

OSMANİYE İLİNDE HAZIR BETON SANTRALLERİNDE ÜRETİLEN BETON KALİTELERİNİN İSTATİSTİKSEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Behçet DÜNDAR¹, İsmail İsa ATABEY², Ümit YURT³

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü,
Osmaniye Türkiye

²Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Sivas Türkiye

³Düzce Üniversitesi, Düzce Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Düzce Türkiye
behcetdundar@osmaniye.edu.tr, ismailatabey@gmail.com, umityurt@gmail.com

Özet

Hazır beton, bilgisayar kontrolüyle betonun modern tesislerde belirli bir üretim teknolojisi kullanılarak elde edilmesidir. Hazır beton teknolojisi sayesinde ihtiyaç duyulan betonun hem seri üretimi hem de istenilen özellikleri taşınması sağlanmıştır. Betonun kalitesi, üretim özelliklerinin yanı sıra basınç dayanımı ile doğrudan ilişkilidir. Osmaniye ilinde inşaat sektörünün hızla büyümesi, kaliteli beton üretimi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Kaliteli beton üretimi hazır beton santrallerinin teknolojik olarak iyi olmasına bağlı olduğu kadar kullanılan malzemenin özelliklerine de bağlıdır. Bu amaçla 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 sonuçları istatistiksel olarak incelenmiştir. Üç adet beton santraline ait 15x15x15 cm boyutlarında 4293 adet küp numunenin basınç dayanımlarına ait veriler kullanılmıştır. Bu veriler yardımıyla beton sınıflarında oluşan basınç dayanımındaki değişimler, TS 500 ve ACI 214R-02'ye uygun olup olmadığı bu çalışma ile 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.

Anahtar Kelimeler: Hazır Beton, Beton Basınç Dayanımı, Beton Kalitesi

STATISTICAL EVALUATION OF CONCRETE QUALITY PRODUCED IN READY MIXED CONCRETE PLANTS IN OSMANIYE

Abstract

Ready-mixed concrete is computer-controlled concrete obtained in a modern plant using a specific production technology. Thanks to the ready-mixed concrete technology, both the mass production and the desired properties of the concrete are provided. The quality of concrete is directly related to its pressure properties as well as its production characteristics. The rapid growth of the construction industry in Osmaniye proves the need for quality concrete production. The production of quality concrete depends on the properties of the materials used as well as the fact that ready-mixed concrete plants are technologically good. For this purpose, compressive strength results of concretes produced in C25 / 30 and C30 / 37 strengths for use in various structures of the concrete production plants in Osmaniye in 2015 and 2016 have been examined statistically. Data of compressive strength of 4293 cube specimens of 15x15x15 cm dimensions belonging to three concrete plants were used. With this data, it is shown that the changes in the compressive strength of concrete classes are in accordance with TS 500 and ACI 214R-02. Pressure resistance results were evaluated by using the SPSS 22 program with one way ANOVA test and multiple comparison method. According to ACI 214R-02 standard, the quality of concrete is generally good, very good and excellent, while it has been determined that the quality of concrete produced in the plants that provide a significant part of the concrete requirement of the city in the city is obtained by the strength exceeding the standard determined by TS 500. As a result of ANOVA test, it was determined that C company produced better quality than the other two companies in C25 concrete class of 28 days and A and C companies produced better quality concrete than C company C30 in the C30 concrete class.

Keywords: Ready Mixed Concrete, Concrete Compressive Strength, Concrete Quality

1. Giriş

Ülkemizin büyük bir kısmı, özellikle büyük şehirlerimizin neredeyse tamamı deprem kuşağında yer almaktadır. 2007 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 C20 olarak belirlemiştir [1].

Standartlarda yapılan değişikliklerle birlikte ihtiyaç duyulan sınıfta beton üretmek ve sürekliliğini sağlamak gerekliliği ortaya çıkmıştır. Yüksek teknoloji kullanılarak üretilen betonun, betonu oluşturan malzemelerin karışım oranları bilgisayar yardımıyla kontrol edilen, malzeme kalitesi ilgili standartlara uygun, taşınması transmikser ve pompalar vasıtasıyla yapılan hazır beton teknolojisinin, kullanımı günden güne yaygınlaşmıştır.

Hazır betonun, istenilen kaliteyi sağlaması, üretilen tüm numunelerde aynı kalitenin korunması yapı güvenliği açısından önemlidir. Bu nedenle, betonun projede belirtilen hedef dayanımıyla, üretim sonrasındaki dayanımı arasında yönetmeliklerce belirtilen değerlere ulaşması gerekmektedir.

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 [1].

Betonun özellikleri kullanılan çimento hamuru, agrega ve çimento hamuru ile agrega taneleri arasındaki aderansa bağlıdır. Aderansı yüksek olan betonun basınç dayanımı da yüksek olur [2].

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 [3].

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 kalitesini etkileyen faktörlerin, hazır beton tesisinde etkisinin en aza indirilmesi, üretilen beton numunelerinin ortalama basınç dayanımlarının yüksek, standart sapmanın ve değişkenlik katsayısının olabildiğince düşük olmasına bağlıdır [4].

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 taşınmalıdır [5].

Kompozit bir malzeme olan beton, ilk 7 günde çok hızlı, ilerleyen zamanlarda ise yavaşlayarak dayanım kazandığından betonun standart dayanımı belirli bir beton yaşı ile ifade edilir [6].

Beton kalitesini belirlemek için beton basınç deneyleri yapılmakta ve projelerde belirtilen dayanımın ne ölçüde elde edildiği belirlenerek beton kalitesinde oluşabilecek değerler önceden tahmin edilebilmektedir [7-8].

Çalışma kapsamında, il merkezinde üretim yapan beton santral firmalarında 2015 ve 2016 yıllarında üretilen C25/30 ve C30/37 beton numunelerinin test edilmesi sonucu bulunan basınç dayanımı değerleri dikkate alınmıştır. Elde edilen veriler SPSS 22 programı yardımıyla istatistiksel olarak analiz edilerek değerlendirilmiştir. Bu programla, elde edilen verilere, çok yönlü karşılaştırma testlerinden, tek yönlü varyans (one-wayanova) analizi uygulanmıştır. Grup varyansları göz önüne alındığında, post hoc tukey testi ile de ikiden fazla grubun ortalamaları arasında bir farkın olup olmadığı belirlenmiştir. Basınç dayanımı sınıfları TS 500'e göre değerlendirilmiş olup ayrıca beton kalitesi ACI 214R-02 standardına göre sınıflandırılarak basınç dayanımlarının dağılımı ve kalitesi hakkında fikir verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan deney numuneleri, 2015 ve 2016 yıllarında Osmaniye il merkezinde beton üretimi yapan hazır beton santralinde üretilen C25/30 ve C30/37 betonlardan oluşmaktadır. Bu numunelerin dökümü ve örnek alınması ilgili standartlara göre yapılmıştır. Hazır beton santrali tarafından üretilen 15x15x15 cm boyutlarına sahip küp numuneleri üzerinde TS EN 12390-3'e [9] göre 7 ve 28 günlük olarak basınç deneyi uygulanmış ve deney sonuçları kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan numunelerin sayısal dağılımları Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde C25/30 betonundan 2228, C30/37 betonundan 2065 tane olup toplam numune sayısı 4293 adettir.

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 [10,11,12,13].

Karakteristik beton basınç dayanımı (f_{ck}) deneylerden bulunacak olan basınç dayanımlarının bu değerlerden düşük olma olasılığının %10 olduğu değer olup, MPa birimi kullanılır. Bu değer küp veya silindir numunelerden elde edilebilir [14].

Tablo 1. Yıllara göre firmaların ürettiği betonlardan alınan numune sayıları

Firma Adı	Yıl	Beton Sınıfı	
		C25/30	C30/37
A Firması	2015	412	300
	2016	338	340
	Toplam	750	640
B Firması	2015	497	336
	2016	226	443
	Toplam	723	779
C Firması	2015	367	327
	2016	388	319
	Toplam	755	646
Genel Toplam		2228	2065

Beton sınıflarına göre karışım hesabında esas alınacak hedef basınç dayanımları (f_{cm}) TS 500'e göre ortalama basınç değeri aşağıdaki bağıntı (1) ile hesaplanır. Numunenin silindir veya küp olma durumuna göre beton sınıflarının karakteristik basınç dayanımları (f_{ck}) farklılıklar göstermektedir. Tablo 2'de karakteristik basınç dayanımlarına karşılık gelen hedef dayanımlar yer almaktadır [15].

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 1,0 \text{ MPa} \quad (1)$$

Tablo 2. Normal beton için basınç dayanımlarına karşılık gelen hedef dayanımlar

Beton sınıfı	Karakteristik basınç dayanımı, f_{ck} (MPa)		TS 500'e göre 28 günlük silindir dayanımı ($f_{ck}+1,0$ MPa)	TS 500'e göre 28 günlük küp dayanımı ($f_{ck}+1,0$ MPa)
	En düşük Karakteristik silindir dayanımı, f_{ck} (MPa)	En düşük karakteristik küp dayanımı f_{ck} (MPa)		
C16/20	16	20	17	21
C18/22	18	22	19	23
C20/25	20	25	21	26
C25/30	25	30	26	31
C30/37	30	37	31	38
C35/45	35	45	36	46
C40/50	40	50	41	51
C45/55	45	55	46	56
C50/60	50	60	51	61

Her beton bileşim oranı veya beton grubu için, numune alma ve deney planı ve uygunluk kriterleri bakımından başlangıç üretimi ve sürekli üretim arasında farklılıklar olabilir. Başlangıç üretimi, en az 35 deney sonucu elde edilinceye kadar olan üretimi

kapsar. Hazır beton tesisi için nitelikli üretim ve kalite uygunluk kriterleri her beton üretiminde standart biçimde sağlanması ile gerçekleşmektedir. Uygunluk kriterlerinin ise sadece ortalama basınç dayanım değerleri ile özdeşleştirilemeyeceği aynı zamanda tesisin önceki en az 35 beton grubu imalatlarının deney sonuçlarını kapsayan standart sapma değerlerinin belirlenmesi ile değerlendirilmelidir [16].

Beton sınıfları ACI 214R-02 [17] standardına göre $f_{ck} \leq 34,5$ MPa kriterinde standart sapma, $f_{ck} \geq 34,5$ MPa kriterinde ise değişim katsayısı değerleri referans alınarak yapılan sınıflandırmada basınç dayanımlarının dağılımı ve kalitesi hakkında fikir verilmiştir. Böylece beton kaliteleri mükemmel, çok iyi, iyi, orta ve zayıf olmak üzere 5 grupta toplanmıştır.

3. Bulgular

Osmaniye il merkezinde bulunan hazır beton santrallerinde 2015 ve 2016 yılları arasında üretilen C25/30 ve C30/37 betonların basınç deneyi sonuçları kaydedilmiştir. Numunelerin 7 ve 28 günlük minimum, maksimum, ortalama basınç dayanımı, standart sapma ve değişkenlik katsayısı değerleri Tablo 3' ve Tablo 4'te verilmiştir. Bu değerler 28 günlük hedef dayanım değerinin en az %70'ini yakalamıştır.

Değişkenlik katsayısı, standart sapmanın aritmetik ortalamaya oranıdır. Değişkenlik katsayısı büyük ise, ortalamadan sapma oranı yüksek, dağılım yaygın; küçük ise, verilerin önemli bir bölümü ortalamaya yakın kümelenme göstermiş demektir [18].

Tablo 3'deki veriler incelendiğinde C25/30 betonları için 7 günlük basınç dayanımı en yüksek değer 44,02 MPa, en düşük değer ise 16,20 MPa olarak kaydedilmiştir. Yıllara göre firmalar arasındaki genel ortalama basınç dayanım değeri 28,54 MPa, minimum ortalama basınç dayanımı 20,24 MPa, maksimum ortalama basınç dayanımı 39,50 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değerler istenilen beton sınıfının 28 günde ulaşabileceği beton basınç değerleri için uygundur. Değişkenlik katsayısı minimum %8,04 olup maksimum %10,87 değeri hesaplanmıştır. C30/37 betonları içerisinde en yüksek dayanım değeri 47,39 MPa, en düşük dayanım ise 21,15 MPa olarak kaydedilmiştir.

Yıllara göre firmalar arasındaki genel ortalama basınç dayanım değeri 33,85 MPa, minimum ortalama basınç dayanımı 23,67 MPa, maksimum ortalama basınç dayanımı 43,52 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değerler istenilen beton sınıfının 28 günde

ulaşabileceği beton basınç değerleri için uygundur. Değişkenlik katsayısı minimum %5,14 olup maksimum %10,35 değeri hesaplanmıştır.

Tablo 3. Yıllara göre 7 günlük beton basınç dayanımı değerleri (MPa)

Beton Sınıfı	Firma Adı	Yıl	Örnek Sayısı (Adet)	Minimum Basınç Dayanımı	Maksimum Basınç Dayanımı	Ortalama Basınç Dayanımı	Standart Sapma	Değişkenlik Katsayısı (%)	
C25/30	A Firması	2015	412	19,20	34,30	26,01	2,091281	8,04	
		2016	338	16,20	41,00	26,94	2,375732	8,82	
		Ortalama		17,70	37,65	26,48	2,233507	8,44	
	B Firması	2015	497	18,84	44,02	30,74	3,340840	10,87	
		2016	226	22,44	40,24	29,33	2,793398	9,52	
		Ortalama		20,64	42,13	30,04	3,067119	10,21	
	C Firması	2015	367	22,36	37,32	28,56	2,913792	10,20	
		2016	388	22,40	40,12	29,63	2,955527	9,97	
		Ortalama		22,38	38,72	29,10	2,934660	10,09	
	Genel Ortalama				20,24	39,50	28,54	2,745095	9,62
	C30/37	A Firması	2015	300	24,05	41,23	32,80	2,032968	6,20
			2016	340	24,82	42,25	33,31	2,122511	6,37
Ortalama				24,44	41,74	33,06	2,077740	6,29	
B Firması		2015	336	26,52	47,93	36,36	3,423519	9,42	
		2016	443	23,91	46,85	35,00	2,836489	8,10	
		Ortalama		25,22	47,39	35,68	3,130004	8,77	
C Firması		2015	327	21,58	37,98	32,96	1,694364	5,14	
		2016	319	21,15	44,86	32,69	3,382148	10,35	
		Ortalama		21,37	41,42	32,83	2,538256	7,73	
Genel Ortalama				23,67	43,52	33,85	2,582000	7,63	

