TÜRKİYE'DEKİ ORTA KATLI BİNALARIN BİNA PERFORMANSINA ETKİ EDEN PARAMETRELER

A.K. Kontaş[1] ve Y.M. Fahjan[2]

[1] *Yüksek Lisans Öğrencisi, Deprem ve Yapı Müh. Bölümü, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli*
[2] *Doçent Doktor, Deprem ve Yapı Müh. Bölümü, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli*
Email: akontas@gyte.edu.tr, fahjan@gyte.edu.tr

ÖZET:

Türkiye gibi çok büyük kısmı ciddi deprem tehlikesi altında olan bir ülkede bu doğa olayının sonucunda oluşabilecek kayıpların en aza indirilmesi ülkemizin önemli meselesidir. Nüfusun önemli bir kısmını içinde barındıran bu tür yapıların güvenlik seviyesinin belirlenmesi deprem afetine karşı yapılacak hazırlıkların en önemli ve başta gelen safhalarından biridir. Ancak incelenmesi gereken yapı stokunun büyüklüğü bu değerlendirmenin yapılabilmesinin önündeki en büyük engeldir. Bu denli çok sayıdaki binanın detaylı şekilde incelenmesi mümkün değildir. Bu nedenle yapıların güvenlik seviyeleri hakkında fikir verebilecek, çok ayrıntılı bilgilere ihtiyaç duymayan hızlı ve pratik biçimde uygulanabilecek metotlara gereksinim duyulmuştur.
Mevcut bina değerlendirilirken karşılaşılabilecek pek çok parametrenin (kat adedi, beton sınıfı, zemin sınıfı, yumuşak kat, ağır çıkma, sargılama koşulları… vb.) bina performansına katkıda bulunduğu bilinmektedir.
Bu çalışmada rölövesi alınan mevcut binalar arasından orta yükseklikte (4-6 katlı) 20 adet bina seçilmiştir. Bu binalar beton sınıfları değiştirilerek (C5,C10,C12,C15,C16,C17,C20,C25,C30) doğrusal elastik hesap yöntemiyle analiz edilecek ve bina performansındaki etkisi araştırılacaktır.

ANAHTAR KELİMELER: Mevcut bina performansı, doğrusal analiz, beton sınıfı.

1.GİRİŞ

Tüm dünyada nüfus artışına ve sanayileşmenin bazı bölgelerde yoğunlaşmasına paralel olarak yapılaşma da hızla artmaktadır. Ülkemizde sanayileşmenin, hızlı nüfus artışı ve kırsal kesimden büyük kentlere göçün yaşandığı bir dönemden geçmiştir. Bunların sonucunda büyük bir konut ihtiyacı doğmuştur. Bu ihtiyacın giderilmesi için hızlı bir yapılaşmaya girişilmiş fakat inşa edilen yapıların kalitesine ve o dönemde yürürlükte olan yönetmeliklere uygun olup olmadığına önem verilmemiştir. 1950'li yıllarda tek katlı yapılarla başlayan gecekondu olgusu, son 20 yılda çok katlı olarak kaçak ve çarpık yapılaşma devam etmiştir. Sağlıksız, plansız ve kalitesiz bir şekilde gelişen yapılaşma çevre ve kent bilincini de tamamen yok etmiştir. Bu şekilde gerekli ölçüde veya hiç mühendislik hizmeti almadan, hiçbir güvenlik endişesi taşımadan çok büyük miktarda bina yapılmıştır. Öyle ki şu an mevcut yapı stoğunun büyük bölümü bu şekilde inşa edilmiş yapılardan oluşmaktadır.

Türkiye'deki mevcut yapı stoğu geçmiş yıllarda meydana gelen depremlerde beklenen performansı maalesef gösterememişlerdir. Bu nedenle mevcut yapıların büyük çoğunluğunun yeterli deprem dayanımına sahip olmadığı kanaati yaygındır. 1999 yılında yaşanan büyük deprem, bu kanaate sahip olanların hiç de haksız olmadıklarının acı bir göstergesidir. Ülkemizin %92 sinin deprem bölgeleri içerisinde yer aldığı ve nüfusun %95 inin deprem tehlikesi olan bu bölgelerde yerleştiği göz önünde bulundurulduğunda mevcut yapılar için performans değerlendirmesinin ne denli önemli olduğu daha iyi anlaşılır(Göktürk ve Yılmaz 2001).

Bilim ve teknikteki gelişmeler ile inşaat mühendisliğinde de büyük ilerlemeler olmuştur. Yapısal davranışın ve deprem olgusunun daha iyi anlaşılması ile yönetmelik ve şartnamelerimiz daha ağır hükümler içeren yenileri ile değiştirilmiştir. Ülkemizde yapılan kapsamlı çalışmalar sonucu, "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007" (DBYBHY'07) hazırlanmıştır. DBYBHY'07'de, mevcut binaların deprem güvenliklerinin değerlendirilmesi ve deprem performansı yetersiz binalar için gerekli güçlendirme kuralları içeren 'Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi' (Bölüm – 7) başlıklı bir bölüm bulunmaktadır.

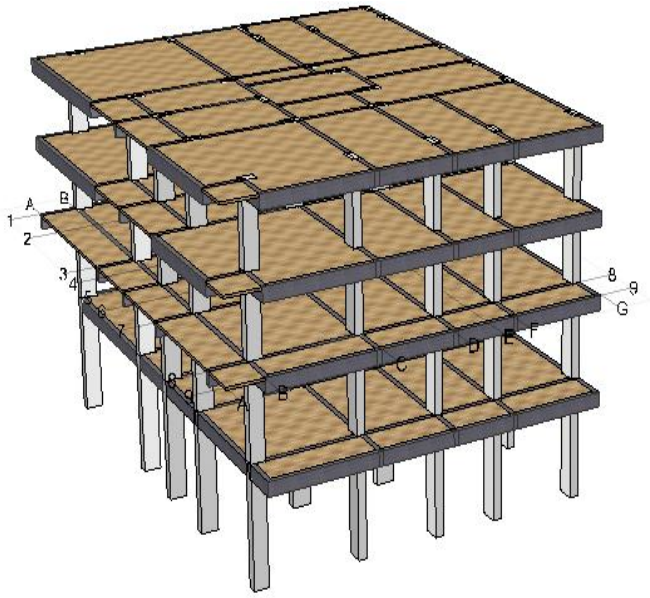
Bu çalışmanın amacı; rölevesi alınan mevcut binalar arasından depremlerde en büyük risk grubunu oluşturan orta katlı yapılar (4-6 katlı) üzerindeki beton sınıfının etkilerinin analitik olarak daha iyi anlaşılmasını sağlamaktır. Beton sınıfının kapasite talep üzerindeki etkilerinin incelenmesi ile binaların güvenlik seviyeleri hakkında fikir verebilecek, çok ayrıntılı bilgilere ihtiyaç duymayan hızlı ve pratik biçimde uygulanabilecek metotlar oluşturmak ve yönetmelik hükümlerinin daha doğru ve gerçekçi bir yapıya kavuşmasını sağlamaktır.

Bu amaç kapsamında; İstanbul kent merkezindeki bina stoğundan rastgele mevcut kat sayısı 4-6 arasında değişen 20 adet konut seçilmiştir. Tüm betonarme yapılar monolitik sisteme sahip olan kolon- kiriş birleşim sisteminden oluşmaktadır. Söz konusu binaların Türkiye genelindeki genel mühendislik bilgi birikimini ve uygulama özelliklerini sağladığı söylenebilir. İnceleme söz konusu olan binaların mevcut betonarme tasarım projelerine ait çizimleri temin edilmiş ve modellenmiştir. 20 binaya ait 180 adet doğrusal dinamik analiz yapılmıştır. Doğrusal Elastik Analiz Probina Orion 2013 programıyla yapılmış ve sonuçları verilmiştir.

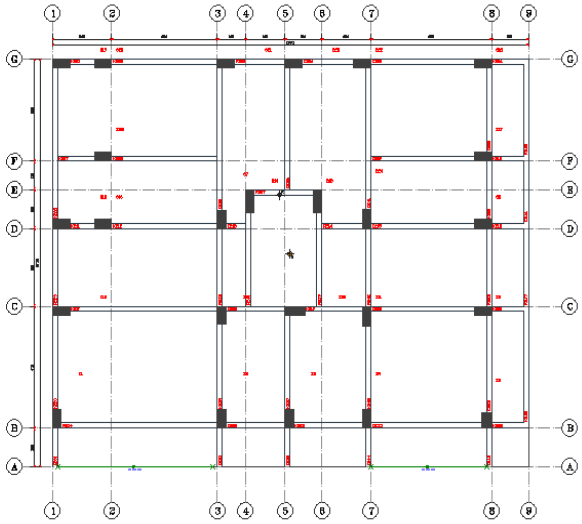
2. ÇALIŞMADA KULLANILAN SAYISAL VERİLER

2.1. İncelenen Binaların Özellikleri

Şekil 1 ve Şekil 2 sadece 1 binaya ait örnek olarak verilmiş 3 boyutlu görünüm ve kat kalıp planıdır. Diğer bina geometrilerinde ve düşey kesitlerinde farklılık göstermektedir. Analizi yapılacak binaların genel sistem özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Mevcut binalardan birine ait 3 boyutlu görünüm



Şekil 2. Mevcut binalardan birine ait kat kalıp planı

Tablo 1. 20 adet binanın yapısal özellikleri

Sıra No	Kat Adedi	Yaş	Yapı Nizami	Kattaki kolon alan oranı	Kısa Kolon	A1-Burulma Düzensizliği	A2- Döşeme Süreksizliği	A3- Planda Çıkıntıların Bulunması	B1- Zayıf Kat Düzensizliği	B2-Yumuşak Kat Düzensizliği	B3-Düşey Eleman Süreksizliği
1	4	22	K. Bitişik	0.0146	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
2	4	7	K. Bitişik	0.0165	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Var	Var
3	4	7	K. Bitişik	0.0166	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Var	Yok
4	4	17	Bitişik	0.0249	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Var	Yok
5	4	17	Bitişik	0.0184	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
6	4	32	K. Bitişik	0.0136	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
7	4	27	K. Bitişik	0.0112	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
8	5	7	K. Bitişik	0.0185	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Var	Yok
9	6	32	Ayrık	0.0153	Var	Yok	Yok	Var	Yok	Var	Yok
10	6	7	Ayrık	0.0220	Var	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
11	5	27	Ayrık	0.0117	Var	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
12	5	17	K. Bitişik	0.0205	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Var	Yok
13	6	7	K. Bitişik	0.0272	Var	Var	Yok	Var	Yok	Var	Var
14	4	44	K. Bitişik	0.0151	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
15	6	32	Ayrık	0.0119	Var	Yok	Yok	Var	Yok	Var	Yok
16	4	17	K. Bitişik	0.0303	Var	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Var
17	6	12	K. Bitişik	0.0195	Var	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
18	4	27	Bitişik	0.0102	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Var	Yok
19	6	37	Bitişik	0.0203	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
20	5	37	K. Bitişik	0.0113	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok

2.2. İncelenen Binaların Doğrusal Elastik Yöntemle Analizi

Binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal elastik hesap yöntemleri eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemleridir. Bu yöntemlerden eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılabilmesi için ön şartlar verilmiştir. Buna göre eşdeğer deprem yükü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı η_{bi}<1.4 olan binalara uygulanabilmektedir.

Binalarda burulma düzensizliği olanlar olduğundan dolayı eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmamıştır. Yöntem farklılığından kaynaklanan hesap farklılıklarının da önüne geçmek için bütün binalarda Mod Birleştirme yöntemi tercih edilmiştir.

Mod Birleştirme Yöntemi ile hesapta R_a=1 alınmıştır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınmaktadır.

Mod Birleştirme yöntemi kullanılarak öncelikle kolon, kiriş, perde kesitlerinin etki/kapasite oranlarına (r) karşılık gelen sayısal değerler elde edilir. Daha sonra bu değerler yönetmelikteki tablolarda gösterilen sınır değerlerle karsılaştırılır. Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise "sünek", kesme ise "gevrek" olarak sınıflanırlar.

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin göreli kat ötelemeleri, her bir hasar sınırı için yönetmelikte verilen değeri aşmaması gereklidir.
Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Binalar için dört farklı performans düzeyi tanımlanmıştır. Bunlar; "Hemen kullanım (HK)", "Can Güvenliği (CG)", Göçme Öncesi (GÖ)" ve "Göçme" performans düzeyleridir.

Bu çalışmada Can Güvenliği Performans seviyesi hedeflenmiştir. Can güvenliği performans düzeyinde, kirişlerin en fazla % 30'u ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Fakat ileri hasar bölgesindeki kolonların kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı % 20' nin altında olmalıdır. Son katta ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvvetinin o kattaki tüm kolonların toplam kesme kuvvetine oranı en fazla %40 olabilir. Diğer taşıyıcı elemanların tamamı minimum hasar veya belirgin hasar bölgesinde olmalıdır. Fakat herhangi bir katta kolonların alt ve üst uçlarının her ikisinde de minimum hasar sınırı aşılmış ise bu kolonların toplam kesme kuvvetinin o kattaki kolonlar tarafından taşınan toplam kesme kuvvetine oranı %30' un altında olmalıdır.

Mevcut binaların performans değerlendirmesinde ve güçlendirme tasarımında kullanılmak üzere üç farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır. Bunlar; kullanım depremi, tasarım depremi ve maksimum depremdir. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi için can güvenliği performans seviyesi kontrol edilecektir.

Zemin sınıfı, deprem bölgesi bütün binalar için 2. Derece deprem bölgesi ve Z3 olmak üzere aynı seçilmiştir.

Mevcut binalarda çoğunlukla S220 sınıfı donatı kullanılması ve sıklaştırma bölgesi ve açıklıkta çoğunlukla sargılama olmaması sebebiyle gerçeği yansıtması için min. donatıyla, sargılama olmadan S220 donatı sınıfıyla çalışılmıştır.

Türkiye de binaların çok büyük kısmını konutların oluşturması sebebiyle seçilen binalar konut olarak seçilmiş ve bu nedenle hareketli yük katılım katsayısı 0,3 alınmıştır.

Deprem etkisinin tanımında, DBYBHY'07 2.4'de verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı asılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde DBYBHY'07 7.8'e göre yapılan değişiklikler göz önüne alınacaktır. Deprem hesabında DBYBHY'07 2.4.2'de tanımlanan bina önem katsayısı uygulanmamıştır(I=1.0).

Tablo 2. Doğrusal Elastik Analizde Kullanılan Parametreler

Zemin Sınıfı			Z3
Karakteristik Periyotlar			Ta=0.15 Tb=0.60
Deprem Bölgesi			2.Derece
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (Ao)			0.3g
Hesap Yöntemi			Doğrusal Elastik Analiz-Mod Birleştirme
Yükleme Yönü			1 (0d)
Bilgi Düzeyi Katsayısı			Kapsamlı (1)
Yapı Kullanım Amacı ve Tipi			Konut
Bina Önem Katsayısı			1
Hareketli Yük Katilim Katsayısı			0.3
Ra (Davranış Katsayısı)			1
Performans Durumu			Can Güvenliği(50 Yılda %10)
Ek Dışmerkezlik			Yok
Mevcut Donatı Sınıfı			S220
Mevcut Beton Sınıfı			**Değişken (Tablo 3)**
Kullanılacak Donatı Oranı	Kolon		0.01
	Perde		0.0025
	Kiriş	Üst	0.006
		Alt	0.003
Kolon ve Kirişlerde Sargılama			Yok
Etkin Eğilme Rijitlik	Kolon		0.65
	Perde		0.4
	Kiriş		0.4
Analiz Sonucu, Verileri Kullanılacak Kat			Tek Kat (1.Kat)

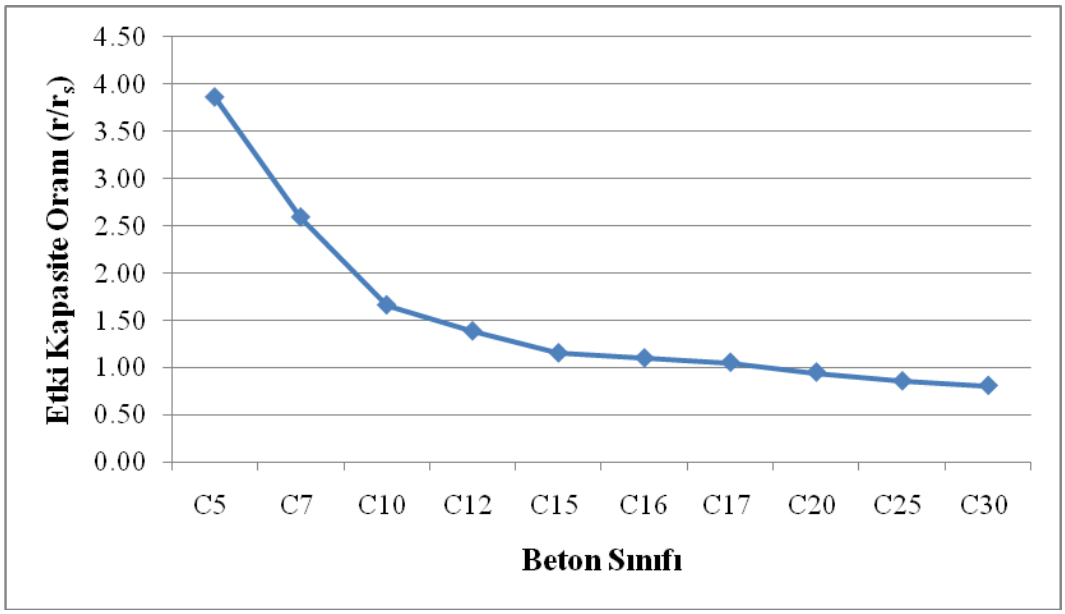
Analizde etkisi araştırılacak beton sınıfları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo3. Analizde kullanılacak beton sınıfları ve elastisite modülü

Mevcut Beton Sınıfı	E_c (Mevcut Beton Elastisite Modülü)-MPa
C5	21267
C7	22599
C10	24277
C12	25258
C15	26587
C16	27000
C17	27400
C20	28534
C25	30250
C30	31801

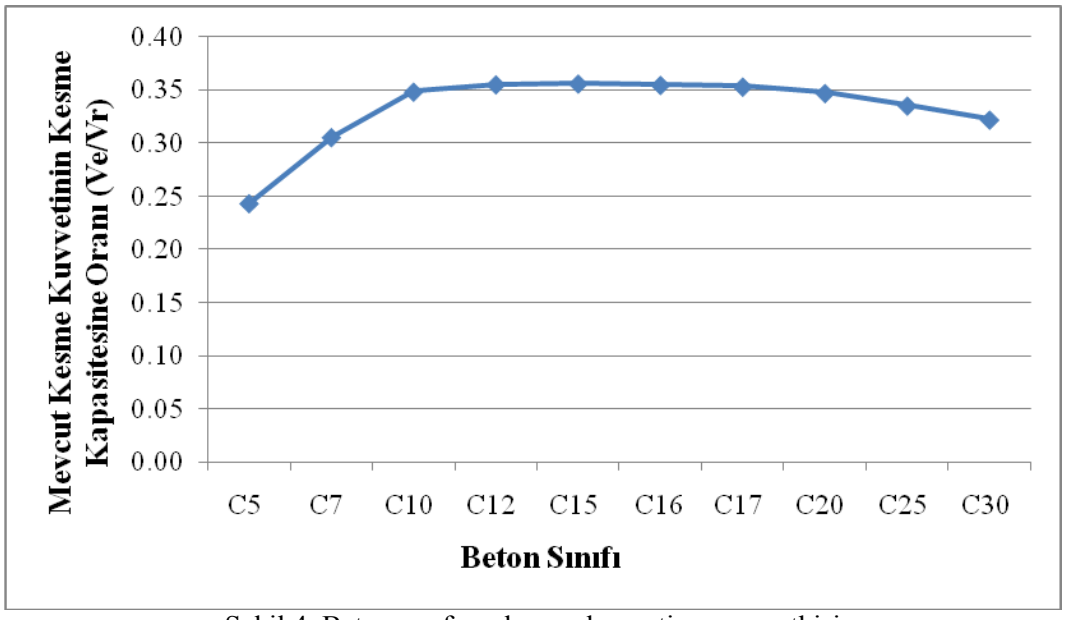
3. SONUÇLAR

Bu çalışmada bina verisi gerçek betonarme binalardan oluşmaktadır. İstanbul kent merkezindeki binalardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu verilerin mevcut olduğu kent merkezinden rastgele seçilen 20 adet binanın çok sayıda analizi neticesinde beton sınıfının mevcut bina performansına ne kadar etkisi olduğu elde edilmeye çalışılmıştır. İncelenen tüm binalar çerçeve tarzı betonarme binalar olup, bu binaların Türkiye genelindeki genel mühendislik bilgi birikimini ve uygulama özelliklerini taşıdığı varsayılabilir.



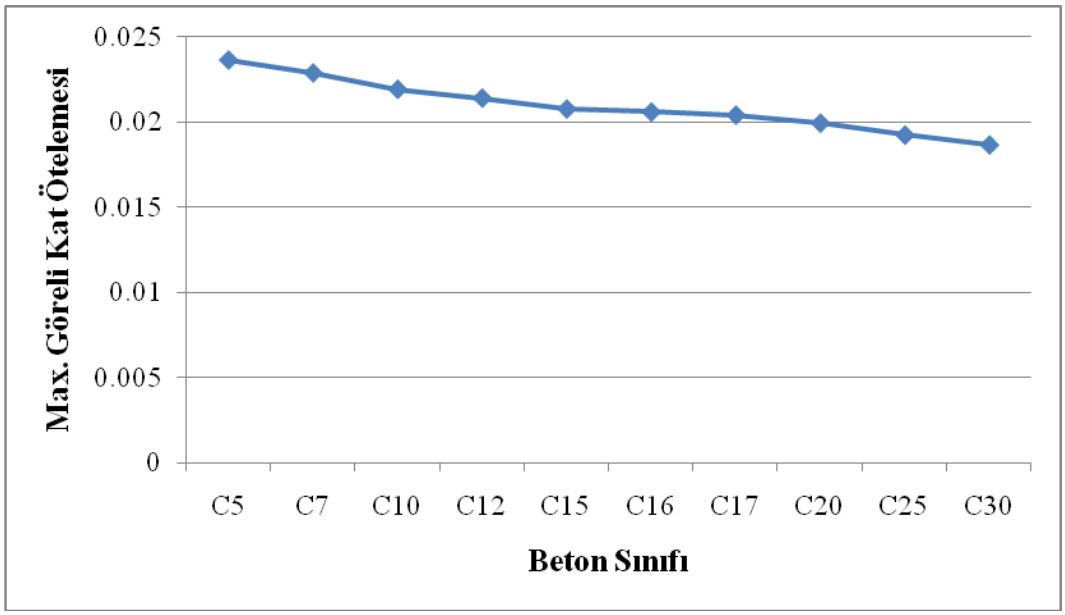
Şekil 3. Beton sınıfının etki/kapasite oranına etkisi

Beton değiştirilerek yapılan analizlere bakıldığında C15'e kadar beton sınıfının performansa katkısı hayli büyük olmuştur. C5'ten C15'e %70 performans artışı olmuştur. Fakat C15'ten sonra beton sınıfının performansa katkısı azalmıştır. Etki/kapasite oranı C15'te 1.15 iken C30'da 0.81 olarak hesaplanmıştır bu da yaklaşık %30 bir performans artışı demektir (Şekil 3).



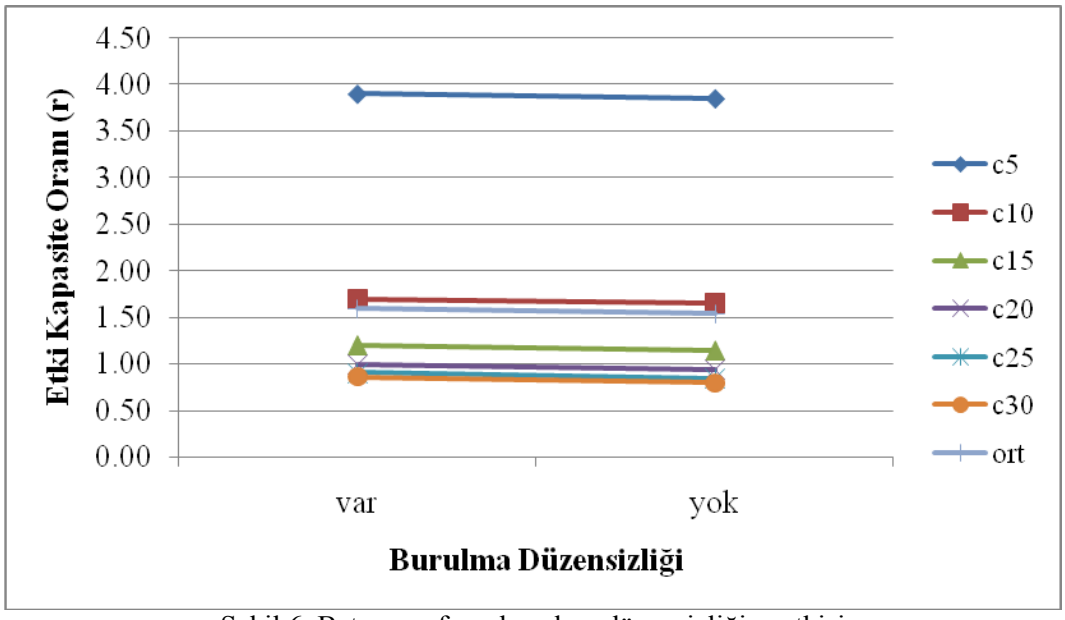
Şekil 4. Beton sınıfının kesme kuvveti oranına etkisi

Ayrıca beton sınıfındaki değişimin kesme kuvveti oranına etkisine bakıldığında da C12'ye kadar %30 kesme kuvvetine katkısı olmuştur ancak C12'den sonra hemen hemen hiç katkı sağlamamıştır (Şekil 4).



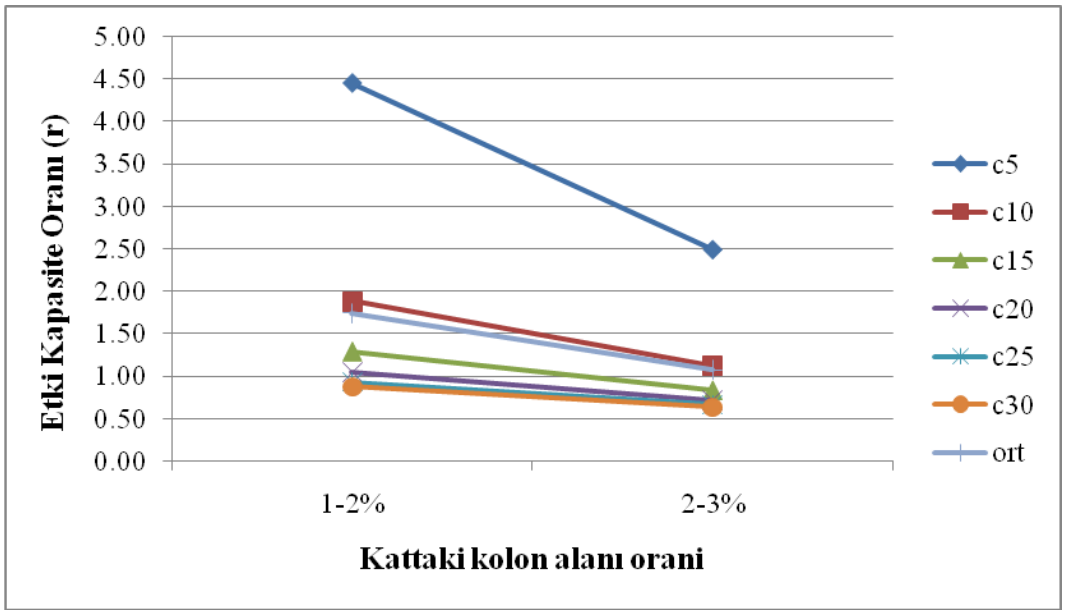
Şekil 5. Beton sınıfının göreli kat ötelemesine etkisi

Bina performans seviyesinin belirlenmesinde bir diğer önemli ölçü göreli kat ötelenmeleri sınırıdır. En düşük beton sınıfında bile doğrusal elastik hesap yöntemiyle analizi yapılan binalar, sınır değer olan 0.03'ün altında kalmaktadır. Buna karşın can güvenliği performansını sağlamayan çok sayıda sünek eleman olması dikkat çekicidir (Şekil 5).



Şekil 6. Beton sınıfının burulma düzensizliğine etkisi

Bu 20 adet binanın içinde çeşitli düzensizliklerin de bulunduğu binalar mevcuttur (Tablo 1). Bu binalarında performansa ne derece katkısı olduğu incelendiğinde beton sınıfının artmasıyla burulma düzensizliği olmayan binalarla düzensizlik bulunan binalar arasında binasına göre ortalama %4 iyi yönde fark görülmüştür (Şekil 6).



Şekil 7. Beton sınıfının kolon alanıyla olan ilişkisi

Analiz sonuçları kullanılan kattaki kolon alanı ile kat alanının oranı ve beton sınıfı arasındaki ilişkiye bakıldığında bu oran artıkça düşük dayanımlı betondaki performansa katılımı oldukça fazladır(%43). Buna ek olarak kat alanının oranı artıkça, artan beton sınıfı altında performansa katkısı ortalama olarak %38 denilebilir (Şekil 7).

KAYNAKLAR

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik/2007.

TS 500, Türk Standartları Enstitüsü (Şubat 2000) Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Ankara.

T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı deprem verileri.

TS 498, Türk Standartları Enstitüsü (Kasım 1997) Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. Ankara.

Probina Orion 2013/Prota Yazılım.