



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



DONATI ÇAPI VE SIKLIĞININ
KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONUN
İŞLENEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Nasir Ahmad AHMADI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Nasir AHMAD AHMADI tarafından hazırlanan "Donatı çapı ve sıklığının kendiliğinden yerleşen betonun işlenebilirlik özelliklerine etkisi" adlı tez çalışması 26/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Dr.Öğr. Üye. Sadık Alper YILDIZEL

Danışman

Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN

Üye

Dr. Öğr. Üye. Arife AKIN

İmza


.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
LEE Müdürü

Bu tez çalışması Ege Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından 17MÜH031'nolu ve Konya Teknik Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından 18201102'nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Nasir AHMAD AHMADI

Tarih: 26/06/2019



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DONATI ÇAPI VE SIKLIĞININ KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONUN İŞLENEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Nasir AHMAD AHMADI

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN
Yrd.Danışman: Doç.Dr. Özge ANDIÇ ÇAKIR

2019, 56 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN
Dr. Öğr. Üye. Sadık Alper YILDIZEL
Dr. Öğr. Üye. Arife AKIN

Kendiliğinden yerleşen beton (KYB), kendi ağırlığı ile vibrasyon gerektirmeden istenen yere boşluksuz ve ayrışmaksızın yerleşen özel bir beton türüdür. Günümüzde KYB ve geleneksel betonun, sahip olduğu mühendislik özellikleri sayesinde dünya genelinde santraller, hava alanları, limanlar, binalar ve köprüler gibi insan hayatı için büyük öneme sahip olan yapıların inşasında kullanılan en önemli yapı malzemesidir. KYB'nin özelliklerini geliştirmek için her geçen gün yeni çalışmalar ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada donatı çapı ve sıklığının kendiliğinden yerleşen betonun işlenebilirlik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla 15 mm ve 22.4 mm olmak üzere iki farklı maksimum agrega dane çapında KYB karışımları hazırlanmıştır. Tez çalışması kapsamında farklı donatı çapı ve sıklığına imkân sağlayacak bir fonksiyonel geçiş kalıbı tasarlanmıştır. Bu çalışmada, hazırlanan KYB karışımlarının çökme yayılması, göreceli viskoziteleri (T_{500}), görsel stabilite indeksleri (VSI), J-halkası yayılması ve kolon segregasyonları belirlenmiştir. Çeşitli donatı çapı ve donatı sıklığı durumuna göre KYB karışımlarının geçiş özellikleri ve segregasyon durumları araştırılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen veriler incelendiğinde, donatı çapının büyümesi ile karışımların geçiş kabiliyetinin ve ayrışma direncinin azaldığı görülmektedir. En büyük agrega tane çapı 15 mm olan karışımda bloklaşma oluşmadığı görülürken, maksimum tane boyutu 22.4 mm olan karışımda önemli oranda bloklaşma oluştuğu görülmüştür. KYB'nin dikdörtgen kesitli kalıplara döküldükten sonra kalıbın farklı bölgelerinde iri agrega dağılımını ve segregasyon oranlarını incelemek için geliştirilen fonksiyonel geçiş kalıp alternatif bir yöntem olarak kullanabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Donatı çapı, İşlenebilirlik özelliği, Kendiliğinden yerleşen beton, Segregasyon direnci,

ABSTRACT

MSc THESIS

EFFECT OF REBAR DIAMETER AND SPACING ON WORKABILITY OF SELF-CONSOLIDATING CONCRETE

Nasir AHMAD AHMADI

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

**Advisor: Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN
Co. Advisor: Assoc. Prof. Dr. Özge ANDIÇ ÇAKIR**

2019, 56 Pages

Jury

**Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN
Assist. Prof. Dr. Sadık Alper YILDIZEL
Assist. Prof. Dr. Arife AKIN**

Self-consolidating concrete (SCC) is able to flow under its own weight and fills the formwork without any external vibration. Nowadays, concrete is the most important building material used in the construction of structures with great preservation for human life such as power plants, airports, buildings and bridges. New researches are emerging every day to improve concrete properties.

In this study, the effect of rebar diameter on the workability properties of self-consolidating concrete was investigated. For this purpose, self-consolidating concrete mixtures of two different maximum aggregate grain sizes, 15 mm and 22.4 mm, were prepared. Within the scope of the thesis, a functional formwork was designed to provide using of different rebar diameters and locations. In this study, slump flow, T_{500} time, Visual stability index (VSI), J-ring and column segregation tests were carried out on the self-consolidating concrete mixtures. According to various rebar diameter and location, the passing properties and segregation of SCC were investigated. As a result of the study, it was found that the passing ability and segregation resistance of the SCC mixtures decrease with the increase of rebar diameter. The mixture with maximum aggregate size of 15 mm was observed to be free of blockage, while the mixture with maximum aggregate size of 22.4 mm was observed to show significant blockage. It is concluded that developed functional formwork can be used as an alternative method to determine the distribution of coarse aggregate and segregation ratio in different regions of the rectangular formwork after pouring SCC.

Keywords: Rebar diameter, Self-Consolidating Concrete, Segregation stability, Workability properties

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren, değerli katkılarını ve desteklerini benden esirgemeyen tez danışmanım, Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN'e, çalışmama büyük katkıları olan ve çok disiplinli bu çalışmamda bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren yardımcı danışmanım Doç. Dr. Özge ANDIÇ ÇAKIR'a şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışma süresince bana her türlü yardımı esirgemeyen Öğr.Gör.H. Süleyman GÖKÇE'ye ve laboratuvar çalışmalarımda büyük yardımları olan Hojrat HOSSEINNEZHAD'a çok teşekkür ederim. Çalışmam boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen ve her daim yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Nasir AHMAD AHMADI
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. KYB'nin Taze Haldeki Özellikleri	3
1.1.1. Doldurma Kabiliyeti	4
1.1.2. Geçiş Kabiliyeti	5
1.1.3. Ayırma Direnci.....	5
1.2. Taze KYB Özelliklerinin Belirlenmesi için Deney Yöntemleri	6
1.2.1. Serbest Yayılma Deneyi	7
1.2.2. V-Hunisi Deneyi	8
1.2.3. L-Kutusu Deneyi.....	9
1.2.4. J-Halkası Deneyi.....	10
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri	21
3.1.1. Çimento.....	21
3.1.2. Agrega.....	22
3.1.3. Su	25
3.1.4. Uçucu Kül (UK).....	25
3.1.5. Kimyasal Akışkanlaştırıcı.....	26
3.2. Taze Beton Deneyleri.....	26
3.2.1. Serbest Yayılma Deneyi	27
3.2.2. J – Halkası Deneyi	30
3.2.3. Kolon Segregasyon Deneyi	31
3.2.4. Fonksiyonel Geçiş Kalıbı.....	32
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	36
4.1. Serbest Yayılma Deney Sonuçları	36
4.2. J-Halkası Yayılması Ve Kolon Segregasyon Deney Sonuçları	36
4.3. Fonksiyonel Geçiş Kalıbın Deney Sonuçları	37

4.4. Basınç Dayanımı Deney Sonuçları	41
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	44
5.1. Sonuçlar.....	44
5.2. Öneriler	44
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ	48



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. KYB ve geleneksel beton karışımların karşılaştırması	3
Şekil 1.2. KYB'nin fonksiyonel gereksinimleri	4
Şekil 1.3. Kaba ve ince agrega taneciklerin çimento hamuru ile kaplanması	4
Şekil 1.4. KYB'nin şematik olarak bloklaşması (RILEM TC 174 SCC, 2000)	5
Şekil 1.5. Serbest yayılma deney düzeneği (Al-Rubaye, 2016)	8
Şekil 1.6. V-Hunisi deney aparatı.....	9
Şekil 1.7. L-Kutusu deney düzeneği (Reknes ve ark., 2003).....	10
Şekil 1.8. J-halkası deney düzeneği (Al-Rubaye, 2016).....	10
Şekil 2.1. Değiştirilmiş L-kutusu düzeneği	11
Şekil 2.2. Rols ve arkadaşları kullandığı aparatın boyutları	13
Şekil 2.3. Kolon segregasyon deney aparatı (Sonebi, 2004)	13
Şekil 2.4. Dinamik segregasyon deney aparatı (Alami, 2014)	14
Şekil 2.5. Akış oluğunun aparatı (Shen ve diğ., 2009)	15
Şekil 2.6. Safawi ve arkadaşları geliştirdikleri yöntem	16
Şekil 2.7. 3 bölmeli eleğin yerleştirilmesi (a) merkez noktası etrafında döndürmesi (b) ..	17
Şekil 2.8. Betonun ıslak elenmesi (a) kaba agrega dağılımı (b)	17
Şekil 2.9. T-kutusunun teknik detayları (Esmailkhanian ve ark., 2014).....	19
Şekil 2.10. Kolonlar ve donatı örnekleri (Yousif, 2018).....	20
Şekil 3.1. D ₁₅ numunesi için agrega karışımın granülometri eğrileri.....	24
Şekil 3. 2. D _{22.4} numunesi için agrega karışımın granülometri eğrileri	24
Şekil 3.3. Fonksiyonel geçiş kalıbı ve akış konisi	27
Şekil 3.4. Yayılma konisi ve yayılma tablası.....	28
Şekil 3.5. Serbest yayılma deneyi.....	28
Şekil 3.6. J-halkası aparatı	30
Şekil 3.7. J-halkası deneyi	31
Şekil 3.8. Düşey prizmatik kolon kalıbı	31
Şekil 3.9. Kolon segregasyon deneyinin uygulama detayları	32
Şekil 3.10. Modifiye akış konisi detayları	33
Şekil 3.11. Fonksiyonel geçiş kalıbın teknik detayları	33
Şekil 3.12. Fonksiyonel geçiş kalıbın uygulama detayları	34
Şekil 3.13. Basınç dayanımı deney aleti	35
Şekil 4.1. D ₁₅ karışımın donatı parametreleri ile SO ilişkisi.....	39
Şekil 4.2. D _{22.4} karışımın donatı parametreleri ile SO ilişkisi	40
Şekil 4.3. D ₁₅ karışımı için donatı parametrelerin kalıp içindeki yayılma mesafesi ile ilişkisi.....	40
Şekil 4.4. D _{22.4} karışımı için donatı parametrelerin kalıp içindeki yayılma mesafesi ile ilişkisi.....	41
Şekil 4.5. D ₁₅ karışımı için donatı parametreleri ile basınç dayanımların ilişkisi	43
Şekil 4.6. D _{22.4} karışımı için donatı parametreleri ile basınç dayanımların ilişkis	43

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. KYB'nin Performansını belirleyen deney yöntemleri ve sınır değerleri (EFNARC, 2005)	7
Tablo 3.1. Karışım detayları.....	21
Tablo 3.2. Kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri.....	22
Tablo 3.3. Kullanılan çimentonun fiziksel özellikleri	22
Tablo 3.4. Kullanılan agregaların fiziksel özellikleri	23
Tablo 3.5. Kullanılan agregaların elek analizi.....	23
Tablo 3.6. Kullanılan uçucu külün fiziksel özellikleri.....	25
Tablo 3.7. Kullanılan uçucu külün kimyasal özellikleri	26
Tablo 3.8. Master Glenium SKY 608 katkısının fiziksel ve kimyasal özellikleri	26
Tablo 3.9. KYB'nin serbest yayılma çaplarına göre sınıflandırması (EFNARC, 2005)	29
Tablo 3.10. KYB'nin T ₅₀₀ sürelerine göre sınıflandırması (EFNARC, 2005)	29
Tablo 3.11. Görsel stabilite indeksi (VSI) değerleri (ASTM C 1611, 2014)	29
Tablo 3.12. Bloklama sınır değerleri (ASTM C 1621' 2014).....	30
Tablo 4.1. Serbest yayılma, T ₅₀₀ süresi ve VSI sonuçları.....	36
Tablo 4.2. J-halkası yayılması ve kolon segregasyon sonuçları	36
Tablo 4.3. KYB karışımların segregasyon oranları	37
Tablo 4.4. KYB karışımların geçiş parametreleri.....	38
Tablo 4.5. KYB karışımların basınç dayanımları	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

DSR	: Dinamik segregasyon oranı
DSI	: Dinamik segregasyon indeksi
SK	: Kolon segregasyon katsayısı, %
SO	: Segregasyon oranı, %
n	: Katman sayısı
x1	: İlk karışım hazırlandığı andaki 5 mm üzeri agregâ içerikleri
x2	: Uç kısımdan alınacak beton örneğinin 5 mm üzeri agregâ içerikleri
xi	: Her bir katmandaki 5 mm üzeri agregânın doygun kuru yüzey ağırlığı, g
xo	: Kalıbın katmanlarındaki iri agregâ kütlelerinin aritmetik ortalaması, g

Kısaltmalar

ASTM	: American Society For Testing and Materials
D15	: Maksimum dane boyutu 15 mm
D22.4	: Maksimum dane boyutu 22.4 mm
EFNARC	: European Federations of National Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products for Concrete
EN	: Avrupa Standartları
KYB	: Kendiliğinden Yerleşen Beton
SCC	: Self-Consolidating Concrete
SF	: Serbest Yayılma Çapı
SFj	: J-Halkası Yayılması
TS	: Türk Standartları
T ₅₀₀	: 50 cm Çapa Yayılma Süresi
UK	: Uçucu Kül
VSI	: Görsel Stabilite İndeksi
VS	: Viskozite Sınıfı

1. GİRİŞ

Beton; su, çimento, agrega, gerekli olduğunda uygun oranlarda kimyasal ve mineral katkının karışımı ile elde edilmektedir. Günümüzde beton, inşaat sektöründe birçok farklı alanda kullanılan en yaygın yapı malzemesi olarak bilinmektedir. Sürekli özellikleri geliştirilmekte olan betonun, kullanım alanları her geçen gün artmakta olup yeni üretim süreçleri ve yeni uygulama konuları ile karşımıza çıkmaktadır. Geçmişte sadece su, agrega ve çimentodan oluşan beton, bünyesine kimyasal ve mineral katkıların eklenmesiyle olumlu özellikler kazanmıştır. Günümüzde kimyasal ve mineral katkı içermeyen beton üretimi pek tercih edilmeyen bir duruma gelmiştir (Felekoğlu ve ark., 2004).

İnşaat ve beton sektörünün ihtiyaçları doğrultusunda kimya ve malzeme bilimindeki gelişmelere paralel olarak farklı beton katkıları üretilmiştir. Beton katkı maddeleri, taze veya sertleşmiş betonun bazı özelliklerini değiştirmek veya betona özel nitelikler kazandırmak amacıyla karıştırma işleminden önce veya karıştırma işlemi sırasında çimento miktarını baz alarak belli oranlarda ilave edilen organik veya inorganik kökenli maddelerdir. Beton katkı maddeleri kullanım amacına göre mineral ve kimyasal olarak iki gruba ayrılmaktadır. Kimyasal katkılar betonun akışkanlığının artırılması, yüksek dayanıma ulaşması, hava sürükleyici, sertleşmeyi hızlandırması, geçirimsizliğinin artırılması ve priz sürelerini değiştirmesi gibi birçok farklı amaç için kullanılmaktadır (Artık, 2009).

Diğer alanlarda olduğu gibi 1980'li yılların ortalarından itibaren kimya sektörünün gelişmesi ve kapsamlı çalışmaların yapılması, çok etkili akışkanlaştırıcıların keşfine yol açmıştır. Önemli ölçüde su azaltma özelliğine sahip olması ile birlikte bu akışkanlaştırıcılar taze betonun dayanımı ve işlenebilirliğini arttırmakta olup kolay yerleşimini sağlamaktadır. Kimyasal akışkanlaştırıcıların sağladığı bu etki bilim adamlarını taze betonun yerleştirilmesi sırasında uygulanan sıkıştırma işlemini ortadan kaldırması ve beton teknolojisini yeni boyutlara taşıması için araştırma yapmaya yöneltmiştir. Böylece, yüksek performanslı beton gurubunda yer alan kendiliğinden yerleşen beton (KYB) kavramı ortaya çıkmıştır (Bakırcı, 2011).

KYB, vibrasyon ile sıkıştırma işlemi gerektirmeksizin istenilen yere kendi ağırlığı ile homojen ve boşluksuz bir şekilde yerleşebilme özelliğine sahip, işlenebilirliği yüksek yenilikçi bir beton türüdür.

Betonun kalitesini etkileyen birçok önemli faktörden birisi, betonun döküm sırasında kurallara uygun şekilde vibrasyon ile sıkıştırılması ve istenilen kalıba homojen bir şekilde yerleştirilmesidir. Japonya'da 1980'li yılların başında betonarme yapıların dayanıklılık problemleri ile ilgili araştırmalar yapılmış ve bu problemlerin önemli nedenlerinden birinin, döküm sırasında taze betona yeterli sıkıştırma işleminin uygulanamamasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Şantiyelerde vibrasyon işlemini gerçekleştirmek için gerekli kalifiye elemanların bulunmaması, taze betonun homojenliğini korumamasına yol açarak sertleşmiş betonun özelliklerini olumsuz etkilemektedir (Bakırcı, 2011).

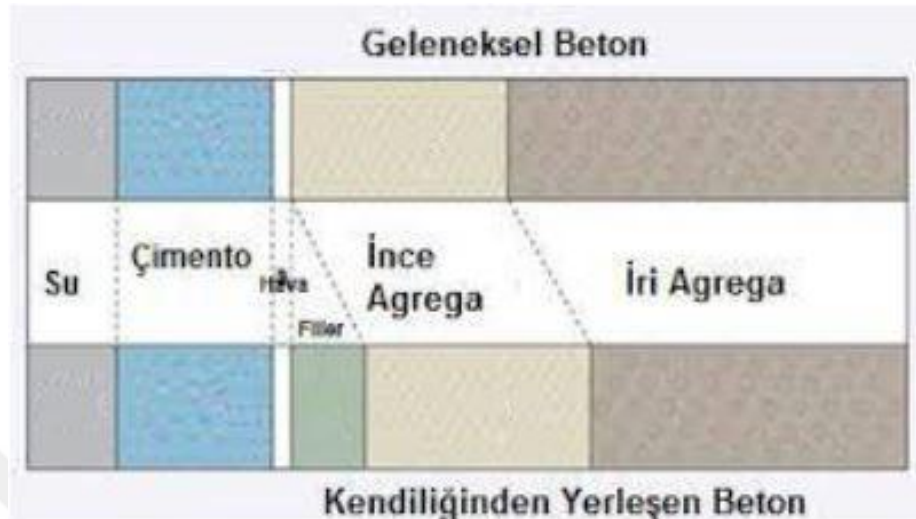
Beton teknolojisinde kendiliğinden yerleşebilirlik kavramı 1986 yılında Tokyo Üniversitesinde Okamura tarafından ortaya atılmıştır. Yapılan araştırmalar sonrasında ilk olarak 1988 yılında Japonya'da Tokyo Üniversitesi'nde ve daha sonra 1990'lı yıllarda Avrupa ülkelerinde araştırmacılar tarafından yüksek performanslı olarak bilinen KYB geliştirilmiştir. Taze betonun kalıba yerleştirilmesi için yeterli kalifiye eleman bulunmaması, yoğun donatılı dar kesitlerde taze betonun homojenliğini korumak ve kaliteyi artırarak dayanıklı betonarme yapılar elde etmek için KYB bir çözüm olarak geliştirilmiştir. Ayrıca, geleneksel betona göre ekonomik olduğu ve çevresel faydalar sağladığı bulunmuştur (Ouchi ve ark., 2003). Japonya'da, kendiliğinden yerleşen betonun ihtiyacı artıran en önemli nedenler:

- Dar kesitli ve donatı çubukları yoğun olarak düzenlenmiş yapı elemanlarında vibratör kullanımının zorluğu,
- Vibratör işleminden kaynaklanan ve günümüz çevre sorunlarının önemli bir konusu olan gürültü kirliliğinin insan sağlığına zarar vermesi ve inşaat işçileri üzerinde olumsuz etkiler bırakılması,
- Uzak bölgelerde kurulan şantiyelerde sıkıştırma işlemini yerini getirmek için yeterli kalifiye eleman bulunmaması, olduğu belirlenmiştir (Ouchi ve ark., 2003).

Bu nedenler dikkate alındığında KYB'nin avantajları, sıkıştırma işlemine gerek duyulmaması, düşük işçilik, inşaat sürecini hızlandırması, yüksek akışkanlığa sahip olduğu için daha uzun mesafelere pompalanabilirliği ve çevre dostu olması olarak tanımlanmaktadır (Alami, 2014).

KYB karışımlarının geleneksel betondan farkı, bağlayıcı miktarını artırması, su ve çimento oranını azaltması, ince agrega miktarını artırması, kaba agrega miktarını

azaltması ve betona kendiliğinden yerleşebilirlik özelliği kazandıran kimyasal akışkanlaştırıcıların kullanılması şeklinde özetlenebilir. Şekil 1.1’de, KYB ve geleneksel betonun karışım oranlarının karşılaştırması gösterilmiştir.

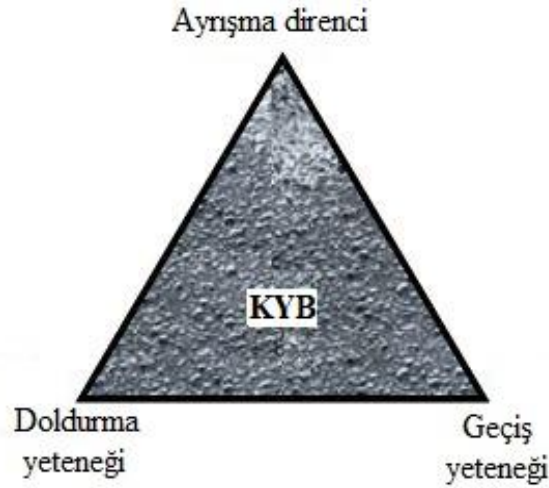


Şekil 1.1. KYB ve geleneksel beton karışımların karşılaştırması (Okamura ve ark, 2003)

KYB'yi farklı yapan bir diğer sebep de, karışım oranı ve malzeme özelliklerinden dolayı hava kabarcıklarının herhangi bir titreşim ve sıkıştırma olmadan yüzeye göçmesidir. Ayrıca, yüksek akışkanlık ve orta viskozite arasındaki denge sayesinde, donatı çubukları ile yumuşak geçiş kabiliyeti ve kalıpların tümünü herhangi bir ayrışma olmadan etkileyici doldurma yeteneğine sahip karmaşık şekillere ve yoğun donatılı dar yapı elemanlarında kendiliğinden yerleşmesidir (Al-Rubaye, 2016).

1.1. KYB'nin Taze Haldeki Özellikleri

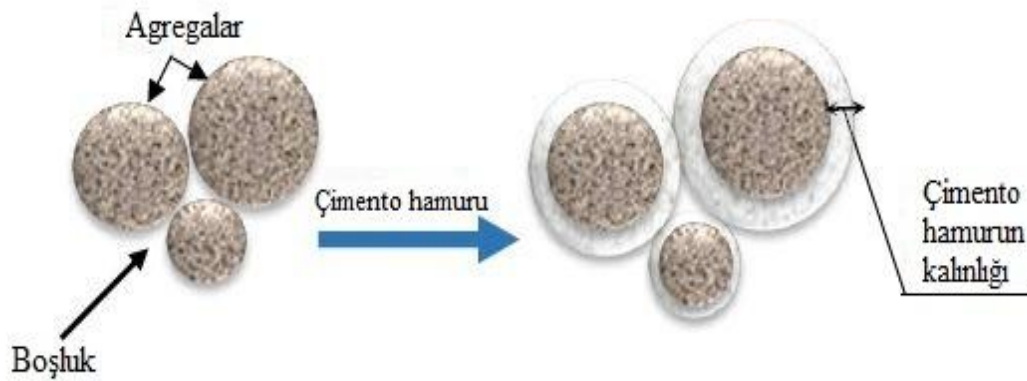
KYB karışımların hazırlanmasında öncelik taze durumdaki özelliklerin sağlanması ve bu özelliklerin taşıma ve yerleştirme sırasında korunmasıdır. Bu özellikler doğru bir şekilde sağlandığında, sertleşmiş haldeki KYB'nin dayanım ve durabilite gibi özellikleri de geliştirilir (EFNARC, 2005). Başarılı bir KYB karışımı elde edebilmek için taze betonun ihtiyaç duyduğu üç temel gereksinim, doldurma kabiliyeti, geçiş kabiliyeti ve ayrışma direncinin yerine getirilmesi gerekmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. KYB'nin fonksiyonel gereksinimleri (Dhaheer, 2016)

1.1.1. Doldurma Kabiliyeti

Doldurma kabiliyeti, KYB'nin kendi ağırlığı altında şekil değiştirebilme veya deforme olma yeteneğini yansıtır taze haldeki karışımın homojenliğini koruyarak tüm kalıbı yatay ve dikey olarak tamamen doldurmasıdır (Khayat, 1999). Deformasyonun hızı, karışımın belli bir mesafeye ulaşabilmesi için geçen süre olarak tanımlanmaktadır. KYB'nin doldurma kabiliyeti, agregaların yüzey alanını kaplayacak yeterli çimento hamuru sağlanarak kaba agrega ve ince agrega tanecikleri arasındaki sürtünmenin azaltılmasıyla artırılabilir (Tangtermsirikul ve ark., 2000). Agregaların çimento hamuru ile kaplanması Şekil 1.3'te gösterilmiştir.



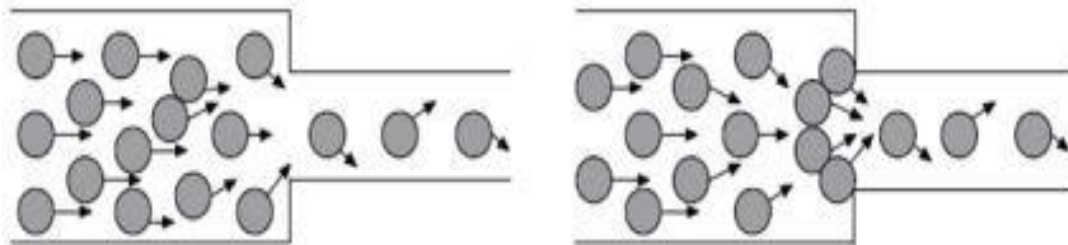
Şekil 1.3. Kaba ve ince agrega taneciklerinin çimento hamuru ile kaplanması (Deeb, 2013)

Karışımdaki iri agrega ve kum oranı KYB'nin kendiliğinden yerleşebilirliğini etki eden en önemli parametredir. İri agrega / kum oranının azaltılması ile içsel sürtünme katsayısı da düşürülmektedir (Yahia ve ark., 1999). İri agrega miktarının geleneksel betona göre azaltılması ve kum miktarının artırılması KYB'nin geçiş kabiliyetini de artırmaktadır (Bouzoubaa ve ark., 2001). İri agrega miktarının yüksek oranda azalması basınç dayanımının azalmasına yol açmaktadır (Jianxiong ve ark., 1999).

1.1.2. Geçiş Kabiliyeti

Geçiş kabiliyeti, taze haldeki KYB bileşenlerinin bloke olmadan veya ayrışmaksızın yoğun olarak bulunan donatı çubukları arasından geçebilme yeteneğini ifade etmektedir. Bloklaşma, agrega tanecikleri ile donatı çubukları arasındaki etkileşimin sonucudur.

KYB karışımının döküm sırasında kalıbın dar kısmına yaklaştığı zaman çimento harcı ve kaba agreganın farklı akma hızları, kaba agrega taneciklerinin toplanarak bloklaşmasına yol açmaktadır (Noguchi ve ark., 1999). Küçük açıklıklarda bazı agregalar, Şekil 1.4'te gösterildiği gibi köprü veya yay gibi bir şekil oluşturarak betonun geri kalanının bloklaşmasına sebep olmaktadır.



Şekil 1.4. KYB bloklaşmasının şematik gösterimi (RILEM TC 174 SCC, 2000)

Bloklaşma esas olarak agreganın boyutuna, şekline ve karışımdaki içeriğine bağlı olmakla birlikte kullanılan çimento hamurunun hacmi de bloklaşmanın önemli bir faktörüdür (Okamura, 1997; Billberg ve ark., 2004).

1.1.3. Ayrışma Direnci

Ayrışma direnci, betonun taze haldeyken taşıma ve yerleştirme sırasında homojenliğini koruması olarak ifade edilmektedir. Ayrışma, betonun durağan ya da akış

halindeyken su ile diğerkatı tanecikler veya çimento hamuru ile kaba agregaların ayrılması ile meydana gelmektedir (RILEM TC 174 SCC, 2000).

KYB karışımları, yerleştirme sırasında ve yerleştirmeden sonra ancak sertleşmeden önce ayrışmaya uğramaktadır. Genel olarak KYB uygulamalarında statik ve dinamik olmak üzere iki farklı tür ayrışma veya segregasyon meydana gelir (Shen ve ark., 2009). Statik segregasyon, beton yerleştikten sonra durağan haldeyken yerçekimi etkisiyle dikey yönde kaba agregaların ayrılmasıdır. Dinamik segregasyon ise, beton yerleştirme sırasında akış halindeyken yatay yönde karışım bileşenlerinin ayrılmasıdır (Esmailkhanian ve ark., 2014). Yeterli ayrışma direnci sağlanmadığı durumda betonun donatıları sarması da yetersiz kalmaktadır, ayrıca karışım homojenliğini kaybederek sertleşmiş betonun kalite ve dayanımının azalmasına yol açmaktadır (Bui ve ark., 2002; Mouret ve ark., 2008).

KYB'nin ayrışması, çimento ile birlikte silis dumanı ve uçucu kül gibi katkıları kullanarak karışıma giren ince maddelerin içeriğinin artırılması, kaba agrega içeriğinin azaltılması ve viskozite artırıcı katkıların eklenmesi ile önemli ölçüde önlenmektedir (Shen, 2007).

Kendiliğinden yerleşen betonun segregasyon durumlarını incelemek için farklı deney yöntemleri kullanılmaktadır. Genel olarak tüm yöntemlerde iri agrega dağılımı baz alınmıştır (El-Chabib ve ark., 2006; Mesbah ve ark., 2011). Karışımların statik veya dinamik segregasyon direncini kapsamlı bir şekilde incelemek için doğru ve güvenilir deney yöntemlerinin seçilmesi gerekmektedir (Shen ve ark., 2009; Khayat ve ark., 2004).

1.2. Taze KYB Özelliklerinin Belirlenmesi için Deney Yöntemleri

Laboratuvar ortamında KYB için belirlenen deneyler taze haldeki karışımın akışkanlığını, ayrışma direncini ve yerleşmesini incelemek için yapılmaktadır. Geleneksel beton için kullanılan işlenebilirlik deneyler KYB için yetersiz kalmaktadır. Beton karışımının KYB olarak sınıflandırılabilmesi için, doldurma kabiliyeti, geçiş kabiliyeti ve ayrışma direnci gibi özellikler için belirtilen şartları yerine getirilmesi gerekmektedir. KYB'nin taze hal performansını belirleyen deney metodları, özellikleri, alt ve üst sınır değerleri Tablo 1.1'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. KYB'nin Performansını belirleyen deney yöntemleri ve sınır değerleri (EFNARC, 2005)

No	Deney Yöntemi	Birim	Sınır Değerleri
1	Yayılma Tablası	mm	600 - 800
2	V-Hunisi	s	6 - 12
3	L-Kutusu	-	0.8 - 1
4	U-Kutusu	mm	0 - 30
5	J-Halkası	mm	0 - 10

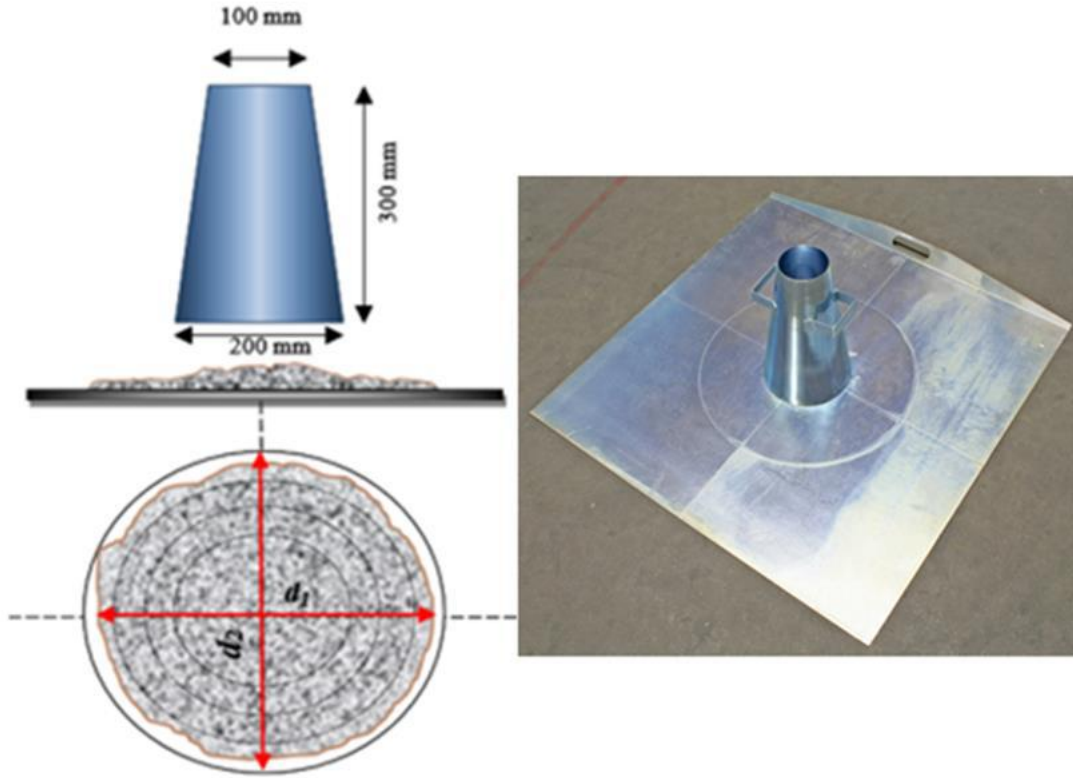
Taze haldeki KYB'nin performansını veya işlenebilirlik özelliklerini belirlemek için kullanılan deney yöntemleri aşağıda özetlenmiştir.

1.2.1 Serbest Yayılma Deneyi

Taze haldeki KYB'nin deformasyon kapasitesini ve akışkanlığını değerlendirmek için kullanılan en yaygın deney yöntemidir. Bu deneyde numunenin herhangi bir engel olmadan yayılma tablasında kendi ağırlığı ile yayılarak oluşturacağı çapın ölçülmesi prensibine dayanmaktadır (Şekil 1.5).

Deneyde yüksekliği 30 cm, üst çapı 10 cm ve alt çapı 20 cm olan çökme hunisi, boyutları 80x80 cm yayılma tablasının merkezine yerleştirilir. Tabla merkezine yerleştiren çökme hunisine taze beton ile sıkıştırmadan doldurulur ve daha sonra yayılmasını gözlemlemek için çökme hunisi yukarı çekilir. Önce, yayılma çapının 50 cm'ye ulaştığı T_{500} süresi belirlenir ve daha sonra yayılmanın tamamlanması ile birbirine dik doğrultuda d_1 ve d_2 çapları ölçülür (Şekil 1.5).

Kendiliğinden yerleşen beton serbest yayılma çaplarına göre SF1(550-650 mm), SF2(660-750 mm) ve SF3(760-850 mm) olmak üzere 3 farklı sınıfa ayrılmıştır. Ayrıca, KYB T_{500} sürelerine göre VS1($T_{500} \leq 2$ s) ve VS2($T_{500} > 2$ s) olmak üzere iki farklı viskozite sınıfına ayrılmıştır (EFNARC, 2005).

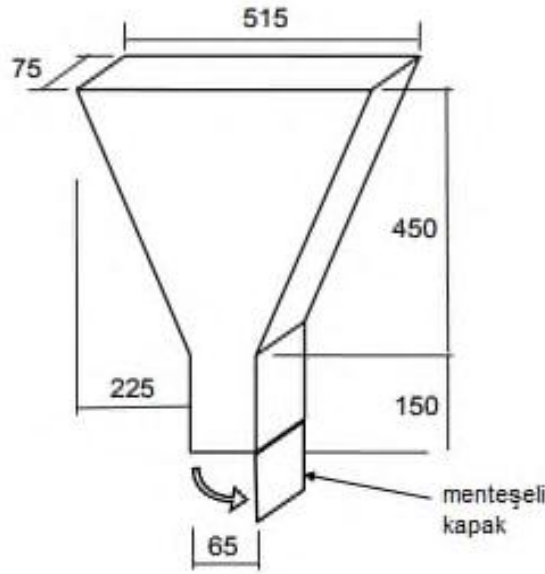


Şekil 1.5. Serbest yayılma deney düzeneği (Al-Rubaye, 2016)

d_1 ve d_2 çaplarının ortalaması KYB karışımının serbest yayılma çapını ifade etmektedir. Birbirine dik doğrultudaki d_1 ve d_2 çaplarının farkı 5 cm'den fazla ise deneyin tekrarlanması gerekmektedir (Al-Rubaye, 2016). Bir beton karışımının KYB olarak değerlendirebilmesi için serbest yayılma çapı 60 ile 80 cm arasında olmalıdır (EFNARC, 2005).

1.2.2 V-Hunisi Deneyi

V-hunisi deneyi, taze haldeki KYB'nin kendi ağırlığı ile özel olarak tasarlanmış bir huninin dar kesitinden akması için geçen sürenin ölçülmesi esasına dayanmaktadır. KYB karışımının viskozitesi ve geçiş kabiliyetini değerlendirmek için kullanılmaktadır. V-hunisi olarak adlandırılan aparat bu deney yöntemi için tasarlanmıştır (Şekil 1.6). KYB'nin dar kesitten akış hızı ne kadar yüksek olursa, ayrışma olasılığı de o kadar yüksektir.



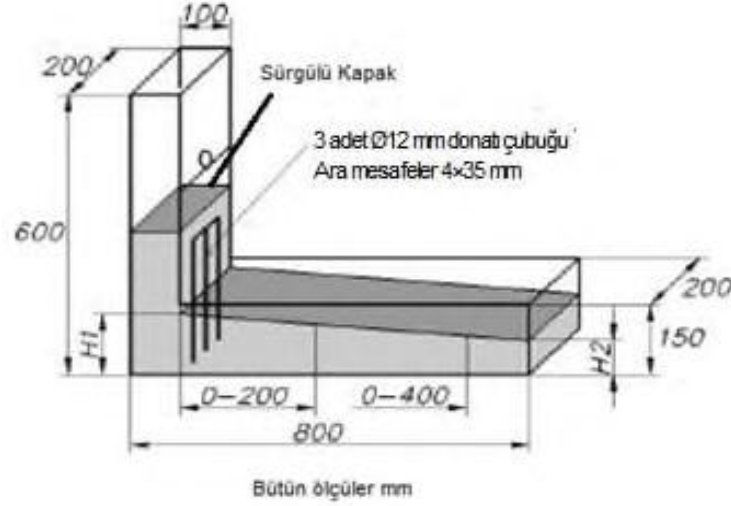
Şekil 1.6. V-Hunisi deney aparatı (EFNARC, 2005)

Şekil 1.6’da V- hunisi, hazırlanmış KYB numunesi ile sıkıştırma veya vibrasyon uygulanmadan doldurulur ve alt tarafında bulunan kapak açılarak huninin tamamen boşaltması için geçen süre belirlenir (EFNARC, 2005). Kapağın açılması ile başlayan akışın boşaltma süresi boyunca sürekli olması beklenmektedir. Aşırı kesikli akış veya tıkanıklık olduğu durumda deneyin tekrar yapılması gerekmektedir. EFNARC (2005)’e göre bir beton karışımının KYB olarak değerlendirilebilmesi için V-hunisinden boşaltma süresi 6 - 12 saniye arasında olmalıdır.

1.2.3 L-Kutusu Deneyi

Taze haldeki KYB’nin doldurma yeteneği ve geçiş yeteneğini belirlemek için L-kutusu deneyi kullanılmaktadır. L-kutusunun boyutları Şekil 1.7’de gösterilmiştir. Deney aparatı, yatay ve dikey olmak üzere dikdörtgen kesitli iki kısımdan oluşmaktadır. İkisinin birleşim noktasında sürgülü kapak ve donatı çubukları bulunmaktadır.

Hazırlanmış KYB numunesi L-kutusunun dikey kısmına yerleştirilir daha sonra sürgülü kapak çekilerek yatay kısmında belirlenmiş 200 ve 400 mm mesafeye ulaşması için geçen süre ölçülür. Akış durduktan sonra yatay kısmın başındaki yükseklik H1 ve sonundaki yükseklik H2 değerleri ölçülür (Şekil 1.7). H2/H1 oranı doldurma yeteneğini temsil eder ve tipik olarak bu değer 0.8~1 arasında olmalıdır (EFNARC, 2005).

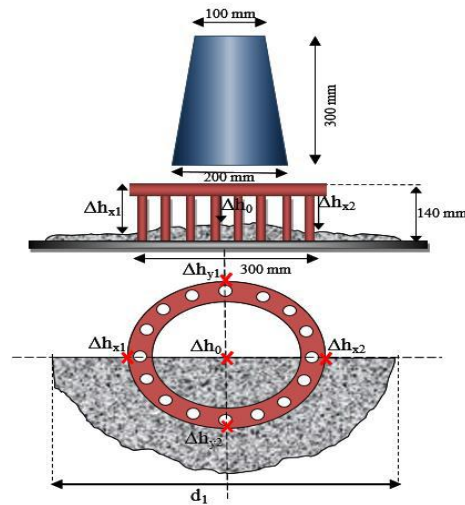


Şekil 1.7. L-Kutusu deney düzeneği (Reknes ve ark., 2003)

1.2.4 J-Halkası Deneyi

J-halkası deneyi, KYB'nin geçiş yeteneğini belirlemek için serbest yayılma deneyi ile birlikte yapılır. Serbest yayılma deneyinden farklı olarak belli aralıklarla dikey çelik çubuklar ile donatılmış 30 cm çaptaki bir halka kullanılır (Şekil 1.8).

Halka tablanın merkezine yerleştirilir ve KYB karışımı ile doldurulan çökme hunisi yukarıya çekilerek karışımın kendi ağırlığı altında yayılması sağlanır. Yayılma durduktan sonra halkanın dışındaki noktaların (Δh_{x1} , Δh_{x2} , Δh_{y1} , Δh_{y2}) ortalama yüksekliği ile halkanın merkezindeki (Δh_{x0}) yüksekliğin farkı, karışımın geçiş yeteneğini ifade etmektedir (Al-Rubaye, 2016).

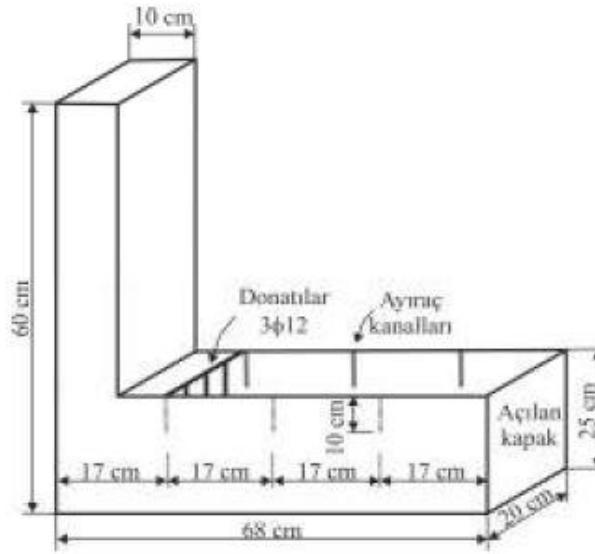


Şekil 1.8. J-halkası deney düzeneği (Al-Rubaye, 2016)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Son yıllarda betonarme yapılar yeni yapısal tasarım fikirleri ile karşı karşıya kalmıştır. İnsan hayatında büyük öneme sahip olması nedeniyle, betonun özelliklerini geliştirmek için her geçen gün yeni çalışmalar ortaya çıkmaktadır. 1980’li yılların ortalarında polimer esaslı, 1990’lı yılların başında ise polikarboksilat eter esaslı akışkanlaştırıcıların geliştirilmesi ve bu akışkanlaştırıcıların beton üretiminde kullanılması ile betonda kendiliğinden yerleşebilirlik kavramı ortaya çıkmıştır. Kendiliğinden yerleşen beton ile ilgili bugüne kadar birçok araştırma ve deneysel çalışma yapılmış ve halen de devam etmektedir. Bu anlamda, yapılacak olan tez çalışması konusuyla alakalı geçmişte yapılan bazı araştırmalar ve çalışmalar özetlenmiştir.

Bakırcı (2011), yaptığı tez çalışmasında, taze durumdaki KYB’nin segregasyon durumlarını incelemek için bir yöntem geliştirmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Değiştirilmiş L-kutusu düzeneği (Bakırcı, 2011)

Çalışma, KYB’nin geçiş kabiliyetinin bulunması işleminde kullanılan L-kutusu yardımı ile yapılmıştır. Değiştirilmiş L-kutusu düzeneği olarak adlandırılan aparat yatay ve dikey olmak üzere iki parçadan oluşmuştur. Yatay kısmı, donatılardan sonra 3 eşit bölmeye ayrılmıştır. Taze haldeki karışımın geçiş kabiliyeti belirlendikten sonra, seviyelenen KYB karışımı ayıraçlar ile üç eşit parçaya bölünmüştür. Her bir bölmedeki betonun çapı 5 mm olan elek üzerinde yıkanmış, elde edilen iri agrega, bu bölmedeki

toplam beton hacmine oranı bulunmuştur. Daha sonra yatay kısmında, iri agregaların donatılardan sonra taşınma mesafelerinin karekökü dikkate alınarak en küçük kareler yöntemi ile segregasyon durumlarını incelemek için bir SK katsayısı hesaplanmıştır. KYB'nin işlenebilirlik sınır değerleri ile çökme-yayılma deneyinde görsel stabilite indekse dayalı gözlemlere bakıldığında, geliştirilen yöntemin oldukça hassas sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda;

- KYB'nin geçiş kabiliyeti testinde kullanılan L-kutusu üzerinde bazı küçük değişiklikler yapılarak, karışımların segregasyon durumlarının incelemesi için kullanılabilmesi belirtilmiştir.
- Segregasyon kontrolü için ilave karışım hazırlamaya gerek olmadan, KYB'nin geçiş kabiliyeti testi yapıldıktan sonra, aynı karışım üzerinde segregasyon kontrolü deneyi yapılabilmesi söylenmiştir.
- Diğer çalışmaların aksine bu çalışmada, her bir bölmedeki beton ağırlıklarının bulunması yerine, her bir bölmedeki beton hacimleri ve uç noktalardaki seviyeler dikkate alınarak bulunmuştur.

Rols ve arkadaşları (1999), ASTM C1610'da belirlenen yöntem ile KYB'nin statik ayrışmasına farklı akışkanlaştırıcıların etkisini araştırmışlardır. Silindir şeklindeki aparatın yüksekliği 400 mm ve çapı 110 mm olacak şekilde tasarlamışlardır (Şekil 2.2). KYB karışımları silindire dökülmüş ve çimentonun priz alması için bekletilmiştir. Daha sonra, silindir şeklindeki kalıbın yüksekliği boyunca üst, alt ve orta kısmından 50 mm yüksekliğinde KYB numuneleri alınmış ve açıklığı 5 mm olan elek üzerinde yıkanarak iri agreganın miktarları bulunmuştur. Eşitlik 2.1'e göre iri agreganın ağırlıkça %'si (%Gk) belirlenmiştir.

$$(G_k + k \times G_i) / G_B = \% G_k \quad (2.1)$$

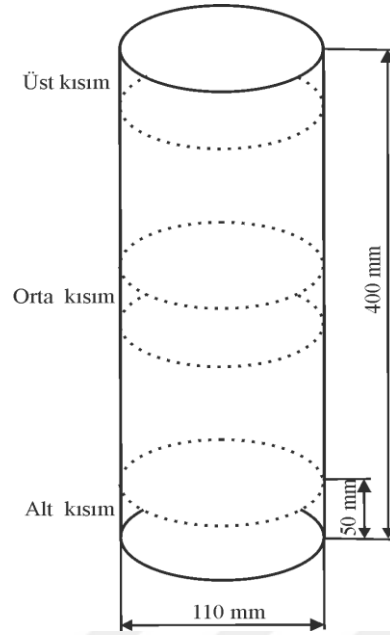
G_k: İri agreganın ağırlığı

k: Kum içindeki iri agreganın %'si

G_i: Kumun ağırlığı

G_B: Betonun özgül ağırlığı

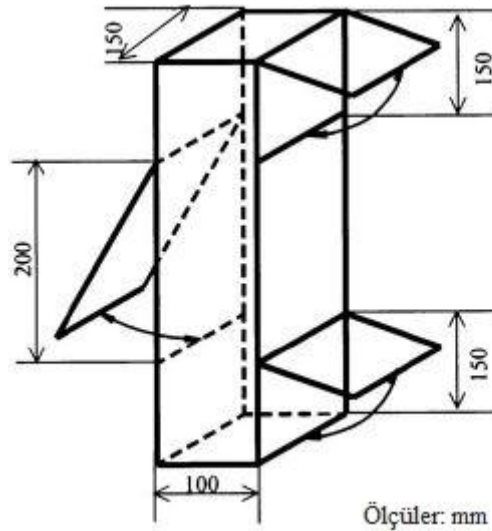
% G_k: İri agreganın ağırlıkça %'si



Şekil 2.2. Rols ve arkadaşlarının (1999) kullandığı aparatın boyutları

Elde edilen %Gk değeri, karışıma giren iri agrega %'sine yakın bir değer ise, KYB karışımının segregasyon yapmadığını söylenmiştir (Rols ve ark., 1999).

Sonebi (2004), kendiliğinden yerleşen betonun yerleştirildikten sonra durağan halindeki segregasyon durumlarını incelemiştir. Çalışmada kullanılan aparatın teknik detayları Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Düşey prizmatik kalıp yüksekliği boyunca 3 ayrı bölmesi var ve her bölmenin ayrı kapağı olacak şekilde tasarlanmıştır.

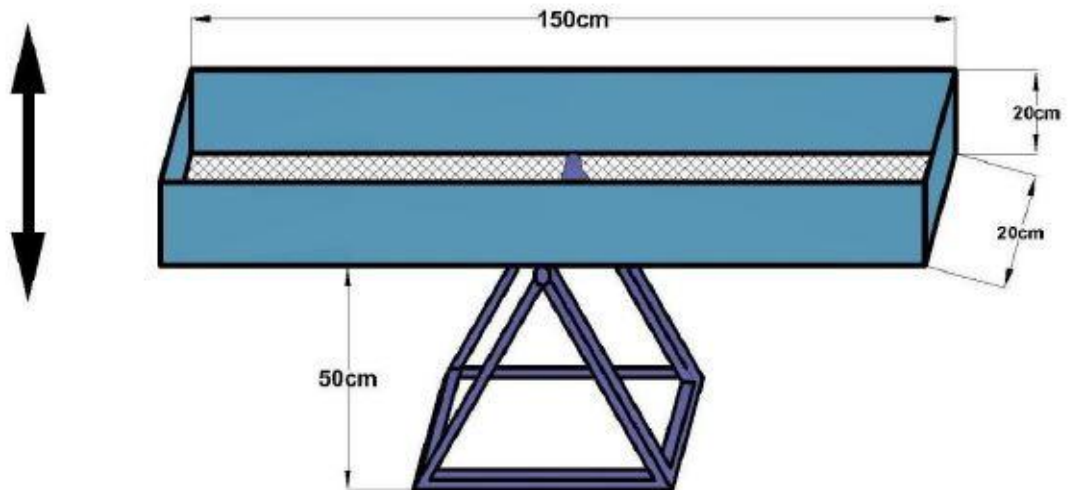


Şekil 2.3. Kolon segregasyon deney aparatı (Sonebi, 2004)

Kalıbın kapakları kapatıldıktan sonra KYB karışımı ile doldurulur. Beton yerleştirildikten sonra zamana bağlı olarak iri agrega dağılımında olabilecek değişimler için bir süre bekletilir ve ardından sırasıyla üst seviyedeki kapak, orta seviyedeki kapak ve alt seviyedeki kapak açılarak karışımlar alınır. Alınan karışımlar açıklığı 5 mm olan elek üzerinde yıkanarak her bölmedeki iri agrega miktarı bulunur. Bölmelerdeki iri agrega ağırlıklarına bağlı olarak standart sapmaları bulunur ve karışımın segregasyon durumları belirtilir.

Alamı (2014), yaptığı tez çalışması kapsamında, KYB'nin dinamik stabilitesini ölçmek için Şekil 2.4'te gösterilen yeni bir deney düzeneği geliştirmiştir. Uzunluğu 150 cm, genişliği ve yüksekliği 20 cm olan bu düzenek alt tarafı 6mm açıklığında bir elek ile kapatılmış ve aparat hareket edebilecek şekilde 50 cm yüksekliğinde bir metal destek üzerine sabitlenmiştir.

Bu test yönteminde önce cihazın ağırlığı (W_d) belirlenir daha sonra yatay konumundayken miktarı (W_c) olarak belirlenmiş beton numunesi kutuya dökülür. Toplam 4 kez olmak üzere aparat aşağı ve yukarı hareket ettirilerek 15 saniye bekletilir. Daha sonra yatay konumunda 10 saniye bekletilerek kutu içerisinde kalan beton miktarı ile birlikte tartılır (W_f). Dinamik ayrışma oranı (DSR), elek içinden geçen malzemelerin ağırlığı (W_{ps}), kanal kutusuna dökülen beton örneğinin toplam başlangıç ağırlığına (W_c) oranı olarak hesaplanır.



Şekil 2.4. Dinamik segregasyon deney aparatı (Alami, 2014)

Dinamik segregasyon oranı Eşitlik 2.2'ye göre hesaplanır.

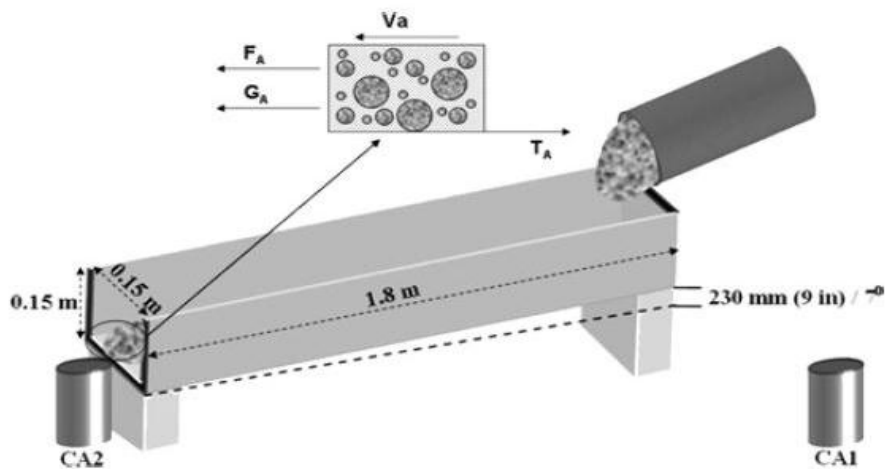
$$DSR = (W_{ps} / W_c) \times 100 = [(W_d + W_c - W_f) / W_c] \times 100 \quad (2.2)$$

Shen ve arkadaşları (2009), KYB'nin dinamik segregasyonu hesaplamak için Şekil 2.5'te gösterilen yeni bir deney yöntemi geliştirmiştir. Esas olarak bu yöntem kanal içinde akan KYB karışımındaki değişimini ölçmektedir. Uzunluğu 180 cm, genişliği ve yüksekliği 15 cm olan bu düzenek 2.5 cm kalınlığında ahşap tahtadan yapılmıştır. Şekil 2.5'te görüldüğü gibi düzeneğin iki ucu arasındaki yükseklik farkı 230 mm olacak şekilde kaideler üzerinde yerleştirilir.

Bu yöntemde, düzeneğin yüzeyi önce su ile ıslatılır. Hazırlanmış taze KYB numuneleri, bir adet 100x200 mm silindir ve iki adet 150x300 mm'lik silindirlerin içine dökülür. 150x300 mm'lik olan silindirlerden birisi düzeneğin üst ucuna dökülür. Akış durduktan sonra, betonun akmasını ve oluk yüzeyinde bir harç tabakası bırakmasını sağlamak için düzenek dikey hale getirilerek 30 saniye beklenir. Aparat tekrar standart haline getirilerek ikinci 150x300 mm'lik numune, aparatın yüksek ucuna dökülür. 100x200 mm'lik bir silindir, kanal boyunca akan betonun önde gelen kısmı ile doldurulur. Her iki 100x200 mm'lik silindirdeki beton örnekleri açıklığı 4 mm elek üzerinde yıkanır ve elde edilen kaba agregalar tartılır (Esmailkhanian, 2011). Bu ölçümden dinamik segregasyon endeksi (DSI) Eşitlik 2.3'e göre belirlenir.

$$DSI = (CA1 - CA2) / CA1 \quad (2.3)$$

Eşitlik 2.3'te CA1, betonun akmadan önce standart numune ile doldurulan 100x200 mm silindirdeki kaba agreganın miktarını göstermektedir. CA2 ise, akış sırasında betonun önde gelen kısmı ile doldurulan 100x200 mm silindirde bulunan kaba agreganın miktarını göstermektedir.



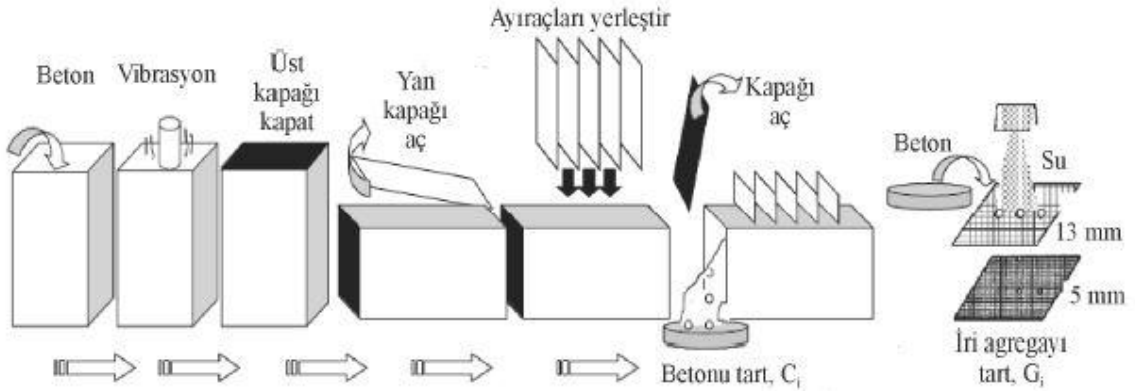
Şekil 2.5. Akış oluşunun aparatı (Shen ve ark., 2009)

Akış oluşunun bazı sınırlamaları maddeler halinde sıralanmıştır;

- Dinamik segregasyonun sadece sabit ve biraz sınırlı bir akış mesafesi üzerinden ölçüldüğü belirlenmiştir.

- Düzeneğin içindeki akış kalınlığı çok ince olup beton ile aparatın tabanı arasındaki sürtünme kuvvetlerinin KYB'nin ayrışmasında önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir. Ayrıca aparatın sahada taşınması zor olduğu da belirtilmiştir.

Safawi ve arkadaşları (2004), yüksek akışkanlığa sahip betonlarda vibrasyon kullanımını ve vibrasyon etkisindeki segregasyon durumlarını incelemiştir. Çalışma kapsamında geliştirdikleri aparat Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Aparatın boyutları 250x250x400 mm olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yöntemde, hazırlanan KYB karışımları kutuya döküldükten sonra 20 saniye vibrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Vibrasyon işleminden sonra aparatın üst kapağı kapatılarak 1 saat bekletilmiştir. Bekletildikten sonra yanlardan kolay açılabilir olanı üste gelecek şekilde kutu yana devrilmiş ve kalıp içindeki karışım ayıraçlar ile 5 eşit bölmeye ayrılmıştır. Daha sonra sırasıyla ayıraçlar çıkarılarak her bölmedeki karışım tartılmıştır (C_i). Her bir bölmeden alınan taze karışımlar çapı 13 mm ve 5 mm elek üzerinde yıkanarak elde edilen iri agrega miktarları tartılmıştır (G_i).



Şekil 2.6. Safawi ve arkadaşlarının (2004) geliştirdikleri yöntem

i. bölmedeki iri agrega yüzdesi, aynı bölmedeki karışıma oranı olarak bulunmuştur (G/C_i). Bu değer, diğer tüm bölmelerdeki toplam iri agrega ağırlığı, kalıbın içindeki toplam karışım ağırlığının oranından elde edilmiştir (G/C)_{ort}. Segregasyon katsayıları (SK) Eşitlik 2.4 ve 2.5'e göre hesaplanmıştır.

$$SK = \sqrt{\frac{s \sum_{i=1}^{i=5} (1 - x_i)^2}{H}} \quad (2.4)$$

$$x_i = \frac{(G_i / C_i)}{(G / C)}_{ORT} \quad (2.5)$$

Burada,

H ; kalıbın yüksekliği 400 mm

S ; ayıraçlar arasındaki mesafe 80 mm

G_i ; her bölmedeki iri agrega ağırlığı

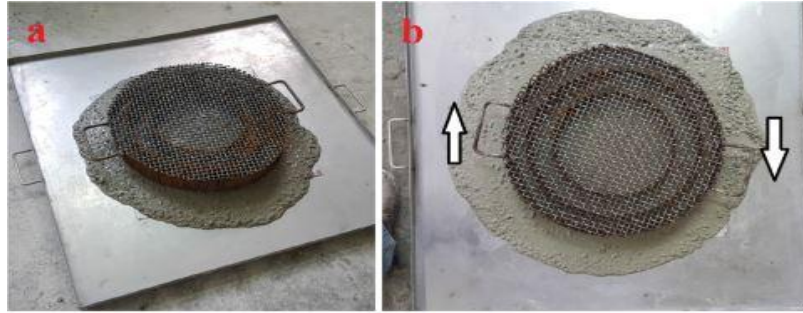
C_i ; her bölmedeki karışım ağırlığı

G ; tüm bölmelerdeki toplam iri agrega ağırlığı

C ; tüm bölmelerdeki toplam karışım ağırlığı

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre segregasyon katsayıları (SK) 0.05 ile 0.035 arasında sınırlandırılmış ve SK değeri segregasyon ile doğru orantılı olduğu belirtilmiştir (Safawi ve ark., 2004).

Gökçe ve arkadaşları (2018), Kendiliğinden yerleşen betonun dinamik segregasyonunu incelemek için 3 bölmeli elek aparatı geliştirmişlerdir. Yöntemin uygulama detayları Şekil 2.7 ve 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. 3 bölmeli elekin yerleştirilmesi (a) eksen etrafında döndürmesi (b) (Gökçe ve ark., 2018)



Şekil 2.8. Betonun ıslak elenmesi (a) kaba agrega dağılımı (b) (Gökçe ve ark., 2018)

Eleğin 3 bölmesinin alanı eşit olacak şekilde tasarlanmıştır. 3 bölmeli elek yöntemi, KYB'nin yayılmasından sonra dairesel olarak uç bölmeye ayrılarak her bölmenin iri agrega miktarını bulunması esasına dayanmaktadır.

Yıkılarak elenmesi sonucunda elde edilen 10 mm üzeri iri agrega tanelerin doygun kuru yüzey haline getirilip tartılmış ve segregasyon oranları (SR) Eşitlik 2.6'ya göre hesaplanmıştır.

$$SR = 2 [(CA_i - CA_o) / (CA_i + CA_o)] \times 100 \quad (2.6)$$

SR = Segregasyon oranı (%)

CA_i = Merkez bölmedeki kaba agrega ağırlığı (kg)

CA_o = En dış bölmedeki kaba agrega ağırlığı (kg)

Ayrıca çalışmalarında segregasyon oranları (SR) ile segregasyon katsayısı (SC) arasındaki ilişkileri de incelemiştir. Karışımların segregasyon katsayısı Eşitlik 2.7'ye göre hesaplanmıştır (Gökçe ve ark., 2018).

$$SC = \frac{\sqrt{\frac{\sum(x_i - x_m)^2}{2}}}{x_m} \quad (2.7)$$

SC : Segregasyon katsayısı

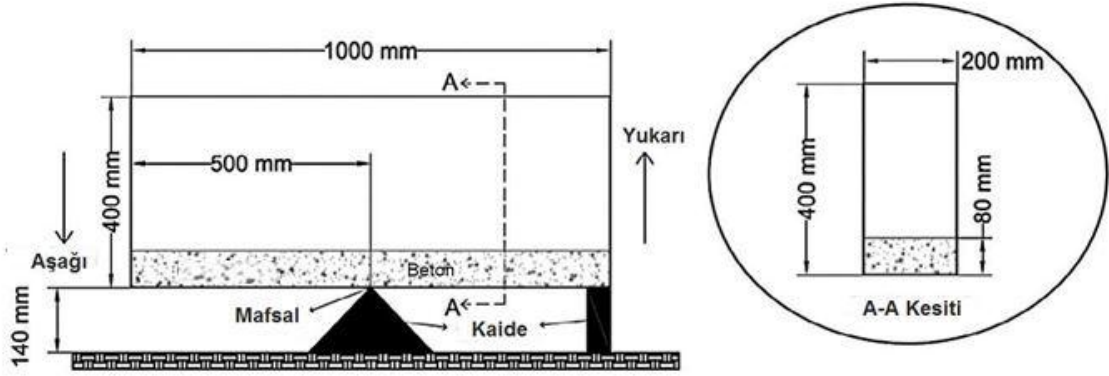
x_i : Her bir bölmedeki iri agrega kütlesi, kg

x_m : Ortalama iri agrega kütlesi, kg

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçların bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- Dinamik segregasyon belirlenmesinde 3 bölmeli elek testinin alternatif bir yöntem olarak kullanabileceği belirtilmiştir.
- 3 bölmeli elek testinden elde edilen segregasyon oranları ile segregasyon katsayıları arasında kayda değer önemli ilişkiler bulunduğu belirtilmiştir.
- Kendiliğinden yerleşen betonun yayılmasından sonra dairesel olarak kaba agrega dağılımının incelemesinde ve agrega miktarı belirlemede 3 bölmeli elek testi oldukça kolay ve elverişli bir yöntem olduğu söylenmiştir.

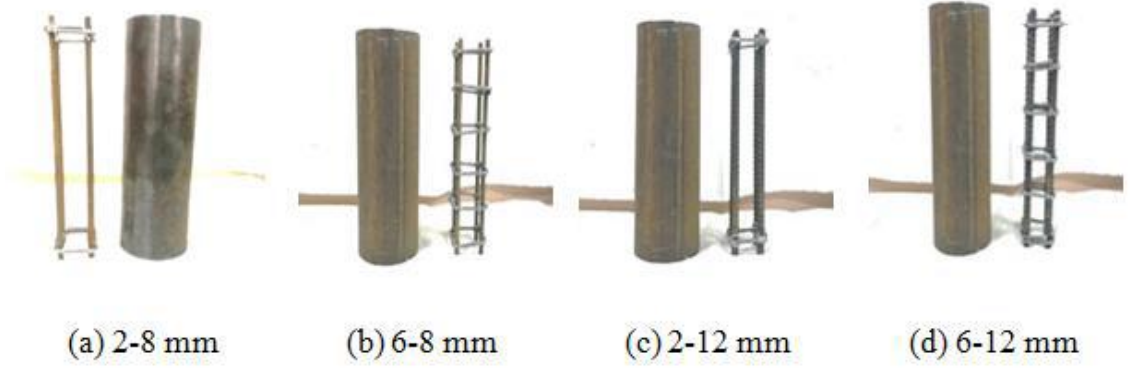
Esmailkhanian ve arkadaşları (2014), KYB'nin dinamik stabilitesini incelemek için T-kutusu testi olarak adlandırılan yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmada kullanılan T-kutusu aparatı 1000 mm uzunluğunda, 200 mm genişliğinde ve 400 mm yüksekliğinde dikdörtgen kanaldan oluşmaktadır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. T-kutusunun teknik detayları (Esmailkhanian ve ark., 2014)

Şekil 2.9'da gösterildiği gibi aparatın orta kısmında mafsala yerleştirilmiş, sadece bir tarafa doğru eğilmesini sağlamak için aparatın diğer ucuna destek konulmuştur. T-kutusu yatay konumuna getirilerek orta noktasına 16 L KYB karışımı dökülmüştür. Kutu, her bir döngü 2 saniye sürecek şekilde 60 kez yukarı ve aşağı yönünde hareket ettirilmiştir. T-kutusu ilk yatay pozisyondan eğildiğinde ve sonra tekrar yatay konuma geldiğinde bir akış döngüsüne ulaşılır. Belirlenen akış döngüsüne ulaştıktan sonra aparat yatay konumuna getirilir ve her iki uçundan numuneler alınır, daha sonra 4.75 mm'lik elek üzerinde yıkanarak iri agrega miktarları belirlenir. Elde edilen iri agrega miktarlarına bağlı olarak KYB'nin dinamik segregasyon durumları değerlendirilmiştir. T-kutusu yöntemi, serbest yayılma çapları düşük ve V-hunisi süreleri yüksek KYB karışımları için kesin sonuçlar verilmediği belirtilmiştir. Ayrıca, statik veya dinamik olarak stabil olmayan karışımlar için de doğru sonuçlar göstermediği belirtilmiştir.

Yousif (2018), donatının kendiliğinden yerleşen betonun dayanımı üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu amaçla 2.74 mm et kalınlığına sahip tüp şeklinde çelik kolonlar kullanılmıştır. Kolonların çapı 114.3 mm ve uzunluğu 310 mm olacak şekilde imal edilmiştir. Referans olarak kolonların birisi donatı olmadan kullanılmış diğerlerinde ise 8 mm ve 12 mm çapına sahip 4'er adet donatı kullanılmıştır. Donatıları bir arada tutmak için 2 ve 6 adet olmak üzere belli aralıklarda etriyeler kullanılmıştır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Kolonlar ve donatı örnekleri (Yousif, 2018)

Çelik kolonlara önce donatılar yerleştirilmiş ve ardından hazırlanan KYB karışımı ile doldurulmuştur. Numuneler kür havuzunda 28 gün bekletildikten sonra kırma işlemine tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda, KYB ile doldurulmuş donatılı kolonlar daha iyi süneklik gösterdiği ve basınç dayanımları daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, 6 adet etriyeli kolonlar 2 adet etriyeli kolonlara göre çökmeden sonra daha iyi davranış gösterdiği söylenmiştir.

Pandurangan ve arkadaşları (2012), iri agrega şekli ve en büyük tane çapının kendiliğinden yerleşen betonun dayanımına ve yayılmasına etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, maksimum agrega tane çapı 10 mm, 12.5 mm, 16 mm ve 20 mm olmak üzere 4 farklı KYB karışımı hazırlanmıştır. Karışımlarda çimento miktarını azaltmak için toplam bağlayıcı miktarının %40 ve %60 oranında uçucu kül kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler aşağıda sıralanmıştır.

- Maksimum agrega tane çapı 10 mm olan karışım 500 mm yayılma çapına (T_{500}) diğer karışımlara göre daha kısa sürede ulaştığı belirtilmiştir.
- Maksimum agrega tane çapı 10 mm'den 20 mm'ye yükseldiğinde, serbest yayılma çapı azaldığı söylenmiştir.
- İri agregaların şekli KYB karışımlarının akışkanlığı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı söylenmiştir.
- Maksimum agrega tane çapı 20 mm olan karışımın basınç dayanımı diğerlerine göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir.
- Maksimum agrega tane çapı 20 mm olan karışımında önemli oranda bloklaşma oluştuğu söylenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

KYB karışımlarının tasarımında genel olarak EFNARC (2005) raporundaki öneriler dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında kırma kireçtaşı agregası 2 farklı maksimum tane çapında (15 ve 22.4 mm) kullanılmıştır. Normal Portland çimentosu CEM I 42.5 R, ağırlıkça %30 V sınıfı uçucu kül ile ikame edilerek bağlayıcı dozajı 550 kg/m^3 ve su/bağlayıcı oranı 0.34 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.1).

Karışımların kendiliğinden yerleşebilme özelliğini kazanabilmesi için BASF firmasının ürettiği polikarboksilat eter esaslı MasterGlenium SKY 608 katkısı kullanılmıştır. Betonun işlenebilirlik özelliklerini dikkate alınarak D_{15} karışımı için 5.50 kg/m^3 ve $D_{22.4}$ karışımı için 5.20 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Numunelerin karışım detayları Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Karışım detayları

Karışım	Kaba ve ince agrega			Çimento (kg/m^3)	Uçucu kül (kg/m^3)	Kimyasal akışkanlaştırıcı (kg/m^3)	Su (kg/m^3)	Su/(Ç+U.K)
	0-5mm (kg/m^3)	5-15mm (kg/m^3)	15-22.4mm (kg/m^3)					
D_{15}	1050	565	–	385	165	5.50	184.05	0.34
$D_{22.4}$	967.5	242.5	402.5	385	165	5.20	184.05	0.34

3.1. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

3.1.1. Çimento

KYB üretiminde taşıma ve yerleştirme sırasında karışımların ayrışmaya uğramaması için bağlayıcı dozajı geleneksel betona göre oldukça yüksektir. Bu çalışmada KYB karışımların hazırlaması için normal portland çimentosu CEM I 42.5 R kullanılmıştır. Çimentonun kimyasal özellikleri Tablo 2.2’de ve fiziksel özellikleri Tablo 2.3’te gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri

Bileşen	İçerik (%)
SiO ₂	18.07
Fe ₂ O ₃	2.20
Al ₂ O ₃	5.76
CaO	62.92
MgO	1.54
Na ₂ O	0.35
K ₂ O	0.92
SO ₃	3.37
Kızdırma Kaybı	4.38
Çözünmeyen Kalıntı	0.45

Tablo 3.3. Kullanılan çimentonun fiziksel özellikleri

Bileşen	İçerik
Özgül ağırlık (g/cm ³)	3.10
Özgül yüzey (cm ² /g)	3210
0.090 mm elek üstü (%)	-
0.045 mm elek üstü (%)	0.50

Karışımların işlenebilirliği ve ayrışma direnci gibi özellikleri dikkate alınarak bağlayıcı dozajı 550 kg/m³ belirlenmiştir. EFNARC (2005) yönetmeliğinde, toz haline getirilmiş ince madde veya bağlayıcı dozajını kütlece 380–600 kg/m³ olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada belirlenen bağlayıcı dozajı D₁₅ ve D_{22.4} karışımları için sabit olup ağırlıkça %30'u (165 kg/m³) uçucu külden ve %70'i (385 kg/m³) ise çimentodan oluşmaktadır.

3.1.2. Agregası

Tez çalışması kapsamında doğal kum ve 2 farklı maksimum tane çapında (15 ve 22.4 mm) kırma kireçtaşı agregası kullanılmıştır. Kullanılan agregaların fiziksel özellikleri Tablo 3.4'te, tane çapına göre dağılımı Tablo 3.5'te gösterilmiştir.

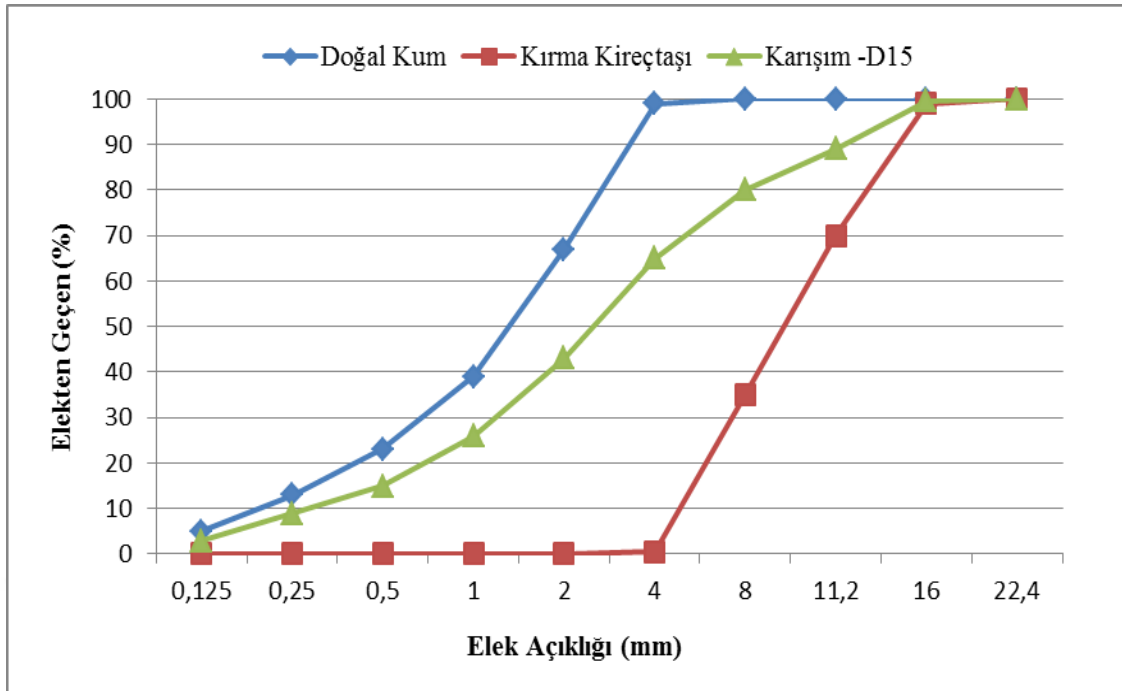
Tablo 3.4. Kullanılan agregaların fiziksel özellikleri

Agrega Türü	Dane Yoğunluğu (kg/dm ³)	Su Emme (%)
Doğal kum	2.65	0.92
Kırma kireçtaşı	2.67	0.30

Tablo 3.5. Kullanılan agregaların elek analizi

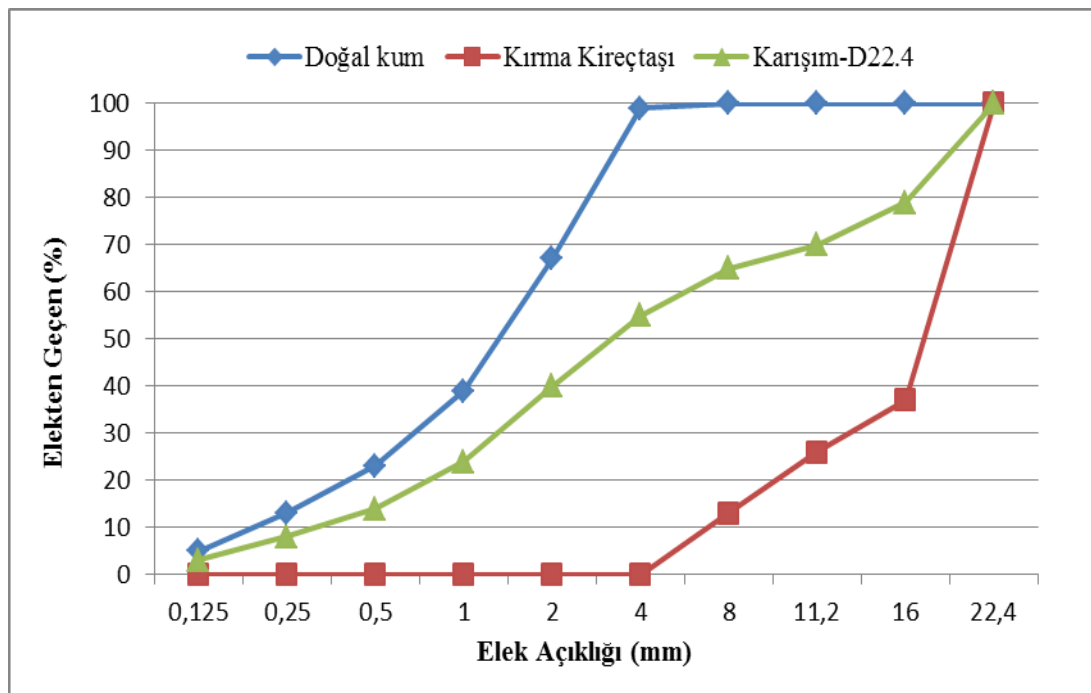
Elek Açıklığı (mm)	Elekten Geçen (%)				
	Doğal Kum	Kırma Kireçtaşı (D ₁₅)	Kırma Kireçtaşı (D _{22.4})	Karışım-D ₁₅	Karışım-D _{22.4}
22.40	100	100	100	100	100
16.00	100	99	37	99.6	75
11.20	100	70	26	89	70
8.00	100	35	13	77	65
4.00	99	0.5	0	65	60
2.00	67	0	0	43	40
1.00	39	0	0	26	24
0.50	23	0	0	15	14
0.25	13	0	0	9	8
0.125	5	0	0	3	3

Elek analizi ASTM C 136'ya göre yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda D₁₅ ve D_{22.4} numuneleri için agrega granülometri eğrileri Şekil 3.1' ve 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. D₁₅ numunesi için agrega granülometri eğrileri

D₁₅ numunesinde iki farklı agrega gurubu 0-5 mm ve 5-15 mm kullanılmıştır. Karışımın ince agrega içeriği %65 ve kaba agrega içeriği %35 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.2. D_{22.4} numunesi için agrega granülometri eğrileri

D_{22.4} numunesinde ince agrega içeriği %60 ve kaba agrega içeriği %40 olarak belirlenmiştir. Kaba agreganın 5-15 mm içeriği %15 ve 15-22.4 mm içeriği ise %25 olarak belirlenmiştir.

3.1.3. Su

KYB karışımlarının üretiminde ve kür işlemleri için şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.4. Uçucu Kül (UK)

Yapılan çalışmada kohezyonu sağlamak ve çimento miktarını azaltmak için bağlayıcı görevinde uçucu kül çimento ile ağırlıkça %30 yer değiştirerek kullanılmıştır. Numunelerin üretiminde kullanılan uçucu külün kimyasal özellikleri Tablo 3.6'da ve fiziksel özellikleri Tablo 3.7'de gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Kullanılan uçucu külün kimyasal özellikleri

Bileşen	İçerik (%)
SiO ₂	60.60
Fe ₂ O ₃	5.48
Al ₂ O ₃	23.00
CaO	2.18
MgO	0.79
K ₂ O	3.69
SO ₃	1.00
P ₂ O ₅	0.20
TiO ₂	2.32
Cr ₂ O ₃	0.04
Eu ₂ O ₃	0.02
PbO	0.01
ZnO	0.02
BaO	0.10
Kızdırma Kaybı	3.10

Tablo 3.7. Kullanılan uçucu külün fiziksel özellikleri

Bileşen	İçerik
Özgül ağırlık (g/cm ³)	2.19
Özgül yüzey (cm ² /g)	3030
0.090 mm elek üstü (%)	6.60
0.045 mm elek üstü (%)	23.10

3.1.5. Kimyasal Akışkanlaştırıcı

Karışımların kendiliğinden yerleşebilme özelliğini kazanabilmesi için BASF firmasının ürettiği polikarboksilat eter esaslı MasterGlenium SKY 608 katkısı kullanılmıştır. Betonun işlenebilirlik özelliklerini dikkate alınarak D₁₅ karışımı için 5.50 kg/m³ ve D_{22.4} karışımı için 5.20 kg/m³ süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Üretici firmadan elde edilen bilgiler doğrultusunda süper akışkanlaştırıcının fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. MasterGlenium SKY 608 katkısının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	A
Malzemenin yapısı	Polikarboksilat eter esaslı
Görünüm	Kahverengi - Sıvı
Özgül ağırlık (20°C’de)	1.069 - 1.109 kg/lt
PH değeri	5 - 7
Alkali içeriği (%)	≤ 3.00 (kütlece)
Klor iyon içeriği (%)	≤ 0.10 (kütlece)

3.2. Taze Beton Deneyleri

Beton bileşenlerinin miktarı ve oranları belirlendikten sonra her bir karışım için 20 litre numune üretilmiştir. Üretilen numunelerin serbest yayılma çapları, T₅₀₀ süreleri, görsel stabilite indeksleri (VSI), kolon segregasyonu ve J-halkası yayılma değerleri belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında elde edilen KYB karışımların farklı donatı çapı ve sıklığı durumlarına göre performansını ve işlenebilirlik özelliklerini araştırmak için çalışma kapsamında imal edilen fonksiyonel geçiş kalıbı ve akış konisi kullanılmıştır. Fonksiyonel geçiş kalıbı ve akış konisi Şekil.3.3'te gösterilmiştir.

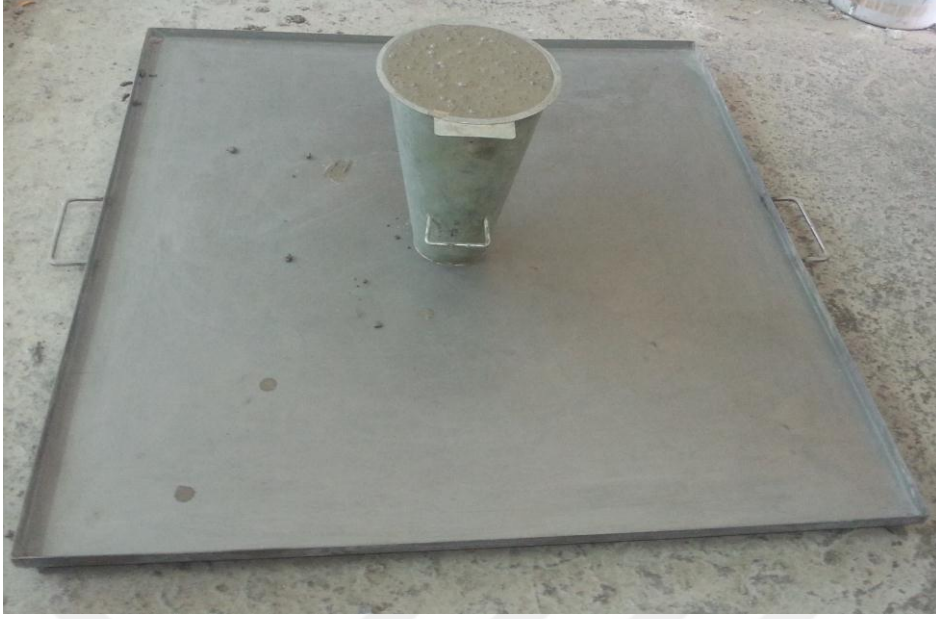


Şekil 3.3. Fonksiyonel geçiş kalıbı ve akış konisi

Çalışma kapsamında yapılan deneyler aşağıda özetlenmiştir.

3.2.1. Serbest Yayılma Deneyi

Hazırlanan beton karışımların çökme yayılmaları, T_{500} süreleri ve görsel stabilite indeksleri (VSI) ASTM C 1611'e (2014) göre belirlenmiştir. Serbest yayılma deneyinde Şekil 3.4'te görüldüğü gibi yayılma konisinin 200 mm çapı üstte ve 100 mm çapı altta olacak şekilde yayılma tablasının merkezine yerleştirilmiştir.



Şekil 3.4. Yayılma konisi ve yayılma tablası

Yayılma konisi yukarıya çekilerek T_{500} süreleri, stabilite indeksleri (VSI) belirlenmiştir. Yayılma durduktan sonra Şekil 3.5'te gösterildiği gibi birbirine dik iki yayılma çapın ortalaması alınarak çökme-yayılma değerleri bulunmuştur.



Şekil 3.5. Serbest yayılma deneyi

Tablo 3.9’da serbest yayılma çaplarına göre KYB’nin sınıflandırması gösterilmiştir. EFNARC (2005)’te, KYB serbest yayılma çaplarına göre üç farklı sınıfa ayrılmış ve uygunluk kriterleri olarak her bir sınıf için alt ve üst sınır değerleri belirlenmiştir.

Tablo 3.9. KYB’nin serbest yayılma çaplarına göre sınıflandırması (EFNARC, 2005)

KYB sınıfları	Serbest yayılma çapları
Sınıf 1 (SF1)	550 mm - 650 mm
Sınıf 2 (SF2)	660 mm - 750 mm
Sınıf 3 (SF3)	760 mm - 850 mm

EFNARC (2005) te, KYB’nin T_{500} sürelerini baz alarak VS1 ve VS2 olmak üzere iki farklı viskozite sınıfına ayrılmış ve uygunluk kriterleri olarak her bir sınıf için alt ve üst sınır değerleri belirlenmiştir (Tablo 3.10).

Tablo 3.10. KYB’nin T_{500} sürelerine göre sınıflandırması (EFNARC, 2005)

KYB sınıfları	T_{500} süresi (s)
Viskozite sınıfı 1 (VS1)	≤ 2
Viskozite sınıfı 2 (VS2)	> 2

Karışımların görsel stabilite indeksleri (VSI) değeri ve bu değerlere bağlı olarak stabilite durumları ASTM C 1611, (2014)’e göre belirlenmiştir (Tablo 3.11).

Tablo 3.11. Görsel stabilite indeksi (VSI) değerleri (ASTM C 1611, 2014)

VSI değeri	Stabilite durumu	Kriterleri
0	Yüksek stabilite	Ayrışma ve terleme yok
1	stabil	Ayrışma yok , hafif terleme var
2	Stabil değil	Hafif bir harç halesi ≤ 10 mm ve agregaya yığılı
3	Stabil değil	Önemli ölçüde ayrışma var, büyük bir harç halesi >10 mm ve betonun merkezinde büyük agregaya yığılı

3.2.2. J – Halkası Deneyi

Serbest yayılma deneyi ardından hazırlanan numunelerin geçiş kabiliyetini incelemek için J-halkası deneyi uygulanmıştır. Bu amaçla, 16 mm çapında ve 100 mm yüksekliğinde toplam 16 adet çelik çubuklar ile donatılmış 300 mm çapındaki J halkası aparatı kullanılmıştır. Şekil 3.6’da görüldüğü gibi önce J-halkası ve ardından yayılma konisi tabla merkezine yerleştirilip numune ile doldurulmuştur.

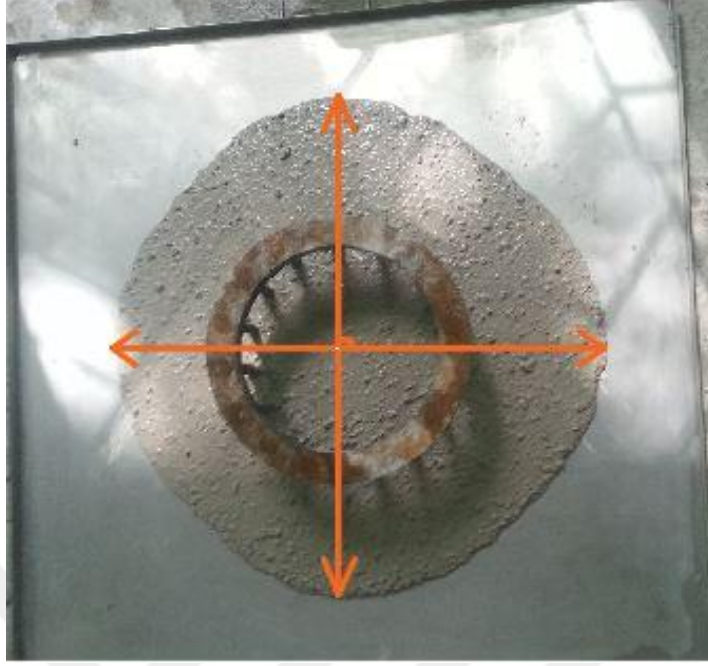


Şekil 3.6. J-halkası aparatı

Yayılma konisi yukarıya çekilerek karışımın J-halkasının çubukları arasından geçişi sağlanmıştır. Akış durduktan sonra birbirine dik iki doğrultuda yayılma çapları ölçülmüştür ve serbest yayılma çapları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.7). J-halkası yayılma değerleri ASTM C 1621’e (2014) göre belirlenmiştir. Karışımların serbest yayılma çapı (SF) ve J-halkası yayılma çapı (SFj) arasındaki farkı bulunarak bloklaşma durumları incelenmiştir. Bloklaşma ile ilgili sınır değerler Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12. Bloklaşma sınır değerleri (ASTM C 1621’ 2014)

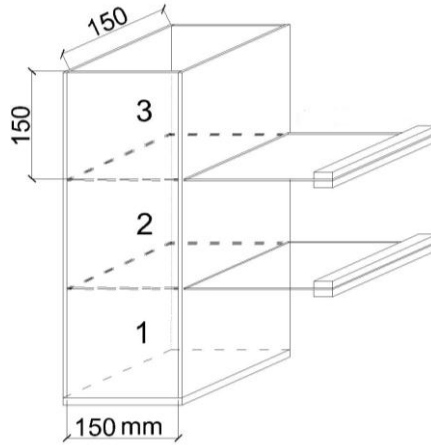
Serbest Yayılma Çapı (SF)-J-halkası Yayılması (SFj)	Bloklaşma Durumu
$0 < SF - SFj < 25 \text{ mm}$	Bloklaşma yoktur
$25 < SF - SFj < 50 \text{ mm}$	Minimum bloklaşma vardır
$SF - SFj > 50 \text{ mm}$	Önemli ölçüde bloklaşma vardır



Şekil 3.7. J-halkası deneyi

3.2.3. Kolon Segregasyon Deneyi

KYB karışımların kolon segregasyonları belirlemek için Şekil 3.8’de gösterilen düşey prizmatik kalıp şeklindeki aparat kullanılmıştır (Gökçe ve ark., 2018). Aparatın genişliği 150 mm, uzunluğu 150 mm ve yüksekliği 450 mm’dir. Çalışma kapsamında kullanılan kolon kalıp, düşey doğrultuda 3 katmana ayrılabilir. Katmanların boyutları eşittir ve net hacimleri 150×150×150 mm’dir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Düşey prizmatik kolon kalıbı (Gökçe ve ark., 2018)

Hazırlanan beton karışımları düşey prizmatik kalıba yerleştirilip 15 dakika bekletilmesinin ardından dilimlere ayrılmış ve daha sonra her katmandaki betonun 5 mm elek üzerinde ıslak elenmesi sonucunda iri agrega miktarları belirlenmiştir. Bu deneyin uygulama detayları Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Kolon segregasyon deneyinin uygulama detayları

Katmanların 5 mm üzeri iri agrega kütlelerine bağlı olarak karışımların segregasyon katsayıları Eşitlik 3.1’e göre hesaplanmıştır.

$$SK = \frac{\sqrt{\frac{\sum(x_i - x_o)^2}{n-1}}}{x_o} \times 100 \quad (3.1)$$

SK : Kolon segregasyon katsayısı, %

x_i : Her bir katmandaki 5 mm üzeri agreganın doymun kuru yüzey ağırlığı, g

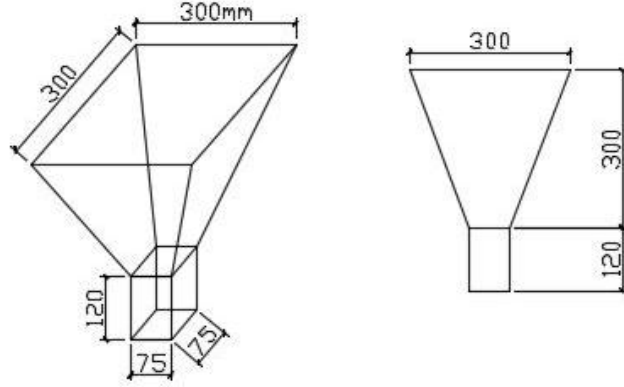
x_o : Kalıbın katmanlarındaki iri agrega kütlelerinin aritmetik ortalaması, g

n : Katman sayısı

3.2.4. Fonksiyonel Geçiş Kalıbı

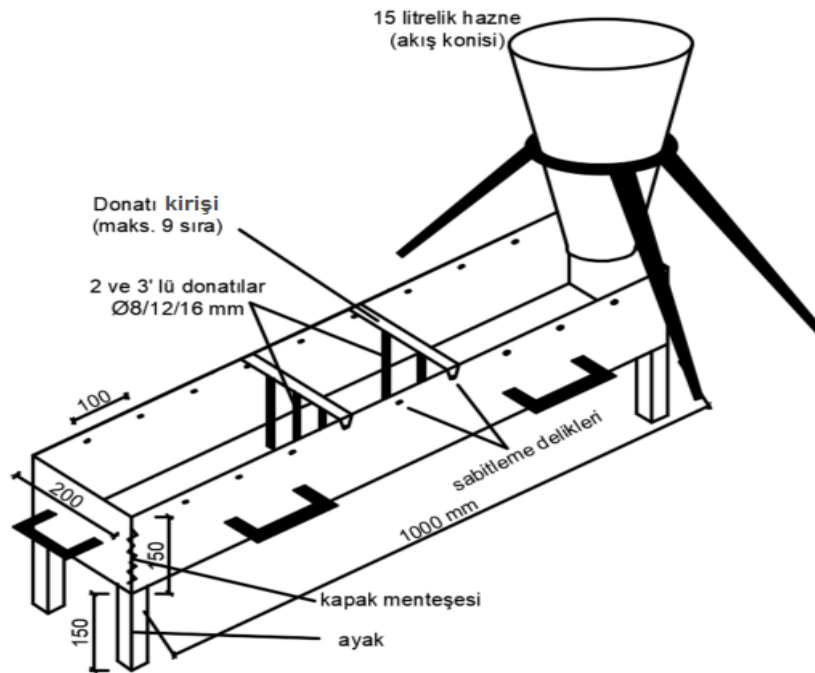
Çalışmanın ikinci aşamasında elde edilen KYB karışımlarının farklı donatı çapı ve sıklığı durumlarına göre performansını araştırmak için çalışma kapsamında imal edilmiş fonksiyonel geçiş kalıbı kullanılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında işlenebilirlik parametreleri belirlenmiş olan karışımlar Şekil 3.10’da şematize edilen modifiye akış

konisine yerleştirilmiş daha sonra fonksiyonel geçiş kalıbına dökülmüştür. 15 litre hacimli konik kısma yerleştirilen karışımların akış süreleri, kapağın açılmasından beton akışının kesilmesine kadar geçen süre olarak belirlenmiştir. Modifiye akış konisinin boyutları Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Modifiye akış konisi detayları

Fonksiyonel geçiş kalıbının bir ucu kapak özellikli olup alt ve yan levhaları şeffaf pleksiglas malzemedен imal edilmiştir. Kalıbın genişliği 200 mm, yüksekliği 150 mm ve uzunluğu 1000 mm olacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Fonksiyonel geçiş kalıbının teknik detayları

Geçiş kalıbının uzunluğu boyunca 100 mm aralıklar ile donatı kirişlerin sabitlenmesi için delikler bulunmaktadır. Kalıbın teknik detayları Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

Akış konisi, hazırlanan KYB karışımlar ile doldurulmuş ve koni kapağı açılarak geçiş kalıbına dökülmüştür. Betonların kalıp içerisindeki yayılma miktarlarına ve nihai yüksekliklerine bağlı olarak geçiş parametreleri belirlenmiştir. Deneyin uygulama detayları Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Fonksiyonel geçiş kalıbın uygulama detayları

İlk karışım hazırlandığı andaki 5 mm üzeri agrega içerikleri (x1) ile akışın tamamlanmasından sonra kalıbın uç kısmından alınan beton örneğinin 5 mm üzeri agrega içerikleri (x2) belirlenmiştir. Elde edilen iri agrega kütlelerine bağlı olarak betonların segregasyon oranları Eşitlik 3.2’ye göre hesaplanmıştır.

$$SO = [(x1-x2)/x1] \times 100 \quad (3.2)$$

x1 : İlk karışım hazırlandığı andaki 5 mm üzeri agrega içerikleri

x2 : Uç kısımdan alınacak beton örneğinin 5 mm üzeri agrega içerikleri

SO : Segregasyon oranı, %

İlk başta D₁₅ ve D_{22.4} karışımların segregasyon oranları ve geçiş parametreleri belirlemek için kalıp donatısız olarak kullanılmıştır. Hazırlanan KYB karışımların basınç dayanımları TS EN 12390-3'a (2010) göre 100 mm ayrıtlı küp numuneler üzerinde belirlenmiştir. Küp numuneler ilk karışım esnasında ve akış sonrasında kalıbın uç kısmından 2'şer adet alınarak 28 gün kür havuzunda bekletildikten sonra kırma işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Basınç dayanımı deney aleti

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Serbest Yayılma Deney Sonuçları

D_{15} ve $D_{22.4}$ karışımların serbest yayılma çapları, T_{500} süreleri ve görsel stabilite indeksleri Tablo 4.1’de özetlenmiştir.

Tablo 4.1. Serbest yayılma, T_{500} süresi ve VSI sonuçları

Karışımlar	Yayılma Çapı (mm)	T_{500} (S)	VSI
D_{15}	750	5	1
$D_{22.4}$	750	6	1

EFNARC (2005) sınıflandırması doğrultusunda D_{15} ve $D_{22.4}$ karışımların serbest yayılma çaplarına göre SF2 (660 mm-750 mm) sınıfında ve T_{500} sürelerine göre VS2 ($T_{500} > 2s$) viskozite sınıfında yer almaktadır. T_{500} sürelerine göre en büyük agrega tane boyutu 15 mm olan karışım aynı yayılma çapına daha kısa sürede ulaşmakta olup daha iyi işlenebilirlik özelliği göstermektedir. Karışımların T_{500} sürelerinin oldukça yüksek çıkması, serbest yayılma deneyinde yayılma konisinin ters olarak kullanımından kaynaklanmıştır.

4.2. J-Halkası Yayılması ve Kolon Segregasyon Deney Sonuçları

J-halkası yayılması ve kolon segregasyon deney sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. J-halkası yayılması ve kolon segregasyon sonuçları

Karışımlar	J-Halkası (mm)	SF - SF _j (mm)	Kolon Segregasyon (SK) %
D_{15}	740	10	4.04
$D_{22.4}$	720	30	3.81

J-halkası yayılmasına göre D_{15} numunesi iyi bir geçiş yeteneği göstermektedir. Bloklaşma durumunu bakıldığında D_{15} numunesinin serbest yayılma çapı (SF) ve

J-halkası yayılması (SF_j) arasındaki fark 25 mm'den küçük olduğu için karışımda bloklaşma olmadığını göstermektedir. ASTM C 1621, (2014)'te bloklaşma durumları incelendiğinde $D_{22.4}$ karışımın SF ile SF_j arasındaki fark 25 mm'den büyük ve 50 mm'den küçük olduğu için numunede kabul edilebilir minimum bloklaşma olduğu görülmektedir. $D_{22.4}$ karışımındaki bloklaşma, yüksek oranda iri agrega içeriği ve maksimum agrega tane çapından kaynaklanmaktadır. ASTM C1621'e göre SF ile SF_j arasındaki farkın 50 mm'den büyük olması kabul edilemez ölçüde bloklaşma olduğunu göstermekte olup deneyin tekrar yapılmasını gerektirir (ASTM C 1621, 2014).

4.3. Fonksiyonel Geçiş Kalıbın Deney Sonuçları

Çalışma kapsamında fonksiyonel geçiş kalıbını kullanarak KYB karışımların farklı donatı çapı ve sıklığı durumlarına göre elde edilen segregasyon oranları (SO) Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3. KYB karışımların segregasyon oranları

No	Donatı sayısı, çapı(mm) ve donatı kirişlerinin aralığı (cm)	Karışım	x1 - 5mm elek üstü numune, baş kısmı (gr)	x2 - 5mm elek üstü numune, son kısmı (gr)	(x1-x2)	Segregasyon oranı $SO = [(x1-x2)/x1] \times 100$ (%)
1	Donatısız	D_{15}	694	669.97	24.03	3.46
2	Donatısız	$D_{22.4}$	713	686.30	26.70	3.74
3	2Ø12/10	D_{15}	694	658.49	35.51	5.12
4	2Ø12/20	D_{15}	694	665.98	28.02	4.04
5	3Ø12/20	D_{15}	694	661.61	32.39	4.67
6	2Ø16/10	D_{15}	694	645.41	48.59	7.00
7	2Ø16/20	D_{15}	694	656.40	37.60	5.42
8	3Ø16/20	D_{15}	694	649.60	44.40	6.40
9	2Ø12/10	$D_{22.4}$	713	665.28	47.72	6.69
10	2Ø12/20	$D_{22.4}$	713	677.27	35.73	5.01
11	3Ø12/20	$D_{22.4}$	713	671.86	41.14	5.77
12	2Ø16/20	$D_{22.4}$	713	674.06	38.94	5.46

Tablo 4.3'te gösterildiği gibi en büyük agrega tane çapına göre 15 mm (D_{15}) olan karışımların SO değerlerinin daha düşük olduğu ve dolayısıyla daha yüksek ayrışma direnci gösterdiği söylenebilmektedir. Ayrıca aynı donatı parametreleri için D_{15} numunesi, $D_{22.4}$ 'e göre daha iyi ayrışma direnci göstermektedir. Tablo 4.3'e bakıldığında ayrışma direncine etki eden önemli faktörlerin, karışımların iri agrega içeriği, maksimum agrega tane çapı, donatı çapı ve sıklığı olduğu görülmektedir. İri agrega dağılımı açısından bakıldığında, D_{15} karışımının donatı parametrelerinin değişimine karşı homojenliğini daha iyi koruduğunu göstermektedir.

Karışımların kalıp içerisinde yayılma mesafeleri ve nihai yüksekliklerine bağlı olarak geçiş parametreleri Tablo 4.4'te verilmiştir.

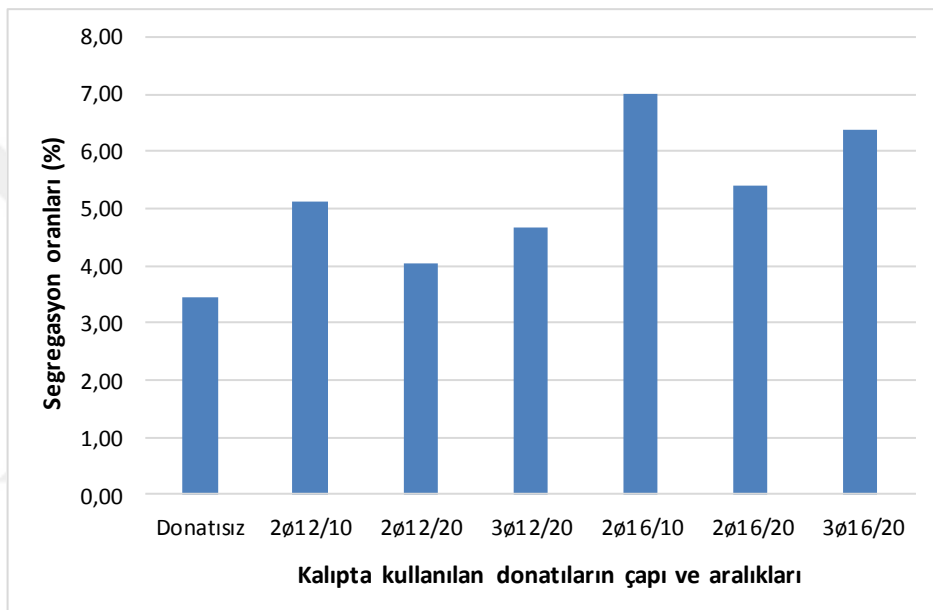
Tablo 4.4. KYB karışımların geçiş parametreleri

No	Donatı sayısı, çapı(mm) ve donatı kirişlerinin aralığı(cm)	Karışım	Yayılma mesafesi (cm)	Baş kısmındaki yüksekliği (cm)	Nihai yüksekliği (cm)
1	Donatısız	D_{15}	92	11	1
2	Donatısız	$D_{22.4}$	83	12	1.5
3	2ø12/10	D_{15}	72	12	1
4	2ø12/20	D_{15}	87	10	1
5	3ø12/20	D_{15}	76	12	1
6	2ø16/10	D_{15}	66	15	1.5
7	2ø16/20	D_{15}	75	13	1.5
8	3ø16/20	D_{15}	62	14	1.5
9	2ø12/10	$D_{22.4}$	72	14	1.5
10	2ø12/20	$D_{22.4}$	64	14	1.5
11	3ø12/20	$D_{22.4}$	48	15	1.5
12	2ø16/20	$D_{22.4}$	56	14	1.5

Tablo 4.4'te verilen yayılma mesafeleri incelendiğinde, $D_{22.4}$ karışımının donatı parametrelerin değişimine karşı daha hassas olduğu görülmektedir. Donatı olmadan

kalıba $D_{22.4}$ karışımı döküldüğünde 83 cm yayılma mesafesi göstermiş, kalıba 20 cm aralıklar ile $3\phi 12$ 'li donatı kirişleri yerleştirdiğinde yayılma mesafesi 48 cm'ye düşerek %42 oranda bir düşüş meydana geldiği görülmektedir. Aynı durumu D_{15} karışımı için bakıldığında, donatı olmadan 92 cm yayılma mesafesi göstermiş, kalıba 20 cm aralıklar ile $3\phi 12$ 'li donatı kirişleri yerleştirdiğinde yayılma mesafesi 76 cm'ye düşerek %17 oranda bir düşüş meydana geldiği görülmektedir.

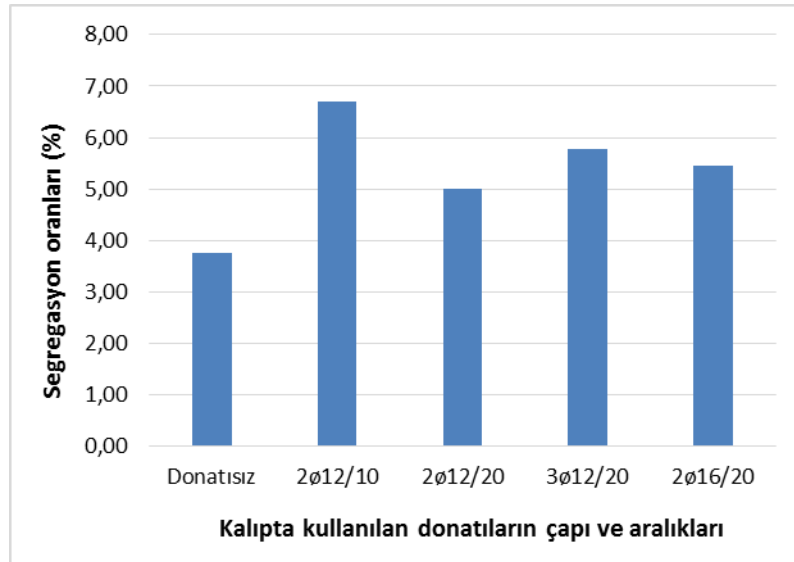
Şekil 4.1'de D_{15} karışımın donatı parametrelerinin değişimine bağlı olarak segregasyon oranlarının (SO) değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.1. D_{15} karışımın donatı parametreleri ile SO ilişkisi

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi donatı çaplarının artması ile SO değerleri de artmıştır. En düşük segregasyon değeri kalıp donatısız halindeyken elde edilmiş ve en yüksek segregasyon değeri ise $2\phi 16/10$ durumunda elde edildiği görülmektedir. Çalışmada D_{15} karışım için kullanılan en yoğun donatı durumu $2\phi 16/10$ 'dir. Kalıp boyunca 10 cm aralıklarla $2\phi 16$ 'lı kirişler (18 adet $\phi 16$) yerleştirilerek düşey engeller oluşturulmuştur. Beklendiği gibi en yüksek segregasyon değeri de $2\phi 16/10$ durumunda elde edilmiştir.

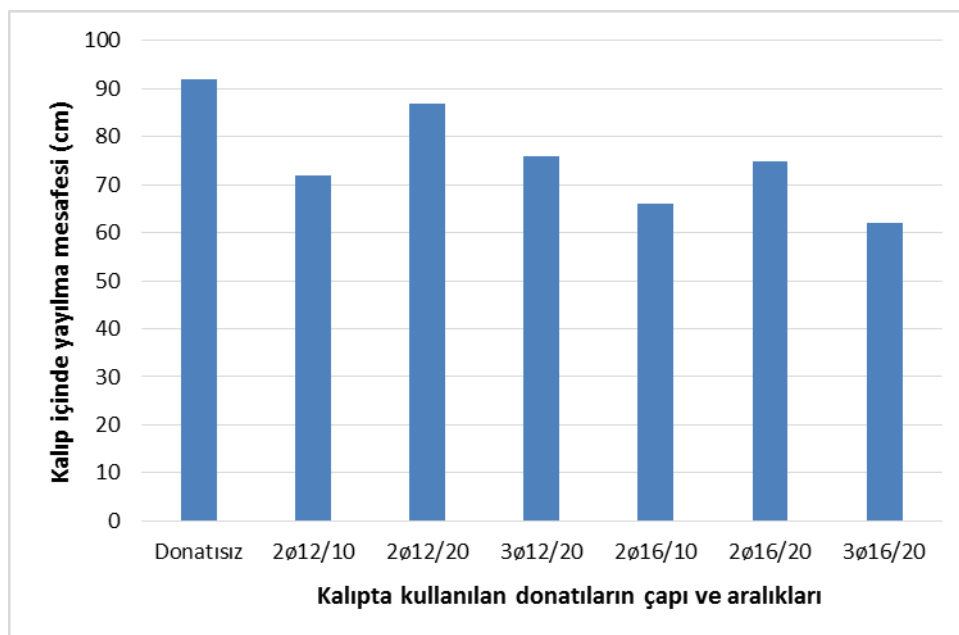
Şekil 4.2'de $D_{22.4}$ karışımın donatı parametrelerinin değişimine bağlı olarak segregasyon oranlarının (SO) değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.2. $D_{22.4}$ karışımın donatı parametreleri ile SO ilişkisi

Şekil 4.2’de gösterildiği gibi $D_{22.4}$ karışım için en küçük segregasyon değeri kalıpta düşey engel olmadığı halinde elde edilmiş ve en yüksek segregasyon değeri ise 2ø12/10 durumunda elde edildiği görülmektedir. Çalışma kapsamında $D_{22.4}$ karışım için kullanılan en yoğun donatı durumu 2ø12/10’dur. Kalıp boyunca 10 cm aralıklarla 2ø12’li kirişler (18 adet ø12) sabitlenerek düşey engeller oluşturulmuştur. Beklendiği gibi en yüksek segregasyon değeri de 2ø12/10 durumunda elde edilmiştir.

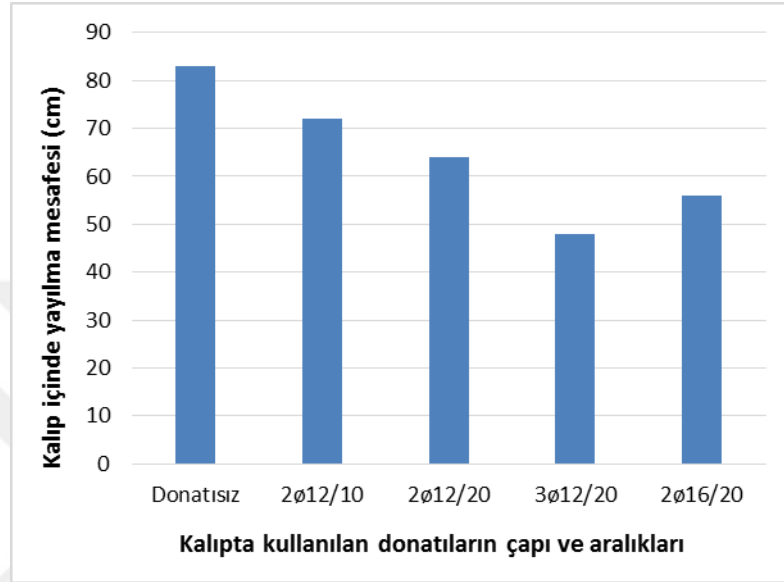
Şekil 4.3’te D_{15} karışımın donatı parametrelerinin değişimine bağlı olarak kalıp içindeki yayılma mesafesi ile ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.3. D_{15} karışımı için donatı parametrelerinin kalıp içindeki yayılma mesafesi ile ilişkisi

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi en küçük yayılma mesafesi 3ø16/20 durumunda elde edilmiş ve en yüksek yayılma mesafesi ise beklendiği gibi kalıpta düşey engel olmadığı halinde elde edilmiştir.

Şekil 4.4'te $D_{22.4}$ karışımın donatı parametrelerinin değişimine bağlı olarak kalıp içindeki yayılma mesafesi ile ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.4. $D_{22.4}$ karışımı için donatı parametrelerinin kalıp içindeki yayılma mesafesi ile ilişkisi

Şekil 4.4'te görüldüğü gibi en küçük yayılma mesafesi 3ø12/20 durumunda elde edilmiş ve en yüksek yayılma mesafesi ise beklendiği gibi kalıpta düşey engel olmadığı halinde elde edilmiştir. Donatı parametrelerinin değişimi, segregasyon oranları ve yayılma mesafesi kapsamlı bir şekilde incelendiğinde, D_{15} karışımın en yüksek segregasyon değeri 2ø16/10 durumunda elde edilmişken (Şekil 4.1) en küçük yayılma mesafesi ise 3ø16/20 durumunda elde edilmiş (Şekil 4.3), $D_{22.4}$ karışım için de benzer bir durum görülmektedir. Bu sonuçların çerçevesinde, segregasyon oranlarında donatı kırımları arasındaki mesafe etkiliyken yayılma mesafesinde ise donatı çubukları arasındaki mesafe daha etkili olduğu söylenebilmektedir.

4.4. Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Karışımların 28 gündeki basınç dayanımları Tablo 4.5'te gösterilmiştir. Taze haldeki KYB'nin doldurma kabiliyeti, geçiş kabiliyeti ve segregasyon direnci gibi 3

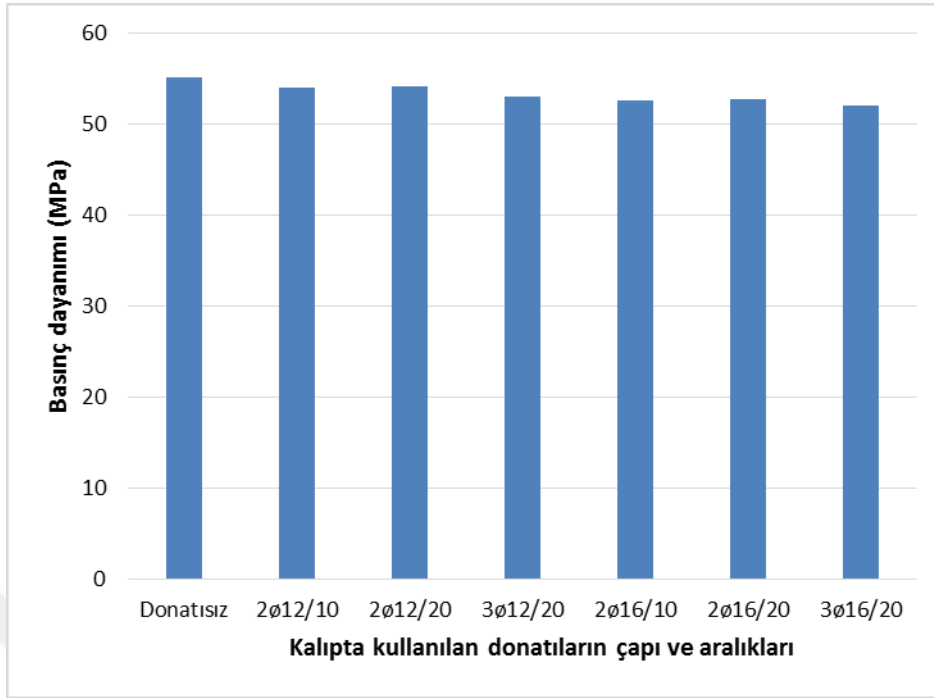
esas özelliği sağlandığında sertleşmiş beton özelliklerinin gelişmesine de sebep olmaktadır.

Tablo 4.5. KYB karışımların basınç dayanımları

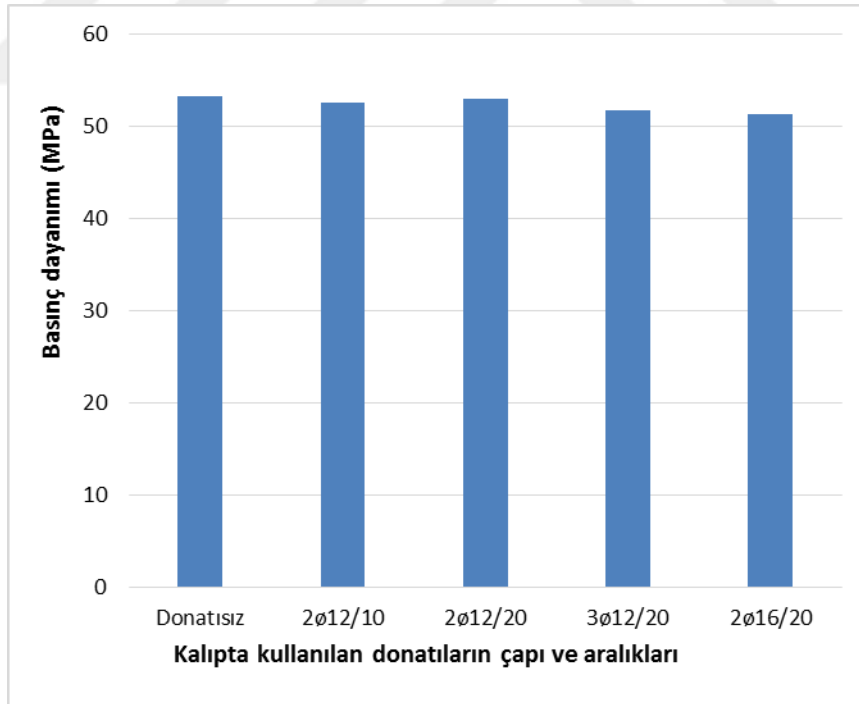
Karışım	İlk karışım esnasında basınç dayanımı (MPa)	Donatı çapı(mm), sayısı ve donatı kirişlerinin aralığı (cm)	Akış sonrasında basınç dayanımı (MPa)
D ₁₅	56.06	Donatısız	55.46
D _{22.4}	54.12	Donatısız	53.32
D ₁₅	56.06	2ø12/10	53.84
D ₁₅		2ø12/20	54.27
D ₁₅		3ø12/20	53.14
D ₁₅		2ø16/10	52.16
D ₁₅		2ø16/20	52.86
D ₁₅		3ø16/20	51.24
D _{22.4}		54.12	2ø12/10
D _{22.4}	2ø12/20		53.06
D _{22.4}	3ø12/20		51.82
D _{22.4}	2ø16/20		50.46

Tablo 4.5'e bakıldığında oldukça yüksek basınç dayanımları elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda, taze haldeki KYB'nin geçiş, doldurma ve segregasyon direnci gibi esas özelliklerin sağlandığı söylenebilmektedir.

Şekil 4.5 ve 4.6'da D₁₅ ve D_{22.4} karışımların donatı parametreleri ile basınç dayanımları arasındaki ilişki gösterilmiştir. Basınç dayanımındaki küçük farkların segregasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.5. D₁₅ karışımı için donatı parametreleri ile basınç dayanımların ilişkisi



Şekil 4.6. D_{22.4} karışımı için donatı parametreleri ile basınç dayanımların ilişkisi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Çalışma kapsamında donatı çapı ve sıklığının kendiliğinden yerleşen betonun işlenebilirlik özelliklerine etkisinin araştırılması, geliştirilen fonksiyonel geçiş kalıbın kullanılması ile agrega tane çapının segregasyon direncine etkisinin incelenmesinden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- KYB'nin akış doğrultusunda farklı bölgelerinde iri agrega dağılımını, segregasyon oranlarını ve geçiş özelliklerini incelemek için geliştirilen fonksiyonel geçiş kalıbının alternatif bir yöntem olarak kullanabileceği kanaatine varılmıştır.
- Donatı çapı büyüdükçe KYB'nin geçiş kabiliyetinin ve ayrışma direncinin azaldığı görülmüştür.
- Aynı donatı parametreleri için D_{15} karışımı $D_{22.4}$ karışımına göre daha iyi işlenebilirlik ve geçiş özelliği göstermiştir.
- Segregasyon oranlarında donatı kırımları arasındaki mesafe etkiliyken yayılma mesafesinde ise donatı çubukları arasındaki mesafe daha etkili olduğu görülmüştür.
- Maksimum agrega dane çapının artması ile KYB'nin geçiş özelliği ve ayrışma direncinin azaldığı görülmüştür.

5.2. Öneriler

- KYB'nin malzeme özelliklerinin değişimine karşı hassas olduğu için karışımlarda kullanılan malzemelerin sıcaklık ve nem gibi dış etkilerin değişiminin minimum olduğu bir yerde depolanması önerilmektedir.
- Segregasyon ve bloklaşma oluşmasında iri agrega miktarı önemli bir faktör olduğu için KYB karışımlarında sınırlı miktarda kullanımı önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abo Dhaheer M., 2016, Design and properties of self-compacting concrete mixes and their simulation in the J-ring test, Doctor of Philosophy, *Cardiff University*, UK.
- Alami, M., 2014, development of a new test method to evaluate dynamic stability of self-consolidating concrete, Master Thesis, *İzmir Institute of Technology*, İzmir.
- Al-Rubaye M., 2016, Self-compacting concrete: design, properties and simulation of the flow characteristics in the L-box, Doctor of Philosophy, *Cardiff University*, UK.
- Artık, K., 2009, Kendiliğinden yerleşen betonda farklı agregaların beton özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon.
- ASTM C 1610, 2014, Standard test method for static segregation of self-consolidating concrete using column technique, *ASTM International*, West Conshohocken, PA
- ASTM C 1611, 2014, Standard test method for slump flow of self-consolidating concrete, *ASTM International*, West Conshohocken, PA.
- ASTM C 1621, 2014, Standard test method for passing ability of self-consolidating concrete by J-Ring, *ASTM International*, West Conshohocken, PA.
- Bakırcı, H., 2011, Kendiliğinden yerleşen taze betonda değiştirilmiş L-kutusu yöntemiyle segregasyon kontrolü etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Haran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa.
- Billberg P., Petersson O., Westerholm M., Wustholz T., Reinhardt H.W., 2004, Summary report on work package 3.2: Test methods for passing ability.
- Bouzoubaa N., Lachemi M., 2001, Self-compacting concrete incorporating high volumes of class F fly ash Preliminary results, *Cem. Concr. Res.*, Vol: 31, p. 413-420.
- Bui V.K., Montgomery D., Hinczak I., Turner K., 2002, Rapid Testing Method for Segregation Resistance of Self-Compacting Concrete, *Cement and Concrete Research*, Vol. 32 No: 9, pp 1489–1496.
- Deeb R., 2013, Flow of self-compacting concrete. PhD thesis, *School of Engineering, Cardiff University*, UK.
- EFNARC 2005, Self-compacting concrete, European Project Group, The European guidelines for self-compacting concrete: Specification, production and use. ([http://www.efnarc.org/pdf/SCC Guidelines May2005.pdf](http://www.efnarc.org/pdf/SCC_Guidelines_May2005.pdf), (accessed 28.01.17)).
- El-Chabib H., Nehdi M., 2006, Effect of Mixture Design Parameters on Segregation of Self-Consolidating Concrete, *ACI Materials Journal*, Vol. 103, No: 5, pp 374-383

- Erdoğan T., Y., 1993, Atık malzemelerin inşaat endüstrisinde kullanımı uçucu kül ve yüksek fırın cürufu, *Endüstriyel atıkların inşaat sektöründe kullanılması sempozyumu*, 18-19 Kasım 1993, Ankara, 1-8.
- Esmailkhanian B., Feys D., Khayat K.H., and Yahia A., 2014, “New Test Method to Evaluate Dynamic Stability of Self Consolidating Concrete,” *ACI Materials Journal*, Vol. 111, No: 3, pp 299-307
- Esmailkhanian B., 2011, Dynamic Stability of Self-Consolidating Concrete: Development of Test Methods and Influencing Parameters, PhD Thesis, *Sherbrooke University, Civil Engineering Department*, Canada.
- Felekoğlu B., Türkel S., Baradan B., 2004, Kendiliğinden yerleşen beton: bölüm 1 genel tanıtım, kullanım alanları, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi.
- Gökçe H. S., Andiç-Çakır, Ö., 2018, A New Method for Determination of Dynamic Stability of SCC: 3-Compartment Sieve Test,” *Constr. Build. Mater.*, Vol. 168, pp. 305–312.
- Gökçe H. S., Andiç-Çakır Ö., 2018, A Dynamic Segregation Test Method for Heavyweight Concrete: Density Variation Method,” *Journal of Testing and Evaluation*, <https://doi.org/10.1520/JTE20180196>. ISSN 0090-3973.
- Jianxiong C., Xincheng P., Yubin H., 1999, A study of self-compacting HPC with superfine sand and pozzolanic additives, *Proceedings of the First International RILEM Symposium*, Edited by A.Skarendahl and Ö. Petersson, p. 549-560.
- Khayat, K.H., 1999, Workability, testing, and performance of self- consolidating concrete. *ACI Materials Journal*, 96, pp.346–353.
- Khayat K.H., Assaad J., and Daczko J., 2004, Comparison of Field-Oriented Test Methods to Assess Dynamic Stability of Self-Consolidating Concrete, *ACI Materials Journal*, Vol. 101, No: 2, pp 168-176.
- Mesbah H.A., Yahia A., Khayat K.H., 2011, Electrical Conductivity Method to Assess Static Stability of Self-Consolidating Concrete, *Cement and Concrete Research*, Vol. 41, No: 5, pp 451-458.
- Mouret M., Escadeillas G., and Bascoul A., 2008, Metrological Significance of the Column Test in the Assessment of the Static Segregation of Self-Compacting Concrete Concrete in the Fresh State, *Materials and Structures*, Vol. 41, No: 4, pp 663-679.
- Noguchi T., Oh S.G., Tomosawa F., 1999, Rheological approach to passing ability between reinforcing bars of self-compacting concrete. In: A. Skarendahl and Ö. Petersson ed. *1st International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete*. RILEM Publications SARL, Stockholm, Sweden, pp. 59–70.

- Okamura H., 1997, Self-compacting high-performance concrete. *Concrete international*, 19(7), pp.50–54.
- Okamura H., and Ouchi M., 2003, Self-compacting concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 1(1), pp.5–15.
- Ouchi M., Nakamura SA., Osterberg T., Hallberg SE., Lwin M., 2003, Application of self- compacting Concrete in Japan, Europe, and the United States. *ISHPC*. Webpage: <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/scc.cfm>.
- Pandurangan K., Ramakrishna G., Kothandaraman S., 2012, A Effect of Coarse Aggregate Size And Shape on the Strength and Flow Characteristics of Self-compacting Concrete,” *ICI Journal*, pp. 1–7.
- RILEM TC 174 SCC, 2000, Self- compacting concrete State-of-the-art report of RILEM technical committe 174-SCC. In: A. Skrendahl and Ö. Petersson, eds. France: RILEM Publications S.A.R.L.
- Rols S., Ambrosie J., Pera J., 1999, Effects of different viscosity agents on the properties of self-leveling concrete, *Cem. Concr. Res.*, Vol: 29, pp 261– 266.
- Safawi M.I., Iwaki I., Miura T., 2005, A study on the applicability of vibration in fresh high fluidity concrete, *Cement and Concrete Research Vol. 35*, 1834-1845.
- Shen L., Struble, L., Lange, D., 2009, Modeling dynamic segregation of self-consolidating concrete, *ACI Mate. J. 106-M43*, 375-380.
- Sonebi, M., 2004, Medium strength self-compacting concrete containing fly ash: modelling using factorial experimental plans, *Cement and Concrete Research Vol. 34*, 1199–1208.
- Shen L., 2007, Role of aggregate packing in segregation resistance and flow behavior of self-consolidating concrete, PhD thesis, *University of Illinois at Urbana-Champaign*, Illinois. USA.
- Takada, K. and Tangtermsirikul., S., 2000. Testing of Fresh Concrete. In: A. Skarendahl and Ö. Petersson, eds., Self- compacting concrete: state-of-the-art report of RILEM Technical Committee, 174-SCC. Cachan Cedex, France: RILEM Publications S.A.R.I., pp.25–39.
- TS EN 12390-3, 2010, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yahia A., Tanimura M., Shimabukuro A., Shimoyama Y., 1999, Effect of rheological parameters on self compactability of concrete containing various mineral admixtures, *Proceedings of the First International RILEM Symposium*, Edited by A.Skarendahl and Ö. Petersson, p. 523-536.
- Yousif, M., 2018, Reinforced self-compacted concrete filled steel tube columns, Master Thesis, *University of Gaziantep*, Gaziantep.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Nasir Ahmad AHMADI
Uyruğu : Afganistan
Doğum Yeri ve Tarihi : GHAZNI / 01.04.1992
Telefon : 0553 270 4243
Faks :
e-mail : nasirahmadyan@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Sanayee Lisesi / Ghazni	2010
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi	2016
Yüksek Lisans	: Konya Teknik Üniversitesi	2019
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

Farsça
 İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

23-25 Kasım 2018, UTDAS (Uluslararası Türk Dünyası Araştırmaları Sempozyumu). N.A. Ahmadi, Ü.S. Keskin, Ö. Andiç Çakır, H.S. Gökçe “*Donatı Çapının Kendiliğinden Yerleşen Betonun İşlenebilirlik Özelliklerine Etkisi*”. Uluslararası bildiri, Afyonkarahisar, Türkiye.