

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN
ÖZELLİKLERİ VE UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Onur GÜRSES

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI MALZEMESİ
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ

Eylül 2008

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN ÖZELLİKLERİ VE UYGULAMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Onur GÜRSES

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

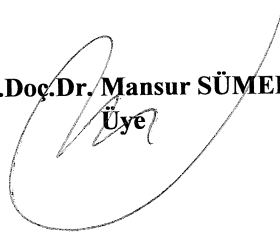
Enstitü Bilim Dalı : YAPI MALZEMESİ

Bu tez .. / .. /2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

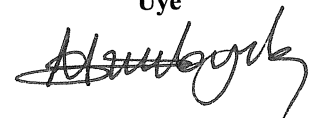
Prof.dr. Kemalettin YILMAZ
Jüri Başkanı



Yrd.Doç.Dr. Mansur SÜMER
Üye



Doç.Dr.Mehmet SARIBIYIK
Üye



ÖNSÖZ

Günümüzde birçok bina geleneksel vibrasyonlu betonlarla binalar ayakta tutulmaktadır. Bu yüzden kendiliğinden yerleşen beton ülkemiz için çok yeni bir teknolojidir. Kendiliğinden Yerleşen Beton Avrupa' da yaygın olduğu halde, ülkemizde halen istenilen düzeye gelememiştir. İlerleyen yıllarda bu betonun avantajları anlaşıldıkça daha çok bina bu beton ile ayakta duracaktır, bu yüzden öni çok açık bir yapı malzemesidir. Böyle gelişmekte olan bir tez konusunu seçmemde yardımcı olan ve bu tezin yöneticiliğini yapan ve çalışmalarım sırasında değerli bilgi ve yardımları ile yanımda olan sayın hocalarım, Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ ve Yrd. Doç. Dr. Mansur SÜMER' e, çalışmalarım sırasında bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan Araş. Gör. Mücteba UYSAL' a, öğrenim hayatım boyunca maddi, manevi varlıkları ile daima yanımda olan ve beni destekleyen babam Muharrem GÜRSES, canım annem Faika GÜRSES ve kardeşim Orkun GÜRSES' e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Literatür Taraması	2
BÖLÜM 2.	
KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONUN (KYB)TANIMI	6
VE ÖZELLİKLERİ	6
2.1. KYB' nun Tanımı ve Başlıca Gereksinimleri	8
2.1.1. Ayrışmaya karşı direnç	9
2.1.2. Viskozite katkıları	10
2.1.3. Doldurma etkisi	10
2.1.3.1. Taneler arası sürtünmenin azaltılması	11
2.1.3.2. Üstün deformasyon yeteneğine sahip çimento hamuru	11
2.1.4. Geçiş yeteneği	12
2.1.5. Reoloji	14
2.1.6. İşlenebilirlik	14
2.1.7. Filler malzeme	14
2.2. KYB Bileşiminde Kullanılan Malzemeler	15
2.2.1 Çimento	15

2.2.2 Mineral katkılar	16
2.2.2.1. Mineral dolgu malzemeleri	16
2.2.2.2. Uçucu kül	16
2.2.2.3. Silis dumanı	16
2.2.2.4. Yüksek fırın cürufu	16
2.2.3. Diğer mineral katkılar	17
2.2.4. Agregalar	17
2.2.4.1. Kaba agregalar	17
2.2.4.2. İnce agrega / kum	18
2.2.5. Kimyasal beton katkıları.	18
2.2.5.1. Süper akışkanlaştırıcı / yüksek oranda su azaltıcı katkılar.....	19
2.2.5.2. Viskozite düzenleyici katkılar.....	19
2.2.5.3. Hava sürükleyici katkıları.	19
2.2.6. Pigmentler.	20
2.2.7. Fiberler.	20
2.2.8. Karışım suyu.....	20
2.3. KYB' un Karakteristik Özellikleri.....	21
2.3.1. KYB' un basınç dayanımı	21
2.3.2. KYB' un çekme dayanımı	22
2.3.3. KYB' un statik elastisite modülü	22
2.3.4. KYB' da sünme	23
2.3.5. KYB' da rötre	23
2.3.6. KYB' un sıcaklıkla genleşme katsayısı.....	24
2.3.7. KYB' un donatıya, öngermeye ve tellere aderansı.....	24
2.3.8. KYB' da dökme düzlemleri boyunca kesme kuvveti kapasitesi	25
2.3.9. KYB' un yangına karşı dayanıklılığı.....	25
2.3.10. KYB' da dayanıklılık	26

BÖLÜM 3.

KYB' UN KARIŞIM OPTİMİZASYONU VE TEST METOTLARI	28
3.1. Karışım Tasarım Prensipleri	28

3.1.1. KYB' nun karışım kompozisyonununun ağırlık ve hacimce optimum oranı	29
3.1.2. Karışım tasarım hipotezi	30
3.2. KYB' u Değerlendirmek için Test Özellikleri ve Test Metotları..	31
3.2.1. Çökme – akma değeri ve KYB için T500 süresi.....	31
3.2.2. V – Hunisi testi.....	34
3.2.3. L – Kutusu testi.	35
3.2.4. Elek ayrışması direnci testi.....	37
3.2.5. U – Kutusu deneyi.....	38
3.2.6. Doldurma kutusu deneyi	39
3.2.7. Fill – Box deneyi	39

BÖLÜM 4.

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONUN ÜRETİMİ,

NAKLİYESİ VE UYGULAMALARI	41
4.1. KYB' u Oluşturan Bileşen Malzemelerinin Depolanması.....	41
4.2. KYB' un Santralde Karıştırma Prosedürleri ve Taşınması.....	42
4.2.1. KYB' un serbest düşüslü santral ve kamyon monte edilmiş karıştırıcılarla taşınması.....	44
4.2.2. KYB' un taşımında kuvvet uygulamalı karıştırıcılar	44
4.3. KYB' un Üretim Kontrolü	44
4.3.1. KYB' un üretime başlamadan önce bileşenlerin kontrolü	44
4.3.2. KYB' un üretimi.....	45
4.3.3. KYB' un karışım ayarlanması.....	45
4.4. KYB' un Taşınması ve Teslimi	46
4.4.1. KYB' u şantiyede teslim alma.....	46
4.4.2. KYB' un şantiyede kontrolü.....	47
4.4.3. KYB' un şantiyede kalıba yerleştirilmesi ve yüzeyin masterlanması	47
4.4.4. KYB' un yerleştirme hızı	48
4.4.5. KYB' un mikserden boşaltılması	49
4.4.6. KYB' un pompa ile yerleştirilmesi	50

4.4.7. KYB' un beton boşaltma borusu (şüt) yada kovayla yerleştirilmesi.....	51
4.4.8. KYB' un vibrasyonu	52
4.4.9. KYB' un kürlenme	52
4.5. KYB' un Kalıp Tasarımı.....	52
4.5.1. KYB' da kalıp basıncı	53
4.5.2. KYB' da kalıp hazırlanması	53
4.5.3. KYB' da kalıbı ayırmak için kullanılacak kalıp yağları....	54
4.5.4. KYB' un kaplanmamış ahşapla kalıp hazırlama	54
4.5.5. KYB' un sentetik kaplanmış yada reçine yüzeyli ahşap ve çelik levhacalıyla hazırlanması	55
4.6. KYB' da Yüzey Görünüşü ve Yüzeyin Tamamlanması.....	55
4.6.1. Hava delikleri	56
4.6.2. Peteğimsi delikler	57
4.6.3. Renk tutarlılığı ve yüzey sapmaları.....	57
4.6.4. Yüzey çatlaklarının mümkün olduğunca azaltılması	58
4.7. KYB' da Uygulamalar ve Örnekler	59
4.8. Prefabrik Sektöründe KYB Ürünleri	62
4.8.1. Prefabrik KYB ürünler için karışım tasarımı	62
4.8.2. Prefabrik KYB ürünlerin fabrika üretimi	63
4.8.3. Prefabrik KYB ürünler için kalıp hazırlama	64
4.8.4. Prefabrik KYB ürünlerin kalıba yerleştirilmesi.	64
4.8.5. Prefabrik KYB ürünlerin yüzey bitirilmesi, kür uygulaması ve kalıbın Sökülmesi.....	64

BÖLÜM 5.

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN LİFLİ BETONLAR.....	66
5.1. Kendiliğinden Yerleşen Çelik Tel Donatılı Betonlar.....	66
5.2. Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Polipropilen ve Çelik Lif Kullanılmasının İşlenebilirliğe Etkisi.....	67

BÖLÜM 6.	
MALİYET ANALİZİ.....	69
BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR	71
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	74

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. KYB' un istenilen özelliğine göre yapılan test metodu	6
Tablo 2.2. Mineral katkıları suyla reaksiyon kapasitelerine göre sınıflandırılması	15
Tablo 3.1. KYB karışım kompozisyonununun ağırlık ve hacimce tipik aralığı	29
Tablo 3.2. Karışım tasarım prosedürü	30
Tablo 3.3. KYB' yi değerlendirmek için test özellikleri ve metotları	31
Tablo 6.1. Şantiyeye teslim beton fiyatları	69

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Agregaların kemerlenme oluşturma mekanizması.....	11
Şekil 2.2.	Taze beton için Bingham Modeli ve Newton Sıvısının davranışı	13
Şekil 2.3.	Taze betonun davranış modeli ve parametreler	13
Şekil 3.1.	Taban levhası	33
Şekil 3.2.	V – hunisi.....	35
Şekil 3.3.	L – kutusunun genel yapısı	37
Şekil 3.4.	L – kutusunun tipik tasarımı ve boyutları	37
Şekil 3.5.	Fill – Box aleti	39
Şekil 3.6.	Fill – Box aleti detayı.....	40

ÖZET

Anahtar kelimeler: Kendinden yerleşen, beton, maliyet analizi, akışkanlık, reoloji geçiş yeteneği

Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB) özellikle hazır beton sektörü, onarım güçlendirme işleri ve prefabrik inşaat sektörü başta olmak üzere yapıların beton ile ilgili tüm dallarında giderek daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Vibratör gerektirmeden yerleşmesi, yüksek akışkanlığa sahip oluşu, yüksek dayanım özelliği gibi nedenlerle yüksek performanslı beton üretimine olanak vermektedir. KYB' lar kendi ağırlığı ile döküldüğü kalıba yerleşen ve vibratör kullanılmasına gerek duyulmaksızın en sık donatılı bölgelerde ve en dar kesitlerde bile hava boşluğunu dışarı atarak ve sıkışarak istenilen yüzeyde kalıptan çıkan, oldukça akıcı kıvamlı bir betondur. Kendi kendine sıkışma yeteneği sayesinde vibrasyon gerektirmez ve işçilikten ve zamandan tasarruf sağlar. Ayrıca gürültü probleminin ortadan kalkması, şehir merkezlerinde ve özellikle gece beton dökümlerinde üstünlük sağlar. Bu çalışmada, KYB' nun özellikleri, deney metodları incelenmiş olup, uygulama örnekleri ve maliyet analizi sunulmaktadır.

SELF – COMPACTING CONCRETE APPLICATIONS AND PROPERTIES

SUMMARY

Key Words: self-compaction, segregation resistance, concrete, rheology, casting ability, cost analysis

Self – Compacting concrete (SCC) is increasingly in use in all arms of construction especially in fixed concrete sector, repair-reinforcement activities and prefabricated construction sector. Due to the fact that it needs no vibrator, it has high segregation and resistance; it can lead to the production of high performance concrete.

Self Compacting Concrete (SCC) is a highly flow able concrete that consolidates with its own weight, has the capability to be placed and leveled without the need of vibration and fills into structural members of highly congested reinforcement. Owing to its self - consolidating ability, no vibration is required which saves time and labor. In addition, since no vibration is required, noise pollution is mostly eliminated at construction sites, thus SCC has an advantage especially when concreting at night in residential areas. In this work, test methods and quality criteria of SCC were investigated and some applications from Turkey and from the world are present

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB) sıkıştırma ve yerleştirme için vibrasyon gerektirmeyen yenilikçi bir betondur. Kendi ağırlığıyla akabilen, kalıbı tamamen homojenliğini koruyarak doldurabilen, yoğun donatılı ve dar kesitli elemanların olması durumunda bile segregasyona uğramadan tam bir sıkışma sağlayabilen çok akıcı kıvamlı bir beton çeşididir. KYB' ların kullanılmasında öncü ülke Japonya' dır. 1980' li yılların sonuna doğru su altı beton uygulamalarında kullanılmak için Japonya da geliştirilmiştir.

KYB' lar, kendi kendine sıkışma yeteneği sayesinde vibrasyon gerektirmez ve tüm olumsuz etkenleri en aza indirerek, işçilikten ve zamandan tasarruf sağlar. Ayrıca gürültü probleminin ortadan kalkması, şehir merkezlerinde ve özellikle gece beton dökümlerinde üstünlük sağlar.

KYB' ların diğer kullanım alanları: Güçlendirme projelerinde, sık donatılı elemanlarda, estetik kalıp tasarımlarında, zor ve ulaşılmaz kalıplarda, vibratör kullanımının imkânsız olduğu yerlerde kolaylık sağlar.

Reolojik kavramlar, KYB' nun geliştirilmesi ve taze haldeki davranışının daha iyi anlaşılması için kullanılmaktadır. Reolojik incelemeler kayma gerilmesi ile kayma hızı arasındaki bağıntının elde edilmesine dayanmaktadır. Elde edilen bu ilişkiden de kayma esiği ve plastik viskozite bulunmaktadır.

Reolojik ölçümler için reometreler ve viskozimetreler kullanılmaktadır. Reolojik ölçümler genel olarak araştırma ve geliştirme aşamalarına yöneliktir, ancak bazı karışım tasarım prosedürleri için de kullanılmaktadır.

Kendiliğinden yerleşen betonların reolojik özelliğinin ölçülmesi için değişik yöntemler geliştirilmiştir:

a) Doldurma Yeteneği: Betonun kendi ağırlığı ile kalıptaki bütün boşluklara akabilme yeteneğidir. Bu özellik çökme-yayılma deney yöntemi ile ölçülebilir.

b) Ayrışmaya direnç: Karıştırma, taşıma ve döküm işlemleri sırasında betonun homojenliğini koruyarak ince taneli askıda madde (süspansiyon) olarak kalabilme yeteneğidir. L şekilli deney aleti bu özelliği ölçmek için kullanılabilir.

c) Engellerin arasından geçme yeteneği: Betonun, kalıpta sık donatılar vb. dar kesitlerin oluşturduğu engeller arasından, agrega tanelerinin tıkanma yapmaksızın geçebilme yeteneğidir. Bu özellik, V huni, U ve L şekilli deney aletleri ile ölçülür.

d) Viskozite ve kayma eşiği: Bu gibi reolojik özellikler Bingham modeli kullanılarak çimento hamuru, harç ve betonda viskozitemetre aleti ile ölçülür.

1.1. Literatür Taraması

SONEBI MOHAMMED tarafından yapılan çalışmada, orta dayanımlı uçucu kül içeren KYB modellemede kullanılmak üzere deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yeni hazırlanmış taze KYB' nin etrafında engeller bulunan ve onun kendi ağırlığı ile kalıpları tamamen doldurması ve akıcılığıyla yerleşmesi incelenmiş ve herhangi bir segregasyon ve blokajlaşma gözlenmemiştir. Daha kaliteli beton ve çalışma durumlarını iyileştirme için sınıflandırmalar yapılmıştır. KYB karışımları genellikle daha yüksek içeriklerde ince dolgu malzemeleri, çimento içeriği ve aşırı derecede sıkıştırılmış güçlü beton üretmektir ki, o özel bir betondur ve uygulama alanlarında dar yerlerden geçebilir. KYB' lardan elde edilebilen maksimum fayda pratik olarak genel beton ile ilgili yapılara adapte olabilmesidir [1].

NAN SU, KUNG-CHUNG HSU, HIS-WEN CHAI tarafından yapılan KYB için karışım metodu isimli deneysel çalışmada, ilk olarak agregadaki gerekli oranların tanımlanması yapılmış ve agreganın boşluklarını dolduran bağlayıcıların birleştirme

özellikleri ve betonun akıcılığının özellikleri incelenmiştir. KYB' nin istenen diğer özellikleri ve serbest sıkışabilme yeteneğidir. Agreganın miktarı, bağlayıcı ve karışım suyu ilaveten süper akışkanlaştırıcının türü, dozajı ve kullanılması ile ilgili özelliklerini içeren önemli faktörlerdir. Slump akışı, V hunisi, L akışı (kutusu), U kutusu ve basınç testleri KYB' nin performanslarını incelemek için sürdürülmektedir ve sonuçlar göstermiştir ki yüksek kaliteli KYB' i başarılı bir şekilde üretmek için metotlar önermektedir. Japon Hazır – Beton Birliği (JRMCA) tarafından gerçekleştirilen bu metot' la karşılaştırıldığında bu metot daha basittir. Uygulanabilirliği kolaydır ve daha az zaman harcanır. Daha az miktarda bağlayıcı gerektirir ve maliyeti tasarruf sağladığını belirtmişlerdir [2] .

WENZHONG ZHU, PETER J.M. BARTOS tarafından kendiliğinden yerleşen betonun yayılma özelliği incelenmiştir. Bu makalede yayılma özelliği, geçirgenlik, yayılma gücü v.b ile beton dayanıklılık karakteristiklerinin yaygın olarak kullanılmalarını içermiştir. Aynı mukavemet derecelerine sahip geleneksel vibrasyon referanslı beton ile KYB karışımlarının farklı bölgelerdeki yayılma özelliklerinin karşılaştırılması ile ilgili deneysel bir çalışma olarak sunulmuştur. KYB karışımlarının karakteristik küp basınç dayanımları 40 MPa ve 60 MPa olarak dizayn edilmiş, ilave olarak ne dolgu gereci olarak toz malzeme nede herhangi bir dolgu gereci kullanılmamıştır. Sonuç olarak göstermiştir ki KYB karışımları normal vibrasyona tabi tutulmuş aynı mukavemet derecesine sahip normal beton referansından önemli derecede düşük oksijen geçirimliliğine sahiptir [3].

ŞAHMARAN, YAMAN ve TOKYAY tarafından yapılan çalışmada, yüksek hacimli uçucu kül kullanarak KYB üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Yayılma testi sonunda betonun yayılma çapı 730 ile 800 mm, 50 cm yayılma genişliğine ulaşma süresi ise 2 ile 4 sn arasında değişmektedir. Yayılma testi sonunda bütün karışımların KYB özelliği gösterdiği gözlenmiştir. V-Hunisi testi sonunda elde edilen akma sürelerinde, karışımların viskozitesi KYB olma standartlarına göre biraz yüksek olduğu gözlenmiştir. Sertleşmiş KYB' ler üzerinde yapılan basınç dayanım deneyi sonuçlarına göre, 28 günlük basınç dayanımları 46 MPa ile 30 MPa arasında değişmektedir. Uçucu kül miktarı toplam bağlayıcı miktarının ağırlıkça %50' sine kadar olan karışımlarda ilk günlerdeki basınç dayanımı farkı kapanmaktadır [4].

FELEKOĞLU ve BARADA' nın KYB' lerin mekanik özellikleri ile ilgili deneylerde, KYB tasarımında sabit bir çimento dozajında akışkanlaştırıcı katkı miktarı artırılıp karışım suyu azaltıldıkça, yayılma değeri belirli sınırlar arasında tutulurken viskozite hızla artmaktadır. Sabit bir çimento dozajı ve agrega gradasyonunda, su/toz oranı artışıyla aynı anda katkı dozajının azaltılması, taze betonun donatılar arasından geçiş yeteneğini arttırmaktadır. Bu çalışmada üretilen KYB' lerin çekme dayanımları aynı dayanım sınıfındaki normal betonlara kıyasla %3 ile %17 arasında değişen mertebelerde daha yüksektir. Bu çalışmada üretilen KYB' lerin elastisite modülünde normal betonlara kıyasla önemli bir farklılık gözlenmemiştir. L-kutusu karot deneyleri ile KYB' nin yatay yönde akışında ayrışma meydana gelip gelmediği belirlenebilir [5].

GÜRDAL ve YÜCEER' e göre KYB üretimi, titizlik gerektirmekte ve çok sıkı denetleme işlemlerini zorunlu kılmaktadır. KYB' nun her türlü karmaşık kalıplarda, vibrasyonun mümkün olmadığı durumlarda, dar ve sık donatılı kesitlerde kullanımı inşaat teknolojisi açısından çok büyük bir kolaylıktır. KYB' nun geliştirilmesi ve hafif agregalı KYB, çelik tel donatılı KYB, polipropilen lif donatılı KYB üzerinde çalışmalar dünya çapında devam etmektedir [6].

SAĞLAM, PARLAK, DOĞAN ve ÖZKUL un KYB ve katkı-çimento uyumu adlı çalışmalarında, değişik adet ve değişik çimento çeşitleriyle deneyler gerçekleştirmişler yayılma hızlarını tespit etmişler. Denenen betonların 1 günlük dayanımlarının hem çimento, hem de katkı cinsinden etkilendiği, ayrıca bazı çimento ve katkıların birlikte kullanılmaları durumunda büyük miktarda hava sürüklendiği ve bunun da dayanımları etkilediği belirlenmiştir. Taze beton özellikleri ve dayanımlar açısından çimento-katkı etkileşmesinin önemli olduğu, bu nedenle uygulamaya geçmeden önce çimento-katkı uyum deneylerinin yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır [7].

ŞİMŞEK, BEKTAŞ ve ERDAL' ın Vibrasyon süresinin betonun basınç dayanımına ve birim ağırlığına etkisi adlı çalışmalarında, toplam 40 adet 10 cm.lik küp numuneler hazırlamışlar ve hazırlamış oldukları bu küp numunelerine masa vibratörü

kullanarak değişik sürelerde vibrasyon uygulamışlar, bu numunelerde tek eksenli basınç deneyi yapmışlar ve numunelerin basınç dayanım değerleri ve birim ağırlıklarını belirlemişlerdir. Vibrasyonun betonarme için önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. KYB de ise herhangi bir vibrasyona gerek olmadığı için hem zaman hem gürültü hem de ekonomik açıdan büyük bir avantaj sağladığı söylenebilir [8].

Bu çalışmada ise, KYB' nun özellikleri, deney yöntemleri incelenip, uygulama örnekleri ve maliyet analizi incelenecektir.

BÖLÜM 2. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONUN (KYB) TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

KYB' ların taze haldeki bazı özellikleri, yapısal beton için hazırlanan şartname verilen sınırları ve sınıfları aşar. Yapısal beton için hazırlanan test metotlarının hiçbiri taze KYB' nin değerlendirilmesi için uygun değildir. KYB' nin taze haldeki doldurma yeteneği ve kararlılığı (stabilitesi) dört temel özellik ile tanımlanır. Her bir özellik bir yada daha fazla test metoduyla belirlenebilir [9].

Tablo 2.1. KYB' un istenilen özelliğine göre yapılan test metodu

Karakteristik	Tercih Edilen Test Metotları
Akıcılık	Çökme (Slamp) – Akma testi
Viskozite (akma hızıyla belirlenir)	T ₅₀₀ çökme (slamp) akma testi yada V- hunisi testi
Geçme Oranı	L- Kutusu testi
Ayrışma Direnci (Ayrışma)	Ayrışma direnci (elek) testi

2.1. KYB' nun Tanımı ve Başlıca Gereksinimleri

KYB normalde patentli yâda reçeteli beton olarak belirtilir. Reçeteli beton yöntemi yerinde dökme beton ve üretici/kullanıcının aynı grupta olması durumunda en uygun metottur.

Ticari sebeplerden dolayı hazır beton üreticisi muhtemelen alıcı ve üretici arasındaki ilişkeyi takip ederek, patentli tanımlama metodunu tercih etmelidir.

Patentli metot betonun performansına odaklanır ve bu performansı sağlamak için üreticiye sorumluluk yükler.

Kendiliğinden yerleşen betonların üstünlükleri:

- 1.Akıcı kıvam,
- 2.Yüksek kohezyon,
- 3.Kolay işlenebilme,
- 4.Ayrışmadan kararlılığını koruyabilme yeteneği,
- 5.Kendiliğinden yerleşme,
- 6.Kolay pompalanma,
- 7.Kıvam kaybına uğramaksızın yeterli yerleştirme süresine sahip olma,
- 8.Karmaşık kalıp tasarımına uygun beton,

Kendiliğinden yerleşen beton inşaat hızında artış sağlar ve işçiliğin azalmasına katkıda bulunur. Böylece inşaat sırasında verimlilik artar ve ekonomik bir çözüm elde edilmiş olur [10].

KYB, çelik tel donatılı olabileceği gibi karma çelik tel ve polipropilen lif biçiminde de uygulama söz konusu olabilir. Bu betonlar, geleneksel betonarme inşaat uygulamalarında kullanılabileceği gibi prefabrike elemanların üretiminde ve özellikle zemin betonlarında da kullanılabilir.

Kendiliğinden yerleşen taze beton için başlıca gereksinimler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Taze haldeki kendiliğinden yerleşen beton için belirli özellikleri uygulama tipine ve özellikle aşağıdaki hususlara bağlıdır:

- 1.Ayrışmaya karşı direnç,
- 2.Viskozite (akma hızının ölçüsü) ve Viskoziteyi düzenleyen katkıları.
- 3.Yerleştirme metotları (örneğin salınma noktalarının pozisyonu ve sayısı)
- 4.Beton elemanın geometrisi ve miktarı, donatının tipi ve yeri, astar, paspayı
- 5.Ekipman yerleştirme (örneğin pompa, direkt olarak mikser kamyonundan, kova)
- 6.Donatılar arasından geçme yeteneği (Tıkanmaksızın akma)
 - a.Reoloji,
 - b.İşlenebilirlik,
 - c.Akıcılık,

e.Filller malzeme,

Hazır yada yerinde dökme beton için, karakteristik ve sınıflar yüklenici ve üreticinin tecrübeleri ışığında yada özel denemelerle dikkatlice seçilmeli kontrol edilmeli ve doğrulanmalıdır. Sonuç olarak beton alıcısı ve beton üreticisinin proje başlamadan önce görüşmesi ve bu özellikleri açıkça belirlemesi önemlidir.

Beton alıcısı sadece özel KYB uygulaması için gerekli olan taze beton karakteristiklerini seçmeli ve tanımlama dışındaki beton karakteristik ve sınıfından kaçınılmalıdır. Çökme – akma değeri normalde bütün KYB' ler için belirtilmelidir.

Geçme yeteneği, viskozite ve ayrışma direnci sertleşmiş betonun yerindeki özelliklerini etkileyecektir, fakat sadece özel olarak gerek duyulursa belirtilmelidir.

Eğer donatı az ise yada hiç yoksa geçme yeteneğini bir şart olarak belirtmeye gerek olmayabilir. Viskozite iyi yüzey bitirmesinin gerekli olduğu yada donatının çok sık olduğu yerlerde önemli olabilir, fakat genellikle belirtilmemelidir.

Ayrışma direnci, daha yüksek akışkanlık ve daha düşük viskoziteli KYB ile gittikçe önem kazanır, gerekli kıvam koruma zamanı taşıma ve yerleştirme zamanına bağlı olacaktır. Bu süre belirlenmelidir ve bu zaman dilimi boyunca KYB' nun belirtilen taze özelliklerini korumasını sağlamak üreticinin sorumluluğundadır. Eğer mümkünse teslim hızının yerleştirme hızına uydurulması için KYB sürekli ve tek bir dökmede yerleştirilmelidir. Ayrıca betonun şantiyeye ulaşmasından sonra yerleştirmedeki uzun gecikmeler yada beton eksikliği nedeniyle yerleştirmedeki duraklamalardan kaçınmak için üreticiyle de anlaşılmalıdır [6,10].

2.1.1. Ayrışmaya karşı direnç

Taze haldeki KYB' nun, karıştırma, taşıma ve yerleştirme süreçlerinde agrega ve çimento hamurunun birbirinden ayrılmasına ve diğer bir deyişle ayrışmalarına karşı konulan dirençtir.

Taze betonun ayrışması bileşen malzemelerin dağılımındaki heterojenlikten kaynaklanır. Beton, normal koşullar altında hareket ettiğinde ayrışma eğilimi sergilememesine karşın, donatıların sık olduğu kesitlerden geçerken ayrışabilir.

KYB, aşağıdaki ayrışma durumlarını göstermemelidir:

1. Terleme,
2. Çimento hamuru ve agreganın ayrışması,
3. Tıkanmaya yol açan iri agrega ayrışması,
4. Hava boşluğu dağılımının homojen olmaması.

Ayrışmaya karşın uygun bir direnç sağlamak için aşağıdaki hususlar göz önüne alınmalıdır:

1. Katı malzemelerin ayrışmasının önlenmesi:
2. Sınırlı iri agrega içeriği,
3. En büyük agrega boyutunun azaltılması,
4. Düşük su / (toz malzeme) oranı,
5. Viskoziteyi düzenleyen katkı.
6. Terlemenin (serbest su) azaltılması:
7. Düşük su içeriği,
8. Düşük su / (toz malzeme) oranı,
9. Yüksek yüzey alanlı toz malzemeler,
10. Viskoziteyi düzenleyen katkı.

2.1.2. Viskozite katkıları

KYB' nun ayrışmaya karşı direncini geliştirmek için viskoziteyi düzenleyen bir katkı kullanılmaktadır. Viskoziteyi düzenleyen katkıları bazen ham maddelerdeki değişimlerin etkisini azaltmak için de kullanılırlar. Bu katkıları su-altı beton işlerinde kullanılan katkılara benzerdir. Hem viskoziteyi düzenleyen hem de süper akışkanlaştırıcılık sağlayan bileşik etkiye sahip katkıları da vardır. KYB için sınırlı iri agrega, azaltılmış su / bağlayıcı oranı gereklidir. Karışımda genellikle hem süper akışkanlık sağlayan hem de viskoziteyi düzenleyen bir katkı yüksek akışkanlık sağlamakta ve ayrışmaya karşı direnç elde edilmektedir.

2.1.3. Doldurma etkisi

KYB kendi ağırlığı ile kolayca şekil değiştirebilmeli ve istenilen şekli alabilmelidir. Doldurma yeteneğinden anlaşılması gereken hem deformasyon kapasitesi ve hem de akış hızıdır. Deformasyon yeteneği yayılma deneyinde betonun şekil değişiminin sonlanmasından sonra çapın ölçülmesiyle elde edilir. Deformasyonun hızı ise, aynı deneyde betonun belirli bir deformasyona ulaşması için geçen sürenin ölçülmesiyle saptanabilir. İyi bir doldurma yeteneğini elde etmek için, deformasyon yeteneği ile deformasyon hızı arasında denge olmalıdır.

Uygun bir doldurma yeteneğine erişmek için, aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

Çimento hamurunun deformasyon yeteneğinin artırılması için:

- 1.Süperakışkanlaştırıcı katkıları
- 2.Dengelenmiş su / (çimento) oranı

Taneler arası sürtünmeyi azaltmak için:

- 1.Düşük iri agrega hacmi (yüksek çimento içeriği),
- 2.Agregalara ve kullanılan çimentoya bağlı olarak optimum granülometriye sahip toz malzeme [6].

2.1.3.1. Taneler arası sürtünmenin azaltılması

Betonun iyi deforme olabilmesi için, iri agrega, ince agrega ve toz malzemelerin bütün boyutlarını içeren malzemelerin arasındaki sürtünmenin azaltılması yararlıdır. Agregalar arasındaki sürtünmenin azaltılması için agregaların birbirlerine değmeleri sınırlandırılmalıdır. Bunun için, agrega içeriği azaltılıp çimento hamuru içeriği artırılmalıdır. Toz malzemeler arasındaki sürtünmenin azaltılmasında, çimento hamurundaki su içeriğini arttırarak tanelerin arasını açma olası değildir.

Süperakışkanlaştırıcılar gibi yüzey aktif katkıları kullanarak ince maddelerin dağıtılması ve mükemmel deformasyon yeteneğine sahip KYB üretimi mümkündür.

Aşırı su kullanımı dayanım ve dayanıklılıkta istenmeyen performans düşmesine neden olabilir. Toz malzemelerin şekli, su ve süper akışkanlaştırıcı miktarının belirlenmesinde yönlendirici bir işleve sahiptir. Uçucu kül gibi küre şekilli puzolanların kullanılmasının bu amaç için etkili olduğu düşünülmektedir. Taneli malzemeler arasındaki sürtünmenin azaltılması, ayrışmaya karşı direncin azalmasına yol açmaktadır. Çimento hamurunun ve bütünüyle betonun deformasyon yeteneğini arttırmadan, çimento hamurunun viskozitesini arttırmak daha etkili olmaktadır.

2.1.3.2. Üstün deformasyon yeteneğine sahip çimento hamuru

Kendiliğinden yerleşmeyi sağlamak için, sadece katı taneler arasındaki sürtünmenin azaltılması yeterli değildir. Çimento hamuru da iyi bir biçimde deforme olabilmelidir. Kolayca akan ve iyi doldurma kapasitesi olan bir KYB elde etmek için, iyi akıcılık (düşük kayma direnci) ve ayrışmaya karşı yüksek direnç (yeterli viskozite) özelliklerinin birlikte sağlanması gereklidir. Betonun şekil değiştirme yeteneği, çimento hamurunun deformasyon yeteneği ile yakından ilgili olup süperakışkanlaştırıcı kullanımı ile deformasyon yeteneği artırılabilir.

2.1.4. Geçiş yeteneği

Donatının sık olması durumunda agregalar birbirine yaslanarak “kemerlenme” oluşturur. KYB’deki iri agregaların boyut ve içeriği ile kalıpla donatı arasındaki mesafenin uyumlu olması gerekir. Böyle bir kemerlenme mekanizması, betonun bir delikten aktığı iki boyutlu bir model Şekil 2.1’de görülmektedir.



Şekil 2.1. Agregaların kemerlenme oluşturma mekanizması

Kemerlenme oluşumu, agrega boyutu büyük ve agrega içeriğinin de fazla olması durumunda daha kolay gelişir. Agrega boyutunun küçültülmesi durumunda, kemer oluşumu yüksek agrega içeriğinde oluşabilir. Bununla birlikte eğer agrega taneleri geçtikleri boşluğun boyutlarına kıyasla çok küçük ise kemer oluşumu gerçekleşmeyebilir.

Yerleşme ve ayrışmaya direnç sergileyen KYB' larda agregaların kemer oluşturmasını sağlayan etkenler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- 1.En büyük agrega boyutunun çok fazla olması,
- 2.İri agrega içeriğinin aşırı yüksek olması.

Geçme yeteneğinin sağlanması için aşağıdaki noktalar göz önünde bulundurulabilir:

- 1.Düşük Su / Toz oranı,
- 2.Viskoziteyi düzenleyen katkıların kullanılması.

Uyumlu geçiş açıklığı ve iri agrega özellikleri:

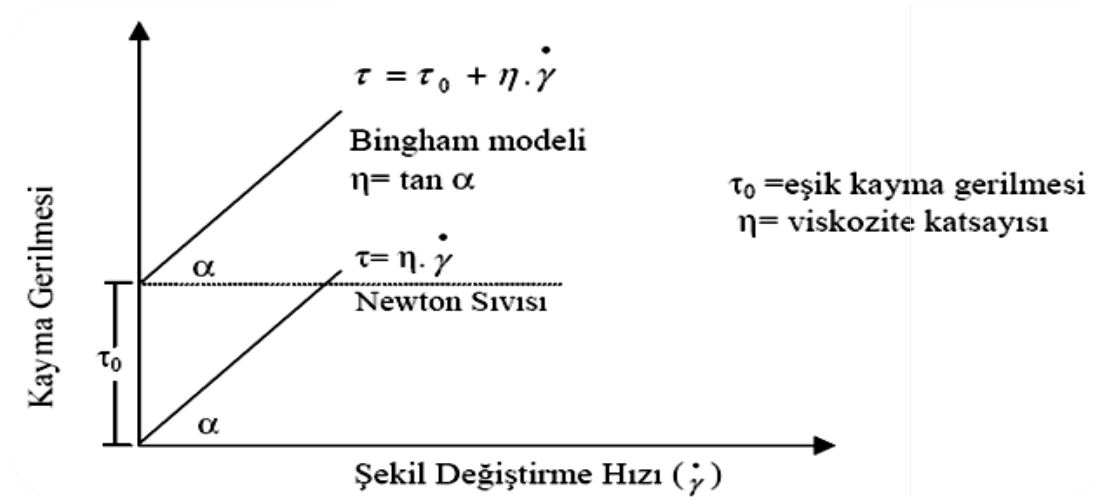
- 1.Düşük iri agrega içeriği,
- 2.En büyük agrega boyutunun azaltılması.

2.1.5. Reoloji

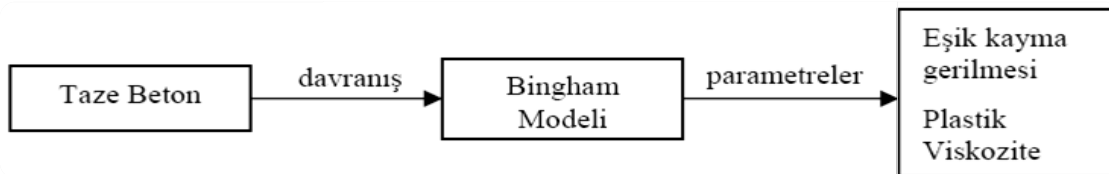
Reolojik kavramlar, KYB 'nun geliştirilmesi ve taze haldeki davranışının daha iyi anlaşılması için kullanılmaktadır. Reolojik incelemeler kayma gerilmesi ile kayma hızı arasındaki bağıntının elde edilmesine dayanmaktadır. Elde edilen bu ilişkiden de kayma eşiği ve plastik viskozite bulunmaktadır. Reolojik ölçümler için reometreler ve viskozimetreler kullanılmaktadır. Reolojik ölçümler genel olarak araştırma ve geliştirme, aşamalarına yöneliktir, ancak bazı karışım tasarım prosedürleri için de kullanılmaktadır.

Döküm ve yerleşmesi sırasında kendiliğinden yerleşen taze betonun performansına etki eden en temel özellik KYB' nun reolojisidir. Reolojik incelemeler KYB' nun gelişiminde daima merkez konumu oluşturur. Akışkan harç fazındaki iri agrega veya akışkan çimento hamuru fazındaki kum taneleri ayrışmadan homojen dağılımlarını

sürdüremelidir. Bu bakımdan reolojik davranışın agrega tanelerinin boyutuna, türüne ve içeriğine bağlı olarak değerlendirilmesi doğaldır. Taze betonun reolojik davranışı, kayma eşiği ve plâstik viskozite katsayısını içeren Bingham Modeli ile belirlenir.



Şekil 2.2. Taze beton için Bingham Modeli ve Newton Sıvısının davranışı



Şekil 2.3. Taze betonun davranış modeli ve parametreler

Taze betonun en önemli iki özeliği akıcılık ve kararlılıktır (stabilite). Akıcılık (viskozite), betonun az enerji ile yerine yerleştirilebilmesidir. Kararlılık ise beton karıştırılması ve yerleştirilmesi sırasında ayrışmadan homojenliğini koruyabilmesi özeliğidir. Taze beton, Bingham cismi varsayılarak kayma eşiği (t_0) ve plastik viskozite (h) ile ifade edilebilir. Standard Abrams çökme değerinin kayma eşiğinden etkilendiği ve onunla ters orantılı olduğu, akıcılığın çökme deneyinde etkili olmadığı gözlenmiştir. Çökmeleri aynı olan betonların akıcılıkları eşit olmayabilir. Aynı çökmeye sahip betonlardan plastik viskozitesi küçük olanın daha akışkan bir beton olacağı, kayma esikleri ve çökmeleri eşit betonlardan plastik viskozitesi yüksek olanın kararlılığının daha iyi olacağı beklenebilir. Bingham modelindeki kayma eşiğine (t_0) ve plastik viskoziteye (h) etki eden başlıca mekanizmalar yüzey

gerilimine ve tanelerin dağılımına bağlı olarak taneler arasındaki sürtünme ve serbest su içeriğidir. Çimento dahil ince tanelerin dengeli dizilisi ve uygun bir süper akışkanlaştırıcı ile KYB' nun özellikleri değiştirilmektedir. Ayrıca, plastik viskoziteyi değiştirmek için viskoziteyi düzenleyen bir katkı da kullanılmaktadır. KYB için hedef reolojik özellikler Newton sıvısına yaklaşarak düşük akma gerilmesi ve uygun bir plastik viskozite sağlamaktır. Plastik viskozite, kullanılan malzemelere, döküm tekniğine ve elemanın tipine ve şekline bağlıdır.

2.1.6. İşlenebilirlik

Taze betonun uygulamadaki davranışına yönelik olarak akma ve deformasyon yeteneğini tanımlayan bir özellik işlenebilirlik olarak bilinir. En yaygın işlenebilirlik deneyi olan çökme (slamp) KYB' lar için yetersizdir. Bu nedenle KYB' lar için U-kutusu, V-kutusu ve L-kutusu gibi yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin amacı KYB' nun doldurma yeteneğini, ayrışmaya karşı direncini ve geçme yeteneğini yansıtmaktır.

KYB' nun işlenebilirliği, pompanın ucundan çıkan betonun kendi ağırlığı ile boşluksuz biçimde kalıbın şeklini alması ve üniform kaliteyi sağlamasıdır.

2.1.7. Filler malzeme

Toz malzemenin tanımı standart eleklerin boyutlarındaki farklılıklara bağlı olarak ülkeden ülkeye değişmektedir. Filler malzeme için Avrupa'da genel olarak kullanılan maksimum tane boyutları 0,075 mm ve 0,125 mm' dir, Japonya'da ise en büyük boyut 0,090 mm' dir. KYB için su / (toz malzeme) oranı da kullanılmaktadır.

2.2. KYB Bileşiminde Kullanılan Malzemeler

KYB için kullanılan malzemeler geleneksel vibrasyonlu beton için kullanılan malzemelerle aynıdır. Ancak KYB' nin tutarlı ve üniform bir performansa sahip olması için ilk seçimde ve ayrıca gelen harmanların üniformluğunun sürekli gözlemlenmesinde ilave dikkat gereklidir.

Bu şartları sağlamak için bileşen malzemelerin kontrolü arttırılmalı ve kabul edilebilir değişiklikler sınırlandırılmalıdır. Böylece KYB' nin günlük üretimi her bir harmanı ayarlama ve/veya test etme ihtiyacı olmadan uygunluk kriterleri içinde kalır [11].

2.2.1. Çimento

Geleneksel vibrasyonlu beton uygun olan tüm çimento tipleri KYB üretimi için kullanılabilir. Doğru çimento tipi KYB' nin özel şartlarından ziyade her uygulamanın özel şartlarına göre veya üretici tarafından kullanılan çimento cinsine göre belirlenir.

2.2.2. Mineral katkılar

KYB' nin taze haldeki şartları nedeniyle, puzolanik olmayan ve puzolanik / hidrolik mineral katkılar ayrışma ve kohezyon direnci sağlamak ve arttırmak için yaygın olarak kullanılır. Bu ilave mineral katkı hidrasyon ısını ve termal büzülmesini azaltmak için çimento miktarını da düzenler. Mineral katkılar suyla reaksiyon kapasitelerine göre sınıflandırılırlar:

Tablo 2.2. Mineral katkılar suyla reaksiyon kapasitelerine göre sınıflandırılması

Tip I	Puzolanik olmayan yada yarı - puzolanik	<ul style="list-style-type: none"> • Mineral filler (kireçtaşı, dolomit vs) • Pigmentler
Tip II	Puzolanik	<ul style="list-style-type: none"> • Uçucu kül • Silis dumanı
	Hidrolik	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek fırın cürufu

Geleneksel vibrasyonlu betona uygun çimento dışında katılan mineral katkılar, tane boyut dağılımı ve kompozisyonu göz önüne alındığında diğer bazı beton bileşenleri kadar iyi kontrol edilemeyebilir. Bu nedenle teslimatların izlenmesinin arttırılması gerekli olabilir.

KYB çoğunlukla iyi görünüşü ve yüksek kaliteli bitirmesi nedeniyle seçilir. Fakat mineral katkının kaynağının rengi tutarlı değilse, bu gerçekleşmeyebilir.

2.2.2.1. Mineral dolgu malzemeleri

Mineral dolgu malzemelerinin tane büyüklüğü dağılımı, şekli ve su emmesi KYB' nin üretiminde su ihtiyacı/hassasiyetini ve sonuçta kullanım için uygunluğunu etkileyebilir. Kalsiyum karbonat bazlı mineral dolgu malzemeleri yaygın olarak kullanılan, mükemmel reoloji özellikleri veren ve iyi bir yüzey bitişi sağlayan malzemelerdir. Bu malzemelerde kullanılan uygun tane boyutu 0,125 mm' den küçük olan kısımdır ve genelde bunların %70'in üzerinde 0,063 mm elekten geçmesi istenir. Bu uygulama için özellikle öğütülen filler tane boyut dağılımının harmandan harmana tutarlılığının artması avantajını sunarak, su ihtiyacı üzerinde daha iyi bir kontrol sağlar ve diğer mevcut malzemelere kıyasla onları KYB için özellikle uygun hale getirir.

2.2.2.2. Uçucu kül

Uçucu külün, KYB' nin kohezyonunu arttıran ve su miktarı değişikliğine hassasiyetini azaltan etkisi olan bir katkı olduğu gösterilmiştir. Ancak yüksek miktardaki uçucu kül akışa karşı dirençli çok kohezif bir hamur oranı oluşturabilir.

2.2.2.3. Silis dumanı

Silis dumanının yüksek seviyedeki inceliği ve küresel şekli iyi kohezyon ve gelişmiş ayrışma direnci sağlar. Fakat silis dumanı terlemeyi azaltma veya ortadan kaldırmada da çok etkilidir ve bu hızlı yüzey sertleşme problemlerinin artmasına sebep olur. Bu beton sevkıyatında ara olması durumunda betonda soğuk derz ve yüzey kusurlarına ve aynı zamanda yüzey bitirmelerinde zorluklara sebep olabilir.

2.2.2.4. Yüksek fırın cürufu

Yüksek fırın cürufu hidrasyon ısısı düşük reaktif ince bir malzemedir. Yüksek fırın

cürufu bazı CEM II ve CEM III çimentolarının içinde mevcut olduğu gibi bazı ülkelerde mineral katkı olarak da mevcuttur ve karışıma katılabilirler. Yüksek miktarda yüksek fırın cürufu KYB' nin stabilitesini etkileyerek betonun yavaş priz alması riskini artırabilir; ayrışmaya, sağlamlığın azalmasına, kıvam kontrol problemlerine neden olur.

2.2.3. Diğer mineral katkıları

Metakaolin, doğal puzolan, öğütülmüş cam, havada soğutulmuş cüruf ve diğer ince fillerler. KYB için mineral katkı olarak kullanılmış veya düşünülmüştür, fakat onların beton üzerindeki kısa ve uzun dönem etkileri dikkatlice ve tek tek değerlendirilmelidir.

2.2.4. Agregalar

Agreganın nem miktarı, su emmesi, gradasyonu ve ince malzeme çeşitliliği yakın bir şekilde gözlemlenmeli ve sabit bir kalitede KYB üretimi için sürekli izlenmelidir.

Yıkanmış agrega kullanmak normalde daha tutarlı bir ürün verir. Tedarik kaynağının değişmesinin beton özelliklerinde önemli değişiklikler yapması muhtemeldir o nedenle kaynak değişikliği dikkatli şekilde ve tam olarak değerlendirilmelidir.

Agreganın şekil ve parça büyüklüğü dağılımı çok önemlidir ve doluluk oranı ve boşluk miktarını etkiler. Bazı karışım tasarım metotları, istenen harç ve çimento hamurunun hacimlerinin tahmininde agreganın boşluk miktarını kullanır. Bazı karışım tasarımlarında ince ve kaba agregalar arasında kesikli gradasyon ve/veya tek boyutlu agregalar kullanılır.

2.2.4.1. Kaba agregalar

KYB' de hafif agregalar başarılı bir şekilde kullanılmıştır, fakat hamur viskozitesi düşükse agreganın yüzeye çıkabileceği unutulmamalıdır ve bu durum eleklerle ayırma direnci testinde tespit edilemeyebilir.

Donatı aralığı maksimum agreganın büyüklüğünü belirlemede temel faktördür. KYB' nin donatılar arasından akışı sırasında agreganın bloke olmasından kaçınılmalıdır. L-kutu deneyi KYB karışımının geçme yeteneği için belirleyicidir. Daha büyük boyutlar kullanılmasına rağmen, en büyük agreganın çapı genellikle 12 - 20 mm arasında sınırlandırılmalıdır.

İri agreganın şekli ve tane boyut dağılımı KYB' nin geçme yeteneğini ve akışını ve KYB' nin hamur talebini doğrudan etkiler. Daha küresel agreganın parçaları, daha az agreganın bloklaşması ve azalan içsel sürtünme nedeniyle daha fazla akış demektir.

2.2.4.2. İnce agreganın / kum

İnce agreganın KYB' nin taze özellikleri üzerindeki etkisi açıkça iri agreganınkinden daha büyüktür. 0.125 mm' den daha küçük tane boyut dağılımı çimento hamurunun ince miktarına dahil edilmeli ve Su / Toz malzeme oranı hesaplanırken göz önüne alınmalıdır. KYB karışımlarındaki yüksek çimento hamuru hacmi kum tanecikleri arasında içsel sürtünmeyi azaltır, ama iyi bir tane boyut dağılımı hala önemlidir. çoğu KYB karışım tasarımı metotları, optimize edilmiş agreganın gradasyon eğrisini yakalayabilmek için karıştırılmış kum kullanmaktadır ve bu aynı zamanda hamur içeriğini azaltmaya yardımcı olabilir. Bazı üreticiler kesikli gradasyonlu kum tercih etmektedir.

2.2.5. Kimyasal beton katkıları

Segregasyonu ve karışımın özellikle nem içeriği gibi diğer bileşenlerindeki değişimlere karşı hassasiyetini azaltmaya yardımcı olmak için viskozite düzenleyici katkıları da kullanılabilir. Hava sürükleyici, priz hızlandırıcı ve geciktirici katkıları gibi diğer katkıları da aynı şekilde geleneksel vibrasyonlu betonlardaki gibi kullanılabilirler, ama katkı üreticisinden kullanıma ve karışıma koymak için optimum zamana yönelik öneriler alınmalıdır. Optimum performans için katkı seçimi katkıların fiziksel ve kimyasal özelliklerinden etkilenebilir. İncelik, karbon içeriği, alkaliler ve C₃A gibi faktörlerin de etkisi olabilir. Sonuçta bu bileşenlerin

tedarikçisinde herhangi bir değişiklik yapılacaksa uygunluklarının dikkatlice kontrol edilmesi önerilir.

Kimyasal katkılar; bir harmandan diğer harmana normalde çok tutarlı olmakla birlikte başka bir kaynağa yönelme veya aynı üreticiden başka tip bir katkıya yönelme KYB' nin performansı üzerinde önemli etkiler gösterebilir ve herhangi bir değişiklik yapılmadan önce katkılar tam olarak kontrol edilmelidir.

2.2.5.1. Süper akışkanlaştırıcı / yüksek oranda su azaltıcı katkılar

Pek çok katkı üreticisi, özel kullanıcı gereksinimine ve diğer karışım bileşenlerinin etkilerine göre tasarlanmış çeşitli süper akışkanlaştırıcı katkılara sahiptirler. Katkı, gerekli su azaltmayı ve akışkanlığı sağlamalı fakat aynı zamanda nakliye ve uygulama için gereken zaman süresince dağıtıcı etkisini korumalıdır. Gerekli kıvamın korunması uygulamaya bağlı olacaktır. Nakliye edilip şantiyede yerleştirilen betona göre prefabrik betonun daha kısa koruma zamanına gereksinimi vardır.

2.2.5.2. Viskozite düzenleyici katkılar

Segregasyonu yok etmek için katılabilirler. KYB' nin akışkanlığını önemli bir şekilde değiştirmeden kohezyonunu modifiye eden katkılara viskozite düzenleyici katkılar (VMA) denir. Bu katkılar, KYB' yi daha sağlam ve diğer bileşenlerin oranlarındaki ve durumlarındaki küçük değişimlere karşı daha az duyarlı kılarak nem içeriğindeki değişikliklerin, kumdaki ince tanelerin veya kumun tane büyüklüğü dağılımının etkilerini minimum seviyeye indirmek için kullanılır. Ancak, bu katkılar iyi bir karışım dizaynından ve diğer KYB bileşenlerinin dikkatlice seçiminden kaçınma yolu olarak görülmemelidir.

2.2.5.3. Hava sürükleyici katkılar

Hava sürükleyici katkılar donma-çözünme dayanıklılığını arttırmak için KYB' nin üretiminde kullanılabilir. Ayrıca, kırırsız döşemelerin yüzey bitirmesini iyileştirmek için kullanılır ve hava sürükleme daha düşük dayanımlı KYB' de düşük

toz malzeme oranını dengelemekte özellikle faydalıdır.

2.2.6. Pigmentler

Renkli beton istenildiği durumlarda geleneksel vibrasyonlu betonlardaki gibi aynı dikkat ve sınırlandırmaları uygulayarak KYB ile başarılı bir şekilde kullanılabilir. Ancak, betonun taze haldeki özelliklerini etkileyebileceği için ön deneme yapmadan KYB' ye ilave edilmemelidir. Genel olarak; KYB' nin yüksek akışkanlığı nedeniyle, pigmentlerin dağılımı daha verimlidir ve yoğunlukla hem harmanın içinde hem de harmanlar arasında daha üniform renkler elde edilir. Ancak, KYB' nin daha yüksek hamur miktarı istenen renk yoğunluğunu sağlamak için pigmentin daha yüksek dozlarda kullanılmasına sebep olabilir.

2.2.7. Fiberler

Hem çelik hem de polimer fiberler KYB' nin üretiminde kullanılmaktadır, fakat bu fiberler betonun akıcılık ve geçme yeteneğini azaltabilirler. Çelik fiber mekanik direnci ve eğilme dayanımını artırmak için, polimer fiber ise segregasyonu ve plastik rötreyi azaltmak veya yanma direnci artırmak için kullanılabilir. Taze ve sertleşmiş haldeki betona tüm gerekli özellikleri kazandırmak için liflerin optimum tipi, uzunluğu ve miktarı denemeler yapılarak tespit edilmelidir. Polimer fiberler KYB' nin stabilitesini betonun plastik büzülmesi nedeniyle oluşan çatlakları ve oturmaları önleyerek geliştirebilirler. Çelik veya uzun polimer yapıları sertleşmiş betonun sünekliğini ve tokluğunu değiştirmek için kullanılır. Fiberlerin uzunluk ve miktarı yapısal gereksinimlere ve maksimum agrega boyutuna bağlı olarak seçilir. Eğer normal donatının yerine kullanılırsa, betonun akışında bloklaşma riski olmaz. Fakat fiberli KYB' nin normal donatılı yapılarda kullanımı bloklaşma riskini önemli oranda arttırmaktadır.

2.2.8. Karışım suyu

Karışım suyu geleneksel vibrasyonlu betonlardaki gibi aynı sınırlandırmaları uygulayarak KYB ile başarılı bir şekilde kullanılabilir. Betonda geri kazanılan su

kullanıldığında, suyun tip, içeriği ve özellikle asılı taneciklerin içeriğindeki değişiklikler, karışımın harmanlar arası üniformluğunu etkileyebileceğinden dikkate alınmalıdır.

2.3. KYB' un Karakteristik Özellikleri

Aynı basınç dayanımlarına sahip KYB ve geleneksel vibrasyonlu beton birbiriyle kıyaslanabilir özelliklere sahiptir. Eğer farklılıklar varsa, bu farklılıklar tasarım kodlarının temel alındığı güvenli varsayımlar içindedir. Fakat KYB' nin bileşimi geleneksel vibrasyonlu betonunkinden farklılıklar gösterir. Bu nedenle gözlemlenebilecek herhangi bir küçük farklılık aşağıdaki bölümlerde sunulmaktadır.

Dayanıklılık, beton bir yapının tasarım ömrü boyunca çevresel etkilere karşı gerekli performansında bir azalma olmadan dayanma yeteneği, genellikle çevresel etki sınıflarının belirlenmesiyle göz önüne alınır. Bu durum beton bileşimi değerlerine ve minimum pas payına dair sınır değerlerin uygulanmasını gerektirir.

Beton yapıların tasarımında mühendisler, zaman zaman beton şartnamelerinde doğrudan yer almayan beton özelliklerine değinmek zorunda kalabilirler.

Bu özellikler şunlardır:

Basınç dayanımı, Çekme dayanımı, Elastisite modülü, Sünme, Büzülme, Sıcaklıkla genişleme katsayısı, Donatı ile beton arası aderans, Soğuk derzlerde kesme kuvveti kapasitesi, Yangına karşı dayanıklılıktır [12].

2.3.1. KYB' un basınç dayanımı

Benzer su-çimento yada çimento bağlayıcı oranına sahip KYB geleneksel vibrasyonlu beton ile karşılaştırıldığında, KYB' nin genelde biraz daha yüksek dayanıma sahip olduğu görülür. Çünkü KYB' de vibrasyon uygulanmasının yer almaması, agrega ile sertleşmiş çimento hamuru arasında daha iyi bir ara yüz oluşumuna katkıda bulunmaktadır. KYB' nin dayanım kazanması geleneksel betonunkine benzer olacaktır.

2.3.2. KYB' un çekme dayanımı

KYB herhangi bir tanımlanmış basınç dayanımı sınıfında sağlanabilir. Verilen bir beton dayanım sınıfı ve olgunluk değeri için çekme dayanımının normal betonunkiyle aynı olduğu güvenle varsayılabilir; çünkü çimento hamuru hacminin miktarı (çimento + ince malzeme + su) çekme dayanımı üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir. Betonarme kesitlerin tasarımında, öngermeli elemanların çatlama momentlerinin değerlendirilmesinde, kontrollü erken termal büzülmenin sebep olduğu çatlak genişliğini ve çatlak aralığını kontrol etmek için donatı tasarımında, moment-eğrilik diyagramlarının çiziminde, donatısız beton yolların tasarımında ve fiberli betonarme tasarımında betonun eğilmede çekme dayanımı kullanılır.

Öngermeli birimlerde teller etrafındaki ayrılma çekme gerilmeleri ve betonda öngerme kuvvetleri uygulandığında tellerin uçlarında oluşan kayma oranı, öngerme kuvvetlerinin uygulandığı andaki basınç dayanımına bağlıdır.

2.3.3. KYB' un statik elastisite modülü

Elastisite modülü (E-değeri, gerilme ve birim deformasyon arasındaki oran), ön yada art germeli elemanların deformasyonlarının elâstik hesabında kullanılır. Çoğunlukla döşeme tasarımında kontrol parametresidir.

Beton hacminin önemli kısmı agrega olduğu için agreganın tipi, miktarı ve E değeri en belirleyici etkiye sahip etmendir. Yüksek E değerine sahip agrega seçmek betonun elastisite modülünü artırır. Bununla birlikte hamur hacmini artırma

E-değerini azaltabilir. KYB geleneksel vibrasyonlu betondan daha yüksek hamur içeriğine sahip olduğu için bazı farklılıklar beklenebilir ve E değeri biraz daha düşük olabilir. Fakat bu standartların altına düşmediği için güvenli bölge içerisinde.

Eğer KYB geleneksel vibrasyonlu betondan biraz daha düşük E modülüne sahip olursa, bu basınç dayanımı ve öngerilme yâda artgerme nedeniyle oluşan eğrilik arasındaki ilişkiyi etkileyecektir. Bu nedenle öngerme ve artgerme tel ve halatları

birakıldığında dayanım üzerinde dikkatli bir kontrol yapılmalıdır.

2.3.4. KYB' da sünme

Sünme sabit gerilme altında zaman içinde oluşan deformasyon (birim şekil değiştirme) olarak tanımlanabilir. Sünme belirlenirken uygulanan gerilmeyle bağlantılı olmayan büzülme, şişme ve termal deformasyonlar gibi diğer zamana bağlı deformasyonları da göz önüne alır. Basınç altında sünme öngerilmeli beton elemanlardaki öngerilme kuvvetlerini azaltır ve betondan donatıya doğru yavaş bir yük iletimine neden olur. Çekme altındaki sünme diğer kontrollü hareketlerin sebep olduğu gerilmeleri kısmen azalttığı için faydalı olabilir. Sünme çimento hamurunda olur ve su çimento oranıyla direkt olarak ilgili olan çimento hamurunun boşluklarına bağlıdır. Hidratasyon sırasında çimento hamurunun boşluğu azalır ve belli bir beton için dayanım artarken sünme azalır. Eğer yükleme yaşı sabitlenirse çimento tipi önem kazanır. Hidratasyonun daha hızlı gerçekleştiği çimentolar yükleme devrinde daha yüksek dayanıma, daha düşük gerilme/dayanım oranına ve daha düşük sünmeye sahip olacaktır. Agregalar çimento hamurunun sünmesini kısıtladığı için, agreganın hacmi ve E-değeri arttıkça daha az sünme olacaktır. Daha yüksek çimento hamuru hacmi nedeniyle, KYB için sünme katsayısı aynı dayanımdaki normal betonun sünme katsayısından daha yüksek olabilir.

2.3.5. KYB' da rötre

Büzülme otojen (kendiliğinden olan) ve kuruma rötresinin toplamıdır. Otojen büzülme priz sırasında olur ve hidratasyon sırasında suyun iç tüketimi sebep olur. Hidratasyon ürünlerinin hacmi hidratasyon olmamış çimento ve suyun orijinal hacminden daha azdır. Hacimdeki bu azalma çekme gerilmelerine sebep olur ve otojen büzülme sebeptir.

Kuruma rötresine betondan atmosfere doğru gerçekleşen su kaybı neden olur. Genellikle bu su kaybı çimento hamurundandır, fakat çok az agrega tipi için temel su kaybı agregadan olur. Kuruma rötresi göreceli olarak yavaş olmakla birlikte sebep olduğu gerilmeler kısmen çekme sünmesi azalması ile dengelenir.

Agrega, çimento hamurunun büzülmesini engeller ve sonuçta agrega hacmi arttıkça ve agreganın Elastisite değeri arttıkça kuruma rötresi azalır. Daha yüksek hamur hacmine sebep olan maksimum agrega boyutundaki azalma kuruma rötresini arttırır.

Normal beton için verilen değer ve formüller KYB için de geçerlidir. Beton basınç dayanımı su-çimento oranıyla ilgili olduğu için, düşük su-çimento oranına sahip KYB' de kuruma rötresi azalır ve otojen büzülme kuruma rötresini aşabilir.Farklı tiplerdeki KYB' nin büzülme ve sünmesi üzerinde gerçekleştirilen testler ve referans betonu aşağıda listelenen sonuçları göstermektedir.

.Rötrenin sebep olduğu deformasyon daha yüksek olabilir.

.Sünmenin sebep olduğu deformasyon daha düşük olabilir.

.Büzülme ve sünme nedeniyle oluşan deformasyonların toplam değeri hemen hemen benzerdir.

2.3.6. KYB' un sıcaklıkla genleşme katsayısı

Betonun sıcaklıkla genleşme katsayısı betonun içten (donatı ile) yada dıştan engellendiği durumlarda, sıcaklıktaki birim değişmeden ötürü betonda oluşan birim deformasyondur.

Betonun sıcaklıkla genleşme katsayısı betonun yaşına, bileşimine ve nem miktarına göre değişir. Betonun önemli bir kısmını agrega oluşturduğu için daha düşük sıcaklık genleşme katsayısına sahip agrega kullanımı üretilen betonun sıcaklıkla genleşme katsayısını da azaltacaktır. Sıcaklıkla genleşme katsayısının azalması çatlak kontrol donatısında da doğru orantılı azalmaya yol açar.

2.3.7. KYB' un donatıya, öngermeye ve tellere aderansı

Betonarme beton ve donatı arasındaki etkin bir aderansı temel alır. Sıyrılmayı önlemek için beton yeterli bir aderans dayanımına sahip olmalıdır. Aderans etkinliği donatıların pozisyonuna ve dökülen beton kalitesine bağlıdır. Beton ve donatı

arasındaki aderans gerilmelerini uygun bir şekilde aktarmak için yeterli beton paspayı gereklidir.

Zayıf aderans betonun yerleştirilmesi esnasında donatı çubuğunun etrafını tam olarak saramamasından veya betonun priz almadan önce ayrışarak ve terleyerek, betonun alt yüzeyinin kalitesinin düşmesi nedeniyle oluşur. KYB akışkanlık ve kohezyon özellikleri ile derin kesitlerdeki üst donatılar için bu negatif etkileri en aza indirir. Öngerme tellerinin kullanılması durumunda KYB 'nin farklı tiplerinde transfer ve ankraj uzunluğu aynı basınç dayanımına sahip vibrasyonlu betondaki performans ile karşılaştırılmıştır. KYB kullanıldığı zaman aderans özellikleri genellikle arttırılmış olsa bile verilen bir beton dayanımı için yönetmelikte verilen formüller kullanılmalıdır.

2.3.8. KYB' da dökme düzlemleri boyunca kesme kuvveti kapasitesi

Sertleşmiş KYB' nun yüzeyi döküm ve sertleşmeden sonra oldukça düz ve geçirimsiz olabilir. İlk tabakayı yerleştirdikten sonra herhangi bir yüzey işlemi yapmaksızın, ilk ve ikinci tabakalar arasındaki kesme kuvveti kapasitesi vibrasyonlu betonunkinden daha düşük olabilir ve sonuçta herhangi bir kesme kuvvetini taşımakta yetersiz kalabilir.

2.3.9. KYB' un yangına karşı dayanıklılığı

Beton yanmayan bir özelliğe sahiptir ve alevlerin yayılmasına sebep olmaz. Beton yangına maruz kaldığında duman, toksit gazlar yada başka tür salınımlar üretmez ve yangını arttırmaz. Beton onu komşu bölmeler için etkin bir yangın siperi yapan yavaş bir ısı transfer hızına sahiptir ve beton dayanımının çoğu tipik yangın şartlarında korunur. Avrupa Komisyonu betona en yüksek muhtemel A 1 yangın sınıfını vermiştir. KYB' nin yangın dayanımı normal betonunkine benzer. Genellikle az geçirimli beton yüzey atmalarına karşı daha meyillidir; fakat şiddeti agrega tipine, beton kalitesine ve nem oranına bağlıdır. KYB yüksek dayanımlı düşük geçirimli beton şartlarını kolaylıkla sağlayabilir ve yangın şartları altında herhangi bir "yüksek dayanımlı normal betonla benzer şekilde davranır. Betonda polipropilen liflerin

kullanılmasının yüzey atmalarına karşı dayanımının iyileştirilmesinde etkin olduğu gösterilmiştir. Mekanizmanın çimento matrisindeki eriyen ve emilen lifler nedeniyle olduğuna inanılmaktadır. Lif boşlukları daha sonra buhar için genleşme hazneleri sağlar ve böylece yüzey atmaları riskini azaltır. Polipropilen lifler KYB ile başarılı bir şekilde kullanılmıştır.

2.3.10. KYB' da dayanıklılık

Beton bir yapının dayanıklılığı yüzey tabakasının geçirgenliğiyle yakından ilişkilidir. Yüzey tabakası muhtemel zararlı hareketleri başlatan veya bu hareketlerin ilerlemesini sağlayan maddelerin girişini sınırlandırmalıdır (CO₂, Klorür, Sülfat, Su, Oksijen, Alkaliler, Asitler vb). Dayanıklılık, uygulamada malzeme seçimine, beton kompozisyonuna ve yerleştirme, sıkıştırma, bitirme ve kür sırasındaki denetim derecesine bağlıdır.

Kalıp ve donatılar yada beton içine yerleştirilen diğer elemanlar (örneğin artgerme kanalları) arasındaki dar boşluklarda vibrasyon zorlukları nedeniyle yüzey tabakasının sıkıştırma eksikliği, agresif çevre koşullarına maruz betonarme yapıların dayanıklılık performanslarının zayıf olmasında temel faktör olarak kabul edilmiştir. Japonya'da KYB' nin asıl gelişiminin temel sebeplerinden birisi, yukarıda bahsedilen problemin üstesinden gelinmesidir.

Geleneksel vibrasyonlu beton süreksiz bir işlem olan vibrasyonla (yâda tokmıklama) sıkıştırmaya maruz kalmaktadır. İç vibrasyon durumunda, doğru bir şekilde uygulansa bile, vibratörün etki alanındaki beton hacmi aynı sıkıştırma enerjisini almaz. Benzer şekilde, dış vibrasyon durumunda, sonuç sıkıştırma vibrasyon kaynağına olan mesafeye bağlı olarak heterojendir.

O halde vibrasyonun sonucu, düzgün olmayan bir sıkıştırmaya ve çeşitli geçirimsizliklere sahip ve zararlı maddelerin girişini arttıran bir betondur. Doğal olarak yanlış vibrasyonun sonuçları (segragasyon, terleme, peteğimsi delikler vs.) geçirgenlik ve sonuçta dayanıklılık üzerinde daha olumsuz etkilere sahiptir.

Doğru özelliklere sahip KYB yukarıda bahsedilen eksikliklerden muaf olacaktır ve tutarlı bir şekilde düşük ve üniform geçirgenliğe, zararlı çevresel etkilere karşı daha az zayıf noktaya ve daha iyi dayanıklılığa sahip bir malzeme ortaya çıkaracaktır. KYB ve normal vibrasyonlu beton arasındaki geçirgenliğin karşılaştırılması malzemelerin seçimine ve etkin su-imento yâda su-bağlayıcı oranına bağlı olacaktır.

BÖLÜM 3. KYB' UN KARIŞIM OPTİMİZASYONU ve TEST METOTLARI

3.1. Karışım Tasarım Prensipleri

Taze haldeki KYB karışımlarındaki özelliklerin gerekli kombinasyonunu elde etmek için: Hamurun akışkanlık ve viskozitesi çimento ve mineral katkıların dikkatli seçimi ve oranlamasıyla, Su / Toz malzeme oranını sınırlandırmayla ve sonra süper akışkanlaştırıcı ve (isteğe bağlı olarak) viskozite düzenleyici katkı ilave ederek ayarlanır ve dengelenir. KYB' nin bu bileşenlerinin doğru bir şekilde kontrolü, uygunluk ve etkileşimleri; iyi doldurma yeteneği, geçme yeteneği ve ayrılmaya karşı direnç elde etmede anahtardır.

Hamur agreganın taşınması için bir araçtır; bu yüzden bütün agrega taneciklerinin bir hamur tabakası tarafından tamamen kaplanması için hamur hacmi agregadaki boşluk hacminden büyük olmalıdır. Bu akışkanlığı artırır ve agrega sürtünmesini azaltır.

Karışımındaki iri agreganın ince agregaya oranı, tekil iri agrega taneciklerinin bir harç tabakası tarafından tamamen çevrelenmesi için azaltılır. Bu, beton donatılar arasındaki dar açıklıklardan veya boşluklardan geçerken, agrega kenetlenmesini ve köprülenmeyi azaltır ve KYB' nin geçme yeteneğini artırır [13].

Bu karışım, tasarım prensipleri geleneksel vibrasyonlu betona kıyasla normalde aşağıdakileri kapsayan bir beton ile sonuçlanır.

- 1.Daha az iri agrega miktarı
- 2.Arttırılmış hamur miktarı
- 3.Düşük su / Toz malzeme oranı
- 4.Arttırılmış süper akışkanlaştırıcı
- 5.Bazen viskozite düzenleyici katkı

3.1.1. KYB' nun karışım kompozisyonunun ağırlık ve hacimce optimum oranı

KYB karışım tasarımı için standart bir metot yoktur ve pek çok akademik enstitü, katkı firmaları, hazır beton ve prefabrik firmaları kendi karışım oranlama metotlarını geliştirmiştir.

Karışım tasarımları agrega tanecikleri arasındaki boşlukları doldurma gerekliliğinin önemi nedeniyle hacmi çoğunlukla en önemli parametre olarak kullanır. Bazı metotlar mevcut bileşenleri optimize edilmiş gradasyon eğrisine uydurmaya çalışır. Diğer bir metot da iri agrega ilavesinden ve tüm KYB karışım testinden önce ilk olarak hamurun daha sonrada harç bölümlerinin akış ve stabilitelelerini değerlendirmek ve optimize etmektir.

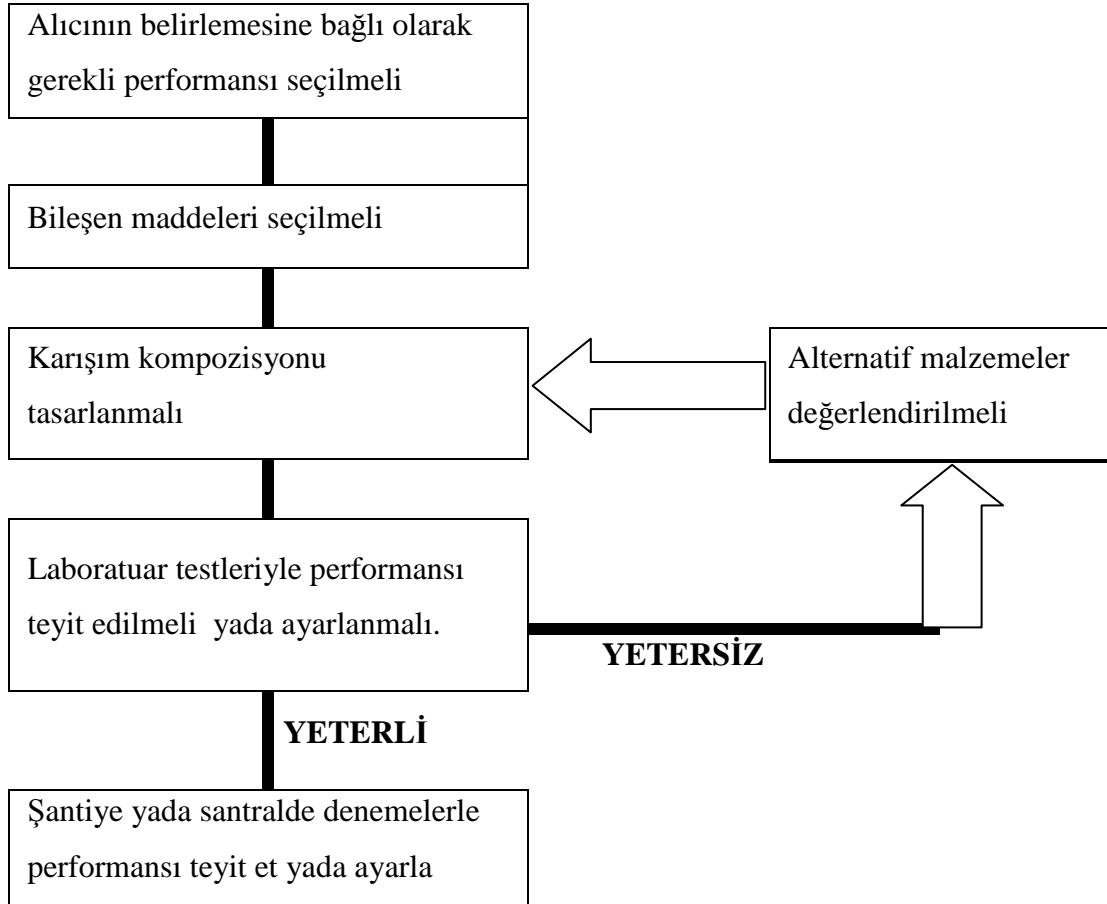
Bu tablo ağırlık ve hacimce KYB bileşenlerin tipik aralığının bir göstergesidir.

Tablo 3.1. KYB karışım kompozisyonunun ağırlık ve hacimce tipik aralığı

Bileşen	Kütlece tipik aralık (kg/m ³)	Hacimce tipik aralık (litre/m ³)
Toz	380 – 600	
Hamur		
Su	150 – 210	
İri agrega	750 – 1000	
İnce agrega (kum)	Bu miktar diğer bileşenlerin hacmini dengeler, tipik olarak toplam agrega %48 - %55' dir.	
Hacimce su/toz oranı		0.85 – 1.10

3.1.2. Karışım tasarım hipotezi

Tablo 3.2 Karışım tasarım prosedürü



Yeterli performansın elde edilemediği durumda, karışımın tekrar tasarımına önem verilmelidir. Görünür probleme bağlı olarak, aşağıdaki yöntemler uygun olabilir:

- 1.Çimento / toz oranını ve su / toz oranını ayarla ve hamurun akış ve diğer özelliklerini test edilmelidir.
- 2.Farklı mineral katkı tiplerini denenmeli (eğer varsa)
- 3.İnce agrega oranlarını ve süper akışkanlaştırıcı dozajını ayarlanmalı
- 4.Karışımın hassasiyetini azaltmak için viskozite düzenleyici kimyasal katkı maddesi kullanmayı düşünülmalıdır.
- 5.İri agreganın granülometrisini yada oranını ayarlanmalıdır.

3.2.KYB' u Değerlendirmek için Test Özellikleri ve Test Metotları

Tablo 3.3. KYB' yi değerlendirmek için test özellikleri ve metotları

Özellik	Test metodu	Ölçülen değer
Akıcılık / doldurma yeteneği	Çökme – yayılma deneyi	Toplam yayılma
	Kajima kutusu	Görsel doldurma
Viskozite/akıcılık	T ₅₀₀	Akma zamanı
	V- huni	Akma zamanı
	O - huni	Akma zamanı
	Orimet	Akma zamanı
Geçme yeteneği	L-kutusu	Geçme oranı
	U-kutusu	Yükseklik farkı
	J-halkası	Kademeli yükseklik, toplam akma
	Fill Box	Geçme Kabiliyeti
	Kajima kutusu	Görsel geçme yeteneği
Ayrışma direnci	Penetrasyon	Derinlik
	Elek ayrışması	Terleme yüzdesi
	Oturma kolonu	Ayrışma oranı

Tablo 3.3' de detaylı açıklanan test metotlarına ilave olarak daha küçük koni ve huni testleri hamur akmasını ve KYB' nin harç bileşenlerini değerlendirmede laboratuvar temelli karışım geliştirmeleri için kullanılmıştır. Küçük kesik koni genellikle 60 mm yüksekliğindedir ve taban çapı 100 mm olup tepe çapı 70 mm' dir. Tipik bir küçük V - hunisi 240 mm yüksekliğe, 270 mm genişliğe ve 30 mm derinlikte olup konikleşerek 30*30*60 mm' lik yüksek ağız kesitine sahiptir. Hamur ve harç bileşenlerinin akıcılığını değerlendirmek için Marsh konisi de kullanılmaktadır [6,14].

3.2.1. Çökme – akma değeri ve KYB için T₅₀₀ süresi

Çökme – akma değeri ve T₅₀₀ süresi kendiliğinden yerleşen betonun akıcılığını ve

akış hızını hiçbir engelin olmadığı durumlarda test etme yöntemidir. Sonuç, kendiliğinden yerleşen betonun boşluklara dolabilme ve yerleşebilme yeteneğinin bir göstergesidir. T_{500} süresi de kendiliğinden yerleşen betonun akış hızının ve dolayısıyla da viskozitesinin (akmaya karşı direncinin) göstergesidir. En büyük agrega boyutunun 40 mm' den fazla olduğu durumlarda bu test uygun değildir.

Taze beton klasik çökme konisine konur. Koni yukarı kaldırıldığında, bu andan itibaren betonun 500 mm çapa gelinceye kadar aktığı süre ölçülür; bu süre T_{500} süresidir. Akarak yayılan betonun en büyük çapı ve en büyük çapa dik olarak ölçülen diğer çap ölçülür; ikisinin ortalaması çökme – akma değeridir.

Test aletleri

Aşağıda belirtilen farklar dışında aletler Slump Deneyi ile aynıdır.

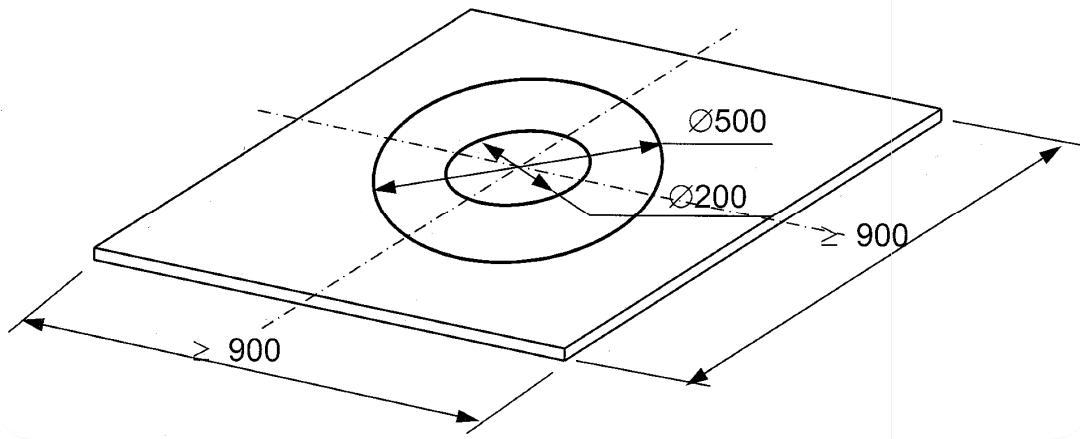
1.Taban levhası, Yüzey alanı en az 900 mm x 900 mm olacak ve üzerine betonun yerleştirileceği bir levhadan yapılmalıdır. Levhanın yüzeyi düz, pürüzsüz ve emici olmayacak şekilde hazırlanmalı ve kalınlığı en az 2 mm olmalıdır. Yüzey çimento harcı ile reaksiyona girmeyecek ve paslanmayacak şekilde olmalıdır. Levha çarpıklık olmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Yatay düzlem üzerindeki sapmalar, zıt tarafların merkezleri arasına düz bir kenar konulduğu durumlarda herhangi bir noktada 3 mm' nin üzerine çıkmamalıdır. Levhanın merkezi bir artı işareti ile gösterilmelidir. Artı işaretinin çizgileri levhanın kenarlarına paralel olmalıdır ve birinin çapı 200 mm, diğerinin çapı 500 mm olan ve her ikisinin de merkezleri levhanın merkezinde olan iki çember çizilmelidir

2.0 mm 'den 1000 mm' ye kadar her 1 mm' de bir işaretlenmiş cetvel.

3.0.1 saniye hassasiyetinde ölçüm yapan kronometre.

4.En az 9 kg ağırlığında ve ağırlığı ölçülmüş bir halka (isteğe bağlı).

NOT: Ağırlığı ölçülmüş halka, testin bir kişi tarafından yapılabilmesine olanak tanımaktadır.



Şekil 3.1.Taban levhası

Taban levhası üzerindeki 200 mm çapındaki çember üzerine gelecek şekilde koniyi yerleştirin ve ayak parçalarının üzerinde duracak şekilde tutun (yada ağırlığı ölçülmüş koniyi kullanın). Böylece koninin altından beton sızmadığından emin olun. Koniye sarsmadan doldurun ve koninin üstünde fazlalık olarak kalan betonu sıyırın. Dolu koninin 30 saniyeden daha fazla o şekilde kalmasına izin vermeyin; bu süre içerisinde taban levhası üzerine dökülen beton varsa temizleyin ve taban levhasının fazla su olmayacak şekilde nemli olduğundan emin olun. Koniye tek hareketle betonun akmasına müdahale etmeden dikey kaldırın. T_{500} süresinin bulunması isteniyorsa kronometreyi koninin taban levhasından teması kesilir kesilmez başlatın ve 0.1 saniye hassasiyetinde betonun herhangi bir noktada 500 mm çapta çember oluşturduğu süreyi bulun. Betonun ve taban levhasını oynatmadan yayılan betonun en büyük çapını ölçün ve d_m olarak en yakın 10 mm' nin katına yuvarlayarak kaydedin. Ardından d_m ' ye dik yöndeki çapı ölçün ve bunu da d_r olarak en yakın 10 mm' nin katına yuvarlayarak kaydedin. Akarak yayılan betonda ayrışma olup olmadığını kontrol edin. Çimento harcı kaba agregadan ayrılarak kaba agreganın milimetrelerce ötesine kadar yayılan bir halka oluşturabilir. Ayrılan kaba agrega orta bölgelerde görülebilir. Bu durumda ayrışmanın meydana geldiğini ve testin başarılı sonuçlanmadığını belirtin. Çökme-akma değeri d_m ve d_r değerlerinin ortalamasının 10 mm' nin en yakın katına yuvarlanmış halidir. T_{500} değeri ise 0.1 saniye hassasiyetinde belirtilmelidir.

3.2.2. V – Hunisi testi

V hunisi deneyi kendiliğinden yerleşen betonun viskozite ve doldurma becerisini belirlemek üzere kullanılır. En büyük agrega boyunun 20 mm' nin üzerinde olduğu durumlarda test uygun değildir. Bu testi yapmak için V şeklindeki huni taze beton ile doldurulur, betonun huniden boşalma süresi ölçülür ve V – hunisi akma süresi olarak kaydedilir. Huniyi ve tabanındaki kapağı temizleyin, kapak dahil tüm iç yüzeyi hafifçe nemlendirin.

Kapağı kapatın ve huninin içine beton numunesini sıkıştırmadan, sallamadan dökün. Ardından beton numunesinin üst yüzeyini düz bir çubuk ile düzeltin ve böylece beton numunesinin üst yüzeyi ile huninin üstünün aynı hizada olmasını sağlayın. Kabı betonun dökülebileceği şekilde huninin altına yerleştirin. Huniyi doldurduktan 10 ± 2 saniye sonra kapağı açın ve kapağı açtıktan sonra huninin üstünden aşağıya bakıldığında ilk olarak alttaki kap görünene kadarki betonun huniden kaba geçiş zamanını (t_v) kronometre ile 0.1 saniye hassasiyetinde ölçün. t_v V – hunisi akma süresidir.

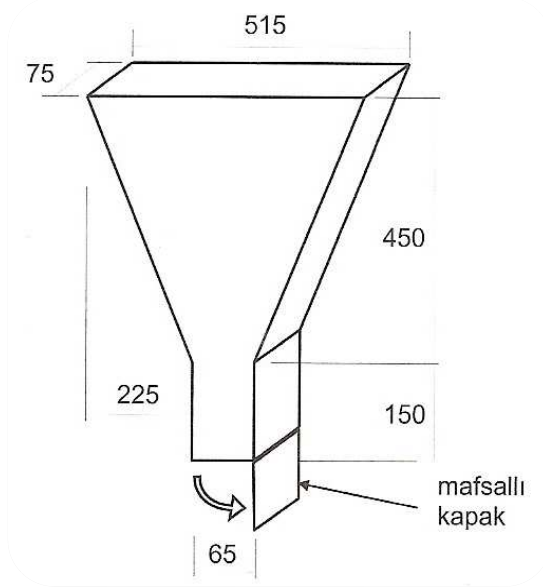
Test aletleri

1.V – hunisi: Şekil 3.2 deki boyutlarla (tolerans ± 1 mm) tabanında su geçirmeyen ve çabuk açılabilen bir kapak içermelidir. Huninin desteklenerek üst kısmının yatay durması sağlanmalıdır. V-hunisi metalden yapılmalı, yüzeyleri düzgün, çimento harcı ile reaksiyona girmeyecek ve paslanmayacak şekilde olmalıdır.

2.Kap: Hacmi 12 lt' den az olmamak koşuluyla, en az huninin hacmi kadar olacak.

3.Kronometre: 0.1 saniye hassasiyetinde ölçüm yapan kronometre.

4.Düz kenarlı çubuk: Hunideki beton numunesinin üst yüzeyini düzeltmek için düz bir çubuk



Şekil 3.2. V – hunisi

3.2.3. L – Kutusu testi

L – kutusu testi KYB' nin donatı çubukları gibi dar boşluklardan, ayrışmaya veya tıkanmaya uğramadan geçme kabiliyetini belirlemek için uygulanır. İki türü vardır: İki çubuklu test ve üç çubuklu test. Üç çubuklu test daha sık donatı çubuklarının bulunduğu durumları simgeler. Hacmi bilinen belli bir miktar taze betonun dikey konumdaki düzgün donatı çubukları arasından yatay olarak akması sağlanır ve donatının ilerisine geçen betonun yüksekliği ölçülür. L – kutusunu düz ve yatay bir taban üzerine oturtun, dikey ve yatay kısımlar arasındaki kapağı kapatın. Beton numunesini kaptan L – kutusunun besleme gözüne dökün ve 60 ± 10 saniye kadar bekletin. Ayrışma olursa not edin ve daha sonra kapağı kaldırarak beton numunenin yatay kısma geçişini sağlayın.

Betonun akması durduğunda L – kutusunun yatay kısmının en sonunda kutunun genişliği boyunca eşit aralıklarla üç noktada, betonun üst kısmı ile kutunun yatay kısmının üst kısmı arasındaki dikey mesafeyi ölçün. Ardından kutunun yatay kısmının yüksekliğini kullanarak bu üç ölçüm ile betonun ortalama derinliğini (H_2 mm) hesaplayın. Aynı prosedürü kullanarak kapağın hemen arkasındaki betonun ortalama yüksekliğini de (H_1 mm) ölçün.

Betonun geçme oranı (GO) aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$GO = H_2 / H_1$$

NOT: Çelik kalıp tercih edilse de, 12 mm' lik kaplanmış kontrplak kalıp da uygun olacaktır.

Test aletleri

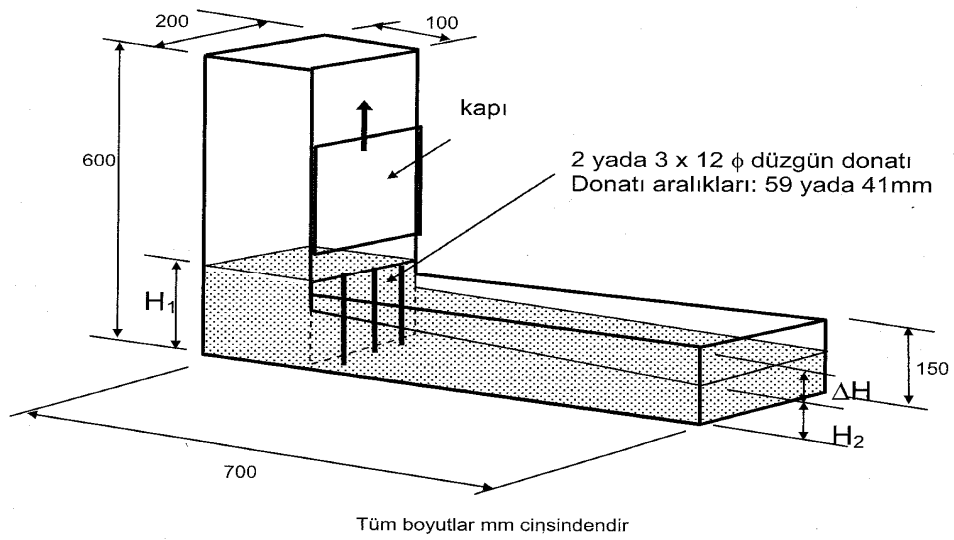
1.L – kutusu: Şekil 3.3' deki genel düzeneğe ve Şekil 3.4' deki boyutlara (tolerans ± 1 mm) göre hazırlanmış olmalıdır. L – kutusu rijit olacak şekilde hazırlanmalı, yüzeyleri düz, pürüzsüz, çimento harcı ile reaksiyona girmeyecek ve paslanmaya uğramayacak şekilde olmalıdır. Dikey kazan temizlik kolaylığı için kaldırılabilir olmalıdır. Kapı kapandığında dikey kazanın hacmi en üst seviyeye kadar doldurulduğunda 12.6 - 12.8 lt olmalıdır. Donatıyı tutan düzenekte, iki çubuklu deney için 55 mm aralıklı 12 mm çapında 2 adet düzgün çubuk ve üç çubuklu deney için

12 mm çapında 41 mm aralıklı 3 adet düzgün yüzeyli çubuk kullanılır.

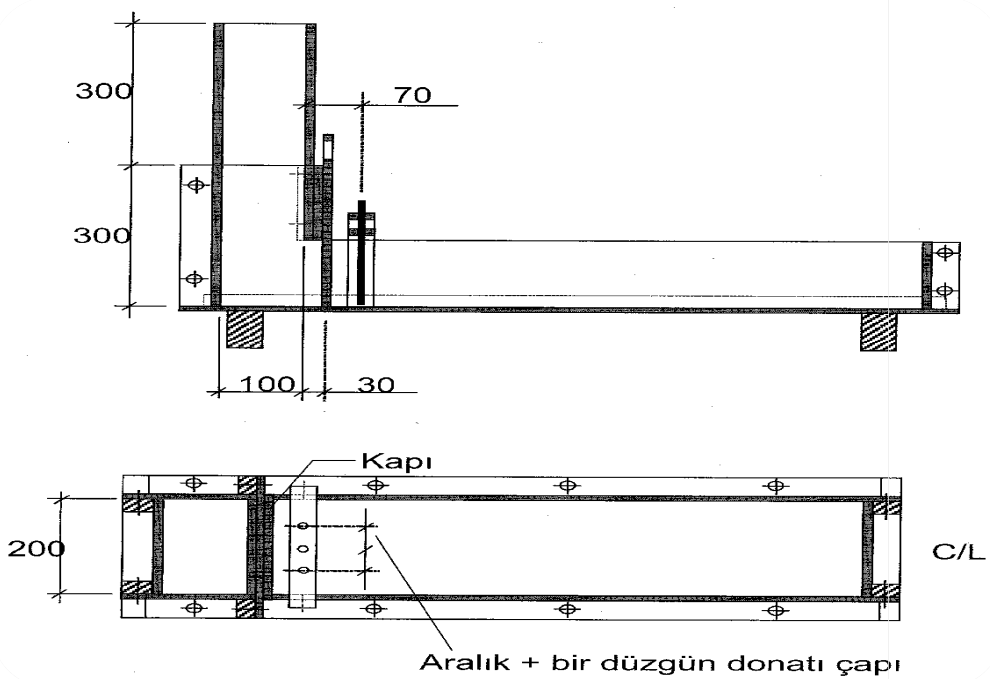
Bu donatıların L – kutusunda yerleri değiştirilebilir olmalı ve L – kutusunda kutu içerisinde dikey ve yatay olarak eşit uzaklıklarda yerleştirilmelidir.

2.Cetvel: 0 mm' den 300 mm' ye kadar her 1 mm' de bir işaretlenmiş cetvel.

3.Kap: Numuneyi tutmak için hacmi 14 lt' den az olmayan bir kap.



Şekil 3.3. L – kutusunun genel yapısı



Şekil 3.4. L – kutusunun tipik tasarımı ve boyutları

3.2.4. Elek ayrışması direnci testi

Elek ayrışması direnci testi kendiliğinden yerleşen betonun ayrışma direncinin ölçülmesi için uygulanır. Numunenin hazırlanmasından sonra taze beton 15 dakika

bekletilir ve gözlenen herhangi bir ayrışma veya terleme olayı not edilir. Daha sonra beton numunesinin üst kısmı 5 mm^2 'lik delikleri olan bir elek üzerine dökülür. 2 dakika sonra elekten geçen numune ağırlığı kaydedilir. Ayrışma oranı elekten geçen numune oranı olarak hesaplanır. 10 ± 0.5 litre taze betonu numune kabına koyun ve kapağını kapatın. 15 ± 0.5 dakika süresince dokunmadan yatay olarak durmasını sağlayın. Tartının yatay konumda olduğundan ve sallanmayacak şekilde yerleştirildiğinden emin olun. Elek kabını tartı üzerine koyun ve kütlesini gram cinsinden kaydedin (W_p). Ardından eleği kabının üzerine oturtun ve yeniden kütleyi kaydedin.

Bekleme süresinin sonunda kapağı numune kabından ayırın ve beton numunesi üzerinde terleme olup olmadığını kaydedin. Elek ve elek kabı hala tartı üzerinde ve numune kabının üst kısmı elekten 500 ± 50 mm üstte iken, ani olarak beton numuneyi

(4.8 ± 0.2 kg) eleğin ortasına dökün (terlemeden dolayı beton numunenin yüzeyinde biriken su ile beraber). Betonun elek üstündeki kütlesini gram cinsinden kaydedin (W_c). Beton numunenin elek üzerinde 120 ± 5 saniye durmasından sonra eleği dikey olarak sarsmadan çıkarın. Elekten geçerek elek kabında kalan betonun kütlesini gram cinsinden kaydedin (W_{ps}).

Test aletleri

- 1.Delikli plaka (elek): 5 mm^2 'lik delikleri olan, çerçeve çapı 300 mm ve yüksekliği 40 mm olan elek. Eleğin dikey olarak kaldırılmak suretiyle kolayca ayrılabilmesi için bir kap ile bütün olması gerekmektedir.
- 2.Tartı: Elek kabının oturtulabileceği düz bir platformu olan, kapasitesi en az 10 kg ve kalibre edilmiş aralıkları 20 gr' dan az olan bir tartı.
- 3.Numune kabı: Plastikten veya metalden yapılmış, iç çapı 300 ± 10 mm olan, 11 - 12 litre kapasitesi olan kap ve kapağı.

3.2.5. U – Kutusu deneyi

Bu deney taze KYB' un kendiliğinden yerleşme yeteneğinin ve numunenin özel bir

kutu içerisinde kendi ağırlığı ile yükselmesinin gözlenmesini kapsar. Aparat olarak Şekil 3.5' deki U şeklinde, alt ortasında sürgülü bir kapak olan ve aynı zamanda engel teşkil edecek demir çubuklar bulunan bir kutu kullanılır. KYB doldurulduktan sonra sürgülü kapak çekilerek betonun diğer kısma doğru dolarak yükselmesinin hızı ölçülür.

3.2.6. Doldurma kutusu deneyi

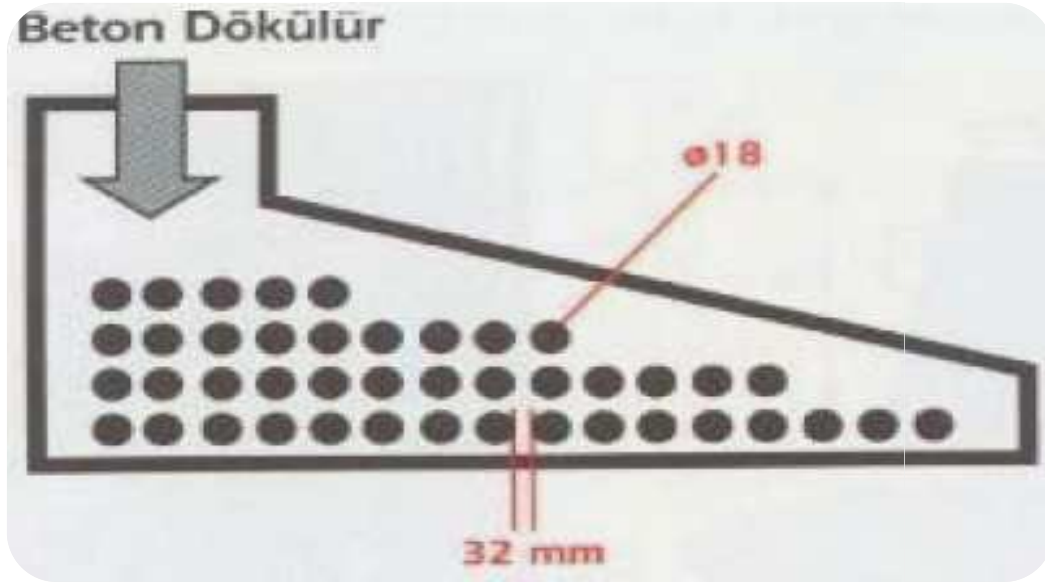
Bu deney, KYB' un akış hareketinin ve özel şeffaf bir kutu içerisinde yükselme yeteneğinin gözlenmesini kapsar. Bu deneyde Şekil 3.6 'da kullanılan şeffaf ve içinde engeller bulunan bir kutuya KYB boşaltılarak kutunun iki ucundaki seviye farkı ölçülür.

3.2.7. Fill – Box deneyi

Fill – Box Metodu Betonun ağırlığı altında sıkı donatı çubukları arasından akarak, doldurma kabiliyetini ölçmek için kullanılan bir deneydir. Betonun ayrışma ve terleme yapmadan sıkı donatı çubukları arasından akışını gözlemleyerek ölçülür.



Şekil 3.5. Fill Box aleti



Şekil 3.6. Fill – box aleti detayı

BÖLÜM 4. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONUN ÜRETİMİ, NAKLİYESİ ve UYGULAMALARI

KYB, bileşenlerinin özelliklerindeki ve harmanlamadaki değişikliklere düşük işlenebilirlikli betondan daha az toleranslıdır. Bundan dolayı, üretim ve yerleştirme işlemlerinin tüm yönlerinin dikkatli bir şekilde yapılması önemlidir.

KYB' nin üretimi ekipman, operasyon ve malzemelerin bir kalite güvence planına göre uygun bir şekilde kontrol edildiği santrallerde yapılmalıdır. KYB' nin üretim ve sevkiyatında görev alacak tüm personelin, KYB ile ilgili tecrübelere sahip bir kişiden üretim öncesi yeterli eğitimi alması önemlidir. Bu eğitim üretilen ve test edilen deneme harmanlarını gözlemlemeyi içerebilir[13].

4.1. KYB' u Oluşturan Bileşen Malzemelerinin Depolanması

KYB 'nin bileşen malzemelerinin depolanması normal beton için takip edilmesi gereken metotla aynıdır, fakat karışım değişikliklere daha hassas olduğu için aşağıdaki noktalara biraz daha fazla önem verilmeli ve dikkat edilmelidir:

Agregalar: Farklı tipler ve boyutların birbirine karışmasından kaçınmak için uygun bir şekilde depolanmalı ve ince malzemelerin hareketini ve yüzey nem içeriğinin dalgalanmasını minimuma indirmek için dış hava koşullarından korunmalıdır. Saha stokları, agregalardaki fazla miktardaki nemin ve yağmur suyunun tahliyesine izin verecek şekilde inşa edilen ayırıcı bölmelerde depolanmalıdır.

Agregalar için yeterli depolama kapasitesi olmalıdır, çünkü yerleştirmede duraklamaya sebep olan malzeme teminindeki herhangi bir önemli aksama ciddi zorluklara sebep olabilir. Tüm malzeme depolarının kendiliğinden yerleşen beton dökümünden önce doldurulması tavsiye edilir.

Çimentolar, mineral katkıları ve kimyasal katkı maddeleri: Depolama için normal betonda istenilenden daha fazla özel koşul yoktur. Depolama için üreticinin tavsiyeleri daima takip edilmelidir. Taze KYB teslimini takiben performanstaki muhtemel değişikliklerden kaçınmak için, tüm malzeme depolarının kendiliğinden yerleşen beton dökümünden önce doldurulması tavsiye edilir.

4.2. KYB' un Santralde Karıştırma Prosedürleri ve Taşınması

KYB da pervaneli karıştırıcı, serbest düşüslü karıştırıcı ve kuru tip transmikseler gibi herhangi bir verimli beton mikseriyle üretilebilir, fakat genellikle kuvvet uygulamalı mikserler tercih edilir. Bununla birlikte, mikserin mekanik olarak iyi bir durumda olması ve süper akışkanlaştırıcıyı dağıtmak ve harekete geçirmek için yeterli kesme hareketiyle katı malzemelerin tam ve üniform karışımını sağlayabilmesi KYB' de özellikle önemlidir.

Tecrübeler KYB' nin tamamen karışmasını sağlamak ve süper akışkanlaştırıcıyı tamamen harekete geçirmek için gerekli zamanın azalan sürtünme kuvvetlerinden dolayı normal betonunkinden daha uzun olabileceğini göstermiştir. Her bir mikserin etkinliğini ve bileşen ilavesinin en uygun sırasını saptamak için ön denemelerin yapılması önemlidir. Bire bir ölçekte ön denemeler için beton hacmi mikser kapasitesinin yarısından az olmamalıdır.

Malzeme teminine başlamadan önce, bire bir ölçekteki üretimde karışımın taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerinin şartname koşullarına uyduğunu garanti etmek için santral denemelerinin yapılması tavsiye edilir.

KYB' nin yüksek hamur miktarı ve akışkanlığı, daha az kıvamlı betonla karşılaştırıldığında üniform bir karışım elde etmeyi zorlaştırır. Ana problem karışmamış bileşen topraklarının oluşumudur ve bunlar bir kere oluştuğunda kolaylıkla ayrılamazlar. Topaklanma olma ihtimali serbest düşüslü karıştırıcılarda (özellikle transmikselerde) kuvvet uygulamalı mikserlere göre daha yüksektir. Beton önce kendiliğinden yerleşen seviyeden düşük kıvamda üniform bir karışım sağlanana kadar harmanlanarak bu problemten kaçınılabılır. Daha sonradan su ve süper

akışkanlaştırıcı ilavesi topaklanma yapmadan kıvamı gerekli seviyeye kadar arttıracaktır.

Harmanlama sırasında kimyasal katkının ilave zamanı önemlidir çünkü bu etkinliği değiştirebilir. Viskozite düzenleyici katkı kullanıldığında bunun karışıma geç ilave edilmesi tercih edilir. Santral denemelerini takiben standart bir prosedür benimsenmeli ve harmanlar arasındaki değişiklik ihtimalini azaltmak için prosedür disiplinli bir şekilde takip edilmelidir.

Kimyasal katkılar kuru bileşen malzemelerine direkt olarak ilave edilmemeli, karıştırma suyu içinde yada birlikte dağıtılmalıdır. Farklı katkılar katkı üreticisi tarafından belirli bir şekilde onaylanmadığı sürece karışım içerisine ilave edilmeden önce birlikte karıştırılmamalıdır. Bu aynı zamanda dozajlama üniteleri yada dağıtıcı içindeki farklı katkıların karışımı ihtimaline de uygulanır. Eğer hava sürükleyici katkılar kullanılıyorsa, onların süper akışkanlaştırıcıdan önce ve beton düşük kıvamda iken ilave edilmesi en uygundur.

Modern süper akışkanlaştırıcıların güçlü etkisi nedeniyle dağıtıcıların düzenli olarak kalibre edilmeleri ve katkıların el ile ilave edildiği yerlerde dozaj ölçümlerinin kalibreli bir kap ile yada hassas dağıtım ekipmanlarıyla yapılması önemlidir. Harmanı tamamlamak için bir dozajdan daha fazla ilave gerektiği yerlerde her bir ilave edilen miktarı ölçme yolu olmalıdır. Üretim sırasında, üniformalıktaki değişikliklere tekil olarak yada ortaklaşa yardım eden pek çok faktör olabilir. Ana faktörler agregaların serbest nemindeki değişiklikler, agrega taneleri boyut dağılımı ve harmanlama sırasındaki değişikliklerdir. Diğer bileşenlerin yeni harmanları ortaya konduğu zaman özelliklerdeki değişiklikler de gözlemlenebilir. Özel nedeni hemen belirlemek normalde mümkün olmadığı için, kıvam ayarlamalarının süper akışkanlaştırıcının seviyesini ayarlamayla elde edilmesi tavsiye edilir.

Mikseri yüklemek için birkaç yol vardır ve aşağıdaki örneklerin iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir:

4.2.1. KYB' un serbest düşürlü santral ve kamyonu monte edilmiş karıştırıcılarla taşınması

Yaklaşık olarak karıştırma suyunun üçte ikisi mikseru ilave edilir. Bunu agregalar ve çimento takip eder. Üniform karışım elde edildiği zaman, kalan karışım suyu ve süper akışkanlaştırıcı ilave edilir. Viskozite düzenleyici katkı kullanıldığında, bu süper akışkanlaştırıcıdan sonra ve su ile son kıvam ayarlamasından önce ilave edilmelidir.

Transmikserler KYB için ek karışım zamanına gereksinim duyabilirler, çünkü onlar santral mikserlerinden daha az verimlidir. Yüku iki yada daha fazla harmana bölmek karışım verimliliğini arttırır. Transmikser tamburu ve karıştırma bıçakları KYB için özellikle önemlidir ve düzenli bir şekilde denetlenmelidir. Karıştırma sırasında tamburun dönme hızı üreticinin tavsiyelerine uymalıdır, fakat KYB için karıştırma hızı normalde 10-15 devir / dk olmalıdır.

4.2.2. KYB' un taşımında kuvvet uygulamalı karıştırıcılar

Genellikle mikseru önce agrega ve çimento birlikte ilave edilir. Bunu hemen ana karışım suyu ve süper akışkanlaştırıcı takip eder. Viskozite düzenleyici katkılar kullanıldığında, son su ile ilave edilir. Kuvvet uygulamalı karıştırıcı tarafından üretilen yüksek kesme, akışkanlığı geliştirir ve ayrıca serbest düşürlü karıştırıcıya göre süper akışkanlaştırıcının ilave hızını azaltabilir.

Mevcut mikserlerdeki geniş çeşitlilik nedeniyle, mikseri yüklemek için kesin üretim başlamadan önce denemelerle belirlenmelidir.

4.3. KYB' un Üretim Kontrolü

4.3.1. KYB' un üretime başlamadan önce bileşenlerin kontrolü

KYB, bileşenlerinin fiziksel özelliklerindeki değişikliklere, özellikle agrega nem içeriğindeki gradasyon ve şeklindeki değişikliklere normal betondan daha hassastır. Bu nedenle daha sık üretim kontrolleri gereklidir.

Agregaların her üretim günü harmanlamaya başlamadan önce değerlendirilmesi tavsiye edilir. Ondan sonra agreganın her sevkiyatında görsel kontroller yapılmalı; herhangi bir göze çarpan değişiklik, sevkiyatı kabul yada ret etmeden önce değerlendirilmelidir. Agregaların nem içeriği sürekli bir şekilde izlenmeli ve herhangi bir değişiklik halinde karışım ayarlanmalıdır. Çimento, mineral katkı yada kimyasal katkıların yeni harmanları teslim edildiği zaman, bileşenler arasındaki herhangi bir önemli etkileşim yada değişiklikleri izlemek için ek performans testleri gerekli olabilir [15].

4.3.2. KYB' un üretimi

KYB' nin üretim ve tedarikçi üreticinin sorumluluğu altındaki normal üretim kontrolüne bağlıdır ve hazır beton durumunda, bu alıcı ve üretici arasındaki sözleşmeye bağlanmış düzenlemelere uygun olmalıdır.

Uygulama tipi, alıcının üreticiden talep ettiği belirlenmiş karakteristik özellikleri ve sınıfları belirleyecektir. Üretim kontrolü, üretim sırasında bunlara dikkatlice uyulduğunu ve belirlenmiş parametrelerin dışına herhangi bir kaymanın teknik müdüre ve santral harmanlama operatörüne hemen bildirildiğini garanti etmek zorundadır. Kendiliğinden yerleşen özellikleri garanti etmek için üreticinin tutarlı sonuçlar elde edilinceye kadar çökme akma için her mikser yükünü test etmesi önerilir. Sözleşme şartnamesiyle uygunluğu onaylamak için diğer anahtar testler de gerekebilir. Sonra, her bir teslim edilen harman şantiyeye yada yerleştirme noktasına taşınmadan önce görsel olarak kontrol edilmeli ve rutin denemeler yapılmalıdır. Bileşen malzemelerin, özellikle agregaların, her sevkiyatında özel dikkat gereklidir. Örneğin, agregaların nemindeki değişimleri telafi etmek için su miktarında ayarlama gerekli olabilir.

4.3.3. KYB' un karışım ayarlanması

Genel olarak KYB' nin şantiyede modifiye edilmesi (değiştirilmesi) arzu edilmez, çünkü üretici belirtilen karışımın iş için gerekli özellikleriyle temininde yeterli olmalıdır. Fakat, özel durumların olması halinde yada belirli kalıp konfigürasyonları

ve yüzey bitirmesi durumunda karışımı en uygun şekilde getirmek için bazı deneyler planlanmışsa / bekleniyorsa, şantiye denetiminde betonun küçük ayarlamaları için ek bir yazılı prosedür oluşturmak mantıklı olabilir. Ayarlama üreticinin beton uzmanı tarafından ve onun sorumluluğu altında kontrol edilmeli ve değerlendirilmelidir. Bütün değişiklikler kayıt edilmelidir. Eğer katkı ilavesinin etkisi tam olarak belirlenirse, katkı ilaveleri, mesela priz kontrolü için, şantiyede betonun yerleştirilmesinden önce yapılabilir. Uygunluk kriterinin dışında bir çökme – akmaya sahip betonlar sadece izlenecek prosedürün kararlaştırılmış ve belgeli olması durumunda ayarlanmalıdır. Mikser kamyonuna bileşenlerin herhangi bir ilavesi beton için kararlaştırılan minimum bir karışım zamanı gerektirecektir.(örneğin her bir metreküp için 1 dakika ve en az 5 dakika karıştırılmalıdır.)

4.4. KYB' un taşınması ve teslimi

KYB' nin temel avantajlarından birisi yerleştirme hızındaki artıştır. Fakat, şantiye personelinin betonu, teminde herhangi bir ara olmaksızın ve kıvam koruma zamanı içerisinde yerleştirmesini garanti etmek için, santralin üretim kapasitesinin, yolculuk zamanının ve şantiyede yerleştirme olanaklarının hepsinin dengelenmesi önemlidir [16].

4.4.1. KYB' u şantiyede teslim alma

Hazır beton durumunda KYB' yi şantiyede alıp kabul etmek için kararlaştırılmış ve belgeli, standartlaştırılmış bir prosedürün olması önemlidir. Üretici sözleşmenin başında bu prosedürde mutabık olmalıdır. Bu, betonun her bir harmanının görsel incelemesini ve belirli testleri ve uygunluk parametrelerini içermelidir. Üretici betonun kıvam, dayanım ve diğer özelliklerini belirlemek için betonu en azından standartta verilen minimum sıklıkta test etmek zorundadır. Bu, uygunluk testi olarak adlandırılır. Üretici, test amaçları için betonu aile gruplarına ayrılabilir.

1.Şantiyede ki bütün kimlik testlerinin yetenekli, eğitimli personel tarafından dış hava koşullarından korunmuş ve vibrasyonsuz bir ortamda yapılmasını garanti etmelidir.

2.Ekipman iyi korunmuş ve kalibre edilmiş olmalı ve testleri yapmak için düz ve sağlam bir test alanı olmalıdır.

Numune alınmadan önce beton en azından 1 dakika (yüksek hızda) transmikserde tekrar karıştırılmalıdır.

Transmikserden alınan ilk KYB numunesi KYB' yi temsil etmeyebilir. Basıncı dayanımı ve diğer testler için KYB numunelerini hazırlarken, kalıp tek bir tabakada sıkıştırılmadan doldurulmalıdır.

KYB' yi şantiyede karakterize etmek için tavsiye edilen test çökme-akmadır. Bu beton sağlama üniformluğunun iyi bir göstergesidir. Çökme – akma toplam akışkanlığın ve sonuç olarak betonun doldurma yeteneğinin bir ölçüsüdür. Akış çevresinde harç/hamur ayrılmasının herhangi bir göstergesi için görsel değerlendirme ve orta alandaki herhangi bir agrega ayrılması ayrışma direnci hakkında fikir verir. Etkin doldurmayı ve herhangi bir tıkanma, ayrışma yada oturma belirtisini izlemek için yerleştirilen beton sürekli olarak gözlemlenmelidir.

4.4.2. KYB' un şantiyede kontrolü

Kalite kontrol prosedürü belgelenmeli ve KYB' nin kabulü için şantiyede bu prosedüre uyulmalıdır. KYB' nin teslim edilen her bir harmanının malzeme temininin üniformluğu doğrulanıncaya kadar çökme akma için test edilmesi tavsiye edilir. Harmanın marjinal olmadığı durumlarda yetkili bir kişinin görsel değerlendirmesi normalde yeterlidir. Üreticinin uygunluk testini üstlenmesi zorunlu olduğu için şantiyede ilave tanımlama testi genelde gereksizdir ve kritik uygulamalarla sınırlandırılmalıdır.

4.4.3. KYB' un şantiyede kalıba yerleştirilmesi ve yüzeyin masterlanması

KYB agregaların üniform bir şekilde dağılmasını ve ayrışmamasını sağlayan yüksek akışlı kohezyon özelliğine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Vibratörlerin kullanımı bu dengeyi etkileyecek ve genellikle önemli derecede ayrışmaya neden olacaktır.

Betonun yerleştirilmesi sırasında, iri agreganın yüzeyde veya yüzey civarında kaldığını ve herhangi bir segragasyon belirtisinin olmadığını garanti etmek için beton düzenli olarak kontrol edilmelidir. Betonun ön tarafı düşük bir açıyla düzgün bir biçimde ilerlemeli ve hava boşlukları oluşturmadan donatıların etrafından aktığı ve donatıları tamamen kapladığı gözlenmelidir. Betonun yerleştirme işlemiyle hapsolünebilecek havanın bir göstergesi olan geniş hava kabarcıklarının aşırı salınımı olmamalıdır. Sızıntı belirtilerine karşı kalıp kontrol edilmelidir.

işin ilk kısmının tamamlanmasının ardından sertleşmiş betonun kalitesi üretici ve şartname hazırlayıcısı tarafından kontrol edilmeli ve değerlendirilmelidir. Üst yüzey bozuklukları, üniform olmayan yüzey rengi, havanın hapsolmüş olacağı belirli bölgeler ve görünen diğer istenmeyen etkiler yönünden incelenmelidir.

Yüksek kalitede yüzey bitirmeleri KYB' nin bir özelliğidir fakat hava deliksiz, kusursuz yada rengi bozulmamış bir yüzey elde etmek için iyi bir tasarım ve kaliteye sahip betondan daha fazlası gerekir. KYB kullanarak nasıl güvenli ve tutarlı mükemmel bir yüzey bitirmesi elde edileceği konusunda bir kılavuz henüz yoktur. Fakat kalıp yüzeyi kusursuz olmalı ve döküm işinin icrası ve yüzey bitirme işlemi en yüksek kalitede olmalıdır. Şantiye şefleri ve formenlerin yanında betonu yerleştiren işçiler de, uygulamanın her bir ayrı unsurunun önemini anlamalı, dikkate almalı ve etkin bir şekilde yerine getirmelidirler.

KYB' yi yerleştirmek için kullanılan şantiye personelinin bu tip bir betonun yerleştirilmesindeki özel şartlar konusunda eğitilmesi zorunludur.

4.4.4. KYB' un yerleştirme hızı

KYB' yi yerleştirmeden önce, kalıp ve donatının planlandığı gibi düzenlendiği ve kalıbın su ve inşaat artıklarından temizlendiği teyit edilmelidir.

Betonun kalıbın içine bırakılması donatının yoğunluğu, betonun akış karakterleri ve havanın hapsolme potansiyeliyle ilişkili olmalıdır.

Uygun bir akma uzunluğu aşırı havanın kaçmasına yardımcı olur. Fakat, 10 metreden fazla akma uzunluğu daha büyük dinamik segragasyon riskini yada boşluk oluşumu riskini yaratabilir.

Hızlı bir düşey dökme hızı, havanın yüzeye çıkıp kaçması için zaman bırakmayabilir ve beton içerisinde hapsolmuş hava boşlukları sayısının ve yüzeydeki hava delikleri sayısının artmasına sebep olur.

Dökme işlemi sürekli ve kesintisiz olmalıdır. Bu, akışı korumaya yardım eder ve renk çeşitliliği ile yüzey izlerini Bazı KYB' ler, özellikle düşük akış hızına sahip olanlar (yüksek T_{500} veya $V - \text{huni zamanı}$), tiksotropik jelleşme eğilimi gösterebilir; bu durum betonun hareketsizken sertleşmesine ancak yeterli kesme/karıştırma enerjisi uygulandığında tekrar akışkanlık kazanmasına neden olur. Tiksotropik jelleşmeden, beton u şantiyeye taşırken ve yerleştirmeden önce karıştırma yoluyla kaçınılabilir. Yerleştirme kesintisiz olmalı ve kalıbın doldurma yerleri döküm ön yüzünün her zaman hareketli olmasını sağlayacak şekilde seçilmelidir. Betonun yerleştirilmesi bittiği zaman, tiksotropik jelleşme bir avantaj olabilir, çünkü kalıp basıncı ve ek yerlerindeki sızıntılar hareket durduktan kısa bir süre sonra azalır.

KYB normal betona göre daha fazla kohezyonlu ve genelde ayrışma daha fazla dayanıklıdır. Fakat yine de bazı ayrışmalara yol açabileceği ve hapsolmuş hava miktarını arttırabileceğinden, yerleştirme sırasında betonun serbest düşüşünden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Eğer kaçınmak mümkün değilse, serbest düşüş yüksekliği sınırlandırılmalı ve etkinin belirlenmesi için testler yapılmalıdır.

Birbirini izleyen bölgelerin dökümünden önce toplam alanın bir kısmının tamamlanmasının zorunlu olduğu geniş yatay bölgeler dökülürken, kesme yükü için kalıcı kayma donatısı gereklidir ve bu uygulama için metal çıtalama KYB ile başarılı bir şekilde kullanılır.

4.4.5. KYB' un mikserden boşaltılması

Kontrol denetimleri yapılmadan boşaltma yapılmamalıdır. KYB, transmikserlerden boşaltma kanalı yoluyla direkt boşaltılarak yerleştirilebilir. Alternatif olarak KYB ilk önce kovaya yada pompaya boşaltılabilir. KYB yerleştirilmeden önce şantiyede bir

süre bekletilecekse,gerek görülürse karıştırıcı bir kazan veya taşıma aracı kullanılabilir.

4.4.6. KYB' un pompa ile yerleştirilmesi

Pompalama KYB' nin yerleştirilmesinde kullanılan en yaygın metottur ve sonuçta da en fazla tecrübenin elde edildiği metottur.

Eğer pompa çimento harcı ile işlemeye hazır hale getirilmezse, yükün ilk kısmı (100 – 150 litre) pompanın içinden geçirilmeli ve kamyonun içine tekrar boşaltılmalıdır. Bu, kalan iri agregaya KYB yığımına tekrar karıştırılırken pompa borularını yağlar. KYB eğer iyi bir segragasyon direncine sahipse kalıbın altından valf yoluyla pompalamaya çok uygundur. Bu metot düz ve temiz bir beton yüzeyi sağlar ve sistem kalıbı ile binalardaki duvarlar dökülürken, tünel kaplaması ve kolonlarda çok başarılı bir metot olduğu kanıtlanmıştır. Bu aynı zamanda mevcut betonun güçlendirilmesinde yada mevcut yapılara yeni beton yerleştirilirken de kullanılmıştır.

Valf yoluyla kalıbın altından yapılan pompalama normalde herhangi bir düşey eleman için en iyi yüzey bitirmeyi sağlar. Bu şekilde yapılan pompalamada beton içerisine daha az hava alır ve üstten pompalamaya göre daha hızlı dökme oranları sağlanır. Pompa kazanı, su altında havanın olmadığını garantilemek için tamamen betonla doldurulmalıdır. Ayrıca beton dökümü durduktan sonra tekrar başlamanın kalıpta bir basınç artışına neden olacağı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Alttan pompalama yapıldıktan sonra valf kapatılır ve kilitlenir. Kalıp alındıktan sonra şişen beton uzaklaştırılmalıdır, fakat kalıbın alınmasından sonra herhangi bir ilave çalışma yapmaksızın düz bir beton yüzeyi elde etmek için özel ekipman da mevcuttur.

Üstten pompalama yapıldığında ve yüzey bitirmesinin optimum hale getirilmesi gerektiğinde, KYB, hapsolmuş hava olasılığını minimuma indirmek için batırılmış hortum ile yerleştirilmelidir. Beton dökme, kalıbın en altından ve mümkün olduğunca kalıbın altına yakın yerleştirilen pompa hortumunun olduğu yerden

başlamalıdır. Yeterli derinliğe ulaşılmaz hortum betona daldırılmalıdır. Eğer mümkünse pompanın ucu havanın hortuma girişini engellemek için onun yerini değiştirirken de dahil olmak üzere her zaman beton yüzeyin altında tutulmalıdır. Pompalama, teslim sırasında mümkün olduğunca az ara ile, kalıp içerisinde sürekli ve düzgün bir hızla yükselen beton üretmek için kontrol edilmelidir.

4.4.7. KYB' un beton boşaltma borusu (şüt) yada kovayla yerleştirilmesi

KYB' nin pompayla dökümü tavsiye edilmesine rağmen beton boşaltma borusu ve beton kovası başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Beton boşaltma borusuyla boşaltılırken, şütün çıkış yeri dökümün en uzak ucuna doğru yönlendirilmeli ve döküm devam ederken geri çekilmelidir.

KYB vinç ve kovadan dökülürken aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir:

Kova metodu normal şartlar altında dökme kapasitesi nedeniyle (tipik olarak 12-20 m³/saat) sadece kısa duvarlarda yada göreceli olarak küçük birimlerde faydalıdır. Fakat bu metot beton kovasının büyüklüğüne ve vincin manevra kabiliyetine de bağlıdır.

Kova taşıma sırasında hamur yada harç kaybını önlemek için boşaltma ağzı sıkıca kapalı olmalıdır. Kova betonun segragasyonunu önlemek için vibrasyon veya aşırı sarsmaya maruz bırakılmamalıdır. Kova içindeki karışımın uzun süreli hareketsizliği tiksotropik sertleşmeye yol açar ve böylece karışım kova boşaltma için açıldığında kovadan kendiliğinden ve düzgün bir şekilde akmaz.

Yavaş teslim hızı yüzeyin kabuk bağlamasına yada sertleşmeye sebep olan kalıpta uzun süreli hareketsizliğe yol açar ve bu, döküm yükseklikleri arasında görünür yatay izlere sebep olur.

Yüksek veya ince duvarlar dökülürken, döküm tremi borusuyla yada kovadan ağızlık yoluyla olmalıdır. Rijit borudan ziyade ağızlık kullanımı tam olarak korumaya yardımcı olur ve betonun içerisine hava girişini önler. Bu özellikle yüzey bitirmesi optimize edilmesi gerekiyorsa önemlidir. Eğer rijit bir tremi borusu kullanılırsa her

zaman boru ucu beton yüzeyin altında tutulmalı ve havanın beton içine girmemesini sağlamak için özel dikkat sarf edilmelidir.

4.4.8. KYB' un vibrasyonu

Genel olarak KYB' nin vibrasyonundan iri agreganın önemli oranda dibe çökmesine sebep olabileceği için kaçınılmalıdır. Eğer istenen sıkıştırma sağlanamazsa, ilk önce betonun şartnameye uygunluğu kontrol edilmelidir. Eğer şartnameye uygunsa fakat tam bir sıkıştırma sağlanamamışsa, şartname değişikliği düşünülmelidir. Dikkatli kontrol gerektiren hafif vibrasyonun gerektiği bazı durumlar vardır: Bazı yapılarda kalıp şekli havanın belli yerlerde hapsolmesine sebep olabilir. Normal olarak bu hava, etkilenen bölgede basit bir şişlemeyle veya lokal olarak hafifçe vurmaya uzaklaştırılabilir. Döşemelerde, özellikle düşük çökme akış sınıfındaki KYB dökülüyorsa, iri agrega çıkıntıları olmayan düz bir bitirme sağlamak için hafif vurma yada çok hassas titreşimli master çubuğu gerekebilir.

Yerleştirmedeki arayı takiben yüzey, eğer soğuk derz veya yüzey kusurları oluşacak derecede kabuk bağlamışsa yada sertleşmişse hafif vibrasyon gerekebilir.

4.4.9. Kürleme

Kürleme bütün betonlar için özellikle KYB ile yapılan elemanların üst yüzeyleri için önemlidir. Beton üst yüzeyleri artan hamur miktarı, düşük su/ince malzeme oranı ve yüzeydeki terleme suyu eksikliği nedenleriyle hızlı bir şekilde kuruyabilir. İlk kürleme yüzeyin kabuklaşma riskini ve erken nem buharlaşması nedeniyle oluşan büzülme çatlaklarını en aza indirmek için yerleştirme ve yüzey bitirmesinden hemen sonra başlamalıdır.

4.5. KYB' un Kalıp Tasarımı

Vibrasyonun olmaması metal kalıba manyetik olarak tutturulan şekil vericilerle elde edilenler gibi bazı yeni, alışılmıştın dışında kalıp detaylarına imkan vermektedir. Bu, detaylı tasarımın karmaşık yüzey detayına sahip geliştirilmiş bir ürün üretebildiği

yerlerdeki KYB' nin prefabrik uygulamalarında özellikle faydalı olabilir. Vibrasyonlu beton ile mümkün olmayan alışılmamış yada karmaşık şekiller üretilebilir.

KYB' nin yüksek akıcılığı, güvenli bir şekilde sabitlenmeyen herhangi bir yüzer kalıp biriminin, detayın veya uç bölgenin yüzmesine sebep olabilir. Yukarı kaldırmanın bir problem olabileceği yerlerde kalıbın tabana sabitlenmesine ve sızdırmazlığına özel önem verilmelidir. Kalıbın ek yerlerinde sızıntı olabilir ve bu yüzey bitirmesinin kalitesini azaltabilir. Fakat KYB genellikle vibrasyonlu betondan daha az sızar.

KYB kullanıldığında kalıba tam bir hidrostatik beton basıncı etkisi varsayıldığı için betonun yerleştirilmesi sırasında kalıbın deforme olmaması için dış desteklere ve gergi çubuğu sistemine ve aralığına özel önem verilmelidir [13].

4.5.1. KYB' da kalıp basıncı

Kalıp basıncı KYB' nin kohezyon ve akışkanlığına, düşey yükselme hızına ve yerleştirme metoduna (üstten/alttan) bağlıdır. Destek ve sabitleme sistemlerini içeren kalıp tasarımı normalde kalıba tam bir hidrostatik beton basıncının uygulandığını varsaymalıdır. Eğer KYB alttan pompalanıyorsa, o zaman lokal olarak basınç pompa giriş noktasına yakın bölgelerde, özellikle pompalamada bir kesinti yada ara olduktan sonra tekrar başlandığında, hidrostatik basıncın üzerinde olabilir.

Denemeler, uygun bir tiksotropik seviyeye sahip beton üstten dökülürse hidrostatik basıncın altında bir kalıp basıncı elde edilebileceğini göstermiştir.

4.5.2. KYB' da kalıp hazırlanması

KYB normalde kalıbın aynadaki görüntüsünü veren çok yüksek kalitede yüzey bitirmesi üretir. Bu geliştirilmiş bir tasarım için iyi bir olanak sağlamakla birlikte dikkat edilmezse, KYB kalıp malzemesi, yüzey bitirmesi yada kalıp ayırıcısından kaynaklanabilecek çeşitli kusurlar ortaya çıkar ve bu elde edilen son görünüşe gölge düşürür. Kalıbın beton basıncı altında eğilmesi yada ek yerlerindeki hareket KYB kullanıldığında daha fazla fark edilebilir.

Aşağıda detaylı açıklandığı gibi iyi bir kalıp hazırlığı bütün beton tipleri için uygulanır. Fakat iyi kalıp hazırlığı KYB' nin yüzey bitirmesinin en iyi şekilde getirilmesi için gereklidir.

4.5.3. KYB' da kalıbı ayırmak için kullanılacak kalıp yağları

KYB yüksek kalitede yüzey bitirmesi sağlayabilme yeteneği nedeniyle kalıp ayırıcılarının tip ve uygulama miktarı konusunda net taleplere sahiptir. KYB için kullanılan kalıpların çoğu çelik veya reçine kaplı kontrplaktır. Bunlar ya emici değildirler yada çok düşük emiciliğe sahiptirler. Kalıp yüzeyi ve beton ara yüzeyindeki aşırı kalıp ayırma maddesi lekelerine, hava kabarcıklarının kalmasına ve diğer kusurlara sebep olur.

Bitkisel, mineral yada subazlı kalıp ayırma maddeleri son derece ince bir şekilde, neredeyse bir bezle hafifçe silinmiş gibi uygulanmalıdır. Ayrıca kalıp ayırıcıları herhangi bir şekilde seyreltilmemelidir.

KYB normalde beton ve kalıp arasında hapsolmuş havanın çıkmasını mümkün kılar. Sonuç olarak, kalıp ayırıcı havanın kontrollü bir şekilde hareket etmesini sağlayan ve betondan uzaklaşmasına olanak veren bir tip olmalıdır.

Belli kalıp ayırıcıları geçirimsiz kalıplarla birlikte kullanıldığı zaman havanın etkin bir şekilde çıkmasını engelleyecek şekilde akışmaz bir kıvamdadırlar ve bu kalıp yüzeyine yapışan hava boşluklarına neden olur. Bu hava boşlukları da betonda hava deliklerine sebep olmaktadır. Güvenli bir yüzey bitirmesi sağlamak için, kalıp ayırıcıları ön değerlendirme yapılmadan sadece geçirimli veya yarı geçirimli kalıplarda kullanılmalıdır. Kalıp tipi seçimi; kalıp ayırıcı tipi, kullanım şekli ve ön işlemler belirleyici olacaktır.

4.5.4. KYB' un kaplanmamış ahşapla kalıp hazırlama

Eğer iyi bir yüzey bitirmesi gerekiyorsa, çok emici, kimyasal bir reaksiyona sebep olabilen ve beton yüzeyin lekelenmesine yada gecikmesine sebep olabilen kuru yada

tamamıyla yeni ahşaptan uzak durulmalıdır. Yüzey kusurları ve parça etkileri beton yüzey üzerinde göze çarpar ve ayrılan herhangi bir ahşap parçası beton yüzeyde hapsolabilir.

Yeni ahşap kalıp iyi bir şekilde tamamlanmalı, sızdırmazlığı sağlanmalı ve çok aktif bir kalıp ayırıcı uygulanmalıdır. İşlenmemiş ahşap nemli olmalı ve tercihen ahşaptaki şekerler nedeniyle oluşacak gecikmeyi yada beneklenme riskini azaltacak ve sızdırmazlığını sağlayacak çimento şerbetiyle ön kimyasal işleme maruz bırakılmalıdır.

Önceden birkaç defa kullanılmış ahşap kalıplarda, kalıp ayırma maddesi miktarı yüzey lekelenmesini engellemek için azaltılmalıdır.

4.5.5. KYB' un sentetik kaplanmış yada reçine yüzeyli ahşap ve çelik levha kalıpla hazırlanması

Bu malzemeler emici değildirler yada çok düşük emiciliğe sahiptirler. Ekonomik, ince fakat iyi kalitede yüzey ayırma maddesinin uygulanması önemlidir. Yüksek duvarlar için kullanılan aşırı derecede düz kalıplar, kalıp ayırıcının yapışma yeteneğinin arttırılmasını gerektirir. En uygun yüzey bitirmesi için malzemeyi sağlayan firmanın önerileri alınmalıdır.

4.6. KYB' da Yüzey Görünüşü ve Yüzeyin Tamamlanması

Yüksek kalitede yüzey tamamlama işlemleri KYB' nin bir özelliğidir; ancak bunun başarılması için karışım tasarımına ve şantiyedeki işçiliğe özen gösterilmelidir [17].

KYB ile dökülen bir elemanın görünüşü başlıca aşağıdakilere bağlıdır:

- 1.Kullanılan çimentonun ve mineral katkının özelliği,
- 2.KYB' nin karışım tasarımı,
- 3.Kalıbın ve kalıp sökülmesini kolaylaştırmak için kalıp iç yüzeyine sürülen maddenin kalitesi,
- 4.Betonun yerleştirilme yöntemi.

KYB' nin görünüşü genelde normal betona göre daha iyidir. Çünkü:

- 1.Betonun rengi genelde daha homojendir.
- 2.Kalıpların derzlerindeki sızıntı bölgelerinde, kenarlarda ve kabloların çıkış noktalarında oluşabilen bozukluklardan kaçınılması daha kolaydır.
- 3.Eğer kalıp iyi tasarlanmışsa ve muhafaza edilmişse kenarlar daha keskin olur.
- 4.Hava delikleri her zaman vardır; fakat daha az sayıda ve daha küçük hava delikleri oluşur.
- 5.Kalıp doğru bir şekilde doldurulduğu zaman, kalıbın yatay bölümlerinin altında hava boşlukları daha küçük ve daha az sayıda oluşur.

Aşağıda sıralanan bozukluklar her tür betonda görülebilir; fakat özenli çalışıldığında KYB klasik betona göre daha iyi neticeler verir:

- 1.Hava delikleri,
- 2.Peteğimsi delikler,
- 3.Dikey çizgiler ve diğer çeşit renk farklılıkları,
- 4.Plastik veya kuruma büzülme çatlakları.

4.6.1. Hava delikleri

Sadece karıştırma sürecinde değil, nakliyede ve dökme esnasında da betona hava girebilir. KYB' ye giren havanın yerleştirme esnasında ne derece stabilize edildiği veya çıkarıldığı karışımın kohezyonuna bağlıdır. Yüksek çökme akış ve az plastik viskozite kimyasal maddeler kusursuz yüzeylerin oluşturulmasında faydalıdır; zira betonun içindeki havanın dışarı çıkmasını kolaylaştırır. Ayrışmaya yakın bir karışım genelde en iyi yüzeyi verecektir.

Hava delikleri küçük hava kabarcıkları içerde kaldığında veya kalıp yüzeyine yapıştığında oluşur. Yukarıda belirtilen etkenlere ek olarak, hava delikleri aynı zamanda kalıbın yüzey kalitesine ve kalıp sökülmesini kolaylaştırmak için kalıp iç yüzeyine sürülen maddenin çeşidine ve/veya kullanılan miktarına bağlı olarak da oluşabilir. Bununla ilgili kalıp yağı sağlayıcısından ve beton üreticisinden tavsiye alınmalıdır.

Şayet kalıba konan betonun yükselme hızı düşük olursa ve dökülen betonun kalıp içerisinde yanlara doğru birkaç metre yayılması gerekiyorsa, betonun içindeki hava daha kolay dışarı çıkacaktır.

Kalıbın alt kısmından betonun pompalanması genelde daha iyi nihai yüzey oluşumunu sağlar. Şayet bu mümkün değilse beton dökmekte kullanılan hortum her seferinde beton yüzeyin altında tutulmalıdır. Eğer betonun serbest düşme yapmasına izin verilirse, betonun hem yüzeyinde hem de iç yapısında daha çok sayıda ve daha büyük hava boşluklarına sebep olunur.

4.6.2. Peteğimsi delikler

Peteğimsi delikler kalıptaki sızıntıdan dolayı oluşabilir; ancak daha sık olarak betonun geçme özelliğinin yetersiz olmasından, bunun da agreganın köprüler oluşturması ve donatı altında boşlukların yer alması ile sonuçlanmasından kaynaklanır.

Betonun geçme özelliğinin yetersiz oluşu genelde aşağıdaki sebeplerden kaynaklanmaktadır:

- 1.Çökme-akış sınıfı çok düşüktür,
- 2.Viskozite çok yüksektir,
- 3.En büyük agrega boyutu çok büyüktür,
- 4.Yetersiz çimento hamuru veya çok fazla kaba agrega vardır.

Eğer Peteğimsi delikler oluşursa ve kalıptaki sızıntısından kaynaklanmıyorsa, betonun şartname kurallarına uyup uymadığı kontrol edilmelidir.

4.6.3. Renk tutarlılığı ve yüzey sapmaları

KYB yüzeyindeki dikey çizgiler nadiren oluşur ve genelde betonun terlemesinden kaynaklanır. Terleme sonucunda çıkan su dikey kalıp yüzeyinde birikir ve yukarı doğru akarak kalıp yağını sürükler ve sertleşmiş beton üzerinde dikey çizgiler oluşturur.

Betonun terlemesi aşağıdaki nedenlerden dolayı oluşur:

- 1.Yüksek su veya toz oranı,
- 2.Viskozitenin çok az oluşu,
- 3.Düşük sıcaklık,
- 4.Sertleşmenin geciktirilmesi.


Renk farklılıklarının diğer sebepleri aşağıda sıralanmıştır:

- 1.Yüzeyin düzensiz bir şekilde kuruması (örneğin yeni ve kuru ahşap kalıplarının veya kür uygulaması esnasında betona değen plastik levhaların kullanılması nedeniyle),
- 2.Kalıbın sökülmesini kolaylaştırmak için kalıp iç yüzeyine sürülen maddenin fazla miktarda kullanılması veya kalitesiz seçilmesi,
- 3.Beton grupları arasında malzeme kaynaklarının farklı oluşu.


4.6.4. Yüzey çatlaklarının mümkün olduğunca azaltılması

KYB ayrışmaya karşı kararlı ve dirençli olması için tasarlanmıştır. Öte yandan tıpkı klasik vibratörle sıkıştırılan beton gibi, eğer agregaya çökmesi olursa KYB' de donatı çubuklarının üzerinde plastik çökme çatlakları oluşabilir. Bazı KYB karışım tasarımları, özellikle de bitirme işlemlerinin yüksek kalitede yapılması gerekenler, agregaya ayrışmasına çok yakın bir noktada olabileceği için fazladan kontrol gerektirebilirler. Belli bir agregaya arası boşluk değerinin ve uygun toz miktarının kullanımı betonun daha sağlam olmasına ve plastik çökme çatlaklarının oluşum riskinin azaltılmasına yardımcı olabilir. Plastik çökme çatlakları geniş olabilir; ancak normalde çok derin değildirler. KYB terlemesi çok az olduğu veya hiç olmadığı için yüzey su kaybedebilir ve bu da kuruma büzülme çatlaklarına neden olabilir.

4.7. KYB' da Uygulamalar ve Örnekler

ülke	Almanya [4]	
uygulama	Prekast duvar elemanları	
miktar	90 m ³	
İşin tanımı	Bir idari binanın prekast cephe duvar elemanlarında KYB kullanımı	
faydalar	Mükemmel yüzey kalitesi.	
engeller	Standart olmamasından dolayı yerel makamlardan özel izin gerekli oldu. Yüksek ortam sıcaklığı işlenebilme süresini etkiledi	
bileşim	CEM II/A-LL 42.5R : 420 kg/m ³ Uçucu kül : 110 kg/m ³ Su/bağlayıcı : 0,55 Kum 0/2 : %41 Çakıl 2/4 : %33 Çakıl 8/16 : %26 Poliakrilat katkı : %0,8-1,3	
taze beton	Yayılma : 700 mm T ₅₀₀ : 1,0 sn. Hava : % 0,8	
sertleşmiş beton	1 gün : 18 Mpa 2 gün : 24 Mpa 28 gün : 44 MPa	

ülke	Almanya [4]	
uygulama	Sel koruma duvarı	
miktar	450 m ³	
İşin tanımı	Nehrin kenarındaki anıtsal binaların su taşkınından korunması için koruma duvarları yapılması	
faydalar	Karmaşık kesitlerden dolayı vibrasyonun mümkün olmaması	
engeller	Uzun taşıma süresinden dolayı şantiyede katkı yeniden dozajlandı	
bileşim	CEM I 32.5R : 350 kg/m ³ Uçucu kül : 220 kg/m ³ Su/bağlayıcı : 175 lt/m ³ Agrega : 1626 kg/m ³ Poliakrilat katkı : % 2	
taze beton	Yayılma 10 dak : 750 mm Yayılma 45 dak : 720 mm Yayılma 60 dak : 640 mm	
sertleşmiş beton	56 gün : 69 Mpa	

ülke	Çek Cumhuriyeti [4]	
uygulama	Üniversite idari binası	
miktar	200 m ³	
İşin tanımı	Brüt beton yüzeyli ve karmaşık kalıp sistemli bina inşaatı	
faydalar	Vibrasyon olmaksızın mükemmel yüzey kalitesi	
engeller	-	
bileşim	CEM I 42.5R : 380 kg/m ³ Su : 180 lt/m ³ Uçucu kül : 200 kg/m ³ Kum 0/4 : 763 kg/m ³ Çakıl 4/8 : 306 kg/m ³ Çakıl 8/16 : 495 kg/m ³ Polikarboksilat katkı : 3,42 kg/m ³	
taze beton	Yayılma 15 dak : 750 mm Yayılma 60 dak : 700 mm Hava içeriği : % 1,5	
sertleşmiş beton	7 gün : 40 Mpa 28 gün : 50 MPa	

faydalar	Döşemeden açılan bir delikten dökülen KYB tüm perdeyi vibrasyon gerektirmeksizin doldurdu.	
engeller	-	
bileşim	CEM I 42.5R : 350 kg/m ³ Uçucu kül : 200 kg/m ³ Su/bağlayıcı : 0,38 Kum 0/3 : 486 kg/m ³ Kırmakum 0/5 : 286 kg/m ³ Kırmataş 5/13 : 795 kg/m ³ Polikarboksilat katkı : % 1	
taze beton	Yayılma 0 dak : 700 mm Yayılma 60 dak : 650 mm	
sertleşmiş beton	1 gün : 16 Mpa 3 gün : 31 Mpa 7 gün : 40 Mpa 28 gün : 54 MPa	

ülke	Türkiye	
uygulama	Çimento silosu güçlendirmesi	
miktar	233 m ³	
İşin tanımı	Korozyona uğramış mevcut silonun mantolanması	
faydalar	Kayar kalıp sisteminde vibratör kullanılmadı. Döküm hızı arttı.	
engeller	-	
bileşim	CEM I 42.5R : 350 kg/m ³ Uçucu kül : 200 kg/m ³ Su/bağlayıcı : 0,37 Kum 0/3 : 486 kg/m ³ Kırmakum 0/5 : 286 kg/m ³ Kırmataş 5/13 : 795 kg/m ³ Polikarboksilat katkı : % 1,2	
taze beton	Yayılma 0 dak : 680 mm Yayılma 60 dak : 650 mm	
sertleşmiş beton	1 gün : 21 Mpa 3 gün : 29 Mpa 7 gün : 42 Mpa 28 gün : 57 MPa	

4.8. Prefabrik Sektöründe KYB Ürünleri

Prefabrik beton endüstrisi müşterilerine şantiyede kurulabilen, sertleşmiş beton ve yapısal tasarıma göre yerinde dökülen betonla birleştirilebilen ürünler sunar. Müşteri prefabrik beton yapının veya ürünün göstermesi gereken yapısal performansı belirledikten sonra üretim süreci başlar [18].

4.8.1. Prefabrik KYB ürünler için karışım tasarımı

Prefabrik beton uygulamalar için başlıca şart 28 günde istenen karakteristik basınç dayanımını ve çevresel etki sınıfını sağlamasıdır. Üretici için işçilerin kalıbı sökebilmesi, ön germenin gerçekleştirilebilmesi veya ürünün üretim sürecinde ilerleyebilmesi için erken yaşta beton basınç dayanımı şartları daha önemli olabilir.

Karışım tasarımı sertleşmiş KYB için daha önce tanımlanan şartları ve taze haldeki KYB için dökme ve yerleştirme koşullarına bağlı olarak akışkanlık, viskozite ve stabilite şartlarını sağlamalıdır.

Prefabrik üretim için taşınma ve yerleştirilme süresinin daha az oluşu ve genelde 30 dakikayı aşmaması, KYB karışımın uzun müddet taze beton özelliklerini korumasını gerektirmez ve erken sertleşmeye başlayıp erken mukavemet kazanması sağlanabilir. Bu erken başlayan sertleşme özelliği tipik olarak erken dayanım kazanma açısından faydalıdır, yaklaşık 14 ± 2 saat kazandırır ve bu da üretim sürecinin devri için gereklidir.

Yüksek erken mukavemetli KYB karışım tasarımı ile ve/veya olgunluk testi aletleriyle yönlendirilen ve kontrol edilen ısı kürü uygulaması ile oluşturulabilir.

Prefabrik beton fabrikaları normalde her ürün çeşidinin genel gereksinimlerini karşılamak için standart karışım tasarımları geliştirir. Bu standart karışım tasarımları daha sonra özel gereksinimleri için düzenlenebilir.

4.8.2. Prefabrik KYB ürünlerin fabrika üretimi

Prefabrik üreticisi aynı zamanda aşağıda yazılan şartlara uymalıdır.

Kalıba gönderilen beton kalıp içine alınmadan ve yerleştirilmeden önce görsel olarak kontrol edilmeli, homojen ve kararlı yapıda olduğundan emin olunmalıdır. Çökme akışı için kalıba gönderilen her betonun belli bir bölümü kontrol edilmelidir. Emin olunmayan durumlarda diğer ilgili testlerin uygulanmasıyla taze KYB' nin özellikleri hakkında ek bilgi sağlanabilir. Üreticinin ilgili ürün standartlarının şartlarına göre fabrika üretim kontrolünü yerine getirmesi tavsiye edilmektedir.

- 1.Üretim kontrolü aşağıdakileri kapsar:
- 2.Donanımın kontrolü
- 3.Malzemelerin kontrolü
- 4.Üretim sürecinin kontrolü
- 5.Üretimi tamamlanmış ürünlerin kontrolü
- 6.Değiştirme kuralları

Şayet karıştırıcıdan çıkan miktardan ve/veya üretim talebinden ötürü taze betonun geçici bir süre bekletilmesi gerekirse, karıştırıcılı bir tutma tankı kullanılarak her bir ürün için KYB' nin kesintisiz yerleştirilmesi sağlanabilir

4.8.3. Prefabrik KYB ürünler için kalıp hazırlama

İster tekrarlı kullanım için çelik kalıp, ister sınırlı kullanım için kaplamalı kontrplak kalıp olsun, kalıp türü çoğu prefabrik beton ürün için klasik vibratörle sıkıştırılan betonda kullanılan kalıp türünden çok da farklı olmayacaktır.

Vibratör uygulamasının olmayışı manyetik olarak metal kalıba bağlanmış şekil vericiler gibi yeni tür kalıp detaylarının uygulanmasına olanak tanır. Bu özellikle detaylı tasarım sonucu karmaşık yüzey detayları ile zenginleştirilmiş ürünlerin oluşturulabildiği prefabrik uygulamalarında kullanışlı olabilir. Böylece klasik vibratörlü beton için mümkün olmayan alışılmışın dışında ve karmaşık şekiller oluşturulabilir.

KYB kullanımı bazı ürünlerin betonunun tek bir işlemde dökülmesine olanak tanır. Öte yandan aynı işlem, klasik vibratörlü betonda bir günlük ara gerektirmektedir.

Titreşim uygulamasından kaynaklanan kalıp yüzeyi aşınması KYB için söz konusu değildir. Bununla beraber kalıbın gereken sertliği ve mukavemeti beton dökümü esnasındaki beton basıncına bağlıdır ve tam hidrostatik basınç dağılımı göz önünde bulundurulmalıdır.

4.8.4. Prefabrik KYB ürünlerin kalıba yerleştirilmesi

Prefabrik beton için KYB' nin dökümünde görev alacak tüm personelin, değişik tekniklerin gerekliliğinden dolayı yerleştirme işleminden önce yeterli eğitimi almış olmaları çok önemlidir.

Yerleştirmede kalıbın içerisinde hiç hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulması gereklidir. Beton dökümü sürekli ve kesintisiz olarak yürütülmelidir, aksi takdirde döküm esnasında kısa aralar yer alırsa beton tabakaları arasında iç derzler oluşacak ve bu da dayanımı, dayanıklılığı ve betonun görünüşünü olumsuz etkileyecektir. Şayet dikey olarak beton dökümü esnasında ara verilirse, bir sonraki tabaka dökülürken dökülme betonun temas enerjisi artırılmalıdır. Örneğin betonun döküldüğü yükseklik artırılabilir ve böylece bir önceki tabakanın yüzeyi canlandırılarak iç derz oluşumundan kaçınılabilir.

Bazı beton döküm aletlerinin küçültülmüş açıklıkları vardır ve böylece yerleştirme sırasında KYB' nin enerjisi artırılır.

4.8.5. Prefabrik KYB ürünlerin yüzey bitirilmesi, kür uygulaması ve kalıbın Sökülmesi

Eğer KYB kendi kendine tamamen düz hale gelmiyorsa, yüzeyi hafifçe tırmıklamak veya malalamak düzgün bir yüzey elde edilmesini sağlayabilir. Mekanik titreşim ancak dikkatli denemelerle yerinde ayrışmaya karşı kontrol yapıldıktan sonra uygulanabilir.

Son tamamlama tekniği vibratörle yerleştirilen normal betonunkine benzerdir, ancak betonun yapısına, özelliklerine, havanın ve betonun sıcaklığına göre daha geç başlar.

Yeni dökülen betonun mukavemet kazanmasını hızlandırmak için ısı kullanımı KYB için normal betondaki kadar etkili bir yöntemdir. Olgunluk testi betonun mukavemet kazanmasını yönlendirmek ve kontrol etmek için uygulanır.

BÖLÜM 5. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN LİFLİ BETONLAR

5.1. Kendiliğinden Yerleşen Çelik Tel Donatılı Betonlar

Geleneksel betonda olduğu gibi, kendiliğinden yerleşen betonda özellikle yüksek dayanımlı olanlarında gevrek kırılma özellikleri sergilenir. Kendiliğinden yerleşen betonlarda da liflerin kullanılması ile betonda süneklik özeliği iyileştirilebilir. Liflerin KYB' de kullanımı üzerine son yıllarda önemli çalışmalar yapılmış ve çelik liflerin KYB' nin tokluk özelliklerine etkisinin diğer bazı lif tiplerine oranla daha fazla olduğu gösterilmiştir. Çelik liflerin KYB' da kullanımının sağlayacağı esas fayda, kesitte kullanılan donatıda azalma sağlayabilme veya mevcut donatıların işlevini dolaylı olarak (çatlak ilerleme mekanizmasını etkileyerek) geliştirebilme potansiyelindedir. KYB' de liflerin kullanımı işlenebilirlikte ve kendiliğinden yayılabilme özelliklerinde yaratabilecekleri düşüşler nedeniyle sınırlıdır. Kullanılacak lif tipi üzerine de yapılmış çalışmalar vardır.

Çelik liflerin KYB' de kullanılabilme potansiyelini aşağıdaki hususlar belirler:

Lifli ve lifsiz yüksek performanslı kendiliğinden yerleşen hafif betonların reolojik ve mekanik özellikleri incelenmiştir ve yapılan çalışmada sertleşmiş beton üzerinde yapılan deneyler, geleneksel hafif betonlara göre kendiliğinden yerleşen hafif betonların elastisite modülü ve basınç dayanımlarının daha iyi olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca çalışmada çelik lif, polipropilen lif ve cam liflerinin kullanılmasında artan lif dozajına karşılık çökme – yayılma değerlerinde meydana gelen değişim incelenmiştir. Çelik life oranla PP lif ve cam lifi daha az dozajlarda çok fazla yayılma kaybı vermiştir ve böyle bir durum PP lif ve cam lifinin işlenebilirlikteki güçlüğü sergilenmektedir [19].

5.2. Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Polipropilen ve Çelik Lif Kullanılmasının İşlenebilirliğe Etkisi

1980'lerden itibaren polimer esaslı, 1990'lerden itibaren de polikarboksilat eter esaslı süper akışkanlaştırıcıların geliştirilmesi ile KYB özelliğinin temelini oluşturan düşük su / bağlayıcı oranında yüksek işlenebilirlikte beton üretmek mümkün olması ile KYB üretiminde büyük gelişme sağlanmıştır. Yeni nesil süperakışkanlaştırıcı olarak adlandırılan bu katkılar geleneksel süper akışkanlaştırıcıların elektrostatik etkisinin yanında uzun polimer zincirleri ile sterik etki de yaratarak çimento tanelerini birbirinden ayırıp betonda işlenebilirliği arttırmaktadır (Gaimslers ve Dixon, 2003).

KYB'lerde yüksek işlenebilirlik süper akışkanlaştırıcılarla sağlanırken ayrışmaya (segregasyona) karşı direnç sağlamak ve betonun kararlılığını (stabilitesini) korumak amacıyla viskozite artırıcı katkı kullanımı ve/veya ince malzeme miktarını artırılması uygulanan yöntemlerdir. İnce malzeme 0,125 mm den küçük dane çaplı malzeme olarak tanımlanır ve çimento, kırma kum, tabii kum ve bunun yanında mikrofiller malzemeler bu tanıma girer. Mikrofiller malzeme olarak genelde uçucu kül, silis dumanı tercih edilir. Böylece iri agregalar arası mesafe doldurularak içsel sürtünmeler azaltılıp betonun akıcılığının artmasıyla reolojik özellikler olumlu yönde etkilenmektedir (Gaimslers ve Dixon, 2003; Özkul, 2002)

Gevrek bir malzeme olan betona karışım sırasında lif ilave edilmesiyle daha sünek bir yapı oluşturularak betonun bazı mekanik özelliklerinde iyileşme beklenir. Lifler; tipi, boyutu, narinlik oranı (boy/çap), geometrisi, miktarı, çekme dayanımı, yüzey özellikleri ve lif-matris aderansı gibi birçok parametreye bağlı olarak betonda dayanımı, çatlak kontrolünü, şekil değiştirme kapasitesini, darbe dayanımını ve durabiliteyi artırır. Sentetik lif çeşidi olan polipropilen lifler ise özellikle rötre çatlaklarının önlenip durabilitenin artırılması amacıyla kullanılır. Betonun yangına karşı dayanımını da arttırdığı da bilinmektedir. Betonun mekanik özelliklerini iyileştirip yüksek deformasyon değerlerinde betonun taşıma kapasitesini koruyarak enerji yutma kapasitesini arttıran çelik liflerden ise beklenen performans lif boyu, narinlik oranına, lif geometrisine, dayanımına ve lif- matris aderansına büyük ölçüde

bağlıdır. KYB' larda su/bağlayıcı oranının düşük olması, terlemeyi önleyici katkı kullanılması ve uçucu kül veya silis dumanı kullanılarak ince malzeme miktarının artırılması ve böylece terlemenin neredeyse tamamen yok olması betonu plastik rötreye karşı hassas bir duruma getirmektedir. Bu nedenle oluşabilecek plastik rötreye çatlaklarını önlemek amacıyla çok az miktarda da olsa polipropilen lif kullanılması çatlakları önlemede ve betonun durabilitesinin artması yönünde önemli yararlar sağlar (Alkan G, 2004).

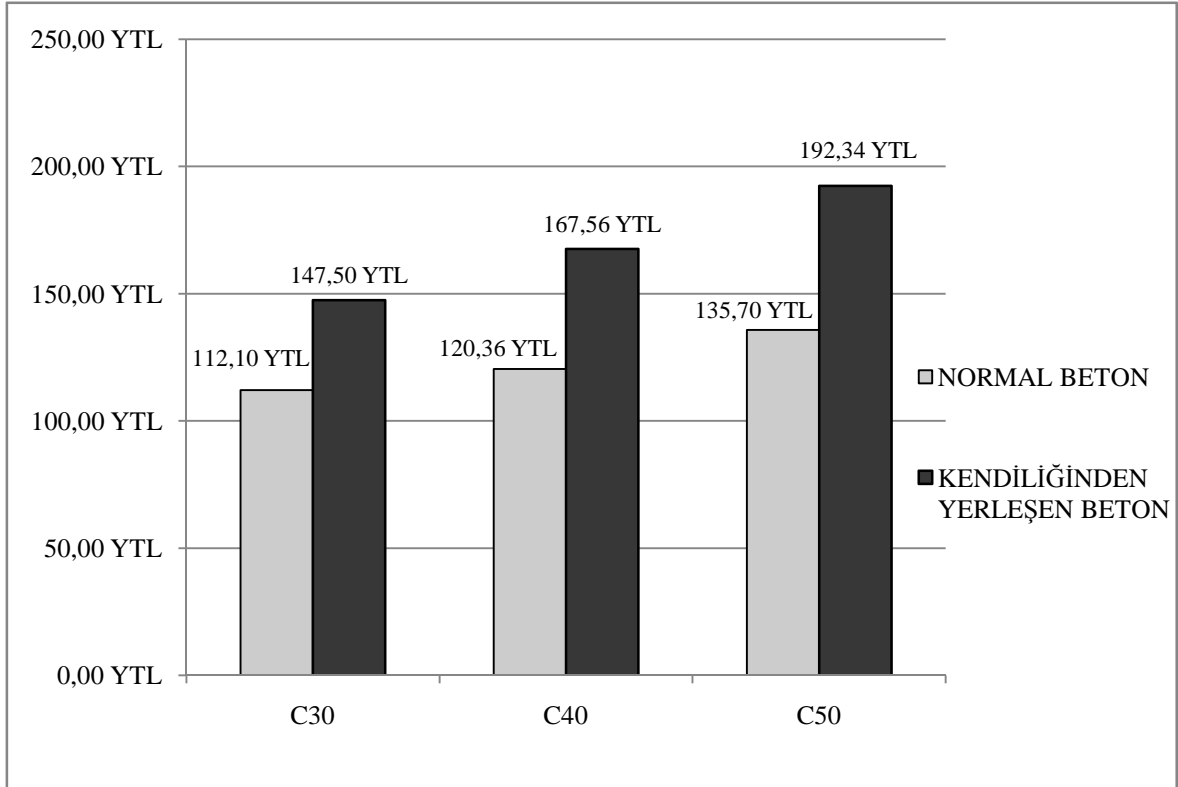
Lif takviyeli KYB' ların işlenebilirliği lif uzunluğuna ve miktarına bağlı olmakla beraber kullanılan katkı miktarı ile kontrol edilerek istenilen düzeyde tutulabilir [20].

BÖLÜM 6. MALİYET ANALİZİ

Kendiliğinden yerleşen beton ile normal beton arasındaki maliyet analizini mukayese etmek için; C30 – C40 – C50 betonları seçilmiştir. Bu analiz için seçilen beton santrali ile şantiye arasındaki mesafe 0 – 5 km arası, şantiyede dökülecek toplam beton miktarı 1000 m³ lük bir iş için İstanbul'daki beton tesisinden alınan 1 m³ lük şantiyeye teslim beton fiyatlarına göre bir maliyet analizi çıkarılmıştır. Fiyatlara pompalı döküm ve KDV dahildir.

Tablo 6.1. Şantiyeye teslim beton fiyatları

	C30	C40	C50
NORMAL BETON	112,10 YTL	120,36 YTL	135,70 YTL
KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON	147,50 YTL	167,56 YTL	192,34 YTL



Tablo 6.1 de görüldüğü gibi kendiliğinden yerleşen beton ile normal beton arasında %30 - %40 arasında satışta fiyat farkı vardır. Fakat KYB' da pompayı tutup kalıba dağıtmak için işçi gerekli değildir, vibratörü taşıyacak, vibratörü kullanacak işçide gerekli değildir. KYB' nun yerleştirilmesi ve masterlanması için çalışacak işçilerin kalifiye eleman olması gerekli olmadığından işçilik maliyetinde de kazanç sağlanılıyordur. Vibratör kullanılmayacağı için elektrik sarfiyatı olmayacak, daha akışkan bir beton olduğu için kalıp yüzeyi pürüzsüz çıkacak, tamir harcı ile geri dönüş olayları olmayacak, beton erken dayanımını daha çabuk alacağı için kalıp sökülme süresi kısılacak, şantiye daha erken bitecek ve şantiye giderleri azalacağından dolayı KYB ilk başta kullanılırken maliyetliymiş gibi görünse de işgücü ve ekipmanın azaltılmasıyla, daha sonradan aradaki fiyat farkı %5 - %10 lara kadar inmektedir. KYB teknolojisi Türkiye için yeni bir teknolojidir, bu teknolojinin gelişip yaygınlaştıktan sonraki ilerleyen zamanlarda bu fiyat farkının hiç kalmayacağını, daha rantıbil olacağını düşünmekteyim.

BÖLÜM 7. SONUÇLAR

Kendiliğinden yerleşen beton (KYB), sıkıştırma işlemi yapılmadan, kendi ağırlığıyla akabilen su / çimento oranı %40' ların altında tutularak kalıbın tamamına yerleşen yeni bir beton türüdür. KYB' un avantajları net olarak görülebilmesi için, doğru tasarım, doğru malzemeler, doğru kimyasal katkı, uygun beton kalıpları KYB dökümünde eğitimli işçiler gerekmektedir. KYB karışımlarında kullanılacak malzemeler yukarıda belirtilen standartlara uygun olmalı, uygulama yapılacak işçiler eğitilmelidir. Sağladığı avantajlar sayesinde KYB son yıllarda dünyada büyük oranda kullanılmaya başlamış, birçok uygulama alanında da geleneksel betonun yerini almıştır.

Hazır beton uygulamaları ile beraber prefabrik beton dökümlerinde de KYB tercih edilir olmuştur. Ülkemizde ise, karmaşık biçimli kalıplarda, kalıpların zor ulaşılabilir bölgelerinde, sık donatılı bölgelerde, hasar görmüş kolon kirişlerin onarılmasında tercih edilmeye başlamıştır. Ülkemizdeki hızlı teknolojik gelişmelere bağlı olarak, KYB üretimi ve uygulamalarının önümüzdeki yıllarda büyük oranda artması beklenmektedir. Bu nedenle de kalite kontrol yöntemlerinin ve tasarım parametrelerinin bilinmesi ve kullanımının yaygınlaşması büyük önem taşımaktadır. KYB üretimi, titizlik gerektirmekte ve çok sıkı denetleme işlemlerini zorunlu kılmaktadır.

KYB' un her türlü karmaşık kalıplarda, vibrasyonun mümkün olmadığı durumlarda, dar ve sık donatılı kesitlerde kullanımı inşaat teknolojisi açısından çok büyük bir kolaylıktır.

Kendiliğinden yerleşen beton pahalı gibi gözükse de vibrasyon gerektirmediği için işgücü ve ekipmanın azaltılmasıyla düşen maliyet, betonun kalıba yerleştirme hızı ve düzeltme gereksizinde elde edilen beton maliyetin düşmesini sağlar.

KAYNAKLAR

- [1] SONEBI M., “Medium strength self-compacting concrete containing fly ash: Modeling using factorial experimental plans”, *www.scinedirect.com, Cement and Concrete Research* pp 34(2004) 1199-1208
- [2] NAN Su, Kung-Chung Hsu, His-Wen Chai, “A simple mix design method for self compacting concrete”, *www.scinedirect.com, Cement and Concrete Research* pp 31(2001) 1799-180
- [3] WENZHONG Zhu, Peter J.M. Bartos, “Permeation properties of self-compacting concrete”, *www.scinedirect.com, Cement and Concrete Research* pp 33(2003) 921-926
- [4] ŞAHMARAN, M., Yaman, İ.Ö., Tokyay M., “Yeni Nesil Yüksek Akışkanlaştırıcı Katkı Maddeleri ile Yüksek Hacimde Uçucu Kül İçeren Kendiliğinden Yerleşen Beton”, *Beton 2004 Kongre Bildiri, İstanbul, 2004*
- [5] FELEKOĞLU, B., Baradan, B., “Kendiliğinden Yerleşen Betonların Mekanik Özellikleri”, *Beton 2004 Kongre Bildiri, İstanbul, 2004*
- [6] GÜRDAL, H., Yüceer, Z., Türkiye ve Dünyada Kendiliğinden Yerleşen Beton Uygulamaları, *Beton 2004 Kongre Bildiri, İstanbul, 2004*
- [7] SAĞLAM, A. R., Parlak, N., Doğan Ü. A., Özkul M. H., “Kendiliğinden Yerleşen Beton ve Katkı-Çimento Uyumu”, *Beton 2004 Kongre Bildiri, İstanbul, 2004*
- [8] ŞİMŞEK O., Bektaş S., Erdal M., “Vibrasyon Süresinin Betonun Basınç Dayanımına ve Birim Ağırlığına Etkisi”, *Politeknik Dergisi, Cilt 5, Sayı 2, s 185-193, Ankara, 2002*
- [9] TÜRKİYE HAZIR BETON BİRLİĞİ, *Kendiliğinden Yerleşen Beton Kılavuzu, , sf. 10, Nisan, 2007.*
- [10] SKARENDAHL, A. and Petersson, O., *Self compacting concrete, State-of-the-art Report of RILEM technical Committee 174 – SCC, RILEM Publications, Chachan, Cedex, 2000, 154 pp Syf 7*

- [11] TÜRKiYE HAZIR BETON BİRLİĞİ, Kendiliğinden Yerleşen Beton Kılavuzu, , sf. 15-18, Nisan, 2007.
- [12] TÜRKiYE HAZIR BETON BİRLİĞİ, Kendiliğinden Yerleşen Beton Kılavuzu, , sf. 5-8, Nisan, 2007.
- [13] TÜRKiYE HAZIR BETON BİRLİĞİ, Kendiliğinden Yerleşen Beton Kılavuzu, , sf. 19-22, Nisan, 2007.
- [14] TÜRKiYE HAZIR BETON BİRLİĞİ, Kendiliğinden Yerleşen Beton Kılavuzu, , sf. 47-59, Nisan, 2007.
- [15] TÜRKiYE HAZIR BETON BİRLİĞİ, Kendiliğinden Yerleşen Beton Kılavuzu, , sf. 24-26, Nisan, 2007.
- [16] TÜRKiYE HAZIR BETON BİRLİĞİ, Kendiliğinden Yerleşen Beton Kılavuzu, , sf. 29-36, Nisan, 2007.
- [17] TÜRKiYE HAZIR BETON BİRLİĞİ, Kendiliğinden Yerleşen Beton Kılavuzu, , sf. 41-42, Nisan, 2007.
- [18] TÜRKiYE HAZIR BETON BİRLİĞİ, Kendiliğinden Yerleşen Beton Kılavuzu, , sf. 38-39, Nisan, 2007.
- [19] HAIST, M., Mechtcherine, V. and Müler, H.S., High performance self compacting lightweight aggregate concrete with and without fiber reinforcement, In 6th International Symposium on High Strength/High Performance Concrete, Eds. G. Königet al., June 2002, Leipzig, Vol. 2, pp.1005-1016. (Syf : 64)
- [20] Yıldırım H., Sertbaş B., Berbergil V., Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Polipropilen ve Çelik Lif Kullanılmasının İşlenebilirliğe Etkisi, sf.66

ÖZGEÇMİŞ

Onur GÜRSES, 1983 yılında İstanbul’ da doğdu. İlköğrenimini İstanbul Hasip Dinçsoy İlköğretim okulunda, orta öğrenimini İstanbul Mimar Sinan İlköğretim Okulunda, lise öğrenimini ise İstanbul Yedikule (YDA) Lisesinde tamamladı. 2001 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girdi. 2001 yılında başlamış olduğu lisans öğrenimini 2005 yılında tamamladı. Aynı yıl, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Malzemesi Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.