

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN MEKANİKSEL
ÖZELLİKLERİNE AGREGA TİPİNİN ETKİSİ**

Alper Tunga ÖZGÜLER

Tez Yöneticisi
Yrd.Doç.Dr.Erdinç ARICI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2007

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN MEKANİKSEL
ÖZELLİKLERİNE AGREGA TİPİNİN ETKİSİ**

Alper Tunga ÖZGÜLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu tez..... tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği ile
Başarılı/Başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman : Yrd.Doç.Dr. Erdiñç ARICI

Üye : Doç.Dr. Ragıp İNCE

Üye : Yrd.Doç.Dr.Salih YAZICIOĞLU

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarihli
ve.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŐEKKÖR

Bu çalışmada bana her tÖrlÖ konuda yardımcı olan danışman hocam Yrd.Doç.Dr.Erdinç ARICI'ya, ayrıca Yapı Öğretmenliği BÖlÖmÖ ve İnaőat MÖhendisliđi BÖlÖmÖ hocalarıma teőekkÖrlerimi sunarım.

Alper Tunga ÖZÖÖLER

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	III
TABLolar LİSTESİ.....	V
KISALTMALAR LİSTESİ.....	VI
ÖZET.....	VII
ABSTRACT.....	IX
1. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Kendiliğinden Yerleşen Betonda Kullanılan Malzemeler.....	8
1.2.1. Çimento.....	8
1.2.2. İnce Madde (Filler).....	9
1.2.3. Agregası.....	10
1.2.3.1. İnce Agregası.....	10
1.2.3.2. İri Agregası.....	10
1.2.4. Kimyasal Katkıları.....	11
1.3. Taze Haldeki Kendiliğinden Yerleşen Betonun Deney Metotları.....	12
1.3.1. Çökme Sonrası Yayılma Deneyi.....	13
1.3.2. L Kutusu Deneyi.....	15
1.3.3. V Hunisi Deneyi.....	17
1.3.4. Beş Dakika Gecikmeli V Hunisi Akış Süresi Deneyi.....	18
1.3.5. Penetrasyon Testi.....	18
1.3.6. J Halkası Deneyi.....	19
1.3.7. Oriment Testi.....	20
1.3.8. Elek Stabilite Deneyi.....	21
2. LİTERATÜRLERDEKİ MEVCUT ÇALIŞMALAR.....	25
2.1. Dayanıklılığı Yüksek Betonlar İçin Kendiliğinden Sıkışan Beton Karışımı.....	25
2.2. Aşırı Dozda Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı Kullanımının Taze ve Sertleşmiş Betonun Bazı Özellikleri Üzerine Etkileri.....	25
2.3. Yüksek Dayanımlı Beton Üretiminde Çimento ve Süper Akışkanlaştırıcı Beton Katkı Maddelerinin Etkinliği.....	26
2.4. Değişik Akışkanlaştırıcıların Betondaki Performansları.....	27

2.5. Yeni Nesil Yüksek Akışkanlaştırıcı Katkı Maddeleri ile Yüksek Hacimde Uçucu Kül İçeren Kendiliğinden Yerleşen Beton.....	28
2.6. Süper Akışkanlaştırıcıların Betondaki Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklere Etkileri.....	29
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	30
3.1. Kullanılan Malzemeler.....	31
3.1.1. Çimento.....	31
3.1.2. Agregası.....	31
3.1.3. Yüksek Karbonlu Ferrokrom Cürufu.....	32
3.1.4. Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı.....	32
3.2. Karışım Dizaynı.....	33
3.3. Deneyin Yapılışı.....	35
3.3.1. Taze Beton Deneyleri.....	35
3.3.2. Sertleşmiş Beton Deneyleri.....	35
3.3.2.1. Basınç Dayanımı.....	36
3.3.2.2. Eğilme Deneyi.....	36
3.3.2.3. Elastisite Modülü.....	37
3.3.2.4. Silindir Yarıma.....	38
3.4. Deney Sonuçları.....	38
3.4.1 Taze Beton Deneyleri Sonuçları.....	38
3.4.2. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları.....	39
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45
KAYNAKLAR.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	50

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1	Geleneksel beton, KYB ve su altı betonu için karşılaştırmalı hacim oranları	3
Şekil 1.2	Sıkıştırma yetersizliğinden düğüm noktasında olumsuzluklar	5
Şekil 1.3	Sıkıştırma yetersizliğinden perdelerde olumsuzluklar	5
Şekil 1.4	Sık donatılar arasından vibrasyon uygulanmadan KYB kullanımı	6
Şekil 1.5	KYB’de perdahlama	7
Şekil 1.6	KYB ile prekast sistem imalatı	7
Şekil 1.7.	Çökme sonrası yayılma deney düzeneği aparatları	13
Şekil 1.8	Çökme sonrası yayılma deney düzeneği	14
Şekil 1.9	Ters slump deneyinin yapılışı	14
Şekil 1.10	L kutusu aparatı	15
Şekil 1.11	L Kutusu deney aparatı kesiti	16
Şekil 1.12.a	Beton için kullanılan V-hunisi boyutları	17
Şekil 1.12.b	Harç için kullanılan V-hunisi boyutları	17
Şekil 1.13	Penetrasyon testi aleti	18
Şekil 1.14	Penetrasyon testi aleti kullanımı	19
Şekil 1.15	J halkası deney düzeneği	19
Şekil 1.16	J halkası deney düzeneği kesiti	20
Şekil 1.17	Orimet aparatı	21
Şekil 3.1	Basınç dayanımı	36
Şekil 3.2	Eğilme deneyi	37
Şekil 3.3	Elastisite Modülünün bulunması	37
Şekil 3.4	Silindir Yarıлма Deneyinin Yapılışı	38
Şekil 3.5	KYB’nin basınç dayanımı sonuçları	39
Şekil 3.6	KYB’nin silindir yarıлма sonuçları	40
Şekil 3.7	KYB’nin eğilme dayanımı sonuçları	40
Şekil 3.8	Seri I gerilme deformasyon eğrisi	41
Şekil 3.9	Seri I gerilme deformasyon eğrisi (I. tur)	41
Şekil 3.10	Seri I gerilme deformasyon eğrisi (II. tur)	41
Şekil 3.11	Seri II gerilme deformasyon eğrisi	42
Şekil 3.12	Seri II gerilme deformasyon eğrisi (I. tur)	42
Şekil 3.13	Seri II gerilme deformasyon eğrisi (II. tur)	42
Şekil 3.14	Seri III gerilme deformasyon eğrisi	43
Şekil 3.15	Seri III gerilme deformasyon eğrisi (I. tur)	43

Şekil 3.16 Seri III gerilme deformasyon eğrisi (II. tur)	43
Şekil 3.17 Seri IV gerilme deformasyon eğrisi	44
Şekil 3.18 Seri IV gerilme deformasyon eğrisi (I. tur)	44
Şekil 3.19 Seri IV gerilme deformasyon eğrisi(II. tur)	44

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1 KYB üretiminde metod geliştirme çalışmaları yapan kuruluşlar	4
Tablo 1.2 KYB kullanımının fabrika içi çalışma koşullarına etkisi.	5
Tablo 1.3 Su emme kapasitelerine göre ince madde kullanım tipleri	9
Tablo 1.4 Kendiliğinden yerleşebilirlik deneyleri sınır değerleri	22
Tablo 1.5 Sınır değerlerin altındaki değerler için sorunun belirlenmesi ve etki takip tablosu	22
Tablo 1.6 Sınır değerlerin üstündeki değerler için sorunun belirlenmesi ve etki takip tablosu	23
Tablo 1.7 Deney sonuçlarını sınır değerler arasına çekebilmek için problemlerin çözümüne yönelik yapılması gerekenler	23
Tablo 2.1 Dayanıklılığı yüksek betonlar için kendiliğinden sıkışan beton karışımı	25
Tablo 2.2 Kullanılan beton dizaynı	26
Tablo 2.3 Deney serilerini taze betonda slump(çökme) değerleri, ayrışma gözlemleri ve basınç dayanımının zamanla değişimi	26
Tablo 2.4 Deney serilerini taze betonda slump(çökme) değerleri ve basınç dayanımının zamanla değişimi	27
Tablo 2.5 KYB üretiminde kullanılan malzeme karışım miktarları (kg/m ³)	28
Tablo 2.6 Taze Betonların Özellikleri	28
Tablo 2.7 KYB'lerin dayanımları	29
Tablo 3.1 PÇ 42.5 R (CEM I 42,5 R) Tipi çimentonun fiziksel ve kimyasal Analizleri	31
Tablo 3.2 Karışıma giren normal agregaya ait genel özellikler	31
Tablo 3.3 Karışıma giren kırma taş ait genel özellikler	32
Tablo 3.4 Yüksek karbonlu ferrokrom cürufunun kimyasal özellikleri	32
Tablo 3.5 Seri I Karışım Dizaynı	33
Tablo 3.6 Seri II Karışım Dizaynı	34
Tablo 3.7 Seri III Karışım Dizaynı	34
Tablo 3.8 Seri IV Karışım Dizaynı	35
Tablo 3.9 Taze Beton Deneyleri Sonuçları	38
Tablo 3.10 Sertleşmiş KYB'nin mekanik özellikleri	39

KISALTMALAR LİSTESİ

ACI: Amerikan Beton Enstitüsü

ASTM: Amerikan Test ve Standart Oluşturma Birliği

Brite Euram Project: KYB kullanımı ile ilgili çokuluslu proje grubu

Growth Project: KYB kullanımı ile ilgili çokuluslu proje grubu

JCA: Japon Çimento Üreticileri Birliği

JCI: Japon Beton Enstitüsü

JSCE: Japon İnşaat Mühendisleri Odası

KYB: Kendiliğinden Yerleşen Beton

PCI: Amerikan Prefabrike Beton Üreticileri Birliği ve araştırma birliği

RILEM: Malzeme ve yapılar için uluslar arası deney

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİNE AGREGA TİPİNİN ETKİSİ

Alper Tunga ÖZGÜLER

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

2007, Sayfa: 50

Beton teknolojisindeki gelişmeler, dayanım ve dayanıklılık açısından yüksek performanslı beton üretimine olanak sağlamaktadır. Betonun mekanik özellikleri büyük ölçüde malzeme bileşenleri, taze beton performansı ve bakım koşullarına bağlıdır. Geleneksel beton, taze halde sıkıştırma enerjisi uygulanarak yerleştirilmekte, özellikle şantiyede yaşanan sıkıştırma sorunları, betonun mekanik özelliklerinde önemli değişkenliğe sebep olmaktadır.

Kendiliğinden yerleşen beton kendi ağırlığı ile yerleştiğinden herhangi bir vibrasyon gerektirmeyen ve döküldüğü kalıbı boşluk bırakmadan doldurabilen beton olarak tanımlanmaktadır. Yerleşme kolaylığı, özel bir sıkıştırma gerektirmeyen, ayrışma direncinin(segregasyonun), dayanıklılık ve dayanım gibi özellikleri kendiliğinden yerleşen beton kullanımını giderek yaygınlaşmasını sağlamaktadır.

Kendiliğinden yerleşen betonun, daha hızlı inşaat yapım süresi, işçilik maliyetlerinde azalma, daha iyi yüzey düzeltmeleri, boşluksuz ve pürüzsüz yüzey elde etme imkanı, geçirimsizlik artışı, segregasyonu engelleme, kolay yerleştirme ve işlenebilirlik, artırılmış durabilite, yapı tasarımında serbestlik artışı, daha ince beton bölümleri, vibrasyona gerek kalmadığından gürültü seviyelerinde azalma gibi bir çok avantajları vardır.

Bu çalışmada, kendiliğinden yerleşen betonların mekanik özelliklerine agrega tipinin etkisi incelenmiştir. Bunun için taze ve sertleşmiş betonun özellikleri deneyler yapılarak sonuca gidilmiştir.

Deneyde CEM I 42.5 R tipi çimento, Elazığ Palu yöresinde bulunan doğal agrega ve kırma taş kullanılmıştır. İnce madde olarak bölgede rahatlıkla temin edilebilecek ve atık

durumdaki bir madde olan Elazığ Eti Krom AŞ'ye ait Ferrokrom tozu 125µ'luk elekten elenerek deneylerde kullanılmıştır. Kimyasal katkı olarak Sika Kimyasalları AŞ'ye ait ViscoCrete 3080-VP katkı maddesi kullanılmıştır.

Bu çalışmada, agregası boyutu 16mm olan 350 ve 400 dozlu küp, silindir ve kırış numunelerden oluşan 4 seri beton deneylere tabi tutuldu.

Anahtar Kelimeler: Kendiliğinden Yerleşen Beton, Kimyasal Katkılar, Agregası Tipi

ABSTRACT

Master Thesis

THE EFFECT OF AGGREGATE TYPE ON SCC MECHANICAL CHARACTERISTIC

Alper Tunga ÖZGÜLER

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Construction Education

2007, Page: 50

Innovations in concrete technology, have lead us to the production of high performance concrete in terms of strength and durability. The mechanical performance of concrete depends on many factors, such as material properties and their proportions as well as fresh concrete properties and curing conditions. Conventional fresh concrete should be compacted in situ; however various vibration problems seriously affect the performance of hardened concrete.

Self compacting concrete (SCC) consists basically of the same components as normal vibrated concrete, however, there exist clear differences regarding the concrete composition. To achieve excellent self compactability in heavily reinforced areas, SCC should deform well under its own weight without segregation of ingredients. Therefore, research on SCC had been focused on improving both deformability and resistance to segregation. However, there was still no standard test for evaluating self compactability and resistance to segregation of SCC.

Originally developed to offset a growing shortage of skilled labour, it has proved beneficial economically because of a number of factors, including, faster construction, reduction in site manpower, better surface finishes, easier placing, improved durability, greater freedom in design, thinner concrete sections, reduced noise levels, absence of vibration, safer working environment.

In this study, the effects of aggregate type on SCC mechanical properties was investigated, because of that, it has been concluded by making experiments on fresh and hardened concrete.

On the test, CEM I 42.5 R style cement, natural aggregate from Elazığ Palu region and broken stone have been used. Ferrochrom powder, belonging to Elazığ Eti Krom A.Ş., in effluent condition which can be assured in the region easily, has been used for tests with sieving from 125 μ sifter. ViscoCrote 3080 VP admixture has been used as chemicals.

In this study, 4 series of concrete cube, cylinder and beam specimens, of which the aggregate size is 16mm and concrete specimens that 350 and 400 dosage are tested.

Keywords: Self Compacting Concrete, Chemical Admixture, Aggregate Type

1. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON

1.1. Giriş

Genelde yapıların önemli bir kısmını beton oluşturmaktadır. Bu derece önemli bir malzemenin teknolojiye paralellik göstermesi kaçınılmazdır. Beton; su, çimento, agrega, gerekli olduğunda kimyasal ve mineral katkıların birleşimiyle oluşmaktadır. Betonun kalitesini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan biride betonun sıkıştırılması yani yerleştirilmesidir.

Kendiliğinden yerleşen beton (KYB), literatürde üç farklı isimde anılmaktadır. Literatürde en yaygın kullanımlardan biride Kendiliğinden Sıkışan Beton (Self-Compacting Concrete - SCC) 'dur. Özellikle döşeme tipi, geniş boyutlu yüzeysel alanlarda kullanılması halinde, Kendiliğinden Yüzeyleyen Beton (Self-Levelling Concrete - SLC) adı kullanılmaktadır. Kendiliğinden Yüzeyleyen Beton'dan kendi ağırlığı ile her 4 metrede 1 mm'den fazla kot farkı oluşturmaksızın, akarak yatay konum alması beklenmektedir[1]. Kuzey Amerika'da Khayat vd.[2], Kendiliğinden Konsolide Olan, Çöken Beton (Self-Consolidating Concrete - SCC) adını kullanmaktadır. Kullanım alanı ve bölgeye göre değişen bu isimler birbiri yerine de kullanılmaktadır. Türkiye'de çoğunlukla Kendiliğinden Yerleşen Beton terimi kullanılmakta olup Kendiliğinden Sıkışan Beton (KSB) veya Kendiliğinden Sıkışarak Yerleşen Beton isimleri de alternatif olarak kabul görmektedir.

KYB, kendi ağırlığı ile sık donatılı dar ve derin kesitlere yerleşebilen, iç veya dış vibrasyon gerektirmeksizin kendiliğinden sıkışabilen, bu özelliklerini sağlarken ayrışma ve terleme gibi problemler yaratmayarak kohezyonunu (stabilitesini) koruyabilen, çok akıcı kıvamlı özel bir beton türüdür.

Betonda kendiliğinden yerleşebilirlik kavramı ilk olarak Tokyo Üniversitesinde 1986 yılında Prof. Dr. Hajime Okamura tarafından, su altında vibrasyonsuz beton döküm uygulamasıyla başlamıştır[3]. Okamura'nın başlattığı çalışmaları Ozawa, Ouchi ve Maekawa devam ettirmektedir. 1988 yılında aynı üniversitede yüksek performanslı KYB prototipi üretilmiş ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu özel tip betonun geliştirilmesinde öncelikli amaç, dayanımın yanısıra dayanıklılık açısından da yüksek performansı sağlamaktır[4].

Kendiliğinden yerleşen beton konusunda ilk makale, 1989 yılında Ozawa tarafından Doğu Asya ve Pasifik Yapı Mühendisliği Konferansı'nda (EASEC) sunulmuştur. KYB konusunda ilk kitap Okamura tarafından yazılmış olup, 1993 yılında Japonca olarak yayınlanmıştır. Kendiliğinden yerleşen betonun dünyaya tanıtılmasında, Ozawa'nın 1992 yılında İstanbul'daki Uluslararası CANMET-ACI konferansında yaptığı sunum hızlandırıcı bir etki yapmıştır[5].

Her ne kadar Japonlar Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB)' nun ilk uygulamalarının su altı beton dökümleriyle başladığını savunsa da bu konuda farklı görüşlerde bulunmaktadır. 1974' de o zamanın en gelişmiş akışkanlaştırıcıları kullanılarak Reoplastik Beton (çökme değeri 20 cm' nin üzerinde) adı verilen kohezif kıvamlı beton üretilmiştir. 1990' lı yıllardan sonra kimyasal katkı teknolojisinin gelişimi, su altı beton uygulamaları ve Reoplastik Beton uygulamaları doğrultusunda edinilen tecrübe ve birikimler KYB' nin ortaya çıkmasını sağlamıştır[6].

