

Betonarme Binaların Yapısal Düzensizliklerinin 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi

Cemal TOLONAY^{1,a}, Beytullah TEMEL^{1,b}

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

^aORCID: 0009-0009-3148-729X; ^bORCID: 0000-0002-1673-280X

Makale Bilgileri

Geliş : 30.04.2025

Kabul : 11.10.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1685970

Sorumlu Yazar

Cemal TOLONAY

cemaltolonay@gmail.com

Anahtar Kelimeler

Doğrusal analiz

Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Türkiye bina deprem yönetmeliği 2018

Yapı düzensizlikleri

Atıf şekli: TOLONAY, C., TEMEL, B., (2025). Betonarme Binaların Yapısal Düzensizliklerinin 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 40(4), 789-802.

ÖZ

Bu çalışmada, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018)'in uygulanmasına ve aynı kat planına, açıklıkları bulunan farklı kat sayısına sahip yapıların analizlerine yer verilmiştir. İlk örnekte 11 katlı betonarme perde ve çerçeveli sistem Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre analiz edilmiştir. İkinci örnekte kat planı ve açıklıkları birinci örnek ile aynı olan yapının kat sayısı 25'e çıkartılarak eşdeğer deprem yükü yöntemi sınır şartlarının ve uygulama sınırlamalarının neler olduğuna dikkat çekilmiştir. İki örneğinde ön boyutlandırılması ayrı ayrı yapılarak farklı taşıyıcı sistem kesitleri belirlenmiştir. İki örneğin modellenmesinde ve analizinde SAP2000 paket programı kullanılmıştır. Yönetmeliğin önerdiği ön boyutlandırma koşullarına uyulması ve betonarme perde oranlarına uyulması halinde kesitlerin bu çalışma için yeterli olduğu gözlenmiştir. Kat sayısının artırılmasıyla ön boyutlandırılması tekrar yapılan yapının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin sınır şartını sağlamadığı, düzensizlik durumlarını sağladığına dikkat çekilmiştir.

Investigation of Structural Irregularities of Reinforced Concrete Buildings According to 2018 Turkish Building Earthquake Code

Article Info

Received : 30.04.2025

Accepted : 11.10.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1685970

Corresponding Author

Cemal TOLONAY

cemaltolonay@gmail.com

Keywords

Equivalent earthquake load method

Structural irregularities

Turkish building earthquake code-2018

Linear analysis

How to cite: TOLONAY, C., TEMEL, B., (2025). Investigation of Structural Irregularities of Reinforced Concrete Buildings According to 2018 Turkish Building Earthquake Code. Çukurova University, Journal of the Faculty of Engineering, 40(4), 789-802.

ABSTRACT

This study addresses the implementation of the Turkish Building Earthquake Code 2018 (TBEC 2018) and the analyses of structures with identical floor plans and span configurations but with different numbers of stories. In the first example, an 11-story reinforced concrete structure with shear walls and frames was analyzed using the Equivalent Seismic Load Method. In the second example, the number of stories of the structure, which had the same floor plan and spans as the first, was increased to 25 in order to emphasize the boundary conditions and application limitations of the Equivalent Seismic Load Method. Preliminary sizing was performed separately for both examples, and different cross-sections of the structural members were determined. The modeling and analysis of both examples were carried out using the SAP2000 software package. It was observed that, when the preliminary sizing criteria and the shear wall ratios recommended by the code were satisfied, the cross-sections were adequate for the purposes of this study. It was further highlighted that, with the increase in the number of stories and the repetition of preliminary sizing, the structure exceeded the boundary values of the Equivalent Seismic Load Method, although the irregularity conditions were still satisfied.

1. GİRİŞ

Son yıllarda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği [1] üzerine yapılan akademik çalışmalar hız kazanmış ve farklı yapı tiplerine yönelik kapsamlı analizler gerçekleştirilmiştir. Örneğin, yüksek katlı binalarda doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin uygulanması [2], bodrum perde düzenlerinin etkilerinin incelenmesi [3] ve düzensizlik tiplerinin performans üzerindeki rolü [4] literatüre önemli katkılar sunmaktadır.

Betonarme binalarda meydana gelen düzensizlikler özellikle düşeyde yumuşak kat, burulma düzensizliği, kütle ve rijitlik düzensizlikleri deprem sırasında yapının performansını olumsuz etkileyerek ciddi hasarlara ve hatta göçmelere yol açabilmektedir. Türkiye gibi yüksek sismik yapıya sahip bir ülkede, bu tür düzensizliklerin yapısal sistem içerisinde doğru şekilde tanımlanması ve projelendirme aşamasında gerekli önlemlerin alınması hayati öneme sahiptir.

Karasu [5], artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile 3 katlı betonarme yapının deprem performansını incelemiş ve yöntemin düşük katlı yapılarda güvenilir sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Kürkcü [6], betonarme yüksek yapılarda doğrusal olmayan analizler gerçekleştirerek, yapının deformasyonlarının performans kriterleri üzerindeki etkilerini belirlemiştir. Özaydın [7], TBDY-2018 ve TS500-2000 kriterlerine göre $BYS=1$ olan bir yapının düzensizliklerini analiz etmiş, bu düzensizliklerin yapı performansını olumsuz yönde etkilediğini göstermiştir. Kapıdaş [8], TBDY-2018'e göre farklı BYS değerlerine sahip iki yapıyı ETABS programında karşılaştırmış ve özellikle yatay-düşey yükler altındaki davranış farklılıklarını vurgulamıştır. Akçora [2], TBDY-2018 kapsamında tasarlanan 30 katlı bir yüksek yapıda 11 adet gerçek deprem kaydıyla doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz yapmış, kayıtların 90° döndürülerek çift yönlü etkiler de dikkate alınması sonucunda yapı performansının farklı deprem yönlerinde değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur. Gökçeoğlu [3], 26 katlı bir yapıda bodrum perdelerinin sürekliliğini incelemiş, perdelerin özellikle çok katlı yapılarda yatay rijitlik ve dayanım açısından kritik rol oynadığını göstermiştir. İbiş [9], dayanıma göre tasarlanan betonarme bir yapıda mod birleştirme yöntemi ile görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkilerini analiz etmiş, sonuçta düzensizliklerin yapı güvenliği üzerinde belirleyici olduğunu vurgulamıştır. Zengin [10], 31 katlı bir betonarme yapıyı TBDY-2018'e göre analiz etmiş, düzensizlik kontrollerini gerçekleştirmiş ve tasarım sürecinde yönetmelik kriterlerinin önemini ortaya koymuştur. Temiz [11], A1 ve A3 tipi düzensizliklere sahip 10 katlı betonarme bir yapıyı inceleyerek, şekil değiştirmeye dayalı tasarım yaklaşımının özellikle düzensiz yapılarda performansın doğru değerlendirilmesi açısından uygun olduğunu belirtmiştir. Karaca [12], bodrum katın deprem performansı üzerindeki etkisini incelemiş ve bodrumlu yapıların deprem performansının bodrumsuz yapılara kıyasla daha güvenli olduğunu göstermiştir. Sezgin [13], kolon süreksizliği içeren 7 katlı bir yapıyı hem DBYBHY-2007 hem de TBDY-2018'e göre analiz etmiş, yeni yönetmeliğin düzensizlik kontrollerinde daha güvenilir sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Sönmez [14], 16 katlı bir yapının iki farklı yönetmelik kapsamında analizlerini yaparak, TBDY-2018'in daha gerçekçi performans değerlendirmeleri sağladığını vurgulamıştır. Sağlam [15], 27 katlı bir betonarme yapının tasarımında doğrusal elastik ötesi analiz yöntemini kullanmış ve dayanıma göre tasarım yaklaşımının yüksek yapılarda kritik önem taşıdığını belirtmiştir. Nomoğlu [4], perde duvarların konum, yoğunluk ve geometri değişkenlerini dikkate aldığı analizlerinde, bu değişkenlerin yapı davranışını doğrudan etkilediğini ve uygun perde düzenlemeleri ile düzensizliklerin azaltılabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca bodrum katlarda perde kullanımının yapı performansını artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Alhamoudialaloush [16], farklı spektral ivme düzeylerini dikkate alarak, artan ivme değerlerinin daha fazla perde duvar kullanımını gerektirdiğini ve tünel kalıp sistemlerinin bu bağlamda daha başarılı sonuçlar verdiğini göstermiştir. Özcan [17], bodrum katında perde bulunan ve bulunmayan betonarme yapıları karşılaştırarak, bodrumlu-perdeli sistemlerin deprem güvenliği bakımından daha avantajlı olduğunu ortaya koymuştur.

Bu çalışmada kat planı, açıklıkları aynı olan 2 farklı yüksekliğe (kat sayısına) sahip örnek problemin ön boyutlandırması ve deprem hesapları yapılmıştır. Çerçeve-perdeli 11 katlı yapının analizlerinde eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. İkinci örnek olan 25 katlı çerçeve-perdeli yapıda ise $BYS=1$ olması ve eşdeğer deprem yükü yönteminin sınır şartlarının sağlanmadığı hesaplarla gösterilmiştir. Eşdeğer deprem yükü sınır şartını sağlamayan 25 katlı yapı yapısal düzensizlikleri sağladığı vurgulanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada yer verilen iki örnek problemin analizlerine ilişkin kılavuz olarak TBDY-2018'in [1] Öngörülen hesaplama yöntemleri ve inşaat kurallarına ilişkin kullanılan kavramlar ve temel ilkeler açıklanmaktadır. Deprem tehlikesi haritalarında, yapının tasarımında dikkate alınacak herhangi bir deprem yer hareketi düzeyine göre spektral parametreler belirlenmiştir. Harita, kapsamlı analizlerle birlikte 6-8 km'lik bölgelere ayrılmıştır. Deprem tehlike haritalarına web adresi <https://tdth.afad.gov.tr> [18] üzerinden erişilerek gerekli bilgilere ulaşılabilmesi için giriş yaptıktan sonra zemin sınıfı değeri, deprem yer hareketi düzeyi ve yapının konumu web adresine tanımlanmıştır.

Çizelge 1. Bina önem katsayısı (I) [1]

Bina kullanım sınıfı	Binanın kullanım amacı	Bina önem katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içere binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar	1,2
BKS = 3	Diğer binalar (Konut, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1,0

Öncelikle binanın kullanım amacına göre Çizelge 1 kullanılarak bina önem katsayısı (I) ve bina kullanım sınıfı (BKS) katsayısı bilgilerine ulaşılmıştır. Çizelge 1'den elde edilen veriler ile Çizelge 2' den deprem tasarım sınıfı (DTS) belirlenmektedir.

Çizelge 2. Deprem tasarım sınıfı [1]

DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot spektral ivme katsayısı (S_{DS})	Bina kullanım sınıfı	
	BKS=1	BKS= 2, 3
$S_{DS} < 0,33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	DTS = 3a	DTS = 3
$0,50 \leq S_{DS} < 0,75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0,75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Deprem hesabı açısından, bina yüksekliği, binanın tabanından ölçülen toplam yüksekliği olarak tanımlanır. Deprem etkisi altında yapılan tasarımlar, binaların yüksekliklerine göre sekiz farklı Bina Yükseklik Sınıfı'na (BYS) ayrılmaktadır. Bu sınıflandırmalara dahil olan binaların yükseklik aralıkları, deprem tasarım sınıflarına bağlı olarak Çizelge 3'te belirtilmiştir.

Deprem etkisi altında istenmeyen davranışlara yol açabilecek ve inşa edilmesinden kaçınılması gereken yapılar, düzensiz binalar olarak tanımlanmaktadır. Bu binaların düzensizlik kontrolleri, TBDY 2018'de belirtilen ilkelere göre gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3. Net yüksekliğe göre BYS tayini [1]

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	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17,5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10,5 < H_N \leq 17,5$	$17,5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10,5$	$10,5 < H_N \leq 17,5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10,5$	

Dayanıma göre tasarım yaklaşımı dikkate alınarak deprem yükü katsayılarının bulunmasında Eşitlik 1 ve 2 kullanılacaktır. Burada H_N net bina yüksekliği, bina taban kotundan çatı döşemesine kadar ölçülen mesafe olarak tanımlanmıştır.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (1)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (2)$$

Düğüm noktasına etkiyen tekil yükler Eşitlik 3 ile tanımlanır.

$$w_j^{(S)} = w_{Gj}^{(S)} + n w_{Qj}^{(S)} \quad ; \quad m_j^{(S)} = \frac{w_j^{(S)}}{g} \quad (3)$$

Bu bölümde ele alınan binaların deprem hesaplarında, modal analiz yöntemlerinden herhangi biri (mod birleştirme yöntemi veya mod toplama yöntemi) kullanılabilir. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar, Çizelge 4'te yer almaktadır.

Ele alınan (X) deprem doğrultusunda, binanın tamamına etki eden toplam eşdeğer deprem yükü, taban kesme kuvveti $V_{tE}^{(X)}$ Eşitlik 4 kullanılarak hesaplanacaktır.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g \quad (4)$$

Çizelge 4. Eşdeğer deprem yükü uygulanması için izin verilen aralıklar [1]

Bina türü	İzin verilen bina yükseklik sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6

Yapının sahip olduğu hâkim doğal titreşim periyodunun bulunması için modal analizleri SAP2000 yazılımı üzerinden yapılmıştır. Deprem hesabında dikkate alınacak olan hâkim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)}$ 'nin ampirik hâkim doğal titreşim periyodu değeri T_{pA} 'nin 1.4 katından fazla olmaması gerektiği göz önünde bulundurulacaktır.

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (5)$$

Taşıyıcı sistemi yalnızca betonarme çerçevelerden oluşan yapılarda $C_t=0.1$ değeri kullanılacaktır.

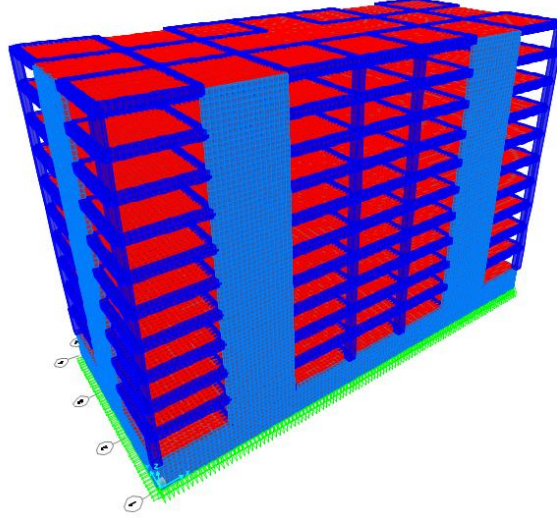
İncelenen (X) deprem doğrultusu için, her bir i. katta ikinci mertebe etkilerini temsil eden gösterge değeri $\theta_{II,i}^{(X)}$ Eşitlik 6 kullanılarak bulunacaktır.

$$Q_{II,i}^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{k=i}^N w_k}{V_i^{(X)} h_i} \quad (6)$$

Perdelerin yerleşiminde mümkün olduğunca yapı cephelerine yakın ve simetrik konumlandırmaya özen gösterilmelidir. Kesit geometrisi olarak öncelikli tercih dikdörtgen veya dairesel perde/kolon elemanları olmalıdır. Yapısal sistem tasarımında, kolon yerine perde elemanlarının kullanımı her zaman daha avantajlı olup öncelikli tercih edilmelidir. Deprem etkisinin hâkim olduğu her doğrultuda, en az iki adet perde bulunması gerekmektedir. Yapının her iki deprem yönünde de $A_{perde} \geq 0,0015 n A_{yapı}$ ve $A_{perde}/A_{yapı} \geq 0,008$ koşulları yaklaşık sağlanacak kadar perde bulunmalıdır [21].

3. SAYISAL UYGULAMALAR

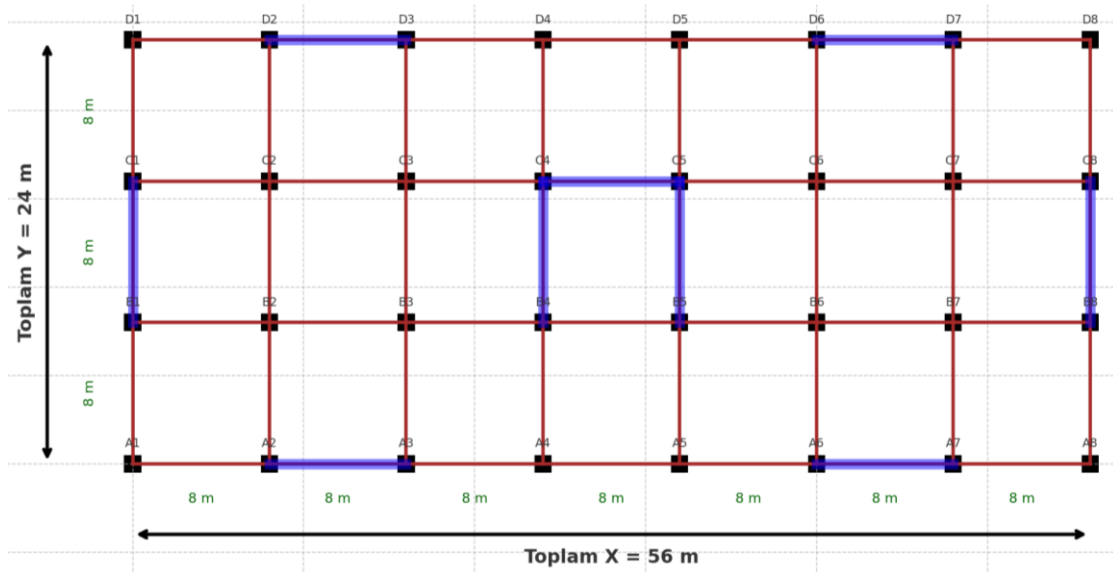
3.1. Betonarme Çerçeve ve Perdeli Elemanlardan Oluşan 10 Ofis Katı ve 1 Bodrum Katlı Toplam 11 Katlı Sistem



Şekil 1. Yapının üç boyutlu görünüşü [19]

İncelenen yapı, zemin altında bir bodrum kat ve üzerinde on adet ofis katı olmak üzere toplam 11 kattan oluşmaktadır. Bodrum katı, tüm çevresi boyunca perde duvarlarla çevrilidir. Yapının merkezinde boşluksuz olarak yerleştirilmiş üç adet perde duvar bulunmakta olup, dış kenarlarda da altı adet boşluksuz perde yer almaktadır; böylece toplamda dokuz adet perde elemanı yapısal sisteme entegre edilmiştir. Kat yüksekliği her katta 3,5 metre olup, yapının X yönündeki uzunluğu 56 metre, Y yönündeki uzunluğu ise 24 metredir. Yapının en üst kotu zemin seviyesinden itibaren 35 metre olarak belirlenmiştir. Taşıyıcı sistem yalnızca betonarme çerçeve elemanlarından oluşmakta, perdeler yalnızca rijitlik ve dayanım artırımı amacıyla kullanılmaktadır. Yapının yer aldığı zemin bölgesinin sınıflandırması ise TBDY-2018'e göre ZC yerel zemin sınıfı olarak tanımlanmıştır. Beton sınıfı: C35, çelik sınıfı: B420C seçilmiştir.

Beton malzemesi öz ağırlığı 25 kN/m^3 alınmıştır. Donatı malzemesi özgül ağırlığı ise $78,5 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır. Yer hareketi sonuçları aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Yapının ofis kat planı

$S_S = 0,528$ $F_S = 1,289$ $S_1 = 0,131$ $F_1 = 1,500$ $S_{DS} = 0,680$ $S_{D1} = 0,197$ $T_A = 0,058s$ $T_B = 0,289s$ $T_L = 6s$ olarak bulunmuştur.

BKS =3, I =1, DTS =2, $H_N = 35m$, BYS =4

Yapının performans hedefleri, Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) ve göz önüne alınan deprem düzeyi (DD) esas alınarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, DTS = 2 ve DD-2 düzeyi için öngörülen performans hedefi "Kontrollü Hasar" (KH) performans düzeyi olarak seçilmiş ve değerlendirme ile tasarım süreci, "Dayanıma Göre Tasarım" (DGT) yaklaşımına göre yürütülmüştür. Deprem yüklerinin tamamı, süneklik düzeyi yüksek moment aktaran betonarme çerçeveler ile boşluksuz perde duvar elemanları tarafından karşılanan sistem kapsamında değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda, taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=7$ ve dayanım fazlalığı katsayısı $D=2,5$ olarak alınmıştır. Ayrıca, bina için belirlenen Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) değeri 4 olup, bu değer $BYS \geq 2$ koşuluna uymaktadır.

Performans hedeflerinin belirlenmesinde Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) ve seçilen deprem düzeyi (DD) esas alınmıştır. DTS = 2 ve DD-2 seviyesi için, yapıdan beklenen normal performans hedefi "Kontrollü Hasar" (KH) performans düzeyi olarak belirlenmiş; bu doğrultuda değerlendirme ve tasarım süreci "Dayanıma Göre Tasarım" (DGT) yaklaşımı çerçevesinde yürütülmüştür.

Yapı Sisteminin Ön Boyutlandırma Yaklaşımları

Kolon 1 ve 2'nci katlar için 90cm diğer katlarda 80cm çapında alınmıştır. Döşeme kalınlığı 200mm seçilmiştir. Kiriş boyutları $H > 3 * 20cm$ olacağından kiriş yüksekliği $h=70cm$ seçilmiştir. Kiriş genişliği $B= 60cm$ seçilmiştir.

Perdeler, uzun kenarının kısa kenara oranı en az 6 katı olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Perdeye etkiyen maksimum eksenel basınç yükü (N_{dm}) göz önünde bulundurularak $A_c \geq N_{dm}/(0,35 * f_{ck})$ koşulunun sağlanması gerekmektedir.

Düşey yükler dikkate alındığında perdede oluşan normal kuvvet (N_{dm}) 19940 kN olarak hesaplanmıştır. Perde kalınlığı 0,4m olup perde brüt en kesit alanı $A_c = 0,4m * 14,0m = 5,6m^2$ olarak hesaplanmıştır.

$$N_{dm}/(A_c * f_{ck}) = 19940/(5,6 * 35000kN/m^2) = 0,102$$

İzin verilen oranın 0,35'ten büyük olması ve 0,102 değerinin bu sınırın altında kalması nedeniyle, söz konusu durumun TBDY 2018'de belirtilen şartları karşıladığı görülmektedir. Bunun yanı sıra, yapının her iki deprem doğrultusunda da $A_{perde} \geq 0,0015nA_{yapı}$ ve $A_{perde}/A_{yapı} \geq 0,008$ kriterlerine yaklaşık olarak uyum sağlaması beklenmektedir. Bu bağlamda $A_{yapı}$ yapının tabandaki izdüşüm alanını, n ise kat sayısını ifade etmektedir. [1]

$$A_{perde} \geq 0,0015nA_{yapı} ; 28,8m^2 \geq 20,16m^2$$

$$A_{perde}/A_{yapı} \geq 0,008 ; 0,0214 \geq 0,008 \text{ koşulları sağlanmıştır.}$$

Çizelge 5. Kat bazında kütle dağılımı

Kat No	Ağırlığı w_i (kN)	Kütleleri m_i (t)
10	14616	1490
9	17808	1816
8	17808	1816
7	17808	1816
6	17808	1816
5	17808	1816
4	17808	1816
3	17808	1816
2	18046	1840
1	18046	1840
Toplam	-	17882

Tek bodrumdan oluşan bodrum kat kütlesi 1851 ton hesaplanmıştır.

Modal analiz sonucunda $T_p^{(X)} = 0,92s$ $T_p^{(Y)} = 1,02s$ olarak bulunmuştur.

$$T_p^{(X)} = 0,92s \leq 1,4 T_{pA} = 1,414s$$

$$T_p^{(Y)} = 1,02s \leq 1,4 T_{pA} = 1,414s$$

$T_B \leq T_p^{(X)} \leq T_L$ arada kaldığı için S_{D1} / T formülünden hesaplanır.

$$S_{ae}(T_p^{(X)}) = 0,2141 g$$

$$S_{ae}(T_p^{(Y)}) = 0,1931 g$$

Yatay tasarım spektrumu köşe periyodu, T_B 'den fazla bulunduğundan R / I bağıntısı ile deprem yükü azaltma katsayısı hesaplanır.

$$R_a(T_p^{(X)}) = 7$$

$$R_a(T_p^{(Y)}) = 7$$

Buna göre azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T_p^{(X)}) / R_a(T_p^{(X)})$ formülünden

$$S_{aR}(T_p^{(X)}) = 0,0306g$$

$$S_{aR}(T_p^{(Y)}) = 0,0276g$$

Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna göre yerçekimi ivmesi cinsinden hesaplanmıştır.

$$V_{tE}^{(X)} = 5366 \geq 4771 \text{ koşulunu sağlamaktadır.}$$

$$V_{tE}^{(Y)} = 4840 \geq 4771 \text{ koşulunu sağlamaktadır.}$$

Alt Bölüm

Bodrum kütlesi: 1851 t

$$R_{alt}: 1,5$$

$$D_{alt}: 1,5$$

$$S_{aR}(0) = \frac{0,4 \times 0,680}{1,5} = 0,181g$$

$$V_{tE}^{(X,Y)} = 3285 \text{ kN Olarak hesaplanmıştır.}$$

Binanın N'inci katına etkiyen eşdeğer deprem yükü değeri $\Delta F_{NE}^{(X)} = 0.0075 NV_{tE}^{(X)}$ eşitliğine göre

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 402 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(Y)} = 363 \text{ kN olarak bulunmuştur.}$$

$$F_{iE}^{(X)} = (V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (7)$$

$$F_{iE}^{(X)} = 4964 \text{ kN}$$

$$F_{iE}^{(Y)} = 4477 \text{ kN}$$

Çizelge 6. Kat bazında etki eden eşdeğer deprem yükleri

Kat No	h_i (m)	H_i (m)	m_i (ton)	$m_i H_i$ (ton.m)	$F_{iE}^{(X)}$ (kN)	$F_{iE}^{(Y)}$ (kN)
Kat 10	3,5	35	1490	52150	765	690
Kat 9	3,5	31,5	1816	57204	839	757
Kat 8	3,5	28	1816	50848	746	673
Kat 7	3,5	24,5	1816	44492	653	589
Kat 6	3,5	21	1816	38136	559	505
Kat 5	3,5	17,5	1816	31780	466	420
Kat 4	3,5	14	1816	25424	373	336
Kat 3	3,5	10,5	1816	19068	280	252
Kat 2	3,5	7	1840	12880	189	170
Kat 1	3,5	3,5	1840	6440	94	85
				338422	4964	4477

Yapıda yalnızca bir bodrum katının bulunması nedeniyle, hesaplamalarda eşdeğer deprem yükü olarak $V_{tE}^{(X,Y)} = 3285 \text{ kN}$ değeri esas alınacaktır.

TBDY-2018'in 4.5.10 numaralı maddesi uyarınca, kat döşemeleri rijit diyafram kabulüyle modellendiğinde, kat kütle merkezlerine uygulanan yatay deprem etkileri, her iki yönde de $\pm 5\%$ eksantrik olacak şekilde kaydırılarak analiz edilmelidir. Bu kapsamda deprem analizleri, hem $+5\%$ hem de -5% eksantrisite durumları için gerçekleştirilmiştir. Yapının X yönündeki analizlerinde, en elverişsiz sonuçlar -5% eksantrisite durumu için elde edildiğinden bu sonuçlar dikkate alınmıştır. Y yönü geometrik olarak simetrik olduğundan dolayı, eksantrisite etkileri her iki yönde de aynı sonuçları vermiş ve tüm EYÜ analizlerinde katsayı 1,0 olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle, Y yönüne ilişkin değerlendirmelerde yalnızca $+5\%$ eksantrisite durumuna ait veriler sunulmuştur.

Çizelge 7. EXÜ- 5% durumunda A1 düzensizliği kontrolü

Kat	di (min)	di (max)	Δi (min)	Δi (max)	Δi (ort)	η_{bi}
10	0,00969	0,01284	0,00097	0,00132	0,00115	1,15
9	0,00871	0,01152	0,00103	0,00139	0,00121	1,15
8	0,00768	0,01012	0,00108	0,00145	0,00126	1,15
7	0,00660	0,00867	0,00111	0,00149	0,00130	1,15
6	0,00548	0,00717	0,00112	0,00150	0,00131	1,14
5	0,00436	0,00567	0,00110	0,00146	0,00128	1,14
4	0,00325	0,00420	0,00103	0,00137	0,00120	1,14
3	0,00221	0,00283	0,00092	0,00120	0,00106	1,13
2	0,00129	0,00162	0,00074	0,00096	0,00085	1,12
1	0,00054	0,00066	0,00048	0,00059	0,00054	1,11
B	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	1,03

Çizelge 8. EYÜ- 5% durumunda A1 düzensizliği kontrolü

Kat	di (min)	di (max)	Δi (min)	Δi (max)	Δi (ort)	η_{bi}
10	0,01184	0,01667	0,00122	0,00173	0,00148	1,17
9	0,01061	0,01493	0,00128	0,00182	0,00155	1,17
8	0,00933	0,01310	0,00133	0,00189	0,00161	1,17
7	0,00799	0,01121	0,00136	0,00193	0,00164	1,17
6	0,00663	0,00928	0,00136	0,00193	0,00164	1,17
5	0,00527	0,00735	0,00132	0,00187	0,00160	1,17
4	0,00395	0,00547	0,00124	0,00175	0,00149	1,17
3	0,00271	0,00372	0,00109	0,00154	0,00132	1,17
2	0,00161	0,00218	0,00089	0,00123	0,00106	1,16
1	0,00072	0,00094	0,00059	0,00079	0,00069	1,15
B	0,00013	0,00015	0,00013	0,00015	0,00014	1,06

Yapı üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, tüm η_{bi} değerlerinin 1,2'den küçük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yapıda A1-burulma düzensizliği tespit edilmemiştir.

Örnek binada toplam alan: 1344m², boşluk alanı: 64m²; $0,0476 \leq 0,333$ şartları sağlamıştır. Döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

Rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} , herhangi bir i katındaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki oranına bölümü ile tanımlanır ve bu katsayının 2,0'dan büyük olması durumunda rijitlik düzensizliği ortaya çıkar. Yapı üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, her iki deprem doğrultusunda $+5\%$ ve -5% eksantrisite ile toplamda 6 farklı durum dikkate alınarak komşu katlar arasındaki rijitlik düzensizliği analiz edilmiştir. Yapının simetrik yapısı nedeniyle yalnızca $+5\%$ eksantrisite durumu için elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Çizelge 9. EXÜ- 5% durumunda B2 düzensizliği kontrolü

Kat	hi (cm)	$\Delta i_{(ort)}$	$(\Delta i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}(\Delta i/h_i)_{ort} / (\Delta i+1/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}(\Delta i/h_i)_{ort} / (\Delta i-1/h_{i-1})_{ort}$
10	350	0,00112	0,0000032	-	0,94621
9	350	0,00119	0,0000034	1,0568	0,95813
8	350	0,00124	0,0000035	1,0436	0,97107
7	350	0,00127	0,0000036	1,0297	0,99301
6	350	0,00128	0,0000036	1,0070	1,02141
5	350	0,00126	0,0000036	0,9790	1,06593
4	350	0,00118	0,0000033	0,9381	1,12881
3	350	0,00104	0,0000029	0,8859	1,24761
2	350	0,00084	0,0000024	0,8015	1,57598
1	350	0,00053	0,0000015	0,6345	-

Çizelge 10. EYÜ+%/5 durumunda B2 düzensizliği kontrolü

Kat	h _i (cm)	Δi _(ort)	(Δi/h _i) _{ort}	η _{ki} (Δi/h _i) _{ort} / (Δi-1/h _{i-1}) _{ort}	η _{ki} (Δi/h _i) _{ort} / (Δi-1/h _{i-1}) _{ort}
10	350	0,00148	4,23429E-06	-	0,95121
9	350	0,00155	4,45143E-06	1,05128	0,96710
8	350	0,00161	4,60286E-06	1,03401	0,97814
7	350	0,00164	4,70571E-06	1,02234	1
6	350	0,00164	4,70571E-06	1	1,02937
5	350	0,00160	4,57143E-06	0,97146	1,06951
4	350	0,00149	4,27429E-06	0,93500	1,13333
3	350	0,00132	3,77143E-06	0,88235	1,24176
2	350	0,00106	3,03714E-06	0,80530	1,53170
1	350	0,00069	1,98286E-06	0,65286	-

Yapı üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, tüm η_{ki} değerlerinin 2,0'dan küçük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, yapıda B2 düzensizliği bulunmamaktadır.

Gevrek malzemeden yapılmış, boşluklu veya boşluksuz dolgu duvarları ile cephe elemanlarının, çerçeve elemanlarına esnek derz veya bağlantı olmaksızın tamamen bitişik olması durumunda, aşağıda verilen eşitliğe uygun olmaları gerekir. Bu analizde, κ katsayısı 1 olarak alınmış ve sınır değeri 0,008'dir. λ katsayısının hesaplanabilmesi için, DD-3 deprem yer hareketine ait elastik tasarım spektral ivmesinin, DD-2 yer hareketine ait elastik tasarım spektral ivmesine bölünmesi gerekmektedir.

DD-3 yer hareketi aynı konum itibari ile tdth.gov.tr 'den alınan sonuçlar: S_s=0,187 S₁=0,051 S_{DS}=0,243 S_{D1}=0,076

$$\lambda^{(X)}=0,386$$

λ^(Y)=0,386 sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 11. EXÜ durumunda görel kat ötelemesi kontrolü

Kat	d _i (max)	Δi (max)	δ _{i,max}	h _i	λ _i	λ _i x (δ _{i,max}) / h _i
10	0,01224	0,00125	0,00881	350	0,386	0,000009
9	0,01098	0,00133	0,00931	350	0,386	0,000010
8	0,00965	0,00138	0,00969	350	0,386	0,000010
7	0,00827	0,00142	0,00997	350	0,386	0,000011
6	0,00684	0,00143	0,01003	350	0,386	0,000011
5	0,00541	0,00139	0,00979	350	0,386	0,000010
4	0,00401	0,00130	0,00916	350	0,386	0,000010
3	0,00270	0,00115	0,00807	350	0,386	0,000008
2	0,00155	0,00091	0,00642	350	0,386	0,000007
1	0,00063	0,00057	0,00402	350	0,386	0,000004
B	0,00006	0,00006	0,00045	350	0,386	0,000001

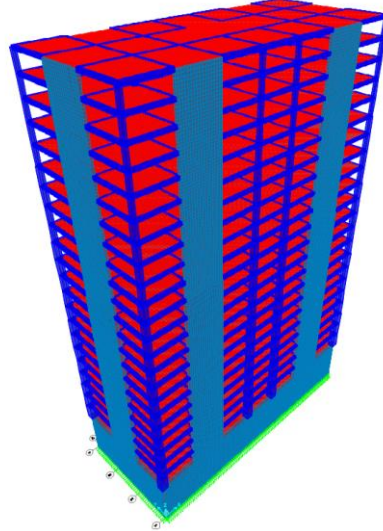
EXÜ, EXÜ+%/5, EXÜ-%/5, EYÜ, EYÜ+%/5 ve EYÜ-%/5 için kontrol edilen maksimum değeri 0,008 değeri altında kalmıştır.

Herhangi bir i 'inci kattaki kolon ve perdelerde her iki deprem yönünde de ikinci mertebe gösterge değeri Θ_{II,i}^(X) hesaplanmıştır. Hesaplanan Θ_{II,i}^(X) değeri $0,12 * \frac{2,5}{0,5*7} = 0,0857$ 'den küçük olması gerekmektedir. İncelenen örnekte Θ_{II,i}^(X,Y) değerlerinin X yönünde maksimum değeri 0,0094 ve Y yönünde maksimum değeri 0,0104 çıkarak değerlerinin 0,0857'den değerinden küçük olduğu görülmüştür. Örnekte X ve Y deprem doğrultularına göre iç kuvvetlerin ikinci mertebe büyütme katsayısı ile çarpılarak artırılması gerekmemektedir.

3.2. Betonarme Çerçeve ve Perdeli Elemanlardan Oluşan 22 Ofis Katı ve 3 Bodrum Katlı Toplam 25 Katlı Sistem

Tasarımı gerçekleştirilen yapı, üç bodrum ve yirmi iki ofis katı olmak üzere toplam yirmi beş kattan oluşmaktadır. Bodrum katları, çevresi boyunca betonarme perde duvarlarla sarılmıştır. Ayrıca yapı merkezinde üç adet ve dış kenarlarda altı adet boşluksuz perde yer almakta olup, toplamda dokuz adet perde

elemanı ile rijitlik sağlanmıştır. Kat yükseklikleri her katta 3,5 metre olarak düzenlenmiştir. Yapının X yönündeki uzunluğu 56 metre, Y yönündeki uzunluğu ise 24 metre olup, yapı tepe kotu 77 metreye ulaşmaktadır. Taşıyıcı sistem, perde duvarlar ve betonarme çerçeve elemanlarının birlikte çalıştığı karma sistem olarak tasarlanmıştır. Yerel zemin sınıfına yönelik değerler önceki örnek ile aynı alınmıştır. Kullanılan beton sınıfı ve özgül ağırlıklar da daha önceki örnek ile tutarlıdır. Yapının ofis kat planı bir önceki örnek ile aynıdır.



Şekil 3. Yapının üç boyutlu görünüşü [19]

BKS=3 I=1 DTS=2 ve bina yüksekliği yüksek yapıya uyduğu için $H_N=77m$ BYS=1 olarak çizelgelerden elde edilmiştir. DTS=2 ve DD-2 için normal performans hedefi KH değerlendirme/tasarım yaklaşımı DGT seçilmiştir.

Binanın ön boyutlandırılması

Döşeme ve kiriş boyutları önceki uygulamaya kat yükseklikleri ve döşeme açıklıkları aynı olduğu için eşit alınmıştır. Kolon için ayrı bir hesaplama uygulanmıştır.

Perde ön boyutlandırılmasına göre $0,35 \geq 0,204$ 'ün altında olduğu için TBDY 2018'de verilen koşula uymaktadır.

$$A_{perde} \geq 0,0015nA_{yapı} ; 50,4 m^2 \geq 44,35 m^2$$

$$A_{perde}/A_{yapı} \geq 0,008 ; 0,0375 \geq 0,008 \text{ değerinin altında kalmaktadır.}$$

Çizelge 12. Kolon bazında etki eden yükler ve kesitler

Kat No	Kat Kotu (m)	G+Q (kN)	1,4G+1,6Q (kN)	$A_c \geq N_{1,4G+1,6Q} / 0,9f_{cd} (m^2)$	Seçilen Boyutu (cm)	Kolon	Seçilen Boyutu (cm)	Kiriş
22	77	1000	1312	0,06	60/60		40/60	
21	73,5	1040	2637	0,13	60/60		40/60	
20	70	1040	3962	0,19	60/60		40/60	
19	66,5	1040	5287	0,25	60/60		40/60	
18	63	1040	6612	0,32	60/60		40/60	
17	59,5	1040	8094	0,39	80/80		40/60	
16	56	1040	9576	0,46	80/80		40/60	
15	52,5	1040	11058	0,53	80/80		40/60	
14	49	1040	12540	0,60	80/80		40/60	
13	45,5	1040	14065	0,67	100/100		50/70	
12	42	1040	15590	0,74	100/100		50/70	
11	38,5	1040	17115	0,82	100/100		50/70	
10	35	1040	18640	0,89	100/100		50/70	
9	31,5	1040	20165	0,96	100/100		50/70	

Çizelge 12. Devamı

8	28	1040	21647	1,03	120/120	50/70
7	24,5	1040	23129	1,10	120/120	50/70
6	21	1040	24611	1,17	120/120	50/70
5	17,5	1040	26093	1,24	120/120	50/70
4	14	1040	27575	1,31	120/120	50/70
3	10,5	1040	29057	1,39	140/140	50/70
2	7	1040	30539	1,46	140/140	50/70
1	3,5	1040	32021	1,53	140/140	50/70
B1	0	1040	33503	1,60	140/140	50/70
B2	-3,5	1040	34985	1,67	140/140	50/70
B3	-7	1040	36467	1,74	140/140	50/70

Bina toplam kütlesi 39846 ton ve bodrum katların toplam kütlesi 6009 ton olarak bulunmuştur.

A1 ve B2 düzensizlikleri verilen koşulları sağlaması durumunda, DTS=2 ve BYS $\geq$ 4 bina koşulları için eşdeğer deprem yükü yöntemi uygundur. Sağlamaması durumunda mod birleştirme yöntemi seçilecektir.

Modal analizlerin hesabında SAP2000 paket programı kullanılarak binanın tamamının hâkim doğal titreşim periyodu X ve Y yönlerinde bulunmuştur. Ayrıca yalnızca üst bölüm için de hesaplar yapılarak bağıntı yardımıyla sonuçların yeterliliği incelenmiştir. Buna göre binanın tamamının $T_p^{(X)} = 2,51s$ yalnızca üst bölüm için $T_p^{(X)} = 2,48s$ bulunmuştur.

X ve Y yönlerinde $\frac{T_{p,tüm}}{T_{p,üst}} \leq 1,1$ koşulu sağlanmıştır.

$T_{pA} = 1,82s$ olarak hesaplanmıştır.

$T_p^{(X)} = 2,51s \leq 1,4 T_{pA} = 2,555s$

$T_p^{(Y)} = 2,24s \leq 1,4 T_{pA} = 2,555s$

X ve Y yönünde koşulu sağlamaktadır.

Azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T_p^{(X)}) / R_a(T_p^{(X)})$ formülünden

$S_{aR}(T_p^{(X)}) = 0,0112g$

$S_{aR}(T_p^{(Y)}) = 0,0126g$

$V_{tE}^{(X)} = 4383 \geq 10632$ koşulunu sağlamamaktadır.

$V_{tE}^{(Y)} = 4911 \geq 10362$ koşulunu sağlamamaktadır.

Eşdeğer deprem yükü yönteminden devam edilemez. Mod birleştirme yöntemi ile devam edilecektir.

Çizelge 13. Üst bölüme etki eden eşdeğer deprem yükleri

Kat	h_i (m)	H_i (m)	m_i (ton)	$m_i H_i$ (ton.m)	$F_{iE}^{(X)}$ (kN)	$F_{iE}^{(Y)}$ (kN)
Kat 22	3,5	77	1262	97198	257	288
Kat 21	3,5	73,5	1680	123502	327	366
Kat 20	3,5	70	1680	117621	311	349
Kat 19	3,5	66,5	1680	111740	295	331
Kat 18	3,5	63	1680	105859	280	314
Kat 17	3,5	59,5	1720	102356	271	303
Kat 16	3,5	56	1720	96335	255	285
Kat 15	3,5	52,5	1720	90314	239	268
Kat 14	3,5	49	1720	84293	223	250
Kat 13	3,5	45,5	1866	84898	225	252
Kat 12	3,5	42	1866	78367	207	232
Kat 11	3,5	38,5	1866	71837	190	213
Kat 10	3,5	35	1866	65306	173	194
Kat 9	3,5	31,5	1866	58775	155	174
Kat 8	3,5	28	1929	54004	143	160
Kat 7	3,5	24,5	1929	47253	125	140
Kat 6	3,5	21	1929	40503	107	120
Kat 5	3,5	17,5	1929	33752	89	100
Kat 4	3,5	14	1929	27002	71	80
Kat 3	3,5	10,5	2003	21031	56	62
Kat 2	3,5	7	2003	14021	37	42
Kat 1	3,5	3,5	2003	7010	19	21
Toplam	-	-	-	1532976	4054	4543

Çizelge 14. Alt bölüme etki eden eşdeğer deprem yükleri

Kat No	h _i (m)	H _i (m)	m _i (ton)	m _i H _i (ton.m)	F _{IE} ^(X,Y) (kN)
Kat 3	3,5	10,5	2003	21031	3612
Kat 2	3,5	7	2003	14021	2408
Kat 1	3,5	3,5	2003	7010	1204
Toplam	-	-	-	42062	-

TBDY 2018'e göre, perde duvarların taşıyıcı sistemde oluşan toplam taban devrilme momentinin %40 ila %70'lik kısmını karşılaması gerekmektedir. Bu oranın sağlanıp sağlanmadığını değerlendirmek amacıyla, analiz sonrasında perde kesitlerine etkiyen moment değerleri "section cut" yöntemiyle elde edilmiştir. Ayrıca yönetmelikte, taşıyıcı sistemde yer alan herhangi bir tek perdenin üstlendiği taban devrilme momenti M_{DEV} değerinin, ilgili doğrultudaki toplam taban devrilme momenti M_O değerinin üçte birinden büyük olmaması gerektiği belirtilmiştir. Yapının taban kısmında oluşan toplam devrilme momentleri X yönünde 231573 kN-m Y yönünde 206647 kN-m bulunmuştur.

Çizelge 15. Perdelerde meydana gelen momentler

	Section cut no	M2 kN-m	M3 kN-m
Exü	1	-	46151
Exü	2	-	46026
Exü	3	-	12824
Eyü	1	29913	-
Eyü	2	17808	-
Eyü	3	17811	-
Eyü	4	29945	-
Toplam	-	95477	105001

X yönünde:

$$\frac{M_{DEV}}{M_O} = \frac{105001}{231573} = \%45$$

Y yönünde:

$$\frac{M_{DEV}}{M_O} = \frac{95477}{206647} = \%46$$

X ve Y yönünde TBDY 'de belirtilen M_{DEV}/M_O 'ın %40 ila %70 arasında olması gerektiği koşulu sağlanmıştır.

X doğrultusunda maksimum momentin etkidiği perde için:

$$\frac{M_{DEV}}{M_O} = \frac{46151}{206647} = \%22$$

Y doğrultusunda maksimum momentin etkidiği perde için:

$$\frac{M_{DEV}}{M_O} = \frac{46151}{231573} = \%20$$

Tek bir perdenin aldığı M_{DEV} , M_O 'ın 1/3'ünden fazla olmayacaktır koşulunu sağlamıştır.

İncelenen yapının burulma düzensizliği kontrollerinde EXÜ, EXÜ+%5, EXÜ-%5, EYÜ, EYÜ+%5 ve EYÜ-%5 için maksimum değeri 1,14 olarak bulunmuştur. η_{bi} değerlerinin tamamı 1,2'den küçük çıkmıştır.

Yapıda A1-burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

Analizleri yapılan binada toplam alan: 1344m², boşluk alanı: 64m²

0,0476 ≤ 0,333 döşeme süreksizliği şartlarını sağlamıştır.

TBDY-2018 kapsamında, bina kat planlarında dışa taşkın olarak yer alan çıkmaların, bulundukları doğrultuda kat planı uzunluğunun %20'sini aşmaması gerektiği belirtilmektedir. Bu çalışma kapsamında analiz edilen yapıda, kat planının dışına çıkan herhangi bir çıkma bulunmamakta ve yönetmelikte tanımlanan geometrik sınırlamalara tamamen uyulmaktadır.

İncelenen örnek yapıda katlar arasındaki etkili kesme alanlarının sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, yapıdaki B1 tipi düzensizliğin oluşmadığını göstermektedir.

İncelenen yapının komşu katları arası rijitlik düzensizliği kontrollerinde $EX\ddot{U}$, $EX\ddot{U}+\%5$, $EX\ddot{U}-\%5$, $EY\ddot{U}$, $EY\ddot{U}+\%5$ ve $EY\ddot{U}-\%5$ için maksimum değeri 1,6 olarak bulunmuştur. İncelenen yapıda η_{ki} değerlerinin tamamı 2,0'dan küçük çıkmıştır. Yapıda B2 düzensizliği bulunmamaktadır.

Yapının görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması kontrollerinde $EX\ddot{U}$, $EX\ddot{U}+\%5$, $EX\ddot{U}-\%5$, $EY\ddot{U}$, $EY\ddot{U}+\%5$ ve $EY\ddot{U}-\%5$ için maksimum değeri 0,000034 olarak bulunmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler, 0,008 sınır değerinin altında kalmıştır. X ve Y doğrultularında ve eksantrisite etkisi altında, esnek derz bulunmaksızın birleşim sağlanan dolgu elemanlarına göre yapılan görelî kat ötelemesi kontrolleri yapı genelinde uygunluk göstermiştir.

İncelenen örnekte $\Theta_{II,i}^{(X,Y)}$ değerlerinin X yönünde maksimum değeri 0,0355 ve Y yönünde maksimum değeri 0,0829 çıkararak değerlerin tamamı 0,0857'den küçük çıkmıştır. Yapıda X ve Y doğrultusunda iç kuvvetlerin ikinci mertebe büyütme katsayısıyla çarpılarak artırılması gerekmemektedir.

4. SONUÇLAR

Çalışmada, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018) esas alınarak, aynı kat planına ve açıklık düzenine sahip fakat farklı kat sayıları ve taşıyıcı sistem gruplarına ait iki yapının analizleri gerçekleştirilmiştir. Örnek yapı olarak seçilen 11 katlı yapı ve 25 katlı yapı için sabit bir koordinat bölgesi tanımlanmış ve ilgili deprem yer hareketi düzeyleri belirlenmiştir. Bu parametrelere ilişkin veriler, tdth.afad.gov.tr üzerinden temin edilmiştir. Elde edilen spektral ivme değerleri doğrultusunda, ilgili yönetmelik kapsamında Bina Yükseklik Sınıfı (BYS), Deprem Tasarım Sınıfı (DTS), bina önem katsayısı (I), hedef performans düzeyleri ve analizde kullanılacak doğrusal hesap yöntemi tanımlanmıştır. Ön tasarım süreci açıklamalı olarak gerçekleştirilmiş, ön tasarım sürecinde kolon boyutları statik yükün minimumunda tutulması için kademeli olarak artırılarak taşıyıcı sistemi test edilmiştir. Yapılar SAP2000 paket programı kullanılarak modellenmiş ve analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, yönetmelikte tanımlanan düzensizlik kontrollerinin yalnızca sınır şartların sağlanması durumunda değil, aynı zamanda sınır değerlerin ihlal edilmesi halinde de yapısal davranış üzerinde önemli farklılıklar oluşturabileceğini göstermektedir. Ayrıca devrilme momenti kontrollerinin yapılmaması, taşıyıcı sistemin güvenilirliği açısından kritik riskler oluşturabilmektedir. Bu nedenle, mühendislik uygulamalarında perde kullanım oranlarının ve yerleşimlerinin titizlikle ele alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Her iki örnekte de TBDY 2018'de önerilen ön boyutlandırma kurallarına ve minimum perde oranı koşullarına ($A_{perde} \geq 0,0015nA_{yapı}$ ve $A_{perde}/A_{yapı} \geq 0,008$) uyulması, yapısal düzensizliklerin (A1 burulma, B2 rijitlik düzensizliği vb.) sınır değerler içinde kalmasını sağlamıştır. Bu durum, tasarımın erken aşamasında yönetmelik kurallarına uygun hareket edilmesinin kritik önem taşıdığını göstermektedir. Kat sayısının artırılmasıyla ön boyutlandırılması tekrar yapılan yapının eşdeğer deprem yükü yönteminin sınır değerlerini aştığına ama düzensizlik durumlarını sağladığına dikkat çekilmiştir. Eşdeğer deprem yükünün sınır şartlarını sağlamayan yapılarda mod birleştirme yönteminin kullanılabileceği TBDY 2018'e göre belirtilmiştir.

5. KAYNAKLAR

1. TBDY-2018, (2019). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
2. Akçora, A.A. (2020). Betonarme yüksek binaların 2018 yılı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre incelenmesi: 30 katlı bina örneği. *Yüksek lisans tezi*. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 141.

3. Gökçeoğlu, U. (2020). Betonarme bir yüksek binanın 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre performans esaslı tasarımı ve bodrum perde duvar yerleşiminin tasarıma etkisi. *Yüksek lisans tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 255.
4. Nomanoglu, Y.Z., Aslan, T.A. ve Temel, B., (2024). Farklı özelliklere sahip çok katlı binalarda deprem düzensizliklerinin irdelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 39(3), 647-666.
5. Karasu, O.T. 2011. Yumuşak kat düzensizliği bulunan betonarme bir yapının TDY 2007'ye göre performans analizi. *Yüksek lisans tezi*. Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, 137.
6. Kürkcü, F. (2019). 20 katlı betonarme bir yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarımı ve deprem performansının belirlenmesi. *Yüksek lisans tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul, 203.
7. Özaydın, Y. (2019). 30 katlı betonarme yüksek bir binanın 2018 TBDY kapsamında tasarımı ve performans analizi. *Yüksek lisans tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul, 105.
8. Kapıdaş, İ.F. (2019). Betonarme yüksek binaların TBDY-2018 kapsamında analizi. *Yüksek lisans tezi*. Konya Teknik Üniversitesi, Konya, 144.
9. İbiş, T. (2021). Yeni yapılacak betonarme bir binanın TBDY 2018'e göre tasarım kontrolleri ve deprem performansının belirlenmesi. *Yüksek lisans tezi*. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, 108.
10. Zengin, K.K. (2021). 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre yüksek binaların analiz ve tasarımı. *Yüksek lisans tezi*. İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 147.
11. Temiz, M.M. (2022). TBDY-2018'e göre tasarlanmış planda a1 ve a3 düzensizliği bulunan betonarme bir binanın performans analizi. *Yüksek lisans tezi*, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, 144.
12. Karaca, B. (2022). Bodrumlu betonarme binaların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre irdelenmesi. *Yüksek lisans tezi*. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 112.
13. Sezgin, M. (2022). Düşey düzensizliği bulunan betonarme bir binanın DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 esaslarına göre irdelenmesi. *Yüksek lisans tezi*. Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, 149.
14. Sönmez, M.B. (2023). Betonarme bir yapının TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre tasarımı. *Yüksek lisans tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 145.
15. Sağlam, A.B. (2023). Betonarme yüksek bir yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarımı ve performans analizi. *Yüksek lisans tezi*. Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, 90.
16. Alhamoudialaloush, M. (2024). Betonarme çerçeveli-perdeli binaların doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile deprem performanslarının incelenmesi. *Yüksek lisans tezi*. Karabük Üniversitesi, Karabük, 134.
17. Özcan G. (2024). Bodrum perdeli ve bodrum perdesiz betonarme binanın eşdeğer deprem yükü yöntemi ile kıyaslanması. *Yüksek lisans tezi*. İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul, 152.
18. AFAD, (2018). *Türkiye deprem tehlike haritası*. www.afad.gov.tr.
19. SAP2000 V23, (2019). *Structural analysis program*, Computers and Structures Inc. Berkeley, California.
20. Türk Standardı 500-2000
21. Topçu, A. (2024). *Betonarme-II ders notları*. https://drive.google.com/drive/folders/1Kt8FHe9xKrmtvMIEr0rXTAV1PWud7aIG?usp=drive_link, Erişim tarihi: 14.01.2025.
22. Yüksel, E. ve Alpaslan, N. (2021). Planda düzensizliğe sahip betonarme binaların deprem davranışının incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(3), 1455-1472.
23. Bayraktar, A., Özcan, D.M. ve Hökelekli, E. (2020). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) düzensizlik kriterlerinin farklı zemin sınıflarındaki betonarme binaların performansına etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 210-227.
24. Ahmed, A.A., Öztürk, H. & Aslan, T.A. (2025). Farklı kat yüksekliklerindeki binaların TBDY 2018 ve Eurocode 8'e göre karşılaştırmalı analizi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 40(2), 265-272.
25. Samim, M.Y. ve Temel, B. (2023). Yaya üst geçitlerinin 2018 Deprem Yönetmeliğine göre analiz ve tasarımları. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 38(1), 143-156.