



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Betonarme taşıyıcı sistemlerin depreme dayanıklı tasarımında uyumlu perde-çerçeve davranışı için minimum perde oranının belirlenmesi

Determination of minimum shear wall ratio for the compatibility behavior of shear wall-frame in earthquake resistant design of reinforced concrete structural systems

Yazar(lar) (Author(s)): Orhan DOĞAN¹, Yunus GENÇ², Orhan Gazi ODACIOĞLU³

ORCID¹: 0000-0002-4942-1725

ORCID²: 0000-0002-1163-0724

ORCID³: 0000-0002-6838-1183

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Doğan O., Genç Y. ve Odacıoğlu O.G., “Betonarme taşıyıcı sistemlerin depreme dayanıklı tasarımında uyumlu perde-çerçeve davranışı için minimum perde oranının belirlenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 25(4): 1561-1573, (2022).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.871889

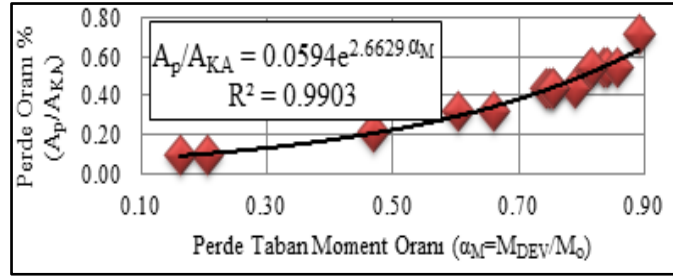
Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Depreme Dayanıklı Tasarımında Uyumlu Perde-Çerçeve Davranışı için Minimum Perde Oranının Belirlenmesi

Determination of Minimum Shear Wall Ratio for the Compatibility Behavior of Shear Wall-Frame in Earthquake Resistant Design of Reinforced Concrete Structural Systems

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Perde-çerçeve davranış uyumluluğu için minimum perde oranı / Minimum shear wall ratio for the compatibility behavior of shear wall-frame
- ❖ Perde momentinin taban momentine oranı / Ratio of shear wall moment to base moment
- ❖ Depreme dayanıklı tasarım/ Earthquake resistant design
- ❖ Gevrek kesme göçmesi / Brittle shear failure
- ❖ Etkin görelî kat ötelemesi/ Effective interstory drift ratio

Grafik Özet (Graphical Abstract)



Şekil. Perde Oranının (% A_p/A_{KA}) Belirlenmesi / Figure. Determination of Shear Wall Ratio (% A_p/A_{KA})

Amaç (Aim)

Bu çalışmada, binanın ağırlıklı olarak perde duvar davranışı göstermesi için gereken perde oranının belirlenmesi amaçlanmıştır. / In this study, the shear wall ratio required for the building to act as a shear wall in general is aimed to be determined.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

5 katlı kiriş-kolon çerçeve bir binaya simetrik ilave perdeler eklenerek perdenin etkinliği araştırılmıştır. / The effectiveness of the shear wall was investigated by adding symmetrical additional shear walls to a five-storey beam-column frame building.

Özgünlük (Originality)

Çalışma, binanın perde duvar davranışı göstermesi için gerekli olan minimum perde duvar alanının belirlenmesi ile ilgili ilk çalışmadır. / The study is the first study to determine the minimum shear wall area required for the building to exhibit shear wall behavior.

Bulgular (Findings)

Tüm katların alanına bağlı perde alanının oranını (A_p/A_{KA}) veren bağıntı $R^2=0.9903$ regresyonla tespit edilmiştir. / The relation which gives the ratio of the shear wall area (A_p/A_{KA}) depending on the area of all floors was determined with a regression of $R^2=0.9903$.

Sonuç (Conclusion)

Sistemin davranış kontrolünün perdelerine verilmesi için, perde taban moment oranı $\alpha_M \geq 75$ için perde oranı $A_p/A_{KA} \geq 0.438$ 'in uygun olacağı görülmüştür. / In order to give the behavior control of the system to the shear walls, it has been observed that the shear walls ratio $A_p/A_{KA} \geq 0.438$ for the appropriate base moment ratio $\alpha_M \geq 75$.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Depreme Dayanıklı Tasarımında Uyumlu Perde-Çerçeve Davranışı İçin Minimum Perde Oranının Belirlenmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

Orhan DOĞAN^{1*}, Yunus GENÇ², Orhan Gazi ODACIOĞLU³

^{1,3} Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye

² Orman Genel Müdürlüğü, Yenimahalle, Ankara, Türkiye

(Geliş/Received : 31.01.2021 ; Kabul/Accepted : 02.07.2021 ; Erken Görünüm/Early View : 12.07.2021)

ÖZ

Depreme dayanıklı yapı tasarımında kat adedi arttıkça, taşıma kapasitesini aşmamak, yatay ötelenmeleri sınırlamak ve çerçeve içi bölme duvarların hasar görmesini engellemek için betonarme perde elemanların kullanımı zorunlu hale gelmektedir. Depreme maruz kalmış yapılar incelendiğinde, bazı binalarda yeteri kadar betonarme perde eleman bulunmamasından dolayı, yatay ötelenmelerin sınır değerleri aştığı, perde elemanların daha büyük kesme gerilmelerine maruz kaldığı ve beklenmedik öncül gevrek kesme göçmelerinin perdelerde ortaya çıktığı görülmektedir. Betonarme çerçeve sisteme kısmi perde elemanların eklenmesiyle çerçeve sistem davranışının karma sistem davranışına evrildiği, perde oranının daha da artırılmasıyla, konsol kirişe benzetilen perde duvar davranışına geçtiği bilinmektedir. Yatay deplasmanları sınırlamak için sadece tek bir kat alanına bağlı olarak gerekli perde duvar alanının belirlenmesi üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Burada ise binanın perde duvar davranışı göstermesi için kolon ve perdelerin ön tasarımı aşamasında, donatı artış oranına bağlı olarak bina maliyetindeki artış ve perde-çerçeve davranış uyumluluğu dikkate alınarak, perdelerin karşıladığı momentin bina taban momentine oranına bağlı, bir kattaki perde alanının tüm katların alanına oranının minimum değeri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) kurallarına uygun çerçeve sistemden oluşan beş katlı ve planda simetrik bir bina tasarlanmıştır. Öncelikle, giriş-kolon çerçeve sistemden oluşan bu modele asansör perdesi eklenmiş, daha sonra asansörlü modele çeşitli oranlarda simetrik perdeler ilave edilerek toplamda 10 model oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Betonarme binalarda depreme dayanıklı yapı tasarımı, perde-çerçeve taşıyıcı sistemlerde minimum perde oranı, perde momentinin taban momentine oranı, etkin görece kat ötelemesi, gevrek kesme göçmesi.

Determination of Minimum Shear Wall Ratio for the Compatibility Behavior of Shear Wall-Frame in Earthquake Resistant Design of Reinforced Concrete Structural Systems

ABSTRACT

Increasing in the number of floors in building design against earthquake, it becomes necessary to use reinforced concrete shear walls in order not to exceed the bearing capacity of elements and the limit of horizontal displacements and to prevent damage of frame infill walls. When the structures exposed to earthquakes are examined, the shear wall elements are exposed to greater shear stresses as a result of the lack of enough reinforced concrete shear walls in some buildings and also horizontal displacements exceed the limit values and unexpected brittle shear failures occur in the shear walls. It is known that with the addition of partial shear walls to the reinforced concrete frame system, the frame system behavior has changed into a mixed system behavior and with the further increase of the shear wall ratio, it transforms into a shear wall behavior similar to cantilever beam. There are many studies on determination of the shear wall area required depending on only a single floor area to limit horizontal displacements. Herein, in order to let the building exhibit shear wall behavior, during the preliminary design stage of the columns and shear walls, the minimum value of the ratio of the shear wall area to the area of all floors has been tried to be determined taking into account the ratio of the moment taken by the shear walls to the building base moment, building cost increase depending on the increase in the quantity of the steel reinforcement and shear wall-frame behavior compatibility. For this purpose, a five-storey symmetrical building in plan was designed consisting of a frame system in accordance with the rules of the Turkish Building Earthquake Code (TBEC-2018). Firstly, elevator shear wall was added to the model consisting of the beam-column frame system, and then by adding symmetrical shear walls in various ratios to this model, a total of 10 models were created.

Keywords: Earthquake resistant building design in reinforced concrete buildings, minimum shear wall ratio in shear wall-frame structural systems, ratio of shear wall moment to base moment, effective interstorey drift ratio, brittle shear failure.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ülkemizde son 20 yılda çok sayıda yıkıcı deprem (1999

Kocaeli ve Düzce; 2003 Bingöl; 2010 Elazığ-Kovancılar; 2011 Van; 2019 ve 2020 Elazığ; 2020 İzmir depremleri) meydana gelmiştir. Yaşanan bu büyük depremlerde

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : odogan67@hotmail.com

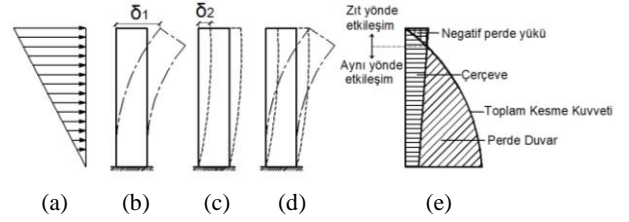
büyük kayıplar yaşanmıştır ve kayıpların tekrarlanmaması için Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) hazırlanmıştır [1,2].

TBDY-2018'de, taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin kullanılmasından dolayı yatay ötelenmeler ve buna bağlı olarak binanın birincil doğal titreşim periyodu DBYBHY-2007'ye göre daha fazla çıkmaktadır. Bu yönetmelik gereği, bir bina tasarlanırken yatay deprem yüklerine karşı binanın yatay ötelenme rijitliğini artırarak, görece yatay ötelenmeleri sınırlamak, tersinir yatay deprem yükleri altında kalan yapıya her iki yönde rijitlik kazandırmak ve çerçeve içi bölme duvarların hasar görmesini engellemek için taşıyıcı kolonların kare yerine her iki doğrultuda dengeli (ağırlık ve rijitlik merkezi çakışacak veya yakın) olacak şekilde yakın/eşit boyutlarda dikdörtgen tasarlanması önerilmektedir. Yine yönetmelik gereği, bina yüksekliği arttıkça bu yanal ötelenmeleri sınırlayabilmek için dikdörtgen kolonların yerine eğilme rijitliği daha büyük olan (planda uzun kenarının kısa kenarına oranı en az 6 olan eleman) perde elemanların kullanılması zorunlu kılınmaktadır [1,3,4-7].

Kolonlar ve perdeler, rijitlikleri oranında kat kesme kuvvetini paylaşırken alanları ile direnmektedirler. Bu yüzden, diğer kolonlara oranla çok büyük olan kolonlarda beklenmedik öncül göçmeler ortaya çıkacağından, depreme dayanıklı sadece kolonlu çerçeve sistemlerin tasarımlarında, kolon boyutlarının aynı veya yakın seçilmesi çok önemlidir. Az miktarda perde kullanılması durumunda, perde duvarların rijitlikleri oranında kat kesme kuvvetini paylaşması sonucu aşırı kesme gerilmelerine maruz kalması nedeniyle, daha rijit olan perdelerde ve bölme duvarlarda az şiddetli depremler altında dahi öncül göçmeler meydana gelmektedir. Bu gerekçelere dayalı olarak, binanın etkin görece kat öteleme sınırları içerisinde kalması ve taşıyıcı sistemin daha rijit tasarlanması için sisteme daha fazla perde eklenmesi gerekmektedir.

Yatay deprem yükleri altında, perdenin konsol kirişe benzer bir davranış göstermesinden dolayı en büyük görece kat ötelemesinin en üst katta, çerçeve sistemlerde ise genellikle ara katlarda meydana geldiği gözlemlenmiştir. Perde ve çerçevenin birlikte kullanıldığı sistemlerde, yapıya etkiyen yatay yükün alt katlarda perde tarafından, üst katlarda ise çerçeve tarafından taşınmaktadır [8,9]. Perde oranı az olan perde-çerçeve bir taşıyıcı sistemde, yatay deprem yüklerini alt katlarda genel olarak perdelerin, en üst katlarda ise kolonların taşıdığı görülmektedir (Şekil 1).

Alt katlarda kolonlara oranla, aşırı tersinir deprem kuvveti etkisi altında kalan perdelerin orta bölgelerinde X şeklindeki kesme çatlakları meydana gelirken, kolonların mesnet bölgelerine yakın yerlerinde ise kesme kuvvetinin ve eğilme momentinin etkisiyle kesme çatlakları oluşmaktadır (Şekil 2).



Şekil 1. Perde ve Çerçevenin Karşılıklı Etkileşimi (a) yük, (b) perde, (c) çerçeve, (d) perde ve çerçeve, (e) kesme kuvveti (Mutual Interaction of Shear Wall and Frame) (a) load, (b) shear wall, (c) frame, (d) shear wall and frame, (e) shear force) [10,11]



(a)



(b)

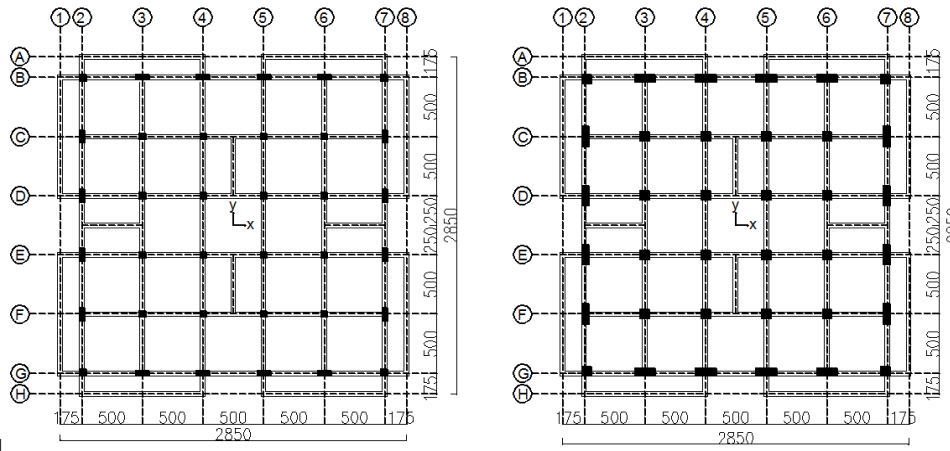
Şekil 2. Betonarme Elemanlarda Kesme Hasarları (a) perde [12], (b) kolon [13] (Shear Damages in Reinforced Concrete Elements (a) shear wall, (b) column)

Ön tasarım aşamasında projeciler için önem teşkil eden betonarme perde-çerçeve yapılarında kullanılacak perde oranıyla ilgili, yürürlükte bulunan TBDY-2018'de herhangi bir öneri yer almamaktadır. Konuya ilişkin, yapılar da bulunması gereken perde oranının tespiti üzerine çalışmalar mevcut olup, Ersoy (1993) 1992 Erzincan depreminden sonra yaptığı çalışmada, 2-10 kat arasındaki işyeri ve konut gibi binalarda, her bir deprem doğrultusunda binanın plan alanının en az %1.50'si kadar perde konulmasını öneren bir yaklaşım getirmiştir [14]. Atımtay (2001) 1-20 arası kat adedine sahip yapılar da kat alanına göre yerleştirilmesi gereken perde duvar oranını kat adedine bağlı olarak tanımlamış olup, bu oranı 1 katlı

yapıda %0.13, 5 katlı yapıda %0.63, 20 katlı yapıda ise %2.50 olarak belirlemiştir [4]. Konuya ilişkin yapılan diğer yakın çalışmalar incelendiğinde, farklı parametrelere bağlı perde duvar oranları belirlenmiştir [15-24].

Bunlarla beraber, Avanoğlu (2004) sınırlı perde kullanımında, perde ve çerçevelerin yatay deprem yükleri etkisi altında uyumsuz bir davranış sergilediğini ve yeterli perde alanı kullanılan perde-çerçeve sistemlerin davranış uyumsuzluğunun son katlarda azalarak sistemin beraber çalıştığını vurgulamıştır [25]. Tekel (2006) ise her bir doğrultuda kat alanına göre %1 oranında perde kullanılması durumunda, on kata kadar olan yapıların deprem etkisinin %40'ından fazlasını alarak karma sistem davranışı sergilediği fakat sünek sistemler için ön görülen %75'in altında kaldığı sonucuna varmıştır [26]. Yatay ötelenmelerin yönetmelik sınırları içerisinde kalması için gerekli olan perde oranının kat alanına bağlı olarak belirlenebilmesi ile ilgili birçok çalışma mevcuttur.

Bu çalışmada, binanın perde davranışı göstermesi için kolon ve perdelerin ön tasarımı aşamasında, donatı artış oranına bağlı olarak bina maliyetindeki artış ve perde-çerçeve davranış uyumluluğu dikkate alınarak, perdelerin karşıladığı momentin bina taban momentine oranına bağlı, bir kattaki perde alanının tüm katların alanına oranının minimum değeri tespit edilmiştir.



Model-1 Model-2
Şekil 3. Model-1 ve Model-2'nin Kalıp Planları (ölçüler cm) (Formwork Plans of Model-1 and Model-2 (dimensions in cm))

Bu amaçla, Türkiye Bina Deprem Yönetmelik (TBDY-2018) kurallarına uygun çerçeve sistemden oluşan simetrik plana sahip beş katlı bir bina tasarlanmıştır. Öncelikle, kiriş-kolon çerçeve sistemden oluşan bu modele asansör perdesi eklenmiş, daha sonra asansörlü modele çeşitli oranlarda simetrik perdeler ilave edilerek SAP2000 ve Sta4CAD analiz programları ile toplamda 10 adet 3D model oluşturulmuştur. Bu bağlamda, etkin

görel kat ötelemeleri, katların yatay ötelenmeleri, katlara göre perdelerdeki kesme kuvvetinin dağılım yüzdeleri, çerçeve ile perde-çerçeve sistemlerin perde oranına bağlı kat ve kat elemanlarındaki donatı miktarları ve oranlarına ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır [27,28].

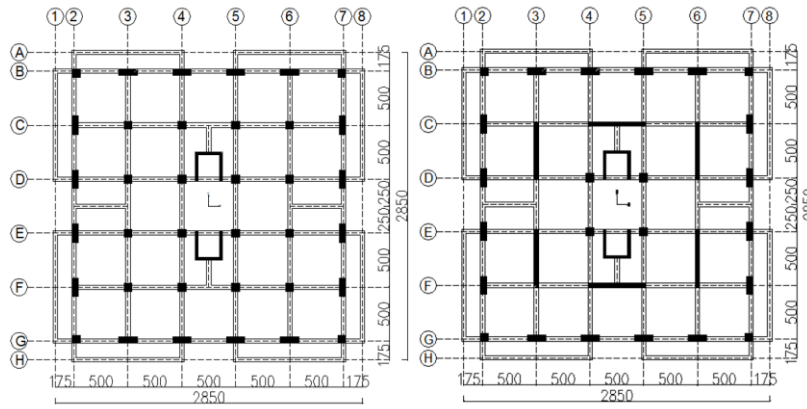
2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

2.1. Bina Geometrisi ve Analize Esas Proje Parametreleri (Building Geometry and Project Parameters Based on Analysis)

Modellemelerde, TBDY-2018'e uygun olacak şekilde giriş ve kolon çubuk, perde ve döşeme kabuk eleman olarak modellenmiş, kolon ve perdeler, temele ankastre olarak mesnetlenmiş ve döşemelerin kendi kat seviyelerinde rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilmiştir. Burulma düzensizliği, deprem yükleri altında binanın davranışını olumsuz yönde etkileyeceğinden, bina modelleri düzenli olarak tasarlanmıştır [1].

Çalışma kapsamında, aynı kat adedine ve alanına sahip, toplam 10 farklı taşıyıcı sistem modeli oluşturulmuş, bu modeller Çerçeve-DBYBHY2007, Çerçeve-TBDY2018, Asansör Perdeli, Karma-1, Karma-2, Karma-3, Karma-4, Karma-5, Karma-6, Tamamı Perde olarak adlandırılmış ve Model-1'den Model-10'a kadar numaralandırılmıştır. Çerçeve-TBDY2018 olarak adlandırılan Model-2'ye asansör perdesi eklenerek, Asansör Perdeli Model-3

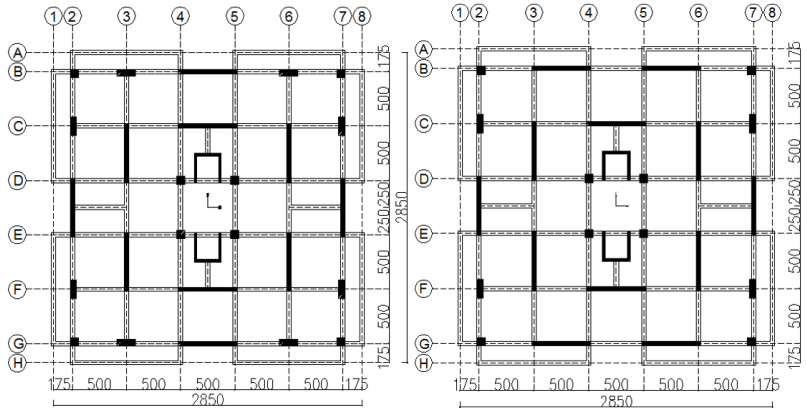
oluşturulmuş, daha sonra asansör perdesi bulunan bu modele TBDY2018 kurallarına uygun perde ilave ederek model sayıları artırılmıştır. Bina modellerine ait kalıp planları Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir [1, 3].



Model-3

Model-4

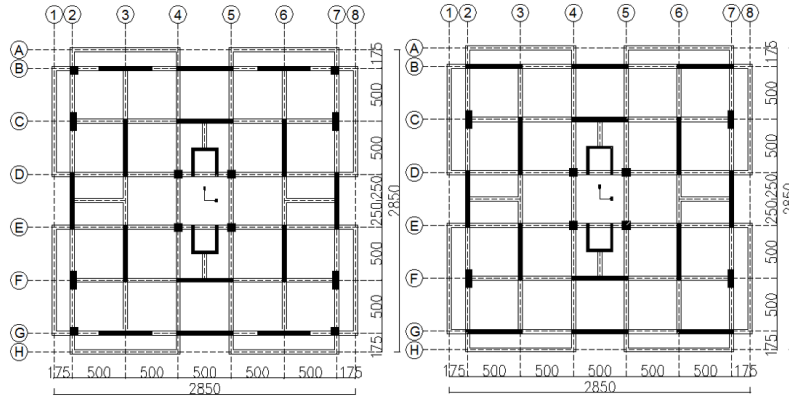
Şekil 4. Model-3 ve Model-4'ün Kalıp Planları (ölçüler cm) (Formwork Plans of Model-3 and Model-4 (dimensions in cm))



Model-5

Model-6

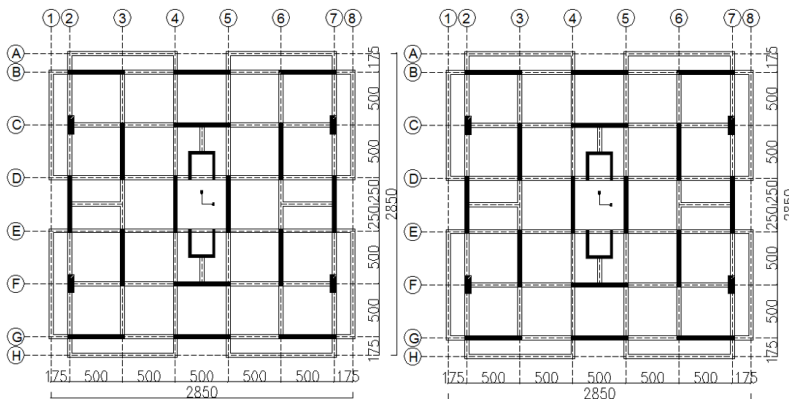
Şekil 5. Model-5 ve Model-6'nın Kalıp Planları (ölçüler cm) (Formwork Plans of Model-5 and Model-6 (dimensions in cm))



Model-7

Model-8

Şekil 6. Model-7 ve Model-8'in Kalıp Planları (ölçüler cm) (Formwork Plans of Model-7 and Model-8 (dimensions in cm))



Model-9

Model-10

Şekil 7. Model-9 ve Model-10'nun Kalıp Planları (ölçüler cm) (Formwork Plans of Model-9 and Model-10 (dimensions in cm))

Model-1 oluşturulurken, DBYBHY-2007 ve TS500 kurallarına uygun olarak etkin görelî kat ötelemeleri sınırlandırılmıştır. Simetrik plana sahip olan Z+4 katlı betonarme çerçeveden oluşan bir bina tasarlanmıştır. Toplam bina yüksekliği 16.00 m olup, zemin kat 4.00 m, diğêr normal katlar ise 3.00 m yüksekliğindedir. Kat planı, balkonların da dâhil edilmesiyle 28.50 m x 28.50 m'dir. Çizelge 1'de görüldüğü üzere, kiriş ebatları 40x50 cm, köşelerde yer alan kolonların ebatları 55x55 cm, köşelerde yer alan kolonlar hariç dış çerçevede yer alan kolonların ebatları 110x40 cm, iç kısımda yer alan kolonların ebatları 50x50 cm, plak döşemenin kalınlığı ise 15cm seçilmiştir [3,29].

Model-2 oluşturulurken, TBDY-2018 ve TS500 kurallarına uygun olarak yapılan analiz sonucunda, etkin görelî kat ötelemesinin hesabında kolon, kiriş ve perdelerin etkin kesit rijitlikleri (perde 0.50, kiriş 0.35, kolon 0.70, döşeme 0.25) kullanıldığı için yatay ötelemelerin daha fazla olduğu ve analizlerde yetersiz kuşatılmış kolon, yetersiz güçlü kolon ve süneklilikte

yetersizlik gibi uyarılar çıktığı görülmüştür. Bu nedenle, Model-1'i daha rijit hale getirebilmek için, Çizelge 1'de görüldüğü üzere kiriş ebatları 40x60 cm, köşelerde yer alan kolonların ebatları 75x75 cm, köşelerde yer alan kolonlar hariç dış çerçevede yer alan kolonların ebatları 170x60 cm, iç kısımda yer alan kolonların ebatları ise 75x75 cm seçilmiş ve Model-2 olarak revize edilmiştir [1, 29]. Bina modellerinde yer alan kiriş, kolon ve perde elemanların boyutları Çizelge 1'de verilmiştir.

