

YÜKSEK DAYANIMLI BETON ÜRETİMİ OPTİMİZASYONUNDA NİTELİK DENETLEME DÜZEYİ

Abdurrahman GÜNER
Doç.Dr.
Gaziantep Üniversitesi
Gaziantep, Türkiye

Abdülhakim M.DAWOD
Y.Doç.Dr.
İnönü Bulvarı 85/5
Mersin, Türkiye

Hanifi ÇANAKCI
Arş.Gör.
Gaziantep Üniversitesi
Gaziantep, Türkiye

ÖZET

Beton üretiminde nitelik denetleme işleminin maliyete katkısını hesaplamak için her denetleme düzeyine bir standard sapma ve bir flat te-
kabül ettiren bir yöntem geliştirildi. Yerel verilerle yapılan bir de-
ğerlendirme yüksek beton sınıflarında yüksek denetleme düzeylerinin top-
lam maliyeti azalttığını gösterdi.

1. GİRİŞ-BETON BİLEŞİMİ OPTİMİZASYONUNDA AMAÇLAR

Beton bileşimi belirlenmesinde amaç işlenebilirlik, Uniformluk, da-
yanıklılık, dayanım gibi istenen özellikleri sağlayacak en az maliyeti
veren malzeme miktarlarını bulmaktır [1, 2]. Bileşenlerinkinden başla-
yarak üretimin her aşamasında giren malzeme, alet, işçilik ve nitelik
denetleme işlemi yöntem ve araçlarının da maliyete katkısı gözönüne alı-
narak toplam maliyet hesaplanabilir. Nitelik denetiminin ana hedefi ise
istenen özelliklerin değerlerindeki dağılımları azaltarak belirli karak-
teristik değerlerle ortalama amaç değerler arasındaki farkı azaltmaktır.
Bu farkların veya sapmaların azalması, mesela, özellikle çimento ve kat-
kı maddesi içeriğini azaltarak ve işlenebilirlikte tek düzelik sağlaya-
rak beton ekip ve araçlarının verimini arttırır, maliyeti azaltır.

Ancak istenen özelliklerin sağlanabilmesi için yapılan deneyler, Üre-
tim ve deneylerde kullanılan aletler ve her türlü denetim çalışması [3,4]

istenen niteliğe bağılı olarak bir ek maliyet getirir. Ürünün niteliği her bir üretim aşamasının nitelik düzeyine bağılıdır. Aşamalardan birinde nitelik denetiminin zayıf olması sonuçta düşük nitelikli bir ürün vereceğinden diğer aşamalardaki yüksek nitelik düzeylerine bağılı yüksek maliyet nedeniyle ürünün gerçek toplam maliyeti yükselir. Diğer yandan nitelikli araç ve gereçlerle üretim yapan bir işletmede niteliksiz personel istihdam edilmesi veya bunun tersi de kayıplar nedeniyle gerçek maliyeti arttırır. Araç, gereç, işçilik nitelikleri ve denetleme düzeyinin malzeme yönetimi kuralları içinde uyumlu birleşimi gerçek maliyeti en aza indirecektir [5,6,7].

1.1. Beton Karışım Hesap Esasları - Normal ve Yüksek Dayanımlı

Beton bileşimi belirlenmesi işlemi aslında oldukça büyük sayıda ve çeşitli etkenler ve değişkenler arasındaki karşılıklı etkileşimleri de gözönünde bulundurarak yeterince uygun beton elde etmek için uygulanan bir tahminler, hesaplar, deneyler ve denetimler dizisinden oluşur. Bu işlemler dizisi ardışık yaklaşımlarla uygun bileşime götürür.

Ancak uygulamada çoğu kez çok sayıda parametre ve bunların tüm etkileşmelerini gösteren karmaşık ve çok sayıda bağıntılar kullanmak yerine proje dayanımı, çimento türü ve özellikleri, katkı maddelerinin özellikleri, en az çimento içeriği, en büyük su/çimento oranı, agrega sınıflarının tane boyutu dağılımları, tane biçim ve pürüzlülüğü, tane yoğunluğu, beton karıştırma, iletme, yerleştirme ve sıkıştırma yöntemi seçilir veya kabul edilir [2, 8]. Deneyim birikiminden yararlanılarak istenen işlenebilme, dayanıklılık ve dayanım [9] özelliklerine sahip beton bileşimi tahmin edilir ve deneylerle sınanarak iyileştirilir.

TS 500 / 1984 [9] esaslarına göre beton sınıfı BS 30 (karakteristik dayanımı 30 MPa) ve daha yüksek olan betonlar "yüksek dayanımlı" betonlardır. Karakteristik dayanımı 70 MPa (ortalama dayanım $\geq$ 80 MPa) ve daha yüksek olanlar ise "çok yüksek dayanımlı" beton olarak adlandırılmaktadır [2, p.692 ff; 14; 15].

Yüksek dayanımların elde edilebilmesi için çimento hamuru ve agrega dayanımları yanında iri agrega-harç fazı ve agrega-çimento hamuru arasındaki bağ dayanımının ve ayrıca karışım agregası doluluk oranının da yüksek olması gerekmektedir. Bu son iki amacın gerçekleştirilmesinde su/çimento oranlarının azaltılarak, uyumlu süper akışkanlaştırıcı katkı maddeleri [14; 15; 16] ve çimentonun ağırlıkça % 5'ini aşan miktarlarda mineral esaslı çok ince (tane boyutu $< 5\mu\text{m}$) öğütülmüş malzemeler, özel-

likle yoğunmuş silis dumanı (tane boyutu $\leq 2\mu\text{m}$) birlikte kullanılmaktadır. Silis dumanında SiO_2 içeriğinin % 80'den fazla ve yoğunmuş silis dumanı, (YSD)'nin, çimentonun % 10'u yerine ikame edilmesi önerilmektedir [17] .

1.2. Beton Bileşimi Optimizasyonu Üzerinde Yapılmış Çalışmalar

Kocataşkın [18] iki sınıf agregası kullanılarak üretilen betonlarda birim hacim içindeki malzemelerin toplam fiyatını minimum yapan bileşimin SIMPLEX ardışık yaklaşımlar yöntemi ile belirlenebileceğini gösterdi. Abbasi ve arkadaşları [19] belirli ince ve iri agregası ve portland çimentolu betonlarda elde ettikleri dayanım ve koni çökme değerleri ile bileşim oranları arasındaki bağıntılardan dayanımı veya işlenebilmeyi en büyük yapan veya bu ikisinin uygun birleşimlerini veren çözümler elde ettiler. Haktanır [20] TS 802 [8] esaslarına uygun olarak agregası karışımı tane boyutu dağılımını belirli bir tane boyutu dağılımı sınırlamasına uydurarak ve karışım agregası maliyetini en aza indirerek karışım oranlarını hesaplayan bir bilgisayar programı geliştirdi. Özturan ve Özturan [21] yine TS 802 esaslarına uygun olarak agregası karışımının tane boyutu dağılımı belirli bir bölge içinde kalmak üzere, birim hacme giren malzemelerin toplam fiyatını minimum yapan bir program geliştirdi.

Kadioğlu [22] ve Erdoğan [23] her nitelik denetleme düzeyine bir standard sapma ve denetleme maliyeti ve işçilik tekabül ettirerek betonlarda toplam maliyeti en aza indiren nitelik denetleme düzeylerini belirlediler.

1.3. Konu ve Kapsam

Bu çalışmada yıkanmış, elenmiş üç sınıf dere malzemesi, katkılı, normal ve yüksek portland çimentoları (KPÇ-325, PÇ-325, PÇ-400), mineral esaslı ince taneli puzolanik malzeme ve süper akışkanlaştırıcı beton katkı maddesi kullanılması halleri incelendi. Geliştirilen modelde her bir nitelik denetleme düzeyine bir standard sapma ve nitelik denetleme maliyeti tekabül ettirildi. Nitelik denetleme maliyetleri de yerel pazar verilerinden hesaplanarak en az birim maliyetli beton bileşimini hesaplamaya yarayan bilgisayar destekli bir yöntem geliştirildi.

2. OPTİMUM BETON BİLEŞİMİNİN BELİRLENMESİ

Geliştirilen yöntem daha önceki çalışmalarda 24, 25 normal dayanımlı betonlar üzerinde elde edilen sonuçlardan yararlanılarak denendi. Her bir beton sınıfı için beş ayrı nitelik denetleme düzeyinde 1 m^3 yerine yerleşmiş betonun maliyetini en aza indiren bileşimler SIMPLEX lineer iterasyon yöntemi uygulanarak belirlendi.

2.1. Beton Bileşenlerinin Özellikleri

Dişbaz, spilit ve piroklastik tüf ve mileritik kalker içeren dere agregaları, KPÇ 325, PÇ 325 ve PÇ 400 çimentolarının özellikleri Tablo 1' de görülmektedir. BS 14 ve 16 için KPÇ-325 BS 20 için KPÇ-325 ve PÇ-325 ayrı ayrı, BS 25, 30 ve 35 için PÇ-325, BS 40 için PÇ-325 ve PÇ-400, BS 45 ve daha yüksek beton sınıfları için ise PÇ-400 kullanılabacağı varsayıldı. Malzeme fiyatları KPÇ-325'in fiyatına bölünerek bulunan bağıl fiyatlar (kg çimento)/(kg malzeme) cinsinden ifade edildi.

2.2. Denenen Betonların Özellikleri

En küçük çimento dozajı 300 kg/m^3 , en büyük tane boyutu 31.5 mm, kıvamı ise plastik (çökme 50 mm - 100 mm) alındı. Su gereksinimi Bolomey 10, s.152- bağıntısı ile katsayılar deneysel verilere uydurularak ve Day 11 bağıntısındaki gibi katkı maddesinin su gereksinimine etkisini hesaba katan bir katsayı kullanılarak hesaplandı. Su gereksinimini en aza indirmek amacıyla karışım agregası tane boyutu dağılımı normal dayanımlı betonlar için TS 802' de tanımlı A32 - B32 arasında kalacak ve olabildiğince A32'ye teğet olacak şekilde belirlendi. Yüksek dayanımlı betonlarda ayrıca Faury ayarlama yöntemi 10, s.239- ile bulunan değerlere uygunluk sağlandı.

2.3. Nitelik Denetim Düzeyinin Maliyete Katkısı

Nitelik denetim düzeylerine tekabül eden basınç dayanımı dağılıma parametreleri Tablo 2' de görülmektedir. Bu çalışmada kabul edilen standard sapmalar karakteristik dayanım ve nitelik denetim düzeyine bağlı olarak

$$SD (FCK, L) = (1 - e^{-0.06 FCK}) (2.8 + 1.2 L) \quad (1)$$

bağıntısı ile hesaplandı. Bu bağıntıda:

FCK= Karakteristik dayanım, MPa

L= Nitelik denetim düzeyi, (1, 2, 3,...6)

Tablo 1. Malzemelerin Özellikleri

MALZEME	Çimento			Su	Agrega No.1	No.2	No.3	Çok İnce malz.	Katkı
TÜR	KPÇ-325	PÇ-325	PÇ-400	Şehir	İnce	Orta	İri	YSD	SA
BAĞIL FIAT, 10 ⁻³ kg ç/kg	1000.	1180	1400	3.58	66.3	66.3	66.3	40,000.	20,000.
YOĞUNLUK Mg/m ³	3.16 *	3.22 *	3.24 *	1.00	2.62 *	2.71 *	2.70 *	2.2	-
BLAINE, m ² /kg	348	308	380	-	-	-	-	-	-
NORMAL KIVAM SUYU, ağı %	32	25	31	-	-	-	-	-	-
BASINÇ DAYANIMI, 28 günlük, MPa	38.	35.	45.	-	-	-	-	-	-
TANE BOYUTU DAĞILIMI **									
	Elek göz boyutu, mm								
G	31.50	-	-	-	100.	100.	100.	-	-
E	16.00	-	-	-	100.	90.	15.	-	-
Ç	8.00	-	-	-	100.	19.	0.1	-	-
E	4.00	-	-	-	79.	0.3	0.1	-	-
N	2.00	-	-	-	50.	0.1	0.	-	-
	1.00	-	-	-	35.	0.	0.	-	-
%	0.500	-	-	-	25.	0.	0.	-	-
	0.250	-	-	-	7.7	0.	0.	-	-
	0.200	100.	100.	100.	-	-	-	-	-
	0.180	100.	-	-	4.1	0.	0.	-	-
	0.125	-	-	-	2.0	0.	0.	-	-
	0.090	98.	91.2	96.4	-	-	-	-	-
	0.075	96.5	-	-	-	-	-	-	-
	0.063	-	-	-	-	-	-	-	-

* Yoğunluklar su içerisinde belirlendi. ** Kuru eleme.

SA : Süper Akınlaştırıcı YSD: Yoğuşmuş Silis Dumanı

SD= Standard sapma, MPa
değerlerini göstermektedir.

Nitelik denetimi bağıl maliyetleri, RCQC(L), ise maliyetler 1 kg KPÇ-325 çimentosu fiyatına oranlanarak hesaplandı ve Tablo 3'te verildi. Yüksek beton sınıflarını yüksek denetim düzeylerinde elde edebilmek için gerekli mevcuda ek nitelikli denetici personel ve makina teçhizat maliyeti de hesaba katıldı.

Tablo 2. Nitelik Denetim Düzeyleri ve Dağılıma Parametreleri

BASINÇ DAYANIMLARININ DAĞILMASI											
NİTELİK DENETİM DÜZEYİ	L	Standard Sapma, MPa						Verleşyon Katsayısı, %			
		Şantiyede						Lab.	Şantiye		
		[2] *	[22]	[23]	[26]	[27]	[28]	[2]	[4]	[26]	[28]
Mükemmel	1	<3.	2.75	2.75	-	-	2.8	<1.5	10	-	5
Çok iyi	2	3.-3.5	3.25	4.50	3.-5.	-	3.5	1.5	12	<10	12
İyi	3	3.5-4.	3.75	5.75	5.-6.5	4.-5.	4.2	1.5-2.	15	10-20	15
Orta	4	4.-5.	4.50	7.25	6.5-8.	5.-7.	5.6	2.-2.5	18	20-30	18
Zayıf	5	>5.	5.25	9.00	>8.	7.-8.	7.0	>2.5	20	>30	20
Denetimsiz	6	-	-	-	-	>8.	8.4	-	25	-	25
* Kaynak çalışma numarası											

* Kaynak çalışma numarası

2.4. Program Akış Diyagramı ve Uygulama Sonuçları

Bilgisayar programı FORTRAN IV dilinde yazıldı. Akış diyagramı Şekil 1' dendir. Elde edilen sonuçlar ise Tablo 3'te verildi.

2.5. Sonuçların Tartışılması

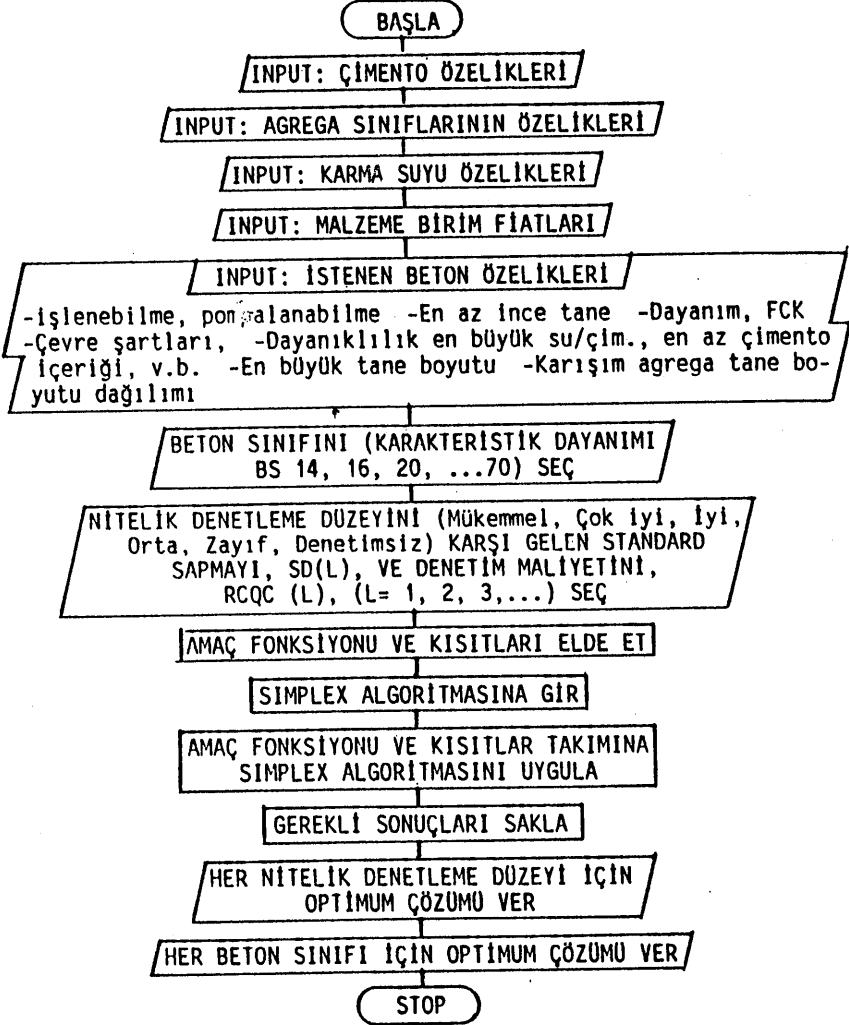
Tablo 3 incelendiğinde çimento içeriği, X1, için konulan alt sınırın dayanımın gerektirdiğinden fazla olduğu BS 14'ün mükemmel, çok iyi, iyi (L= 1. 2, 3) nitelik denetimi düzeyleri için denetim düzeyindeki artışın maliyeti düşürücü etkisinin ortaya çıkmadığı görülmektedir. BS 14 için "zayıf", BS 16 için "orta" denetim düzeyinde maliyet en küçük olmaktadır. BS 20 ve daha yüksek beton sınıfları için ise optimum çözümler giderek "iyi", "çok iyi" ve "mükemmel" denetleme düzeylerinde elde edildi. Yüksek dayanımlı betonlarda süper akışkanlaştırıcı, SA, katkı maddesinin çimento ağırlığının % 1'i ve portland çimentosunda yoğunlaşmış silis dumanı, YSD, ikamesi ise % 10 alındı.

3. SONUÇLAR

Nitelik denetiminin maliyete katkısı, ilgili araç, gereç ve personel etmenleri gözönüne alınarak betonun optimum bileşimi ve nitelik denetim düzeyi bilgisayar destekli optimizasyon yöntemi uygulanarak bulunabilmektedir.

Basit ve küçük beton tesis ve ekipleri ile üretimde

- BS 14 ve BS 16 beton sınıfları için optimum çözüm düşük nitelik



Şekil 1. Geliştirilen Optimizasyon Yönteminde İşlemler

Tablo 3. Beton Bağıl Fiatları ve Bileşimleri

DENETİM DÜZEYİ, L RCQC(L)	1 Mükemmel 45.2	2 Çok İyi 33.6	3 İyi 24.9	4 Orta 14.7	5 Zayıf 2.40	6 Denetimsiz 0.50	Açıklama
B RTC	485	474	466	465	(464)	465	KPÇ-325
E 14 X1	300	300	300	311	323	324	+X0 SA
T X2/X1	.490	.481	.473	.461	.450	.447	+X0 YSD
O RTC	493	489	488	(486)	488		KPÇ-325
N 16 X1	308	316	324	337	350	-	+X0 SA
X2/X1	.464	.456	.449	.439	.430		+X0 YSD
S RTC	541	537	(536)	538	538		KPÇ-325
I 20 X1	361	369	378	391	404	-	+X0 SA
N X2/X1	.423	.417	.412	.404	.396		+X0 YSD
I RTC	533	522	512	501	(491)	500	PÇ-325
F 20 X1	300	300	300	300	303	311	+X0 SA
I X2/X1	.564	.556	.549	.539	.528	.515	+X0 YSD
RTC	555	549	548	(547)	548		PÇ-325
B 25 X1	323	329	336	347	358	-	+X0 SA
S X2/X1	.512	.507	.500	.493	.485		+X0 YSD
RTC	615	609	(608)	611	611		PÇ-325
30 X1	378	386	393	404	416	-	+X0 SA
X2/X1	.472	.468	.463	.457	.451		+X0 YSD
RTC	677	675	(674)	677	679		PÇ-325
35 X1	439	447	455	467	481	-	+X1.0 SA
X2/X1	.440	.436	.433	.428	.423		+X0 YSD
RTC	748	746 ()	746	751	753		PÇ-325
40 X1	505	514	524	537	551	-	+X1.0 SA
X2/X1	.415	.411	.408	.404	.400		+X0 YSD
RTC	807	(806)	807	814	818		PÇ-400
40 X1	471	480	489	501	515	-	+X0.1 SA
X2/X1	.444	.440	.437	.433	.429		+X0 YSD
RTC	(901.)	906	910	919	933		PÇ-400
45 X1	510	520	528	540	556	-	+X1.0 SA
X2/X1	.410	.405	.400	.394	.389		+X0 YSD
RTC	(2474)	2525	2568	2632	2699		PÇ-400
50 X1	420	431	440	453	467	-	+X1.0 SA
X2/X1	.450	.445	.441	.437	.432		+X10. YSD
RTC	(2702)	2741	2796	2860	2927		PÇ-400
55 X1	460	469	480	493	507	-	+X1.0 SA
X2/X1	.431	.425	.420	.414	.405		+X10. YSD
RTC	(2873)	2913	2967	3014	3070		PÇ-400
60 X1	490	499	510	520	532	-	+X1.0 SA
X2/X1	.400	.394	.389	.383	.377		+X10. YSD
RTC	(3083)	3129	3184	3238	3306		PÇ-400
65 X1	520	530	541	552	566	-	+X1.5 SA
X2/X1	.385	.380	.374	.369	.362		+X10. YSD

Not: - RCQC(L), bağıl nitelik denetim maliyeti, kg KPÇ-325/m³ beton.
- RTC, beton bağıl maliyeti, kg KPÇ/m³ - X1, çimento dozajı, kg çim/m³ bet.
- X2, su içeriği, kg su/m³ bet. - (), minimum bağıl maliyet.

denetleme düzeylerinde,
- Daha yüksek beton sınıfları için ise giderek yükselen denetim düzeylerinde,
sağlanmaktadır.

Gelişmiş makina teçhizat kullanan büyük beton tesisleri ile üretimde ise makina teçhizat ve vasıflı personel maliyeti yüksek olduğundan

- Düşük beton sınıflarının maliyeti yüksektir, bir diğer deyimle yüksek beton sınıfı maliyetlerinden anlamlı düzeyde düşük değildir,
- Optimum üretim, ancak yüksek beton sınıfları ve yüksek denetim düzeylerinde elde edilebilir.

Hangi denetim düzeyinin hangi yapıda hangi beton sınıfı için optimum çözüme götüreceği hakkında sağlıklı, güvenilir bir yargıya varabilmek için tüm etmenlerin maliyete etkisinin bilinmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

1. -----, "Optimized mix design of concrete", RILEM TC 70-OMD, Materials and Structures, v.20, n 115, 1987, pp.51-53.
2. Neville, A. "Properties of Concrete", Longman Scientific and Technical, Avon, 1986, 779 pp.
3. -----, "Guide for Concrete Inspection, ACI 311.4R-88", ACI Materials Journal, July-Aug. 1988, pp. 303-313.
4. -----, "Simplified Version of the Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results, ACI 214-3R-88", ACI Materials Journal, July-Aug. 1988, pp.272-279.
5. Çataklı, M.R., Arditi, D. "An overview of materials management in construction projects", Endüstri Mühendisliği, TMMOB, C.2 S.7 Mayıs 1990, s. 3-11.
6. Alacaklı, D. "Yeni bir yönetim anlayışı olarak toplam kalite kontrol" Endüstri Mühendisliği, TMMOB, C.2 Sayı 7, Mayıs 1990, s. 12-16.
7. Peşkirioğlu, N. "Toplam kalite güvenilirliği programlarının entegre bir parçası olarak Taguchi yöntemi", Verimlilik Dergisi, MPM, 1990/4, s.65-92.

8. -----, "TS 802 Beton Karışım Hesap Esasları", Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1985.
9. -----, "TS 500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", Türk Standardları Enstitüsü, Ankara 1984.
10. Postacıoğlu, B. "Yapı Malzemesi Dersleri-Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton", İ.T.Ü. Kütüphanesi Sayı 1011, İstanbul, 1975, 333 S.
11. Day, K.W. "Computer mix design", Concrete International, ACI, Sept. 1984, pp.26-31.
12. Peyfuss, K.F. "Simplifying concrete mix design with the PC", Concrete International, ACI, Dec. 1990, pp. 47-49.
13. Day, K.W. "Spreadsheet topics", Concrete International, ACI, Dec. 1990, pp. 50-53.
14. Howard N.L. and Leatham, D.M? "The production and delivery of high-strength concrete" Concrete International, April 1989, pp.26-30.
15. Rosenberg, A.M. and Gaidis, J.M. "A new mineral admixture for high-strength concrete", Concrete International, April 1989, pp. 31-36.
16. Florato, A.E. "PCA research on high-strength concrete" Concrete International, April 1989, pp.44-50.
17. Larrard, F. de "Ultrafine particles for the making of very high strength concretes" Cement and Concrete Research, Vol. 19, pp.161-172, 1989.
18. Kocataşkın, F. "Beton karışımlarının optimizasyonu", Malzeme Seminerleri, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul, s.139-149, İstanbul 1982.
19. Abbasi, A.F., Ahmad, M., Wasim, M., "Optimization of concrete mix proportioning using reduced factorial experimental technique", ACI Materials Journal, Title no. 84-M8, Jan-Feb. 1987, pp.55-63.
20. Haktanır, T. "Computer aided concrete mix design", Doğa Dergisi, TÜBİTAK, Cilt 11, Sayı 2, 1987, s. 206-223.
21. Özturan, T., Özturan, M., "Bilgisayar yardımıyla beton karışım hesabı ve karışım optimizasyonu" İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı Sempozyumu, Bildiriler Kitabı Cilt II, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi İstanbul 1988, s.360-369.
22. Kadioğlu, K., "Concrete Mix Design Optimization", Graduation Project, (Supervisor: Assoc.Prof.A.Güner, Assoc.Prof.İ.H.Özsabuncuoğlu) METU Gaziantep 1989, 47 pp.

23. Erdoğan, N. "Concrete Mix Design Optimization", Graduation Project, METU Gaziantep (Supervisors: Assist.Prof.A.M. Dawod and Assoc.Prof. A.Güner) September 1990, 138 pp.
24. Akkan, S. "Properties of Concretes Produced with Cements and Aggregates in Gaziantep Region", A Master's Thesis, Department of Architecture, METU, Ankara, 1988.
25. Ergönül, S. "Properties of Hydraulic Cements", and Aggregates in Gaziantep Region, A Master's Thesis, Department of Architecture, M.E.T.U., Ankara, 1988, 63 pp.
26. Akman, S. "Yapı Malzemeleri", İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1987.
27. Kong, F.K., Evans, R.H. "Reinforced and Prestressed Concrete", ELBS/Van Nostrand Reinhold (UK), 1987. 508 pp. (p.62)
28. Gamphir, M.L. "Concrete Technology", Tata Mc-Graw-Hill, 1989, 318 pp. (p.107)
29. Öztekin, E. "Kalite, kalite kontrol ve ekonomi", 1.Ulusal Beton Kongresi, Bildiriler, İstanbul, 1989, s.90-97.
30. Taner, M.N. "Beton kalitesi standardizasyonu ve beton kalitesinin yapı ekonomisi açısından önemi", 1. Ulusal Beton Kongresi, Bildiriler, İstanbul, 1989 s. 98-105.
31. Öztekin, E. "Kalite, kalite kontrol ve ekonomi", 1.Ulusal Beton Kongresi, Tartışmalar, İstanbul, 1989, s.34.

