

Y.T.Ü. Mühendislik Fakültesi

Ataşkanlık Artırıcı Katkılı Maddeleri

Hasan Biricik

Yüksek Lisans Tezi

R 150
62

AKIŞKANLIK ARTIRICI KATKI MADDELERİNİN BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

LİSANSÜSTÜ BİTİRME TEZİ

İ.D.M.M. AKADEMİSİ
KÜTÜPHANESİ

Kayıt numarası: 40611

Demirbaş numarası: 38808

Kot numarası: R 150
62

Ek:

MÜHÜR





Yıldız Üniversitesi Kütüphanesine

Yapı Malzemesi Kütüphanesi

4/10/1982

[Signature]

Comp.

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Bölümü

6.3000kr.

AKIŞKANLIK ARTIRICI KATKI MADDELERİNİN BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ



LİSANSÜSTÜ BİTİRME TEZİ

Tezi yöneten : Doç. M. Ali SARAYLI

Tezi hazırlayan : İnş. Müh. Hasan BİRİCİK

İSTANBUL 1982

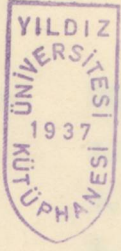
ÖNSÖZ

1981-82 Öğretim yılı Lisansüstü Bitirme tezi olarak deneysel bir çalışmayı uygun gördüm. Konu olarak, beton katkılarını seçtim. Katkıların kullanımı ülkemizde henüz çok yeni sayılabilir. Bu nedenle katkılarla ilgili kaynak da oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmamda bütün deneylerimi Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Bölümü Yapı Malzemeleri laboratuvarında yaptım.

Sınırlı olanaklara rağmen bana sağladığı olanak ve yakın ilgilerinden dolayı hocam sayın Doç.M. Ali SARAYLI'ya ve çalışmalarım sırasında her türlü yardımını esirgemiyerek bu araştırmamda büyük emeği geçen sayın As. Fikret TÜRKER'e yazım işinde yardımlarından dolayı sayın eşim Maryem'e teşekkür etmeyi zevkli bir borç bilirim.

Hasan BİRİCİK



İÇİNDEKİLER

	<u>Sahife</u>
ÖZET.....	1
1- GİRİŞ.....	1
1.1- Katkı ve oranları.....	2
2- GENEL BİLGİLER.....	4
2.1- Katkı maddelerinin sınıflandırılması.....	4
2.2- Yüzey aktif katkılar.....	6
2.3- Kimyasal yapıları.....	6
2.4- Akışkanlaştırıcı olarak etkiye biçimleri.....	7
2.5- Hava sürükleyici olarak etkiye biçimleri.....	7
2.6- Hava sürükleyici katkıların beton özelliklerine etkiye biçimleri.....	9
2.7- Başlıca hava sürükleyici maddeler.....	9
2.8- Hava miktarını etkileyen faktörler.....	14
2.9- Hava sürükleyici ve su indirgeyici katkılar.....	15
2.10-Kullanma biçimleri ve miktarları.....	15
3- KAOLİNİT GRUBU KİLLERİN STRÜKTÜR YAPISI.....	16
3.1- Plastiklik.....	18
3.2- Renk.....	18
3.3- Rötire.....	19
3.4- Kimyasal yapısı.....	20
3.5- Islak elek analizi.....	20
3.6- Deneysel çalışmada kullanılan kaolinitin özellikleri...	21
3.7- Yoğunluğu ve özgül ağırlığı.....	21

4-	DENEYSEL ÇALIŞMADA SİLİSİN ÖZELLİKLERİ.....	22
	4.1- Doğada bulunuşu.....	22
	4.2- Fiziksel özellikleri.....	22
	4.3- Kimyasal özellikleri.....	22
	4.4- Yoğunluğu ve özgül ağırlığı.....	22
5-	DENEYSEL ÇALIŞMA.....	23
	5.1- Amaç ve yöntem.....	23
	5.2- Yapılan deneysel çalışma programı.....	24
6-	DENEYLERDE KULLANILAN MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİ.....	25
	6.1- Agregata ve granülometrisi.....	25
	6.2- Çimento.....	26
	6.3- Çimento mekanik deneyleri.....	27
	6.4- Çimento standard mukavemetinin ortalama değerleri.....	29
7-	KATKI.....	29
8-	TAZE BETONUN HAZIRLANMASI.....	30
9-	SİLİNDİR NUMUNELERİN KÜRÜ.....	32
10-	TAZE BETONLA İLGİLİ DENEYLER.....	35
	10.1- İşlenebilirliğin tayini.....	35
	10.2- Numune yüzey durumu.....	42
11-	SERTLEŞMİŞ BETONLA İLGİLİ DENEYLER.....	42
	11.1- Biçim ve boyut.....	42
	11.2- Numune yüzey durumu.....	42
	11.3- Yükleme hızı.....	43
12-	DENEYLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	43
	12.1- Akışkanlaştırıcı katkıların su/çimento oranlarına etkileri.....	43

ÖZET

Katkı miktarı: silis, kaolinit ve agreganın 0.2 mm elekten geçen kendi tozu olmak üzere, agrega ağırlığının 0.10 oranında filler malzeme kullanılmıştır.

Bazı tip agregaların çimento içinde bulunan alkali ile birleşerek genişleyen bir jel meydana getirmesi ilk defa Birleşik Amerika'da 1938 senesinde "STANTON" tarafından gözlenmiştir. Genel olarak yavaş bir şekilde gelişen bu olayın zararlı etkileri sonunda yassılarından bir iki sene geçtikten sonra beton kütlelerinde önemli çatlaklar meydana

gelmekte, mukavemet gayet belirli bir şekilde azalmaktadır. Olayın esası agregalarda bulunan aktif silisin çimento içinde yer almış olan alkali maddeleri yani Na_2O ve K_2O ile bir reaksiyon yapması ve bunun sonucu sonsuz genişleme kabiliyetine sahip bir jelin meydana gelmesidir. Bu jelin ayrıca su emdikçe hacminin artması sebebiyle olayın daha zararlı bir şekilde vukuu bulması kabildir.

Çimento içinde $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ' nun toplamı % 0.6 dan büyük olması halinde meydana gelen jel zarar meydana getirir. Diğer taraftan reaksiyonun önemli miktarda vukuu bulması için agregalarda belirli bir miktarda aktif silis bulunması gereklidir. (Prof.B.POSTACIOĞLU) İ.T.Ü



1. GİRİŞ

Daha önceki çalışmada kullanılan katkı maddesi sodyum linyosülfanatın beton mukavemetine olan etkisi ve kompozitesini artırması incelenmiş, portland çimentosu harçlarının özellikle ilk anlardaki mukavemetini artırdıkları belirtilmekte idi. (1)

O araştırmada bu mekanizmanın esaslı katkı maddesinin Tansio-Aktif karakterde olan katkının hava sürüklenme özelliği olmasına karşın elde edilen sonuçlara göre uzun zamanda istenilen beton mukavemeti artışının elde edilememiş olması, aksine uzun zamanda mukavemette bir azalma düşme görülmüştür.

Katkı maddesi su/çimento oranını azalttığı için mukavemetin yükselmesi olarak açıklanıyordu. Eğer durum böyle ise dane yüzeyinden kaynaklanan bu etki katkı inceliği ve miktarı ile artar. Bu artış çimento hidratasyonunu artırır. Bu amaçla bu çalışma üç (3) katkı maddesi kullanılmış olup :

Agreganın 0.10' u oranında cam sanaiinde kullanılan 0.2 mm elekten geçen aktif silis ile 15 numune katkısız üretilmiştir. Yine 0.10 silisli ve çimentonun 0.006 sı oranında sodyum linyosülfanat katılarak 15 numune katkılı üretilmiştir.

Agreganın 0.10' u oranında kaolinit ile 15 numune katkısız üretilmiş. Yine kaolinit ile ve 0.006 sodyum linyosülfanat katılarak 15 numune katkılı üretilmiştir.

Agreganın 0.2 mm elekten geçen kendi tozu ile 0,10' u oranında 15 numune katkısız üretilmiş. Yine kendi tozu + 0.006 sodyum linyosülfanat katılarak 15 numune katkılı üretilmiştir.

1.1 KATKI VE ORANLARI ŞÖYLEDİR

Hiç bir katkı katılmadan 7, 28 , 90 günlük 15 numune üretilmiş, ayrıca çimentonun % 0.6 sı oranında sodyum linyosülfanat katılarak 7 , 28 , 90 günlük 15 numune üretilerek katkılı ve katkısız numunelerdeki mukavemet değişimleri incelenmiştir. Agreganın 0.10' u oranında cam sa nayiinde kullanılan 0.2 mm elekten geçen aktif silis ile 7 , 28 , 90 günlük 15 numune üretilmiş, ayrıca 0.10 silis katkılı ve çimentonun 0.006 ' sı oranında sodyum linyosülfanat katkılı 7 , 28 , 90 günlük katkılı 15 numune daha üretilerek silis katkılı ve hem silis katkı hem de sodyum linyosülfanat katkılı numunelerin mukavemet değişimleri ince lenmiştir.

Üçüncü bir grup numune ise Agreganın 0.10' u oranında seramik sa nayiinde kullanılan beyaz kaolinit ile 7 , 28 , 90 günlük 15 numune ü retilmiş, ayrıca kaolinit katkılı ve 0.006 sodyum linyosülfanat katkı lı 7 , 28 , 90 günlük 15 numune üretilerek katkılı ve katkısız numune lerin mukavemet değişimleri irdelenmiştir.

Bu çalışmada katkısız, katkılı olmak üzere aynı işlenebilirliğe sahip olmak üzeri 7 , 28 , 90 günlük 90 numune hazırlanmıştır.

Bu çalışmada deney sonuçlarını etkileyecek faktörler şunlar ola bilir.

- a- Katkı maddesi (filler malzeme) olarak çimentonun 1/10'u alınma sı gerekir iken bu çalışmada agreganın 1/10' u alınmıştır. Bu durumda ince malzemenin çokluğundan söz edilebilir.
- b- Çimento harcı el ile hazırlanmıştır. bu ise karışımın homogen bir şekilde karışmadığı durumunu ortaya koyar.

c- Kaolinit ile hazırlanan numuneler el ile vibre edilmiştir.

Bunların dışında bu çalışma akışkanlaştırıcı ve hava sürükleyici katkı maddesi ile filler malzemelerin beton mukavemetine olan etkilerini incelemek ve buna ilişkin verilerin (DATA) toplanmasına çalışılmıştır. Bu araştırmada normal portland çimentosu ile üç tür katkı maddesinin (silis, kaolinit ve akışkanlaştırıcı sodyum linyosülfanat) uyumu ele alınmıştır.

Eşit işlenebilme özelliğinde silindirik beton numuneler üretilmiş, katkısız konuma oranla su/çimento değerlerinde ve 7 , 28 , 90 günlük mukavemetlerde sağlanan değişimler izlenmiştir. Farklılıklar çimento ve katkı maddelerine göre değerlendirilmiştir.

Mukavemetler, gerek mukavemetten belli bir ortalama işçilik kat-sayısı hesaplanarak "OTTO GRAFF" formülü ile teorik mukavemet hesapla-narak indirilmiş, çimento-katkı karşılıklı etkileşiminin sadece bir komposite artışınamı yoksa fiziko-kimyasal bir sebebedemi dayandığı tartışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Katkı maddelerinin sınıflandırılması

Katkı maddelerinin standartlara geçen sınıflandırılması betonda amaçlanan nitelik değişikliğine göredir. Amaca yönelik sıralama, işlenebilmeyi artıran, priz sürelerini etkileyen, donda dayanıklılığı geliştiren, geçirimsizliği sağlayan katkıları gibi gruplar şeklinde bir sıralamaya olanak vermektedir.

Katkı, ASTM 'nın Beton ve beton agregalarıyla ilgili terimler standardı'nda (C 125) şöyle tanımlanmıştır : Beton bileşimine giren su, agrega ve portland çimentosu dışında kalan karışım sırasında veya karışımdan önce katılan maddelerdir.(2)

"RİLEM Working Group ise şöyle bir tanım yapmıştır: katkı, harç ve betona karışım sırasında bir karışım maddesi olarak katılan harcın veya betonun taze ve sertleşmiş durumlarındaki yada taze durumdan sertleşmeye geçişte belirli özelliklerini değiştiren malzemelerdir.

Katkı maddelerinin çeşitli sınıflandırma yöntemleri vardır. Bunlardan birisi katkıların kullanım amaçlarına ve betonda meydana getirdikleri değişikliklere göredir.

RİLEM Working Group'un sınıflandırması şöyledir.(3)

I- Taze beton ve harcın reolojisini değiştiren katkıları :

- 1- Su azaltıcı katkıları,
- 2- Hava sürükleyici katkıları,
- 3- Su azaltıcı ve hava sürükleyici katkıları,
- 4- Topraklaştırıcı (Flocculating) ve kalınlaştırıcı katkıları,
- 5- Plastikleştirici mineral tozları,
- 6- Su tutucu (Water retaining) katkıları,

II- Hava miktarı değiştiren katkılar :

- 1- Hava sürükleyici katkılar,
- 2- Hava çıkarıcı ve köpüklenmeyi önleyici katkılar,
- 3- Köpüklendirici katkılar.

III- Priz müddetini değiştiren katkılar :

- 1- Priz geçiktirici katkılar,
- 2- Priz hızlandırıcı katkılar,
- 3- Sertleşmeyi hızlandırıcı katkılar.

IV- Harç ve betonda yayılmayı sağlıyan katkılar :

V- Fiziksel etkilere karşı dayanıklılık artırıcı katkılar :

- 1- Dona karşı mukavemet sağlayan katkılar,
- 2- Suya karşı mukavemet sağlayan katkılar,
- 3- Permeabiliteyi azaltan katkılar.

VI- Mekanik etkilere karşı mukavemet artırıcı katkılar.

VII- Kimyasal etkilere karşı mukavemet artırıcı katkılar :

- 1- Korozyona karşı katkılar,
- 2- Alkali agrega reaksiyonlarını önleyici katkılar.

VIII- Biyolojik etkilere karşı mukavemet artırıcı katkılar.

IX- Renklendirici katkılar.

Katkılar fiziko-kimyasal davranışlarına göre şu şekilde sınıflan-
dırılabilir :

I- Karışım suyunda çözünmeyen katkılar,

II- Yüzey aktif katkılar,

III-Karışım suyunda eriyen katkılar,

Karışım suyunda çözünmeyen katkılar katı ve sıvı plastifiye

ve pigmentlerdir. Bu çalışmada kullanılan katkı yüzey aktif katkı ile, Alkali agrega reaksiyonlarını önleyici katkılardır.

2.2^Y YÜZEY AKTİF KATKILAR (PLASTİFİYANLAR-AKIŞKANLAŞTIRICILAR)

Beton su ihtiyacını artırmadan işlenebilirliği iyileştirmek için beton karışım suyuna katılan katkı maddelerine akışkanlaştırıcı (Plastifiyan) veya su azaltıcı katkı maddeleri adı verilir. Bunlar suda eriyenler ve suda erimeyenler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Suda eriyen yüzey aktif katkılarda dört gruba ayrılırlar.

- 1- Linyosülfanik asitler ve tuzlar,
- 2- linyosülfanik asitler ve tuzların türevleri,
- 3- Hidreksil Karboksilik asitler ve tuzlar,
- 4- Hidreksil karboksilik asitler ve tuzların türevleri.

Birinci ve üçüncü gruba girenler su indirgeyici ve priz geciktirici özelliklere sahiptirler. İkinci ve dördüncü gruba girenler ise geciktirici değildirler. Bazen hızlandırıcı davranış gösterirler.

2.3 Kimyasal Yapılar :

Yüzey aktif katkılar genellikle doğrusal zincir yapıya sahip organik bileşiklerdir. Bu zincirin bir ucu hidrofob (su itici) diğer ucu hidrofil (su çekici) karakterdedir. Hidrofil yapıya örnek olarak organik asitlerin karboksil kökü (COOH) gösterilebilir. Bu kökteki H^+ atomunun yerine alkali metaller (Na , Ca , Le) geçebilir, zincirde C atomu sayısı arttıkça bu maddelerin suda çözünürlükleri giderek azalır. Tersine C atomu sayısı azaldıkça suda çözünürlük artar. Bununla birlikte yüzey aktif maddelerin moleküllerindeki C atomu sayısı alttan ve üstten sınırlıdır. Hava sürükleyiciler için zincirde 16-18 C atomu önerilmektedir. (6)

Yüzey aktif katkıların biçimleri :

Yüzey aktif katkıların başlıca üç etkileri vardır.

- 1- Akışkanlaştırıcı etkiler,
- 2- Hava sürükleyici etkiler,
- 3- Priz geciktirici etkiler,

2.4 Akışkanlaştırıcı olarak etkiye biçimleri :

Suda eriyen akışkanlaştırıcı katkı maddeleri birbirine karışmayan iki sayım arasında toplanır ve ara yüze etkiyen fiziko-kimyasal kuvvetleri değiştirirler. Bu maddeler negatif yüklü olan karboksil kökleri çimento danecikleri tarafından adsorbe edilerek daneciğin çevresini negatif yüklü bir film tabakası ile sararlar. Böylece negatif yük daneciklerin birbirini itmesini sağlar. Danelerin birbirine çok yaklaşması önlenir ve her tarafa dengeli olarak dağılması (dispersiyon) sağlanmış olur. Sonuç olarak danelerin hareketliliği artar, dolayısı ile taze betonun işlenebilirliği iyileşir.

2.5 Hava sürükleyici olarak etkiye biçimleri :

Mekanik olarak karıştırılan sıvılar içinde hava kabarcıkları oluşur. Bu kabarcıkların içindeki gazlar iç basınçlarının düşüklüğü ve çeperlerindeki ince filmin suya geçirimsizliği oranında süreklilik kazanırlar. Kabarcıkların çapları küçüldükçe iç basınç daha büyük değerler alır. Bunun sonucu hava su içinde eriyerek sıvı içinden kaçar. Bu yüzden beton içinde 0.1 - 0.2 mm den küçük çaplı kabarcıkların kalabilme olasılığı çok zayıftır.

Yüzey aktif katkı, küçük kabarcıkların beton içinde süreklilik kazanmasını ve bu kabarcıkların dışarı kaçmamasını sağlar. Katkı maddesi kabarcığın iç basıncını azaltarak düşük değerlerde tutar.

Ayrıca kabarcığın çeperinde geçirimsiz bir tabaka oluşturur. Böylece hava kabarcığının su içinde eriyerek dışarı kaçması önlenir.

Yüzey aktif maddenin etkinliği suda eriyebilir olmasına bağlıdır. Zincir uzunluğu arttıkça katkının çözünme yeteneğinin azaldığı belirtilmiştir. Buna karşılık zincir uzunluğunun artması kabarcık çeperinde ki filmin geçirimsizliğini azaltır.

Akışkanlaştırıcı katkıların beton özelliklerine etkileri :

Akışkanlaştırıcı maddenin çimento deneciklerine negatif yükler vererek bunların birbirinden uzaklaşmalarına ve dağılmalarını sağladıkları belirtilmiştir. Bu etki, taze betonun işlenebilirliğinin ve akışkanlığının artmasına yol açar. Bundan yararlanarak işlenebilirlik sabit tutulur ve katkı oranı artırılırsa su miktarında bir azalma sağlanabilir. Karma suyundaki bu azalma kullanılan katkı türüne bağlı olarak % 5-15 arasında değişir. (7) su/çimento oranındaki azalma beton mukavemetinin artmasını sağlar. Mukavemetteki artış oranı ilk yaşlarda yüksektir. Bu oran mukavemet yaşları arttıkça giderek düşer. Süheyl AKMAN'ın çalışmasında katkılı çimento harcının 7 günlük mukavemetinin katkısız göre % 13 , 28 gün için %11.5 , 90 günlük için ise % 8.37 fazla olduğu görülmektedir. (6)

Mukavemet artışının diğer bir nedenide akışkanlaştırıcı katkıların çimento danelerinin dağılmalarını sağlaması sonucunda çimento danelerinin yüzey alanlarının daha büyük bir bölümünün hidratasyona maruz kalması, böylece hidratasyonun daha yüksek oranda ve erken safhalarda meydana gelmesidir. Bu nedenle aynı su/çimento oranında ama katkısız bir betonla kıyaslandığında katkılı betonda daha yüksek bir mukavemet artışı olduğu görülür. (7)

Akışkanlaştırıcı katkıların mukavemete etkilerini çimento bileşimi ne bağlı olarak oldukça değişir. Mukavemette en büyük artış az alkali veya az C_3A içeren çimentolar kullanıldığında meydana gelir. Bazı çimentolarda etki çok küçüktür. Ancak akışkanlaştırıcı katkıların genellikle bütün portland çimentolarında ve alüminli çimentolarda etkilidirler. Pozzolonik maddeler içeren çimentolar kullanılması halinde mukavemet açısından daha olumlu etkileri olduğu belirtilmektedir. (7)

Akışkanlaştırıcı katkıların genellikle priz geciktirme etkileride vardır. Ancak bu etki çimentonun bileşimi ile yakından ilgilidir. Örneğin Süheyl AKMAN tarafından yapılan çalışmada akışkanlık artırıcı katkıların katkısız portland çimentosu kullanıldığında prizi geciktirmekte, ancak özellikle katkılı portland çimentolarında priz süresini pek etkilemedikleri görülmektedir.

2.6 Hava sürükleyici katkıların beton özelliklerine etkileri:

Betonda sürüklenmiş hava, havanın bazı katkı maddeleriyle beton içine alınması olarak tanımlanır. Sürüklenmiş hava betona kaza ile girmiş havadan ayrı düşünülmelidir. Bu iki tür hava kabarcıklarının büyük lükleri ve beton içindeki dağılım biçimleri ile ayrılırlar. Katkı maddeleri ile betona sürüklenen hava kabarcıklarının ortalama boyutları 0.1 - 0.2 mm civarındadır. Ve bunlar beton içinde üniform olarak yayılmışlardır. Oysa, katkı kullanılmaksızın beton içinde kendiliğinden oluşan kabarcıklar çok daha büyük boyutlardadır ve üniform olmayan bir şekilde yayılırlar.

2.7 Başlıca hava sürükleyici maddeler şunlardır :

- 1- Bitkisel ve hayvansal yağlar ve bunların yağ asitleri,
- 2- Doğal ağaç reçineleri yada Na OH ile nötralize edilerek elde edilen ve suda eriyen reçine asitleri,



3 - Islandırıcı maddeler. (sülfanatlı organik bileşimlerin alkali tozları gibi).

3. Gruba giren linyosülfanatlar genellikle betona % 2-6 arasında hava sürüklerler. Bu oran bazen % 10'u kadar çıkabilir. (5) Hava kabarcıkları katı ve sıvı danelere benzer özellikler gösterirler.

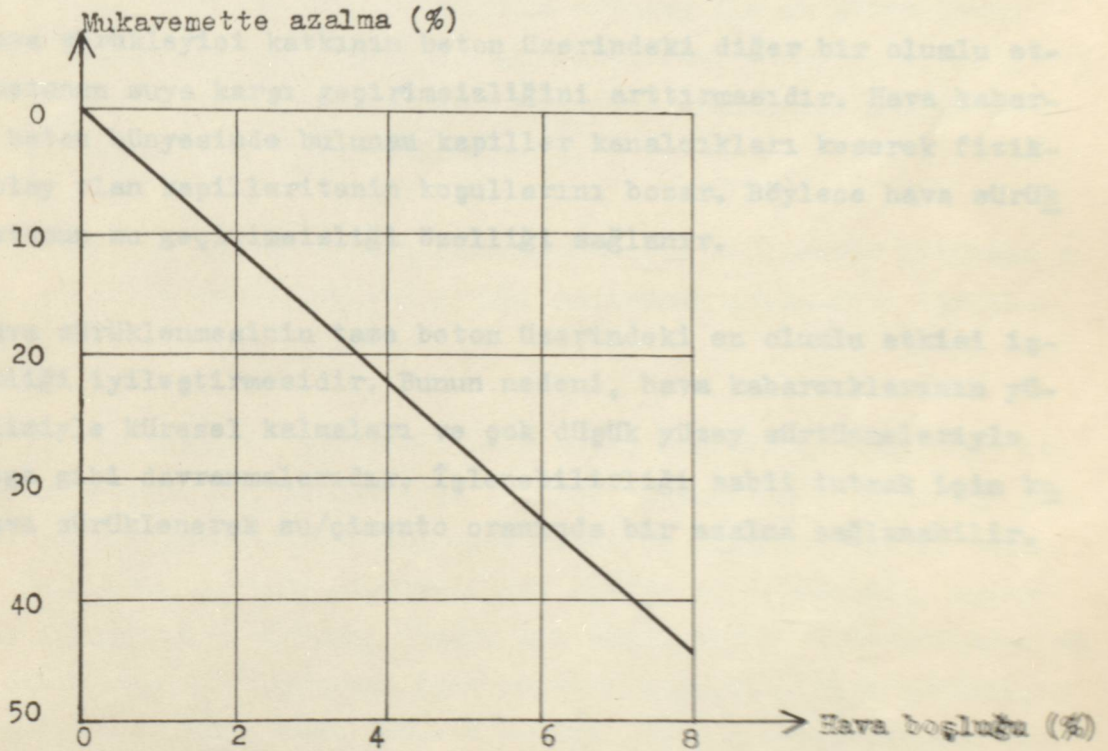
- Katılar gibi az şekil değiştirirler.
- Katılar gibi suyun beton içinde dolaşımını engellerler.
- Granulometreleri vardır. Çimento ve ince kum dane iriliğindedirler. (Birkaç mikrondan bir kaç yüz mikrona kadar)
- Toplam olarak ve ortalama çap olarak katı plastifiyanlardan daha büyüktürler.
- Su gibi akışkandırılar ve yüzeysel sürtünmeleri yoktur.

Hava sürüklenmesinin beton özelliklerine en önemli etkisi dona karşı mukavemeti artırmaktır. Donmanın ilk evrelerinde hava kabarcıkları çimento hamurunun içindeki kapiller kanalcıklardan gelen su basıncını azaltırlar. Donma sırasında ise mikroskobik buz parçacıklarının genişlemesini önlen veya sınırlandırırırlar. Her boşluk sadece çevresindeki ince bir kabuğu korur. Böylece bunlar yanyana geldiğinde betonun her tarafı dondan korunmuş olur.

Dona karşı tam olarak bir mukavemet kazanmak için hava boşluğu miktarının beton hacminin % 9'u kadar olması gerektiği ileri sürülmüş tür. (7) Ancak bu boşluk tüm çimento hamuru boyunca üniform olarak yayılmalıdır. Bunun için esas kontrol faktörü hava kabarcıkları arasındaki aralıktır. Buna uzaklık faktörü (Spacing Factor) denir. Uzaklık faktörü, çimento hamurundaki herhangi bir noktada iki hava kabarcığının dış yüzleri arasındaki maksimum uzaklıktır. Bu faktörün hesabı bütün hava kabarcıklarının basit kübik kafese yerleştirilmiş eşit boyutlu küreler olduğu varsayımına dayanılarak yapılır. Bu hesap tarzı

ASTM standard C457-71 de açıklanmıştır. Bu faktör için genellikle maksimum 0.2 mm (0.008 inch) değeri dona karşı yeterli bir mukavemet için istenir.

Hava sürüklenmesi dona karşı mukavemeti artırırken betonun bütün yaşlardaki mekanik mukavemetine düşürebilir. Betonun yoğunluğunu mukavemetinin direkt bir fonksiyonu olduğu hatırlanmalıdır. Dolayısıyla boşluk miktarı arttıkça beton yoğunluğu düşecek ve buna bağlı olarak mukavemette de bir azalma olacaktır. Hava miktarının normal kullanıldığı sınırlarda mekanik mukavemette azalma genellikle sürüklenen hava ile orantılıdır. Ortalama olarak hava miktarındaki her % 1 artış için basınç mukavemeti % 5.5 azalır.



Yukarıdaki şekil, karışım oranlarında hava artırmaktan başka hiç bir değişiklik yapılmadığı halde mukavemette meydana gelen azalmayı göstermektedir.

Başka bir araştırmada su indirgeyici katkı kullanılması halinde, sürüklenen hava miktarına ve su/çimento oranındaki azalmaya bağlı olarak mukavemet değişmesi şu bağıntı ile verilmektedir : (8)

$$\nabla = \nabla_0 [1 - 0.05 H] + \Delta A (S/Q)$$

∇ = Su indirgeyici katkı içeren betonun basınç mukavemeti.

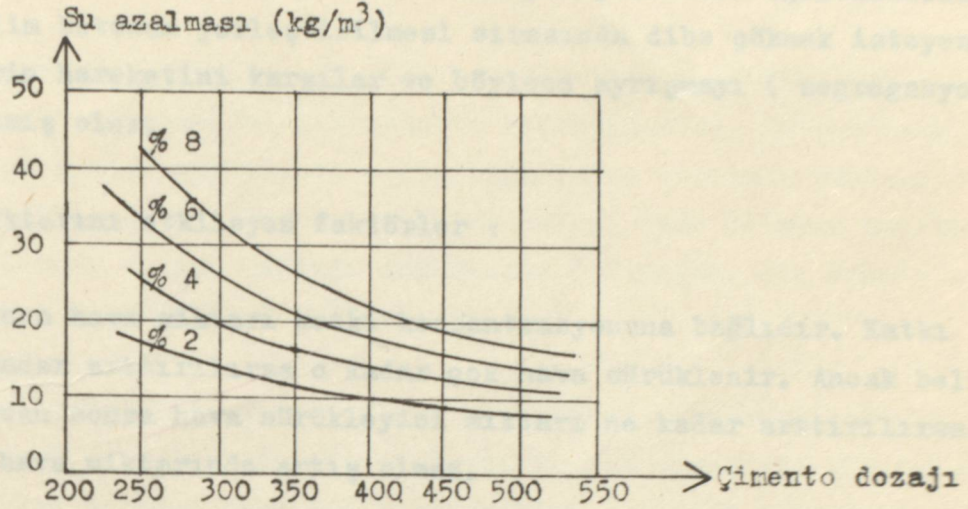
∇_0 = Su indirgeyici katkı içermeyen betonun basınç mukavemeti.

$\Delta (S/Q)$: Katkı nedeniyle su/çimento oranındaki azalma yüzdesi.

ΔH : Katkı nedeniyle hava miktarındaki artış yüzdesi.

Hava sürükleyici katkının beton üzerindeki diğer bir olumlu etkisi de betonun suya karşı geçirimsizliğini arttırmasıdır. Hava kabarcıkları, beton bünyesinde bulunan kapiller kanalcıkları keserek fiziksel bir olay olan kapillaritenin koşullarını bozar. Böylece hava sürüklenmiş betonun su geçirimsizliği özelliği sağlanır.

Hava sürüklenmesinin taze beton üzerindeki en olumlu etkisi işlenebilirliği iyileştirmesidir. Bunun nedeni, hava kabarcıklarının yüzey gerilimiyle küresel kalmaları ve çok düşük yüzey sürtünmeleriyle ince agregaya gibi davranmalarıdır. İşlenebilirliği sabit tutmak için karışıma hava sürüklenerek su/çimento oranında bir azalma sağlanabilir.



Yukarıda grafikte hava miktarının artması ile su miktarındaki azalmayı değişik dozajlı betonlar için göstermektedir. Şekilden görüldüğü gibi çimento dozajı arttıkça su/çimento oranındaki azalma hava miktarının artmasına rağmen düşmektedir.

İşlenebilirlikteki bu iyileşme sonucunda su/çimento oranının azalması hava boşluklarının yol açtığı mukavemet azalmasını karşılamaktadır.

Hava sürükleyici katkıların taze beton üzerindeki diğer bir etkisi de terlemeyi azaltmalarıdır. Terleme, (Bleeding) bilindiği gibi betonun kalıba yerleştirilmesinden sonraki su kaybıdır. Bu da beton içinde boşluklar meydana gelmesine yol açtığı için istenmez. Ancak belirli miktarlarda terleme, düzgün bir beton yüzeyi elde edilmesi ve rötre çatlaklarının önlenmesi için yararlı olabilir. Hava sürükleyici katkının terlemeyi azaltmasının nedeni, hava kabarcıklarının beton bünyesinde bulunan kapiller kanalcıkları kesmesi ve suyun akmasını önlemesidir. Böylece su yukarıya çıkamaz ve terleme azalır.

Hava kabarcıkları hafiflikleri nedeniyle yükselmek eğilimindedirler. Bu eğilim betonun yerleştirilmesi sırasında dibe çökmek isteyen katı danelerin hareketini kargılar ve böylece ayrışmayı (segregasyonu) da azaltmış olur.

2.8 Hava miktarını etkileyen faktörler :

Sürüklenen hava miktarı katkı konsantrasyonuna bağlıdır. Katkı yüzdesi ne kadar arttırılırsa o kadar çok hava sürüklenir. Ancak belirli bir sınırdan sonra hava sürükleyici miktarı ne kadar arttırılırsa arttırılsın hava miktarında artış olmaz.

Karıştırma işlemi de hava miktarını etkiler. Eğer karıştırma süresi çok kısa ise hava sürükleyici madde yeterince yayılmaz. Gereğinden fazla karıştırmak da havanın bir kısmının kaçmasına yolaçar. Bu nedenle karıştırma işlemi hava sürükleyici maddenin yeterince yayılmasını sağlayacak, ama sürüklenen havanın da kaçmasını önleyecek optimum bir süre içinde yapılmalıdır.

Taze beton kalıbına yerleştirildikten sonra uygulanan vibrasyon sürüklenmiş havanın bir kısmını çıkarır. Vibrasyon 3 dakika sürerse hava miktarı vibrasyondan önceki miktarın yarısına düşer. 9 dakika da ise ancak ilk miktarın % 20 si kadar bir hava boşluğu kalır.

Belirli miktarlarda hava sürükleyici madde katıldığında sürüklenen hava miktarını etkileyen başka faktörler de vardır. İşlenebilme iyi leştikçe hava miktarı artar. Kuru karışımlarda ise azalır. Çimento ince liğinin artışı hava miktarını olumsuz yönde etkiler. Agrega granülometrisi de boşluk hacmini etkiler. Boşluk hacmi, çok ince kum miktarının fazla olması durumunda azalır.

2.9 Hava sürükleyici ve su indirgeyici katkıların kullanılmaları :

Su indirgeyici katkılar, öncelikle su miktarını azaltmaları dolayısıyla betonun mukavemetini arttırmakta kullanılırlar. Ayrıca daha az çimento ile istenilen mukavemeti sağladıklarından ekonomik yönleri de vardır. İşlenebilmeyi iyileştirmelerinden dolayı taze betonun kalıba yerleştirilmesinde zorluk çıktığı durumlarda (Örneğin, sık donatılı perdelerde veya kolonlarda) kullanılırlar.

Priz geciktirici katkılar yüksek hidrasyon ısısının zararlı etkilerini önlemek, betonun tümüyle yerleştirilmesi sırasında alt tabaka ile yeni dökülen betonun daha iyi birleşmesini sağlamak için kullanılırlar. Hacim genişlemesini ve çatlakları da önlerler. Bu son sayılan etkileri özellikle kütle beton yapımında önemlidir.

Ayrıca su hazneleri ve baraj gövdelerinde betonun geçirimsiz olması istendiğinden, geçirimsizlik özelliğini sağlayan hava sürükleyici katkılar kullanılırlar. Hava sürükleyici katkılar donun zararlı etkilerine karşı betonun dayanıklılığını arttırdıklarından dona maruz yapılarda (örneğin, hava alanlarının pistlerinde, yol üst yapılarında v.b ...) kullanılırlar.

2.10 Kullanma biçimleri ve miktarları :

Sıvı veya toz halindeki su indirgeyici katkılar önce beton karma suyuna katılırlar. Su içinde iyice dağılmaları sağlandıktan sonra beton karışımına katılmalıdır. Aksi takdirde beton içinde uniform olarak yayılmaz ve istenilen sonuçlar elde edilemez.

Kullanım miktarları çimento ağırlığının yüzdesi olarak ifade edilir. Bu miktar istenilen amaca uygun sonuçlar elde edilmek için önce-

den kullanılacak malzeme ile yapılan deneylerle saptanmalıdır. Genel olarak katkı kullanım miktarı % 0.2 civarındadır. Bazen bu miktar % 0.6 ya kadar çıkabilir. Katkı kullanım oranının daha fazla olmasının beton üzerinde olumsuz etkileri olmamasına karşılık ekonomik değildir.

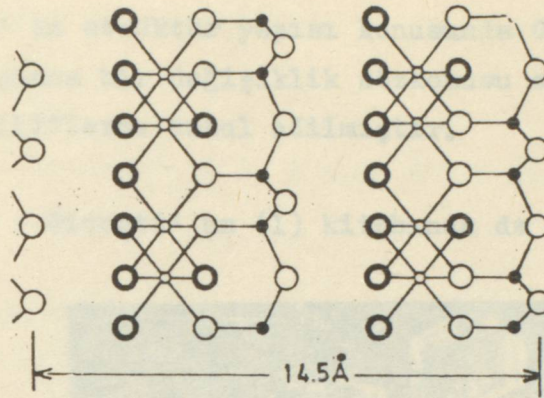
3. KAOLİNİT GRUBU KİLLERİN STRÜKTÜR YAPISI

Kaolinit grubu killerin strüktür yapısı GRUNER tarafından $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$ olarak önerilmiştir. Bu formüle göre, bir kat (tabaka) SiO_4 tetrahedr'i ile bir kat $Al(OH)_3$ oktahedr'i olmak üzere iki katman oluşmaktadır. (2) (3),

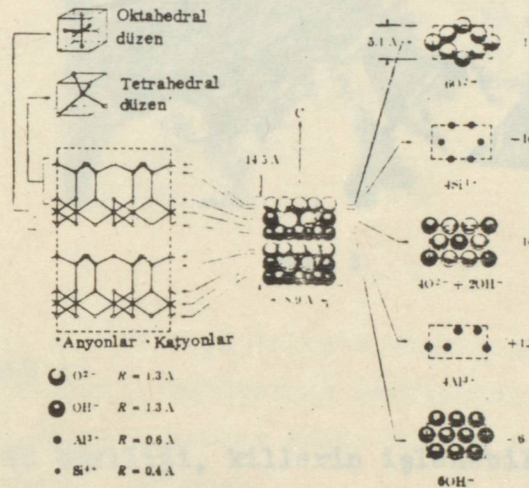
Tek katın kalınlığı 7.18 Å (Şekil:1) ve iki katın kalınlığı ise, aradaki mesafe ile birlikte 14.5 Å dur.

Yukarıdaki global formül yerine $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ formülü yazıldığına kimyasal bileşimi açıklayan " Hidrate Alümin Silikat " daha iyi bir şekilde belirlenebilir. Van Vlack'in kitabında daha ayrıntılı olarak açıklandığı üzere, kaolinit'in strüktürü şekil,2 de gösterildiği gibidir, (4)

-
- (1) Bieler G., "Ving ans de progres ceramiques", Dunod, Paris, 1953, s :3
 - (2) ibid, s:2
 - (3) Duriez M. -Arrambide J., "Nouveau traite de materiaux de consruction" , Dunod, Paris, 1962, Tome : 11, s:345
 - (4) Vlack L. H. Van, "Materials science for engineers" , Addison-Wesley, USA, 1971, s: 498



Şekil. 1



Şekil. 2

Bu düzende gösterilen strüktür yapısı kristal tabaka sayılmaktadır. Çünkü, diğer boyutlarına göre kalınlığı yok gibidir.

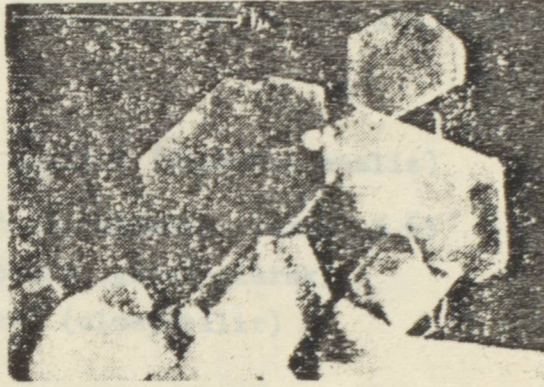
Kaolinit kristalleri "Triklinal" (1) sistemde olmakla birlikte, şekil. 3 ' de görüldüğü gibi heksagonal lamellerden oluşmaktadır.(2)

(1) Kerr P. F., "Optical mineralogy", Mc. Graw-Hill, Tokyo, 1959, s : 409

(2) Toydemir N., "Seramik yapı malzemeleri", İTÜ Mimarlık Fak. İstanbul, 1976 s: 6

Kaolinit' in strüktür yapısı konusunda Gruner' in önerisinden (1932) yana başkaca bir değişiklik söz konusu olmamış ve bu strüktür şeması bütün müelliflerce kabul edilmiştir.

Örneğin : Sinnott' un (1) kitabında da aynı şema benimsenmiştir.



Şekil. 3

3.1 Plastiklik :

Plastiklik özelliği, killerin işlenebilme ve şekillendirilebilmeleri yönlerinden önemli bir özelliktir. Bu özellik uygun miktarda su ile yoğurulmaları ile elde edilir, 15 gram damıtık su alınarak deney yapılır. % 20-25 oranı plastiklik sınırıdır.

3.2 Renk :

Killer, metal oksitler ve organik maddelerle doğal olarak renklendirilmiş olarak bulunur. Kil saf olduğu zaman (kaolinit) rengi beyazdır. Bu halin dışında, killerin renkleri sarı, pembe, kırmızımsı kestone rengi, mavimsi, yeşil siyahımsı v.b. renklerde olabilir.

Kaolin sert suda dağılmayan ve plastik özelliği yok denecek kadar az olan maddedir.

Hacimce küçülmesi % 4- % 4.8- % 5.5 dir. Standart değeri % 7 olmalıdır.

Bu deneyler DIN 30 (1 cm² de 900 göz olan eleklerden geçen malzeme ile yapılır.

Islak elek analizi (Rasyonal analiz)

% 70 kaolinit (mineral olarak) % 65

% 3 feldispat (genel olarak)

% 27 kuvarst (olmayabilir)

3.3 Rötire :

Standart su ile alçı kalıpta preslenir. 10 cm lik mesafe kalıp üzerinde işaretlenir, laboratuvar şartlarında 110 C de kurutulur ve kalıptan çıkartılarak çizgiler arası mesafe ölçülür. Aradaki fark (%) olarak kuru çekmeyi verir.

Mineral olarak kaolinit $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ formülü ile tanımlanır.

Kimyasal bileşimi ise :

% 39.8 Al_2O_3

% 46.3 SiO_2

% 13.9 H_2O

3.4 Kullanılan kaolinitin kimyasal yapısı :

Sert kaolinit		Kimyasal analiz	
		A	B
% A.Z	=	9.64	8.69
% SiO ₂	=	62.80	65.45
% Al ₂ O ₃	=	25.11	25.80
% Fe ₂ O ₃	=	1.59	0.16
% TiO ₂	=	0.37	0.37

1300 C de pişmişinin

boy çekmesi % 5.5 4.0

A.Z : Ateşte zayıt 1000 C de rasyonel analiz.

3.5 Islak elek analizi (%) K.M

(I) DIN	:	30	=	3.73
	:	40	=	0.03
	:	50	=	0.06
	:	60	=	0.10
	:	70	=	0.004
	:	80	=	0.016
	:	100	=	0.78

K = Kuru

M = Mamzeme

(II) Yaş metod elek analizi

DIN	:	30	=	12.24
	:	40	=	0.10
	:	50	=	0.12
	:	60	=	0.20
	:	70	=	0.006
	:	80	=	0.03
	:	100	=	1.29

Tartımlar kuru numune (0.500 kg) ile yapılmıştır.

SiO₂ = 20-22

Al₂O₃ = 5

Fe₂O₃ = 2

CaO = 62-65

SO₃ = 2-3

A.Z = 0-1

CoO = 0-1

MgO = 0-1

3.6 DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN KAOLİNİTİN ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada kullanılan kaolinit, Balıkesir ilinin sıdırgı ilçesi dolaylarından elde edilen ve pişmiş toprak malzeme üretiminde kullanılan kaolinit grubundan, sert kaolinit olup deneyde kullanılacak kadar miktar (50 kg) yıldız seramik fabrikasından temin edilmiştir.

3.7 Kullanılan kaolinitin özgül ağırlığı ve birim hacim ağırlığı :

Bu kaolinit'e ait birim hacim ağırlığı

= 0.645 gr/cm³ Özgül ağırlığı ise = 2.000 gr/cm³ olarak

4. DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN SİLİS'İN ÖZELLİKLERİ

Silis- Silisyum oksid $\text{SiO}_2 = 60$

4.1 Doğada bulunuşu :

Silis veya silisyum oksid. Tabiatda şekilli arı ve arı olmayan hallerde bulunur.

4.2 Fiziksel özellikleri :

Kristal halindeki silis sert, camı çizebilen 1780°C de eriyen, soğurken cam gibi saydam kütle veren bir maddedir. Bunlar alkaliler hariç, hiç bir kimyasal maddeden müteessir olmazlar.

4.3 Kimyasal özellikleri :

Suda çözünmez, çok ısıtılmış suda biraz çözünür. Fakat hidrate, silis klorhidrik ve karbonik asitli, sularda az miktarda çözünür.

4.4 Bu deneyde kullanılan silis'in özgül ağırlığı ve yoğunluğu :

Y-ğunluğu

$$= 1.157 \text{ gr/cm}^3$$

Özgöl ağırlığı

$$= 2.5 \text{ gr/cm}^3$$

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1 Amaç ve yöntem :

Bu çalışmada akışkanlık artırıcı ve hava sürükleyici katkı maddelerinin beton basınç mukavemetine etkileri incelenmiştir. Bunun için hazırlanan bütün numunelerin aynı işlenebilirliğe sahip olmasına özen gösterilmiştir. Eşit işlenebilirliğe sahip, aynı malzemelerden ve aynı koşullarda hazırlanmış katkılı ve katkısız numunelerin farklı yaşlardaki mukavemetleri ölçülerek yorumlanmıştır. Basınç mukavemetleri taban çapları 16 cm ve yükseklikleri 30 cm olan silindirlerde ölçülmüştür. Mukavemet yaşları olarak 7, 28 ve 90 gün : Katkı oranları olarakta % 0.6 sodyum linyosülfanat alınmıştır. Böylece her değişken için bir grup yapılmıştır. Örneğin, katkısız ve 7 günlük mukavemetine bakılacak numuneler bir grup, yine katkısız 28 ve 90 günlük mukavemetine bakılacak numunelerde ayrı bir grup olarak alınmıştır. Her grup için 5 adet numune hazırlanmıştır. Toplam 18 farklı grup için hazırlanan numune sayısı 90 adettir.

Mukavemetler hesaplanırken 5 numunenin mukavemetlerinin ortalaması alınmıştır. Ancak ortalama değerler bulunurken sonuçların fazla dağılma göstermemesine dikkat edilmiştir.

Genel ortalamadan çok fazla farklılık gösteren sonuçlar değerlendirilmeye katılmamıştır.

Hazırlanan her 5 numune için taze harçtan yeteri kadar alınarak hava miktarı ölçülmüştür, yani katkısız ve % 0.6 katkılı her bir grup için hava miktarları ölçülmüştür. Hava miktarının ölçülmesinde aerometre kullanılmıştır.

5.2 Yapılan deneysel çalışma program şöyledir :

I - Agregayla ilgili deneyler,

- 1 - Birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık tayini
- 2 - Granülometrik analiz.

II - Çimento ile ilgili deneyler :

- 1 - Optimum yoğurma suyu miktarının bulunması,
- 2 - Çimento mekanik özelliklerinin tayini :
 - a - 7 ve 28 günlük basınç mukavemetlerinin bulunması.
 - b - 7 ve 28 günlük eğilme mukavemetlerinin bulunması.

III - Taze betonla ilgili deneyler :

- 1 - Taze betonun işlenebilirliğinin tayini,
- 2 - Hava miktarının tayini.

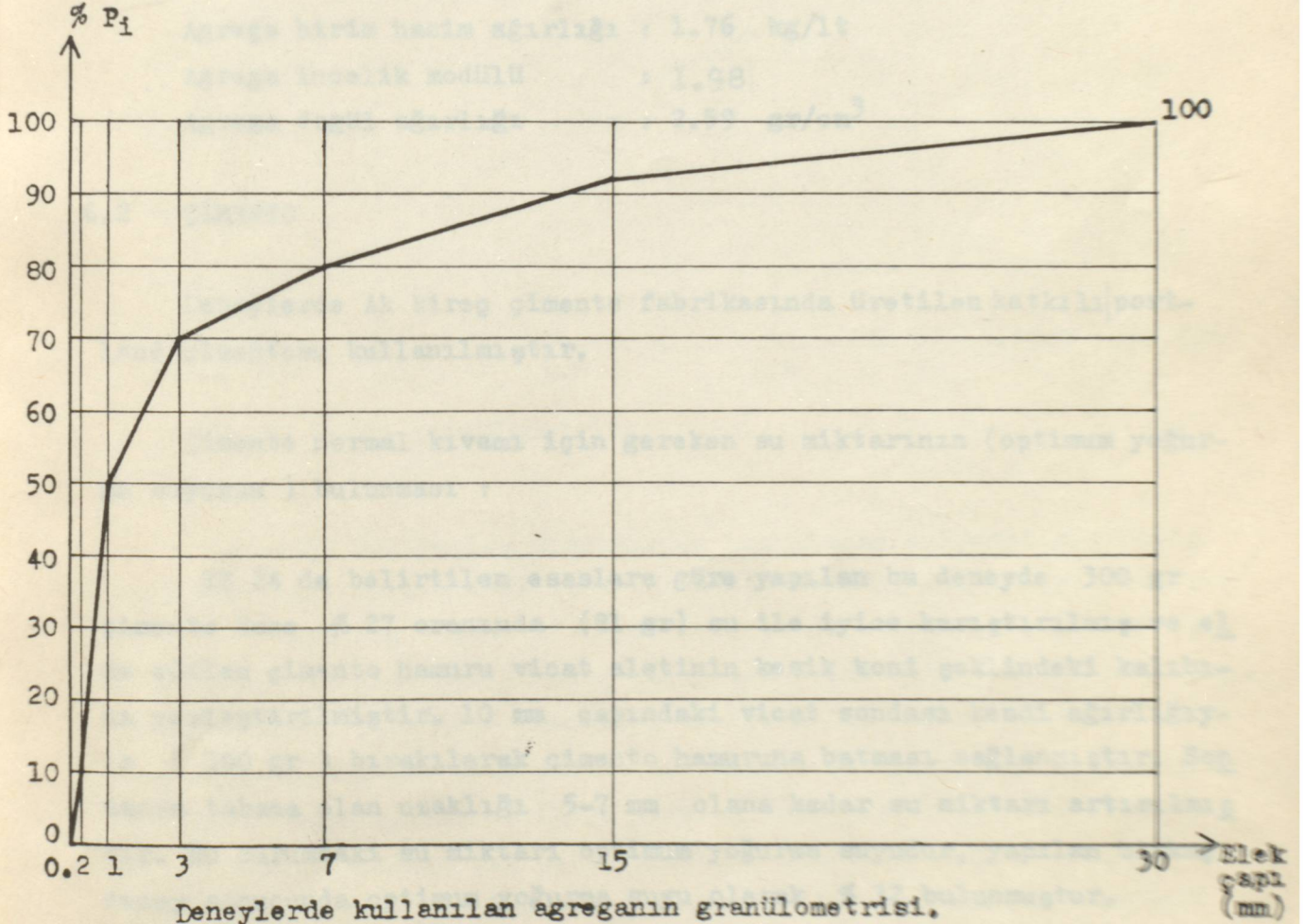
IV - Sertleşmiş betonla ilgili deneyler :

- 1 - Katkısız ve % 0.6 katkılı silindirik numunelerinin 7, 28 ve 90 günlük basınç mukavemetlerinin bulunması.

6. DENEYLERDE KULLANILAN MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİ :

6.1 AGREGA :

Beton numunelerinin yapımında yuvarlak daneli podima çakılı ve kum karışımı kullanılmıştır. Agreganın en büyük dane çapı 30 mm dir. Agregada önce elenmiş : 0.2 , 1 , 3 , 7 ve 15 mm lik eleklerin üzerinde kalanlar ayrı ayrı gruplara ayrılmışlardır. Daha sonra istenilen granülometrinin sağlanabilmesi için gruplar tekrar belirli oranlarda karıştırılmışlardır. Yeni elek sistemi henüz uygulanmadığından, TS 706'ya uygun eski elek sistemi kullanılmıştır.



Örnek olarak 5 silindir numunesi için gereken, granülometri eğrisine uygun agrega miktarları şöyledir.

30 mm	lik	eleğin	Üzerinde	kalan	:	0.000	kg
15	"	"	"	"	:	6.080	kg
7	"	"	"	"	:	9.120	kg
3	"	"	"	"	:	7.600	kg
1	"	"	"	"	:	15.200	kg
0.2	"	"	"	"	:	30.400	kg
0.2	"	"	"	"	:	7.600	kg
Toplam						76.000	kg

Agrega birim hacim ağırlığı : 1.76 kg/lt

Agrega incelik modülü : 1.98

Agrega özgül ağırlığı : 2.59 gr/cm³

6.2 ÇİMENTO

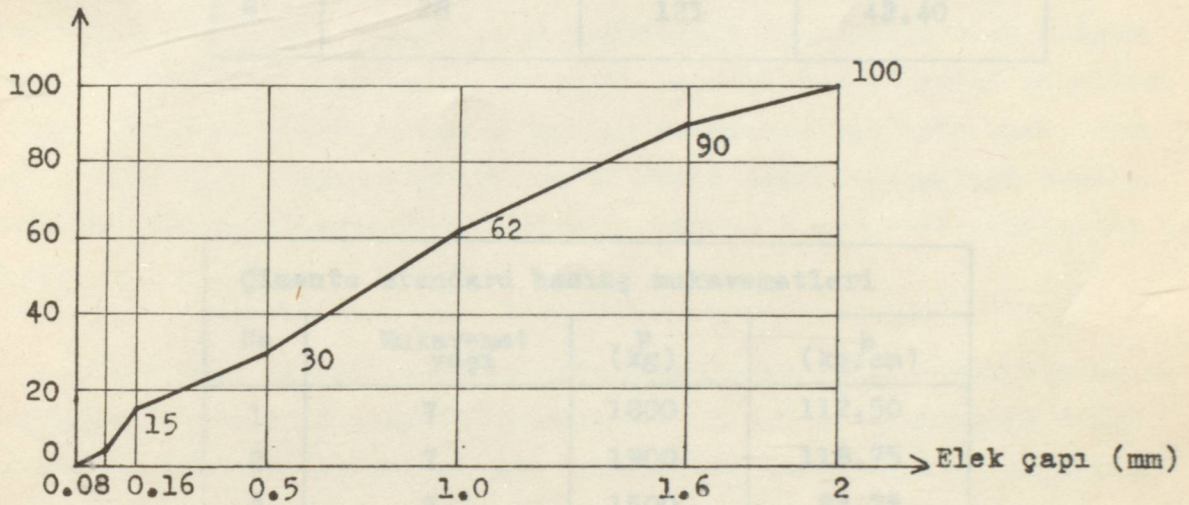
Deneylerde Ak kireç çimento fabrikasında üretilen katkılı portland çimentosu kullanılmıştır.

Çimento normal kıvamı için gereken su miktarının (optimum yoğurma suyunun) bulunması :

TS 24 de belirtilen esaslara göre yapılan bu deneyde 300 gr çimento önce % 27 oranında (81 gr) su ile iyice karıştırılmış ve elde edilen çimento hamuru vicat aletinin kesik koni şeklindeki kalıbına yerleştirilmiştir. 10 mm çapındaki vicat sondası kendi ağırlığıyla (300 gr) bırakılarak çimento hamuruna batması sağlanmıştır. Sondanın tabana olan uzaklığı 5-7 mm olana kadar su miktarı artırılmıştır. Bu durumdaki su miktarı optimum yoğurma suyudur, yapılan birkaç deney sonucunda optimum yoğurma suyu olarak % 32 bulunmuştur.

6.3 Çimento mekanik deneyleri :

Çimentonun mekanik mukavemetlerinin bulunması TS 24 de belirtil-diği şekilde RİLEM-Cembureau yöntemiyle yapılmıştır. Hazırlanan normal harç 4x4x16 cm boyutlarındaki prizmalara yerleştirilmiştir. Normal harç üretiminde TS 819 da belirtilen granülometriye uygun normal kum kullanılmıştır. 3 adet numune için 450 gr çimento aşağıda granülomet-ri eğrisi verilen 1350 gram normal kum ve 225 gr su kullanılmıştır.



Normal kumun granülometrisi.

Yukarıda belirtilen miktarlarda hazırlanan malzemelerin karış-tırılması için özel bir karıştırıcı kullanılmamıştır. Karıştırma işle-mi el ile yapılmış olup TS 24 de belirtilen süreler karıştırma işle-mi yapılmış ve elde edilen harç kalıplara doldurulmuştur. 24 saat son-ra kalıplardan çıkarılan numuneler deneyden 15 dakika öncesine kadar suda bekletilmiştir. Önce prizmalar eğilme deneyine tabi tutulmuşlar-dır. Daha sonra kırılarak ikiye ayrılan numunelerin her bir parçası 4x4 cm boyutlarındaki iki çelik plakanın arasında basınç deneyine ta-bi tutulmuşlardır. Yapılan deney sonucunda bulunan çimento standard mukavemetleri şöyledir :

Çimento standard eğilme mukavemetleri

No.	Mukavemet yaşı	P (kg)	e (kg/cm ²)
1	7	82	28.74
2	7	87	30.49
3	7	103	36.10
4	28	120	42.06
5	28	141	49.42
6	28	121	42.40

Çimento standard basınc mukavemetleri

No	Mukavemet yaşı	P (kg)	(kg/cm ²)
1	7	1800	112.50
2	7	1900	118.75
3	7	1500	93.75
4	7	1300	81.25
5	7	2000	125.00
6	7	1900	118.75
7	28	3240	202.50
8	28	3340	208.75
9	28	3400	212.50
10	28	3300	206.25
11	28	3100	193.75
12	28	3390	211.88

6.4 Çimento standard mukavemetinin ortalama değerleri :

7 günlük basınc mukavemeti	:	108.00	kg/cm ²
7 günlük eğilme mukavemeti	:	31.78	kg/cm ²
28 günlük basınc mukavemeti	:	206.00	kg/cm ²
28 günlük eğilme mukavemeti	:	44.63	kg/cm ²

7. KATKI

Deneylerde piyasada kullanılmakta olan hava sürükleyici ve akışkanlaştırıcı bir çok ticari katkı maddesinin hammaddesi olan sodyum linyosülfanat kullanılmıştır. Bu katkı maddesi tansio-aktif karakterdedir. Linyoslfanatlar, kağıt üretimi sırasında linyinin soda, sodyum sülfür veya sodyum bislfıt ve sülfürik asitle muamelesi sonucu elde edilirler. Bileşiminde alkolaril, metoksil ve metil gruplarını içerirler.

Daha önce de belirtildiği gibi deneylerde katkı oranı olarak akışkanlaştırıcı için imento ağırlığının % 0.6 sı alınmıştır örnek olarak 5 silindir numunesi için kullanılan katkı miktarı şöyledir :

Çimento	:	13.400	kg
% 0.6 katkı	:	0.006x13400 =	80.400 gr
Kaolinit	:	76000x0.1	= 7.600 kg
silis	:	76000x0.1	= 7.600 kg

Katkı, beton yapımı sırasında hassas bir şekil de tartıldıktan sonra karışımdan önce karma suyuna katılmış ve karma suyunda iyice dağılması sağlandıktan sonra imento agrega karışımına katılmıştır. Bu şekilde katkının beton içinde üniform olarak yayılması sağlanmıştır.

8. Taze betonun hazırlanması :

Numuneler 5'erlik gruplar halinde hazırlanmıştır. Önceden yapılan denemelerle 5 silindir numunesi için gereken malzeme miktarları hesaplanmıştır. Beton yapılırken agrega/çimento oranı 5.67 ve su/çimento oranı katkısız durumda 0.61 alınmıştır. Buna göre 5 adet silindir elde etmek için kullanılan malzeme miktarı :

Granülometrik oranları daha önce verilen 76.000 kg agrega,
 $76.000/5.67 = 13.400$ kg çimento
 $13.400 \times 0.61 = 8.174$ kg su.

Elde edilen betonun dozajı da hesaplanabilir :

$$\text{Agrega hacmi} : \frac{76.000}{1.76} = 43.18 \text{ lt.}$$

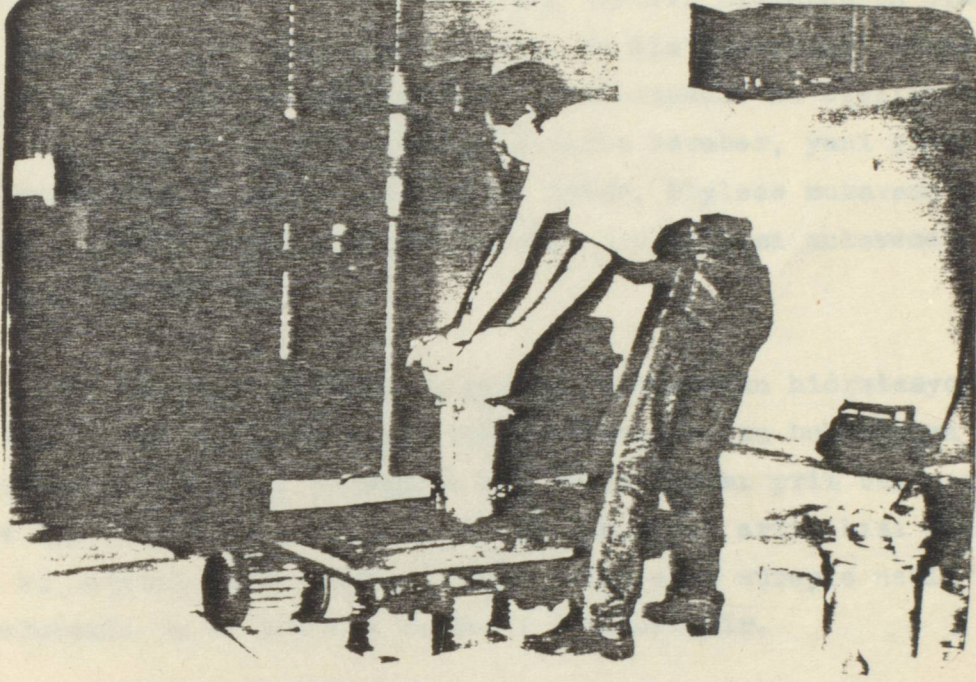
$$\text{Dozaj} : \frac{13.400}{43.18} \times 1000 = 310$$

Elde edilen beton 310 dozudur.

Bu şekilde tartılarak hazırlanan malzemeler önce eğik eksenli bir betonyerle karıştırılmak istenmiş ancak bundan iyi sonuç alınamadığı görülerek karıştırma işleri elle yapılmıştır. Katkılı beton üretilirken hassas bir şekilde tartılan katkı maddesi, önce karma suyunun içinde iyice dağılması sağlandıktan sonra çimento ve agrega karışımıyla karıştırılmıştır. Taze beton iyice karıştırıldıktan sonra değişik taraflarından alınan örneklerle hem işlenebilirlik, hem de hava miktarı ölçülmüştür.

Daha sonra taze beton, daha önceden yağlanmış olan silindir kalıplara üç (3) tabaka halinde yerleştirilmiştir. Her tabaka kalıba

yerleştirildikten sonra 16 mm çapındaki elik bir çubuk ile sıkılan-
mıştır. Bu şekilde doldurulan kalıplar vibrasyona masasında 10 sani-
yelik süreyle vibrasyona maruz bırakılmışlardır.



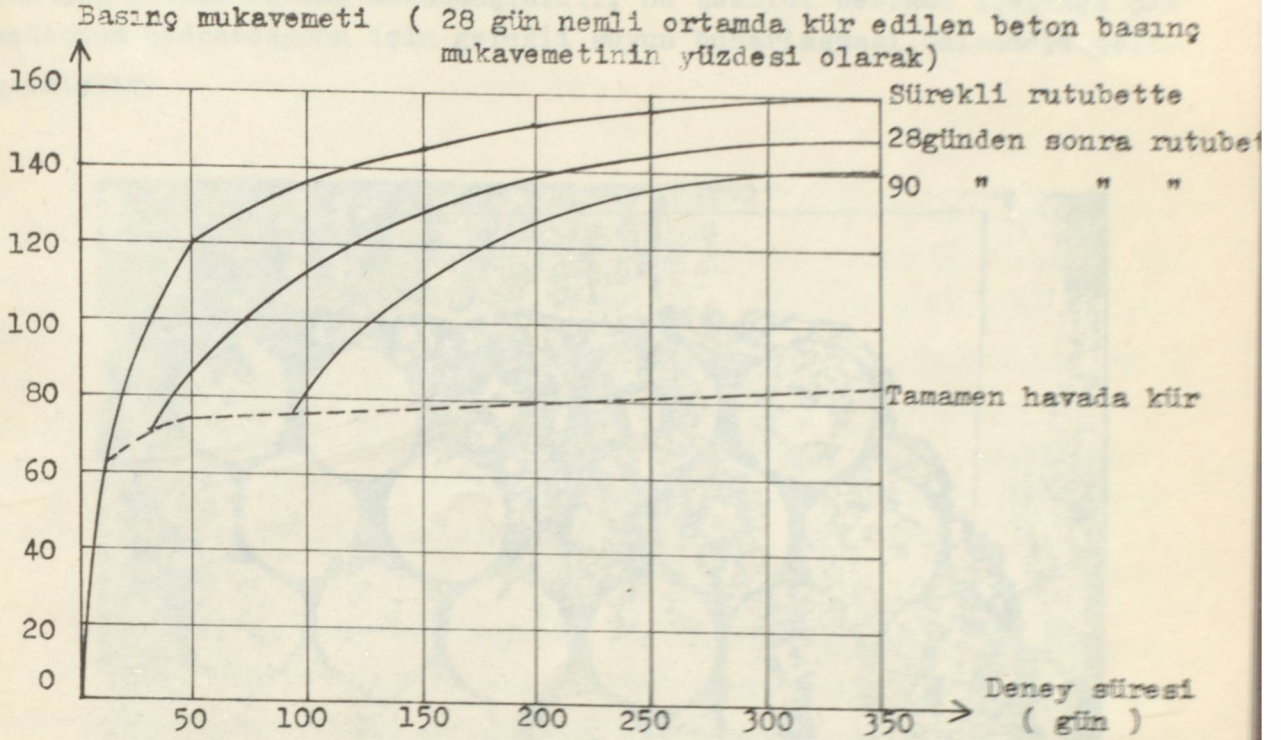
Beton vibrasyon masasında vibre edilmesi.

Daha sonra kalıpların st yüzeyleri mala ile düzeltilerek her
numune numaralandırılmıştır. Kalıplar 24 saat sonra açılarak numune-
ler kalıplardan çıkarılmıştır.

9. SİLİNDİR NUMUNELERİNİN KÜRÜ

Betonun mukavemet kazanması ile bileşiminde bulunan çimentonun hidratasyonu arasında sıkı bir ilişki vardır. Hidratasyon olayı, çimen toyu oluşturan çok küçük daneciklerin su ile yaptıkları kimyasal reaksiyondur. Hidratasyon zamanın bir fonksiyonudur. Bu özellik sayesinde hidratasyon yapan çimento miktarı zamanla beraber, yani çimentonun su ile temasa geçtiği andan başlayarak artar. Böylece mukavemet de zamana bağlı olarak artar. Hidratasyon hızının artması mukavemet artışının hızlanmasına yol açar.

Taze betonun içerdiği su miktarı çimentonun hidratasyonu için gerekenden çok daha fazladır. Ancak zamanla bu su buharlaşma veya başka yollarla kaybolur. Bu kaybın çok fazla olması priz başlangıcından sonra tam hidratasyonu geciktirir ve mukavemet artış hızı da düşmüş olur. Bu nedenle beton mümkün olduğu kadar uzun süreyle nemli bir ortamda tutulmalı ve bu şekilde su kaybı önlenmelidir.



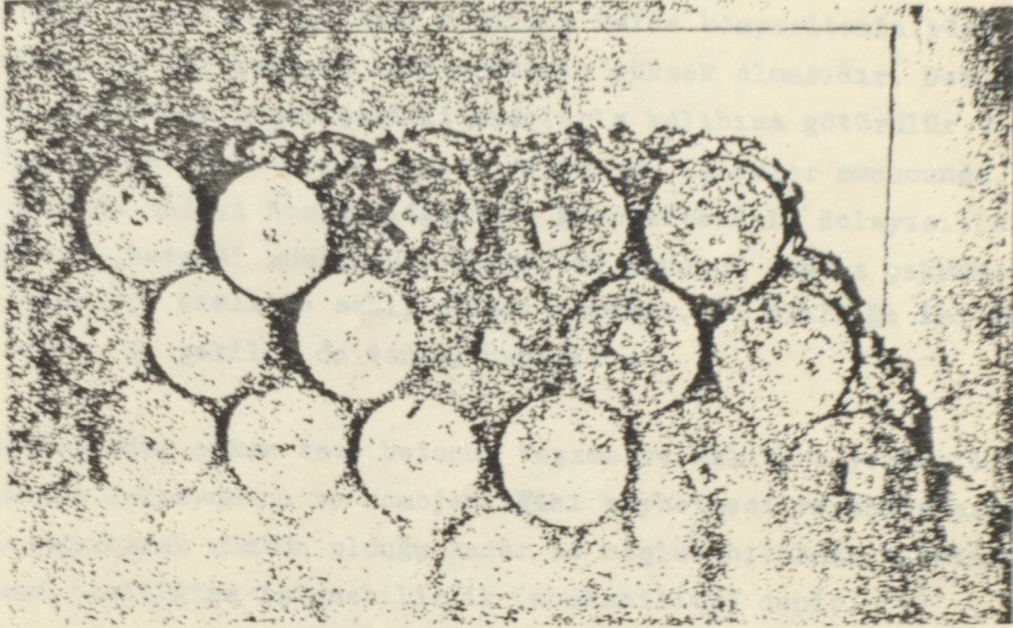
Nemli ortamda ve havada kür edilmiş betonların mukavemetlerindeki değişimler.

Şekilden de görüldüğü gibi nemli ortamda kür edilen betonların mukavemetleri havada kür edilen daha fazladır. Aynı grafikte uzun bir süre havada kaldıktan sonra tekrar nemli ortamda kür uygulanan betonlarda mukavemetin tekrar arttığı görülmektedir. (10)

Ayrıca kür ısısının da basınç mukavemetine etkisi vardır. Yapılan deneylerde basınç mukavemetinin yüksek ısılarda kür uygulandığında, alçak ısılardan daha fazla arttığı görülmüştür.

Bu çalışmada üretilen silindirik numuneleri kalıptan çıkarıldıktan sonra deney anına kadar laboratuvar sıcaklığında üzerleri nemli

talagla örtülü olarak korunmuşlardır. Bu şekilde betonun içerdığı çimento-
mentonun hidratasyonu için gerekli suyun buharlaşması önlenmeye çalışılmıştır.



Silindir numunelerinin laboratuvar koşullarında kütü.

10. TAZE BETONLA İLGİLİ DENEYLER

10.1 İşlenebilirliğin tayini :

Betonda aranılan, kalıbına dökülmüş halde kompasitenin büyük bir değer alması ve dolayısıyla mukavemetinin yüksek olmasıdır. Beton, betonyerden çıktıktan sonra çeşitli araçlarla kalıbına götürülür ve vibratör veya benzeri aletlerle sıkıştırılır. Bu işlemler sonucunda beton yerden çıktığı andaki homojenliğini ve kompasitesini, dolayısıyla mukavemetini kaybetmesi mümkündür. Böyle bir sonucun ortaya çıkması için betonun bir özelliğe sahip olması gerekir. Bu özelliğe işlenebilirlik denir. Şu şekilde de tanımlanabilir :

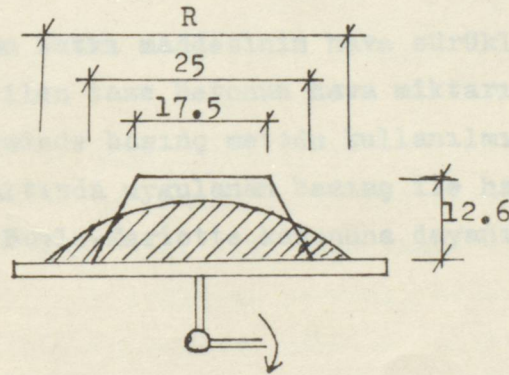
Betonyerden çıkan taze betonun taşıma ve kalıbına yerleştirilmesi sırasında kohezyonunu ve homojenliğini kaybetmesi ve kalıplarda kolaylıkla yayılarak mümkün olduğu kadar az boşluk bırakmak suretiyle yerleşmesi özelliğine işlenebilirlik (workability) denir. (9)

Ancak işlenebilme özelliği kıvam ile karıştırılmamalıdır. Kıvam, betonun akıcılığı ile ya da kendi ağırlığı etkisi ile hareket etme yeteneğidir. Bu özelliği en çok etkileyen faktör su miktarıdır. Kıvam, ıslaklık derecesi olarak da alınabilir. Yaş beton, yani akıcı kıvamdaki beton kuru betondan daha iyi işlenebilir. Ancak aynı kıvamdaki betonların işlenebilirliği farklı da olabilir. Çünkü işlenebilme özelliği su miktarından başka betonun granülometrik bileşimine agrega danelerinin boyut ve biçimlerine ve çimento dozajı gibi çok değişik faktörlere bağlıdır.

İşlenebilme özelliğinin böylesine çok değişik faktörlerle etkilenmesi bu özelliğin ölçülmesini de zorlaştırır. Bu konuda birçok yöntem ileri sürülmüştür. Ancak bu yöntemlerin hiç biri işlenebilme

özelliğinin değerini kesin bir şekilde belirtmemektedir. Bununla birlikte bu deney yöntemleri işlenebilme özelliği ile ilgili bazı karakteristikler hakkında bilgi verirler.

Bu çalışmada taze betonun işlenebilirliğinin saptanmasında Yayılma Testi (Flow test) yönteminden yararlanılmıştır. Yayılma Testi deneyinde hazırlanan taze beton kesik koni şeklindeki bir kalıba yerleştirilmekte ve ahşap bir çubukla sıkılanmaktadır. Daha sonra üzerinde kesik koni şeklindeki harç kütlesi bulunan yatay tabla 12.5 mm lik yükseklikten 10 saniyede 15 kez serbest olarak düşürülmektedir. Bu sarsıntılar sonucunda dairesel olarak yayılan taze betonun çapı ölçülmektedir. Bu çapın ilk çapa olan farkı ile ilk çap oranlanarak bulunan sonuç harçın işlenebilme özelliğini belirten bir kriter olarak kabul edilmektedir.



Yayılma testi deneyi.

Deneylerin başlangıcında katkısız olarak üretilen betonda su/çimento oranı 0.61 olarak alınmıştır. Bu oranda karma suyuyla elde edilen taze beton yayılma testi deneyine tabi tutulmuş ve işlenebilme oranının % 55 olduğu görülmüştür.

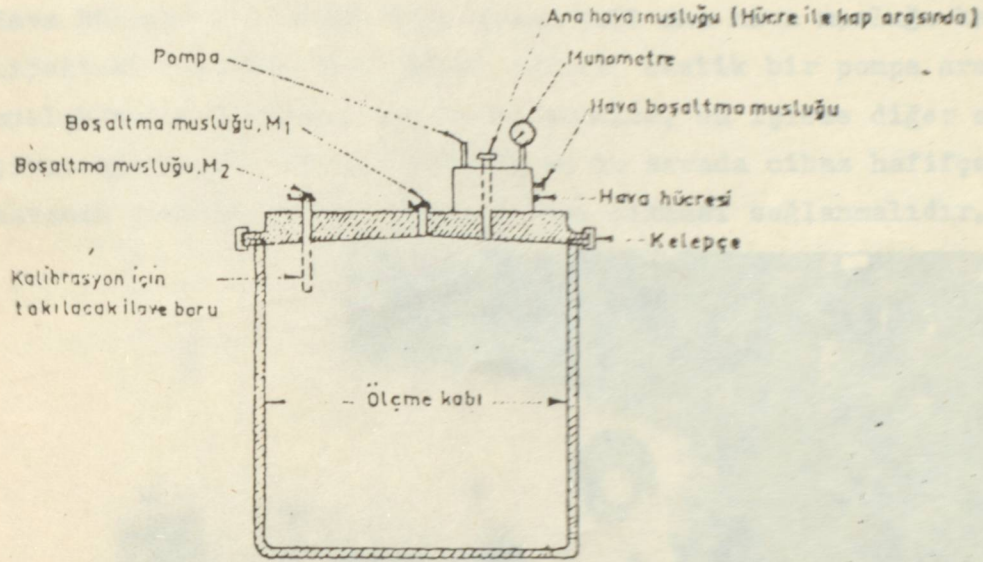
Katkılı beton yapılırken daha düşük bir su/çimento oranıyla karışım yapılmış ve işlenebilme oranı tekrar yayılma testille ölçülmüştür. Bu oran 0.55 olana kadar su miktarı artırılarak deney tekrarlanmış ve 0.55 lik işlenebilmeyi sağlayan su miktarı o katkı oranı için gereken su miktarı olarak alınmıştır. Böylecebu çalışmanın temel ilkesi olan işlenebilirliğin sabit tutulması sağlanmıştır.

Bu deneyler sonucunda katkısız olarak üretilen betonda su/çimento oranı 0.61 iken % 0.6 katkılı betonda 0.56 ya , yalnız silis katkı kılı betonda su/çimento oranı 0.63 iken silisli ve % 0.6 katkılı betonda 0.58 e , kaolinit katılarak üretilen betonda su/çimento oranı 0.78 iken kaolinitli ve % 0.6 katkılı betonda su/çimento oranı ise 0.73 e düşmüştür.

10.2 Taze betonun hava miktarının ölçülmesi :

Kullanılan katkı maddesinin hava sürükleyici özelliği olması dolayısı ile üretilen taze betonun hava miktarıda ölçülmüştür. Hava miktarının ölçülmesinde basınç metodu kullanılmıştır. Bu metot esas olarak sabit ısı altında uygulanan basınç ile hava hacmi arasındaki ilişkiyi açıklayan Boyle-Mariotte kanununa dayanır.

Bu deneyde aşağıda kesiti görülen hava ölçme cihazı (Air-Meter) kullanılmıştır.

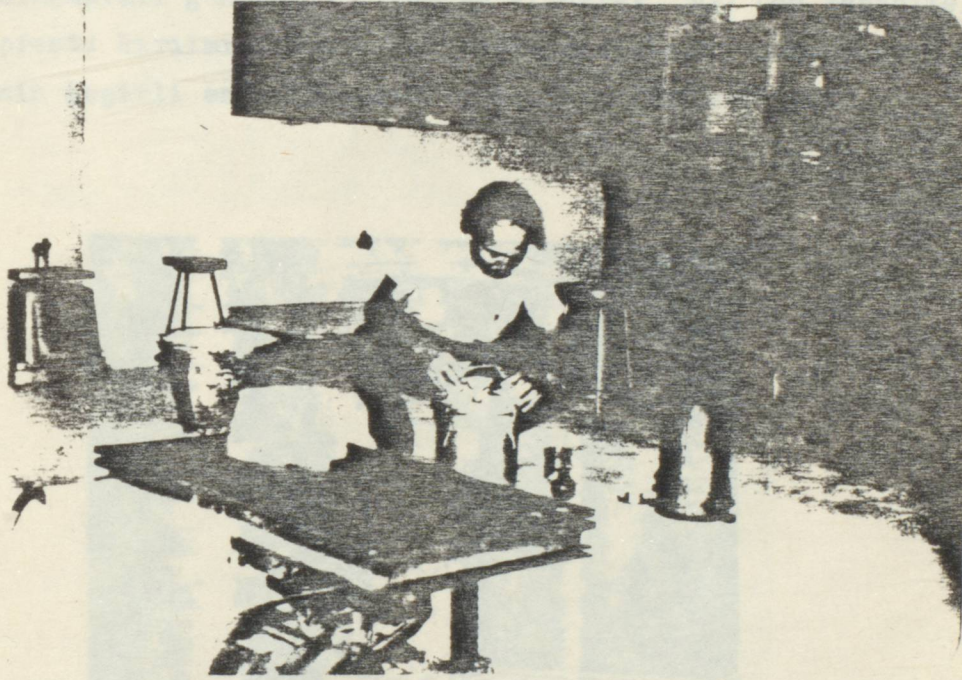


Hava ölçme cihazının kesiti.

Bu cihazın çalışma prensibi belirli bir basınç altında kapalı bir hava hücresinde bulunan belirli bir hava hacminin beton numunesindeki bilinmeyen hava hacmi ile dengelenmesini kapsar. Cihazdaki manometre kadranı dengeyi sağlayan basıncı, beton numunesindeki hava boşluğu yüzdesi cinsinden verecek şekilde kalibre edilmiş olduğundan hava miktarı doğrudan doğruya tayin edilmiş olur. Verilecek basıncın $0.5-2 \text{ kgf/cm}^2$ arasında olması yeterlidir. Hava ölçme cihazı ile taze betonda hava miktarını ölçme deneyi aşağıda belirtildiği gibi yapılır.

Hava miktarı ölçülecek olan taze beton ölçme kabına üç tabaka halinde doldurulur. Her tabaka şişleme çubuğu ile iyice sıkıştırıldıktan sonra bu çalışma için yapılan deneylerde 10 saniye süre ile vibrasyona maruz bırakılmıştır. Sıkıştırılmış olan betonun yüzeyi ölçme

kabı üst seviyesinde sıyırma çubuğu kenarlara bastırılarak ve kap yüzeyi boyunca boydan boya hareket ettirilerek düzgünleştirilir, kenar çıkıntıları temizlendikten sonra kapak, ölçme kabı üzerine kilitlenir. Hava hücresi ile ölçme kabı arasındaki ana hava musluğu kapatılır ve kapaktaki boşaltma muslukları açılır, lastik bir pompa aracılığı ile musluklardan birinden cihaza su konulur, bu işleme diğer musluktan su çıkıncaya kadar devam edilmeli ve bu sırada cihaz hafifçe sarsılarak havanın tamamen bu musluktan dışarı çıkması sağlanmalıdır.



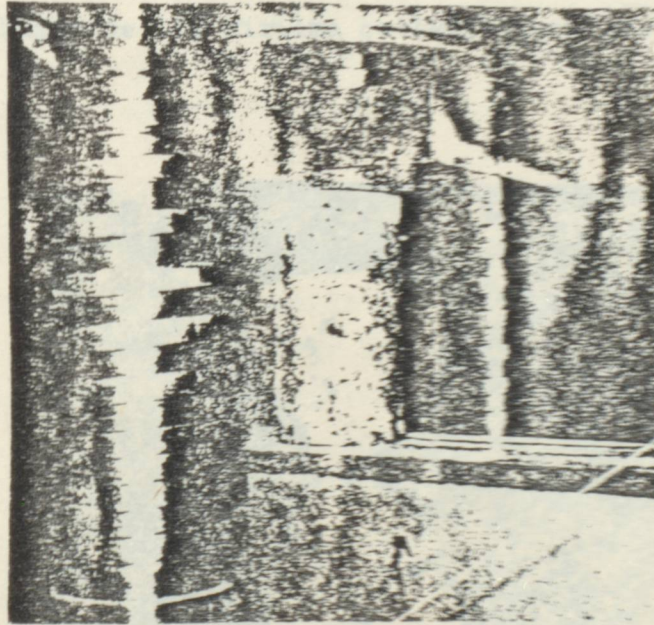
Hava ölçme cihazı ile taze betonda hava miktarının
ölçülmesi

Hava boşaltma musluğu kapatıldıktan sonra hava hücresine manometre göstergesi ilk basınç çizgisine gelinceye kadar hava pompalanır. Daha sonra boşaltma musluğu hafifçe açılarak göstergenin (0) a gelmesi sağlanmalı ve bunun için manometreye hafifçe vurulmalıdır. Daha sonra kapaktaki boşaltma muslukları kapatılır ve hücre ile kap arasın

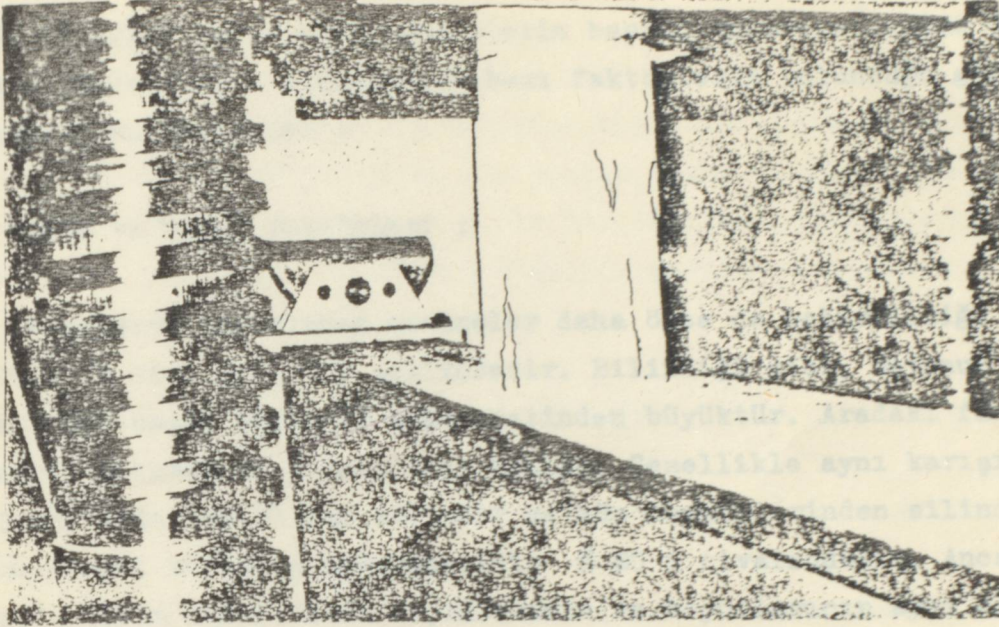
daki hava musluğu açılırsa göstergeden cihazda bulunan taze betonun hava miktarı okunur. Ancak bu arada manometreye hafifçe vurularak göstergenin sabitleşmesi sağlanmalıdır.

11. SERTLEŞMİŞ BETONCA İLGİLİ DENEYLER

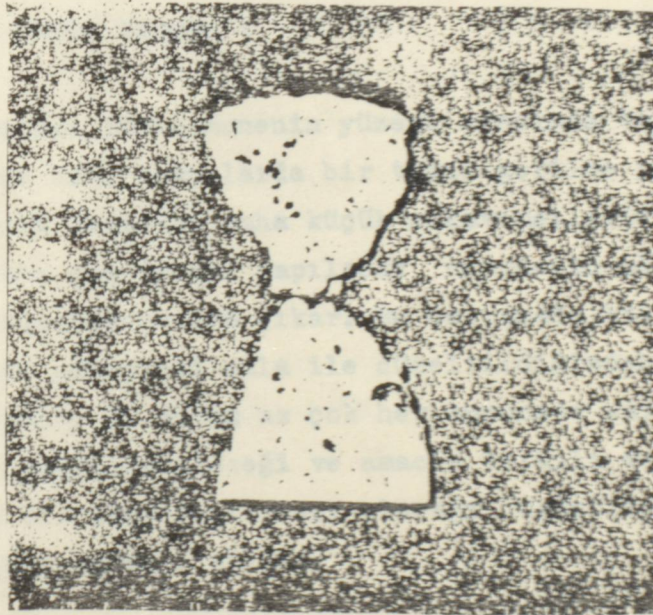
Hazırlanan silindirik numuneleri kırılacakları güne kadar daha önce belirtildiği gibi nemli ortamda bekletilmiş ve basınç deneyine tâbi tutulacakları gün nemli ortamdan alınarak 500 ton kapasiteli hidrolik preste kırılmışlardır. Aşağıdaki resimlerde numunelerin basınç deneyinin çeşitli safhalarındaki durumları görülmektedir.



Numuneye kuvvet uygulanmadan önce.



Numunede ilk kırılma çatlaklarının görülmesi



Deneyden sonra konik şekilde kırılan numunenin görünüşü.

Bu deneyler yapılırken numunelerin basınç mukavemetlerine doğru olarak ölçmede sonucu etkileyecek bazı faktörlerin bulunduğu göz önüne alınmıştır. Bu faktörler :

11.1 Biçim ve boyut faktörleri :

Deneylerde hazırlanan numuneler daha önce de belirtildiği gibi h/r oranı 2 olan silindir şeklindedir. Bilindiği gibi, betonun küp mu kavemeti her zaman silindir mukavemetinden büyüktür. Aradaki fark betonun gerçek mukavemeti yükseldikçe azalır. Genellikle aynı karışımdan eşit koşullarda hazırlanan silindir ve küp numunelerinden silindirlerin mukavemeti küplerin mukavemetinin % 80 i civarındadır. Ancak bu çalışmada bütün numunelerin biçimlerinin ve boyutlarının aynı olması ve amacın da değişik katkı oranlarında katkısız konuma göre mukavemette meydana gelecek değişikliklerin kıyaslamalarının yapılması olduğundan biçim ve boyut faktörü önemli değildir.

11.2 Numunenin yüzey durumu :

Aletin taslası ile numunenin yüzeyi arasında tam bir uyum sağlanmadığı takdirde bazı noktalarda bir takım gerilme yığılmaları oluşur ve bu durum gerçek değerden daha küçük mukavemetlerin elde edilmesine yol açar. Bu, daha çok deneyi yapılacak numunenin pürüzlü bir yüzeye sahip olması sonucunda ortaya çıkar. Bu çalışmada hazırlanan silindir numunelerinin üst yüzeyleri mala ile düzeltiltiğinden tam bir düzgünlük sağlanamamıştır. Bu durum az çok her numunede var olduğu ve sonucu doğal olarak etkileyebileceği ve amacın katkılı ve katkısız numunelerin sonucunun bir karşılaştırması olacağı düşünülürse bu durumun pek etkili olamayacağı varsayılabilir.

11.3 Yükleme hızı :

Basınç deneyi sırasında numuneye kuvvetin hızlı bir şekilde uygulanması durumunda mukavemette bir azalma, aksi taktirde ise artış olur. bu nedenle deney sonuçlarının fazla bir dağılma göstermemesi için bütün deneylerde uygulanan basınç kuvveti, gerilmeyi saniyede 10 kg/cm^2 yükseltecek şekilde arttırılmıştır.

12. DENEYLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ-İRDELEME

12.1 Akışkanlaştırıcı katkıların su/çimento oranlarına etkileri :

Bu çalışmada kullanılan akışkanlaştırıcı katkı maddesinin taze betonun işlenebilme özelliğini çok belirgin bir şekilde iyileştirdiği görülmüştür. Akışkanlaştırıcı katkının bu özelliği dolayısıyla katkı oranı arttırıldıkça aynı işlenebilirliği sağlamak için gereken su miktarı azalmış buna bağlı olarak su/çimento oranında da azalmalar olmuştur. Daha önceki çalışmadan, görüldüğü gibi % 0.6 katkı ile en iyi durumun elde edileceği görülmüştür. Bu çalışmada % 0.6 katkı kullanılmış ve su/çimento oranındaki değişimler aşağıdaki gibi bulunmuştur.

Katkısız % 10 kendi tozu ile	: 0.61
% 0.6 katkılı ve % 10 kendi tozu ile	: 0.56
Katkısız % 10 silisli	: 0.63
% 0.6 katkılı ve % 10 silisli	: 0.58
Katkısız % 10 kaolinit ile	: 0.78
% 0.6 katkılı % 10 kaolinitli	: 0.73

Katkısız konuma oranla katkılı betonlardaki su/çimento oranlarındaki azalma yüzdeleri ise :

% 0.6 katkılı kendi tozu ile	: % 8.20
% 0.6 katkılı silis ile	: % 7.94
% 0.6 katkılı kaolinitli	: % 6.41

12.2 Akışkanlaştırıcı katkıların hava miktarlarına etkileri :

Üretilen taze betonda hava ölçme cihazı ile yapılan ölçmelerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :

<u>Niteliği</u>	<u>Hava miktarı(%)</u>
Katkısız kendi tozu ile	5
% 0.6 katkılı kendi tozu ile	6.1
Katkısız silis ile	5
% 0.6 katkılı silis ile	6.1
Katkısız kaolinit ile	3.37
% 0.6 katkılı kaolinit ile	3.50

Yukardaki sonuçlardan da görüldüğü gibi taze betonun hava miktarlarında, katkısız'a oranla katkılıda azda olsa bir artış olduğu görülmüştür. Bu artış, betona hava sürüklenmesiyle elde edilecek yararları sağlayamayacak kadar küçüktür.

Daha önceki deneyde işaret edildiği gibi, katkı ile çimento yapısı arasında çok karmaşık ilişkiler vardır. Her katkı, her tür çimento için aynı etkileri göstermez. Bu çalışmada katkı olarak kullanılan sodyum linyosülfanat'ın hava sürükleyici özelliği olmasına rağmen deneyde kullanılan çimentoda bu özelliğini tam olarak gösterememiştir. Bu sonuç, her katkının kullanılmadan önce istenilen yararları sağlayıp

sağlayamayacağını araştırılması için ön deneyler yapılması gerektiği fikrini doğrulamaktadır.

Hava miktarındaki artışın az olmasının diğer bir nedenide beton karıştırma işleminin elle yapılması olabilir. Hava sürükleyici katkılar kullanıldığında, katkının hava sürükleyici özelliğinin karıştırma biçimine bağlı olduğu belirtilmişti. Bu nedenle iyi sonuçlar alınabilmesi için betonyer ve özellikle malaksör kullanılması zorunludur.

12.3 Akışkanlaştırıcı katkıların beton basınç mukavemetine etkileri :

Akışkanlaştırıcı katkı maddelerinin eşit işlenebilme özellikleri olan beton numunelerinin basınç mukavemetlerine etkileri bir kaç yönden ele alınabilir.

- 1- Basınç mukavemetlerine etkiye biçimleri,
- 2- Kısa ve uzun süreli mukavemetlerdeki artışlar, mukavemet artışlar, mukavemet artış hızlarına etkiye durumları.

1. Basınç mukavemetlerine etkiye biçimleri :

Basınç deneylerinin sonuçlarının incelenmesinden katkılı betonda, katkısızlara oranla 7, 28 günlük mukavemetlerde bir artış olduğu görülmektedir. Ancak bu artış mukavemet yaşı uzadıkça azalmaktadır.

Beton basınç mukavemetinde meydana gelen değişiklikleri gösteren grafiklerde görüldüğü gibi katkısız betona oranla katkılı betonda mukavemet artışı daha yüksek olduğu görülmektedir. 90 günlük mukavemetlerde de iyi denebilecek artış görülmüş. Ancak bu artışın daha önceki yaşlardan kazandığı mukavemet olabileceği tartışılmıştır. Bu artış kaolinitli katkılıda görülememiştir.

Bu durumu mukavemet artış hızlarına bakıldığında ileri yaşlarda çok düşük seviyede seyrettiği bu tezi doğrulamaktadır.

Beton basınç mukavemeti deneylerin sonuçları, ortalamaları ve bu ortalama değerlere göre çizilen grafik bundan sonraki sayfalardadır.

No	Yapıldığı tarih	Mukavemet yaşı	Kırılacağı tarih	Niteliği (%)	W/C	$\nabla_{\max}$ (kg/cm ²)
1	5/11/1981	7	12/11/1981	10 silisli	0.63	64.20
2	5/11/1981	7	"	"	"	78.20
3	"	28	3/12/1981	"	"	115.50
4	"	90	3/ 2/1982	"	"	148.60
5	12/11/1981	7	19/11/1981	"	"	69.00
6	12/11/1981	7	"	"	"	68.50
7	"	7	"	"	"	50.00
8	"	28	10/12/1981	"	"	102.00
9	"	28	"	"	"	106.00
10	"	28	"	"	"	108.00
11	"	28	"	"	"	114.00
12	"	90	9/ 2/1982	"	"	132.00
13	"	90	9/ 2/1982	"	"	138.00
14	"	90	"	"	"	130.00
15	"	90	"	"	"	170.00
16	13/11/1981	7	20/11/1981	0.6katkılı	0.58	78.20
17	"	7	"	"	"	88.70
18	"	28	11/12/1981	"	"	153.00
19	"	90	10/ 2/1982	"	"	200.00
20	"	90	"	"	"	142.00
21	16/11/1981	7	23/11/1981	"	"	103.00
22	"	7	"	"	"	87.50
23	"	7	"	"	"	82.50
24	"	28	14/12/1981	"	"	135.00
25	"	28	"	"	"	103.00
26	"	28	"	"	"	163.00
27	"	28	"	"	"	116.00
28	"	90	13/ 2/1982	"	"	152.00
29	"	90	"	"	"	165.00
30	"	90	"	"	"	190.00

No	Yapıldığı tarihi	Mukavemet yaşı	Kırılacağı tarih	Niteliği %	W/C	∇_{max} (kg/cm ²)
31	19/11/1981	7	26/11/1981	10 Filler	0.61	79.00
32	"	7	"	"	"	55.00
33	"	7	"	"	"	56.00
34	"	28	17/12/1981	"	"	103.00
35	"	28	"	"	"	90.00
36	"	28	"	"	"	84.00
37	"	90	16/ 2/1982	"	"	160.00
38	"	90	"	"	"	150.00
39	"	90	"	"	"	88.00
40	"	90	"	"	"	95.00
41	20/11/1981	7	27/11/1981	"	"	68.00
42	"	7	"	"	"	82.00
43	"	28	18/12/1981	"	"	141.00
44	"	28	"	"	"	109.00
45	"	90	17/ 2/1982	"	"	184.00
46	23/11/1981	7	30/11/1981	0.6 Katkılı	0.56	108.00
47	"	7	"	"	"	95.00
48	"	7	"	"	"	89.00
49	"	28	21/12/1981	"	"	123.00
50	"	28	"	"	"	148.00
51	"	28	"	"	"	154.00
52	"	90	20/ 2/1982	"	"	157.00
53	"	90	"	"	"	163.00
54	"	90	"	"	"	172.00
55	"	90	"	"	"	182.00
56	25/11/1981	7	2/12/1981	"	"	94.00
57	"	7	"	"	"	95.00
58	"	28	23/12/1981	"	"	153.00
59	"	28	"	"	"	162.00
60	"	90	22/ 2/1982	"	"	178.00

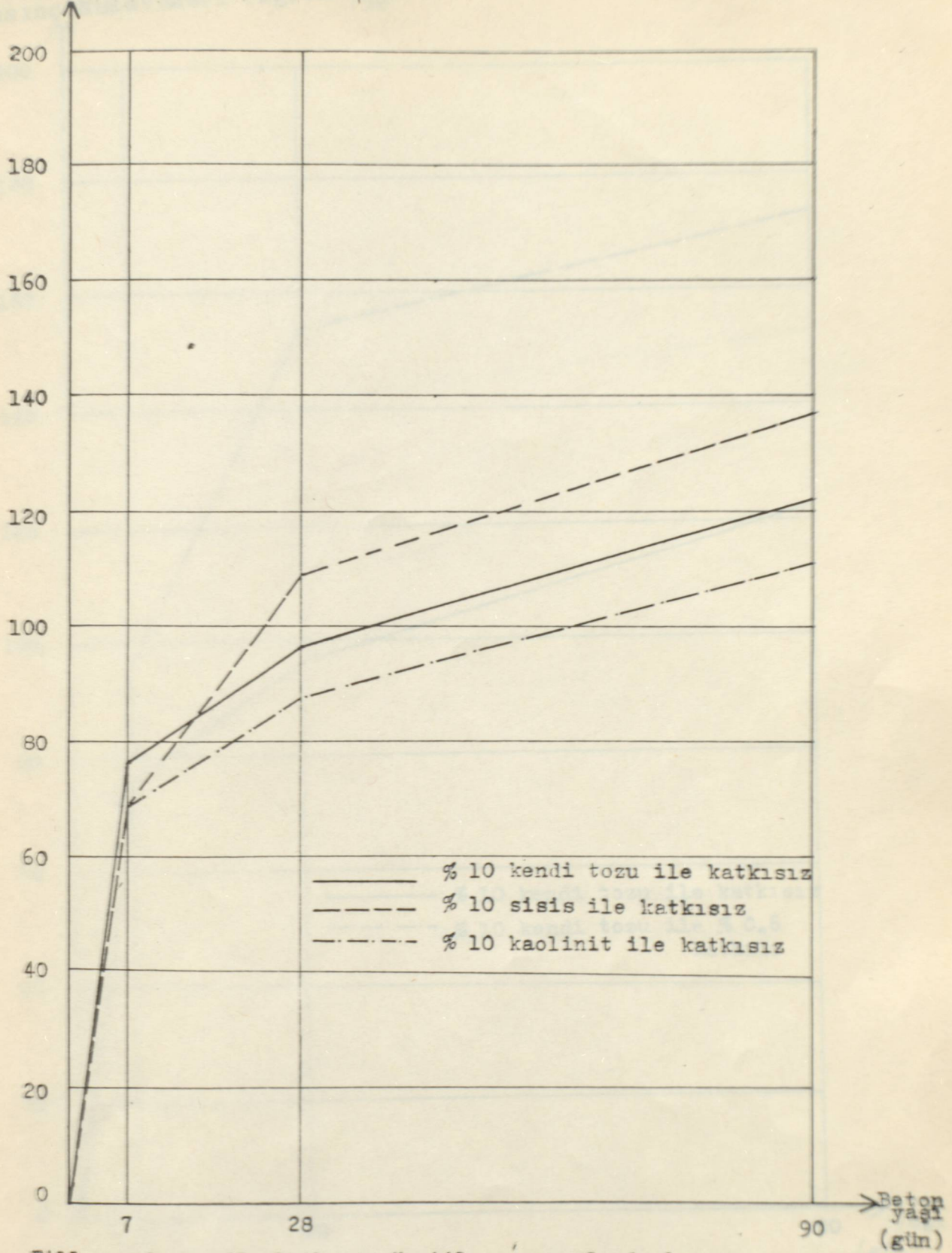
No	Yapıldığı tarih	Mukavemet yaşı	Kırılacağı tarih	Niteliği (%)	W/C	$\nabla_{\max}$ (kg/cm ²)
61	25/11/1981	7	2/12/1981	10 Kaolinit	78	61.00
62	"	28	23/12/1981	"	"	62.00
63	"	28	"	"	"	95.00
64	"	90	22/ 2/1982	"	"	85.00
65	"	90	"	"	"	129.00
66	26/11/1981	7	3/12/1981	"	"	71.00
67	"	7	"	"	"	66.00
68	"	28	24/12/1981	"	"	75.00
69	"	90	23/ 2/1982	"	"	132.00
70	"	90	"	"	"	92.00
71	30/11/1981	7	7/12/1981	"	"	72.00
72	"	7	"	"	"	70.00
73	"	28	28/12/1981	"	"	93.00
74	"	28	"	"	"	88.00
75	"	90	27/ 2/1982	"	"	110.00
76	3/12/1981	7	10/12/1981	0.6 Katkılı	73	62.50
77	"	28	31/12/1981	"	"	82.00
78	"	28	"	"	"	107.00
79	"	90	2/ 3/1982	"	"	101.00
80	"	90	"	"	"	115.00
81	7/12/1981	7	14/12/1981	"	"	97.00
82	"	7	"	"	"	88.00
83	"	28	4/ 1/1982	"	"	144.5
84	"	90	6/ 3/1982	"	"	115.00
85	"	90	"	"	"	148.00
86	"	7	14/12/1981	"	"	48.00
87	"	28	4/ 1/1982	"	"	100.00
88	"	90	6/ 3/1982	"	"	73.00

12.4 Basınç mukavemetlerinin ortalama değerleri :

0.10 k. tozu ile katkısız 7 gün ortalaması :	76.00 kg/cm ²
0.10 k. tozu 0.006 katkılı 7 gün ortalaması :	96.20 kg/cm ²
0.10 silis ile katkısız 7 gün ortalaması :	68.55 kg/cm ²
0.10 silisli 0.006 katkılı 7 gün ortalaması :	84.00 kg/cm ²
0.10 kaolinit ile katkısız 7 gün ortalaması :	68.00 kg/cm ²
0.10 kaolinitli 0.006 katkılı 7 gün ortalaması :	82.50 kg/cm ²

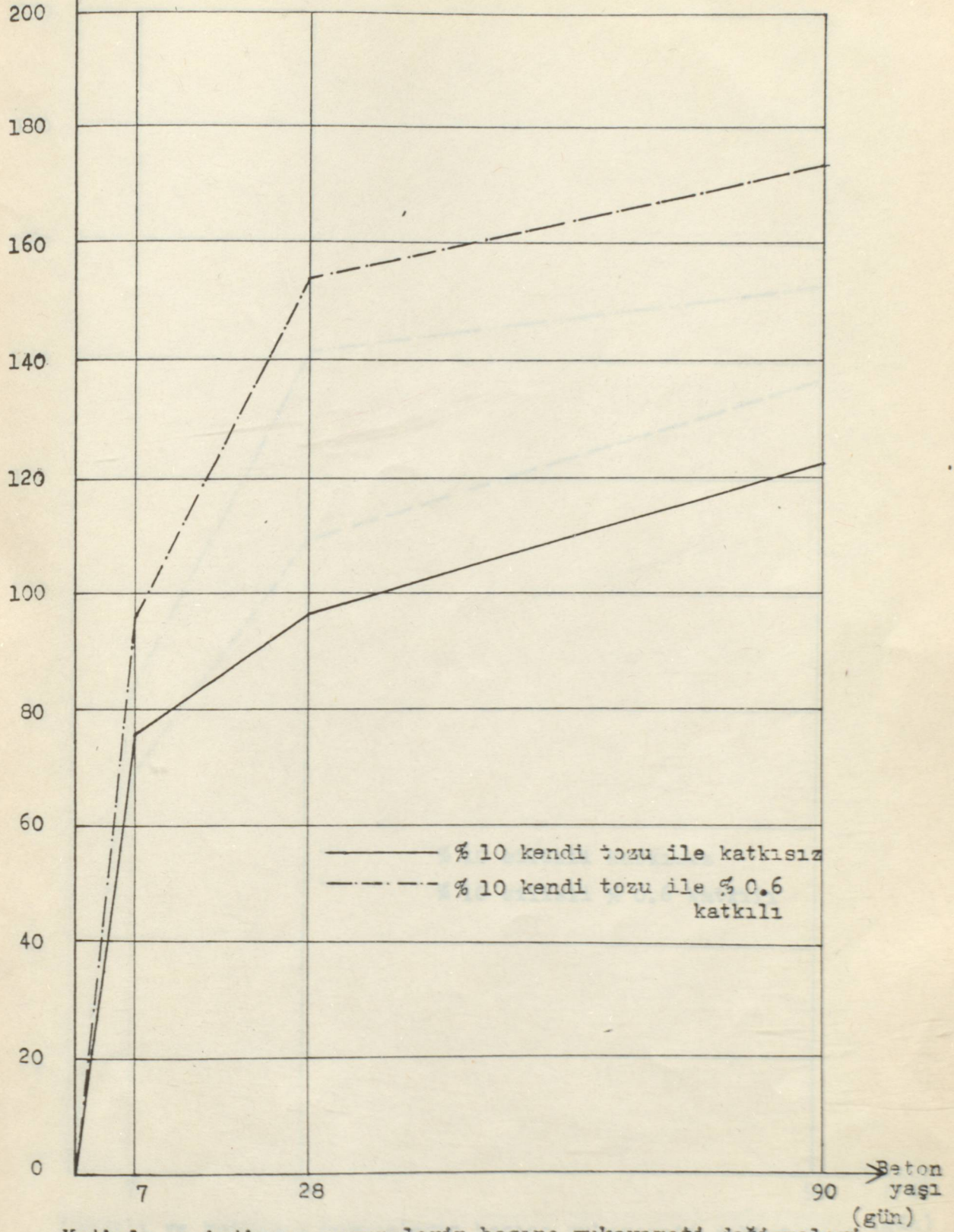
0.10 k. tozu ile katkısız 28 gün ortalaması :	96.50 kg/cm ²
0.10 k. tozu 0.006 katkılı 28 gün ortalaması :	154.00 kg/cm ²
0.10 silis ile katkısız 28 gün ortalaması :	109.00 kg/cm ²
0.10 silisli 0.006 katkılı 28 gün ortalaması :	141.76 kg/cm ²
0.10 kaolinit ile katkısız 28 gün ortalaması :	87.75 kg/cm ²
0.10 kaolinitli 0.006 katkılı 28 gün ortalaması :	117.00 kg/cm ²

0.10 k. tozu ile katkısız 90 gün ortalaması :	122.00 kg/cm ²
0.10 k. tozu 0.006 katkılı 90 gün ortalaması :	173.75 kg/cm ²
0.10 silis ile katkısız 90 gün ortalaması :	137.00 kg/cm ²
0.10 silisli 0.006 katkılı 90 gün ortalaması :	153.00 kg/cm ²
0.10 kaolinit ile katkısız 90 gün ortalaması :	111.00 kg/cm ²
0.10 kaolinitli 0.006 katkılı 90 gün ortalaması :	119.75 kg/cm ²

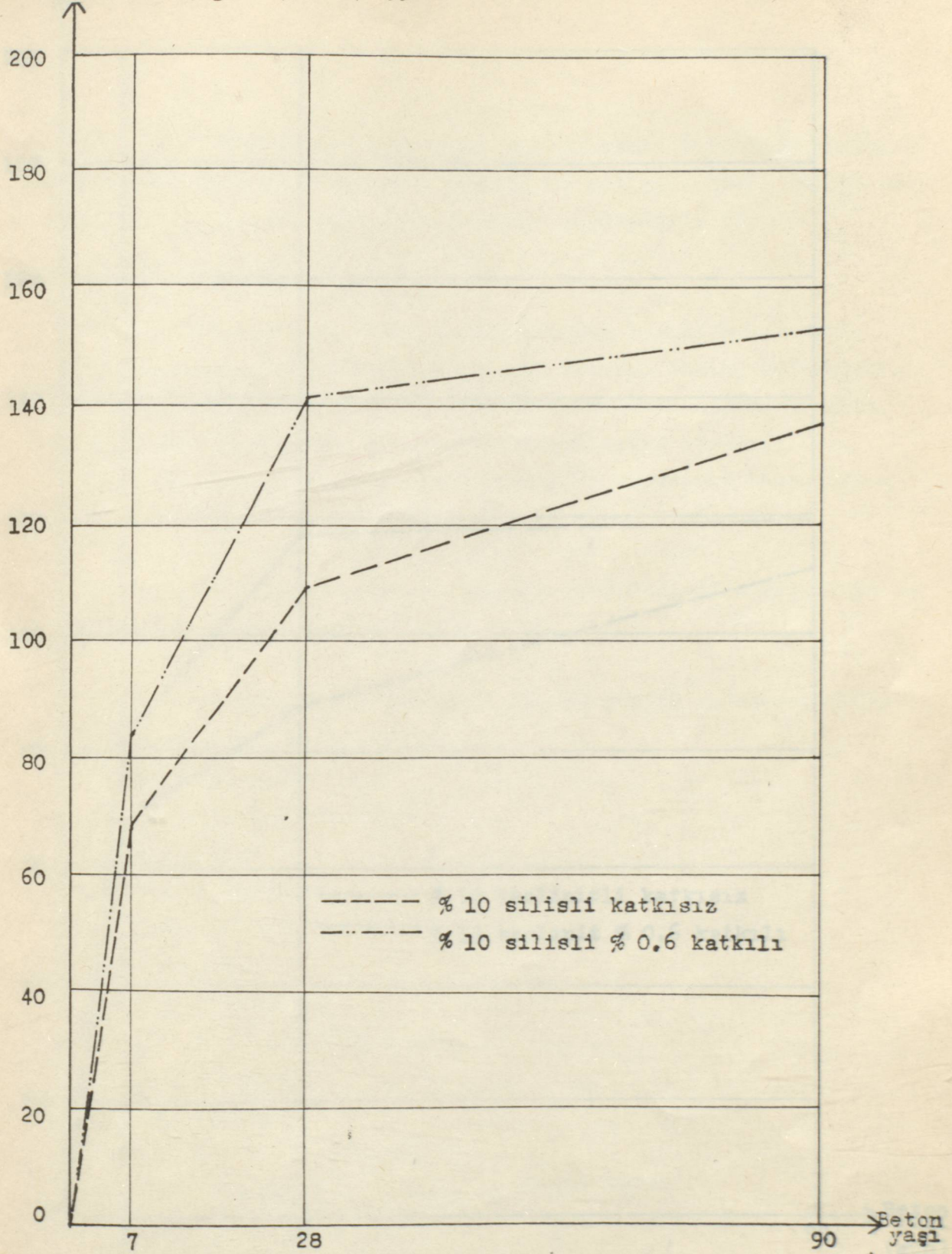


Filler malzeme ile katkısız üretilen numunelerin basınç mukavemeti değişimleri.

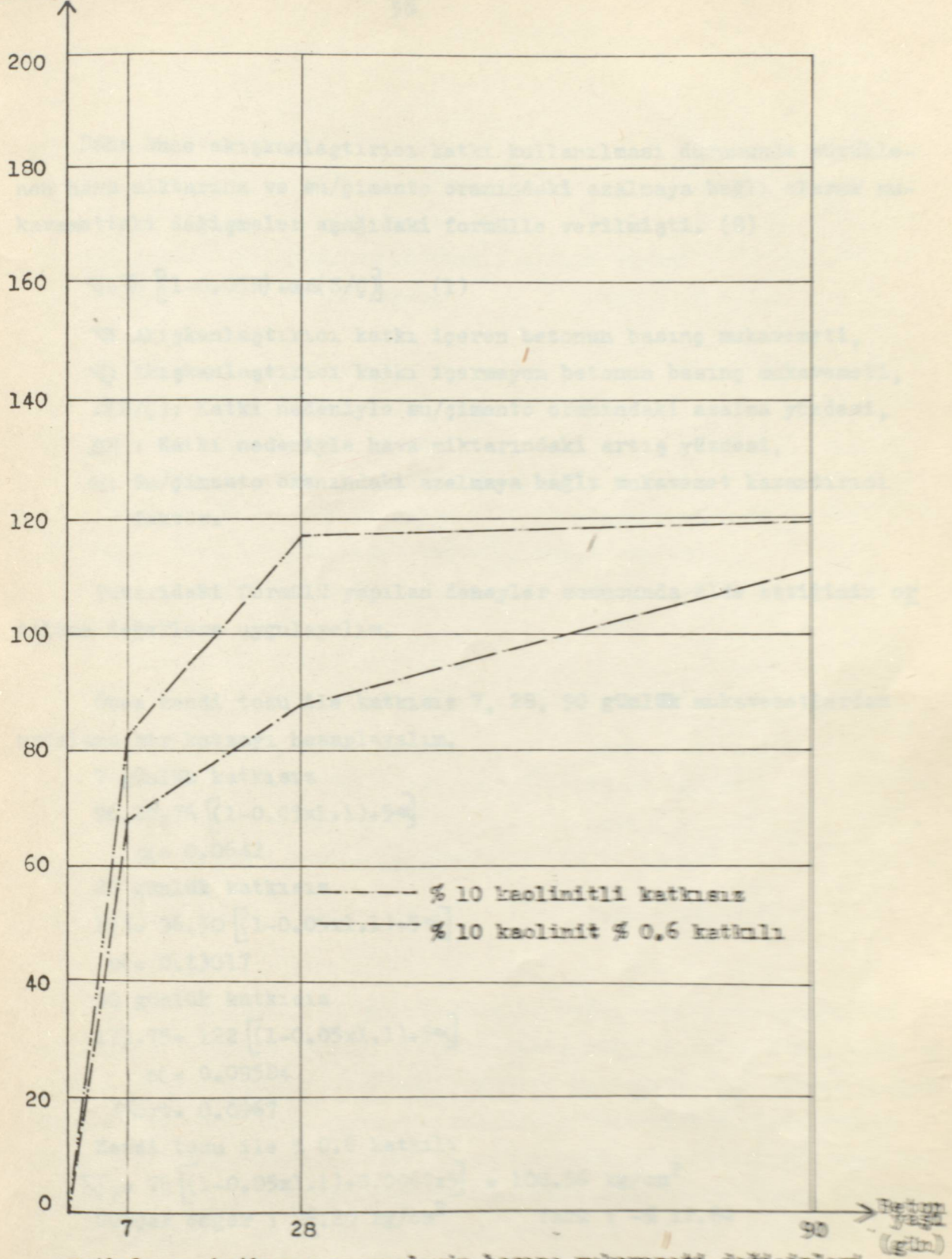
Basınç Mukavemeti (kg/cm^2) 52



Katkılı ve katkısız numunelerin basınç mukavemeti değişimleri



Katkılı ve katkısız numunelerin basınç mukavemeti değişimleri. (gün)



Katkılı ve katkısız numunelerin basınç mukavemeti değişimleri.

Daha önce akışkanlaştırıcı katkı kullanılması durumunda sürüklenen hava miktarına ve su/çimento oranındaki azalmaya bağlı olarak mukavemetteki değişimler aşağıdaki formülle verilmişti. (8)

$$\nabla = \nabla_0 [(1 - 0.05H) + \alpha \Delta(S/\zeta)] \quad (1)$$

∇ : Akışkanlaştırıcı katkı içeren betonun basınç mukavemeti,

∇_0 : Akışkanlaştırıcı katkı içermeyen betonun basınç mukavemeti,

$\Delta(S/\zeta)$: Katkı nedeniyle su/çimento oranındaki azalma yüzdesi,

ΔH : Katkı nedeniyle hava miktarındaki artış yüzdesi,

α : Su/çimento oranındaki azalmaya bağlı mukavemet kazandırıcı faktör.

Yukarıdaki formülü yapılan deneyler sonucunda elde ettiğimiz ortalama değerlere uygulayalım.

Önce kendi tozu ile katkısız 7, 28, 90 günlük mukavemetlerden ortalama bir katsayı hesaplayalım.

7 günlük katkısız

$$96.20 = 76 [(1 - 0.05 \times 1.1) + 5\alpha]$$

$$\alpha = 0.0642$$

28 günlük katkısız

$$154 = 96.50 [(1 - 0.05 \times 1.1) + 5\alpha]$$

$$\alpha = 0.13017$$

90 günlük katkısız

$$173.75 = 122 [(1 - 0.05 \times 1.1) + 5\alpha]$$

$$\alpha = 0.09584$$

$$\alpha_{\text{ort}} = 0.0967$$

Kendi tozu ile % 0.6 katkılı

$$\nabla_7 = 76 [(1 - 0.05 \times 1.1) + 0.0967 \times 5] = 108.56 \text{ kg/cm}^2$$

Gerçek değer : 96.20 kg/cm²

fark : -% 12.84

28 günlük

$$\nabla_{28} = 96.50 [(1-0.05 \times 1.1) + 0.0967 \times 5] = 137.85 \text{ kg/cm}^2$$

Gerçek değer : 154.00 kg/cm² fark : +% 10.49

$$\nabla_{90} = 122 [(1-0.05 \times 1.1) + 0.0967 \times 5] = 174.28 \text{ kg/cm}^2$$

Gerçek değer : 173.75 kg/cm² fark : -% 0.3

Silis ile % 0.6 katkı :

$$\nabla_7 = 68.55 [(-0.05 \times 1.1) + 0.0967 \times 5] = 97.92 \text{ kg/cm}^2$$

Gerçek değer : 84. kg/cm fark : -% 16.57

$$\nabla_{28} = 109 [(1-0.05 \times 1.1) + 0.0967 \times 5] = 155.71 \text{ kg/cm}^2$$

Gerçek değer : 141.76 kg/cm fark : -% 9.84

$$\nabla_{90} = 137 [(1-0.05 \times 1.1) + 0.0967 \times 5] = 195.70 \text{ kg/cm}^2$$

Gerçek değer " 153.00 kg/cm² fark : -% 27.91

Kaolinit ile % 0.6 katkı :

$$\nabla_7 = 68 [(1-0.05 \times 0.13) + 0.0967 \times 5] = 100.43 \text{ kg/cm}^2$$

Gerçek değer : 82.50 kg/cm² fark : -% 21.73

$$\nabla_{28} = 87.75 [(1-0.05 \times 0.13) + 0.0967 \times 5] = 129.60 \text{ kg/cm}^2$$

Gerçek değer : 117 kg/cm² fark : -10.77

$$\nabla_{90} = 111 [(1-0.05 \times 0.13) + 0.0967 \times 5] = 163.00 \text{ kg/cm}^2$$

Gerçek değer : 119.00 kg/cm² fark : -% 37.77

Görüldüğü gibi 28 günlük katkılı beton basınç mukavemetleri belirtilen formülle teorik olarak hesaplandığında katkı oranı aynı olmasına karşın değişik ince katkı maddesi kullanılmasına rağmen gerçek değere olan farklarda büyük bir değişim görülmüştür. Buna rağmen 90 günlük basınç mukavemetleri teorik olarak hesaplandığında aynı koşullara rağmen hem gerçek değerinden uzaklaşmış hemde farkta değişiklikler görülmüştür. % 0.6 katkılı kendi tozu ile 90 gün için katkıları

beton, teorik basınç mukavemeti gerçek değerinden -% 0.3 farklı iken, bu fark % 0.6 katkılı silisli betonda -%27.91'e, % 0.6 katkılı kaolinitli betonda ise -% 37.77 ye çıkmaktadır, Gerçek mukavemetlerde teorik mukavemetlerden uzaklaşma, çimento-katkı maddesi itkileşiminin önemini ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, bu çalışmada kullanılan diğer bir katkı maddesi olan filler malzeme katkı oranında bu durumu etkileyici bir faktör olacağı düşünülmüştür.

Şimdi de bulduğumuz ortalama mukavemet değerlerini OTTO GRAFF'ın verdiği mukavemet formülüyle irdeleyelim :

$$K = \frac{K_n}{a \cdot W^2}$$

K : Beton mukavemeti (kg/cm²)

K_n: Çimento standard basınç mukavemeti (kg/cm²)

W : Su/çimento oranı (ağırlıkça)

a : İşçilik katsayısı

Bu formüle göre 7 gün için ortalama işçilik katsayısını hesaplayalım :

Kendi tozu ile

$$a_7 = \frac{108}{76 \times 0.61^2} = 3.82$$

Silis ile

$$a_7 = \frac{108}{96.2 \times 0.63^2} = 2.82$$

Kaolinit ile

$$a = \frac{108}{68 \times 0.78^2} = 2.61$$

$$a_m = 3.08$$

Kendi tozu ile % 0.6 katkılı

$$K_7 = \frac{108}{3.08 \times 0.56^2} = 111.81 \text{ kg/cm}^2$$

fark : -% 13.96

Silis ile % 0.6 katkılı

$$K_7 = \frac{108}{3.08 \times 0.58^2} = 104.24 \text{ kg/cm}^2$$

fark : -% 19.42

Kaolinit ile % 0.6 katkılı

$$K_7 = \frac{108}{3.08 \times 0.73^2} = 65.80 \text{ kg/cm}^2$$

fark : +% 20.24

28 gün ortalama işçilik katsayısı

Kendi tozu ile

$$a_{28} = \frac{206}{96.5 \times 0.61^2} = 5.74$$

Silis ile

$$a_{28} = \frac{206}{109 \times 0.63^2} = 4.76$$

Kaolinit ile

$$a_{28} = \frac{206}{87.75 \times 0.78^2} = 3.86$$

$$a_m = 4.78$$

Kendi tozu ile % 0.6 katkı

$$K_{28} = \frac{206}{4.78 \times 0.56^2} = 137.14 \text{ kg/cm}^2$$

fark : +% 10.95

Silis ile % 0.6 katkı

$$K_{28} = \frac{206}{4.78 \times 0.58^2} = 127.84 \text{ kg/cm}^2$$

fark : +% 9.82

Kaolinit ile % 0.6 katkı

$$K_{28} = \frac{206}{4.79 \times 0.73^2} = 80.70 \text{ kg/cm}^2$$

Kaolinit ile % 0.6 katkı

$$K_{28} = \frac{206}{4.79 \times 0.73^2} = 80.70 \text{ kg/cm}^2$$

fark : +% 31.00

Yukarıda yapılan hesaplarda görüldüğü gibi teorik basınç mukavemetleri, deneylerde bulunan gerçek basınç mukavemetlerine göre hem bir dağılma göstermiş hemde büyük farklılıklar göstermiştir, 7 günlük betonlarda gerçek basınç mukavemetleri kullanılan katkı her numune için aynı olmasına karşın gerçek mukavemet değeri ile teorik mukavemet arasındaki fark % 0.6 katkı kendi tozu ile -% 13.96 ilen, % 0.06 katkı silislide -% 19.42 ye, % 0.06 katkı kaolinitli beton ise fark +% 20.24e yükselmektedir.

28 günlük betonlarda ise hesaplanan teorik basınç mukavemetleri her üç durum içinde gerçek değerlerden daha az bulunmuştur. Buda (1) nolu denklemi gerçekleştirmediğini göstermektedir. Bu farkın ise katılan ince malzeme oranının yüksek olmasından kaynaklandığı sonucunu çıkarmaktadır. Bu hesaba göre gerçek mukavemet değeri ile teorik mukavemet arasındaki fark %0.6 katkılı kendi tozu ile +% 10.95, % 0.6 katkılı silislide +% 9.82 ve % 0.6 katkılı kaolinitlide +% 31.00 lik artışla bulunmuştur.

Yani katkı (1) nolu denkleme göre pekte iyi sonuç vermemekle Otto Graff' a göre kısa sürede katkının mukavemeti artırdığını, uzun sürede ise bunun söylenemeyeceğini göstermektedir, sonuçta kullanılan katkı maddesinin mukavemet açısından olumsuz sonuçlar doğurduğu söylenebilir.

12.5 Katkıların mukavemet artış hızlarına etkileri :

Akışkanlaştırıcı katkı maddesinin 7, 28 ve 90 günlük beton basıncı mukavemetinde meydana getirdiği artışlar ve azalmalar aşağıda tabloda gösterilmiştir.

Basıncı mukavemetlerinde katkısız konuma oranla sağlanan artış yüzdeleri				
Mukavemet yaşı		0-7 kg/cm ² /gün	7-28 kg/cm ² /gün	28-90 kg/cm ² /gün
K. tozu	kat. sız	10.86	0.98	0.41
	kat. kılı	13.74	2.75	0.32
Silisli	k. sız	9.79	1.93	0.45
	k. lı	12.00	2.75	0.18
Kaolinli	k. sız	9.71	0.94	0.38
	k. lı	11.79	1.64	0.03

Yukarıdaki tablodanda görüleceği gibi akışkanlaştırıcı katkı maddesinin mukavemette artış hızının en yüksek olduğu mukavemet yaşı 7 gündür. 28 günlük beton basıncı mukavemetindeki artış biraz daha azalmaktadır. 90 günlük mukavemette ise görülen artış hızı çok küçük olup bu mukavemet ilk 28 günde betonun kazandığı mukavemet olduğu görülmektedir. Bundan çıkarılacak sonuç şöylece yorumlanabilir: Katkıların farklı yaşlardaki betonlara etkileri arasında kesin bir paralellik kurmak güçtür. Yani katkının yani 7 günlük betonda sağladığı mukavemet artışlarına dayanarak son mukavemette oluşacak artışları tahmin etmek güvenilirlik taşımamaktadır.

SONUÇLAR

Akışkanlaştırıcı katkı maddeleri üzerinde yapılan bu çok sınırlı araştırmada varılan sonuçlar şöyle sıralanabilir :

1- Akışkanlaştırıcı katkı maddeleri kullanılmadan önce birlikte kullanılacağı gerçek malzemelerle ön deneylere tâbi tutulması zorunludur. Bunların işlenebilmeyi belirli biçimde düzeltmelerine karşın uzun sürede mukavemetleri düşürme olasılıkları vardır.

2- Son mukavemetlerdeki düşmeyi kısa süreli, örneğin 7 ve 28 günlük deneylerle kesin olarak belirlemek her zaman mümkün değildir. Özellikle çimento-katkı etkileşiminin olumsuz tepki gösterdiği durumlarda daha uzun süren deneylere başvurulmalıdır. Böyle durumlarda 7 ve 28 günlük değerlerle son değer arasında benzerlik kurmak güvenilir değildir.

3- Bu çalışmada katkı olarak kullanılan filler malzeme ile akışkanlık artırıcı katkı kullanılarak üretilen eşit işlenebilme özelliğine sahip betonlarda erken yaşlarda mukavemette katkısız konuma oranla belirgin bir artış gözlenmiştir. Bundan önceki araştırmaya nazaran bu çalışmada 90 günlük betonlarda dahi kaolinitli hariç katkısız oranla katkılılarda belirli bir mukavemet artışı görülmüştür. Ancak bu artışın ilk 28 günde kazandığı artışdan ileri geldiği düşünülmüştür. Bu düşünceyi, mukavemet yüzde artış hızları hesaba doğrulanmaktadır.

4- Bu çalışmada kullanılan katkı maddeleri filler malzeme olarak silis, kaolinit ve sodyum linyosülfanattır. Tansio-aktif karakterde

olan bu katkının hava sürüklenme özelliği olmasına karşın elde edilen sonuçlara göre bu özelliğini gösterememiştir. Bunun nedeni, çimento katkı etkileşiminin olumsuz olması ve belki dahada önemlisi, karışım el ile yapılmış olmasıdır.

Katkıların, hava sürükleyicilik özelliklerinin etkinlik kazanabilmesinde betonun karıştırma biçiminin önemi büyüktür. Bu nedenle amaçlanan sonuca ulaşabilmek için betonyer ve özellikle malaksör kullanılmasıdır.

Daha önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlar katkı maddeleri pordland çimentolu harçların mukavemetini artırmaktadır.

Bu artışın temel sebebi katkı maddelerinin hidrasyonu hızlandırıcılarıdır. Mukavemetteki artış bütün pozlönik olmayan katkılar için aynıdır.

Katkı miktarı ve inceliği arttıkça mukavemette artmaktadır. Bu çalışmada 7 günlük numunelerde kendi tozu ile katkısız konuma oranla katkılıda % 27, silislide % 23, kaolinitlide % 21 oranında, 28 günlük numunelerde sıra ile % 60, % 30, % 33 oranında, 90 günlük numunelerde ise % 42, % 12, % 07 oranında artış değerleri elde edilmiştir. bu arada kaolinitden beklenen sonucun elde edilmemiş olmasını karışımın ve vibrasyonun iyi bir şekilde yapılamadığı sonucuna dayandırılmıştır.



L İ T E R A T Ü R

- P.C. KREIJGER., Topic I, Terminology, defination and classification of admixtures, RILEM Bulletin, March-April 1968 No 2
- ADMIXTURES for concrete, Journal of the American Concrete Institute, November 1963 s. 1484
- RILEM-ABEM., Effects of the admixtures on the properties of fresh mortar and concrete, International symposium on admixtures for mortar and concrete, Brussels, 1967, Topic theme I, Terminology, defination and classification of admixtures.
- A.JOISEL., Admixtures for Cement, Physico-Chemistry of Concrete and its Reinforcement, 1973
- ADMIXTURE for concrete, Journal of the American Concrete Institute, November 1963 s.1481-1523
- SÜHEYL AKMAN., Akışkanlık arttırıcı katkı maddelerinin portland çimento harçlarına etkisi, Teknik Rapor 34, İTÜ Fakültesi, 1978
- M.A. NEVILLE., Properties of Concrete, A.Pitman International Text, 1977
- K.OKADA., Water reducing and strength gain of concrete affected by water-reducing admixtures, RILEM International symposium on admixtures for mortar and concrete 1967, Brussels, Topic theme III - IV s.115-129
- S.NİSHİBAYASHİ.,
- BEKİR POSTACIOĞLU.,Yapı Malzemeleri Dersleri İTÜ, 1975
- BAYINDIRLIK BAKAN- Beton ve beton malzemeleri, Yayın No 147, 1967
- LIĞI KARAYOLLARI
- GENEL MÜD.,
- NİHAT TOYDEMİR., Pişmiş toprak yapı malzemesinin rasyonel üretim olanaklarının araştırılması.İTÜ, 1978

Yildiz Univ Ins. Muh.	63000 kr.
378.242	691.3
Demirb. i 38008	
Fat. No. —	
Ayn. No — 3/3	
R 150 62	40611

