı	ZD
Deprem Hesap Yöntemi	Mod Birleştirme	Zemin Taşıma Gücü	ZD – 490,5 KN/m^2
Yapı Toplam Ağırlığı	114836 KN	Yatak Katsayısı	ZD - 14715 KN/m^3

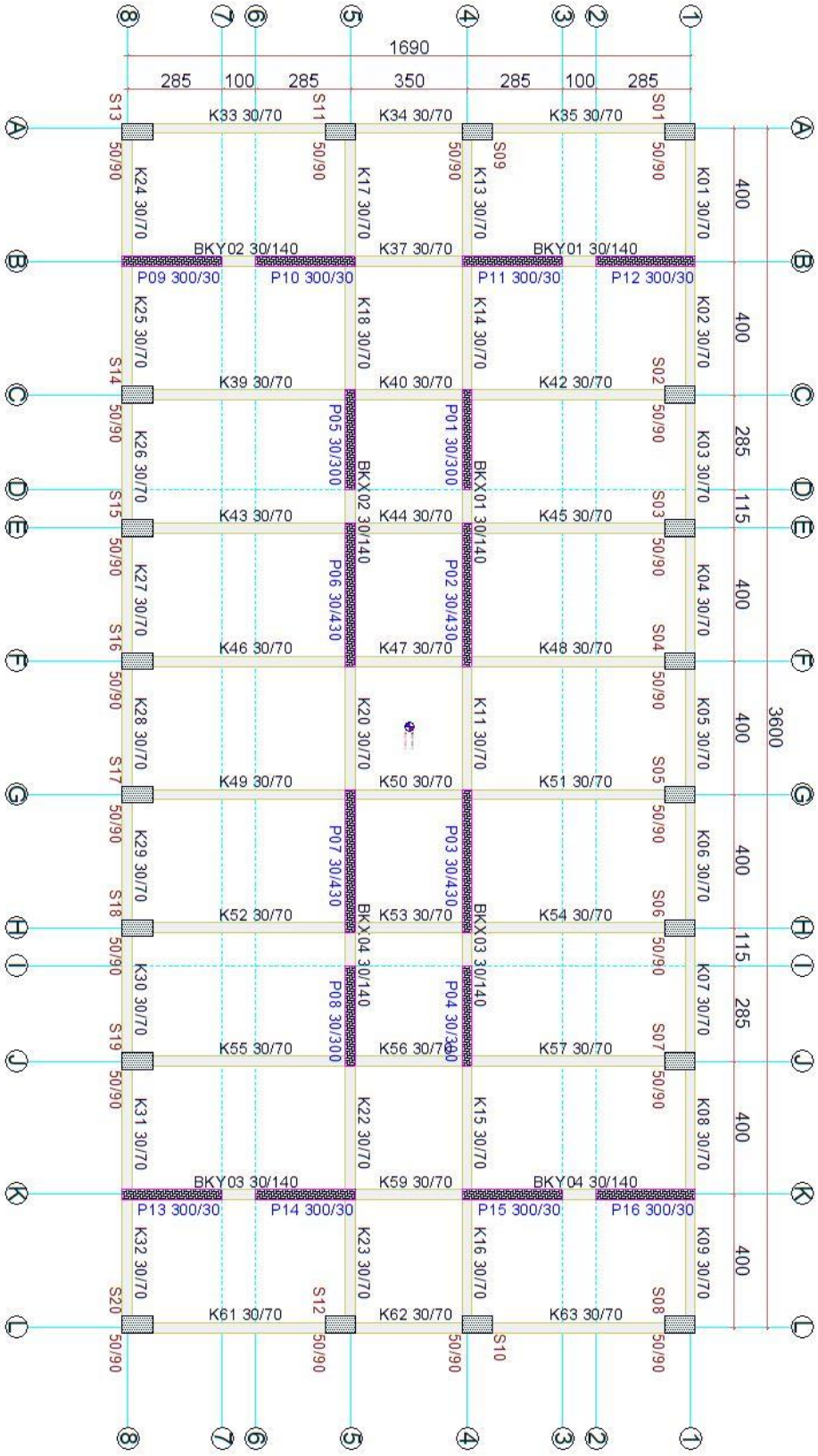
ZYE'li çözüm için Şekil 1'e ve Denklem (11), Denklem (12) ve Denklem (13)'e göre elde edilen yatak katsayılarına ait değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2.ZYE'li çözümde kullanılan yatak katsayısı parametreleri

W (m)	H (m)	db / W	dc / W	ydb (m)	hdb (m)	ydc (m)	hdc (m)	Aa (m^2)
40.7	21.6	0.125	0.125	5.0875	2.7	5.0875	2.7	494.505
Ba (m^2)	**Ca (m^2)**	**K$_o$ (t/m^3)**	**B Faktör**	**C Faktör**	**E$_o$**	**K$_s$(a) (KN/m^3)**	**K$_s$(b) (KN/m^3)**	**K$_s$(c) (KN/m^3)**
178.57125	206.04375	1500	1.5	2	0.748538	11015,7	16522,1	22032,4

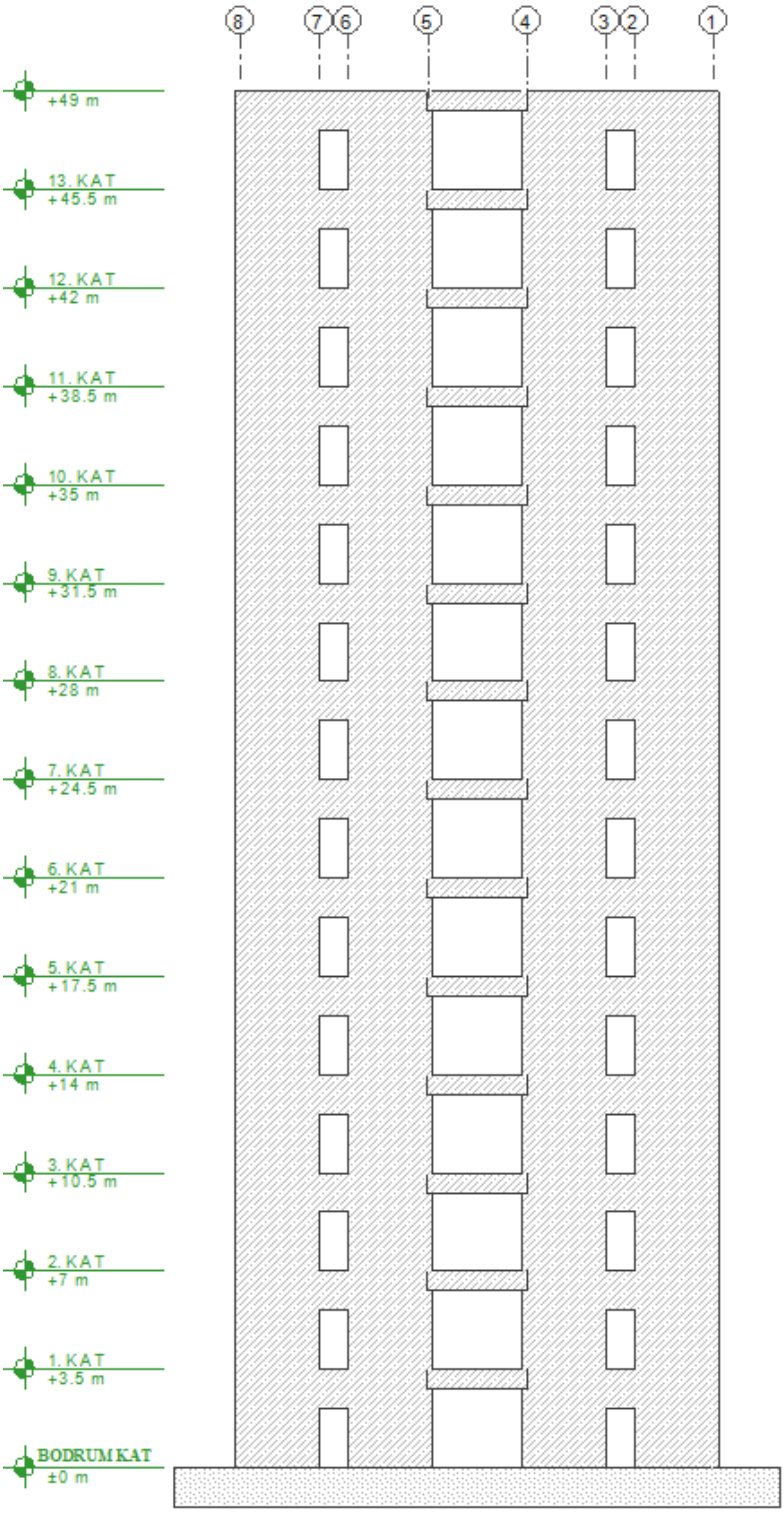


Şekil 2. ZYE'li analizlerde kullanılan yatak katsayılarının radye temel üzerindeki gösterimi

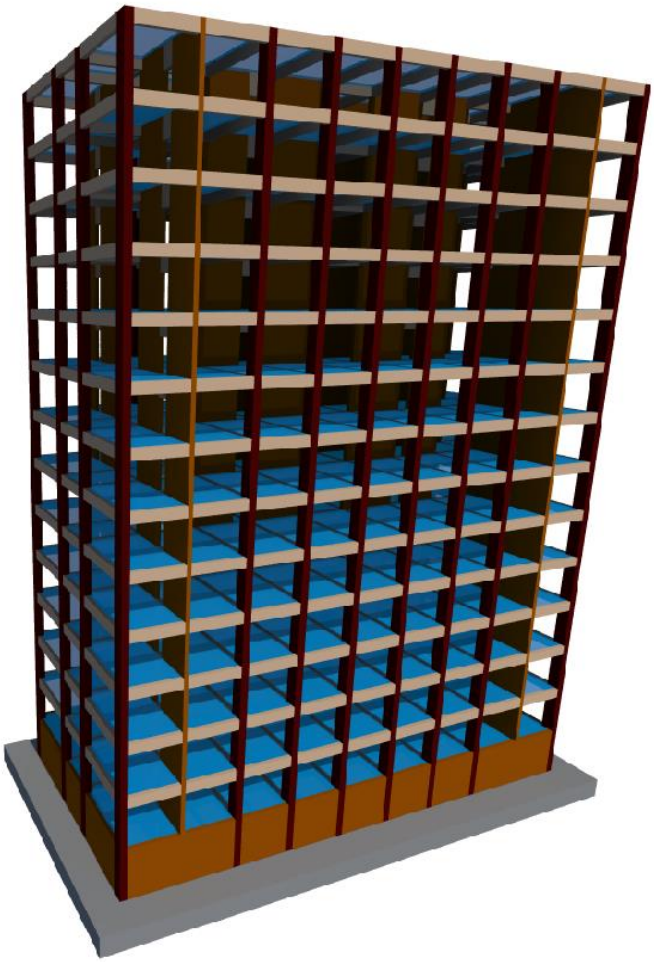


Şekil 3. Analiz modelinin kalıp planı

Analizi modeli Şekil 4 ve Şekil 5'de gösterildiği gibi rijit bodrum + 13 katlı ve yapı toplam yüksekliği 49 metredir. Yapının bodrum katında rijit perdeler bulunmaktadır. Deprem analizlerinde, mod birleştirme hesap yöntemi kullanılmıştır. Analiz modelinin oturduğu zemin, Tablo 3'de gösterildiği gibi TBDY (2018)'de bahsi geçen ZD zemin sınıfında olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 4. Analiz modelinin B aks kesiti



Şekil 5. Analiz modelinin 3 boyutlu görünümü

Tablo 3. TBDY (2018)'de bahsi geçen zemin sınıfları [11]

Yerel Zemin Sınıfı	**Zemin Cinsi**	**Üst 30 metrede ortalama**		
		$(V_S)_{30}$ [m/s]	**$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]**	**Cu 30 [kPa]**
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya PI > 20 ve w > % 40 koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası (c_u < 25 kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli (PI >50) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Yapılacak analizlerde İdecad Statik v10'dan yararlanılmıştır [13]. İdecad Statik v10 ile hem rijit temel hem de zemin yapı etkileşimli çözüm yapılabilmektedir. Ayrıca İdecad Statik v10 paket programı ile hem DBYBHY (2007) hem de TBDY (2018)'e göre analiz yapmak mümkündür.

