

## Betonarme Yapılarda Perde Yeri Seçiminin Yapısal Davranışa Etkisinin İncelenmesi

<sup>1</sup>\*Necati MERT, and, <sup>1</sup> Hüseyin KASAP , <sup>1</sup>M. Zeki ÖZYURT, <sup>2</sup>Ufuk KÜÇÜK

<sup>\*</sup><sup>1</sup>Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering, Sakarya University/Institute of Natural Sciences, Turkey, MSc. Student

### Abstract

in Turkey, Earthquake resistant design while Turkey Earthquake Directives (TDY 2007), Structural Elements to be taken at Dimensioning loads for Design and Construction Rules functionality of the structure TS500 guidance of Concrete Structures with TS498, soil parameters alongside issues such as the purpose and significance evaluated by determining the ideal carrier system necessary combinations are made.

In this study, to investigate the effects of structural behavior on normal and multi-storey structures, 5 layers of 5 storeys designed with the same architectural dimensions and with a curved frame system with columnar beam dimensions but different curtain layouts, ground floors 4 m high and normal floors 3 m high 5 buildings 10 buildings with 10 units 27x30m measurements were modeled with İdeCAD Reinforced Concrete Package Program and their effects on building behavior were investigated.

### Özet

Ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarım yapılırken Türkiye Deprem Yönetmeliği(TDY 2007), Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri TS498 ile Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları TS500 rehberliğinde yapının işlevselliği, kullanım amacı ve önemi gibi konuların yanında zemin parametreleri değerlendirilerek en ideal taşıyıcı sisteme karar verilerek gerekli kombinasyonlar yapılmaktadır.

Bu çalışmada, normal ve çok katlı yapılarda perde yerleşiminin yapısal davranışa etkilerinin araştırılması için aynı mimari ölçülerde ve kolon giriş boyutlarında fakat farklı perde yerleşim düzenine sahip, zemin katları 4 m yükseklikte normal katları 3 m yükseklikte olan perdeli çerçeve sistem ile tasarlanmış 5 adet 5 katlı ile 5 adet 10 katlı toplamda 10 adet 27x30m ölçülere sahip binalar İdeCAD Betonarme paket programı ile modellenerek yapı davranışına etkilerinin araştırılmıştır.

**Key words:** Taşıyıcı sistem\_Perdeli Çerçeve sistem, Yapısal Performans, Betonarme ,

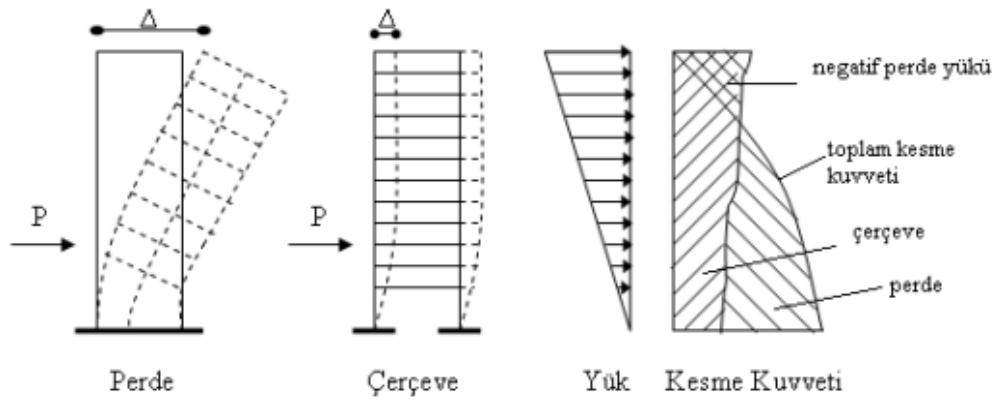
### 1. Giriş

Perdeler, planda uzun kenarının kısa kenarına oranı en az yedi olan, yapıda yatay rijitliği sağlayan düşey taşıyıcı elemanlardır. Artan kat yüksekliği ile birlikte artan kat kütleleri ve dolayısı ile artan kat ağırlıkları, yapıya etkileyen yatay yükler olan deprem ve rüzgâr yüklerinin daha fazla ve etkin bir şekilde yapıya etkimesini sağlamaktadır. Çerçeve sistemlerin çok katlı yapılarda gerekli yatay rijitliği tek başlarına sağlayamaması nedeni ile çerçeve sistemlerin perdelerle kullanılması kaçınılmaz olmaktadır.

