Yayın Geliş Tarihi (Submitted): ***23*****/03/2019**
Yayın Kabul Tarihi (Accepted): ***20*****/06/2019**
Makele Türü (Paper Type): **Araştırma Makalesi – Research Paper**

ANKARA'DA ÜRETİLEN HAZIR BETONLARIN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

İlker Bekir TOPÇU[1] ve Arda UZUNÖMEROĞLU[2]

ÖZET

Betonun kalitesi, üretim özelliklerinin yanı sıra basınç dayanımı ile doğrudan ilişkilidir. Buna bağlı olarak inşaat sektöründeki hazır betonların kalitesi ve nitelikli üretimi son yıllarda ön plana çıkmıştır. Ayrıca yürürlüğe giren yapı denetim kanununa göre yapı denetim kuruluşlarının, beton sınıflarının dayanımı üzerindeki hassasiyetleri de artmıştır. Bu çalışmada Ankara ilinde 2016 yılında farklı hazır beton tesisleri tarafından üretilen betonların nitelik denetiminde kalite değişiminin istatiksel olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla altı farklı hazır beton üreticisi tarafından yapı laboratuvarına getirilen beton numunelerinin basınç dayanımları test sonuçları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Ankara'da dört farklı bölgede bulunan hazır beton santrallerinde olan iki farklı beton sınıfı incelenmiştir. C20/25 ve C25/30 olarak seçilen bu iki farklı beton sınıfına ait beton numunelerine basınç deneyi uygulanarak dayanımları belirlenmiştir. Toplam 3012 adet 15x15x15 cm boyutlarında numuneye ait basınç dayanımı sonuçlarına dayanılarak istatistiksel bir analiz yapılmış ve böylece Ankara ilinde hazır beton kalitesinin ne seviyede olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. C20/25 ve C25/30 sınıflarına ait numunelerin basınç dayanım sonuçlarının istatistiksel analizi ile belirlenen standartlar arasında bazı farklılıklar tespit edilmiştir. Bütün numuneler, ACI (American Concrete Institute) tarafından belirlenen kalite derecesine ve TS EN 206 standartlarına göre analiz edilerek değerlendirilmiştir. Sonuç olarak dayanım deneyleri yapılmış olan söz konusu beton numunelerinin TS EN 206:2013+A1 ve TS 500/T3 standartlarını tam olarak olmasa da yüksek oranda sağladığı görülmüştür. Ayrıca daha önce yapılan çalışmalar incelenmiş ve yeni yapı denetim sistemi hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beton Sınıfı, Basınç Dayanımı, İstatistiksel Analiz, Standartlar.

[1] Prof. Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2075-6361

[2] Sorumlu Yazar, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4204-0564

STATISTICAL ANALYIS OF READY MIXED CONCRETE IN ANKARA

ABSTRACT

The quality of the concrete is directly related to the compressive strength as well as the production characteristics. Accordingly, the quality and qualified production of ready-mixed concrete in the construction sector has come to the forefront in recent years. In addition, according to the building control law, the sensitivity of inspection on the strength of concrete classes has increased. In this study, it was aimed to investigate the quality change of the concrete, produced by different ready-mixed concrete facility in Ankara in 2016. For this purpose, the compressive strength of concrete samples collects from four different ready-mixed concrete producers and brought to the building materials laboratory were evaluated by test results. Two different types of concrete were investigated with four different ready-mixed concrete facility in Ankara.

These two different concrete classes are selected as C20/25 and C25/30 and their strength is determined by applying compressive tests to concrete samples. Based on the compressive strength of 3012 samples with the dimensions of 15x15x15 cm, a statistical analysis was performed and it was tried to determine the level of ready-mixed concrete quality in Ankara. Some differences between the standards and the statistical analysis of compressive strength results of C20 / 25 and C25 / 30 classes were detected. All samples were analyzed by ACI (American Concrete Institute) and evaluated according to TS EN 206 standards.

As a result, it has been observed that the concrete samples, which have been subjected to compressive tests, provided a high proportion of TS EN 206: 2013 + A1 and TS 500 / T3 standards. In addition, previous studies were examined and some information was given about new building control system.

Keywords: Concrete Class, Compressive Strength, Statistical Analyze, Standards.

1. GİRİŞ

Ülkemizin geneli tektonik olarak hareketli bir zemin üzerinde bulunmaktadır. Bu hareketlilik özellikle son yıllarda gerçekleşen depremlerle kendini iyice hissettirmektedir.

Özellikle Van depreminde bir kez daha görüldüğü üzere beton kalitesinin önemi bina güvenliği için çok büyük önem arz etmektedir. Türkiye'de beton üretimi, şantiye sahasında ilkel beton üretimi seviyelerinden, kalite güvence sistemli hazır beton üretimi seviyesine gelmiştir (Topçu ve Ateşin, 2013).

Hazır beton, şantiyede programlanan beton planı doğrultusunda isteğe bağlı şekilde üretilen (katkılı), mekanikleştirilmiş bir işlem ile beton üretimi yapan beton santralinden sipariş edilen betondur. Aynı zamanda iş gücünü, saha denetim maliyetini ve proje süresini azaltır böylece hammadde kullanımında tasarruf, uygun kalite ve ekonomi sağlanır. Ayrıca kısa sürede temin edilerek hızlı inşaat yapılmasına olanak verir.

Karışım tasarımına göre agrega ve suyun hassas bilgisayarlı kontrolü ile tutarlı kalite sağlanır. Toplu taşıma nedeniyle çimento ve agrega israf etmeksizin yüksek miktarda beton temin edilebilir. Toz problemi yoktur bu nedenle kirliliğe sebep olmaz. Zamanın hayati bir rol oynadığı dev sanayi ve konut projeleri için hazır beton günümüz inşaat uygulamalarının vazgeçilmez yapı malzemesidir (Topçu ve Boğa, 2005).

Betonun mutlak hacmi %70 oranında agrega (kum, çakıl, mıcır), %10 oranında çimento, %20 oranında sudan oluşmaktadır. Hazır beton agregası, beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan, doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm'yi aşmayan büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerin oluşturduğu bir yığındır (Güçlüer vd., 2017). Hazır Betonda kullanılan agreganın dayanıklılığı, gözenekliliği, su geçirgenliği, mineral yapısı, tane şekli, gradasyonu, tanelerin yüzey pürüzlülüğü, en büyük tane boyutu, elastiklik modülü, beton özelliklerini etkilemektedir (Mehta ve Monteiro, 2006). Gerektiğinde, çimento ağırlığının %5'den fazla olmamak kaydıyla, katkı malzemesi ilave edilmektedir. Hazır beton metreküp cinsinden alınır ve satılır (Afzal ve Khan, 2018).

Hazır betonun kalitesini belirleme işlemi 5 temel aşamadan oluşmaktadır:

- Tasarım
- Üretim
- Taşıma
- Yerleştirme
- Bakım ve Kür

Bunlardan ilk üç aşama hazır beton üreticisi, son iki aşama ise tüketici tarafından yerine getirilmektedir.

1.1. Hazır Betonların Sınıflandırılması

Beton kalitesi ve performansı, inşa edilen yapının türüne, büyüklüğüne ve zeminine bağlıdır. Yapıların yük altındaki davranışlarını belirleyen ve etkileyen unsurlar arasında beton basınç dayanımı en önemli faktördür.

Betonun tanımlanması ve sınıflandırılmasında kullanılan karakteristik basınç dayanımı (f_{ck}), ulusal ve uluslararası yönetmeliklerce silindir veya küp numunelerin 28 günlük basınç dayanımı olarak kabul edilir (Şimşek, 2012).

TS EN 206:2013+A1 standardına göre hazır betonlar 3 sınıfa ayrılmıştır (TS EN 206:2013+A1, 2017):

Hafif Beton: Etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi (yoğunluğu), 800 kg/m^3'den büyük, 1000 kg/m^3'den küçük olan betondur. Hafif betonda kullanılan agreganın bir kısmı veya tamamı hafif agrega olarak imal edilmektedir.

Normal Beton: Etüv kurusu durumundaki birim hacim kütlesi (yoğunluğu) 2000 kg/m^3'den büyük, 2600 kg/m^3'den küçük olan beton.

Ağır Beton: Etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi (yoğunluğu), 2600 kg/m^3'den daha büyük olan beton.

Temel yapı malzemesi olarak kullanımı giderek yaygınlaşan hazır betonun yapısal özellikleri de sürekli geliştirilmekte, üniversitelerde ve tesis laboratuvarlarında yeni çalışmalar yapılmaktadır. Yüksek nitelikli çimento üretimi, yeni geliştirilen kimyasal katkılar, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, transmikserler ve beton pompaları ile yüksek kapasiteli araç üretimleri, beton endüstrisinin ilerlemesini hızlandırarak daha modern ve dayanıklı yapıların oluşumunu sağlamaktadır.

1.2. Hazır Betonun Tarihçesi

Beton insanlık tarihinin gelişiminde ve eski medeniyetlerin günümüze kadar gelebilen eserlerinde önemli bir yere sahiptir. İnsanoğlu M.Ö 3000 yılından itibaren kalsiyum (Ca) esaslı bağlayıcı maddeleri yapı malzemesi olarak kullanmaktadır. Modern Portland Çimento, ilk kez

1824 yılında üretilmesine rağmen ilk betonarme yapı ancak 1857 yılında yapılmıştır (Kafalı, 2004).

İlk kez 1903 yılında Almanya'da ortaya çıkan hazır beton, sonraki yıllarda ABD'de üretilmeye başlamıştır. Hazır beton kolaylıkla kullanılabilen bir inşaat malzemesi olduğundan dolayı kullanım alanı ve tüketimi giderek yaygınlaşmış ve diğer ülkelerde de üretilen ve tüketilen bir ürün haline gelmiştir. 1914 yılında beton taşıma amaçlı transmikser aracı gene Amerika'da geliştirilmiştir. Transmikserin hemen ardından 1927 yılında "Beton harç İletme Pompası" aracı geliştirilerek patenti alınmıştır (Kafalı, 2004).

Özellikle 1950'lerden sonra hızlanan kentleşme ve altyapı inşaatları hazır beton ve beton ürünlerinin daha çok üretilmesini sağlamıştır. 1970'li yılların sonuna doğru ülkemizde faaliyet gösteren inşaat firmaları öncelikle kendi ihtiyaçlarını karşılamak üzere hazır beton üretimine başlamışlardır. Ülkemizde ise hazır beton ilk kez 1970'li yılların sonralarına doğru bazı inşaat şirketleri tarafından kendi inşaatlarında kullanılmak üzere üretilmeye başlanmıştır. Ancak gerçek anlamda hazır beton endüstrisine 1980'li yılların ikinci yarısından itibaren geçilmiştir. Kısa dönemde hazır beton sektörü çok büyük gelişme göstermiş, en son teknolojik ekipmanlarla birlikte deneyimli bir güce sahip olmuştur (Engin, 2017).

2000'lerde yeni nesil bir mimari ortaya çıkmıştır ve yirminci yüzyılın ortalarında bilgisayar grafikleri ve bilgisayar analiz programları yardımıyla, daha büyük boyutlara sahip, daha çevreci ve daha az masraflı yapılar tasarlanabilmektedir.

Hazır beton üretimi ve tüketimi dünyada ilk kez kullanıldığı 1903 yılından bu yana hızla yaygınlaşmış, 1998 yılında Avrupa ve ABD'de toplam 623 milyon metreküplük tüketim düzeyine ulaşmıştır (Kafalı, 2004). Dünya nüfusu arttıkça insanların fizyolojik gereksinimleri (barınma, sağlık vb.) kentsel altyapı gereksinimlerini de arttırmakta ve bunların karşılanması için de konut, işyeri, okul, hastane, yol, baraj, köprü vb. yapıların üretilmesi gerekmektedir. Bu yapıların sürekli ve kaliteli olarak üretilmesi için en çok başvurulan yapı malzemesi ise betondur.

1.3. Türkiye'de Hazır Beton

2018 yılında yürürlüğe konulan yeni deprem yönetmeliği bu durumu dikkate alarak, yapı güvenliğinin sağlanması ve depreme dayanıklı binalar yapılabilmesi için deprem bölgelerinde yapılacak tüm betonarme binalarda kullanılacak en düşük beton dayanım sınıfını C25 olarak belirlemiştir (Deprem Yönetmeliği, 2018).

Betonun istenilen seviyedeki performans ve dirençte üretilebilmesi ve gerekli özelliklerin elde edilebilmesi, betona belirli standartların yerleştirilmesi ile yakından ilgilidir, bununla birlikte beton üzerine uygulanan basınç deneyleri ile beton kalitesindeki değerler önceden tahmin edilebilmektedir (Topçu ve Boğa, 2005).

Ülkemizde 2001 yılında hazır beton üretimi ve kullanımı konusunda uygulamaya konan standart TS 11222'dir. 2002 tarihinden itibaren ise Avrupa Birliği Üyeliği süreci içerisinde, beton konusundaki standartlarda köklü bir düzenlemeye gidilmiştir. Nisan 2002'de yürürlüğe giren TS EN 206, getirdiği yeni kavramlar ve yaklaşımlarla beton konusunda sıra dışı bir görüş ortaya koymuştur. TS EN 206 standardının son hali, TS EN 206:2013+A1 'Beton-Özellik, performans, imalat ve uygunluk' adı altında 2017 yılında güncellenmiş hali ile piyasaya sunulmuştur (Kafalı, 2004).

Türkiye hazır betonda dünyada en kaliteli üretim yapan ülkelerin başında gelmektedir. Türkiye'de 2013 yılı verilerine göre yılda yaklaşık 100 milyon metreküp beton üretilirken, Türkiye'nin ardından Almanya'da 51 milyon metreküp ve İtalya'da 49 milyon metreküp beton üretimi yapılmaktadır. Türkiye'de hazır beton sektörünün önemli çevresel riskler oluşturan termik santraller ve demir-çelik fabrikaları ve yüksek fırınlardan çıkan atıkların bertaraf edilmesinde önemli bir işlev görmektedir. Ayrıca son 5 yıldır bu atıkları öğütme tesislerinde tane haline getirip hazır beton üretiminde kullanılmaktadır. Termik santrallerde kullanılan kömürden çıkan küller ve atıklar çeşitli işlemlerden geçirilerek beton üretiminde kullanılmaktadır. Bu şekilde önemli bir çevre korunmasına katkıda bulunulmaktadır (Işık, 2013)

Türkiye'nin bir deprem kuşağı ülkesidir. Sıkça meydana gelen afetlerde büyük can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Bu nedenle yapı güvenliği açısından betonun kalitesi büyük önem kazanmaktadır. Ülkemizde kullanılan betonların durumu ise hazır beton teknolojilerinin kullanılmasıyla birlikte memnun edici gelişmeler göstermeye başlamıştır. 06.03.2007 tarihinde yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliği bu durumu, yapı kalitesinin yükseltilmesi ve depreme dayanıklı binalar üretilmesi için deprem bölgelerinde kullanılacak en düşük beton dayanım sınıfını C20/25 olarak belirlemiştir (Topçu ve Demir, 2004). Böylelikle beton konusunda gerek üreticilerin gerek mal sahiplerinin bilinçlenmesi üretilen betonlarda son yıllarda bir kalite artışının gözlenmesine neden olmuştur.

Tüm deprem bölgelerinde, TS 500/T3'deki tanıma göre kalite denetimli, bakımı yapılmış ve vibratörle yerleştirilmiş beton kullanılması zorunludur. Ancak, kendinden yerleşen beton kullanıldığı durumlarda, vibratörle beton yerleştirilmesine gerek yoktur (TS 500/T3, 2014). Yüksek teknoloji kullanılarak hazırlanan, içindeki karışım oranları bilgisayarlarla

kontrol edilen, malzeme kalitesi standartlara uygun, taşınması ve gerekli yerlere ulaşması transmikser ve pompalar vasıtasıyla iyice kolaylaşan ve bütün bunları hızlı ve ekonomik şekilde gerçekleştiren hazır beton teknolojisi, günden güne yaygınlaşmakta ve inşaat sektörünün vazgeçilmez unsurlarından biri olmaktadır.

1.4. Yapı Denetim Uygulamasında Yeni Sistem

2017 yılı beton üretim verilerine bakıldığında, ülkemizde 109 milyon metreküp beton üretimi ile Avrupa birincisi olmuştur. Bu kadar çok beton üretilmesi beraberinde bazı zafiyetleri de ortaya çıkarmaktadır. Sektörü takip edenler, bu zafiyetler içindeki en önemli konunun sahte beton test raporları olduğunu çok iyi bilmektedirler (Kaya, 2018).

Ayrıca, numune sayısının fazla olması nedeniyle yapı laboratuvarlarındaki kür havuzları yetersiz olabiliyor. Yeterli süre kür havuzunda beklemeyen beton numunelerinin basınç dayanımları düşük çıkabiliyor. Bu durumda da laboratuvar ile müteahhit arasındaki bağ nedeniyle numunelerin sonuçları değiştirilebiliyor (Kaya, 2018).

Ülkemiz genelinde yapı denetimine tabi binalardan beton döküm aşamasında, belirlenmiş olan standartlara uygun beton numunesinin alınması amacıyla AselsanNET ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ortak çalışması ile hazırlanan Elektronik Beton İzleme Sistemi (EBİS) geliştirilmiştir (Aksu, 2018). Bu yeni çipli beton sistemi ile;

- 16 saat – 72 saat içerisinde numunenin şantiye çıkışı yapıldığının teyit edilebilecek,
- Beton numunesinin kürleme sürelerini takip edilecek,
- Laboratuvar ortamında basınç dayanım testleri denetlenecek,
- Beton numunesinin kırım sonuçları doğru veriler ile raporlanacak,
- Dışarıdan gelebilecek müdahaleleri önleyerek numunelerin takibini sağlanacaktır.

AselsanNET tarafından yazılan Android market ve iOS marketten indirilebilecek olan bir mobil uygulama ile numune alma, numune şahitliği, şantiye çıkışı ve kürleme işlemleri denetim elemanları (denetçi mühendis, kontrol elemanı vb.) tarafından gerçekleştirilecektir. Aynı zamanda numune alma süreci anlık olarak web üzerinden denetleyici kurumlar tarafından denetlenebilecektir. (Aksu, 2018).

Bu sistem ile numune alma sürecine ilişkin konum, saat ve rapor bilgileri ile deney yapan ve numune alımına şahitlik eden kişi bilgileri elektronik ortamda tutulmakta olup, ülke geneli,

il, ilçe, laboratuvar veya yapı bazlı denetlenebilmektedir. Web üzerinden Çevre ve Şehircilik Bakanlığına, laboratuvar kullanıcılarına ve il müdürlüklerine sağlanacak roller ile elektronik ortamda beton numuneleri anlık izlenebilecektir (Aydoğdu, 2018).

1.5. Beton Niteliklerinin İncelenmesinde İstatistiksel Değerlendirme Metodu Kullanılması ve Çalışmanın Literatüre Katkısı

Beton kalitesinde, basınç dayanımı, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılık gibi faktörler etkilidir. Ayrıca kullanım amacı ve yerine bağlı olarak geçirimsizlik, birim ağırlık, eğilme ve çekme dayanımı, aşınma dayanımı gibi özellikleri de taşımalıdır (Gürcü vd., 1989).

İnşaat sektöründe kullanılan betonun kalitesi hazır beton üretiminin artması ile birlikte önemli ölçüde değişim göstermiştir. 1990'lı yıllarda C20/25 beton üretimi ve kullanımı çok az iken bugün C30/37 betonu üretimi ve kullanımı yaygınlaşmıştır.

Betonun basınç dayanımını etkileyen değişkenlerin çokluğu ve bu değişkenlerin birbirlerini etkilemesinden dolayı tanımlanacak beton sınıfının standartlara uygunluğunun belirlenmesinde istatistiksel açıdan değerlendirme önem kazanmaktadır. Bu değişken faktörlerin etkilerinin hazır beton üretim tesislerinde en aza indirgenmesi standart sapma değerlerinin küçülmesi ile alakalıdır. Hazır beton tesislerinde üretilecek hazır betonun uygun malzeme ve karışım oranlarında olması, istenilen nitelikte ve kalitede performans göstermesi, önceki beton üretimlerinden alınan yeterli sayıdaki numunelerin istatiksel yöntemler kullanılarak analizi ile mümkün olabilmektedir.

Betonun kalitesini etkileyen parametrelerin, hazır beton tesisinde etkisinin en aza indirilmesi, üretilen beton numunelerinin ortalama basınç dayanımlarının yüksek, standart sapmanın ve değişkenlik katsayısının olabildiğince düşük olmasına bağlıdır. Modern makinelerle üretimi gerçekleştirilen hazır betonda, istenilen kaliteye ulaşılması, tüm üretimlerde aynı kalitenin korunması da kalite güvence sistemi açısından önemlidir.

Ülkemizde, 1980'li yıllardan itibaren hazır beton sektörünün gelişmeye başlamasıyla birlikte betonda kalite kontrolü de ön plana çıkmıştır. Bu kapsamda, başta İstanbul ve çevresinde olmak üzere; Eskişehir, Antalya ve Afyonkarahisar gibi çeşitli illerde üretilen betonların niteliği üzerinde incelemeler yapılmıştır. Bu incelemelerden literatür araştırması başlığı altında bahsedilmiştir.

Literatürde Ankara ilinde üretilen betonların niteliğinin incelenmesi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma kapsamında, Ankara ilinin farklı bölgelerinde üretim yapan hazır beton tesislerinden 2016 yılında alınan beton numunelerinin yapı laboratuvarında

gerçek bir gözlem ile test edilmesi sonucu bulunan dayanım değerleri dikkate alınmıştır.

Bütün basınç dayanımları elde edildikten sonra betonların ne tür bir kalite sahip olduklarını belirlemek amacı ile ACI (American Concrete Institute) tarafından belirlenen ve betonun basınç dayanımı ve kalitesi hakkında bilgi edinmemizi sağlayan değerlerden yararlanılmıştır. Çizelgeye göre serinin ortalamasının 25 MPa'dan küçük olması durumunda varyasyon katsayısı değerine, ortalamanın 25 MPa'dan büyük olması durumunda ise standart sapma değerine göre değerlendirme yapılmaktadır. Böylece beton kaliteleri çok iyi, iyi, orta ve zayıf olmak üzere 4 grupta toplanmıştır (ACI 214R-11, 2011).

Test sonuçlarının istatiksel değerlendirilmesi yapılarak Ankara ilindeki hazır beton firmalarında üretilen betonların, TS EN 206:2013+A1 ve TS 500/T3 standartlarını ifade edilen sınıflama esasına göre, beton basınç dayanımlarının dağılımı ve kalite kontrol dereceleri hakkında fikir verilmeye çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Hazır beton, üretimini takiben en çok iki saat içinde kullanılması zorunlu olan bir inşaat malzemesidir. Dolayısıyla inşaat alanı ile beton santrali arasındaki mesafe ve santraldan inşaat alanına betonun taşınma kapasitesi, beton santralinin kapasite kullanımını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle taze betonun kullanılacağı yere betonun özellikleri bozulmadan taşınabilmesi gerekmektedir. Beton taşıması için özel olarak tasarlanmış kamyon benzeri taşıt aracı olan transmikser, bir hazır beton tesisinin en önemli üretim araçlarından birisidir. Eğer santral kapasitesine uyumlu bir taşıma kapasitesi yoksa santralde üretilen betonun inşaat alanına gerekli sürede taşınması mümkün olmayacağından, beton üretimi taşıma kapasitesiyle sınırlanacaktır (Kafalı, 2004).

Dündar vd. (2016), Osmaniye de bulunan beton üretim tesislerinin 2015 ve 2016 yıllarına ait çeşitli yapılarda kullanılmak üzere C25/30 ve C30/37 dayanımında üretilen betonların basınç dayanım sonuçlarını istatistiksel olarak incelemişlerdir. Üç adet beton santraline ait 15x15x15 cm boyutlarında 4293 adet küp numunenin basınç dayanımlarına ait veriler kullanmışlar ve bu veriler yardımıyla beton sınıflarında oluşan basınç dayanımındaki değişimler, TS 500 ve ACI 214R-02'ye uygun olup olmadığı ortaya konulmuştur. Basınç dayanımı sonuçları SPSS 22 programı yardımıyla tek yönlü varyans (ANOVA) analizi testi ile çoklu karşılaştırma yöntemi uygulanarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda ACI 214R-02 standardına göre beton kalitesi genel olarak iyi, çok iyi ve mükemmel çıkarken, TS 500'e göre standardın belirlediği değerlerin de üzerinde dayanım elde edilerek şehirde inşaat sektörünün

beton ihtiyacının önemli bir kısmını sağlayan santrallerde kaliteli beton üretimi yapıldığı belirlenmiştir. ANOVA testi sonucu, 28 günlük C25 beton sınıfında C firmasının diğer iki firmaya göre daha kaliteli üretim yaptığı, C30 beton sınıfında ise A ve C firmalarının B firmasından daha kaliteli beton üretimi yaptığı belirlenmiştir.

Ergün ve Başaran (2010), Afyonkarahisar ilinde 2009-2010 yıllarında farklı hazır beton tesisleri tarafından üretilen betonların nitelik denetiminde kalite değişiminin istatiksel olarak incelenmesini amaçlamışlardır. Bu amaçla, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Yapı Laboratuvarına üç farklı hazır beton üreticisi tarafından getirilen beton numunelerinin basınç dayanımları test sonuçları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Son iki yıldaki veriler dikkate alınarak, Afyonkarahisar il merkezindeki beton kalite gelişimi ortaya konulmuş ve elde edilen sonuçlara göre betonarme yapılar açısından olumlu bir iyileşmenin olduğu belirlenmiştir.

Yılmazoğlu vd. (2016), Kastamonu İl'inde deprem riski bakımından yüksek olan bölgede, 2008-2013 yılları arasında yapılmış yapı ve tesislerde kullanılan betonların basınç dayanımlarını istatiksel olarak incelemişlerdir. Bölgede kullanılan betonların niteliği yıllara ve beton sınıfına göre belirlenerek, beton basınç dayanımındaki değişkenlikler ortaya konmuştur.

Koçak ve Arslangiray (2005) tarafından yapılan bu çalışmada, Antalya' da üretilen hazır betonların sınıf dayanımları ve kaliteleri incelenmiştir. İncelemelerde İnşaat Mühendisleri Odası Beton Laboratuvarı teknik elemanları, yapı denetim firmaları teknikerleri tarafından özel olarak şantiyede standartlara uygun alınan numuneler değerlendirilmiştir. Standartlara uygun şekilde ve sayıda alınan numunelere TS 3068 ve TS 3351' e göre laboratuvar ortamında 7 ve 28 günlük kürler uygulanmış, kür sonunda numunelere TS 3114'e göre basınç dayanım testi uygulanmıştır. Antalya'nın 54 ilçesinde ve mahallesinde dökülen 7544 adet numune çeşitli kriterlere göre incelenmiş ve sonuçlar diğer illerde ve çeşitli dönemde yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Fırat (2005) yaptığı bir çalışmada, Antalya ve çevresindeki değişik şantiyelerde kullanılan betonların üretim kaliteleri hakkında bir fikir edinmeyi amaçlamıştır. Betonun kalitesini etkileyen en önemli özellik basınç dayanımıdır ve kalite için aranılan diğer özelliklere de genelde orantılı olarak katkı yapar. Bundan dolayı üretim kalitesi betonun basınç dayanımı ve bu basınç dayanımının dağılımı, beton sınıflarına ve yıllara göre dikkate alınarak istatistiksel olarak incelemiştir. Ağırlıklı olarak 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 ve 2005 yıllarına ait veriler kapsamlı olarak incelenmiş ve geçmişle kıyaslama yapılabilmesi açısından daha önceki yıllara

ait veriler de dikkate alınmıştır. Ayrıca standartlardaki bazı yeniliklerde bu çalışmada dikkate alınmıştır.

Akyüz ve Uyan (1989), yaptığı bir çalışmada 1986, 1987, 1988 yıllarında İstanbul ve çevresinden İstanbul Teknik Üniversitesi yapı laboratuvarına gönderilen beton numunelerinin basınç dayanım sonuçları istatistiksel yöntemlerle değerlendirmiştir. Bu değerlendirmede göz önüne alınan beton dayanımlarının söz konusu bölgede üretilen tüm betonların istatistik açıdan bir örneklemesi olduğu varsayılmıştır. Böylece son üç yılda İstanbul ve çevresine üretilmiş betonların nitelik yönünden hangi konumda olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

Davraz vd. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, Isparta ve çevresindeki hazır beton kalitesi ve dayanım sınıfları araştırılmış, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Kontrol kayıtlarına ulaşılamaması ya da sağlıklı veri elde edilememesi nedeniyle, bu araştırma sadece bir hazır beton tesisinin imalat kontrol kayıtlarına dayandırılmıştır. 2008-2010 dönemi için temin edilen veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Aktif fay kuşakları arasında, 1. derecede deprem bölgesinde yer alan Isparta ve yakın civarındaki yapılarda kullanılan ortalama beton dayanım sınıfı C25 olarak belirlenmiştir. Bu durum Türkiye geneli için yayınlanan Avrupa Hazır Beton Birliği verileri ile de uyuşmaktadır.

Uğur Albayrak (2016), bir kentsel alanı; inşaat yoğunluğu, trafik koşulları ve gecikmeler gibi sorunları olan ve 4 beton santrali içeren 7 bölgeye ayırmıştır. Bu sorunları çözmek için doğrusal programlama ve genetik algoritma uygulanmış ve her iki durumu da aynı koşul altında birbirleriyle karşılaştırmıştır. Sonuçlar, değişkenlerin sınırlı olmasından dolayı, doğrusal programlamanın bu çalışma için daha verimli olacağını göstermiştir.

Hazır betonun sevkiyatı nasıl yapılacağı, üretim tablolaştırma tekniklerinin uygulanmasıyla belirlenir. Tüm RMC (hazır beton) üretim sürecinin verimliliğini arttırmak için kullanılabilecek ilgili girdilerin daha hassas ve doğru olmasını sağlamak adına kullanılan iki öncelikli tablo tekniği vardır, bunlar; Earliest Due Date (EDD) ve First-Come, First-Served (FCFS) teknikleridir. Tanwanichkul ve Thawongklang (2016), hazır betonun sevkiyatını, bu üretimi tablolaştırma tekniklerini uygulayarak araştırmıştır. Ayrıca coğrafi bilgi sistemleri yazılımını (ArcGIS); mesafeleri, seyahat hızını ve seyahat sürelerini hesaplamak için kullanmışlardır.

3. ARAŞTIRMA KAPSAMI

Betonların kalitesini belirlemekte genellikle basınç dayanımları göz önüne

alınmaktadır. Beton basınç deneylerinin amacı, projelerde belirtilen beton dayanımının ne ölçüde elde edildiğini belirlemek ve beton kalitesinde oluşabilecek değerleri önceden tahmin edebilmektir (Topçu ve Ateşin, 2013).

Bu çalışmada, 2016 yılında olmak üzere Ankara ili bünyesindeki dört farklı noktada bulunan beton santrallerinden dört ay süren bir çalışma ile elde edilen ve basınç dayanımlarını belirlemek amacıyla laboratuvarlara getirilen C20/25 ve C25/30 sınıfı hazır betonlardan alınan numunelerin basınç dayanım değerlerine bağlı olarak kaliteleri incelenmiştir. Numunelerin basınç dayanım testlerine şahitlik edilmiş ve laboratuvar sonuçları teker teker incelenerek yapılacak olan istatistiksel analiz için bir veri tabanı oluşturulmuştur.

Ankara'nın çeşitli beton santrallerinden elde edilen 1507 adet C20/25 ve 1505 adet C25/30 sınıfı olmak üzere toplam 3012 adet beton numunesinin deney sonucundan yararlanılarak Ankara ilindeki çeşitli beton santrallerinde üretilen hazır betonların dayanımı üzerine istatistiksel bir analiz yapılıp, Türk standartlarına uygunluğu araştırılmıştır.

Hazır betonlardan alınan numunelerin beton ve yapı malzemeleri laboratuvarına getirilerek yapılan basınç dayanım deneylerinin raporlarındaki sonuçlar değerlendirilmiş, C20/25 ve C25/30 sınıflarındaki beton basınç dayanımlarının, 7 gün ve 28 günlük olmak üzere toplamda 4 gruba ayrılması uygun görülmüştür (Uyan vd., 1999). Numunelerin hepsi bir kenarı 15 cm küp numune dayanımı olup, Tablo 1, 2, 3 ve 4'de gösterilmiştir. Dört gruptaki dayanım sonuçları değerlendirilerek histogramları, frekans tabloları ve eklenik frekans eğrileri çizilmiş, bu değerler ile bazı istatistiksel parametreler hesaplanarak il bazında basınç dayanım deneyleri sonuçlarına göre hazır beton üreticilerinin kalite kontrol dereceleri belirlenmiştir.

Sonuç olarak Ankara ilinde farklı şantiyelerden gelen C20/25 ve C25/30 beton numunelerinin basınç dayanım sonuçlarının diğer istatistik parametreler ışığı altında Türk standartları ile karşılaştırması yapılarak, projede istenilen dayanım değerleri ile uygulama sonucu elde edilen gerçek dayanım değerleri arasından bir karşılaştırma yapılmış ve son yıllarda beton kalite ve üretim teknolojileri üzerinde bir fikir elde edilmeye çalışılmıştır.

4. DENEY SONUÇLARI

Ankara'da bulunan şantiyelerde beton dökümü sırasında alınan 15x15x15 cm'lik küp numunelere 7. ve 28. gün olmak üzere basınç dayanımı deneyleri uygulanmıştır. Ülkemizde TS 500/T3 ve TS EN 206:2013+A1 standartlarına göre C20/25 beton sınıfı için 28 günlük en düşük karakteristik basınç dayanımın 25 MPa, C25/30 beton sınıfı için 28 günlük en düşük karakteristik basınç dayanımın 30 MPa olması gerekmektedir. 7 günlük basınç değeri ise 28

günlük en düşük karakteristik basınç dayanım değerinin ortalama %72 oranında olması beklenir (Baradan vd., 2012). Dayanım aralıklarına göre kaç adet sınıflandırma yapılacağı aşağıda verilen formüle göre bulunur (Beyazıt ve Yeğen Oğuz, 2011).

$m = 1+3,3 \log n$ veya $2^m \geq N$

Burada,

n = Aynı kür süresindeki (7 veya 28 günlük) dayanım sonucuna ait numune sayısı,

N = Toplam numune sayısı,

m = Basınç dayanımı aralığı oluşturulurken kullanılacak olan sınıf sayısıdır.

Sınıf aralığı belirlenirken aynı beton sınıfındaki ve eşit kür süresi uygulanmış numunelere ait, en yüksek (X_{max}) ve en düşük (X_{min}) basınç dayanımı değerleri bulunarak, dağılım genişliği (R) değeri tespit edilmektedir.

Dağılım Genişliği:

$R = X_{max} - X_{min}$

Dağılım genişliği değeri, sınıf sayısı (m) değerine bölünerek sınıf aralığı değeri (c) değeri elde edilmiş olur.

$c = R / m$

Örneğin; C20/25 beton sınıfına ait 7 günlük numunelerin dağılım genişliği şu şekilde hesaplanır.

$R = X_{max} - X_{min} = 26 - 15 = 11$

$m = 1+3,3 \log n = 1+3,3 \log (500) \approx 10$

$c = R / m = 11 / 10 \approx 1$

C20/25 beton sınıfına ait 7 günlük numunelerden oluşan frekans ve eklenik frekans verilerine ait tablo hesaplanırken veriler 1 MPa aralık ile oluşturulmuştur. Yapılan hesaplama sonucu 11 farklı sınıfa ayrılan 7 ve 28 günlük dayanım sonuçları, frekans ve eklenik frekans değerleri Tablo 1, 2, 3 ve 4'de, histogramlar ise Şekil 1, 2, 3, ve 4'te gösterilmektedir.

Tablo 1. C20/25 Sınıfı Hazır Betonun 7 Günlük Basınç Dayanımı Sonuçları

Dayanım Aralığı (MPa)	Adet	Frekans	Eklenik Frekans
15.00 - 16.00	1	0,0020	0,0020
16.00 - 17.00	2	0,0040	0,0060
17.00 - 18.00	10	0,0200	0,0260
18.00 - 19.00	21	0,0420	0,0680
19.00 - 20.00	90	0,1800	0,2480
20.00 - 21.00	143	0,2860	0,5340
21.00 - 22.00	111	0,2220	0,7560
22.00 - 23.00	76	0,1520	0,9080
23.00 - 24.00	31	0,0620	0,9700
24.00 - 25.00	13	0,0260	0,9960
25.00 - 26.00	2	0,0040	1,0000
TOPLAM	**500**	**1,0000**	

Tablo 2. C20/25 Sınıfı Hazır Betonun 28 Günlük Basınç Dayanımı Sonuçları

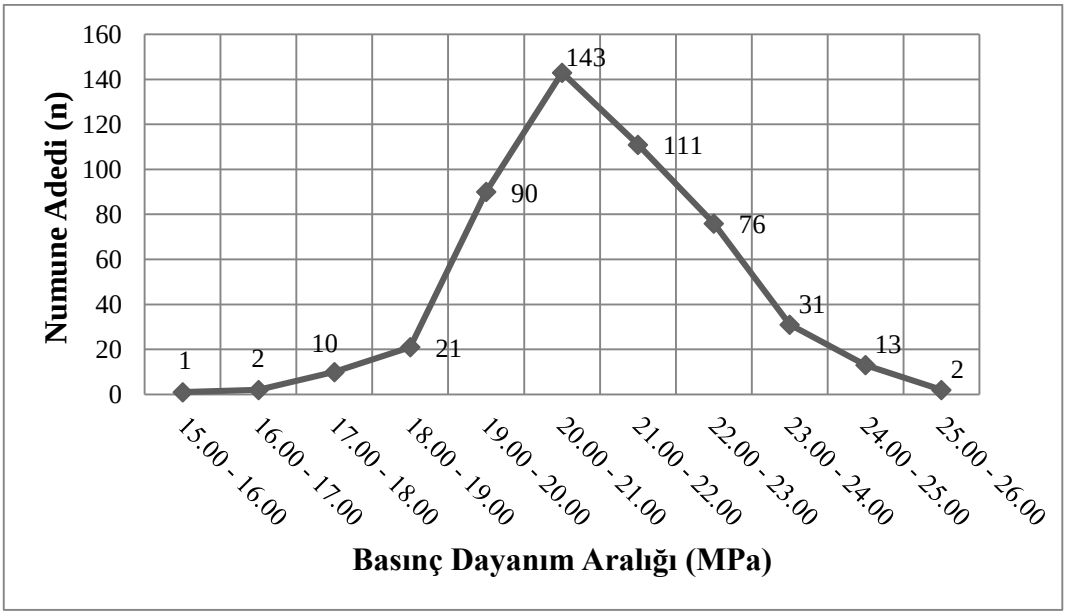
Dayanım Aralığı (MPa)	Adet	Frekans	Eklenik Frekans
15.00 - 17.00	0	0	0
17.00 - 19.00	1	0,0009	0,0009
19.00 - 21.00	12	0,0119	0,0128
21.00 - 23.00	43	0,0427	0,0555
23.00 - 25.00	99	0,0983	0,1538
25.00 - 27.00	165	0,1638	0,3176
27.00 - 29.00	320	0,3178	0,6354
29.00 - 31.00	191	0,1897	0,8251
31.00 - 33.00	136	0,1351	0,9602
33.00 - 35.00	35	0,0346	0,9950
35.00 - 37.00	5	0,0050	1,0000
TOPLAM	**1007**	**1,0000**	

Tablo 3. C25/30 Sınıfı Hazır Betonun 7 Günlük Basınç Dayanımı Sonuçları

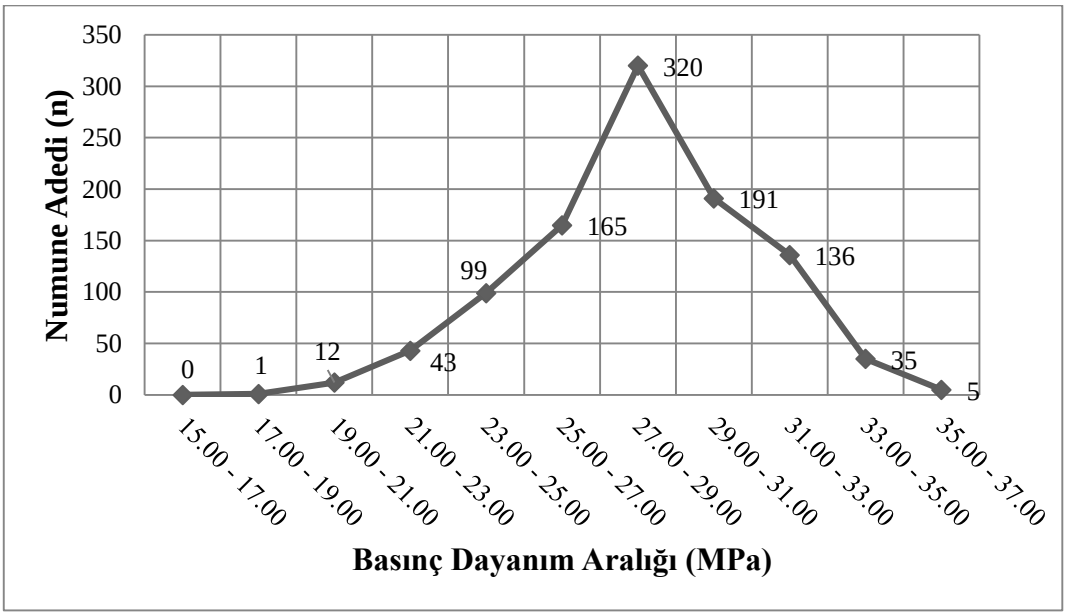
Dayanım Aralığı (MPa)	Adet	Frekans	Eklenik Frekans
18.00 - 19.00	1	0,0019	0,0019
19.00 - 20.00	13	0,0259	0,0278
20.00 - 21.00	44	0,0876	0,1154
21.00 - 22.00	72	0,1435	0,2589
22.00 - 23.00	101	0,2014	0,4603
23.00 - 24.00	132	0,2629	0,7232
24.00 - 25.00	81	0,1613	0,8845
25.00 - 26.00	39	0,0778	0,9623
26.00 - 27.00	16	0,0319	0,9942
27.00 - 28.00	2	0,0039	0,9981
28.00 - 29.00	1	0,0019	1,0000
TOPLAM	**502**	**1,0000**	

Tablo 4. C25/30 Sınıfı Hazır Betonun 28 Günlük Basınç Dayanımı Sonuçları

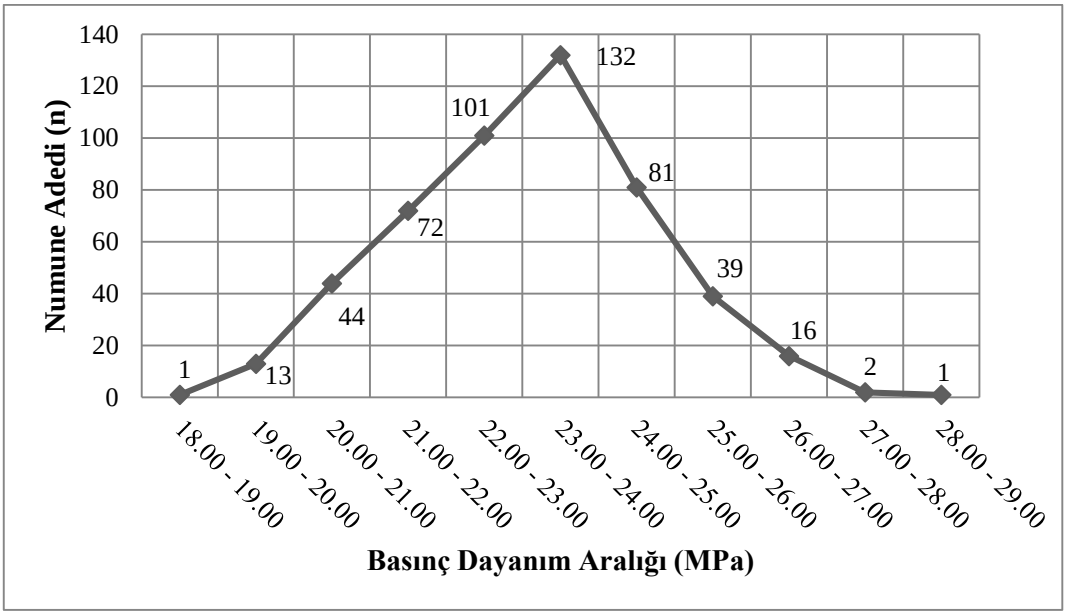
Dayanım Aralığı (MPa)	Adet	Frekans	Eklenik Frekans
23.00 - 25.00	5	0,0049	0,0049
25.00 - 27.00	12	0,0119	0,0168
27.00 - 29.00	98	0,0978	0,1146
29.00 - 31.00	153	0,1526	0,2672
31.00 - 33.00	195	0,1944	0,4616
33.00 - 35.00	236	0,2354	0,6970
35.00 - 37.00	175	0,1745	0,8715
37.00 - 39.00	86	0,0858	0,9573
39.00 - 41.00	35	0,0349	0,9922
41.00 - 43.00	7	0,0069	0,9991
43.00 - 45.00	1	0,0009	1,0000
TOPLAM	**1003**	**1,0000**	



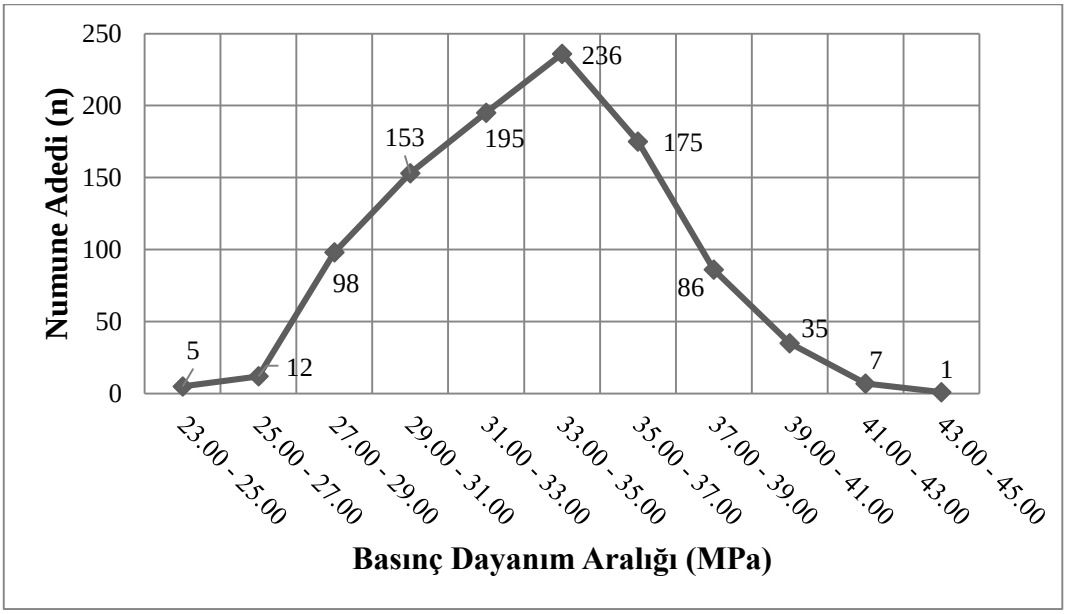
Şekil 1. C20/25 Sınıfı Hazır Betonun 7 Günlük Basınç Dayanımı Histogramı



Şekil 2. C20/25 Sınıfı Hazır Betonun 28 Günlük Basınç Dayanımı Histogramı



Şekil 3. C25/30 Sınıfı hazır betonun 7 günlük basınç dayanımı histogramı



Şekil 4. C25/30 Sınıfı hazır betonun 28 günlük basınç dayanımı histogramı

5. DEĞERLENDİRME

5.1. 7 Günlük Basınç Dayanımlarının Değerlendirilmesi

Bütün basınç dayanımları elde edildikten sonra betonların ne tür bir kalite sahip olduklarını belirlemek amacı ile Tablo 5'teki, ACI (American Concrete Institute) tarafından belirlenen ve betonun basınç dayanımı ve kalitesi hakkında bilgi edinmemizi sağlayan değerlerden yararlanılmıştır (ACI 214R-11, 2011). Çizelgeye göre serinin ortalamasının 25 MPa'dan küçük olması durumunda varyasyon katsayısı değerine, ortalamanın 25 MPa'dan büyük olması durumunda ise standart sapma değerine göre değerlendirme yapılmaktadır. ACI tarafından belirlenen bu değerler silindir numune basınç dayanımlarını kapsamaktadır. Dolayısı ile 7 günlük küp dayanımlarının, 7 günlük silindir dayanımlarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Şekil etkisi nedeni ile küp dayanımından silindir dayanımına geçerken 0.8 çarpanı kullanılmıştır (Topçu ve Uğurlu, 2002). Ortalama dayanım, standart sapma ve varyasyon katsayısı bulunmuş, Tablo 6 ve 7'de gösterilmiştir.

Varyasyon katsayısı, standart sapmanın aritmetik ortalamaya oranıdır. Varyasyon katsayısı büyük ise, ortalamadan sapma oranı yüksek, dağılım yaygın; küçük ise, verilerin önemli bir bölümü ortalamaya yakın kümelenme göstermiş demektir (Davraz vd., 2012).

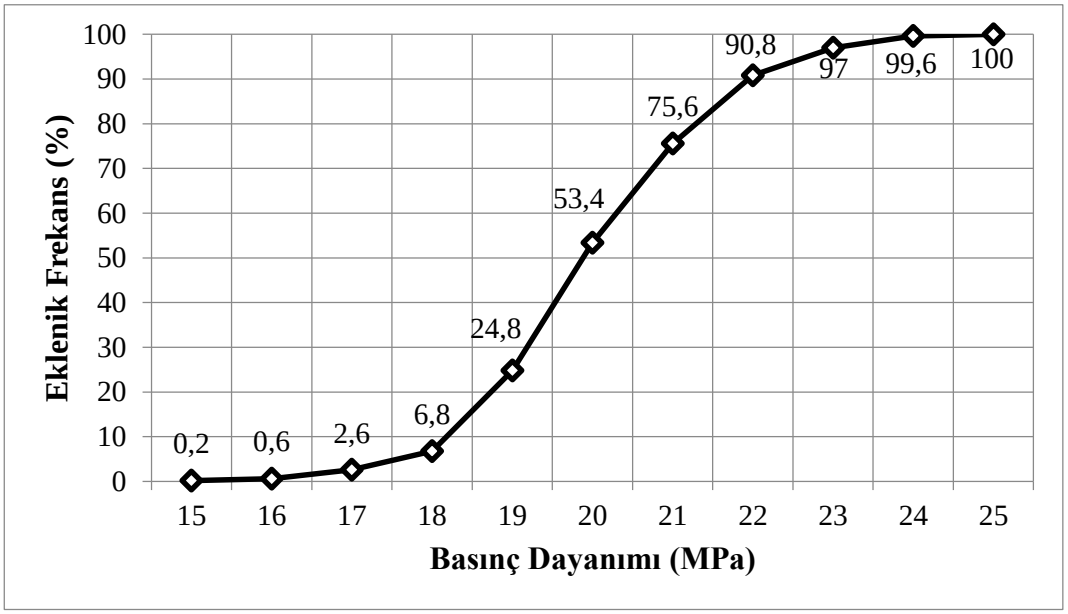
Tablo 5. ACI (American Concrete Institute) tarafından belirlenen kalite dereceleri

Kalite Kontrol Derecesi	**$X_{ort} \leq$ 25 MPa için V, %**	**$X_{ort} \geq$ 25 MPa için S_x, MPa**
Çok İyi	< 10	< 5
İyi	10 – 20	5 – 6.5
Orta	20 – 30	6.5 – 8
Zayıf	> 30	> 8

Tablo 6. 7 günlük C20/25 betonu basınç dayanım grubuna ait istatistiksel parametreler

Gün	**En Küçük Değer, MPa**	**En Büyük Değer, MPa**	**Ortalama Dayanım MPa**	**Standart Sapma, MPa**	**Varyasyon Katsayısı %**
7	12.08	20.56	16.88	3.02	17.89

İstatistiksel parametrelerin hesaplanması sonucunda, C20/25 betonu basınç dayanımın ortalamasının 25 MPa değerinden küçük olması nedeniyle varyasyon katsayısı değeri esas alınmış ve bu değer %10.00 - %20.00 aralığında (%17.89) bulunması nedeni ile üretilen betonların "İyi" kalite kontrol derecesinde üretildiği sonucun varılmıştır. Üretilmiş olan bu betonların laboratuvar ortamında elde edilen basınç dayanım sonuçlarının kalite açısından değerlendirilmesi amacı ile bir başka yöntem olarak 7 günlük küp numunelerin basınç dayanım deney sonuçlarına ait eklenik frekans dağılımı incelenebilir (Şekil 5).



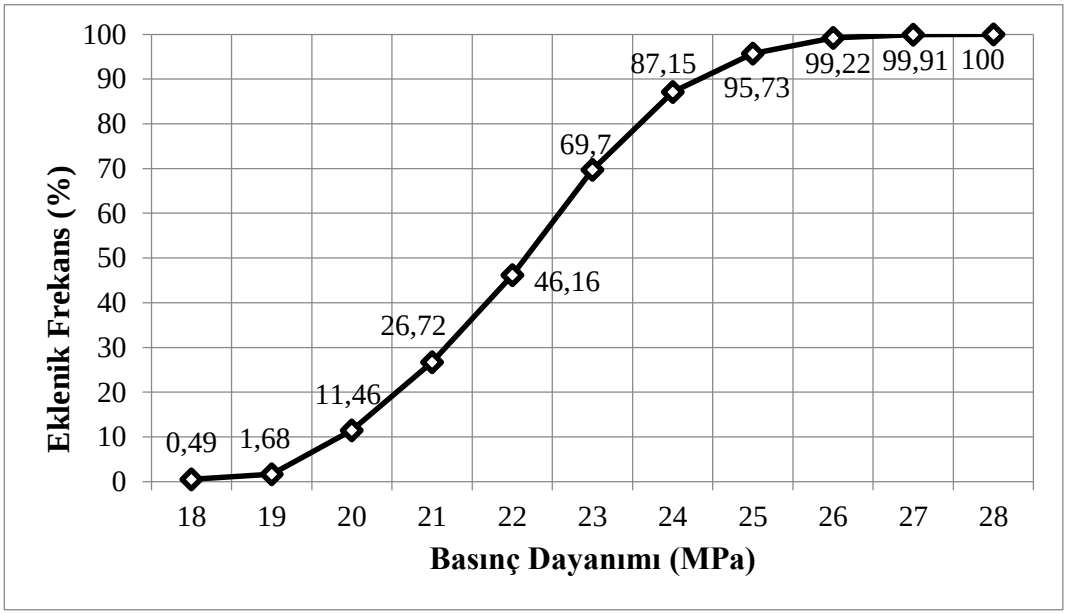
Şekil 5. 7 Günlük C20/25 Sınıfı Betonun Basınç Dayanımı Eklenik Frekans Diyagramı

TS EN 206:2013+A1 ve TS 500/T3 Türk standartlarına göre C20/25 beton sınıfı küp numunelerin minimum karakteristik basınç dayanımı 25 MPa olarak belirlenmiştir. Daha önceden yapılmış olan deneysel analizlere dayanarak 7 günlük küp numune dayanımı, 28 günlük küp numune dayanımının ortalama %72'si olarak kabul edilmesi durumunda C20/25 beton sınıfı için 7 günlük herhangi bir küp numunenin dayanım değeri 25 x 0.72 = 18 MPa olarak hesaplanır. Bu dayanım değeri Şekil 5'ten yararlanarak değerlendirildiğinde 7 günlük küp numunelerin yaklaşık olarak %6,80'inin bu dayanım değerini sağlamadığı görülmektedir.

Tablo 7. 7 günlük C25/30 betonu basınç dayanım grubuna ait istatistiksel parametreler

Gün	En Küçük Değer (MPa)	En Büyük Değer (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)	Standart Sapma (MPa)	Varyasyon Katsayısı (%)
7	14.56	22.86	18.56	3.23	17.40

İstatistiksel parametrelerin hesaplanması sonucunda, C25/30 betonu basınç dayanımın ortalamasının 25 MPa değerinden küçük olması nedeniyle varyasyon katsayısı değeri esas alınmış ve bu değer %10.00 - %20.00 aralığında (%17.40) bulunması nedeni ile üretilen betonların "İyi" kalite kontrol derecesinde üretildiği sonucun varılmıştır. Üretilmiş olan bu betonların laboratuvar ortamında elde edilen basınç dayanım sonuçlarının kalite açısından değerlendirilmesi amacı ile bir başka yöntem olarak 7 günlük küp numunelerin basınç dayanım deney sonuçlarına ait eklenik frekans dağılımı incelenebilir (Şekil 6).



Şekil 6. 7 Günlük C25/30 Sınıfı Betonun Basınç Dayanımı Eklenik Frekans Diyagramı

TS EN 206:2013+A1 ve TS 500/T3 Türk standartlarına göre C25/30 beton sınıfı küp numunelerin minimum karakteristik basınç dayanımı 30 MPa olarak belirlenmiştir. Daha önceden yapılmış olan deneysel analizlere dayanarak 7 günlük küp numune dayanımı, 28 günlük küp numune dayanımının ortalama %72'si olarak kabul edilmesi durumunda C25/30 beton sınıfı için 7 günlük herhangi bir küp numunenin dayanım değeri 30 x 0.72 = 21.60 MPa olarak hesaplanır. Bu dayanım değeri Şekil 5'den yararlanarak değerlendirildiğinde 7 günlük küp numunelerin yaklaşık olarak %11.46'inin bu dayanım değerini sağlamadığı görülmektedir.

5.2. 28 Günlük Basınç Dayanımlarının Değerlendirilmesi

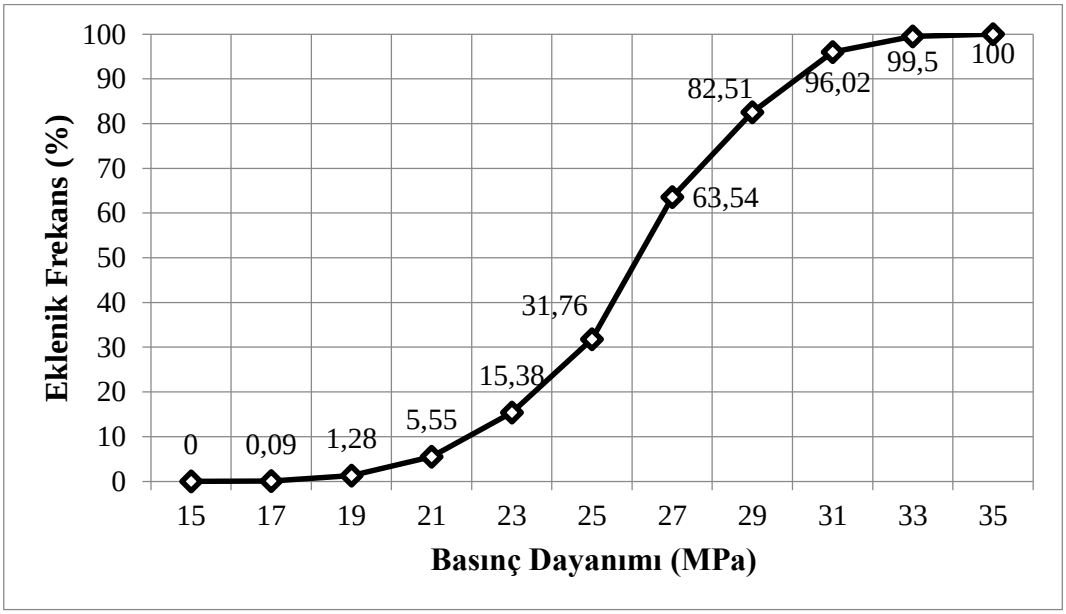
Üretilen betonların kalite kontrol derecelerinin belirlenmesi amacı ile 7 günlük basınç dayanımı sonuçlarında yapıldığı gibi 28 günlük basınç dayanım sonuçları da ilk olarak ACI

tarafından kabul edilen Tablo 5'e göre değerlendirilmiş, ardından eklenik frekans dağılımına göre bir sonuca varılmaya çalışılmıştır. ACI tarafından kabul edilen kalite kontrol derecesi belirlemek amacıyla ilk önce 28 günlük küp dayanımdan 28 günlük silindir dayanımlarına geçilmiş olup, bu değerler Tablo 8 ve 9'da verilmiştir.

Tablo 8. 28 günlük C20/25 betonu basınç dayanım grubuna ait istatistiksel parametreler

Gün	En Küçük Değer (MPa)	En Büyük Değer (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)	Standart Sapma (MPa)	Varyasyon Katsayısı (%)
28	12.88	29.16	22.24	2.95	13.26

İstatistiksel parametrelerin hesaplanması sonucunda, C20/25 betonu basınç dayanımın ortalamasının 25 MPa değerinden küçük olması nedeniyle varyasyon katsayısı değeri esas alınmış ve bu değer %10.00 - %20.00 aralığında (%13.26) bulunması nedeni ile üretilen betonların "İyi" kalite kontrol derecesinde üretildiği sonucun varılmıştır. Üretilmiş olan bu betonların laboratuvar ortamında elde edilen basınç dayanım sonuçlarının kalite açısından değerlendirilmesi amacı ile bir başka yöntem olarak 28 günlük küp numunelerin basınç dayanım deney sonuçlarına ait eklenik frekans dağılımı incelenebilir (Şekil 7).



Şekil 7. 28 Günlük C20/25 Sınıfı Betonun Basınç Dayanımı Eklenik Frekans Diyagram

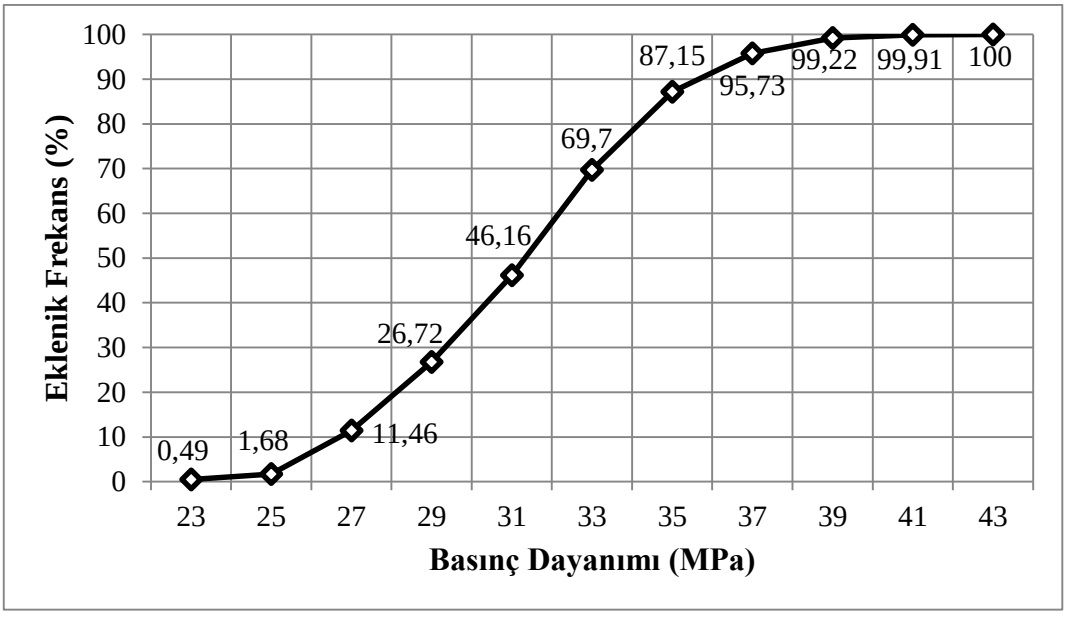
TS EN 206:2013+A1 ve TS 500/T3 Türk standartlarına göre C20/25 beton sınıfı küp numunelerin minimum karakteristik basınç dayanımı 25 MPa olarak belirlenmiştir. Şekil 7'den

yararlanarak 28 günlük numunelerin %15.38'inin TS EN 206:2013+A1 ve TS 500/T3 Türk standartlarındaki dayanım değerini sağlamadığı görülmektedir. Numune basınç dayanım değerinin genel olarak olması gereken değer olan 25 MPa civarında toplandığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 9. 28 günlük C25/30 betonu basınç dayanım grubuna ait istatistiksel parametreler

Gün	En Küçük Değer (MPa)	En Büyük Değer (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)	Standart Sapma (MPa)	Varyasyon Katsayısı (%)
28	18.80	35.20	26.56	2,98	11.22

İstatistiksel parametrelerin hesaplanması sonucunda, C25/30 betonu basınç dayanımın ortalamasının Çizelge 3'de belirtilen 25 MPa değerinden büyük bir değer olmasından dolayı kalite kontrol derecesinin belirlenebilmesi için standart sapma değeri esas alınmalıdır. Standart sapma değerinin 5 MPa değerinden küçük (2.98 MPa) olması nedeni ile üretilen betonların "Çok İyi" kalite kontrol derecesinde üretildiği sonucuna varılmıştır. Üretilmiş olan bu betonların laboratuvar ortamında elde edilen basınç dayanım sonuçlarının kalite açısından değerlendirilmesi amacı ile bir başka yöntem olarak 28 günlük küp numunelerin basınç dayanım deney sonuçlarına ait eklenik frekans dağılımı incelenebilir (Şekil 8).



Şekil 8. 28 Günlük C25/30 Sınıfı Betonun Basınç Dayanımı Eklenik Frekans Diyagramı

TS EN 206:2013+A1 ve TS 500/T3 Türk standartlarına göre C25/30 beton sınıfı küp numunelerin minimum karakteristik basınç dayanımı 30 MPa olarak belirlenmiştir. Şekil 8'den

yararlanarak 28 günlük numunelerin %26.72'sını TS EN 206:2013+A1 ve TS 500 Türk standartlarındaki dayanım değerini sağlamadığı görülmüştür. Numune basınç dayanım değerinin genel olarak olması gereken değer olan 30 MPa civarında toplandığı sonucuna varılmıştır.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Temel yapı malzemesi olarak kullanımı giderek yaygınlaşan hazır betonun yapısal özellikleri de sürekli geliştirilmekte, üniversitelerde ve tesis laboratuarlarında yeni çalışmalar yapılmaktadır. Yüksek nitelikli çimento üretimi, yeni geliştirilen kimyasal katkılar, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, transmikserler ve beton pompaları ile yüksek kapasiteli araç üretimleri beton endüstrisinin ilerlemesini hızlandırarak daha modern ve dayanıklı yapıların oluşumunu sağlamaktadır (Usta, 2005). Böylece klasik ve teknik denetimi tam olarak yapılamayan bir noktada bilinçsiz işçinin eline bırakılan betonlar yerine, bu elemanların daha az etkili olduğu, modern makinaların daha aktif rol oynadıkları üretim sistemine geçilmiş ve şartnamelerde istenilen kalite değerlerine yaklaşılmıştır (Topçu, 1988).

Kaliteli bir beton; mekanik tesirlere karşı yeterli bir dayanım, Su geçirmezlilik, Aşınmaya dayanıklılık, Taşıma ve yerleştirmede en az efor, Mümkün olan en düşük maliyet, Kimyasal etkilere dayanıklılık gibi özelliklere sahip olan beton şeklinde değerlendirilebilir. Kalitedeki değişime neden olan malzeme, ölçü, bileşim, işlem, bakım, deney şartları gibi faktörler olarak sıralanabilir (Topçu ve Sofuoğlu, 2015).

Bu çalışmada, Ankara ili farklı bölgelerinde faaliyet gösteren hazır beton santrallerinin ürettiği betonlardan alınan deney numunelerinin beton basınç dayanım değerleri üzerinde değerlendirmeleri yapılmış olup ilgili yönetmelik ve standartlara göre yorumlanmıştır.

Ankara ilinde 4 farklı beton tesisinden alınan 2016 yılı verilerine göre şantiyelerde dökülen;

- C20/25 beton sınıfındaki betonların 7 ve 28 günlük basınç dayanımı deneylerinin sonuçları incelendiğinde TS EN 206:2013+A1 ve TS 500/T3 standartlarını sağlamayan deney sonuçlarının sırasıyla %6.80 ve %31.76 olduğu,
- C25/30 beton sınıfındaki betonların 7 ve 28 günlük basınç dayanımı deneylerinin sonuçları incelendiğinde TS EN 206:2013+A1 ve TS 500/T3 standartlarını sağlamayan deney sonuçlarının ise sırasıyla %15.38 ve %26.72 olduğu belirlenmiştir.