Colleparidi [7], reoplastik Beton'un KYB ile benzer özellikler gösterdiğini savunmaktadır. Amerikan Beton Enstitüsünün (ACI) o yıllar için verdiği 175 mm çökme değeri sınırlaması nedeniyle bu betonun yaygınlaşması mümkün olamamıştır. Akışkanlaştırıcıların performansının yetersizliği ve kullanımının düşük seviyelerde olması bu betonun gelişmesini engellemiştir. ACI'ın çökme değerini sınırlamasının nedeni de kimyasal katkısız betonlarda bu çökme değeri aşıldığı takdirde, yüksek oranda su kasma meydana geleceğinin deneysel çalışmalarla belirlenmiş olmasıdır. 16 cm'den daha çok çöken kimyasal katkısız klasik betonda taze halde aşırı kanama gözlenmektedir [8]. Fakat bu kısıtlama kimyasal katkı maddelerinin geliştirilip kullanılmasıyla ortadan kaldırılmıştır.

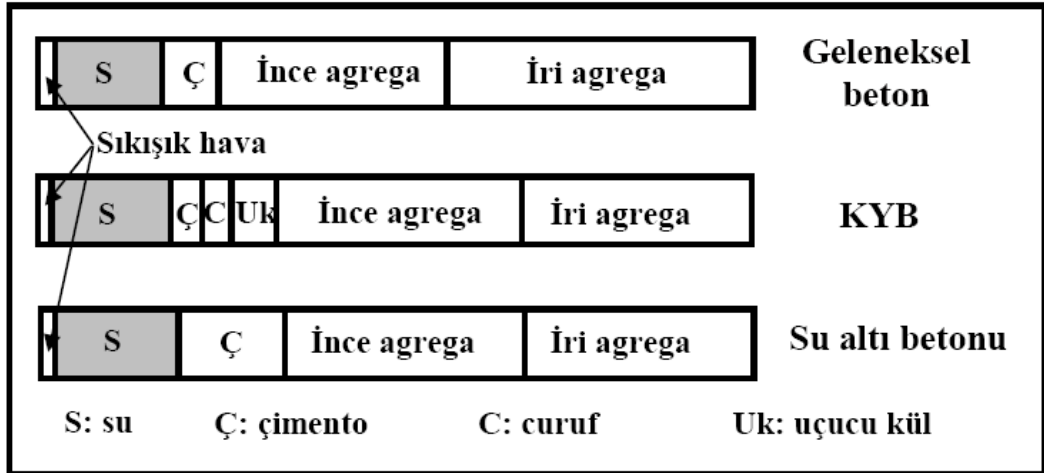
Colleparidi'ye göre ilk KYB uygulaması 1980'lerin başında İtalya'nın S.Marco Rıhtım inşaatında sualtı temel betonu dökümünde 40.000 m³ Reoplastik Beton kullanılarak yapılmıştır. Bu beton çok yüksek viskoziteye sahip (kohezif), vibrasyona gerek duyulmadan su altında kalıba yerleşebilen ve bu kohezyonuyla deniz suyunun yıkayıcı etkisine direnç gösterebilen özelliklere sahipti [7].

Su altı betonunun yüksek viskoziteye sahip olması için, viskozite artırıcı kimyasal katkılarına başvurulur. Şekil 1.1'de tipik geleneksel beton, KYB ve su altı betonu dizaynlarının hacim oranları karşılaştırmalı olarak verilmiştir [9].

Özetle gerek kimyasal katkı teknolojisinin gelişmesi, gerekse Reoplastik Beton ve su altı betonu uygulamalarından tecrübe ve bilgi birikiminin oluşması KYB'nin ortaya çıkmasını sağlamıştır [10].

Japonya'da KYB'nin hazır beton sektöründe kullanımının artırılması amacıyla aşağıdaki konularda çalışmalar sürdürülmektedir [11] :

1. Kendiliğinden yerleşebilirlik deney yöntemleri
2. Karışım dizaynı yöntemleri
3. Deneylerin şantiye ortamına aktarılması



Şekil 1.1 Geleneksel beton, KYB ve su altı betonu için karşılaştırmalı hacim oranları

Almanya’da KYB, 1998 yılından itibaren ilgi görmeye başlamıştır. KYB’nin kullanımının önündeki en büyük engel DIN 1045 ve DIN 4227’ye göre KYB dizaynının ve kıvamının standart dışı olması idi. Mevcut standartların yenilenmesi ve KYB için ilave yapılması amacıyla, Alman Betonarme Komitesi (DafStb) ve İnşaat Mühendisliği Enstitüsü (DIBt), çalışmalar yapmış ve standartlara KYB için ilave bölümler eklenmiştir[12].

2000 yılı sonunda KYB kullanımı Amerika’da yaygınlaşmaya başlamıştır. Prefabrike beton endüstrisi bu gelişmeye hızla ayak uydurmuş fakat hazır beton endüstrisinde kullanımı kısıtlı kalmıştır. Bunun en önemli nedeni, standartların tam olarak oluşturulamamasıdır. ASTM, 2001 yılında KYB için standart oluşturma çalışmalarına başlamış olup, C 09.47 nolu standardın 2003 Eylül ayında tamamlanması amaçlanmaktadır.

Amerikan Beton Enstitüsü (ACI), 2002 yılında kurduğu ACI 236 B grubu ile KYB konusunda dokümantasyon çalışmalarına başlamıştır. Aynı zamanda Amerikan Prefabrike Beton Birliğinde (PCI) Nisan 2002’de prefabrike beton endüstrisinde KYB kullanımı ile ilgili standart oluşturma çalışmalarına başlanmıştır. Sonuç raporunun 2003’de yayınlanması planlanmaktadır [13].

Son yıllara baktığımızda ise Avrupa’daki kuruluşların (BIBM, CEMBUREAU, ERMCO, EFCA ve EFNARC) bu konu ile ilgili birçok çalışmalar yapmaktadır.

Klasik beton dizaynından farklı olarak KYB’ de; kimyasal katkı, viskozite artırıcı katkı ve çok miktarda puzolanik mineral katkının tümünün veya bir kısmının kullanılması ihtiyacı doğmaktadır. Bu malzemelerin seçimi ve beton dizaynında uygun oranlarda kullanılmasına yönelik yeni deney yöntemleri ve dolayısıyla standartlar geliştirilmektedir.

KYB günümüz beton teknolojisinde uygulamaya geçiş dönemini yaşamaktadır. Gelişmiş ülkelerde KYB teknolojisine geçiş daha kolay ve hızlı; gelişmekte olan ülkelerde ise

yavaş ve problemlili olacaktır. Bu dönemin uzunluğu, yapılacak teorik ve pratik çalışmaların uygulanabilirliğinin sektör tarafından değerlendirilmesine bağlıdır. KYB üretiminde yöntem geliştirilmesi çalışmaları çeşitli kuruluşlar tarafından devam ettirilmektedir. Bu çalışmalar Tablo 1.1’ de verilmiştir.

Tablo 1.1 KYB üretiminde metod geliştirme çalışmaları yapan kuruluşlar

1990-1993	Yüksek Performanslı Betonda Çimento Seçimi (JCA ¹)
1992-1994	Süper Akıcı Beton (JCI)
1994-1997	Yüksek Akışkanlığa Sahip Beton (JSCE)
1995-	Kendiliğinden Yerleşen Beton (JSCE)
1997-	Kendiliğinden Yerleşen Beton Üretimi (RILEM)
1999-2002	KYB kullanımı ile üretim rasyonelasyonu ve çalışma koşullarının iyileştirilmesi (Brite Euram Project - 5. Avrupa çerçeve antlaşması)
2000-	KYB’nin taze özelliklerini ölçme yöntemleri (Growth Project)
2001-	ASTM C 09.47 KYB ile ilgili standart hazırlığı
2001-	KYB ile ilgili prefabrike beton üretimine uyarlama kılavuzu hazırlığı (PCI)
2002-	ACI – 236 B KYB ile ilgili kılavuz doküman hazırlığı
2005-	BIBM, CEMBUREAU, ERMCO, EFCA ve EFNARC

KYB’nin bir çok kullanım alanları ve avantajları vardır. Bunlar;

1. KYB’nin en önemli özelliği kolay yerleştirme ve işlenebilirlik ve segregasyonun oluşmamasıdır.

2. Kimyasal katkı maddesi kullanarak betonun çok akıcı olması ve su/çimento oranının düşük olması, ince maddenin kullanımıyla da segregasyonu engellemesi KYB’ nin hem dayanımının hem de dayanıklılığının yüksek olmasıyla inşaatlarda tercih edilebilecek bir beton türü olmaktadır.

3. KYB ile taze betonu sıkıştırma ihtiyacı ortadan kalkacak, böylece vibratör kullanımının yarattığı zaman, enerji ve para kaybı ortadan kalkacaktır. Vibratör kullanımının çevreye yaydığı gürültü kirliliği (özellikle prefabrike beton sektörü için) önlenecektir. Prefabrike beton sektöründe vibratör kullanımının kalıplara verdiği zarar ortadan kalkacağından kalıpların ekonomik ömürleri artacaktır.

KYB kullanımının fabrika içindeki olumlu etkileri Tablo 1.2’de sıralanmıştır İnsan sağlığı açısından 80 dB üstünde ses; dalgınlık, stres ve yorgunluk gibi rahatsızlıklara sebep olmaktadır. 0.25 m/sn²’nin üzerindeki vibrasyon ivmesi kan dolaşımını bozmaktadır. Özellikle, kuvarz tozu kanserojen etkisi olduğu için 5 mg/m³’ün üzerindeki konsantrasyonları insan sağlığını tehdit etmektedir. Bunun gibi sağlık sorunlarının ortadan kaldırılmasının işçilikte % 5 tasarruf sağlayacağı öngörülmektedir[5].

Tablo 1.2 KYB kullanımının fabrika içi çalışma koşullarına etkisi.

Etki	Standart Üretimde	KYB kullanımında
Fabrika içi gürültü seviyesi	93dB	<80dB
Kalıplara etkileyen dinamik yük	0.75-4.0 m/sn ²	~ 0 m/sn ²
Fabrika içi toz konsantrasyonu	3-4 mg/m ³	0.2 mg/m ³

4. Kalıp ömrü de vibrasyonun kalkmasıyla önemli oranda artacaktır. Bunun yanı sıra kalıbın sökülmesi ve yeniden kurulmasında da zamandan ve işçilikten tasarruf edilebilecektir.

5. Betonun durabilitesini etkileyen en önemli faktör beton yerleştirme işçiliğidir. Kendiliğinden yerleşme özelliği sayesinde şantiyede betonun yerleştirilmesi sırasında meydana gelebilecek işçilik hataları riskini ortadan kaldırır(şekil 1.2 ve şekil 1.3).



Şekil 1.2 Sıkıştırma yetersizliğinden düğüm noktasında olumsuzluklar

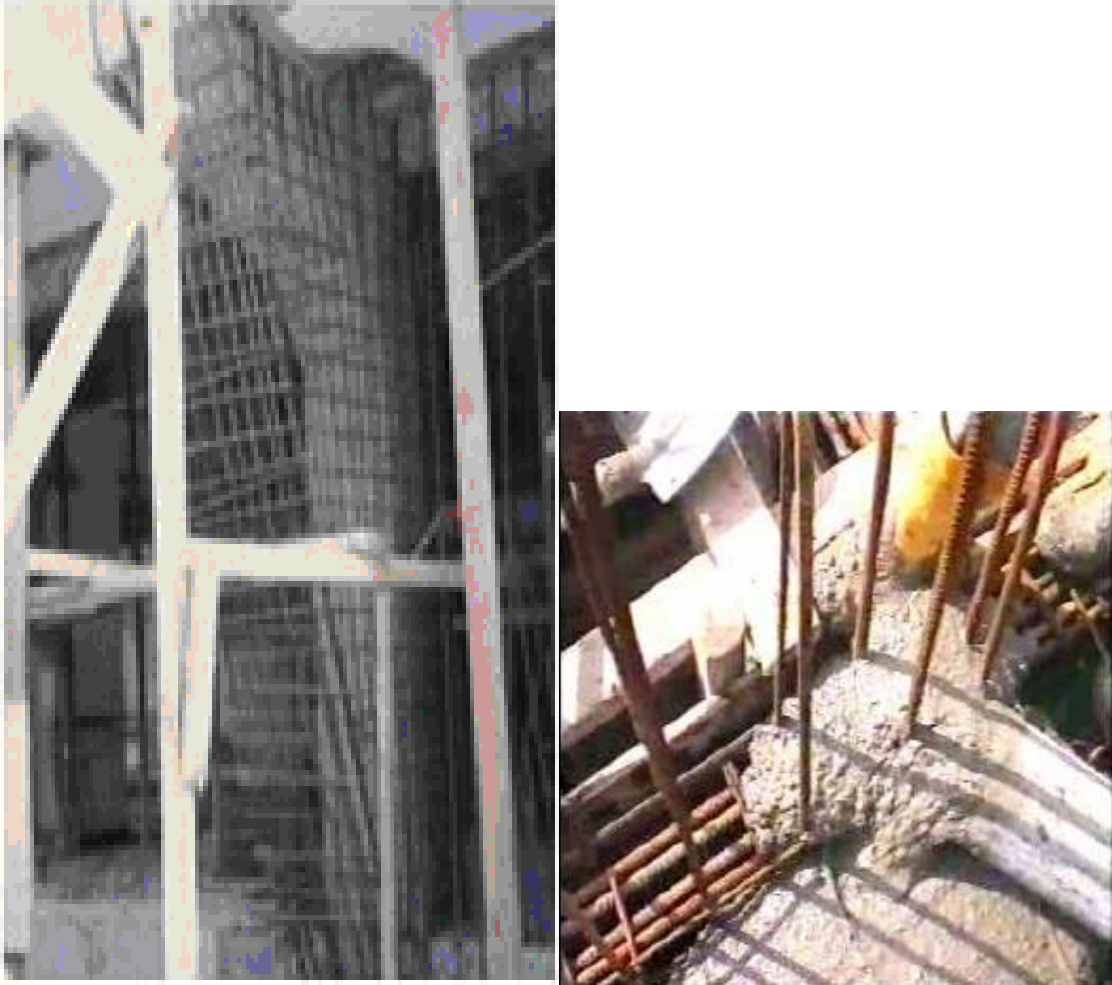


Şekil 1.3 Sıkıştırma yetersizliğinden perdelerde olumsuzluklar

6. Yoğun ve sık donatılar arasında kolaylıkla akar ve boşluksuz olarak yerleşir. Betonun geçirimsizliğini sağlar ayrıca, demir donatıyı çok iyi sarması ve boşluksuz bir yapı oluşturması, yapının korozyona karşı dayanıklılığını yani durabilitesini artırır.

7. Özellikle depremde hasar görmüş binaların güçlendirilmesinde, tek bir noktadan döküm yapıldığında kalıp içerisinde kendiliğinden yerleşmesi ve kendiliğinden seviyelenmesi sayesinde, güçlendirme projeleri için tartışmasız mükemmel çözümdür.

8. Dar kesitlerde vibrasyon gerektirmeden kolaylıkla yerleşebilmesi ve yüksek aderans özelliği sayesinde deprem sonrasında zarar görmüş binalarda uygulanan tadilat ve güçlendirme projeleri için veya binaların depreme dayanıklılığını artırmak için uygulanan güçlendirme projeleri için ideal çözüm sunar (Şekil 1.4).



Şekil 1.4 Sık donatılar arasından vibrasyon uygulanmadan KYB kullanımı

9. KYB'nin perdahlanabilirliği geleneksel betona kıyasla daha rahattır (Şekil 1.5). Beton dökümünü önemli ölçüde hızlandırır.



Şekil 1.5 KYB’de perdahlama

10. Prekast sistem imatları ve ankraj sistemlerinde; boşluksuz yapısı, yüzey düzgünlüğü, yüksek durabilitesi, donatıyı sarmaktaki üstün performansı, hızlı imalat ile detaylarda kullanılabilen en uygun malzemedir(Şekil 1.6).



Şekil 1.6 KYB ile prekast sistem imalatı

11. KYB pompalanabilirlik açısından geleneksel betona göre daha avantajlıdır. Pompa içi basıncın geleneksel betona kıyasla ortalama % 20 azaldığı rapor edilmiştir[5].

12. Cepheleri brüt beton olarak tasarlanmış mimari projelerde, prekast elemanlarda, heykellerde, özel estetik desenli kalıplarda artırılmış yüzey düzgünlüğü, azaltılmış hava kabarcıkları ve kalıbın detaylarını tam olarak yansıtması özelliği ile mimaride mükemmel çözümler sağlar.

13. KYB kalıp yüzeyinin yüz ve pürüzsüz olması sağlandığı takdirde boşluksuz görünüm ile sıva ihtiyacını ortadan kaldırır.

Yukarıda belirtilen birçok avantajlarının olmasının yanı sıra;

- Kimyasal katkı kullanılmasından dolayı maliyetinde bir miktar artması,

- Ahşap kalıpların çakılması sırasında iki tahta arasında boşluk kalmasına dikkat edilmeli aksi takdirde harcın sızmasına sebep olacağından kalıp işçiliğine titizlik gösterilmesi gerektiği,

- Kalite belli bir standarda bağlamaması,

gibi dezavantajları vardır.

Bunlar karşılaştırıldığında avantajlarının fazlalığı KYB'nin tercih edilme sebebidir.

1.2. Kendiliğinden Yerleşen Betonda Kullanılan Malzemeler

1.2.1. Çimento

EN 197-1'e uyan tüm çimentolar KYB üretimi için kullanılabilir. KYB için özel çimento üretilmemektedir [14].

Çimento tipi açısından dayanım ve dayanıklılık kriterleri dikkate alınarak seçim yapılmalıdır. Özellikle C₃A oranı %10' un üzerindeyse kullanılmamalıdır[15]. Bu oranın fazla olması durumunda C₃A ile su arasındaki reaksiyonlar çok büyük miktarda ısı açığa çıkaracak tarzda ve büyük bir hızla olduğundan, çimento hamurunun ani prizine yol açmaktadır[16]. Isı açığa çıkması suyun buharlaşmasına dolayısıyla KYB için önemli olan işlenebilirliğin azalmasına sebep olacaktır. Ani priz oluşması aynı zamanda önemli derecede dayanımda da azalma olacaktır.

Çimentoda yüksek C₃A oranı aynı zamanda sabit işlenebilirlik için katkı ihtiyacını göreceli olarak artıracığından maliyette de artışlara sebep olacaktır[15].

Kendiliğinden yerleşen betonda çimento dozajının belirlenmesindeki temel kriter dayanım sınıfıdır. Puzolanik filler kullanılması halinde, göreceli olarak daha düşük çimento dozajları yeterli olacaktır. Dayanım ve dayanıklılık açısından çimento dozajının 350 – 450

kg/m³ arasında seçilmesi tavsiye edilmektedir. 500 kg/m³'ün üstünde kullanımı rötreyi arttıracığından tavsiye edilmez. 350 kg/m³'ün altında kullanımı ise, ilave fillerle veya viskozite artırıcı kimyasal katkılarla birlikte kullanılması halinde uygundur. Eğer viskozite ayarlayıcı kimyasal katkı kullanılmıyorsa, kendiliğinden yerleşen betonda toplam ince madde miktarı hiçbir zaman 500 kg/m³'ün altına inmemelidir. Çimento dozajının bu miktarın altında olması durumunda, ilave toz katkıları kullanılabilir [15].

Dowson'a göre [18] , önerilmeli yüksek dayanımlı prefabrik beton üretiminde kendiliğinden yerleşen beton için 500 kg/m³'lük çimento dozajı tavsiye etmiştir.

1.2.2. İnce Madde (Filler)

İnce maddeler, parçacık boyutu 125 mikronun altında her türlü inorganik madde olarak tanımlanabilir. İnce maddeler KYB' de viskozite artırmak amacıyla kullanılır. Parçacık boyutunun küçülmesi parçacıklar arası etkileşimini artmasına sebep olur ve bu etkileşim viskoziteyi artırır[19].

KYB'nin ihtiyacı olan inert ve puzzolonik / hidrolik ince maddeler genelde kohezyonu ve segregasyonun oluşumunun önlemek için kullanılır. İnce madde, hem de hidrasyon ısısını azaltmak ve su kaybını azaltmak için kullanılır. İnce maddeler su emme kapasitelerine göre Tablo 1.3'deki gibi sınıflandırılır[14].

Tablo1.3 Su emme kapasitelerine göre ince madde kullanım tipleri

TİP I	İnert veya yarı inert	* Mineral filler (kireç taşı tozu, dolomit vb.) * Pigmentler
TİP II	Puzzolonik	* EN 450'ye uygun olan uçucu kül * EN 13263'e uygun olan silis dumanı
	Hidrolik	* Toz halinde yüksek fırın cürufu (Eğer bir EN 197-1 çimentosuyla birleşmezse, yeni EN 15167 standardı basılına kadar milletlerarası standartlar uygundur.)

%10' u 0,2 mm' den geçip 0,1 mm üzerinde kalan tozlar KYB için olumsuz performans göstermektedir[15]. İnce malzemenin optimum kullanım miktarı bu maddelerin minerolojik kökenine ve mekanik performansına bağlıdır. Örneğin, silis dumanı toplam toz miktarının (çimento+silis dumanı) 400 - 450 kg/m³ olduğu bir KYB dizaynında 50 kg/m³ dozajda kullanılırken, uçucu kül toplam toz miktarının (çimento+uçucu kül) 500 - 600 kg/m³ olduğu bir KYB dizaynında 100 - 150 kg/m³ dozajda kullanılmaktadır[5].

1.2.3. Agreg

Agregalar EN 1260'ye uygun hale getirilmelidir ve EN 206-1'deki durabilite ihtiyaçlarını karşılamalıdır. EN 13055-1'e uygun hale getirilmelidir.

KYB'yi sabit kalitede üretmek için agregaların nem hacmi, su emilimi ve granülometrisi devamlı kontrol edilmelidir. Yıkılmış agregaların kullanılması daha tutarlı bir ürün ortaya çıkacaktır. Stok kaynağını değiştirme, muhtemelen beton özelliklerinde belirli bir değişiklik yapabileceğinden bu dikkate alınmalıdır.

Agrega mineralojik köken açısından normal betonda kullanılacak özellikte olmalıdır. Kırma kireçtaşı iri agrega olarak kullanılabilir. Doğal kum, kırma kuma göre işlenebilirlik açısından avantajlıdır. Aynı şekilde iri agrega olarak dere çakılı kullanılması iç sürtünmeyi azalttığı için akışkanlığı artırır. Fakat kırma taşın kenetlenme etkisiyle dayanıma katkısı da göz önünde bulundurulmalıdır. Öte yandan agrega mineralojik kökeninin de basınç dayanımını etkileyeceği unutulmamalıdır. Bu iki etkinin (işlenebilirlik, basınç dayanımı) optimizasyonu için hem kırma hem de doğal agregayı bir arada kullanmak en uygun çözümdür.

Yüksek dayanımlı beton elde etmek için agreganın, silt ve kil kirliliği içermemesi gerekir. İşlenebilirlik açısından doğal kumun kullanılması uygundur. İri agrega/kum içsel sürtünme katsayısını azaltmak için bu oran mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Agreg

1.2.3.1. İnce Agreg

İnce agreganın taze KYB özellikleri üzerindeki etkisi kalın agreganınkinden daha fazladır. 0.125mm'den daha az olan parçalar ve emme gücü oranı hesaplamalarda dikkate alınmalıdır[14].

KYB hamur karışımında yüksek miktardaki kum parçaları arasındaki dış sürtünmeyi azaltmaya yardım eder fakat iyi bir dane çapı dağılımı yinede önemlidir.

1.2.3.2. İri Agreg

KYB üretimi için EN 12630'a uygun olan kalın agregalar kullanılması gerekmektedir. Hafif agregalarda KYB' da kullanılabilir fakat eğer taze betonun viskozitesi düşükse agrega

yüzeye çıkabilir ve bu segregasyon direnci testiyle ortaya çıkarılamayabilir. Maksimum agrega genellikle büyük agrega çapının kullanılmasına rağmen 12-20mm'de sınırlandırılmalıdır[14].

Dane çapı dağılımı ve kalın agrega şekli doğrudan KYB'nin akış ve geçiş kabiliyetini etkiler. Agrega taneleri ne kadar küresel olursa bloklanmaya neden olması o kadar azalır ve azalan dış sürtünme kuvveti nedeniyle oluşan yayılma artar.

1.2.4. Kimyasal Katkılar

Kimyasal katkıları; akışkanlaştırıcı, hava sürükleyici, hava uzaklaştırıcı, priz kontrol edici ve viskozite arttırıcı olmak üzere beş ana grupta toplanabilir. KYB üretiminde yüksek deformasyon yeteneği ve ayrışmaya karşı yüksek direnç sağlamak gibi birbirinin tersi iki koşul bir arada sağlanmalıdır. Bu da ancak etkili bir akışkanlaştırıcı kimyasal kullanımı ile mümkün olabilir[18].

Son on yılda beton teknolojisinde meydana gelen en önemli gelişmelerden biri akışkanlaştırıcıların yaygın olarak kullanılmaya başlanması ve bunun getirdiği yüksek mukavemet olmuştur. Bu tür katkıları çimento ve mineral katkıları su içinde topaklanmasını engelleyip daneleri dağıtarak, ancak çok miktarda su ile elde edebileceğimiz dispersiyonu az miktarda su ile ve betona bir yan etkide vermeksizin elde etmemizi sağlamaktadır. Bu katkıları çimento+mineral katkı maddesi ağırlığının % 0.3-0.6'sı oranında kullanılması karışım suyunu %30 ve hatta daha fazla miktarlarda kesmeye olanak vermektedir. Bunun yanında akışkanlaştırıcıları yardımı ile ısı çatlakları oluşmadan büzülme gibi problemleri azaltmaktadır. Pratikte akışkanlaştırıcı kullanımının betonun daha işlenebilir olması dolayısı ile betonarme demirinin sık olduğu kesimlerde kolay bir yerleştirme ve iyi bir kompozite sağlamaktadır. Akışkanlaştırıcıları kimyasal bileşimlerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz[20].

- a- Yoğun melamin formaldahid sülfonatları
- b- Yoğun naftalin formaldahid sülfonatları
- c- Modifiye edilmiş linyosülfonatları
- d- Yukarıdakilere çökme kaybını önleyici maddeler karıştırılarak üretilenler.

Bir süspansiyon olarak kabul edilen KYB'yi oluşturan malzemeler, kabaca 1'den 3.2'ye kadar değişen özgül ağırlıklara sahip olabildiklerinden taze beton durgun halde stabil değildir. Zamanla yoğunluğu yüksek olan parçalar çökme, düşük olan parçalar yükselme eğilimine girerler. Statik stabilitesini koruması için hamur fazının viskozitesinin ek önlemlerle arttırılması gerekir [21]. Bu amaçla viskozite arttırıcı kimyasal katkıları başvurulabilir. Stabilitesini koruyamayan taze betonda iri agrega ve su hareket halindedir.

Betonda ayrışma ve terleme ile birlikte yüzeysel oturma meydana gelir. Çok akıcı betonda bunu engellemenin yolu viskoziteyi arttırmaktan geçer [22].

Viskozite artırıcı kimyasal katkıları genellikle, taze betonun yerleştirme ve üretim safhalarında kalitedeki dalgalanmaları azaltmak, stabilite sağlamak amacı ile kullanılır [23,24,25].

1.3. Taze Haldeki Kendiliğinden Yerleşen Betonun Deney Metotları

Geleneksel beton üretiminde kalite kontrol safhasında taze betonun çökme değeri ve betonun belirli yaştaki (genellikle 28 günlük) basınç dayanımı pratikte en çok kullanılan iki parametredir. Geleneksel beton basınç dayanımına göre sınıflandırılmasına karşın KYB'yi tanımlamada taze haldeki özellikleri esas alınır[26]. Bu yüzden KYB tanımında kendiliğinden yerleşebilirlik deneylerinin önemi büyüktür. KYB'nin basınç dayanımı, düşük su/toz oranı ve puzolanik fillerlerin etkisi nedeniyle genellikle öngörülen değerden yüksek çıkmaktadır. Bu yüzden dizaynda basınç dayanımı hedefi ikinci plandadır.

Son zamanlarda 23 büyük şirket, araştırma enstitüleri ve 12 ülkeden üniversitenin işbirliğiyle KYB için deneylerin kullanılabilirliği incelenmiş. Testleri ortaya çıkarmak için KYB'nin özellikleri olan dolgu yeteneği, geçiş yeteneği ve ayrışma direncini ölçmeyi amaçlamıştır. Referans metotlar olarak Avrupa standartlarına 4 test önermişlerdir. Bunlar;

- Çökme sonrası yayılma testi (Toplam yayılma ve T_{50} zamanı) : Dolgu yeteneğini değerlendirmek için.

- L Kutusu Testi: Geçiş yeteneğini değerlendirmek için.

- J Halkası Testi: Geçiş yeteneğini değerlendirmek için.

- Elek Stabilite Testi: Ayrışma direncini ölçmek için.

Diğer 3 test alternatif metotlar olarak standardizasyon için önermişlerdir. Bunlar ise;

- V Hunisi Testi: Kısmen dolgu yeteneği ve bloklaşmayı değerlendirmek için.

- Oriment Testi: Kısmen dolgu yeteneği ve bloklaşmayı değerlendirmek için.

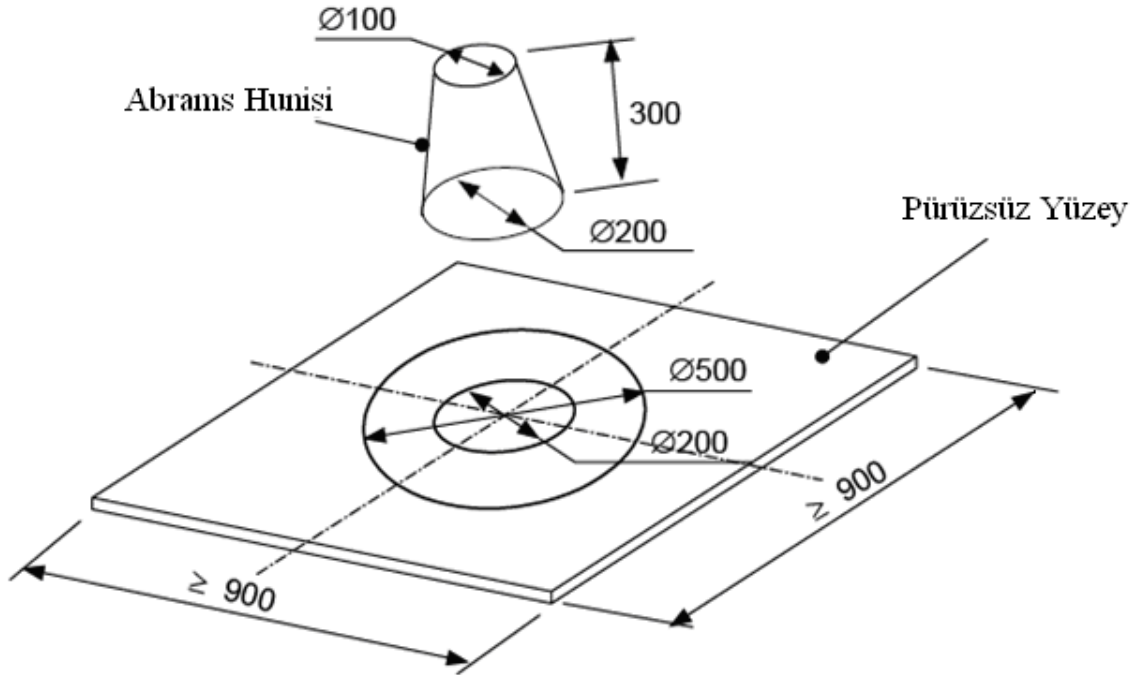
- Penetrasyon Testi: Ayrışma direncini değerlendirmek ve muhtemelen elek stabilite testiyle kombinasyonda kullanılır [27].

Yapılan bu çalışmada sonuç olarak dolgu yeteneğini değerlendirmek için öncelikli olarak çökme sonrası yayılma ve T_{50} testleri önerilmekte 2. öncelikli alternatif olarak V hunisi ve Oriment testleri tavsiye edilmiştir. Geçiş yeteneği için ise hem L kutusu testi hem de J halkası eşit öncelikli test olarak önerilmektedir. Elek stabilite testi ise ayrışma direnci için ilk öncelikli test metodu olarak önermişlerdir[27].

1.3.1. Çökme Sonrası Yayılma Deneyi

Bu deney çökme (ASTM C143-90a) deneyinin bir modifikasyonudur ve standartlara geçmiş bir deney olmamasına rağmen, akıcı kıvamlı betonlarda araştırmacıların tercih ettiği bir deneydir. Gerçektende standart çökme deneyinde 20cm'den daha çok çöken betonlarda, yayılma çapı ile kıyaslama yapmak karşılaştırma açısından daha hassas sonuçlar vermektedir[5].

Deney için 900x900mm ebatlarında su geçirmez ve sert maddeden yapılmış (çelik veya kontrapalak) pürüzsüz bir tabakaya, akış zamanını kaydetmek için 0,1saniye hassasiyetli bir kronometreye ve Abrams hunisine ihtiyaç vardır. Pürüzsüz tabakanın merkezine şekil 1'de görüldüğü gibi Ø200mm ve Ø 500mm çaplı daireler çizilir. Tabaka ve huni ıslak bir bezle silinir, tabakada kuru yer kalmayacağı gibi su artığı da olmamalıdır. Temizlenmiş tabaka sabit ve dengeli bir pozisyonda yerleştirilir. Koni 200mm'lik dairenin içerisine yerleştirilir ve hazırlanmış olan 6-7lt'lik numune koniye doldurulur. KYB' de sıkıştırma enerjisine ihtiyaç olmadığı için, standart şişleme yapılmaz ve huni bir kap vasıtasıyla, beton serbest düşürülerek doldurulur. Huninin hidrostatik basınç etkisiyle yukarı kalkmasını ve betonun sızmasını engellemek için doldurma sırasında huniyi iyice bastırmak gerekir. Koni 30sn'den fazla



Şekil 1.7. Çökme sonrası yayılma deney düzeneği aparatları

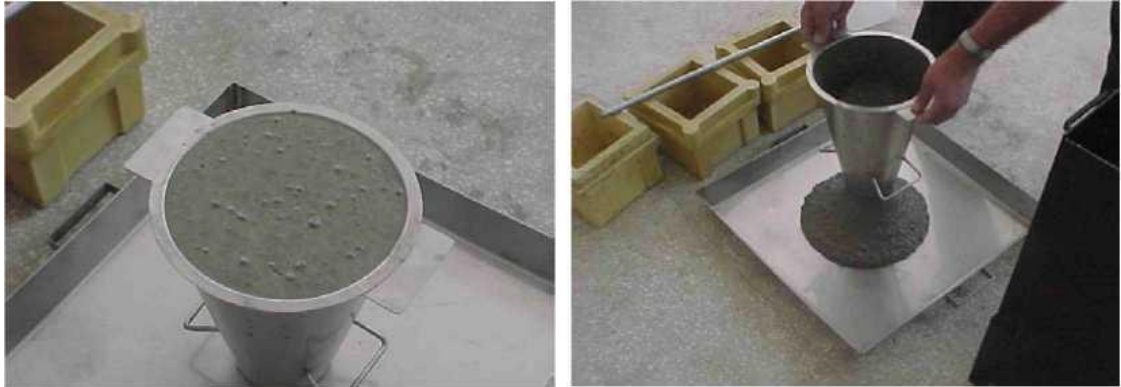
bekletilmeden tabakaya dik olarak tek bir hareketle yukarı doğru kaldırılır. T50 değeri için, huninin tabaka ile bağlantısının koptuğu anda kronometre başlatılır ve 500mm halkasına ilk

geldiği anda durdurulur ve bu değer kaydedilir. Yayılma tamamlanıncaya kadar beklenir[27]. Bu değer taze betonun akış hızını belirler ve plastik viskozite ile ilişkilendirilmektedir. 50cm çapa yayılma süresi T50 olarak adlandırılır. Viskozitesi yüksek karışımlarda yayılmanın tamamlanması için birkaç dakika beklemek gerekebilir. Yayılma durunca birbirine dik iki çap ölçülerek deney tamamlanır. Bu çaplar arasındaki fark 5cm'den fazla ise deney tekrarlanmalıdır[28].

Dowson'a göre[18], yaptığı deneysel çalışmalar sonucunda, kendiliğinden yerleşebilirlik için yayılma değerinin 65-80 cm arasında ve 50 m' ye yayılma süresini 3sn'den fazla olmaması şartını önermiştir.



Şekil 1.8 Çökme sonrası yayılma deney düzeneği

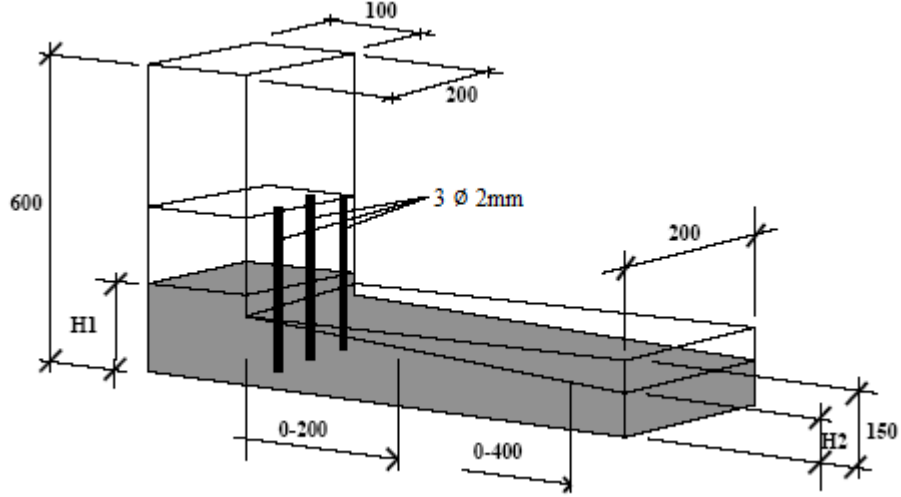


Şekil 1.9 Ters slump deneyinin yapılışı

Özellikle çok akıcı kıvamlı betonlar için çökme deneyinde huninin doldurulması sorun yaratır. Akıcı kıvamlı betonlar için bazı araştırmacılar ters slump deneyini önermektedir. Şekil 1.9'da görüldüğü gibi slump hunisi ters doldurularak kaldırılarak yayılma çapı ölçülür. Taze betonun potansiyel enerjisi bu deneyde daha yüksek olacağından normal yayılma deneyine kıyasla daha geniş bir yayılma çapı beklenebilir [5].

1.3.2. L Kutusu

Bu metotla taze haldeki KYB' nin donatılar arasından geçiş yeteneğini belirlemek hedeflenmiştir. L kutusu ilk olarak Petersson tarafından Japonya'da bir su altı beton dizaynının yapımında kullanılmıştır. L şeklinde yatay ve dikey prizmatik dikdörtgen bölümlerden oluşan aparat şekil 1.10'de görülmektedir. Yatay ve dikey prizmalar arasındaki geçiş kesitinde 41-59mm boşluklarla üç veya iki düz çelik çubuklar ve bu geçiş bölgesinde bir kapak şekil 1.10'da görüldüğü gibi mevcuttur.

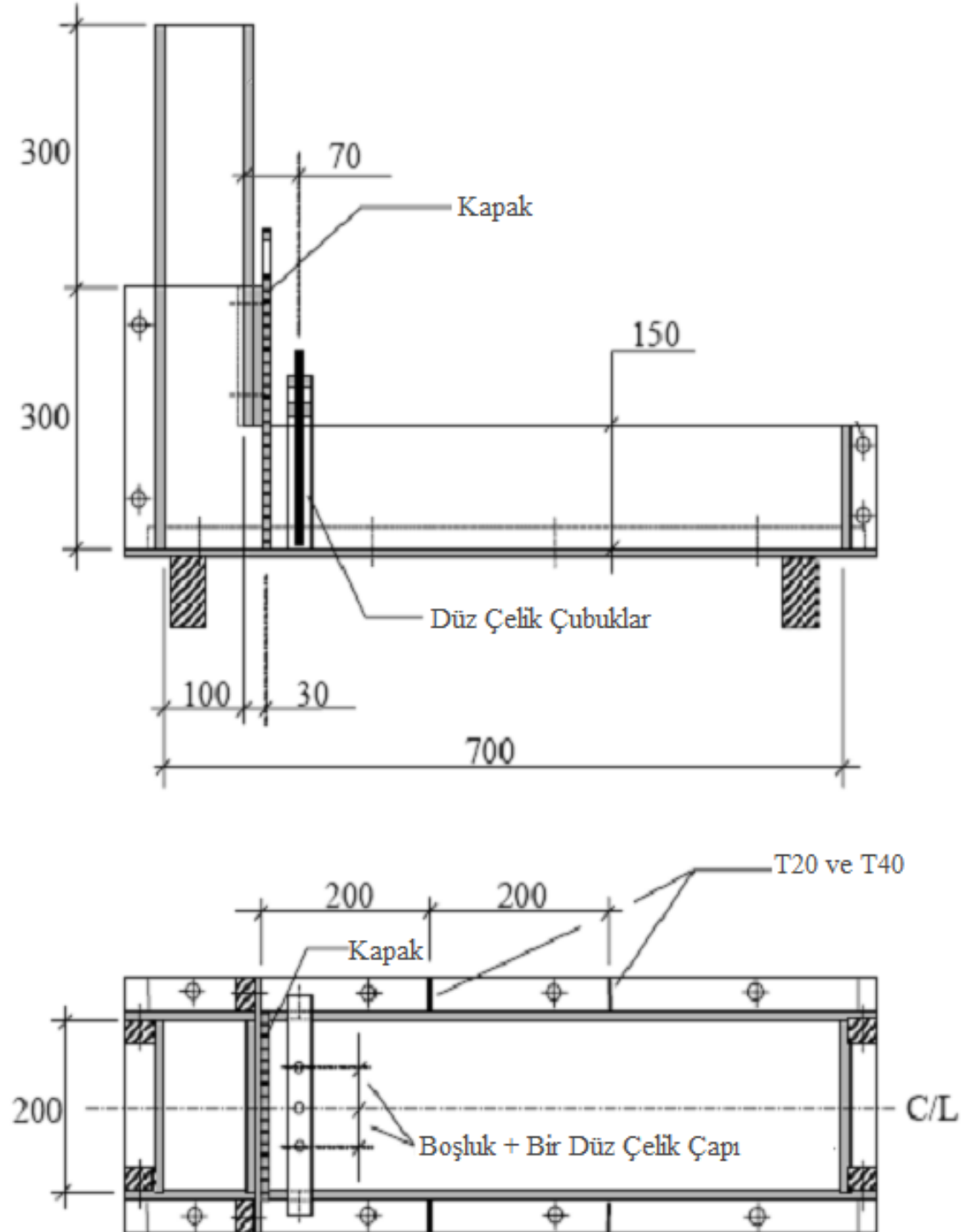


Şekil 1.10 L kutusu aparatı

Deney yapılırken L kutusu düzgün ve dengeli bir pozisyonda yerleştirilir. L kutusunun dikey bölümüne 12,7lt taze KYB ile doldurulur. Betonun dikey bölümde 1dk ($\pm 10s$) kalmasına izin verilir. Bu zaman esnasında betonda ayrışma olup olmadığını göstermektedir. Kapak kaldırılır ve betonun L kutusunun dikey bölümden yatay bölüme akmasına izin verilir. Hareket durduğunda donatıların başında ve yatay kalıp ucundaki beton yükseklikleri ölçülür. Bu yükseklikler arası oran (H_2/H_1) hesaplanır. Bu değer L kutusu oranı (bloklanma oranı) olarak adlandırılır. L-kutusu oranı su gibi çok akışkan bir malzemede 1'e eşit olur. EFNARC Komitesi raporu[15], bu değer 0.8'den küçük olması halinde agreganın bloke olma riski olduğunu belirtmiştir. Fakat, Bernabeu ve Laborde [29], yaptıkları deneylerde L kutusu oranı 0.65 olan karışımların (Yayıma çapı 60 cm) sık donatılı kalıbı rahatlıkla doldurduğunu rapor etmiştir.

L kutusunda T20 ve T40 süreleri de ölçülmektedir. Bu süreler ayırıcı hizasından betonun yatayda önceden işaretlenen 20cm ve 40cm'lik mesafeleri geçiş süreleridir (Şekil 1.10 ve şekil11).

L kutusunda geçiş bölgesindeki donatılar arası mesafe en büyük agrega çapının 3 katından az olmamalıdır. Agrega çapına göre donatı aralıkları değiştirilerek aparat modifiye edilebilir[28].



Şekil 1.11 L Kutusu deney aparatı kesiti

1.3.3. V Hunisi

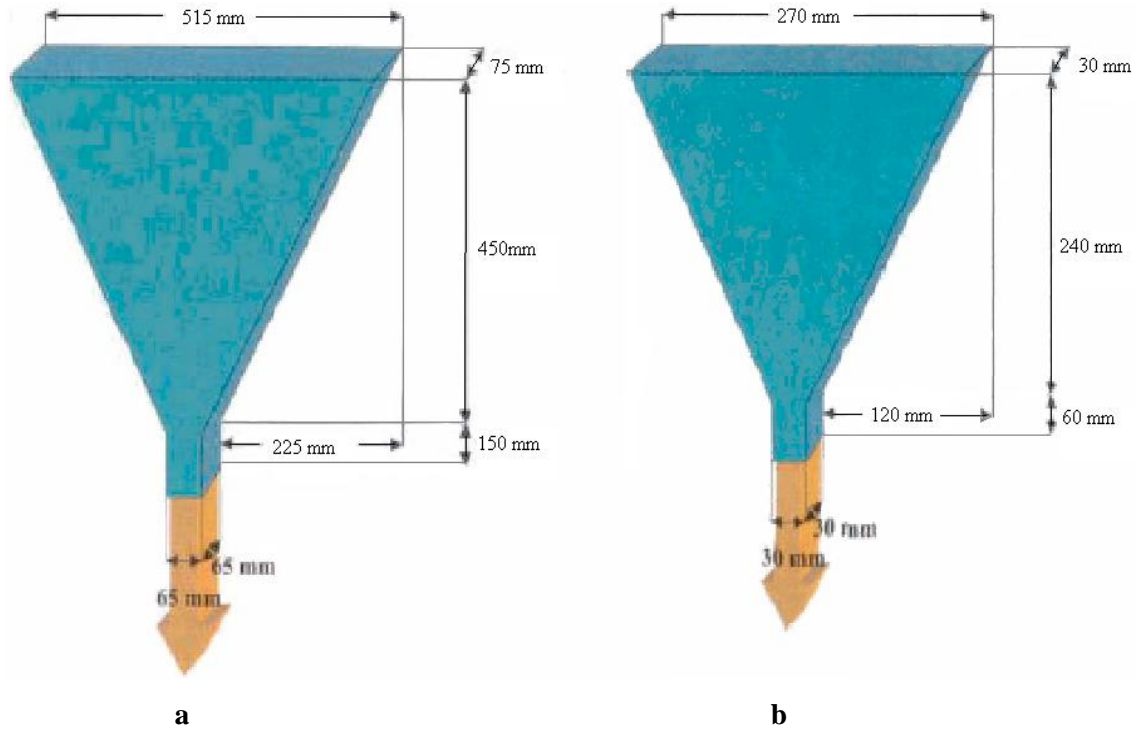
V şekilli akış hunisi taze beton viskozitesini ölçmek amacıyla kullanılır. Boyutları şekil 1.12.a' da verilen huninin orifis çıkışı 15 cm uzunluğundadır. Deneyde 10 litre beton kullanılır, agrega çapı en fazla 20 mm olmalıdır. Daha büyük agrega çapları içeren karışımlar için orifis ağzının modifiye edilmesi gerekmektedir. Örneğin, 32 mm maksimum agrega çapına sahip beton karışımları için 75 x 75 mm'lik orifis en kesiti uygundur[30].

Deney yapılırken, V hunisinin içi ıslak havlu veya sünger ile silinir. Huni dik olarak sabit kalacak şekilde yerleştirilir ve KYB ile herhangi bir sıkıştırma yapmadan doldurulur. $10 \pm 2s$ 'lik bir beklemeden sonra kapak açılır. Kapak açıldığı andan huninin içindeki beton bitinceye kadarki süre kronometre yardımıyla tespit edilerek deney bitirilir[27].

Khurana ve Topçu [31], farklı maksimum tane boyutuna sahip KYB' lerin 5 x 5 cm açıklıklı V hunisinden geçiş süreleri için aşağıdaki sınır değerleri önermektedir:

$D_{maks.} = 15 \text{ mm}$ ise 8-12 sn.

$D_{maks.} = 20 \text{ mm}$ ise 11-15sn.



Şekil 1.12 a: Beton için kullanılan V-hunisi boyutları
b: Harç için kullanılan V-hunisi boyutları

Deneyde belli hacimdeki betonun (10 litre), orifisten çıkış süresi ölçülür. Betonun akış sebebi kendi ağırlığının eşik gerilmeyi aşması olduğundan, deney viskoziteyle ilişkilendirilebilir.

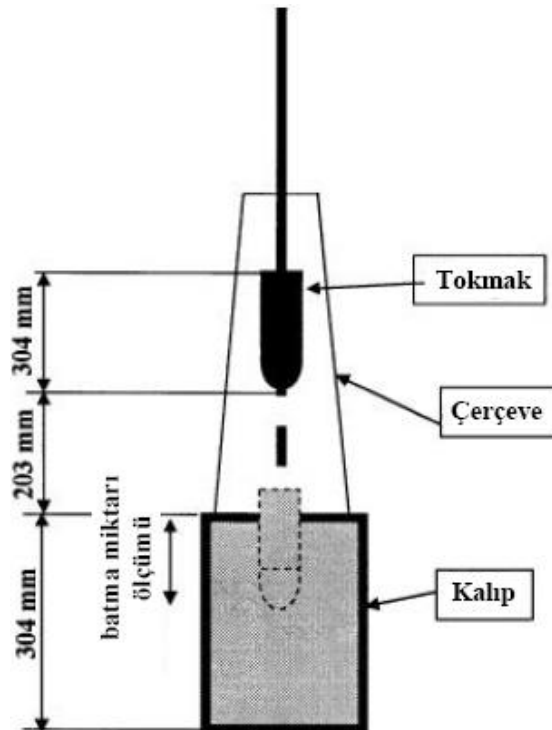
Harç ve çimento hamuru için özellikle kimyasal katkıların viskoziteye etkisini incelemek amacıyla şekil 1.12’de görüldüğü gibi daha küçük boyutlu V hunisi kullanılmaktadır[27].

1.3.4. Beş Dakika Gecikmeli V Hunisi Akış Süresi Deneyi

V-hunisi akış süresi deneyi yapıldıktan hemen sonra V-hunisi yıkanmadan yeniden taze betonla doldurularak ve 5 dakika bekletilir ve deney tekrarlanır. Statik ayrışma direnci ölçülür. Bu sırada taze beton yeterli stabiliteye sahip değilse, ayrışma meydana gelir. İri agregalar çökerek bloke olur. 5 dakika sonunda orifis ağzı açılarak akış süresi belirlenir. İlk andaki akış süresine göre 3 saniyeden fazla uzama varsa bu durum statik ayrışma olduğuna işaret eder.

1.3.5. Penetrasyon Testi

Bu deneyin amacı belirli yükseklikten serbest düşüşe bırakılan çubuğun kendi ağırlığı ile batma miktarının belirlenmesidir. Şekil 1.13 ve Şekil 1.14’de görülen düzenekler yardımıyla deney gerçekleştirilir[30]. Ölçülen batma miktarı eşik kayma gerilmesiyle ilişkilendirilebilir.



Şekil 1.13 Penetrasyon testi aleti



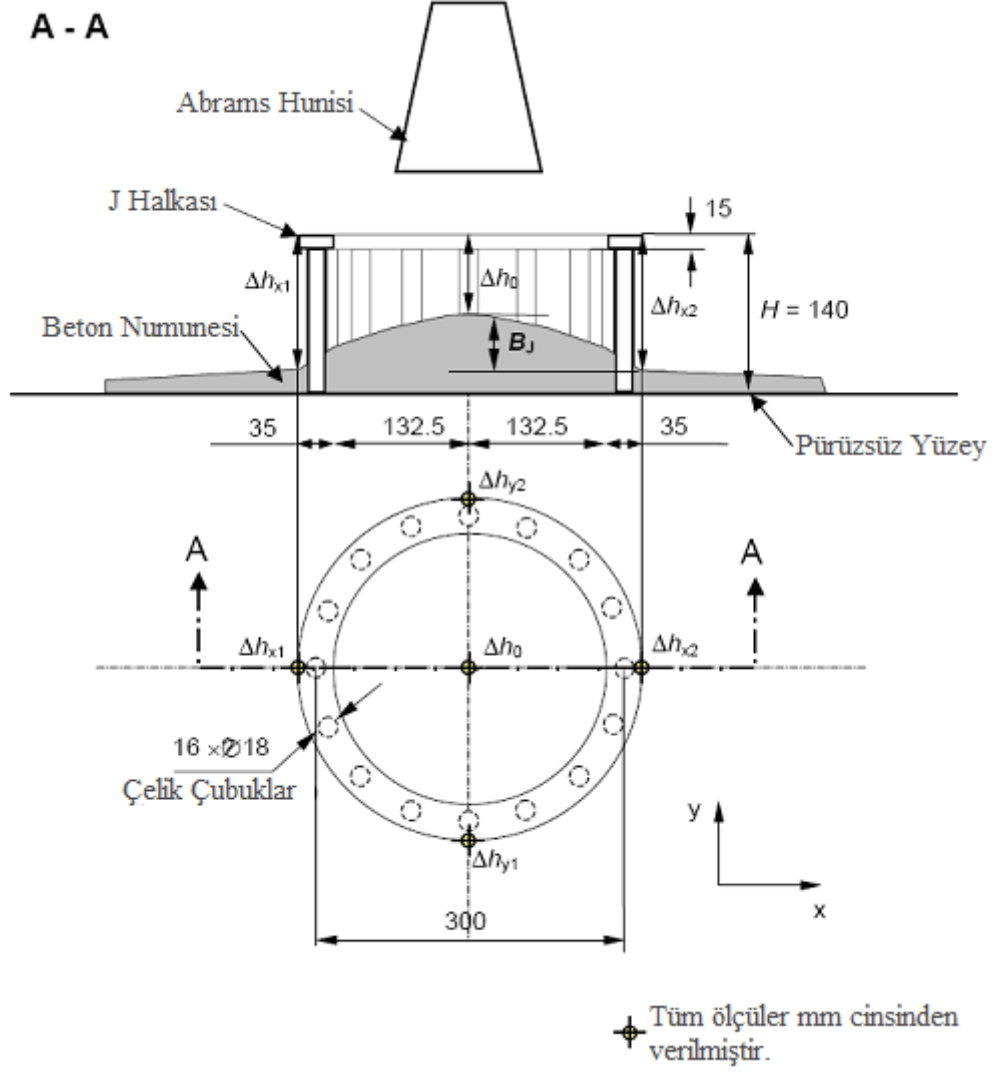
Şekil 1.14 Penetrasyon testi aleti kullanımı

1.3.6. J Halkası Deneyi

J-halkası deneyi, yayılma deneyi ile bir arada uygulanır. Aparatın felsefesi Japonya'da oluşturulmuşsa da bu aparatla ilk deneyler Paisley Üniversitesi'nde yapılmıştır. Aparat 30 cm çaplı halkaya sabit aralıkta dikey çelik çubuklar bağlanmasıyla yapılmıştır. Bu çubuklar donatıları temsil etmektedir. Çubuklar arası açıklık, kullanılacak betonun maksimum agrega çapının 3 katından az olmamalıdır. Yayılma deneyi yapılırken J-halkası da Şekil 9'de görüldüğü gibi yerleştirilir. Yayılma sonrası merkez ve halkanın hemen dışındaki beton yükseklikleri ölçülür ve bu yükseklik farkına göre geçiş yeteneği belirlenir[27].



Şekil 1.15 J halkası deney düzeneği

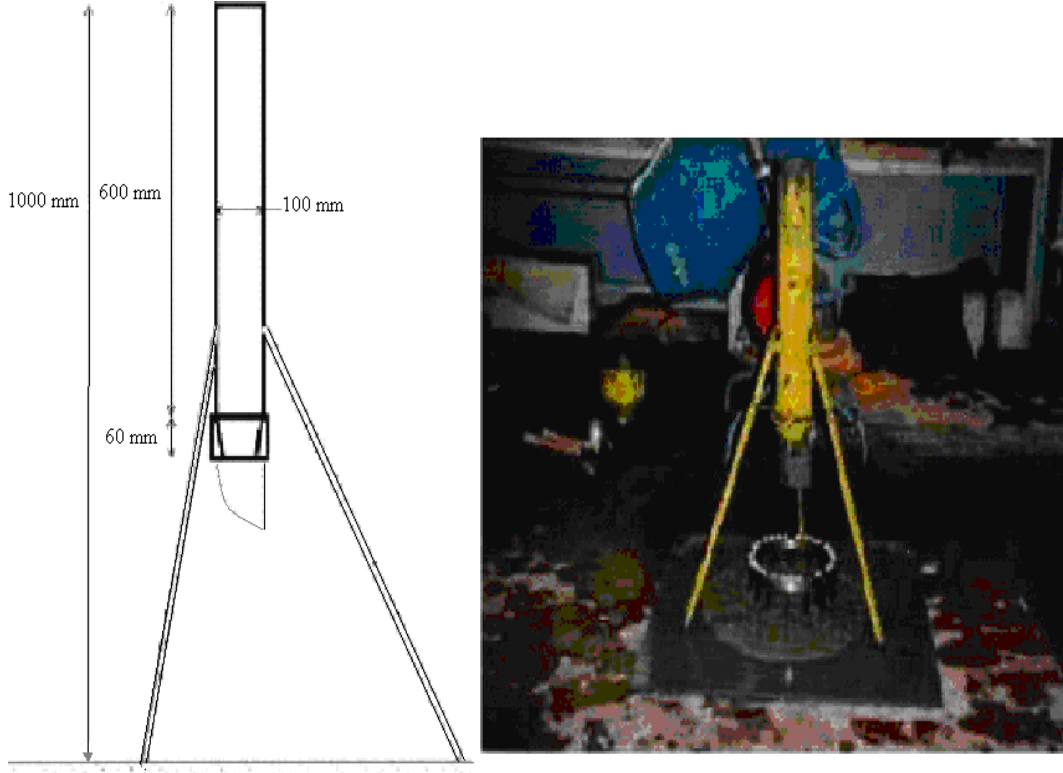


Şekil 1.16 J halkası deney düzeneği kesiti

1.3.7. Oriment Testi

Oriment testi, doldurma yeteneği için T_{50} 'ye alternatif metot olarak düşünülmüştür. Bu deney, çelikten yapılmış 600mm uzunluğunda ve 80-120mm çapında bir tüp ve tüpün altında açılabilir bir kapaktan oluşur. Deneye başlarken tüpün iç ıslak sünger ya da havlu ile silinir. Tüp dengeli hale getirildikten sonra V hunisindeki gibi içerisi KYB ile doldurulur ve 10 ± 2 saniyelik beklemeden sonra kapak açılır. Kapak açıldığı andan KYB numunesinin tüpte bitinceye kadar geçen süre kaydedilir[27].

Daha çok su altında betonlarının viskozitesini belirlemede kullanılır. Bu aparatta farklı çaptaki iri agregalara göre boru çapı ve orifis şekil 1.17'de görüldüğü gibi ayarlanabilmektedir.



Şekil 1.17 Orimet aparatı

1.3.8. Elek Stabilite Testi

Bu test ile KYB' nin segregasyon direncini araştırmak amacıyla yapılmaktadır. Deneyde tabanı 5mm'lik kare göz açıklıklı 300-315mm çaplı ve 40-75mm yükseklikli elek kullanılmaktadır. Ayrıca 10kg kapasiteli, sıfırlana bilen hassas dijital teraziye ve 10-12lt kapasiteli kovaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu deney için 10lt taze KYB hazırlanır. Hazırlanan beton 5cm yükseklikten eleğin ortasına dökülür. Elekten betonun geçmesini sağlamak amacıyla herhangi bir sarsma yapılmadan 2dk beklenir.

Sonuç olarak, elek üstünde kalan beton ağırlığı (W_a) ve elekten geçen harç (W_p) kaydedilir. Elekten geçen numunenin kütle yüzde oranı (ayırışma katsayısı) ;

$$\pi = \frac{W_p}{W_a} \times 100 \text{ olarak hesaplanır[27].}$$

Pratik denemelerde %5–15 arası ayırışma katsayısının KYB için uygun olduğu belirlenmiştir. Bu katsayının % 5'in altında olması halinde betonun fazla kohezif olduğu ve betonda sıkışık hava riskinin arttığı, % 15'in üzerinde olması halinde ayırışmanın meydana geldiği söylenebilir[15].

Laboratuar veya sahada yapılan kendiliğinden yerleşebilirlik deney sonuçlarının, Tablo 1.4’de verilen sınır değerlerin altında kalması veya üstüne çıkması hallerinde tahmini etki ve bu sonuçları sınır değerler arasına çekmek için yapılması gerekenler, sırasıyla Tablo 1.4, Tablo 1.5 ve Tablo 1.6’de verilmiştir[15].

Tablo 1.4 Kendiliğinden yerleşebilirlik deneyleri sınır değerleri[15]

	Metot	Birim	Tipik sınır değerler	
			Minimum	Maksimum
1	Çökme-Yayıma	mm	650	800
2	T ₅₀ cm yayılma süresi	sn	2	5
3	V-hunisi	sn	6	12
4	Orimet	sn	0	5
5	J-halkası	mm	0	10
6	L-kutusu	(h ₂ /h ₁)	0.8	1.0
7	U-kutusu	(h ₂ -h ₁) mm	0	30
8	5 dk. sonra V-hunisi	sn	0	+ 3
9	Elek Stabilite deneyi	%	5	15

Tablo 1.5 Sınır değerlerin altındaki değerler için sorunun belirlenmesi ve etki takip tablosu[15]

	Metot	Birim	Alt sınır değer		Tahmini etki
1	Çökme-Yayıma	mm	650	a	Viskozite çok yüksek
				c	Eşik kayma değeri çok yüksek
2				b	Viskozite çok düşük
3	J-halkası	mm	10	a	Viskozite çok yüksek
				c	Eşik kayma değeri çok yüksek
				d	Ayrışma
				f	Bloke olma riski
4	V-hunisi	sn	8	b	Viskozite çok düşük
5	5 dk sonra V-hunisi	sn		g	Hatalı sonuç
6	L-kutusu (h ₂ /h ₁)		0.8	a	Viskozite çok yüksek
				c	Eşik kayma değeri çok yüksek
				f	Bloke olma riski
7	U-kutusu (h ₂ -h ₁)	mm	0	g	Hatalı sonuç
8	GTM Stabilite deneyi	%	0	a	Viskozite çok yüksek
				f	Bloke olma riski

Tablo 1.6 Sınır değerlerin üstündeki değerler için sorunun belirlenmesi ve etki takip tablosu[15]

	Metot	Birim	Alt sınır değer		Tahmini etki
1	Çökme-Yayıma	mm	750	b	Viskozite çok düşük
				d	Ayrışma
2	T ₅₀ süresi	sn	5	a	Viskozite çok yüksek
				c	Eşik kayma değeri çok yüksek
3	J-halkası	mm		b	Viskozite çok düşük
				d	Ayrışma
4	V-hunisi	sn	12	a	Viskozite çok yüksek
				c	Eşik kayma değeri çok yüksek
				f	Bloke olma riski
5	5 dk sonra V-hunisi	sn	3	d	Ayrışma
				e	Hızlı işlenebilirlik kaybı
				f	Bloke olma riski
6	L-kutusu (h ₂ /h ₁)		1.0	g	Hatalı sonuç
7	U-kutusu (h ₂ -h ₁)	mm	30	a	Viskozite çok yüksek
				c	Eşik kayma değeri çok yüksek
				f	Bloke olma riski
8	GTM Stabilite deneyi	%	15	d	Ayrışma

Tablo 1.7 Deney sonuçlarını sınır değerler arasına çekebilmek için problemlerin çözümüne yönelik yapılması gerekenler[15]

(+: olumlu, -: olumsuz etki, 0: etkisiz, ?: önceden kestirilemeyen etki)

Tahmini etki	Doldurma kapasitesi	Geçiş yeteneği	Ayrışma direnci	dayanım	büzülme	sünme
A	Viskozite çok yüksek					
a1	Karışım suyunu arttır.	+	+	-	-	-
a2	Hamur hacmini arttır.	+	+	+	+	-
a3	Akışkanlaştırıcı dozajını arttır.	+	+	-	+	0
B	Viskozite çok düşük					
b1	Karışım suyunu azalt.	-	-	+	+	+
b2	Hamur hacmini azalt.	-	-	-	-	+
b3	Akışkanlaştırıcı dozajını azalt.	-	-	+	-	0
b4	Viskozite arttırıcı katkı kullan	-	-	+	0	0
b5	Kullandığın tozu incelt	+	+	+	0	-
b6	Daha ince kum kullan	+	+	+	0	-
C	Eşik kayma değeri çok yüksek					
c1	Akışkanlaştırıcı dozajını arttır.	+	+	-	+	0

c2	Hamur hacmini arttır.	+	+	+	+	-	-
c3	Harç hacmini arttır.	+	+	+	+	-	-
D	Ayrışma						
d1	Hamur hacmini arttır.	+	+	+	+	-	-
d2	Harç hacmini arttır.	+	+	+	+	-	-
d3	Karışım suyunu azalt.	-	-	+	+	+	+
d4	Daha ince toz kullan	+	+	+	0	-	-
E	Hızlı işlenebilirlik kaybı						
e1	Hidratasyon hızı yavaş çimento seç.	0	0	-	-	0	0
e2	Geciktirici katkı kullan.	0	0	-	-	0	0
e3	Akışkanlaştırıcıyı değiştir.	?	?	?	?	?	?
e4	Çimento yerine filler ikame et.	?	?	?	?	?	?
F	Bloke olma riski						
f1	Agrega çapını azalt	+	+	+	-	-	-
f2	Hamur hacmini arttır.	+	+	+	+	-	-
f3	Harç hacmini arttır.	+	+	+	+	-	-
G	Hatalı sonuç						
g1	Deney şartlarını kontrol et.	hata	hata	hata	hata	hata	hata

2. LİTERATÜRLERDEKİ MEVCUT ÇALIŞMALAR

Kendiliğinden yerleşen beton ile ilgili olarak son yıllarda birçok araştırmalar yapılmıştır. Araştırmalar arttıkça konunun önemi daha iyi anlaşılmaktadır ve bu kapsamda yapılan literatür araştırmalarının bazıları aşağıda görülmektedir.

2.1. Dayanıklılığı Yüksek Betonlar İçin Kendiliğinden Sıkışan Beton Karışımı

Jacobs ve Hunkeler'e[10] göre, çimento, kimyasal ve mineral katkıları ve kum arasındaki etkileşimi incelemek üzere harç üzerinde bazı reolojik incelemeler yapılmıştır. Bu sonuçlara dayanarak en uygun beton bileşenleri saptanmış ve laboratuvar ortamında beton üretilmiştir.

Tablo 2.1 Dayanıklılığı yüksek betonlar için kendiliğinden sıkışan beton karışımı [10]

		I	II	III	IV
Çimento	Tipi	CEM II/A-L 32.5		CEM I-42.5	
	(kg/ m ³)	450	450	340	330
Uçucu Kül (kg/m ³)		-	-	105	105
Su (kg/m ³)		170	183	185	173
0/8mm Kuru Kum (kg/m ³)		1278	1212	1313	1152
8/16 mm Kuru Çakıl (kg/m ³)		416	406	407	376
SA (kg/m ³)		8.6	7.7	4.5	3.2
Hava Sür. Katkı (kg/m ³)		-	0.9	-	2.6
Birim Ağırlık (kg/m ³)		2320	2260	2360	2140
Su/(Çim+Uçucu Kül)		0.38	0.40	0.41	0.40
Hava (%)		3.2	5.2	2.1	6.8
Basınç	1. Gün	40	25	28	12
Dayanımı (MPa)	7. Gün	55	28	42	30
	28. Gün	63	60	49	37

KYB'nin yüksek kalite ve dayanıklılıkta üretilebileceği, bunun için yeterli sayıda laboratuvar deneylerinin ve küçük çaplı saha denemelerinin yapılarak bu konuda deneyin kazanılması gerektiği fikrine varmışlardır.

2.2. Aşırı Dozda Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı Kullanımının Taze ve Sertleşmiş Betonun Bazı Özellikleri Üzerine Etkileri

Türkel ve Felekoğlu[32], bu çalışmada, normal, süper ve hiper akışkanlaştırıcı sınıfına giren farklı kimyasal kökenlere sahip akışkanlaştırıcı katkıların üretici firmalar tarafından tavsiye edilen dozajlarda veya daha fazla miktarda kullanılması halinde betonun taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerine etkilerini araştırmışlardır.

Tablo 2.2 Kullanılan beton dizaynı [32]

Su/Çimento	Çimento (kg/m ³)	İri Agrega (kg/m ³)	Kum (kg/m ³)
0.45	350	940	960

Tablo 2.3 Deney serilerini taze betonda slump (çökme) değerleri, ayrışma gözlemleri ve basınç dayanımının zamanla değişimi[32]

	K	N2	N3	N4	S2	S3	S4	H 0,65	H 1	H 1,5	
Teze Beton Çökme (cm)	2	2	15	18	16.5	13	7	9	17	20	
Ayrışma Gözlemi	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Var	Var	Yok	Yok	Var	
Basınç Dayanımı (Mpa)	1. Gün	5.4	*	*	*	22.1	17.1	11.5	15.3	17.9	9.9
	7. Gün	27.9	41.5	16.2	*	40.9	35.8	32.4	39.1	40.1	28.5
	14. Gün	-	45.6	34.2	2.1	-	-	-	-	-	-
	28. Gün	34.5	48.6	37.9	34.7	46.9	39.3	35.4	44.5	42.7	32.5

S : Süper Akışkanlaştırıcı
H : Hiper Akışkanlaştırıcı
N : Normal Akışkanlaştırıcı
K : Katkısız

* Örnekler Kalıptan alınamamıştır.
- Belirtilen yaşta kırım yapılmamıştır.

Not: CEM I 42.5 çimento kullanılmış, akışkanlaştırıcıların simgesinin yanındaki rakamlar kullanılan akışkanlaştırıcının çimento ağırlıkça yüzdesini belirtmektedir.

Deneysel çalışmada kullanılan tüm akışkanlaştırıcı katkıları için 28 günde en yüksek basınç dayanımının elde edildiği optimum katkı dozajını belirlemişlerdir. Bu oran çimento ağırlığının %' si normal, süper ve hiper akışkanlaştırıcılar için % 1.9, 2.0 ve 0.7 almışlardır.

Stabilitesini koruyamayan katkılı bir karışım, aynı özelliklere sahip kontrol karışımından daha yüksek basınç dayanımına sahip olabileceğini. Fakat ayrışan bu karışım geç yaşlarda dayanıklılık açısından sorun çıkarmaya aday olduğunu tespit etmişlerdir.

2.3. Yüksek Dayanımlı Beton Üretiminde Çimento ve Süper Akışkanlaştırıcı Beton Katkı Maddelerinin Etkinliği

Sümer ve Söyler[20], bu çalışmada yüksek dayanımlı betonun özellikleri ve önemi araştırılmış, bu amaçla yüksek dayanımlı beton üretimi yapılmıştır. Bunu yaparken de, yüksek dayanımlı beton üretiminde çimento ve beton katkı maddelerinin etkinliği incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışma ile ayrıca betonların basınç dayanımları ölçülmüş ve 7 günlük mukavemeti 80 MPa' yı aşan beton üretilmiştir.

Tablo 2.4 Deney serilerini taze betonda slump(çökme) değerleri ve basınç dayanımının zamanla değişimi[20]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Nolu Mıdır kg	592	592	592	592	592	592	592	592	592	592
2 Nolu Mıdır kg	592	592	592	592	592	592	592	592	592	592
Kum (kg)	758	758	758	758	758	758	758	758	758	758
Çimento (kg)	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
Su (kg)	190	176	167	180	167	190	176	167	180	167
Katkı (gr)	44.55	44.55	44.55	74	74	44.55	44.55	44.55	74	74
Silis Dumanı(kg)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Çimento Türü	Beyaz P.Ç.	Beyaz P.Ç.	Beyaz P.Ç.	Beyaz P.Ç.	Beyaz P.Ç.	CEM I 42.5	CEM I 42.5	CEM I 42.5	CEM I 42.5	CEM I 42.5
Katkı Türü	A	A	A	B	B	A	A	A	B	B
Slump	25	20	5	4	2	25	20	5	4	2
7 Günlük Basınç Dayanımı (kg/cm ²) (10x10x10 Küp numune için)	824	784	803	598	624	487	450	519	385	425

A : Uzun kenar zincirli karboksilik eter polimerinden oluşan katkı %0.9 oranında

B : Sentetik dispersiyon tipindeki hiper akışkanlaştırıcı % 1.5 oranında 5/4 = 0.42

Yapılan çalışmalarda sadece çok iyi kalitede malzemenin bir araya getirilmesi tek başına yeterli olmayabileceğini, iyi bir işçilik üretim kontrolü, iyi boyutlandırma ve detaylandırma sayesinde üretilen betondan istenilen verim alınabileceğini tespit etmişlerdir.

Yapılan çalışma ülkemizde yaşamış olduğumuz depremlerde 80-100 Kg/cm² lik dayanımlara rastlanırken BS 60-80 civarındaki betonların ekonomik olarak üretilebileceğini göstermişlerdir.

2.4. Değişik Akışkanlaştırıcıların Betondaki Performansları

Yazıcı[33], bu çalışmada altı değişik ticari akışkanlaştırıcının, betondaki performansları incelemiştir. Çalışma çerçevesinde değişik akışkanlaştırıcılar ile betonlar üretilmiş ve üretilen betonların çökme priz başlangıç ve bitim süreleri hava yüzdeleri ile 3,7 ve 28 günlük basınç dayanımları belirlemiştir. Beton üretiminde; dozaj agrega kompozisyonları ve miktarları, çökme değeri sabit seçilmiştir. Ayrıca elde edilen deney sonuçları ilgi şartnamelerle karşılaştırılmıştır.

Yapılan deneysel çalışmada, linyosülfonat esaslı akışkanlaştırıcılar kullanarak betonlarda ortalama %10 civarında karışım suyunda azalma elde ederek genelde şartnamenin önerdiği oranlarda su kestiğini, %1 ile %3 arasında hava sürüklediğini, altı değişik

akışkanlaştırıcı ile üretilen betonların bir saat sonunda önemli oranda işlenebilme kaybına uğradığı bunlarla üretilen betonların üretildikten kısa bir süre sonra kalıplara yerleştirilmesi gerektiğini göstermiştir.

2.5. Yeni Nesil Yüksek Akışkanlaştırıcı Katkı Maddeleri ile Yüksek Hacimde Uçucu Kül İçeren Kendiliğinden Yerleşen Beton

Şahmaran, Yaman ve Tokyay[34], bu çalışmada yüksek hacimde (%70'e kadar) uçucu kül içeren, yeterli basınç dayanımına sahip, KYB üretimi gerçekleştirilmiştir. Uçucu küllü ve kontrol KYB'lerin taze ve sertleşmiş haldeki çeşitli özellikleri karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

Tüm deneylerde CEM I 42.5 tipi çimento kullanılmış, toz madde olarak özgül ağırlığı $2.36\text{cm}^2/\text{g}$ olan uçucu kül kullanılmış. Deneysel çalışmalarda en büyük tane boyutu 19mm olan kırma taş kullanılmış. Kimyasal yapısı itibariyle polikarboksilik eter bazlı, yoğunluğu $1.09\text{g}/\text{cm}^3$ Smortflow adlı yüksek akışkanlaştırıcı kullanılmış. Üretici firma tarafından bildirilen kullanım dozajı toplam bağlayıcı miktarının ağırlıkça %0.5-2.5'i kadar belirtilmiş. Bu çalışmada %1.5 oranında kullanılmıştır.

Tablo 2.5 KYB üretiminde kullanılan malzeme karışım miktarları (kg/m^3) [34]

Karışım No	1	2	3	4	5
Su/(UK+Ç)	0.37	0.35	0.34	0.32	0.30
Su	206.7	203.8	199.4	198.1	213.8
Çimento(Ç)	550	345	295	250	210
Uçucu Kül(UK)	-	230	295	375	490
İnce Agrega(0-3mm)	700.1	625.1	624.6	580.1	480.6
İnce Agrega(3-4mm)	175	146.7	138.5	145	151.8
İnce Agrega(5-15mm)	752.8	760	751.5	743.2	702.1
Yüksek Akışkanlaştırıcı(YA)	8.53	9.03	9.15	9.19	10.29
YA/Bağlayıcı (%)	1.55	1.57	1.55	1.47	1.47
UK/(UK+Ç) (%)	0	40	50	60	70

Tablo 2.6 Taze Betonların Özellikleri [34]

No	Su/(UK+Ç)	UK/(Ç+UK) %	Yayılma (mm)	T50cm (sn)	V Hunisi	Birim Ağırlık (Kg/m^3)
1	0.37	0	740	4.06	14.1	2419
2	0.35	40	740	2.22	17.1	2330
3	0.34	50	735	3.35	16	2305
4	0.32	60	800	2.82	8.4	2266
5	0.31	70	790	2.1	6.2	2167

Tablo 2.7 KYB'lerin dayanımları [34]

Karışım	Su/(UK+Ç)	UK/(Ç+UK)	Basınç Dayanımı		Çekme Dayanımı
No	(%)		(MPa)		(MPa)
			7G	28 G	28 G
1	0.37	0	38.3	46.6	4.4
2	0.35	40	32.7	44.9	4.1
3	0.34	50	28.3	40.6	3.4
4	0.32	60	24.8	36.8	2.8
5	0.31	70	20.7	30.5	2.3

2.6. Süper Akışkanlaştırıcıların Betondaki Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklere Etkileri

Yazıcı [35], bu çalışmada altı değişik ticari süper akışkanlaştırıcının betonun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkileri incelenmiş. Çalışmada değişik akışkanlaştırıcılar ile betonlar üretilmiş ve üretilen betonların çökme, priz başlangıç ve bitim süreleri, hava yüzdeleri ile 3, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları belirlenmiş. Beton üretiminde; dozaj, agrega kompozisyonları ve miktarı, çökme değeri sabit seçilmiş. Çalışmada kullanılan süper akışkanlaştırıcılar aynı esaslı olmalarına rağmen aynı agrega, aynı çimento ve aynı dozaj ile işlenebilme ve dayanım açısından birbirinden farklı sonuçlar vermiş. Süper akışkanlaştırıcı katkılı betonlarda üretimden sonraki saatlerde işlenebilme problemleri ile karşılaşılabilceği de görülmüş.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalarda kendiliğinden yerleşen betonların mekaniksel özelliklerine agrega tipinin etkisi incelendi.

Deneysel çalışmalarda CEM I 42.5 R tipi çimento, normal agrega olarak Elazığ Palu yöresinden temin edilen doğal agrega ayrıca bazı serilerde kırma taş kullanıldı. İnce madde olarak bölgede rahatlıkla temin edilebilecek ve atık durumdaki bir madde olan Elazığ Eti Krom AŞ'ye ait Ferrokrom cürufu kullanıldı. Kimyasal katkı olarak kıvam korumalı priz geciktiricili kendiliğinden yerleşen beton katkısı ViscoCrete 3080 (VP) kullanıldı.

Maksimum agrega boyutu 16mm olan 2 farklı tip agrega ile 350 ve 400 dozluk 4 seri betonun reolojik özellikleri belirlendikten sonra hazırlanan toplam 44 numune ile sertleşmiş haldeki betonun özellikleri incelendi.

Seri I' de doğal agrega ile 350 dozajlık KYB elde edildi. Seri II' de doğal agrega ile 400 dozajlık KYB elde edildi. Seri III' de doğal ince agrega, iri agrega olarak da kırma taş kullanarak 350 dozajlık KYB elde edildi. Seri IV' de doğal ince agrega ve iri agrega olarak da kırma taş ile 400 dozajlık KYB elde edildi.

Deneysel çalışmalardan önce kullanılacak malzemeler hazırlandı ve KYB için en uygun karışımın elde etmek amacıyla aşağıda listelenen deneyler yapıldı.

Taze Betonda;

- Çökme – yayılma deneyi
- T₅₀ süresi deneyi
- V hunisi deneyi
- 5dk gecikmeli V hunisi akış süresi deneyi
- L kutusu deneyi yapılmıştır.

KYB için uygun karışımı tespit ederken bazı problemlerle karşılaşıldı. İlk olarak yapılan çökme yayılma ve T₅₀ süresi deneyi yapımı esnasında bazı denemelerde agregaların yayılmayıp yığılım kaldığı aynı zamanda çimento şerbetinin ise akıp gittiği gözlemlendi. Bu segregasyon olayı ince madde ve su miktarlarının ayarlanmasıyla engellendi. Bazı denemelerde ise ayrışmanın istenilen düzeyde olmadığı gözlemlendi. Bunu da giderebilmek için, kimyasal katkı miktarı firma tarafından belirlenen sınırlar içerisinde artırıldı. Her ne kadar çökme yayılma ve T₅₀ süresi deneyleri diğer yapılacak deneylerinin sonuçlarını tahmin edilmesini sağlasa da kesin bir sonuç elde edilememektedir. Örneğin çökme yayılma ve T₅₀ süresi deneylerinde istenilen değerlere ulaşılsa da, V hunisi ve 5dk. Gecikmeli V hunisi akış süresi tespitinde istenilen sonuç elde edilemedi. 5dk. Gecikmeli V hunisi deneyinde iri agregaların orifisi kapattığı, bu nedenle

geçiş süresinin çok fazla olduğu görüldü. Böylesi bir durumda karışıma giren malzemeler tekrar gözden geçirilerek aynı sırayla deneyler tekrarlandı.

Taze beton deneylerin tamamlanıp en uygun karışım elden edildikten sonra numuneler döküldü. Kür ortamında 28 günü tamamlayan numuneler üzerinde aşağıda belirtilen deneyler yapılarak sertleşmiş beton dayanımları belirlendi.

Sertleşmiş betonda ise;

- Basınç dayanımı
- Eğilme dayanımı
- Elastisite modülü
- Silindir yarıma değerleri bulundu.

3.1. Kullanılan Malzemeler

Deneysel çalışmalar için hazırlanan karışımlardaki beton bileşenlerinin özellikleri aşağıda verilmiştir.

3.1.1. Çimento

Yapılan deneylerde CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır. Çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1 CEM I 42.5 R Tipi çimentonun fiziksel ve kimyasal analizleri

Kimyasal Analiz Sonuçları									
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	T.E.			
32.08	6.05	3.23	49	3.85	3.31	1.05			
Fiziksel Analiz Sonuçları									
45µ	Blaine	Priz b.	Priz s.	Öz. ağı.	Yoğunluk	H. gen.	2 gün	7 gün	28 gün
1.3	3493	1.55	3.05	3.06	980	6	23.8	41.3	57

3.1.2. Agregası

Yapılan deneylerde maksimum agregası boyutu 16mm olan 2 farklı tip agregası kullanılmıştır. Elazığ Palu yöresinden temin edilen doğal agregasının genel özellikleri tablo 3.2'de, diğer agregası tipi olan kırma taşın genel özellikleri ise tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.2 Karışıma giren normal agregasıya ait genel özellikler

Özgül ağırlık (gr/cm ³)	Su emme (%)	Aşınma kaybı (%)	Kil miktarı (%)	Donma kaybı (%)
2.48	4	16.6	2.0	1.83

Tablo 3.3 Karışıma giren kırma taş ait genel özellikler

Özgül ağırlık (gr/cm ³)	Su emme (%)	Aşınma kaybı (%)
2.57	1.9	16.5

3.1.3. Yüksek Karbonlu Ferrokrom Cürufu

Deneylerde kullanılacak ince maddenin tayininde bazı hususlara dikkat edildi. Bunlar; bölgede rahatlıkla temini, atıl vaziyette olması ve yeniden ekonomiye kazandırılması. Bu hususlar dikkate alınarak Elazığ Eti Krom AŞ’de bulunan cüruf kullanıldı.

Elazığ ETİ KROM A.Ş. ‘den alınan Yüksek Karbonlu Ferrokrom Cürufu 125µ elendikten sonra deneylerde kullanıldı.

Deneylerde kullanılan üretim A tesisinde, iki adet açık tip 17 MWA açık tip elektrik ark fırınında üretilen, yüksek karbonlu ferrokrom cürufunun kimyasal özellikleri aşağıda verilmiştir(Tablo3.4).

Tablo 3.4 Yüksek karbonlu ferrokrom cürufunun kimyasal özellikleri

Cr ₂ O ₃	3 - 4
FeO	0.5 – 1
SiO ₂	28 – 31
Al ₂ O ₃	0 – 32
MgO	31 - 34

3.1.4. Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı

Deneysel çalışmaların tümünde ViscoCrete 3080 (VP) kıvam korumalı priz geciktiricili kendiliğinden yerleşen beton katkısı kullanıldı.

TS EN 934-2 standardına uygun olan bu malzeme, modifiye polikarboksilat esaslı polimer olup, yoğunluğu 1.07 ± 0.02 kg/l (23°C’de)’dir. Firma tarafından önerilen KYB için kullanıldığında %1.0 – 2.0’si oranında kullanılmıştır.

ViscoCrete 3080 (VP) çift etkili bir katkı olup, çimento tanecikleri üzerinde elektriksel etkileşim ve saçaklanma yöntemleri ile hidrasyon prosesine paralel olarak, betondaki karışım suyunun oldukça yüksek oranda azaltılmasını (yüksek birim ağırlık ve dayanım olanağı) sağlar, mükemmel derecede betonun kendiliğinden sıkışma özelliği, priz geciktirici özelliğiyle birlikte kıvamını 2-3 saat koruyarak yaz şartlarında bile pompalanabilmeye uygun olma, yoğun, geçirimsiz ve düzgün yüzeyli beton üretimini sağlar, dona karşı dayanıklılığı artırma gibi

birçok avantajları vardır. Priz geciktirme özelliği sayesinde deneysel çalışmalarda kıvamı ayarlamada çok büyük avantaj sağlamıştır.

3.2. Karışım Dizaynı

Karışım dizaynları seri I için tablo 3.5’de, seri II için tablo 3.6’de, seri III için tablo 3.7’de, seri IV için tablo 3.8’de gösterilmektedir.

Tablo 3.5 Seri I karışım dizaynı

Karışıma Giren Malzeme		Birim Ağırlıkları (kg/m ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (m ³)
Çimento		3.01	350	116
Su		1	195	195
Normal Agrega	İri Agregası (%52)	2.48	830	335
	İnce Agregası (%48)	2.48	736	297
Kırma Taş	İri Agregası (%52)			
	İnce Agregası (%48)			
Cüruf Tozu		3.22	100	31
Hava		0	0	20
Katkı Maddesi		1.07	7	6
Toplam			2218	1000
Karışımın Birim Ağırlığı		2218		
Çimento+Toz			450	
S/Ç			0.56	
Su/Toz			0.43	
Toz Oranı (%)			29	
Katkı Yüzdesi (%)			1.48	

Tablo 3.6 Seri II karışım dizaynı

Karışıma Giren Malzeme		Birim Ağırlıkları (kg/m ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (m ³)
Çimento		3.01	400	133
Su		1	218	218
Normal Agrega	İri Agregat (%52)	2.48	755	305
	İnce Agregat (%48)	2.48	670	270
Kırma Taş	İri Agregat (%52)			
	İnce Agregat (%48)			
Cüruf Tozu		3.22	150	47
Hava		0	0	20
Katkı Maddesi		1.07	8	8
Toplam			2201	1000
Karışımın Birim Ağırlığı		2201		
Çimento+Toz			550	
S/Ç			0.55	
Su/Toz			0.40	
Toz Oranı (%)			38	
Katkı Yüzdesi (%)			1.48	

Tablo 3.7 Seri III karışım dizaynı

Karışıma Giren Malzeme		Birim Ağırlıkları (kg/m ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (m ³)
Çimento		3.01	350	116
Su		1	184	184
Normal Agrega	İri Agregat (%52)			
	İnce Agregat (%48)	2.48	738	292
Kırma Taş	İri Agregat (%52)	2.67	861	329
	İnce Agregat (%48)			
Cüruf Tozu		3.22	164	51
Hava		0	0	20
Katkı Maddesi		1.07	9	8
Toplam			2306	1000
Karışımın Birim Ağırlığı		2306		
Çimento+Toz			514	
S/Ç			0.53	
Su/Toz			0.36	
Toz Oranı (%)			47	
Katkı Yüzdesi (%)			1.66	

Tablo 3.8 Seri IV karışım dizaynı

Karışıma Giren Malzeme		Birim Ağırlıkları (kg/m ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (m ³)
Çimento		3.01	400	133
Su		1	207	207
Normal Agrega	İri Agregat (%52)			
	İnce Agregat (%48)	2.48	648	256
Kırma Taş	İri Agregat (%52)	2.67	756	289
	İnce Agregat (%48)			
Cüruf Tozu		3.22	273	85
Hava		0	0	20
Katkı Maddesi		1.07	11	10
Toplam			2295	1000
Karışımın Birim Ağırlığı		2295		
Çimento+Toz			673	
S/Ç			0.52	
Su/Toz			0.31	
Toz Oranı (%)			68	
Katkı Yüzdesi (%)			1.58	

3.3. Deneyin Yapılışı

Bu bölümde taze ve sertleşmiş beton deneyleri yapılırken kullanılan makine ve aparatlardan ve deneyler sırasında dikkat edilen noktalardan söz edilecektir.

3.3.1. Taze Beton Deneyleri

Taze beton deneyleri yapılırken tüm seriler için sırasıyla, çökme yayılma, T₅₀ süresi deneyi, V hunisi deneyi, 5dk. gecikmeli V hunisi akış süresi deneyi ve L kutusu deneyi yapıldı.

Çökme sonrası yayılma ve T₅₀ süresi deneylerinde yayılmanın istenilen ölçülerde olup olmadığı kontrol edildi, V hunisi deneyi ile viskozitesini ölçmek amacıyla, 5dk. gecikmeli V hunisi ile de ayrışmanın olup olmadığı, L kutusu deneyinde ise donatılar arası geçiş yeteneğini belirlemek amacıyla yapıldı.

3.3.2. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Bütün deneyler için numuneler kür tankında bekletilerek 28 günlük değerleri tespit edildi.

3.3.2.1. Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı için 15cm'lik küp numuneleri kullanılmıştır. Numunelere 6.80kN/sn'lik yükleme hızı ile kırılma yükü (kN) ve kırılma gerilmesi (MPa) değerleri bulundu.(Şekil 3.1)



Şekil 3.1 Basınç dayanımının bulunması

3.3.2.2. Eğilme Deneyi

Eğilme deneyi için 10x10x50 cm'lik kiriş numuneleri kullanılmıştır. Numunelere 0.200kN/sn'lik yükleme hızı ile kırılma yükü (kN) ve kırılma gerilmesi (MPa) değerleri bulunmuştur.(Şekil 3.2)



Şekil 3.2 Eğilme deneyi yapılışı

3.3.2.3. Elastisite Modülü

Elastisite modülü değerini belirlemek için standart silindir numuneleri kullanıldı. Numunelere 0.475kN/sn'lik yükleme hızı ile kırılma yükü (kN) ve kırılma gerilmesi (MPa) değerleri bulunmuştur (Şekil 3.3). Bulunan değerler bölüm sonunda grafikler halinde verilmiştir.



Şekil 3.3 Elastisite modülünün bulunması

3.3.2.4. Silindir Yarılma

Silindir yarılma değerini belirlemek için 10x30 cm'lik silindir numuneleri kullanılmıştır. Numunelere 0,94kN/sn'lik yükleme hızı ile kırılma yükü (kN) ve kırılma gerilmesi (MPa) değerleri bulunmuştur.(Şekil 3.4)



Şekil 3.4 Silindir yarılma deneyinin yapılışı

3.4. Deney Sonuçları

Yapılan taze ve sertleşmiş beton deneylerinden elde edilen sonuçlar bu bölümde tablo ve grafiklerle anlatılmaya çalışılmıştır.

3.4.1. Taze Beton Deneyleri Sonuçları

Hazırlanan taze beton karışımlarının çökme-yayılma, T_{50} süresi, V hunisi akış süresi, 5dk gecikmeli V hunisi akış süresi ve L kutusu deneylerinin değerleri Tablo 3.9'da sunulmuştur.

Tablo 3.9 Taze Beton Deneyleri Sonuçları

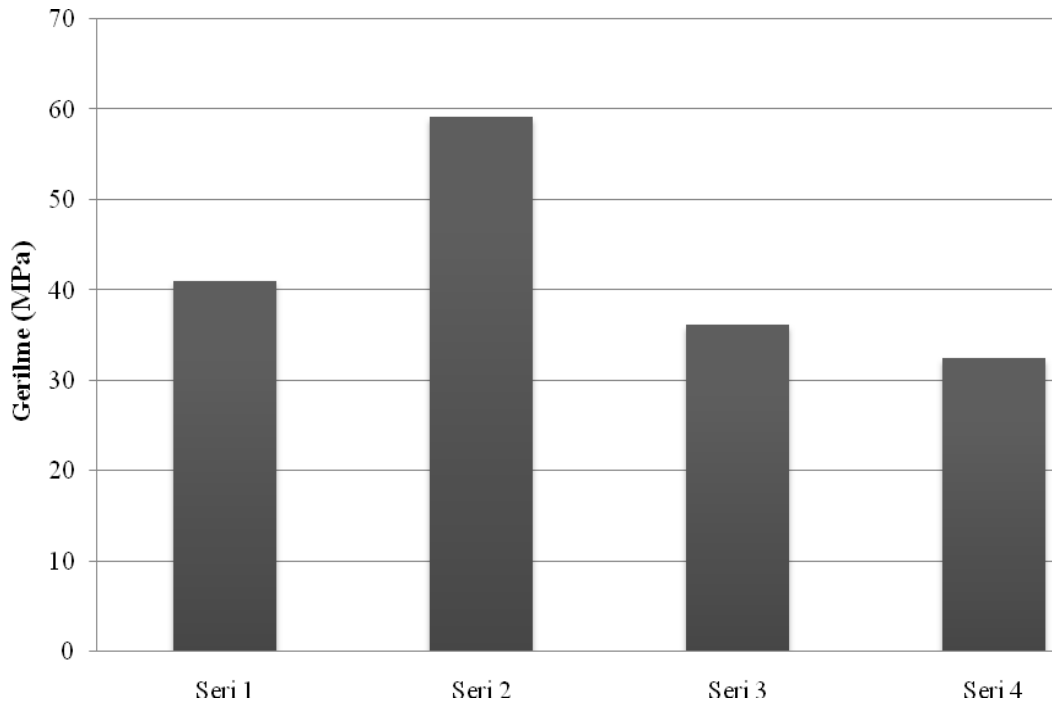
Deneyler	Birimler	Sınır Değerler	S1	S2	S3	S4
Çökme - Yayılma	cm	65 - 80	72	70	67	75
T_{50} Süresi	sn	2 - 5	2.24	2.35	2.5	2.12
V Hunisi	sn	6 - 12	8.92	8.42	7	6.37
5dk Gecikmeli V Hunisi	sn	0 - 3	2.88	2.78	2.9	0.84
L Kutusu (h1/h2)	-	0.8 - 1.0	0.90	0.89	0.80	0.91

3.4.2. Sertleşmiş Beton Deneyleri Sonuçlar

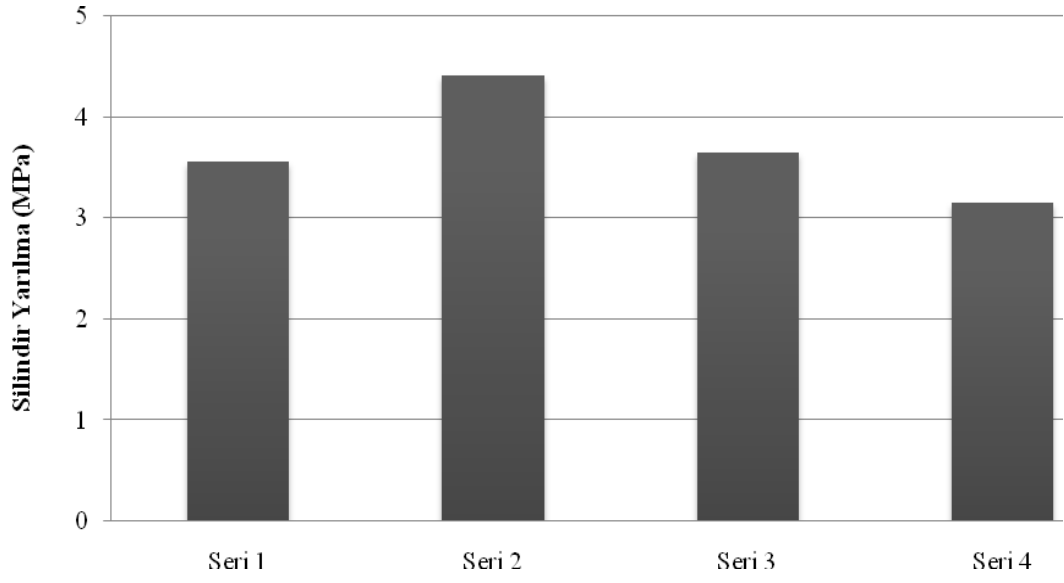
Dört seride oluşan sertleşmiş beton numunelerinin sonuçları tablo 3.10 da verilmiştir.

Tablo 3.10 Sertleşmiş KYB' nin mekanik özellikleri

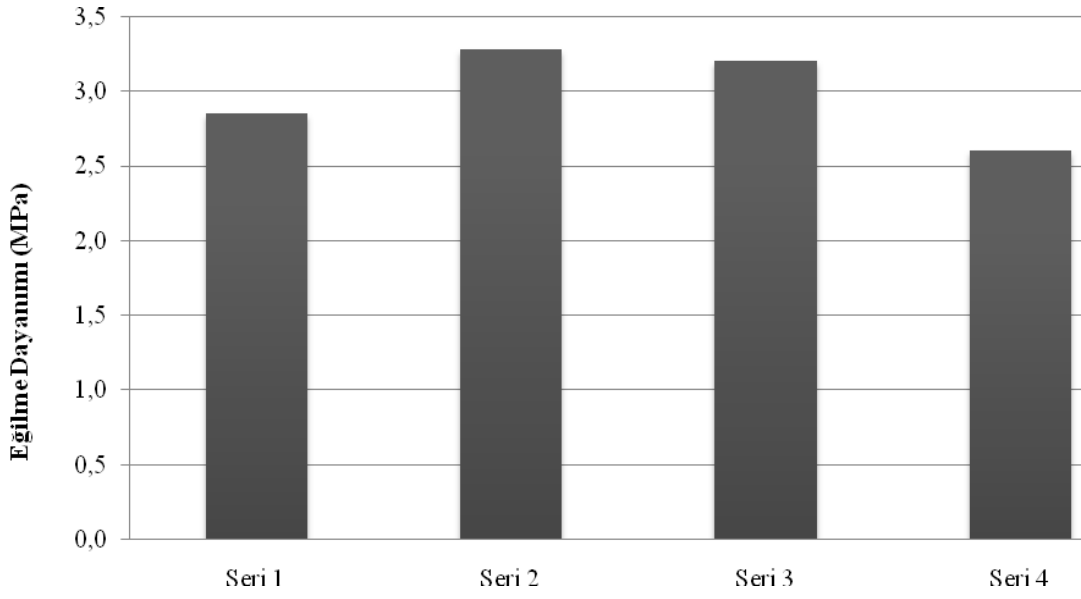
Deneyler	Basınç Dayanımı	Eğilme Dayanımı	Silindir Yarılma	Elastisite Modülü
Yükleme Hızı	6.80 kN/s	0.200 kN/s	0.94kN/s	0.472kN/s
Seri No	Kırılma Gerilmesi (MPa)	Kırılma Gerilmesi (MPa)	Kırılma Gerilmesi (Mpa)	(MPa)
Seri 1	41	2.85	3.56	50877
Seri 2	59	3.28	4.41	71472
Seri 3	36	3.20	3.64	50356
Seri 4	33	2.60	3.15	38837



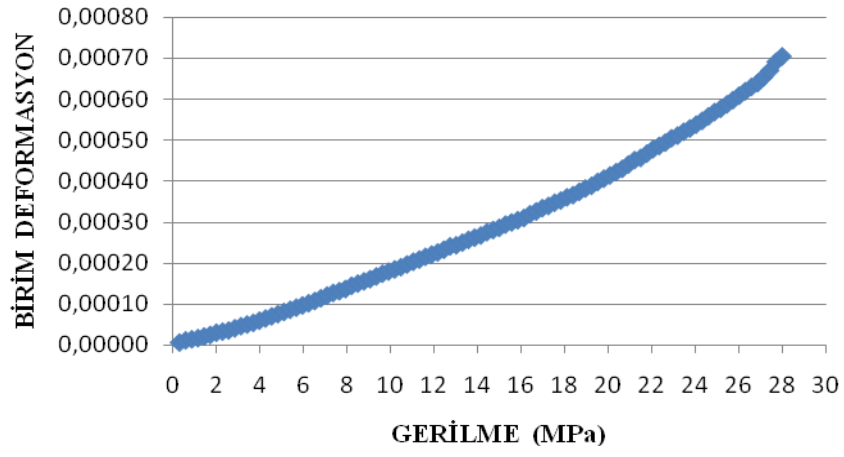
Şekil 3.5 KYB' nin basınç dayanımı sonuçları



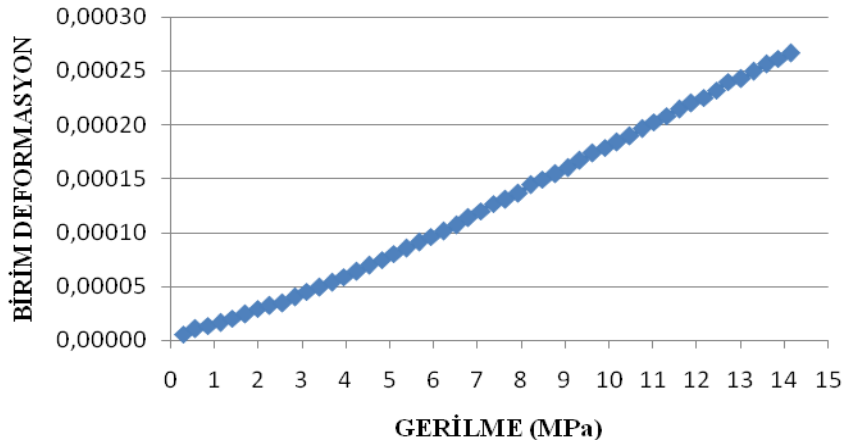
Şekil 3.6 KYB'nin silindir yarılma sonuçları



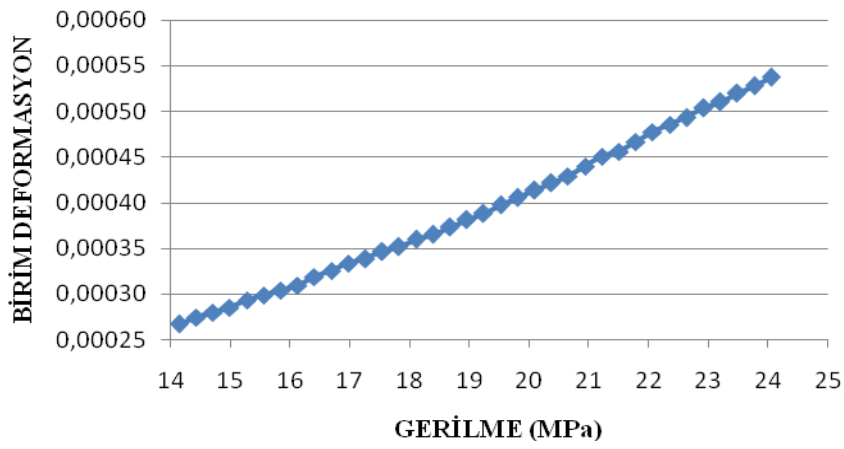
Şekil 3.7 KYB'nin eğilme dayanımı sonuçları



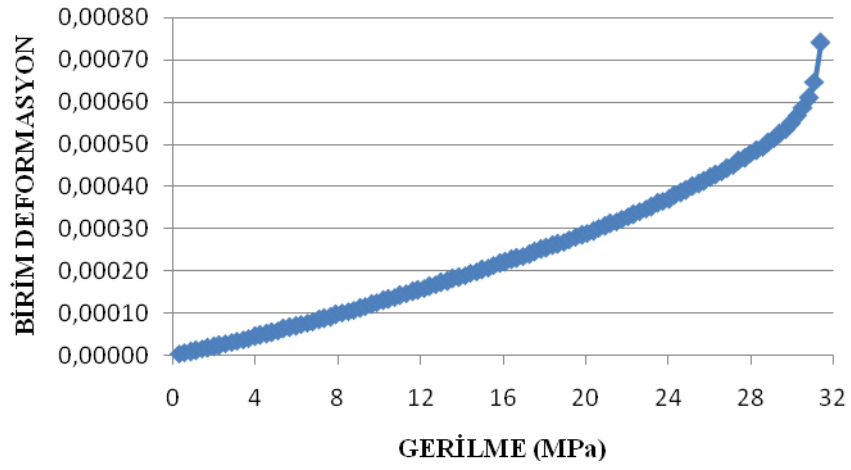
Şekil 3.8 Seri I gerilme deformasyon eğrisi



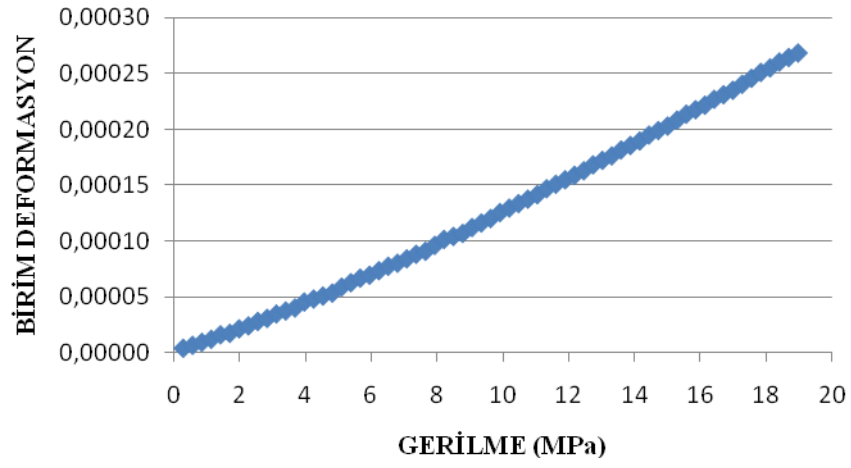
Şekil 3.9 Seri I gerilme deformasyon eğrisi (I. tur)



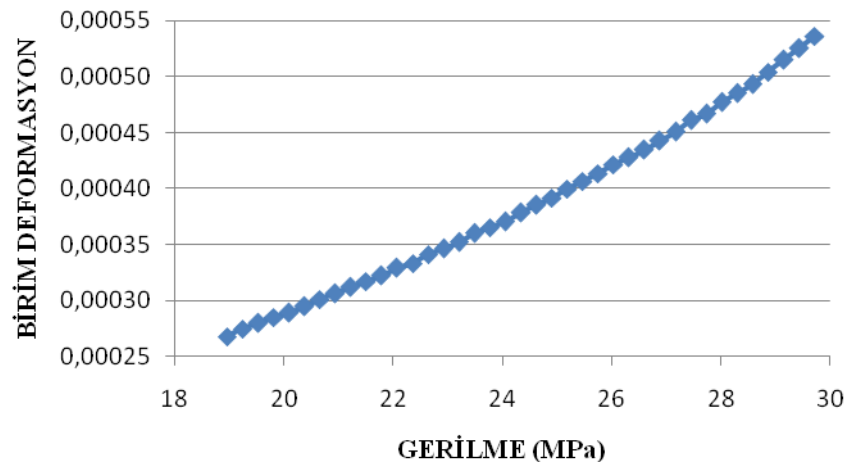
Şekil 3.10 Seri I gerilme deformasyon eğrisi (II. tur)



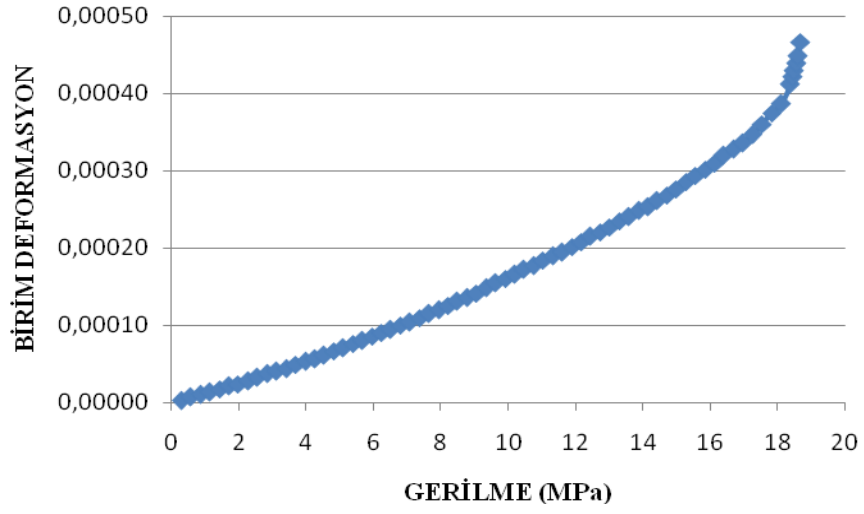
Şekil 3.11 Seri II gerilme deformasyon eğrisi



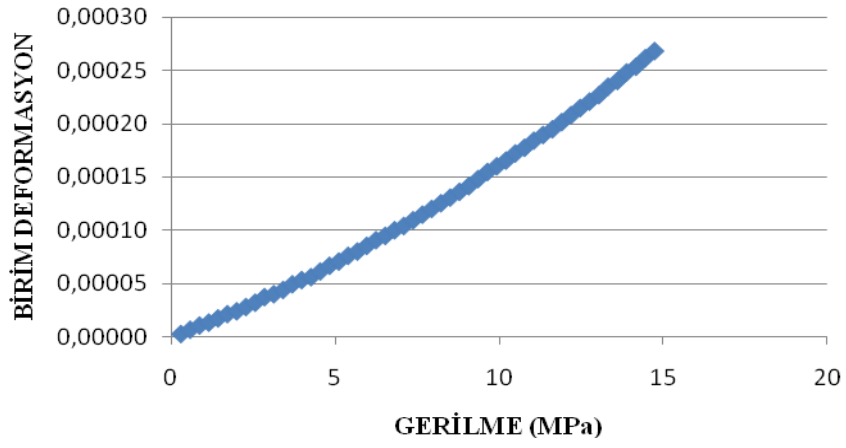
Şekil 3.12 Seri II gerilme deformasyon eğrisi (I. tur)



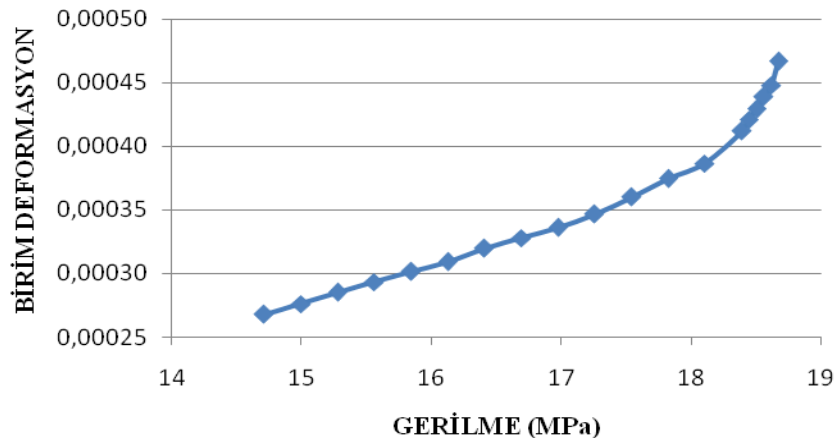
Şekil 3.13 Seri II gerilme deformasyon eğrisi (II. tur)



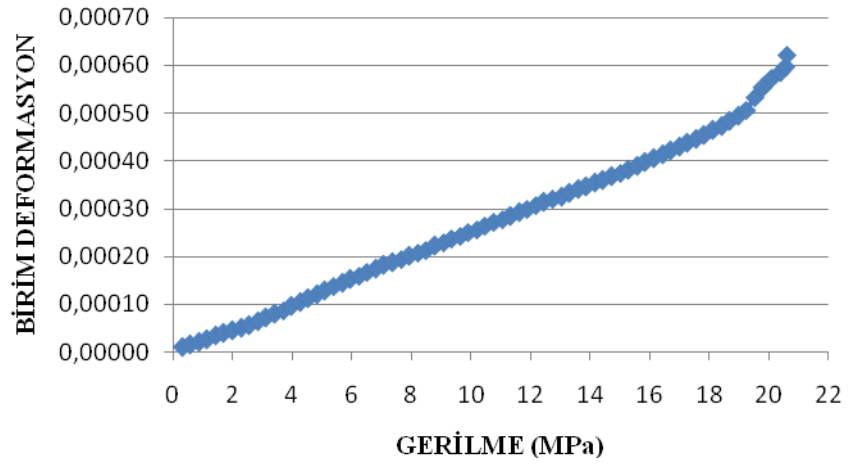
Şekil 3.14 Seri III gerilme deformasyon eğrisi



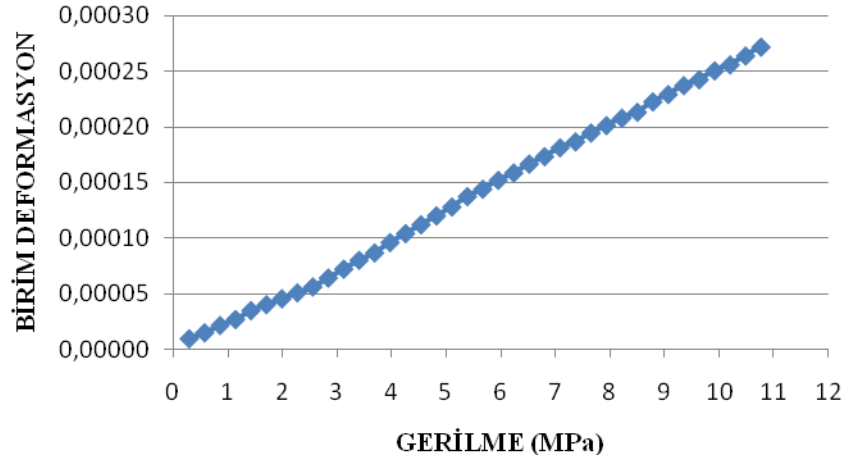
Şekil 3.15 Seri III gerilme deformasyon eğrisi (I. tur)



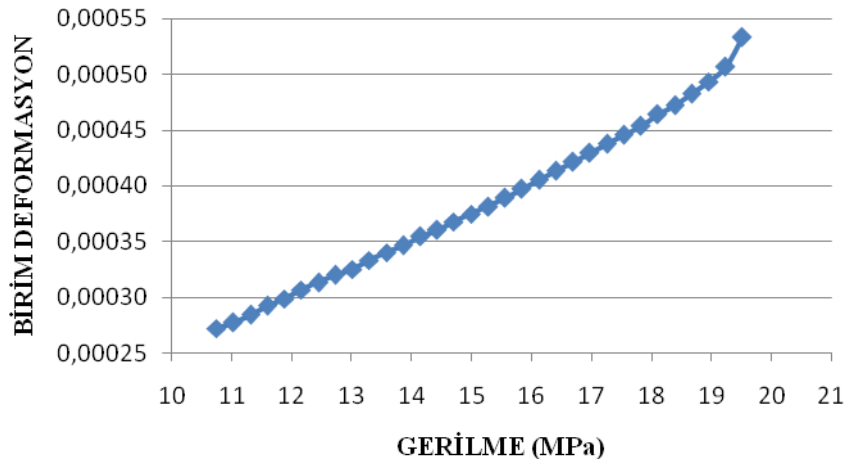
Şekil 3.16 Seri III gerilme deformasyon eğrisi (II. tur)



Şekil 3.17 Seri IV gerilme deformasyon eğrisi



Şekil 3.18 Seri IV gerilme deformasyon eğrisi (I. tur)



Şekil 3.19 Seri IV gerilme deformasyon eğrisi(II. tur)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

KYB'nin özelliklerini belirlemede yayılma deneyi tek başına yeterli olmayıp bir çok taze beton deneyi aynı anda yapılmalıdır. Akış özelliklerini kontrolünde yayılma ve V hunisi geçiş yeteneğinin belirlenmesinde ise L kutusu kullanılmalıdır. Çökme yayılma, T_{50} süresi, V hunisi, 5dk. gecikmeli V hunisi ve L kutusu deneyleri sırasıyla yapılmalıdır. Eğer baştaki deneyler uygun olup sonraki deneylerde değerin istenilen düzeyde olmaması durumunda karışıma giren malzemeler tekrar gözden geçirilerek aynı sırayla deneyler tekrarlanmalıdır.

Kendiliğinden Yerleşen betonun reolojik özellikleri belirlenirken, karışıma giren malzeme miktarları önemlidir. Su miktarının fazla olması durumunda ayrışmanın fazla olduğu, az olması durumunda yayılmanın istenilen kadar olmadığı görüldü. İnce madde miktarını optimum değerini iyi tespit etmek gerekmektedir. İnce maddeyi fazla kullandığımızda yayılmanın azaldığı görüldü, ayrıca yayılmayı artırmak içinde kimyasal katkı madde oranı önerilen aralıkta artırıldı. Sertleşmiş betonun mekaniksel özellikleri açısından bakıldığında, kırma taşın kullanıldığı seri III ve seri IV'ün dayanımları normal agreganın kullanıldığı seri I ve seri II'ye göre daha yüksek olması beklenirken, tam tersi olduğu görülmüştür. Bunu sebebi ise kırma taşın fiziksel özelliği itibariyle danelerin köşeli olması yayılmayı olumsuz yönde etkiledi. Bunu için ince madde ihtiyacı fazlaştı ve bunun neticesinde sertleşmiş haldeki beton dayanımını düşürdüğü görüldü.

Sonuç olarak, KYB için agrega tipinin betonun mekaniksel özelliklerine etkisinin olduğunu, KYB' de normal agreganın kırma taş nispette kullanılmasının daha uygun olacağı tespit edildi.

KAYNAKLAR

1. Rols, S., v.d., 1999, Effects of different viscosity agents on the properties of self leveling concrete, Cement Concrete Res., Vol. 29, 261-266
2. Khayat, K.H., Guizani Z., 1997, Use of viscosity modifying admixture to enhance stability of fluid concrete, ACI materials journal, july-august, 332-340.
3. Shindoh,T., Matsuoka,Y.,2003, Development of combination type self compacting concrete and evaluation test methods, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.1,No.1, 26-36
4. Ouchi, M., 1999, Self compacting concrete development, applications and investigations, nordic concrete research committee publications, 5p.
5. Felekoğlu, B.,2003,Kendiliğinden yerleşen betonun fiziksel ve mekanik zelliklerinin araŝtırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül niversitesi, 219s
6. Khurana, R., Topçu, O., 2000, Role of superplasticizers in the development of self compacting concrete, Second International Symposium on Cement and Concrete Tech. in the 2000s, Volume I, Istanbul, Turkey, 473-482.
7. Collepardi M., 2001, A very close precursor of self compacting concrete, unpublished data, 10p.
8. Hollingsworth, D., 2002, Design and use of self consolidating concrete, first north American conference on the design and use of self consolidating concrete, pp. 429-432.
9. Petersson, ., 1999, Brite euram project: rational production and improved working environment through using self compacting concrete final report: task 2, workability, Swedish cement and concrete research institute, 56p.
10. Jacobs, F., Hunkeler F., 1999,Design of self compacting concrete for durable concrete structures, proceedings of the first international RILEM symposium, 397-410.

11. Okamura, H., Ouchi M., 1999, Self compacting concrete development, present use and future, proceedings of the first international RILEM Symposium, Edited by A.Skarendahl and Ö. Petersson, 14p.
12. Dehn, F., 2002, High performance self compacting concretes for bridge construction, first north American conference on the design and use of self consolidating concrete, 438p.
13. Vachon, M., Daczko J., 2002, U.S. Regulatory work on scc, first north American conference on the design and use of self consolidating concrete, 423-428.
14. BIBM, CEMBUREAU, EFCA, EFNARC, ERMCO, 2005, The european guidelines for self compacting concrete specification, production and use,63p.
15. EFNARC, 2002, Specifications and guidelines for self compacting concrete, 32p.
16. Erdoğan,T.Y. 2003, Beton, ODTÜ geliştirme vakfı yayıncılık ve iletişim A.Ş.,741s.
17. Kadri, E.,vd., 2000, Influence of C3A on physic chemical and mechanical properties of high performance concretes, Second International Symposium on Cement and Conc. Tech. in the 2000s, Volume II, Istanbul, Turkey, pp. 31-39
18. Dowson, A.J., 2002, The application, self compacting concrete in precast products, BIBM / Istanbul (Turkey), 8p.
19. Sari, M., vd., 1999, High strength self compacting concrete original solutions associating organic and inorganic admixtures, Cement Concrete Res., Vol. 29, 813-818.
20. Sümer, M., Söyler, B., 2002, Yüksek dayanımlı beton üretiminde çimento ve süper akışkanlaştırıcı beton katkı maddelerinin etkinliği, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt.6,Sayı.3,15-20
21. Phyfferoen, A., vd., 2002, Evaluation of the biopolymer, diutan gum, for use in self compacting concrete, first north American conference on the design and use of self consolidating concrete, 147-152.

22. Khayat, K.H., Guizani, Z., 1997, Use of viscosity-modifying admixture to enhance stability of fluid concrete, ACI materials journal, july-august, 332-340.
23. Rols, S., vd., 1999, Effects of different viscosity agents on the properties of self-leveling concrete, Cement Concrete Res., Vol. 29, 261-266.
24. Sağlam, A.R., 2000, Süperakışkanlaştırıcı ve viskozite arttırıcı katkıların kendiliğinden yerleşen beton özelliklerine etkisi, Sika Teknik Bülten, 2000/4, 9-16.
25. Berke, N.S., vd., 2002, The effective use of superplasticizers and viscosity-modifying agents in self consolidating concrete, first north American conference on the design and use of self consolidating concrete, 173-178.
26. Perez, N., vd., 2002, Self compacting concrete, on the search and finding of an optimized design, first north American conference on the design and use of self consolidating concrete, 105-112
27. G.de Schutter, 2005, Guidelines for testing fresh self compacting concrete, 24p.
28. Kadri, E.H., vd., 2002, Study of the flow of self-compacting concretes, first north American conference on the design and use of self consolidating concrete, 259-266.
29. Bernabeu, M., 2000, Brite euram project: rational production and improved working environment through using self compacting concrete final report: task 8.3 production system for civil engineering, GTM Construction, 40p.
30. Ferraris, C.F., vd., 2000, Workability of self-compacting concrete, the economical solution for durable bridges and transportation structures, proceedings of international symposium on high performance concrete, Orlando, Florida, 398-407.
31. Khurana, R., Topçu, O., 2000, Role of superplasticizers in the development of self compacting concrete, second international symposium on cement and concrete tech. in the 2000s, volume I, Istanbul, Turkey, 473-482.

32. Türkel, S.,vd.,2004, “Aşırı dozda akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanımının taze ve sertleşmiş betonun bazı özellikleri üzerine etkileri”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt.6,Sayı.1,77-89
33. Yazıcı, Ş.,2002, “Değişik akışkanlaştırıcıların beton performansları”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt.4,Sayı.2, 41-52
34. Şahmaran, M.,vd.,2004, “Yeni nesil yüksek akışkanlaştırıcı katkı maddeleri ile yüksek hacimde uçucu kül içeren kendiliğinden yerleşen beton”, Beton ve kalite dergisi, 2004/223, 77-81
35. Yazıcı, Ş.,2003, “Süper akışkanlaştırıcıların betondaki bazı fiziksel ve mekaniksel özelliklere etkileri”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt.5,Sayı.1, 103-114

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Sivas'ın Hafik ilçesinde doğdum. İlk ve orta eğitimimi Malatya'nın Arapgir ilçesinde tamamladım. Lise eğitimimi Malatya Şehit Kemal Özalper Anadolu Teknik Lisesinde tamamladım. Lisans eğitimini ise 1999 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Öğretmenliği Bölümünde başlayarak 2003 yılında bitirdim. Şu anda Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Ana Bilim dalında yüksek lisans eğitimime devam etmekteyim.