Perdeler yatay yüklerin karşılanmasında çerçevelerle beraber veya yalnız başlarına etkili şekilde kullanılırlar. Tek başına konsol bir kolon davranışı gösteren perdede narin olması sebebiyle yanal

stabilite problemi ortaya çıkarabileceği düşünülürse de, sistem içinde bulunan perdenin yanal stabilitesi kat döşemelerinin rijitleştirici etkisi ile sağlanır (Celep, 2015).

Perdeler, yatay yüklerden oluşan eğilme momenti, kesme kuvveti yanında düşey yüklerden meydana gelen normal kuvvetlerin etkisi altındadırlar. Şekil 1.'de çerçeve ile perdenin beraber yapıda bulunması halinde karşılıklı etkileşimleri görülmektedir. Eğilme momenti ile doğrudan ilgili olan kat kesme kuvvetleri çerçevenin yatay yer değiştirmesinde etkili olur. Üst katlarda, çerçeve kat kesme kuvveti küçük, yatay öteleme rijitliği de küçüldür. Alt katlarda ise, tersine bir durum oluşmaktadır. Kat kesme kuvveti büyürken yatay öteleme rijitliği aynı oranda artmaz. Alt katlarda, kat kesme kuvvetinin öteleme rijitliğine oranı üst katlardakine oranla daha büyük olduğu için, alt katlarda katlar arası göreceli yatay yer değiştirme (veya yer değiştirme eğrisinin eğimi) üst katlara göre daha büyük olur. Buna karşılık konsol kolon davranışı gösteren perdede yatay yer değiştirme eğimi sıfırdan başlayarak üst katlara ilerledikçe artar. Bu tür iki farklı davranış sergileyen perde ve çerçeve sisteminin beraber yük taşımaları durumunda, yapı yüksekliğinin yeteri kadar büyük olması durumunda, alt katlarda perde, çerçevenin yanal ötelenmesini sınırlarken, üst katlarda perdenin yatay ötelenmesi çerçeve tarafından sınırlandırılır.



Şekil 1. Perde ve çerçevenin etkileşimi (Celep, 2015).

## 2. Problemin Tanımlanması ve Analiz Sonuçları

Perde yerleşim sisteminin yapısal davranışına etkisini inceleyebilmek için, taşıyıcı sistemi perdeli çerçeveli olan normal katlı olarak (5 katlı) ve yüksek katlı (10 katlı) olarak, farklı perde yerleşim düzenine sahip beş'er yapı modellenmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen yapıların periyot değerleri, taban kesme kuvvetleri, kolon ve perdelerine gelen kesme kuvvetleri, moment büyüklükleri, eş değer deprem kuvvetleri, kat deplasmanları ve donatı oranları karşılaştırılarak en uygun sonucun alındığı yerleşim düzeninin tespit edilmesi hedeflenmiştir.

Zemin katları 4 m yükseklikte normal katları 3 m yükseklikte olan perdeli çerçeveli sistem ile tasarlanmış 5 adet 5 katlı ile 5 adet 10 katlı toplamda 10 adet 27x30m ölçülere sahiptirler. Modellemelerde yapı mimarisi ve taşıyıcı sistem şekilleri sabit tutulup sadece perde yerleşim

düzeni değiştirilmiştir. Modellerde, 1. derece deprem bölgesi ve Z3 zemin sınıfı seçilmiştir. Yapısal analiz yazılımı İdeCAD Statik 8 kullanılarak, TDY- 2007 şartlarına göre gerçekleştirilmiştir.

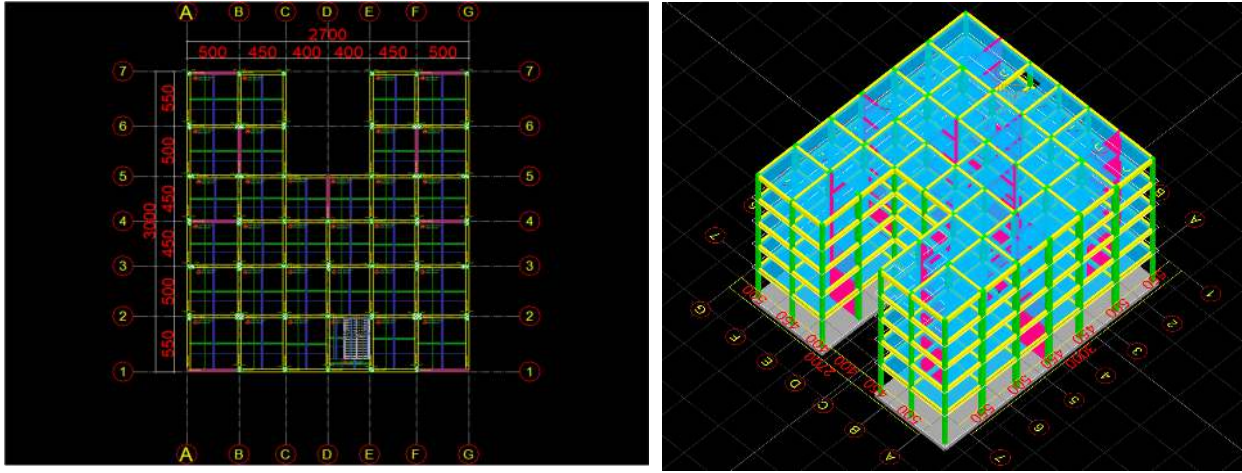
Modellerin genel bilgileri ve görünüşü tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Yapı Bilgisi Tablosu