Hazır beton tesislerinin ürettikleri beton numunelerinin standart sapması ve değişim katsayılarına dikkate alınarak beton sınıfına bağlı ACI 214R-11'e göre kalite kontrol

değerlendirilmesi yapıldığında, beton kalite düzeyleri çok iyi, iyi, orta ve zayıf olmak üzere 4 grupta toplanmaktadır (ACI 214R-11, 2011).

Genel olarak Ankara'da standart ve yönetmeliklerdeki parametreler göz önüne alınarak üretilen ve numune alınan betonların kalitesinin 'iyi' düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu oranlar ışığında yapılan değerlendirmeler sonucu beton numunelerinin TS EN 206:2013+A1 standardını yukarıda bahsi geçen yüzdeler kadar sağlamadığı tespit edilmiştir. Bunun sebebinin, deney numunelerinin özensiz alınmasından, deney numunelerinin şantiye ortamında yeterli kür koşullarının sağlanamamasından, deney cihazlarının kalibrasyonunun yetersizliğinden, taze betonun taşınması sırasında olağan dışı bir durum oluşup, betonun şantiyeye geç giderek dayanım kaybına uğramasından kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir

Ayrıca beton numunesi alınan firmaların farklı olması, üretilen betonların basınç dayanım değerlerinin de farklı olmasında etkili olmuştur. Bu farklılıklar beton karışımı içerisinde kullanılan karışım malzemeleri ve oranları arasındaki değişikliklerin neden olduğu düşünülebilir.

Sonuç olarak dayanım deneyleri yapılmış olan söz konusu beton numunelerinin TS EN 206:2013+A1 ve TS 500/T3 standartlarını tam olarak olmasa da yüksek oranda sağladığı görülmüştür.

Son olarak yapı denetim sistemine 2019 yılı itibari ile gelen yenilikle çipli beton numunesi işlemi başlamış, yapı denetim elemanlarının numune alma işlemi sırasında sahada bulunması zorunluluğu oluşmuştur. Bu uygulama ile laboratuvarlarda hazırlanan sahte raporların önüne geçilmiş, numune alma işlemi Elektronik Beton İzleme Sistemi (EBİS) ile mobil uygulamalar sayesinde denetleyici kurumlar ve bakanlık tarafından anlık olarak kontrol edilebilecektir.

KAYNAKLAR

ACI 214R-11. (2011), Betonun Dayanım Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi Rehberi. *American Concrete Institute (Amerikan Beton Enstitüsü).*

Afzal, S., ve Khan, Z.R. (2018), A Review Paper on Factors Affecting Ready- Mix Concrete Delivery Pattern, *International Journal of Construction Engineering and Management,* 7(3), 97-100.

Akyüz S., ve Uyan M. (1989), İstanbul ve Çevresindeki Betonların Niteliği Üzerine Bir Deneme, *1. Ulusal Beton Kongresi,* 24-26 Mayıs 1989, İstanbul, Türkiye.

Aksu, M. (2018), Elektronik Beton İzleme Sistemi (Çipli Beton) Nedir, *Sanal Şantiye Sitesi, 'www.sanalsantiye.com/elektronik-beton-izleme-sistemi-ebis-cipli-beton-nedir' adresinden alınmıştır.*

Albayrak, U., ve Albayrak, G. (2016), Investigation of Ready Mixed Concrete Transportation Problem Using Linear Programming and Genetic Algorithm, *Civil Engineering Journal*, Şubat, 2(10), 491-496.

Aydoğdu, İ. (2018), Elektronik Beton İzleme Sistemine Genel Bakış, *Yapı Denetim Dairesi Başkanlığı Laboratuvar Belgelendirme ve Denetleme Şube Müdürlüğü,* Ankara.

Baradan, B., Yazıcı, H., ve Aydın, S. (2012), Beton, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları*, No. 334, İzmir, 428.

Başaran E. (2010), Afyonkarahisar'da Üretilen Hazır Beton Kalitelerinin Değerlendirilmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2, 51-58.

Beyazıt, M., ve Yeğen Oğuz, E. B. (2011), Mühendisler İçin İstatistik, *İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi*, İstanbul.

Biruk, S. (2015), Dispatching concrete trucks using simulation method, *Budownictwo i Architektura,* 14(2): 5-10.

Davraz. M., Başpınar. E., ve Ceylan. H. (2012), Yapı Denetim Kurumları Öncesi Isparta ve Yakın Civarındaki Hazır Beton Kalitesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi,* 2(1), 18-25.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. (2018), T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

Dündar, B., Atabey, İ. İ., ve Yurt, Ü. (2017), Osmaniye İlinde Hazır Beton Santrallerinde Üretilen Beton Kalitelerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi, *Selçuk-Teknik Dergisi,* 16(2), 71-86.

Engin, Y. (2017), Çimento ve Beton Tarihi, *Beton Kalıp İskele Teknolojileri*, Mayıs, 40-44.

Ergün, A., ve Başaran, V. (2011), Afyonkarahisar'da Üretilen Hazır Beton Kalitelerinin Değerlendirilmesi. *Afyonkarahisar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,* 51-58.

Fırat F.K. (2005), Antalya Yöresinde Kullanılan Betonun Niteliğinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi, *Antalya Bölgesinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi,* 22-24 Eylül 2005, Antalya, Türkiye.

Gohel, J., Sarkar, D., ve Raghavendra, H.B. (2017), Route Optimization for Delivery of (RMC): a Literature Review, *Proceedings of 67th IASTEM International Conference*, 1-2 Ağustos, Dubai, UAE.

Gürcü, Y., Kalmış, M. ve Akdağ, Ü. (1989), T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün Bir Otoyol Şantiyesinde ve Ankara Çevresinde Üretilen Betonların Basınç Dayanımına İlişkin Bir İstatistiksel Değerlendirme. *1. Ulusal Beton Kongresi.*

Güçlüer, K., Günaydın, O., Tekin, Ö.F., ve Şahan, M.F. (2017), Farklı Tipte Agrega Kullanımının Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisinin Araştırılması, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(1), 107-114.

Işık, Y. (2013), Türkiye Hazır Betonda Dünyada Üçüncü Avrupa'da birinci sırada, *Yatırımlar Dergisi*, Sayı. 1153, Ankara.

Kafalı, M. (2004), Hazır Beton Sektör Araştırması, *Türkiye Kalkınma Bankası Dergisi*, s.3, Mayıs, Ankara.

Kaya, Y. (2018), Çipli Beton Sistemine Yedi Gün Sonra Geçiliyor, *İnşaport Sitesi, 'www.insaport.com/haberler' adresinden alınmıştır.*

Koçak A., ve Arslangiray F. (2005), Antalya Bölgesinde Üretilen Hazır Betonların Sınıf Dayanımlarının ve Kalitelerinin İncelenmesi, *Antalya Bölgesinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi*, 22-24 Eylül 2005, Antalya, Türkiye.

Mehta, P.K., ve Monteıro, J.M.P. (2006), Concrete, *Microstructure-Properties and Materials, Mc Graw Hill*, (3rd ed.).

Panas, A., ve Pantouvakis, J.P. (2013), Simulation-Based Concrete Truck-Mixers Fleet Size Determination for On-Site Batch Plant Operation, Procedia, *Social and Behavioral Sciences*, 74, 459 – 467.

Şimşek, O. (2012), Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Yayıncılık, 4.Baskı, Ankara.

Tanwanichkul, L., ve Thawongklang, K., (2016), Application of production scheduling techniques for dispatching ready-mixed concrete, *International Journal of Technology*, 7, 1163-1170.

Topçu, İ. B. (1988), Eskişehir'de Küçük ve Büyük Şantiyelerde Üretilen Yerinde Yapılmış Betonların Kalite Kontrolü, *Anadolu Üniversitesi*, Eskişehir.

Topçu, İ. B., ve Ateşin, Ö. (2013), Kütahya'da Üretilen Betonların İstatistiksel Değerlendirmesi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30, 39-45.

Topçu, İ. B., ve Boğa, A. R., (2005), Eskişehir'deki Hazır Beton Firmalarının Beton Kalitelerinin İstatistiksel Değerlendirmesi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh.- Mim. Fak. Dergisi*, 18(1), 1-13.

Topçu, İ. B., ve Demir, A. (2004), Eskişehir'de Dökülen Betonların Niteliği Üzerine İstatistiksel Bir Değerlendirme, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh.- Mim. Fak. Dergisi*, 17(2), 41-50.

Topçu, İ. B., ve Sofuoğlu, T. (2015), Eskişehir'de 2013 Yılında Farklı Şantiyelerde Dökülen Betonların İstatistiksel Analizi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Sayı.

35, 17-28.

Topçu, İ. B., ve Uğurlu, A. (2002), TS 500/2000 Standartlarının Beton Açısından İncelenmesi, *ECAS-2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu*, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 492-499.

TS 500/T3 (Türk Standardı). (2014), *Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları*, Kasım, Ankara.

TS EN 206:2013+A1 (Türk Standardı). (2017), 'Beton-Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk', Ocak, Ankara.

Usta, H. (2005), Hazır Beton Sektör Araştırması, *İstanbul Ticaret Odası Dergisi*, İstanbul, Türkiye.

Uyan, M., Akyüz, S., ve Yıldırım, H. (1999), İstanbul ve Çevresinde Dökülen Betonlar Üzerine Bir Değerlendirme, *Hazır Beton Dergisi*, Ocak-Şubat, 26-30.

Yılmazoğlu M.U., Memiş, S., ve Mütevelli, İ.G. (2016), Kastamonu İlinde Kullanılan Betonların Nicel Analizi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi,* 4, 756-764.

Wang, J., Wang, Y.T., Lin, P.C., ve Huang, S.H. (2010), Dispatching Ready Mixed Concrete Trucks Under Demand Postponement and Weight Limit Regulation, *Automation in Construction*, 19(6), 798-807.

Zhang, Y., Li, M., ve Liu, Z. (2014), Integrated Scheduling of Ready-mixed Concrete Production and Delivery, *Automation in Construction*, 48, 31-43.