

SÜREKLİLER VE SÜREKSİZLER DURUMLARINDA PERDE-ÇERÇEVE ETKİLERİ

B. DEMİR¹, F. KARAKAYA² ve Y. M. FAHJAN³

¹ Doç. Dr., Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli

² Araştırma Görevlisi, Deprem ve Yapı Mühendisliği Bölümü, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli

³ Doç. Dr., Deprem ve Yapı Mühendisliği Bölümü, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli
Email: beratidemir@hotmail.com

ÖZET:

Perde-çerçeve sistemleri hem mimari açıdan kullanım kolaylığı, hem de depreme dayanıklılık bakımından yeterli rijitlik sağladıkları için çok katlı yapıların tasarımında oldukça sık tercih edilmektedirler. Bu tür sistemlerin davranışları incelendiğinde, perdelerin aynı rijitlikle yapı boyunca sürekli devam etmesi belli bir kata kadar yapı davranışına pozitif katkı sağladığı halde, süreklilik üst katlara kadar devam ettiğinde ise bu katkı negatif yöne çevrilmiştir. Özellikle yüksek binalarda perde duvarların kademeli devam etmesi, belli katlardan sonra yapı boyunca devam etmemesi ya da perdelerin kolona dönmesinin yapıya daha ideal rijitlik, daha az yatay yerdeğiştirme sağladığı, buna ek olarak ekonomi ve estetik açıdan daha olumlu sonuçlar getirdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada perde-çerçeve sistemlerde perdelerin sürekli olması ve süreksizlik durumlarını kapsayan 2 tip farklı taşıyıcı sistem modelleri oluşturulacak ve oluşturulan bu modeller doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemleriyle incelenecektir. Sonuç kısmında perde-çerçeve sistemlerin, süreklilik ve süreksizlik durumları için göreceli kat öteleme oranları, kesme kuvveti ve eylem momenti gibi iç kuvvetleri karşılaştırılacaktır.

ANAHTAR KELİMELER: Perde-çerçeve yapılar, Perdelerin negatif etkisi, Perdelerde Süreksizlik, Doğrusal Olmayan Analiz.

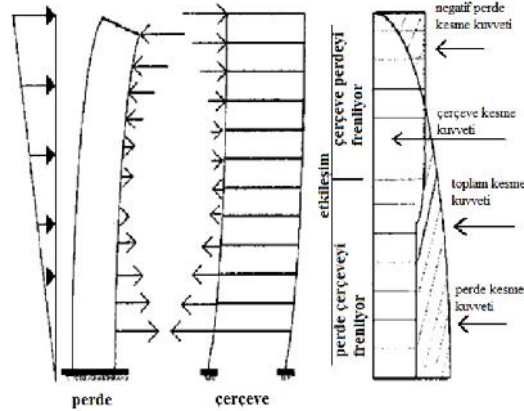
1. GİRİŞ

Perde duvarlar yapıya dengeli olarak yerleştirildiklerinde, yapının rijitliğini arttırmakla birlikte, yatay yerdeğiştirmeleri azaltan, yatay kuvvetleri karşılayan ve binada düzensizlik oluşumunu engelleyen etkili dikey taşıyıcı elemanlardır. Bu pozitif etkiler göz önüne alındığında perde duvarları betonarme yüksek yapılarda taşıyıcı sisteme dahil etmek zorunlu hale gelmektedir. Ancak bununla birlikte perde duvarların bu pozitif etkisi yapı yüksekliğine bağlı olarak negatif yöne çevrilebilmektedir.

Perde duvarların kat yüksekliğiyle birlikte negatif etkisini ve sisteme kattığı ilave iç kuvvetleri ilk olarak Paulay ve Priestley (1992) ve Stafford Smith ve Coull (1991) ele almıştır. M. J. Nolle ve Stafford Smith (1993), perde süreksizliğinin yapı performansına etkisini sürekli eleman modeliyle geliştirmiş ve belirli bir yapı yüksekliğinden sonra perde kullanımına gerek olmadığını ve hatta perde kullanımının yapı davranışına negatif etkileri olduğunu göstermişlerdir. Eduardo Miranda (1999), E. Miranda ve J. C. Reyes (2002), E. Miranda ve S. Taghavi (2005), E. Miranda ve S. Akkar (2006), K.B. Bozdoğan ve D. Öztürk (2012), perde-çerçeve sistemler üzerinde çalışmış, çeşitli formül ve yöntemlerle perde-çerçeve etkileşimini incelemiştir. R. S. Malik, S. K. Madan, V. K. Sehgal (2011), perde-çerçeve sistemli yapılarda, belirli katlardan sonra devam etmeyen perdelerin yapı davranışına etkilerini çalışmışlardır. M. Atik (2013), doktora tezi çalışmasında süreksiz perdelerin etkisini, doğrusal olmayan statik itme analizi yöntemi ile ele almış ve yüksek yapılarda süreksiz perdelerin yapı davranışına pozitif etkilerini göstermiştir.