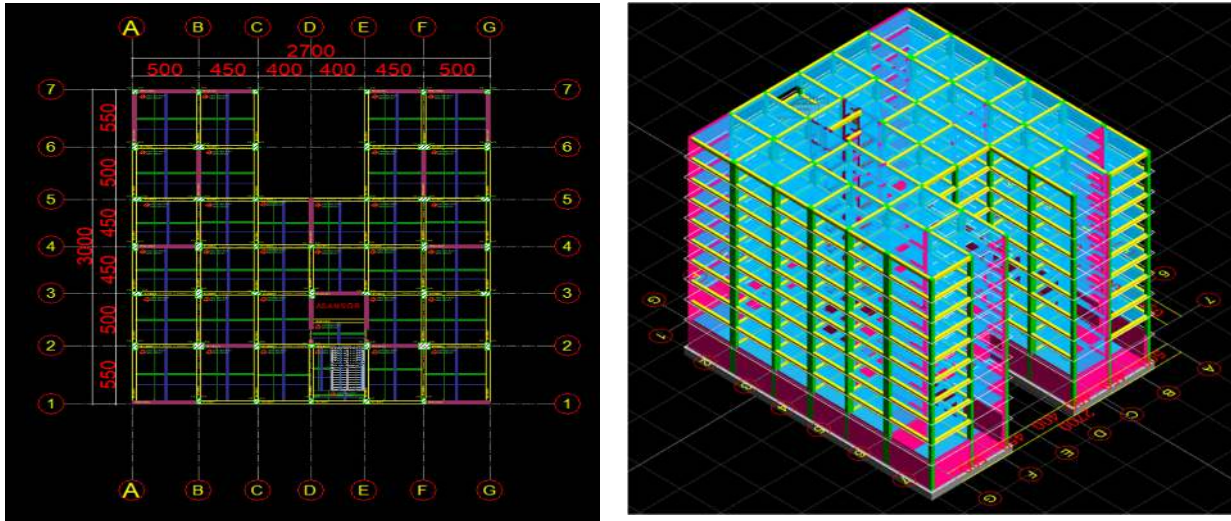
Geometrik ve malzeme verileri	Normal Katlı	Yüksek Katlı
Kullanım amacı	Konut	Konut
Kat adeti	5	10
Zemin kat yüksekliği	4 m	4 m
Normal kat yüksekliği	3 m	3 m
Toplam bina yüksekliği	16 m	31 m
Toplam bina boyutları	27 x30 m	27 x30 m
Döşeme kalınlığı	15 cm	15 cm
Kirişlerin kesitleri	(30/50)cm	(30/50)cm
Kolonların kesitleri	Kenar(40/70)cm , Orta (30/60)cm	(50/50)cm ve (40/80)cm
Sürekli temel kesitleri	(120/85)cm	(120/85)cm
Radye temel kalınlığı	40 cm	40 cm
Beton sınıfı	C25	C25
Donatı sınıfı	S420	S420
Beton elastisite modülü	30250 Mpa	30250 Mpa
Donatı elastisite modülü	200000 Mpa	200000 Mpa
Poisson oranı	0,2	0,2
Deprem parametreleri		
Deprem bölgesi	1.derece deprem bölgesi	1.derece deprem bölgesi
Zemin Sınıfı	Z3	Z3
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	0,4	0,4
Bina Önem Katsayısı	1	1
Süneklik düzeyi	Yüksek	Yüksek
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	7	7
Zemin emniyet gerilmesi	12 tf/m <sup>2</sup>	12 tf/m <sup>2</sup>

Modellemelerin hepsinde kolon ve kiriş boyutları sabit tutulup sadece perde yerleşim düzenleri değiştirilmiştir. Perde oranları tüm modellerde eşitlenmiştir. Modeller 5 ve 10 katlı olarak tasarlanmıştır. 5 adet 5 katlı yapılar normal katlıları, 5 adet 10 katlı yapılar yüksek katlıları temsil

etmektedir. Perde yerleşim düzenlerinde bir modelde karma, bir modelde sadece x doğrultulu diğerinde sadece y doğrultulu, başka bir modelde yapı iç kısımları, başka bir modelde yapı kenar kısımlarına öncelik verilmiştir. 5 katlı yapılar sırası ile M1A, M2A, M3A, M4A, M5A şeklinde, 10 katlı yapılar sırası ile M1B, M2B, M3B, M4B, M5B şeklinde isimlendirilmişlerdir. Yapılar modellendikten sonra kendi içlerinde 5 katlılar ve 10 katlılar olarak karşılaştırılıp, normal katlı yapılarda ve yüksek katlı yapılarda en ideal perde yerleşim düzeni tespit edildi.

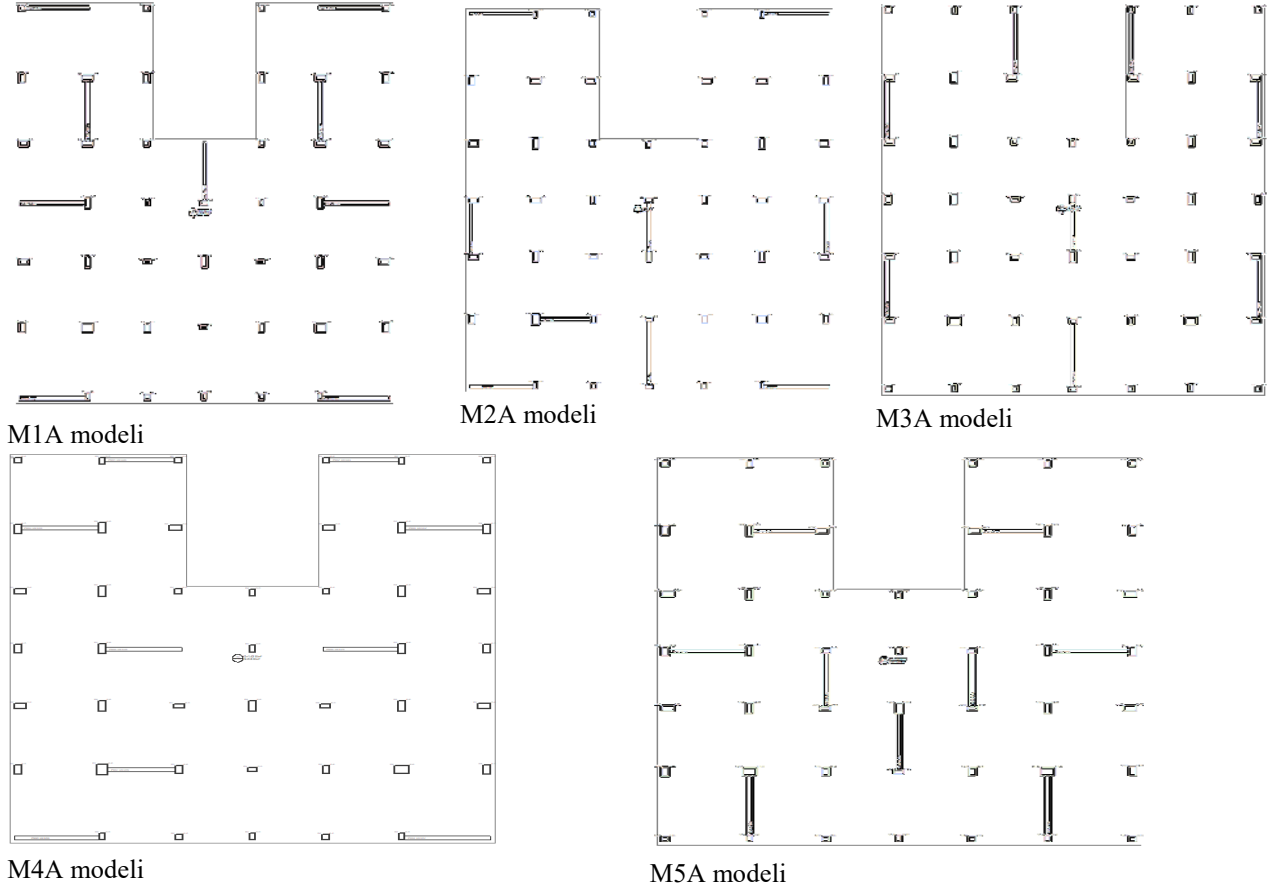


Şekil 1. 5 Katlı planlar için Model 1A için plan ve görünüşü



Şekil 2. 10 katlı Model 1B plan ve görünüşü

Yapı analiz modelleri oluşturulurken, M3A modelinde perdeler sadece y doğrultusunda, M4A modelinde ise perdeler sadece x doğrultusunda yerleştirilmiştir. M1A, M2A ve M5A modellerinde perdeler x ve y eksenlerinde şaşırtmalı olarak yerleştirilmiştir (Şekil 3).

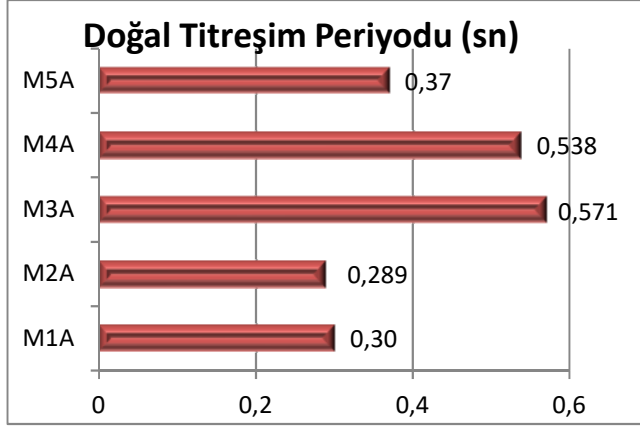


Şekil 3. Hazırlanan modellerde perde yerleşim durumları

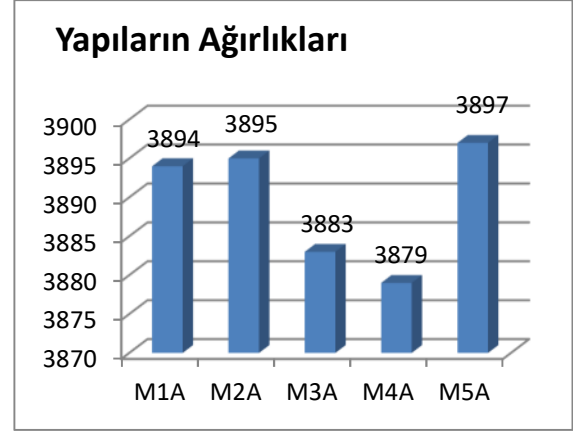
Yapıların perde yerleşim düzenleri oluşturulurken, M5A modelinde perdeler yapının büyük açıklıklarında yerleştirildi. Bundan dolayı perde alanının toplam yapı alanına oranı M1A, M2A, M3A ve M4A yapılarında %1.5 dolaylarında olurken M5A yapısının bu oranı %1.8'dir.

M5A yapısının perde alanının toplam yapı alanına oranının diğer yapılardan %0.3 fazla olmasından dolayı ağırlığı maksimum değere ulaşmıştır.

5 katlı binalar için hazırlanan M1A, M2A, M3A, M4A, M5A modellerinin doğal titreşim periyotları karşılaştırıldığında, doğal titreşim periyotları sırası ile şekil 4'te görüldüğü gibidir. En ağır olan binanın periyodu beklendiği gibi en küçük olmamıştır. Modellerde perde alanının toplam kat planındaki alanına oranı yaklaşık aynı seçildiğinden ve diğer kolon ve kiriş elemanları da aynı seçildiğinden bina ağırlıklarında önemli bir farklılık oluşmamıştır (Şekil 5).



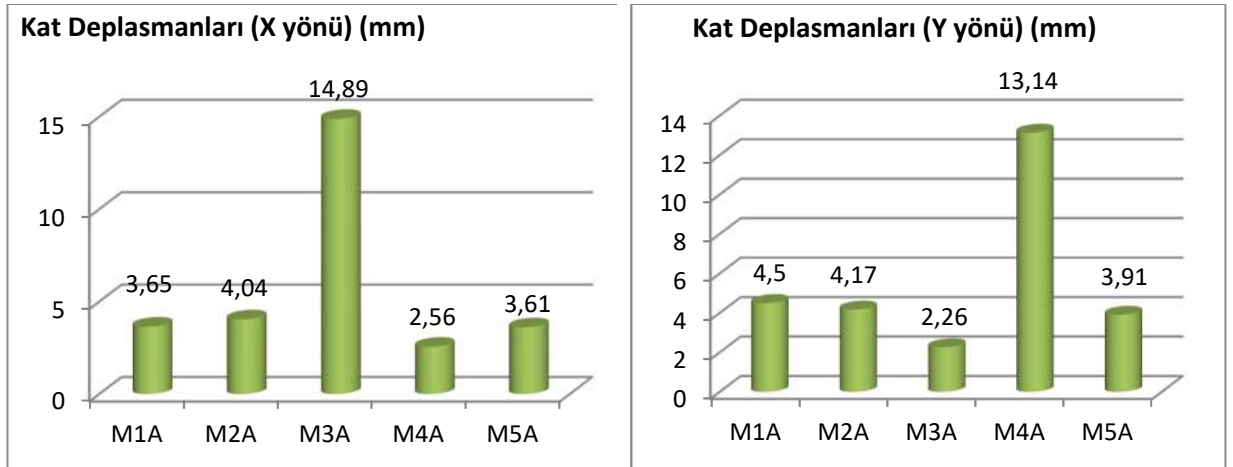
Şekil 4. Bina doğal titreşim periyotları



