

İSTANBUL ŞEHRİNDE YÜKSEK DAYANIMLI BETON

Feridun KOCAGİL
Kalt.Kont.Şefi
STFA İnş. A.Ş.
İst.TÜRKİYE

Funda CERBEZER
Kalt.Kont.Müh.
STFA İnş. A.Ş.
İst. TÜRKİYE

Fikret DİNDAR
Kalt.Kont.Şefi
STFA İnş. A.Ş.
İst.TÜRKİYE

ÖZET

Bildirinin amacı, bu kongrede çoğunluğun değerlemek isteği betonda kalitesizliğin veya kalite düşüklüğünün paralelinde, şartnamelerin gerektirdiği titizlikte, yüksek dayanımlı betonların da yapılabilme olasılığını meydana çıkarmaktır.

Şantiyede kalite kontrol hizmetlerinde gösterilen titizlik, değişik çimento ve değişik agregalarla dahi, gerekli basınç dayanımlarının, 0.30 - 0.40 gibi bir su/çimento oranında kolaylıkla alınabileceğini göstermiştir.

1. GİRİŞ

Şehrimizde son yıllarda ihale edilen uluslararası büyük projelerin getirdiği yüksek teknoloji, kalite ve kalite kontrolü çok önemli ve titiz çalışması gereken bir konu haline getirmiştir. Ayrıca ülkemizdeki mevcut kalite anlayışına derinlik getirmiştir, boyut kazandırmış, kısaca kalite ve kalite kontrol konusunda yeni bir devir açmıştır. Artık geriye dönüşü mümkün olmayan bu titizlikte ileriye dönük olarak örgütleşmek, standartlaşmak ve gelişmek kaçınılmazdır.

Yüksek teknoloji beraberinde birçok gereksinime ilave olarak proje dizayn yüksek dayanımlı beton ihtiyacını da getirmiştir. Bu da yüksek kalite, hassas kalite kontrol anlayışını doğurmuştur.

Yüksek dayanımlı betonlar nelerdir :

	Çimento tipi
- Prekast tünel segmentleri	Sülfat resistanslı (ASTM Tip V)
- Prekast öngerilimli kirişler	PÇ 400 veya PÇ 500
- Songerilimli (Post Tension) betonarme tabliyeler ve kirişler	Yüksek fırın curuflu çimento
- Yüksek mukavemetli betonarme borular (3200 mm)	ASTM Tip V veya yüksek fırın curuflu çimento

Bu betonlardan istenen basınç dayanımı 45 N/mm^2 , şartnamelerin getirdiği ilave yenilik, bu dayanım için şantiye kalite kontrol laboratuvarlarında yapılacak ön beton karışım çalışmalarında en az 55 N/mm^2 dayanım elde edilmesi zorunluluğudur.

2. ÖN ÇALIŞMALAR

Ön çalışmalar ilk önce kaynak araştırması ile başlar. En iyiyi, en kaliteliyi yapmak ve başarmak için çoğu zaman bir kaç veya daha fazla alternatif vardır. Bunlardan en iyiyi, en ekonomik şekilde çözecek kombinasyonlar seçilmelidir.

Yüksek mukavemetli beton, elbette yüksek mukavemetli çimento ile başlar ve iyi dizayn, düşük su/çimento oranı, kaliteli ince agrega ile desteklenir. Bunların hiçbirisi yalnız başına düşünülemez.

2.1. Çimento

Üretilen yüksek dayanımlı betonlarda PÇ 400, ithal PÇ 500, zaman zaman da sülfata dayanıklı ASTM Tip V ve curuflu çimento kullanılmıştır. Çoğu zaman, büyük projelerin bir kesimindeki yüksek dayanımlı betonlar için bile birden fazla kaynak kullanıldığı gibi, programın aksamaması için çimento ithali yoluna gidilmiştir. Çeşitli kaynaklar demek, çeşitli çimento, harç mukavemetleri, çeşitli çimento incelik değerleri, çeşitli priz değerleri demektir ki, bu özelliklerin betondaki etkileri küçümsenemez.

Betonun diğer bileşenlerinde olduğu gibi, kullanılan çimento da şantiye laboratuvarlarında sürekli olarak kontrol altında tutulmuş ve periyodik olarak incelik, harç mukavemeti, priz deneyleri yapılmıştır. Çimento inceliğinin erken basınç dayanımına olan etkisi Şekil.1, de görülmektedir.

Kalite kontrol elemanlarınca yapılan bu sürekli hassas ve titiz çalışmalar sonunda hedef basınç dayanım değeri olan 55N/mm²'ye rahatlıkla ulaşılmıştır. Kullanılan çimentolar şantiye laboratuvarındaki testlerin haricinde bağimsız laboratuvarlarda kimyasal analiz ve fiziksel testlerden geçirilmiştir.

Beton basınç dayanımının birinci derecede, bağlayıcı ortamın dayanımı olduğunu, bunun da çimento harcının dayanımının yani kalitesinin bir ifadesi olduğunu hepimiz biliyoruz. Dolayısı ile çimentodan bahsederken, ince agreganın ve buna bağlı olarak harç mukavemetinin önemini bir kere daha belirtmek isterim. Şekil 2'de gördüğünüz gibi farklı kumlarda yapılan harçlarda bariz mukavemet farkları gözlenmektedir. İşte bu prensiple, yüksek dayanımlı betonlarda, ince agrega olarak kırma kumun kullanımı her zaman tercih edilmiştir ve edilmelidir.

2.2. Agregalar

Yüksek basınç dayanımlı beton üretimi için gerekli olan hassas çalışmada agreganın, bilhassa ince agreganın önemi büyüktür. Oysa İstanbul'un agrega kaynakları çok sınırlı hale gelmiştir. Son üç yıl içinde çok sayıda projeye birlikte gerekli agrega miktarı 20×10^6 m³'ü geçmiştir. Takdir edersiniz ki, bu kadar kısa bir sürede, bu kadar büyük bir miktarı elde etmeye çalışmak çok zor olmuştur. Bu nedenle bir projede bile, çeşitli ocaklardan ve farklı taş cinslerinden faydalanılmıştır.

Kullanılan kayaç türleri içinde; Çatalca, Cebeci, Hisarüstü, İstinye, Anadoluhisarı kalkerleri, Küçükköy, Ayazağa kum taşları ve Çatalca graniti vardır.

İşin kalitesinden feragat etmeden bu kaynaklardan yararlanmada kalite kontrol elemanlarına çok iş düşmektedir. Bu durumda taş ocaklarının da sürekli olarak kontrol altında tutulması ve özellikle kaliteli taşın seçimi, yüksek dayanımlı beton için çok önemli olmuştur.

Büyük projelerde yüksek dayanımlı betonların üretiminde agreganın yapısal, fiziksel ve mekanik özellikleri daha da önem kazanmaktadır. Agregalar özellikleri ortalama değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

2.3. Beton karışım hesapları (Dizayn) çalışmaları

Her türlü beton sınıfında olduğu gibi, yüksek dayanımlı beton için de istenilen mukavemete en ekonomik şekilde ulaşmanın yolu, en uygun karışım çalışmaları ile başlar. Bu yüksek basınç dayanım değerlerine ulaşabilmek için yüksek mukavemetli çimento ve sağlam, dayanıklı agrega ihtiyacı doğmuştur.

Dizayn çalışmalarında en yoğun ve en ideal karışımı elde etmede Fuller eğrisi metodu kullanılmıştır. Agregalara ait karışım yüzdeleri elde edilip karışım eğrisinin uygunluğu tespit edildikten sonra, beton karışım hesaplarına geçilmiştir. Hedef dayanım değerlerine ulaşmada 0.32 gibi düşük su/çimento oranlarına inmek gerekmiş ve buna bağlı olarak ta bu düşük su/çimento oranlarında kıvamlı beton elde edebilmek için süper akışkanlaştırıcılar kullanma gereksinimi ortaya çıkarmıştır.

Kullanılan değişik agrega ve değişik çimento adedi projeler için yapılan gerekli ön beton karışım hesap ve laboratuvar çalışması muhtemel kombinasyon adedini çoğaltmıştır. Çeşitli agrega ve çimento kombinasyonları ile yapılan dizayn çalışmalarının veri ve sonuçları Tablo 2 ve Şekil 4'de görülmektedir. Bu kombinasyonun neticesinin en erken 28 günde alındığı düşünülse, ön çalışmalar için harcanan zamanın büyüklüğü ortaya çıkmaktadır. Bu; yapımcı firma için zamanın para demek olduğunu düşünmemek ve bu çalışmayı önemsememek, kalitesizliğin getireceği ilave maliyetin proje bedelini nasıl etkileyeceğini, gözardı etmektir. Ön çalışmaların esasını teşkil eden su/çimento oranı ve basınç dayanımı bağlantısı eğrileri Şekil 3'de gösterilmiştir.

İşte bu laboratuvar çalışması sonunda, arzu edilen su/çimento oranında ve proje betonlarının üretileceği beton plantinde birebir ölçekte beton karışımları yapılarak betonda arzu edilen 1.Kıvam 2.Yüzey verme 3.Basınç dayanımı özellikleri tekrar kontrol edilmiştir.

3. BETON KALİTESİ VE DÖKÜM YÖNTEMLERİ

Yüksek dayanımlı beton kalitesinden bahsederken döküm yöntemlerinin önemi küçümsenemez. Döküm yöntemleri hepimizin bildiğinden daha değişik değildir, ancak hepsini de uygularken dikkat edilmesi gereken ufak, önemsiz gibi görünen, aslında önemli olan noktalar vardır. Vinç-kova, pompa, konveyör bandı, direktsutlama çok kullanılan yöntemlerdir. Vinç-kovada, kova temizliği, yüksekten dökmemek, kovanın giremediği yerler için özel şut gereklidir. Pompada yine pompa temizliği ve pompalamaya uygun akışkanlıkta beton dizaynı gereklidir. Direktsutlama en kolay gibi görünen ama yer kasıtlı olup ilave kuyruklar gerektiğinde çok dikkat ister.

Dikkat edilmesi gereken nokta şudur: Her değişik döküm yöntemi, değişik taze beton kıvamı gerektirir. İşte burada kalite kontrol personelinin bilgi ve döküm esnasında her bir m^3 betonda aynı kıvamı elde etmek için sarfettiği çaba, para ile ölçülmeyecek kadar büyüktür.

4. KÜR YÖNTEMİ

Yüksek dayanımlı betonun kür safhasında kalite kontrol da en mühim ve son safhasına gelmiş demektir. Buradaki hassas ve doğru uygulamadan sonra, 28 gün sonunda basınç dayanımı 50 - 60 N/mm² üzerinde dayanıklı, sağlam beton üretimi elde edilmemesi için hiçbir sebep kalmamıştır.

Projelerin hızı gereği, her türlü hava şartlarında beton dökümü yapmak gerekmekte, bunun sonucu olarak kışın 0°C'lerde ve altında yazın da 30 °C ve üstünde beton üretimleri ve dökümleri yapılmıştır. Bu gibi hava şartlarında, şartnameler gereği olarak, beton ısınısını kışın 5 °C üzerinde üretebilmek ve kür süreci boyunca bu ısı üzerinde tutabilmek, yazın da 32 °C altında beton üretebilmek ve kür süreci içinde betonu bu ısının altında tutabilmek için özel şartlar sağlanmıştır. Bazı projelerde bunu sağlamak için sıcak beton üretimi uygulaması yapılmıştır.

Son dört senede üretilen bu yüksek dayanımlı betonların kür işlemi büyük bir titizlik içinde gerçekleşmiştir. Uygulanan değişik yöntemler sırası ile,

1. Normal su kürü (7 gün devamlı)
2. Atmosfer basıncında buhar kürü
3. Özel kür maddesi sürülmesi'dir

5. SONUÇ

Kalite kontrol çalışmalarının verimini gösteren, istatistikî metodlarla elde edilen değerler ve eğriler Şekil 5-6-7-8 ve Tablo 2'de görülmektedir.

Yüksek dayanımlı beton üretimi, ancak kalite kontrolün gereğine inanmakla gerçekleşir. Bu üretilen beton sağlam, dayanıklı ve ekonomiktir. Bu üç niteliği, işin araştırma safhasından kür işleminin sonuna kadar gereken kalite görevlerini aksatmadan, bıkmadan, bütün bilgi ve tecrübelerini bu işe veren kalite kontrol elamanları gerçekleştirir ve var eder.

Bu bildiri, kötünün yanında çok iyinin yapılabilir olduğunu ortaya koymaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. CİLÂSON Necat, "Beton"
2. Concrete Manual
U.S DEPARTMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF RECLAMATION 1975
3. ACI MANUAL OF CONCRETE PRACTICE PART 1 1978
4. STFA Proje Günlük-Haftalık Faaliyet Raporları 1984-1989

AGREGALARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

MALZEME	ÖZGÜL AĞIRLIK		SU EMME %		L.A. ASINMA %	%10 İNCELİK KN *	DARBEYE DAYANIK LİLİK %	DONA DAYANIK LİLİK
	İNCE AGREGA	İRİ AGREGA	İNCE AGREGA	İRİ AGREGA				
MURATBEY GRANİT	2.60	2.62	2.90	1.20	21.0	176	21.0	3.95
MURATBEY KALKER	2.56	2.60	3.20	1.90	22.0	170	24.0	6.84
İSTİNYE KALKER	2.66	2.72	2.57	0.51	23.2	195	20.4	1.92
HİSARÜSTÜ KALKER	2.65	2.69	2.90	0.72	24.0	189	18.0	3.98
ANADOLU HİSARI KALKER	2.67	2.71	2.42	0.69	21.0	238	16.8	1.82
KÜÇÜKKÖY KUMTAŞI	—	2.69	—	0.81	21.5	202	19.6	2.57
AYAZ AĞA KUMTAŞI	—	2.71	—	0.75	20.9	212	18.9	2.07
	—	2.68	—	0.45	—	—	17.3	1.77

* BU DENEYLER BRITISH STANDARDLARININ UYGULAMA ZÖRÜNLÜLÜ
ĞUNDAN YAPILMIŞTIR.

T A B L O 1

CİMENTODA İNCELİK BASINÇ DAYANIMI BAĞINTISI

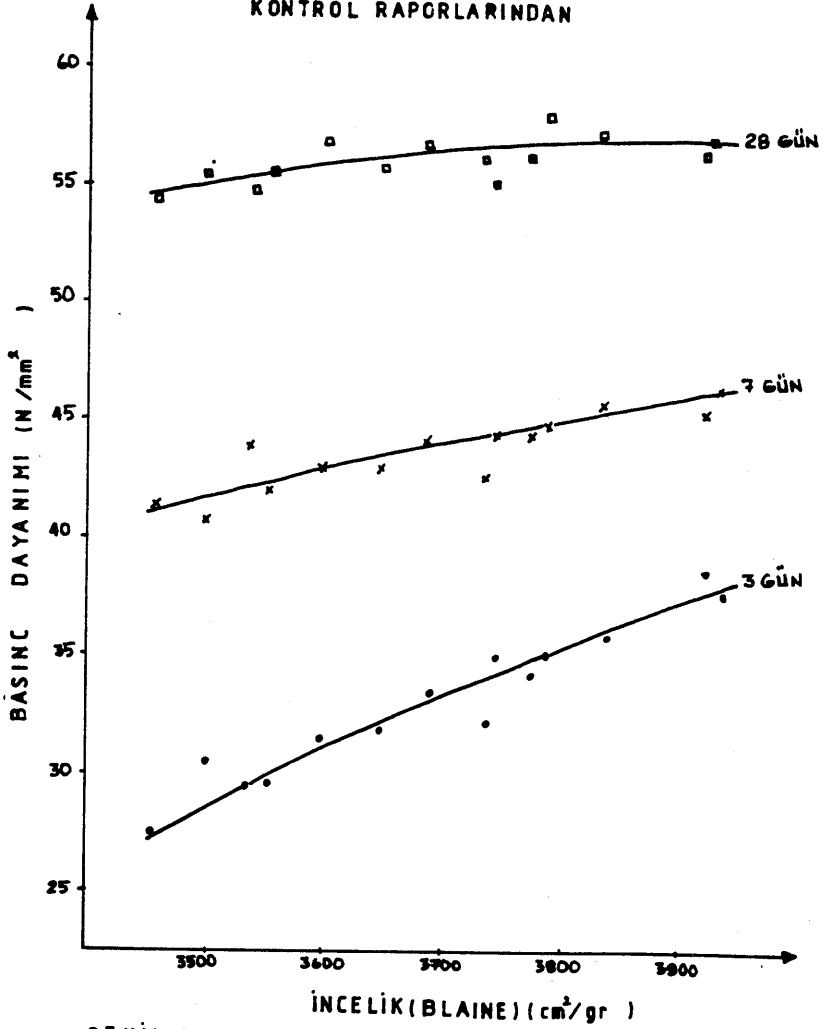
PROJE: KINALI SAKARYA OTOYOLU

YIL: 1986 1989

ÇİMENTO: PÇ 500 ROMANYA

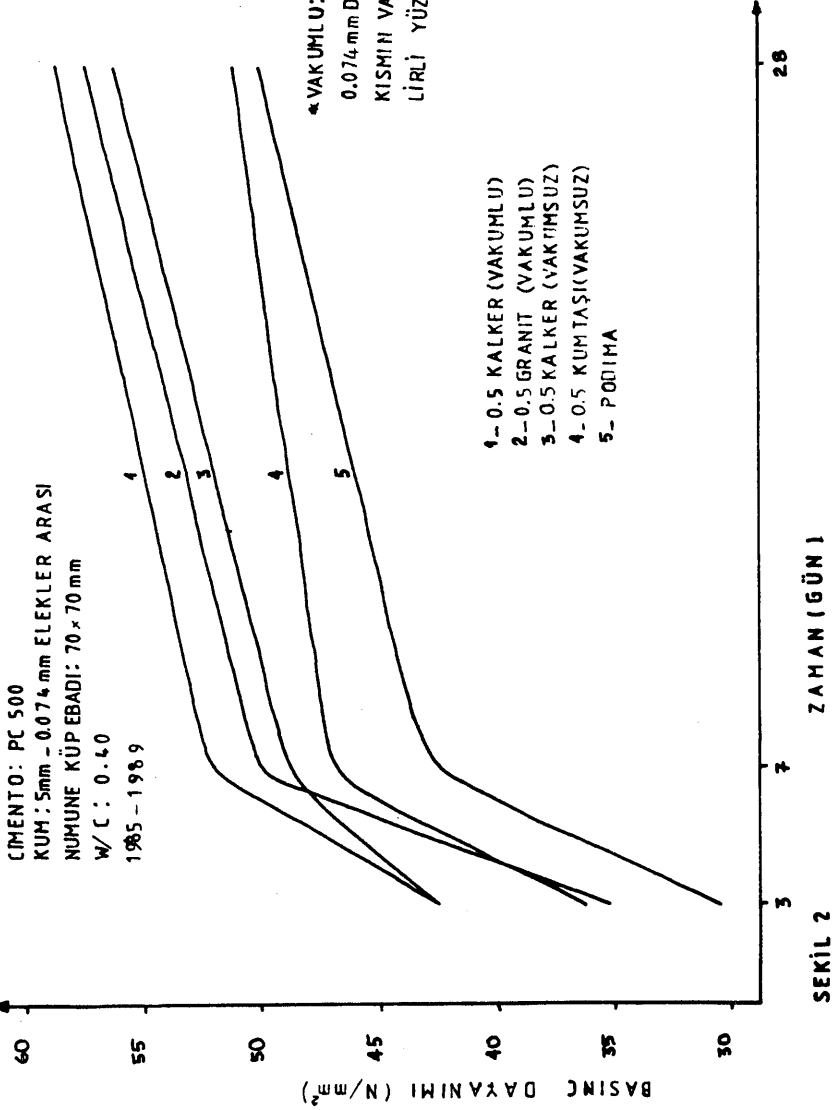
HAFTALIK SANTIYE KALİTE

KONTROL RAPORLARINDAN



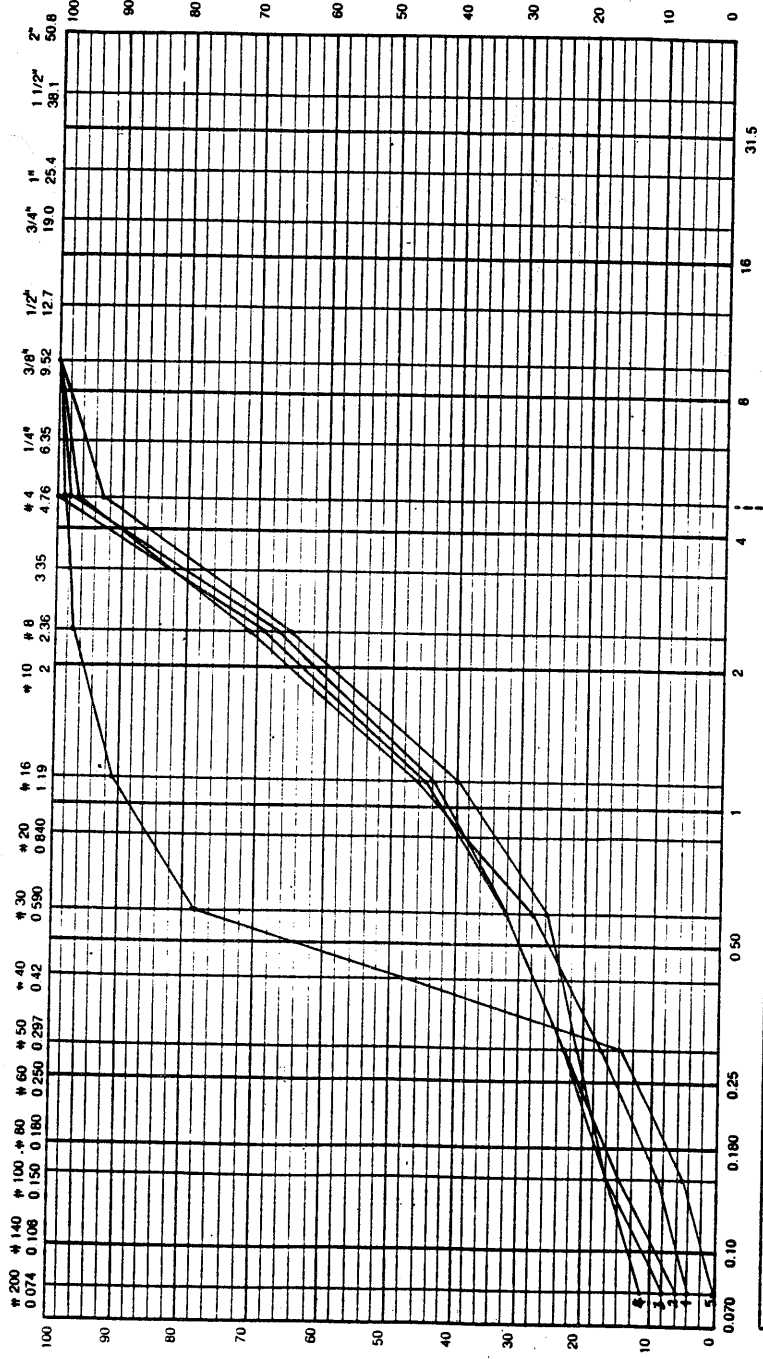
ŞEKİL 1

İNCE AGREGA SECİMİ VE KALİTE SÜREKLİLİĞİ



ELEK ANALİZİ GRAFİĞİ
ELEK AÇIKLIĞI (mm)

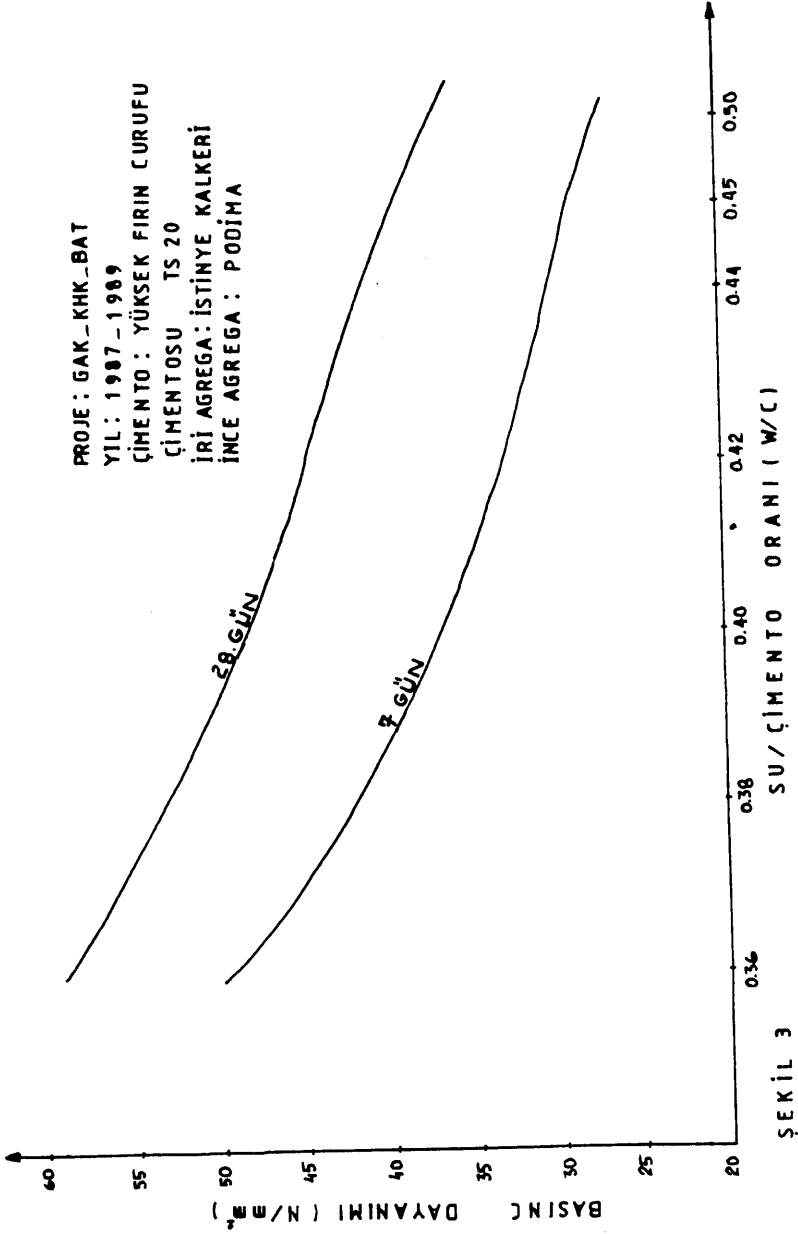
TARİH: / / 198



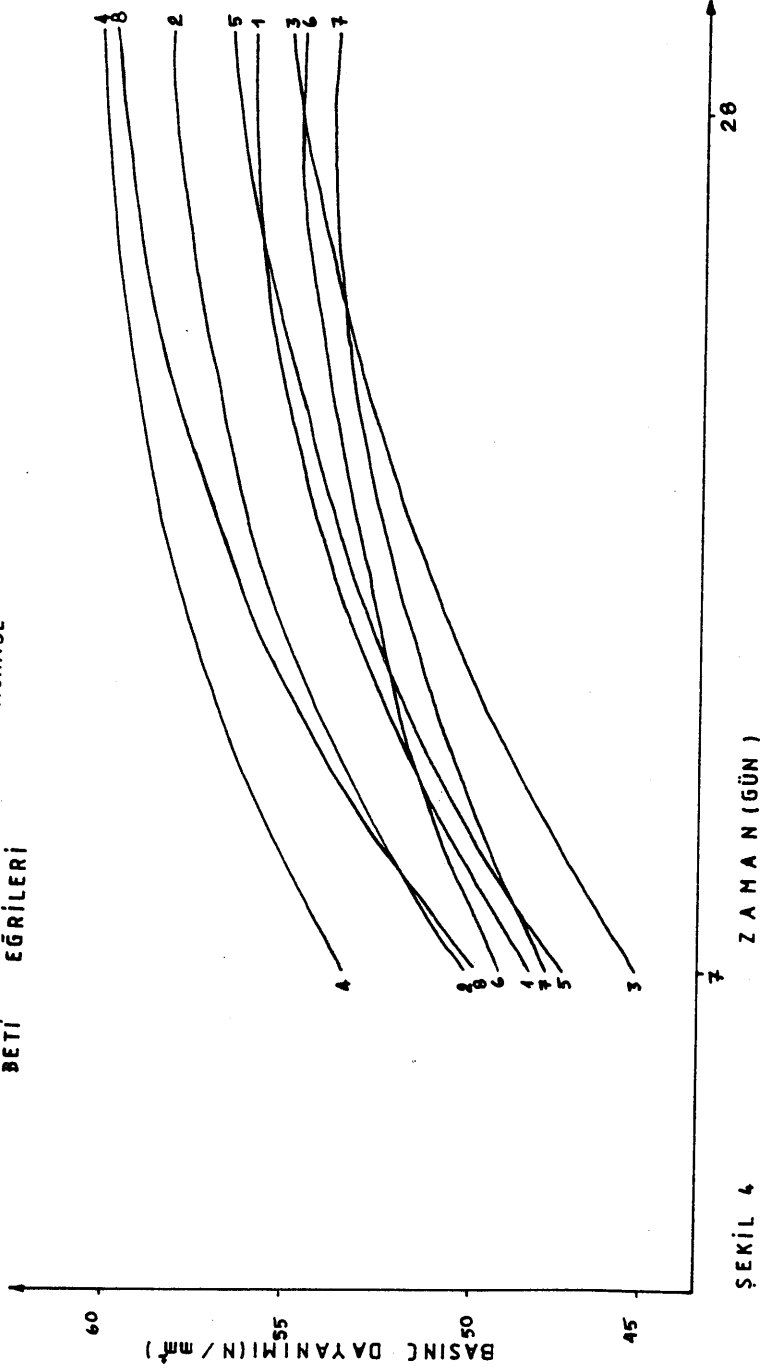
İNCE AGREGA

KABA AGREGA

SU/ÇİMENTO ORANI BASINÇ DAYANIMI MÜNASEBETİ



YIL: 1984 - 1989
 TABLO 2 DEKİ BETON KARIŞIMLARININ
 BASINÇ DAYANIMI İLE ZAMAN MÜNASE-
 BETİ EĞRİLERİ



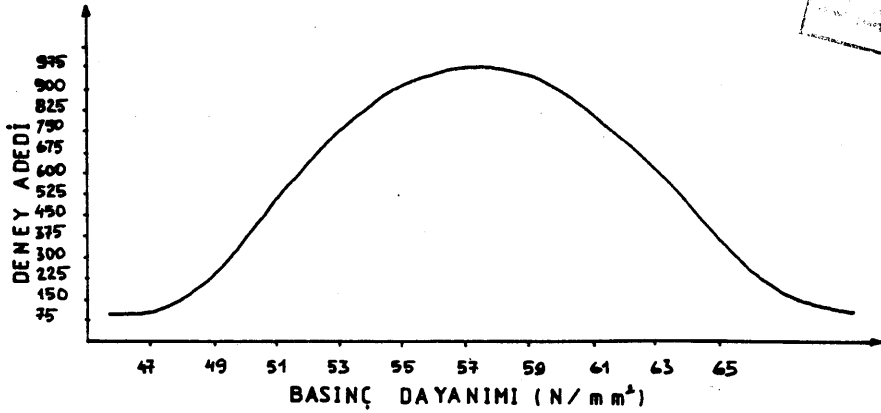
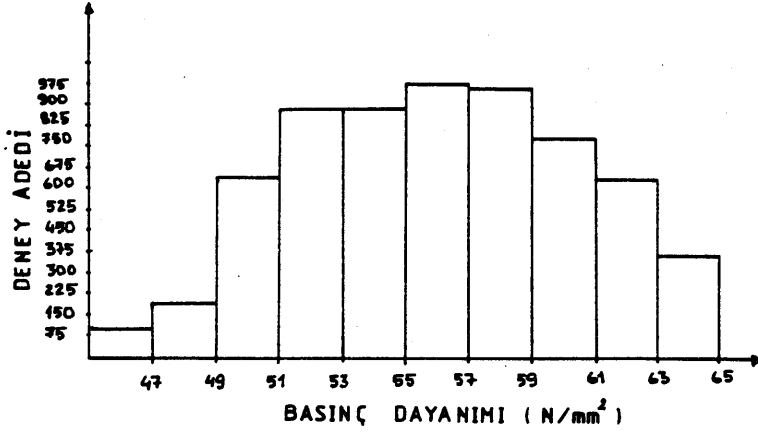
TABLO 2

BETON DİZAYNLARI

ÇEŞİTLİ

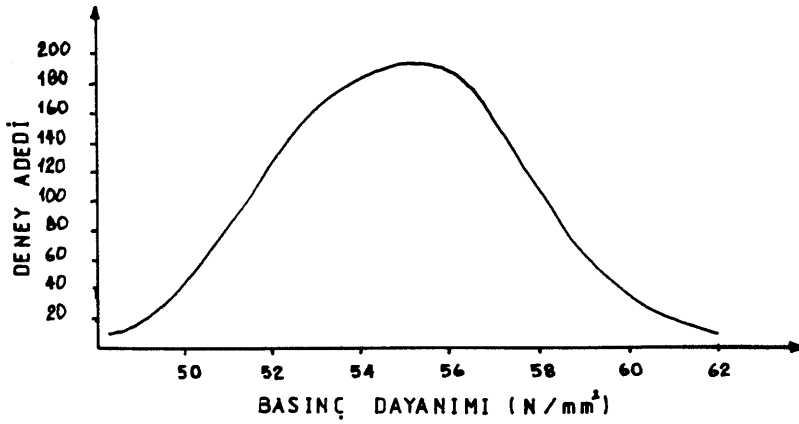
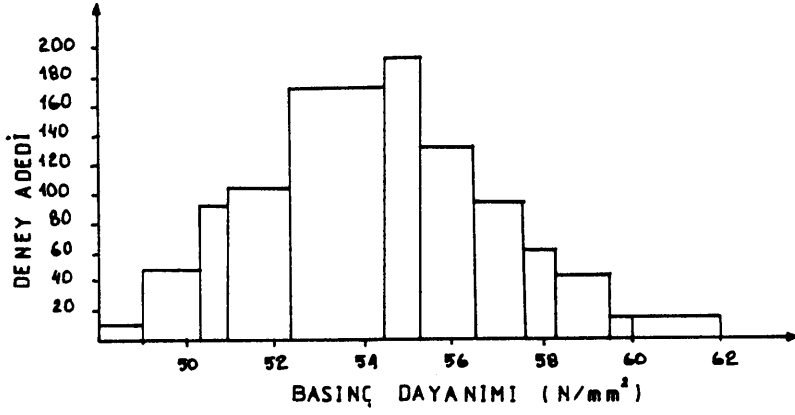
MALZEME VE Çİ- MENİTÖR GÖRÜ- ŞÜ	MALZEME (Dmax 20mm)		GİMENTO		SU GİMENTO ORANI W/C	KATKI SÜPER AKIŞKANLAŞTIRICI YÜDEĞİ	ORTALAMA BASINÇ DAYANIMI $\bar{x}$ (N/mm ²)		STANDARD SAPMA	VARYASYON KATSAYISI
	KAYNAĞI	CİNSİ	KAYNAĞI	TİPİ			7 GÜN	28 GÜN		
1 LOT 2A	AYAZAĞA	KUMTAŞI	KAYNAK(1)	PG 400	0.35	2.0	48.4	56.8	4.0	7.0
2 LOT 2A	KÜÇÜK KÖY	KUMTAŞI	KAYNAK(1)	PG 400	0.33	1.5	50.4	58.0	3.7	6.3
3 LOT 2A	İSTİNYE	KALKER	KAYNAK(2)	PG 400	0.34	1.8	45.3	54.7	3.9	7.1
4 LOT 2A	İSTİNYE	KALKER	KAYNAK(1)	PG 400	0.34	1.7	52.9	60.8	3.0	5.0
5 LOT 2B	İSARÜSTÜ	KALKER	KAYNAK(1)	PG 400	0.35	1.5	47.8	57.3	3.8	6.6
6 LOT 1	MURATBEY	KALKER	KAYNAK(1)	PG 400	0.33	2.0	50.3	57.5	2.7	6.0
7 LOT 1	MURATBEY	GRANİT	KAYNAK(3)	PG 500	0.33	2.0	46.3	54.5	3.4	6.4
8 KHK	CEBECİ	KALKER	KAYNAK(1)	TİP V	0.36	1.5	50.0	5.98	—	—

KINALI-SAKARYA OTYOLU 1.KISIM
BETON BASINÇ DAYANIMI DAĞILIMI



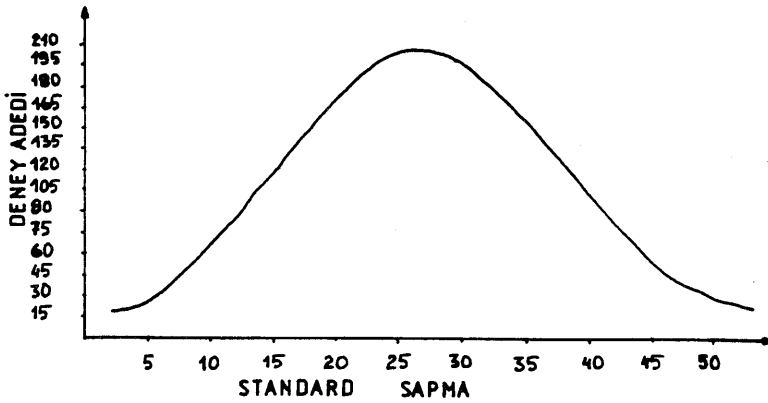
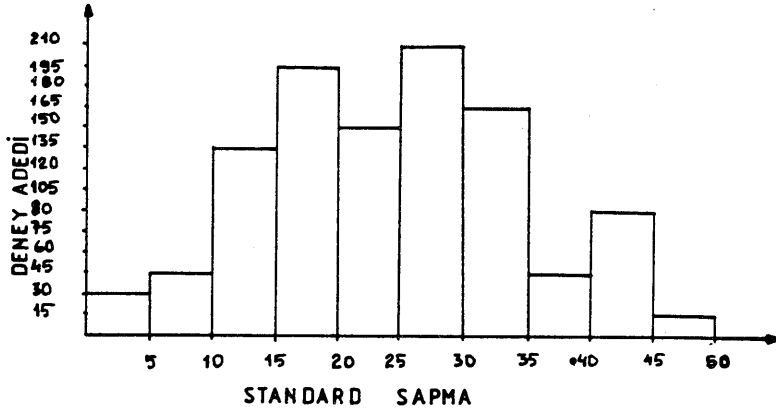
ŞEKİL 5

BAT PROJESİ
BASINÇ DAYANIMI DAĞILIM
EĞRİLERİ



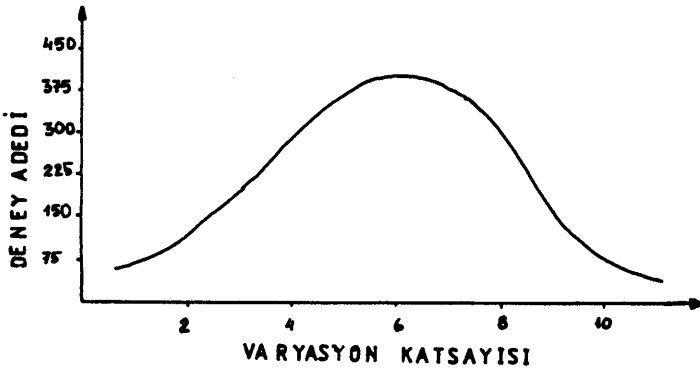
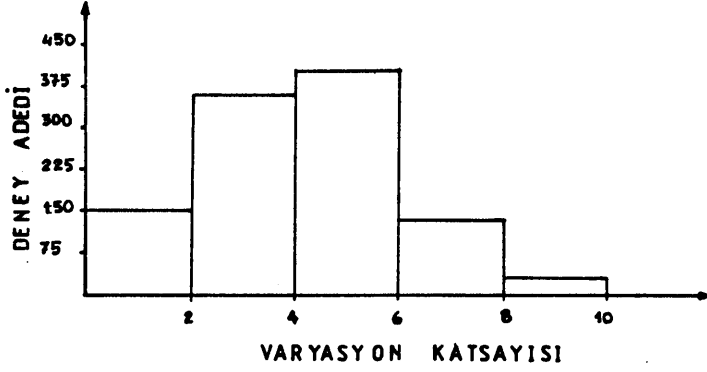
ŞEKİL 6

KINALI_SAKARYA OTYOLU 1.KISIM
BETON BASINÇ DAYANIMI STANDARD
SAPMA DAĞILIM



SEKİL 7

KINALI-SAKARYA OTOYOLU 1.KISIM
BETON BASINÇ DAYANIMI VARYASYON
KATSAYISI DAĞILIMI.



ŞEKİL 8

TABLE 3.5—STANDARDS OF CONCRETE CONTROL

Class of operation	Overall variation				
	Standard deviation for different control standards, psi (kgf/cm ²)				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
General construction testing	below 400 (28.1)	400 to 500 (28.1) (35.2)	500 to 600 (35.2) (42.2)	600 to 700 (42.2) (49.2)	above 700 (49.2)
Laboratory trial batches	below 200 (14.1)	200 to 250 (14.1) (17.6)	250 to 300 (17.6) (21.1)	300 to 350 (21.1) (24.6)	above 350 (24.6)

CHAPTER IV INSPECTION, FIELD LAB FACILITIES, AND REPORTS 179

EVALUATION OF CONTROL STANDARDS