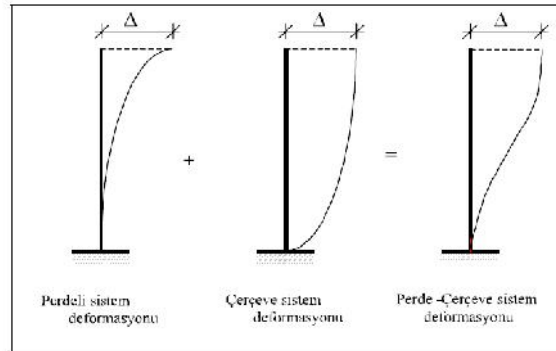
2. PERDE-ÇERÇEVE ETKİLEMLİM

Betonarme yapılarda taşıyıcı sistemler, çerçevesiz, perdeli ve perdeli-çerçevesiz olarak tasarlanabilirler. Bu taşıyıcı sistemlerin davranışları, yatay yükler altında birbirlerinden farklıdır. Yalnızca çerçevelerden oluşan yüksek katlı taşıyıcı sistemler, yatay yükler altında iç kuvvetler ve deplasmanlar bakımından istenen koşulları, perde duvarlar olmadan sağlayamazlar. Perdeler, çok katlı yapıların yatay rijitliklerini artırmaktadır. Perde ve çerçevelerin, yatay yükler altındaki davranışlarının farklı olması, bu elemanlar arasında düzgün olmayan etkileşimin doğmasına neden olur. Çerçevelerin yatay yük almamını varsayarak tüm yatay yüklerin perdeler tarafından alındığını kabul etmek, daima güvenli bir yaklaşım değildir. Bu nedenle yatay yüklerin taşınmasında çerçevelerin katkısı da dikkatlenmelidir.



ekil 2.1: Yatay yük altında perde ve çerçevenin etkileşimi (Döndüren M.S., 2003)

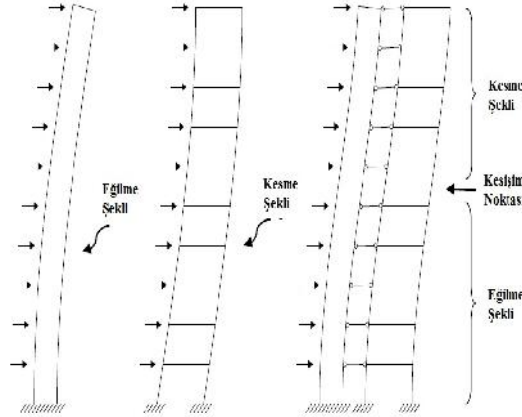
Perde duvarlar, yatay yükler altında "eğilim kiriş" gibi davranırlar, buna karşılık çerçeveler "kayma kiriş" davranışını gösterirler. Perde duvarın deformasyon eğrisi dışbükey ekinde, çerçevenin deformasyon eğrisi ise içbükey olma eğilimi gösterir. Perde ve çerçevelerin beraber davranışları sonucunda ise sistem her iki davranış özelliklerini de gösteren bir deformasyon eğrisine sahip olacaktır (Atımtay, 2000).



ekil 2.2: Yatay yük altında perde ve çerçevenin etkileşimi deformasyon eğrisi

2.1. Karakteristik Kesim Parametreleri

Perde-çerçevesel bir yapıda, eilme ve kesme davranışı birleşir. Eilme veya kesme davranışının baskınlığına dayanarak, diyagramın eğilimli yani pozitif veya negatif yönünü belirleyen kesim noktası, yapı yüksekliği boyunca yukarıda ya da aşağıda olur.



ekil 2.3: Perde ve Çerçevenin Davranışı eğilimli (Nollet and Stafford Smith 1993)

Perde-çerçevesel yapının, eilme ve kesme diyagramını belirleyen önemli etkenler, H ve k^2 karakteristik parametreleridir. H , rijitli ve bağımsız katsayıdır ve Denklem (2.1) ile elde edilmektedir.

$$H = (GA/EI)^{1/2} H \quad (2.1)$$

Denklem 2.1'de GA moment çerçevesinin kayma rijitliğini ifade etmektedir. GA kayma rijitliğini ifadesi 1 birimlik kayma açısından dolayı oluşan kesme kuvveti olarak tanımlanabilir. EI kolonlar ve perdelerin eilme rijitliğini ve H yapının toplam yüksekliğini göstermektedir.

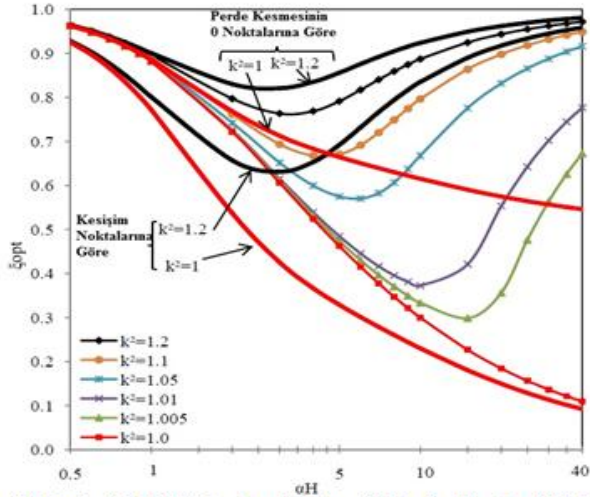
k^2 ise çerçeve kolonlarının aksel deformasyonuna bağımsız bir katsayıdır ve Denklem (2.2) ile elde edilmektedir.

$$k^2 = \frac{EI + EA c^2}{EA c^2} \quad (2.2)$$

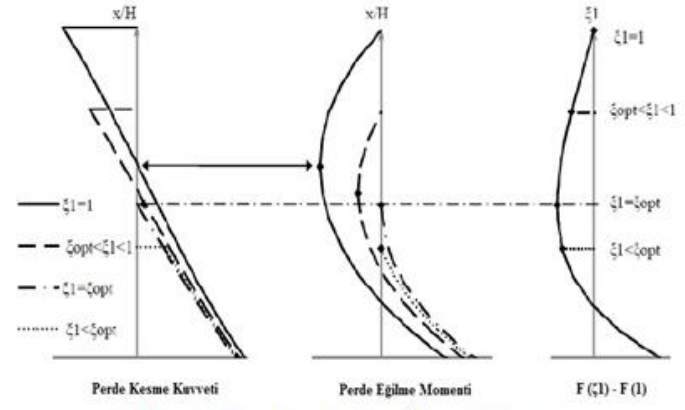
Denklem 2.2'de EI kolonların ve perdelerin eilme rijitliğini, E elastisite modülünü, A bir kolonun kesit alanı, c ise bütün kolonların ağırlık merkezinin bir kolonun kesit alanının merkezine olan uzaklığıdır. Bu iki parametrenin perde-çerçeve yapı yüksekliğiyle oranlarına göre, kesim noktasının yeri ekil 2.4 (a)'da gösterilmiştir (Nollet, 1991).

2.2. Perdelerin Kesildiği En Elverişli Katın Belirlenmesi

Perde duvarların tesir kuvvetlerine etkisini pozitif yönde tutmak ve yatay yerden tirmeleri minimum seviyeye indirmek için perdeleri sürekli devam ettirmeyip belirli bir kattan kesilmesi önemlidir. ekil 2.4 (a)'da, k^2 ve H değerlerine göre tayin edilen en elverişli yükseklik oranı, opt 'nin grafiği verilmiştir. Bu grafikte opt , k^2 'nin 1.0 ve 1.2 değer aralığında, perde kesme kuvvetinin sıfır noktasına ve kesim noktası katına göre belirlenmektedir. Kesilen perdelerin, perde kesme kuvveti ve perde eilme momenti, "0" noktalarına, yani pozitif yönden negatif yöne geçiş noktalarına göre, opt noktası farklılık gösterir. ekil 2.4 (b)'de tesir kuvvetlerin perdenin kesilme noktasına göre değerleri ifade edilmiştir.



(a) Perdenin k^2 Eğrilerine Göre En Elverişli Kesilen Kat Tayini Şekli



(b) Perdenin Kesilme Noktasının İç Kuvvetlere Etkisi

ekil 2.4: k^2 e rilerine göre kat tayin ekli ve perde kesilme noktasının iç kuvvetlere etkisi (Nollet ve Smith 1993) (Atik, 2013)

3. PERDE-ÇERÇEVE ETKİLEMLERİNİN İNCELENMESİ SAYISAL ÖRNEK

Bu örnekte kat yükseklikleri 3.5 m, aks aralıkları 6.0 m olan 20 katlı betonarme perde-çerçeve bir bina incelenecektir. Yapının kolon ve kiriş boyutları Tablo 3.1’de, taşıyıcı elemanların donatıları ise Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Perde kalınlığı (t) 0.25 m olarak alınmıştır. Ölü yük (D) 2.0 kN/m^2 ve hareketli yük (L) 3.5 kN/m^2 alınmıştır. Betonun elastisite modülü $3.4 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ dir.

Yatay kuvvetler binanın zayıf yönüne etkilenecek ve analiz sonuçları sadece bu yön için değerlendirilecektir. Bina, birinci derece deprem bölgesinde bulunmaktadır ($A_0=0.40$). Yerel zemin sınıfı Z3 ($T_A=0.15$, $T_B=0.60$) ve bina önem katsayısı (I) 1.00’dir.

Tablo 3.1: Taşıyıcı Eleman Boyutları

	ç Kolonlar (m)	D1 Kolonlar (m)	Kirişler*(m)	Perde (m)
ç Çerçeve (2-5)	1.00x1.00	0.90x0.90	0.30x0.75	0.25 m
D1 Çerçeve (1-6)	0.90x0.90	0.80x0.80	0.30x0.60	

*Geniçlik x Yükseklik

Tablo 3.2: Taşıyıcı Sistem Eleman Donatıları

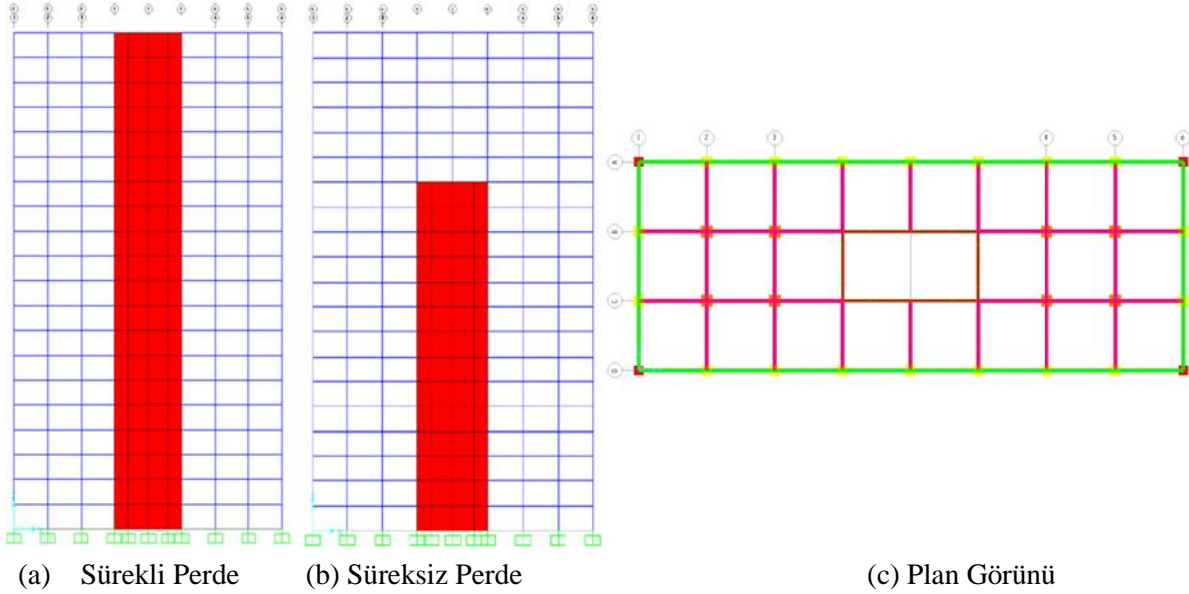
Kolonlar	Boyuna	Etriye	Kirişler	Üst	Alt	Etriye	Perdeler	Boyuna	Enine
C80x80	30ø20	2ø10/10	K30/60	3ø25	3ø25	ø10/10	Wall120	ø20/20	ø14/20
C90x90	34ø20	2ø10/10	K30/75	5ø22	5ø22	ø10/10	Wall240	ø20/20	ø14/20
C100x100	36ø20	2ø10/10					Panel360	ø14/20	ø14/20

Binanın en elverişli perde kesilme noktası için, eleman ve malzeme değerlerinden elde edilen karakteristik parametre değerleri Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.3: Modelin Kesit İm Noktası Parametreleri

Katlar	k^2	H
1-20	1.068	2.5502

Şekil 2.4 (a)'daki k^2 değerlerinden ve H değerlerinden en elverişli kat oranı olan k_{opt}^2 değerinin 0.70 olduğu görülmüştür. Dolayısıyla H1 değeri, 49.0 m'dir. En elverişli kat ise 14. kat olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.2: Yapı Sap2000 Modeli Sürekli ve Süreksiz Perde Model Kesitler ve Plan Görünü

3.1. Do Rusal Analiz

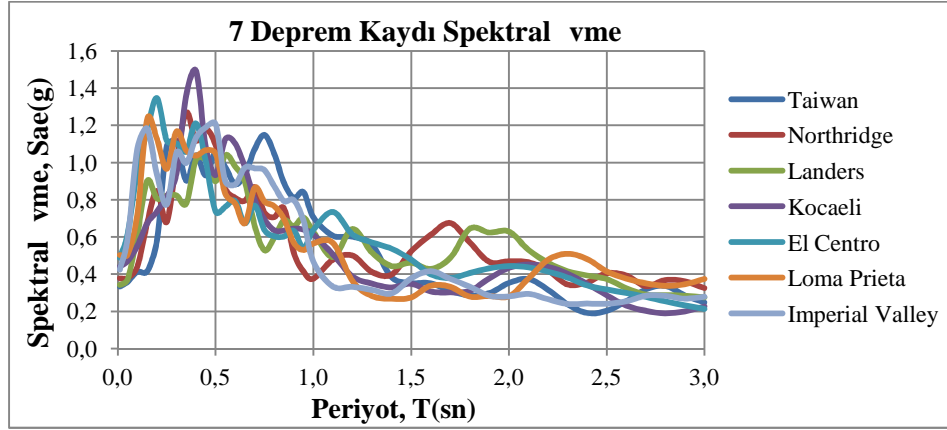
Perdenin sürekli ve süreksiz modelleri, do rusal analiz yöntemlerinden deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme (response-spektrum) yöntemiyle değerlendirilecektir.

3.2. Do Rusal Olmayan Analiz

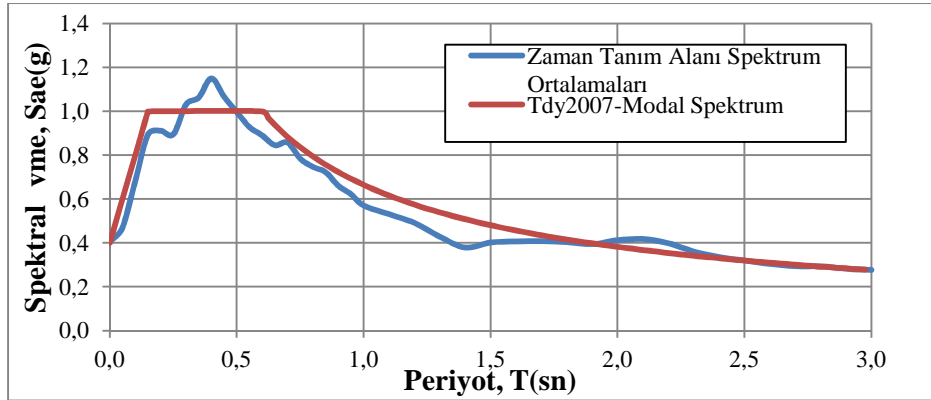
Do rusal olmayan zaman geçimi analizlerinde 7 adet deprem kaydı kullanılmaktadır. Kullanılan kayıtlar ve bu kayıtların süresi ve ölçeklenme katsayıları (Fahjan 2008) Tablo 3.4' de verilmiştir.

Tablo 3.4: Deprem Kayıtları Ölçekleme Katsayıları (Fahjan, 2008)

Deprem	Kayıt Süresi (sn)	Anlamlı Süre (sn)	Zarf Süre (sn)	Faylanma Mekanizması	Ölçekleme Katsayısı (st)	Oransal Göreceli Hata (%)
Taiwan	44	21.9	31.4	RN	6.60	16.55
Northridge	48	26.2	35.5	RN	16.92	15.90
Landers	120	38.5	52.2	SS	9.85	13.90
Kocaeli	27.2	11.7	14.7	SS	3.53	21.36
El Centro	39.0	19.0	28.7	SS	8.46	16.60
Loma Prieta	39.9	21.4	32.5	RO	13.72	23.33
Imperial V.	99.9	51.0	80.8	SS	4.46	23.14



ekil 3.3: 7 Deprem Kaydı Spektrumları Grafiği

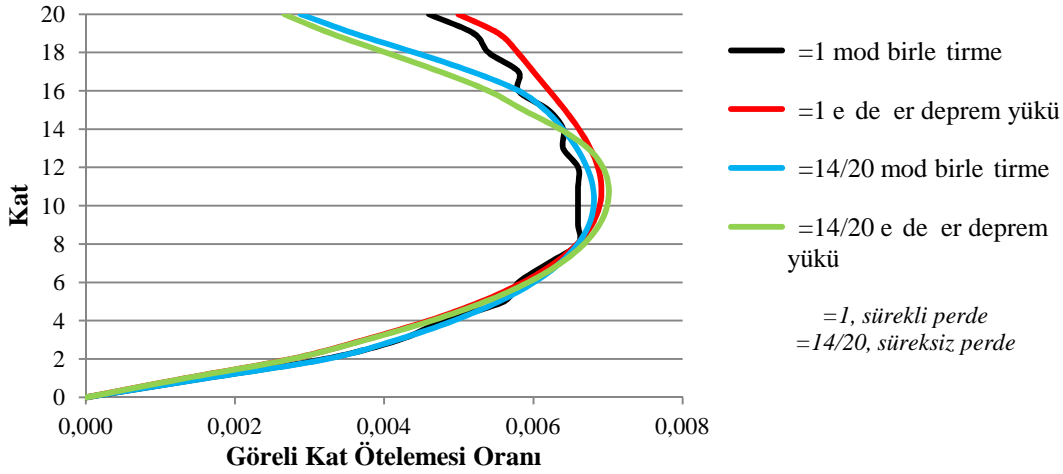


ekil 3.4: Deprem Kayıtları Ortalaması ve Modal Spektrum Grafiği

4. ANALİZ SONUÇLARI VE KARILAŞTIRMA

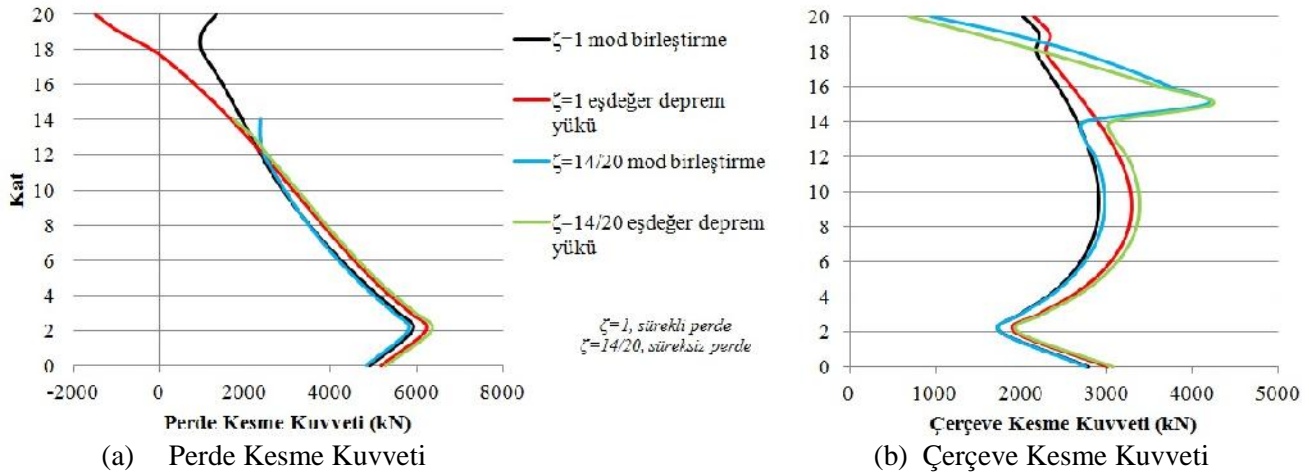
4.1. Doğrusal Analizle Karşılaştırma

Grafiklerde $\gamma=1$ e rileri sürekli perde modeline ait depremleri temsil ederken, $\gamma=14/20$ e rileri süresiz perde modeli depremlerini temsil etmektedir.



ekil 4.1: Doğrusal Analiz- Göreli Kat Ötelemesi Oranı

ekil 4.1 grafik e rilerini inceledi imizde, göreli kat ötelemesi oranı e rilerinin sürekli perde modeli ve süreksiz perde modeline göre farklı gidi atı gözükmetedir. Mod birleştirme ve e de er deprem yükü yöntemlerinin birbirlerine yakın sonuçlarıyla birlikte süreksiz perde modelindeki e riler, perdelerin kesildi i 14. katla birlikte ani azalma e risi göstermektedir.

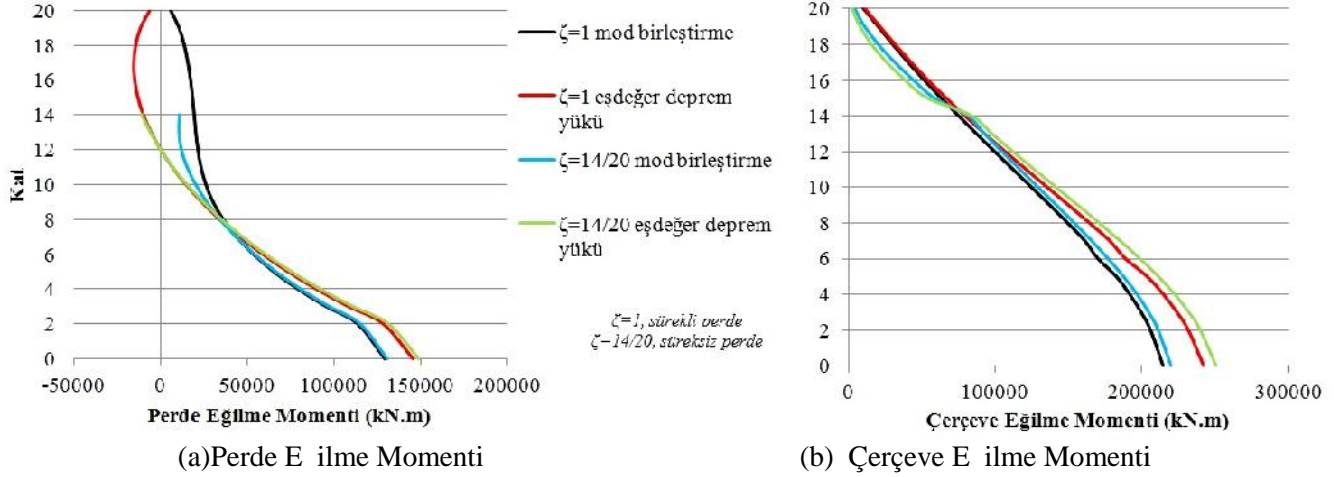


ekil 4.2: Doğrusal Analiz Perde Kesme Kuvveti ve Çerçeve Kesme Kuvveti Grafi i

ekil 4.2 (a)' da perdeler e gelen kesme kuvveti e rileri gözükmetedir. Sürekli perde modeli e de er deprem yükü yönteminde, perdelerin negatif etkisi açıkça gözükmetedir. Mod birleştirme yönteminde pozitif yön etkileri dikkate alınmı tır ancak, e rilerin birbirlerine yakın devam etti i görülmektedir.

ekil 4.2 (b)' de çerçevelere gelen kesme kuvveti e rileri vardır. Süreksiz perde modelinde, perdelerin kesildi i kattan sonra çerçevelerde önemli ölçüde yük artışı oldu u gözükmetedir. Süreksiz perde model e rileri üst katlara do ru hızlıca pozitif yöne geçmi tir.

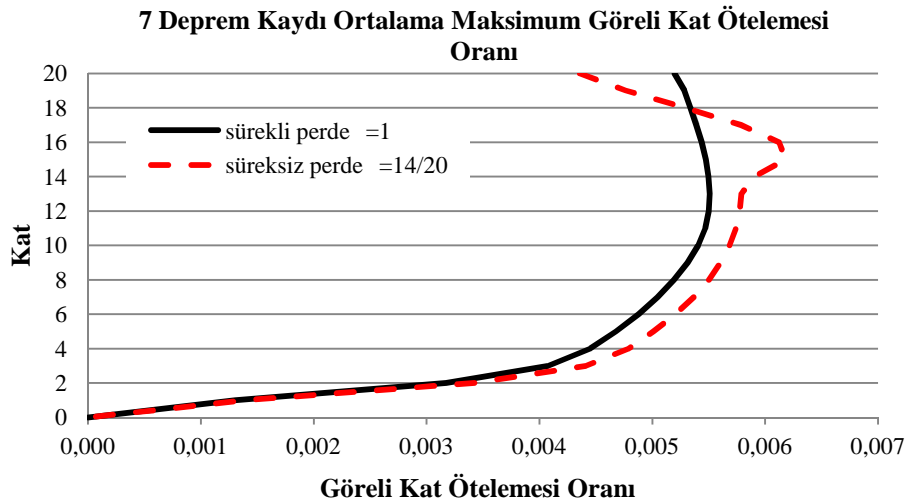
ekil 4.3 (a) e rilerinde, sürekli perde model negatif etkisi gözükmemektedir. ekil 4.3 (b) çerçeve e ilme moment e rilerinde yine kesilen kattan sonra süreksiz perde modelinde çerçeve elemanlara gelen e ilme momentlerinin azaldığı gözükmemektedir.



ekil 4.3: Do rusal Analizle Perde E ilme Momenti ve Çerçeve E ilme Momenti Grafi i

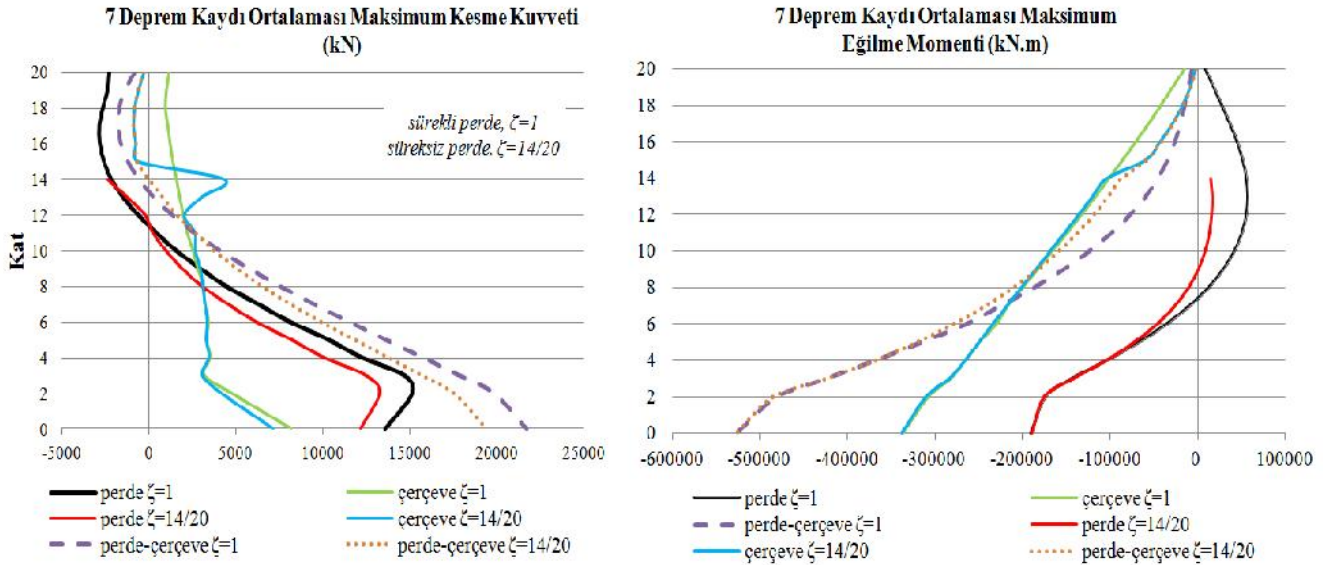
4.2. Do rusal Olmayan Analizle Kar ıla tırma

Do rusal olmayan analizde kullanılan 7 deprem kaydının, ortalaması alınarak sonuçların kar ıla tırması yapılmıştır. A a ıda ekil 4.4’de görüldü ü üzere görel kat ötelemesi oranları, süreksiz perde modeli, =14/20 e risi kesilen perde katından sonra yönünü hızlıca pozitif yöne çevirmiştir.



ekil 4.4: 7 Deprem Kaydı Ortalaması Maksimum Görel Kat Ötelemesi Oranı

ekil 4.5 (a)’ da kesme kuvveti de erlerine baktı ımızda, sürekli perde model perde kesme kuvvetlerinin negatif etkisi, do rusal analize göre daha belirgin olarak görülmektedir. Bununla birlikte süreksiz perde modelinin çerçevelerine gelen kesme kuvvetlerinde, kesilen perde katından sonra hızlı bir artış meydana gelmiş ve daha üst katlara do ru hızlı bir azalış olmuştur.



ekil 4.5: 7 Deprem Kaydı Ortalaması Maksimum Kesme Kuvvetleri ve Maksimum Eğilme Momentleri

Do rusal olmayan analiz sonuçlarına göre, ekil 4.5 (b), deprem kayıtları ortalama moment e rilerine baktı mızda, sürekli perde momentlerinin negatif etkisinin, do rusal analiz sonuçlarına göre daha erken katlarda ba ladı ı gözükmemektedir.

Perde-çerçeve olarak tanımlanan e riler bina ta ıyıcı elemanların toplam yüklerini temsil etmektedir.

5. SONUÇ

Sürekli perde modelinde, Stafford Smith (1982) tarafından geli tirilen parametre katsayıları kullanılmı ve perdelerin 14. katta kesilmesiyle en elveri li de erlerin elde edilece i belirlenmi tir.

Do rusal ve do rusal olmayan analiz sonuçlarını inceledi imizde perdelerin kesildi i kata kadar göre görelî kat ötelemesi oranlarının birbirlerine çok yakın de erler verdi i gözlemlenmi tir. Perdelerin kesildi i katlardan sonra ise sürekli perde modeli e risi küçük bir büyüme yaptıktan sonra üst katlara do ru kendisini hızlıca pozitif tarafa çekmektedir.

Kesme kuvveti diyagramları incelendi inde sürekli perde modelinde perde kesme kuvvetlerinin üst katlara do ru negatif etki yaptı ı gözlemlenmi tir. Sürekli perde modelinde ise perde kesme kuvvetleri, kesilen kata kadar devam etmekle birlikte daha pozitif yönde kalmakta ters yöne çok küçük de erlerle geçmektedir. Çerçeve kesme kuvvetleri perdelerin sürekli oldu u modelde, kesilen kattan hemen sonra negatif yönde hızlı bir artı ve bu artı ndan hemen sonra hızlı bir azalı yapımlıdır. Sürekli perde modelinde çerçeve elemanların kesme kuvvetlerinde meydana gelen bu ani artı , kesme kuvvetlerini kar ılayan perde elemanların kesilmesiyle yükün tamamını çerçeve elemanların ta ımaya ba lamasından kaynaklanmaktadır. Bu durum sadece kesilen perde katından sonraki bir iki kat için geçerlidir ve bu katlardaki çerçeve elemanların kesme dayanımları için ayrı bir önlem alınması gerekmektedir.

E ilme momenti grafiklerini incelediğimizde, perdelerin kesildiği kattan sonraki katlarda perde ve çerçeve elemanlarında emellerin pozitif yönde devam ettiği görülmektedir. Sürekli perde modelinde ise perde emeller momentleri orta katlarda yönünü ters yöne çevirmektedir. Perdelerin süresiz olduğu modelde ise perde elemanlarında bu etki kaybolmuştur. Çerçeve elemanların emeller moment emelleri, kesilen perdelerle birlikte daha düşük seviyelere inerek devam etmiştir.

Bütün bu sonuçlar neticesinde, perde-çerçeve sistemli yüksek binalardaki taşıyıcı elemanlarda oluşan negatif etkiler süresiz perdeler ile ortadan kaldırılabilir. Önemli olan perde sürekliliğinin yapı davranışına en elverişli katta kesilmesidir. Süresiz perde-çerçeve yapılar, daha ideal rijitlikle çalışmakta ve buna ek olarak ekonomi ve estetik açıdan çok daha pozitif olmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- YBDY, İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği, 2008.
- DBYBHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007.
- Atımtay, E. 2000. Çerçeve ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı, Ankara.
- Nollet, M. J. (1991). Behavior of wall-frame structures, Ph.D. thesis, McGill University, Montreal, Canada.
- Atik M., (2013), Seismic Evaluation of Tall Building Structures Using Nonlinear Static Procedures, A Thesis for The Degree Of Doctor Of Philosophy.
- Computers, Structures Incorporated (CSI). SAP 2000 NL. USA, CA: Berkeley; 2014
- Fahjan Y.M., (2008), Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım ve Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi - MO Teknik Dergi, 2008 4423-4444, Yazı 292
- Fahjan Y.M., (2013), ‘‘Dinamic of Structures’’, Department of Earthquake and Structural Engineering, Gebze Teknik Üniversitesi.
- Akba B., (2013), ‘‘Nonlinear Analyses’’, Department of Earthquake and Structural Engineering, Gebze Teknik Üniversitesi.
- Döndüren M.S., (2003), Planda Değişik Geometriye Sahip Çok Katlı Betonarme Yapıların Zaman Tanım Aralığında Dinamik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi
- Wilson, E.L. (2002). Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures, A Physical Approach With Emphasis on Earthquake Engineering, Third edition 2002, Computers and Structures Inc, U.S.A.
- Nollet, M. J., and Stafford Smith, B. (1993). ‘‘Behavior of Curtailed Wall-Frame Structures.’’ Journal of Structural Engineering, ASCE, 119(10), 2835-2854.