Şekil 5. Yapı modellerinin toplam ağırlıkları

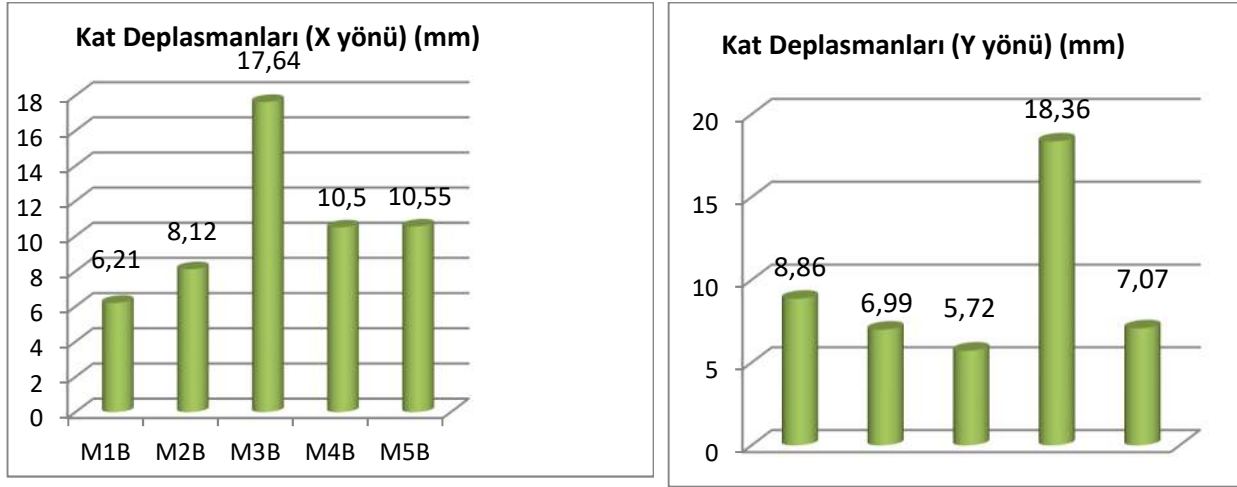
M3A’da perdeler y doğrultusunda yerleştirildiğinden dolayı yapı x doğrultusunda rijit davranış gösterememiş ve böylelikle rijitlik azaldığı için periyot artmıştır. M4A’da ise perdeler x doğrultusunda yerleştirildiğinden dolayı yapı y doğrultusunda rijit davranış gösterememiş ve böylelikle rijitlik azaldığı için periyot artmıştır.

Kat deplasmanları karşılaştırıldığında en olumsuz durumun M3A ve M4A modellerinde gerçekleştiği görülmektedir. M3A modelinde deprem X yönünden geldiğinde 14,89mm ile maksimum deplasman görülmektedir. Bunu sebebi, M3A modelinde perde yönleri X doğrultuludur. Deprem bu doğrultuda uygulandığında deprem kuvvetlerini karşılayacak taşıyıcı elaman rijitlikleri küçük olduğundan maksimum deplasman görülür. M3A yapısında gerçekleşen durumun aynısı M4A yapısında deprem y yönünden geldiğinde gerçekleşir ve maksimum deplasmanlar oluşur(Şekil 6).