Tablo 4’de ki veriler incelendiğinde yıllara göre 28 günlük beton basınç dayanımları üretilen C25/30 betonları içerisinde en fazla dayanım 49,80 MPa, en az dayanımda 24,26 MPa olarak kaydedilmiştir. Yıllara göre firmalar arasındaki genel ortalama basınç dayanım değeri 36,01 MPa, minimum ortalama basınç dayanımı 26,91 MPa, maksimum ortalama basınç dayanımı 46,75 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değerler istenilen beton sınıfının 28 günde ulaşabileceği beton basınç değerleri için uygundur. Değişkenlik katsayıları arasında çok fazla farklılık bulunmamaktadır. Değişkenlik katsayısı minimum %6,88 olup maksimum %9,08 değeri hesaplanmıştır. C30/37 betonları içerisinde en yüksek dayanım değeri 56,55 MPa, en düşük dayanımda 27,96 MPa olarak kaydedilmiştir. Değişkenlik katsayısı minimum %5,12 olup maksimum %10,08 değeri hesaplanmıştır. Yıllara göre firmalar arasındaki genel ortalama basınç dayanım değeri 41,36 MPa, minimum ortalama basınç dayanımı 33,45 MPa, maksimum

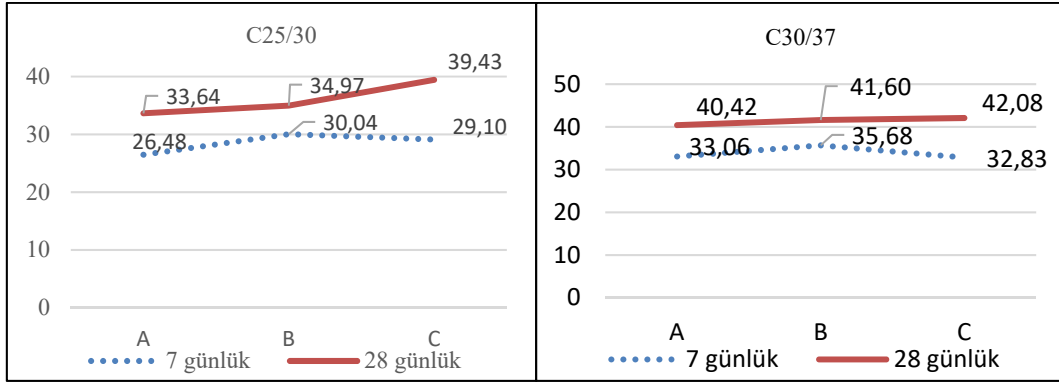
ortalama basınç dayanımı 52,69 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değerler istenilen beton sınıfının 28 günde ulaşabileceği beton basınç değerleri için uygundur.

Tablo 4. Yıllara göre 28 günlük beton basınç dayanımı değerleri (MPa)

Beton Sınıfı	Firma Adı	Yıl	Örnek Sayısı (Adet)	Minimum Basınç Dayanımı	Maksimum Basınç Dayanımı	Ortalama Basınç Dayanımı	Standart Sapma	Değişkenlik Katsayısı (%)	
C25/30	A Firması	2015	412	26,15	43,55	33,34	2,293354	6,88	
		2016	338	26,00	49,80	33,94	2,400256	7,07	
		Ortalama		26,08	46,68	33,64	2,346805	6,98	
	B Firması	2015	497	30,25	48,95	35,58	3,005204	8,45	
		2016	226	28,50	42,95	34,35	2,655146	7,73	
		Ortalama		29,38	45,95	34,97	2,830175	8,09	
	C Firması	2015	367	24,26	45,99	38,83	3,495838	9,00	
		2016	388	26,27	49,25	40,02	3,635518	9,08	
		Ortalama		25,27	47,62	39,43	3,565678	9,04	
	Genel Ortalama				26,91	46,75	36,01	2,914219	8,09
	C30/37	A Firması	2015	300	29,50	55,50	40,21	2,097196	5,22
			2016	340	33,00	56,55	40,62	2,267955	5,58
Ortalama				31,25	56,03	40,42	2,182576	5,40	
B Firması		2015	336	37,90	50,48	41,93	2,929712	6,99	
		2016	443	35,80	52,20	41,27	2,884113	6,99	
		Ortalama		36,85	51,34	41,60	2,906913	6,99	
C Firması		2015	327	36,52	49,79	43,15	2,210795	5,12	
		2016	319	27,96	51,62	41,00	4,134445	10,08	
		Ortalama		32,24	50,71	42,08	3,172620	7,54	
Genel Ortalama				33,45	52,69	41,36	2,754036	6,66	

Tablo 4 incelendiğinde ortalama basınç dayanımlarının (f_{cm}) TS 500'e göre istenilen değerde olduğu görülmektedir. Hazır beton santralinin ürettiği beton sınıflarına ait standart sapma değerlerinin A ve B firmalarında 2 yıl boyunca birbirleri ile çok yakın olduğu, C firmasında ise standart sapmanın çok az değiştiği gözlenmiştir. Beton karışım oranları ve üretim ekipmanları da genel olarak ilgili standartları sağladığı söylenebilir.

Şekil 1'de C 25/30 ve C 30/37 betonlarının 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanım sonuçları yer almaktadır. C25/30 betonunun A, B ve C firmaları için 7 günlük basınç ortalaması sırasıyla, 26,48 MPa, 30,04 MPa ve 29,10 MPa, 28 günlük basınç ortalaması ise sırasıyla, 33,64 MPa, 34,97 MPa ve 39,43 MPa olarak belirlenmiştir. C30/37 betonunun A, B ve C firmaları için 7 günlük basınç ortalaması sırasıyla, 33,06 MPa, 35,68 MPa ve 32,83 MPa, 28 günlük basınç ortalaması ise sırasıyla, 40,42 MPa, 41,60 MPa ve 42,08 MPa olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. C25 ve C30 betonlarının 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanım sonuçları

C25 ve C30 beton sınıflarına ait 7 günlük ve 28 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin firma türlerine ilişkin farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için yapılan çalışmada kullanılan verilerinin çözümlenmesinde SPSS 22 paket programı kullanılmıştır. Eldeki verilerden öncelikli olarak tanımlayıcı istatistiksel olarak aritmetik ortalama, frekans ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Firma türlerine göre ortalamalarının farkını araştırmada One Way ANOVA testleri yapılmıştır. Daha sonra hangi alt gruplar arasında farklılaştığını belirlemek üzere yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonrası post hoc tukey testi yapılmıştır.

Tablo 5’de görülebileceği üzere, C25 beton sınıfına ait 7 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin aritmetik ortalamalarının firma türü değişkenine göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonucunda firma türlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F=355,470$; $0,00$). Bu işlemin ardından ANOVA sonrası belirlenen anlamlı farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek üzere tamamlayıcı post-hoc analiz tekniklerine geçilmiştir.

C25 Beton Sınıfına ait 7 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin aritmetik ortalamalarının firma türü değişkenine göre hangi alt gruplar arasında farklılaştığını belirlemek üzere yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonrası post hoc tukey testi sonucunda A ile B firması arasında B firması lehine, B ile C firması arasında B firması lehine, C ile A firması arasında C firması lehine istatistiksel olarak ($p<0,00$) düzeyinde anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Bu durum, B firmasının C25 beton sınıfına ait 7 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin hem A hem de C firmasına göre basınç dayanımı değerlerinin daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer taraftan C firmasının A firmasına göre beton basınç dayanımı daha yüksektir.

Tablo 5. C25 Beton sınıfına ait 7 günlük beton basınç dayanım değerleriyle yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Firma Adı	Adet	Ort.	S. Sapma	Varyansın Kay.	Kareler Top.	Serbestlik Derecesi	Kareler Ort.	F	p	Anlamlı Fark
A	750	26,48	2,23	Grup arası Grup içi Toplam	5872,66	2 2225 2227	2936,33 8,26	355,470	0.00**	A-B B-C C-A
B	723	30,04	3,06		18379,44					
C	755	29,10	2,93		24252,11					
Toplam	2228	28,54	2,74							

** : $p < 0.01$

Tablo 6’da görülebileceği üzere, C30 Beton Sınıfına ait 7 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin aritmetik ortalamalarının firma türü değişkenine göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonucunda firma türlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F=227,362$; 0.00). Bu işlemin ardından ANOVA sonrası belirlenen anlamlı farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek üzere tamamlayıcı post-hoc analiz tekniklerine geçilmiştir.

C30 Beton Sınıfına ait 7 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin aritmetik ortalamalarının firma türü değişkenine göre hangi alt gruplar arasında farklılaştığını belirlemek üzere yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonrası post hoc tukey testi sonucunda A ile B firması arasında B firması lehine, B ile C firması arasında B firması lehine istatistiksel olarak ($p < .00$) düzeyinde anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Bu durum, B firmasının C30 Beton sınıfına ait 7 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin hem A hem de B firmasına göre basınç dayanımı değerlerinin daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer alt boyutlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > .05$).

Tablo 6. C30 Beton sınıfına ait 7 günlük beton basınç dayanım değerleriyle yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Firma Adı	Adet	Ort.	S. Sapma	Varyansın Kay.	Kareler Top.	Serbestlik Derecesi	Kareler Ort.	F	p	Anlamlı Fark
A	640	33,06	2,09	Grup arası Grup içi Toplam	3380,47	2 2062 2064	1690,24 7,434	227,362	0.00**	A-B B-C
B	779	35,68	3,17		15329,17					
C	646	32,83	2,68		18709,65					
Toplam	2065	33,85	3,01							

** : $p < 0.01$

Tablo 7’de görülebileceği üzere, C25 Beton Sınıfına ait 28 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin aritmetik ortalamalarının firma türü değişkenine göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan tek yönlü varyans analizi

(ANOVA) sonucunda firma türlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F=840,214$; 0.00). Bu işlemin ardından ANOVA sonrası belirlenen anlamlı farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek üzere tamamlayıcı post-hoc analiz tekniklerine geçilmiştir.

C25 Beton Sınıfına ait 28 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin aritmetik ortalamalarının firma türü değişkenine göre hangi alt gruplar arasında farklılaştığını belirlemek üzere yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonrası post hoc tukey testi sonucunda A ile B firması arasında B firması lehine, B ile C firması arasında C firması lehine, C ile A firması arasında C firması lehine istatistiksel olarak ($p<.00$) düzeyinde anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Bu durum, C firmasının C25 Beton sınıfına ait 28 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin hem A hem de B firmasından, B firmasının ise A firmasına göre basınç dayanımı değerlerinin daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 7. C25 Beton sınıfına ait 28 günlük beton basınç dayanım değerleriyle yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Firma Adı	Ade t	Ort.	S. Sapma	Varyansın Kay.	Kareler Top.	Serbestlik Derecesi	Kareler Ort.	F	p	Anlamlı Fark
A Firması	750	33,64	2,34							
B Firması	1502	34,97	2,83	Grup arası	24416,49	2	12208,25	840,214	0.00	A-B
C Firması	1401	39,43	3,56	Grup içi	53034,21	3650	14,53		**	B-C
Toplam	3653	36,01	2,91	Toplam	77450,70	3652				C-A

****: $p<0.01$**

Tablo 8'de görülebileceği üzere, C30 Beton Sınıfına ait 28 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin aritmetik ortalamalarının firma türü değişkenine göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonucunda firma türlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F=131,91$; 0.00). Bu işlemin ardından ANOVA sonrası belirlenen anlamlı farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek üzere tamamlayıcı post-hoc analiz tekniklerine geçilmiştir.

C30 Beton Sınıfına ait 28 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin aritmetik ortalamalarının firma türü değişkenine göre hangi alt gruplar arasında farklılaştığını belirlemek üzere yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonrası post hoc tukey testi sonucunda A ile B firması arasında A firması lehine, B ile C firması arasında C firması lehine istatistiksel olarak ($p<.00$) düzeyinde anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Bu durum, A firmasının C30 Beton sınıfına ait 28 günlük beton basınç dayanımı değerlerinin B

firmasından ve C firmasının B firmasına göre basınç dayanımı değerlerinin daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer alt boyutlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>.05$).

Tablo 8. C30 Beton sınıfına ait 28 günlük beton basınç dayanım değerleriyle yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Firma Adı	Adet	Ort.	S. Sapma	Varyansın Kay.	Kareler Top.	Serbestlik Derecesi	Kareler Ort.	F	p	Anlamlı Fark
A	640	40,42	2,18	Grup arası	3867,29	2	1933,65	131,91	0.00**	A-B
B	1502	41,60	2,90		51893,87					
C	1401	42,08	3,17	Grup içi	55761,17	3542				B-C
Toplam	3543	41,36	2,75	Toplam						

**: $p<0.01$

Üretilen betonların kalite kontrol derecelendirilmesinde ACI 214R-02 [17] standardında tanımlanan kontrol standartlarına göre değerlendirilmiştir. ACI 214R-02’de tanımlanan kontrol standartları, 28 günlük 15 cm çaplı ve 30 cm yükseklikli standart silindir için geçerli olmasından dolayı, Tablo 10’daki küp dayanımlarını silindire çevirmek için TS 500/2000 de beton sınıfına göre tanımlı olan küp/silindir ilişkilerinden yararlanılarak C25/30 sınıfında $0.83 (f_{cmsil}/f_{cmküp}=0.8)$, C30/37 sınıfında 0.81 , katsayıları kullanılmıştır. Ayrıca, 7 günlük silindir dayanımdan 28 günlük silindir dayanımına geçmek için $0,75 (f_{cm7gün}/f_{cm28 gün} = 0,75)$ katsayısı alınmıştır. Buna göre, yapılan düzeltmeler sonrası, A, B ve C firmaları tarafından üretilen betonların kalite kontrol tanımlamaları Tablo 9’da belirtildiği gibi ACI 214R-02’e göre yapılmış ve Tablo 10’da değerlendirme sonuçları verilmiştir.

Tablo 9. ACI 214R-02’ ye göre kalite kontrol derecelendirilmesi

Beton Sınıfı	Değerlendirme Kriteri	Mükemmel	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf
$f_{ck} \leq 34,5$ MPa	Standart Sapma (σ) MPa	<2,8	2,8-3,4	3,4-4,1	4,1-4,8	> 4,8
$f_{ck} >34,5$ MPa	Değişim Katsayısı (V) %	<7	7,0-9,0	9,0-11,0	11,0-14,0	>14

Beton üretilirken projede belirtilen beton sınıfı dikkate alınmalı ve mümkün olan en düşük değişkenlik katsayısı ile üretilen beton için elde edilmeye çalışılmalıdır. Bu çalışmada, 7 ve 28 günlük numunelerin değişkenlik katsayıları C25/30 betonları için birbirlerine çok yakın, C30/37 betonu için çok az farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Değişkenlik katsayıların beton firmalarına göre farklılıklar oluşturmasının en önemli sebebi çeşitli beton katkı maddeleri ve farklı malzemelerden üretim yapılmasıdır. Söz konusu firmalarda yıllara göre üretilen betonun basınç dayanım sınıflarına göre değişkenlik katsayıları Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 10. Osmaniye’de üretilen ACI 214R-02’ye göre beton sınıflarının kontrol dereceleri

Beton Sınıfı	Firma Adı	Yıl	Gün	Ortalama Basınç Küp Dayanımı (MPa)	Ortalama Basınç Silindir Dayanımı (MPa)	Standart Sapma (σ)	Değişkenlik katsayısı (%)	Kalite kontrol derecesi
C25/30	A Firması	2015	7. gün	26,01	21,59	2,09	8,04	Mükemmel
			28. gün	33,34	27,67	2,29	6,88	Çok iyi
		2016	7. gün	26,94	22,36	2,38	8,82	Çok iyi
			28. gün	33,94	28,17	2,40	7,07	Çok iyi
	B Firması	2015	7. gün	30,74	25,51	3,34	10,87	Çok iyi
			28. gün	35,58	29,53	3,01	8,45	Çok iyi
		2016	7. gün	29,33	24,34	2,79	9,52	Mükemmel
			28. gün	34,35	28,51	2,66	7,73	Mükemmel
	C Firması	2015	7. gün	28,56	23,70	2,91	10,20	Çok iyi
			28. gün	38,83	32,23	3,50	9,00	İyi
		2016	7. gün	29,63	24,59	2,96	9,97	Çok iyi
			28. gün	40,02	33,22	3,64	9,08	Mükemmel
C30/37	A Firması	2015	7. gün	32,80	26,57	2,03	6,20	Mükemmel
			28. gün	40,21	32,57	2,10	5,22	Mükemmel
		2016	7. gün	33,31	26,98	2,12	6,37	Mükemmel
			28. gün	40,62	32,90	2,27	5,58	Mükemmel
	B Firması	2015	7. gün	36,36	29,45	3,42	9,42	İyi
			28. gün	41,93	33,96	2,93	6,99	Çok iyi
		2016	7. gün	35,00	28,35	2,84	8,10	Çok iyi
			28. gün	41,27	33,43	2,88	6,99	Çok iyi
	C Firması	2015	7. gün	32,96	26,70	1,69	5,14	Mükemmel
			28. gün	43,15	34,95	2,21	5,12	Çok iyi
		2016	7. gün	32,69	26,48	3,38	10,35	Çok iyi
			28. gün	41,00	33,21	4,13	10,08	İyi

Üretilen betonların ortalama basınç dayanımlarının (f_{cm}) değerlerine göre artış yüzdeleri Tablo 11’de verilmiştir. Buna göre en fazla artış C firmasının ürettiği C25/30 beton sınıfında %29,10 olarak, en az artış ise C firmasının ürettiği C25/30 beton sınıfında %5,79 olarak gerçekleşmiştir. Üretilen betonların f_{cm} değerlerine göre C25/30 için ortalama artış miktarı %16,12, C30/37 betonu için %8,75 olarak hesaplanmıştır. Beton kalitesi açısından beton dayanımlarında istenilen düzeyin üstüne çıkıldığı görülmüştür.

Tablo 11. Üretilen betonların f_{cm} değerine göre artış yüzdeleri

Firma Adı	Beton Sınıfı	Yıl	Ort. Basınç dayanımı (MPa)	TS 500'e göre 28 Günlük Basınç Dayanımı ($F_{ck}+1,0$ MPa)	Basınç dayanımı artış miktarı (%)
C25/30	A Firması	2015	33,30	31	7,42
		2016	33,90		9,35
		Ortalama	33,60		8,39
	B Firması	2015	35,58		14,77
		2016	34,35		10,81
		Ortalama	34,96		12,77
	C Firması	2015	38,83		25,26
		2016	40,02		29,10
		Ortalama	39,43		27,19
		Genel Ortalama	36,00		16,12
C30/37	A Firması	2015	40,20	38	5,79
		2016	40,60		6,84
		Ortalama	40,30		6,05
	B Firması	2015	41,93		10,34
		2016	41,27		8,61
		Ortalama	41,60		9,47
	C Firması	2015	43,15		13,55
		2016	41,00		7,89
		Ortalama	42,08		10,74
		Genel Ortalama	41,33		8,75

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, Osmaniye il merkezinde faaliyet gösteren hazır beton santrallerinin ürettiği betonlardan alınan deney numunelerinin beton basınç dayanım değerleri üzerinde değerlendirmeleri yapılmış olup ilgili yönetmelik ve standartlara göre yorumlanmıştır.

C25/30 ve C30/37 betonlarının 28 günlük ortalama basınç dayanımı sırasıyla 36,01 MPa ve 41,36 MPa olarak belirlenmiştir. Bu beton sınıflarının $f_{cm} \geq f_{ck} + 1,0$ MPa değerine göre beton basınç dayanımındaki artış yüzdeleri ise %16,12 ve %8,75 olmuştur. 7 günlük beton basınç değerleri, 28 günlük hedef basınç dayanımı değerine ulaşması için yeterli değerdedir.

C25/30 betonları içerisinde 28 günlük en fazla dayanım 49,80 MPa, en az dayanımda 24,26 MPa olarak kaydedilmiştir. C30/37 betonları içerisinde en fazla dayanım 56,55 MPa, en az dayanımda 27,96 MPa olarak kaydedilmiştir.

Beton basınç dayanım değerlerinin yıllara göre farklılıkların çok az olduğu görülmektedir. Ancak 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 düşünülmektedir.

Hazır beton tesislerinin yıl boyunca ürettikleri beton numunelerinin standart sapması ve değişim katsayılarına dikkate alınarak beton sınıfına bağlı ACI 214R-02'e göre kalite kontrol değerlendirilmesi yapıldığında, kalite düzeyinin mükemmel, çok iyi ve iyi olduğu ortaya çıkmaktadır.

TS 500/2000 ve TS EN 206 standartlarında ifade edilen karakteristik dayanım tanımlamasının 2015 ve 2016 yıllarında üretilen betonların tamamında gerçekleştiği görülmektedir. Taze betondan alınan beton numunelerinden elde edilen istatistiksel sonuçlar incelendiğinde beton sınıfları için karakteristik dayanımların (f_{ck}) sağlandığı görülmektedir.

Genel olarak Osmaniye'de standart ve yönetmeliklerdeki parametreler göz önüne alınarak üretilen ve numune alınan betonların kalitesinin iyi düzeyde olduğu görülmüştür. Beton bileşenlerinin üretiminden başlanarak betonun yerine yerleştirilmesine kadar geçen her süreçte iyi bir denetim, yönetmelik ve standartlar kaliteyi arttırmıştır.

Kaynaklar

- [1] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 2007.
- [2] Erdoğan, T.Y., Beton, 2. Baskı, Ankara, ODTU Yayıncılık, 2007.
- [3] Şimşek, O., Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Yayıncılık, 4.Baskı, Ankara, 2012.
- [4] Başaran E., Afyonkarahisar'da Üretilen Hazır Beton Kalitelerinin Değerlendirilmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,2/51-58, 2010.
- [5] Gürcü, Y., Kalmış, M. ve Akdağ, Ü., T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün Bir Otoyol Şantiyesinde ve Ankara Çevresinde Üretilen Betonların Basınç Dayanımına İlişkin Bir İstatistiksel Değerlendirme. 1. Ulusal Beton Kongresi, 1989.
- [6] Ersoy, U. ve Özcebe, G., Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul 2002.
- [7] Topçu, İ.B. ve Demir, A., Eskişehir'de Dökülen Betonların Niteliği Üzerine İstatistiksel Bir Değerlendirme, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 17-2/ 1-10, 2004.

- [8] Topçu, İ.B. ve Boğa, A.R., Eskişehir'deki Hazır Beton Firmalarının Beton Kalitelerinin İstatiksel Değerlendirilmesi. Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 18-1, 1-13, 2005.
- [9] Türk Standartları, TS EN 12390-3, Beton-Sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye 2010.
- [10] Baradan, B., Yazıcı,H., Ün, H., Beton ve Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite) İstanbul: Türkiye Hazır Beton Birliği, 2010.
- [11] Doğangün, A., Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, 7.Baskı, İstanbul: Birsen Yayınevi. 2011.
- [12] Türk Standartları, TS 500/2000, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2000.
- [13] Şimşek, O., Beton ve Beton Teknolojisi, 4.Baskı, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2012.
- [14] Bektay, İ., Betonarme I Taşıma Gücü ve Kesit Hesapları, TMMOB İnşaat Müh. Odası İstanbul Şubesi, Maya Basın Yayın, 2003.
- [15] Türk Standartları, TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. 1.Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2000.
- [16] Türk Standartları, TS EN 206–1, Beton–Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [17] ACI Committe 214. Evaluation of Strength Test Results of Concrete (ACI 214R-02). American Concrete Institute, 2002.
- [18] Davraz M, Başpınar E ve Ceylan H., Yapı Denetim Kurumları Öncesi Isparta ve Yakın Civarındaki Hazır Beton Kalitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi, 2,1, 2012.