PERDE-ÇERÇEVE SİSTEMLERDE KESME KUVVETİ DİNAMİK BÜYÜTME KATSAYISI

İ. Kazaz[1] ve P. Gülkan[2]

[1] *Yardımcı Doçent, İnşaat Müh. Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum*
[2] *Profesör, İnşaat Müh. Bölümü, Çankaya Üniversitesi, Ankara*
Email: ilkkazaz@gmail.com

ÖZET:

Bu çalışmada perde-çerçeve sistemlerde dinamik büyütme katsayısını belirlemek için detaylı parametrik bir analitik çalışma yapılmıştır. Parametrik çalışma için seçilen temsili çerçeve sistemdeki toplam perde alanı (perde sayısı) değiştirilerek perde-çerçeve etkileşimi derecelendirilmiş ve dinamik büyütme katsayısının değişimi belirlenmiştir. Perde göstergesi olarak ifade edilen toplam perde alanının bina plan alanına oranına bağlı olarak perde-çerçeve sistemler deprem yönetmeliğine göre tasarlanmış, lineer olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemiyle davranışları belirlenmiştir. Hesaplamalarda kullanılan kaydedilmiş yer hareketi kayıtları "50 yılda aşılma ihtimali yüzde 10" olan yer hareketini temsil eden yönetmelik ivme spektrumuna göre ölçeklendirilmiştir. Perde oranı için yüzde 0.2-2.0 aralığındaki değerler kullanılmıştır. Sistem tasarımında perdeler için 3, 5 ve 8 m boylar esas alınmış ve 4, 8 ve 12 kat yüksekliğe sahip modeller üretilmiştir. Perde-çerçeve sitemlerin modellenmesinde genelleştirilmiş eğilme-kesme kirişi modeli kullanılmıştır. Hesaplamalar ışığında dinamik büyütme katsayısını kat yüksekliği ve deprem yükü azaltma katsayısı R'ye bağlı olarak veren bir bağıntı elde edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER : Dinamik büyütme katsayısı, perde, çerçeve, perde göstergesi, eğilme-kesme kirişi

1. GİRİŞ

Perde ve perde-çerçeve sistemlerin depreme dayanıklı tasarımında perde yüksekliği boyunca hesaplanan tasarım kesme kuvvetleri ampirik faktörlerle çarpılıp arttırılarak gevrek kesme kırılmasının engellenmesine ve plastik mafsalın perde tabanında oluşması amaçlanır. Böyle bir düzenlemeye ihtiyaç duyulduğu zaman-tanım alanında hesap yöntemiyle gerçekleştirilen incelemeler sonucu ortaya konulmuştur (Ghosh, 1992; Amaris, 2002). Kesme kuvvetinde meydana gelebilecek bu artmanın başlıca kaynağı yüksek modların davranışa etkisidir. Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) üçgen yayılımlı eşdeğer statik deprem yükü yöntemi atalet kuvvetlerinin merkezini tabandan yaklaşık olarak $h_{eff} = 0.7H$ uzakta yerleştirir. Ancak, özellikle perde tabanında mafsallaşma meydana geldikten sonra devreye giren yüksek mod etkileri, atalet kuvvetlerinin merkezini statik yöntemlerin yerleştirdiği yerden daha az uzak bir noktaya çeker. Binada kat sayısının artmasıyla yüksek mod etkileri artar çünkü bir ucu mafsal olan konsol kirişin ilk modu sonsuz periyoda sahiptir. Bina periyodu kat sayısı ile orantılı olduğundan bina periyodu arttıkça yüksek modların kesme kuvvetlerine katkısı da artacaktır.

Tasarım kesme kuvvetini düzenlemekte kullanılan dinamik büyütme katsayısını (β_v) hesaplamak için bir çok ampirik ilişki önerilmiştir. Yeni Zelanda 3101 (NZS 3101, 2006) yönetmeliği kesme kuvveti büyütme katsayısı kullanımını öneren ilk yönetmeliklerden biridir. Büyütme katsayısı için önerilen ilişkiler aşağıdaki gibidir.

$$\beta_v = 0.9 + N/10 \qquad N \leq 6 \tag{1a}$$

$$\beta_v = 1.3 + N/30 \qquad N > 6 \tag{1b}$$

Burada N bina kat sayısıdır. Bu ilişki N<15 için geçerlidir ve büyütme katsayısı için önerilen üst sınır 1.8'dir. Türkiye Deprem Yönetmeliğinde (DBYBHY, 2007) perdeli sistemlerin tasarımında yüksek modların taban kesme kuvveti üzerindeki etkisini dikkate almak için kullanılan dinamik büyütme katsayısı çok genel bir şekilde β_v = 1.5 olarak ifade edilmiştir. EC8 (2005) Keintzel (1990) tarafından önerilen bağıntıyı kullanmaktadır.

$$\varepsilon = q\sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q}\cdot\frac{M_{Rd}}{M_{Ed}}\right)^2 + 0.1\cdot\left(\frac{S_e(T_c)}{S_e(T_1)}\right)^2} \le q \qquad (2)$$

Burada γ_{Rd} = 1.2 donatıda pekleşme sonucu oluşan rezerv dayanım, M_{Rd} moment kapasitesi ve M_{Ed} tasarım momenti, T_1 bina birinci periyodu, T_c spektrum köşe periyodu ve $S_e(T)$ elastik spektrum ordinatıdır.

Bugüne kadar bu problemin araştırılmasında kullanılan yaklaşımlar çoğunlukla tek başına ele alınan konsol perde elemanlarının dinamik yöntemlerle analizini içermektedir (Amaris, 2002; Ghosh, 1992). Konsol davranışıyla (eğilme) perde-perde ve perde-çerçeve etkileşimini modellemek mümkün değildir. Yüksek modlar, narin (yükseklik/perde boyu) konsol modelde çok kolay ortaya çıkabildiği için, bu tür modelleri kullanan çalışmalardan elde edilen dinamik büyütme katsayıları da gerçekçi olmayan büyük değerler alabilmektedir. Dolayısıyla konunun incelenmesi için gerçekçi modelleme kıstaslarına ihtiyaç vardır. Bu çalışmanın amacı perde-çerçeve sistemlerde tasarım depremi altında perde tabanında gerekli kesme dayanımını belirlemektir. Bu amaçla basitleştirilmiş perde-çerçeve modeller üzerinde lineer olmayan dinamik hesaplamalarla geniş kapsamlı bir parametrik çalışma gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ışığında deprem yükü azaltma katsayısı ve kat sayısına bağlı olarak dinamik büyütme katsayısını veren basit bir bağıntı önerilmiştir.

2. PARAMETRİK ÇALIŞMA İÇİN OLUŞTURULAN ANALİTİK ÇERÇEVE

Bu çalışmada kullanılan analitik çerçeve üç temel başlık altında ifade edilebilir.

- Zaman-tanım alanında hesap yöntemiyle kullanılacak etkili ancak basit tek perde-eşdeğer çerçeve hesap modeli üretilmesi.
- Bu modellerin rijitlik ve dayanımlarının hesaplanması ve dinamik özelliklerinin belirlenmesi için perde-çerçeve sistemlerin diferansiyel denklem yöntemiyle çözümüne dayanan tasarım yöntemi geliştirilmesi.
- Tasarımdan gelen kapasite ve sismik talep karşılaştırılarak elde edilen kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısının istatiki yöntemlerle değişik perde tasarım parametreleri ile ilişkisinin incelenmesi.

2.1. Temsili perde-çerçeve bina modeli

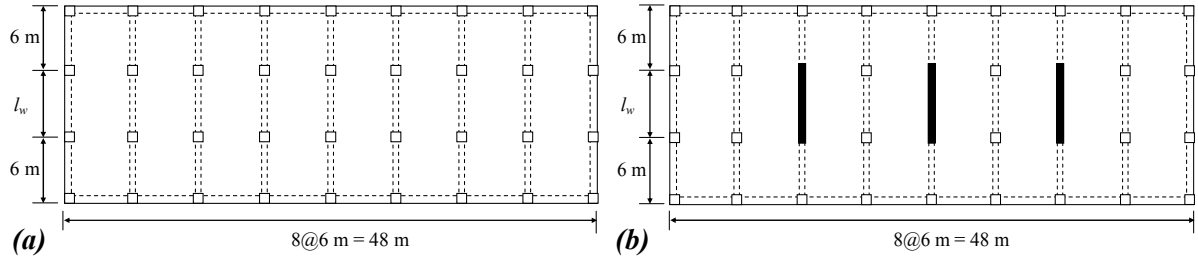
Şekil 1(a)'da planı verilen çerçeve sistem tüm perde-çerçeve sistemler için temel model olarak alınmıştır. Yapı kısa doğrultuda 9 adet 3-açıklıklı, uzun doğrultuda 4 adet 8-açıklıklı çerçeveden oluşmaktadır. Şekil 1(b)'de kısa doğrultudaki çerçevelerin arasına değişik sayıda perde yerleştirilerek farklı perde-çerçeve etkileşim oranlarının elde edilmesi düşünülmüştür. Bu şekilde, toplam kat sayısı, perde sayısı ve perde boyu değiştirilerek değişik derecelerde etkileşim içinde olan perde-çerçeve modelleri elde edilmiştir. Bu varyasyonların amacı perde-çerçeve etkileşimini ve sistemdeki perde miktarını ölçecek etkili parametreler belirlemek ve bunların kesme kuvveti üzerinde gerçekleşecek dinamik artışa etkisini incelemektir. Bu amaçla kullanılacak parametrelerden birisi perde oranı (p) olarak adlandırılan plandaki toplam perde alanının bina oturma alanına oranıdır $p= A_w/A_f$.

Sonraki aşama elde edilen bu sistemlerin basitleştirilmiş hesap modellerinin üretilmesi olmuştur. Bu modellerin tek bir perde ve ona karşı gelen eşdeğer çerçeveden oluşması arzulanmaktadır. Modeller oluşturulurken her bir perdeye düşen eşdeğer çerçevenin rijitlik ve dayanım özelliklerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu modeller oluşturulurken parametrelerin belirlenmesi ve karakterize edilmesinde çift sistemlerin kesme-eğilme kirişi olarak modellenip diferansiyel denklem yöntemiyle çözülmesine benzer bir yöntem geliştirilmiştir. Bu amaçla Kazaz ve Gülkan (2012) tarafından geliştirilen diferansiyel denklem çözümleri kullanılmıştır. Yöntem rijitlik ve

dayanımın bina yüksekliği boyunca aynı olduğu ve olmadığı durumları kapsayacak şekilde üçgen ve düzgün yayılı yükler altında çözümler sunmaktadır. Ana diferansiyel denklem aşağıda verildiği gibidir.

$$\frac{d^4y}{dx^4} - \alpha^2 \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{w(x)}{EI} \qquad \text{burada} \qquad \alpha^2 = \frac{GA+\eta}{EI} \tag{3}$$

olarak ifade edilmekte, GA çerçevelerin kayma rijitliğini, EI perdelerin toplam eğilme rijitliğini ve η perdelere bağlanan kirişlerin çerçevelerin kayma rijitliğine katkısını temsil eder. Görüldüğü gibi perde çerçeve sistemlerin davranışını α parametresi ile ifade etmek mümkündür. Öte yandan bina yüksekliği ile çarpılarak elde edilen αH parametresi perde-çerçeve sistemlerin davranış şeklini ve baskın deformasyon modunu belirler.



Şekil 1. (a) Temsili çerçeve sistemin kalıp planı, (b) Perde-çerçeve sistem

Şekil 1'de verilen kat planı temel alınarak αH değeri için tipik değerler elde edilmiştir. Bu değerleri elde etmek için 3, 5 ve 8 m boyunda perdeler değişik sayılarda (1, 2, 3, 4, 5, 7 ve 9) kısa doğrultuda orta açıklığa yerleştirilmiştir. Perde davranışında perde yüksekliğinin perde boyuna oranı (H_w/L_w) perde kırılma şeklini belirleyen en etkin parametre olduğundan Şekil 1'de verilen planda her bir perde konfigürasyonu için 4-, 8- ve 12- katlı modeller üretilmiştir. Katlar arası mesafe tüm modellerde sabit 3 m olarak alınmıştır. Modelin çerçeve kısmında tüm kolon elemanlarının 0.6x0.6m ve kirişlerin 0.4/0.6 m kesit boyutlarında olduğu varsayılmıştır. Hesaplamalarda kirişlerin çatlamış kesit rijitlikleri kullanılmıştır. Şekil 2'de bu modellerden elde edilen perde oranı davranış katsayısı ilişkisi çizdirilmiştir.

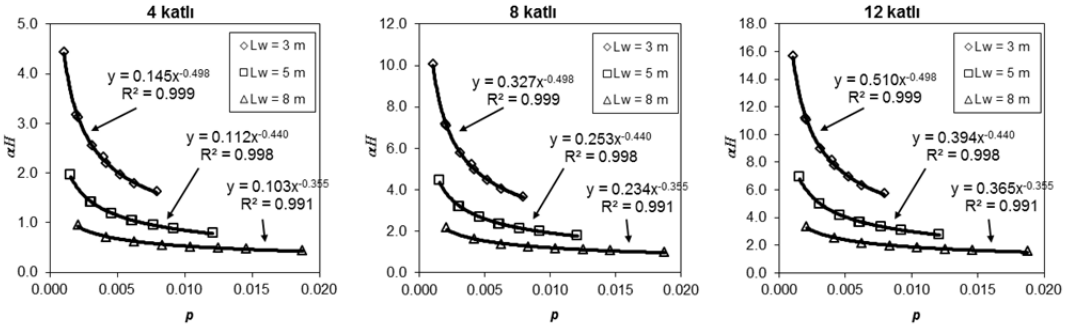
2.2. Modellerin tasarımı

Aşağıda parametrik çalışmada kullanılacak modellerin tasarımında izlenen yöntem şöyle açıklanabilir. Oluşturulan tek perde-eşdeğer çerçeve modelleri öncelikli olarak bir perde oranı (p) ve davranış katsayısı αH ile karakterize edilmiştir. Kazaz ve Gülkan (2012) da tanımlanan diferansiyel denklem çözümleri kullanılarak perdelerin deprem yükleri altında oluşacak etkilere karşı koyması için gerekli donatı miktarları hesaplanmıştır. Perdelerin tasarımında Deprem Yönetmeliği (2007) eşdeğer statik deprem yükü yöntemi kullanılmıştır.

1. Öncelikli olarak bir perde boy (L_w) ve perde oranı (p) seçilir.
2. Bina katsayısı N belirlenir.
3. Şekil 2'de verilen ilişkiler kullanılarak davranış katsayısı belirlenir, αH.
4. Kazaz ve Yakut (2010) tarafından perdeli-çerçeveli yapıların ana titreşim periyodunu hesaplamak için önerilen aşağıdaki bağıntı ile model periyodu belirlenir

$$T = 0.00406 \frac{H_w}{L_w} N \frac{1}{\sqrt{p\left(1.875^2 + (\alpha H)^2\right)}} \tag{4}$$

5. Varsayılan perde oranı p için pere başına düşen kat alanı $A_f = pL_w t_w$ olarak hesaplanır. Bu çalışmada tüm modellerde perde kalınlığı t_w=250 mm olarak alınmıştır.



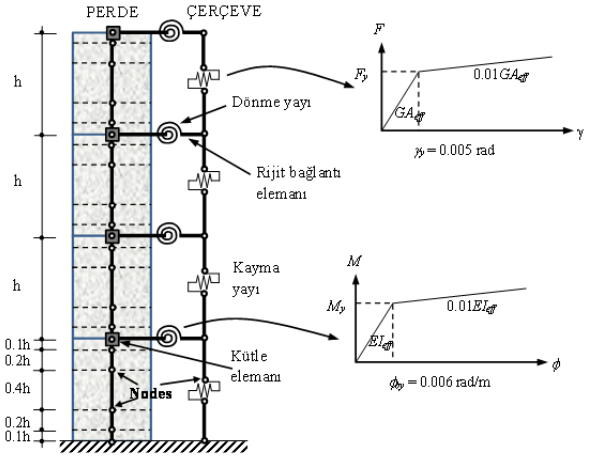
Şekil 2. Modellerden elde edilen perde oranı davranış katsayısı ilişkisi

6. Kat kütleleri $m_s = A_f$.(1 t/m^2) şeklinde hesaplanır. Binanın artık belli bir kısmını temsil eden model için toplam ağırlık W=$N.m_s.g$ olarak hesaplanabilir. Bu şekilde hesaplanan toplam kat kütlesi eşdeğer alan ve hedef periyodu verecek şekilde ayarlanan kat kütlesine göre çok daha gerçekçi bir yaklaşım sunmaktadır.
7. Hedeflenen deprem yükü azaltma katsayısı R=6 olarak alınmıştır. Ancak minimum donatı sınırlamalarına bağlı olarak özellikle perde oranı arttıkça tasarım sonrası ortaya çıkan R faktörü hedeflenenden oldukça küçük olabilmektedir. Bu aşamada Deprem Yönetmeliği Bölüm "*2.7. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi*" başlığı altındaki bağıntılar kullanılarak toplam deprem yükü V_t hesaplanabilir.
8. Toplam deprem yükü üçgen yayılı yük dağılımına çevrilerek Denklem (3)'te verilen diferansiyel denklemin çözümünden elde edilen perde moment ve kesme kuvveti bağıntıları ile perde boyunca tasarım yükleri belirlenir. Deprem Yönetmeliği Bölüm "3.6.6. Tasarım Eğilme Momentleri ve Kesme Kuvvetleri" başlığına göre perde tasarım yükleri dağıtılır. Perde kesiti Deprem Yönetmeliğine uygun olarak düzenlenmiştir.
9. Eşdeğer çerçeve için tasarım kesme kuvveti bina yüksekliği boyunca yanal deprem yük ve perde yükü arasındaki fark olarak alınır.
10. Alçak ve orta seviyede binalar için perde tabanında pratikte rapor edilen eksenel yük oranları $0 < P / A_w f_c \le 0.15$ aralığında değişmektedir (Priestley vd., 2007). Basit olarak her bir katta perdelerin %1~1.25 seviyesinde eksenel yük oranlarına maruz kaldığı düşünülebilir. Dolayısıyla hesaplamalarda uygulanan düşey yükler 4-, 8- ve 12-katlı modeller için perde tabanında sırasıyla 0.05, 0.10 ve 0.15 seviyelerinde eksenel yük verecek şekilde ayarlanmıştır.

2.3. Perde-çerçeve modeli

Parametrik çalışmada oluşturulan modeller 0.002-0.02 aralığında perde oranına sahip perde-çerçeve sistemleri temsil eder. Şekil 3'te gösterilen kiriş ve yay (link) tipi sonlu elemanlardan oluşan basitleştirilmiş eğilme-kesme kirişi modeli "nonlineer" dinamik analizlerde kullanılmak üzere Seismostruct hesap programında oluşturulmuştur. Perde elemanları geometrik ve malzeme doğrusal olmama durumlarını hesaba katan 3-boyutlu kolon-kiriş elemanları ile modellenmiştir. Bu elemanlar birim gerileme-şekil değiştirme ilişkisi şeklinde girilen beton ve çelik malzeme bilgisini kullanarak eleman davranışını kesit düzeyinde hesaplar. Modelin çerçeve bileşeni sadece kesme kuvveti etkisinde olacak şekilde rijitlikleri arttırılmış elastik kiriş elemanlarının kayma yayları ile bağlanması ile elde edilmiştir. Daha sonra eğilme ve kayma kirişlerini temsil eden bu elamanlar eksenel rijit bağlantı elemanlarıyla her kat seviyesinde birbirine bağlanmıştır. Bu bağ elemanlarında perdelere bağlanan kirişlerin aktardığı momentlerin etkisini dikkate almak için perde düzlemine dik doğrultudaki moment bileşeni perde kirişlerinin eşdeğer moment davranışını modelleyecek şekilde kullanılmıştır. Modelde perde elemanlarının davranışı birim şekil değiştirme-gerilme ilişkisi şeklinde tanımlanırken, çerçeveyi ve kirişleri temsile eden yayların davranışı yük-deformasyon eğrisi şeklinde girilmiştir. Her katın kesme kuvveti-yanal yer

değiştirme ve kirişlerin moment-dönme açısı ilişkisi Takeda modeliyle temsil edilmiştir. Çerçevelerin akma anında ötelenme oranı literatürdeki değerlerin bir ortalaması olarak %0.55 alınmıştır. Priestley vd. (2007) tarafından önerilen bağıntıya $\phi_{by} = 1.7\varepsilon_y / h_b$ göre kirişlerin akma eğriliği 0.006 rad/m olarak alınmıştır. Yük-deformasyon eğrilerinde akma dayanımları Deprem Yönetmeliği eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen kuvvet ve momentlere göre belirlenmiştir.



Şekil 3. Tek perde-eşdeğer çerçeve sonlu eleman modeli

3. YER HAREKETİ

Dinamik analizlerde kullanılacak yer hareketlerinin Deprem Yönetmeliğinde verilen tasarım spektrumu ile uyumlu olması düşünülmüştür. Temel alınan tasarım spektrumu sert toprak zeminde (Z3) 50 yılda aşılma ihtimali yüzde 10 olan yer hareketini temsil eder. Etkin yer ivmesi 0.4 g olarak alınmıştır. Tasarım spektrumu ve seçilen yer hareketlerinin eşleştirilmesinde aşağıda verilen bağıntı kullanılmıştır.

$$D_{rms} = \frac{1}{n}\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{SA_o(T_i)}{PGA_o} - \frac{SA_S(T_i)}{PGA_S}\right)^2} \tag{5}$$

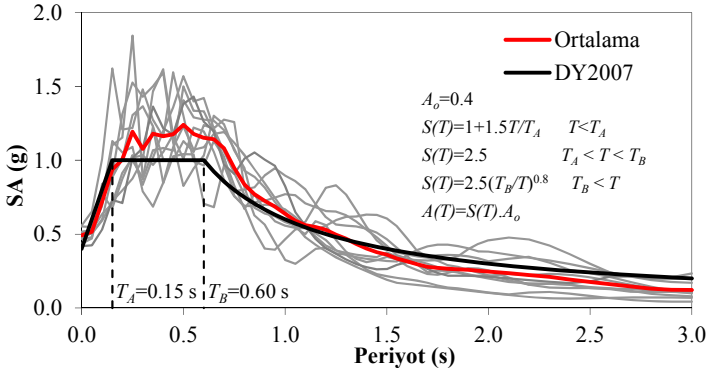
Burada n spektrum şeklini oluşturmakta kullanılan nokta sayısı, $SA_o(T_i)$ deprem kaydının ivme spektrumundan T_i periyodunda elde edilen spektral ivme, $SA_S(T_i)$ aynı periyotta tasarım spektrumu ivmesi, PGA_o ve PGA_s sırasıyla kaydın maksimum yer ivmesi ve tasarım spektrumumda hedeflenen etkin yer ivmesidir. D_{rms} değeri küçüldükçe kaydın spektral şekli ile hedef spektral şekil arasındaki uyuşma artar. Öte yandan seçilen ivme kaydının spektral şekli ile hedef şekil eşleşmesine rağmen, şiddetleri arasında büyük farklar olabilir. Bunun için hedef ve eşleşen spektrumların 0.1s, 0.4s ve 0.85s periyotlarındaki ordinatların oranlarının ortalaması olarak tanımlanan bir ölçek kullanılmıştır.

$$SF_{Spect} = \frac{1}{3}\left(\frac{SA_S(T=0.1s)}{SA_o(T=0.1s)} + \frac{SA_S(T=0.4s)}{SA_o(T=0.4s)} + \frac{SA_S(T=0.85s)}{SA_o(T=0.85s)}\right) \tag{6}$$

Bu çalışmada kullanılan yer ivmesi kayıtları Kazaz'da (2010) derlenen kayıtlar arasından D_{rms}<0.3 ve SF_{Spect}<3 olacak şekilde seçilmiştir. Tablo 1'de bu kriterlere uyan 10 ivme kaydı verilmiştir. Şekil 4'te bu kayıtlardan elde edilen ivme spektrumu ve tasarım ivme spektrumu gösterilmektedir.

Tablo 1. Seçilen yer ivmesi kayıtlarının katalog bilgisi

No	Deprem	Yıl	M_w	İstasyon	R (km)	PGA (cm/s^2)	PGV (cm/s)	SF_{Spec}	D_{rms}
1	Imperial Valley	1979	6.5	Keystone Rd., El Centro Array #2	16.2	309	32.7	1.77	0.23
2	Kocaeli	1999	7.4	Duzce	17.1	308	50.7	1.52	0.17
3	Northridge	1994	6.7	Los Angeles, Brentwood V.A. Ho.	23.1	182	24.0	2.69	0.16
4	Northridge	1994	6.7	Pacoima-Kagel Canyon	10.6	424	50.9	1.20	0.09
5	Whittier Narrows	1987	6.1	7420 Jaboneria, Bell Gardens	16.4	216	28.0	1.98	0.26
6	Cape Mendocino	1992	7.1	89324 Rio Dell Overpass - FF	18.5	378	43.9	1.43	0.18
7	Northridge	1994	6.7	24389 LA - Century City CC North	25.7	218	25.2	2.11	0.27
8	Northridge	1994	6.7	24283 Moorpark - Fire Sta.	28	189	20.2	2.56	0.23
9	Loma Prieta	1989	6.9	Hollister Differential Array	25.8	274	35.6	1.47	0.29
10	Northridge	1994	6.7	LA - Fletcher Dr.	29.5	235	26.2	2.00	0.21



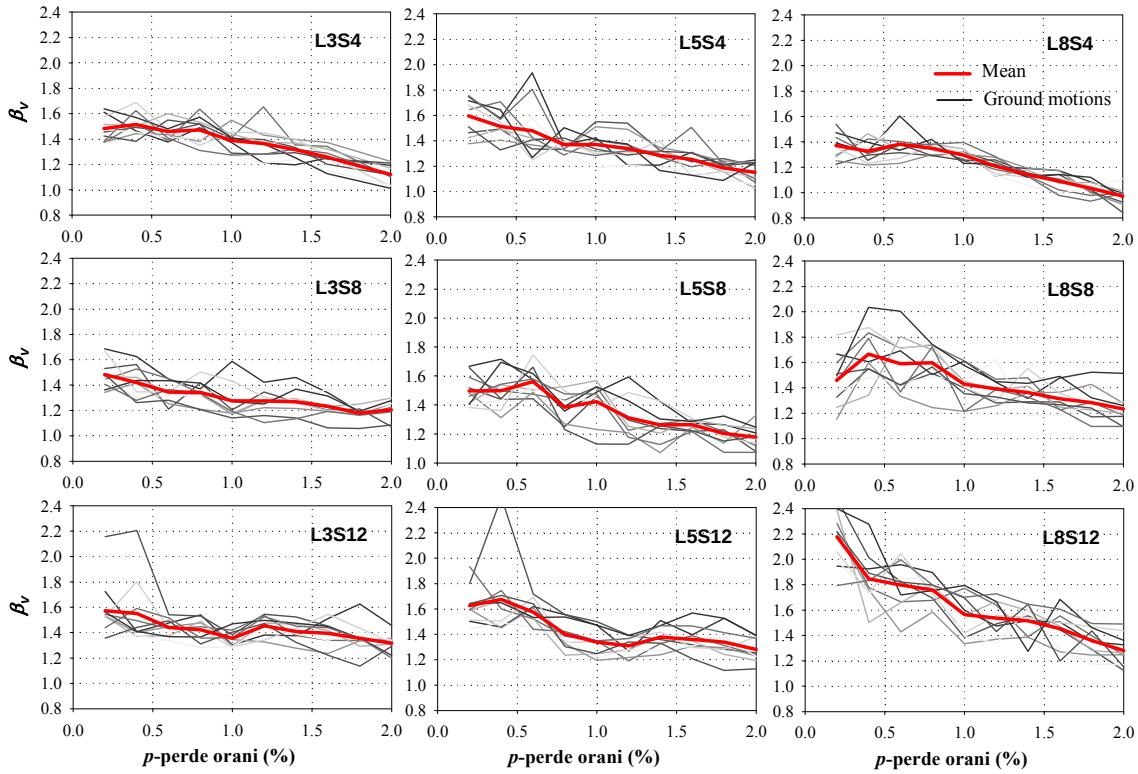
Şekil 4. Seçilen kayıtların ölçeklenmiş ivme spektrumları

