

Betonarme Çerçeve Yapılar İçin Güvenilirlik Esaslı Sismik Tasarımda Yük Katsayılarının Optimizasyonu

K. A. KORKMAZ

Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı Kaynaklar, İZMİR

Özet: Günümüzde güvenilirlik esaslı sismik tasarım, yapıların deprem davranışlarının belirlenmesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Güvenilirlik esaslı tasarım kriterleri, sadece bir elaman değil, tüm yapı için verilmiştir. Güvenilirlik esaslı sismik tasarımda kullanılan yük katsayıları, yapısal dayanım kriterlerine göre belirlenirken, seçilen amaç fonksiyonun en uygun değerinin sağlanması gerekmektedir. Bu çalışmada, betonarme çerçeve yapılar için güvenilirlik esaslı sismik tasarım üzerinde durulmuş ve güvenilirlik esaslı sismik tasarımda kullanılan yük katsayılarının betonarme çerçeve yapılarda farklı deprem verileri için en uygun değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. 3, 5, 8 ve 15 katlı dört adet betonarme çerçeve yapı ele alınarak her yapı için, sekiz farklı deprem verisi altında seçilen amaç fonksiyonunun en uygun değerine karşı gelen yük katsayıları elde edilmiştir. Bu şekilde güvenilirlik esaslı sismik tasarımda optimum yük katsayısı değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Optimum yük katsayılarının belirlenmesi güvenilirlik esaslı sismik tasarımda yapıların farklı koşullar altında yük değerlerindeki sapmaların azalmasını sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Güvenilirlik Esaslı Sismik Tasarım, Yük Katsayıları, Yük Katsayılarının Optimizasyonu

Determination of Load Factors for Reinforced Concrete Frame Structures in Reliability Based Seismic Design

Abstract : Reliability analysis method has very common usage in assessment of structures under earthquake. Reliability analysis methods are used to calculate the collapse limit state probabilities of not only elements but also the whole structure. Load factors in reliability analysis method depend on structural resistance criteria. The aim function is determined to sketch the optimum value of the load factors for reliability analysis. In this study, reliability based design methodology is given briefly and the method is applied on 3, 5, 8 and 15-story R/C frame structures. These structures are designed as representative structures. Collapse probabilities are used to determine the seismic load factors by means of optimization with respect to eight specific different earthquake data for these structures. It is aimed to determine the optimum load factor for seismic design. Via optimization of load factors, it is possible to decrease the misleading of the results in seismic analyses.

Key Words: Reliability Based Seismic Design, Load Factors, Optimization of Load Factors

Güvenilirlik Esaslı Sismik Analiz

Performansa bağlı analizde sismik tasarım için yapısal analiz prosedürleri günümüz sismik tasarım yapı şartnamelerinden, International Building Code, Standart Building Code, Applied Technology Council ATC55 ve Federal Emergency Management Agency FEMA356 gibi bir çok yapısal tasarım şartnamesinde detaylı olarak verilmiştir [1,2,3]. Birçok yapı şartnamesinde yer alan, depreme dayanıklı yapı tasarımı anlayışında, sismik analize göre tasarlanan yapılar için orta şiddetteki depremlerde yapısal hasar olmamalı ve büyük depremlerde de göçme olmamalı ilkeleri benimsenmiştir. Bu ilkeler doğrultusunda yapılacak tasarımlarda güvenilirlik parametreleri yapının davranışını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır [1,2,3].

Bu tasarım felsefesi, büyük depremlerde yapılarda, elastik ötesi şekil değiştirmelerin olmasına izin vermektedir. Bu

sebeple elastik ötesi tasarım yöntemleri şartnamelerde yer almaktadır.

Analizleri kolaylaştırmak için, doğrusal olmayan tasarıma gidilmektedir. Örneğin; yapı şartnamelerinde azaltma katsayısı (**R**) kesmeyi elastik seviyeden elastik ötesi kuvvet seviyesine düşürmek için kullanılır ve her yapı sistemi için **R** katsayısı belirlenir. Depreme dayanıklı yapı tasarımı, yapı ömrü süresince etkimesi mümkün olan depremlerin karakteristiklerinin tam olarak bilinmemesi sebebiyle karmaşık bir hal almaktadır. Bu karmaşıklık, alınan analitik modelin, yapının doğrusal olmayan davranışını tam olarak yansıtamamasından da kaynaklanmaktadır [4]. Malzeme dayanımlarındaki çeşitlilik, işçilik etkileri gibi etmenlerden dolayı, yapı kapasitesi tam olarak belirlenemez. Bu sebeple yapısal analizlere güvenilirlik esaslı analizlerin dahil edilmesi gereklidir [5].

Güvenilirlik esaslı analizde deprem yükleri, yapıların kapasitesi ve tepkisi, olasılıklı olarak ifadelendirilir. Olasılık bazlı veya genel adıyla “güvenilirlik bazlı” sismik tasarım, yapı şartnamelerindeki tüm belirsizlikleri içermelidir. Güvenilirlik katsayılarının kullanımı, yüklerde ve yapılardaki belirsizlikler sebebi ile olmaktadır. Birçok yapı şartnamesinde yer alan bu katsayılar, uzmanlarca belirlenmektedir. Analiz yöntemlerini gerçekçi kılmak için olasılık yöntemleri kullanılmalıdır [6].

Bugüne kadarki çalışmalarda, çeşitli yapı malzemeleri için yük katsayıları ve yük kombinasyonları içeren olasılık esaslı yük kriterleri geliştirilmiştir. Tüm malzemeler için belirli yük katsayılarının kullanımı, özellikle de yapımda birden çok malzeme kullanılması durumunda tasarım ilkelerini kolaylaştıracaktır. Statik ve dinamik yüklerin etkisinde kalan yapıların limit durum olasılıklarını tahmin etmek üzere, sonlu elemanları içeren güvenilirlik analiz yöntemleri gelişme düzeyindedir [7]. Günümüzde önemli bir hedef olarak tasarım kriterlerinin geliştirilmesi gösterilebilir.

Yöntem ve Metot

Bu çalışmada betonarme çerçeve yapılar için güvenilirlik esaslı sismik analiz yapılmıştır. Belirlenen güvenilirlik esaslı tasarım kriterleri ile çeşitli tasarım koşullarında yük katsayıları güvenilirlik esaslı sismik analizde belirlenmeye çalışılmıştır.

İzlenen Yol:

1. Çerçeve yapılarının Seçimi
2. Yapı yük analizi
3. Önerilen tasarım kriterlerine göre yapıların tasarımı
4. Yapıların sismik performansının belirlenmesi
5. Seçilen deprem verilerine göre optimizasyon yapılarak yük ve güvenlik katsayılarının belirlenmesi.

Yapıların yıllık limit durum ve olasılıklarının tahmini için güvenilirlik analiz metodları saptanması ve sismik yük katsayısının optimum değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çeşitli deprem etkileri altında yapıların tasarımına ait sismik yük katsayıları belirlenmesi güvenilirlik esaslı sismik analizin gerçekleştirilmesinde büyük rol oynamaktadır.

Yük Analizi

Betonarme Çerçeve yapı tasarımında, öncelikle tasarım yük etkilerine karşı dayanımın sağlanması gereklidir. Bu, yapıların deprem davranışlarının belirlenmesinde şartname olarak kullanılan ‘International Building Code’ gibi bir çok yapı şartnamesinde şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\Phi_i R_i \geq \gamma_{ji} L_1 + \dots + \gamma_{jn} L_n \quad (1)$$

(i= 1, 2,.....m)

Burada, L_1, L_2 : tasarım yük etkileri, γ_{ji} : j. yük kombinasyonu için yük katsayısı, R_i : i. limit durumu için nominal yapısal dayanım, Φ_i : dayanım katsayısı, n : göz önüne alınan toplam yük sayısı, m : toplam yük kombinasyonu sayısıdır

Denklem 1’de ölü, hareketli ve sismik yükler dikkate alındığında denklem şu şekilde yazılabilir,

$$\Phi_i R_i \geq \gamma_D D + \gamma_L L \pm \gamma_E E \quad (2)$$

Burada D : ölü yükleri, L : hareketli yükleri ve E : deprem yüklerini göstermektedir. Sol tarafta ise, Φ : dayanım katsayısını, R : nominal kapasiteyi göstermektedir. Genelde dayanım katsayıları, malzeme özellikleri ve limit koşullarına dayanmaktadır [1].

Ölü yüklerin ortalama değerleri yaklaşık olarak, nominal değerdedir ve ölü yüklerin değiştiği oldukça az görülür. ‘International Building Code’ içinde tanımlanan tasarım hareketli yük, genellikle en büyük değere yakındır. Hareketli yüklerin içinde alınan kat yükleri tasarım değerlerinden oldukça azdır. Eğer hareketli yük, yük kombinasyonunda ana yük değilse, en büyük hareketli yükü almak uygun değildir. Dolayısıyla, istenen zamandaki hareketli yük kullanılmalıdır. Yapı tasarımında oldukça önemli olan sismik yükün katıldığı yük kombinasyonu için hareketli yük katsayısını 0.5 almak uygundur. International Building Code gibi bir çok şartnamede bu ölü ve hareketli yük katsayıları şöyle belirtilmiştir [1]:

$$1.2 D + 0.5 L \pm \gamma_E E \quad (3)$$

$$0.9 D \pm \gamma_E E \quad (4)$$

Betonarme Çerçeve Yapıların Seçimi

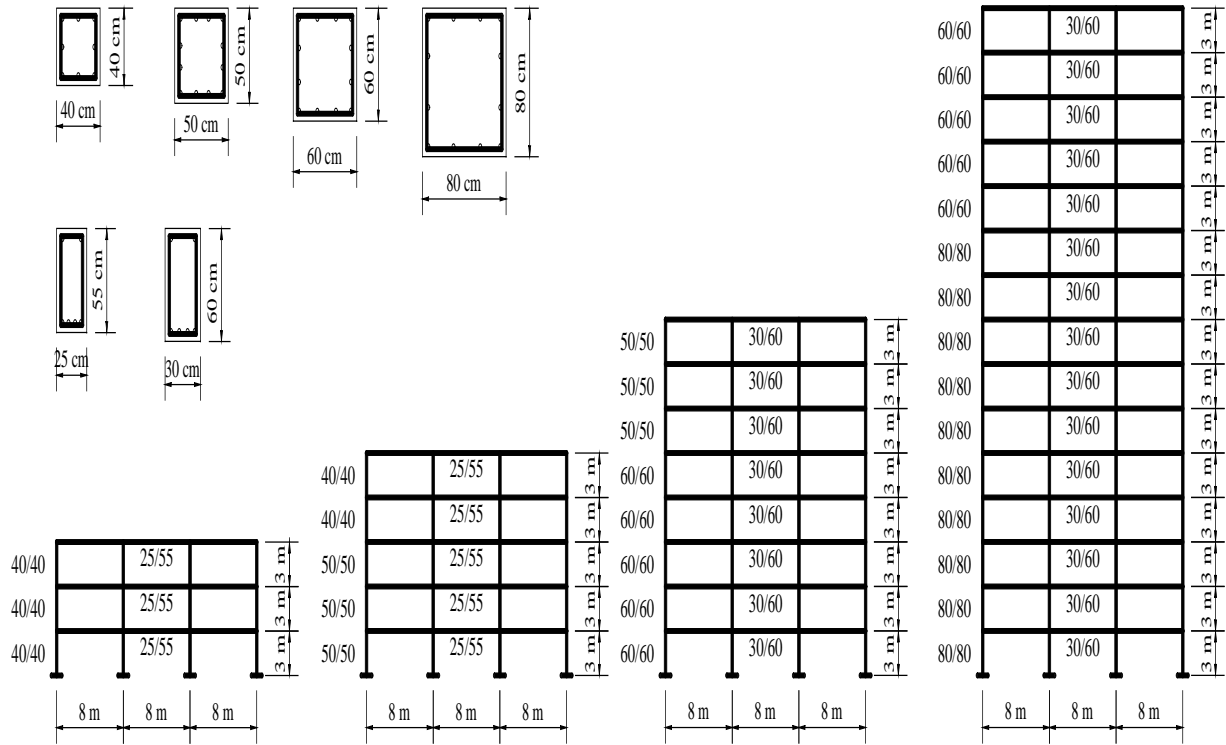
Analiz için 3, 5, 8 ve 15 katlı betonarme yapı çerçeveleri ele alınmıştır. Yapı eleman boyutları ve donatıları, afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik esaslarına uygun olarak yapılmıştır [8]. Tasarım için SAP 2000 analiz programı kullanılmıştır. Ele alınan yapı sistemleri Betonarme sıradan moment dayanımlı çerçeveler sınıfına girmektedir. Kiriş ve kolonlar üzerinde oluşturulan plastik mafsalların göçme mekanizmasına kadar dayandığı kabul edilmiştir. Yapıların önem katsayısı 1, zemin sınıfı ise Z1 olarak alınmıştır [9].

Ölü, hareketli ve sismik yükler tasarımda hesaba katılmıştır. Tüm betonarme çerçeve yapılar üç açıklıklı olarak ele alınmıştır. Her bir açıklık 800 cm olarak alınmıştır. Kat yüksekliği 300 cm’dir. Kolonların zemine ankastre olarak mesnetlendiği düşünülmüştür. Akma Dayanımı 22 kN/cm^2 , betonun basınç dayanımı ise 1.6 kN/cm^2 olarak alınmıştır.

3 katlı çerçeve yapı için, doğal periyodu 0.54 sn, çerçeve sistemin tüm kirişlerinin kesitleri dikdörtgen ve $25\text{cm} \times 55\text{cm}$ ’dir. Tüm kolon boyutları ise kare olarak

kesitleri 3 katlı sistemde olduğu gibi dikdörtgen ve 25cm*55cm'dir. Tüm kolon boyutları kare olarak tasarlanmış ve ilk üç kat için 50cm*50cm, son iki kat için ise 40cmx40cm'dir. 8 katlı ve 15 katlı yapıların periyodları sırasıyla 0.90 sn ve 1.20 s.'dir. Her iki sistem için de kiriş boyutları dikdörtgen ve 30cm*60cm'dir. 8 katlı sistemde kolon boyutları ilk beş

kat için 60cm*60cm iken son üç kat için 50cm*50cm'dir. 15 katlı yapı sistemi için ilk 8 katta 80cmx80cm ve son 7 katta 60cmx60cm olarak belirlenmiştir. Seçilen yapıların günümüz sıradan yapı tipini yansıtmaya önem verilmiştir. Seçilen yapıların, değişik kat yüksekliklerindeki yapıları da yansıtmaya amaçlanmıştır. Şekil 1'de seçilen yapıların şematik gösterimi verilmiştir. Çizelge 1'de optimizasyonda kullanılan deprem verileri verilmiştir.



