

Hazır Beton ve Depreme Dirençli Yapılar İçin Akademik Değerlendirme



1999 depremi sonrasında hazır beton ve nervürlü donatı kullanımının zorunlu olması, yapı malzemelerinin CE veya G belgesi kapsamına dahil edilmesi, ülke genelinde kademeli olarak yapı denetim sistemine geçilmesi, daha güvenli tasarım için güncellenen deprem yönetmelikleri gibi olumlu gelişmeler olsa da eski yapı stokunun dönüşümü istenen düzeyde tamamlanamamış, denetimlerde zafiyetler yaşanmış, zemin-yapı etkileşimi gerektiği kadar dikkate alınmamış, mühendislik ve müteahhitlik için gerekli yetkinlik aranmamış ve yanlış yerlere yanlış yapıların inşasına devam edilmiştir.

Toplam 11 ili etkileyen Kahramanmaraş depremi sonrasında birçok üniversite, araştırmacı, Sivil Toplum Kuruluşu (STK) ve kamu kurumu yerinde incelemeler yaparak ön değerlendirme raporları hazırlamıştır. THBB tarafından da yerinde yapılan incelemeler sonucunda on binlerce binanın yıkılmasına veya ağır hasar görmesine neden

olan başlıca faktörler şöyle sıralanabilir: 1) Yanlış projelendirme/tasarım (zayıf kolon güçlü kiriş, kısa kolon, yumuşak kat, ağır döşeme, nârin ya da fazla boşluklu döşeme, yapısal düzensizlikler vb.), 2) Proje dışına çıkılması (donatı işlenmesinin, donatı bindirme eklerinin, ana ve sargı donatısı sıklığının ve donatı miktarının uygun olmaması vb.), 3) Zayıf zemin (sıvılaşma, aşırı plastisite vb.), 4) Malzeme kusurları (betonda elenmemiş, yıkanmamış deniz kumu ve dere çakılı kullanımı, şantiyede su ilave edilmiş betonlar, standart dışı donatı kullanımı vb.), 5) Yapıda yapısal elemanların ve yapının sonradan projesi dışında değiştirilmesi (kolon kesilmesi, ilave kat çıkılması vb.) 6) Bitişik nizam ve döşeme kot farkı (çekiçleme etkisi vb.)

Bu faktörler, ülkemizde son yıllarda yaşanan tüm depremler sonucunda yıkılan veya hasar gören yapılar için de geçerlidir. Her ne kadar Kahramanmaraş ve Hatay depremlerinde yıkılan ve ağır hasar gören binaların %97'sinin 1999 yılından önce inşa edilmiş olduğu açıklansa da son yıllarda inşa edilen binalarda da benzer hataların görülmesi kabul edilebilir bir durum değildir.

Ülkemizdeki betonarme binaların hemen hemen yarısı 2000 yılından önce inşa edilmiş olup bunların çoğunda el ile dökülen beton ve standart dışı çelik donatı kullanılmıştır. Diğer

bir deyişle bunlar, herhangi bir girdi ve ürün denetimi olmayan, inşaat çalışanlarının inisiyatifine bırakılmış ve denetim süreci oldukça sorunlu olan betonun, donatının kullanıldığı standart dışı işçiliğin uygulandığı yapılardır. Oysa 2000'li yılların başından itibaren denetimli hazır beton kullanımı kademeli olarak zorunlu hale gelmiştir.

Hazır Betonun Önemi ve Diğer Konular

Bilimsel ve tarihsel gerçeklere dayanan bulgular ve deneyimler aslında betonun güvenilir bir malzeme olduğunu göstermektedir. Bu nedenle beton, dünyada en çok kullanılan bir yapı malzemesi olarak öne çıkmaktadır. Hem antik hem de modern bir yapı malzemesi olan beton, sanayi dev-

The Biggest Earthquake in the History of the Republic of Türkiye

A year ago, on February 6, 2023, at 04.17 and 13.24 Turkey time, two consecutive earthquakes of magnitude 7.7 and 7.6, the epicenters of which were in Pazarcık (Kahramanmaraş) and Elbistan (Kahramanmaraş), occurred.

Bu nedenle beton, dünyada en çok kullanılan bir yapı malzemesi olarak öne çıkmaktadır. Hem antik hem de modern bir yapı malzemesi olan beton, sanayi dev-

rimi sonrasında ve günümüzde kullanılan Portland çimento-sunun keşfedilmesi ile modern dünyanın inşasında önemli bir rol oynamıştır. Beton ve çeliğin oluşturduğu betonarme yapılar, 150 yılı aşkın bir süredir insanlığa hizmet vermektedir. Özellikle, 20. yüzyılın başında yapılan birçok betonarme yapının halen hizmette olduğu bilinmektedir. 100 yılı aşan bilimsel çalışmalar sonucunda hem beton hem de betonarme tasarımında çok büyük deneyim kazanılmıştır. Betonun güvenilir bir şekilde üretilmesi ve hizmet vermesi için günümüzde yaygın kabul gören ulusal ve uluslararası standartlar uygulanmaktadır.

Beton, modern yapıların en önemli yapı malzemelerinden biridir. Beton; dayanıklılığı, sağlamlığı, yangına direnci ve bünyesinde yüksek ısı tutma kapasitesi gibi özellikleriyle inşaat sektöründe tercih edilen vazgeçilmez bir yapı malzemesidir.

Betonun yüksek basınç dayanımına sahip olması, betonarme binaların sağlamlığı için önemlidir. Doğru tasarlanmış bir betonarme yapı; deprem, sel ve diğer doğal afetler gibi dış etkenlere dayanabilecek şekilde inşa edilebilir. Beton, aynı zamanda yangına dayanıklı bir malzeme olduğundan betonarme binaların yangına direncinde önemli bir işleve sahiptir.

Betonarme yapıların taşıyıcı sistemi, beton ve çelik donatılardan oluşmaktadır. Bu iki farklı malzemenin birlikte mükemmel uyumu sayesinde üstün bir kompozit olan betonarme yapı ortaya çıkmaktadır.

Sonuçta; betonun özellik ve niteliği bina tasarımında önemli bir faktördür, ancak bu yapıların dayanımının ve dayanıklılığının sadece betona bağlı olduğu düşüncesi doğru değildir. Beton, güvenilir yapıların olmazsa olmaz koşullarından sadece biridir. Nitelikli bina üretiminde betonu da kapsayan zorunlu aşamalar şöyle sıralanabilir: 1) Zemin etüdü (bir bina fay hattı üzerine, dere yatağına, heyelan bölgesine inşa edilmemelidir), 2) Tasarım (deprem hesabını da içeren, standartlara uygun bir projenin bütün ayrıntılarıyla birlikte denetlenmiş şekilde hazır olması gerekir; kesit yetersizlikleri, zayıf kolon-kuvvetli kiriş, kısa kolon, kolon-kiriş birleşimlerinde etriyelerin sıklaştırılmaması gibi önemli kusurlar önlenmiş olmalıdır), 3) Malzeme seçimi, işlenmesi/yerleştirilmesi (betonarme inşaat taşıyıcı malzemeleri olarak beton ve donatı çeliği bileşenleri de ayrı ayrı ve birlikte büyük öneme sahiptir; örneğin betonun önemli bir bileşeni

olan iri ve ince agreganın her biri için 20 civarında standart vardır, özellikle deniz dibinden çıkarılan agregalarda klorür içeriğinin kısıtlanması donatı korozyonu, kavkı içeriği ve yassılık, işlenebilme ve dayanım bakımından çok önemlidir, bu konuda mevcut standart ve şartnamelere uyulmalıdır), 4) Montaj ve işçilik (en çok aksayan aşama; donatıların uygun çapta ve doğru seçilmemesi, donatıların doğru bir biçimde işlenmemesi, montajının doğru yapılmaması vb. kusurlar, beton işçiliğinde de yaşanan ve çok iyi bilinen kusurlar önlenmelidir), 5) Denetim (inşaat uygulamasının çok aksayan ve ihmal edilen bir ögesi, aşaması olup, son yıllarda olumlu sayılabilecek değişiklikler yapılmasına karşın, sistemde anlayış, yetkinlik ve etkinlik anlamında ciddi aksamalar vardır; bu tür sorunlar da bütünsel nitelik yönetimi çerçevesi uygulanarak giderilmelidir), 6) Bakım, onarım ve gerekli ise güçlendirme (bir yapı bütünlük bir sistem olduğundan, inşaat sırasında ve sonrasında bu aşama da sistemin önemli bir parçasıdır ve titizlikle uygulanmalıdır).

Hazır Betonda Nitelik Denetimi
Denetim süreçleri, başarılı bütün mühendislik tasarım ve uygulamalarının doğal olarak zorunlu bütünlük, ayrılmaz parçasıdır. Hazır beton üretiminde nitelik denetim süreçleri beton bileşenlerinin standartlara uygunluğunun tespit edilmesiyle başlar. Betonun ana bileşenleri olan çimento, agrega, su, mineral ve kimyasal katkı ile karıştırma, taşıma, yerleştirme ve sıkıştırma işlemleri standartlar kapsamında periyodik olarak nitelik denetim sürecine tabi tutulur. Ayrıca, bu malzemelerin hazır beton üretiminde kullanılabilmesi için CE belgeli olmaları zorunludur. Özellikle, beton hacminin yaklaşık dörtte-üçünü oluşturan agreganın önemi göz önüne alınmalıdır. Standart dışı agregaların ve diğer bileşenlerin yol açacağı olumsuzlukların sadece çimento içeriği artırılarak veya katkı kullanılarak giderilmeyeceğinin çok iyi bilinmesi gerekir.

Standart dışı agregaların ve diğer bileşenlerin yol açacağı olumsuzlukların sadece çimento içeriği artırılarak veya katkı kullanılarak giderilmeyeceğinin çok iyi bilinmesi gerekir. Standart dışı agregaların ve diğer bileşenlerin yol açacağı olumsuzlukların sadece çimento içeriği artırılarak veya katkı kullanılarak giderilmeyeceğinin çok iyi bilinmesi gerekir.

Standart dışı agregaların ve diğer bileşenlerin yol açacağı olumsuzlukların sadece çimento içeriği artırılarak veya katkı kullanılarak giderilmeyeceğinin çok iyi bilinmesi gerekir.

Before the destructive impact and shock of the two earthquakes, which are among the largest earthquakes of the century on a terrestrial scale, in the region ended, the area was shaken once again by an earthquake with a magnitude of 6.4, the epicenter of which was Yayladağı (Hatay), on February 20, 2023 at 20.04 Turkey time. As a result of the disaster, in which thousands of buildings were destroyed or severely damaged, over fifty thousand of our citizens lost their lives and hundreds of thousands of people were injured, many houses and workplaces became unusable, and deep wounds were opened in the economy of the region and Turkey.

denetlenmekte; numuneler alınarak deneysel olarak incelenmektedir. Bu denetimler Piyasa Gözetimi ve Denetimi kapsamında doğrudan Bakanlık personeli tarafından ya da Yapı Denetimi Sistemi ve G İşareti Belgelendirilmesi kapsamında yetkilendirilmiş bağımsız kurumlar tarafından yapılmaktadır. Hazır beton, ülkemizde deneysel olarak en çok denetlenen yapı malzemesidir.

Betonun Performansa Dayalı Tasarımı

Bir yapının inşası ve hizmet ömrü boyunca beton performansını etkileyecek en önemli parametreler her türlü yük ve çevresel etkilere dir. Bu nedenle tasarımcı ve şartname hazırlayıcı; tasarım dayanımı yanında, özellikle yapıya tesir eden çevresel etki sınıfını tespit etmek ve tasarımını bu kapsamda yapmak zorundadır. Aksi takdirde yapıdan hedeflenen işlevsellik, dayanım ve tasarım hizmet ömrü elde edilemez. Resmî Gazete'de 2018 yılında yayımlanarak 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018, betonarme projelerinde (çizim paftalarında) beton dayanım sınıfı ve donatı sınıfı ile birlikte TS EN 206'ya uygun çevresel etki sınıfının belirtilmesini zorunlu hâle getirmiştir.

İnşaat sektöründe genel olarak hazır beton, C30/37 veya C40/50 gibi bir dayanım sınıfı ile tanımlanır. Önemli olan betonun istenilen basınç dayanım performansını yapının tüm faydalı tasarım hizmet ömrü boyunca korumasıdır. Bunun için de betonun tasarlanan hizmet ömrü boyunca maruz kalacağı çevresel etkilere dirençli olması gerekir. Örneğin, deniz suyu ile temas edecek bir yapıda bu tür klorür etkisine karşı tasarım yapılmalıdır ya da sülfat içeriği yüksek olan zemin ile temas edecek betonun sülfat tuzlarına dirençli olması gerekmektedir. Eğer bu etkiler dikkate alınmazsa projede öngörülen dayanımı sağlayan beton ekonomik yönden uygun olmayan kısa sürede performansını yitirebilir.

Ülkemizde yaşanan depremler sonrasında birçok yapının özellikle bodrum, zemin ve çatı katlarında dolayısıyla rutubetli ortamlarda, kalınlığı ve özellikleri yetersiz beton örtüsüne sahip betonarme elemanlarda donatı üzerindeki bu yetersiz beton örtününün, genelde köşelerde çatladığı ya da beton çekirdekten bütünüyle ayrıldığı gözlemlenmektedir. Bunun nedeni, çoğunlukla donatı korozyonu sonucu oluşan pas hacminin demirin en az iki katı olmasıyla ortaya çıkan şişme ve iç basıncın betonarmeye, özellikle köşelerde, kapak atması, donatı ile birlikte betonun tahribi olayıdır. Bir-

In order for the buildings to be earthquake resistant, they must be built by a project, project and quality management, design, construction, and supervision team consisting of engineers and their assistants who have the experience and competence to ensure compliance with the relevant standards and specifications in terms of functionality, serviceability, resistance to all kinds of internal and external factors, and sustainability.

çok yapının göçmesinde, taşıyıcı elemanlarda donatı korozyonu sonucu oluşan aderans (yapışma) ve ankraj (kenetlenme) eksikliğinin de önemli payı vardır. Ancak depremde çöken yapılarda –dikkat çekici başka olgu ve kusurların görünürlüğü daha baskın olduğundan– incelemelerde korozyon etkisinin farkına varılmadığı da bir gerçektir. Acilen düzeltilmesi gereken önemli yanlışlardan birisi burada özellikle vurgulanmalıdır: Ülkemizde betonarme tasarım çizimlerinde ve

uygulamasında halen çoğunlukla pas payı, $d' = c_c + (\text{etriye çapı}) + (\text{ana donatı çapı}) / 2$ olarak alınmayıp, safi (net) beton örtüsü c_c hesaba katılmadığından, beton örtü ya da pas payı elemanları da kullanılmadığından sargı donatılarının, kimi durumlarda ana donatıların dışında da koruyucu beton örtüsü bulunmamaktadır. Alçı siva kullanılması durumunda ise betonarme öge dış yüzeyinde, alçı ortamına (pH = 7-8) açık çelik donatı, nemli ortamda hızla korozyona uğramaktadır.

Betonarme yapılarda donatı korozyonu iki şekilde başlayabilir. Bunlardan birincisi, bazik (pH = 12-13) örtü betonunun hiç bulunmaması ya da yeterli geçirimsizliğe sahip olmaması nedeniyle karbonatlaşarak koruyucu bazikliği yitirmesi (pH \approx 8 değerine düşmesi) ve böylece donatının korozyona açık hale gelmesidir. İkincisinde ise korozyon, klorür iyonlarının etkisi ile ortaya çıkmaktadır. Özellikle deniz kenarındaki yapılarda veya buz çözücülerin kullanıldığı köprü tabliyeleri gibi elemanlarda klorür iyonları beton örtüsünü ya da pas payını geçerek sargı donatısına ve ana donatıya ulaşmaktadır. Her iki durumda, korozyonun başlayabilmesi örtü betonunun kalınlığına ve geçirimsizliğine bağlıdır. Bir şekilde korozyona açık hale gelen ortamda, bu olayın devamını sağlayan zararlılar (karbondioksit, oksijen ve klorür iyonu) havadaki nem yardımıyla taşınır ve beton örtü katmanını aşarak donatıya ulaşır. Böylece, korozyonun önlenmesi açısından betonun geçirimsizliği ön plana çıkar.

Geçirimli bir betonla üretilmiş taşıyıcı betonarme elemanlardaki donatının korozyona uğraması, bunun sonucu olarak donatı ve betonun birlikte çalışmasının sona ermesi kaçınılmazdır. Bu da deprem gibi bir afet durumunda betonarme yapılar için önemli bir sorun oluşturur. Beton, –yapının projesinde öngörülen sınıfı sağlamış ve yeterli miktarda donatı doğru olarak yerleştirilmiş olsa bile– donatı-beton aderansı korozyon nedeniyle zayıflayınca betonarmenin taşıma gücü önemli ölçüde azalmaktadır. Bu nedenle ilgili standartlarda,

betonarme betonunun üretimi aşamasında klorür iyonu içeriği sınırlandırılmaktadır.

Güncel Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de yapılarda taşıyıcı olarak en düşük C25/30 sınıfında bir beton kullanılması gerektiği belirtilmektedir. Ancak, dayanıklılık (dürabilite) açısından, özellikle donatı korozyonu açısından değerlendirildiğinde bu beton sınıfının geçirimsizlik bakımından yeterli olmadığı gözlemlenmektedir.

TS EN 206'da çevresel etki sınıflarının belirtildiği çizelgede; farklı çevresel etki sınıflarına ait en düşük dayanım sınıfı çoğunlukla C30/37 ve C35/45 olarak belirtilmiştir. Betonun basınç dayanımından daha da önemli olan parametre ise su/çimento (su/bağlayıcı) oranıdır. Hem literatür çalışmaları hem de ilgili çizelgedeki değerler incelendiğinde beton dayanıklılığı için bu oranın 0,55'in altında olması gerekmektedir. Ülkemizde yapısal kullanım amaçlı betonlar için çoğunlukla XC1 ve XC2 sınıfları tercih edilmektedir. Oysa orta derecede rutubetli ortama maruz kalan yapılarda XC3 ve XC4 çevresel etki sınıfları kullanılmalıdır.

Bir betonda söz konusu su/bağlayıcı oranı ve bağlayıcı dozajı sınırlamasının sağlanması durumunda beton dayanım sınıfı kendiliğinden C30/37 ve üzerine çıkmaktadır. Genel olarak betonun su/bağlayıcı oranının ve eşdeğer çimento dozajının denetlenmesi kolay değildir. Oysa betonun basınç dayanımı kolayca denetlenebilmektedir. Bu nedenle özellikle deprem bölgelerinde kullanılacak betonlarda, donatı korozyonu yolu ile donatı-beton aderansının zayıflamasını önlemeye yönelik olarak beton dayanım sınıfı alt sınır düzeyi yükseltilmelidir.

Yurdumuzda özellikle hazır beton sektöründeki teknolojik gelişmeler de düşünülerek, söz konusu su/bağlayıcı oranı ve minimum bağlayıcı dozajı sınırlandırmalarının sağlanabilmesi için asgari taşıyıcı beton sınıfının C30/37 düzeyine çıkarılması ve bu sınıftan daha düşük betonların deprem riski yüksek bölgelerde kullanılmasına izin verilmemesi gereklidir. Bununla birlikte yapının maruz kalacağı çevresel etkilerin doğru bir şekilde belirlenmesinin, özel şartnamesinde belirtilmesinin, malzeme seçiminin ve uygulamasının bu kapsamda yapılmasının yeterli ve etkin bir şekilde denetlenmesi son derece önemlidir.

Her ne kadar beton karışım tasarımında çevresel etki sınıfları ve klorür sınıfları belirtilerek beton bileşenlerinden gelen klorür iyonu miktarı, su/çimento oranı, çimento tipi ve dozajı ile hava miktarına ait sınır değerler için tavsiyeler verilmişse de, bu sınırların yapıda gerçekleşip gerçekleşmediğinin denetimi ve yerindeki betonda etkin bir nitelik güvencesinin nasıl sağlanacağı gibi hususlar proje ve şartname hazırlamakla görevli mühendislerin yetkinliğine, bilgi ve deneyimliliğine bir

rakılmıştır. TSEN206'nın dürabilite öngörülleri, en az 50 yıllık tasarım hizmet ömrü esasına dayanmaktadır. TS EN 206'nın tamamlayıcısı niteliğinde olan TS 13515 standardı, hedeflenen en az 100 yıllık tasarım hizmet ömrü için betonarme yapının maruz kalacağı çevresel etkilere ve beton örtüsünün hedeflenen kalınlığına bağlı olarak bazı tasarım parametreleri ve limitleri tavsiye etmektedir. Başlıca parametreler; minimum beton basınç dayanım sınıfı, minimum safi beton örtü kalınlığı, çimento türü, minimum çimento içeriği, maksimum su/çimento oranı ve maksimum agrega tane büyüklüğüdür. Bu parametreler en az 100 yıllık tasarım hizmet ömrü için sadece öngörü ve tavsiyelerden ibaret olup, yapının üretim aşamasında yapılması gerekenler tüm tarafların mutabık kalacağı ortak bir belge niteliğinde olan, dikkatle hazırlanmış bir şartname kapsamında yerine getirilmelidir. Aynı standart, böyle bir şartnamenin taze ve sertleşmiş betonun yapımı ile ilgili işlemler, yapı boyutlarına bağlı sıcaklık gelişimi ve beton bakım (kür) işlemlerini de kapsamı gerektiğini ifade etmekte, ancak bunun nasıl yapılacağına dair yöntem ve ölçütleri projeden sorumlu mühendislerin yetkinliğine bırakılmaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Bir betonarme yapıda, beton örtüsünün (pas payının) maruz kaldığı başlıca çevresel etkiler; 1) karbonatlaşma, 2) buz çözücü tuzlardan, deniz ortamından (deniz hava ve sisinden) kaynaklanan klorür iyonu yayını, 3) donma-çözülme, 4) AAR (Alkali Agregat Reaksiyonu), bu Alkali Silika veya Alkali Karbonat Reaksiyonu (ASR veya ACR) şeklinde olabilir ve DEF (Gecikmiş Etrenjit Oluşumu), 5) varsa sülfat etkisi ve diğer kimyasal etkilerdir. Yeterince uzun süreli tasarım hizmet ömrü için; bir betonarme yapının –dış yükleri yeterli güvenlikte karşılayacak şekilde tasarlanmış olsa bile– olabildiğince boşluksuz, geçirimsiz ve erken yaş çatlağı içermeyen “özelik, nitelik ve kalınlık bakımından yeterli bir safi beton örtüsünü de içeren pas payına” sahip olması, betonun bileşenlerinden gelen klorür iyonu içeriğinin standartlarda bildirilen sınırları aşmaması kesinlikle zorunludur. Ayrıca, 6) yanal (sargı) ve asal donatıyı koruyan bu safi beton örtüsü kalınlığının yürürlükteki yangın yönetmeliğine de uyması gerekir. 7) Betonda, örtü ya da pas payı katmanında ve çekirdek betonda, donatı çubuklarının çevresinde istenmeyen boşlukların oluşmaması ve kalmaması için; beton tasarımında agreganın en büyük tane büyüklüğü, tane büyüklüğü dağılımı ve kıvamı ile betonarme kesit boyutları, biçimi, donatı biçim ve yerleşiminin çeper etkisi bakımından uyum içerisinde olması sağlanmalıdır. Çok akıcı kıvamın ya da çok kuvvetli vibrasyonun yalnız başlarına betonun boşluksuz, ayrışmaksızın yerleşmesini, sıkıştırılmasını sağlayamayacağı bilinmelidir.

Geniş kesitli kolon ve perdeler ile kazıklar, kalın plak temeller gibi kütle betonlarında; ısı çatlamlara karşı "ortalama iç sıcaklık - pas payı derinliğindeki yüzey sıcaklığı" farkı azaltılarak standart üst sınırlarının altında kalması sağlanmalı ve gecikmiş etrenjit oluşumuna (DEF) karşı hiç bir noktada iç sıcaklık 65°C değerini aşmamalıdır. Sıcak ve soğuk, yağışlı ve kuru hava koşullarında, rüzgâr da göz önüne alınarak, beton dökümü için ilgili güncel standartlara uygun önlemlerin alınması da zorunludur.

Uzun süreli performans gerektiren ve beton yüzeyleri çıplak bırakılan viyadükler ile köprülerde, çok katlı otoparklarda ve yine binaların çıplak bırakılan bodrum katlarında kullanılan betonlarda karbonatlaşma nedeniyle korozyona karşı "su/eşdeğer çimento" oranı 0,40 ve altında olmalıdır. Böyle bir betonda kılcal boşluklar da azaldığı için dayanım da yeterli olabilir ve yaklaşık C40/50 sınıfında bir beton elde edilmiş olur. Günümüzde, bu sınıftaki bir betonu işlenebilirlik ve erken yaş çatlaklarına karşı önlem bakımından yönetmek güç değildir.

Ayrıca, betonda çimentonun (bağlayıcının) hidratasyonu sonucu açığa çıkan kirecin; doğal puzolan (tras) ve endüstriyel puzolanlarla (standartlara uygun uçucu kül, öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu ve silis dumanı vb.) bağlanması da uzun süreli performans bakımından etkilidir. Böylece, söz konusu mineral katkıları ya çimentoda mevcut olmalı ya da beton bağlayıcısının bir bölümünü oluşturacak şekilde kullanılmalıdır. Ancak, mineral katkıları içeren betonlarda kalıp alma, koruma ve bakım (kür) süreleri, ortam sıcaklığı da göz önüne alınarak, yeterince uzatılmalıdır.

"Su/eşdeğer çimento" oranı 0,40'ın üstünde olan C30/37 ve C35/45 gibi bir betonun kullanıldığı söz konusu önemli yapıların çıplak bırakılan yüzeylerine uygun bir kimyasal tecrit maddesinin püskürtülerek veya fırçayla uygulanması önerilir. Bu tür uygulamalar 15 yıl aralıklarla yapılırsa uzun süreli performans bakımından önemli sayılabilecek koruyucu önlemler de alınmış olur.

Betonarme yapılarda, betonun yapısal yönden işlevsel kalmasını sağlayabilmek için, depremlere karşı alınması gerekli başlıca önlemler kısaca şöyle özetlenebilir: 1) Betonarme çerçevelerin özellikle düşüm noktalarına yakın bölgelerinde (kolon-kiriş birleşimlerinde) sargı donatıları standartlarda ve yönetmelikte bildirilen şekilde sıklaştırılmalı, bütün donatılarda gerekli bağlanma ve kenetlenme (aderans ve ankraj)

boyları sağlanmalıdır. 2) Ana (boyuna) ve sargı donatıları (etriyeler ve çirozlar) ilgili güncel yönetmelik ve standartlara [TS EN 199211, TBDY2018] uygun hazırlanmış projede öngörülen çapta, boyutlarda ve biçimde olmalıdır. Her çeşit donatı çubuklarının bağlanma (aderans, yapışma) ve/veya kenetlenme (ankraj) boyları, kanca açılırları, kanca dairesel bölümlerinin iç çapları, kancalarda dairesel kısımdan sonraki düz uzanan bölümlerin boyları; eğer kenetlenme (ankraj) enine çubuk kaynaklanarak yapılıyorsa yapımda kullanılan donatı çeliğinin kaynaklanabilirliği, bütün boyutları ve kaynaklı birleşimler ve kaynak işlemi ve yöntemi, özellikle etriyelerin ana donatı çubuklarını ve çirozların ana donatı ve etriyeyi dıştan sararak çekirdek betona bağlaması ilgili standartlara uygun olmalıdır. Özellikle kesme duvarlarında (perdelerde), burma etkisine maruz kolon ve kirişlerde sargı donatısının bitiş ucunun açık kalmaması, çekirdek betona kenetlenmesi gerekliliği tasarımda, uygulamada ve denetimde dikkatle göz önünde bulundurulmalıdır. Burma etkisinin özellikle dış aks ve köşe

kolon ve kirişlerinde etkili olabildiği bilinmelidir. Donatı düzenlenmesinde, ayrıca yangına karşı yeterli bir safi (net) beton örtüsünün kaldığından emin olunmalıdır. 3) Kolon ve perdelerdeki donatı filizleri yeterli olmalı, 4) Donatının ve betonun dayanım ve niteliği, tasarımda esas alınan standartlara ve yönetmeliklere uygun olmalıdır. Bu kapsamda; 4i) standart dışı agregalarla yeterli dayanıma ve dayanıklılığa sahip bir betonu üretme-

nin doğru ve mümkün olmadığı, agregadan ileri gelebilecek olumsuzlukların bağlayıcı (çimento) içeriği artırılarak ya da katkı maddesiyle giderilemeyeceği bilinmeli, 4ii) deprem bölgelerinde, B420C ve B500C gibi B ile başlayan ve C ile sona eren kodlara sahip donatılar kullanılmalı, 4iii) taze betonun işlenebilirliği, pompalama öncesi ve sonrasında esas almalı, şantiyede uygulanabilen onaylı kıvam ve çökme (slump) toleranslarına uygun olmalı, ve 4iv) TSEN 206'ya göre betonun sürekli üretim denetiminde, 28 günlük ya da farklı süreler sonunda [TBD Yönetmeliği-2018 Bölüm 7.2.5.3a] ortalama dayanım yetkin tasarım ve yapım mühendislerince belirlenen %93 güvenlikli hedef dayanımın daima üstünde veya en az ona eşit olmalı; hazır beton tesisi istenen beton dayanım sınıfı için başlangıç üretimi aşamasında ise, ayrıca tüm basınç deneyi örneklem grupları veya partiler bu standarttaki ortalama ve minimum kabul ölçütlerini sağlamalıdır. 5) Yönetmelik ve standartlarda bildirilen yatay ve düşey doğrultularda yapısal taşıyıcı sistem ve özellikle ana donatı çubukları kuv-

As faculty members who work or have worked in various universities whose names are listed below and who are also in the Scientific Committee of the THBB BETON 2023 Congress, we present the public with our opinions about the concrete to be used in earthquake zones, particularly the minimum conditions required for the new buildings to be resistant to a possible earthquake, through this article.

vet aktarım sürekliliği ve düzenliliği sağlanmalıdır. Yapısal düzensizliklerden kaynaklanan yetersizliklerin beton ve çelik donatı dayanımları ve/veya donatı oranı arttırılarak karşılanamayacağı bilinmelidir. Özellikle yumuşak kata ve kısa kolona izin verilmemelidir. 6) Bütün soğuk derz bölgelerinde (özellikle düşey elemanların hem üst hem alt bölgelerinde, devam eden döşeme ve perdelerin alınlarında) pürüzlendirme yapılmalı ve beton dökülmeden önce basınçlı su veya hava püskürtülerek, gerekiyorsa süpürülerek/fırçalanarak; her türlü toz, taneli malzeme ve kırıntılar/döküntüler ile olası talaş, atık tel ve donatı çubuğu parçaları uzaklaştırılmalıdır. 7) Ana donatı ek yerlerinde, yatay ve düşey yapısal elemanlarda istenmeyen genişlikte çatlaklar oluşmasını engellemek için donatı eklerinin yerleri standartta bildirilen şekilde şaşırtılmalı ve bu bölgelerde gerekli enine dağıtma donatısı yerleştirilmelidir. 8) Ancak, betonda (örtü katmanı ve bütün kesitte) donatı çubuklarının çevresinde istenmeyen boşlukların oluşmaması, ana donatı çubuklarının sargı donatılarının iç tarafına, betonun boşluksuz yerleşmesini engellemeyecek şekilde sığabilmesi için, tasarımda ve yapımda ilgili standart ve yönetmelikte müsaade edilen en büyük donatı aralıkları ve çapları uygulanmalı, gerekiyorsa beton kesit büyütülmelidir. Birçok yetersizliğin yalnızca malzeme dayanımları yükseltilecek giderilemeyeceği de bilinmelidir.

Kısaca, yapıların, depreme dayanıklı olması için; işlevsellik, hizmet görebilirlik, her çeşit iç ve dış etkenlere direnç ve sürdürülebilirlik bakımından; ilgili standartlara ve şartnamelere uygunluğu sağlayacak deneyim ve yetkinlikte mühendislerden ve yardımcılarından oluşan bir proje, proje ve nitelik yönetimi, tasarım, yapım ve denetim ekibi tarafından inşa edilmesi zorunludur.

Aşağıda isimleri bulunan çeşitli üniversitelerimizde görevli olan veya görev yapmış ve aynı zamanda THBB BETON 2023 Kongresi Bilim Kurulu'nda yer alan öğretim üyeleri olarak bizler, deprem bölgelerinde kullanılacak betonlarla ilgili görüşlerimizi, özellikle yeni yapılacak yapıların olası bir depreme karşı dirençli olabilmesi için gerekli asgari koşulları bu yazımız ile kamuoyunun bilgilerine sunuyoruz.

Saygılarımızla,

Prof. Dr. Abdurrahman GÜNER

Prof. Dr. Abdussamet ARSLAN

Prof. Dr. Aslı Pelin GÜRGÜN

Prof. Dr. Atiye TUĞRUL

Prof. Dr. Burak FELEKOĞLU

Prof. Dr. Bülent BARADAN

Prof. Dr. Canan TAŞDEMİR

Doç. Dr. Çağla Meral AKGÜL

Doç. Dr. Egemen TEOMETE

Prof. Dr. Fahriye KILINÇKALE

Prof. Dr. Fevziye AKÖZ

Prof. Dr. Fuat KÖKSAL

Prof. Dr. Galip YÜCE

Prof. Dr. Halit YAZICI

Prof. Dr. Hasan YILDIRIM

Prof. Dr. Hulusi ÖZKUL

Prof. Dr. İdris BEDİRHANOĞLU

Prof. Dr. İsa YÜKSEL

Prof. Dr. İsmail Özgür YAMAN

Prof. Dr. Kambiz RAMYAR

Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ

Prof. Dr. Mehmet Ali TAŞDEMİR

Doç. Dr. Mehmet EMİROĞLU

Doç. Dr. Mert Yücel YARDIMCI

Doç. Dr. Murat ERGÜN

Prof. Dr. Mustafa Erkan KARAGÜLER

Prof. Dr. Mustafa TOKYAY

Prof. Dr. Nabi YÜZER

Prof. Dr. Nilüfer ÖZYURT ZİHNİOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Oğuz GÜNEŞ

Prof. Dr. Özgür ÇAKIR

Prof. Dr. Özkan ŞENGÜL

Dr. Öğr. Üyesi Özgür EKİNCİOĞLU

Prof. Dr. Remzi ŞAHİN

Prof. Dr. Saim AKYÜZ

Prof. Dr. Selçuk TÜRKEL

Prof. Dr. Sinan Turhan ERDOĞAN

Prof. Dr. Şakir ERDOĞDU

Prof. Dr. Şemsi YAZICI

Prof. Dr. Turan ÖZTURAN

Dr. Öğr. Üyesi Ünal Anıl DOĞAN

Dr. Öğr. Üyesi Yavuz ABUT

Prof. Dr. Yılmaz AKKAYA

Doç. Dr. Yuşa ŞAHİN

Doç. Dr. Zeynep BAŞARAN BUNDUR