

T.C. KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜNÜN BİR OTOYOL
ŞANTİYESİNDE VE ANKARA ÇEVRESİNDE ÜRETİLEN
BETONLARIN BASINÇ DAYANIMINA İLİŞKİN BİR
İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME.

Yurtcan GÜRSU	Mehmet KALMIŞ	Ünal AKDAĞ
Fizik Yük. Müh.	Fizik Yük. Müh.	Kimya Müh.
T.C.K. Gen. Müd.	T.C.K. Gen. Md.	T.C.K. Gen. Md.
Ankara, TÜRKİYE	Ankara, TÜRKİYE	Ankara, TÜRKİYE

ÖZET

Yapı elemanı olarak yaygın bir şekilde kullanılan beton, hem yapıdaki hacmi, hemde kendisinden beklenen karakteristik özellikler nedeniyle yapı güvenliği ve yapı elemanı olarak işlevini yerine getirebilmesi için gerekli olan özelliklerini zamanla yitirmemesi açısından yapı üretiminde önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle ülkemizde üretilen betonların kalitesinin ve/veya denetiminin mevcut durumuna ilişkin olarak :

- a) T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Malzeme Laboratuvarları Şubesi Müdürlüğü Beton ve Çelik Laboratuvarı Şefliğine son 10 yıl içinde serbest basınç dayanımı testi için Ankara ve çevre ilçelerden getirilen beton numuneleri,
- b) Büyük taahhüt işi olarak bakabileceğimiz "Otoyol" yapımındaki sanat yapılarında kullanılan betonlardan kalite kontrol amacıyla alınan ve şantiyede denenilen beton numunelerin basınç dayanımı testi sonuçları istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir.

1. GİRİŞ

Yapıda kullanılan malzemelerin en önemlilerinden birisi kuşkusuz betondur. Betondan beklenen temel özellikler :

- a) Basınç dayanımı,
- b) Yapının ömrü boyunca karşılaşacağı kimyasal ve fiziksel etkilere karşı yeterli bir dayanıklılığa sahip olması,
- c) Zamanla hem kendi iç bünyesinde oluşacak değişikliklerden hemde dış mekanik, fiziksel ve kimyasal etkiler altında meydana gelecek şekil değişimlerinin belirli sınır değerleri aşmaması, yani hacim sabitliğidir.

Bu üç temel özelliğinin yanında, özel durumlarda betondan :

- a) Birim ağırlık
- b) Geçirimsizlik
- c) Aşınma dayanımı
- d) Eğilme-çekme dayanımı ve benzeri nitelikler de aranabilir.

Betonda aranan bu nitelikleri etkileyen değişkenlerin hem sayısal çokluğu, hemde bu değişkenlerin birbirini etkilemesinden dolayı; aranan bu niteliklerin sürekliliği ve istenen düzeyde elde edilmesi oldukça zordur.

Kendisinden beklenen karakteristik özelliklere sahip bir beton üretmek için; karışıma giren malzemelerin iyi nitelikte, karışım oranlarının uygun ve kullanılan teknolojinin iyi olması yeterli değildir. Ayrıca fiili üretimi gerçekleştiren personelin bilgi ve eğitim düzeyinin yeterli olmasının yanında, üretim ve bakım koşullarının da uygun olması gerekir. Zorunlu olarak uygun olmayan koşullarda beton üretiminde gerekli önlemlerin alınması kalite ve nitelik açısından zorunludur.

2. K.G.M. TEKNİK ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞINCA TEST EDİLEN BETON NUMUNELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

K.G.M. Tek.Araş.Dai.Bşk. Malzeme Laboratuvarları Şubesi Müdürlüğü, Beton ve Çelik Laboratuvarı Şefliğine son 10 yıl içinde, genelde yaygın olarak bina tipi yapılardan gelen 20 cm'lik beton küp ve Ø 15 cm, H=30 cm. silindirik beton numuneler üzerinde yapılan serbest basınç dayanımı test sonuçları; kullanılan malzeme, beton üretim ve bakım koşulları, kullanılan teknoloji, proje karakteristik basınç dayanımı ve benzeri bilgiler ışığında istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

2.1 K.G.M'de Test Edilen Numunelere İlişkin Genel Açıklamalar :

Son 10 yıl içinde laboratuvarımıza basınç dayanımı testi için gelen toplam numune sayısı 20 bini aşmaktadır. Ancak 28 günlük basınç dayanımları gözönüne alınarak değerlendirilebilen numune sayısı 7500 dolayındadır. Bunun nedenleri :

- a) Yıl olarak gerilere gidildikçe, başvuru dilekçelerindeki bilgi kaybı,
- b) 7 günlük basınç dayanımı için gelen numune sayısının 28 günlük basınç dayanımı için gelen numune sayısından fazla oluşu,
- c) Yaşı, 28 günden daha küçük olan numunelerin değerlendirmeye alınmaması,
- d) Laboratuvarımızda dizayn amacıyla üretilen numunelerin değerlendirilmemesi,
- e) Sınırlı sayıda da olsa çevre illerden gelen numunelerin değerlendirmeye alınmayıp, yalnızca Ankara ve çevre ilçelerden gelen numunelerin değerlendirilmesi,
- f) Kullanılan malzeme, beton üretim ve bakım koşulları, kullanılan teknoloji ve çevre koşulları gözönüne alınarak yapılan gruplamalarda, numune sayısı 100'ün altında olan grupların değerlendirme dışı tutulmasıdır.

2.2 K.G.M'ye Basınç Dayanımı Testi İçin Yazılan Başvuru Dilekçelerinde Bulunan Bilgiler.

- a) Proje ve yapı türü
- b) Karakteristik basınç dayanımı
- c) İşveren
- d) Miteahhit
- e) Numunenin yapıdaki yeri
- f) Numunenin yaşı
- g) Numunenin laboratuvara getirildiği andaki yaşı
- h) Beton üretim tarihi
- i) Üretim yılı
- j) Numunenin türü

2.3 K.G.M'de Test Edilen Numunelere İlişkin Kesin Olmayan ve Bilinmeyen Bilgiler.

- a) Beton üretim koşulları.
- b) Laboratuvarımıza getirilinceye değin uygulanan kür işlemi.
- c) Kullanılan beton üretim teknolojisinin düzeyi.

- d) Taze beton sıcaklığı.
- e) Taze beton birim ağırlığı, slump (çökme) değeri.
- f) Karışım oranları ve granülometri.
- g) Katkı kullanılıp kullanılmadığı.
- h) Kullanılan malzeme özellikleri.
- i) Numunelerin kaç m³ betonu temsil ettiği.
- j) Dökme çimento sıcaklığının beton üretim öncesi kontrol edilip edilmediği.

2.4 K.G.M'de Test Edilen Numunelerin Değerlendirilmesinde Gözönüne Alınan Ayrımlar.

Laboratuvarımızca test edilen numuneler, aşağıdaki ayrımlar gözönüne alınarak gruplandırılmış ve değerlendirilmiştir.

a) Karakteristik basınç dayanımı (f_{ck}) : Doğal olarak her dayanım sınıfı kendi içinde değerlendirilmiştir. Basınç dayanımı yönünden numuneler, B.160, B.225 ve B.300 kgf/cm² olarak üç gruba ayrılmıştır. TS 500/Nisan-1984 de [1] belirlenen yeni dayanım sınıflarında laboratuvarımıza gelen numune sayısının azlığı nedeniyle bu dayanım sınıfları değerlendirmeye alınmamıştır.

b) Numune türü : 20 cm'lik küptür. Yukarda belirtilen B 160, B 225 ve B 300 kgf/cm² dayanım sınıflarında laboratuvarımıza gelen Ø 15, H 30 cm silindirik numuneler, 20 cm küp eşdeğerine çevrilmiştir. Çevrimde TS 500 de önerilen katsayılar kullanılmıştır.

c) Yapı türü : Bina

d) İşveren : Kamu (K) ve Özel (Ö) olarak ikiye ayrılmıştır.

e) Beton Üretim-bakım ve kullanılan teknoloji : Bu açıdan numuneler "İYİ", "ORTA" ve "KÖTÜ" gibi üç ayrı gruba ayrılmıştır. Ancak ülkemizdeki genel beton üretim-bakım koşulları ve kullanılan teknoloji gözönüne alındığında : 6.1'de "görülen genel aksaklıklar" başlığı altında sözü edilen olumsuzlukların tümünü her şantiyede görmek mümkün değildir. Ancak bu aksaklıkların birçoğunu hemen her şantiyemizde görmek mümkündür. İşte bu aksaklıklar nedeniyle laboratuvarımıza gelen numunelerin üretim-bakım ve kullanılan teknoloji yönünden "ORTA" ve "KÖTÜ" grupları altında toplanmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür.

Numuneler bu tür gruplamaya tabi tutulurken :

- 1) Başvuru dilekçelerindeki bilgilere
- 2) Kişisel gözlem ve deneyimlerimize
- 3) Beton dizayn talebinde bulunan çok sayıda müteahhit firmanın başvuru

dilekçelerindeki bilgiler ve temsilcileri ile yapılan görüşmelerden elde edilen bilgilere,

- 4) Kullanılan teknolojiye
- 5) Denetiminin sürekli olarak yapılıp yapılmayışına,
- 6) Kullanılacak agregaya yapılması istenen deneylere,
- 7) Aynı yapıdan laboratuvarımıza getirilen numune sayısı ve test sonuçlarına dayanılarak yapıldı.

"İYİ" : 3.1 başlığı altında belirtilen koşullardaki üretim düzeyi ve daha iyi koşullardaki üretim olarak düşünülmektedir.

"ORTA": Beton santraliyle ağırlık ölçekli, rutubet düzeltilmesi çok az veya hiç yapılmayan, slump, taze beton sıcaklığı kontrolü zaman zaman yapılan, çakılı en az iki fraksiyona ayrılmış, üretim öncesi dizayn çalışması yapılmış, numune alımı ve saklanması özen gösterilmiş üretim.

"KÖTÜ" : "Orta" düzey üretimde bahsedilen kontrollerin yapılmadığı, tuvenan agrega kullanılarak ve hacim ölçekli olarak yapılan üretim diye düşünülmüştür.

Bu tür üretim ülkemizde oldukça yaygındır.

f) Üretim zamanı : Numuneler üretim zamanına göre de gruplandırılmıştır.

Yılın değişik zamanlarındaki çevre koşullarının değişimi, numunelerin alındıktan hemen sonra laboratuvarımıza getirilmeyişi ve anormal hava koşullarında genelde gerekli önlemlerin alınmadığı düşüncesiyle; numuneler bu açıdan 3 gruba ayrıldı.

Eylül-Ekim-Mart-Nisan aylarındaki üretim, normal hava koşullarındaki üretim (N) olarak,

Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos aylarındaki üretim, sıcak hava koşullarındaki üretim (Y) ve

Kasım-Aralık-Ocak-Şubat aylarındaki üretim ise, soğuk hava koşullarındaki üretim (K) olarak değerlendirilmiştir. Böylece :

KO : Kış şartlarında, orta düzeyde üretim,

KK : Kış şartlarında, kötü düzeyde üretim,

YO : Yaz şartlarında, orta düzeyde üretim,

YK : Yaz şartlarında, kötü düzeyde üretim,

NO : Normal şartlarda orta düzeyde üretim ve

NK : Normal şartlarda kötü düzeyde üretim grupları oluşturulmuştur.

Yukarıda belirlenen gruplamalara göre son 10 yıl içinde laboratuvarımızda denenmiş numunelerin değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar

TABLO-I ve TABLO-II de verilmiştir.

Tablo-I K.G.M. Beton Laboratuvarında Test Edilen Numunelerin Sonuçları

Karakteristik Dayanım (f_{ck}) : 3.160 kgf/cm², Numune : 20 cm Küp, Yapı Türü : Bina, Yıl : 1978-1988

İSVERE	İretim, Bakım ve Teknik Özellikler	Veri Sayısı	$f_c < f_{ck}$ olan Numunelerin		Şantiye Ortalama Dayanımı ($\bar{f}_c$) (kgf/cm ²)	Standard Sapma (s) (kgf/cm ²)	Değişim Katsayısı (v) (%)	Hedeflenen Ortalama Dayanım (f _{cm}) f _{cm} = f _{ck} + 1.282xs (kgf/cm ²)	Ortalama Ortalama Dayanım Oranı $\frac{\bar{f}_{cm}}{f_{cm}}$ (%)	Ortalama Ortalama Dayanım Oranı $\frac{\bar{f}_{cm}}{f_{cm}}$ (%)	
			Numunelerin Sayısı	% si							
K	-	1022	333	32.6	211	72.0	34.1	252	92	41	16.3
Ö	-	403	202	50.0	162	78.3	48.3	260	100	98	37.7
K	YK	535	187	34.9	208	70.6	33.9	250	90	42	16.8
K	YO	487	146	29.9	214	69.4	32.4	249	89	35	14.0
-	-	1425	535	37.5	197	74.3	37.7	255	95	94	27.7

Karakteristik Dayanım (f_{ck}) : 3.300 kgf/cm², Numune : 20 cm Küp, Yapı Türü : Bina, Yıl:1978-1988

K	NO	590	110	19.0	363	78.8	21.7	401	101	38	9.5
K	KO	300	66	22.0	357	83.2	23.3	407	107	50	12.3
K	KK	250	90	36.0	335	94.4	28.2	421	121	86	20.4
K	-	1130	266	23.5	335	79.1	22.3	401	101	46	11.5
Ö	-	189	59	31.2	326	98.4	30.18	426	126	100	23.5
-	-	1319	324	24.6	351	82.5	23.5	406	106	55	13.5

TABLO-II K.G.M. BETON LABORATUVARINDA TEST EDİLEN NUMUNELERİN SONUÇLARI

Karakteristik Dayanım (fck) : B.225 kgf/cm², Numune Türü : 20 cm KÜP, Yapı Türü: BİNA, YTL:1978-1988

Karakteristik	Üretim, Bakım ve Teknolojik Kayıtlar	Veri Sayısı	$f_c < f_{ck}$ olan Numunelerin		Şantiye Ortalama Dayanımı ($\bar{f}_c$) (kg/cm ²)	Standard Sapma (S) (kgf/cm ²)	Değişim Katsayısı (V) (%)	Hedeflenen Ortalama Dayanım (f _{cm}) f _{cm} = f _{ck} +1.282xS (kgf/cm ²)	$\frac{f_c}{f_{cm}}$	$\frac{f_c}{f_{cm}}$	Ortalama Dağılım Oranı 1-($\frac{f_c}{f_{cm}}$) (%)
			Sayısı	% si							
Ü	KK	340	122	35.9	237	86.3	36.4	336	111	99	29.5
Ü	KO	391	136	34.8	245	83.4	34.0	332	107	87	26.2
Ü	YK	110	34	30.9	234	79.4	33.9	327	102	93	28.4
Ü	YO	102	29	28.4	238	78.6	33.0	326	101	88	27.0
Ü	NK	465	139	29.9	250	78.2	31.2	325	100	75	23.1
Ü	NO	440	127	28.9	260	77.5	29.8	324	99	64	19.7
K	KK	341	113	33.1	228	75.8	33.2	322	97	94	29.2
K	KO	680	204	30.0	258	75.0	29.1	321	96	63	19.6
K	YK	211	87	27.9	248	74.6	30.0	321	96	73	22.7
K	YO	498	125	25.1	255	71.5	28.0	317	92	62	19.6
K	NK	512	123	24.0	279	69.3	24.8	314	89	35	11.1
K	NO	594	125	21.0	292	67.9	23.3	312	87	20	6.4
-	KK	681	235	34.5	232	74.6	31.9	321	96	89	27.7
-	KO	1071	312	29.1	253	73.8	28.7	320	95	67	20.9
-	YK	321	136	42.4	243	73.0	30.0	319	94	76	23.8
-	YO	600	118	19.6	252	72.3	28.7	318	93	66	20.7
-	NK	977	272	27.9	265	69.3	26.1	314	89	49	15.6
-	NO	1034	269	26.0	278	68.4	24.6	313	88	35	11.2
-	Ü	1848	587	31.7	247	78.0	31.6	325	100	78	24.0
-	K	2836	777	27.4	264	68.0	25.7	312	87	48	15.4
-	-	4684	1364	29.1	257	70.0	27.2	315	90	58	18.4

3. OTOTOY ŞANTİYELERİNDE ÜRETİLEN BETONLARDAN KALİTE KONTROL AMACIYLA ALINAN NUMUNELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ :

Kullanılan malzeme, teknoloji, beton üretim ve bakım koşulları tüm detaylarıyla bilinen ve üretimin, sıkı bir şekilde denetlendiği ototoy şantiyelerinde farklı dayanım sınıflarında üretilen ve son iki yıla ait katkılı betonlardan alınan 15 cm'lik beton küp numunelere ait dayanım sonuçları değerlendirilmiştir.

Ototoy şantiyelerindeki beton üretim-bakım-denetim koşulları ve kullanılan teknoloji;ülkemizde yaygın olarak kullanılan teknoloji ve üretim-bakım koşullarından oldukça farklıdır.

3.1.Ototoy Şantiyelerinde Üretim-Bakım ve Teknolojik Koşullar :

- a) Kullanılan agrega, su, çimento ve katkının ilgili standartlara uygunluğu kontrol edilmekte ve uygun malzeme kullanılmaktadır.
- b) Türkiye geneli gözönüne alındığında, gerek personel, gerekse kullanılan teknolojinin oldukça uygun olduğu söylenebilir.
- c) Otomatik rutubet kontrollü olmayan ağırlık ölçekli beton santrallerin de üretim yapılmaktadır.
- d) Taze betonun sıcaklık ve çökmesi sürekli kontrol edilmektedir.
- e) Agrega rutubet kontrolü günde 1 kez de olsa yapılmaktadır.
- f) Uygun olmayan hava koşullarında gerekli önlemler alınmaktadır.
- g) Gerek numune, gerekse yapıdaki betonlar uygun ve yeterli düzeyde sikkıştırılmaktadır.
- h) Numuneler $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ suda küre tabi tutulmakta, basınç dayanımı testinden 5-6 saat önce sudan çıkarılmakta ve genelde dijital preslerde yük kontrollü olarak (1-3 kgf/cm².sn) teste tabi tutulmaktadır.
- i) Her 50-100 m³ betonu temsilen 6-9 numune alınmaktadır.
- k) Tüm dayanım sınıflarında maksimum dane boyutu 20 mm,
- l) Tüm dayanım sınıflarında plastikleştirici katkı kullanılmaktadır.
- m) B.45 N/mm² dayanım sınıfı için kırmataş kullanılmaktadır.
- n) B.25 N/mm² için ortalama slump 15-20 cm, su/çim.oranı 0.40-0.44
B.30 N/mm² için ortalama slump 7-10 cm, su/çim.oranı 0.36-0.41
B.45 N/mm² için ortalama slump 8-13 cm, su/çim.oranı 0.32-0.34 ttr.

Otoyol Şantiyelerinde Üretilen Betonun Değerlendirilmesinde

Gözönüne Alınan Ayrımlar :

- a) Otoyol şantiyelerinde üretilen betonlardan alınan 15 cm'lik beton küp numuneleri yıllara göre de değerlendirilmiştir.
- b) 3.1 de belirlenen koşullarda üretilen beton üretim-bakım-kullanılan teknoloji ve denetim açısından "İYİ" "ORTA" ve "KÖTÜ" gruplaması gözönüne alınarak, otoyol şantiyeleri bu bakımdan "İYİ" olarak değerlendirilmiştir.

- c) Çevre koşulları yönünden ise ;

Eylül-Ekim-Mart-Nisan aylarındaki üretim, normal hava koşullarındaki üretim (N),

Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos aylarındaki üretim, sıcak hava koşullarındaki üretim (Y),

Kasım-Aralık-Ocak-Şubat aylarındaki üretim ise, soğuk hava koşullarındaki üretim (K) olarak gruplandırılmıştır. Bu durumda :

NI : Normal hava koşullarında "iyi" üretim,

YI : Sıcak hava koşullarında "iyi" üretim,

KI : Soğuk hava koşullarında "iyi" üretim olarak üç grup oluşturulmuştur.

- d) Doğal olarak her dayanım sınıfı kendi içinde değerlendirilmiştir. Dayanım sınıfları :

B.25 N/mm² (15 cm küp numune), kazık betonlarında kullanılmaktadır.

B.30 N/mm² (15 cm küp numune), küçük sanat yapılarında kullanılmaktadır.

B.45 N/mm² (15 cm küp numune), öngerilmeli giriş betonlarında kullanılmaktadır.

Yukardaki ayrımlar ışığında yaklaşık 9 bin numuneden elde edilen 28 günlük basınç dayanımı test sonuçlarından; standard sapma, şantiye ortalama basınç dayanımı, değişkenlik katsayısı, karakteristik dayanımdan daha düşük dayanımlı numune sayısı sonuçları TABLO-III ve TABLO-IV de verilmiştir.

4. YAPILAN ÇALIŞMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Yapılan Çalışmanın Değerlendirilmesinde Gözönüne Alınması Gereken

Durumlar

- a) Laboratuvarımızca test edilen son 10 yıllık numuneler hernekadar

TABLO-III K.G.M. OTOTOL ŞANTİYESİNDE TEST EDİLEN NÜMUNELERİN SONUÇLARI

Karakteristik Dayanım (fck) : 8.25 N/mm², Numune : 15 cm.kİP, Yapı Türü : KAZIK											
Üretim Yılı	Üretim Bakım ve Teknoloji	Veri Sayısı	f _c < f _{ck} olan Numunelerin		Şantiye Ortalama Dayanımı (f _c) (N/mm²)	Standard Sapma (S) (N/mm²)	Değişim Katsayısı (V) (%)	Hedef Ortalama Dayanım (f _{cm}) f _{cm} =f _{ck} +1.645s (N/mm²)		Ortalama Düşüklik Oranı (%) 1-(f _c /f _{cm})	
			Sayı	Oran (%)							
1987	KI	242	11	4.5	32.08	4.21	13.12	31.93	6.93	-	
	NI	342	5	1.5	36.46	5.28	14.48	33.69	8.69	-	
	YI	153	4	2.6	32.94	3.73	11.32	31.14	6.14	-	
1988	KI	225	19	8.4	31.63	5.06	15.99	33.32	8.32	5.0	
	NI	623	9	1.5	38.38	7.03	18.32	36.56	11.56	-	
1987 ve 1988	KI	467	30	6.4	31.86	4.64	14.56	32.63	7.63	0.8	
	NI	965	14	1.5	37.70	6.53	17.32	35.74	10.74	-	
1988	YI	153	4	2.6	32.94	3.73	11.32	31.14	6.14	-	
1987	-	737	20	2.7	34.29	5.07	14.78	33.34	8.34	-	
1988	-	848	28	3.3	36.59	7.21	19.7	36.86	11.86	0.3	
87+88	-	1585	48	3.0	35.52	6.41	18.04	35.54	10.54	0.02	
Karakteristik Dayanım (fck) : 8.30 N/mm², Numune Türü: 15 cm.kİP, Yapı Türü : Sanat Yapıları											
1987	KI	941	99	10.5	36.09	8.35	17.59	80.44	10.44	4.35	10.7
	KI	2343	273	11.6	38.64	7.27	18.81	41.96	11.96	3.32	7.9
	NI	1800	144	8.0	41.97	4.31	10.26	37.09	7.09	-	-
1987 ve 1988	YI	300	32	10.6	35.39	4.89	13.82	38.04	8.04	2.65	6.9
	KI	3284	372	11.3	37.91	7.11	18.73	41.96	11.96	4.05	9.6
1988	NI	1800	144	8.0	41.97	4.31	10.26	37.09	7.09	-	-
	YI	300	32	10.6	35.59	4.89	13.82	38.04	8.04	2.65	6.9
1987	-	941	99	10.5	36.09	6.35	17.59	40.44	10.44	4.35	10.7
1988	-	4443	449	10.1	39.77	6.85	17.22	41.27	11.27	1.5	3.6
	-	5384	548	10.2	39.13	6.80	17.37	41.19	11.19	2.06	5.0

K.G.M. OTOTOL ŞANTİYESİNDE TEST EDİLEN NÜMUNELERİN SONUÇLARI

TABLO-IV K.G.M OTOTOL ŞANTİYESİNİN TEST EDİLEN NUMUNELERİN SONUÇLARI

Karakteristik Dayanım (f_{ck}) : 3.45 N/mm ² , Numune Türü: 15 cm. KÜP, Yapı Türü: ÜÇGERİLMELİ KİRİŞ										
Üretim Yılı	Üretim, Bakım ve Teknik Kontrol	Veri Sayısı	$f_c < f_{ck}$ olan Numunelerin Sayısı	$\bar{f}_c$ (N/mm ²)	Şantiye Ortalama Dayanımı (N/mm ²)	Standard Sapma (S) (N/mm ²)	Degişim Katsayısı ($\frac{V}{\bar{X}}$)	Hedef Ortalama Dayanım (f_{cm}) $f_{cm} = f_{ck} + 1.645 \times S$	$\frac{\bar{f}_c}{f_{cm}}$	Ortalama Dayanım Oranı (%) $1 - (\frac{\bar{f}_c}{f_{cm}})^2$
1987	KI	330	53	16.0	48.16	6.09	12.68	55.02	10.02	6.86
	NI	161	24	14.9	48.42	8.23	16.99	58.54	13.54	10.12
	YI	45	5	11.1	58.84	7.86	13.36	57.93	12.93	-
1988	KI	361	68	18.8	48.94	7.97	16.28	58.11	13.11	9.17
	NI	305	18	5.9	51.41	6.01	11.69	54.88	8.88	3.47
	YI	580	104	17.9	47.09	8.70	18.47	59.31	14.31	12.12
1987 ve 1988	KI	691	121	17.5	48.57	7.14	14.70	56.74	11.74	8.17
	NI	466	42	9.0	53.88	5.6	10.39	54.21	9.21	0.33
	YI	625	109	17.4	47.93	9.16	19.11	60.06	15.06	12.14
1987	-	536	82	15.3	49.13	7.54	15.34	57.40	12.40	8.27
1988	-	1246	190	15.2	48.68	8.34	17.13	58.72	13.72	10.04
1987+1988	-	1782	272	15.2	48.82	8.11	16.61	58.34	13.34	9.52
										16.32

b) Kirişsiz döşeme türü yapılarda zımbalama sorunu, eğilme sorunundan çok daha önemlidir ve genelde de hakim problemdir. Bu tür yapıların davranışı hiç hoşgörülü değildir. Çerçeve alışkanlığı ve ciddiyetten uzak bir uygulama ile yapılan kirişsiz döşeme yapılarda büyük sorunlar doğabilir. Aselsan iyi bir örneğidir. Bu konuda hem projeci, hem uygulamacı ve hem de denetici ısrarla uyarılmalı, projenin herbir paftasına uyarıcı notlar konulmalıdır.

c) Kesme etkilerinin egemen olduğu elemanlarda, eğer beton katkısına güvenilmişse, beton dayanımı ile ilgili potansiyel bir problem var demektir. Ancak, eğer yeterli ve sağlıklı etriye kullanılmışsa sorun önemli ölçüde denetlebilir ve kritik olmaktan çıkarılabilir. Oysa, ülkemizdeki uygulamada etriyeye önem verilmemekte, projeci genellikle bellediği etriyeyi gösterip geçmekte, uygulamacı ise projede gösterilen etriyeyi aklına estiği biçimde azaltmaktadır. Ayrıca, yerleştirme ve beton dökümü sırasında da çeşitli düzensizlikler etriyelerin çok sakıncalı biçimde birbirinden uzaklaşmasına yol açmaktadır. Etriye hesabı ve yapımına önem verilmesi, çeşitli konular yanı sıra, bu konuda da çok yararlı sonuçlar sağlayabilir.

6) Otoyol şantiyelerinde üretilen betonların değerlendirilmesine ilişkin TABLO-III ve TABLO-IV teki sonuçlar incelendiğinde :

a) Dayanım sınıfı değeri büyüdükçe standard sapma değerleri de büyümektedir. Ancak laboratuvarımızda yapılan numunelerden elde edilen standard sapmalar arasındaki büyüklük-küçüklük ilişkisi otoyol numunelerinde görülememektedir.

b) Karakteristik dayanımdan daha düşük dayanımlı numune % sinin B.25 N/mm² karakteristik dayanımlı betonlarda % 1.5 ile 8.4 arasında, B.30 N/mm² lik betonlarda % 9 ile 13.6 arasında ve B.45 N/mm² lik betonlarda ise % 11.1 ile 18.8 arasında değiştiği görülmektedir.

c) Otoyol şantiyesinde üretilen betonların değişiklik katsayıları karakteristik dayanımlarına göre :

$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ olan betonlarda 11-18 arasında,

$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ olan betonlarda 10-18 arasında,

$f_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$ olan betonlarda ise 9-15 arasında değiştiği görülmektedir.

Otoyol şantiyelerindeki üretim-bakım-kullanılan teknoloji-insan faktörü ile kontrol ve denetimde gösterilen özen gözönüne alındığında, b) ve c) de verilen değerlerde çimento üretim depolama ve kullanımının en büyük etken olduğu söylenebilir.

5. YAPILAN ÇALIŞMA SONUÇLARININ TS 500/NİSAN 1984 İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Yalnızca dayanım sınıfları gözönüne alınarak elde edilen sonuçlar ile TS 500 verileri TABLO-V te görülmektedir.

TS-500 de karakteristik dayanım (f_{ck}), hedeflenecek ortalama dayanım (f_{cm}) ve dolaylı da olsa değişkenlik katsayısı ile standard sapma değerleri standard silindir numune içindir.

Oysa yapılan çalışmada test edilen numuneler 15 cm küp ve 20 cm küp numunelerdir. Bulunan sonuçları TS 500 ile karşılaştırabilmek, yaklaşık da olsa aralarındaki ilişki konusunda bilgi edinebilmek için, küp numunelerin değerleri standard silindir eş değerlerine çevrilmiştir.

Bu çevrimde, dayanım sınıflarına göre TS-500 ve Prof. Dr. Uğur ERSOY'un "Beton ve Betonarme I"[2] kitabından yararlanılmıştır.

Dayanım Sınıfı (N/mm ²)	Numune Türü	Standard Silindir Dayanımı (N/mm ²)
B.16	20 cm.küp	fc küp x0.875
B.22.5	20 cm.küp	fc küp x0.800
B.30	20 cm.küp	fc küp x0.833
B.25	15 cm.küp	fc küp x(0.80/1.1)
B.30	15 cm.küp	fc küp x(0.833/1.1)
B.45	15 cm.küp	fc küp x(0.875/1.1)

5.1 Çalışma Sonuçlarının TS 500 ile İlişkisinde Gözönüne Alınması Gereken Önemli Noktalar.

1. Yapılan çalışma Türkiye genelindeki beton üretimini kapsamamaktadır.
2. TS 500 de verilen değerler standard silindir numuneler içindir. Oysa yapılan çalışmada denenen beton numuneleri 15 ve 20 cm.küp numunelerdir.
3. 15 ve 20 cm.küp numunelere ilişkin basınç dayanımı değerleri standard silindir numune eşdeğerlerine çevrilirken kullanılan geçiş katsayıları bütünlüyle amprik verilere dayarmaktadır.

Bu temel noktalar gözardı edilmeksizin yapılan çalışma ile TS 500 ilişkisi için :

Yapılan çalışmanın Türkiye genelini kapsamadığı gerçeğine rağmen,

TABLO - IV YAPILAN ÇALIŞMANIN GENEL SONUÇLARI ve "TS 500/NISAN 1984" İLE İLİŞKİSİ															
K.G.M. BETON ve ÇELİK LABORATUVARINDA TEST EDİLEN NUMUNE SONUÇLARI (20 Cm KÜP)															
TS 500/NISAN 1984															
STANDART SAPMA BİLİNİYORSA							ST. SAPMA BİLİNİYORSA								
Ø 15 cm, H= 30 cm							Silindirik								
f_{ck} (N/mm ²)	$\bar{f}_c$ (N/mm ²)	$f_c < f_{ck}$ % si	s (N/mm ²)	$V = \frac{s}{\bar{f}_c}$ (%)	Δf (N/mm ²)	Δf (N/mm ²)	f_{cm} (N/mm ²)	s (N/mm ²)	v (%)	Δf (N/mm ²)	f_{cm} (N/mm ²)	$f_{cm} - f_{ck}$ (N/mm ²)	Δf (N/mm ²)		
B.16	19.7	37.5	7.43	37.7	9.5	9.5	BS-14 BS-16	21.48	5.8	37.7	7.44	18 20	3.12 3.12	17.33 15.50	4.0 4.0
B.22.5	25.7	29.1	7.00	27.2	9.0	9.0	BS-20	27.18	5.6	27.2	7.18	26	4.68	18.00	6.0
B.30	35.1	24.6	8.25	23.5	10.6	10.6	BS-25 BS-30	33.81	6.87	23.5	8.81	31 36	4.68 4.68	15.09 13.00	6.0 6.0
							BS-35					43	6.24	14.51	8.0
							BS-40					48	6.24	13.00	8.0
							BS-45					53	6.24	11.77	8.0
							BS-50					58	6.24	10.76	8.0
* $f_{cm} = f_{ck} + 1.282 \times s$															
OTOYOL ŞANTIYESİNDE TEST EDİLEN NUMUNE SONUÇLARI (15cm KÜP)															
TS 500															
ST. SAPMA BİLİNİYORSA							ST. SAPMA BİLİNİYORSA								
B.25	35.52	3.0	6.41	18.04	8.22	8.22	BS-14 BS-16	25.98	4.66	18.04	5.98				
B.30	39.13	10.2	6.80	17.37	8.72	8.72	BS-20 BS-25	31.6	5.15	17.37	6.60				
B.45	48.82	15.2	8.11	16.61	10.40	10.40	BS-30 BS-35	43.27	6.45	16.61	8.27				
							BS-40 BS-45								
							BS-50								

eğer Türkiye genelindeki beton üretimi, yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara denk düşecek düzeyde ise; o zaman beton üretimine ilişkin olarak, TS 500 ün esaslarına dayanılarak verilen standard sapma ve değişkenlik katsayıları uygun değildir, sorusu ile beton malzemelerinin kontrolü, beton üretimi, bakımı, kullanılan teknoloji ve kalite kontrol ve denetime ilişkin birtakım önlem veya zorunlulukların getirilmesi mi gerekir, sorularının yanıtlanması gerekmektedir. Zira standard sapmanın bilinmediği durumlar için TS 500 ce belirtilen $f_{cm}=f_{ck}+\Delta f$ verisi gözönüne alınarak üretilen betonların karakteristik mukavemetleri, istenilen değerlerin altında olacaktır. Örneğin TS-500/Nisan 1984 ün 11.sayfasındaki değerlere göre, ortalama dayanımı 200 kgf/cm^2 olan bir beton üretildiğinde, karakteristik dayanımı 160 kgf/cm^2 nin altında olacaktır. Zira ülkemiz koşullarında böyle bir beton için standard sapma değeri, standardca zımnen de olsa belirtilen 31.25 değerinden oldukça büyük değerler almaktadır.

Önemli olan bir başka konu ise şudur :

TS 500 de karakteristik ve ortalama dayanım ile standard sapma ve değişkenlik katsayıları gibi büyüklerin tümü standard silindir numuneler içindir. Oysa beton kalite ve nitelik kontrolünde halen ülkemizde yaygın şekilde 20 cm. boyutlu küpler kullanılmaktadır. Numunelerin küp olması halinde sözkonusu büyüklüklerin ne olması gerektiği belli değildir.

6. SONUÇ

Laboratuvarımızdan istenen gerek dizayn taleplerinden, gerekse basınç dayanımı için başvurulardaki görüşmelerden ve kurumumuzda betonla bağlantılı olarak yaşadığımız problemlerin yanında, kişisel gözlem ve deneyimlerimizle, kurumumuz ve diğer bazı kamu kuruluşlarında hizmet içi eğitim amacıyla düzenlenen teknisyen eğitim kurslarında görevli olarak bulunmaktan edindiklerimizin ışığında beton üretim-bakım-kullanılan teknoloji ve insan faktörüne ilişkin olarak görülen aksaklıklar ve önerilerin belirlenmesi yararlı olacaktır.

6.1 Görülen Genel Aksaklıklar

1. Halen ülkemizde yaygın olarak-özellikle konut tipi üretimde -tuvenan malzeme ile beton üretilmektedir.
2. Beton yaygın olarak küçük betoniyerlerde üretilmektedir.

3. Betonda kullanılan su, çimento ve agreganın beton için uygunluğu konusunda gerekli deneyler yaptırılmamaktadır.
4. Ağırlık ölçekli değil, hacim ölçekli çalışılmakta ve kumun rutubet durumuna göre kabarma faktörü gözönüne alınmadığı gibi, agregaların rutubet durumuna göre beton karma suyu da ayarlanmamaktadır.
5. Birçok yapı elemanının üretiminde gerekli olmasına karşın katkı kullanılmaktadır.
6. Beton santrallerindeki üretimde bile rutubet kontrolü genelde ya hiç yapılmamakta ya da yetersiz yapılmaktadır.
7. Olumsuz hava koşullarındaki üretimde gerekli önlemler alınmamaktadır.
8. Özellikle fiili üretim yapan personelin eğitim-bilgi ve deneyim yetersizliğinden dolayı, su/çimento oranı oldukça yüksek betonlar üretilmektedir.
9. Yıkama-eleme tesislerinin yeterli ve uygun olmayışından dolayı, agrega granülometrisi değişkenlik arzetymekte ve ya malzeme kirli olmakta ya da kumun gerekli ince kısmı kaybedilmektedir.
10. Numune almaya gerekli özen gösterilmemektedir.
11. Numune kür işlemine gereken önem verilmemektedir.
12. Sıkıştırma yeterli ve uygun şekilde yapılmamaktadır.
13. Kalıp ve donatıya gerekli özen gösterilmemektedir.
14. Numune alma kalıplarının özgül geometrik şartları sağlamadığı ve salt bu nedenle bulunan dayanımlarda 150-200 kgf/cm² ye varan dayanım düşüklüğü laboratuvarımızda yapılan bir seri numune üzerindeki araştırmada görülmüştür.
15. Belki de yukarda sayılan aksaklıkların tümü kadar önemli olan ise, çimentonun 28 günlük dayanımındaki istikrarsızlık ve depolamada gerekli özenin gösterilmeyişidir.

6.2 Öneriler

Taşeronluk ve düşük yüzeyde müteahhitlik hizmetleri sunan birçok kuruluşta imalatçının meslek dışından oluşu ve genelde inşaat konusunda teknik bir eğitim ve kurs görmemiş olması, kontrol ve denetimin yetersizliğinin yanında fiili üretimi gerçekleştiren insanların eğitim-bilgi ve deneyim yetersizliği nedeniyle; yapılan imalatın kalitesinin düzeltilmesi oldukça zordur. Bu nedenle :

- a) Yasal olarak tüm inşaatların kontrol edilmesinin zorunlu kılması.
- b) Hazır beton kullanımının özendirilmesi ve/veya zorunlu tutulması.

- c) İnşaat kontrolleri için her il genelinde bir veya birkaç resmi kuruluş laboratuvarlarının (Üniversiteler dahil) bu konuda resmi olarak görevlendirilmesi uygun çözümlerden biri olabilir.
- d) Çimento nitelik ve kalite kontrolünün denetimi için gerekli her yasal önlemin alınması ve sıkı bir şekilde uygulanması gerekmektedir.
- e) TS 500 de belirtilen yüksek mukavemetli betonlardan, dayanımı 35 N/mm^2 ve daha yüksek olanlar için-Çimento riski de gözönüne alınarak-PÇ-400 ve/veya PÇ-500 kullanımı zorunlu kılınmalıdır.

7. KAYNAKLAR

- (1) TS 500/Nisan 1984
- (2) ERSOY Uğur, "Beton ve Betonarme I" Bölüm-1, 1987-İstanbul.
- (3) K.G.M. Tek.Araş.Dai.Bşk. Malzeme Lab.Şb.Md. Beton ve Çelik Lab.Şef. 1978-1988 yıllarına ait beton dayanım raporları ve dayanım testi için başvuru dilekçeleri.
- (4) K.G.M. Otoyol Şantiyesi 1987 ve 1988 yıllarına ait beton dayanım raporları.