Şekil 1. 3, 5, 8 ve 15 Katlı Betonarme Çerçeve Yapıların Şematik Gösterimi

Çizelge 1. Yük Katsayılarının Optimizasyonunda Kullanılan Deprem Verileri

No	Deprem	Tarih	İsim	Moment Büyüklüğü (M _w)	Yer Hızı (cm/s)	Yer İvmesi (g)	Odak Uzaklığı (km)	Fay Tipi
1	Parkfield	28/06/1966	C12320	5.6	6.8	0.0633	14.7	Yanal Atımlı
2	Morgan Hill	24/04/1984	GIL067	6.2	3.6	0.1144	16.2	Yanal Atımlı
3	Kocaeli	17/08/1999	ARC000	7.4	17.7	0.2188	17	Yanal Atımlı
4	Morgan Hill	24/04/1984	G06090	6.2	36.7	0.2920	11.8	Yanal Atımlı
5	Coyote Lake	06/08/1979	G06230	5.8	49.2	0.4339	3.1	Yanal Atımlı
6	Northridge	17/01/1994	ORR090	6.7	52.1	0.5683	22.6	Ters Eğik Atımlı
7	Loma Prieta	18/10/1989	CLS000	7.1	55.2	0.6437	5.1	Ters Oblik Atımlı
8	Kobe	16/01/1995	KJM000	6.9	79.3	0.8213	6.9	Yanal Atımlı

Yapının Sismik Performansının Değerlendirilmesi

Güvenilirlik esaslı analiz yöntemlerinin, sıradan moment dayanım çerçeve yapılarının performansını değerlendirmek için kullanılmasında öncelikle hangi yöntemin izleneceğine karar vermek gereklidir. Sismik hasar, limit durumu, doğrusal olmayan davranış, yapısal göçme mekanizması, deprem sırasında yapının deprem performansını izleyebilmek için güvenilirlik esaslı alaniz gerçekleştirilmektedir. Yapının gerçekçi modellenmesi ve her limit durumu için yapı davranışının belirlenmesi gereklidir. Model ile gerçek performans arasındaki fark bir belirsizlik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu belirsizlik analizlere belirli parametreler kullanılarak dahil edilebilmektedir [7]. Güvenilirlik esaslı performans analizlerinde, olasılık kavramının tam olarak oturtulması, aynı zamanda risk değerlendirme analizlerinin de yapılabilmesini sağlamaktadır. Riski oluşturan etkenlerin ortaya konmasında olasılık kavramları kullanılmaktadır. Kabul edilebilir risk seviyesinin belirlenmesi açısından olasılıklı analiz oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu analizlerde kullanılan yapısal kavramlar yapının olasılıklı kapasitesi ve tepkisi olarak iki ana başlıkta incelenebilir.

5.1. Olasılıklı Yapı Kapasitesi

Malzeme çeşitliliği, yapısal geometri ve işçilik, yapı kapasitesini etkileyen önemli Faktörlerdir. Bu sebeple, olasılıklı model, yapının gerçek davranışını daha iyi anlayabilmek için kullanılmaktadır. Genellikle olasılıklı yapı kapasitesinin log-normal dağılım gösterdiği kabul edilmektedir. Yapı kapasitesi, iki ana parametreye bağlıdır.

Bunlar; Medyan spektral kapasite değeri $\overline{S_{AK}}$ ve logaritmik standart sapma β_K 'dir.

$$S_{AK} = \text{Lognormal}(\overline{S_{AK}}; \beta_K) \quad (7)$$

Spektral ivme cinsinden medyan kapasitesi, kapasite spektrumu yönteminin ortalama değeri üzerine dayanan kapasite eğrisinden elde edilir. Bu metodda çerçeve sistemin yapısal yatay kuvvet kapasitesi, yapıya etkileyen yatay yüklerin adım artırılması ile yapı elemanlarının üzerinde oluşan plastik mafsallara göre elde edilir. İyi tasarlanmış yapılar için kesme kapasitesi, eğilme kapasitesinden daha büyüktür. Yapı elemanlarının eğilme göçmesine uğraması beklenir. Bu sebeple kirişlerin ve kolonların eğilme kapasiteleri yapısal elemanların gerçek kapasitelerini belirlemede kullanılır. Buna ilave olarak kolon kapasitelerinin değerleri yanal yüklerle değişim gösterir. Bu sebeple kiriş kapasiteleri aynı kalırken kolon kapasiteleri değişim gösterir. Logaritmik Standart sapma (β_K) 0.28 ile 0.30 arasındadır. Dolayısıyla $\beta_K = 0.30$ alınabilir [5,10].

Genel tasarım şartnameleri göz önüne alındığında, deprem sırasındaki yapı davranışının hem ilk akma hem de göçme limit durumları için kontrol edilmesi gereklidir. Çerçeve

5.2. Olasılıklı Yapı Tepkisi

Sismik yapı tepkisi sismik kaynaklardan, yerel zemin koşullarından, sönüm ve yapısal periyod gibi özelliklerden etkilenir. Olasılıklı yapı tepkisi S_{AT} lognormal dağılım kullanılarak elde edilmiştir.

$$S_{AT} = \text{Lognormal}(\overline{S_{AT}}; \beta_T) \quad (8)$$

$\overline{S_{AT}}$: Medyan spektral yapı tepkisi değeri; β_T : Yapı tepkisinin logaritmik standart sapmasıdır.

Tepki spektrumu, en büyük yer ivmesi ile normalize edilmiş tepki Spektrumunun çarpımı olarak ifadelendirilmiştir.

$$\overline{S_{AT}}: \text{medyan spektral tepki} = A_p * \overline{S_{An}} \quad (9)$$

A_p : en büyük yer ivmesi değeri

S_{An} : normalize edilmiş spektral ivmenin medyan değeri

S_{An} değeri, %5 sönüm oranlı normalize edilmiş tasarım tepki spektrumundan elde edilebilir. Eğer sönüm oranı %5'dan farklı ise sönüm uyarılma katsayısı Kullanılmalıdır. Betonarme yapılar için sönüm oranları %5 ile %10 arasında alınabilir.

Standart sapma spektrumu β_T hesaplanacak olursa, spektral ivme için β_T 0.35 alınmaktadır. Önceki çalışmalarda sönüm oranı için β_T 0.2 olarak elde edilmiştir. Yapısal periyodlar 0.3 olarak kabul edilebilir. Böylelikle yapısal periyodu ve sönüm oranı göz önüne alan $\beta_T = \sqrt{0.2^2 + 0.3^2} = 0.36$ olur.

Tepki spektrumunu ve yapısal özellikleri ele aldığımızda, $\beta_R = \sqrt{0.35^2 + 0.36^2} = 0.5$ olur.

5.3. Optimum Yük Katsayısının Belirlenmesi

Örnek yapılarda olduğu gibi limit durumu olasılıkları kabul edilebilir risk seviyesinde (hedeflenen limit durumu olasılıkları) olan yapılar için yük ve dayanım katsayıları kullanılabilir. Amaç fonksiyonu ile bu iki olasılık (limit durumu olasılıkları ve hedeflenen limit durumu olasılıkları) arasındaki fark anlaşılabilir. Amaç fonksiyonu yapının göçme limit durumu için;

$$\Omega(\gamma, \phi) = \left\{ \frac{\log(PF_{Cj}) - \log(PF_{CH})}{\log(PF_{CH})} \right\}^2 \quad (10)$$

PF_{CH} : Hedeflenen göçme limit durumu

PF_{Cj} : J. Örnek yapı için hesaplanan göçme limit durumu olasılığıdır [11].

yapılar için sismik yük faktörü 1.0'dır. Seçilen depremlerin en büyük yer ivmesi değerleri ise çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'de, optimizasyonda kullanılan deprem

verileri verilmiştir. Çerçeve yapılar, sıradan yapılardır. Bu tip yapılar için hedeflenen limit durumu olasılığı:

İlk akma için: $1/50$ /yıl ;

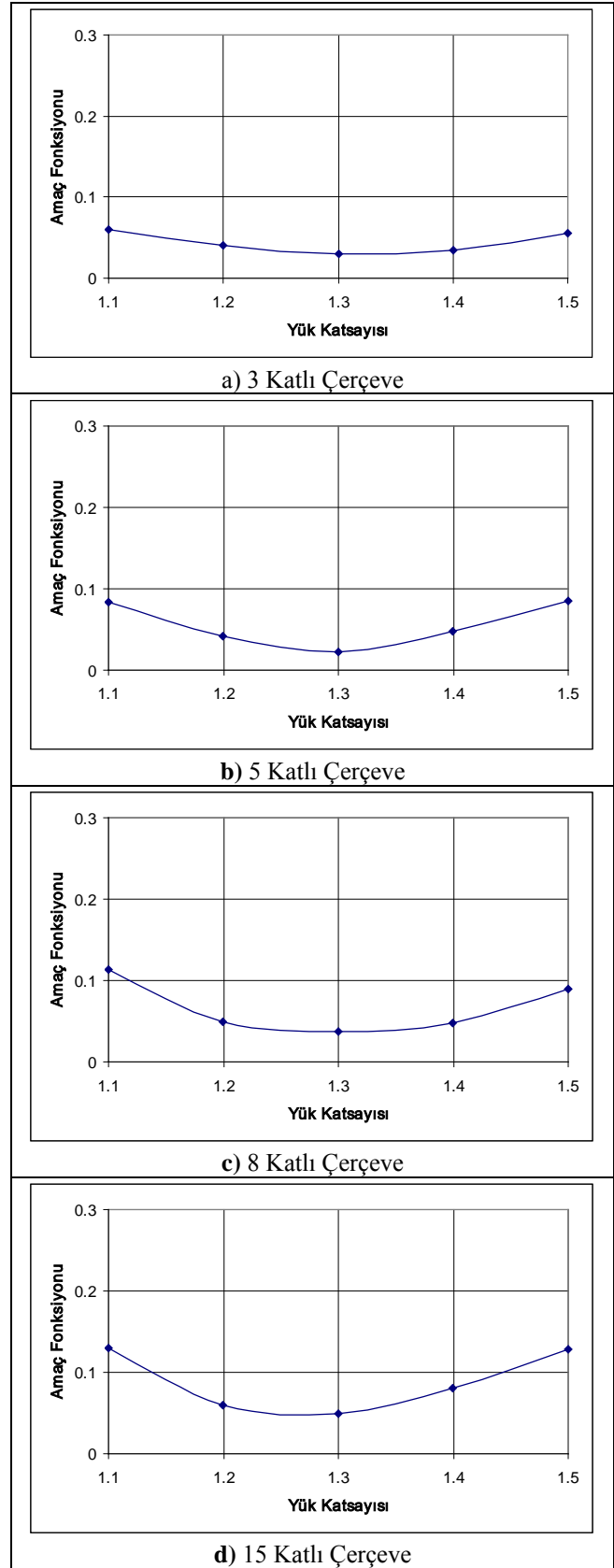
Göçme için: $1/1000$ /yıl'dır [12].

Deprem verileri kullanılarak, denklem 10'da verilen amaç fonksiyonu için yük katsayılarının değerleri bulunmuştur. Ele alınan sekiz deprem verisi için şekil 2 ile şekil 9 arasında 3, 5, 8 ve 15 katlı betonarme çerçeve yapılar için amaç fonksiyonlarının eğrileri çizdirilmiştir.

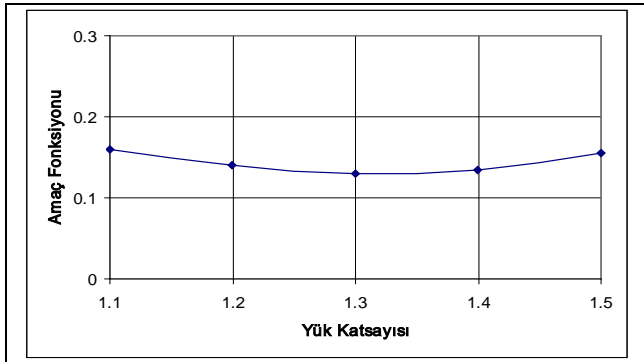
Seçilen amaç fonksiyonu, göçme limit durumları için minimize edilmeye çalışılmış ve bu minimizasyonu sağlayan sismik yük katsayıları belirlenmiştir. Sismik yük katsayısının optimum değerini elde etmek için, limit durumu aşılma olasılıkları kullanılarak belirlenen amaç fonksiyonu Ω (min) her bir sismik yük katsayısı değeri için elde edilir. Sismik yük katsayılarına karşı gelen amaç fonksiyonu Ω (min) grafikleri elde edilmiştir. Bu grafiklerden hem optimum değerler hem de yük katsayılarına karşı gelen amaç fonksiyonu değerleri elde edilebilmektedir. Bu grafiklerin kullanımıyla yük katsayısı değerine karşı gelen amaç fonksiyonu değeri belirlenebilir.

Sekiz deprem verisi için sismik yük katsayısına, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 değerleri verilerek, amaç fonksiyonlarının hem en büyük yer ivmesi için hem de en büyük yer hızı için en küçük Ω (min) değerleri elde edilmiştir. Amaç fonksiyonun en düşük değerde olduğu nokta, amaç fonksiyonunun minimize edildiği noktayı göstermektedir. Amaç fonksiyonun minimize edilmesi yapının sismik analizinde kullanılan yük katsayılarının en uygun değerinin elde edilmesini sağlamaktadır.

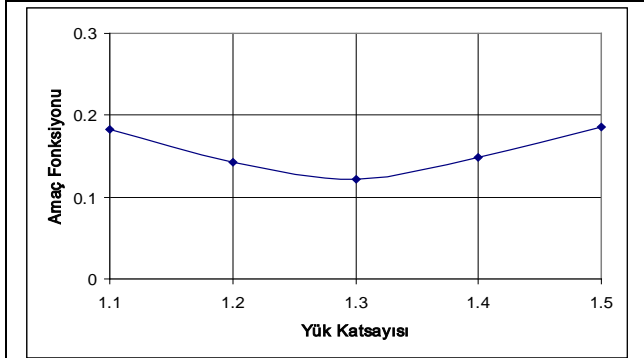
Elde edilen grafikler farklı deprem verileri için denklem 10 ile hesaplanan amaç fonksiyonuna karşı gelen yük katsayılarını göstermektedir. Bu grafikler her bir yapı için ayrı ayrı çizdirilmiştir. Her yapı için elde edilen amaç fonksiyonlarına karşı gelen optimum yük katsayısı belirlenmiştir. Betonarme çerçeve yapılar için elde edilen bu optimum katsayılar sismik analizde kullanılacak katsayılardır. Analizlerde kullanılması en uygun olan katsayı 1.2 ile 1.3 arasında değişmektedir. Dolayısıyla katsayıların 1.2 veya 1.3 olarak seçilmesi uygun olacaktır.



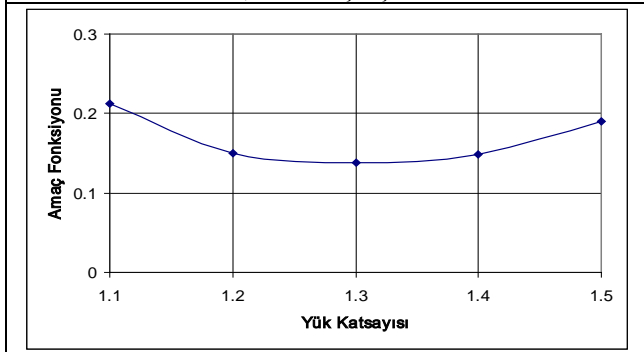
Şekil 2. Çerçeve Yapıların Morgan Hill - GIL067 0.1144g) Deprem Verisine Göre Yük Katsayılarının Optimizasyonu



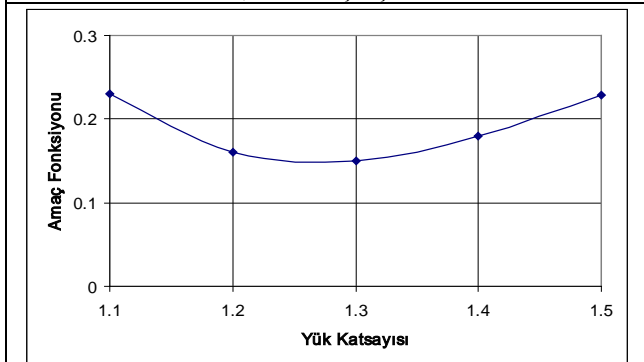
a) 3 Katlı Çerçeve



b) 5 Katlı Çerçeve

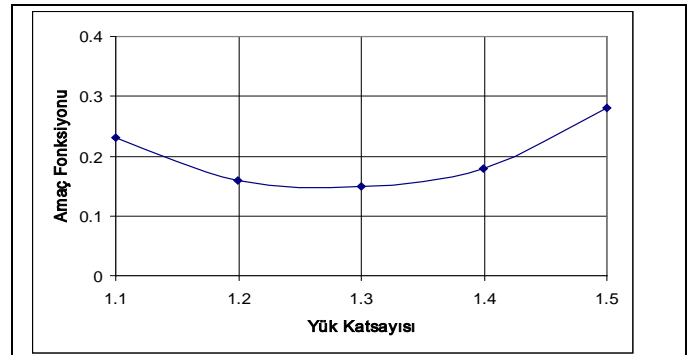


c) 8 Katlı Çerçeve

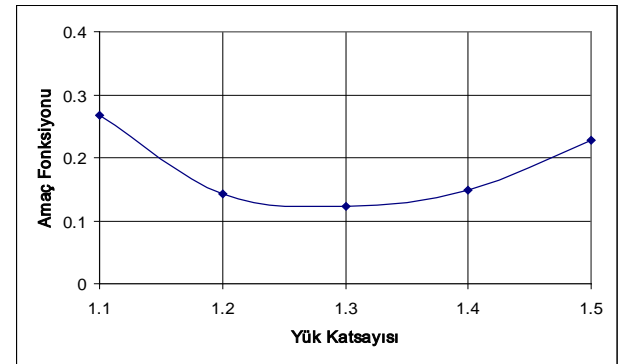


d) 15 Katlı Çerçeve

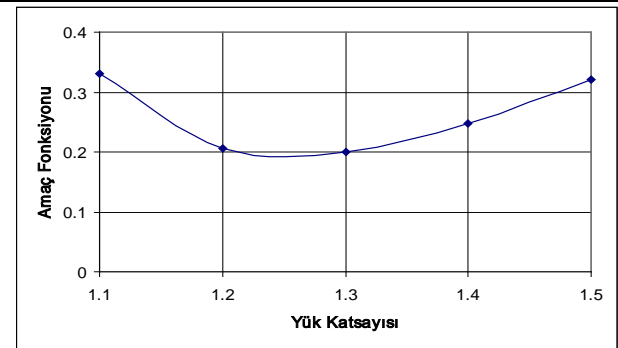
Şekil 3. Çerçeve Yapıların Morgan Hill – G06090 (0.2920g) Deprem Verisine Göre Yük Katsayılarının Optimizasyonu



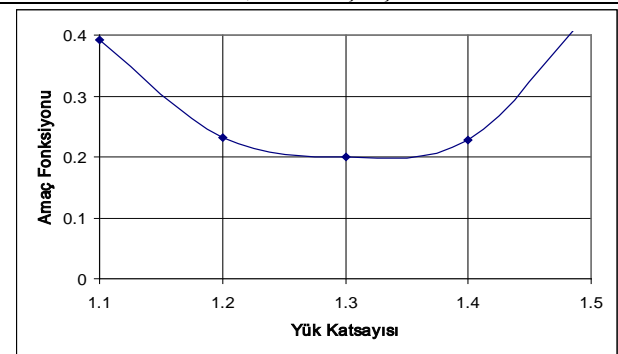
a) 3 Katlı Çerçeve



b) 5 Katlı Çerçeve

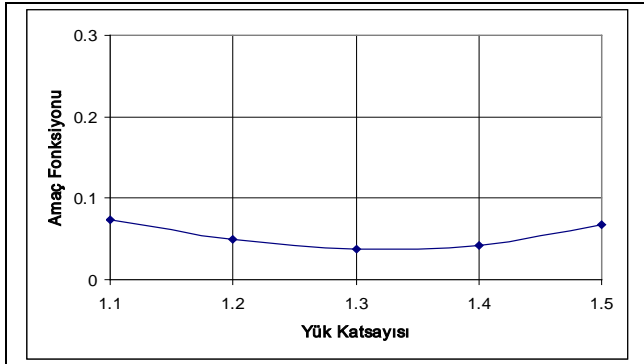


c) 8 Katlı Çerçeve

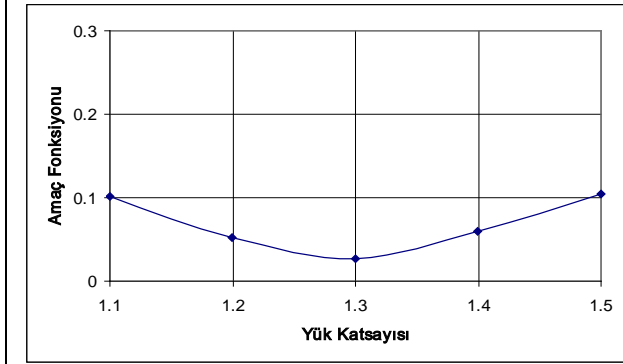


d) 15 Katlı Çerçeve

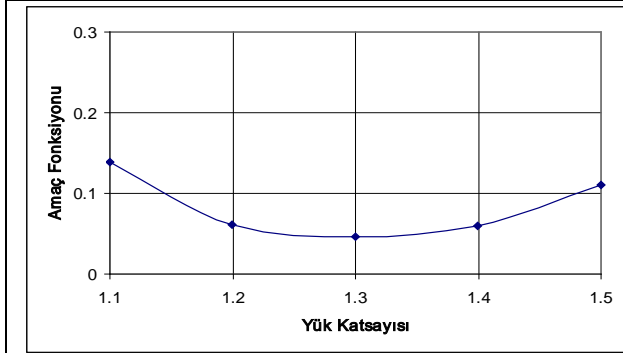
Şekil 4. Çerçeve Yapıların Northridge – ORR090 (0.5683g) Deprem Verisine Göre Yük Katsayılarının Optimizasyonu



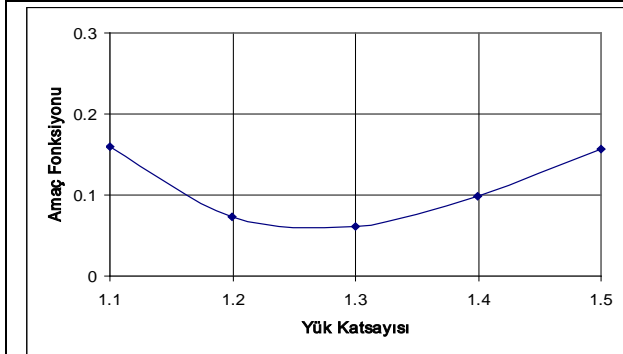
a) 3 Katlı Çerçeve



b) 5 Katlı Çerçeve

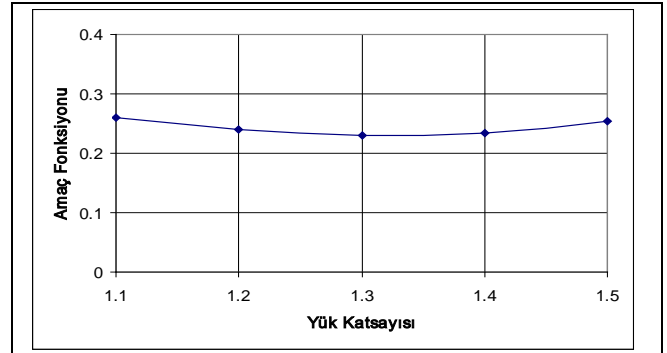


c) 8 Katlı Çerçeve

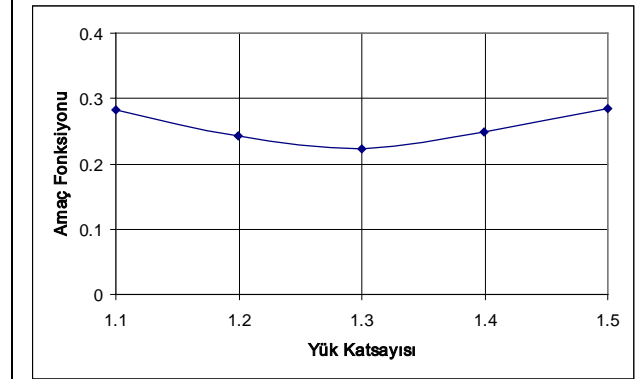


d) 15 Katlı Çerçeve

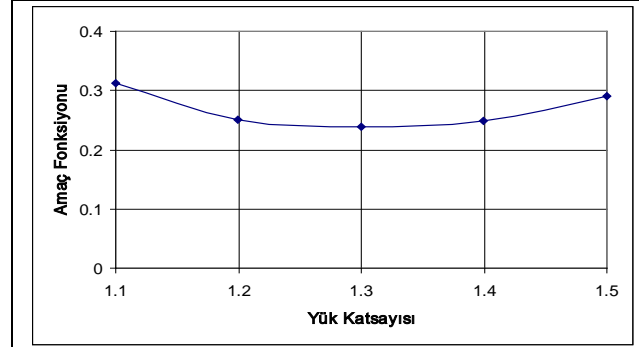
Şekil 5. Çerçeve Yapıların Kocaeli - ARC000 (0.2188g) Deprem Verisine Göre Yük Katsayılarının Optimizasyonu



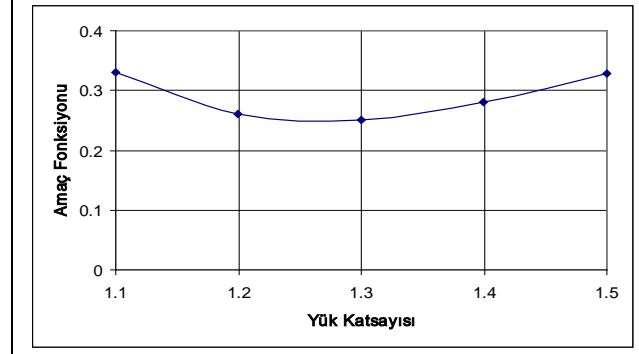
a) 3 Katlı Çerçeve



b) 5 Katlı Çerçeve

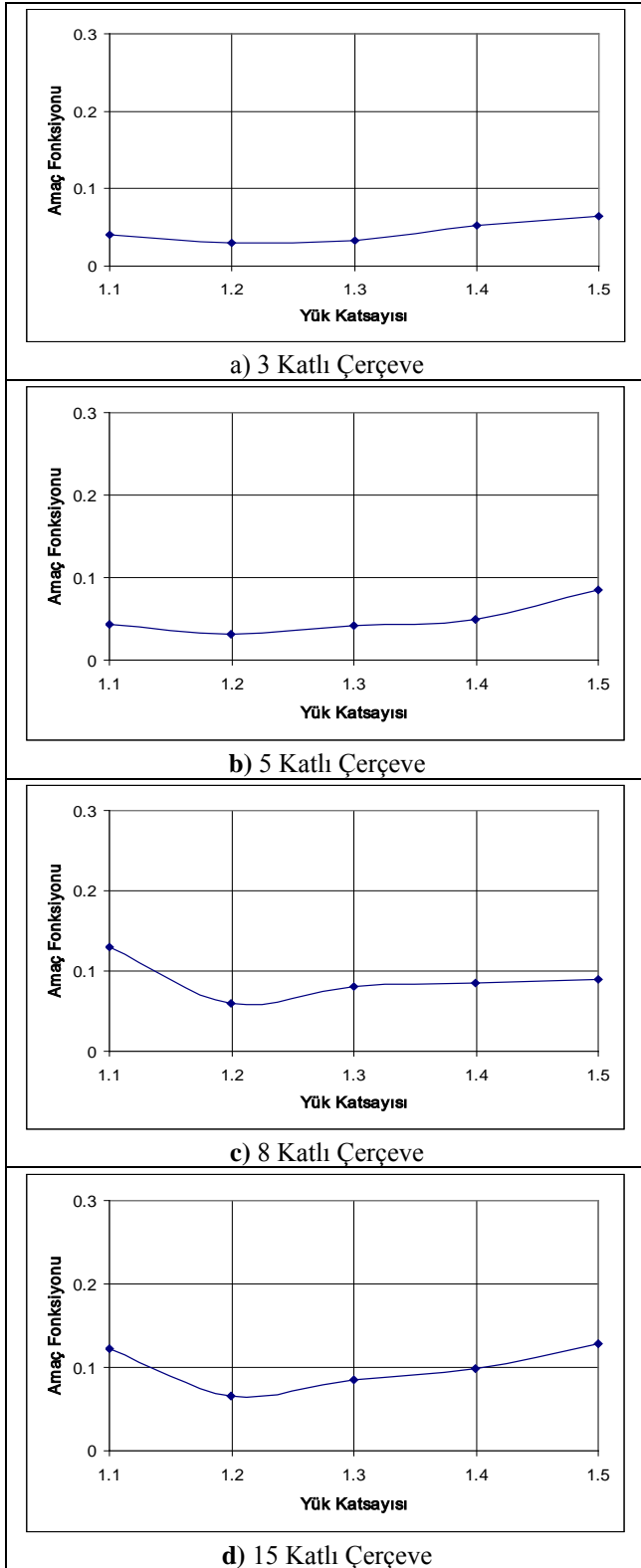


c) 8 Katlı Çerçeve

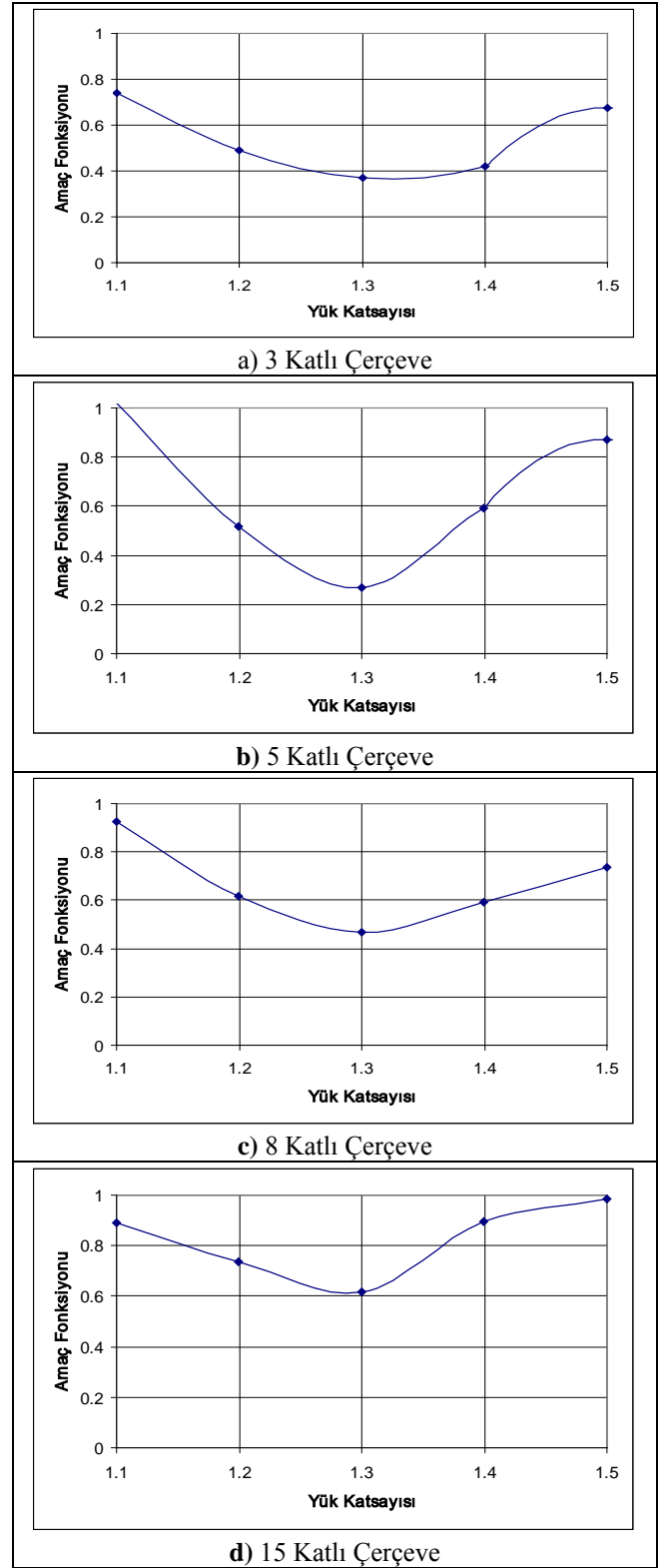


d) 15 Katlı Çerçeve

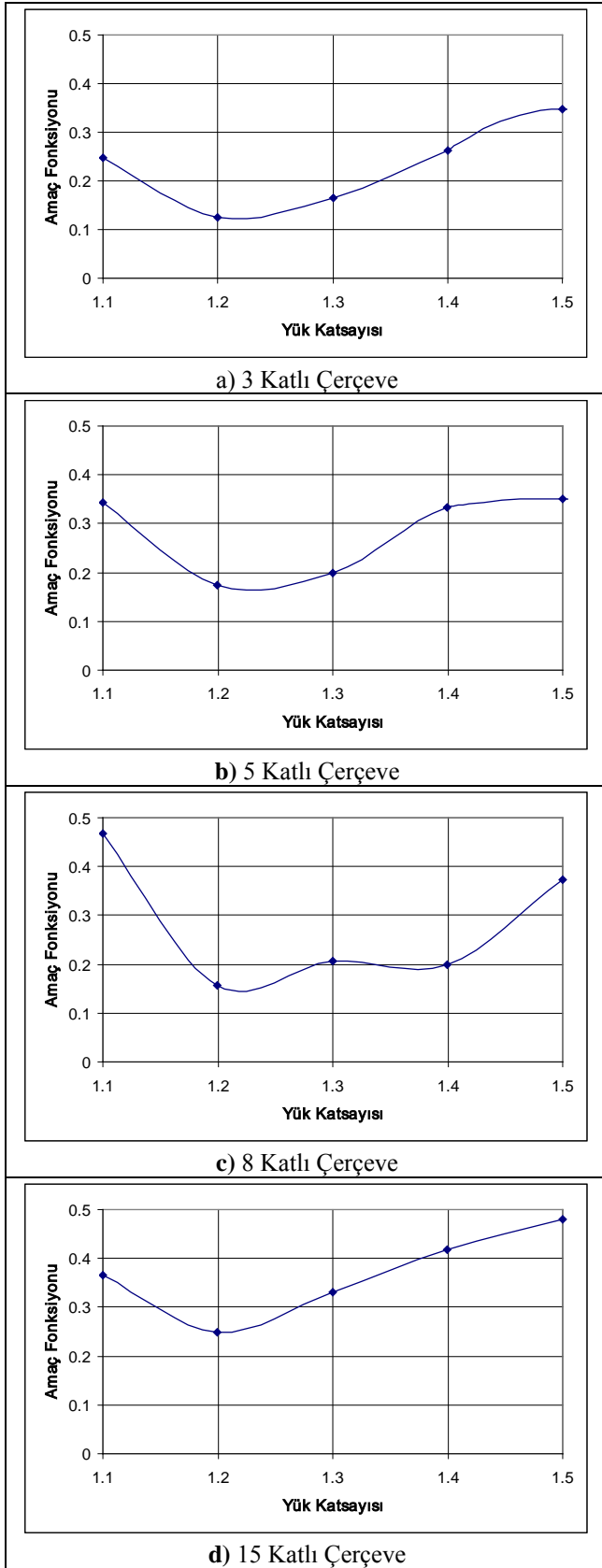
Şekil 6. Çerçeve Yapıların Coyote Lake - G06230 (0.4339g) Deprem Verisine Göre Yük Katsayılarının Optimizasyonu



Şekil 7. Çerçeve Yapıların Park Field - C12320 (0.0663g) Deprem Verisine Göre Yük Katsayılarının Optimizasyonu



Şekil 8. Çerçeve Yapıların Kobe - KJM000 (0.8213g) Deprem Verisine Göre Yük Katsayılarının Optimizasyonu



Şekil 9. Çerçeve Yapıların Loma Prieta - CLS000 (0.6437g) Deprem Verisine Göre Yük Katsayılarının Optimizasyonu

Sonuçlar

Çalışma kapsamında sıradan betonarme çerçeve yapıların güvenilirlik esaslı sismik analizinin yapılması için verilen yük kombinasyonları için optimizasyon yapılmıştır. Sismik yük katsayıları, seçilen depremlerin risk seviyelerine göre, optimizasyon yöntemleri ile belirlenir. Güvenilirlik esaslı sismik analizi yönteminin farklı sismik zeminler için farklı tipteki yapılara uygulanabilir olduğunu göstermiştir.

Analizlerde göçme limit durumu göz önüne alınmıştır. Göçme limit durumu, yapı tasarımını belirleyen limit durumudur. Bunu bir başka şekilde ifade etmek gerekirse; eğer yapı büyük depremlerde “can güvenliği” seviyesini sağlayabiliyorsa, orta dereceli bir depremde hasarsızlık aşamasını sağlar demektir.

Yapının göçmesi, yapı elemanlarının ayrı ayrı göçmelerinden çok yapı sisteminin göçme mekanizması ile ilişkilendirilir. Dolayısıyla, ele alınan betonarme çerçeve yapıların güvenilirlik esaslı sismik analizi tüm çerçeve yapının sismik performansı üzerine kurulmuştur.

Sıradan yapılar için sismik yük katsayıları, farklı sismik zemin koşulları ve deprem verileri için optimize edilmiştir. Elde edilen optimizasyon sonuçları grafikler halinde her bir deprem için Şekil 2 ile Şekil 9 arasında sunulmuştur. Yüksek sismik bölgeler için amaç fonksiyonu, düşük sismik bölgelere göre çok daha büyüktür. Bunun sebebi yapısal kapasitenin ve yapısal tepkisinin tasarım depreminin artırımı ile doğrusal bir orantı içinde olmaması ve düşey yüklerin sabit kalmasındandır.

Şekil 2 ile Şekil 9 arasındaki şekillerde verilen grafikler farklı deprem verileri için denklem 10 ile hesaplanan amaç fonksiyonuna karşı gelen yük katsayılarını göstermektedir. Bu grafikler her bir yapı için ayrı ayrı çizdirilmiştir. Betonarme çerçeve yapılar için elde edilen bu optimum katsayıları, güvenilirlik esaslı sismik analiz yönteminde kullanılacak katsayılardır.

Çizelge 2’de deprem verileri için her yapıda elde edilen yük katsayılarının optimum değerleri verilmiştir. Bu çizelge göstermektedir ki analizlerde kullanılması en uygun olan katsayı 1.2 ile 1.3 arasında değişmektedir. Dolayısıyla katsayıların 1.2 ile 1.3 arasında seçilmesi uygun olacaktır. Şekil 10’da da yük katsayılarının optimum değerleri, deprem verilerinin en büyük yer ivmesi değerlerine göre her yapı için verilmiştir.

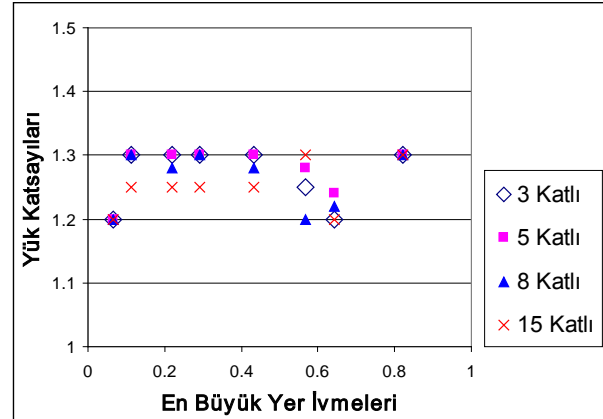
Güvenilirlik esaslı sismik analizi yapılan yapıların farklı koşullar için riskleri azalmış olmaktadır. Çünkü sismik yük katsayıları, farklı risk seviyelerine göre, optimizasyon yöntemleri ile belirlenir.

Deprem Verisi	En Büyük Yer İvmesi	3 Kath	5 Kath	8 Kath	15 Kath
Morgan Hill -GIL067-	0.114g	1.3	1.3	1.3	1.25
Morgan Hill -G06090-	0.292g	1.3	1.3	1.3	1.25
Northridge -ORR090-	0.568g	1.25	1.28	1.25	1.3
Kocaeli -ARC000-	0.218g	1.3	1.3	1.28	1.25
Coyote Lake -G06230-	0.433g	1.3	1.3	1.28	1.25
Park Field -C12320-	0.066g	1.2	1.2	1.2	1.2
Kobe -KJM000-	0.821g	1.3	1.3	1.3	1.3
Loma Prietra -CLS000-	0.643g	1.2	1.24	1.22	1.2

Çizelge 2. Yük Katsayılarının Optimizasyon Sonuçları

Kaynaklar

- [1]. International Building Code, (2000). "International Building Code", International Conference of Building Officials, Whittier, CA, ABD.
- [2]. Applied Technology Council (2005). Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings and other Structures, ATC 55 - FEMA-440, Washington, ABD.
- [3]. Federal Emergency Management Agency, (2000). Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings and other Structures, FEMA-356, Washington, ABD.
- [4]. Frangopol, Dan M. (1996). Advances in Structural Optimization, CA, Wood yayınları, Peek Woelery, ABD.
- [5]. Hui, M. H., (1999). Reliability Based Seismic LFRD Criteria for Reinforced Concrete Frame Buildings, Journal of Structural Engineering V.119 223-256
- [6]. Irfanoglu, Ayhan (2000) Structural design Under Seismic Risk Using Multiple Objectives, Doktora Tezi, California Teknoloji Enstitüsü, CA, ABD.
- [7]. Freeman, T., (1998). Performance Based Seismic Design Approach for RC Frame Structures, Teknik Rapor No:19998-0832, Kanada.
- [8]. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü (1998). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara.
- [9]. Wilson E., Habibullah A., (1998). SAP 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis, Kullanım Klavuzu, CA, ABD.
- [10]. Scott A. Burns, (2002). Recent Advances in Optimal Structural Design, California Üniversitesi, Berkeley, CA, ABD.
- [11]. Galambos, T.V. (1980). System Reliability and Structural Design, Journal of Structural Safety, V7
- [12]. Frankling, B. ve Cheng U. (1986). Recent Developments in Structural Optimization, Feerwood yayınları, Washington, ABD.



Şekil 10. Çerçeve Yapıların Tüm Deprem Verileriyle Optimum Yük Katsayılarının Değerleri