



TBDY-2018 ile DBYBHY-2007 yönetmelik hükümlerine göre tasarımı yapılan binaların performansının incelenmesi

Necati Mert^a, Muhammet Mustafa Tokay^a, Enes Özdemir^b ve Hasan Sesli^{b,*}

^a*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 54000, Türkiye.*

^b*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yalova Üniversitesi, Yalova, 77200, Türkiye.*

MAKELE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş 18 Temmuz 2024

Düzeltilme 28 Kasım 2024

Kabul 6 Ocak 2024

Çevrimiçi mevcut

Anahtar Kelimeler:

TBDY-2018

DBYBHY-2007

Performans analizi

Yapısal davranış

Betonarme binalar

ÖZET

Bu çalışmada, Yalova ilinde inşa edilmiş olduğu varsayılan binaların deprem performansları, TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 tasarım yönetmeliklerine göre değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, binaların döşeme sistemi, kat sayısı ve yerel zemin sınıfları değiştirilerek, yapıların davranışları ve depreme karşı performansları STA4CAD betonarme yapısal analiz paket programı ile değerlendirilmiştir. Bu analizler sonucunda, elde edilen veriler ışığında yapıların doğal titreşim periyotları, taban kesme kuvvetleri ve etkin görelî kat ötelemeleri gibi parametreleri karşılaştırılmış ve beton ve donatı miktarlarındaki değişim incelenmiştir. Ortak bir mimari plan kullanılarak, yapıların tasarımında zemin sınıfı, kat sayısı ve döşeme sistemlerindeki değişiklikler göz önünde bulundurulmuş ve TBDY-2018 ve DBYBHY-2007'deki sınırlar dikkate alınarak yapıların davranışları incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda TBDY-2018'de zorunlu hale getirilen etkin kesit rijitliklerinin, yapıların davranışını önemli ölçüde değiştirdiğini ortaya koymuştur. Bu değişiklikler, yapıların daha rijit hale gelmesine ve dolayısıyla depreme karşı daha güvenli olmasına yol açmıştır. Bu doğrultuda, TBDY-2018'e göre tasarımı yapılan yapıların, DBYBHY-2007'ye göre çok daha fazla donatı ve betona ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Ayrıca, DBYBHY-2007'ye göre tasarlanmış binaların deprem performanslarının, TBDY-2018'in belirlediği performans kriterlerini karşılamadığı tespit edilmiştir.

Evaluation of the performance of buildings designed specifically according to TBEC-2018 and TEC-2007 regulations provisions

ARTICLE INFO

Article history:

Received

Received in revised form

Accepted

Available online

Keywords:

TBEC-2018

DBYBHY-2007

performance-based analysis

structural behavior

reinforced concrete buildings

ABSTRACT

In this study, the earthquake performances of buildings assumed to have been built in Yalova province were evaluated according to TBEC-2018 and TEC-2007 design regulations. Within the scope of the study, the floor system, number of storey and soil classes of the buildings were changed and the behavior of the buildings and their performance against earthquakes were evaluated according to the provisions of both regulations with the STA4CAD reinforced concrete structural analysis software. As a result of these analyses, the parameters of the structures such as natural vibration periods, base shear forces and relative story drifts were compared. The changes in the amounts of concrete and reinforcement according to both regulations were examined. Using a common floor plan, changes in soil class, number of storey and floor systems were taken into account in the design of the buildings, and the behavior of the buildings was examined taking into account the limits of both regulations. As a result of the analysis, it has been revealed that the effective section stiffnesses in TBEC-2018 significantly change the behavior of the structures. These changes have led to structures becoming more rigid and therefore safer against earthquakes. In this regard, it has been observed that the structures designed according to TBEC-2018 need much more reinforcement and concrete than TEC-2007. In addition, it has been determined that the earthquake performances of structures designed according to old regulations do not meet the performance criteria determined by TBEC-2018.

I. GİRİŞ

Ülkemiz, Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAF) ile Doğu Anadolu Fay Hattı (DAF) gibi deprem kuşakları etkisi altındadır. Bu faylar ara ara büyük depremler üreterek büyük can kayıplarına ve yıkımlara yol açmaktadır. Sanayileşme, kentleşme vb. nedenlerle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerlerin önemli bir kısmının fay kuşaklarına yakın olmasının yanında yetersiz zemin koşulları ve depreme dayanıksız yapıların varlığı, şiddetli deprem etkisinde afetin boyutunu önemli ölçüde belirlemektedir [1].

Deprem daha önceden tahmin edilmesi ve hesap edilmesi en zor olan bir dinamik yük etkisi olmaktadır. Bu sebeple yapı davranışını kontrol altına alabilmek sadece olası deprem yükü etkisinde yapı davranışını öngerebilmek ile mümkün olmaktadır.

Sesli, 2023 yılında Türkiye’de geçmişten itibaren uygulamalarda sıkça yaşanan sorunlar, bilimsel araştırmalar sonucu elde edilen yeni bilimsel veriler ve teknolojik gelişmeler ışığında 1947, 1953, 1961, 1968, 1975, 1998, 2007 ve halen yürürlükte olan 2018 deprem yönetmeliği olmak üzere, deprem yönetmelikleri toplam 8 kez revize edilmiştir. 1998 deprem yönetmeliğinin uygulamaya sokulmasının hemen ardından 17 Aralık 1999 tarihinde meydana gelen 7,6 büyüklüğündeki Kocaeli Depremi sonucunda geçmişte yapılan uygulama hataları, bölgenin ve ülkenin ağır bir faturası haline dönüşmüştür. Yaşanan deprem tecrübesi ile yaklaşık 10 yıl süre zarfındaki gelişmelere bağlı olarak, 1998 deprem yönetmeliğine beton ve çelik donatı sınıfı gibi mikro ölçekte değişikliklerin yanında bina değerlendirme ve güçlendirme bölümü eklenerek “2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)” yürürlüğe girmiştir [2]. Bilim alanında artan teknolojik gelişmeler ve araştırmalar neticesinde artık yeni bir yapı yönetmeliğine ihtiyaç duyulduğu anlaşılmıştır. 18 Mart 2018’de Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018), Resmî Gazete de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

TBDY-2018 ile gelişen modern çağın ve teknolojinin getirdiği olanaklardan faydalanarak yapıların tasarımında daha modern yaklaşımlar ve daha kapsamlı analiz yöntemleri ile yapıların analizlerini değerlendirme fırsatı bulunmuştur. TBDY-2018’de zemin ile ilgili bilgiler daha kapsamlı bir bölümde ele alınarak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007’ye nazaran daha kapsamlı değerlendirilmesi sağlanmıştır. TBDY-2018’in yürürlüğe girmesi ile birçok bilimsel çalışma yapılarak yönetmeliğin sağladığı katkılar ortaya konulmuştur.

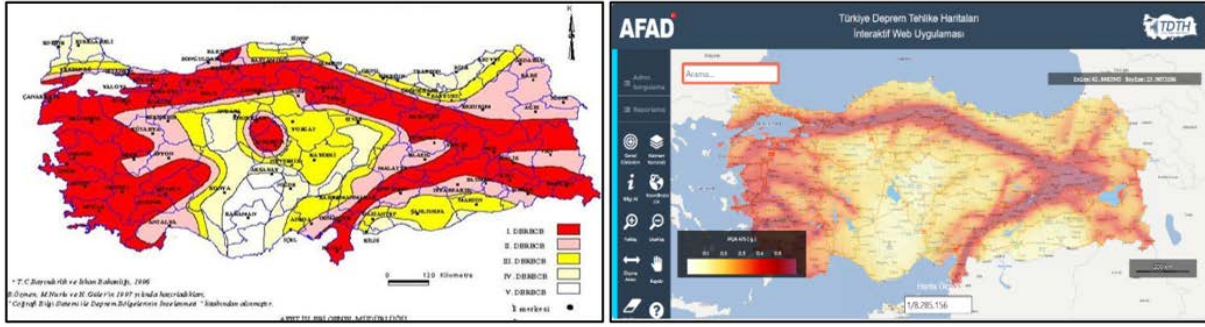
Keskin vd., 2018 yılında eski yönetmelik ve yeni yönetmelikte en zayıf zemin sınıfı olarak yer alan Z4 ve ZE için yaptıkları çalışmada ZE zemin sınıfının yük ve deplasmanlarında yeni yönetmelikte önemli artışlar olduğunu tespit etmişlerdir [3]. Karaca vd., 2020 yılında TBDY-2018’e göre tasarlanmış olan beş farklı binanın DBYBHY-2007’ye göre donatı miktarının arttığını gözlemlemişlerdir. Bu durumun sebebinin kesit rijitliklerinin azaltılmadan daha fazla yükleme yapılan kesitlere daha fazla donatı ihtiyacı olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, kesit rijitliklerinin azaltılmasının yapıdaki görelî kat ötelemelerini etkilediğini tespit etmişlerdir [4]. Meral 2021 yılında, farklı katlara sahip yapıların davranışını Sap 2000 sonlu eleman paket programında doğrusal elastik zaman tanım alanı yöntemi ve tepki spektrumuna göre karşılaştırmıştır. Elde ettiği sonuçlarda her iki analiz yöntemine göre tepe noktası deplasmanlarda artışın olduğunu ve 7 katlı yapılarda riskli duruma geldiğini tespit etmiştir [5]. Gündoğay ve Aksakal 2022 yılında, TBDY-2018 ile DBYBHY-2007’deki sınır şartlarını dikkate alarak kare kolonları, kolonların üzerine gelen eksenel yükü, etriye aralığını, betonun dayanımını, boyuna donatı çapını değişken parametreler olarak dikkate alarak her iki yönetmeliğe göre kolonların eğrilik sünekliğini karşılaştırmışlardır. Yeni yönetmeliğe göre elde edilen eğrilik sünekliğinin eski yönetmeliğe oranla güvende kaldığını tespit etmişlerdir [6].

Doğan vd., 2022 yılında, TBDY-2018'e göre saplama kirişlerin momentlerinin düşey deprem etkisini de dikkate alarak eski yönetmeliğe göre 4 kat arttığı sonucuna varmışlardır. Eski yönetmeliğe oranla düşey deprem etkisinin konsol kirişlerin mesnet momentlerindeki artışı üzerinde %20 katkısı olduğunu tespit etmişlerdir [7]. Sümer ve Hamsici 2019 yılında, TBDY-2018'e göre tasarımı yapılan binalardaki kat sayısının artmasıyla birlikte taban kesme kuvvetinin 2007 yönetmeliğine göre daha düşük olduğunu ve yumuşak zemine doğru gidildikçe etkin görelî kat ötelemelerinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir [8]. Dalayan ve Şahin 2019 yılında, 5 katlı betonarme konut yapısının deprem yükleri altındaki performansını DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre doğrusal olmayan artımsal itme analizi ile incelemişlerdir. TBDY-2018'e göre yapı daha uzun periyotlar ve daha düşük deprem kuvvetleriyle hesaplanmış, ancak şekil değiştirme hasar sınırları daralmıştır, bu nedenle hedef performans DBYBHY-2007 ile benzer kaldığını tespit etmişlerdir [9]. Çetin vd., 2020 yılında, farklı bölgesel zemin sınıflarının binalarda ortaya çıkan A1 burulma düzensizliklerine etkisini incelemişlerdir. 270 farklı binanın modellemesi ve analizini, beş farklı bina tipi için Sap 2000 analiz programını kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, TBDY-2018'e göre normal binaların burulma düzensizliği katsayısının DBYBHY-2007'ye göre azaldığı, ancak düzensiz binaların burulma düzensizliği katsayısının DBYBHY-2007'ye göre arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca, yapının merkezine asimetrik bir perde duvar yerleştirildiğinde burulma düzensizliğinin arttığını gözlemlemişlerdir [10]. Ünsal vd., 2020 yılında, TBDY-2018 ve DBYBHY-2007'yi temel olarak bina yüksekliğinin toplam eşdeğer sismik yük ve maksimum tepe yer değiştirmesi üzerindeki etkisini karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Çalışma sonucunda taban kesme değerinin eski düzenlemelerle yapılan analiz sonuçlarına göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, TBDY-2018'e dayalı olarak yapılan analizlerde, en büyük deplasman değerlerinin DBYBHY-2007'ye dayalı olarak yapılan analizlere kıyasla daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir [11]. Aksoylu ve Arslan 2021 yılında, TBDY-2018'de hesaplanan taban kesme kuvvetinin, DBYBHY-2007'de hesaplandan daha düşük olduğunu saptamışlardır. Görelî kat ötelemelerinin her iki yönetmelikte belirtilen sınırlar içinde kaldığını tespit etmişlerdir [12]. Adar vd., 2021 yılında, betonarme taşıyıcı sistemler için hesaplanan yer değiştirme değerlerinin, DBYBHY-2007 yönetmeliğine oranla yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumun, TBDY-2018'de belirtilen sınır olarak tanımlanan görelî kat deplasmanlarının artmasına denk olduğunu tespit etmişlerdir. Yeni ve eski yönetmeliklere göre değerlendirilen burulma düzensizliği katsayısının farklı olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, daha fazla yer değiştirme talepleri nedeniyle, yeni yönetmeliğe göre doğal titreşim periyodunun eski yönetmeliğe oranla daha uzun olduğunu tespit etmişlerdir [13]. Bu çalışmada deprem etkisi altındaki yapıların, taban kesme kuvvetleri, yapı doğal titreşim periyotları ve etkin görelî kat ötelemeleri üzerinde değerlendirmeler yapılarak her iki yönetmeliğe göre kesit boyutları ile donatı miktarındaki değişimler ve yapıların, TBDY-2018 performans kriterlerine göre deprem performansları araştırılmıştır.

II. YÖNTEM

Bu çalışmanın temel amacı, TBDY-2018 ile DBYBHY-2007'e göre tasarlanan yapılar arasındaki temel farklılıkların ortaya konması ve TBDY-2018 kapsamında deprem performanslarının karşılaştırılmasıdır. Bunun için öncelikle DBYBHY-2007'ye göre TBDY-2018'e eklenen ve değiştirilen hususlar incelenmiştir.

DBYBHY-2007'de Türkiye 4 deprem bölgesine ayrılırken TBDY-2018'de ise deprem bölgeleri ifadesi kaldırılarak deprem bölgeleri haritası yerine 'Türkiye Deprem Tehlike Haritası' getirilmiştir. Bu harita ile inşa edilmesi planlanan her yapıya ait lokasyon bilgisi girilerek konuma ait spektral ivme katsayıları elde edilmektedir. Şekil 1'de Eski ve yeni yönetmelikte kullanılan deprem tehlike haritaları karşılaştırmalı verilmiştir.



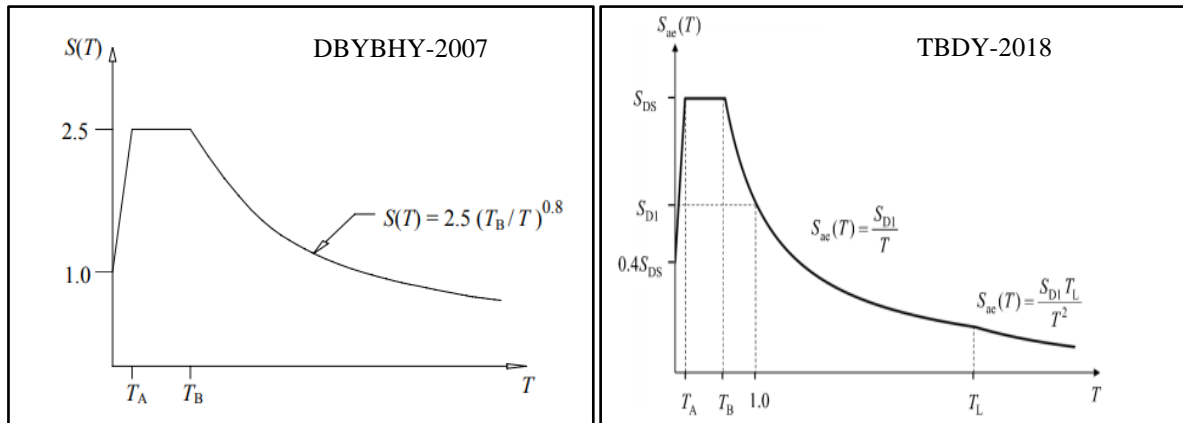
Şekil 1. TBDY-2018 ve DBYBHY-2007'de kullanılan deprem tehlike haritaları [14]

DBYBHY-2007'de deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmamış olup, tasarımı yapılan tüm binalarda 50 yılda aşılma olasılığı %10, tekrarlanma periyodu 475 yıl olarak belirtilen tasarım deprem kullanılmıştır. Yeni yönetmelikte 4 adet deprem yer hareketi düzeyi (DD) tanımlanmıştır. Tanımlanan bu deprem yer hareketi düzeyleri mevcut ve yeni yapılacak yapıların nitelik durumuna bağlı performans değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. TBDY-2018'de tanımlanan 4 adet deprem yer hareketi düzeyi Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. TBDY-2018'de tanımlanan deprem yer hareketleri

Deprem Düzeyi	Tekrarlanma Periyodu	50 yılda Aşılma Olasılığı	Tamımı
DD-1	2475	%2	En büyük deprem
DD-2	475	%10	Standart Tasarım depremi
DD-3	72	%50	Sık deprem
DD-4	43	%68	Servis depremi

Eski yönetmelikteki deprem bölgeleri için belirlenen etkin yer ivme katsayısı (A_0) yerine, TDTH'da binanın yapılacağı lokasyona ait kısa periyot ve 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayıları (S_s ve S_1) dikkate alınmaktadır. Bu katsayılar zemin sınıfına göre belirlenen kısa periyot ve 1,0 saniye periyot için elde edilen zemin etki katsayıları (F_s ve F_1) ile çarpılarak spektrum eğrilerinin belirlenmesinde kullanılan kısa periyot ve 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayıları (S_{DS} ve S_{D1}) elde edilmektedir. Ayrıca TBDY-2018'de depremin üçüncü bileşeni olan düşey deprem etkisi de dikkate alınmaktadır. Özellikle merkez üssüne yakın olan yerleşim yerlerinde, depremin düşey bileşenin etkisi oldukça fazla olmaktadır. Şekil 2'de TBDY-2018 ile DBYBHY-2007'de kullanılan spektrum eğrilerinin karşılaştırılması verilmektedir.