Bu bölümde yapı modelleri, iki farklı zemin yapı analiz yöntemiyle, TBDY (2018)'e göre ZD zemin sınıfı için İstanbul Atatürk Havaalanı ve Kocaeli Gölcük koordinatlarının deprem parametreleri ile DBYBHY (2007)'ye göre ise 1.derece deprem bölgesi ve Z3 zemin sınıfı için analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda bahsi geçen başlıklar altında karşılaştırılarak incelenmiştir.

Yapı genel sonuçları
a) Yapı periyodu
b) Katlara etkiyen deprem kuvveti
c) Kat deplasmanları

Perde sonuçları:
a) Perdelere gelen eksenel kuvvetler
b) Perdelere gelen deprem yüklemelerinden oluşan eğilme momentleri
c) Perdelere gelen deprem yüklemelerinden oluşan kesme kuvvetleri
d) Perdelere konulması gerekli donatı alanları

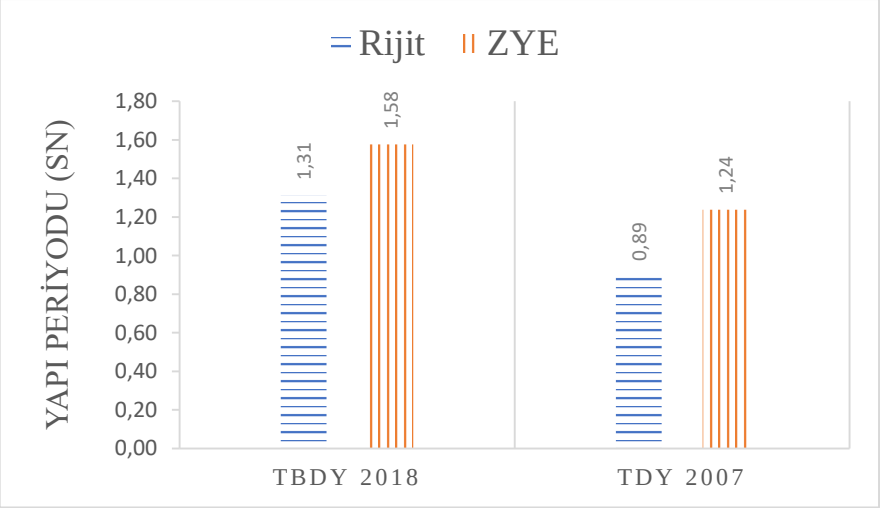
Kolon sonuçları:
e) Kolonlara gelen eksenel kuvvetler
f) Kolonlara gelen deprem yüklemelerinden oluşan eğilme momentleri
g) Kolonlara gelen deprem yüklemelerinden oluşan kesme kuvvetleri

Bağ kirişi sonuçları:
h) Bağ kirişlerine gelen deprem yüklemelerinden oluşan kesme kuvvetleri

ZYE'li çözümlerde yapı periyodunun arttığı bilinmektedir [14]. Bu çalışmada da TBDY (2018)'e göre analiz edilen ZYE'li çözümün kullanıldığı modellemede, yapı periyodunun rijit kabule göre %21 oranında, DBYBHY (2007)'ye göre analiz edilen ZYE'li çözümün yapı periyodunun ise rijit kabule göre %39 oranında arttığı görülmüştür. Ayrıca DBYBHY (2007) ile TBDY (2018)'den elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, TBDY (2018) ile analizi yapılan modelin periyodunun fazla olduğu görülmüştür. Yapı periyodunun analiz koordinatından bağımsız olmasından dolayı Atatürk Havaalanı ve Gölcük modellerinin yapı periyodu aynıdır. Bu yüzden bu iki modele TBDY 2018 olarak ortak paydada isim verilmiştir (Şekil 6).

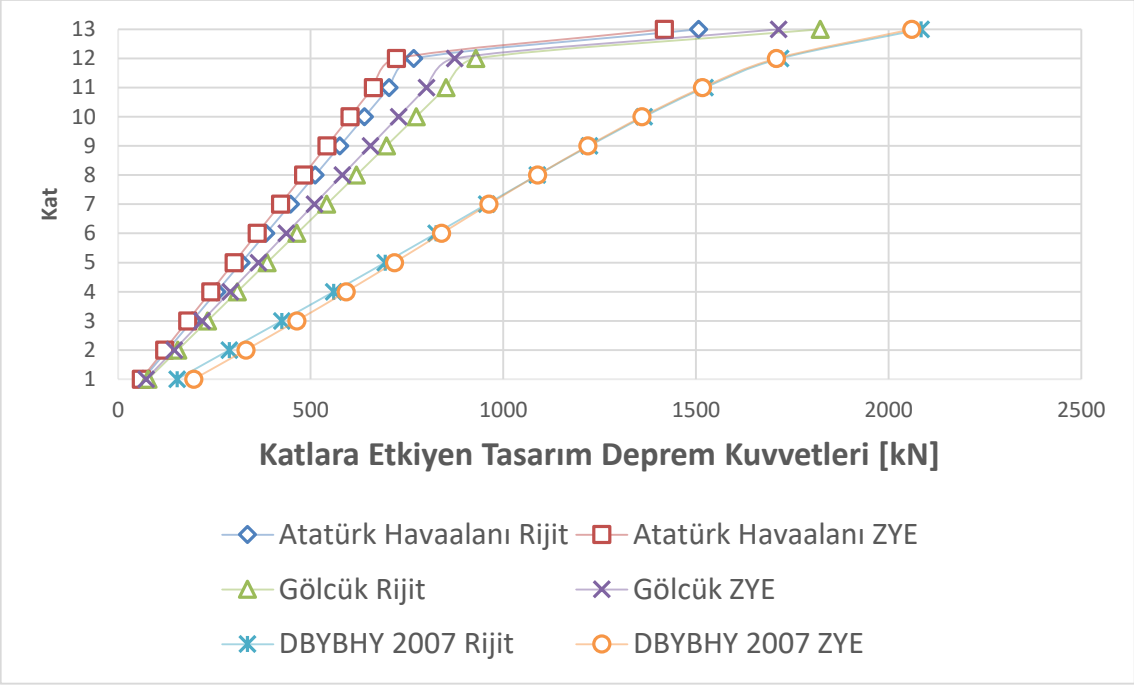
Yapı periyotu hesaplanırken Denklem (4)'den faydalanılmaktadır. Bu formüldeki geçen kütle (m) tüm modellerde aynıdır. Ancak rijitlik katsayısı (k) ZYE'li çözümlerde yapının temelle beraber çözülmesi ve temel rijitliğinin de yapı hesabına dâhil edilmesinden dolayı farklılık göstermektedir.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \tag{4}$$

