

ESKİŞEHİR'DEKİ HAZIR BETON FİRMALARININ BETON KALİTELERİNİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ

İlker Bekir TOPÇU¹, Ahmet Raif BOĞA²

ÖZET: Bu çalışmada Eskişehir ilinde bulunan hazır beton firmaları tarafından üretilen betonların basınç dayanımlarını belirlemek amacıyla 2002, 2003 yıllarında özel bir Beton ve Yapı Malzemeleri Laboratuvarına getirilen numunelerin basınç dayanımları incelenmiştir. Toplam 3162 adet deney sonucundan yararlanılmış ve istatistiksel bir genellemenin yapılabileceğine karar verilmiştir. Eskişehir genelinde ve firmalar arasında karşılaştırmalar yapılarak, son yıllarda hazır beton kullanımı ile beton kalitesinde bir artışın gerçekleşip gerçekleşmediği ve Eskişehir'de bulunan hazır beton firmalarının son durumları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmalar sonucunda firmalar arasında çok fazla bir farkın olmadığına ve Eskişehir genelinde üretilen betonların kalitesinde C20 beton sınıfının üstünde beton üretiminin % 83.19 gibi oldukça yüksek bir orana ulaşılmış olduğu sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Basınç dayanımı, Hazır beton, Kalite Kontrol

STATISTICAL EVALUATION OF CONCRETE QUALITIES OF READY-MIX CONCRETE COMPANIES IN ESKİŞEHİR

ABSTRACT: At this study, compressive strengths of concrete specimens which were brought to a private concrete and materials of construction laboratory at to 2002 and 2003 have been reviewed to compare the quality of the concretes which were produced at ready-mixed concrete companies in Eskişehir. It is decided to be able to a statistical generalization by the help of totally 3162 experiment results. It is evaluated that if the usage of ready-mixed concrete and the quality of the concrete increased or not and it is tried to research the last condition of the companies, in general of Eskişehir and by the compare between the ready-mixed concrete companies of Eskişehir. At the result of these reviews, it is concluded that there is not so much differences between the companies and the quality of the concretes produced in the general of Eskişehir, the percentage of concrete products up to C20 class is pretty high as 83.19 %.

KEYWORDS: Compressive strength, Ready-mixed concrete, Quality control.

^{1,2} Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Batı Meşelik, 26480 ESKİŞEHİR

I. GİRİŞ

Ülkemizin büyük bölümü deprem kuşağında yer aldığından, çok sık olarak afetlerle karşı karşıya kalınmakta ve bu yüzdende çok büyük miktarda can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Bu nedenle yapı güvenliği açısından betonun kalitesi çok önemlidir. Yapının güvenliğinin yanında zaman içinde dayanıklılığı açısından da betonun kalitesi vazgeçilmemesi gereken bir unsurdur [1]. Ülkemizin büyük bir bölümü deprem kuşağında yer almaktadır. 1998 tarihinde yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliği bu durumu dikkate alarak, yapı kalitesinin yükseltilmesi ve depreme gerçekten dayanıklı binalar üretilmesi için deprem bölgelerinde kullanılacak en düşük beton dayanım sınıfını C20 olarak belirlemiş [2], böylelikle bir deprem esnasında olası can ve mal kaybını en aza indirmeye yönelik önemli bir adım atılmıştır.

Ülkemizde kullanılan betonların durumu ise hazır beton teknolojisinin kullanılmasıyla beraber iyi yönde gelişmeler göstermeye başlamıştır. İstanbul'da yapılan bir çalışmada da bu gelişmeler görülmektedir [3]. Türkiye Hazır Beton Birliği'nin verilerine göre, 2002 yılı hazır beton üretimi 17.457.930 m³'tür. Toplam hazır beton üretimi ise 25.467.930 m³ olmuştur. 2001 yılında THBB üreticilerinin toplam üretimi 16.500.000 m³, Türkiye genelindeki üretim ise 22.500.000 m³ olmuştur. THBB üyesi hazır beton üreticileri, Türkiye'deki toplam yıllık üretimin yaklaşık % 70'ini sağlamaktadırlar. Üretilen betonların kalitesini belirlemek içinde beton basınç deneyleri yapılmaktadır. Beton basınç deneylerinin amacı, projelerde belirtilen beton dayanımının ne ölçüde elde edildiğini belirlemek ve beton kalitesinde oluşabilecek değerleri önceden tahmin edebilmektir. Kompozit bir malzeme olan beton, birçok değişkenden etkilenmektedir. İyi bir beton için malzemenin uygun, karışım oranlarının doğru olması gerekir. Kalıba yerleştirme ve kür işlemleride önemlidir. Beton kalitesinde güvenilir bilgiler elde edebilmek için yeterli sayıda numune alınması ve iyi bir istatistiksel yöntemin kullanılmasına bağlıdır [4].

II. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI

Beton ve Yapı Malzemeleri Laboratuvarına 2002-2003 yıllarında dört ayrı hazır beton firmasından gelen numunelerin raporları incelenmiştir. Bu çalışmada 28 günlük 15 cm'lik küp basınç dayanımları dikkate alınmıştır. Laboratuvardaki raporlar firma isimlerine göre dört gruba ayrılmıştır. Daha sonrada her firma için raporlar basınç dayanımı olarak (10-16), (16-22), (22-28), (28-34), (34-40), (40-46), (46-52), (52-58), (58-64) MPa arasında olmak üzere sınıflara ayrılmıştır. Bütün hazır beton firmaları için karşılaştırma yapmak amacıyla aynı sınıf aralıkları kullanılmıştır ve ayrıca 28 günlük 15 cm'lik küp basınç dayanımları için frekans ve eklenik frekans eğrileri elde edilerek [3] Gauss dağılımına uygunluk araştırılmıştır. Daha sonra deney sonuçlarına göre firmaların kalite kontrol dereceleri belirlenmiştir. Firmalar karakteristik basınç dayanımına (f_{ck}) göre de incelenmiştir. Sonuçta Eskişehir'de bulunan hazır beton firmalarında üretilen betonların TS 500 sınıflamasına ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğe göre beton basınç dayanımlarının dağılımı hakkında bir fikir elde edilmeye çalışılmıştır [2, 5].

III. DENEY SONUÇLARI

Laboratuvara gelen beton örneklerinin hepsi 15 cm lik küp numunelerdir. TS 500/2000'ün 3.2 numaralı "Beton Sınıfları ve Dayanımları" çizelgesi, çapı 15 cm ve yüksekliği 30 cm olan silindirik numuneler için verilmiş ve ayrıca bunlara karşılık gelen eşdeğer küp basınç dayanımları da belirtilmiştir. [6]'a göre TS 500/2000 Çizelge 3.2'de verilen küp dayanımlarının daha fazla olması gerektiği belirtilmiştir. TS 500'deki bazı beton sınıflarının 15 cm lik eşdeğer küp basınç dayanımları C16 için 20, C20 için 25, C25 için 30 ve C30 için 37 MPa'dır. 2002-2003 yıllarında Beton ve Yapı Malzemeleri Laboratuvarında numuneler üzerinde gerçekleştirilen basınç deneyi sonuçları belirli dayanım aralıklarında gruplandırılarak numuneleri üreten hazır beton firmalarına göre Çizelge 1'de toplanmıştır. Dayanım aralıklarını belirlerken [7] numaralı kaynakta verilen aşağıdaki formül kullanılmıştır. (1) nolu formülde n örnekteki eleman sayısıdır.

$$m = 1 + 3.3 \log n \quad (1)$$

σ MPa	A Firması			B Firması			C Firması			D Firması		
	Adet n	f_i n/N	Σf_i $\Sigma n/N$	Adet N	f_i n/N	Σf_i $\Sigma n/N$	Adet n	f_i n/N	Σf_i $\Sigma n/N$	Adet n	f_i n/N	Σf_i $\Sigma n/N$
10-16	2	0.002	0.002	0	0.000	0.000	6	0.008	0.008	0	0.000	0.000
16-22	45	0.045	0.047	5	0.007	0.007	32	0.042	0.050	13	0.018	0.018
22-28	329	0.332	0.379	148	0.216	0.223	293	0.380	0.430	124	0.173	0.191
28-34	490	0.495	0.874	392	0.573	0.796	366	0.475	0.905	429	0.598	0.789
34-40	99	0.100	0.974	135	0.197	0.994	57	0.074	0.979	112	0.156	0.945
40-46	21	0.021	0.996	4	0.006	1.000	13	0.016	0.995	32	0.046	0.991
46-52	4	0.004	1.000	0	0.000	1.000	1	0.001	0.996	6	0.008	0.999
52-58	0	0.000	1.000	0	0.000	1.000	1	0.001	0.997	0	0.000	0.999
58-64	0	0.000	1.000	0	0.000	1.000	2	0.003	1.000	1	0.001	1.000
Σ	990			684			771			717		

Çizelge 1. Eskişehir’deki hazır beton firmalarının 28 günlük küp basınç dayanımları

IV. DEĞERLENDİRME

IV.1. Deney Sonuçlarına Göre Firmaların Kalite Kontrol Derecelerinin Belirlenmesi

ACI (American Concrete Institute) tarafından bir şantiyenin kalite kontrol derecelerini belirlemeye yarayan Çizelge 2’deki değerler kullanılarak Eskişehir’de bulunan hazır beton firmalarının kalite kontrol dereceleri belirlenmiştir [8]. Bunun için İTÜ Malzeme Laboratuvarında yapılan bir çalışmada ise ortalama dayanımlar kullanılarak kalite kontrol dereceleri belirlenmiştir [9]. Eskişehir’deki hazır beton firmalarının C20 betonu ürettiklerinde kalite kontrol derecelerinin ne olacağı bulunmuştur. Bunun için ilk önce firmaların 28 günlük küp dayanımlarından 28 günlük silindir dayanımlarına geçilerek, ortalama dayanım (σ_{ort}), standart sapma (s) ve varyasyon katsayısı (V) bulunmuş ve Çizelge 3’te gösterilmiştir. Küp basınç dayanımlarından 28 günlük silindir basınç dayanımlarına geçerken şekil etkisi nedeniyle 0.8 gibi bir çarpan kullanılmıştır [6].

Çizelge 2. ACI tarafından saptanan kalite kontrol dereceleri

Kalite Kontrol Derecesi	C<25 MPa için V, %	C>25 MPa için s, MPa
Çok İyi	0-10	3-5
İyi	10-20	5-6.5
Orta	20-30	6.5-8
Zayıf	<30	>8

Çizelge 3. Ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri

Firmalar	28 günlük küp			28 günlük silindir		
	σ_{ort} , MPa	s, MPa	V, %	σ_{ort} , MPa	s, MPa	V, %
A	29.52	8.12	27.47	23.62	6.50	27.47
B	30.79	3.65	11.85	24.64	2.92	11.85
C	28.93	4.81	16.63	23.14	3.85	16.63
D	31.46	4.57	14.53	25.17	3.66	14.53

Firmaların C20 betonu ürettiğinde kalite kontrolü için varyasyon katsayısı dikkate alınmıştır. Firmaların C20 betonu üretiminde varyasyon katsayılarına bakıldığında A firması için orta, B, C ve D firmaları içinde iyi kalite kontrol dereceleri bulunmuştur ve bu sonuçlar Çizelge 4’te gösterilmiştir. Eskişehir’de 1989 yılında yapılan bir çalışmada [10] ise C16 betonu üretimine göre bulunan kalite kontrol dereceleri orta seviyede çıkmıştır. Bu 15 yıllık süre içinde kalite kontrol derecelerinde bir artış görülmektedir.

Çizelge 4. Firmalara ait istatistik parametreler ve kalite kontrol dereceleri

Firmalar	σ_{ort} , MPa	s, MPa	V, %	Kalite Kontrol Derecesi
A	29.52	8.11	27.47	Orta
B	30.79	3.65	11.85	İyi
C	28.93	4.81	16.63	İyi
D	31.46	4.57	14.53	İyi

IV.2. Firmaların Karakteristik Basınç Dayanımlarının Değerlendirilmesi

Laboratuvardaki raporlar Çizelge 1’de firmalara ve 9 farklı dayanıma göre ayrılmıştır. Çizelge 3’deki silindir numunelerin ortalama ve standart sapma değerleri kullanılarak firmaların karakteristik basınç dayanımları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$f_{ck}=f_{cm}-s.t \quad (2)$$

Formülde t, % 90 güvenlik derecesi için güvenlik parametresidir. Karakteristik dayanımlara bakıldığında firmaların C20 betonu üretmeye çalıştığı düşünülürse A firmasında 4.70 (% 23.50 altında), B firmasında 0.90 (% 4.50 üstünde), C firmasında 1.79 (% 8.95 altında), D firmasında 0.49 MPa (% 2.45 üstünde) karakteristik dayanımlara ulaştıkları görülür. Eskişehir’deki firmaların karakteristik basınç dayanımları bazı firmalarda C20 karakteristik basınç dayanımının % 4.50 üstünde çıkarken, İstanbul’da 1994 yılında yapılan bir çalışmada [11] firmaların C16 karakteristik basınç dayanımının % 25 altında kaldıkları görülmektedir. Bu 10 yıllık süre içinde hazır beton sektörünün gelişmesine bağlı olarak karakteristik basınç dayanımlarında belirgin bir artış görülmektedir.

IV.3. Sonuçların Gauss Dağılımına Uygunluğunun Değerlendirilmesi

Çizelge 1’de gösterilen dağılımların Gauss dağılımına uyması halinde bazı genel sonuçlara varılabilir. Bu nedenle verilerin Gauss dağılımına uyup uymadığı

araştırılmıştır. x_i , dağılımdaki herhangi bir basınç dayanımı, \bar{x} ortalama basınç dağılımını ve s dağılımın standart sapması ise

$$u' = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad (3)$$

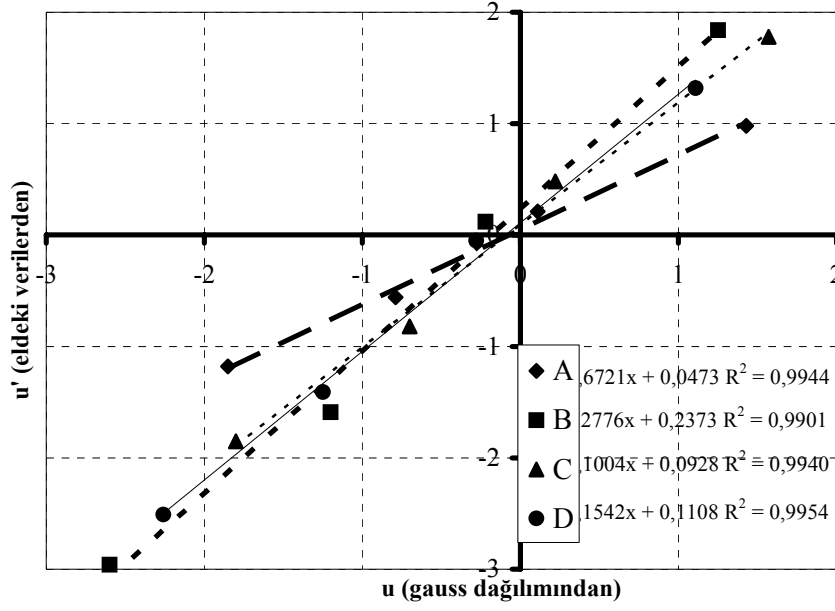
değişken dönüşümü yapılarak dağılımın değişkeni boyutsuz hale getirilebilir. u' ile verilerden elde edilen değerler gösterilmiştir. Gauss dağılımı tablosundan $P(<x_i)$ olasılıklarına karşı gelen değerler elde edilerek bunlarda u ile gösterilmiştir [12]. Gauss eğrisine ait değer (u) ile verilerden elde edilen değer (u') arasında diyagram çizildiğinde sonuçlar bir doğru üzerinde çıkarsa dağılımın Gauss dağılımına uyduğu söylenebilir [13, 14]. Gerçektende dört firma içinde Şekil 1'den görülebileceği gibi sonuçlar bir doğru şeklinde çıkmıştır. Böylece dört firma için dağılımlarının Gauss'a uyduğu sonucuna varılmıştır. Çizelge 5 ve 6'da firmaların u' ve u değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 5. Firmaların u' değerleri

Firmalar	u'	u'	u'	u'
A	-1.18	-0.56	0.21	0.98
B	-2.96	-1.59	0.12	1.84
C	-1.85	-0.82	0.48	1.78
D	-2.51	-1.41	-0.05	1.32
xi	16	20	25	30

Çizelge 6. Firmaların u değerleri

Firmalar	P(<16)	P(<20)	P(<25)	P(<30)
A	-1.85	-0.79	0.11	1.43
B	-2.60	-1.20	-0.22	1.25
C	-1.80	-0.70	0.22	1.57
D	-2.26	-1.25	-0.28	1.11

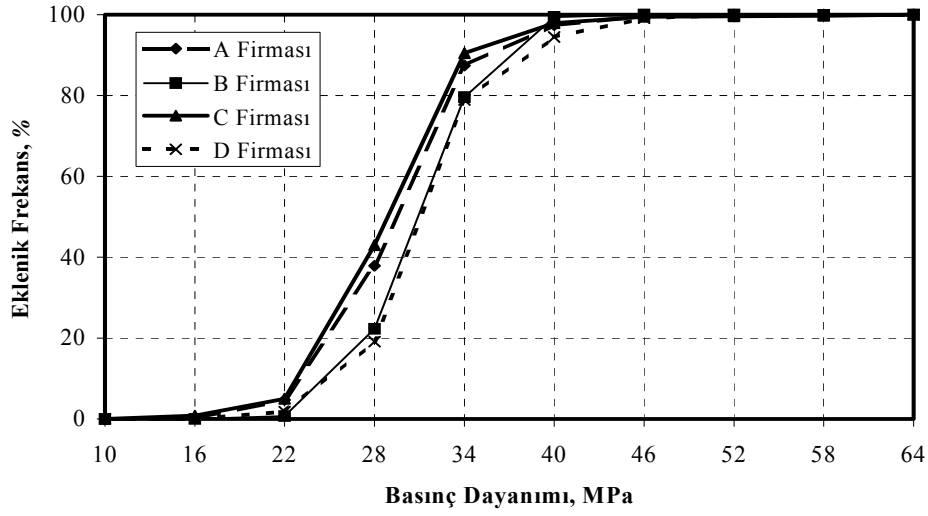


Şekil 1. u-u' ilişkisi diyagramı.

IV.4. Eklenik Frekans Diyagramlarının Değerlendirilmesi

Çizelge 1'den elde edilen eklenik frekans diyagramları Şekil 2'de gösterilmiştir. Çizelge 1'deki dağılımların Gauss Dağılımına uyduğu dikkate alınmıştır ve Çizelge 1'deki dağılımlar 28 günlük küp dayanımlarından 28 günlük silindir dayanımlarına dönüştürülerek bazı sonuçlar elde edilmiştir.

TS 500/2000 Çizelge 3.2’de verilen küp dayanımlarından silindir basınç dayanımlarına



Şekil 2. Firmaların 28 Günlük Küp Dayanımlarının Eklenik Frekans Diyagramı.

geçilerek ve Şekil 2’deki eklenik frekans diyagramı kullanılarak Çizelge 7’de gösterilen sonuçlar elde edilmiştir. Her firma için elde edilen sonuçlar $P(<x)$, x den küçük olma olasılığını göstermek üzere Çizelge 7’de toplanmıştır.

Çizelge 7. Firmaların bazı sınıf dayanımlarının altında kalma %'leri

Firmalar	P(<16)	P(<20)	P(<25)	P(<30)
A	3.20	21.30	54.40	92.40
B	0.47	11.50	41.40	89.50
C	3.60	24.00	58.80	94.20
D	1.20	10.45	39.00	86.70
Ortalama	2.12	16.81	48.40	90.70

Bu çizelgedeki ortalama değerlere bakıldığında, Eskişehir çevresinde üretilen betonların % 2.12'sinin TS 500'ün kabul ettiği en küçük C16 sınıfından daha düşük kalitede olduğu görülmektedir. Bu oran, düşük kaliteli beton üretiminin gittikçe azaldığının bir ifadesi olarak kabul edilebilir. C20 beton kalitesinden yüksek beton üretimi ise % 83.19 gibi oldukça yüksek bir orana ulaşmıştır. Bilindiği gibi birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde C20 sınıfı ve üstü beton kullanımı zorunludur. Eskişehir ilinde böyle yüksek bir orana ulaşılması toplumun bilinçlendiğinin bir göstergesidir.

Ancak firmalar arasında karşılaştırma yapılırsa B firmasının C16'dan düşük beton üretimi daha azdır fakat buna karşılık C firmasının diğer firmalara oranla biraz daha fazladır. C20 den düşük beton üretimine göre karşılaştırma yaparsak D firmasının daha iyi olduğunu söyleyebiliriz. D firmasından sonra B, C ve A firmaları sıralanabilir. Birde C30 sınıfında beton üretimine göre karşılaştırma yaparsak tüm firmaların ürettikleri betonların % 10'u kadarının C30 dayanımına ulaştığını görülür. C30 sınıf dayanımının betonun dayanıklılığı açısından önemli olduğu dikkate alınır Eskişehir'de üretilen betonların böyle bir eksiğinin olduğunu söylenebilir.

V. SONUÇ

TS 500'de en küçük beton sınıfı olarak C16 sınıfının kullanılacağı ve 1 Ocak 1998 tarihinde yürürlüğe giren “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”te, deprem bölgelerinde yapılacak betonarme yapılarda C16 sınıf dayanımından küçük dayanımda beton kullanılmayacağı, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde C20 veya daha üstü beton kullanımının zorunlu olduğu belirtilmiştir. Buradan yola çıkarsak Eskişehir’de üretim yapan hazır beton firmalarının bu kriterlere uyduğu sonucuna varılabilir. Ancak Eskişehir’de bulunan B ve D firmalarının % 90'lara varan oranlarda C20 sınıfından daha büyük dayanımda beton ürettiği buna karşılık A ve C firmalarının % 80'lere varan oranlarda C20 sınıfından daha büyük dayanımda beton ürettiği sonucuna varılmıştır. Birde Eskişehir’de bulunan hazır beton firmalarını genel olarak ele alırsak C20 beton kalitesinden yüksek beton üretimi ise % 83.19 gibi oldukça yüksek bir orana ulaşmıştır, bu da çok önemli bir sonuçtur. Ancak firmaları karakteristik basınç dayanımına göre değerlendirdiğimizde firmaların C20 betonu üretmeye çalıştığı düşünülürse A firmasının C20 karakteristik basınç dayanımının % 23.50 altında, B firmasının % 4.50 üstünde, C firmasının % 8.95 altında, D firmasının % 2.45 üstünde olduğu sonucuna varılır. Ayrıca firmaları kalite kontrol derecelerine göre değerlendirdiğimizde, A firmasının orta B, C ve D firmalarının iyi kalite kontrol derecesinde oldukları görülür.

KAYNAKLAR

- [1] S. Akman, “Beton Kalitesinin Yapı Güvenliği Açısından Önemi”, İMO 1. Ulusal Beton Kongresi Bildirileri Kitabı, Mayıs 1989, İstanbul, ss. 6-12.
- [2] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, “Afet bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, Temmuz 1998.
- [3] M. Uyan, S. Akyüz, H. Yıldırım, “İstanbul ve Çevresinde Dökülen Betonlar Üzerine Bir Değerlendirme”, Hazır Beton Dergisi, Ocak-Şubat 1999, ss. 26-30.
- [4] S. Akman, “Betonun İstatistiksel Değerlendirilmesinde Kavramlar”, Beton Semineri, 6-10 Şubat 1984, Ankara, ss. 211-230.
- [5] TS 500, “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, TSE, Şubat 2000.
- [6] İ. B. Topçu, A. Uğurlu, “TS 500/2000 Standardının Beton Açısından İncelenmesi”, ECAS2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, 14 Ekim 2002, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye, ss. 492-499.
- [7] M. Bayazıt, “İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri”, İTÜ Yayını, 1996, 245s.
- [8] İ. B. Topçu, C. Sevil, “Sultandere Betonlarının Kalitelerinin İncelenmesi”, Deprem Semineri 1, ODTÜ ve Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 21 Mayıs 1999, ss. 67-80.
- [9] F. Kocataşkın, “Beton Üretiminde İstatistik Kalite Kontrolü”, İMO İstanbul Şubesi, Beton Teknolojisi ve Sorunları Semineri, İstanbul, 1976, 10s.
- [10] İ. B. Topçu, “Eskişehir’de Küçük ve Büyük Şantiyelerde Üretilen Yerde Yapılmış Betonların Kalite Kontrolü”. Ulusal Beton Kongresi, 24-26 Mayıs 1989, İstanbul, ss. 189-198.
- [11] E. Öztekin, A. Suvakçı, “İstanbul’da Hazır Beton Kullanılan Yapılarda Sınıf Dayanımının İncelenmesi”, 3. Ulusal Beton Kongresi, 19-21 Ekim 1994, İstanbul, ss. 105-114.
- [12] M. Bayazıt, B. Oğuz, “Mühendisler İçin İstatistik”, Birsen Yayınevi, Haziran, 1994, 211s.
- [13] S. Akman, “Deney ve Ölçme Tekniğine Giriş”, İstanbul, 1978, 69s.
- [14] M. Uyan, S. Akyüz, “İstanbul ve Çevresinde Betonların Niteliği Üzerine Bir İnceleme”, 1. Ulusal Beton Kongresi, 24-26 Mayıs 1989, ss. 160-171.