Şekil 2. TBDY-2018 ve DBYBHY-2007'de kullanılan spektrum eğrileri [15-16]

Denklem 1’de DBYBHY-2007’ye göre belirlenen spektral ivme katsayısı,

$$\begin{aligned}
 S(T) &= 1 + \left(1.5 * \left(\frac{T}{T_A} \right) \right) & (0 \leq T \leq T_A) \\
 S(T) &= 2.5 & (T_A \leq T \leq T_B) \\
 S(T) &= 2.5 * \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} & (T_B \leq T)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Denklem 2’de TBDY-2018’e göre belirlenen spektrum ivme katsayısı verilmektedir.

$$\begin{aligned}
 S_{ae}(T) &= \left(\left(0,4 + 0,6 * \frac{T}{T_A} \right) \right) * S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\
 S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} * T_L}{T^2} & (T_L \leq T)
 \end{aligned} \tag{2}$$

DBYBHY-2007’de 4 farklı zemin grubu (Z1, Z2, Z3, Z4) tanımlanmaktadır. Z1 zemin sınıfı en iyi zemin sınıfı olup, en yumuşak zemin Z4 olmaktadır. TBDY-2018’de ise zemin sınıfları, zemin katmanlarının üst 30 metrelik kesimindeki ortalama zemin özelliklerine göre belirlenmektedir. ZF sınıfındaki yerel zeminler için sahaya özel zemin davranış analizleri yapılması istenmektedir. TBDY-2018’de dikkate alınan yerel zemin sınıfları Tablo 3’te verilmektedir.

Tablo 3. TBDY-2018 yerel zemin sınıfları [15]

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		(V _S) ₃₀ [m/s]	(N ₆₀) ₃₀ [darbe/30 cm]	(c _u) ₃₀ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya PI > 20 ve w > % 40 koşullarını sağlayan toplamda 3	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	metreden daha kalın yumuşak kil tabakası (c _u < 25 kPa) içeren profiller Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler:	< 180	< 15	< 70
ZF	1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir 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.			

DBYBHY-2007’de 4 adet bina önem katsayısı (I=1.5, I=1.4, I=1.2, I=1) tanımlanırken, TBDY-2018’de I=1.4 sınıfı yapılar I=1.5 grubuna dahil edilmiştir. Ayrıca DBYBHY-2007’ye göre farklı olarak Deprem Tasarım Sınıfı’nın (DTS) seçilmesi için 3 adet Bina Kullanım Sınıfı (BKS) tanımlanmıştır. Eski yönetmelikte bina önem katsayısı, göz önüne alınan tasarım depremine oranla daha yüksek deprem etkisini ifade etmek için kullanıldığı

görülürken, yeni yönetmelikte ise aynı düzeydeki depremin etkisi altında daha yüksek bir performans seviyesini elde etmek amacıyla taşıyıcı sistem davranış katsayısının azaltılmasında kullanılmaktadır [17].

TBDY-2018’de Tablo 4’te eski yönetmelikteki deprem bölgelerine karşılık gelen 4 adet Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) tanımlanmıştır. DTS, kısa periyot tasarım spektral ivme katsayı ve BKS’ye göre belirlenirken, bina yükseklik sınıfını belirlemede de kullanılmaktadır. DBYBHY-2007 yönetmeliğinde, bina yüksekliği ile ilgili herhangi bir kısıt bulunmayıp, binanın yapılacağı yerdeki belediyenin bina yüksekliği ile ilgili bir sınırlama yapma imkânı bulunmaktadır. TBDY-2018 ile ise 8 adet Bina Yüksekliği Sınıfı (BYS) tanımlanarak bina yüksekliğine binanın inşa edileceği DTS ve taşıyıcı sistem tercihinin bağlı olarak bir sınırlama getirilmiştir. Bu bağlamda, istenilen her bina, her bina yüksekliğinde yapılamamaktadır.

Tablo 4. Deprem tasarım sınıfları [15]

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS=1	BKS=2,3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0,50 \leq S_{DS} < 0,75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0,75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

TBDY-2018 ile, minimum kesit ve dayanım koşullarının dikkate alınması, malzeme dayanımlarının azaltılması ve yüklerin arttırılmasından dolayı kesit akma dayanımı tasarım dayanımından daha fazla olmaktadır. Bu nedenle bu fazlalığı belirtmek için dayanım fazlalığı katsayısı (D; akma dayanımının tasarım dayanıma oranı) tanımlanmıştır.

Çalışmada dikkate alınacak olan asmolen döşeme sistemi, TBDY-2018’in yürürlüğe girmesi ile taşıyıcı sistem seçimine ait bazı sınırlamalar getirilmiştir. TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 yönetmeliklerinde asmolen döşeme sistemi tasarlanması durumundaki taşıyıcı sistemle ilgili sınırlamalar Tablo 5’te verilmektedir.

Tablo 5. TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 yönetmeliklerinde asmolen döşeme sistemi için taşıyıcı sistem sınırları

KONU	DBYBHY-2007	TBDY-2018
Bina Yüksekliği Sınırlaması	Herhangi bir bina yüksekliği sınırlaması yoktur.	Bina yüksekliği sınırlaması vardır ve binanın yapılacağı konuma bağlı olarak değişmektedir.
Taşıyıcı Sistem Süneklik Düzeyi Seçimi	Süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistem seçimine izin verilmiştir.	Süneklik düzeyi karma ve sınırlı seçilebilmektedir.
Perde duvar olma zorunluluğu	Perde duvar içermeyen binalarda, Süneklik düzeyi normal; kolon ve kiriş içeren binalar süneklik düzeyi normal sistem olarak değerlendirilecektir.	DTS=3,4 olan yerlerde olmama durumu var. Ancak taşıyıcı sistem davranış katsayısı sınırlı seçilme zorunluluğu vardır.
Taban Devrilme Momenti Koşulu	-	DTS=1,2 perde duvar koyma zorunluluğu vardır. Mdev \geq 0.75Mo sağlanamazsa süneklik düzeyi sınırlı seçilmektedir.

2.1 Sayısal Model

Çalışma kapsamında, TBDY-2018 ile DBYBHY-2007 yönetmeliklerinde öngörülen minimum kesit koşulları ve maksimum görelî ötelemeler dikkate alınarak yapılar tasarlanmaktadır. Dikkate alınan TBDY-2018 ve DBYBHY-2007’ye göre kat adeti, döşeme sistemleri ve zemin sınıflarının binaların; deprem performansı, davranışı ve donatı miktarı üzerindeki etkileri ile karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Çalışmada dikkate alınan yapıların, Yalova ilinde yapıldığı kabul edilmektedir. Yalova ilinde, 2018 yılından önce tasarımı yapılan yapılarda, asmolen döşeme sistemi daha yaygın olarak kullanılmaktadır. TBDY-2018'in yürürlüğe girmesi ile asmolen döşeme sistemine sahip yapı tasarımı yapılması durumunda getirilen zorluklar, asmolen döşeme sisteminin deprem sırasındaki olumsuz davranışı ile yapıların maliyetinin artması nedeniyle kirişli plak döşeme sistemi daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada asmolen ve kirişli plak döşeme sistemi üzerinde çalışmalar yapılarak yapıların davranışları incelenmektedir.

Binaların yapılacağı yer Yalova ili kabul edilmiştir. Binaların yapılacağı konuma ait bilgiler ve veriler Tablo 6'da verilmektedir. 1 adet ortak mimari ile kat adeti (3,4,5,6 katlı), döşeme sistemi ve zemin sınıfı değiştirilen (Asmolen ve Kirişli) 56 adet betonarme binanın, TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 yönetmeliğinde belirtilen minimum kesit ve farklı zemin koşulları dikkate alınarak tasarımlar yapılmaktadır. Tasarımı yapılan konut binaları, her iki doğrultuda da 4'er metrelik 4 açıklığa sahip simetrik plan üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Deprem hesap yöntemi olarak modal hesap yöntemleri dikkate alınmaktadır. Tasarımı yapılan kirişli döşeme sistemine sahip bütün binalarda, döşemelerde döşeme kalınlığı 15 cm, Merdiven döşemesinde sabit yük 0.727 t/m^2 hareketli yük 0.35 t/m^2 , diğer döşemelerde sabit yük 0.545 t/m^2 hareketli yük 0.2 t/m^2 alınmıştır. TBDY-2018'e göre yapılardaki kiriş, kolon, döşeme ve temel beton sınıfı olarak C25, donatı sınıfı olarak B420C dikkate alınmaktadır. Tasarımı yapılan asmolen döşeme sistemine sahip bütün binalarda ise döşeme kalınlığı 7 cm, Sahanlık döşeme kalınlığı 15 cm, Merdiven döşemesinde sabit yük 0.727 t/m^2 hareketli yük 0.35 t/m^2 , diğer döşemelerde sabit yük 0.545 t/m^2 hareketli yük 0.2 t/m^2 alınmıştır. DBYBHY-2007'ye göre ise beton sınıfı C20, donatı sınıfı ise S420 çeliği dikkate alınmaktadır.

Tablo 6. Binanın konumu ve spektral ivme katsayı değerleri

Bina Konumu		Spektral İvme Katsayıları		En Büyük Yer İvmesi [G]	En Büyük Yer Hızı [Cm/Sn]
ENLEM	BOYLAM	Kısa Periyot için Harita Spektral İvme Katsayısı (S_s)	1.0 sn Periyot için Harita Spektral İvme Katsayısı (S_1)	PGA	PGV
40,65648°	29,29857°	1,4867	0,3954	0,611	42,532

TBDY-2018 ve DBYBHY-2007'ye göre tasarımı yapılan kirişli plak döşeme sistemine sahip binaların süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistem seçilirken, asmolen döşeme sisteminde, DBYBHY-2007'ye göre süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistem seçimi yapılırken, TBDY-2018'de ki binalar süneklik düzeyi sınırlı seçilmiştir. Tablo 7'de her iki yönetmelik kirişli döşeme sistemine sahip binaların karakteristik deprem verileri verilmiştir. Tablo 8'de her iki yönetmelik asmolen döşeme sistemine sahip binaların karakteristik deprem verileri verilmiştir.

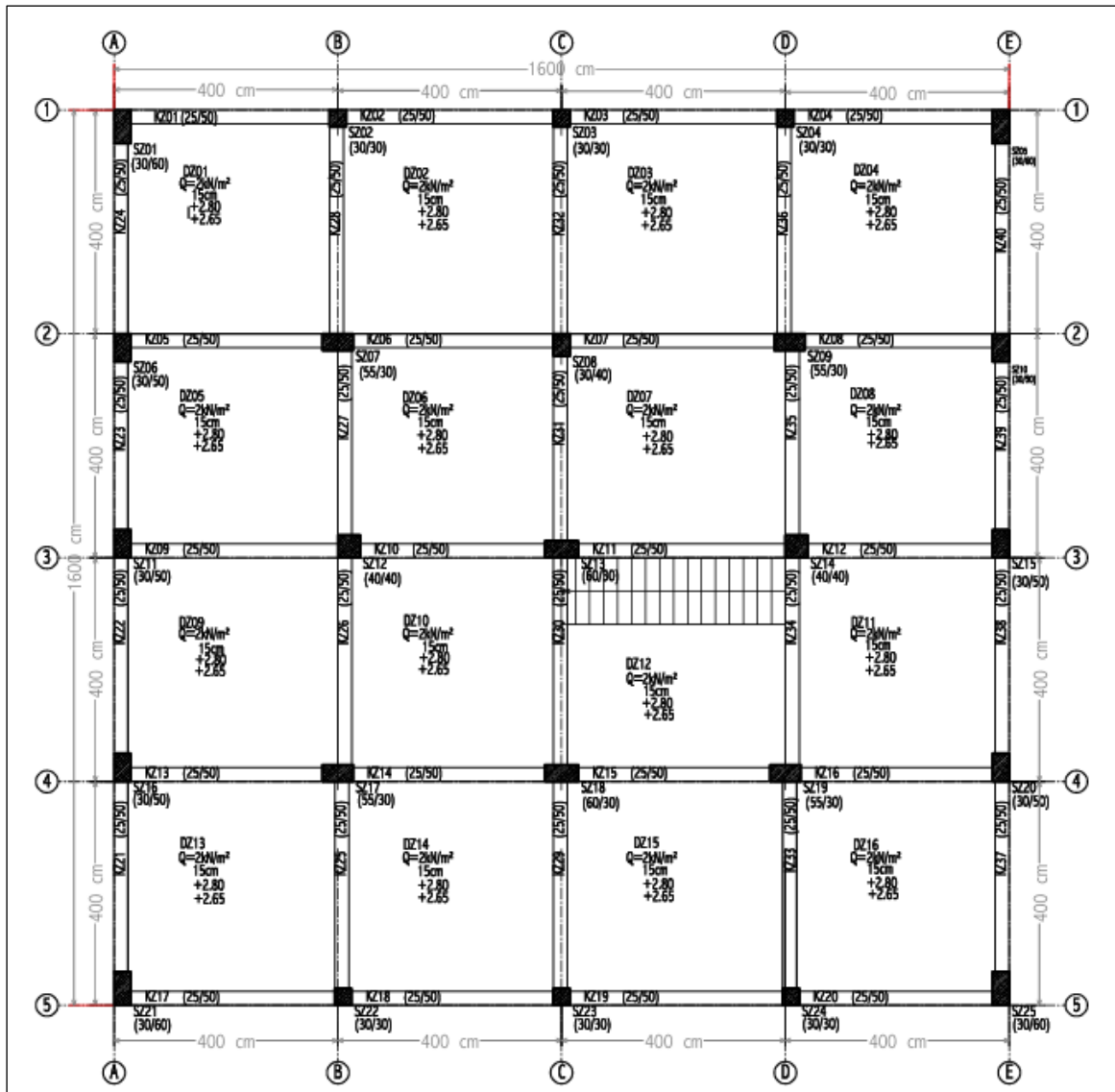
Tablo 7. Kirişli döşeme sistemine sahip binaların karakteristik deprem verileri

	DBYBHY-2007	TBDY-2018
BKS	-	3
I	1	1
R	7-8	7-8
Deprem Bölgesi	1	-
A_0	0,4	-
D	-	2,5-3
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	-	DD2
DTS	-	1
BYS	-	6-7-8

Tablo 8. Asmolen döşeme sistemine sahip binaların karakteristik deprem verileri

	DBYBHY-2007	TBDY-2018
BKS	-	3
I	1	1
R	7-8	5
Deprem Bölgesi	1	-
A ₀	0,4	-
D	-	2,5
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	-	DD2
DTS	-	1
BYS	-	6-7-8

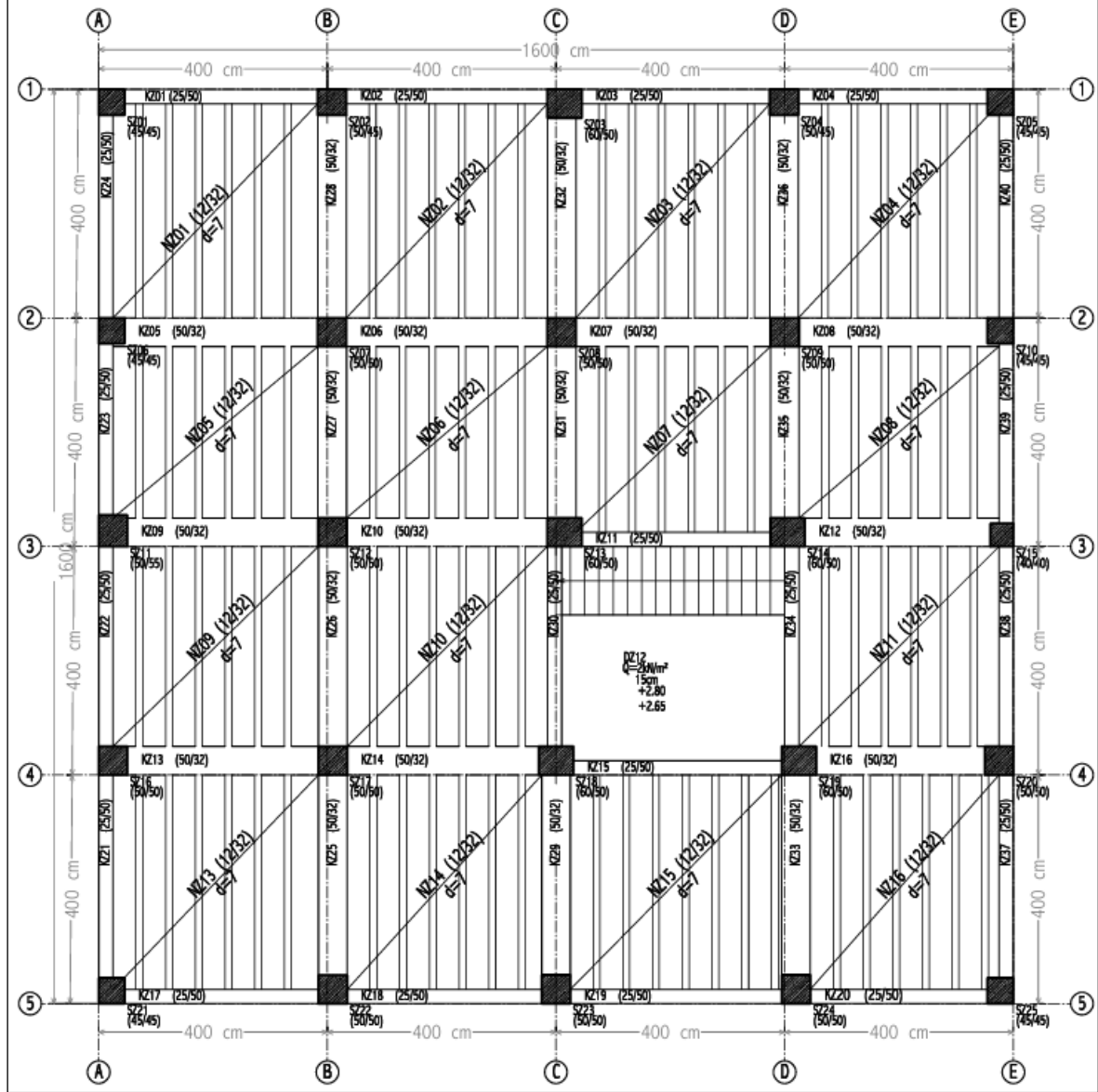
Tasarımı yapılan binalarda kullanılan döşeme sistemleri ve kat adetleri Tablo 9’da dikkate alınan yerel zemin sınıfı karşılaştırması da Tablo 10’da verilmektedir. Şekil 3’te kirişli döşeme sistemine sahip binaların ortak kat planı ve Şekil 4’te ise asmolen döşeme sistemine sahip binaların ortak kat planı verilmektedir.

**Şekil 3.** Kirişli döşeme sistemine sahip binaların ortak kat planı [18]**Tablo 9.** Döşeme sistemleri ve kat adetleri

DÖŞEME SİSTEMİ	KAT ADETLERİ
Asmolen Döşeme Sistemi	3, 4, 5
Kirişli Plak Döşeme Sistemi	3, 4, 5, 6

Tablo 10. Yerel zemin sınıfları

TBDY-2018	DBYBHY-2007
ZB	Z1
ZC	Z2
ZD	Z3
ZE	Z4



Şekil 4. Asmolen döşeme sistemine sahip binaların ortak kat planı [18]

2.2 Binaların Modal Analiz Sonucu Ortaya Çıkan İlk 3 Modu ve Tasarım Spektrumları

TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre tasarımı yapılan binaların, değerlendirilmesi modal analiz ile yapılmaktadır. Tasarımı yapılan binaların yapılacağı yer Yalova ilinde rastgele bir konum alınmaktadır. Her iki yönetmeliğe göre değerlendirilen yapıların, kolon ve perde duvar boyutları ilgili olduğu yönetmeliklerdeki minimum koşullar dikkate alınarak tasarımı yapılmıştır. Bu nedenle binaların doğal titreşim periyotları farklı olmaktadır. Farklı zemin koşulları altında tasarımı yapılan binaların, kirişli döşeme sistemlerine ait binaların modal analiz sonucu ortaya çıkan ilk 3 modu Tablo 11'de, asmolen döşeme sistemine ait binaların modal analiz sonucu

ortaya çıkan ilk 3 modu ise Tablo 12’de verilmektedir. Değerlendirilmesi yapılan binalarda ilk 2 mod ötelenme modu ve 3. Mod ise burulma modu olmaktadır. Modal analiz sonucunda, binaların farklı titreşim modları, farklı frekanslarda meydana gelir.

Tablo 11. Kirişli döşeme sistemine sahip binaların ilk 3 modları

Bina Kodu	Bina Ağırlığı (Ton)	T (sn)	1. MOD y (ω)	2.MOD x (ω)	3.MOD b (ω)
K3Z1	751,935	0,41	15,15	16,84	18,38
K3ZB	755,180	0,51	12,31	13,37	14,77
K3Z2	757,886	0,37	17,00	18,90	20,22
K3ZC	766,058	0,45	14,06	15,38	16,99
K3Z3	757,886	0,37	17,00	18,90	20,22
K3ZD	776,925	0,40	15,62	16,70	19,48
K3Z4	758,516	0,37	17,08	19,14	20,50
K3ZE	822,122	0,31	20,51	20,63	28,90
K4Z1	1029,652	0,54	11,56	12,83	14,26
K4ZB	1033,783	0,68	9,21	9,93	11,04
K4Z2	1050,596	0,43	14,53	15,88	17,86
K4ZC	1050,897	0,58	10,75	11,45	13,01
K4Z3	1050,824	0,44	14,34	15,83	17,79
K4ZD	1071,934	0,51	12,33	12,40	15,49
K4Z4	1057,914	0,41	15,22	16,75	18,77
K4ZE	1138,652	0,38	16,69	17,22	24,57
K5Z1	1329,342	0,54	11,70	12,47	15,56
K5ZB	1336,333	0,72	8,78	9,01	10,65
K5Z2	1337,876	0,52	12,12	12,96	16,20
K5ZC	1336,333	0,72	8,78	9,01	10,65
K5Z3	1346,600	0,48	13,04	13,44	17,06
K5ZD	1429,825	0,48	13,19	14,12	19,86
K5Z4	1378,487	0,43	14,71	15,76	21,72
K5ZE	1489,742	0,36	17,61	20,62	27,95

Tablo 12. Asmolen Döşeme Sistemine Sahip Binaların İlk 3 Modları

BİNA KODU	BİNA AĞIRLIĞI (Ton)	T (sn)	1. MOD y (ω)	2.MOD x (ω)	3.MOD b (ω)
A3Z1	824,610	0,45	14,06	15,71	18,67
A3ZB	932,482	0,20	31,01	33,93	35,04
A3Z2	860,665	0,29	21,79	21,97	25,78
A3ZC	932,482	0,20	31,01	33,93	35,04
A3Z3	860,665	0,29	21,91	22,06	25,91
A3ZD	932,483	0,20	31,01	33,93	35,04
A3Z4	860,665	0,29	22,02	22,15	25,94
A3ZE	938,700	0,20	31,21	34,05	35,44
A4Z1	1188,515	0,36	17,32	17,52	21,51
A4ZB	1260,476	0,29	21,43	24,34	24,85
A4Z2	1194,341	0,35	17,87	17,89	22,39
A4ZC	1266,504	0,29	21,92	24,13	25,67
A4Z3	1199,101	0,35	17,74	17,86	22,45
A4ZD	1266,504	0,29	21,92	24,13	25,67
A4Z4	1199,101	0,35	17,75	17,86	22,45
A4ZE	1266,504	0,29	21,92	24,13	25,67
A5Z1	1505,774	0,45	13,86	14,25	17,54
A5ZB	1582,306	0,40	15,44	18,46	18,77
A5Z2	1505,774	0,45	13,86	14,25	17,54
A5ZC	1577,463	0,43	14,78	17,64	18,48
A5Z3	1505,774	0,45	13,86	14,25	17,54
A5ZD	1580,786	0,42	14,98	17,99	18,48
A5Z4	1505,774	0,45	13,86	14,25	17,54
A5ZE	1580,786	0,42	14,98	17,99	18,48

Tablo 13’te değişen kat sayısı ve döşeme sistemlerine bağlı olarak Spektrum köşe periyotları, spektrum katsayıları ve yapı doğal titreşim periyotları verilmektedir. Her iki yönetmelik için elde edilen tasarım spektral ivme katsayıları arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek için DBYBHY-2007’ye göre elde edilen spektrum katsayısı deprem bölgelerine bağlı olarak belirlenen Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0) ile çarpılarak tasarım spektral ivme katsayısına dönüştürülmektedir.

Tablo 13. TBDY-2018 ile DBYBHY-2007'ye göre tasarımı yapılan binaların spektrum ivme katsayıları ve doğal titreşim periyotları

KAT SAYISI DÖŞEME SİSTEMİ	DBYBHY-2007						TBDY-2018					
	Zemin Sınıfı	T _A	T _B	T _P	S(T)	A ₀ * S(T)	Zemin sınıfı	T _A	T _B	T _P	S _{Ae} (T)	
3 KATLI	KİRİŞLİ	Z1	0,100	0,300	0,410	1,950	0,780	ZB	0,047	0,236	0,510	0,620
		Z2	0,150	0,400	0,370	2,500	1,000	ZC	0,066	0,332	0,450	1,318
		Z3	0,150	0,600	0,370	2,500	1,000	ZD	0,100	0,510	0,400	1,487
		Z4	0,200	0,900	0,370	2,500	1,000	ZE	0,160	0,800	0,310	1,197
3 KATLI	ASMOLEN	Z1	0,100	0,300	0,450	1,807	0,723	ZB	0,047	0,236	0,200	1,338
		Z2	0,150	0,400	0,290	2,500	1,000	ZC	0,066	0,332	0,200	1,784
		Z3	0,150	0,600	0,290	2,500	1,000	ZD	0,100	0,510	0,200	1,487
		Z4	0,200	0,900	0,290	2,500	1,000	ZE	0,160	0,800	0,200	1,197
4 KATLI	KİRİŞLİ	Z1	0,100	0,300	0,540	1,562	0,625	ZB	0,047	0,236	0,680	0,465
		Z2	0,150	0,400	0,430	2,359	0,945	ZC	0,066	0,332	0,580	1,022
		Z3	0,150	0,600	0,440	2,500	1,000	ZD	0,100	0,510	0,510	1,476
		Z4	0,200	0,900	0,410	2,500	1,000	ZE	0,160	0,800	0,380	1,197
4 KATLI	ASMOLEN	Z1	0,100	0,300	0,350	2,210	0,884	ZB	0,047	0,236	0,290	1,090
		Z2	0,150	0,400	0,350	2,500	1,000	ZC	0,066	0,332	0,290	1,784
		Z3	0,150	0,600	0,350	2,500	1,000	ZD	0,100	0,510	0,290	1,487
		Z4	0,200	0,900	0,350	2,500	1,000	ZE	0,160	0,800	0,290	1,197
5 KATLI	KİRİŞLİ	Z1	0,100	0,300	0,540	1,562	0,625	ZB	0,047	0,236	0,720	0,439
		Z2	0,150	0,400	0,520	2,027	0,811	ZC	0,066	0,332	0,610	0,972
		Z3	0,150	0,600	0,480	2,500	1,000	ZD	0,100	0,510	0,480	1,487
		Z4	0,200	0,900	0,430	2,500	1,000	ZE	0,160	0,800	0,360	1,197
5 KATLI	ASMOLEN	Z1	0,100	0,300	0,450	1,807	0,723	ZB	0,047	0,236	0,400	0,790
		Z2	0,150	0,400	0,450	2,275	0,910	ZC	0,066	0,332	0,430	1,379
		Z3	0,150	0,600	0,450	2,500	1,000	ZD	0,100	0,510	0,420	1,487
		Z4	0,200	0,900	0,440	2,500	1,000	ZE	0,160	0,800	0,420	1,197
6 KATLI	KİRİŞLİ	Z1	0,100	0,300	0,650	1,347	0,539	ZB	0,047	0,236	0,870	0,363
		Z2	0,150	0,400	0,620	1,761	0,704	ZC	0,066	0,332	0,740	0,801
		Z3	0,150	0,600	0,580	2,500	1,000	ZD	0,100	0,510	0,580	1,298
		Z4	0,200	0,900	0,520	2,500	1,000	ZE	0,160	0,800	0,430	1,197

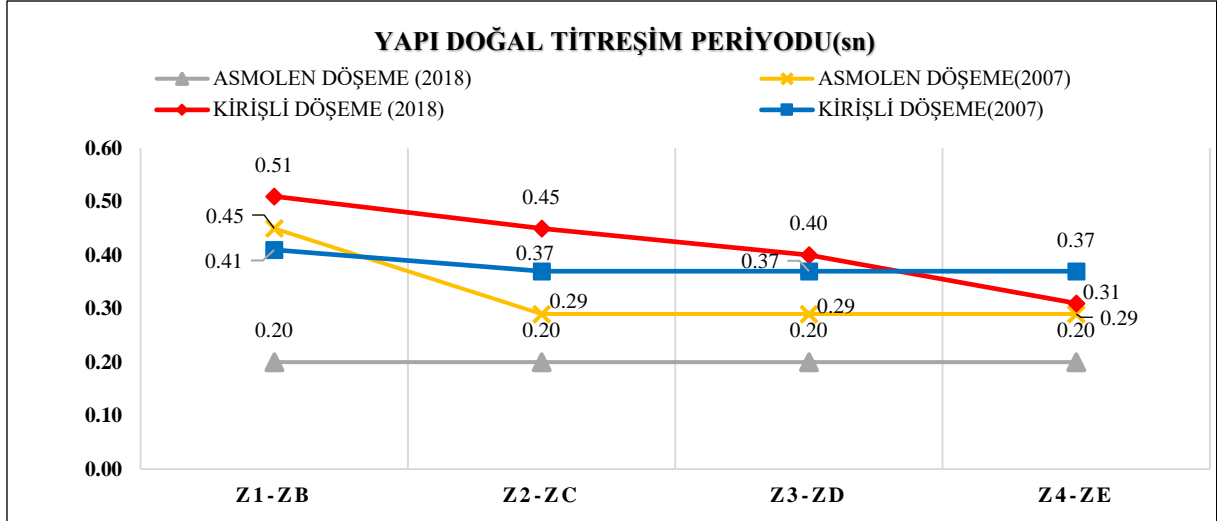
III. BULGULAR VE TARTIŞMA

TBDY-2018 ile DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre farklı kat sayısı ve zemin koşullarında STA4CAD betonarme analiz paket programında analizi yapılan kirişli ve asmolen döşeme sistemine sahip binaların değerlendirilmesi yapılmıştır. Analiz sonuçlarından elde edilen yapı doğal titreşim periyotları, binalara x ve y yönünde etkiyen taban kesme kuvvetleri, x ve y yönünde maksimum etkin görel kat ötelemeleri, taban kesme kuvvetinin binaların ağırlıklarına oranı ve deprem etkisindeki binalarda yeni ve eski yönetmeliklere göre kullanılacak olan beton ve donatı miktarları değerlendirilmiştir.

Değişen yerel zemin sınıfları ve döşeme sistemleri grafiklerde kısaltma olarak verilmektedir. Kısaltmalarda **K** ve **A** harfi döşeme sistemini (Kirişli, Asmolen döşeme sistemi), **3, 4, 5, 6** kat sayısını (**3, 4, 5, 6** Katlı), **Z1, Z2, Z3, Z4** DBYBHY-2007'ye göre yerel zemin sınıflarını, **B, C, D, E** TBDY-2018'e göre yerel zemin sınıflarını göstermektedir.

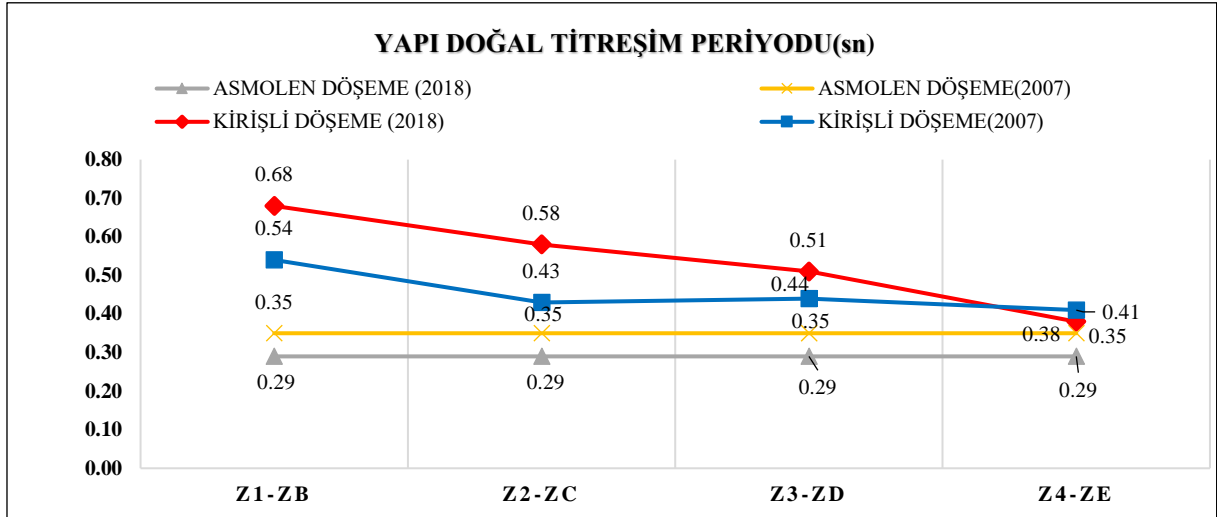
3.1 TBDY-2018 ile DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre 3,4,5 ve 6 katlı yapıların doğal titreşim periyotlarının irdelenmesi

Şekil 5'te 3 katlı yapıların, Şekil 6'da 4 katlı yapıların, Şekil 7'de 5 katlı yapıların, Şekil 8'te 6 Katlı yapıların doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 5. Üç katlı yapıların yapı doğal titreşim periyotları

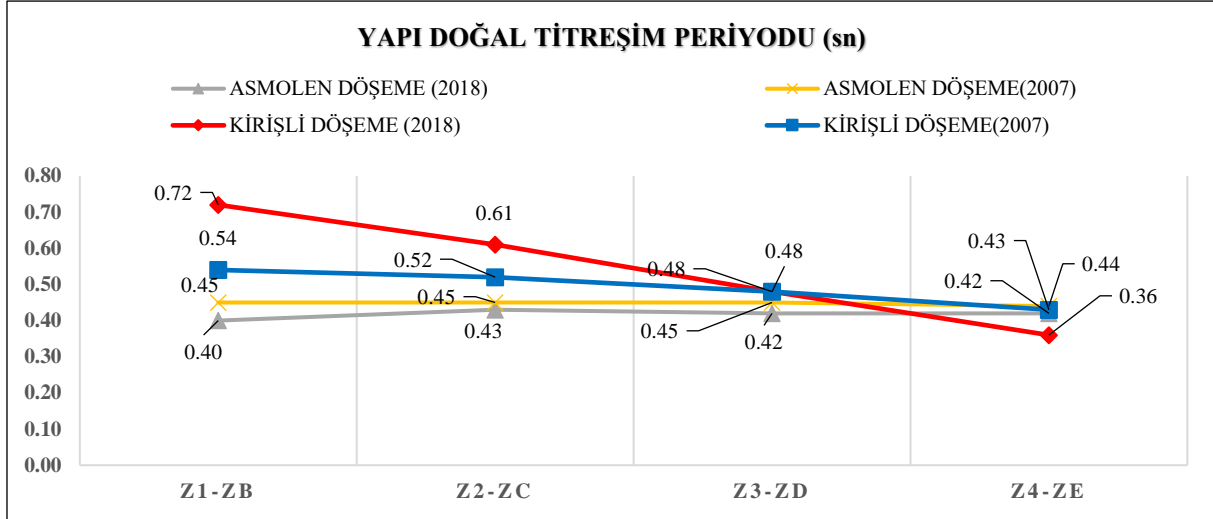
Şekil 5'teki 3 katlı kirişli döşeme sistemine sahip bir yapıda, yapı doğal titreşim periyodu; Z1 yerel zemin sınıfında 0.41 sn iken ZB yerel zemin sınıfında 0.51 sn, Z2 yerel zemin sınıfında 0.37 sn iken ZC yerel sınıfında 0.45 sn, Z3 yerel zemin sınıfında 0.37 sn iken ZD yerel sınıfında 0.40 sn, Z4 yerel zemin sınıfında 0.37 sn iken ZE yerel sınıfında 0.31 sn olarak gözlemlenmiştir. 3 katlı asmolen döşeme sistemine sahip bir yapıda, yapı doğal titreşim periyodu Z1 yerel zemin sınıfında 0.45 sn, Z2-Z3-Z4 yerel zemin sınıflarında 0.29 sn iken ZB-ZC-ZD-ZE yerel zemin sınıflarında 0.20 sn olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 6. Dört katlı yapıların yapı doğal titreşim periyotları

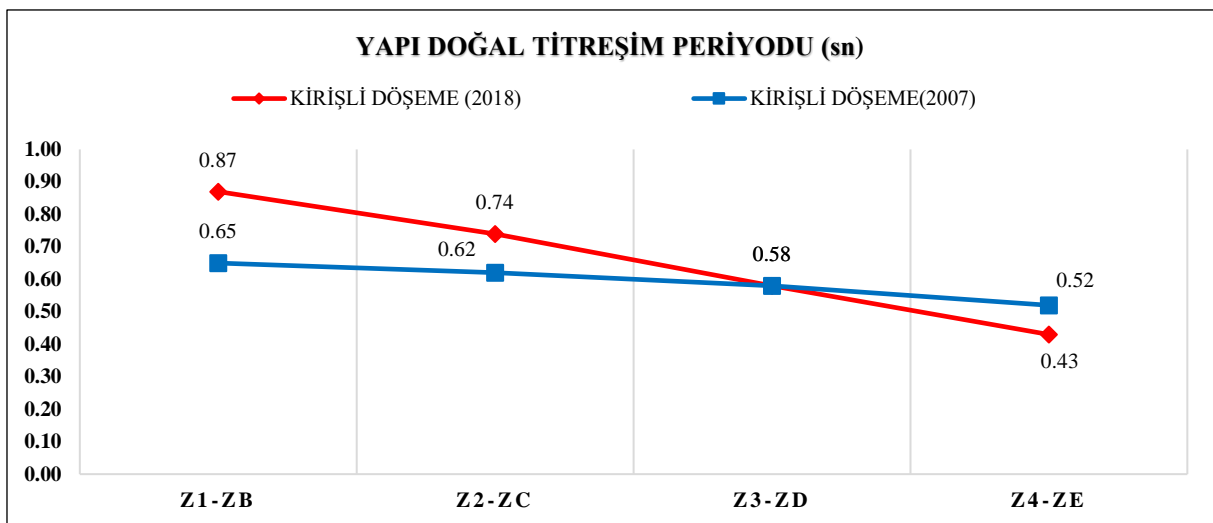
Şekil 6'daki 4 katlı kirişli döşeme sistemine sahip bir yapıda, yapı doğal titreşim periyodu; Z1 yerel zemin sınıfında 0.54 sn, ZB yerel zemin sınıfında 0.68 sn, Z2 yerel zemin sınıfında 0.43 sn iken ZC yerel sınıfında 0.58 sn, Z3 yerel zemin sınıfında 0.44 sn iken ZD yerel sınıfında 0.51 sn, Z4 yerel zemin sınıfında 0.41 sn iken ZE yerel

sınıftaki yapı doğal titreşim periyodu 0.38 sn olarak gözlemlenmiştir. 4 katlı asmolen döşeme sistemine sahip bir yapıda, yapı doğal titreşim periyodu; Z1-Z2-Z3-Z4 yerel zemin sınıflarında 0.35 sn, iken ZB-ZC-ZD-ZE yerel zemin sınıflarında 0.29 sn olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 7. Beş katlı yapıların yapı doğal titreşim periyotları

Şekil 7'deki 5 katlı kirişli döşeme sistemine sahip bir yapıda, yapı doğal titreşim periyodu; Z1 yerel zemin sınıfında 0.54 sn iken ZB yerel zemin sınıfında 0.72 sn, Z2 yerel zemin sınıfında 0.52 sn iken, ZC yerel sınıfında 0.61 sn, Z3 yerel zemin sınıfında 0.48 sn iken ZD yerel sınıfında 0.48 sn, Z4 yerel zemin sınıfında 0.43 sn iken ZE yerel sınıfında 0.36 sn olarak gözlemlenmiştir. 5 katlı asmolen döşeme sistemine sahip bir yapıda, yapı doğal titreşim periyodu; Z1-Z2-Z3 yerel zemin sınıfında 0.45 sn, Z4 yerel zeminde sınıfında 0.44 sn iken ZB yerel zemin sınıfında 0.40 sn, ZC yerel sınıfında 0.43 sn, ZD yerel sınıfında 0.42 sn, ZE yerel sınıfında 0.42 sn olarak gözlemlenmiştir.



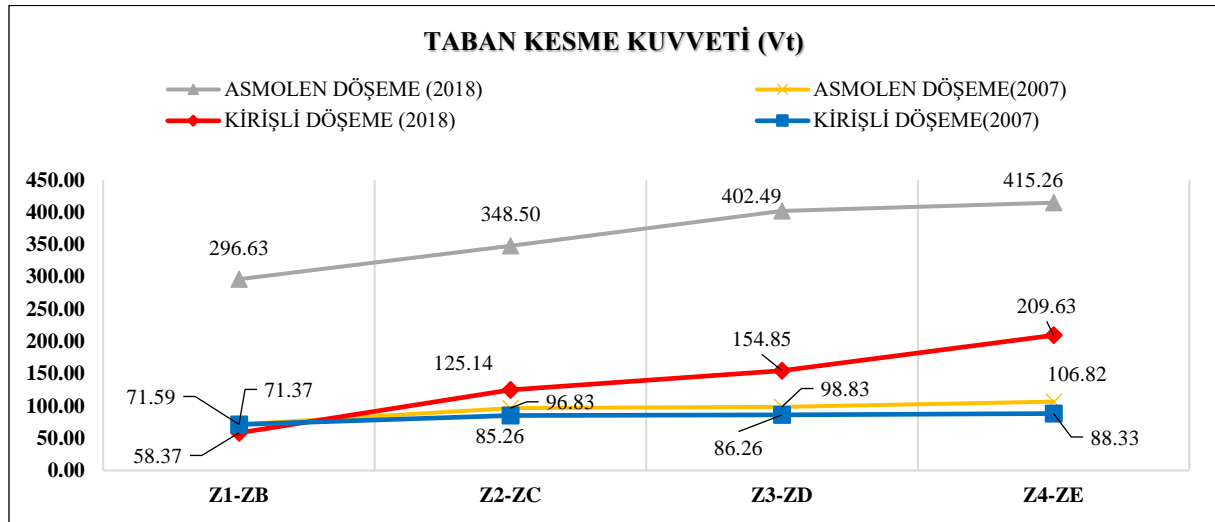
Şekil 8. Altı katlı yapıların yapı doğal titreşim periyotları

Şekil 8’teki 6 katlı kirişli döşeme sistemine sahip bir yapıda, yapı doğal titreşim periyodu; Z1 yerel zemin sınıfında 0.65 sn iken ZB yerel zemin sınıfında 0.87 sn, Z2 yerel zemin sınıfında 0.62 sn iken, ZC yerel sınıfında 0.74 sn, Z3 yerel zemin sınıfında 0.58 sn iken ZD yerel sınıfında 0.58 sn, Z4 yerel zemin sınıfında 0.52 sn iken ZE yerel sınıfında 0.43 sn olarak gözlemlenmiştir.

Genel olarak ZD ve ZE yerel zemin sınıfları haricinde kalan zemin sınıflarında TBDY-2018'e göre tasarlanan yapıların doğal titreşim periyodu, DBYBHY-2007'ye göre tasarlanan yapılarınkinden daha yüksek çıkmıştır. Bu durumun sebebi, TBDY-2018'de dikkate alınan etkin kesit rijitliklerinin kolon ve kirişlerin rijitliklerini azaltmasıyla doğal titreşim periyodunun artması olarak düşünülmektedir.

3.2 TBDY-2018 ile DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre 3,4,5 ve 6 katlı yapıların taban kesme kuvvetlerinin irdelenmesi

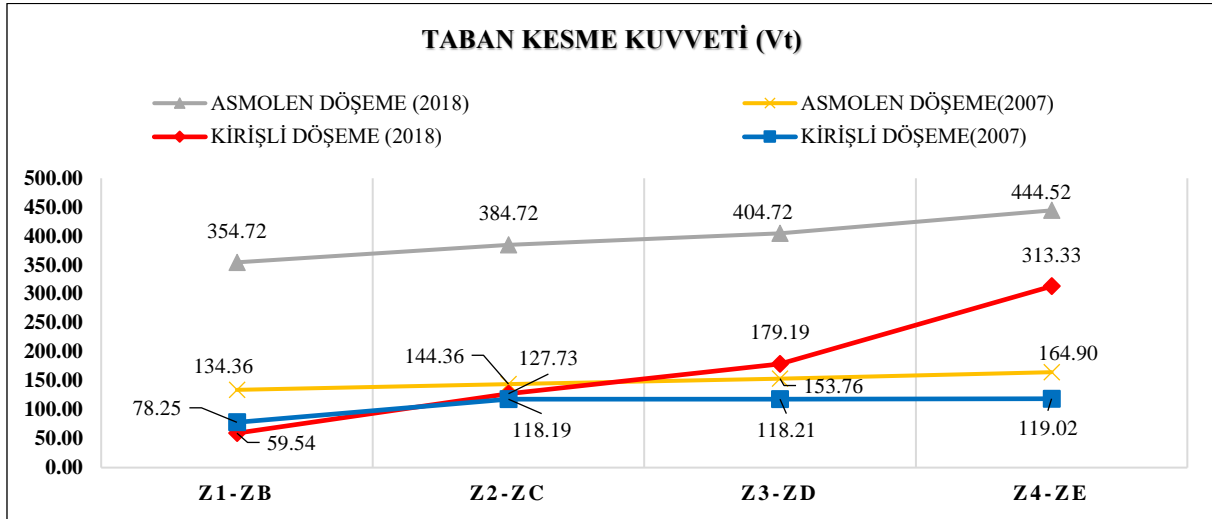
Şekil 9’da 3 katlı yapıların, Şekil 10’da 4 katlı yapıların, Şekil 11’de 5 katlı yapıların, Şekil 12’de 6 Katlı yapıların taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 9. Üç katlı yapıların taban kesme kuvvetleri

Şekil 9’deki 3 katlı kirişli döşeme sistemine sahip bir yapıda, x yönünde yapıya etkiyen taban kesme kuvveti Z1 yerel zemin sınıfında 71.37 tf iken ZB yerel zemin sınıfındaki taban kesme kuvveti 58.37 tf, Z2 yerel zemin sınıfında 85.26 tf iken, ZC yerel sınıfındaki taban kesme kuvveti 125.14 tf, Z3 yerel zemin sınıfında 86.26 tf iken ZD yerel sınıfındaki taban kesme kuvveti 154.85 tf, Z4 yerel zemin sınıfında 88.33 tf iken ZE yerel sınıfındaki taban kesme kuvveti 209.63 tf olarak gözlemlenmiştir. Değerlendirmeler, sadece DBYBHY-2007 yönetmeliğinde Z1 yerel zemin sınıfında yer alan yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin, TBDY-2018’e göre tasarlanan yapılarıdaki taban kesme kuvvetlerine oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir ve zemin kötüleştikçe TBDY-2018 yönetmeliğinde oluşan taban kesme kuvvetlerinde DBYBHY-2007’ye göre daha hızlı bir artış gözlemlenmektedir. Ayrıca asmolen ve kirişli döşemede oluşan taban kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında DBYBHY-2007’ye göre çok fazla bir fark gözlenmiyorken, TBDY-2018’de asmolen döşeme kullanılması

durumunda ciddi bir artış söz konusu olmaktadır. 3 katlı asmolen döşeme sistemine sahip bir yapıda, x yönünde en büyük taban kesme kuvvetinin ZE yerel zemin sınıfı X doğrultusunda 415.26 tf olduğu, ancak DBYBHY-2007'ye göre en büyük taban kesme kuvvetinin Z4 yerel zemin sınıfında her iki doğrultuda 106.82 tf olduğu belirlenmiştir.

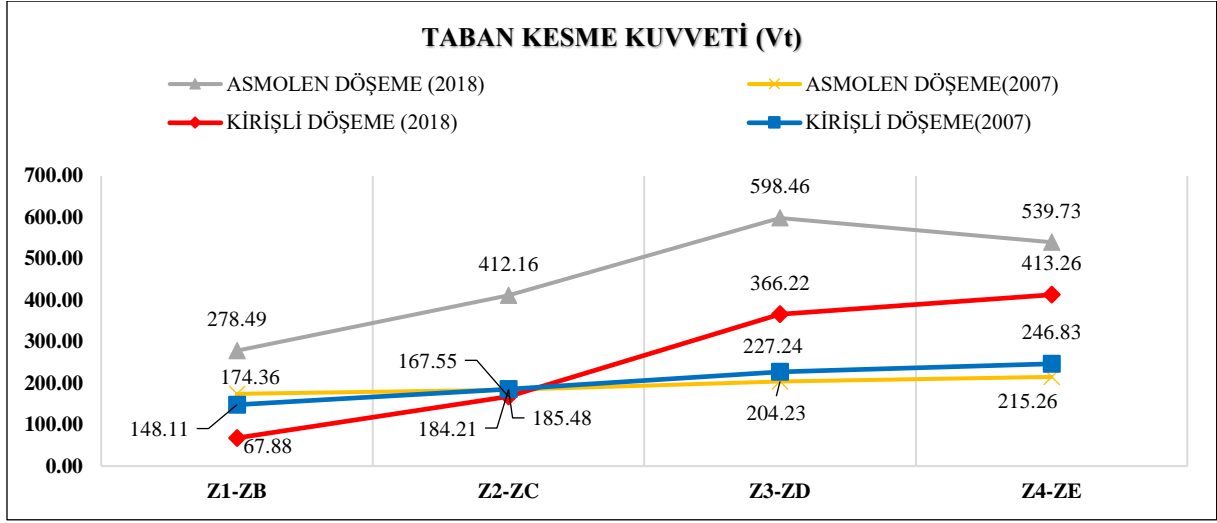


Şekil 10. Dört katlı yapıların taban kesme kuvvetleri

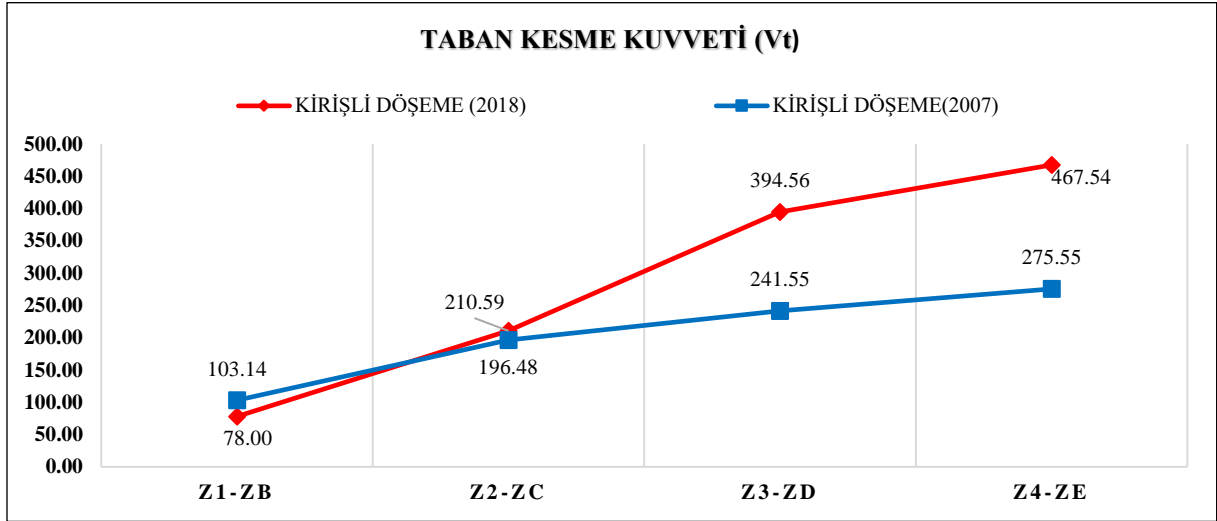
Şekil 10'daki 4 katlı kirişli döşeme sistemine sahip bir yapıda, x yönünde yapıya etkiyen taban kesme kuvveti Z1 yerel zemin sınıfında 78.25 tf iken ZB yerel zemin sınıfındaki taban kesme kuvveti 59.54 tf, Z2 yerel zemin sınıfında 118.19 tf iken, ZC yerel sınıfındaki taban kesme kuvveti 127.73 tf, Z3 yerel zemin sınıfında 118.21 tf iken ZD yerel sınıfındaki taban kesme kuvveti 179.19 tf, Z4 yerel zemin sınıfında 119.02 tf iken ZE yerel sınıfındaki taban kesme kuvveti 313.33 tf olarak gözlemlenmiştir. Değerlendirmeler, sadece DBYBHY-2007 yönetmeliğinde Z1 yerel zemin sınıfında yer alan yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin, TBDY-2018'e göre tasarlanan yapılarıdaki taban kesme kuvvetlerine oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir. 4 katlı asmolen döşeme sistemine sahip bir yapıda, en büyük taban kesme kuvvetinin ZE yerel zemin sınıfı X doğrultusunda 444.52 tf olduğu, ancak DBYBHY-2007'ye göre en büyük taban kesme kuvvetinin Z4 yerel zemin sınıfında her iki doğrultuda 164.90 tf olduğu görülmektedir.

Şekil 11'deki 5 katlı kirişli döşeme sistemine sahip bir yapıda, x yönünde yapıya etkiyen taban kesme kuvveti Z1 yerel zemin sınıfında 148.11 tf iken ZB yerel zemin sınıfındaki taban kesme kuvveti 67.88 tf, Z2 yerel zemin sınıfında 185.48 tf iken, ZC yerel sınıfındaki taban kesme kuvveti 167.55 tf, Z3 yerel zemin sınıfında 227.24 tf iken ZD yerel sınıfındaki taban kesme kuvveti 366.22 tf, Z4 yerel zemin sınıfında 413.26 tf iken ZE yerel sınıfındaki taban kesme kuvveti 313.33 tf olarak gözlemlenmiştir. Değerlendirmeler, sadece DBYBHY-2007 yönetmeliğinde Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfında yer alan yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin, TBDY-2018'e göre tasarlanan yapılarıdaki taban kesme kuvvetlerine oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir. 5 katlı asmolen döşeme sistemine sahip bir yapıda, en büyük taban kesme kuvvetinin ZE yerel zemin sınıfı Y doğrultusunda 539.73

tf olduğu, ancak DBYBHY-2007'ye göre en büyük taban kesme kuvvetinin Z4 yerel zemin sınıfında her iki doğrultuda 215.26 tf olduğu belirlenmiştir.



Şekil 11. Beş katlı yapıların taban kesme kuvvetleri

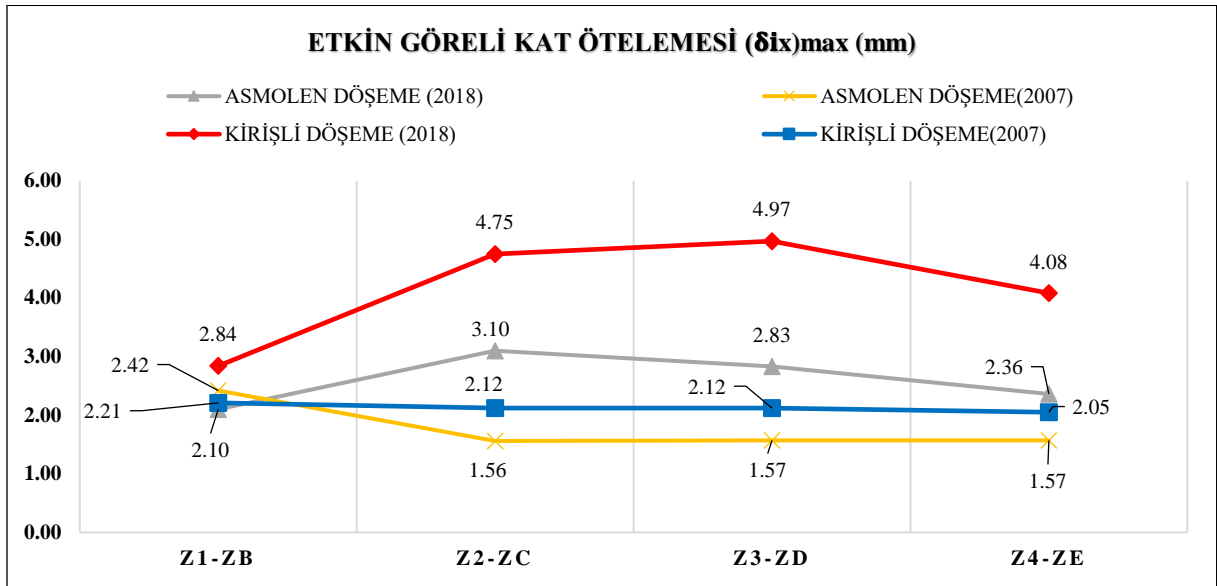


Şekil 12. Altı katlı yapıların taban kesme kuvvetleri

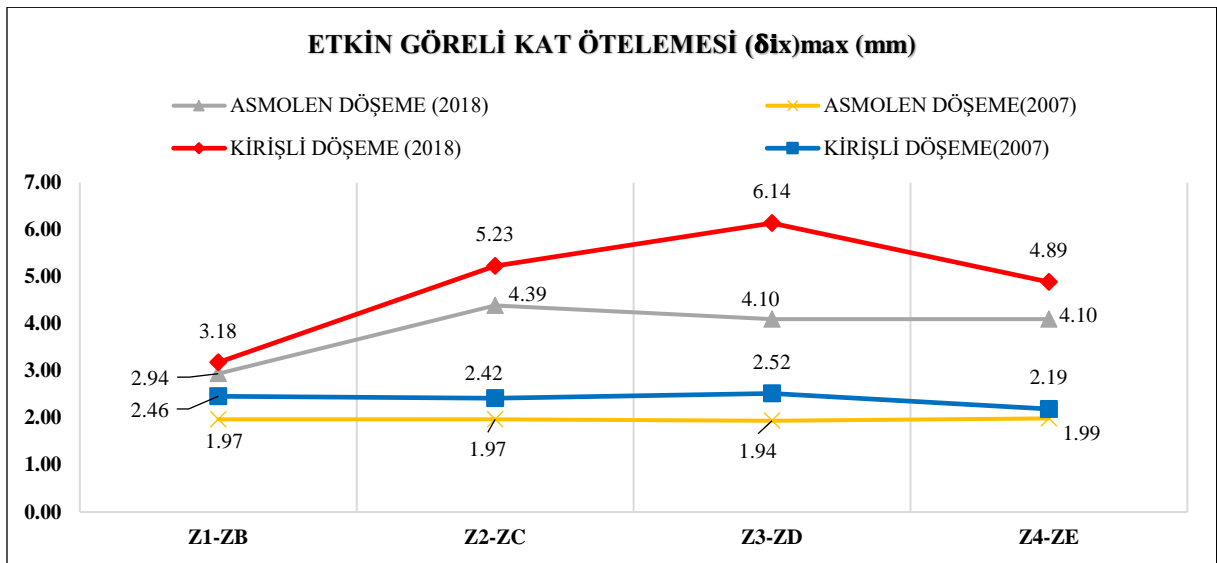
Şekil 12'deki 6 katlı bir yapıda, x yönünde yapıya etkiyen taban kesme kuvveti Z1 yerel zemin sınıfında 103.14 tf iken ZB yerel zemin sınıfındaki taban kesme kuvveti 78.00 tf, Z2 yerel zemin sınıfında 196.48 tf iken, ZC yerel zemin sınıfındaki taban kesme kuvveti 210.59 tf, Z3 yerel zemin sınıfında 241.55 tf iken ZD yerel zemin sınıfındaki taban kesme kuvveti 394.56 tf, Z4 yerel zemin sınıfında 275.55 tf iken ZE yerel zemin sınıfındaki taban kesme kuvveti 467.54 tf olarak gözlemlenmiştir. Değerlendirmeler, sadece DBYBHY-2007 yönetmeliğinde Z1 yerel zemin sınıfında yer alan yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin, TBDY-2018'e göre tasarlanan yapılarındaki taban kesme kuvvetlerine oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir.

3.3 TBDY-2018 ile DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre 3,4,5 ve 6 katlı yapıların etkin görelî kat ötelemelerinin irdelenmesi

Şekil 13'te 3 katlı yapıların, Şekil 14'te 4 katlı yapıların, Şekil 15'te 5 katlı yapıların, Şekil 16'da 6 Katlı yapıların etkin görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması verilmiştir. Şekil 13'teki 3 katlı yapılarda, oluşan maksimum etkin görelî kat ötelemesinin kirişli döşeme sistemine sahip yapılar için, TBDY-2018'e göre en büyük değerinin ZD yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 4.97 mm, DBYBHY-2007'ye göre en büyük değerinin Z3 yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 2.05 mm olduğu görülmektedir. Asmolen döşeme sistemine sahip yapılar için, TBDY-2018'e göre en büyük değerinin ZC yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 3.10 mm, DBYBHY-2007'ye göre en büyük değerinin Z4 yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 2.42 mm olduğu görülmektedir.



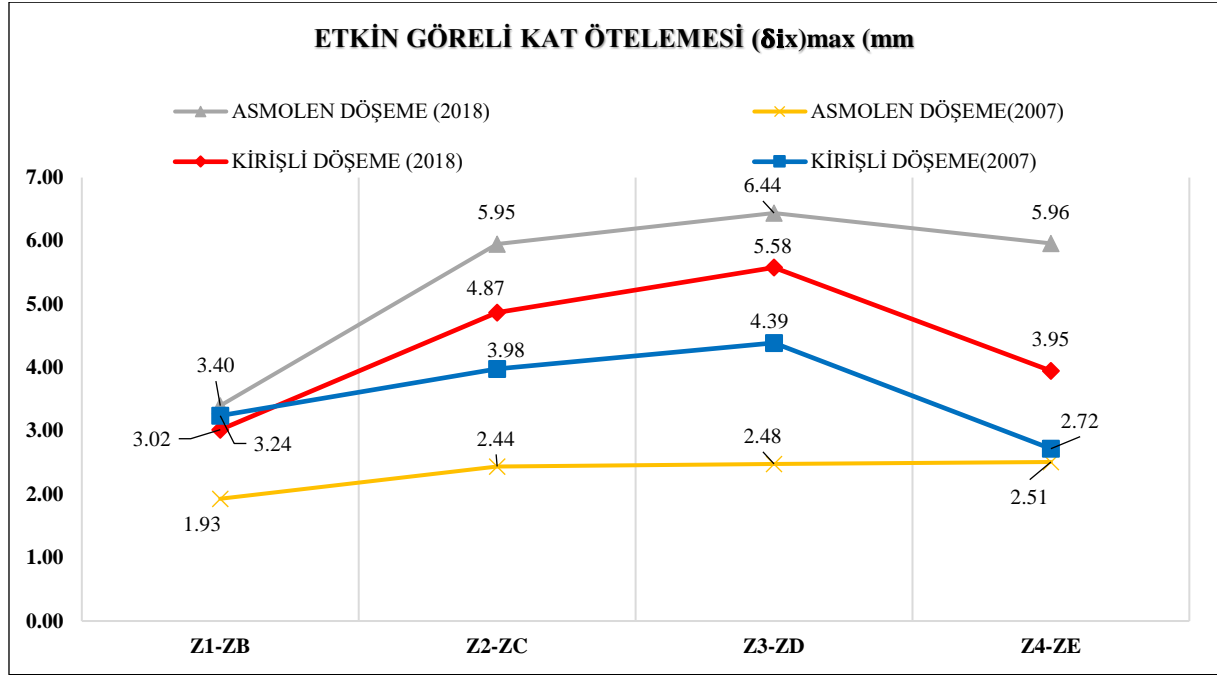
Şekil 13. Üç katlı yapıların x doğrultusunda etkin görelî kat ötelemeleri



Şekil 14. Dört katlı yapıların x doğrultusunda etkin görelî kat ötelemeleri

Şekil 14'teki 4 katlı yapılarda, oluşan maksimum etkin görelî kat ötelemesinin kirişli döşeme sistemine sahip yapılar için, TBDY-2018'e göre en büyük değerinin ZD yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 6.14 mm, DBYBHY-2007'ye göre en büyük değerinin Z3 yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 2.52 mm olduğu görülmektedir.