4. DİNAMİK KESME KUVVETİ BÜYÜTME KATSAYISI

Şekil 3'te gösterilen model ve Tablo 1'de listelenen ölçeklenmiş deprem kayıtları kullanılarak zaman-tanım alanında hesap yöntemiyle "nonlineer" analizler gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'te perdelerin tabanında oluşan dinamik büyütme etkisi perde oranına başlı olarak verilmektedir. Perde kesme kuvvetinde dinamik büyütme katsayısı Denklem (7)'de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$\beta_v = V_{dyn} / V_{st} \tag{7}$$

Statik kesme kuvveti V_{st} yönetmelik tarafından tanımlanan eşdeğer deprem yükü altında perde tabanında itme analiziyle elde edilmiştir. V_{dyn} deprem analizinde perde tabanında hesaplanan en büyük dinamik kesme kuvvetidir. Görüldüğü gibi perde oranı arttıkça yani deprem yükleri tamamen perdeler tarafından taşındıkça ve perde-çerçeve etkileşimi azaldıkça büyütme katsayısı azalmaktadır. Dinamik büyütme katsayısı yaklaşık olarak 1.5 mertebelerinden yaklaşık olarak 1'e doğru inmektedir. Ancak bu azalmada en önemli etken perde oranı arttıkça çift sistemlerin gerek perde gerekse çerçeve kısmında mevcut dayanımın tasarımda öngörülenden daha büyük olmasıdır. Perde oranı arttıkça perdeler yanal yüklerin tamamını almakta, çerçeve ve perdelerde minimum donatı koşulları yeterli olmaktadır. Hatırlanacağı üzere tasarımda kullanılan deprem yükü azaltma katsayısı R=6 iken perde oranı arttıkça bu değer azalmaktadır. Bütün bu gözlemler ışığında, perde çerçeveli sistemlerde kesme kuvvetinde dinamik yükler altında büyümenin aslen sistemde oluşan lineer ötesi davranışın (hasar, ötelenme talebi) derecesiyle ilgili olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 5. Kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısının (β_v) perde oranı ve kata sayısına göre değişimi

Hesap sonuçları ışığında perde perde-çerçeve sistemlerde dinamik büyütme katsayısının hesabı için yeni bir denklem önerilmiştir. Perde tabanında hesaplanan ortalama dinamik büyütme katsayısı perde oranı (p), dayanım azaltma katsayısı (R) ve kat sayısının fonksiyonu olarak (N) Şekil 6'da verilmektedir. Şekilde görüldüğü üzere, incelenen tüm parametreler dinamik büyütme katsayısı ile belli bir derecede korelasyon içerisindedir. Binada kat sayısı (periyot) ve dayanım azaltma katsayısı arttıkça dinamik büyütme katsayısı da artmaktadır. Öte yandan perde oranı arttıkça büyütme etkisinin azaldığı gözlemlenmektedir. Ancak yukarıda açıklandığı üzere p ve R parametreleri birbirleriyle doğrudan alakalı olduğundan bu parametrelerden sadece R dikkate alınacaktır. R ve N parametreleri kullanılarak dinamik büyütme katsayısının hesabı için regresyon analizi yapıldı. Şekil 6(c)'de görüldüğü üzere R=2 değerinin sağında ve solunda iki farklı lineer eğilim gözlemlendiğinden veri iki farklı kümede incelenmiştir. Lineer regresyon tekniğiyle dinamik büyütme katsayısının hesabı için aşağıdaki bağıntılar elde edilmiştir.

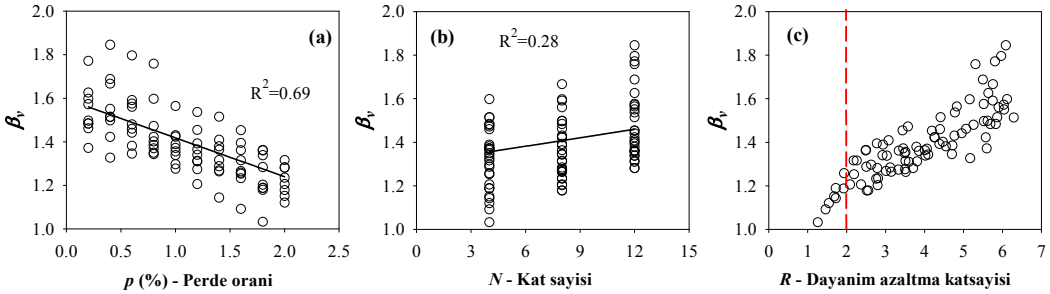
$$\beta_v = 0.95 + 0.01N + 0.1R \qquad R > 2 \tag{8a}$$

$$\beta_v = 1 + (R-1)(0.15 + 0.01N) \qquad R \le 2 \tag{8b}$$

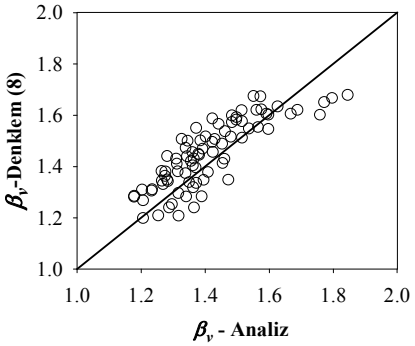
Sonlu eleman hesaplamalarından gelen dinamik büyütme katsayılarının önerilen bağıntılarla kestirilen değerlerle karşılaştırması Şekil 7'de verilmiştir.

5. SONUÇLAR

Önerilen denklemde dinamik büyütme katsayısını etkileyen en önemli faktör sistemde R ile temsil edilen lineer ötesi davranışın derecesidir. Bina kat sayısı ve periyodu ikinci derecede etkili parametrelerdir. Tabi ki burada gerçekleştirilen istatiki çalışma 12-katlı ve periyodu 1.5 saniye kadar olan binaları kapsamaktadır. Bu limitler dışındaki sistemlerde bu parametrelerin etkisi değişebilir.



Şekil 6. Dinamik büyütme katsayısının (a) perde oranı (b) kat sayısı, (c) dayanım azaltma katsayısı ile değişimi



Şekil 7. Denklem (8) ile kestirilen değerlerin hesaplamalardan gelen değerlerle karşılaştırılması

KAYNAKLAR

Amaris, A. (2002). Dynamic amplification of seismic moments and shear forces in cantilever walls. Yüksek Lisanz Tezi, Rose School, Italy.

DBYBHY (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.

EC8 (2005). Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance-Part 3: Assessment and Retrofitting of Buildings. BS EN 1998-3. Comité Européen de Normalisation, Brussels, Belgium.

Ghosh, S.K. (1992). Required shear strength of earthquake-resistant reinforced concrete shear walls. Nonlinear seismic analysis and design of reinforced concrete buildings, Elsevier, New York.

Kazaz, İ. (2010). Betonarme perdelerin dinamik ozellikleri ve performans değerlendirmesi. Doktora Tezi, İnşaat Müh. Bölümü, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Kazaz, İ. ve Yakut, A. (2010). Evaluation of period formula for shear wall buildings. 9th US National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Toronto, Canada.

Kazaz, İ. ve Gülkan, P. (2012). An improved frame-shear wall model: continuum approach. *The Structural Design of Tall and Special Buildings* **21:7**, 524-542.

Keintzel, E. (1990), Seismic Design Shear Forces in RC Cantilever Shear Wall Structures. European Earthquake Engineering, 3, 7-16.

NZS 3101: Concrete Structures Standard: The Design of Concrete Structures, Yeni Zelanda.

Priestley, M.J.N., Calvi, G.M., Kowalsky, M.J. (2007). Displacement-based seismic design of structures. IUSS Press, Pavia, Italy.

SeismoSoft (2007). SeismoStruct: A computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures (online), available from URL: http://www.seismosoft.com.