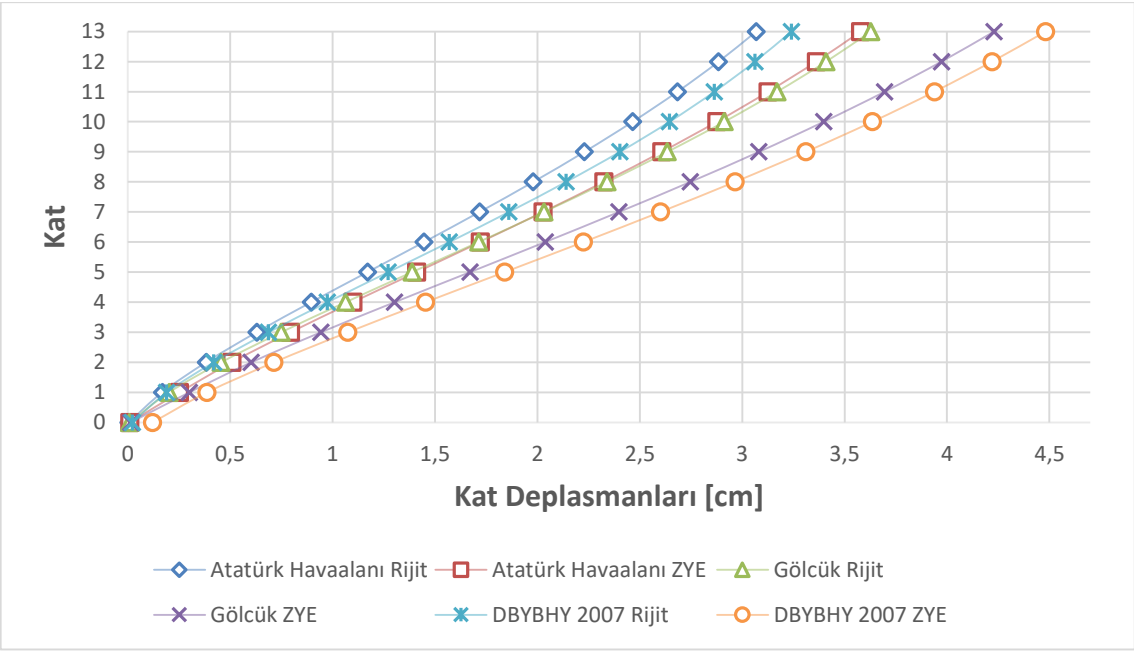


Şekil 6. Temel analiz yöntemleri ve deprem yönetmeliklerine göre yapı periyotlarının karşılaştırılması (sn)

Katlara etkiyen deprem kuvvetleri en düşük ZYE'li Atatürk Havaalanı modeliyken, en yüksek ise DBYBHY (2007) modelinde hesaplanmıştır (Şekil 7). Bodrum katta rijit perdeler bulunduğu için grafiklere 1.kattan başlanmıştır. Kat deplasmanları ise ZYE'li çözümlerde daha yüksek çıkmıştır (Şekil 8). Bunun sebebi ise ZYE'li çözümlerde temel ankastre kabul edilmemesi böylelikle yapının hem düşeyde hem de yatayda deplasman yapabilme kabiliyetinin daha fazla olmasıdır. Deprem yüküne göre ise DBYBHY (2007) modelinin Gölcük modelinden, Gölcük modelinin ise Atatürk Havaalanı modelinden daha yüksek olması ise beklenen bir durumdur.

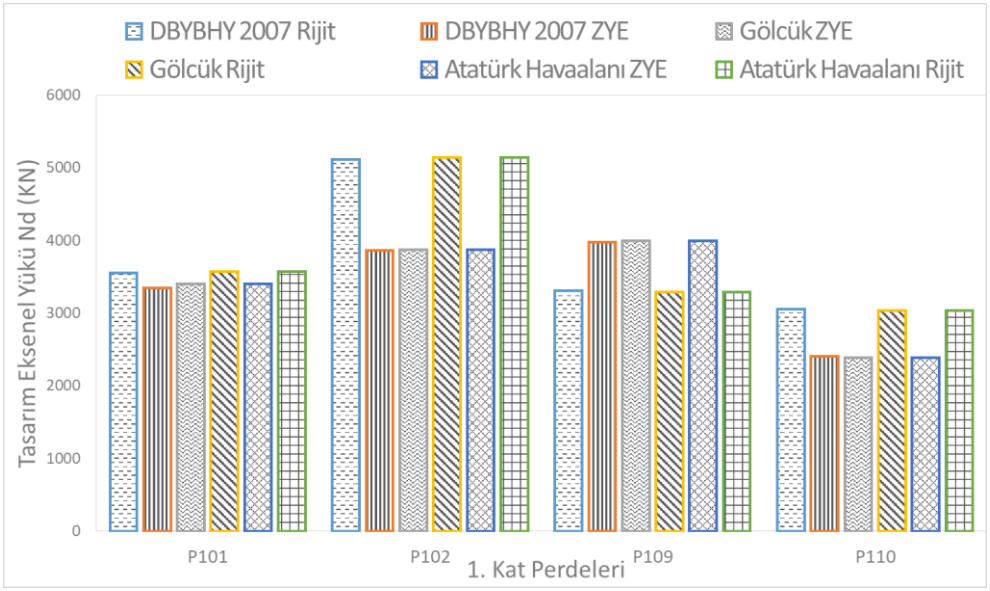


Şekil 7. 6 farklı modelin her bir katına etkiyen deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması (kN)



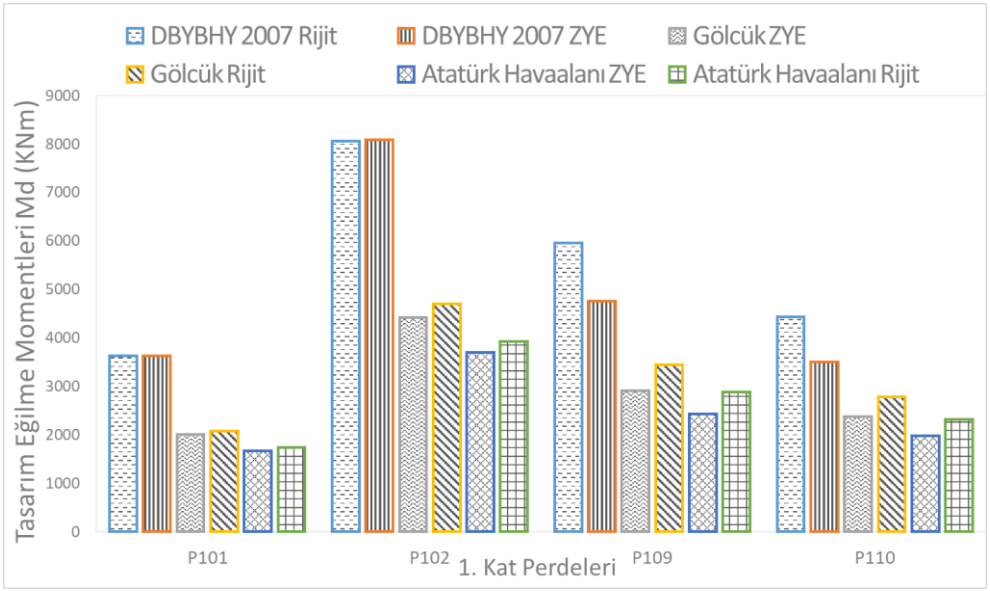
Şekil 8. 6 farklı modelin toplam kat deplasmanlarının karşılaştırılması (cm)

Perde sonuçları kat planında P01-P02-P09 ve P10 şeklinde isimlendirilen hem X hem de Y yönündeki 1. kat perdeleri için incelenmiştir (Şekil 3). Temel analiz yöntemlerinin, perdelerin analiz sonuçlarına etkisinin detaylı incelenebilmesi için perdeler eksenel yük, eğilme momenti, kesme kuvveti ve gerekli donatı alanı olmak üzere 4 farklı parametre için incelenmiştir. G yüklemesi için eksenel yükler incelendiğinde P101 – P102 ve P110 için ZYE'li modeller daha az zorlanırken P109 modellemesi için ise ZYE'li model daha fazla zorlanmıştır (Şekil 9). Bu durum rijit temel kabulünün her zaman güvenli tarafta kalmadığının güzel bir örneğidir.

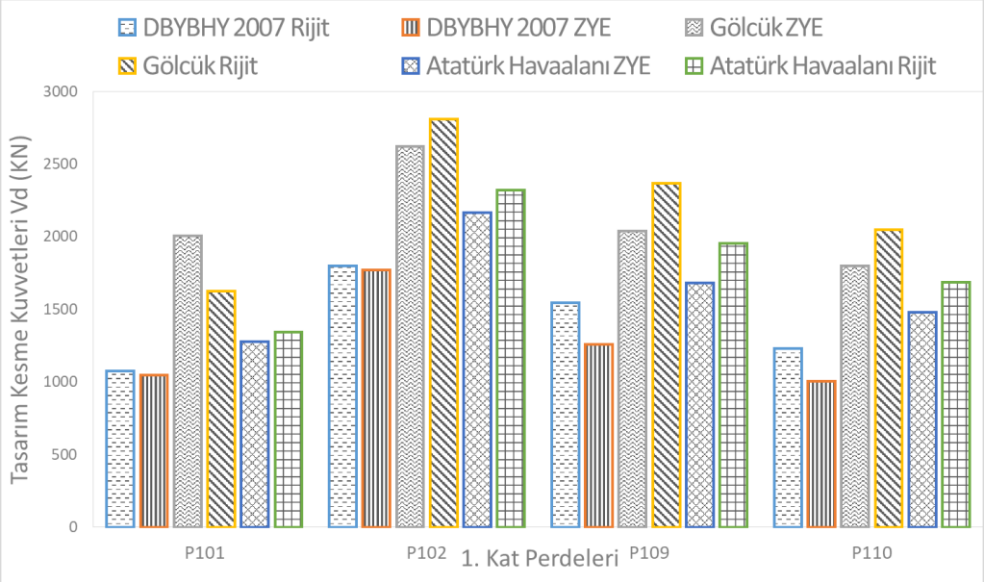


Şekil 9. Birinci katta yer alan seçili 4 adet perdede G yüklemesiyle ortaya çıkan tasarım eksenel yükleri (kN)

Ex (P101 ve P102) ve Ey (P109 ve P110) deprem yüklerinin oluşturduğu momentler incelendiğinde, DBYBHY (2007)'ye göre tasarlanan modelin daha fazla momente maruz kaldığı ayrıca ZYE'li modellere ise daha az moment geldiği görülmüştür (Şekil 10). Aynı yüklemenin oluşturduğu kesme kuvvetleri incelendiğinde ise TBDY (2018)'e göre tasarlanan modelin en fazla deprem kuvvetine maruz kaldığı, P102, P109 ve P110 perdelerinin ZYE'li çözümde daha az deprem yüküne maruz kaldığı ancak TBDY (2018)'e göre Gölcük'te tasarlanan P101 modelinin ZYE'li çözümde daha fazla zorlandığı tespit edilmiştir (Şekil 11).

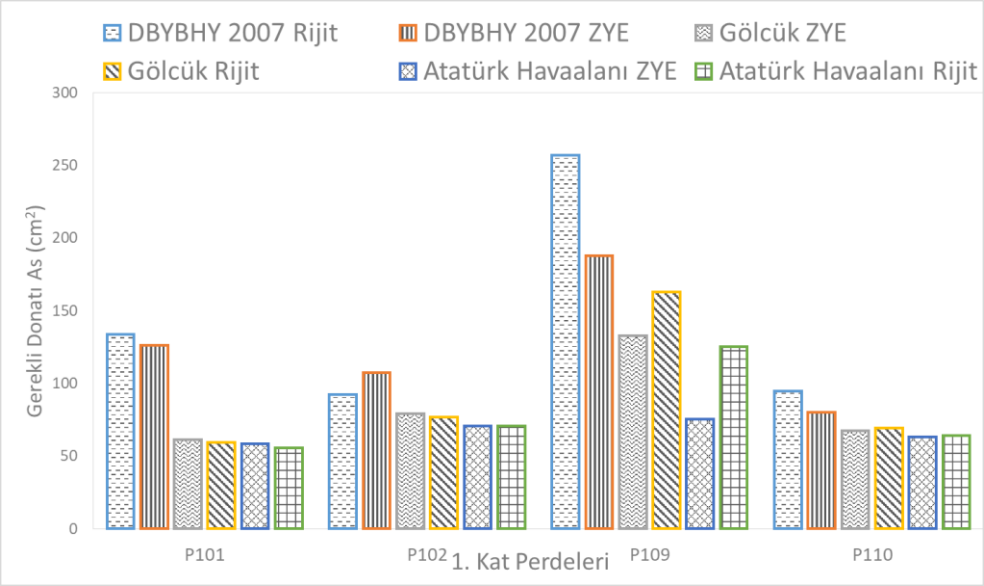


Şekil 10. Birinci katta yer alan 4 adet perdede oluşan Ex ve Ey deprem yüklemesiyle oluşan tasarım eğilme momentleri (kNm)



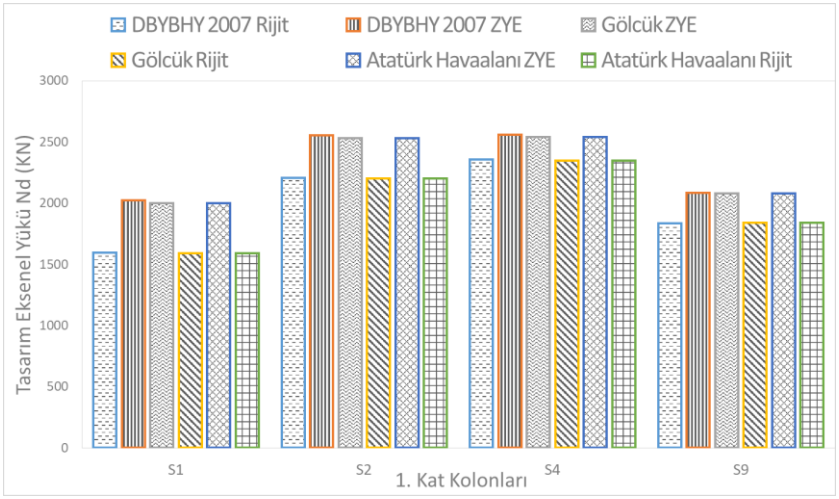
Şekil 11. Birinci katta yer alan 4 adet perdede oluşan Ex ve Ey deprem yüklemesiyle oluşan tasarım kesme kuvvetleri (kN)

Tasarlanan modeller arasında en olumsuz yükleme kombinasyonuna göre gerekli olan donatı alanları karşılaştırıldığında seçilen 4 perde de farklılık göstermektedir (Şekil 12). P101 için ZYE'li Gölcük modelinin en yüksek donatı ihtiyacı varken, diğer perdelerde en yüksek donatı ihtiyacı rijit temelle modellenmiş Gölcük modelinde ortaya çıkmıştır.

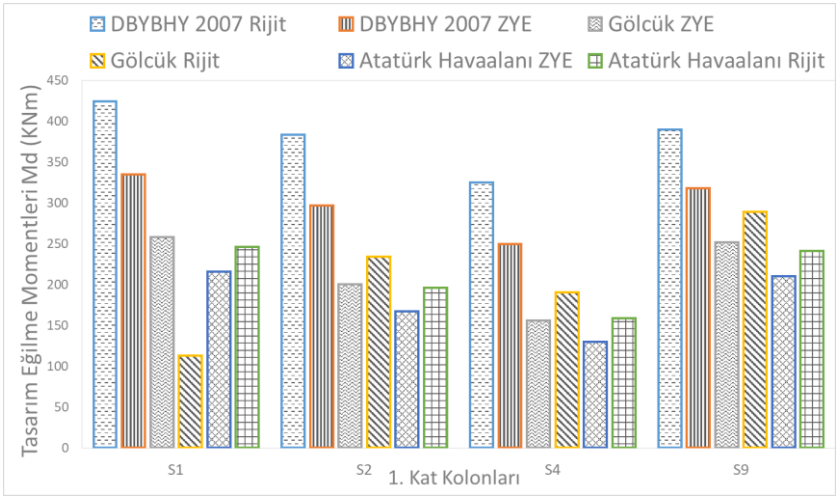


Şekil 12. Birinci katta yer alan seçili 4 adet perdede en olumsuz kombinasyon için hesaplanan donatı alanları (cm^2)

Kolon sonuçları incelenirken yapı simetrisi de göz önüne alınarak 1.kat S1-S2-S4 ve S9 kolonları incelenmiştir (Şekil 3). Temel analiz yöntemlerinin, kolon analiz sonuçlarına etkisinin detaylı bir biçimde incelenebilmesi için kolonlar da perdelere benzer şekilde eksenel yük, eğilme momenti ve kesme kuvveti olmak üzere 3 farklı parametre üzerinden incelenmiştir. Eksenel yüklerin ZYE'li çözümlerde rijit temel kabulüne göre %33'lere varan oranda arttığı görülmüştür (Şekil 13). Bu durum da rijit temel kabulünün her durumda güvenli tarafta kalmadığının açık bir örneğidir. Eğilme momentleri incelendiğinde ise hem temel analiz yöntemine hem de seçilen deprem yönetmeliğine bağlı olarak analiz sonuçları değişkenlik göstermiştir (Şekil 14). Kolon kesme kuvvetleri incelendiğinde ise Gölcük bölgesinde bulunan modelinin diğer bölgelerde bulunan modellere göre daha yüksek kesme kuvvetine maruz kaldığı görülmüştür (Şekil 15).