Asmolen döşeme sistemine sahip yapılar için, TBDY-2018'e göre en büyük değerinin ZC yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 4.39 mm, DBYBHY-2007'ye göre en büyük değerinin Z4 yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 1.99 mm olduğu görülmektedir.

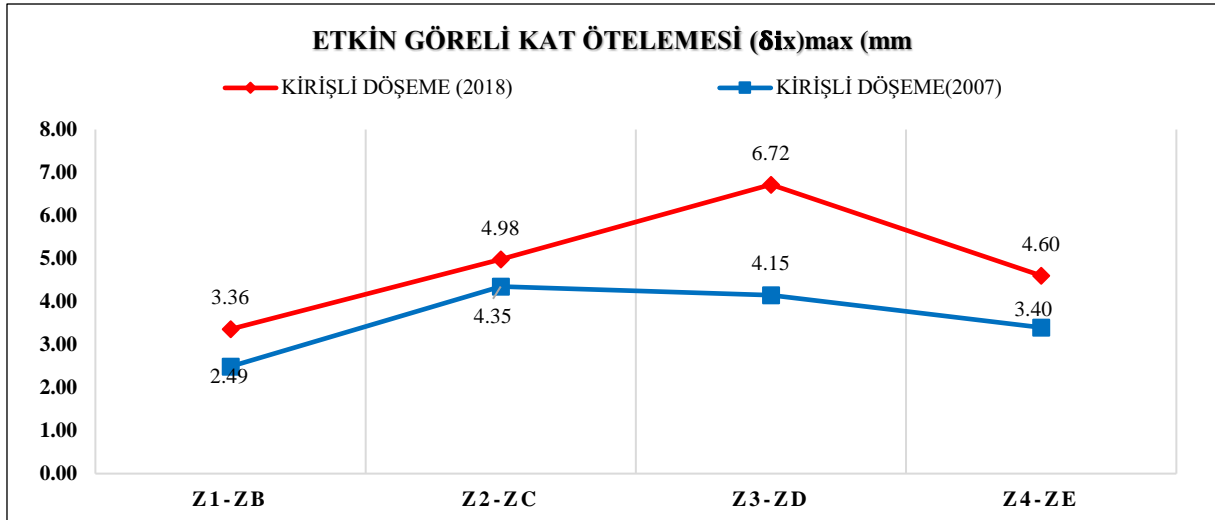


Şekil 15. Beş katlı yapıların x doğrultusunda etkin görelî kat ötelemeleri

Şekil 15'teki 5 katlı yapılarda, oluşan maksimum etkin görelî kat ötelemesinin kirişli döşeme sistemine sahip yapılar için, TBDY-2018'e göre en büyük değerinin ZD yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 5.58 mm, DBYBHY-2007'ye göre en büyük değerinin Z3 yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 4.39 mm olduğu görülmektedir.

Asmolen döşeme sistemine sahip yapılar için, TBDY-2018'e göre en büyük değerinin ZD yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 6.44 mm, DBYBHY-2007'ye göre en büyük değerinin Z4 yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 2.51 mm olduğu görülmektedir.

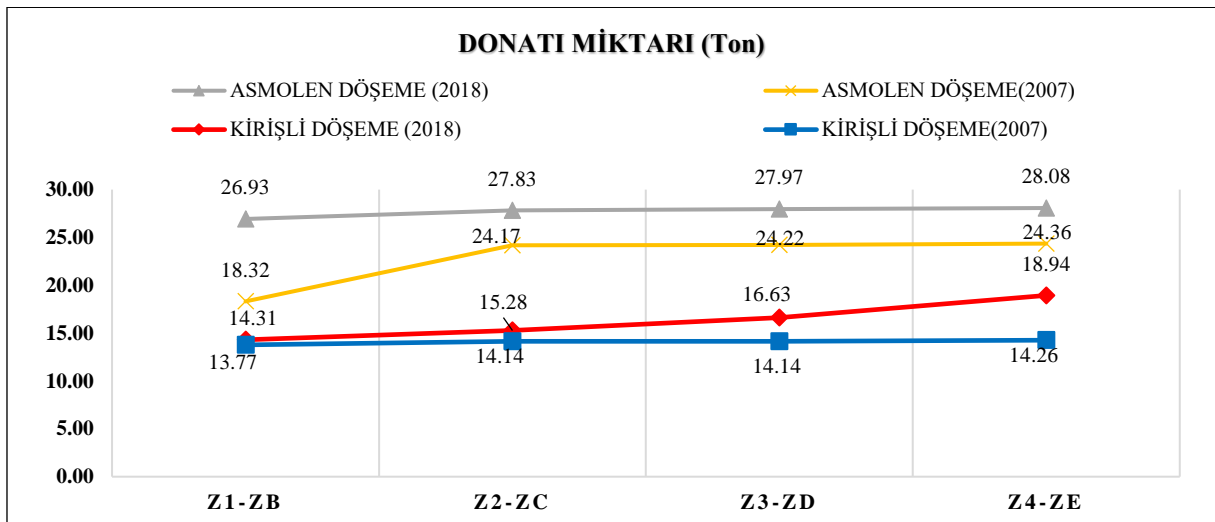
Şekil 16'daki 6 katlı yapılarda, oluşan maksimum etkin görelî kat ötelemesinin kirişli döşeme sistemine sahip yapılar için, TBDY-2018'e göre en büyük değerinin ZD yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 6.27 mm, DBYBHY-2007'ye göre en büyük değerinin Z3 yerel zemin sınıfında x doğrultusu için 4.15 mm olduğu görülmektedir.



Şekil 16. Altı katlı yapıların x doğrultusunda etkin görelî kat ötelemeleri

3.4 TBDY-2018 ile DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre 3,4,5 ve 6 katlı yapılarda kullanılan donatı miktarının irdelenmesi

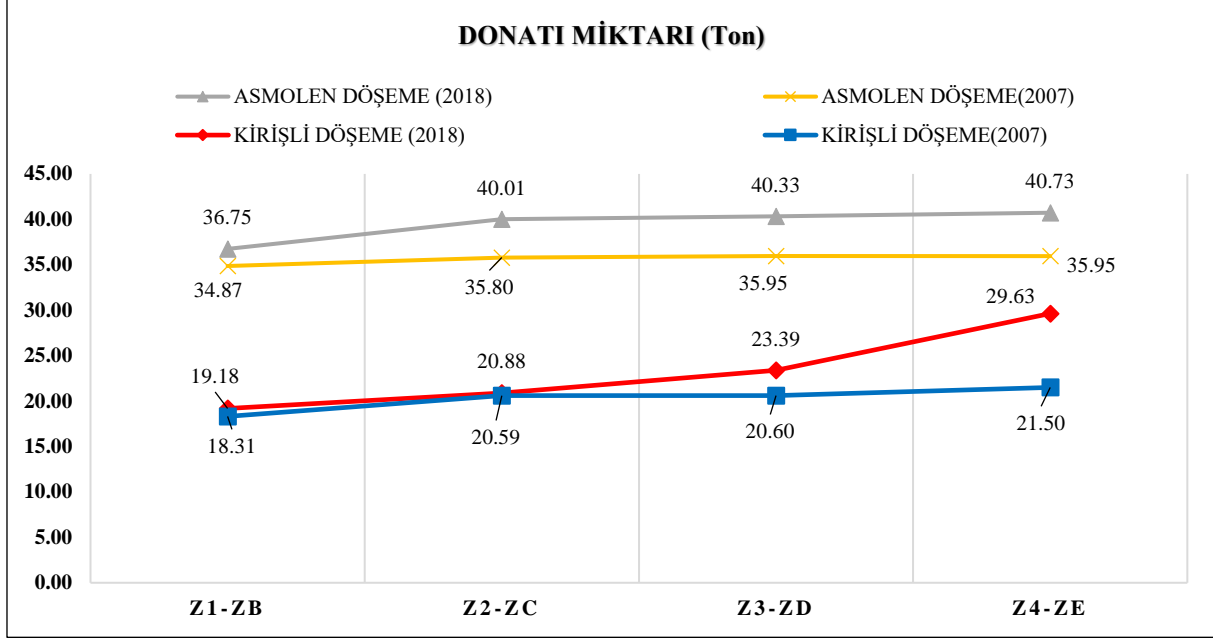
Şekil 17’de 3 katlı yapıların, Şekil 18’te 4 katlı yapıların, Şekil 19’da 5 katlı yapıların, Şekil 20’de 6 katlı yapılarda kullanılan donatı miktarlarının karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 17. Üç katlı yapılarda kullanılan donatı miktarları

Şekil 17’deki 3 katlı yapılarda, değişen zemin yerel sınıflarında en fazla donatı kullanılan ZE yerel zemin sınıfında, TBDY-2018’e göre kullanılan donatı miktarı 18.94 ton ’dur. Zemin sınıfı kötüleştikçe, donatı miktarının ortalama %6-8.90 arttığı gözlemlenmiştir. DBYBHY-2007’ye göre ise en fazla donatı kullanılan Z4 yerel zemin sınıfında, donatı miktarı 14.26 ton ’dur. Ayrıca, zemin sınıfı kötüleştikçe donatı miktarının ortalama %1-2.96 arttığı görülmüştür. Asmolen döşeme sistemine sahip 3 katlı yapılarda, TBDY-2018’e göre ZE yerel zemin sınıfında kullanılan donatı miktarı 28.08 ton ’dur. Zemin sınıfı kötüleştikçe donatı miktarının ortalama %2-3.5 arttığı tespit

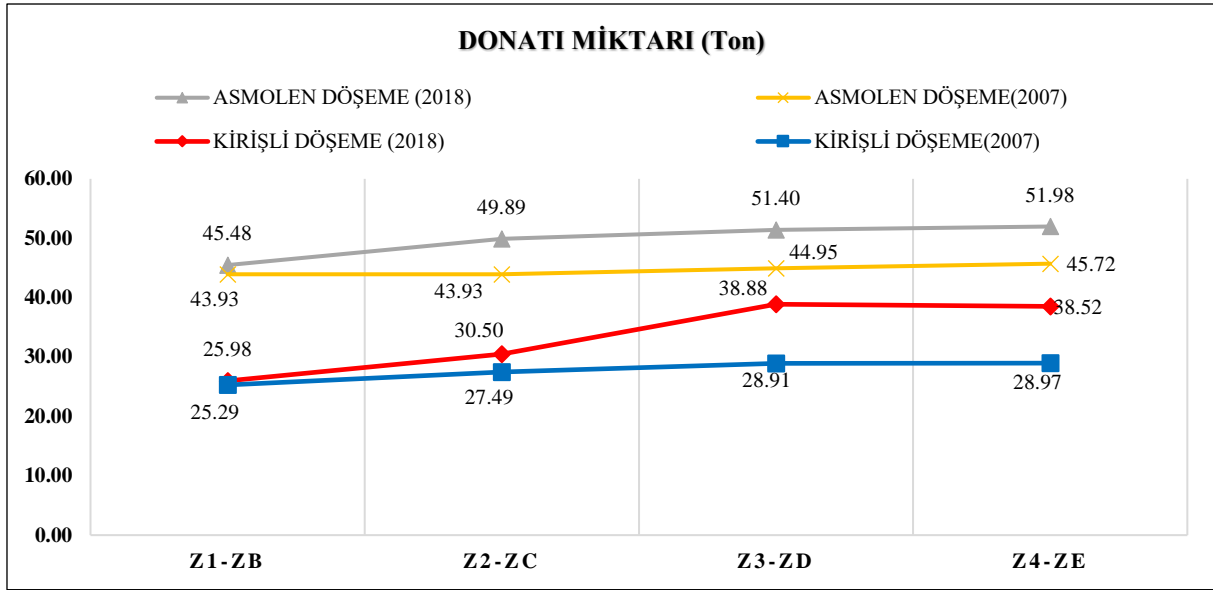
edilmiştir. DBYBHY-2007'ye göre ise en fazla donatı kullanılan Z4 yerel zemin sınıfında, donatı miktarı 24.36 ton 'dur. Zemin sınıfı kötüleştikçe, donatı miktarındaki kayda değer artışın yalnızca Z1-Z2 yerel zemin sınıfları arasında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 18. Dört katlı yapılarda kullanılan donatı miktarları

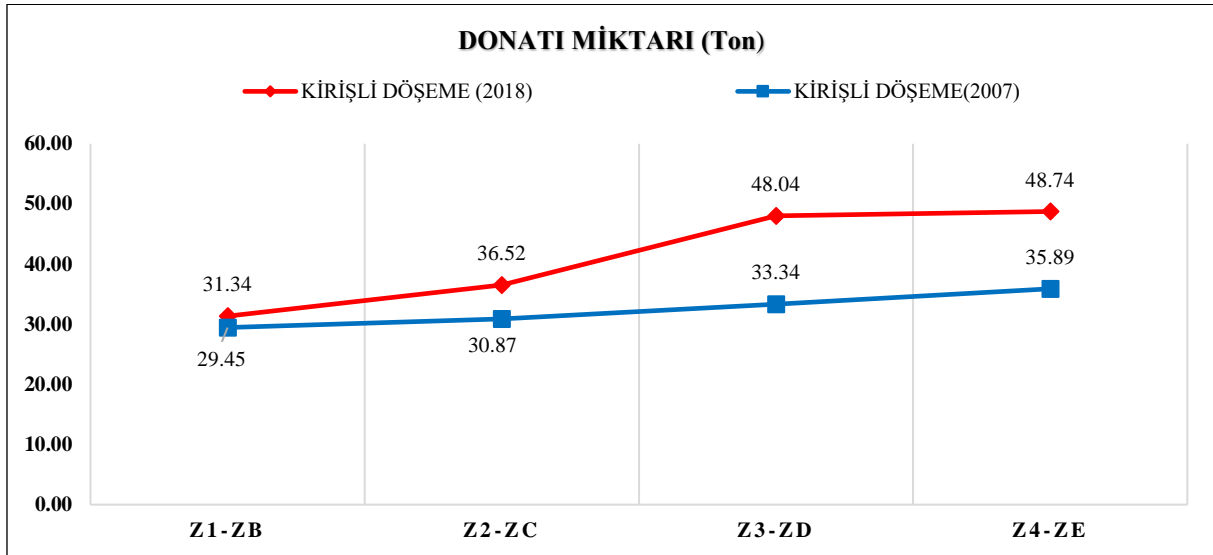
Şekil 18'deki kirişli döşeme sistemine sahip 4 katlı yapılarda, TBDY-2018'e göre değişen zemin yerel sınıflarında en fazla donatı kullanılan ZE yerel zemin sınıfında, donatı miktarı 29.63 ton 'dur. Zemin sınıfı kötüleştikçe donatı miktarının ortalama %10-21 arttığı gözlemlenmiştir. DBYBHY-2007'ye göre ise en fazla donatı kullanılan Z4 yerel zemin sınıfında, donatı miktarı 21.50 ton 'dur. Zemin sınıfı kötüleştikçe, donatı miktarında kayda değer artış sadece Z1-Z2 yerel zemin sınıfları arasında olmuştur. Asmolen döşeme sistemine sahip 4 katlı yapılarda, TBDY-2018'e göre ZE yerel zemin sınıfında kullanılan donatı miktarı 40.73 ton 'dur. Zemin sınıfı kötüleştikçe, donatı miktarında kayda değer artış ZB-ZC yerel zemin sınıfları arasında görülmüştür. DBYBHY-2007'ye göre ise Z4 yerel zemin sınıfında, donatı miktarı 35.95 ton 'dur. Zemin sınıfı kötüleştikçe, donatı miktarının ortalama %2-2.5 arttığı belirlenmiştir.

Şekil 19'daki Kirişli döşeme sistemine sahip 5 katlı yapılarda, TBDY-2018'e göre değişen zemin yerel sınıflarında en fazla donatı ve beton kullanılan ZE yerel zemin sınıfında, donatı miktarı 38.52 ton 'dur. Zemin sınıfı kötüleştikçe, donatı miktarındaki kayda değer artışın ZC-ZD yerel zemin sınıfları arasında gözlemlenmiştir. DBYBHY-2007'ye göre ise en fazla donatı kullanılan Z4 yerel zemin sınıfında, donatı miktarı 28.97 ton 'dur. Zemin sınıfı kötüleştikçe, donatı miktarındaki kayda değer artış Z1-Z2 yerel zemin sınıflarında, görülmüştür. Asmolen döşeme sistemine sahip 5 katlı yapılarda, TBDY-2018'e göre ZE yerel zemin sınıfında kullanılan donatı miktarı 51.98 ton 'dur. Zemin sınıfı kötüleştikçe, donatı miktarı ortalama %1-9 artmıştır. DBYBHY-2007'ye göre ise Z4 yerel zemin sınıfında, donatı miktarı 45.72 ton 'dur. Zemin sınıfı kötüleştikçe, donatı miktarındaki kayda değer artış Z3-Z4 yerel zemin sınıflarında olmuştur.



Şekil 19. Beş katlı yapılarda kullanılan donatı miktarları

Şekil 20'deki Kirişli döşeme sistemine sahip 6 katlı yapılarda, TBDY-2018'e göre değişen zemin yerel sınıflarında en fazla donatı ZE yerel zemin sınıfında, donatı miktarı 48.74 ton 'dur. Zemin sınıfı kötüleştiğinde, donatı miktarının ortalama %5-15 arttığı gözlemlenmiştir. DBYBHY-2007'ye göre ise en fazla donatı kullanılan Z4 yerel zemin sınıfında, donatı miktarı 35.89 ton 'dur. Zemin sınıfı kötüleştiğinde, donatı miktarındaki artışın ortalama %4.60-7 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 20. Altı katlı yapılarda kullanılan donatı miktarları

3.5 TBDY-2018 ile DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre 3,4,5 ve 6 katlı yapılarda kullanılan beton miktarının irdelenmesi

Tablo 14'te 3, 4, 5, 6 katlı yapılarda kullanılan beton miktarlarının karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 14. Tasarımı yapılan binalarda kullanılan beton miktarları

Kat sayısı	Döşeme sistemi	DBYBHY-2007		TBDY-2018		% Değişim
		Zemin Sınıfı	Beton Miktarı (m ³)	Zemin Sınıfı	Beton Miktarı (m ³)	
3 Katlı	Kirişli	Z1	171,150	ZB	173,440	1,32%
		Z2	174,760	ZC	178,740	2,23%
		Z3	174,760	ZD	184,160	5,10%
		Z4	175,080	ZE	207,780	15,74%
	Asmolen	Z1	158,850	ZB	218,130	27,18%
		Z2	178,610	ZC	218,130	18,12%
		Z3	178,610	ZD	218,130	18,12%
		Z4	178,630	ZE	221,120	19,22%
		Z1	229,270	ZB	231,250	0,86%
4 Katlı	Kirişli	Z2	239,610	ZC	239,800	0,08%
		Z3	239,700	ZD	250,880	4,46%
		Z4	243,160	ZE	284,910	14,65%
		Z1	247,630	ZB	290,830	14,85%
	Asmolen	Z2	250,660	ZC	293,850	14,70%
		Z3	252,950	ZD	293,850	13,92%
		Z4	252,950	ZE	293,850	13,92%
		Z1	298,450	ZB	301,700	1,08%
		Z2	302,700	ZC	321,400	5,82%
5 Katlı	Kirişli	Z3	307,060	ZD	363,250	15,47%
		Z4	326,050	ZE	386,550	15,65%
		Z1	310,780	ZB	360,800	13,86%
		Z2	310,780	ZC	362,250	14,21%
	Asmolen	Z3	310,780	ZD	363,770	14,57%
		Z4	310,780	ZE	363,770	14,57%
		Z1	358,140	ZB	362,040	1,08%
		Z2	363,240	ZC	385,680	5,82%
		Z3	370,200	ZD	439,320	15,73%
6 Katlı	Kirişli	Z4	391,260	ZE	465,480	15,94%

Tablo 14'e göre, farklı yönetmeliklere (TBDY-2018 ve DBYBHY-2007) ve zemin sınıflarına göre yapılan beton miktarları incelenmiştir. Kirişli döşeme sistemine sahip TBDY-2018'e göre, 3 katlı yapılarda ZE zemin sınıfında en fazla beton kullanılmış (207,78 m³), zemin sınıfı kötüleştikçe beton miktarındaki artış ZD-ZE sınıfları arasında belirgin olmuştur. DBYBHY-2007'ye göre ise, Z4 zemin sınıfında 175,08 m³ beton kullanılmış ve zemin sınıfı kötüleştikçe beton miktarı %1-2.5 artmıştır. Asmolen döşeme sistemine sahip TBDY-2018'de ise beton miktarı ZE zemin sınıfında 221,12 m³'ye çıkmıştır, fakat zemin sınıfı kötüleştikçe kayda değer bir artış gözlemlenmemiştir.

4 katlı yapılarda ise, TBDY-2018'e göre ZE zemin sınıfında beton miktarı 284,91 m³, DBYBHY-2007'ye göre Z4 sınıfında 243,16 m³ olmuştur. 5 katlı yapılarda ise TBDY-2018'de ZE zemin sınıfında 386,55 m³ beton kullanılmış, DBYBHY-2007'de ise Z4 zemin sınıfında 326,05 m³ beton kullanılmıştır. 6 katlı yapılarda, TBDY-2018'de ZE zemin sınıfında 465,48 m³ beton, DBYBHY-2007'de ise Z4 zemin sınıfında 391,26 m³ beton kullanılmıştır.

Genel olarak, kat sayısı arttıkça ve yerel zemin sınıfı kötüleştikçe her iki yönetmelik için de beton miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, asmolen döşeme sistemine sahip yapılarda kullanılan beton miktarı, kirişli döşeme sistemine sahip yapılardan genellikle daha fazladır.

3.6 TBDY-2018 ile DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre 3,4,5 ve 6 katlı yapıların performanslarının irdelenmesi

Tablo 15'te 3 katlı yapıların, Tablo 16'da 4 katlı yapıların, Tablo 17'de 5 katlı yapıların, Tablo 18'te 6 katlı yapılarda kullanılan donatı miktarlarının karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 15. 3 Katlı yapıların performanslarının değerlendirilmesi

Bina Kodu	TBDY-2018	DBYBHY-2007	TBDY-2018	DBYBHY-2007
			Gevrek Hasar	Gevrek Hasar
3KZ1B	KH	KH	-	2 Adet Kolon
3KZ2C	KH	GÖ (Kolon ve giriş göçme bölgesi)	-	-
3KZ3D	KH	GÖ (Kolon göçme bölgesi)	-	5 Adet Kolon
3KZ4E	KH	GÖ (İleri Giriş Hasarı=%85>%35)	-	4 Adet Kolon
3AZ1B	KH	GÖ (Vcoranı=%40,0>%30)	-	6 Adet Kolon
3AZ2C	KH	KH	-	7 Adet Kolon
3AZ3D	KH	GÖ (Vcoranı=%45,0>%30)	-	5 Adet Kolon
3AZ4E	KH	GÖ (Vcoranı=%38,0>%30)	-	4 Adet Kolon

Tablo 15'e göre, 3 katlı kirişli döşeme sistemine sahip DD-2 deprem yer hareketi altında farklı zemin sınıflarındaki yapılarda elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

ZB-Z1 zemin sınıfındaki yapılarda, yeni yönetmeliğe göre tasarlanan yapıda kirişler ve kolonlar hasar görmüş ancak bu hasar yönetmeliğin izin verdiği sınırlar içinde kaldığı için KH performans düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmeliğe göre tasarlanan yapıda ise 2 adet gevrek kolonun güçlendirilmesi şartı ile KH performans düzeyini sağlamıştır.

ZC-Z2 zemin sınıfındaki yapılarda, yeni yönetmeliğe göre tasarlanan yapıda 1. kattaki kirişlerin %75'inde belirgin hasar, kolonlarda ise %30'a kadar hasar oluşmuş ve KH düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmeliğe göre tasarlanan yapıda ise 1. kattaki kirişlerin %100'ü ve kolonların %7'si göçme bölgesine geçmiştir.

ZD-Z3 zemin sınıfındaki yapılarda, yeni yönetmeliğe göre 1. ve 2. kattaki kirişlerin çoğu belirgin hasar almış ve kolonların %87'si hasar görmüştür; KH düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmeliğe göre ise 5 kolon gevrek hasar almış ve %7'si göçme bölgesine girdiği için GÖ düzeyinde kalmıştır.

ZE-Z4 zemin sınıfındaki yapılarda, yeni yönetmeliğe göre tasarlanan yapıda kolonlar sınırlı hasar bölgesinde kalarak KH performans düzeyi sağlanmışken, eski yönetmeliğe göre tasarlanan yapıda kirişlerin %85'i ileri hasara uğramış ve 4 kolon gevrek hasar alarak KH düzeyini sağlayamamıştır.

Tablo 14'e göre, 3 katlı asmolen döşeme sistemine sahip DD-2 deprem yer hareketi altında farklı zemin sınıflarındaki yapılarda elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

ZB-Z1 zemin sınıfında, yeni yönetmeliğe göre tasarlanan yapıda kirişler ve kolonlar sınırlı hasar bölgesinde kalarak SH performans düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise 1. kattaki kirişlerin çoğu belirgin hasara ulaşmış ve kolonlardaki plastikleşme oranı %40'a çıkmıştır, bu nedenle KH düzeyi sağlanamamıştır.

ZC-Z2 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte 1. kattaki kirişlerin %95'inde belirgin hasar oluşmuş, kolonlarda ise %30'a kadar hasar meydana gelmiştir ve KH performans düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise 1. kattaki kirişlerin %100'ü belirgin hasara ulaşmış, kolonların %50'si belirgin hasar görmüş ve 7 kolon gevrek hasar almıştır.

ZD-Z3 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte kirişlerin çoğu belirgin hasara uğramış ancak kolonlar sınırlı hasarda kalmış ve KH performans düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin tamamı belirgin hasara ulaşmış, kolonlardaki plastikleşme oranı %45'e çıkmış ve 5 kolon gevrek hasar görmüştür.

ZE-Z4 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte kirişlerin çoğu belirgin hasar almış, kolonlar sınırlı hasarda kalmış ve KH düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin tamamı belirgin hasara geçmiş ve kolonlardaki plastikleşme oranı %38'e ulaşarak 4 kolon gevrek hasar almış, bu nedenle KH düzeyi sağlanamamıştır.

Tablo 16. 4 Katlı yapıların performanslarının değerlendirilmesi

Bina Kodu	TBDY-2018	DBYBHY-2007	TBDY-2018	DBYBHY-2007
			Gevrek Hasar	Gevrek Hasar
4KZ1B	KH	KH	-	9 Adet Kolon
4KZ2C	KH	KH	-	7 Adet Kolon
4KZ3D	KH	GÖÇME (İleri Kiriş Hasarı=%90>%35)	-	5 Adet Kolon
4KZ4E	KH	GÖÇME (Kolon Vc=%51>%30) Göçme Bölgesi Kiriş Hasarı=%100>%35)	-	4 Adet Kolon
4AZ1B	KH	KH	-	3 Adet Kolon
4AZ2C	KH	KH	-	5 Adet Kolon
4AZ3D	KH	GÖ (Vcoranı=%43,0>%30)	-	5 Adet Kolon
4AZ4E	KH	GÖ (Vcoranı=%39,0>%30)	-	7 Adet Kolon

Tablo 16'ya göre, 4 katlı kirişli döşeme sistemine sahip DD-2 deprem yer hareketi altında farklı zemin sınıflarındaki yapılarda elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

ZB-Z1 zemin sınıfında, yeni yönetmeliğe göre tasarlanan yapıda 1. ve 2. kattaki kirişlerin çoğunda belirgin hasar oluşurken, kolonlarda %36'ya kadar hasar oluşmuştur. Eski yönetmelik ile tasarlanan yapıda ise KH performans düzeyi sağlanmış ancak 9 kolonda gevrek hasar görülmüştür.

ZC-Z2 zemin sınıfında, yeni ve eski yönetmeliklere göre tasarlanan yapılarda kiriş ve kolonlardaki hasarlar KH performans düzeyini aşmamıştır. Eski yönetmeliğe göre tasarlanan yapıda 7 adet kolonda gevrek hasar görülmüştür.

ZD-Z3 zemin sınıfında, yeni yönetmelikle tasarlanan yapıda kiriş ve kolonlarda hasar meydana gelmiş ancak bu hasarlar KH performans düzeyini sağlamıştır. Eski yönetmelik ile tasarlanan yapıda ise kirişlerde ileri hasar, kolonlarda ise göçme oluşmuş ve yapı göçme durumuna gelmiştir.

ZE-Z4 zemin sınıfında, yeni yönetmelikle tasarlanan yapıda kiriş ve kolonlarda hasar oluşmuş ancak bu hasarlar KH düzeyini geçmemiştir. Eski yönetmelik ile tasarlanan yapıda ise kirişlerin %95'i göçme bölgesine girmiş ve kolonlarda plastikleşme oranı %51'e ulaşarak göçme durumu oluşmuştur.

Tablo 15'e göre, 4 katlı asmolen döşeme sistemine sahip DD-2 deprem yer hareketi altında farklı zemin sınıflarındaki yapılarda elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

ZB-Z1 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte 1. ve 2. kattaki kirişlerin çoğu belirgin hasar alırken, kolonların %36'sı -x deprem doğrultusunda belirgin hasara ulaşmıştır. Eski yönetmelikte yapı KH performans düzeyini sağlamış, ancak 3 kolon gevrek hasar görmüş ve 1. katta kolonların %35'inde belirgin hasar oluşmuştur.

ZC-Z2 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte kirişlerin çoğu bütün katlarda belirgin hasar alırken, kolonlar sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin tamamı belirgin hasar almış ve kolonların %60'ı belirgin hasara ulaşmış, 5 kolon gevrek hasar görmüştür. KH düzeyi sağlanmıştır.

ZD-Z3 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte kiriş ve kolonlarda herhangi bir gevrek hasar oluşmamış ve kolonlar sınırlı hasar bölgesinde kalarak KH performans düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin tamamı belirgin hasar almış, kolonlardaki plastikleşme oranı %43'e ulaşmış ve 5 kolon gevrek hasar görmüştür, bu nedenle KH düzeyi sağlanamamıştır.

ZE-Z4 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte kirişlerde hasar oluşmuş ancak göçme veya ileri hasar bölgesine geçilmemiş ve KH performans düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin tamamı belirgin hasar almış,

kolonlardaki plastikleşme oranı %39'a çıkmış ve 7 kolon gevrek hasar görmüştür, bu nedenle KH düzeyi sağlanamamıştır.

Tablo 17. 5 Katlı yapıların performanslarının değerlendirilmesi

Bina Kodu	TBDY-2018	DBYBHY-2007	TBDY-2018	DBYBHY-2007
			Gevrek Hasar	Gevrek Hasar
5KZ1B	KH	KH	-	6 Adet Kolon
5KZ2C	KH	KH	-	2 Adet Kolon
5KZ3D	KH	GÖÇME (İleri Kiriş Hasarı=%95>%35)	-	7 Adet Kolon
5KZ4E	KH	GÖÇME (İleri Kiriş Hasarı=%95>%35)	-	6 Adet Kolon
5AZ1B	KH	KH	-	4 Adet Kolon
5AZ2C	KH	KH	-	7 Adet Kolon
5AZ3D	KH	GÖÇME (Göçme bölgesi kolon=%39,0)	-	10 Adet Kolon
5AZ4E	KH	GÖÇME (Göçme bölgesi kolon=%86,0)	-	11 Adet Kolon

Tablo 17'ye göre, 5 katlı kirişli döşeme sistemine sahip DD-2 deprem yer hareketi altında farklı zemin sınıflarındaki yapıların performans sonuçları şu şekildedir:

ZB-Z1 zemin sınıfında, yeni yönetmeliğe göre tasarlanan yapıda kirişlerin çoğu her iki deprem doğrultusunda belirgin hasar alırken, kolonlarda 1. katta %8'e kadar hasar oluşmuş ve KH performans düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin çoğu belirgin hasar almış ve kolonlarda 1. katta %29 hasar görülmüş, KH düzeyi sağlanmış ancak 6 kolon gevrek hasar görmüştür.

ZC-Z2 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte tasarlanan yapıda kirişlerde belirgin hasar oluşmuş ve kolonlar %8'e kadar hasar almıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin çoğu belirgin hasar alırken, kolonlarda %30'a kadar hasar meydana gelmiş ve 2 kolon gevrek hasar görmüştür.

ZD-Z3 zemin sınıfında, yeni yönetmeliğe göre tasarlanan yapıda herhangi bir gevrek eleman oluşmamış, kirişlerin %100'ü belirgin hasara uğramış, kolonlar ise sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır. Eski yönetmelikte ise 1. katta kirişlerin %95'i ileri hasara, %5'i göçme bölgesine geçmiş ve 10 adet kolon gevrek hasar gördüğünden KH düzeyi sağlanamamıştır.

ZE-Z4 zemin sınıfında, yeni yönetmeliğe göre tasarlanan yapıda kirişlerin çoğu belirgin hasar alırken, kolonların büyük çoğunluğu sınırlı hasarda kalmış ve KH düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin %95'i göçme bölgesine geçmiş ve 6 kolon gevrek hasar görmüştür, bu nedenle KH düzeyi sağlanamamıştır.

Tablo 16'ya göre, 5 katlı kirişli döşeme sistemine sahip DD-2 deprem yer hareketi altında farklı zemin sınıflarındaki yapıların performans sonuçları şu şekildedir:

ZB-Z1 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte kirişlerin ve kolonların çoğunda sınırlı hasar oluşmuş ve KH performans düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin çoğu belirgin hasar bölgesine geçmiş, kolonların %50'si belirgin hasara ulaşmış ve 4 kolon gevrek hasar görmüştür.

ZC-Z2 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte kirişlerin %50'sinden fazlasında belirgin hasar meydana gelirken, kolonların en fazla %3'ü belirgin hasara ulaşmıştır. Eski yönetmelikte kirişlerin tamamı belirgin hasar alırken, kolonların plastikleşme oranı %26 olup 7 kolon gevrek hasar görmüştür; bu kolonların güçlendirilmesiyle KH performans düzeyi sağlanmıştır.

ZD-Z3 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte elemanlarda gevrek hasar oluşmamış, kirişlerin büyük çoğunluğu belirgin hasar bölgesine geçmiş ve kolonlar sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin tamamı belirgin hasar alırken, kolonlar göçme bölgesine ve 10 adet kolonda gevrek hasar tespit edilmiştir.

ZE-Z4 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte kirişlerin çoğu belirgin hasar almış ve kolonların büyük çoğunluğu sınırlı hasar bölgesinde kalarak KH performans düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin tamamı belirgin hasar almış, kolonlar göçme bölgesine geçmiştir ve 11 adet kolonda gevrek hasar olduğundan KH performans düzeyi sağlanamamıştır.

Tablo 18. 6 katlı yapıların performanslarının değerlendirilmesi

Bina Kodu	TBDY-2018	DBYBHY-2007	TBDY-2018	DBYBHY-2007
			Gevrek Hasar	Gevrek Hasar
6KZ1B	KH	KH	-	2 Adet Kolon
6KZ2C	KH	GÖÇME (Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%100,0>%20 Plastiklesen kolon Vc oranı=%36,0>%30)	-	-
6KZ3D	KH	GÖÇME (Plastiklesen kolon Vc oranı=%80,0>%30)	-	-
6KZ4E	KH	GÖÇME (Plastiklesen kolon Vc oranı=%83,6>%30)	-	-

Tablo 18'e göre, 5 katlı kirişli döşeme sistemine sahip DD-2 deprem yer hareketi altında farklı zemin sınıflarındaki yapıların performans sonuçları şu şekildedir:

ZB-Z1 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte tasarlanan yapıda kirişlerin çoğu belirgin hasar almış, kolonların ise büyük çoğunluğu sınırlı hasarda kalmış ve KH performans düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin çoğu belirgin hasar alırken, 1. katta kolonların %43'ü belirgin hasara ulaşmış ve 2 kolon gevrek hasar görmüştür, ancak KH düzeyi sağlanmıştır.

ZC-Z2 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte kirişlerin çoğu belirgin hasar almış, kolonlarda ise %10'a kadar belirgin hasar oluşmuştur. Eski yönetmelikte kirişlerin %100'ü göçme bölgesine geçmiş ve kolonlardaki plastikleşme oranı %36'ya ulaşarak KH düzeyini sağlayamamıştır.

ZD-Z3 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte kirişlerin çoğu belirgin hasar almış, ancak kolonlarda %17'lik bir hasar ile KH düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise yapı göçme aşamasına gelmiştir.

ZE-Z4 zemin sınıfında, yeni yönetmelikte kirişlerin çoğu belirgin hasar almış, kolonlarda ise çoğunluk sınırlı hasarda kalmış ve KH düzeyi sağlanmıştır. Eski yönetmelikte ise kirişlerin %100'ü belirgin hasara geçmiş ve kolonlarda plastikleşme oranı %83,6'ya ulaştığı için yapı göçme durumuna gelmiştir.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada ortak bir mimari ile TBDY-2018 ve DBYBHY-2007'ye göre değerlendirmesi yapılan yapıların, taşıma gücüne göre ilgili olduğu yönetmeliklerdeki verilen sınırları sağlatılıp, tasarımları yapılarak analizler ışığında; yapı doğal titreşim periyotları, taban kesme kuvvetleri, etkin görel kat ötelemeleri, yapılarda kullanılan donatı miktarlarındaki değişimler ile yeni ve eski yönetmeliğe göre tasarımı yapılan yapıların, TBDY-2018 performans kriterlerine göre deprem performansları incelenmiştir.

Uygulama amacıyla, yapıların Yalova ilinde yapıldığı kabul edilmiştir. TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 yönetmeliklerindeki yerel zemin sınıflarına göre, kat sayısı (3, 4,5, 6 Katlı) ve döşeme sistemi (Asmolen, Kirişli)

değiştirilerek iki yönetmelik arasında yapılarda oluşan davranış farklılıkları ve deprem performansları ortaya konulmuştur.

Analizler sonucunda elde edilen bulgulardan aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Yapı doğal titreşim periyotunun, hem TBDY-2018 hem de DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre kat sayısının artmasıyla birlikte arttığı gözlemlenmiştir. Kirişli döşeme sistemine sahip yapılar için, TBDY-2018'e göre tasarlanmış olan yapıların doğal titreşim periyotlarının, DBYBHY-2007'ye göre tasarlanmış olanlardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde, asmolen döşeme sistemine sahip yapılar için bu durumun tam tersi gözlenmiş ve DBYBHY-2007 yönetmeliğine göre tasarlanmış olan yapılarda doğal titreşim periyotlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın TBDY-2018'de dikkate alınan etkin kesit rijitliklerinin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
2. Taban kesme kuvveti, hem TBDY-2018 hem de DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre kat sayısının (ve dolayısıyla kütle) artmasıyla birlikte artmaktadır. Kirişli döşeme sistemine sahip yapılar için, Z1 yerel zemin sınıfındaki yapıların, ZB yerel zemin sınıfındakilere göre daha yüksek taban kesme kuvvetine maruz kaldığı gözlenmiştir; ancak asmolen döşeme sistemine sahip yapılar için bu farklılık belirgin değildir. Ayrıca, her iki yönetmelik için de sert zeminden yumuşak zemine doğru ilerledikçe taban kesme kuvvetinin arttığı ve kirişli döşeme sistemine sahip yapılar için TBDY-2018'e göre tasarlanmış ZB yerel zemin sınıfındaki yapılar hariç, taban kesme kuvvetinin DBYBHY-2007'ye göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
3. Etkin görel kat ötelemelerinin kat sayısı ve sert zeminden yumuşak zemine gidildikçe her iki yönetmelik içinde arttığı görülmüştür. Analizler incelendiğinde zemin sınıfı ZD'den sonra etkin görel kat ötelemesinin azaldığı görülmektedir. Bunun sebebinin ise yönetmelikteki ilgili öteleme sınırı sağlamak ve kolon kiriş birleşim bölgelerindeki kesme güvenliğinin sağlanmamasından dolayı artan kesit boyutları ve yapıya eklenen perde duvarlar olduğu görülmüştür. Böylece yapıların rijitliği arttığından dolayı ötelemeler azalmıştır. Her iki yönetmelik için de kirişli döşeme sistemine sahip yapıların etkin görel kat ötelemelerinin, asmolen döşeme sistemine sahip yapılara göre arttığı görülmüştür. Bunun sebebinin ise kat yüksekliği sabit kalmak üzere TBDY-2018'e göre tasarımı yapılan asmolen döşeme sistemine sahip yapılarda, taban devrilme momenti sağlatılmak üzere eklenen çok sayıda perde duvarlar ile yapıların rijitliği oldukça artmıştır. Bundan dolayı kirişli döşeme sistemine sahip yapılara nazaran etkin görel kat ötelemeleri düşük çıkmıştır. Ayrıca TBDY-2018 ile dikkate alınan etkin kesit rijitlikleri ile kolonların rijitliği %30 azaltıldığından dolayı etkin görel kat ötelemeleri eski yönetmeliğe oranla artmıştır. Bundan dolayı yeni yönetmeliğe göre tasarımı yapılan yapılarda, daha büyük kesitlere ihtiyaç duyulmuştur.
4. Yapılarda kullanılan donatı miktarlarının, TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 yönetmelikleri altında kat sayısı ve zeminin kötüleşmesine bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Asmolen döşeme sistemine sahip yapılar için kullanılan beton ve donatı miktarlarının, yapı ağırlığı ve yapının periyoduyla ilişkili olarak deprem yükünün etkisiyle, her iki yönetmelik altında da kirişli döşeme sistemine sahip yapılarınkine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tasarımlarda, bazı yapıların düşey taşıyıcı eleman boyutları sabit tutularak sadece zemin sınıfının değiştirilmesiyle yapılan analizlerde, donatı miktarlarında artış olduğu belirlenmiştir. Bu artışın nedeni, düşey taşıyıcı eleman boyutlarının sabit tutulmasıyla zemin sınıfının kötüleşmesi sonucunda düşey taşıyıcı elemanların daha fazla deprem yüküne maruz kalması ve buna bağlı olarak donatının artan basınç gerilmelerini taşımasıdır. Bu durumda,

kesitteki donatı oranının artmasıyla kolon boyutunun yetersiz hale gelmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu nedenle, yönetmeliklerde pirsantaj oranının ifade edilmesi gerekmektedir. Bu durumun temel sonucu, yeni yönetmeliklerin kapasite tasarımını dikkate alması ve yapıların sünek davranışa yönlendirilmesidir. Dolayısıyla, yeni yönetmelikle birlikte malzeme özelliklerine, beton ve donatı hesap dayanımlarına göre hesaplanan taşıma gücü ve kapasite momentleri ile yapıların deprem etkisi altındaki davranışının daha gerçekçi bir şekilde analiz edilmesi hedeflenmiştir.

5. Kirişli ve asmolen döşeme sistemine sahip binaların, DD-2 deprem yer hareketi altında, doğrusal olmayan Tek Modlu İtme Yöntemi ile deprem performansları değerlendirildi. TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre tasarlanan binalarda, eski yönetmeliğe göre %65'inin performans kriterlerini sağlayamadığı, %35'inin ise gevrek elemanların güçlendirilmesiyle sağladığı belirlendi. Kirişli döşemeli yapılarda performans sorununun %60'ı kiriş hasarından, %40'ı ise kolon hasarından kaynaklanırken, asmolen döşemeli yapılarda tüm yapıların kolonlarının ileri hasar veya göçme bölgesine geçmesi nedeniyle performans kriterlerini sağlayamadığı görüldü. Ayrıca, zemin tipi değişikçe hasarların arttığı ancak kat sayısı arttıkça bu ilişkinin geçerli olmadığı gözlemlendi. Sonuç olarak, eski yönetmelik hükümleriyle tasarlanmış binaların ortalama %65'inin büyük bir risk taşıdığı tespit edilmiştir.

Her iki yönetmeliğe göre tasarımı yapılan yapılarda ilgili olduğu yönetmelikteki görel kat öteleme sınırları sağlatılmak zorunda olduğundan dolayı elamanlardaki ötelemeler arasındaki fark tam olarak ortaya konulamamıştır. Bu sebeple her iki yönetmelik içinde izin verilen sınırlar dikkate alınmayarak yapıların analizleri yapılarak her iki yönetmelik arasındaki görel kat öteleme farkı ortaya konulmalıdır. Ayrıca Yapılan çalışma Yalova ilinde yapıldığından dolayı asmolen ve kirişli döşeme sistemleri üzerinde çalışma yapılması için kat sayısı en fazla 6 seçilmiştir. Bu sebeple deprem bölgesi olmayan bir konumda kat sayısı artırılarak yeni kazanımlar elde edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Hamsici M (2019) Çok Katlı Betonarme Binalarda 2018 Deprem Yönetmeliği ile Tanımlanan Spektrum Eğrilerinin Etkisinin Araştırılması. Dissertation, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.
2. Sesli H (2023) 1999 Kocaeli Depremi Öncesi ve Sonrasında İnşa Edilen Binaların Yapısal Performans Düzeylerinin Değerlendirilmesi ve YSİS Uygulaması-Yalova Örneği. Yalova Üniversitesi Bilimsel Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, Yalova, Türkiye.
3. Keskin E, Bozdoğan KB (2018) 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli ili Özelinde Değerlendirilmesi. Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi 4(1):74-90.
4. Karaca H, Oral M, Erbil M (2020) Yapısal Tasarım Bağlamında 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması, Niğde Örneği. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 9(2):898-903. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.667365>
5. Meral E (2019) Betonarme binalarda kısa kolon etkilerinin araştırılması. International Journal of Engineering Research and Development 11(2):515-527. <https://doi.org/10.29137/umagd.495192>
6. Gündoğay A, Aksakal AK (2022) Betonarme Kolon Eğrilik Sünekliğinin 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre İncelenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi (34):202-210. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1079707>
7. Doğan O, Genç Y, Akgül M (2022) DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 kapsamında betonarme çerçeve ve saplama/ikincil kirişlerin kesit tesirlerindeki değişimin karşılaştırılması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi 13(2):295-305. <https://doi.org/10.24012/dumf.1053898>
8. Sümer Y, Hamsici M (2020) Çok katlı betonarme binalarda 2018 deprem yönetmeliği ile tanımlanan spektrum eğrilerinin etkisi. Academic Platform-Journal of Engineering and Science 8(2):349-354. <https://doi.org/10.21541/apjes.641250>

9. Dalyan İ, Şahin B (2019) Mevcut betonarme bir binanın 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre deprem yükleri altındaki taşıyıcı sistem performansının değerlendirilmesi. Türk Deprem Araştırma Dergisi 1(2):134-147. <https://doi.org/10.46464/tdad.631998>
10. Çetin K, Demir A, Altıok TY (2020) 2007 VE 2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre Yerel Zemin Sınıflarının Yapılardaki Burulma Düzensizliğine Etkisi. Konya Journal of Engineering Sciences 8(2):282-290. <https://doi.org/10.36306/konjes.578184>
11. Ünsal İ, Öncel FA, Şahan F (2020) TDY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre yapı yüksekliğinin taban kesme kuvveti ve tepe deplasmanı üzerindeki etkisinin incelenmesi. Konya Journal of Engineering Sciences 8(4):930-942. <https://doi.org/10.36306/konjes.752139>
12. Aksoylu C, Arslan MH (2021) 2007 ve 2019 Deprem yönetmeliklerinde betonarme binalar için yer alan farklı deprem kuvveti hesaplama yöntemlerinin karşılaştırılması olarak irdelenmesi. International Journal of Engineering Research and Development 13(2):359-374. <https://doi.org/10.29137/umagd.844186>
13. Adar K, Büyüksaraç A, Işık E, Ulu AE (2021) 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Yapısal Analizler Işığında Karşılaştırılması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi (25):306-317. <https://doi.org/10.31590/ejosat.906347>
14. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (<https://tdth.afad.gov.tr/>) Erişim 10 Haziran 2024.
15. TBDY (2018). Deprem etkisi altındaki binaların tasarımı için esaslar. Ankara, Türkiye. (<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2-1.pdf>) Erişim 5 Ocak 2024.
16. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, (2007), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, T.C. Resmî Gazete, 26454, 06 Mart 2007. (<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3-1.pdf>) Erişim 5 Ocak 2024.
17. Doğangün A (2021) Deprem-Zemin ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. İstanbul, Birsen Yayınevi, ss 356.
18. STA4CAD Statik (2024) Yapısal Analiz Programı. Versiyon V-14 Statik.