

## BETONARME YAPILARDA BETON SINIFININ TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞINA ETKİSİ

Duygu ÖZTÜRK<sup>1</sup>, Kanat Burak BOZDOĞAN<sup>1</sup>, Ayhan NUHOĞLU<sup>1</sup>  
[duygu@eng.ege.edu.tr](mailto:duygu@eng.ege.edu.tr), [kanat@eng.ege.edu.tr](mailto:kanat@eng.ege.edu.tr), [anuhoglu@eng.ege.edu.tr](mailto:anuhoglu@eng.ege.edu.tr)

**Öz:** Son yıllarda meydana gelen depremlerde, yapılarda oluşan yıkımların ve hasarların, genelde uygun olmayan beton kullanımından kaynaklandığı görülmüştür. Betonarme yapıların taşıyıcı sistemlerinde tercih edilebilen betonun dayanımı, beton üretim ve uygulama teknolojilerindeki gelişmelerle ve depreme dayanıklı yapı kavramının önem kazanmasıyla birlikte sürekli artış göstermektedir. Bu çalışmada perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip yapılarda beton dayanımının taşıyıcı sistem davranışına etkisi araştırılmıştır. Ülkemizde yürürlükte olan TS500 (2000) ve Deprem Yönetmeliği(1998) kapsamında yer alan kriterler doğrultusunda dizayn edilen yapıların farklı beton sınıfları için statik, dinamik ve betonarme analizleri yapılmıştır. Birinci derece deprem bölgesinde örnek bir yapı beş ve on olmak üzere farklı kat sayıları için boyutlandırılmıştır. İşlemler her bir farklı kat sayısına sahip yapı için C20, C25, C30, C40 ve C50 beton sınıfına göre tekrarlanmıştır. Tüm yapısal analizlerde Probina Orion V13 paket programı kullanılmıştır. Böylece elde edilen yatay deplasman, bina ağırlığı, taban kesme kuvveti ve periyot değerlerinin değişimleri incelenmiştir. Farklı beton dayanımları için elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Perde-Çerçeve Taşıyıcı Sistem, Betonarme Beton, Beton sınıfı

### Giriş

Deprem tesirindeki yapılarda, özellikle mevcut betonarme betonunun yeterli dayanıma sahip olmaması, yıkılmaların ve hasarların başlıca nedenlerden biridir. Günümüzde beton üretiminde ve yerine dökülmesinde geline aşamada, daha yüksek dayanıma sahip beton yaygın olarak imal edilebilmektedir. Avrupa Hazır Beton Birliği verilerine (ERMCO, 2003) göre Avrupa ülkelerinde ortalamaya bakıldığında, %51 oranında 15-25 MPa dayanımda, %33 oranında 25-35 MPa dayanım arasında üretim yapıldığı belirlenmiştir. Türkiye’de yapılan üretim ise yine 2003 verilerine göre %79 oranında 15-25 Mpa arasında, %14 oranında 25.5-35 MPa arasındadır. Ülkemizde 1975-1998 yılları arasında yürürlükte kalan ve günümüz yapı stokunun büyük bir kısmını kapsayan Deprem Yönetmeliği’nde deprem bölgelerindeki betonarme yapılarda minimum beton sınıfı C14 olarak belirtilmiştir. 1998 Deprem Yönetmeliği’nde ise bu değer deprem bölgesi derecesine bağlı olarak C16-C20 sınıfına çıkartılmıştır. “Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları” TS500(2000) ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik(1998) ile birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden oluşan binalar ile taşıyıcı sistemden bağımsız olarak bina önem katsayısı  $I=1.5$  ve  $I=1.4$  olan okul, itfaiye binası, hastane, valilik gibi binalarda C20 veya daha yüksek dayanımlı beton kullanılması zorunlu hale getirilmiştir. Bununla birlikte betonun durabilitesi dikkate alınarak yapılan değerlendirmelerde, binalarda kullanılan beton sınıfının en az C30 olması gerektiği vurgulanmaktadır (Baradan B., 2003, Betonda Kalite Deklarasyonu, 2001).

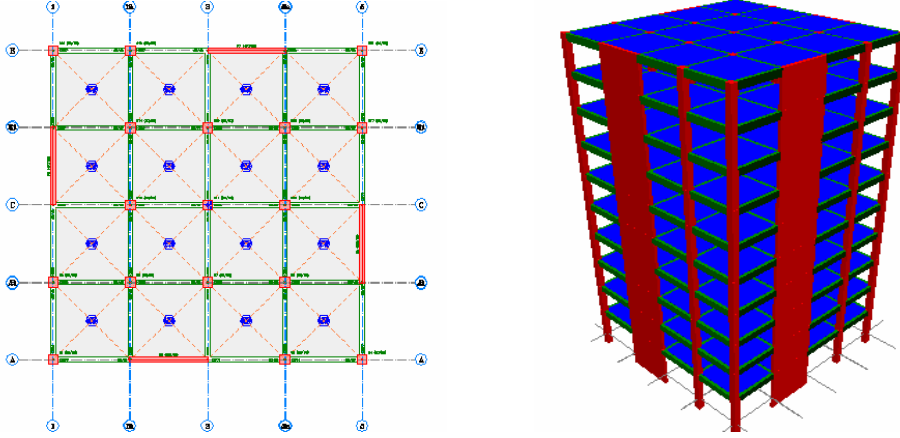
Günümüzde şantiyede uygulanabilir beton sınıfı çeşidinin artması, inşa edilecek yapılarda kullanılabilir beton sınıfı alternatiflerini de artırmıştır. Bunun sonucunda, yapılarda kullanılabilir beton sınıflarından hangisinin daha uygun olacağını belirlemek için çeşitli çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Koca ve diğ. (1998) çalışmalarında, beton sınıfının değişiminin yapı maliyetine olan etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada, beton mukavemetindeki değişimin yapının taşıyıcı sistem davranışına etkisi incelenmiştir. Günümüzde yürürlükte olan yönetmeliklerde yer alan kriterler doğrultusunda, farklı beton sınıfları kullanılarak beş ve on olmak üzere farklı kat sayılarına sahip betonarme binaların ayrı ayrı analizleri yapılmıştır. Bu amaçla perde çerçeve taşıyıcı sisteme sahip on katlı düzenli bir yapı ile çerçeve taşıyıcı sisteme sahip beş katlı düzenli bir yapı her bir beton dayanım sınıfı için boyutlandırılmıştır. Yapısal analizler mevcut yönetmelikleri içeren ve uygulamada yaygın kullanılan Probina Orion V13 paket programı ile yapılmıştır. Statik, dinamik ve betonarme hesaplar sonucunda beton dayanım sınıfının değişimi ile yapının taşıyıcı sistemindeki, maksimum yatay deplasmanlar, bina ağırlıkları, periyotlar ve taban kesme kuvvetleri değerlerindeki değişimler incelenmiştir.

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir

## Kullanılan Yöntem

Çalışmada esas alınan betonarme yapılara ait taşıyıcı sistemlerin oluşturulmasında ve taşıyıcı elemanların boyutlandırılmasında TS500 (2000) ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1998)'de yer alan kriterler göz önüne alınmıştır. Statik, dinamik ve betonarme analizlerde kullanılan Probina Orion V.13 paket programı, Sonlu elemanlar Matris Deplasman Yöntemini kullanarak çalışmaktadır. Çözüm esnasında veri olarak girilen bütün çerçevelerin rijitlikleri hesaplanarak çerçevelerin rijitlik matrisleri oluşturulmakta ve bu matrisler bina yatay rijitliğinin hesabı için birleştirilerek sistem Global Yapı Rijitlik Matrisi elde edilmektedir. Çözümü takiben çerçevelerin matrisleri tekrar hazırlanarak teker teker eleman matrislerine indirgenmekte ve elemanlara gelen momentler ve kuvvetler hesaplanmaktadır (Probina Orion V.13, 2003).

Mevcut yönetmelikler çerçevesinde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve düzensizlik durumlarına bağlı olarak yönetmeliğin öngördüğü tasarım spektrumu fonksiyonunun esas alındığı Modal Spektral Analiz yöntemi kullanılmıştır (Celep ve Kumbasar, 2000). Buna göre birinci derece deprem bölgesinde Z4 zemin sınıfına göre dizayn edilen on katlı yapının tipik kat planı ve perspektif görünüşü Şekil 1.'de verilmiştir. Kolon, kiriş, perde elemanlarının kesit boyutları yapının beton sınıfına göre değişmektedir.



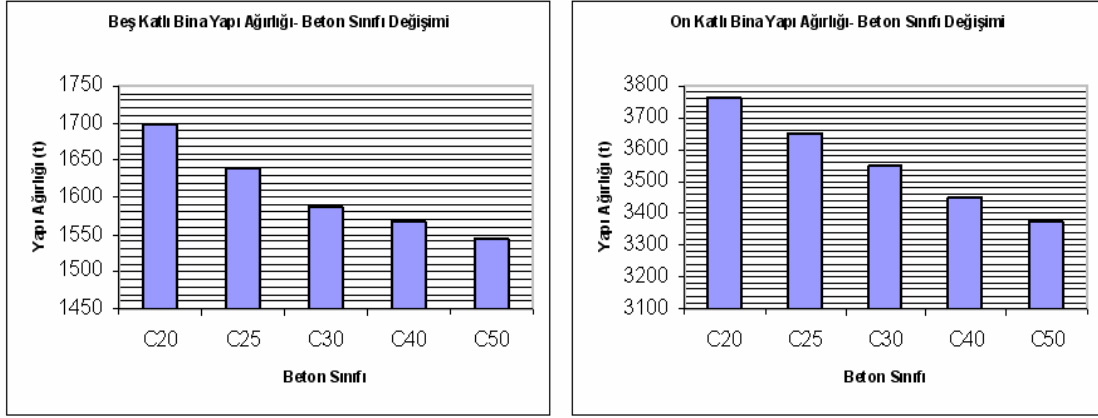
Şekil 1. 10 Katlı Yapının Tipik Kat Planı ve Perspektif Görünüşü.

Beton sınıfının değiştirilmesi ile, taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerinin uygun olarak revize edilmesi, diğer bir değişle yeni beton sınıfına adapte edilmesi sırasında mevcut yönetmeliklerde yer alan birçok koşul dikkate alınmıştır. Özellikle, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kesme kuvvetinin sağlaması gereken kesme güvenliği koşulu boyutları belirleyici en önemli etkenlerden birisidir. Ayrıca, birleşim bölgelerinde, mafsallaşmanın öncelikle kirişlerde oluşabilmesi amacıyla, kolonların moment taşıma kapasitelerinin daha büyük olması için getirilen kolonların kirişlerden güçlü olması şartı da boyutlandırmada önemli rol oynamaktadır (Atımtay, 2000). Yapılar planda ve düşeyde düzenli yapı özelliklerine sahiptir. Beton değişimi ile özellikle düşey taşıyıcı elemanların yeni kesit boyutlarının belirlenmesi genelde deneme yapılar ve tahmin yaklaşımları ile yapılmıştır.

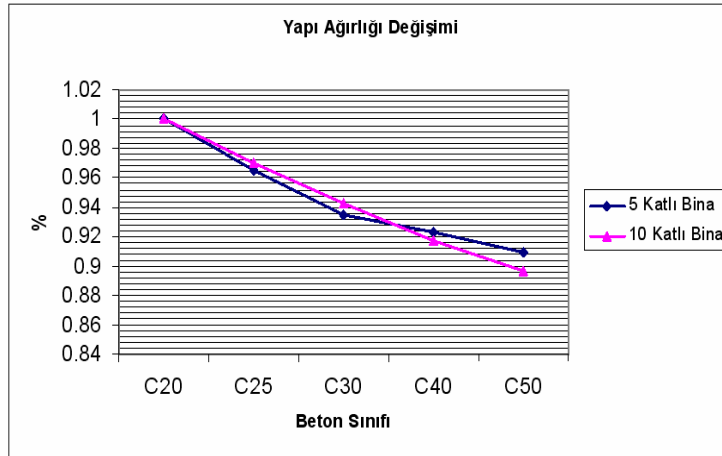
## Yapısal Analizler

Mevcut yönetmeliklere göre, beş ve on katlı kolon ve perde düşey elemanların yer aldığı taşıyıcı sistemlerden oluşan yapıların statik, dinamik ve betonarme analizi farklı beton sınıfları (C20, C25, C30, C40, C50) için yapılmıştır. Yapı ağırlığı, taban kesme kuvveti, periyot ve maksimum yatay deplasman değerlerinin beton sınıfına göre değişimleri aşağıda grafiksel olarak gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekillerde grafik olarak verilmiştir. Ayrıca, farklı beton sınıfları için elde edilen yapısal değerlerin, C20 veya C50 sınıfı beton durumunda elde edilen değerlere oranları da ilgili şekillerin altında grafik olarak verilmiştir.

Farklı beton sınıfları için elde edilen yapı ağırlıkları, beş ve on katlı yapı örnekleri için Şekil 2. de görülmektedir. Yapı ağırlıkları düşey zati ve hareketli yükleri kapsamaktadır. Şekil 3. ise, farklı sınıflar için elde edilen yapı ağırlıklarındaki değişimin C20 betonuna göre yüzdeleri verilmiştir. C20 sınıfı betona göre kıyaslandığında, beş katlı ve on katlı yapıların ağırlıkları yaklaşık olarak, C30 sınıfı beton kullanıldığında %06, C50 sınıfı beton kullanıldığında %10 oranlarında azalmaktadır.



Şekil 2. Beş ve On Katlı Bina Örneklerinde Yapı Ağırlığının Beton Sınıfına Göre Değişimi.

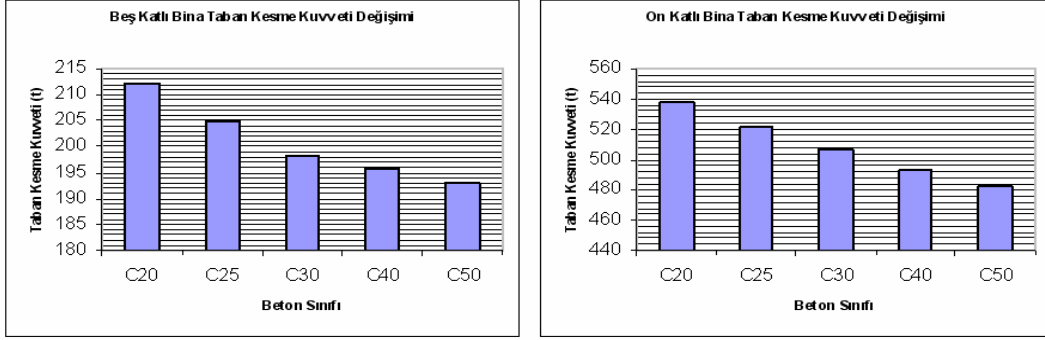


Şekil 3. Beş ve On Katlı Binalar İçin Yapı Ağırlığının Beton Sınıfına Göre Değişimi.

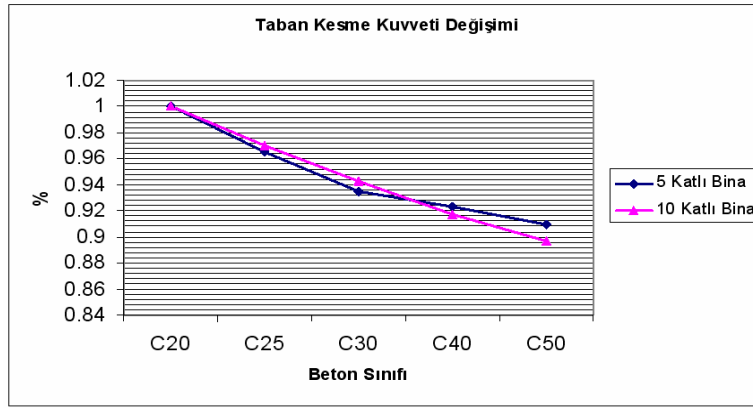
Yapılara etki eden taban kesme kuvvetlerinin değerleri Şekil 4. de, taban kesme kuvvetinin beton sınıfları durumlarındaki değerlerinin C20 beton sınıfı değerine göre yüzde oranları ise Şekil 5. de gösterilmiştir. Değişim yüzdeleri doğal olarak yapı ağırlığındaki oranlarla yakın değerlerdedir.

Şekil 6. ve Şekil 7. de yapıların periyotlarına ait değerler ve değişim oranları verilmiştir. Beton sınıfı arttıkça yapının periyodu da artış göstermektedir. Beş ve 10 katlı yapılarda sırasıyla C20 betonu için 0,4sn, 0,5sn civarında olan periyotlar C50 betonu için 7sn ve 8sn değerlerine yaklaşmıştır. Dolayısıyla periyotlardaki değişim oranları yapı ağırlığına ve taban kesme kuvvetindeki değişim oranlarından çok daha büyük değerde gerçekleşmiştir.

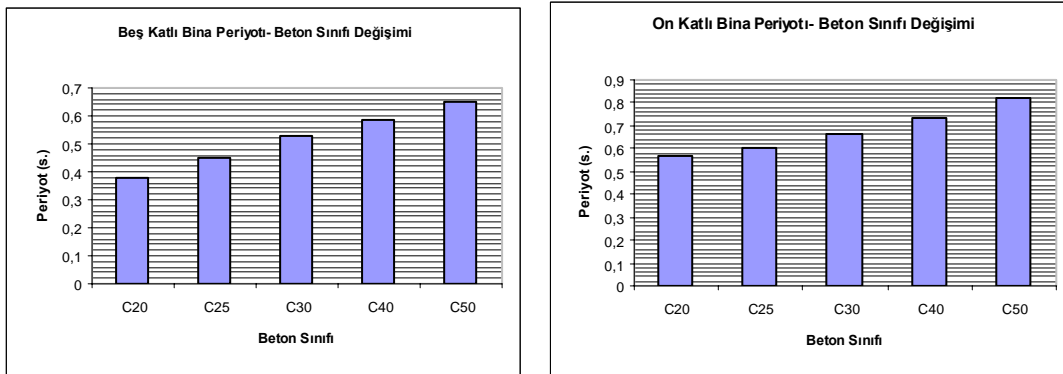
Yapıların tepelerinde oluşan maksimum yatay deplasmanlara ait sonuçlar Şekil 8. ve Şekil 9. da verilmiştir. Kullanılan betonun dayanımı arttıkça, elastisite modülünün artmasına rağmen yapının taşıyıcı sisteminde kullanılan elemanların kesitleri, dolayısıyla yapı rijitliği azalmış ve bunun sonucunda da maksimum yatay deplasmanlar artmıştır. Beş ve on katlı yapılarda C20 betonu için meydana gelen yatay deplasmanlar C50 betonu kullanılması durumunda 4-5 kat artış göstermiştir.



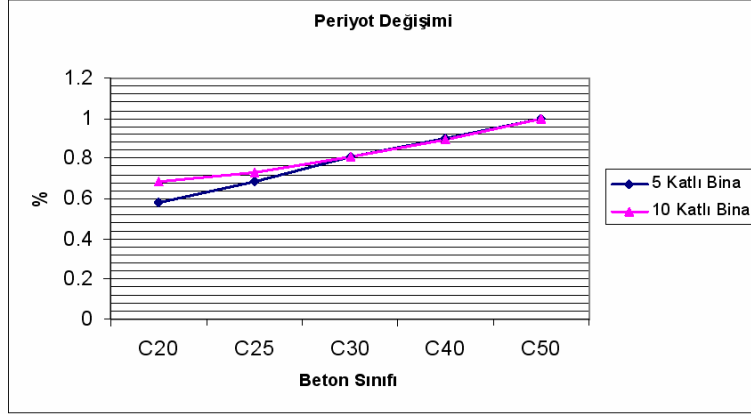
Şekil 4. Örnek Binalarda Taban Kesme Kuvvetinin Beton Sınıfına Göre Değişimi.



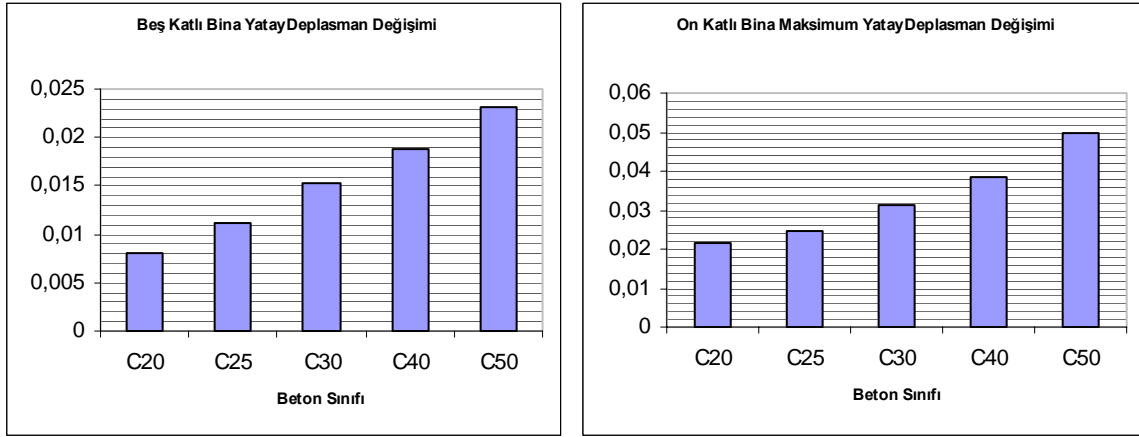
Şekil 5. Örnek Binalarda Taban Kesme Kuvvetlerinin Beton Sınıfına Göre Değişim Oranları.



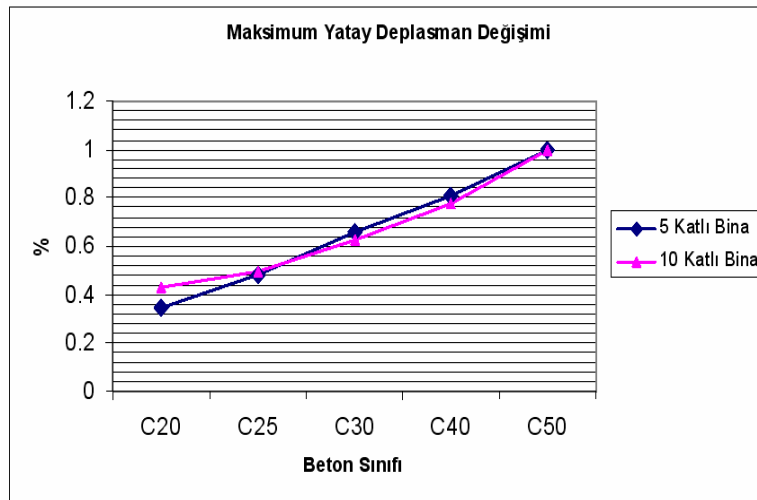
Şekil 6. Beş ve On katlı binalarda yapı birinci periyodunun beton sınıfına göre değerleri.



Şekil 7. Beş Ve On Katlı Binalar İçin Yapı Periyodunun Beton Sınıfına Göre Değişim Oranları.



Şekil 8. Örnek Bina Modellerinde Maksimum Yatay Deplasmanın Beton Sınıfına Göre Değişimi.



Şekil 9. Örnek Binalar İçin Yapı Periyodunun Beton Sınıfına Göre Değişim Oranları.

## Sonuç

Farklı sınıflarda (C20, C25, C30, C40, C50) beton kullanılarak boyutlandırılan betonarme çerçeve yapı taşıyıcı sistemlerin ayrı ayrı statik, dinamik ve betonarme analizleri yapılmış ve elde edilen yapı ağırlığı, periyodu, taban kesme kuvveti ve maksimum yatay deplasman değerleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Beton sınıfının artması ile boyutlandırılan elemanların kesitlerinde küçülme sağlanabilmekte, böylece azalan yapı ağırlığı, deprem yükünü ve taban kesme kuvvetini de azaltmaktadır. Yapı ağırlığının azalması ve elastisite modülünün artmasına karşın, kesitlerin küçülerek rijitliklerin azalması nedeniyle periyotlar ve maksimum yatay deplasmanlar önemli oranlarda artış göstermiştir. Beton sınıfının artmasıyla birlikte yapı ağırlığında meydana gelen azalma oranları, beton dayanımlarındaki artış oranlarının yanında oldukça düşük değerlerde kalmaktadır. Örneğin Karakteristik basınç dayanımı 200kg/cm<sup>2</sup> olan C20 betonu yerine, karakteristik basınç dayanımı 500kg/cm<sup>2</sup> (2,5 katı) olan C50 betonu tercih edildiğinde 5 ve 10 katlı yapıların ağırlığı yaklaşık olarak %10 oranında azalmıştır. Buna karşılık maksimum yatay deplasmanlar 4-5 kat artış göstermiştir. Bu durumların esas nedeni, mevcut yapı yönetmeliklerde verilen kısıtlardır.

## KAYNAKLAR

1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara
2. ATIMTAY, E., Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 2000. Cilt 1,2, 1007 s., Ankara
3. BARADAN, B., 2003, Betonarme Projelerimizde En Düşük Beton Sınıfı Neden C30 Seçilmeli?, İMO İzmir Şubesi Haber Bülteni, yıl:19, Sayı114, s.43-44.
4. Betonda Kalite Deklarasyonu, 2001. İMO İstanbul Bülten, yıl:12, Sayı 56, İstanbul
5. CELEP, Z., KUMBASAR, N., 2000, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım, Beta Dağıtım, İstanbul, 596 s., İstanbul
6. ERMCO (European Ready Mixed Concrete Organization), 2003. European Ready-Mixed Concrete Statistics 2003 (www.ermco.org)
7. KOCA, C., KARAESMEN, E., ERKAY, C., 1998. Beton Basınç Mukavemetindeki Değişikliklerin Yapı Maliyetine ve Kalitesine Etkileri, Hazır Beton Dergisi, s.54-63,
8. Probina Orion V13.1-c3, 2003, Protta Yazılım Ltd.Şti., Ankara.
9. TS498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Hesap Yükleri, 1987, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
10. TS500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, 2000. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara