KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(3), 2022
Araştırma Makalesi

KSU J Eng Sci, 25(3), 2022
Research Article

Kahramanmaras Sutcu Imam University
Journal of Engineering Sciences

Geliş Tarihi : 29.04.2022
Kabul Tarihi : 26.07.2022

Received Date : 29.04.2022
Accepted Date : 26.07.2022

BODRUM KATLARDA RİJİT BODRUM PERDE TASARIMININ YAPI DAVRANIŞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

THE INFLUENCE OF BASEMENT RIGID WALL DESIGN ON STRUCTURAL BEHAVIOR

İsmail ÜNSAL[1] (ORCID: 0000-0002-6324-7209)
Mehmet Fatih ŞAHAN[1*] (ORCID: 0000-0002-3334-3945)

[1] Adıyaman Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adıyaman, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Mehmet Fatih ŞAHAN, fatihsahan@gmail.com

ÖZET

Bu çalışma, binaların bodrum katlarının sırasıyla bir, iki, üç ve dört tarafında rijit bodrum perdesi olmasının yapısal davranış üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Bu amaçla ele alınan 13 katlı betonarme bir konut binası için Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY-2018) verilen dört farklı taşıyıcı sistem tipi esas alınmıştır. Salt çerçeveli, salt perdeli ve iki adet çerçeveli-perdeli olmak üzere dört farklı taşıyıcı sistem tipi oluşturulmuştur. Bu dört taşıyıcı sistem tipi ve beş farklı bodrum perde yerleşim durumu için toplam yirmi adet model tasarlanmıştır. Modeller arasındaki davranış farkları; perde taban momentleri, eşdeğer deprem kuvvetleri, yapı periyotları, deprem deplasmanları, burulma düzensizliği, hasar durumları, radye tasarımı ve maliyet gibi parametreler üzerinden değerlendirilmiştir. Dört cephede perde yerleştirilerek oluşturulan rijit bodrum katın kritik kattaki hasar miktarını artırdığı tüm taşıyıcı sistem tiplerinde gözlenmiştir. Tüm modeller için kritik katlardaki en az hasar bodrum perdesi olmayan modellerinde görülmüştür. Tüm modellerde en yüksek radye temel maliyeti bodrum perdesiz modeller için elde edilirken en düşük radye temel maliyeti ise 4 cepheden bodrum perdeli olan rijit bodrum kata sahip modeller için elde edilmiştir. Radye temel ve üstyapı maliyetleri birleştirilerek elde edilen toplam kaba yapı maliyetleri ise tüm modellerde oldukça yakın sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler: TBDY 2018, betonarme taşıyıcı sistemler, rijit bodrum kat, bodrum kat perdeleri

ABSTRACT

This study investigated the effect of the presence of rigid walls on one, two, three, and four sides of a building's basement on structural behavior. For this purpose, four different structural system types given in the Turkish Building Earthquake Code (TBEC-2018) were taken as the basis for a 13-story reinforced concrete residential building. Four different structural system types were created, which comprised of frames only, of shear walls only, and two combinations of frames and shear walls. A total of twenty models were designed based on four different structural system types and five different basement wall configurations. Models' behavioral differences were evaluated in equivalent earthquake forces, base moment of shear walls, structural periods, and earthquake displacements for structural stiffness, torsional irregularity, damage conditions, raft design, and cost. It has been observed in all structural system models in the study that the rigid basement floor created by placing rigid walls on four sides increases the amount of damage on the critical floor. The minor damage on critical floors was seen in models without basement walls for all models. The highest raft foundation cost was obtained for the models with no basement wall in all models. In contrast, the lowest raft foundation cost was obtained for the models with a rigid basement floor with basement walls on four sides. Total rough construction costs, obtained by combining the raft foundation and superstructure costs, were close to all models.

Keywords: TBEC 2018, reinforced concrete structural systems, rigid basement floor, basement walls

ToCite: ÜNSAL, İ., & ŞAHAN, M.F., (2022). BODRUM KATLARDA RİJİT BODRUM PERDE TASARIMININ YAPI DAVRANIŞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(3), 296-312.*

GİRİŞ

Depremler tüm dünyada sürekli biçimde büyük can ve mal kayıplarına yol açan doğal afetler olarak gündemden düşmemektedir. Bu bağlamda dünyada ve Türkiye'de hemen her yıl orta veya ağır hasar oluşturan çok sayıda deprem yaşanmaya devam etmektedir (Ünsal vd., 2020). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem–Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (Koeri, 2021) tarafından paylaşılan bilgilere göre tüm dünyada meydana gelen depremlerin sayısı büyüklüklerine göre, 7–7.9 arası büyüklük için yıllık ortalama 18, 6–6.9 arası büyüklük için yıllık ortalama 120, 5–5.9 aralığı için 800, 4–4.9 aralığı için tahmini 6.200 ve 3–3.9 aralığı için ise tahmini 49.000 olarak verilmektedir (Ünsal ve Şahan, 2021). Bu durum ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunun önemini sürekli olarak gündemde tutmaktadır.

Bu çalışma bina türü yapıların bodrum katlarına yerleştirilen bodrum perdelerinin yapı davranışına etkisini irdelemek üzere hazırlanmıştır. Bilindiği gibi bodrum kat perdeleri uygulamada, bazen eğimli arazilerde bodrum katı binanın dışındaki doğal zeminden korumak amacıyla bir veya iki cephesinde, bazen rijit bodrum kat oluşturmak amacıyla binanın dört cephesinde ve bazen de ticari amaçlarla bir cephe boş bırakılarak binanın sadece üç cephesinde inşa edilmektedirler. Bodrum perdelerinin bodrum kattaki bu farklı yerleşim durumlarının yapıların gerek doğal gerekse deprem davranışı üzerinde bir takım olumlu veya olumsuz etkilerinin olması beklenmelidir.

Değer ve Gökçeoğlu (2021) çalışmalarında bodrum kattaki perde yerleşiminin yüksek bina tasarımına etkisini irdelemişlerdir. 26 katlı mevcut bir binayı ele alarak binanın depreme dayanıklı tasarımlarını, farklı bodrum perde yerleşimleri için TBDY-2018 'e (AFAD, 2018a) uygun şekilde, sonlu elaman programlarını kullanarak tamamlamışlardır. Bina tasarım yöntemlerini ve eleman boyutlarını, donatı oranlarını ve ilgili inşaat maliyetlerini karşılaştırmışlardır. Bodrum katta asimetrik olarak yerleştirilen bodrum perdeleri binanın burulma davranışı açısından belirgin şekilde olumsuzluk teşkil etmiştir. Bodrum perdelerin ilave edildiği modelde periyotta ve göreli kat ötelemesi gibi yapısal tepkilerde azalma görülmüştür. Ancak, yapı genelinde belirgin kuvvet talebi artışı veya donatı değişimi görülmemiştir. Bu durumu, yapıya ekledikleri perde miktarının taşıyıcı sistemde mevcut olan perdelere kıyasla az olması ile açıklamışlardır.

Özuygur ve Dilsiz (2021) rijit bodrumlu binaların TBDY-2018'e göre tasarımına yönelik bir değerlendirme yaptıkları çalışmalarında, deprem yönetmeliği gereği üstyapı ve rijit bodrumun deprem hesabında farklı analiz modellerinin kullanılmasının ve bodrum katların tasarımında bu kuvvetlerin birleştirilmesinin zaman alıcı, karmaşık ve hataya müsait bir süreç olduğunu belirterek sayısal analiz sonuçlarına dayalı olarak, rijit bodrumlu binaların modelleme ve tasarımına yönelik bazı öneriler sunmuşlardır. İnceledikleri binaların analiz sonuçlarından elde ettikleri kat kesme kuvvetlerindeki farklılıklardan yola çıkarak bodrum kat ve üstyapıyı ayırmadan tüm binanın gerçek kütleleriyle modellenerek üst bölüm davranışının incelenmesini önermişlerdir.

Erdim (2018) çalışmasında betonarme binalarda rijit bodrum kat sayısının yapısal davranışa etkisini araştırmıştır. Betonarme perdeli, betonarme çerçeveli perdeli ve betonarme çerçeveli sistemlerden oluşan 40, 20 ve 7 katlı binaların 7,5,3 ve 1 rijit bodrum kata göre modelleyerek yapı davranışı ile ilgili karşılaştırmalar yapmıştır. Üstyapıdaki 40, 20 ve 7 olan kat adetlerini sabit tutup rijit bodrum kat adedini arttırdığında yer değiştirmelerde ihmal edilebilecek kadar düşük değerlerde farklar elde etmiştir. Rijit bodrum katın içerisine üst katlara devam etmeyen betonarme perde veya kolon eklenmesi durumunda bina rijitliğinin değişebileceğini vurgulayarak değişik bina tipleri için bu hesapların yapılmasını önermiştir.

Bu çalışmada, yukarıda özetlenen çalışmalardan farklı olarak, sadece rijit bodrum kat oluşturmakla kalınmamış ve binaların bodrum katlarında sırasıyla bir, iki, üç ve dört cepheye yerleştirilen bodrum perdelerinin olması durumu ile hiç bodrum perdesi olmaması durumunun yapı davranışına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada yüksek binalar yerine, ülkemizde orta yoğunluklu imar alanlarında sıklıkla inşa edilmekte olan 13 katlı betonarme bir konut binası ele alınmıştır. Erdim'in (2018) çalışmasında önerdiği gibi değişik bina tiplerini de dikkate almak üzere, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY-2018) verilen dört farklı taşıyıcı sistem tipi esas alınmıştır. Bunlar, süneklik düzeyi yüksek olan salt çerçeveli, salt perdeli ve plandaki perde oranı düşük ve yüksek olan iki adet çerçeveli-perdeli taşıyıcı sistem olarak belirlenmiştir. Bu şekilde dört farklı taşıyıcı sistem tipi ve beş farklı bodrum perde yerleşim durumu için toplam yirmi adet model hazırlanmıştır. Yapı davranışı, her bir taşıyıcı sistem tipinin bodrum perdesi yerleşimine bağlı olarak üretilmiş olan alt modelleri için kendi arasında karşılaştırılarak irdelenmiştir.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, temel üstü kotundan itibaren yüksekliği 42.5 m olan konut tipi bir bina, TBDY-2018'de verilen 4 farklı taşıyıcı sistem tipi esas alınarak, bodrum katlar sırasıyla bir, iki, üç ve dört cepheden rijit perdelerle çevrelenmiş olarak modellenmiştir. Ayrıca bodrum perdesi kullanılmadan da birer model hazırlanmıştır. Böylece, 4 farklı taşıyıcı sistem türü kullanılarak 5 farklı bodrum perdesi yerleşimi ile toplam 20 adet alt model hazırlanmıştır. Bodrum perdelerinin farklı taşıyıcı sistem tipleri üzerindeki etkilerini incelemek üzere deprem yönetmeliğinin 4. Bölümünde süneklik düzeyi yüksek sistemler için Tablo 4.1'de verilmiş olan A11 (salt çerçeveli sistem), A13 (salt boşluksuz perdeli sistem) ile 2 adet A15 (çerçeveli-perdeli sistem) esas alınmıştır. A13 taşıyıcı sisteminde toplam perde alanının kat alanına oranı yaklaşık olarak X ve Y yönleri için 0.017'dir. A15 sistemi ise, toplam perde alanının kat alanına oranı (X ve Y yönlerinin her ikisi için de) yaklaşık 0.007 ve 0.012 olmak üzere iki farklı şekilde (A15_1 ve A15_2) modellenmiştir.

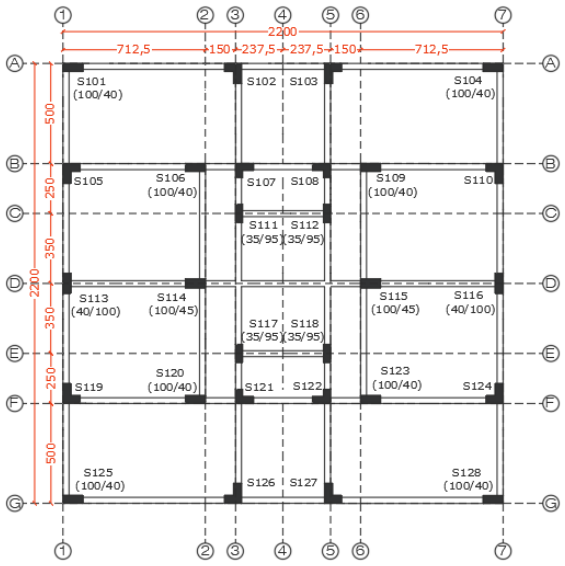
Bu çalışmada taşıyıcı sistem tüplerini birbiri ile kıyaslamak amaçlanmamıştır. Rijit bodrum perdelerinin yapı davranışına etkisini irdelemek üzere her bir taşıyıcı sistem için, içerdikleri bodrum perdelerine göre üretilmiş olan 5 ayrı alt model kendi içinde karşılaştırılmaktadır. Bu taşıyıcı sistemlerin birbiri ile kıyaslanması konusu diğer bir çalışmada oldukça detaylı bir şekilde kaleme alınmıştır (Ünsal vd. 2022).

Modeller A11_0B, A11_1B, A11_2B, A11_3B ve A11_4B şeklinde isimlendirilmiş olup A11_0B ismi, A11 taşıyıcı sisteminin rijit bodrum perdesi olmayan modelini temsil etmektedir. Diğer modeller ise sırasıyla bir, iki, üç ve dört cephede rijit bodrum perdesi bulunduğu anlamına gelmektedir. Her bir taşıyıcı sistemi tanımlamak için benzer bir yol izlenmiştir. Örnek olarak A15_1_3B modeli, A15_1 taşıyıcı sisteminin 3 cephesinde rijit bodrum perdesi bulunan modelini tanımlamaktadır.

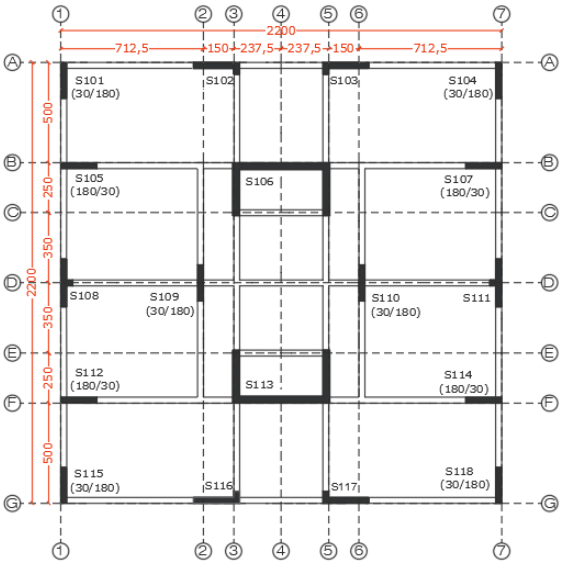
Zemin Parametreleri için Adıyaman ilinde ZD zemin sınıfı için hazırlanmış olan 10 farklı zemin veri raporu ve geoteknik rapor incelenerek ortalama değerler (Temel taşıma gücü tasarım dayanımı q_t=29 t/m^2 ve Zemin yatak katsayısı K_0 = 1800 t/m3) olarak esas alınmıştır. Deprem tasarım sınıfı ise DTS=1 olup AFAD'ın yayınlamış olduğu deprem tehlike haritalarından (AFAD, 2018b) S_{DS} = 0.785 olarak elde edilmiştir. Modeller STA4-CAD bilgisayar programında (STA4CAD, 2022) hazırlanmıştır. Modellerin kat yükseklikleri tüm modellerde aynı olup bodrum ve zemin kat için 3.5 m iken normal katlarda 3.2 m ve asansör dairesi için 2.3m'dir. Ağırlık bilgileri Tablo 1'de verilmiştir. Tabloda her bir taşıyıcı sistem tipinin alt modellerinde, her bir cepheye eklenen bodrum perdesinden sonra ağırlığın artmakta olduğu gözlenmektedir. Taşıyıcı sistem tiplerine ait normal kat kalıp planları Şekil 1'de verilmiş olup, bu sistem tiplerinin alt modellerini oluşturan ve bodrum perdesi yerleşimlerine göre türetilmiş olan modellerin bodrum kat kalıp planlarının çalışmada görsel olarak paylaşılmasına gerek duyulmamıştır.

Tablo 1. Modellerin Ağırlık Bilgileri

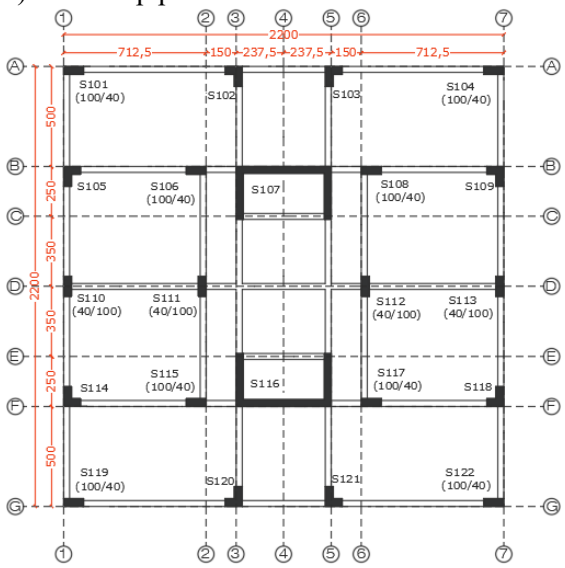
Model	Ağırlık (ton)	Model	Ağırlık (ton)	Model	Ağırlık (ton)	Model	Ağırlık (ton)
A11_4B	7,277.14	**A13_4B**	7,445.10	**A15_1_4B**	7,556.97	**A15_2_4B**	7,466.59
A11_0B	7,123.86	**A13_0B**	7,306.25	**A15_1_0B**	7,383.38	**A15_2_0B**	7,304.61
A11_1B	7,156.64	**A13_1B**	7,346.72	**A15_1_1B**	7,425.75	**A15_2_1B**	7,342.67
A11_2B	7,197.89	**A13_2B**	7,375.55	**A15_1_2B**	7,470.16	**A15_2_2B**	7,385.57
A11_3B	7,238.90	**A13_3B**	7,416.04	**A15_1_3B**	7,512.56	**A15_2_3B**	7,423.36



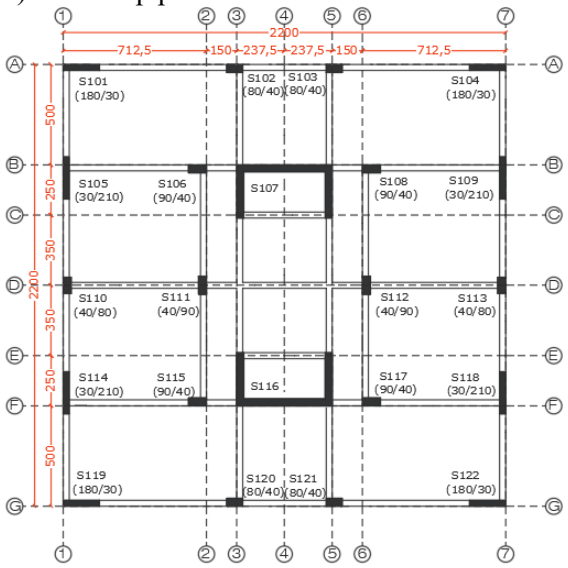
a) A11 kalıp planı



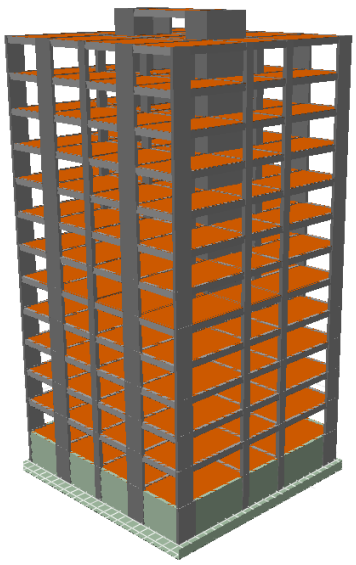
b) A13 kalıp planı



c) A15_1 kalıp planı



d) A15_2 kalıp planı



e) A15_2 perspektif görünüşü

Şekil 1. Modellerin Normal Kat Kalıp Planı ve Perspektif Görselleri

R değeri deprem yönetmeliğine uygun şekilde salt çerçeveli sistem olan A11 için 8 alınmıştır. Deprem yönetmeliği gereği, binanın tamamında deprem etkisiyle oluşacak devrilme momentinin en az 1/6'sı kenar aks perdeleri tarafından karşılanmalıdır. Burada ele alınan perdeli sistemlerde bu şart sağlanamadığından yine yönetmelik gereği, R değerleri 4/5 oranında azaltılarak salt perdeli A13 sistemi için 4.8, A15_1 ve A15_2 için ise 5.6 olarak alınmıştır. Dayanım fazlalığı katsayısı benzer şekilde yönetmelik gereği A11 sistemi için 3, diğer modeller için 2.5 olarak esas alınmıştır. Tüm modellerde radye temel kalınlığı 100 cm olup zemin gerilmesi ve zımbalama dayanımları karşılanacak şekilde modellenerek yapı – temel etkileşimli şekilde analiz edilmiştir. Tüm modellerde gerek temeller gerekse üstyapılar Sonlu Elemanlar Yöntemi ile analiz edilmiştir.

Çalışmada dolgu duvarların yatay yük kapasitesi göz önüne alınarak analizler yapılmıştır. Dolgu duvarlar, kolon kiriş birleşim bölgelerine etkiyen yatay yükleri diyagonal olarak diğer düğümlere aktarmaktadırlar. Böylece taşıyıcı sistem daha fazla enerji tüketerek daha sünek davranabilmektedir (Kumbasaroglu, 2020).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Perde Taban Momentlerindeki Değişimler

Tabanında en büyük momentin oluştuğu tek bir deprem perdesindeki momentin, bina tabanında oluşan toplam taban devrilme momentine oranı Tablo 2'de tüm modeller için verilmiştir. Tablo 2'de A11 taşıyıcı sistemine ait modellerde deprem perdesi bulunmadığı gerekçesiyle, X ve Y doğrultularındaki perde taban momentinin toplam taban devrilme momentine oranı hesap edilmemiştir.

Tüm modellerde en büyük momentler asansör perdelerinin tabanında elde edilmiştir. Sırasıyla bodrum perdesiz, 1 cepheden perdeli ve 2 cepheden perdeli olan 0B, 1B ve 2B modellerinde perde taban momentleri bodrum kattan alınmıştır. Sırasıyla 3 ve 4 cepheden perdeli olan 3B ve 4B modellerinde bodrum rijitliği sağlandığı için yönetmelik gereği deprem hesabı değiştiğinden bu modellerde perde taban momentleri zemin kattan alınmıştır. Bu nedenle 0B, 1B ve 2B modellerini kendi içinde kıyaslamak daha uygun olacaktır. Bu modellerde rijit bodrum perdesi oranı arttıkça deprem perdelerinin üzerine aldığı moment azalmaktadır. Bu ilişki perdeli olan her 3 taşıyıcı sistem tipi için de geçerlidir (A13, A15_1 ve A15_2). Benzer ilişkinin 3B ve 4B modelleri arasında da görüldüğü söylenebilir.

Tablo 2. En Büyük Perde Taban Momenti (tm) ile En Büyük Perde Taban Momentinin Toplam Taban Devrilme Momentine Oranı.

Model	**A11_4B**	**A11_0B**	**A11_1B**	**A11_2B**	**A11_3B**
X Yönü	-	-	-	-	-
Y Yönü	-	-	-	-	-
Model	**A13_4B**	**A13_0B**	**A13_1B**	**A13_2B**	**A13_3B**
X Yönü	2959-0.286	3370-0.298	3297-0.288	3616-0.281	3015-0.296
Y Yönü	2092-0.223	2484-0.240	2887-0.219	2833-0.216	2111-0.224
Model	**A15_1_4B**	**A15_1_0B**	**A15_1_1B**	**A15_1_2B**	**A15_1_3B**
X Yönü	2803-0.270	3085-0.272	3047-0.266	2999-0.260	2750-0.268
Y Yönü	1654-0.187	1992-0.207	1845-0.190	1821-0.185	1663-0.189
Model	**A15_2_4B**	**A15_2_0B**	**A15_2_1B**	**A15_2_2B**	**A15_2_3B**
X Yönü	2758-0.279	3007-0.278	2960-0.271	2925-0.266	2732-0.279
Y Yönü	1585-0.185	1909-0.204	1756-0.186	1735-0.182	1588-0.186

Bu bölümde ayrıca, tüm perdelerin tabanında oluşan toplam taban momentlerinin bina tabanında oluşan toplam devrilme momentine oranı da irdelenmiş olup ilgili sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir. Bodrum katın rijitliği arttıkça tüm deprem perdelerinin depremden aldıkları payın (taban momentlerinin) azaldığı 0B, 1B ve 2B modellerinin tamamı için söylenebilir. 3B ve 4B modelleri arasında ise bu anlamda önemli bir değişimin olmadığı görülmektedir.

Tablo 3. Toplam Perde Taban Momentinin Toplam Taban Devrilme Momentine Oranı.

Model	**A11_4B**	**A11_0B**	**A11_1B**	**A11_2B**	**A11_3B**
X Yönü	-	-	-	-	-
Y Yönü	-	-	-	-	-
Model	**A13_4B**	**A13_0B**	**A13_1B**	**A13_2B**	**A13_3B**
X Yönü	0.91	0.90	0.90	0.84	0.90
Y Yönü	0.84	0.85	0.80	0.79	0.84
Model	**A15_1_4B**	**A15_1_0B**	**A15_1_1B**	**A15_1_2B**	**A15_1_3B**
X Yönü	0.50	0.50	0.50	0.46	0.50
Y Yönü	0.37	0.41	0.38	0.37	0.37
Model	**A15_2_4B**	**A15_2_0B**	**A15_2_1B**	**A15_2_2B**	**A15_2_3B**
X Yönü	0.62	0.61	0.61	0.57	0.61
Y Yönü	0.62	0.63	0.60	0.58	0.62

Deprem Kuvvetlerindeki Değişimler

Tablo 4'te mod birleştirme yönteminden elde edilen ve eşdeğer deprem yükü oranında artırılmış taban kesme kuvvetleri verilmiştir. 3B ve 4B modellerinde bodrum rijitliği sağlandığı için yönetmelik gereği deprem hesabı değiştiğinden 0B, 1B ve 2B modellerini kendi içinde, 3B ve 4B modellerini de kendi içerisinde kıyaslamak daha uygun olacaktır. Rijit bodruma sahip olmayan 0B, 1B, 2B grubu için çerçeve içeren A11, A15_ ve A15_2 sistemlerinde taban kesme kuvveti değişimleri artan eğilimde yaklaşık %1 mertebelerindedir. Salt perdeli A13 sisteminde ise bodrum kattaki rijit perdelerin sayısının artmasının X ve Y yönündeki taban kesme kuvvetleri üzerinde önemli bir etkisinin olduğu ve bu artışın sırasıyla %14 ve %28 değerlerine kadar yükseldiği görülmektedir. Zaten rijit bodrum kata sahip olan 3B ve 4B grubunda ise, bu değişimler %1'in altında kalmaktadır.

Taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranları salt çerçeveli modellerde yaklaşık %3, perde içeren modellerde ise yaklaşık %4-5 mertebelerinde elde edilmiş olup bodrum rijitliğinin bu parametre üzerindeki etkisinin oldukça düşük olduğu gözlenmektedir.

Tablo 4. Taban Kesme Kuvvetleri ve Bina Ağırlığına Oranı.

Karşılaştırılan Büyüklükler	**A11_4B**	**A11_0B**	**A11_1B**	**A11_2B**	**A11_3B**
Taban Kesme Kuvveti ($V_{tE}^{(X)}$) (ton)	220.58	222.88	224.40	226.37	219.51
Taban Kesme Kuvveti ($V_{tE}^{(Y)}$) (ton)	218.32	220.86	223.11	224.53	219.45
($V_{tE}^{(X)}$) /Bina Ağırlığı Oranı	%3.03	%3.11	%3.13	%3.14	%3.03
($V_{tE}^{(Y)}$) /Bina Ağırlığı Oranı	%3.00	%3.07	%3.12	%3.12	%3.03
	A13_4B	**A13_0B**	**A13_1B**	**A13_2B**	**A13_3B**
Taban Kesme Kuvveti ($V_{tE}^{(X)}$) (ton)	395.24	395.53	402.11	452.47	388.96
Taban Kesme Kuvveti ($V_{tE}^{(Y)}$) (ton)	350.18	353.12	451.17	452.95	351.26
($V_{tE}^{(X)}$) /Bina Ağırlığı Oranı	%5.31	%5.41	%5.47	%6.13	%5.25
($V_{tE}^{(Y)}$) /Bina Ağırlığı Oranı	%4.70	%4.83	%6.14	%6.13	%4.73
	A15_1_4B	**A15_1_0B**	**A15_1_1B**	**A15_1_2B**	**A15_1_3B**
Taban Kesme Kuvveti ($V_{tE}^{(X)}$) (ton)	392.92	393.41	399.08	401.52	388.55
Taban Kesme Kuvveti ($V_{tE}^{(Y)}$) (ton)	328.89	328.69	332.37	338.14	327.86
($V_{tE}^{(X)}$) /Bina Ağırlığı Oranı	%5.20	%5.32	%5.37	%5.37	%5.17
($V_{tE}^{(Y)}$) /Bina Ağırlığı Oranı	%4.35	%4.44	%4.48	%4.53	%4.36
	A15_2_4B	**A15_2_0B**	**A15_2_1B**	**A15_2_2B**	**A15_2_3B**
Taban Kesme Kuvveti ($V_{tE}^{(X)}$) (ton)	375.75	377.19	382.96	385.48	372.30
Taban Kesme Kuvveti ($V_{tE}^{(Y)}$) (ton)	318.94	319.02	323.36	327.67	318.61
($V_{tE}^{(X)}$) /Bina Ağırlığı Oranı	%5.20	%5.16	%5.22	%5.22	%5.02
($V_{tE}^{(Y)}$) /Bina Ağırlığı Oranı	%4.35	%4.37	%4.40	%4.44	%4.29

Yapı Rijitliği

Burada her bir taşıyıcı sistem tipine ait modellerin rijitlikleri, Tablo 5'te verilen doğal titreşim periyotları ile Tablo 6'da ve Şekil 2'de verilen maksimum deprem deplasmanları üzerinden değerlendirilmiştir. Bodrum katta rijit bodrum perdesi oranı arttıkça beklendiği gibi yapı rijitliği de artmakta dolayısıyla yapı periyotları da azalmaktadır. 0B, 1B ve 2B grubu için periyottaki bu azalma oranı her iki yön için de %3-9 arasında değişirken 3B, 4B grubu için oldukça minimal seviyede kalmakta olup özellikle Y yönü için periyotların hemen hemen değişmediği söylenebilir.

Tablo 5. Doğal Titreşim Periyotları.

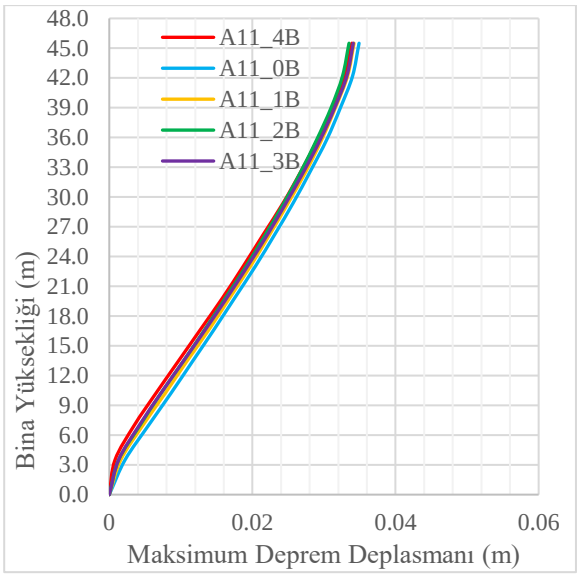
Karşılaştırılan Büyüklükler	**A11_4B**	**A11_0B**	**A11_1B**	**A11_2B**	**A11_3B**
Doğal Titreşim Periyodu (T_x)	1.519 s	1.598	1.579	1.542	1.527
Kütle Katılım Oranı (M_{xr})	%73.6	%79.2	%74.6	72.9	74.3
Doğal Titreşim Periyodu (T_y)	1.532 s	1.616	1.614	1.571	1.537
Kütle Katılım Oranı (M_{yr})	%73.8	%79.3	%78.8	72.7	75.0
	A13_4B	**A13_0B**	**A13_1B**	**A13_2B**	**A13_3B**
Doğal Titreşim Periyodu (T_x)	1.516	1.606	1.587	1.552	1.539
Kütle Katılım Oranı (M_{xr})	70.0	73.86	73.21	70.39	70.7
Doğal Titreşim Periyodu (T_y)	1.658	1.751	1.711	1.691	1.650
Kütle Katılım Oranı (M_{yr})	71.7	75.96	73.37	72.84	71.9
	A15_1_4B	**A15_1_0B**	**A15_1_1B**	**A15_1_2B**	**A15_1_3B**
Doğal Titreşim Periyodu (T_x)	1.283	1.357	1.346	1.318	1.306
Kütle Katılım Oranı (M_{xr})	72.5	76.5	75.9	72.9	73.2
Doğal Titreşim Periyodu (T_y)	1.514	1.601	1.571	1.552	1.519
Kütle Katılım Oranı (M_{yr})	72.9	77.5	75.4	74.8	73.4
	A15_2_4B	**A15_2_0B**	**A15_2_1B**	**A15_2_2B**	**A15_2_3B**
Doğal Titreşim Periyodu (T_x)	1.350	1.426	1.413	1.384	1.369
Kütle Katılım Oranı (M_{xr})	71.75	75.5	74.9	72.8	72.6
Doğal Titreşim Periyodu (T_y)	1.556	1.641	1.607	1.596	1.558
Kütle Katılım Oranı (M_{yr})	72.3	76.8	74.8	74.2	72.7

Tablo 6. Maksimum Deprem Deplasmanları (metre).

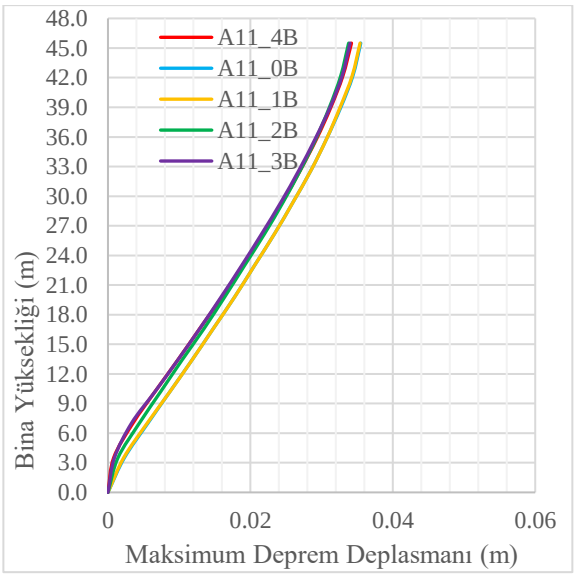
Kat	**A11_4B**		**A11_0B**		**A11_1B**		**A11_2B**		**A11_3B**	
	X	**Y**	**X**	**Y**	**X**	**Y**	**X**	**Y**	**X**	**Y**
12. Asansör D.	0.0339	0.0342	0.0349	0.0355	0.0342	0.0354	0.0335	0.0338	0.0341	0.0340
11. Normal Kat	0.0329	0.0330	0.0340	0.0344	0.0333	0.0343	0.0326	0.0327	0.0332	0.0329
Zemin Kat	0.0035	0.0035	0.0055	0.0056	0.0047	0.0055	0.0043	0.0044	0.0042	0.0033
Bodrum Kat	0.0008	0.0008	0.0022	0.0023	0.0016	0.0022	0.0013	0.0014	0.0013	0.0009
	A13_4B		**A13_0B**		**A13_1B**		**A13_2B**		**A13_3B**	
	X	**Y**	**X**	**Y**	**X**	**Y**	**X**	**Y**	**X**	**Y**
12. Asansör D.	0.0640	0.0647	0.0672	0.0681	0.0665	0.0836	0.0721	0.0815	0.0643	0.0642
11. Normal Kat	0.6040	0.0619	0.0636	0.0654	0.0629	0.0802	0.0682	0.0781	0.0608	0.0615
Zemin Kat	0.0049	0.0051	0.0069	0.0076	0.0066	0.0082	0.0065	0.0077	0.0056	0.0051
Bodrum Kat	0.0014	0.0013	0.0028	0.0028	0.0025	0.0027	0.0022	0.0024	0.0018	0.0013
	A15_1_4B		**A15_1_0B**		**A15_1_1B**		**A15_1_2B**		**A15_1_3B**	
	X	**Y**	**X**	**Y**	**X**	**Y**	**X**	**Y**	**X**	**Y**
12. Asansör D.	0.0439	0.0491	0.0460	0.0513	0.0458	0.0503	0.0444	0.0498	0.0446	0.0492
11. Normal Kat	0.0418	0.0473	0.0439	0.0495	0.0437	0.0485	0.0423	0.0480	0.0425	0.0474
Zemin Kat	0.0045	0.0047	0.0061	0.0068	0.0059	0.0060	0.0053	0.0057	0.0052	0.0048
Bodrum Kat	0.0013	0.0012	0.0027	0.0027	0.0024	0.0020	0.0019	0.0018	0.0018	0.0013
	A15_2_4B		**A15_2_0B**		**A15_2_1B**		**A15_2_2B**		**A15_2_3B**	
	X	**Y**	**X**	**Y**	**X**	**Y**	**X**	**Y**	**X**	**Y**
12. Asansör D.	0.0475	0.0515	0.0498	0.0535	0.0495	0.0524	0.0481	0.0522	0.0480	0.0515
11. Normal Kat	0.0450	0.0494	0.0473	0.0515	0.0470	0.0504	0.0456	0.0502	0.0456	0.0494
Zemin Kat	0.0045	0.0045	0.0061	0.0065	0.0059	0.0057	0.0052	0.0055	0.0051	0.0046
Bodrum Kat	0.0013	0.0012	0.0026	0.0025	0.0024	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0012

Tablo 6 ve Şekil 2'de maksimum deprem deplasmanları verilmiştir. A13 haricindeki tüm modellerde maksimum tepe deplasmanındaki artış bodrum perdesi bulunmayan modellerde en yüksek olup 4 cepheden rijit perdeli bodruma sahip olan modellere kıyasla bu artış %3-5 mertebelerindedir. Salt perdeli A13 modellerinde ise bodrum perdesi bulunmayan modellere kıyasla maksimum artış 2B ve 1B olan modellerde X ve Y yönleri için sırasıyla %13 ve %29 olarak hesap edilmiştir.

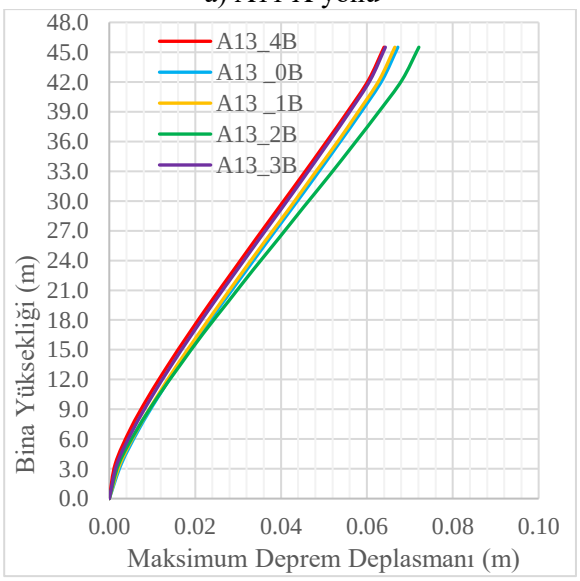
Tablo 6'daki deplasman değerleri incelendiğinde, perde içeren sistemlerden (A13, A15 1, A15 2) üretilen modellere ait deplasman değerlerinin, salt çerçeveli sistemden (A11) türetilen modellerin deplasman değerlerinden daha düşük olduğu gözlenmektedir. Bu sonuçlar literatürdeki çalışmalar ile uyumlu olup, bu husus TBDY 2018 yönetmeliğinde perdeler için verilmiş olan etkin kesit rijitlik çarpanlarının kolonlar için verilen etkin kesit rijitlik çarpanlarından daha düşük olması ile açıklanabilir (Ünsal vd. 2022; Ünsal ve Şahan, 2021).



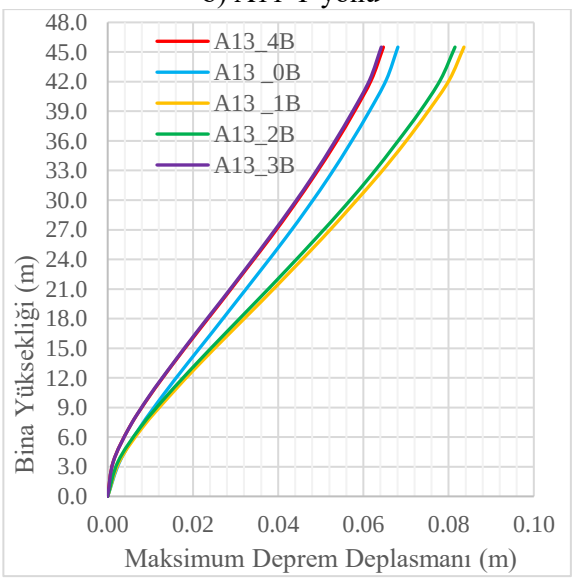
a) A11 X yönü



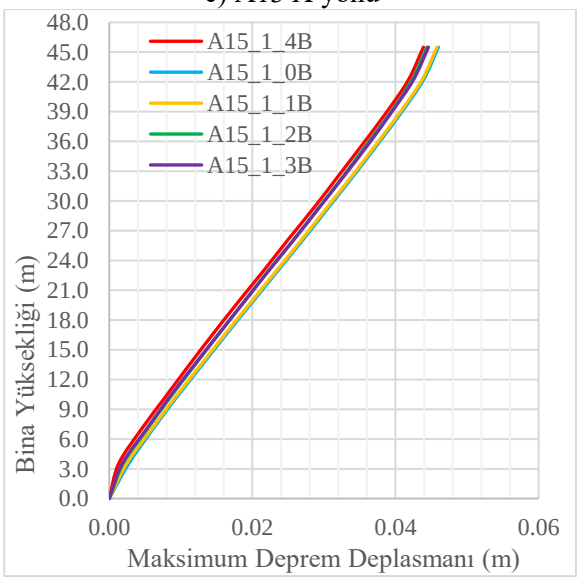
b) A11 Y yönü



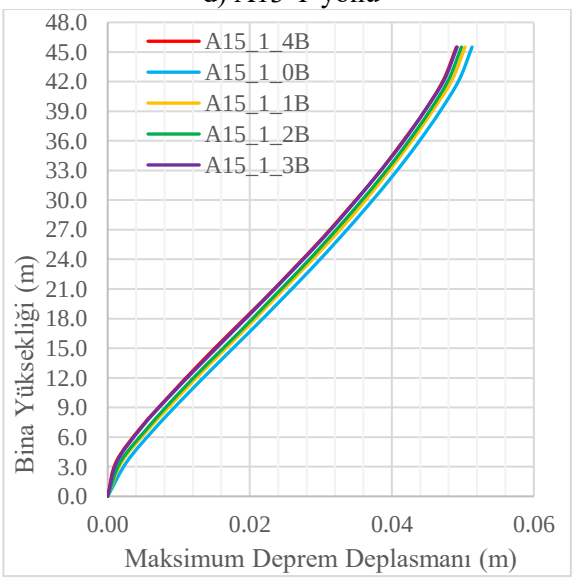
c) A13 X yönü



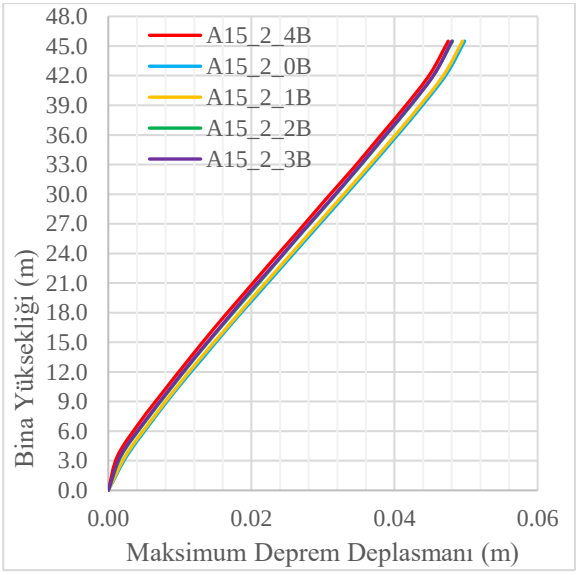
d) A13 Y yönü



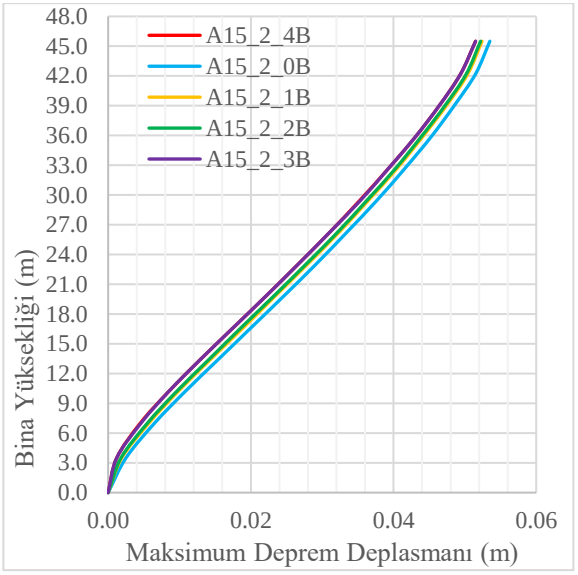
e) A15_1 X yönü



f) A15_1 Y yönü



g) A15_2 X yönü



h) A15_2 Y yönü

Şekil 2. Maksimum Deprem Deplasmanları

Tablo 7'de, yapı modellerinde oluşan göreli kat ötelemelerinin ve ikinci mertebe gösterge değerlerinin bodrum perdelerinin mevcut olup olmamasından pek etkilenmediği gözlenmektedir.

Tablo 7. Göreli Kat Ötelemeleri ve İkinci Mertebe Göstergeleri

Karşılaştırılan Büyüklükler	**A11_4B**	**A11_0B**	**A11_1B**	**A11_2B**	**A11_3B**
En Büyük Etkin Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü ($\delta_{i,max}^{(X)}$)	0.0033	0.0032	0.0033 <0.008	0.0033	0.0032
En Büyük Etkin Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü ($\delta_{i,max}^{(Y)}$)	0.0033	0.0033	0.0033 <0.008	0.0032	0.0033
En Büyük İkinci Mertebe Gösterge Kontrolü ($\theta_{II,max}^{(X,Y)}$)	0.0280	0.0300	0.0290 <0.090	0.0290	0.0280
	A13_4B	**A13_0B**	**A13_1B**	**A13_2B**	**A13_3B**
En Büyük Etkin Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü ($\delta_{i,max}^{(X)}$)	0.0034	0.0034	0.0034 <0.008	0.0038	0.0033
En Büyük Etkin Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü ($\delta_{i,max}^{(Y)}$)	0.0036	0.0036	0.0046 <0.008	0.0045	0.0035
En Büyük İkinci Mertebe Gösterge Kontrolü ($\theta_{II,max}^{(X,Y)}$)	0.0310	0.0330	0.0320 <0.125	0.032	0.0031
	A15_1_4B	**A15_1_0B**	**A15_1_1B**	**A15_1_2B**	**A15_1_3B**
En Büyük Etkin Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü ($\delta_{i,max}^{(X)}$)	0.0026	0.0026	0.0026 <0.008	0.0026	0.0026
En Büyük Etkin Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü ($\delta_{i,max}^{(Y)}$)	0.0031	0.0032	0.0032 <0.008	0.0032	0.0031
En Büyük İkinci Mertebe Gösterge Kontrolü ($\theta_{II,max}^{(X,Y)}$)	0.026	0.028	0.027 <0.107	0.027	0.026
	A15_2_4B	**A15_2_0B**	**A15_2_1B**	**A15_2_2B**	**A15_2_3B**
En Büyük Etkin Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü ($\delta_{i,max}^{(X)}$)	0.0028	0.0028	0.0028 <0.008	0.0028	0.0028
En Büyük Etkin Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü ($\delta_{i,max}^{(Y)}$)	0.0033	0.0033	0.0033 <0.008	0.0033	0.0033
En Büyük İkinci Mertebe Gösterge Kontrolü ($\theta_{II,max}^{(X,Y)}$)	0.027	0.029	0.029 <0.107	0.028	0.028

Burulma Düzensizliği

Bodrum katta asimetrik olarak yerleştirilen rijit bodrum perdelerinin yapıda meydana getirebileceği burulma etkilerini irdelemek üzere Tablo 8'de burulma düzensizliği katsayıları (η_{bi}) verilmiştir. Deprem yönetmeliğinde izin verilen maksimum sınırın ($\eta_{bi} < 1.20$) aşıldığı durum sadece salt çerçeveli sistem modellerinden A11_1B modelinde görülmüştür. Burada bodrum kata 1 cephede yerleştirilen rijit bodrum perdesinin çerçeveli yapının bodrum ve zemin katlarını az da olsa burulmaya zorladığı ((η_{bi} =1.239) anlaşılmaktadır. Perde içeren hiçbir modelde bu sınır aşılamamıştır. Modellerin bodrum kat kalıp planındaki rijitlik merkezinin koordinatları (X_r ve Y_r) Tablo 9'da verilmiştir. Ağırlık merkezi koordinatları X_r ve Y_r tüm modeller için 11.0 metre olup simetrik modellerde rijitlik merkezi koordinatları da bu değeri almaktadır.

Tablo 8. Burulma Düzensizliği Katsayıları.

Karşılaştırılan Büyüklükler	**A11_4B**	**A11_0B**	**A11_1B**	**A11_2B**	**A11_3B**
En Büyük Burulma Düzensizliği Katsayısı (η_{bi})	1.094	1.104	1.239 >1.200	1.187	1.104
	A13_4B	**A13_0B**	**A13_1B**	**A13_2B**	**A13_3B**
En Büyük Burulma Düzensizliği Katsayısı (η_{bi})	1.099	1.106	1.180 <1.200	1.172	1.127
	A15_1_4B	**A15_1_0B**	**A15_1_1B**	**A15_1_2B**	**A15_1_3B**
En Büyük Burulma Düzensizliği Katsayısı (η_{bi})	1.108	1.116	1.178 <1.200	1.165	1.122
	A15_2_4B	**A15_2_0B**	**A15_2_1B**	**A15_2_2B**	**A15_2_3B**
En Büyük Burulma Düzensizliği Katsayısı (ηbi)	1.098	1.103	1.161 <1.200	1.138	1.112

Tablo 9. Bodrum Kat Kalıp Planındaki Rijitlik Merkezi Koordinatları (metre)

Model	**A11_4B**	**A11_0B**	**A11_1B**	**A11_2B**	**A11_3B**
X_r	11.0	11.0	4.56	2.83	11.0
Y_r	11.0	11.0	11.0	4.19	4.03
Model	**A13_4B**	**A13_0B**	**A13_1B**	**A13_2B**	**A13_3B**
X_r	11.0	11.0	4.52	4.49	11.0
Y_r	11.0	11.0	11.0	6.70	6.26
Model	**A15_1_4B**	**A15_1_0B**	**A15_1_1B**	**A15_1_2B**	**A15_1_3B**
X_r	11.0	11.0	4.03	4.04	11.0
Y_r	11.0	11.0	11.02	6.24	5.99
Model	**A15_2_4B**	**A15_2_0B**	**A15_2_1B**	**A15_2_2B**	**A15_2_3B**
X_r	11.0	11.0	4.41	4.35	11.0
Y_r	11.0	11.0	11.0	6.70	6.32

Dayanım ve Süneklik

Deprem yönetmeliğinde konut binaları için hedeflenmiş olan performans düzeyi Kontrollü Hasar (KH) DD-2 deprem yer hareketi seviyesinde tüm modeller için sağlanmıştır. Performans analizleri doğrusal hesap yöntemi ile dayanıma göre tasarım (DGT) yaklaşımına uygun olarak yapılmıştır. Elde edilen hasar durumları kolon ve perdeler için Tablo 10-13'de kirişler için ise Tablo 14-17'de verilmiştir. Salt çerçeveli A11 taşıyıcı sistemi haricinde ileri hasar (İH) bölgesine geçen düşey eleman bulunmamaktadır.

Tamamen çerçevelerden oluşan A11 taşıyıcı sisteminden türetilen alt modellerde yönetmelik gereği taşıyıcı sistem davranış katsayısı R=8 olarak öngörüldüğünden, bu modellerde deprem etkilerinin 1/8'inin (%12.5) eleman dayanımları ile karşılanması beklenirken, deprem etkilerinin 7/8'lik (%87.5) kısmı ise sistemin sünekliği sayesinde hasar alarak enerji tüketimi şeklinde karşılanacaktır. Tamamen perdelerden oluşan A13 sisteminin alt modellerinde ise R=4.8 alındığından dayanımla karşılanması öngörülen kısım deprem etkilerinin yaklaşık %21'i, süneklik sayesinde hasar alarak enerji tüketimi şeklinde karşılanması beklenen kısım ise deprem etkilerinin yaklaşık %79'udur. Perdeli-çerçeveli A15_1 ve A15_2 taşıyıcı sistemlerinin alt modellerinde R=5.6 olduğundan bu oranlar her iki taşıyıcı sistem için de aynı olup sırasıyla yaklaşık %18 ve %82 civarındadır.

A11 taşıyıcı sisteminin tüm modelleri için hasarın en fazla olduğu kritik katlar zemin katlar olarak görülmektedir. Bodrum perdesi olmayan 0B modelinde (İH) düzeyine geçen düşey eleman bulunmazken, bodrum perdeli modellerin

tamamında İH düzeyinde elemanlar olduğu gözlenmektedir. Bu taşıyıcı sistem tipi için en az hasarın ve dolayısıyla en iyi deprem performansının bodrum perdesiz olan A11_0B modeli için elde edildiği söylenebilir (İH oranı %0). En fazla hasar ise burulmanın da etkisiyle 1 cepheden bodrum perdeli A11_1B modelinde gözlenmektedir (İH oranı %10.3).

Salt perdeli A13 taşıyıcı sisteminin tüm modelleri için en fazla hasar zemin ve çatı katlarında görülmüştür. Bodrum perdesi olmayan bu taşıyıcı sistem tipi için zemin katta en az hasarın ve dolayısıyla en iyi deprem performansının bodrum perdesiz olan A13_0B modeli için elde edildiği söylenebilir (belirgin hasar BH oranı %31.6). En fazla hasar ise 1 cepheden bodrum perdeli A13_1B modelinde gözlenmektedir (BH oranı %66.2). A13 sisteminin tüm alt modellerinin tüm katlarında SH ve/veya BH oranının %100 olduğu gözlenmektedir.

Çerçeveli-perdeli A15_1 ve A15_2 tipi taşıyıcı sistemlerinde ise en az hasar yine bodrum perdesiz modeller için (A15_1_0B ve A15_2_0B) elde edilmiş olup BH oranı sırasıyla %36.1 ve %34.1 olarak hesaplanmıştır. En fazla hasarlar ise rijit bodrum kata sahip olan 3 ve 4 cepheden bodrum perdeli 3B ve 4B modellerinde görülmüştür. A15_1 için maksimum hasar A15_4B modelinde %67.5 BH oranı ile ve A15_2 için ise A15_3B modelinde %68 BH oranı ile elde edilmiştir. A15_1 ve A15_2 sistemlerinin tüm alt modellerinin tüm katlarında SH ve/veya BH oranının %100 olduğu gözlenmektedir.

Kiriş hasarlarının tüm modeller için de tüm katlara benzer oranlarda yayıldığı gözlenmiştir. Bu durumun deprem yönetmeliğinde verilen kapasite tasarımı ilkelerine ve önerilen enerji tüketim modeline uygun olduğu söylenebilir.

Tablo 10. A11 Sistemi İçin Performans Analizi Sonucunda Düşey Elemanlarda Elde Edilen Hasar Durumları

Kolon - Perde Hasar Yüzdeleri	**A11_4B**			**A11_0B**			**A11_1B**			**A11_2B**			**A11_3B**		
	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH
12. Asansör D.	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-
11. Normal Kat	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-
10. Normal Kat	100	-	-	94.3	5.7	-	90.8	9.2	-	100	-	-	94.6	5.4	-
9. Normal Kat	73.8	26.2	-	77.5	22.5	-	50.9	49.1	-	86.8	13.2	-	76.6	26.4	-
8. Normal Kat	45.3	54.7	-	44.8	55.2	-	32.7	67.3	-	73.4	26.6	-	45.0	55.0	-
7. Normal Kat	25.7	74.3	-	25.4	74.6	-	14.6	85.4	-	33.7	66.3	-	25.5	74.5	-
6. Normal Kat	19.1	80.9	-	25.1	74.9	-	12.8	87.2	-	25.4	74.6	-	18.8	81.2	-
5. Normal Kat	14.7	85.3	-	14.2	85.8	-	8.5	91.5	-	25.1	74.9	-	14.5	85.5	-
4. Normal Kat	10.6	89.4	-	14.0	86.0	-	6.9	93.1	-	16.1	83.9	-	10.3	89.7	-
3. Normal Kat	4.2	95.8	-	3.9	96.1	-	2.6	97.4	-	7.3	92.7	-	4.1	95.9	-
2. Normal Kat	1.4	98.6	-	2.6	97.4	-	1.3	98.7	-	2.7	97.3	-	1.3	98.7	-
1. Normal Kat	-	94.7	5.3	0	100	-	-	94.2	5.8	1.3	98.7	-	-	94.5	5.5
Zemin Kat	**-**	**92.0**	**8.0**	**0**	**100**	**-**	**-**	**89.7**	**10.3**	**-**	**91.6**	**8.4**	**-**	**91.5**	**8.5**
Bodrum Kat	99.8	0.20	-	10.4	89.6	-	1.7	98.3	-	83.0	17.0	-	99.5	0.5	-

SH: SINIRLI HASAR, BH: BELİRGİN HASAR, İH: İLERİ HASAR

Tablo 11. A13 Sistemi İçin Performans Analizi Sonucunda Düşey Elemanlarda Elde Edilen Hasar Durumları

Kolon - Perde Hasar Yüzdeleri	**A13_4B**			**A13_0B**			**A13_1B**			**A13_2B**			**A13_3B**		
	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH
12. Asansör D.	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-
11. Normal Kat	**43.7**	**56.3**	**-**	**41.9**	**58.1**	**-**	**32.6**	**67.4**	**-**	**33.1**	**66.9**	**-**	**43.6**	**56.4**	**-**
10. Normal Kat	51.5	48.5	-	54.6	45.4	-	51.1	48.9	-	51.7	48.3	-	51.4	48.6	-
9. Normal Kat	54.3	45.7	-	53.6	46.4	-	54.0	46.0	-	54.5	45.5	-	54.2	45.8	-
8. Normal Kat	49.9	50.1	-	49.3	50.7	-	49.7	50.3	-	50.1	49.9	-	49.8	50.2	-
7. Normal Kat	52.6	47.4	-	49.8	50.2	-	50.2	49.8	-	50.5	49.5	-	52.5	47.5	-
6. Normal Kat	75.4	24.6	-	59.4	40.6	-	50.5	49.5	-	50.8	49.2	-	75.2	24.8	-
5. Normal Kat	78.6	21.4	-	75.1	24.9	-	51.1	48.9	-	51.3	48.7	-	78.5	21.5	-
4. Normal Kat	88.0	12.0	-	78.4	21.6	-	52.4	47.6	-	52.5	47.5	-	88.0	12.0	-
3. Normal Kat	88.9	11.1	-	88.2	11.8	-	56.7	43.3	-	56.6	43.4	-	88.8	11.2	-
2. Normal Kat	87.1	12.9	-	89.2	10.8	-	61.4	38.6	-	68.1	31.9	-	92.7	7.3	-
1. Normal Kat	96.8	3.2	-	91.8	8.2	-	42.4	57.6	-	38.4	61.6	-	96.7	3.3	-
Zemin Kat	**47.4**	**52.6**	**-**	**68.4**	**31.6**	**-**	**33.8**	**66.2**	**-**	**38.3**	**61.7**	**-**	**46.6**	**53.4**	**-**
Bodrum Kat	98.6	1.4	-	65.2	24.8	-	83.9	16.1	-	79.0	21.0	-	97.2	2.8	-

SH: SINIRLI HASAR, BH: BELİRGİN HASAR, İH: İLERİ HASAR

Tablo 12. A15_1 Sistemi İçin Performans Analizi Sonucunda Düşey Elemanlarda Elde Edilen Hasar Durumları

Kolon - Perde Hasar Yüzdeleri	**A15_1_4B**			**A15_1_0B**			**A15_1_1B**			**A15_1_2B**			**A15_1_3B**		
	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH
12. Asansör D.	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	
11. Normal Kat	63.3	36.7	-	72.2	27.8	-	83.7	16.3	-	85.8	14.2	-	63.3	36.7	
10. Normal Kat	69.6	30.4	-	81.3	18.7	-	80.9	19.1	-	91.3	8.7	-	69.5	30.5	
9. Normal Kat	57.0	43.0	-	60.8	39.2	-	66.7	33.3	-	72.9	27.1	-	56.9	43.1	
8. Normal Kat	48.1	51.9	-	47.4	52.6	-	47.6	52.4	-	47.8	52.2	-	48.1	51.9	
7. Normal Kat	48.3	51.7	-	47.6	52.4	-	47.9	52.1	-	48.1	51.9	-	48.3	51.7	
6. Normal Kat	48.6	51.4	-	47.7	52.3	-	48.1	51.9	-	48.2	51.8	-	46.8	53.2	
5. Normal Kat	49.2	50.8	-	48.0	52.0	-	48.5	51.5	-	48.7	51.3	-	49.1	50.9	
4. Normal Kat	50.4	49.6	-	48.8	51.2	-	49.5	50.5	-	49.8	50.2	-	50.4	49.6	
3. Normal Kat	48.3	51.7	-	44.0	56.0	-	45.0	55.0	-	48.8	51.2	-	46.7	53.3	
2. Normal Kat	47.5	52.5	-	42.6	57.4	-	45.8	54.2	-	48.3	51.7	-	47.4	52.6	
1. Normal Kat	53.0	47.0	-	46.9	53.1	-	50.5	49.5	-	51.6	48.4	-	52.4	47.6	
Zemin Kat	**32.5**	**67.5**	**-**	**63.9**	**36.1**	**-**	**50.4**	**49.6**	**-**	**49.7**	**50.3**	**-**	**34.0**	**66.0**	
Bodrum Kat	99.9	0.10	-	64.0	36.0	-	62.2	37.8	-	93.7	6.3	-	99.7	0.3	

SH: SINIRLI HASAR, BH: BELİRGİN HASAR, İH: İLERİ HASAR

Tablo 13. A15_2 Sistemi İçin Performans Analizi Sonucunda Düşey Elemanlarda Elde Edilen Hasar Durumları

Kolon - Perde Hasar Yüzdeleri	**A15_2_4B**			**A15_2_0B**			**A15_2_1B**			**A15_2_2B**			**A15_2_3B**		
	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH
12. Asansör D.	100	0.0	-	100	0.0	-	100	0.0	-	100	0.0	-	100	0.0	-
11. Normal Kat	26.6	73.4	-	29.8	70.2	-	29.4	70.6	-	29.6	70.4	-	25.4	74.6	-
10. Normal Kat	49.0	51.0	-	64.5	35.5	-	70.5	29.5	-	70.5	29.5	-	48.5	51.5	-
9. Normal Kat	46.7	53.3	-	49.8	50.2	-	60.3	39.7	-	60.3	39.7	-	46.3	53.7	-
8. Normal Kat	44.7	55.3	-	52.6	47.4	-	59.6	40.4	-	61.6	38.4	-	44.4	55.6	-
7. Normal Kat	50.3	49.7	-	56.4	43.6	-	56.2	43.8	-	60.0	40.0	-	50.0	50.0	-
6. Normal Kat	53.6	46.4	-	54.5	45.5	-	52.7	47.3	-	54.4	45.6	-	53.4	46.6	-
5. Normal Kat	57.4	42.6	-	56.4	43.6	-	56.6	43.4	-	56.6	43.4	-	57.3	42.7	-
4. Normal Kat	64.7	35.3	-	63.5	36.5	-	64.0	36.0	-	64.0	36.0	-	64.6	35.4	-
3. Normal Kat	66.7	33.3	-	65.0	35.0	-	65.7	34.3	-	65.8	34.2	-	66.7	33.3	-
2. Normal Kat	69.7	30.3	-	67.4	32.6	-	68.4	31.6	-	68.5	31.5	-	69.6	30.4	-
1. Normal Kat	74.1	25.9	-	70.5	29.5	-	72.0	28.0	-	72.3	27.7	-	73.9	26.1	-
Zemin Kat	**32.2**	**67.8**	**-**	79.1	20.9	-	54.1	45.9	-	**53.4**	**46.6**	**-**	**32.0**	**68.0**	-
Bodrum Kat	99.9	0.1	-	**65.9**	**34.1**	**-**	**46.2**	**53.8**	-	74.2	25.8	-	75.8	24.2	-

SH: SINIRLI HASAR, BH: BELİRGİN HASAR, İH: İLERİ HASAR

Tablo 14. A11 Sistemi İçin Performans Analizi Sonucunda Kiriş Elemanlarda Elde Edilen Hasar Durumları

Kiriş Hasar Yüzdeleri	**A11_4B**			**A11_0B**			**A11_1B**			**A11_2B**			**A11_3B**		
	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH
12. Asansör D.	100	-	-	100	-	-	83.3	16.7	-	100	-	-	100	-	-
11. Normal Kat	100	-	-	77.3	22.7	-	54.5	45.5	-	78.3	21.7	-	52.2	47.8	-
10. Normal Kat	60.9	39.1	-	-	100	-	-	100	-	13.0	87.0	-	-	100	-
9. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
8. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
7. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
6. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
5. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
4. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
3. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
2. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
1. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
Zemin Kat	-	**100**	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
Bodrum Kat	100	-	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-

SH: SINIRLI HASAR, BH: BELİRGİN HASAR, İH: İLERİ HASAR

Tablo 15. A13 Sistemi İçin Performans Analizi Sonucunda Kiriş Elemanlarda Elde Edilen Hasar Durumları

Kiriş Hasar Yüzdeleri	A13_4B			A13_0B			A13_1B			A13_2B			A13_3B		
	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH
12. Asansör D.	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
11. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
10. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
9. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
8. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
7. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
6. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
5. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
4. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
3. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
2. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
1. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
Zemin Kat	-	**100**	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
Bodrum Kat	100	-	-	-	100	-	-	100	-	8.3	91.7	-	25.0	75.0	-

SH: SINIRLI HASAR, BH: BELİRGİN HASAR, İH: İLERİ HASAR

Tablo 16. A15_1 Sistemi İçin Performans Analizi Sonucunda Kiriş Elemanlarda Elde Edilen Hasar Durumları

Kiriş Hasar Yüzdeleri	A13_4B			A13_0B			A13_1B			A13_2B			A13_3B		
	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH
12. Asansör D.	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
11. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
10. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
9. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
8. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
7. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
6. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
5. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
4. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
3. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
2. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
1. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
Zemin Kat	-	**100**	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
Bodrum Kat	100	-	-	-	100	-	-	100	-	31.2	68.8	-	18.7	81.3	-

SH: SINIRLI HASAR, BH: BELİRGİN HASAR, İH: İLERİ HASAR

Tablo 17. A15_2 Sistemi İçin Performans Analizi Sonucunda Kiriş Elemanlarda Elde Edilen Hasar Durumları

Kiriş Hasar Yüzdeleri	A13_4B			A13_0B			A13_1B			A13_2B			A13_3B		
	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH	SH	BH	İH
12. Asansör D.	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
11. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
10. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
9. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
8. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
7. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
6. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
5. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
4. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
3. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
2. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
1. Normal Kat	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
Zemin Kat	-	**100**	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-
Bodrum Kat	82.3	7.7	-	-	100	-	-	100	-	12.5	87.5	-	12.5	87.5	-

SH: SINIRLI HASAR, BH: BELİRGİN HASAR, İH: İLERİ HASAR

Radye Temelde ve Üstyapıda Maliyet Değişimleri

Kabayapı maliyetinin en belirleyici iş kalemleri olan demir, beton ve kalıp maliyetleri Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nca yayınlanan Birim Fiyatlar (ÇŞİDB, 2022) esas alınarak Tablo 18'de verilmiştir. Tablo 19'da ve Şekil 3-5'te modeller için hesaplanan kaba yapı yaklaşık maliyetleri özetlenmiştir.

Tablo 18. Betonarme Demiri, Hazır Beton ve Betonarme Kalıbı için Poz Numaraları ve Birim Fiyatları.

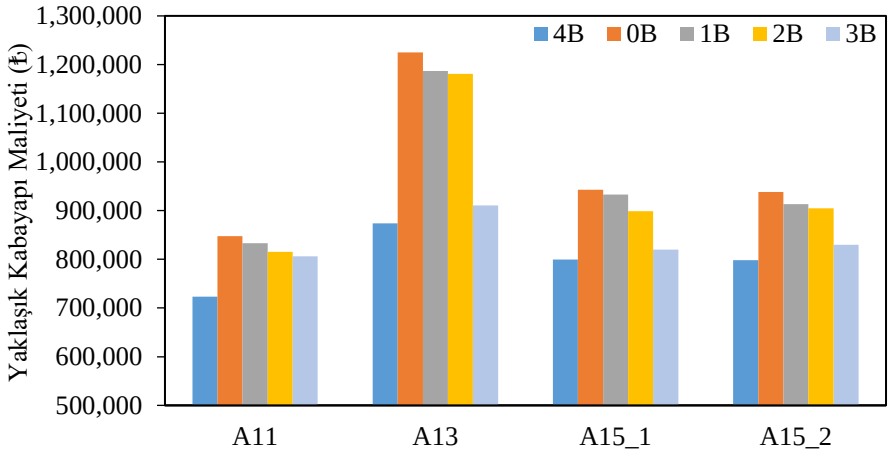
İş Kalemleri	Poz No	Birim Fiyat (₺)
Betonarme İnce Demiri 8-12mm (ton)	15.160.1003	13,678.13
Betonarme Kalın Demiri 14-28mm (ton)	15.160.1004	13,630.00
C35/45 Hazır Betonu (m^3)	15.150.1007	627.71
Düz Yüzeyli Bet. Kalıbı (m^2)	15.180.1003	129.53

Tablo 19. Kabayapı Yaklaşık Maliyetleri

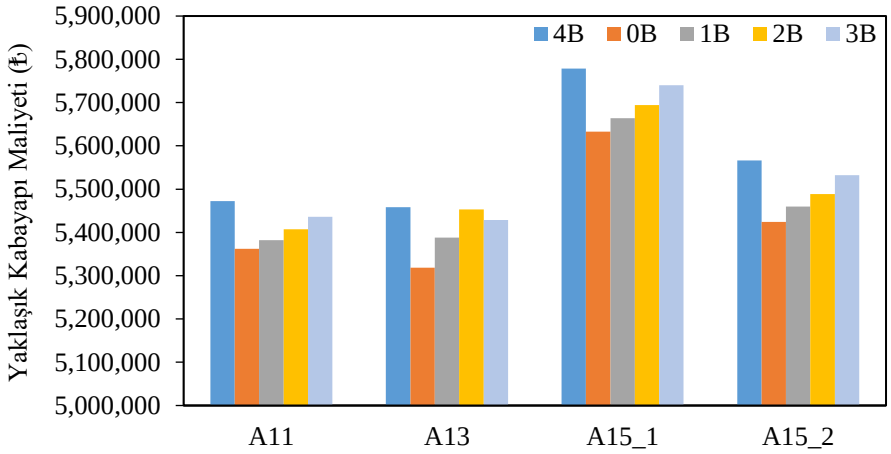
İş Kalemleri	A11_4B	A11_0B	A11_1B	A11_2B	A11_3B
Üstyapı	5,362,409.3	5,382,249.1	5,407,100.0	5,435,936.9	5,472,680.6
Radye Temel	847,837.0	833,398.8	815,662.9	806,455.4	723,062.9
TOPLAM (₺)	6,210,246.3	6,215,647.9	6,222,762.9	6,242,392.3	6,195,743.5
	A13_4B	**A13_0B**	**A13_1B**	**A13_2B**	**A13_3B**
Üstyapı	5,318,519.0	5,388,120.1	5,453,044.3	5,428,559.7	5,458,018.8
Radye Temel	1,225,269.4	1,187,199.6	1,180,876.1	910,748.4	873,857.8
TOPLAM (₺)	6,543,788.3	6,575,319.7	6,633,920.4	6,339,308.1	6,331,876.6
	A15_1_4B	**A15_1_0B**	**A15_1_1B**	**A15_1_2B**	**A15_1_3B**
Üstyapı	5,633,139.0	5,664,177.0	5,694,135.4	5,740,201.6	5,778,424.9
Radye Temel	943,128.4	932,773.2	899,070.4	819,944.6	799,740.8
TOPLAM (₺)	6,576,267.3	6,596,950.1	6,593,205.8	6,560,146.2	6,578,165.6
	A15_2_4B	**A15_2_0B**	**A15_2_1B**	**A15_2_2B**	**A15_2_3B**
Üstyapı	5,424,188.7	5,459,727.2	5,488,301.7	5,532,018.3	5,566,121.9
Radye Temel	938,152.4	913,275.0	905,097.0	829,565.4	798,172.3
TOPLAM (₺)	6,362,341.1	6,373,002.3	6,393,398.7	6,361,583.6	6,364,294.2

Şekil 3 ve Şekil 4'te bodrum kattaki bodrum perdesi yerleşiminin radye temel ve üstyapı maliyetlerine etkisi verilmiştir. Tüm modellerde en yüksek radye temel maliyeti bodrum perdesiz modeller için elde edilirken en düşük radye temel maliyeti ise rijit bodrum kata sahip olan 4B modelleri için elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, rijit bodrum perdelerinden oluşan rijit bodrum katın üstyapıdan gelen deprem etkilerini temele ve dolayısıyla zemine daha düzenli bir şekilde aktarabilmesi ile açıklanabilir. Alt modeller arasındaki en düşük ve en yüksek maliyet farkı A11, A15_1 ve A15_2 taşıyıcı sistemleri için yaklaşık olarak %17 civarında olurken A13 sistemi için bu oran %40 değerlerine ulaşmıştır. Şekil 4'te verilen üstyapı maliyet grafiğinde ise radye temeldeki durumun tersine bir durum gözlenmektedir. Cephelere yerleştirilen bodrum perdelerin maliyetlerinin üstyapı maliyetlerini artırması beklenen bir durumdur.

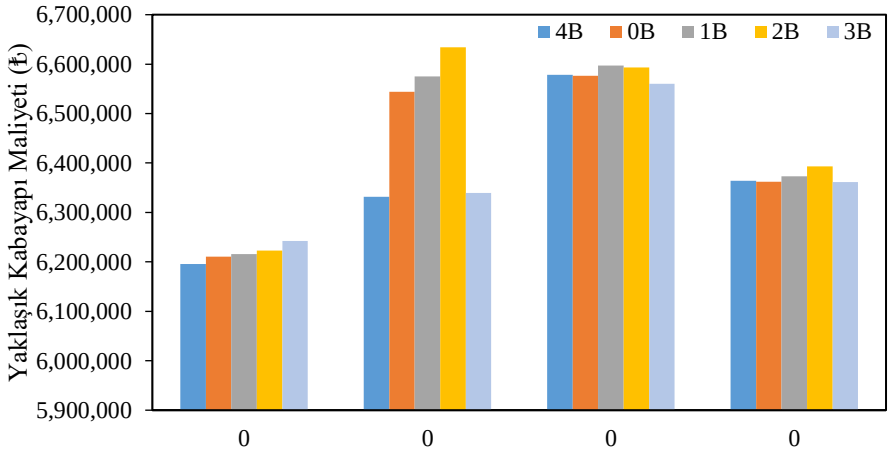
Radye temel ve üstyapı maliyetleri birleştirilerek elde edilen grafik Şekil 5'te verilmiştir. Bodrum kattaki bodrum perdesi yerleşiminin toplam kaba yapı maliyetine etkisi A11, A15_1 ve A15_2 taşıyıcı sistemlerinde oldukça sınırlı oranda kalmış olup %1'in altındadır. A13 sisteminde ise bu oran %5'e yaklaşmış olup bu sistemde en düşük maliyet rijit bodrum kata sahip olan A13_4B modeli için elde edilmiştir.



Şekil 3. Radye Temel Yaklaşık Kabayapı Maliyetleri



Şekil 4. Üstyapı Yaklaşık Kabayapı Maliyetleri



Şekil 5. Yaklaşık Toplam Kabayapı Maliyetleri

SONUÇLAR

Bu çalışmada, 13 katlı konut tipi bir bina, TBDY-2018'de verilen 4 farklı taşıyıcı sistem tipi esas alınarak, bodrum katlar sırasıyla bir, iki, üç ve dört cepheden rijit perdelerle çevrelenmiş olarak modellenmiştir. Ayrıca bodrum perdesi kullanılmadan da birer model hazırlanmıştır. Böylece, 4 farklı taşıyıcı sistem türü ve 5 farklı bodrum perdesi yerleşimi olmak üzere toplam 20 adet model hazırlanmıştır. Bodrum katlardaki rijit bodrum perdesi yerleşimlerinin yapı davranışı üzerindeki etkileri irdelenmiştir. Salt çerçeveli (A11), salt perdeli (A13), perde oranı farklı iki adet çerçeveli-perdeli (A15_1 ve A15_2) taşıyıcı sistemleri, sırasıyla bodrum perdesiz (0B), bir cepheden bodrum perdeli (1B), iki cepheden bodrum perdeli (2B), üç cepheden bodrum perdeli (3B) ve dört cepheden bodrum perdeli (4B)

olmak üzere 5 farklı şekilde modellenmiştir. Yapı davranışını irdelemek üzere her bir taşıyıcı sistem türü kendi arasında karşılaştırılmıştır. Çalışmada ele alınan modeller kapsamında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

En büyük momentleri üzerine alan deprem perdeleri incelendiğinde, bodrum kattaki rijit bodrum perdesi miktarı arttıkça deprem perdelerinin üzerine aldığı momentlerin azaldığı, büyük ebatlı deprem perdelerinin aşırı yüklenmesinin engellenerek daha dengeli bir yük dağılımı gerçekleştiği gözlenmiştir. Böylece bir veya birkaç deprem perdesinin deprem etkisi altında aşırı yüklenerek aniden devreden çıkması ve rijitlik merkezinin değişerek sistemin burulmaya çalışması riski de önlenmektedir. Bu ilişkinin çalışma kapsamında ele alınan ve perde içeren tüm taşıyıcı sistem tipleri için geçerli olduğu anlaşılmıştır.

Taban kesme kuvvetleri değerleri incelendiğinde, salt çerçeveli ve perdeli-çerçeveli taşıyıcı sistemlerin rijit bodruma sahip olmayan 0B, 1B, 2B modelleri için, bodrum kattaki rijit perdelerin sayısının artmasının X ve Y yönündeki taban kesme kuvvetleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ve değişimin %1 seviyelerinde kaldığı görülmüştür. Salt perdeli A13 sisteminde ise taban kesme kuvvetlerindeki bu değişim önemli miktarda olup bodrum kattaki rijit perdelerin sayısının artması ile %28 kadar bir artış görülmüştür. Salt perdeli bu sistemin rijit bodrum kata sahip olan modelleri arasında bu değişim %1'in altında kalmıştır.

Taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranları salt çerçeveli modellerde yaklaşık %3, perde içeren modellerde ise yaklaşık %4-5 mertebelerinde elde edilmiş olup bodrum rijitliğinin bu parametre üzerindeki etkisinin oldukça düşük düzeyde kaldığı gözlenmiştir.

Yapı rijitliğini yorumlamak üzere yapı periyotları ve deprem deplasmanları da incelenmiştir. Rijit bodrum kata sahip olmayan modellerde (0B, 1B, 2B), bodrum katta rijit bodrum perdesi oranı arttıkça yapı rijitliği de artmış ve yapı periyotları %3-9 oranında azalmıştır. Rijit bodrum kata sahip olan modellerde (3B, 4B) ise periyotlardaki değişim oldukça minimal seviyede kalmış olup Y yönü için periyotların hemen hemen değişmediği görülmüştür.

Bodrum katta rijit bodrum perdelerinin yerleşimi maksimum deprem deplasmanlarını da etkilemiştir. Maksimum tepe deplasmanındaki artış, salt perdeli sistem haricindeki tüm taşıyıcı sistemlerin bodrum perdesi bulunmayan modellerinde en yüksek olup 4 cepheden rijit perdeli bodruma sahip olan modellere kıyasla %3-5 mertebelerindedir. Salt perdeli sistemde ise bodrum perdesi bulunmayan modellere kıyasla maksimum artış X ve Y yönleri için sırasıyla iki cepheden bodrum perdeli ve bir cepheden bodrum perdeli olan modellerde %13 ve %29 olarak elde edilmiştir.

Göreli kat ötelemeleri için 20 adet modelin tamamında oldukça yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir. Bodrum katta rijit bodrum perdelerinin yerleşimi bu parametre üzerinde pek etkili olmamıştır.

Bodrum katta asimetrik olarak yerleştirilen rijit bodrum perdelerinin yapıda meydana getirebileceği burulma etkilerini irdelemek üzere burulma düzensizliği katsayıları deprem yönetmeliğinde verilen maksimum sınır ile karşılaştırılmıştır. Bu sınırın aşıldığı durum sadece salt çerçeveli sistem tipinin bir cepheden bodrum perdeli modelinde görülmüştür. Burada bodrum kata 1 cephede yerleştirilen rijit bodrum perdesinin çerçeveli yapının bodrum ve zemin katlarını az da olsa burulmaya zorladığı görülmektedir. Perde içeren hiçbir modelde bu sınır aşılamamıştır.

Bodrum perdesiz modeller ile 4 cepheden bodrum perdeli modeller kıyaslandığında, 4 cephede perde yerleştirilerek oluşturulan rijit bodrum katın kritik kattaki hasar miktarını artırdığı tüm taşıyıcı sistem tiplerinde gözlenmiştir. Tüm modeller için kritik katlardaki en az hasar bodrum perdesiz modellerde görülmüştür. En fazla hasar ise; salt çerçeveli ve salt perdeli taşıyıcı sistem tiplerinde burulma düzensizliği katsayılarının en yüksek olduğu tek cepheden bodrum perdeli modellerde görülürken, çerçeveli-perdeli olan taşıyıcı sistemlerde ise en fazla hasar rijit bodrum kata sahip olan modellerde görülmüştür.

Salt çerçeveli ve salt perdeli taşıyıcı sistemlerde hasarlar kritik katlarda yoğunlaşmaktadır. Çerçeveli-perdeli olan taşıyıcı sistemlerde ise rijit bodrum kata sahip modellerde hasar kritik katlarda yoğunlaşırken, bodrum perdesiz, tek cepheden bodrum perdeli ve iki cepheden bodrum perdeli modellerde hasarın kritik katlarla sınırlı kalmayarak orta katlara yayıldığı gözlenmiştir.

Radye temel ve üstyapı maliyetleri birleştirilerek elde edilen toplam kaba yapı maliyetleri tüm modellerde oldukça yakın sonuçlar vermiştir. Bodrum kattaki bodrum perdesi yerleşiminin toplam kaba yapı maliyetine etkisi salt

çerçeveli ve perdeli-çerçeveli taşıyıcı sistemlerde oldukça sınırlı oranda kalmış olup değişim %1'in altındadır. Salt perdeli sistemde ise bu oran %5'e yaklaşmış olup en düşük maliyet 4 cepheden bodrum perdeli rijit bodrum kata sahip olan model için elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

AFAD (2018a). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

AFAD (2018b). Türkiye Deprem Tehlike Haritası. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem–Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, (2021, 08 Ocak) Erişim adresi: http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprembilgileri/genel-bilgiler/

ÇŞİDB (2022). Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.

Değer, Z.T., & Gökçeoğlu, U. Bodrum perde yerleşiminin 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne yüksek bina tasarımına etkisi. 6. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 13-15 Ekim 2021 – GTÜ – Gebze, Kocaeli, Türkiye

Erdim, Y.K. (2018). Betonarme binalarda rijit bodrum kat sayısının yapısal davranışa etkisi. Yüksek lisans tezi. İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi.

Kumbasaroglu, A. (2020). Effect of anchor bars on seismic behavior of ınfilled walled frames. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 24(10):2980-2992.

Özuygur, A.R., & Dilsiz, A. (2021). Rijit bodrumlu binaların TBDY 2018'e göre tasarımına yönelik bir Değerlendirme. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 13(1), 243-249.

STA4-CAD. Structural analysis for computer aided design (version 14.1), İstanbul, 34718.

Ünsal, İ., & Şahan, M.F. (2021). TBDY 2018 yönetmeliğinde verilen süneklik düzeyi yüksek betonarme taşıyıcı sistemler için maliyet ve deprem performansı bakımından bir karşılaştırma. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(2), 509-522.

Ünsal, İ., Balca, N., Şahan, M.F. (2022). Orta yükseklikteki binalar için TBDY 2018 yönetmeliğinde verilen taşıyıcı sistem tiplerinin doğrusal analiz yöntemi ile karşılaştırılması. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, https://doi.org/10.54365/adyumbd.1093363, In Press.

Ünsal, İ., Öncel, F.A., Şahan, M.F. (2020). TDY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre yapı yüksekliğinin taban kesme kuvveti ve tepe deplasmanı üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(4), 930-942.