TS 498'e uygun olacak şekilde sabit ve hareketli yükler belirlenmiştir. Bu doğrultuda, normal katta yer alan döşemeler için 0.212 t/m², çatı katında yer alan döşemeler için 0.149 t/m² sabit yayılı yük alınmış, ayrıca dış akslarda ve balkonlarda yer alan duvarlara 19'luk tuğla olduğu varsayılarak 0.320 t/m², iç akslarda yer alan duvarlara ise 9'luk tuğla olduğu varsayılarak 0.200 t/m² sabit çizgisel yük alınmıştır. Bununla birlikte, normal katta yer alan döşemeler ve balkon döşemeleri için 0.500 t/m², çatı katında yer alan döşemeler için 0.150 t/m² hareketli yayılı yük alınmıştır [30].

Çizelge 1. Kiriş, Kolon ve Perde Elemanların Boyutları (Dimensions of Beam, Column and Shear Wall Elements)

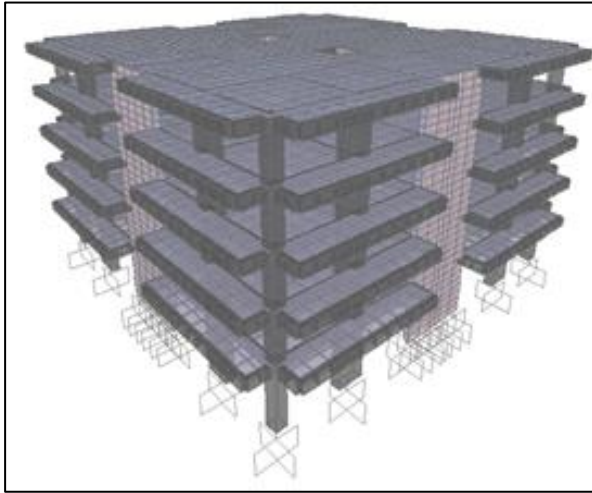
Model No	Model Adı	Kiriş Boyutları (cm)	Kolon Boyutları (cm)			Perde Boyutları (cm)
			Köşe	Dış Çerçeve	İç	
1	Çerçeve-DBYBHY2007	40x50	55x55	40x110	50x50	-
2	Çerçeve- TBDY2018	40x60	75x75	60x170	75x75	-
3	Asansör Perdeli	40x60	75x75	60x170	75x75	25x740 (U Perde)
4	Karma-1	40x60	75x75	60x170	75x75	25x740 (U Perde) 40x540
5	Karma-2	40x60	75x75	60x170	75x75	25x740 (U Perde) 40x540
6	Karma-3	40x60	75x75	60x170	75x75	25x740 (U Perde) 40x540
7	Karma-4	40x60	75x75	60x170	75x75	25x740 (U Perde) 40x500, 40x540
8	Karma-5	40x60	-	60x170	75x75	25x740 (U Perde) 40x540
9	Karma-6	40x60	-	60x170	-	25x740 (U Perde) 40x540
10	Tamamı Perde	40x60	-	-	-	25x740 (U Perde) 40x400, 40x540

Çizelge 2. Analizlerde Kullanılan Deprem Parametreleri (Earthquake Parameters Used in Analysis)

Açıklama	Sembölü	Değeri
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı	S _S	1.748
1.0 sn kısa periyot harita spektral ivme katsayısı	S ₁	0.473
Kısa periyot yerel zemin etki katsayısı	F _S	1.00
1.0 sn kısa periyot harita spektral ivme katsayısı	F ₁	1.827
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı	S _{DS}	1.748
1.0 sn kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı	S _{D1}	0.864
Bina kullanım sınıfı	BKS	1
Bina önem katsayısı	I	1.5
Bina yükseklik sınıfı	BYS	6
Deprem tasarım sınıfı	DTS	1a
Hareketli yük katılım katsayısı	n	0.30
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	R	4.80~8.00 (Perde oranına bağlı değişken)
Dayanım fazlalığı katsayısı	D	2.5-3.0
Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyotları (s)	T _A T _B	0.10 0.49
Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu (s)	T _L	6.00

Deprem analizine esas parametrelerin seçiminde olumsuz koşulların olduğu varsayılarak, 40.683916/30.625268 enlem/boylamında yer alan ve zemin sınıfı ZD olan Sakarya iline bağlı Akyazı ilçesi seçilmiştir. Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre belirlenen 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi DD-2 dikkate alınması neticesinde, analizlerde kullanılan deprem parametreleri Çizelge 2’de verilmiştir [31].

Deprem analizine esas hesaplamalarda, TBDY-2018 denklemleri kullanılmış olup, kontrollü hasar performans hedefinin sağlanması için dayanıma göre tasarım doğrultusunda analizler yapılmıştır. Binaların deprem hesabında, eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Betonun birim hacim ağırlığı 2.5 ton/m³ alınmış olup C25 beton sınıfı seçilmiştir. Hem Sta4CAD hem de SAP2000 analiz programında ±%5 eksantrisite dikkate alınarak her iki doğrultuda analizleri yapılmış olup Şekil 8’de Model-5’e ait SAP2000 modeli verilmiştir [27,28]. Bu çalışmada, deprem bölgesi, kat sayısı, bina önem katsayısı, zemin sınıfı parametreleri sabit tutulmuştur.



Şekil 8. Model-5’in SAP2000 Modeli (SAP2000 Model of Model-5)

Ayrıca, çalışmada kullanılan modellerin tepki spektrumlarına ait X-X- ve Y-Y doğrultularındaki birinci doğal titreşim periyotları Çizelge 3’te verilmiştir. DBYBHY2007 yönetmeliğine göre tasarlanan çerçeve bina modeli TBDY2018’e göre yetersiz kaldığı için, yetersiz olan kolon ve kiriş kesitleri büyütülmüştür. Perde oranının artmasına bağlı olarak bina rijitliğinin arttığı ve dolayısıyla periyodunun da azaldığı görülmüştür.

Modellerde kullanılan betonarme perdeler, TBDY-2018’e uygun olarak kabuk sonlu elemanlarla modellenmiş olup, sonlu elemanın düğüm noktasında yer alan kuvvetlerinin bileşkeleri, en kesitin ağırlık merkezinde, eşdeğer çubuk eleman kesit tesirleri olarak elde edilmiştir.

Çizelge 3. Modellerin X-X- ve Y-Y Doğrultularındaki Birinci Doğal Titreşim Periyotları (First Natural Vibration Periods of Models in X-X- and Y-Y Direction)

Model No	Model Adı	Birinci Doğal Titreşim Periyotları (s)	
		T _{x1}	T _{y1}
1	Çerçeve- DBYBHY2007	0.560	0.560
2	Çerçeve- TBDY2018	0.539	0.544
3	Asansör Perdeli	0.479	0.504
4	Karma-1	0.422	0.383
5	Karma-2	0.386	0.356
6	Karma-3	0.358	0.356
7	Karma-4	0.330	0.364
8	Karma-5	0.332	0.360
9	Karma-6	0.334	0.332
10	Tamamı Perde	0.339	0.311

Elde edilen perde taban eğilme momenti, betonarme perdenin tabanında oluşan devrilme momenti (M_{DEV}) olarak kullanılmıştır. Yatay deprem kuvvetlerinden dolayı, binanın tabanında oluşan devrilme momentinin toplamı Eşitlik 1’e göre hesaplanmıştır [1].

$$M_o^{(X)} = \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} H_i \quad (1)$$

Yatay deprem yüklerinin tek bir perde veya asansör perdesi grubu tarafından karşılandığı durumlarda, deprem anında perdede oluşabilecek herhangi bir taşıma gücü kaybında yapıda ciddi ağır hasarlar meydana gelebilecektir. Bu nedenle, TBDY-2018’e göre, Deprem Tasarım Sınıfı 1, 1a, 2 ve 2a olan betonarme perdeli çerçevesi sistemden oluşan binalarda, yatay deprem yüklerinden dolayı, herhangi bir doğrultuda tek bir perde elemanın tabanında oluşan devrilme momenti, aynı doğrultuda binanın tabanında oluşan toplam devrilme momentinin 1/3 ünden fazla olması durumunda veya herhangi bir doğrultuda kenar akslarda yer alan perde elemanların tabanında oluşan devrilme momentlerinin toplamı, aynı doğrultuda binanın tabanında oluşan toplam devrilme momentinin 1/6 sından az olması durumunda, söz konusu doğrultudaki taşıyıcı sistem davranış katsayısı R =4/5R alınmalıdır. Böylece, binanın depreme karşı daha dayanıklı ve güvenli şekilde tasarımının yapılması sağlanmış olacaktır [1].

TBDY-2018’e göre, süneklik düzeyi yüksek olan betonarme perdeli çerçevesi binalarda, yatay deprem yüklerinden dolayı binanın tabanında oluşan devrilme momenti, perde elemanların tabanında oluşan devrilme momentlerinin toplamına bağlı olarak Eşitlik 2’de verilen koşulu sağlaması gerekmektedir [1].

$$0.40M_o < \sum M_{DEV} < 0.75M_o \quad (2)$$

Eşitlik 2'deki alt koşul şartının sağlanamadığı durumlarda, müsaade edilen maksimum bina yükseklik sınıfının bir üstü, üst koşul şartının sağlanamadığı durumlarda ise deprem etkilerinin tümünün süneklik düzeyi yüksek olan perdelerle karşılandığı durumlarda tanımlanmış olan taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı ile müsaade edilen maksimum bina yükseklik sınıfı dikkate alınmalıdır [1].

2. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME (FINDINGS AND EVALUATION)

Çizelge 4'de Model 1-10 için perde alan ve moment oranları verilmiş olup, Model 6-8 için perde momentleri oranının en düşük %75 olarak gerçekleştiği, Y-Y doğrultusunda minimum perde oranı sınırının yakalandığı, buna göre perde alanının tüm katların alanına oranının %0.44 olarak bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4. Model 1-10 İçin Perde Alan ve Moment Oranları (Shear Wall Area and Moment Ratios for Models 1-10)

Model No	Model Adı	Modeller	Kattaki Perde Alanı (m ²)		Perde Oranı (Katların Alanı- A _{KA} = 3825 m ²)		Perde Oranı (Taban Alanı- A _{TA} = 625 m ²)		Perde Taban Moment Oranı	
			A _{px}	A _{py}	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
					%	%	%	%		
1	Çerçeve- DBYBHY2007		-	-	-	-	-	-	-	-
2	Çerçeve- TBDY2018		-	-	-	-	-	-	-	-
3	Asansör Perdeli		3.70	3.70	0.10	0.10	0.59	0.59	0.21	0.16
4	Karma-1		8.02	12.34	0.21	0.32	1.28	1.97	0.47	0.60
5	Karma-2		12.34	16.66	0.32	0.44	1.97	2.67	0.66	0.74
6	Karma-3		16.66	16.66	0.44	0.44	2.67	2.67	0.79	0.75
7	Karma-4		20.34	16.66	0.53	0.44	3.25	2.67	0.81	0.75
8	Karma-5		20.98	16.66	0.55	0.44	3.36	2.67	0.84	0.75
9	Karma-6		20.98	20.98	0.55	0.55	3.36	3.36	0.84	0.82
10	Tamamı Perde		20.98	27.38	0.55	0.72	3.36	4.38	0.86	0.89

Perdeye gelen taban moment oranına göre tüm katların alanına bağlı perdenin oranını (A_p/A_{KA}) belirleyen bağıntı $R^2=0.9903$ regresyonla Eşitlik 3'te elde edilmiştir (Şekil 9).

$$\frac{A_p}{A_{KA}} = 0.0594e^{2.6629\alpha_M} \quad (3)$$

Bu bağıntıya göre, $\alpha_M = \%75$ değeri için perde oranı $A_p/A_{KA} = \%0.438$ olarak belirlenmiştir.

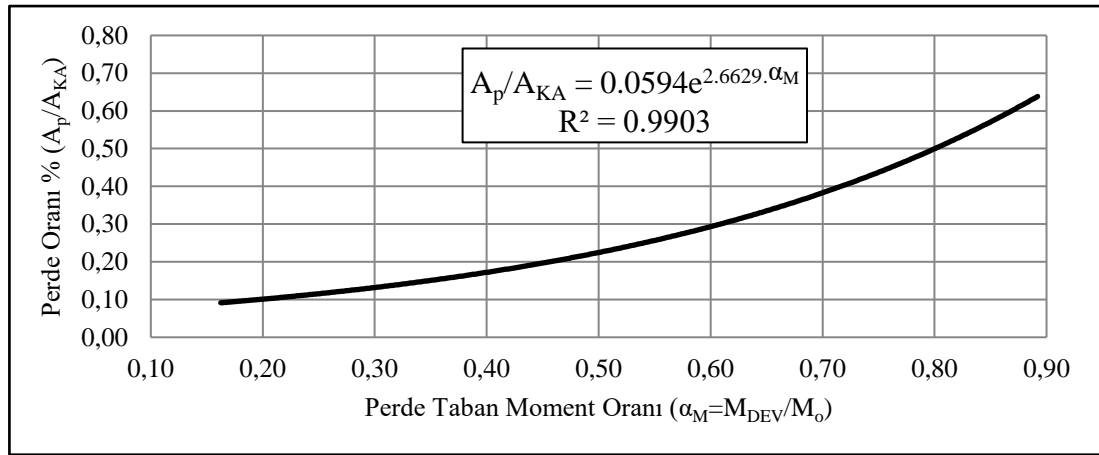
Kolonlar ve perdeler rijitlikleri oranında kat kesme kuvvetini paylaşıırken alanları ile direnirler. Yatay deprem yüklerine maruz kalan perde-çerçeve karma sistem elemanlarının ataletlerine bağlı rijitlik oranında, $1 \times 1-1 \times 5$ kesit oranlarındaki kolonlara oranla 1×6 kesit oranındaki perde elemanlar daha büyük kesme kuvveti ve gerilmelerine maruz kalmakta ve bunun sonucu olarak, beklenmedik öncül göçmeler perdelerde kesme olarak

ortaya çıkmaktadır. Örneğin, 1×6 boyutundaki bir perde ile 2×3 boyutundaki örnek bir kolonun büyük ataletleri Eşitlik 4'de hesaplanmıştır. Buna göre, kesme alanları eşit olduğu için perde kolona oranla 4 katı daha büyük kesme gerilmesine maruz kalacaktır.

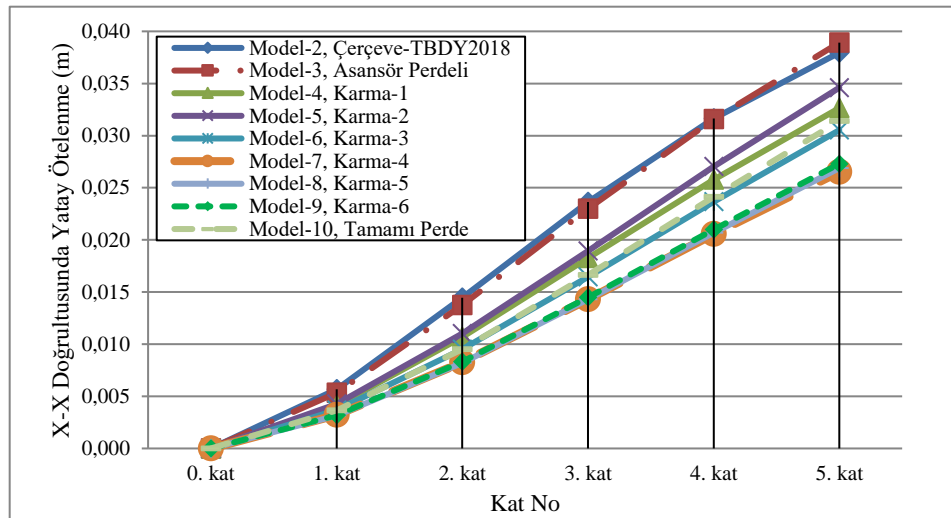
$$I_{\text{Perde}, x-x} = \frac{x(6x)^3}{12} = \frac{216x^4}{12};$$

$$I_{\text{Kolon}, x-x} = \frac{2x(3x)^3}{12} = \frac{54x^4}{12} \quad (4)$$

Bu nedenle, yapıda bulunan perde elemanlarının yeteri kadar olmaması, çok az perdeye yer verilmesi durumunda, perdeler gelen kesme kuvvetinden dolayı kesme gibi beklenmedik öncül gevrek göçmeler meydana gelmektedir. Benzer şekilde, perde-çerçeve karma sistemlerde perde taban momentinin bina taban momentine oranının $\alpha_M = M_{DEV}/M_0 \geq 0.75$ olması için $A_p/A_{KA} \geq \%0.438$ seçilmesi durumunda perde ve



Şekil 9. Perde Taban Moment Oranına Göre Katların Alanına Bağlı Perde Oranının (% A_p/A_{KA}) Belirlenmesi (Determination of Shear Wall Ratio (% A_p/A_{KA}) Depending on the Area of the Floors According to the Moment Ratio of the Shear Wall Base)



Şekil 10. X-X Doğrultusunda Katların Yatay Ötelenmeleri (Horizontal Displacement of Floors in X-X Direction) (m)

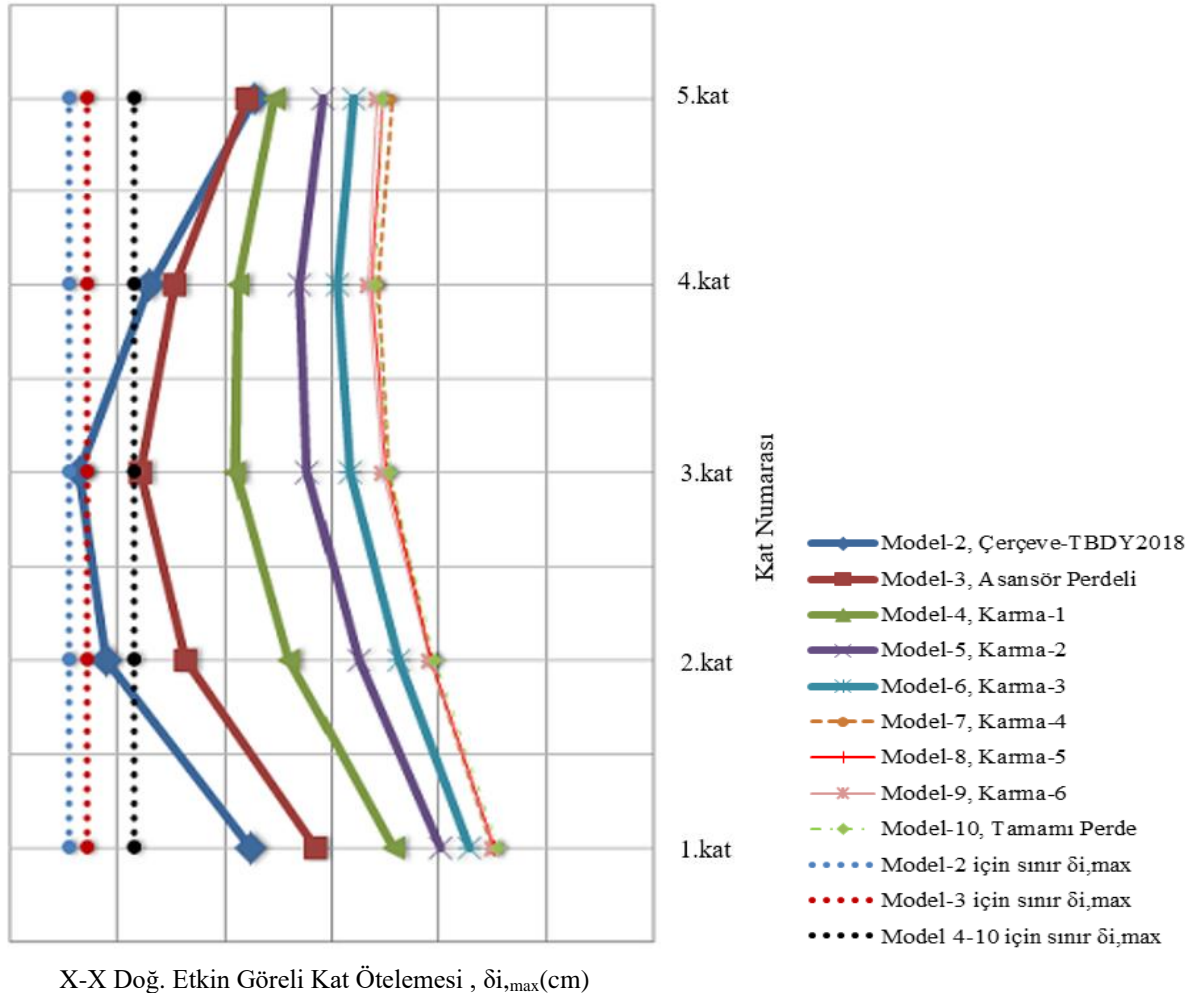
çerçevelerin daha uyumlu çalışarak, perdelerde ortaya çıkacak olan beklenmedik öncül göçmeleri önleyecektir. Aynı zamanda, taşıyıcı sistem davranışı ve periyodu bakımından farklı olan bu iki eleman grubu, birbirleri arasında ters etkileşime sebep olduğu için sistemin davranış kontrolünün perdeler verilmesi bakımından çok önemlidir.

Şekil 10'da görüldüğü üzere, TBDY2018'e göre yapılan analizler sonucunda, 5. kattaki (tepe noktası) ötelenmenin, çerçeve sistem içerisindeki perde oranına bağlı olarak 3.89 cm ile 2.73 cm arasında değiştiği, artan perde oranına bağlı olarak katlardaki yatay ötelenmelerin de azaldığı görülmektedir. Model-2 çerçeve sistemin taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$ alındığından, 5. kat ötelenmesi yaklaşık 3.79 cm olurken, %0.1 oranında asansör perdesi eklenmesiyle elde edilen karma sistem Model-3 için $R=7$ alındığından ötelenme 3.89 cm'lere çıkmaktadır.

Taban devrilme momentinin yaklaşık %40'ını perdelerin karşıladığı Model-4'te ilave perde eklenerek, perde oranı %0.21'e çıkarıldığında ötelenmenin 3.26 cm'lere indiği, Model-5'te perde oranı %0.32'ye çıkarıldığında, taşıyıcı sistem davranış katsayısının 4/5 oranında azaltılması ile eşdeğer deprem yükü arttığı için ötelenmenin de 3.46 cm'lere çıktığı görülmektedir.

Taban devrilme momentinin %75'ini perdelerin karşıladığı Model-6'da perde oranı %0.44'e çıkarıldığında ötelenme 3.05 cm'lere inmektedir.

Model-7, Model-8, Model-9'da %0.44 ve %0.55 perde oranı aralığı için ötelenmenin yaklaşık 2.73 cm'lere indiği görülmektedir. Model-10'da taşıyıcı elemanlarının tamamının perde olması durumunda, taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=6$ 'nın 4/5 oranında azaltılması ile eşdeğer deprem yükü daha da arttığı için ötelenmenin yaklaşık 3.14 cm'lere çıktığı görülmektedir.



Şekil 11. X-X Doğrusunda Katların Etkin Görelî Kat Ötelemeleri (Effective Interstory Drift Ratio of Floors in X-X Direction) (cm)

Şekil 11’de görüldüğü üzere, ötelenmenin en büyük olduğu Model-2 için katlarda oluşan etkin görelî ötelemeler, sınır değerin altında ve çok yakın olacak şekilde tasarıldığı ve perde oranına bağlı olarak bu etkin görelî ötelemelerin azaldığı, Model-10 için 2.60 cm’lere kadar indiği görülmektedir. Model-6’da, $\alpha_M = M_{DEV}/M_o \geq 0.75$ olması ($A_p/A_{KA} \geq 0.438$) durumu için, etkin görelî ötelemenin 2.95 cm olması nedeniyle Model-10’a çok yakın bir davranış göstermektedir. Perde oranının artması ile ara katlardaki etkin görelî kat ötelemelerinin tepe noktasındaki ötelenmeye yakın değerlere indirildiği de görülmektedir. Ayrıca, perde oranının artması ile taşınan bölme duvarlar gibi taşıyıcı betonarme elemanlara oranla daha rijit elemanların hasar görme oranı ve buna bağlı olarak ikinci mertbe moment etkileri de azalacaktır. TBDY-2018’e göre, kat içindeki etkin görelî kat ötelemelerinin en büyük değeri $\delta_{i,max}$ için, birinci katın yüksekliği, üst katların yüksekliği gibi 3.00 m olarak dikkate alındığında, Model-2 için 5.45 cm; Model-3 için

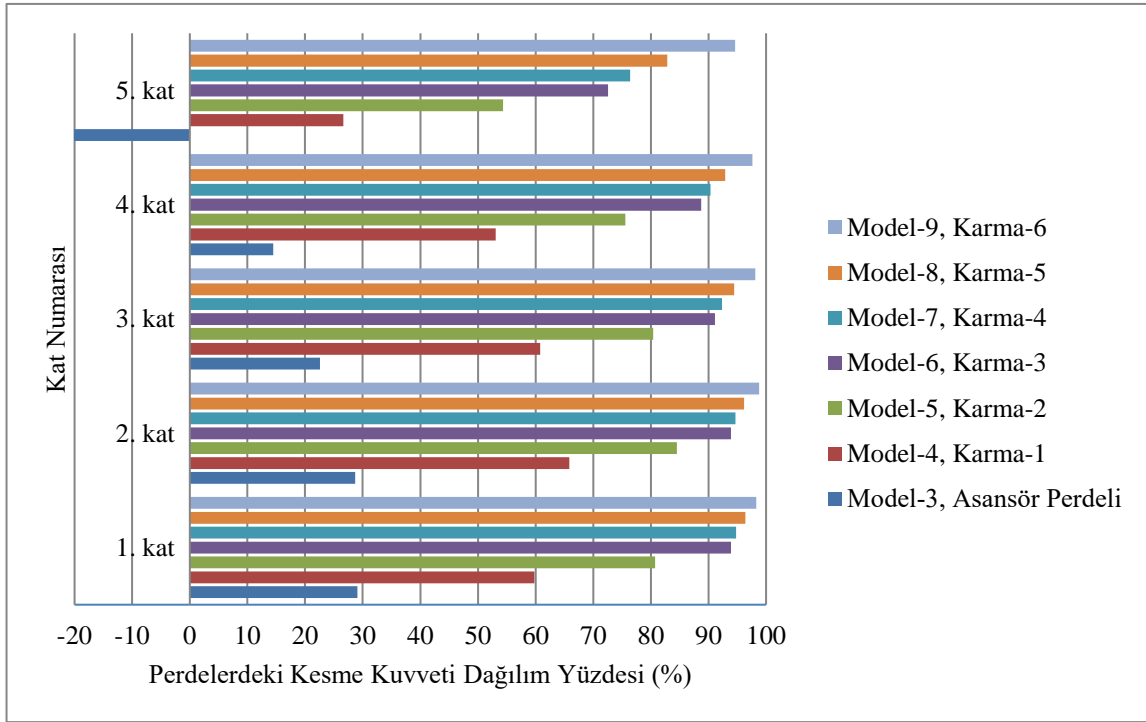
5.29 cm; Model 4-10 için 4.85 cm sınır değerleri bulunmuştur.

Asansör çevresi ile sınırlı perde kullanımı, perdesiz tasarımdaki donatı oranında %11.15’lik bir artışa sebep olurken, perde miktarının artırılması ile bu oranın %6.87’ye düştüğü, $\alpha_M = M_{DEV}/M_o \geq 0.75$ olması ($A_p/A_{KA} \geq 0.438$) durumunda bu oranın yaklaşık %7.75 olduğu, perde oranının daha da artırılması ile donatı miktarının %3.39 olduğu görülmektedir (Çizelge 5). Perde oranının belirli bir limitin üzerinde tutulması, perde-kolon davranış uyumluluğunun yanı sıra sadece asansör çevresi ile sınırlı perde kullanımına oranla donatı bakımından daha ekonomik bir tasarım ortaya koymaktadır.

Kolon boyuna ve enine donatısı, perde uç bölgesi ve donatı düzeni, perde gövde bölgesi ve donatı düzeni, kiriş boyuna ve enine donatı düzeni ve etriye sıklaştırmaları TBDY-2018 ve TS500 kurallarına uygun olarak Sta4CAD programından faydalanılarak yapılmıştır.

Çizelge 5. Çerçeve Sistemin ve Farklı Perde Oranlarındaki Perde-Çerçeve Sistemlerin Kat ve Kat Elemanlarının Donatı Miktarı ve Oranları (The Amount and Ratios of Reinforcement in Floor and Floor Elements of the Frame System and the Shear Wall-Frame Systems with Different Shear Wall Ratios)

Kat No	Yapı Elemanı	Model-2, Çerçeve-TBDY2018		Model-3, Asansör Perdeli		Model-4, Karma-1		Model-6, Karma-3		Model-10, Tamamı Perde	
		ton	%	ton	%	ton	%	ton	%	ton	%
1	Döşeme	5.73	26.78	5.29	26.76	5.53	24.22	5.57	25.14	5.57	25.42
	Kiriş	14.68		14.77		10.70		9.00		7.85	
	Kolon/Perde	28.82		34.63		31.37		35.25		34.91	
	Kat Toplamı	49.24		54.69		47.59		49.81		48.33	
2	Döşeme	5.66	20.13	5.50	20.27	5.68	21.77	5.75	23.07	5.68	23.64
	Kiriş	17.13		17.25		12.84		11.19		9.24	
	Kolon/Perde	14.22		18.68		24.27		28.77		30.01	
	Kat Toplamı	37.00		41.42		42.78		45.71		44.93	
3	Döşeme	5.57	19.73	5.32	19.46	5.87	20.55	5.54	20.78	5.53	20.49
	Kiriş	16.48		17.36		13.40		11.86		10.14	
	Kolon/Perde	14.22		17.09		21.11		23.77		23.29	
	Kat Toplamı	36.27		39.77		40.38		41.17		38.96	
4	Döşeme	5.60	18.66	5.53	18.48	6.05	18.51	6.49	17.75	5.78	17.18
	Kiriş	14.48		16.11		13.29		11.94		10.32	
	Kolon/Perde	14.22		16.14		17.03		16.74		16.57	
	Kat Toplamı	34.30		37.77		36.37		35.17		32.67	
5	Döşeme	4.45	14.71	4.77	15.02	5.80	14.94	5.47	13.25	5.52	13.26
	Kiriş	10.62		12.80		10.57		9.51		8.17	
	Kolon/Perde	11.97		13.14		12.99		11.27		11.53	
	Kat Toplamı	27.04		30.70		29.36		26.25		25.21	
Toplam Donatı (ton)		183.86	100	204.35	100	196.50	100	198.11	100	190.10	100
Donatı Artış Oranı (%)		0.00		11.15		6.87		7.75		3.39	



Şekil 12. X-X Doğrultusunda Katlara Göre Perdelerdeki Kesme Kuvveti Dağılım Yüzdesi (Percentage of Shear Force Distribution of Shear Walls for Each Floors in X-X Direction)

Şekil 12’de görüldüğü üzere, perde oranının %0.1 olduğu asansör ile sınırlı perde kullanılan Model-3’de, en alt katta kat kesme kuvvetinin perdelerle dağılım yüzdesi yaklaşık %30 iken üst katlara çıkıldıkça bu oran azaldığı, en üst katın bir alt katında sıfırlandığı ve en üst katta ise -%20’lik bir oranla tersine zorlandığı görülmektedir. Bunun tersine kolonların en alt katta kat kesme kuvvetinin yaklaşık %70’i ile zorlandığı, üst katlara çıkıldıkça bu oran arttığı ve en üst katta ise perdelerle gelen tersine -%20’lik bir oran da eklenerek %120’ye çıktığı görülmektedir. Az miktarda perde kullanılması, en alt kat kolonlarında karşılaşılabileceğimiz kesit yetersiz (gevrek göçme) uyarılarının tersine en üst katlarda bu sorunla karşılaşmamıza sebep olmaktadır. Bu durumun en büyük sebebinin, perde oranı az olan perde-çerçeve sistemlerde, konsol gibi davranan perde ile çerçeve gibi davranan kolon arasındaki davranış uyumsuzluğunun olduğu görülmektedir. Perdelerle gelen bina taban momenti oranı $\alpha_M=0.75 > M_{DEV}/M_0 \geq 0.40$ olan Model-4 ve Model-5’de üst katlara gidildikçe perdelerdeki kesme kuvvetlerinin, Model 6-10’a göre daha hızlı azaldığı ve kolon elemanlara daha fazla yük aktardığı görülmektedir. Taban devrilme momentinin %75’ini perdelerin karşıladığı Model-6’da alt katlarda perdelerin aldığı kesme kuvveti oranı yaklaşık %94 iken en üst katta yaklaşık %75’e inmektedir. Diğer modellerde perde oranının artması ile üst katlara gidildikçe perdelerin aldığı kesme kuvveti oranının %75’den %95’e yükseldiği görülmektedir.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS)

Bu çalışmada, perde oranı az olan perde-çerçeve sistemlerde, konsol gibi davranan perde ile çerçeve gibi davranan kolon arasındaki davranış uyumsuzluğunun giderilmesi ve binanın perde duvar davranışı gösterebilmesi için perdelerin karşıladığı momentin bina taban momentine oranına bağlı olarak, bir kattaki perde alanının tüm katların alanına oranının minimum değeri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bu amaçla, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) kurallarına uygun çerçeve sistemden oluşan simetrik plana sahip beş katlı bir bina tasarlanmıştır. Öncelikle, giriş-kolon çerçeve sistemden oluşan bu modele asansör perdesi eklenmiş, daha sonra asansörlü modele çeşitli oranlarda simetrik perdeler ilave edilerek, SAP2000 ve Sta4CAD analiz programları ile toplamda 10 adet 3D betonarme model oluşturulmuştur. Bu bağlamda, etkin görelî kat ötelemeleri, katların yatay ötelenmeleri, katlara göre perdelerdeki kesme kuvvetinin dağılım yüzdeleri, çerçeve ile perde-çerçeve sistemlerin perde oranına bağlı kat ve kat elemanlarındaki donatı miktarları ve oranlarına ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır.

Bu analiz çalışmaları sonucunda;

- Tüm katların alanına bağlı perde oranının %0.1 olduğu asansör ile sınırlı perde kullanılan modelde, en alt katta kat kesme kuvvetinin perdelerle dağılım yüzdesi yaklaşık %30 iken üst katlara çıkıldıkça bu oranın

azaldığı ve en üst katta ise -%20'lik bir oranla tersine zorlandığı görülmektedir. Bunun tersine, kolonların en alt katta kat kesme kuvvetinin yaklaşık %70'i ile zorlandığı, üst katlara çıkıldıkça bu oranın arttığı ve en üst katta ise perdeler gelen tersine -%20'lik bir oran da eklenerek %120'ye çıktığı görülmüştür.

- Perdeye gelen devrilme momentinin bina taban devrilme momentine oranı (α_M) %75'ten büyük olan modellerde, alt katlarda perdelerin aldığı kesme kuvveti oranı en az %94 iken en üst katta bu oran %75'in üzerinde gerçekleşmiş, binanın tam bir konsol gibi davrandığı görülmüştür.
- α_M değerinin %75'ten az olduğu tasarımlarda, en alt kat kolonlarında karşılaşılabileceğimiz kesit yetersiz (gevrek göçme) uyarılarının tersine en üst katlarda bu sorunla karşılaşmamıza, bu sebeple de en üst katın kolonlarında donatı artışına neden olmuştur. Bu durumun konsol gibi davranan perde ile çerçeve gibi davranan kolon arasındaki davranış uyumsuzluğunun bir sonucu olduğu belirlenmiştir.
- $\alpha_M \geq \%75$ değerlerinde, artan bina rijitliğine bağlı olarak, etkin görel kat ötelemelerinin minimize olduğu ve birbirine çok yakın gerçekleştiği görülmüştür.
- TBDY-2018'e göre yapılan analizler sonucunda, etkin görel kat ötelemelerine benzer şekilde 5. kattaki (tepe noktası) ötelenmenin çerçeve sistem için 3.89 cm olup, $\alpha_M = \%75$ olan sistem için taşıyıcı sistem davranış katsayısının 4/5 oranında azaltılması ile eşdeğer deprem yükünün 5/4 oranında artmasına rağmen ötelenmenin 3.05 cm'ye indiği görülmüştür.
- Perde ve kolonlar arasında kat içerisinde ters etkileşim olduğu için sistemin davranış kontrolünün perdeler verilmesi amacıyla yapılan modellemeler sonucunda, $\alpha_M = \%75$ değeri için $R^2 = 0.9903$ regresyonla tüm katların alanına bağlı perde alanı oranı (A_p/A_{KA}) %0.438 olarak tespit edilmiştir.
- Asansör çevresi ile sınırlı perde kullanımı, perdesiz tasarımdaki donatı oranında %11.15'lik bir artışa sebep olurken, perde miktarının artırılması ile bu oranın %6.87'ye düştüğü, $\alpha_M = M_{DEV}/M_o \geq 0.75$ olması ($A_p/A_{KA} \geq \%0.438$) durumunda bu oranın yaklaşık %7.75 olduğu, perde oranının daha da artırılması donatı miktarının %3.39 olduğu görülmüştür. Perde oranının belirli bir limitin üzerinde tutulması, perde-kolon davranış uyumluluğunun yanı sıra sadece asansör çevresi ile sınırlı perde kullanımına oranla donatı bakımından daha ekonomik bir tasarım ortaya koymuştur.
- $\alpha_M \geq \%75$ değerlerinde, kolonlardaki yatay deprem yükünden kaynaklanan momentlerin minimize olması nedeniyle boyuna donatı oranının minimum oranlara indiği görülmüştür.

Bu çalışmaya ek olarak;

- Deprem bölgesi yüksek olan bölgelerde yapılacak asmolon döşemeli, kaset (ızgara) döşemeli veya kirişsiz (mantar) döşemeli rijit diyafram zafiyeti olan betonarme bina tasarımlarda,

- Asimetrik perde yerleşimine sahip betonarme taşıyıcı sistemlerin depreme dayanıklı tasarımında,
- Farklı katlara sahip daha yüksek katlı betonarme binalarda,
 $\alpha_M \geq \%75$ oranının sağlanması bakımından perde alan oranının belirlenmesi için ek çalışmalar yapılması önem arz etmektedir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Orhan DOĞAN: SAP2000 ve Sta4CAD'de modellemiş ve sonuçlarını analiz etmiştir.

Yunus GENÇ: SAP2000 ve Sta4CAD'de modellemiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

Orhan Gazi ODACIOĞLU: SAP2000 ve Sta4CAD'de modellemiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] TBDY 2018, "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği", Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, (2018).
- [2] Akgül M., Doğan O., "4 Nisan 2019 Elazığ-Sivrice Depreminin Yığma Yapılara Etkisinin Değerlendirilmesi", *International Journal of Engineering Research and Development*, 12 (1): 265-277, (2020).
- [3] DBYBHY 2007, "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, (2007).
- [4] Atımtay E., "Çerçevesiz ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı (Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri)", *Bizim Büro*, Ankara, (2001).
- [5] Öztürk, T., "Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi ve Tasarımı", *İMO İstanbul Şubesi İlkbahar-Yaz Dönemi Meslek İçi Eğitim Kursları*, İstanbul, (2005).
- [6] Celep Z., Kumbasar N., "Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", *Beta Dağıtım*, İstanbul, (2004).
- [7] Atımtay E., "Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", *Bizim Büro Basımevi*, Ankara, (2000).
- [8] Aka İ., Keskinel F., Çılı F., Çelik O.C., "Betonarme", *Birsan Yayınevi*, İstanbul, (2001).
- [9] Doğan A., "Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı", *Birsan Yayınevi*, İstanbul, (2007).

- [10] Celep Z., "Betonarme Yapılar", *Beta Yayınları*, İstanbul, (2015).
- [11] Sakcalı G.B., "Betonarme Binalarda Perde Duvar Oranının Farklı Parametrelere Göre İncelenmesi", *5. International Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi-İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, (2019).
- [12] URL-1: <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/11082.pdf> (Eyyubov, C., Şensoy, N., Uğur Y., "Betonarme Binaların Perdelerinin Deprem Etkisinde Davranışlarının İncelenmesi"), (Erişim tarihi: 01.12.2020).
- [13] URL-2: <https://santiyede.com/deprem-sonrasi-olusan-hasarlarin-nedenleri-ve-alinacak-onlemler/3/>, (Erişim tarihi: 29.11.2020).
- [14] Ersoy U., "1992 Erzincan Depreminden Alınması Gereken Dersler", *2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 395-403, (1993).
- [15] Yön B., Şahin H., "Çok Katlı Betonarme Binalarda Zemin Sınıfına Göre Deprem Perdeleri Oranının Tespiti", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14(2): 57-73, (2009).
- [16] Sağlıyan S., Sayın E., Yön B., "Sürekli Tablalı Kirişsiz Döşemeli Betonarme Binalarda Perde Oranının Görelî Kat Ötelemelerine Etkisi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(3): 209-220, (2012).
- [17] Aşvar Ö., Yurdakul Ö., Tunaboşu O., "Betonarme Perde Duvar Oranının Binaların Sismik Performansına Etkisi", *2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, Eylül 25-27, (2013).
- [18] Çömlekoğlu H.G., "Effect of Shear Walls on The Behavior of Reinforced Concrete Buildings Under Earthquake Loading", *Yüksek Lisans Tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi-İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, (2009).
- [19] Burak B., Çömlekoğlu,H.G., "Effect of Shear Wall Area to Floor Area Ratio on The Seismic Behavior of Reinforced Concrete Buildings", *Journal of Structural Engineering*, 139(11): 1928-1937, (2013).
- [20] Günel A.O., "Influence of The Shear Wall Area to Floor Area Ratio on The Seismic Performance of Existing Reinforced Concrete Buildings", *Yüksek Lisans Tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi-İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, (2013).
- [21] Yüksel M., Çağlar N., Dok G., Demir A., "Betonarme Yüksek Yapıların Deprem Performansına Betonarme Perde Oranın Etkisi", *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Bakü-Azerbaycan, 1893-1901, (2017).
- [22] Engin S., "Binalar İçin Gerekli Perde Duvar Oranının Farklı Depremler İçin İncelenmesi", *4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Ekim 11-13, (2017).
- [23] Ulutaş H., Dilmaç H., Tekeli H., Demir F., "Okul Binalarında Bulunması Gereken Perde Duvar Oranı Üzerine Bir Çalışma", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1): 1-10, (2019).
- [24] Sakcalı G.B., Tekeli H., Demir F. "Betonarme Binalardaki Perde Duvar Miktarının Bina Performansına Etkisi", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2): 157-168, (2017).
- [25] Avanoğlu E., "Değişen Kat Adedi ve Perde Oranı İçin Kat Kesme Kuvvetlerinin Kolon ve Perde Elemanlara Dağılımı", *Yüksek Lisans Tezi*, Kırıkkale Üniversitesi-İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, (2004).
- [26] Tekel, H., "Betonarme Yapılarda %1 Oranında Perde Kullanımının Değerlendirilmesi", *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 444-445, 2006/4-5, 57-63, (2006).
- [27] SAP2000 V19, "Structural Software for Analysis and Design", *Computers and Structures*, California-USA, (2017).
- [28] STA4CAD V14, "Yapıların Üç Boyutlu Dinamik Analiz ve Tasarımını Yapabilen Bilgisayar Programı", STA Bilgisayar Mühendislik Müşavirlik Ltd Şti, Türkiye, (2020).
- [29] TS500, "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2000).
- [30] TS498, "Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1997).
- [31] URL-3: <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>, (Erişim tarihi: 31.12.2018)