Şekil 6. Modellerin x ve y yönlerindeki deplasmanların karşılaştırılması

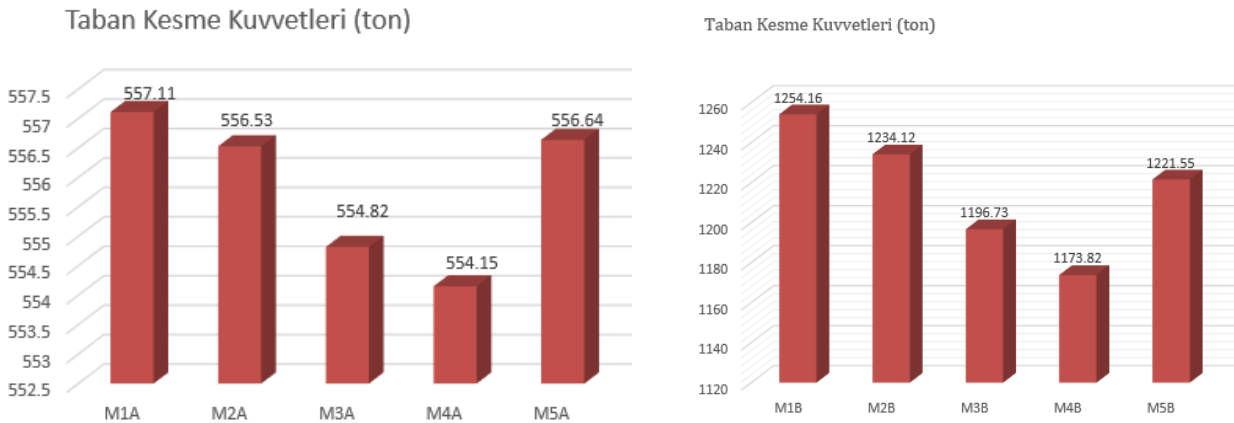
10 katlı modeller içinde aynı durum söz konusudur. Kat deplasmanları karşılaştırıldığında en olumsuz koşulların M3B ve M4B yapılarında gerçekleştiği görülmektedir. M3B yapısında deprem X yönünden geldiğinde 17,64 mm ile maksimum deplasman görülmektedir. Bunu sebebi, M3B yapısında perde yerleşim düzeni tamamen X doğrultusundadır ve deprem bu doğrultuda uygulandığında deprem kuvvetlerini karşılayacak taşıyıcı eleman rijitlikleri küçük olduğundan maksimum deplasman görülür(Şekil7).



Şekil 7. 10 katlı yapı modelleri için kat deplasmanları

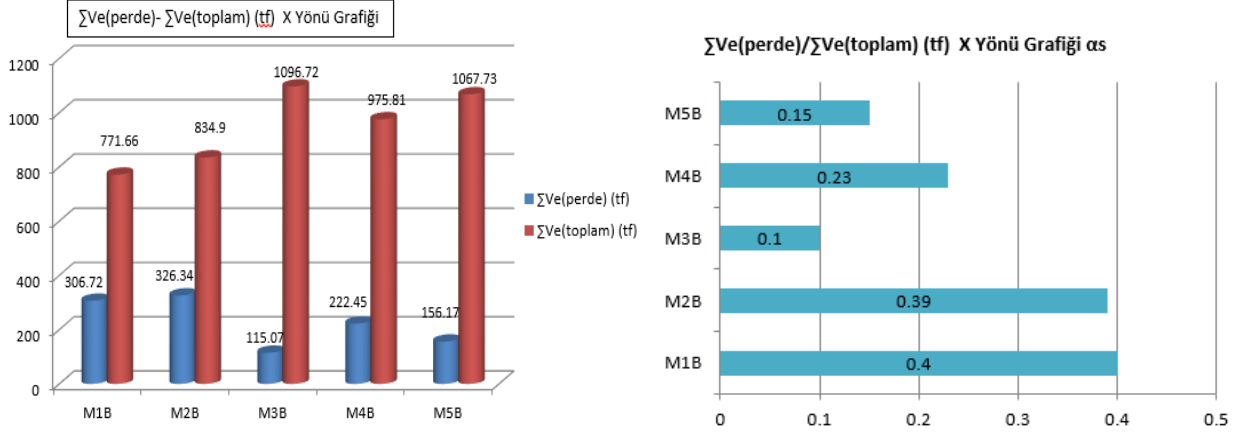
Taban kayasına gelen dalga, yerel zeminden geçerek yapıya  $V_t$  olarak tesir etmektedir. Yapıya tesir eden taban kesme kuvveti yapı ağırlığıyla doğru orantılıdır.

M1A ve M1B yapısına etki eden taban kesme kuvveti maksimum değere sahiptir çünkü M1A ve M1B yapısının ağırlığı diğer yapılardan fazladır. Taban kesme kuvvetlerini 5 ve 10 katlı modeller için karşılaştırdığımızda M3 ve M4 modellerinin her iki kat modelinde de diğerlerine göre düşük kat kesme kuvvetine sahip olduğu görülmektedir(Şekil8).



