



2023 Kahramanmaraş Depremlerinde Hasar Gören Yapılarda Yapı Malzeme Kalitesinin Değerlendirilmesi

Evaluation of Building Material Quality in Buildings Damaged in 2023 Kahramanmaraş Earthquakes

İsmail Hakkı ÇAĞATAY Orcid: 0000-0001-5182-776X

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş (received): 30/10/2024

Kabul (Accepted): 30/05/2025

ÖZ

Bu çalışmada 6 Şubat depremlerinde yıkılan ve hasar gören yapıların malzeme kalitesi incelenmiştir. Betonarme yapıların beton özellikleri, beton kalitesi araştırılmıştır. Hasarlı ve yıkılmış yapıların beton kalitesinin oldukça yetersiz olduğu, betonda ayrışmalar, iri agreganın kullanımı tespit edilmiştir. Hasarlı veya yıkılmış binaların malzeme kalitesi ile ilgili örnekler gösterilmiştir. Depremlere karşı güvenli yapılarda yapı malzeme özelliklerinin nasıl olması ile ilgili çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kahramanmaraş depremleri, deprem, beton, betonarme yapılar, malzeme kalitesi

İsmail Hakkı ÇAĞATAY

hcagatay@cu.edu.tr

DOI: 10.70054/geosound.1576123

ABSTRACT

In this study, the material quality of the buildings collapsed and damaged in the February 6 earthquakes was examined. Concrete properties and concrete quality of reinforced concrete structures were investigated. It has been determined that the concrete quality of damaged and collapsed structures is quite inadequate, there are segregations in the concrete and the use of coarse aggregate. Examples of the material quality of damaged or collapsed buildings are shown. Solution suggestions have been made regarding the properties of building materials in buildings that are safe against earthquakes.

Keywords: *Kahramanmaraş earthquakes, earthquake, concrete, reinforced concrete, material quality*

GİRİŞ

06.02.2023 tarihinde Kahramanmaraş ilimizde merkez üssü Pazarcık ve Elbistan olan büyüklükleri Mw 7.7 ve Mw 7.6 olarak belirlenen iki büyük deprem meydana gelmiştir (AFAD, 2023). 7.7 büyüklüğündeki deprem yerin 8.6 km derinliğinde, 7.6 büyüklüğündeki deprem ise yerin 7 km derinliğinde meydana gelmiştir. Depremler 11 İlimizi etkilemiştir. Ülkemizin bir deprem kuşağında yer aldığı bilinmekte ve hemen hemen her büyük depremde çok sayıda can ve mal kayıpları meydana gelmektedir, (Çağatay, 2024).

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı verilerine göre 332 bin 947 bağımsız bölümden oluşan 84 bin 726 bina yıkık, acil yıkılacak ve ağır hasarlı olarak tespit edilmiştir, (www.csb.gov.tr, 2023). İçişleri Bakanlığı verilerine göre depremlerde 38 bin 901 bina yıkılmıştır. 60 bin 421 acil yıkılacak ve yıkık bina, ağır hasarlı 200 bin 401 bina tespit edilmiştir, (www.icisleri.gov.tr, 2023).

Ülkemizde oluşan önceki depremlerde benzer hasarlar oluşmuştur, (Çağatay, 2005). Hasarların en büyük nedenleri yeterli ve uygun malzeme kullanılmaması, kullanılan agregaların granülometrilерinin uygun olmaması, yetersiz çimento kullanımı, betonda vibratör kullanılmaması veya yetersiz kullanım, beton kürünün yeterli yapılmaması, donatı olarak

kullanılan çeliğin uygun olmaması, etriye aralıklarının yetersiz olması, etriye kancalarının 135° olmaması ve korozyon olarak sayılabilir.

YAPI MALZEMESİ, DEPREM VE BETON

İnşaat mühendisliğinde özellikle en çok kullanılan binalar betonarme olarak yapılmaktadırlar. Betonarme yapı beton ve çelik malzeme ile oluşturulmaktadır. Beton basınç dayanımı yüksek ancak çekme dayanımı düşük olan bir malzemedir. Beton agrega denilen doğal veya kırma taşların su, çimento ve gerektiğinde bazı katkı malzemelerinin birlikte karılmasıyla oluşturulan bir yapı malzemesidir. Beton diğer bazı malzemelere göre kıyaslandığında ucuz olarak üretilen ve özellikle ülkemizde en çok kullanılan yapı malzemesidir. İyi kaliteli beton elde edebilmek ancak iyi kalitede malzeme ve bu malzemelerin uygun oranlarda kullanılmasıyla mümkündür. Uygun olmayan malzeme ve karışım oranları, betonun da niteliksiz ve güvensiz olmasına neden olabilir.

Betonarme yapılarda yapının moment, kesme kuvveti, eksenel kuvvet ve bu etkilerden oluşan gerilmelere yeterince dayanıklı olması gerekmektedir. Betonun yeterli dayanım, dayanıklılık ve kalitede olması önemlidir. Yapıların servis ömrü süresince depreme karşı dayanıklı olması ancak yapıda kullanılan malzemelerin, kaliteli ve standartlara uygun olması ile sağlanabilir. Beton ve çelik betonarmeyi oluşturan malzemelerdir. Bu malzemelerden beton ve çeliğin yeterli aderansla betonarmeyi oluşturması gerekir. Betonun yetersiz olması ile betonarme dayanım da yetersiz olabilir. Betonun kalitesiz olması sadece beton dayanımının az olmasına neden olmaz, donatıların paslanmasına ve aderansın azalmasına neden olabilir. Bu nedenle beton yeterli dayanım, dayanıklılıkta olmalıdır.

Agregalar ince ve iri olmak üzere iki kısımdan oluşmakta ve elendiğinde 4 mm göz açıklıklı kare delikli elekten geçen agregalara ince agrega, bu elek üzerindeki agregaya da iri agrega denmektedir. İnce agregalara kum, iri agregalara çakıl da denmektedir.

Çimento bağlayıcı özelliğe sahip bir malzemedir. Çimento kalker ve kilden elde edilmektedir. Çimento, su ve ince agregadan oluşan karışıma ise harç denilmektedir. Çimento ve su ile oluşturulan karışım başlangıçta yumuşak ve şekil verilebilen bir malzeme durumundadır. Harç

daha sonra bu yumuşak durumunu kaybetmeye başlar. Böylece, birkaç saat içerisinde harç katılaşmakta daha sonra ise tamamen katı durumda olmaktadır. Harç malzemesi birkaç saat yumuşak olarak kaldığı için kalıplara dökülebilmesi, sıkıştırılabilmesi ve yüzeyinin düzeltilebilmesi mümkün olmaktadır.

Depreme dayanıklı betonarme yapı için nitelikli malzemeler kullanılarak elde edilmiş beton gereklidir. Kalitesiz ve uygun olmayan beton kullanarak sağlam betonarme yapı yapmak mümkün değildir.

BETONDAN BEKLENİLEN PERFORMANS

Yapıda istenilen şekil ve boyutlarda betondan yapılmış elemanların kullanılması için, önce kalıplar hazırlanmakta ve içerisine taze beton yerleştirilmektedir. Kalıplar daha sonra sökülmeaktadır. Beton çok uzun yıllar dayanım gösteren bir malzemedir. Betonun gerek üretimi gerekse üretiminden sonra gerekli bazı özelliklerde olması gerekmektedir.

Taze beton kolayca işlenebilir olmalıdır. Yani beton kalıbına rahatça yerleştirilebilmelidir. Taze beton segregasyona yani ayrışmaya uğramamalıdır. Beton yapı servis ömrü süresince gerekli dayanımı gösterebilmelidir. Örneğin beton dayanımı deprem bölgelerinde tasarımda belirlenen en küçük değerden daha düşük olmamalıdır. Beton sınıfı deprem bölgelerinde yapılan binalar için en az C25 olmalıdır (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).

Beton sadece fiziksel olarak dayanım göstermemeli aynı zamanda kimyasal olarak da dayanım gösterebilmelidir. Betonun kimyasal etkilere karşı dayanımı durabilite olarak tanımlanmaktadır. Bazen kimyasal etkilere karşı dayanım daha önemli olabilmektedir. Özellikle zararlı kimyasal suların etkisindeki beton bu etkilere karşı güvenli bir şekilde dayanım gösterebilmelidir.

Beton hedeflenen dayanım değerleri sağlamalıdır. Örneğin, 1, 3, 7, 28, 90 gün ve herhangi bir zaman için beton gerekli dayanımı sağlayabilmelidir. Beton yeterli hacim sabitliğine sahip olmalıdır. Rötre ve genleşme aşırı ise zararlı olabilir.

Betonun gerilme şekil değiştirme özellikleri, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, sünme etkisi önemli karakteristiklerindendir. Betonun basınç dayanımı C20 sınıfı beton için 20 MPa, çekme dayanımı 2 MPa, elastisite modülü yaklaşık 25000 MPa, Poisson oranı 0.20 kadardır.