Şekil 13. Birinci katta yer alan 4 adet kolonda G yüklemesiyle oluşan tasarım eksenel kuvvetleri (kN)



Şekil 14. Birinci katta yer alan 4 adet kolonda Ex ve Ey deprem yüklemesiyle oluşan tasarım eğilme momentleri (kNm)



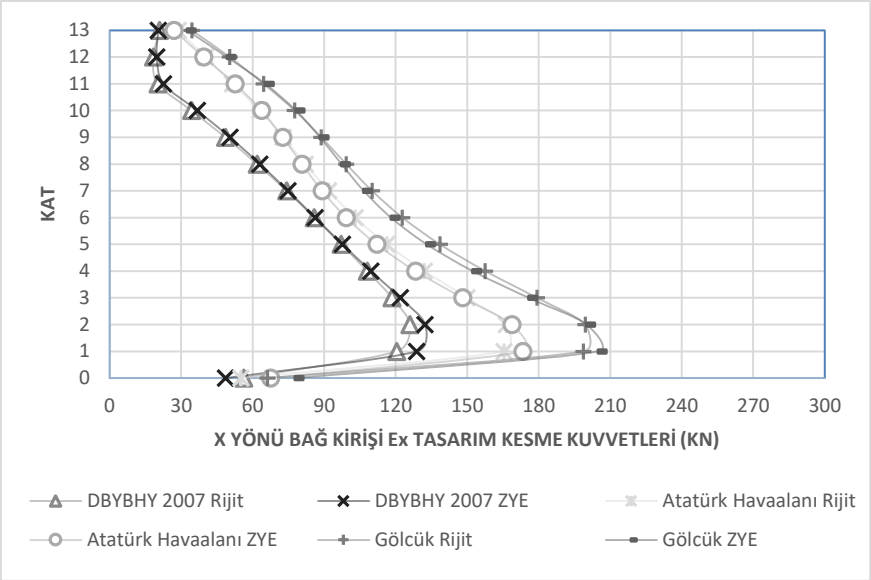
Şekil 15. Birinci katta yer alan 4 adet kolonda oluşan Ex ve Ey deprem yüklemesiyle oluşan tasarım kesme kuvvetleri (kN)

Bağ kirişleri incelenirken Denklem (1) ve Denklem (2)'den faydalanmıştır. Tablo 4'e göre Ω > 1/3 olduğu için bağ kirişleri ile bağlanan perdeler TBDY 2018'e göre boşluklu perde kabul edilmiştir.

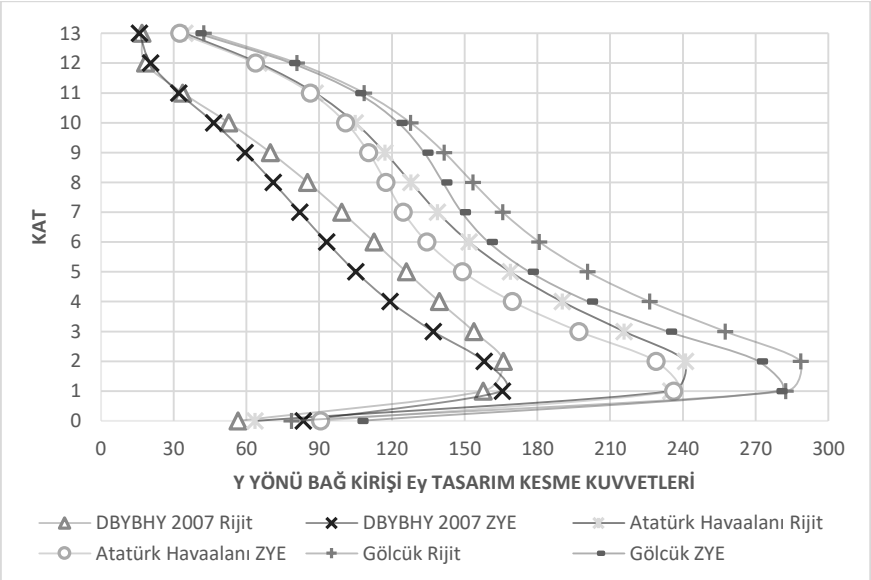
Tablo 4. Bağ kirişleri bağlılık dereceleri

Bağ Kirişi	Bağladığı Perde		c	Nv	M1	M2	Ω
BKX01	P01	P02	4.65	1053.57	497.53	1288.51	0.733
BKY01	P11	P12	4	1285.62	772.03	772.03	0.769

6 farklı modelin hem x hem de y yönündeki bağ kirişi kesme kuvvetleri incelendiğinde Gölcük bölgesinde bulunan modelin 2 farklı temel sistemi için de en fazla kesme kuvvetine maruz kaldığı görülmüştür. DBYBHY (2007)'ye göre analiz edilen modelin ise en az zorlanan model olduğu görülmüştür (Şekil 16-17). Tablo 5 ve Tablo 6'de ise her bir modelin her bir katta Ex ve Ey deprem yüklemesiyle oluşan kesme kuvvetleri ayrıntılı şekilde verilmiştir.



Şekil 16. X yönü bağ kirişlerine gelen Ex tasarım kesme kuvvetleri (kN)



Şekil 17. Y yönü bağ kirişlerine gelen Ey tasarım kesme kuvvetleri (kN)

Tablo 5. X yönü bağ kirişlerine gelen Ex tasarım kesme kuvveti (kN)

Kat No	DBYBHY 2007 Rijit	DBYBHY 2007 ZYE	Atatürk Havaalanı Rijit	Atatürk Havaalanı ZYE	Gölcük Rijit	Gölcük ZYE
Bodrum	56.26	48.62	55.1	67.55	66.25	77.74
1	120.49	128.86	165.42	173.43	198.81	204.94
2	125.98	132.36	166.44	168.78	199.55	200.09
3	118.52	121.9	149.91	148.11	179.23	175.74
4	108.14	109.57	132.08	128.35	157.56	152.3
5	97.14	97.66	116.3	112.11	138.54	133.03
6	85.89	86.2	103	99.26	122.81	118
7	74.24	74.81	91.86	89.16	110.07	106.57
8	61.92	63.05	82.12	80.71	99.22	97.24
9	48.65	50.49	72.81	72.66	88.8	88.26
10	34.37	36.77	62.99	63.8	77.64	78.18
11	20.31	22.64	51.64	52.65	64.56	65.3
12	18.4	19.71	40.2	39.46	50.36	49.26
13	21	20.37	28.7	27.01	34.49	32.5

Tablo 6. Y yönü bağ kirişlerine gelen Ey tasarım kesme kuvveti (kN)

Kat No	DBYBHY 2007 Rijit	DBYBHY 2007 ZYE	Atatürk Havaalanı Rijit	Atatürk Havaalanı ZYE	Gölcük Rijit	Gölcük ZYE
Bodrum	56.54	83.48	63.6	90.6	78.57	106.39
1	157.69	165.54	234.97	236.17	282.39	279.25
2	166.04	158.03	241.08	228.89	288.61	271.22
3	153.79	137.07	215.79	197.12	257.48	233.7
4	139.56	119.25	190.22	169.7	226.32	201.08
5	125.92	105.07	168.83	149.05	200.64	176.67
6	112.71	93.06	151.9	134.43	180.81	159.76
7	99.34	82	138.75	124.67	165.67	148.75
8	85.24	71.03	127.82	117.52	153.38	140.98
9	69.86	59.43	117.14	110.35	141.62	133.25
10	52.68	46.57	104.8	100.94	127.67	122.57
11	33.66	32.11	88.31	86.43	108.5	105.55
12	18.35	20.47	65.09	63.75	80.77	78.39
13	16.95	15.87	34.66	32.5	42.47	39.62

4. SONUÇLAR

TBDY (2018) ile birlikte DBYBHY (2007)'ye nazaran birçok değişikliğe gidilmiştir ve önemli yenilikler getirilmiştir. Bunlardan biri DBYBHY (2007)'deki 4 farklı deprem bölgesi ve etkin yer ivme katsayısının yerini TBDY (2018) ile birlikte her coğrafi koordinata ait kendine has yer ivme katsayısına bırakmasıdır. Bu bağlamda DBYBHY (2007)'ye göre ikisi de birinci derece deprem bölgesinde sayılan İstanbul Atatürk Havaalanı ile Kocaeli Gölcük bölgesinin, TBDY (2018)'e göre kendi koordinatlarından alınan deprem parametreleriyle analizleri yapılmış ve bu analizler DBYBHY (2007)'ye göre birinci derece deprem bölgesindeki modelle de karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde Gölcük bölgesinde bulunan modelin Atatürk Havaalanı bölgesinde bulunan modele göre her parametre için daha fazla zorlanmış ve daha fazla donatı ihtiyacı duymuştur. Dolayısıyla her bir koordinatın kendine has yer ivmesi ve deprem parametrelerinin olması yaklaşımı, gerçekçi tasarım için oldukça önemli ve güzel bir yeniliktir.

Bir diğer değişiklik ise DBYBHY (2007)'nin 2.2.1.5 maddesinde zorunlu tutulan zemin yapı etkileşimli çözümün TBDY (2018)'de yüzeysel temeller için ihmal edilebilmesidir. Yapı periyotları incelendiğinde ZYE'li çözümün kullanıldığı modellemelerden elde edilen yapı periyotlarının rijit temel metoduna göre elde edilenlerden daha fazla olduğu görülmektedir. Binada incelenen 4 adet perdeden biri olan P101 perdesinin ZYE'li çözümde daha fazla zorlandığı görülmüştür. Özellikle kolon

eksenel yüklerinin ZYE'li çözümlerde rijit temel kabulüne göre %33'lere varan oranda daha fazla çıktığı görülmüştür. Ayrıca bazı kolon, perde ve bağ kirişlerine ZYE'li çözümde daha fazla kesme kuvveti geldiği dolayısıyla da TBDY (2018) 16.C.1.2 maddesinde yüzeysel temeller için bahsi geçen rijit temel kabulünün güvenli tarafta her koşulda kalınmadığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

[1] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*. Ankara, 2007.

[2] B. Ozturk, "Evaluation of Seismic Behavior of the Selected Buildings Located Close To Duzce Recording Station in Duzce, Turkey where two Subsequent Earthquakes Occurred in 1999," presented at the 9th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Ottawa, Ontario, Canada, 2007.

[3] S. İ. Mısır, G. Özden, and S. Kahraman, "Temel Zemin Yaylarinin Alansal Etkileşimi ve Yapi Davranışına Etkisi," *Deprem Sempozyumu Kocaeli*, pp. 1064-1071, 2005.

[4] B. Ozturk, "Dynamic Analysis and the Resulting Nonlinear Response of Building Structures Located in Seismically Active Regions in Turkey," presented at the ICEE 2006: 4th International Conference on Earthquake Engineering, Taipei, Taiwan, 2006.

[5] B. Ozturk, "Evaluation of Drift Demand on the Basis of Nonlinear Response of Building Structures Located at Seismically Active Regions," presented at the 4th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Selanik, Greece, 2007.

[6] A. A. Farghaly and H. H. Ahmed, "Contribution of soil-structure interaction to seismic response of buildings," *Ksce J Civ Eng*, vol. 17, no. 5, pp. 959-971, Jul 2013.

[7] B. Fatahi, S. H. R. Tabatabaiefar, and B. Samali, "Soil-structure interaction vs Site effect for seismic design of tall buildings on soft soil," *Geomech Eng*, vol. 6, no. 3, pp. 293-320, Mar 2014. [Online]. Available: <Go to ISI>://WOS:000337307000006.

[8] S. C. Girgin, S. Mısır, G. Özden, and S. Kahraman, "Yapı - Zemin Etkileşiminin Yapısal Tasarımdaki Rolü," *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi,* vol. 10, no. 1, pp. 27-37, 2008.

[9] C. Balkaya, S. B. Yuksel, and O. Derinoz, "Soil-structure interaction effects on the fundamental periods of the shear-wall dominant buildings," *Struct Des Tall Spec*, vol. 21, no. 6, pp. 416-430, Jun 2012.

[10] M. Choiniere, P. Paultre, and P. Leger, "Influence of soil-structure interaction on seismic demands in shear wall building gravity load frames," *Eng Struct*, vol. 198, Nov 1 2019.

[11] Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. Ankara, 2018.

[12] *Foundations and Subsoil (manual),* SCIA, 2012.

[13] İdecad Statik v10, İdeYapı A.Ş., Şişli, İstanbul, 2020

[14] B. Siyahi, Ö. Ç. Çetin, and H. T. Bilge, "Geoteknik Deprem Mühendisliği Açısından Zemin-Temel-Yapı Etkileşimine Kritik Bakış," *Çukurova Üniversitesi Geoteknik Sempozyumu,* 2013.