

YUVARLAK DOĞAL AGREGALI BETONLARDA
SONREB YÖNTEMİ UYGULAMASI

Abdurrahman GÜNER	Serap AKKAN	Sema ERGÖNÜL
Doç.Dr.	Ar. Gör.	Ar. Gör.
Gaziantep Üniversitesi	Gaziantep Üniversitesi	Gaziantep Üniversitesi
Gaziantep, Türkiye	Gaziantep, Türkiye	Gaziantep, Türkiye

ÖZET

Çalışmada yıkıntısız beton basınç dayanımı tahmin bağıntılarına agrega granülometrisi, çimento türü ve saklama koşullarının etkisi belirlenmiştir. İki ayrı ocaktan sağlanan yuvarlak taneli dere agregaları ile iki ayrı fabrikadan sağlanan toplam yaklaşık %30 kadar trass ve uçucu kül katkılı ve Normal Portland çimentoları kullanılmıştır. Çökmeleri 50 mm - 80 mm arasında ve su/çimento oranları 0.40, 0.45, 0.50, 0.55 ve 0.60 olan ve deneyden 3-4 saat öncesine kadar su içinde saklanan betonlar ve bunların harç fazları üzerinde deneyler yapılmıştır. Saklama koşulları, çimento türü ve inceliğinin değişken olduğunda birleşik yöntem (SONREB) sadece Schmidt sayısı veya ultrason hızı yöntemine göre daha güvenilir değerler vermektedir.

1. GİRİŞ - SONREB BİRLEŞİK YIKINTISIZ
BETON BASINÇ DAYANIMI TAHMİN YÖNTEMİ

Çeşitli nedenlerle sadece yıkıntısız yöntemlerle veya sınırlı sayıda basınç deneyi numunesi kullanılarak betonarme yapılarda beton dayanımının tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu gereksinim yapının bir elemanı

bölümü veya tümü için söz konusu olmakta ve üretim sırasında alınmış yapı elemanında veya yapıdaki betonu temsil edecek yeterli sayıda numune bulunmaması halinde yapı üzerinde yıkıntısız yöntemlerin uygulanması kaçınılmaz olmaktadır [1] . Çeşitli etkenlerin yıkıntısız dayanım tahmin bağıntıları üzerindeki etkilerinin bilinmesi halinde hatalar azaltılabilir-mektedir [2] .

1.1 Ultrason Hızı ve Schmidt Sayısı ile Dayanım Tahmini

Sadece ses yayılma hızı, V , veya Schmidt geri tepme sayısı, N , ile sertlik ölçümlerinden itibaren basınç dayanımı

$$f_c = F_V(V) \quad \text{ve} \quad f_c = F_N(N)$$

şeklinde bağıntıları ile tahmin edilebilmektedir. Yıkıntısız ölçüm sonuçları betonun bileşenlerinden ve üretim biçiminden gelen anizotrop ve heterogen yapısı, yaşı, saklama koşulları, su içeriği, boyutları, karbonatlaşma düzeyi, donatı durumu gibi etmenlerden önemli düzeyde etkilenir [3, 4, 5] .

1.2 Birleşik Yıkıntısız Yöntemler - SONREB Yöntemi

RILEM tarafından ultrason hızı ve geri tepme (rebound) sayısı ölçümlerine dayalı bir birleşik veya katlı (multiple) yöntem geliştirilmiştir. Bu iki yöntem birlikte uygulandıklarında biri diğerinin bazı hatalarını azaltıcı veya eksiklerini tamamlayıcı olduğundan sadece birisinin uygulanmasına göre daha az tahmin hatası olacağı söylenebilir. Örnek olarak, deney anındaki su içeriği geri tepme sayısını azaltırken [5] ultrason hızını arttırmaktadır [6,7]. Belirli bir yapıdaki çimento türü, dozajı, agrega türü, betonun su içeriği gibi değişkenler biliniyorsa etki çarpanları ve toplam etki çarpanı hesaplanır. Standard betona ait bağıntı kullanılarak elde edilen dayanımlar bu çarpan uygulanarak düzeltilir, "düzeltilmiş tahmini dayanım" bulunur. Yapıdaki betonun bileşimi ve bileşenleri bilinmiyorsa yapıdan alınacak yeter sayıda karot numuneleri üzerinde ses hızları, Schmidt sayıları ve gerçek basınç dayanımlarından itibaren "deneysel toplam etki çarpanı" belirlenir. Standard betona ait bağıntı veya abaktan bulunan dayanım bu çarpanla düzeltilerek dayanımlar ± 10 hata ile tahmin edilebilmektedir [1].

2. AMAÇ VE KAPSAM

Çalışmanın amacı Gaziantep yöresinde kullanılan agregaların çimento-ların ve saklama koşullarının yıkıntısız beton basınç dayanımı tahmin bağıntılarına etkisini belirlemektir. Laboratuar deneylerinde Narlı ve Birecik olmak üzere iki ayrı ocaktan sağlanan dere agregaları ile iki ayrı fabrikadan sağlanan bir katkılı Portland çimentosu ile bir normal Portland çimentosu kullanıldı. Abrams çökme konisi kullanılarak ölçülen işlenebilmeleri aynı fakat çeşitli su/çimento oranlarına sahip betonlar ve bunların harç fazları üzerinde ultrason hızı, V, Schmidt sayısı, N ve basınç dayanımı, f_c , ölçüldü. Bu ölçümlerden itibaren istatistik yöntemler uygulanarak f_c-N , f_c-V ve f_c-N-V bağıntıları belirlendi. Değişik saklama koşullarının bu bağıntılara etkisi araştırıldı. Narlı tuvönan malzemenin 4.75 mm elek altına geçen bölümü kullanılarak harç fazları üretildi. Harç fazları ve iri agrega üzerinde yapılan deneylerle her bir fazın beton özelliklerine etkisi araştırıldı.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışma günümüzde Gaziantep yöresinde yaygın olan malzemeler üzerinde yapıldı. Deneylerle agregaların petrografik yapıları ve mekanik özellikleri, çimentoların standard özellikleri belirlendi.

3.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler

3.1.1 Karma Suyu

Beton ve harçlarda karma suyu olarak Fransız sertlik derecesi 20-22 olan şehir suyu kullanıldı. Karma suyunun bileşimi Tablo I 'dedir.

Tablo I Karma Suyunun Bileşimi

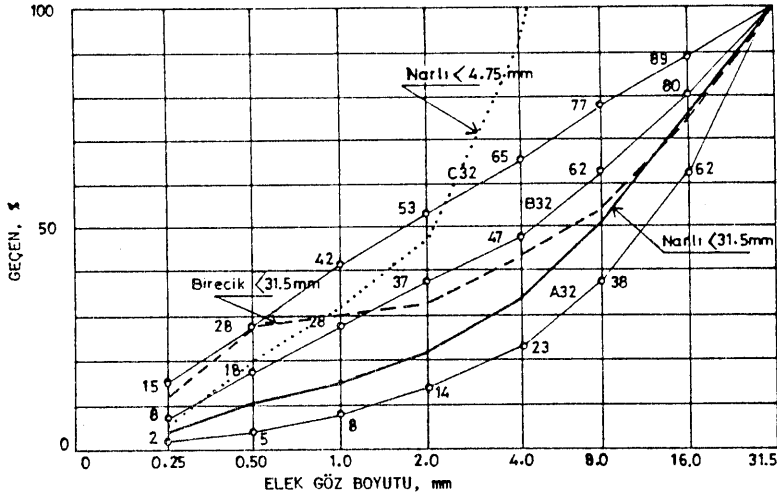
Nitrit	: 0
Amonyak	: 0
Bulanıklık	: 2 Jtu
pH	: 7.5
Klor(bakiye klor)	: 1 ppm
Organik madde	: 1.6 mg/lit
Toplam sertlik	: 172 mg/lit
Ca ²⁺	: 100 mg/lit
Mg ²⁺	: 70 mg/lit
diğerleri	: 2 mg/lit

3.1.2 Çimentolar

Gaziantep Çimento Sanayi T.A.Ş. üretimi Katkılı Portland Çimentosu KPÇ 325 ve Irak'tan ithal edilen Normal Portland Çimentosu kullanıldı. KPÇ 325 toplam yaklaşık %30 kadar tras ve uçucu kül içermektedir. Tras ve uçucu külün kimyasal bileşimleri ve çimentoların özellikleri Tablo II'dir.

3.1.3 Agregalar

Gaziantep il merkezine uzaklıkları 53 km ve 65 km olan Narlı ve Birecik civarında dere/nehir yatağından elde edilen tuvöran agregalar 31.5 mm elekten elenerek kullanıldı. Harç fazları Narlı agregasının 4.75 mm elek altına geçen bölümü kullanılarak üretildi. Agregaların granülometrik bileşimleri Tablo III 'te ve Şekil 1 'de görülmektedir. Diğer özellikleri ise Tablo IV 'dedir.



Şekil 1 Beton ve harçlarda agrega granülometrik bileşimleri [7].

3.2 Deneysel Çalışma Programı: Üretilen Betonlar, Harçlar ve Saklama Koşulları

Özellikleri belirlenen iki çimento ve iki agrega kullanılarak çökme-leri 50 mm - 80 mm ve su/çimento oranları 0.40, 0.45, 0.50, 0.55 ve 0.60 olan 4 grup beton üretildi ve 7, 28 ve 91 günlük deneyler yapıldı. Narlı agregasının 2.36 mm ile 8.0 mm arasındaki bölümü yerine aynı agreganın iri tanelerinden elde edilmiş kırmataş konularak Katkılı Portland Çimentosu KPÇ 325 ile üretilen betonlarda 28 günlük özelliklere etkisi araştırıldı. Saklama koşulları ve deney anındaki su içeriğinin etkisi-

Tablo II Kullanılan Çimentoların ve Katkıların Özellikleri [7]

a) Kimyasal Bileşimler

Kimyasal bileşen	KPÇ 325				PÇ
	Klinker ^x	Taş	Uçucu Kül	KPÇ	
SiO ₂ (toplam), %		43.69	28.22		
SiO ₂ (çözünen), %	20.43	-	-	18.04	20.72
SiO ₂ (çözünmeyen), %	0.15	-	-	7.82	0.42
Al ₂ O ₃ , %	6.33	13.15	12.87	6.24	5.51
Fe ₂ O ₃ , %	3.71	12.66	6.39	4.12	2.90
CaO, %	66.25	15.97	31.93	55.07	63.00
MgO, %	1.53	4.05	3.05	2.38	2.68
SO ₃ , %	0.98	-	5.55	2.76	2.45
Kızdırma Kaybı, %	0.06	9.39	9.81	3.01	1.00
TOPLAM	99.44	98.91	97.82	100.	100.
Serbest Kireç (CaO), %	2.27	-	-	1.92	1.51
Rutubet	-	6.4	19.1	-	-
Ca CO ₃ , %	-	13.64	-	-	-

b) Fiziksel Özellikler

Özgül ağırlık					
parafinde	-	-	-	3.08	3.10
suda	-	-	-	3.16	3.22
Özgül yüzey, m ² . kg ⁻¹					
Blaine	-	-	-	348	308
Elek analizi, %					
kalan					
90 µm	6.7	-	-	3.53	8.77
200 µm	0.5	-	-	0.21	0.32
Normal kıvam					
suyu, %	-	-	-	26	25
Priz süreleri, (st-dk)					
başlangıç	1.27	-	-	2-20	2-00
son	2-07	-	-	2-50	3-14
Toplam şişme					
(Le Châtelier), mm	-	-	-	4	3

c) Mekanik Özellikler

Dayanımlar, N.mm ⁻²					
2 gün, eğilme	3.71	-	-	-	-
baskı	18.7	-	-	-	-
3 gün, eğilme	-	-	-	3.43	3.78
baskı	-	-	-	13.9	17.1
7 gün, eğilme	5.39	-	-	4.65	4.38
baskı	33.1	-	-	25.9	22.9
28 gün, eğilme	7.0	-	-	5.84	5.77
baskı	49.9	-	-	37.8	34.9
91 gün, eğilme	-	-	-	7.23	6.79
baskı	-	-	-	45.3	42.6
182 gün, eğilme	-	-	-	7.20	7.26
baskı	-	-	-	49.3	45.6

* 1987 yılı genel ortalamasıdır.

Tablo III Agregaların granülometrik bileşimleri

Elek göz boyutu	Narlı olduğu gibi	Geçen, %		Birecik olduğu gibi	< 31.5 mm
		< 31.5 mm	< 4.75 mm		< 31.5 mm
63.0	100.	100.	100.	100.	100.
31.5	85.	100.	100.	85.	100.
16.0	61.	75.	100.	63.	75.
8.0	40.	52.	100.	46.	54.
4.75*	-	-	100.	-	-
4.0	29.	34.	91.	37.	43.
2.0	18.	21.	48.	29.	34.
1.0	14.5	15.	32.	26.	31.
0.50	10.	10.5	20.	24.	28.
0.25	3.5	3.6	5.	10.	12.

* Kumu elde etmek için kullanılan büyük elekğin göz boyutu 4.75mm' dir.

Tablo IV Agregaların fiziksel ve petrografik özellikleri

Özellik	Narlı	Birecik
Küresellik katsayısı *	0.35	0.32
Tane yoğunluğu, Mg . m ⁻³		
kuru	2.58	2.56
yüzey kuru doymun	2.64	2.64
Su emme, ağı. %	1.90	1.87
Görünen yoğunluk (birim ağırlık), Mg.m ⁻³		
gevşek	1.74	1.81
sıkı	1.86	1.85
İnce taneler, < 75 µm elek %	4.94	4.22
çökeltme, %	4.91	4.45
Aşınma kaybı, Los Angeles, %	14.2	14.0
Dona dayanıklılık Na ₂ SO ₄ ile kayıp, %	1.32	1.23
Petrografik/ Mineralojik yapı	Bezalt (plajiolkez, ojit, pirosken). Kireçtaşı (kalsit, kuvars, kil, feldspat, pikrit).	Diyebez (plajiolkez, ojit, pirosken). Piroklastik tüf (fiyolit, dasit andezit, trakit).

* 4.0mm elek üstünde kalan 100 agrega tanesi üzerinde en büyük boyut ölçülerek bulunmuştur.

Tablo V Narlı İri Agregatanelerinin Mekanik Özellikleri

Özellik	En küçük	Ortalama	En büyük
Ultrason hızı, km.s ⁻¹	3.52	5.07	5.96
Elastisite modülü (Static), kN/mm ²	43.	62.6	79.7
Basınç dayanımı, N/mm ²	51.6	96.3	136.
Yoğunluk, Mg/m ³	2.35	2.55	2.65

ni görmek amacıyla Narlı agregası ve KPÇ 325 kullanılarak 0.45 ve 0.60 su/çimento oranlarında betonlar üzerinde iki değişik saklama koşulu ve deney anındaki su içeriğini etkileyecek iki durumda toplam 4 değişik saklama ve su içeriğinde 28 günlük deneyler yapıldı.

Narlı iri agregası (> 4.75 mm) ve Narlı kumu (< 4.74 mm) ile KPÇ ve NPÇ kullanılarak su/çimento oranları 0.40, 0.50 ve 0.60 olan betonların harç fazları üzerinde deneyler yapılarak beton özelliklerine iri agreganın ve harç fazının etkisi araştırıldı.

3.3 Deneysel Çalışmada Kullanılan Araç ve Yöntemler

Standard çimento mekanik ve fiziksel deneyleri TS 24 esaslarına uygun olarak yapıldı. Betonlar ve bunların harç fazları üzerindeki deneylerde kullanılan araç ve yöntemler aşağıdadır.

3.3.1 Beton ve Harç Üretimi

Belirli su/çimento oranına sahip ve 50mm - 80mm çökme veren betonun üretiminde önce 10 lt deneme betonu bileşimi 80mm veya biraz daha büyük çökme verecek şekilde daha önceki deney verilerinden yararlanılarak hesaplandı. Bu karışıma 50mm veya biraz üstünde çökme elde edilecek şekilde yeter miktarda yüzey kuru doygun agregası ilave edildi. Deneme betonundan elde edilen gerçek bileşim kullanılarak 40 litre hacminde asıl beton harmanları üretildi. Üretim kürekle karıştırılarak gerçekleştirildi. Laboratuvar sıcaklığının 14°C ile 20°C ve bağıl nemin %45-%55 arasında değiştiği gözlemlendi. Her bir örnek grubu 6 adet 150mm x 300mm veya 200mm küp numunesinden oluşturuldu. Harç numuneleri 100mm x 200mm silindirler olarak seçildi. Beton numuneleri 100mm kalınlığında tabakaların her biri 25 kez şişlenerek yerleştirildi. Çimentolar KP ve NP işaretleriyle, su çimento oranları % olarak (45, 60 gibi), agregalar ise NO (Narlı < 31.5 mm), B0 (Birecik < 31.5 mm), N1 (Narlı, 2.36 mm - 8.0 mm arası kır-mataş ikameli), harçlar ise kodun başına H yazılarak gösterildi. Betonların ve harçların bileşimlerine ve saklama koşullarına göre kodları Tablo VI'dadır.

3.3.2 Saklama Koşulları

Numuneler üretimden 1 gün sonra kalıptan çıkarıldı ve ana gruplar deneyden 3 ile 4 saat öncesine kadar su içinde (S) saklandı, suya doygun yüzey kuru (K) olarak deney yapıldı. Saklama koşullarının etkisi araştırılan betonlar ise, su içinde ve önce 6 gün ıslak çuval altında (R) sonra laboratuvar atmosferinde saklandı, deneyler yüzey ıslak (I) ve

Tablo VI Beton ve Harçların Özellikleri [6, 7] .

Kod***	Taze Beton Özellikleri				Sertleşmiş Beton Özellikleri***			
	Bileşim	Yoğunluk	Hava	İçeriği ¹ *	V	N	f _c	f _{ct}
	Dozaj kg/m ³	Agrega kg/m ³	kg/m ³		km.s ⁻¹		N.mm ⁻²	N.mm ⁻²
KP40NO	521	1626	2360	12	4.40	34	26	2.1
KP45NO	454	1689	2347	13	4.38	31	20	2.4
KP50NO	387	1776	2361	11	4.32	30	19	2.3
KP55NO	330	1848	2390	7	4.31	28	15	1.9
KP60NO	309	1854	2349	14	4.28	26	13	1.7
KP40BO	568	1500	2298	25	4.43	34	30	2.6
KP45BO	488	1601	2308	20	4.40	32	25	2.4
KP50BO	415	1710	2330	14	4.40	31	19	2.3
KP55BO	375	1759	2340	9	4.34	26	18	2.0
KP60BO	323	1841	2360	7	4.26	25	14	1.9
KP40N1	451	1718	2352	13	4.51	33	27	-
KP45N1	417	1756	2363	8	4.42	32	21	-
KP50N1	366	1815	2365	5	4.35	29	18	-
KP55N1	331	1840	2360	7	4.29	25	17	-
KP60N1	305	1873	2370	4	4.25	24	13	-
NP40NO	472	1784	2402	14	4.48	35	25	2.2
NP45NO	416	1793	2411	6	4.41	34	23	2.1
NP50NO	383	1808	2383	8	-	-	16	-
NP55NO	300	1950	2430	4	4.26	26	11	1.2
NP60NO	278	1946	2397	9	4.11	22	9	-
NP40BO	563	1543	2331	16	4.49	-	29	2.5
NP45BO	470	1692	2360	8	4.44	35	27	2.6
NP50BO	392	1748	2337	20	4.40	32	22	2.4
NP55BO	363	1768	2332	18	4.23	25	14	1.8
NP60BO	313	1853	2350	13	4.09	23	11	1.5
KP45NOSI	411	1771	2369	19	4.40	26	17	1.8
KP45NOSK	411	1771	2369	19	4.41	29	16	1.8
KP45NORI	411	1771	2369	19	4.20	30	15	1.7
KP45NORK	411	1771	2369	19	4.20	29	11	1.7
KP60NOSI	299	1887	2376	10	4.30	21	13	1.4
KP60NOSK	299	1887	2376	10	4.33	23	11	1.6
KP60NORI	299	1887	2376	10	4.10	29	10	1.4
KP60NORK	299	1887	2376	10	4.08	26	9	1.2
CKP45NOSI	411	1771	2369	19	4.34	25	22	-
CKP45NISK	411	1771	2369	19	4.36	27	22	-
CKP45NORI	411	1771	2369	19	4.18	30	21	-
CKP45NORK	411	1771	2369	19	4.21	30	18	-
CKP60NOSI	299	1887	2376	10	4.34	21	13	-
CKP60NOSK	299	1887	2376	10	4.23	23	12	-
CKP60NORI	299	1887	2376	10	4.12	29	12	-
CKP60NORK	299	1887	2376	10	4.02	27	12	-
HKP40NK	848	975	2162	18	4.40	31	28	2.6
HKP50NK	672	1142	2150	12	4.32	26	20	2.5
HKP60NK	561	1245	2142	7	4.20	24	15	2.4
HNP40NK	789	1105	2209	14	4.48	31	29	3.0
HNP50NK	670	1166	2170	8	-	26	19	2.3
HNP60NK	524	1357	2194	1.4	4.11	21	13	1.9

* Hava içeriği hesabında çimentoların su içindeki özgül ağırlıkları esas alındı.

** Her değer en az üç silindirik numunede yapılan ölçümlerin ortalamasıdır.

V- Ultrasonik ses geçiş hızı (döküm doğrultusuna dik doğrultuda)

N- Geri tepme sayısı (döküm doğrultusuna dik doğrultuda)

f - Betonun basınç mukavemeti, N/mm²

f_c - Betonun yarmada çekme mukavemeti, N/mm²

ct - Kod numarasının başındaki C küp numunelerini, H harç numunelerini gösterir.

Diğer semboller metin içinde açıklandı.

yüzey kuru (K) 28 günlük numuneler üzerinde yapıldı. Su içinde saklanan numuneleri yüzey kuru doymuş (K) konuma getirmek için deneyden 3-4 saat önce laboratuvar atmosferine çıkarıldı. Ana beton grupları ve harçlar SK koşulunda saklandı.

3.3.3 Sertleşmiş Beton ve Harç Deneylerinde Kullanılan Araç ve Yöntemler

Ultrason hızı 54 kHz transdüserli Controls E 46 kullanılarak ASTM C 597-71 [8] , Schmidt sayısı N tipi çekiç kullanılarak ve basınç deney aletinde 25kN yük altında her numunede 9 okuma yapılarak RILEM TC 43-OND [9], basınç dayanımı 200 ton kapasiteli hidrolik basınç deney aleti kullanılarak TS 3114 [10] ve yarmada-çekme dayanımı TS 3129 [11] esaslarına uygun olarak belirlendi. Basınç deneyinde yük artış hızı 0.26 N.mm⁻².s⁻¹, yarma deneyinde ise 0.033 N.mm⁻².s⁻¹ oldu.

3.4. Deney Sonuçları

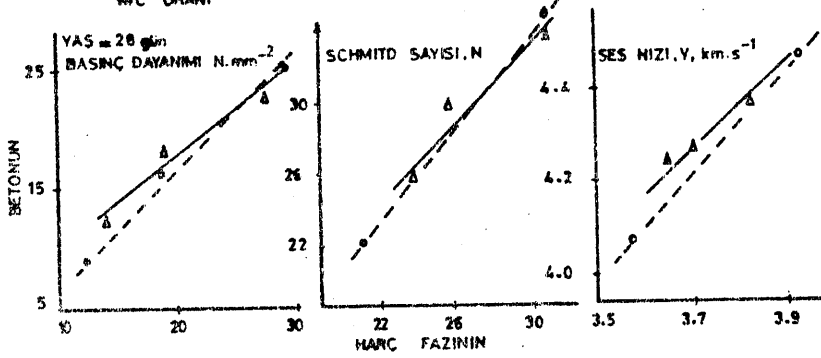
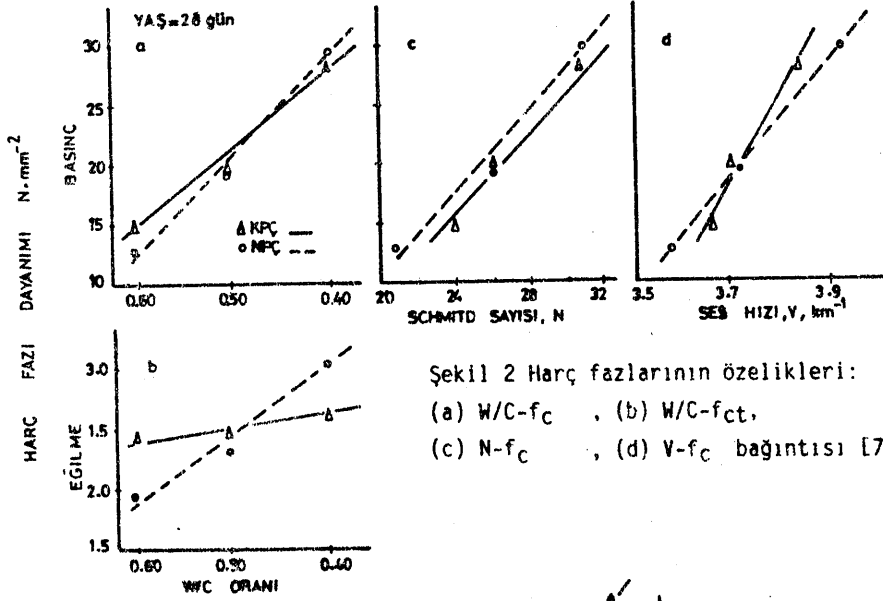
Araştırmada kullanılan normal ve katkılı tür Portland çimentolarının standard mekanik dayanımları ve su gereksinimleri arasında belirgin bir fark yoktur (Tablo II). Birecik agregasında kum miktarı daha fazla olmakla birlikte diğer özellikleri birbirine oldukça yakındır. (Şekil 1, Tablo III).

Beton ve harç deney sonuçları Tablo VI'dadır. Su/çimento oranı 0.50 veya büyük olan harç ve betonlarda terleme ve kalıptan sızma sonucu su/çimento oranlarında 0.03'e kadar varan azalmalar olduğu tahmin edildi.

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

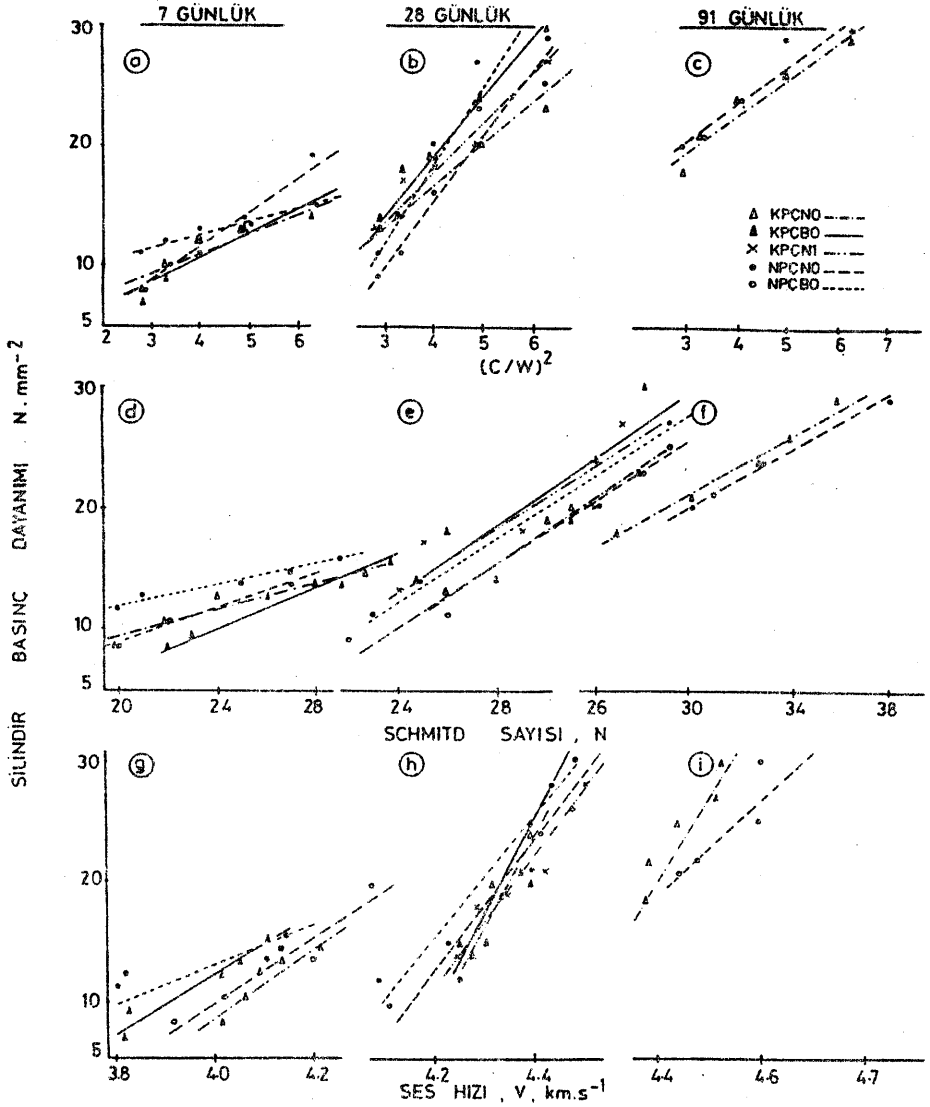
Sertleşmiş harç fazları ve betonlar üzerinde elde edilen deney sonuçları grafik (Şekil 2 ve 3) ve istatistik (Tablo VII ve VIII) yöntemler [12] uygulanarak değerlendirildi. Değerlendirmede yaş, itibari su/çimento oranı, basınç dayanımı, ultrason hızı ve Schmidt geri tepme sayısı gözönüne alındı.

İstatistik değerlendirmede numunelerin birer birer değerlendirmeye katılması yerine numune gruplarının oluşturduğu örneklerin esas alınması ve bunların da sayısının bağıntılarda deneysel yoldan belirlenecek kat-sayıların sayısına yaklaşması halinde korelasyon katsayısı yükselir ve istatistik değerlendirme anlamını yitirir. Bu nedenle numuneler birer birer dikkate alınıp görünen örnek sayıları arttırılarak, mesela agre-ganın ve/veya çimentonun değişken veya belirsiz olması haline geçildi-

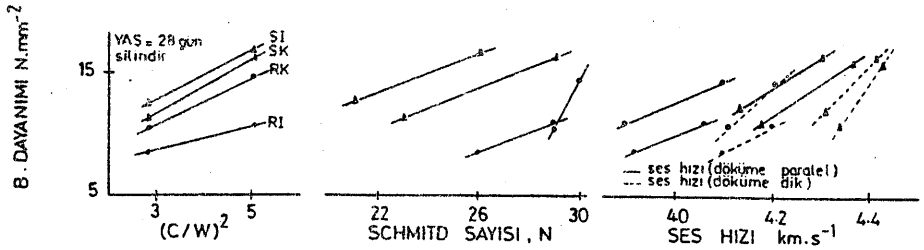


Tablo VII. Harç fazlarında ses hızı-Schmidt sayısı-basınç dayanımı bağıntıları [7]

Çi- men- to	Numu- ne sa- yısı	Bağıntı şekli ve katsayılar ^x													
		$f_c = A+B.N$			$f_c = a.N^b$			$f_c = A+B.V$			$f_c = a.N+b.V+c$				
		A	B	r	a	b	r	A	B	r	a	b	c		
				xxx			10 ⁻³			xxx			xxx	xxx	xxx
KPC	3	-29.9	1.88	.997	6.	2.45	.992	-220.	64.3	.996	1.04	29.0	-116.	1.00	1.00
	9	-20.7	1.55	.843	40.	1.89	.793	-214.	62.7	.955	.265	54.7	-191.	.839	.955
NPK	3	-23.0	1.67	.993	18.	2.15	.998	-161.	47.9	.999	-.779	70.0	-224.	1.00	1.00
	9	-22.0	1.65	.957	15.	2.21	.968	-163.	48.3	.975	-.307	57.1	-188.	.987	.976



Şekil 4 Yaşın sertleşmiş beton özelliklerine etkisi [6] .



Şekil 5 Saklama koşullarının dayanım ve yıkıntısız ölçümlere etkisi [6] .

Tablo VIII Yıkıntısız basınç dayanımı tahmin bağıntıları [6] .

Beton Yaş, Kod gün			Ör- nek sa- yı- sı xx	Bağıntı biçimi ve katsayılar ^x									
				$f_c = A+B.N$			$f_c = A+B.V$			$f_c = a.N + b.V + c$			
				A	B	r	A	B	r	a	b	c	R _{f,N,V}
			xxx			xxx							
7	KPNO	5	-2.44	.558	.961	-108.	29.2	.937	.614	-3.05	8.71	.962	
	KPBO	5	-10.1	.813	.976	-86.0	24.5	.986	.225	17.9	-65.7	.989	
	NPNO	5	-9.77	.882	.989	-93.9	25.9	.966	1.60	-21.7	61.5	.992	
	NPBO	5	3.11	.405	.986	-20.9	8.5	.901	.548	-3.42	13.3	.992	
28	KPNO	5	-30.5	1.65	.993	-375.	90.8	.924	1.90	-15.8	30.6	.992	
	KPBO	5	-24.4	1.56	.925	-330.	80.4	.871	1.31	8.93	-56.6	.906	
	NPNO	5	-20.4	1.28	.986	-188.	47.5	.957	2.03	-28.8	82.3	.984	
	NPBO	5	-18.5	1.29	.998	-180.	46.4	.975	1.32	-1.29	-14.0	.997	
	KPNO	15	-30.0	1.63	.977	-325.	79.2	.882	1.47	9.35	-66.0	.979	
	KPBO	15	-25.2	1.57	.920	-309.	75.7	.822	1.62	-3.33	-12.3	.917	
	NPNO	15	-21.5	1.31	.970	-193.	48.7	.942	1.63	-8.67	6.33	.969	
	NPBO	15	-20.4	1.36	.976	-186.	47.8	.969	1.12	8.48	-49.9	.975	
	KP..	10	-26.6	1.57	.904	-332.	80.8	.896	.766	43.2	-191.	.920	
	NP..	10	-19.2	1.27	.979	-186.	47.3	.949	1.71	-16.5	39.2	.972	
	..NO	10	-22.7	1.37	.980	-207.	51.9	.925	1.84	-21.0	54.3	.984	
	..BO	10	-20.3	1.38	.955	-197.	50.0	.906	1.18	7.92	-48.8	.948	
		20	-21.1	1.37	.943	-209.	52.6	.902	1.21	6.89	-46.4	.936	
91	KPNO	5	-14.8	1.20	.992	-217.	54.1	.952	.956	12.3	-62.0	.993	
	NPNO	5	-5.60	.874	.973	-126.	33.5	.941	.675	8.38	-37.2	.979	
28	4+4	8.93	0.140	.153	-56.7	16.6	.814	.329	18.3	-72.5	.887		

^x Bağıntılarda N (boyutsuz), V (km.s⁻¹) ve f (N.mm⁻²)'dir. t.... Saklama koşulları değişik betonlar.

xx Örnek sayısı 5 olması halinde numune sayısı 5x3= 15
Örnek sayısı 15 olması halinde numune sayısı 15x1= 15
10 olması halinde numune sayısı 10x3= 30
20 olması halinde numune sayısı 20x3= 60 edettir.

xxx r, korelasyon katsayılarını gösterir. R, çoklu korelasyon katsayısıdır.

ğinde korelasyon katsayılarında oluşan bağıl değişimler doğrusal bağıntılardaki tahmin hatalarının karşılaştırılmasında esas alındı. Örnek sayısı aynı oranda arttırıldığında tahmin hatasını veya korelasyon katsayısını daha fazla etkileyen parametre veya değişkenin söz konusu olayda daha etkin olduğu sonucuna varıldı.

5. SONUÇLAR

Normal Portland çimentosu ile düşük su/çimento oranlarında, katkılı Portland çimentosuyla ise yüksek su/çimento oranlarında harç fazı ve beton basınç dayanımları daha yüksek olmaktadır. Su/çimento oranında eşit azalmaya karşı normal Portland çimentolularda dayanım artışı daha fazladır.

Narlı tüvönanda 2.36mm-8.0mm bölümün kırmataş ikamesi 0.50 ve daha büyük su/çimento oranlarında basınç dayanımını etkilemedi; ancak düşük su/çimento oranlarında basınç dayanımında yaklaşık 4. N.mm⁻² bir artış meydana getirdi. Kırmataş ikameli betonda Schmidt sayıları 2 daha küçük

bulundu, ortalama ses hızları arasında önemli bir fark bulunmamakla birlikte ses hızının dayanıma duyarlılığının kırmataş ikameli betonlarda daha yüksek olduğu görüldü.

Schmidt sayısı ve ultrason hızının dayanıma, dayanımın da su/çimento oranına ve beton dayanımının harç fazı dayanımına duyarlılığı normal Portland çimentolularda katkılı Portland çimentolularda göre daha fazladır. Harçlarda (28 günlük basınç dayanımı) - (Schmidt sayısı) bağıntılarında hata Portland çimentosu ve doğrusal form için daha azdır. Harç (basınç dayanımı)-(ultrason hızı) bağıntıları Schmidt sayısı ve çoklu korelasyona göre daha az tahmin hatası vermektedir.

Beton döküm doğrultusunda ölçülen ses hızı dik doğrultudakine nazaran küp numunelerde 0.03 km.s^{-1} - 0.09 km.s^{-1} daha küçük, silindir numunelerde ise 0.10 km.s^{-1} - 0.20 km.s^{-1} daha büyük bulunmaktadır; bu farklar basınç dayanımı arttıkça azalmaktadır. Aynı dayanıma sahip normal Portland çimentolu betonlar katkılı çimentolularda göre daha yüksek Schmidt sayıları daha düşük ses hızlarına sahiptir. Normal Portland çimentolu betonlarda ultrason hızı ve Schmidt sayısının basınç dayanımına duyarlılığı daha fazladır; bu duyarlık incisi fazla olan agregalar için daha düşüktür. Duyarlık 7 günlük betonlarda 28 ve 91 günlüklere göre daha fazladır.

Doğrusal (dayanım)-(Schmidt sayısı) bağıntılarında tahmin hatası agreganın değişken olması halinde çimentonun değişken veya belirsiz olması halindekinden büyüktür. (Dayanım)-(Schmidt sayısı) bağıntılarındaki tahmin hatası ise çimentonun değişken olması halinde büyük olmaktadır.

Doğrusal birleşik bağıntılardaki dayanım tahmin hatası agreganın değişken olması halinde çimentonun değişken veya belirsiz olması haline göre daha büyüktür.

Saklama koşullarının ve deney anındaki doygunluk derecesinin değişken olması yıkıntısız dayanım tahmin hatalarını önemli düzeyde arttırmaktadır. Ancak aynı koşulun Schmidt sayısı üzerindeki etkisi ses hızı üzerindeki etkisi ile ters yöndedir.

Yıkıntısız dayanım tahmin hataları ultrason-Schmidt sayısı-dayanım (SONREB) bağıntılarında azalmaktadır.

Teşekkür: Deneylerde kullanılan KPÇ 325 Gaziantep Çimento Sanayi A.Ş. tarafından temin edilmiş ve çimento deneylerinin tümü fabrika laboratuvarlarında yapılmıştır. Kırmataş agregası Yüksel İnşaat A.Ş. tarafından temin edilmiştir. Agregalar, beton ve harç fazı deneyleri Gaziantep Üniversitesi, Yapı Malzemesi Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

6.KAYNAKLAR

1. Akman, M.S. ve Güner, A., "Yapıların Taşıma Gücü Bakımından Denetlenmesi-Donatı Durumu ve Beton Dayanımının Belirlenmesi", Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi, 2. Mühendislik Haftası, Tebliğler, 1984.
2. Akman, M.S. ve Sevim, İ., "Birleşik Yıkıntısız Yöntemle Beton Dayanımının Belirlenmesinde Etkenler" TÜBİTAK VII. Ulusal Bilim Kongresi, Tebliğler, İzmir 1981.
3. Malhotra, V.M., "In-Situ/Non-destructive Testing of Concrete - A Global Review", In-Situ/Non-Destructive Testing of Concrete, edited by V.M. Malhotra, ACI Publication SP-82, 1984. pp.1-16.
4. Bungey, J.H., "The Influence of Reinforcement on Ultrasonic Pulse Velocity Testing" In-Situ/Non-Destructive Testing of Concrete, edited by V.M. Malhotra, ACI Publication SP-82, 1984. pp.229-246.
5. Neville, A.M., "Properties of Concrete" Longman Scientific and Technical, Singapore, 1987.
6. Akkan, S., "Properties of Concrete Produced with Aggregates and Cements in Gaziantep Region", Master of Building Science Thesis, Department of Architecture, Middle East Technical University, Ankara, 1988.
7. Ergönül, S., "Properties of Hydraulic Cements and Aggregate in Gaziantep Region", Master of Building Science Thesis, Department of Architecture, Middle East Technical University, Ankara, 1988.
8. ASTM C 597-71, Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, American Society for Testing and Materials, Easton, 1977.
9. RILEM TC 43-CND, "Recommendations for Testing Concrete by Hardness Methods", Final Recommendation, Materials and Structures, 16(95): 369-376, 1983.
10. TS 3114, "Beton Basınç Dayanımı Deney Metodu", Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1978.
11. TS 3129, "Betonda Yarmada Çekme Dayanımı Tayini Deneyi (Silindirik Yarma Metodu)", Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1978.
12. Spiegel, M.R., "Statistics", Shaum's Outline Series, Mc Graw-Hill, 1972.