

İSTANBUL ve ÇEVRESİNDEKİ BETONLARIN
NİTELİĞİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Saim AKYÖZ

Prof. Dr.

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul, Türkiye

Mehmet UYAN

Prof. Dr.

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul, Türkiye

ÖZET

Taşıyıcı malzeme olarak kullanılan betonlar projelendirmede belirli sınıflara ayrılır. Bu ayırımı betonun en önemli özelliği olan basınç mukavemetine göre yapılır.

Bu çalışmada önce eski ve yeni TS 500 standartlarına göre beton kalitesinin denetim esaslarına kısaca değinilmiştir. Daha sonra 1986, 1987 ve 1988 yıllarında İstanbul ve çevresinden İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarına gönderilen beton numunelerinin basınç dayanım sonuçları istatistik yöntemlerle değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede göz önüne alınan beton dayanımlarının söz konusu bölgede üretilen tüm betonların istatistik açıdan bir örnekleme olduğu varsayılmıştır. Böylece son üç yılda İstanbul ve çevresinde üretilmiş betonların nitelik yönünden hangi konumda olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

Sonuçta en önemli bulgu olarak İstanbul çevresinde beton üretimine gereken önemin verildiği kabul edilebilecek şantiyelerde bile betonların %24' ünün kalitesinin yeni TS-500' deki en küçük beton sınıfından (BS 14) daha küçük olduğu saptanmıştır.

1. GİRİŞ

Yürürlükte olan TS 500' e göre en küçük beton sınıfı BS 14' dür. Günümüzde çok katlı binalardaki betonların kalitesinin BS 20' nin üstünde projelendirildiği düşünülürse beton üretimine ne kadar özen gösterilmesi gereği kendiliğinden ortaya çıkar. Bazı şantiyelerde bu işin önemi bilinmemekte ve gereken özen gösterilerek projede ön görülen kalitede beton üretilmektedir. Buna karşılık işin önemi anlaşılmayan çok sayıda şantiyelerin ise yaptıkları binalarda bazı hasarların ortaya çıktığı hepimizce bilinmektedir.

Bu çalışmada İstanbul ve çevresinde 1986, 1987 ve 1988 yıllarında muhtelif şantiyelerde üretilip basınç dayanımlarını belirlemek amacıyla İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarına getirilen betonların basınç dayanımlarının dağılımı incelenmiştir.. Öcbine yakın deney sonuçlarından istatistiksel olarak bir genelleme yapmanın olası olduğu görülmüş ve böylece beton üretimine özen gösterilmesi gerektiğini bilen bu şantiyelerin global olarak başarı durumlarını saptamak mümkün olmuştur.

1.1. Genel Bilgiler

Bilindiği gibi eski TS-500' de üç beton sınıfı kabul edilmektedir : B160, B225 ve B300. Bu sayılar 20 cm' lik küp numunelerin kg/cm^2 cinsinden 28 günlük basınç dayanımlarını göstermektedir. Bu satandarda göre her beton biriminden en az üç numune alınarak, bunların ortalaması verilen değerın altına düşmemeli ve hiç bir tekil küp dayanımı da verilen sınıf dayanımının % 85' inden küçük olmamalıdır [1]. Yeni TS 500' de basınç dayanımları silindirik basınç dayanımlarıdır. Sınıf sayısı arttırılmış ve beton biriminde üretilen betonların basınç dayanımları istatistiksel bir yaklaşımla değerlendirilmiştir. Projede ön görülen f_{cd} sınıf dayanımına göre şantiyede öyle bir beton üretilmelidirki

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,28 \sigma \geq f_{cd} \quad (1.1)$$

koşulu yerine gelsin. Burada f_{cm} üretilen betonların basınç dayanımlarının ortalaması, σ standart sapmasıdır. f_{ck} ise, üretilen betonların %90' ının basınç dayanımı bu değerin üstünde olan karakteristik dayanımdır.

Bu durumda şantiyedeki amaç mukavemet f_{ca}

$$f_{ca} = f_{cd} + 1,28 \sigma \quad (1.2)$$

ile saptanır. Buradaki 1,28 sayısı normalize edilmiş Gauss dağılımının integral eğrisinin ordinatının %90' ına karşı gelen ve 3.1 denklemiyle verilen boyutsuz değişkeninin bir değeridir [2,3,4,5].

1.2. Bu Konuda Yapılan Çalışmalar

Bu konuda yapılan ilk çalışma Akyalı ve arkadaşlarına aittir [6]. Bu çalışmada 1958, 1959, 1960 ve 1961 yıllarında önemli şantiyelerden İ.T.O. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarına gelen 28 günlük beton küp dayanımlarının istatistik bir incelemesi şeklindedir. Elde ettikleri sonuçlara göre en düşük mukavemet B160, ortalama mukavemet ise B225 sınıfındandır.

Aka ve arkadaşları [7] tarafından 9 hasarlı binada yapılan bir incelemede ise betonların çoğunluğunun B120 kalitesine dahi ulaşamadığı saptanmış, bunun nedenleri aşağıdaki gibi açıklanmıştır :

- 1) Agreg a beton üretimine uygun değildir,
- 2) Çimento dozaı yetersizdir ve özellikle karma suyu ölçüsüz konmuştur,
- 3) Çimento bilgisizce depolanmıştır,
- 4) Vibrasyon bilinçsiz kullanılmıştır,
- 5) Bilgili bir teknisyen şantiyenin hiç birinde yoktur.

Postacıoğlu [8], 1976 yılı içinde İ.T.O. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarına gelen beton numunelerinin hepsinin aynı şantiyeden geldiğini varsayarak basınç dayanımlarının dağılımını incelemiş ve şu sonuçlara varmıştır :

- 1) Dağılım Gauss dağılıma uymaktadır,
- 2) Bir dağılım parametresi olan σ standart sapması 50 kg/cm^2 den küçük değildir,
- 3) Yeni TS 500 tarafından verilen %90 güvenirlik, amaç mukavemet hesapları için yetersizdir ve %95' lik güvenlik derecesi daha uygundur.

- 4) Öte yandan, muayene edilen betonların %20'sinin mukavemetinin 160 kgf/cm^2 'den küçük olması ve böylelikle betonarme betonu nite-
liğinde bulunmaması saptadığı en önemli sonuç olmuştur.

1.3. Araştırmanın Kapsamı

İ.T.O. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarından 1986, 1987 ve 1988 yıllarında çıkmış raporlar taranarak beton basınç dayanımları dört grubu ayrılmıştır. Bunlardan ikisi 7 ve 28 günlük küp, diğer ikisi ise 7 ve 28 günlük silindir dayanımlarıdır. Daha sonra her grup kendi içinde basınç dayanımı olarak (0-6), (6-10), (10-15), (15-20), (20-25), (25-30), (30-40) ve 40 N/mm^2 'den büyük olmak üzere sınıflara ayrılmıştır. Böylece yukarıda belirtilen 4 grup için frekans ve eklenik frekans eğrileri elde edilerek, Gauss dağılıma uygunluk araştırılmıştır. Sonuçta İstanbul çevre-
sindeki çeşitli şantiyelerden gelen betonların yeni TS-500 sınıflamasına göre beton basınç dayanımlarının dağılımı hususunda bir fikir elde edilme-
ye çalışılmıştır.

2. DENEY SONUÇLARI

Yukarıda belirtilen yıllarda Yapı Malzemesi Laboratuvarında yapılan basınç deneyi sonuçları, yukarıdaki paragrafta belirtilen sınıflandırmaya göre Tablo-1,2,3,4' de toplanmıştır.

Tablo-I. 7 günlük küp basınç dayanımları

Dayanım sınıfı N/mm^2	Sınıf dayanımı N/mm^2	Sayısı n_i	Eklenik frekans	
			Frekans n_i/N %	$\Sigma n_i/N$ %
0-6	3	48	6	6
6-10	8	118	14,7	20,7
10-15	12,5	217	27,1	47,8
15-20	17,5	207	25,9	73,7
20-25	22,5	124	15,5	89,2
25-30	27,5	60	7,5	96,7
30-40	35	25	3,1	99,8
40-50	45	8	1	100

Tablo-II. 28 günlük küp basınç dayanımları

Dayanım sınıfı N/mm^2	Sınıf dayanımı N/mm^2	Sayısı n_i	Eklenik frekans	
			Frekans n_i/N %	$\Sigma n_i/N$ %
0-6	3	16	1,30	1,30
6-10	8	47	3,90	5,2
10-15	12,5	105	8,80	14,0
15-20	17,5	262	21,90	35,9
20-25	22,5	279	23,30	59,2
25-30	27,5	282	23,50	82,7
30-40	35	129	10,80	93,5
40-50	45	49	6,50	100

Tablo-III. 7 günlük silindir basınç dayanımları

Dayanım sınıfı N/mm^2	Sınıf dayanımı N/mm^2	Sayısı n_i	Eklenik frekans	
			Frekans n_i/N %	$\Sigma n_i/N$ %
0-6	3	18	8,5	8,5
6-10	8	35	16,5	25
10-15	12,5	83	39,1	64,1
15-20	17,5	37	17,4	81,5
20-25	22,5	17	8	89,5
25-30	27,5	16	7,5	97
30-40	35	6	2,8	~100
40-50	45	-	-	-

Tablo-IV. 28 günlük silindir basınç dayanımları

Dayanım sınıfı N/mm^2	Sınıf dayanımı N/mm^2	Sayısı n_i	Eklenik frekans	
			Frekans n_i/N %	$\Sigma n_i/N$ %
0-6	3	3	0,9	0,9
6-10	8	22	4,0	4,9
10-15	12,5	82	14,9	19,8
15-20	17,5	154	28,1	47,9
20-25	22,5	171	31,1	79,0
25-30	27,5	86	15,7	94,7
30-40	35	25	4,5	99,2
40-50	45	4	0,7	~100

3. DEĞERLENDİRME

Yukarıdaki tablolarda gösterilen gruplara ait ortalama dayanımlar ile standart sapmalar aşağıdaki Tablo-V' de verilmiştir.

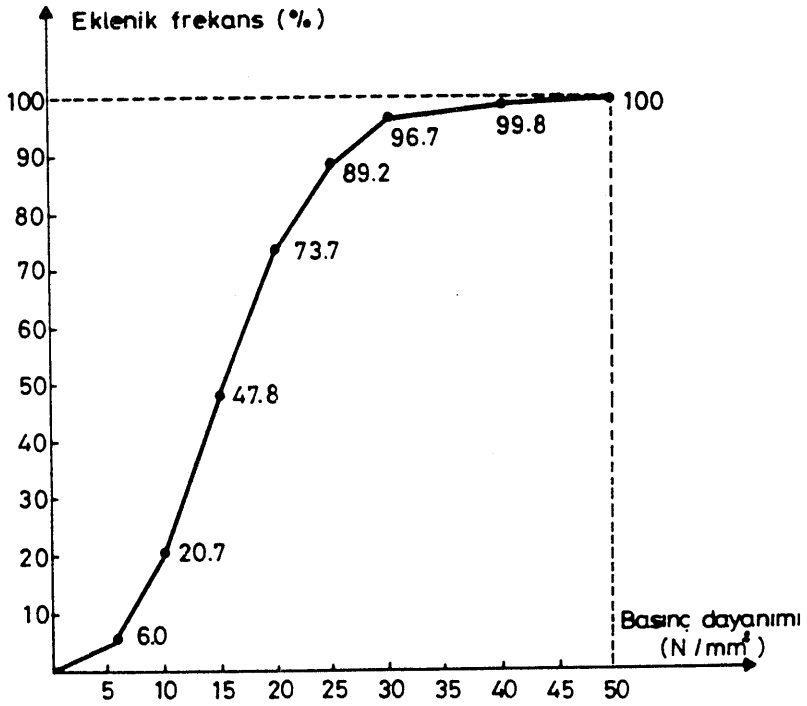
Tablo-V. Gruplara ait ortalama dayanımlar ve standart sapmalar

Tablo No.	Ortalama dayanım N/mm^2	Standart sapma N/mm^2
1	16,2	7,68
2	23,7	9,00
3	14,4	7,15
4	20,4	6,60

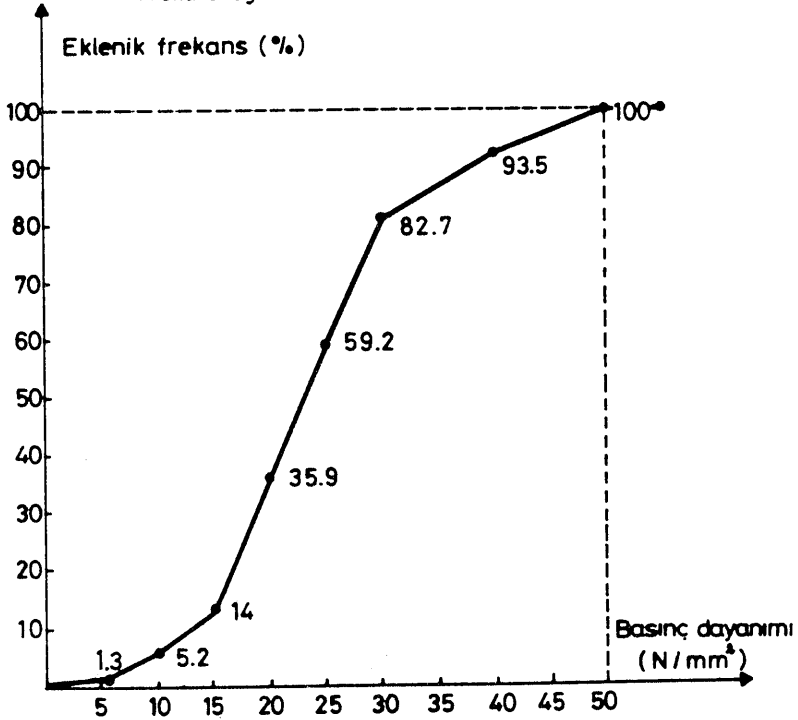
Tablolardan hareketle bulunan eklenik frekans diyagramları sırasıyla Şekil 1,2,3 ve Şekil 4' de gösterilmektedir.

Yukarıda yapılan örneklemedeki dağılımların Gauss dağılımına uyması halinde bazı genel sonuçlara varmak olasıdır. Bu nedenle verilerin Gauss dağılımına uyup uymadığı araştırılmıştır.

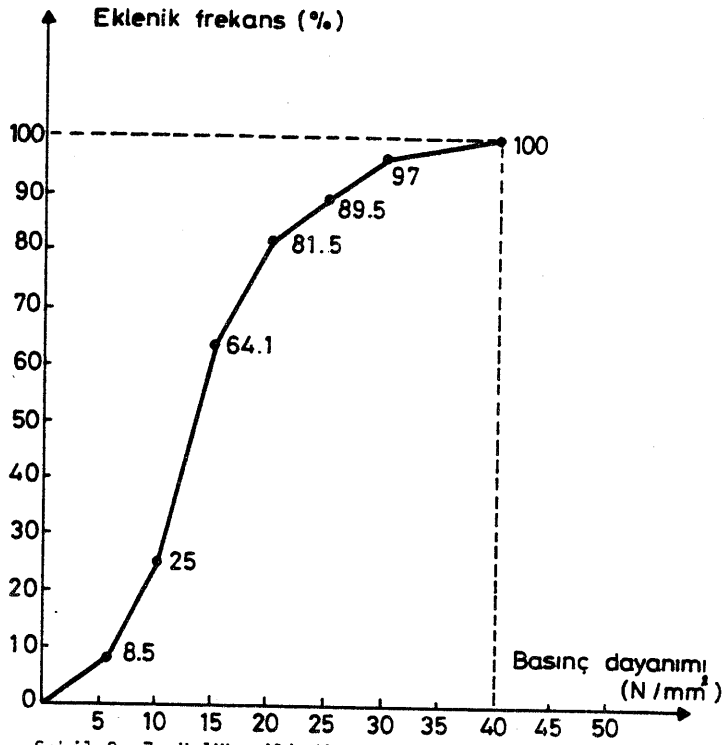
x , dağılımındaki herhangi bir basınç dayanımı, $\bar{x}$ ortalama basınç dayanımı ve σ dağılımının standart sapması ise,



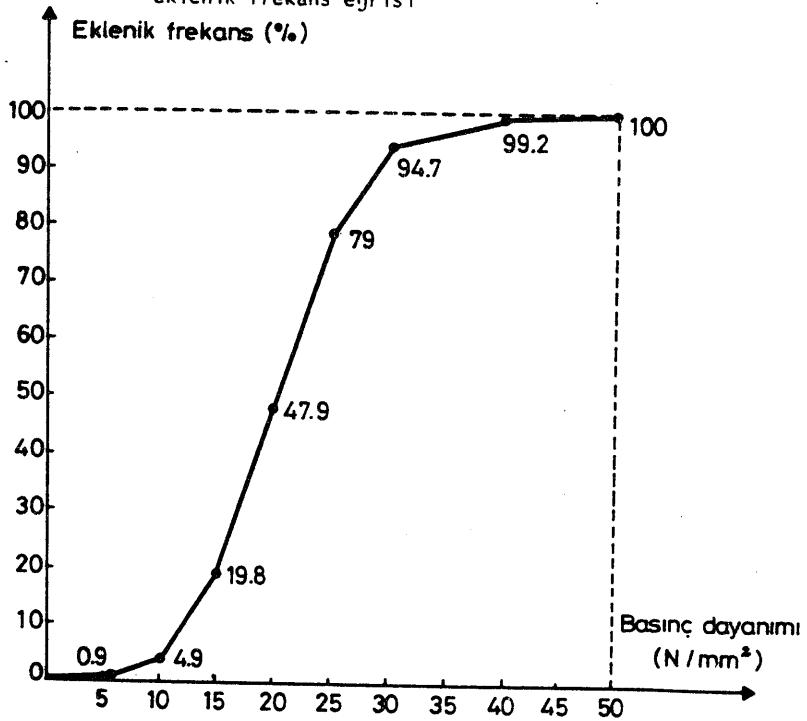
Şekil-1. 7 günlük küp dayanımlarının eklenik frekans eğrisi



Şekil-2. 28 günlük küp dayanımlarının eklenik frekans eğrisi



Şekil-3. 7 günlük silindir dayanımlarının eklenik frekans eğrisi

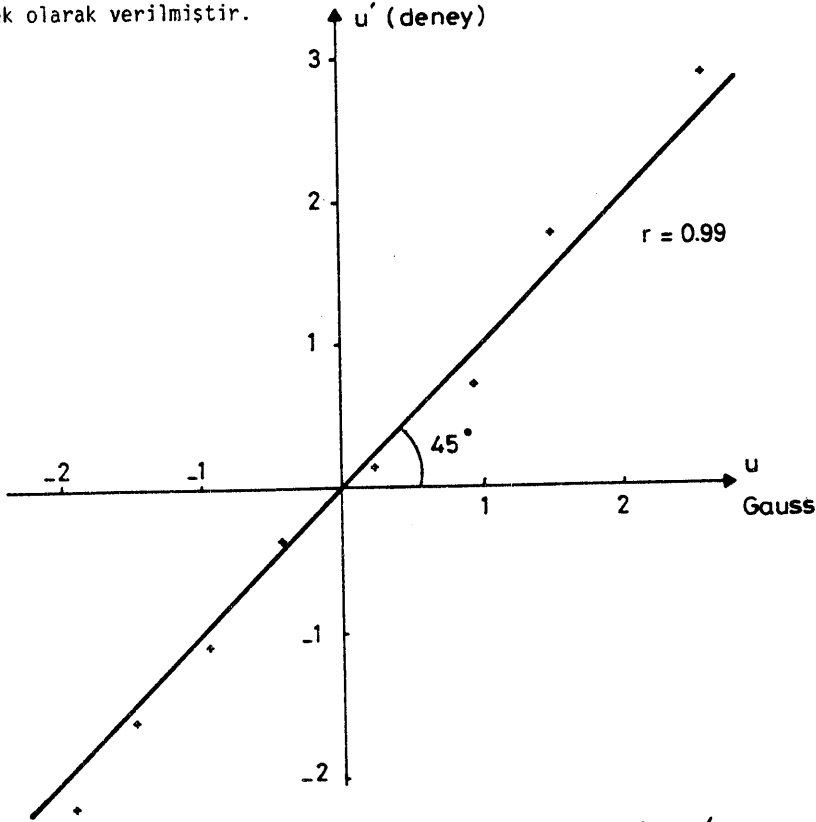


Şekil-4. 28 günlük silindir dayanımlarının eklenik frekans eğrisi.

$$u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

(3.1)

değişken dönüşümü yapılarak dağılımın değişkeni boyutsuz hale getirilebilir. Olasılığın aynı bir değeri için u değişkeninin biri eldeki verilerden, diğeri de Gauss dağılımından olmak üzere iki değeri bulunursa dağılımın Gauss dağılımına uyup uymadığı kolayca anlaşılabilir. u Gauss eğrisine ait değeri, u' ile de verilerden elde edilen değeri gösterirsek, $(u-u')$ ilişkisi u , u' dik eksen takımında $u = u'$ doğrusunun 1 değerine çok yakın bir korelasyon katsayısıyla uyuyorsa dağılımın Gauss dağılımına uyduğu söylenir [8]. Gerçekten dört grubun dağılımına karşı gelen korelasyon katsayıları bütün gruplarda 0,99 bulunmuş ve bu değer kritik değerlerinin çok üstünde olduğu görülmüştür. Böylece dört dağılımında Gauss' a uyduğu sonucuna varılmıştır. Bu ilişkiyi gösteren diyagramlardan biri Şekil-5'de örnek olarak verilmiştir.



Şekil-5. 20 günlük kün basınç dağılımına ait $u-u'$ ilişkisi diyagramı.

4. SONUÇLAR

Yukarıdaki şekilde yapılan değerlendirmelerin sonucunda bütün gruplara ait dağılımların Gauss dağılımına uyduğu göz önüne alınarak ve her grup 28 günlük silindir dayanımlarına dönüştürülerek aşağıdaki genel sonuçlara varmak mümkün olmuştur.

4.1. 28 Günlük Silindir Grubu

28 günlük silindir grubunun dağılım parametrelerinden (ortalama ve standart sapma) 3.1. formülü göz önüne alınarak normalize edilmiş Gauss dağılımından, İstanbul çevresindeki beton niteliğine özen gösteren şantiyelerde üretilen betonların

- 1) % 16,7' si 14 N/mm^2 nin altında
- 2) % 47,6' sı 20 N/mm^2 nin altında
- 3) % 92,6' sı 30 N/mm^2 nin altında

mukavemete sahip olduğu hesap edilmiştir.

4.2. 28 Günlük Küp Grubu

Silindir dayanımlarında 14 N/mm^2 , küp dayanımlarında $17,5 \text{ N/mm}^2$ ye , 20 N/mm^2 , 25 N/mm^2 ye ve 30 N/mm^2 de $37,5 \text{ N/mm}^2$ ye karşı geldiği ($\frac{x_{\text{silindir}}}{x_{\text{küp}}} = 0,8$ alınarak) düşünülerek ve bu gruba ait dağılım parametrelerinden bir önceki gibi hareket edilerek şu sonuçlar elde edilmiştir.

Betonların,

- 1) % 25' i 14 N/mm^2 nin altında
- 2) % 55,7' si 20 N/mm^2 nin altında
- 3) % 94' ü 30 N/mm^2 nin altınada

mukavemetlere sahiptir.

4.3. 7 Günlük Silindir Grubu

28 günlük silindir dayanımları $x_7/x_{28} \approx 0,7$ varsayımı ile 7 günlük silindir dayanımlarına geçildiğinde 14 N/mm^2 ye $9,8 \text{ N/mm}^2$, 20 N/mm^2 ye 14 N/mm^2 ve 30 N/mm^2 ye 21 N/mm^2 karşı gelir. Aynı düşünceler altında bu grub için şu sonuçlara varılmıştır.

Betonların,

- 1) % 26,4' ü 14 N/mm^2 nin altında
- 2) % 48' i 20 N/mm^2 nin altında
- 3) % 82' si 30 N/mm^2 nin altında

dır.

4.4. 7 Günlük Küp Grubu

28 günlük silindir dayanımlarından 28 günlük küp ve daha sonrada 7 günlük küp dayanımlarına geçildiğinde 14 N/mm^2 ye $12,3 \text{ N/mm}^2$, 20 N/mm^2 ye $17,5 \text{ N/mm}^2$ ve 30 N/mm^2 'ye $26,3 \text{ N/mm}^2$ karşı gelir. Bu durumda bu grup için aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Betonların,

- 1) % 31'i 14 N/mm^2 nin altındadır.
- 2) % 65'i 20 N/mm^2 nin altındadır.
- 3) % 90'ı 30 N/mm^2 nin altındadır.

Yukarıda elde edilen sonuçlar $p(<x)$, x den küçük olma olasılığını göstermek üzere aşağıdaki Tablo VI' da bir araya getirilmiştir.

Tablo-VI

Gruplar	Yeni TS 500 sınırları		
	$p(<14)$ %	$p(<20)$ %	$p(<30)$ %
28 günlük silindir grubu	16,7	47,6	92,6
28 günlük küp grubu	25	55,7	94,0
7 günlük silindir grubu	26,4	48	82
7 günlük küp grubu	31	65	90
Ortalama	24	54	90

Toplam 2737 numuneye ait basınç dayanımlarının istatistik yöntemlerle değerlendirildiği bu çalışmada aşağıdaki genel sonuçlara varılabilir :

-İstanbul çevresinde beton üretimine gereken önem verildiği kabul edilebilecek şantiyelerde bile betonların % 24' ünün kalitesi yeni TS-500'ün en küçük BS14 sınıfından düşüktür. Bu sonuç, beton niteliğinin hiç dikkate alınmadığı şantiyelerdeki üretimle birlikte düşünüldüğünde, düşük nitelikteki betonarme betonlarının endişe verici boyutlara ulaştığını ortaya çıkarmaktadır.

-Postacıoğlu 1976 yılında aynı konuda yaptığı çalışmada [8] hemen hemen aynı sonuca vararak muayene edilen betonların % 20' sinin mukavemetinin 160 kgf/cm^2 den küçük olduğunu saptamıştır. Bu durum geçen süre

zarfında beton niteliğini iyileştirme yönünden hiç bir ilerlemenin olmadığı göstermektedir.

-Öte yandan yukarıdaki Tablo.VI' dan görüleceği üzere üretilen betonların % 10' u yeni TS 500' deki yüksek dayanımlı beton sınıfına girmektedir. Bu bulgu konuya bilinçli yaklaşıldığında ve gereken özenin gösterildiğinde istenen beton niteliğinin rahatlıkla sağlanabileceğini ortaya koymaktadır.

5. KAYNAKLAR

- [1] TS-500, "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", Şubat 1969.
- [2] TS-500, "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", Şubat 1985.
- [3] Akman, S., "Yapı Malzemeleri", İ.T.O. İnşaat Fak. Ders Notları, 1987.
- [4] Akman, S., "Betonun İstatistiksel Değerlendirilmesinde Kavramlar", DSİ-Beton Semineri, DSİ Basım ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 1984.
- [5] ACI Committee 214, "Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete", (ACI 214-77), [Reaffirmed 1983], ACI Manual of Concrete Practice, Part 2, 1986.
- [6] Akyalı, H., Kocataşkın, F., Özden, C., "Betonarme Malzemeleri", Karayolları Teknik Bülteni, 1962, Sayı.11.
- [7] Aka, I., Yorulmaz, M., Arda, T.S., "İstanbulda Dökülen Bina Betonlarının Kalitesinin Tesbiti ve Islah Çareleri", İ.T.O. Mimarlık Fak.. Yapı Araştırma Kurumu, Seri C, Araştırmalar Sayısı 9, 1972.
- [8] Postacıoğlu, B., "Betonun Basınç Mukavemetinin Dağılması", İ.T.O. D. Cilt 36, Yıl 36, Sayı 1, 1978.