Şekil 8. 5 ve 10 katlı modellerde bulunan taban kesme kuvveti

Yapılar için, perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranları ve karşılaştırmaları, X yönü olarak Şekil 9 'daki grafiklerde incelenmiştir.



Şekil 9. 10 katlı binalar için X Yönü için  $\Sigma Ve(\text{perde}) - \Sigma Ve(\text{toplam})$  (tf) ve  $\alpha_s$  grafiği

### 3. Sonuç ve Değerlendirmeler

Perdeli-çerçeveli betonarme yapılarda perdelerin tek doğrultuda yerleştirilmesi yapının performansını olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Yapının doğal titreşim periyodunun, perdelerin yerleşim düzenine dik yönde çok büyük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Tek yönde yerleştirilen perdeler yapının diğer yönde kat deplasmanlarının maksimum değere ulaşmasına sebep olmaktadır. Perdeli-çerçeveli sistemlerde periyot değerleri S(T) aralığını geçecek kadar büyük olmadığı sürece taban kesme kuvveti yapı ağırlıkları ile doğru orantılı bir izlenim göstermektedir.

Perdelerin yerleşim düzeninden dolayı taban kesme kuvvetini karşılayamadıkları yönlerde kolonlarda moment ve kesme kuvveti değerlerinde artış görülmektedir ve bu artış donatı miktarına yansımaktadır.

Perde yerleşim düzenleri tek yönlü ve sadece kenar açıklıklara yoğunluk verilmiş sistemlerin kirişlerinde maksimum pirsantajın aşıldığı görülmüştür.

Perdelerin sadece y doğrultusunda yerleştirildiği M3A modelinde ve a perdelerin sadece x doğrultusunda yerleştirildiği M4A modelinde ,yapıların zıt doğrultuda rijitliklerde azalma oluşmuştur. Yapı ağırlıkları ortalama değer olarak yakın olsa da farklı doğrultularda rijitlikleri arasındaki fark fazla olduğu için yapı salınım oranları ve böylelikle doğal titreşim periyotları farklılık göstermiştir. Sonuç olarak en yüksek periyot değeri M3A yapısında, en düşük periyot değeri ise M2A modelinde görülmüştür. En düşük değer ile en yüksek değer arasında % 97,5 artış tespit edilmiştir.



Perdelere gelen kesme kuvvetlerinin, yapıya etki eden toplam kesme kuvvetine oranlanmasıyla hesaplanan  $\alpha_s$  oranı 0,75 ten küçük veya 0,75'e eşit olması gerekirken bazı yapılarda bu durum sağlanamamıştır. Bu demek oluyor ki, perdeler beklenenden daha büyük kesme kuvvetleri karşılamaktadır. Çözüm olarak perde miktarı azaltılmalıdır ya da bu değişim mümkün değilse TDY-2007 2.5.2.2' ye (Şekil 5.22.) göre taşıyıcı sistem davranış kat sayısı yeniden hesaplanmalıdır. Bu çalışmada tasarımı yapılan modellerden X yönünde M3A ve M5A, Y yönünde sadece M4A,  $\alpha_s \leq 0,75$  koşulunu sağlamaktadır. Diğer yapılarda perde oranını azaltmak mümkün olmadığından dolayı taşıyıcı sistem davranış katsayısı TDY-2007 2.5.2.2'ye göre yeniden hesaplanarak  $R=6,6$  olarak değiştirilmiştir.

#### 4.Kaynaklar.

- [1] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 1998. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- [2] **Celep Z.**, 1. Betonarme yapılar, Yenibosna/İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 2015.
- [3] **Aka, İ. ve Altan, M.**, 1992. Betonarme Taşıyıcı Sistemler, *III.Betonarme Yapılar Semineri*, İstanbul.
- [4] **Hasgür, Z. ve Gündüz, N.**, 1996. Betonarme Çok Katlı Yapılar, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş, İstanbul.
- [5] **Özmen, G., Orakdöğen, E. ve Darılmaz, K.**, Örneklerle SAP 2000, BirsenYayınevi, İstanbul.
- [6] **A. Doğangün 2008**, Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi.
- [7] **U. Ersoy; G.Özcebe2001**; Betonarme, Evrim Dağıtım, İstanbul.
- [8] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, 1997., İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi.
- [9] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [10] **TS-498**, 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [11] **Özlu, B., 2015**, Çok katlı betonarme binalarda taşıyıcı sistem türlerinin davranışlarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [12] **Güneş, B. Engin, 2017**, “Betonarme Perdelerin Perdeli-Çerçeve Sistemlerde Yerleşiminin Yapı Davranışına Etkisi”, . Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü