SETSCI conference proceedings
SETSCI Conference Proceedings
4 (6), 118-125, 2019

4th International Symposium on Innovative Approaches in Engineering and Natural Sciences
November 22-24, 2019, Samsun, Turkey

https://doi.org/10.36287/setsci.4.6.035
2618-6446/ © 2019 The Authors. Published by SETSCI

ISAS WINTER - 2019

Farklı Deprem Özelliklerine Sahip Betonarme Bir Binanın TDY-2007 ve TBDY-2018 Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması

Mehmet Emin Biltekin[1+*], Salih Cengiz[2+], Mehmet Kamanlı[2] ve Alptuğ Ünal[4]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya
[3]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya
[4]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya
[*]İlgili Yazar: eminbiltekin1@gmail.com
[+]Konuşmacı: eminbiltekin1@gmail.com
Sunum/Makale Tipi: Sözlü / Tam Metin

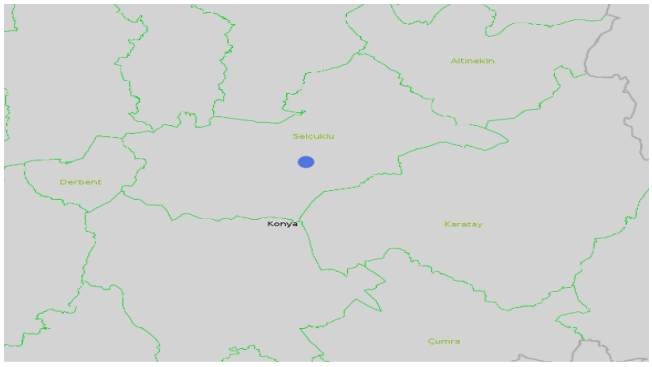
Özet – Türkiye deprem bölgesi olan bir ülkedir. Bu sebeple deprem yönetmelikleri zamanla güncellenmektedir. 2019 yılı Ocak
ayı ile birlikte Tbdy-2018 yürürlüğe girmiştir. Biz bu çalışmada yenilenen deprem yönetmeliğinin içeriğini 2007 yönetmeliği ile karşılaştırdık. Bununla birlikte statik proje çiziminde sıklıkla kullanılan iki farklı programda tasarımını yaptığımız bir binanın analizini yaptık ve sonuçlarını karşılaştırdık. Sonuçları hem hesap hem de metraj açısından inceledik.

Anahtar Kelimeler – *Deprem, Dbybhy-2007, Tbdy-2018, Kiriş, Taban kesme kuvveti*

I. DBYBHY-2007 ILE TBDY-2018 KARŞILAŞTIRILMASI

1.1. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Harita spektral ivme katsayıları olarak tanımlanan S_{DS} ve S_{D1} değerleri TBDY-2018 yönetmeliğiyle birlikte https://tdth.afad.gov.tr web adresinden koordinatlara özel şekilde alınmaktadır. (Resim 1.1)



Resim 1.1 Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi koordinatları

Uygulamadan alınan S_{DS} değeri =**0.477**, S_{D1} değeri= **0.175** olarak okunmuştur.

Konya bölgesi için 2007 yönetmeliğine göre yapılan hesapta $\mathbf{A_0}$ **=0.4** alınmıştır.

1.2. Yerel Zemin Etki Katsayıları

TBDY-2018' de yerel zemin sınıfları 4' ten (Z1,Z2,Z3,Z4), 6' ya (ZA,ZB,ZC,ZD,ZE,ZF) çıkmıştır. ZF gibi yerinde araştırma gerekli özel bir sınıf yapılmıştır.

→Tasarım yapılan binada zemin sınıfı TBDY-2018'e göre hesapta **ZD** kabul edilmiştir.

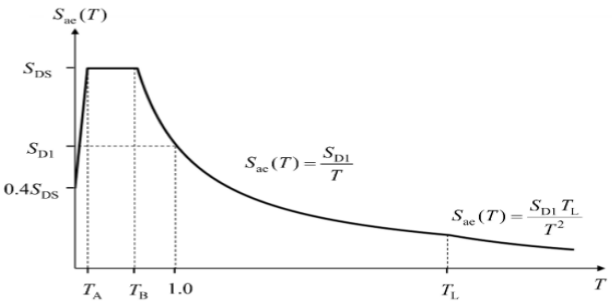
→Tasarım yapılan binada 2007 yönetmeliğine göre **Z4** zemin sınıfı seçilmiştir.

1.3. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Yatay elastik spektrum eğrisi formülleri değişmiştir. TBDY-2018 formül 2.3' de T_A ve T_B değerlerinin nasıl hesaplanacağı açıklanmıştır.

$$T_A = 0.2\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \qquad (2.3)$$

Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu T_L = 6 s alınacaktır.



Şekil 1.1: (TBDY-2018 Şekil 2.1) Yatay elastik spektrum eğrisi

⇨ TBDY-2018' de S_{DS}, S_{D1}, T_A ve T_B değerleri zemin sınıfına ve arsa koordinatlarına bağlıdır. DBYBHY-2007' de ise sadece zemin sınıfına bağlıdır. Buna bağlı olarak formüller değişmiştir.

1.4. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için *düşey elastik tasarım ivme spektrumu'nun* ordinatları olan düşey elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{aeD}(T)$, yatay deprem yer hareketi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi [g] cinsinden Denk.(2.5) ile tanımlanır (Şekil 2.3: TBDY-2018 Şekil 2.3).

$$S_{aeD}(T) = \left(0.32 + 0.48\frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} \qquad (0 \le T \le T_{AD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8\, S_{DS} \qquad (T_{AD} \le T \le T_{BD})$$

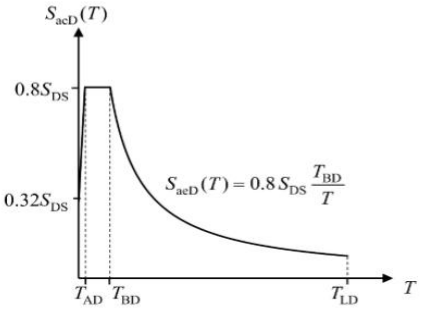
$$S_{aeD}(T) = 0.8\, S_{DS}\frac{T_{BD}}{T} \qquad (T_{BD} \le T \le T_{LD})$$

TBDY 2018 (2.5)

Denk.(2.5)'te yer alan T_{AD} ve T_{BD} düşey spektrum köşe periyotları ile T_{LD} periyodu Denk.(2.6)'da verilmiştir.

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2}$$

TBDY 2018 (2.6)



Şekil 1.2: (TBDY-2018 Şekil 2.3)

DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a olarak sınıflandırılan ve aşağıdaki elemanları içeren binalarda düşey deprem hesabı, bu elemanların yerel düşey titreşim modları esas alınarak sadece bu elemanlar için TBDY-2018 Madde 2.3.5'te tanımlanan düşey elastik ivme spektrumu'na göre TBDY-2018 Madde 4.8.2'de verilen yöntemle yapılacaktır. Düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$'nin bu şekilde hesabında tüm taşıyıcı sistemler için R/I = 1 ve D = 1 alınacaktır.

(a) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar,

(b) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 m veya daha fazla olan konsolları içeren binalar,

(c) Kirişlere oturan kolonları içeren binalar,

(d) Kolonları düşeye göre eğimli olan binalar.

Yukarıda belirtilen elemanların dışındaki taşıyıcı sistem kısımlarında ve yukarıdaki tanımın dışında kalan binalarda düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$, özel bir hesap yapılmaksızın, TBDY-2018 Denk.(4.10) ile yaklaşık olarak hesaplanacaktır.

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3)\, S_{DS}\, G$$

TBDY -2018 (4.10)

Burada G sabit yük etkisini, S_{DS} kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı'nı göstermektedir.

⇨ DBYBHY-2007' de, düşey elastik spektrum mevcut değildi. Bu durum, TBDY-2018 için **çok önemli bir yeniliktir.**

1.5. Bina Yüksekliği ve Bina Yükseklik Sınıfları

Aşağıda (a) ve (b)'de verilen koşulların her ikisini de sağlayan bodrumlu binalar'da bina tabanı, bodrum perdelerinin üst kotundaki kat döşemesi seviyesinde tanımlanır.

(a) Rijit bodrum perdelerinin binayı her taraftan veya en az üç taraftan çevrelemesi,

(b) Birbirine dik bina eksenlerinin herbirinin doğrultusundaki hakim titreşim modunda, bodrum katlar dahil binanın tümü için hesaplanan doğal titreşim periyodu'nun, aynı taşıyıcı sistemde zemin kat döşemesi dahil tüm bodrum kütleleri hesaba katılmaksızın aynı doğrultuda hesaplanan doğal titreşim periyodu'na oranının 1.1'den küçük olması ($T_{p,tüm} \le 1.1\ T_{p,üst}$)

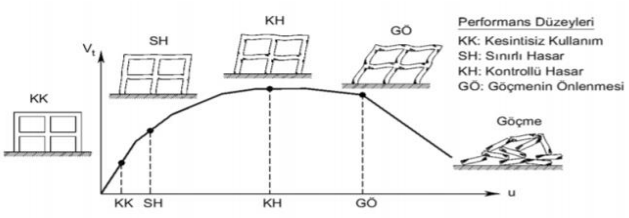
Yukarıdaki koşullardan *herhangi birini sağlamayan bodrumlu binalar ve bodrumsuz binalar' da* bina tabanı **temel üst kotundan** tanımlanır.

⇨ Tasarımı yapılan binamız 1 bodrum kata sahiptir. STA4CAD ve ideCAD STATİK programlarında yapılan analizde yukarıda belirtilen şartı sağladığı görülmüştür. Bu nedenle H_N, 15 yerine 12 m olarak alınmıştır.

Tablo 1.1: (TBDY-2018 - Tablo 3.3) Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \le 70$	$70 < H_N \le 91$	$91 < H_N \le 105$
BYS = 3	$42 < H_N \le 56$	$56 < H_N \le 70$	$56 < H_N \le 91$
BYS = 4	$28 < H_N \le 42$	$42 < H_N \le 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \le 28$	$28 < H_N \le 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \le 17.5$	$17.5 < H_N \le 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \le 10.5$	$10.5 < H_N \le 17.5$	
BYS = 8	$H_N \le 7$	$H_N \le 10.5$	

1.6. Bina Performans Düzeyleri



Resim 2.2 Deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri

⇨ DBYBHY-2007'de sadece mevcut binaların değerlendirilmesi için kullanılan performans düzeyleri, TBDY-2018 ile birlikte tasarım kriterleri arasına girmiştir.

Yeni binaların tasarımı veya mevcut binaların değerlendirilmesi için DTS ve BYS' ye bağlı olarak bir performans hedefi belirlenecek ve bu performans hedefine uygun tasarım yaklaşımı seçilecektir.

TBDY-2018' e göre tasarlanan binada KH (Kontrollü Hasar) hedeflenerek tasarım yapılmıştır.

1.7. Deprem Yükü Katsayıları Ve Kapasite Tasarımı İlkeleri

1.7.1. Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

Doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak Deprem Yükü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$ aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \qquad T > T_B \qquad \text{TBDY 2018 (4.1a)}$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right)\frac{T}{T_B} \qquad T \le T_B \qquad \text{TBDY 2018 (4.1b)}$$

Burada R ve D TBDY-2018 Tablo 4.1' de tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ile Dayanım Fazlalığı Katsayısı' nı göstermektedir.

1.7.2. Kapasite Tasarım İlkeleri

Dayanıma göre tasarım çerçevesinde bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımında özellikle (**Kesme güvenliğinin sağlanmasına)** bu bölümde verilen kurallara ek olarak kapasite tasarımı ilkeleri göz önüne alınır. Bu tasarıma göre, betonarme elemanlarda her durumda sünek güç tükenmesinin (örneğin eğilme dayanımına donatının akmasıyla ulaşma) gevrek güç tükenmesinden (örneğin kesme kuvvetinden dolayı dayanıma ulaşma) önce oluşması sağlanmalıdır.

Tablo 1.2: (TBDY-2018 - **Tablo 4.1**) Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı *R*	Dayanım Fazlalığı Katsayısı *D*	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.4.5**)	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.4.5**)	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen *süneklik düzeyi yüksek* betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–
A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.1.2**)	6	2.5	BYS ≥ 4
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.1.2**)	5	2.5	BYS ≥ 4
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 6
A24. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5	BYS ≥ 6
A3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.3, 4.3.4.7)			
A31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	BYS ≥ 7
A32. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi sınırlı* boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	BYS ≥ 6
A33. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi sınırlı* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	BYS ≥ 6

1.8. Süneklik Düzeyi Yüksek, Sınırlı ve Karma Taşıyıcı Sistemler

Betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler, Tablo 2.2: (TBDY-2018 - Tablo 4.1)' te verildiği üzere, süneklik düzeyleri bakımından *süneklik düzeyi yüksek sistemler, süneklik düzeyi sınırlı sistemler* ve *süneklik düzeyi karma sistemler* olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. *Süneklik düzeyi karma* taşıyıcı sistemler, *süneklik düzeyi sınırlı* çerçeve taşıyıcı sistemlerinin *süneklik düzeyi yüksek* betonarme perdeler veya çelik çaprazlı çerçevelerle birlikte kullanılması ile oluşturulan sistemlerdir.

⇨ Süneklik düzeyi sınırlı tanımı 2018 yönetmeliği ile birlikte eklenmiştir.

1.8.1 Taşıyıcı Sistem Türüne Göre R ve D Katsayıları

DTS= 1, 1a, 2, 2a olan betonarme perdeli ve/veya çelik çaprazlı çerçeveli binalarda herhangi bir doğrultuda aşağıda (a) ve (b)' de tanımlanan iki koşuldan birini sağlamaması durumunda o doğrultuda taşıyıcı sistem davranış katsayısı R yerine **(4/5)R** gözönüne alınacaktır. Dayanım fazlalığı katsayısı D' de herhangi bir değişiklik yapılmayacaktır. TBDY-2018 Madde 4.5.4.5' te verilen koşulu sağlayan bağ kirişli perde sistemi, tek bir perde olarak gözönüne alınacaktır.

(a) Taşıyıcı sistemde tek bir perdenin veya çelik çaprazlı çerçevenin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV}, o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_0'ın 1/3'ünden fazla olmayacaktır.

(b) Binanın her bir kenar aksında yer alan perde/perdelerin veya çelik çaprazlı çerçeve/çerçevelerin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} veya M_{DEV}'lerin toplamı, o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_0'ın 1/6'sından az olmayacaktır.

NOT: Bu koşullarda, her bir doğrultuda en az 3 adet (mümkünse daha fazla) ve özellikle kenar akslarda perde bulundurulması özendirilmekte, şartların sağlanmaması durumunda ise cezalandırılmaktadır.

1.8.2. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Koşullar

DTS=1a, DTS=2a, DTS=3a ve DTS=4a olarak sınıflandırılan binalarda (BKS=1 yani I =1.5 olan binalar) **süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler kullanılamaz.**

BYS ≤ 6 olan ve DTS=1a ve DTS= 2a olarak sınıflandırılan binalarda **süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler kullanılamaz.**

Birbirine dik doğrultuda taşıyıcı sistemlerin süneklik düzeylerinin aynı olması zorunludur.

Deprem etkilerinin tamamı moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçevelerle karşılanan taşıyıcı sistemler (A31, B31, C31) sadece DTS=3 ve DTS=4 olan binalarda (S_{DS} < 0.50 olan binalar) kullanılacaktır.

Süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) veya boşluksuz yerinde dökme veya önüretimli betonarme perdeler ile merkezi, dışmerkez veya burkulması önlenmiş çelik çaprazlı çerçevelerin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çerçevelerle birlikte kullanıldığı binalarda, perdelerin veya çaprazlı çerçevelerin tabanında deprem yüklerinden meydana

gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %40'ından az, %75'inden fazla olmayacaktır.

$$0.40\,M_o < \sum M_{DEV} < 0.75\,M_o \qquad \text{TBDY 2018 (4.2)}$$

Bu bağıntıdaki üst sınır koşulunun sağlanamaması durumunda, Tablo 2.2: (TBDY-2018 - Tablo 4.1)' de deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerle veya çaprazlı çerçevelerle karşılandığı durumlar için tanımlanan R ve D katsayıları ile izin verilen en üst BYS dikkate alınacaktır. Alt sınır koşulunun sağlanamaması durumunda ise Tablo 2.2: (TBDY-2018 - Tablo 4.1)' te verilen R ve D katsayılarında değişiklik yapılmayacak, ancak izin verilen en üst BYS'nin bir fazlası dikkate alınacaktır.

⇨ DBYBHY-2007' de alt sınır yoktu, üst sınır aynıydı. Fakat aşılması halinde R'de azaltma yapılıyordu.

Süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemlerde, süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) veya boşluksuz betonarme perdeler ile merkezi, dışmerkez veya burkulması önlenmiş çelik çaprazlı çerçevelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden az olmayacaktır.

$$\sum M_{DEV} \geq 0.75\,M_o \qquad \text{TBDY 2018 (4.3)}$$

Bu koşulun sağlanamaması durumunda, Tablo 2.2: (TBDY-2018 - Tablo 4.1)'te deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi sınırlı çerçevelerle karşılandığı durumlar için tanımlanan R ve D katsayıları ile izin verilen en üst BYS dikkate alınacaktır.

⇨ DBYBHY-2007' de bu sınır 0.66, alt sınır 0.40 idi ve 0.40-0.66 aralığı için R' de azaltma yapılıyordu. Bu sınır TBDY-2018'de 0.40-0.75 aralığına alınmıştır.

1.9. Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması

Tipik (X) deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin göreli kat ötelemesi, $\delta_i^{(X)}$, TBDY-2018 Denk.(4.33) ile elde edilecektir.

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I}\Delta_i^{(X)} \qquad \text{TBDY 2018 (4.33)}$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denk.(4.33) ile hesaplanan $\delta_i^{(X)}$, etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $\delta_{i,max}^{(X)}$, aşağıda (a) veya (b)'de verilen koşulları sağlayacaktır.

a) Gevrek malzemeden yapılmış boşluklu veya boşluksuz dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumunda:

$$\lambda\frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008\,\kappa \qquad \text{TBDY 2018 (4.34a)}$$

(b) Gevrek malzemeden yapılmış dolgu duvarları ile çerçeve elemanlarının aralarında esnek derzler yapılması, cephe elemanlarının dış çerçevelere esnek bağlantılarla bağlanması veya dolgu duvar elemanının çerçeveden bağımsız olması durumunda:

$$\delta_i = R\,\Delta_i \qquad \text{TBDY 2018 (4.34b)}$$

DBYBHY-2007' de ise;

$$\lambda\frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016\,\kappa \qquad \text{DBYBHY-2007 (2.18)}$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denk.(2.18) ile hesaplanan δ_i etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{max}$, Denk.(2.19)'da verilen koşulu sağlayacaktır:

$$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0.02 \qquad \text{DBYBHY-2007 (2.19)}$$

1.10. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar

Süneklik düzeyi yüksek dikdörtgen enkesitli kolonlarda, min kenar uzunluğu 250 mm' den **300** mm' ye çıkarılmıştır. Dairesel kolonların min çapı ise, 300 mm' den **350** mm' ye çıkarılmıştır.

Kolon sarılma bölgelerinde max aralık şartı 100 mm' den 150 mm' ye çıkarılmıştır. Ayrıca 6Øl'den küçük olma şartı getirilmiştir.

Kesme koşulları formülü, DBYDBHY-2007'de;

$$V_e \leq V_r$$
$$V_e \leq 0.22 A_w f_{cd} \qquad \text{DBYBHY-2007 (3.7)}$$

TBDY-2018'de

$$V_e \leq V_r$$
$$V_e \leq 0.85 A_w \sqrt{f_{ck}} \qquad \text{TBDY 2018 (7.7)}$$

Olacak şekilde değiştirilmiştir.

1.11 Taşıyıcı Sistem Tasarım Esaslarında Olan Başlıca Diğer Değişiklikler

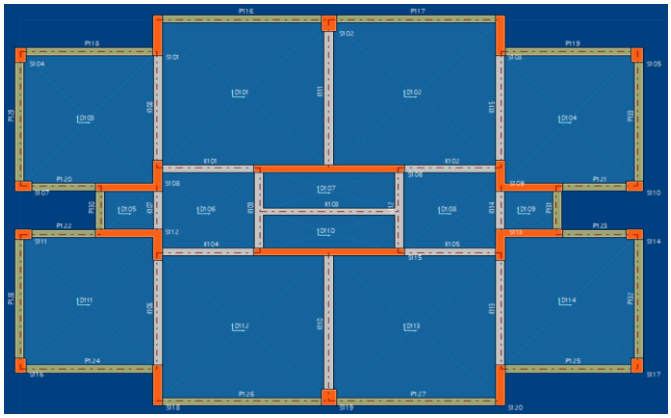
Kesme kuvvetlerinin hesaplanması durumunda D katsayısı ile deprem etkisinden kaynaklanan kesme kuvvetini taleplerinin artması beklenmektedir. DBYBHY-2007' de verilen eleman boyutlarında da değişiklikler yapıldığı görülmektedir.

Perde tanımı L/7' den L/6'ya dönüştürülmüştür. Perdelerin min kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20' sinden 1/16' sına düşürülmüştür. Belirli koşullar altında izin verilebilir min kalınlık ise 200 mm'den 250 mm' ye çıkarılmıştır.

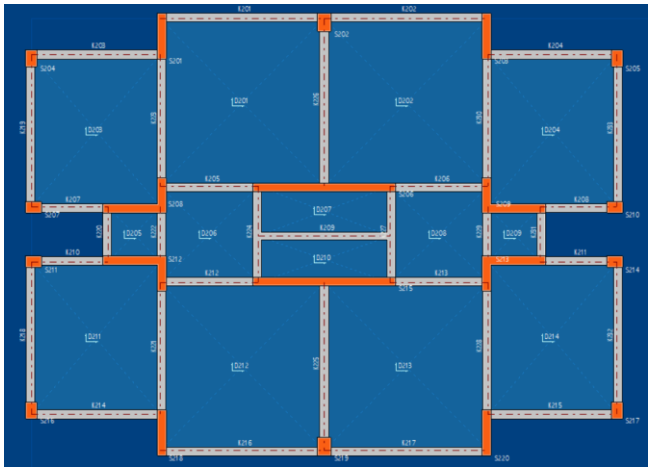
II. 3. STA4CAD VE IDECAD STATIK PROGRAMLARINDA ANALIZ

Bina, Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi koordinatları kullanılarak Bodrum + 4 Normal kat olacak şekilde dizayn edilmiştir. Her bir kat yüksekliği 3.00 m olup zemin sınfı 'ZD' olarak kabul

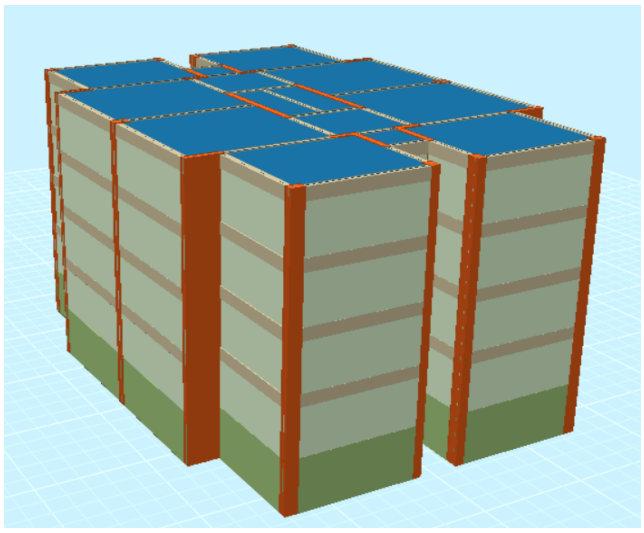
edilmiştir. Konut olarak tasarlanmış bu nedenle I=1 kabul edilmiştir. Bodrum kat planı Resim 2.1' de verilmiştir. Normal kat planları birbirleriyle aynı olup Resim 2.2' de gösterilmiştir. Bina 3D görüntüsü Resim 2.3' te gösterilmiştir.



Resim 2.1: Bodrum kat planı

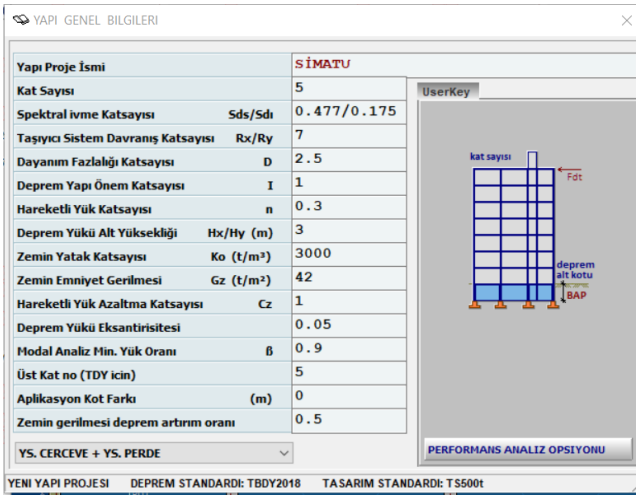


Resim 2.2: Normal kat planı



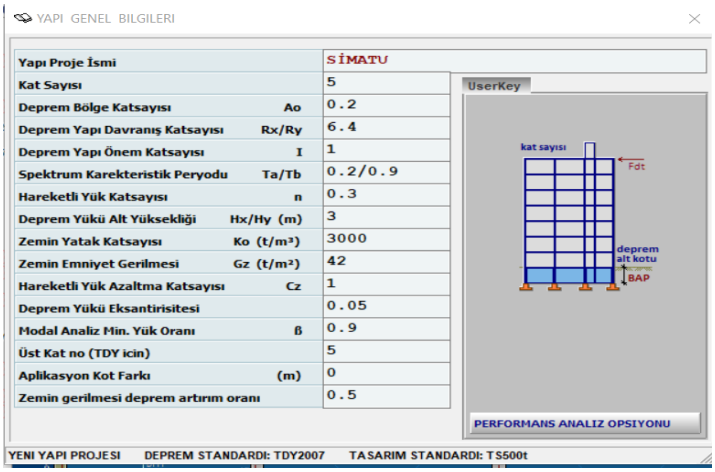
Resim 2.3 Bina 3D Görüntüsü

STA4CAD programında TBDY-2018' e göre analiz parametreleri Resim 2.4' te gösterilmiştir.



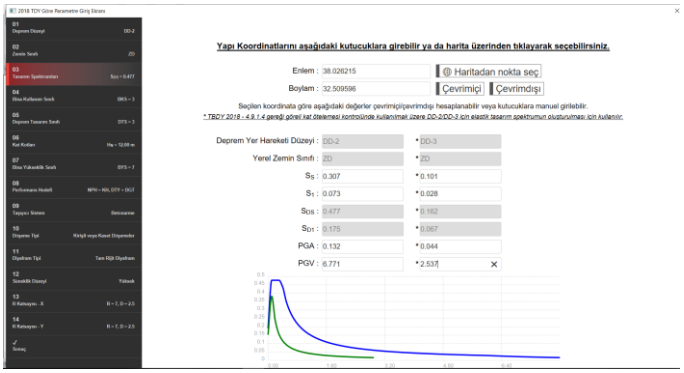
Resim 2.4: STA4CAD TBDY-2018 Deprem Parametreleri

DBYBHY-2007' ye göre analiz yapılırken sadece deprem parametreleri değiştirilmiş, bina planı ile ilgili bir değişikliğe gidilmemiştir. Resim 2.5' te deprem parametreleri gösterilmiştir.



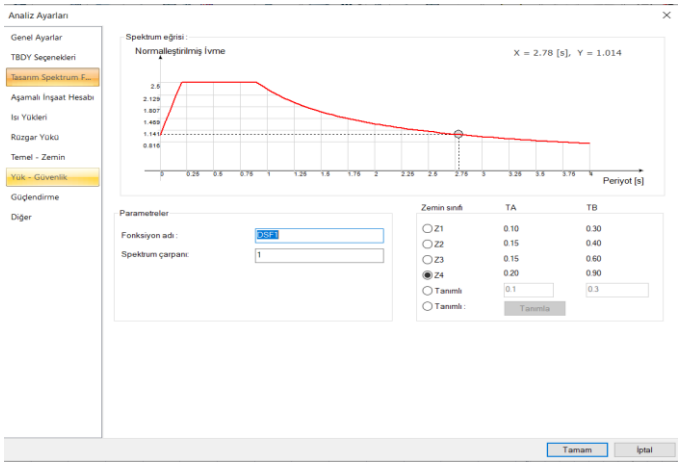
Resim 2.5 STA4CAD DBYBHY-2007 Deprem Parametreleri

ideCAD Statik programında karşılaştırma yapabilmek için bina genel planı değiştirilmeden analiz yapılmıştır. TBDY-2018 Deprem parametreleri Resim 2.6' da verilmiştir.



Resim 2.6 ideCAD Statik TBDY-2018 Deprem Parametreleri

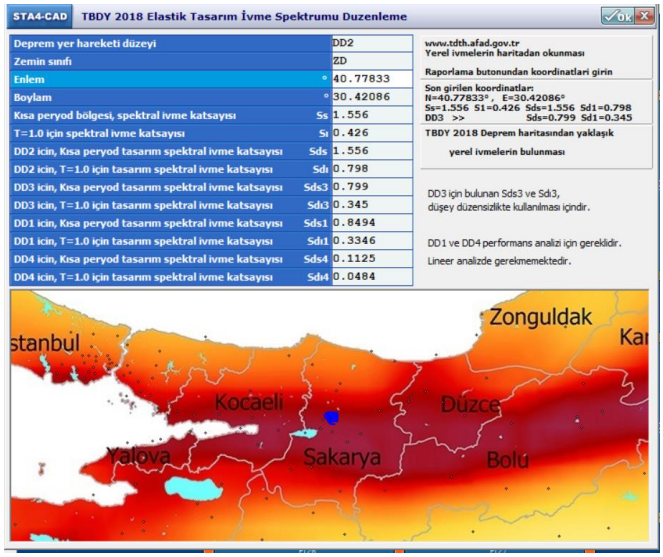
ideCAD Statik programında karşılaştırma yapabilmek için bina genel planı değiştirilmeden analiz yapılmıştır. DBYBHY-2007 Deprem parametreleri Resim 2.7' de verilmiştir.



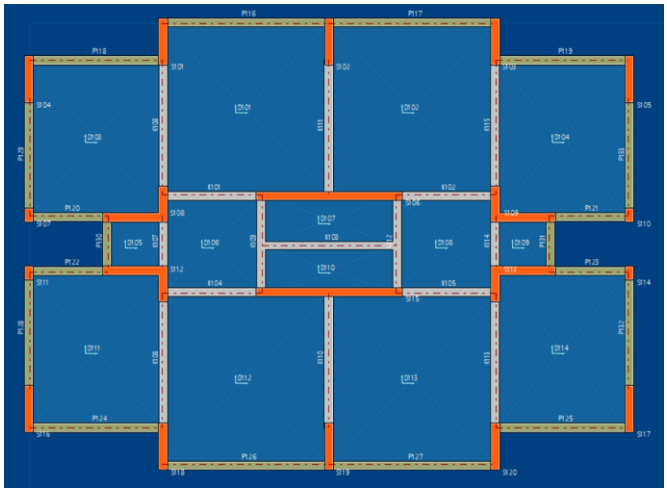
Resim 2.7: DBYBHY-2007 Deprem Parametreleri

2.1. STA4CAD Programında DBYBHY2007 ile TBDY2018 Yönetmeliklerinin Sakarya İli'nde Yapılan Tasarım Sonucunda Karşılaştırılması

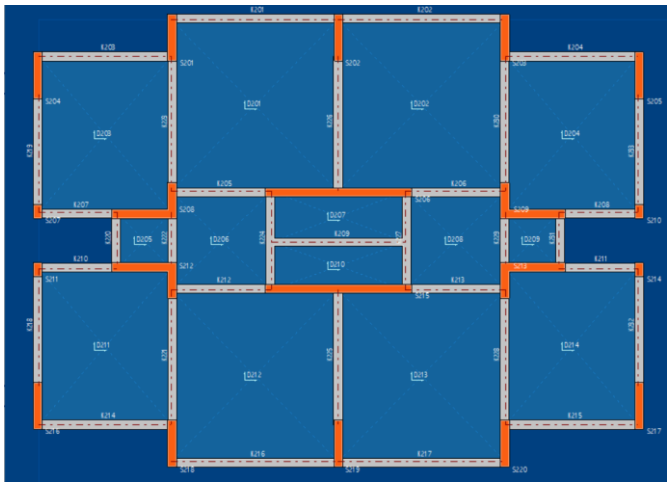
Bina, Sakarya İli sınırları içerisindeki 40.77833 enlem, 30.42086 boylam koordinatları kullanılarak Bodrum + 4 Normal kat olacak şekilde dizayn edilmiştir . Her bir kat yüksekliği 3.00 m olup zemin sınıfı 'ZD' olarak kabul edilmiştir. Konut olarak tasarlanmış bu nedenle I=1 kabul edilmiştir. Bodrum kat planı Resim 2.9' da verilmiştir. Normal kat planları birbirleriyle aynı olup Resim 2.10' da gösterilmiştir. Bina 3D görüntüsü Resim 2.11' de gösterilmiştir.



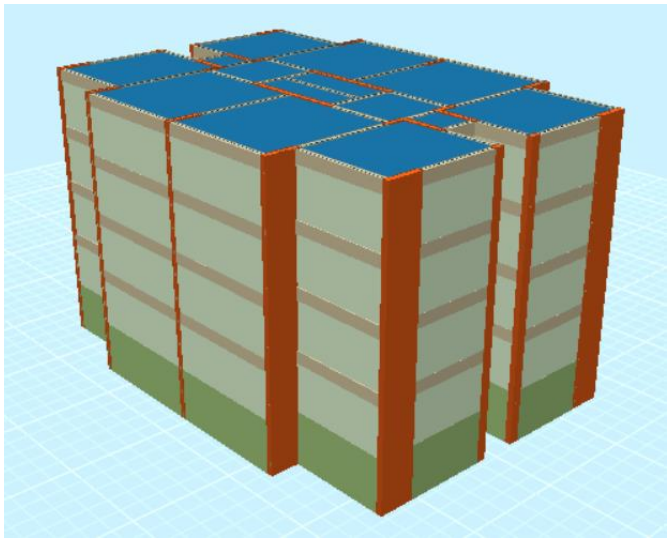
Resim 2.8: TBDY-2018 Spektral İvme Değerlerinin Koordinatlara Göre Tanımlanması



Resim 2.9: Bodrum Kat Planı

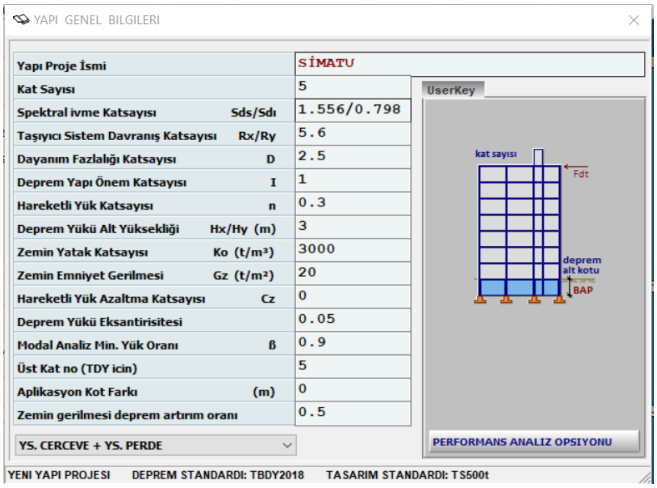


Resim 2.10: Normal Kat Planı



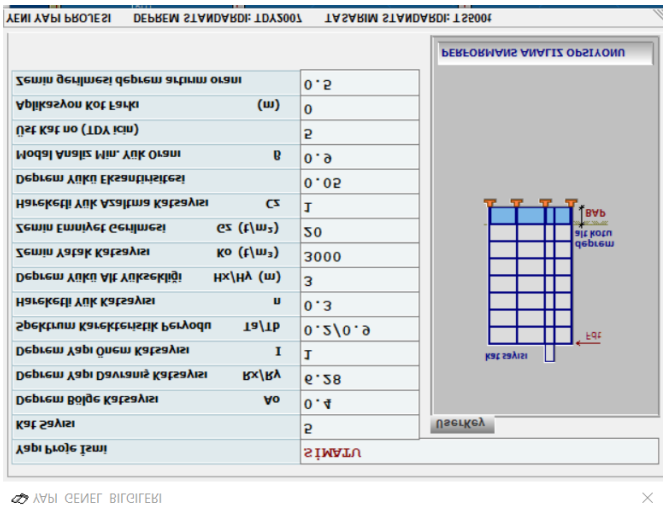
Resim 2.11: Bina 3D Görüntüsü

STA4CAD programında TBDY-2018' e göre analiz parametreleri Resim 2.12' de gösterilmiştir.



Resim 2.12: TBDY-2018 Analiz Parametreleri

DBYBHY-2007' ye göre analiz yapılırken sadece deprem parametreleri değiştirilmiş, bina planı ile ilgili bir değişikliğe gidilmemiştir. Resim 2.13' te deprem parametreleri gösterilmiştir.



Resim 2.13: DBYBHY-2007 Analiz Parametreleri

Analizler yapılmadan önce Deprem Yapı Davranış Katsayısı (R_X/R_Y) =7 seçilmiştir. Analiz sonrasında program deprem yönetmeliklerinde bulunan bazı gerekliliklerden dolayı katsayı düzenlemesi istemiştir. Bunun sonucunda TBDY-2018 4/5R=5.6 ; DBYBHY-2007 ise 10-4*0.93=6.3~6.28 olacak şekilde düzenlenmiş ve analiz yeniden yapılmıştır.

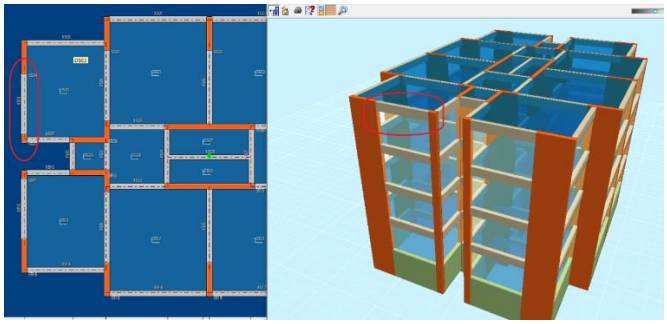
Anaizler yalnızca deprem parametreleri değiştirilerek 4 farklı şehir merkezleri dikkate alınarak tekrarlanmış ve sonuçları deprem kuvveti bakımından incelenmiştir. Sonuçları ton cinsinden tabloda belirtilmiş, TBDY-2018' deki artış % olarak gösterilmiştir. (Tablo:2.1)

Tablo: 2.1 X Yönündeki Deprem Kuvvetleri

		DBYBHY2007	TBDY2018	% ARTIŞ
KONYA	(Vtx)	69.414	128.765	85.5029245
	(Vty)	69.414	110.694	59.4692713
KAYSERİ	(Vtx)	138.828	224.008	61.3564987
	(Vty)	138.828	200.289	44.2713286
ESKİŞEHİR	(Vtx)	208.243	324.264	55.7142377
	(Vty)	208.243	292.038	40.2390477
SAKARYA	(Vtx)	277.657	609.046	119.351934
	(Vty)	277.657	550.716	98.344

2.2. Örnek Bir Kiriş Elemanında Sta4CAD ve ideCAD Arasında Kıyaslama

Öncelikle bu kiriş elemanının seçilmesinin nedeni iki programda birbirine yakın olmayan sonuçlar elde edilmiş olmasıdır. Örnek kiriş elemanı 4. Normal kattan alınmıştır. Kiriş ismi K519 olup her iki prgramda da aynı şekilde isimlendirilmiştir. Kiriş elemanının yeri Sta4CAD görüntüsü olarak Resim 2.14' te verilmiştir. Her iki programda da kiriş elemanlarının donatıları Ø8/20/9 seçilmiştir.



Resim 2.14: İncelenen Kirişin konumu

SONUÇLAR

[1] Konya'da yapılmış olan analizler sonucunda taban kesme kuvvetleri ve metraj sonuçları aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	STA4CAD2007	STA4CAD2018	İDECAD2007	İDECAD2018
Taban Kesme Kuvvetleri (Vtx)	134.34 t	129.167 t	121.47	123.44
(Vty)	134.34 t	89.759 t	122.16	73.26
Kalıp Metrajı (m^2)	4138.86	4138.86	4224.37	4224.37
Beton Metrajı (m^3)	606.27	606.27	620.65	620.65
Donatı Metrajı (kg)	58379.5	57751	47999.22	49558.9

[2] TBDY-2018 ile birlikte eklenen ve üzerinde oldukça durulan MDEV (Devrilme Momenti) etkilerini ideCAD Statik kullanıcının inisiyatifine bırakmış STA4CAD bu etkileri incelemiş, gerektiğinde (yüksek deprem kuvveti alan bölgeler) hatalar vermiş ve yönetmelik uyarınca cezalandırmalar (4/5R gibi) yapmıştır.

[3] İdeCAD Statik programında 4/5 R seçeneği opsiyonel halde bulunduğu için MDEV=0.121< 0.75 M0 olmasına rağmen karma sistem çözmeye izin vermiştir. Fakat 4/5 R opsiyon şartlarının uygulanmasını kabul edersek karma (R=5) seçtiğimiz katsayıyı otomatik olarak cezai yaptırım uygulayıp süneklik düzeyi sınırlı (R=4) sistem şeklinde çözmüştür ve bu durum deprem yönetmeliğinde belirtilen esaslara uygundur.

[4] STA4CAD programı ise bu şartı gözönünde bulundurduğu için süneklik düzeyi karma sistem çözülmesine izin vermemiş, sistemi süneklik düzeyi yüksek veya süneklik düzeyi sınırlı olarak çözülmesi yönünde yönlendirme yapmıştır.

[5] Deprem etkilerinin daha yüksek olduğu Sakarya bölgesinde aynı tasarım uygulandığında (SDS=1.556 , SD1=0.798), kenar aks perdelerinde MDEV / M0 <1/6 şartını sağlamadığı için R'nin 4/5R alınması gerektiği uyarısı ile karşılaşılmıştır. Aynı zamanda kesitlerde yetersizliklere de rastlanmıştır.

[6] Konya bölgesi SDS < 0.5 olduğu, analizi yapılan binanın BYS=7>6 ve BKS=3>1 olduğu için sistemin süneklik düzeyi sınırlı olarak da çözülmesi uygun görülmüştür. TBDY-2018 7.5'e göre kuşatılmış kolon hesabı süneklik düzeyi yüksek olmayan birleşimlerde uygulanmamaktadır. Bu madde uyarında STA4CAD programında yapılan karşılaştırmada bazı kolonlarda

enkesit küçültmesi yapılabilmektedir. Bu sayede daha ekonomik bir tasarım yapılabilmektedir.

[7] 2 farklı programda DBYBHY-2007 ve TBDY-2018' de donatı metrajı yapılmıştır. Bu metrajlar sonucunda STA4CAD programında DBYBHY-2007'de daha fazla donatı hesaplanmıştır. Fakat ideCAD programında TBDY-2018 yönetmeliği çözümünde donatı miktarı DBYBHY-2007 yönetmeliğinden fazla olduğu görülmüştür.

[8] Sakarya Bölgesi'nde yapılan analizlerde eşdeğer deprem yükü analizi ve modal analiz sonuçlarından karşılaştırma sonucunda azaltma katsayılarıyla çarpılmış olan eşdeğer deprem yükü etkisini büyük bulduğu için sonuçta bunu göstermiştir. Fakat ideCAD yapılan analizler sonucunda TBDY-2018 madde 4.8.3'e göre bir β katsayısı hesaplayıp modal analiz sonuçlarını bu katsayıyla büyüterek sonuç göstermiştir.

REFERANSLAR

[1] TBDY-2018

[2] DBYBHY-2007

[3] Betonarme Binalar Açısından Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) Temel Esaslar, Gelişmeler, Yenilikler. Prof. Dr. M. Yaşar Kaltakcı