BETONUN BASINÇ MUKAVEMETİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Betonda aranan en önemli özelliklerden biri yüksek bir basınç mukavemetidir. Yapı elemanları çekme, basınç, kayma ve bunların grupları olan çeşitli gerilmelere maruz kalırlar. Beton, basınç mukavemeti çok yüksek bir malzeme olduğu için elemanlarda basınç gerilmelerinin fazla olduğu yerlerde çalışır. Çekme gerilmeleri, betona aderans ile bağlı çelik çubuklar tarafından karşılanır. Kayma gerilmeleri de beton ve çeliğin ortak çalışmasıyla önlenir.

Betonun basınç dayanımına etki eden yüzlerce parametre vardır. Bu parametrelerin birbirleriyle çok iyi bir etkileşiminin olduğu ve herhangi birinin değerinin düşük veya kötü olmasının betonun basınç mukavemetine dolayısı ile yapıların dayanımına direkt olarak etki edebileceği asla gözden uzak tutulmamalıdır.

Betonun basınç dayanımına etki eden faktörler genel olarak aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir: Agregası ile ilgili faktörler, Çimento ile ilgili faktörler, Karışım suyu miktarı, Taze beton üretme, nakletme, kalıba dökme yöntemleri, prizlenmiş betonun bulunduğu sıcaklık ve nem ortamı ile prizlenmiş betonun bakımı ile ilgili faktörler.

Agregası ile ilgili faktörler

En küçük boyutu 0-1mm olan, en büyük boyutu ev, okul, büro gibi normal betonarme yapılarda 4 cm, beton gövde barajlar gibi geniş yapılarda 15 cm kadar olabilen tabii veya suni olarak elde edilebilen taş veya kaya parçacıklarına agregası denir. Dane çapı 4 mm'den küçük olan agregalara ince agregası (kum), dane çapı 4 mm'den büyük olan agregalara iri agregası, (çakıl) denmektedir.

Betonun hacim olarak %75 civarında kısmını agregalar oluşturduğu için betonun asıl mukavemeti en fazla agregalar tarafından sağlanır. Betonun basınç mukavemetinin aslı, iri agregası tarafından meydana getirilmektedir. Yani beton elemanın maruz kaldığı basınç gerilmesine asıl iri agregalar karşı koyar. Kum, iri agregalar arasında kalan boşlukları doldurur. Çimento hamuru da kum ve iri agregası taneleri arasındaki boşlukları doldurur ve agregası tanelerini birbirine bağlayarak çalışmaları esnasında gerilmeleri birbirlerine iletmelerini sağlar.

Betonda kullanılacak agregalar için eski nehir yatakları ve eski buzul vadileri ideal kaynaklardır. Betonda deniz kumu kullanılmamalıdır. Deniz kumu nehir kumlarına göre daha yuvarlaktır. Dolayısı ile betonda iyi bir dayanım elde edilemez. Ayrıca içerisinde bulunan deniz kabukları ve tuz gibi maddelerin çok iyi temizlenmiş olması gerekmektedir. Deniz kumundaki tuz betondaki donatının paslanmasına neden olmaktadır. Bu tür kum binaların dayanımını büyük ölçüde azaltmaktadır, Şekil 1.

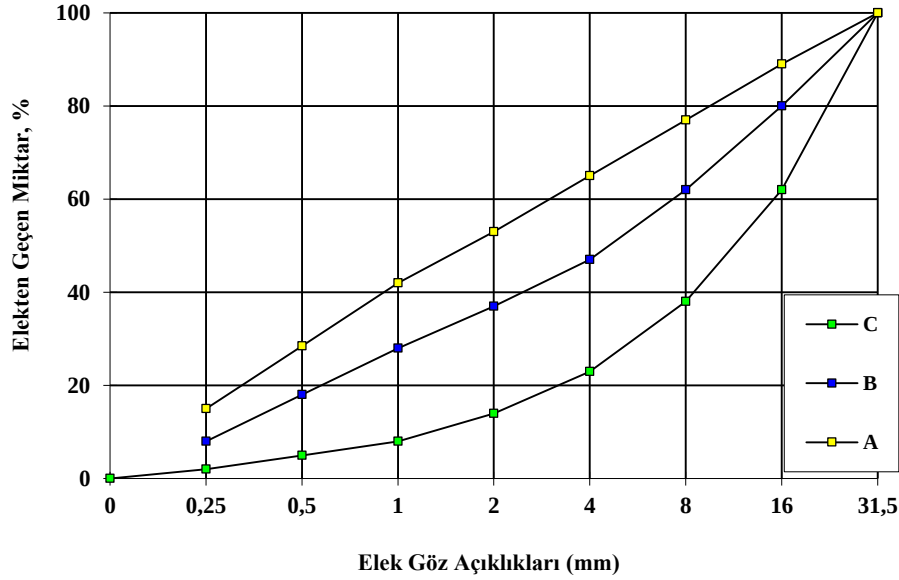


Şekil 1. Deniz Kumu Kullanılarak Yapılan Beton

Figure 1. Concrete Made with Sea Sand

Agregalar birbirleriyle gerilmeleri iletebilecek şekilde bağımlı olmalıdır. Agregalar arası boşlukları iyi bir şekilde çimento hamuru doldurur, agregalara yapışacak yekpareliği sağlar. Dolayısıyla, yüksek kaliteli betonda agreganın değişken boyutlu olması önemlidir.

Agreganın granülometrisi betondaki agrega dağılımını göstermektedir. TS 802'ye göre dane çapı en çok 31.5 mm olan agregalar için (normal betonarme inşaatlar için) gradasyon değeri Şekil 2' de görülmektedir. Şekilde B ve C eğrileri arasında kalan bölge iyi bir beton için gereklidir. Bu bölgenin dışında değerler beton için iyi değildir. A ve B eğrileri arasında kalan bölge kabul edilebilirdir.



Şekil 2. Maksimum Dane Çapı 31.5 mm Olan Agregalar İçin Granülometri Eğrisi

Figure 2. Granulometry Curve for Aggregates with Maximum Grain Diameter of 31.5 mm

Betonun mukavemeti çimento dozajı ile artar. Diğer bir deyişle, betonun mukavemeti 1 m³ taze beton için gerekli çimento miktarı arttıkça sertleşmiş betonun mukavemeti de artacaktır. Çok fazla çimento ilave etmek ise rötreyi artıracığından, bu çatlaklara sebep olduğu müddetçe uzun zamandaki mukavemet zararlı kimyasal olayların etkisiyle azalabilir.

Çimentonun zamanla hidratasyonunu su sağlar. Su ihtiyacı teorik, deneysel ve tecrübeye dayanan çalışmalar sonucu agrega ve çimento özelliklerinin ve kalıplarının biçimi, taze betonu sıkıştırma yani kalıbına döküp sıkıştırma yöntemi ve bunlar gibi çeşitli etkenlerin fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Genel olarak beton karışımlarında gereğinden daha fazla su kullanılması betonun dayanımını azaltmaktadır.

Beton kalıbına dökülüp sıkıştırıldıktan sonra birkaç saat sonra prizlenir. Prizlendikten sonra betonun suyunu buharlaşma yoluyla kaybetmesi mümkün mertebe azaltılmalıdır. Hava sıcaklığının 35 °C derece üstünde olması bu açıdan zararlıdır. Sıcaklığın 5 °C derecenin altına düşmesi hidratasyon hızını çok yavaşlatır.

1 m³ betonda kullanılan karışım suyunun miktarının, çimentonun miktarına ağırlık bazında oranına su/çimento oranı denir. Diğer şartlar yerindeyken mukavemet su/çimento oranına bağlıdır. Su/çimento oranı 0.35~1.0 arasında değişir, su/çimento oranının artması ile betonun mukavemeti düşer. Su miktarı arttıkça işlenebilirlik artar ancak beton mukavemeti azalır.

Ayrışma ileride mukavemetin azalmasına neden olur. Beton ne kadar sulu ise ayrışma o kadar çok olur. Su miktarı arttıkça aynı mukavemeti elde etmek için çimento miktarı da arttırılmalıdır. Agregada içinde iri taneler çoksa karışım suyu miktarı azalır ve aynı mukavemet için daha az çimento gerekir.

YIKILAN BİNALARIN MALZEME KALİTESİ

2023 Kahramanmaraş depremlerinden sonra, depremlerde yıkılan veya hasarlı binalar malzeme kalitesi bakımından incelenmiştir. Betonarme yapılarda kullanılan beton ve çelik malzemelerin durumları hasarlı olup olmadıkları ve varsa da hasar nedenleri incelenmiştir.

Şekil 3'te hasar gören bir yapının kirişi ve donatıları görülmektedir. Betonarme kirişin betonu yeterli tane dağılımına uygun değildir. Betonun bu durumu kirişte bulunan donatıların korozyonuna da neden olmaktadır. Betonarme taşıyıcı sistem yapı elemanlarında beton ve donatı arasında tam aderans olmalıdır. Bu nedenle beton ve çelik uygun kalitede olmalıdır. Uygun olmayan beton ile bunu sağlamak mümkün değildir.

Şekil 4'te görülen beton kalitesinin oldukça az olmasından dolayı yeterli kesme dayanımı bulunmadığından kolonda hasar oluşmuştur.

Şekil 5'te iyi yerleştirilmediği için segregasyon göstermiş beton görülmektedir. Böyle bir betonda boşluk olacağından beton kesiti azalacaktır. Böyle betonda dayanım çok düşük olacaktır.



Şekil 3. Betonarme Kiriş ve Donatılar

Figure 3. Reinforced Concrete Beam and Reinforcements



Şekil 4. Betonarme kolon ve donatılar

Figure 4. Reinforced Concrete Column and Reinforcements

Şekil 6’da bir kolondaki beton ve donatılar görülmektedir. Betonda uygun olmayan iri agregalar beton kalitesinin düşmesine neden olur. Şekilden ayrıca etriye olarak kullanılan donatılar arasındaki mesafenin uygun olmadığı görülmektedir.



Şekil 5. Segregasyon göstermiş beton

Figure 5. Segregated Concrete



Şekil 6. Betonda uygun olmayan gradasyon

Figure 6. Improper Gradation in Concrete

Şekil 7’de betonda kullanılan agregalar çok iri olup beton kalitesini etkilemektedir. Genel olarak konut yapılarında maksimum agrega tane çapının 31.5 mm olması istenir. Betonda kullanılacak agrega, yapının kullanılma şekli ve yapı çevresindeki durum da dikkate alınarak, TS 706’ya uygun olmalıdır. TS 500’ e göre agrega granülometrisinin beton niteliği üzerindeki önemli etkisi nedeniyle, kullanılacak agrega ile önceden yapılacak deneylerle amaca en uygun granülometri belirlenmelidir, (TS 500, 2000). Betonda kullanılacak agreganın en büyük dane büyüklüğü, kalıp genişliğinin 1/5 inden, döşeme kalınlığının 1/3 ünden, iki donatı çubuğu arasındaki uzaklığın 3/4 ünden ve beton örtüsünden büyük olamaz. Ancak buradaki beton agregalarının tane çapı çok daha fazladır. Böyle agregalar ile betonun gradasyonu uygun olmaz. Şekil 8’de uygun olmayan dağılıma sahip agrega ile üretilmiş beton görülmektedir.

Betonun bir özelliğini olumlu veya olumsuz hale getirince diğer özellikleri buna göre olumlu veya olumsuz olur. Örneğin, betonda iyi gradasyon betonda daha az boşluk olmasına, daha az betonda su kullanılmasına neden olur, dolayısıyla daha sağlam ve kaliteli, dürabilitesi yüksek betonlar üretilir. Bu nedenle beton sadece agrega, su ve çimento gibi malzemeleri karıştırarak üretilmez. Üretilcek betonda bu malzemelerin uygun oranlarda da olması gerekmektedir.



Şekil 7. Betonda uygun olmayan gradasyon

Figure 7. Improper Gradation in Concrete

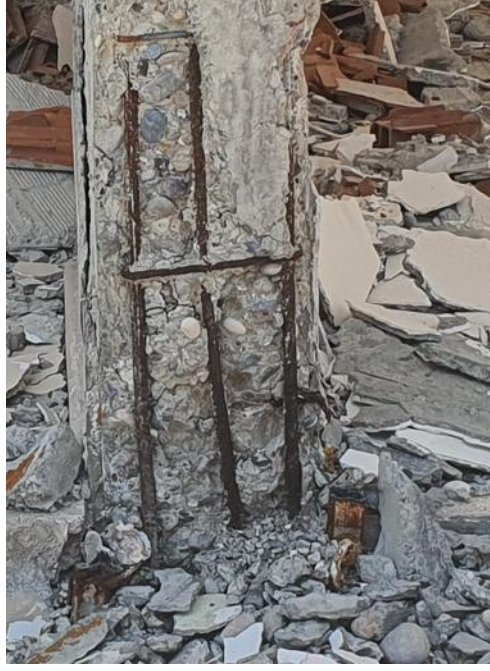


Şekil 8. Betonda uygun olmayan gradasyon

Figure 8. Improper Gradation in Concrete

Şekil 9’da hasarlı bir kolon görülmektedir. Kolondaki beton agregaları uygun gradasyona sahip olmadığından beton kalitesi düşüktür. Beton kalitesinin düşük olması nedeniyle betonarme kolondaki paspayı betonları dökülmüş ve donatılar görülmektedir. Donatıların oldukça paslı olduğu anlaşılmıştır. Bu ise beton ve çelik arasındaki aderansı azaltmaktadır. Düşük aderanslı betonarme elaman yeterli kesme kuvvetlerini karşılayamaz. Betonarmenin oluşabilmesi beton ile çelik arasında tam bir aderansın olması ile sağlanır. Tam aderans olmaz ise betonarme eleman görevini yeterli olarak yapamaz ve taşıma gücü kapasitesi oldukça düşer.

Şekil 10-12’de düşük kaliteli beton örnekleri görülmektedir. Betonun yeterli kalitede olmaması nedeniyle beton pas payları kolayca kırılabilmekte, donatılar paslanmakta ve yapı elamanı hasar görmektedir.



Şekil 9. Betonda uygun olmayan gradasyon

Figure 9. Improper Gradation in Concrete



Şekil 10. Betonda uygun olmayan gradasyon

Figure 10. Improper Gradation in Concrete



Şekil 11. Betonda uygun olmayan gradasyon

Figure 11. Improper Gradation in Concrete

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

06 Şubat 2023 Depremlerinde ülkemizde çok sayıda can kaybı olmuş, çok sayıda bina yıkılmış veya hasar almıştır. Bu çalışmada depremlerde yıkılan ve hasarlı olan binaların bulunduğu Kahramanmaraş, Hatay, Osmaniye ve Adana'daki yapılar incelenmiş, yapılarda kullanılan beton ve çelik malzemelerin malzeme özellikleri ve hasar durumları incelenmiş ve çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Ülkemizde önceki depremlerde oluşan benzer malzeme kullanımları bu depremlerde de genel olarak değişmemiştir. Beton düşük dayanımlı, yetersiz kalitede üretilmiştir. Betonun düşük kalitede olması binaların yıkılmalarında ve hasar görmelerinde en önemli etkenlerden olmuştur. Beton üretiminde gereken önem verilmemiş ve beton uygun üretilmiştir. Betonun üretiminde yapılan olumsuzluklar betonun kalitesine ve

betonarme yapının deprem davranışına da yansımış ve betonarme yapı gereken davranışı gösterememiştir.

Deprem bölgelerinde yapılan inceleme ve araştırmalardan betonda görülen hasarların en önemli nedenleri aşağıda özetlenmiştir.

Betonda kullanılan malzemeler yeterli kalitede agregalar değildir. Bazı yapılarda kullanılan agregalar beton yapımına uygun değildir. Agregaların uygun granülometrisi yoktur. Dolayısıyla granülometrik bir hesap yapılmadığı, agregaların uygun olmayan oranlarda betona karıştırıldığı anlaşılmıştır.

Bazı yapılarda kullanılan agregaların maksimum tane çapları çok fazladır. Böyle agregalar ile beton üretimi uygun değildir.

Beton üretiminde vibratör kullanılması zorunludur. Ancak, bazı yapılarda vibratör kullanılmadığından betonun yeterli sıkıştırılması yapılmamış ve betonda segregasyon oluşmuştur.

Betonun istenen kalitede olmaması, paspayının yetersiz olması nedeniyle donatılar paslanmıştır. Donatının paslanması beton örtüsünün kırılmasına ve aderansın azalmasına neden olmuştur.

Beton üretiminde gerekli olan itina gösterilmemiştir. Beton üretimi uygun yapılmamış ve üretiminden sonra gereken kür uygulanmamıştır.

Tüm olumsuz özellikler yapıların hasar görmesine neden olmuştur. Standart dışı beton ve çelik ile sağlam bina üretmek mümkün değildir.

Depremlerde binaların yıkılmaması için beton ve çeliğin standartlara uyularak üretilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

AFAD, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Afad.gov.tr.

Çağatay, İ. H., 2024. 2023 Kahramanmaraş Earthquakes and Investigation of Their Effects on Buildings, Geosound, 60.

<https://www.csb.gov.tr>

<https://www.icisleri.gov.tr>

Çağatay, İ. H., 2005. Experimental Evaluation of Buildings Damaged In Recent Earthquakes In Turkey, Engineering Failure Analysis, 12, 440-452.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018.

TS 802, 1985, Beton Karışım Hesap Esasları.

TS 500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları.