

**YÜKSEK DAYANIMLI
KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLAR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuzhan YÜCE

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Osman ÜNAL

Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Haziran 2011

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YÜKSEK DAYANIMLI
KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLAR

Oğuzhan YÜCE

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Osman ÜNAL

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2011

ONAY SAYFASI

OĞUZHAN YÜCE tarafından hazırlanan “YÜKSEK DAYANIMLI KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLAR” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 08/06/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Yapı Eğitimi Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Osman ÜNAL

Başkan: Doç. Dr. İsmail DEMİR

AKÜ, Teknik Eğitim Fakültesi

Üye: Yrd. Doç. Dr. Osman ÜNAL

AKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü

Üye: Yrd. Doç. Dr. M. Serhat BAŞPINAR

AKÜ, Teknik Eğitim Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun

...../...../2011 tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

08/06/2011



Oğuzhan YÜCE

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YÜKSEK DAYANIMLI KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLAR

Oğuzhan YÜCE

Afyon Kocatepe Üniversitesi,

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Osman ÜNAL

Bu tez çalışmasında yüksek dayanımlı kendiliğinden yerleşen betonun basınç dayanımı üzerine su/çimento oranı, silis dumanı, kireç taşı tozu, katkı türü ve miktarının etkileri araştırılmıştır.

Yüksek dayanımlı kendiliğinden yerleşen betonların üretiminde maksimum agrega tane boyutu 16 mm olarak seçilmiş ve karışımlarda slump yayılması dikkate alınarak % 36.5 ve % 40 su/çimento oranları için Glenium C300 süper akışkanlaştırıcı miktarı % 1.37'den % 2.69'a kadar değiştirilmiştir. Ayrıca mineral katkı olarak silis dumanı ve kireç taşı tozu belirli oranlarda karışımlara ilave edilerek 12 seri karışım üretilmiştir. Üretilen beton karışımları üzerinde slump yayılması, V-hunisi akış zamanı (Tv), L-kutusu yüksekliği ve L20 cm ile L40 cm süreleri ve J-halkası deneyleri ile beton numuneleri üzerinde 14 ve 28 günlük basınç deneyleri yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlardan kimyasal katkı ile birlikte silis dumanı kullanılan yüksek dayanımlı kendiliğinden yerleşen betonların basınç dayanımı üzerine olumlu etkisinin olduğu görülmüştür.

2011, xiv + 73 sayfa

Anahtar kelimeler: Kendiliğinden Yerleşen Beton, Yüksek Dayanımlı Beton, Silis Dumanı, Glenium C300, Süper akışkanlaştırıcı, Kireç Taşı Tozu.

ABSTRACT

M.Sc Thesis

HIGH STRENGTH SELF-COMPACTING CONCRETES

Oğuzhan YÜCE

Afyon Kocatepe University,

Graduated School of Natural and Applied Sciences

Department of Construction Education

Supervisor: Assist Prof. Dr. Osman ÜNAL

In this thesis study the High Strength, Self-Compacting Concrete w/c ratio, limestone powder, silica fume, the type of admixture and their effects are investigated.

In the production of the High Strength, Self-Compacting Concrete the maximum aggregate size was selected as 16 mm also the mixtures that were used for the slump-flow testing (6 mixtures at 40% and 6 mixtures at 36.5%) were 40% and 36.5% w/c ratio respectively. For these mixtures the amount of Glenium C300 superplasticizer was changed from 1.37% to 2.67%. In addition, mineral admixtures of silica fume and limestone powder was added to the 12 mixture series that were produced. On the produced mixtures slump-flow, V-funnel flow time, L-box highness and L20 cm-L40 cm times, J-ring test method, and compressive strength tests at 14 and 28 days test methods were administered and completed.

Of the mixtures that were achieved contained silica fume with admixture that produced a positive effect on the compressive properties of the high strength, self-compacting concrete.

2011, xiv + 73 pages

Key Words: Self-Compacting Concrete, High Strength Concrete, Silica Fume, Glenium C300, Superplasticizer, Limestone Powder

TEŞEKKÜR

Erasmus öğrencisi olarak bulunduğum Debrecen Üniversitesi, Mühendislik Fakültesinde tavsiyeleri için Sayın Yrd. Doç. Dr. Kinga PANKHARDT'a, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyerek katkıda bulunan Sayın József KOVÁCS'a ve İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Dr. Imre KOVÁCS'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her adımında tecrübeleri, cömert rehberliği ve sonsuz tavsiyelerini paylaştığı için danışmanın Sayın Yrd. Doç. Dr. Osman ÜNAL'a ve değerli hocalarımdan Sayın Doç. Dr. İsmail DEMİR, Sayın Öğretim Gör. Cahit GÜRER, öğrenim hayatım boyunca sonsuz tavsiyeleri ve yardımlarını paylaştıkları için teşekkürü bir borç bilirim.

Debrecen Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Fakültesine deneyler için kullanılan bütün malzeme ve araç gereci temin etmeleri ve deneylerde bana yardımcı olan ve desteklerini gösteren arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan en büyük desteklerini karşılık beklemeden veren ailem Sayın Emire YÜCE ve Sayın Latif YÜCE'ye sonsuz desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Oğuzhan YÜCE

AFYONKARAHİSAR, 2011

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
RESİMLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLAR	4
2.2 YÜKSEK DAYANIMLI BETON	12
2.3 LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	16
2.3.1 Kendiliğinden Yerleşen Beton Uygulamaları	19
3. MATERYAL VE METOD	23
3.1 KULLANILAN MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİ	23
3.1.1 Çimentonun Özellikleri	23
3.1.2 Agregaların Özellikleri	24
3.1.3 Süper akışkanlaştırıcı Katkının Özellikleri	25
3.1.4 Silis Dumanının Özellikleri	27
3.1.5 Kireç Taşı Tozunun Özellikleri	29
3.2 BETON KARIŞIMI VE ÜRETİMİ	30
3.3 DENEY YÖNTEMLERİ	33
3.3.1 Taze Beton Deneyleri	33
3.3.2 Sertleşmiş Beton Deney Metotları	39
4. BULGULAR	42
4.1 TAZE BETON ÖZELLİKLERİ İLE İLGİLİ SONUÇLAR	42

4.2 SERTLEŞMİŞ BETON SONUÇLARI	53
4.3 BİLEŞENLERİN ETKİLERİ	57
4.3.1 S/Ç Etkisi	57
4.4 MİNERAL MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER	58
4.4.1 Silis Dumanın Değişiminin Etkileri	58
4.4.2 Kireç Taşı Tozu Etkisi	63
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
6. KAYNAKLAR	69
6.1 İNTERNET KAYNAKLARI	73
ÖZGEÇMİŞ	XIV

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

f _{cm}	Basınç dayanımı
f _{ck}	28 günlük karakteristik basınç dayanımı
İ _m	İncelik modülü
T ₅₀	50cm’de Slamp-yayılmaları süresi
T _v	V-hunisi akış süresi

Kısaltmalar

ASTM	American Society for Testing and Materials
CH	Kalsiyum hidrat
CSH	Kalsiyum silika hidrat
C ₂ S	Dikalsiyum silikat
C ₃ A	Kalsiyum alimünat
C ₃ S	Trikalsiyum alimünat
C ₄ AF	Ferit
DIN	Alman Standartları Enstitüsü
EN	Avrupa Standartları
YDB	Yüksek dayanımlı beton
LNG	Liquefied Natural Gas
MIP	Mercury Intrusion Porosimetry
MN	Mega Newton

KYB	Kendiliğinden yerleşen beton
SMF	Melamin sülfonatlar
SNF	Naftalin sülfonatlar
TS EN	Türk Standartları ve Avrupa Normları
VDK	Viskozite düzenleyici katkıları

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Normal beton ve KYB karşılaştırması	5
Şekil 2.2 Düz döşemenin zımbalama kusurlu yüzeyi	6
Şekil 2.3 Tıkanma mekanizması	11
Şekil 2.4 KYB elde etme mekanizması	17
Şekil 3.1 Kullanılan agrega gradasyon eğrisi olan YDKYB ve A16, B16 ve C16 standart eğrileri	24
Şekil 3.2 Hava kabarcıkları ve dağılımı	28
Şekil 3.3 Slamp-yayılma tablası için bir örnek	34
Şekil 3.4 L-kutusunun genel düzenlenmesi	37
Şekil 3.5 V-hunisi deney aparatı boyutları	38
Şekil 4.1 YDKYB-1 için V-hunisi sonuçları	44
Şekil 4.2 YDKYB-2 için V-hunisi sonuçları	44
Şekil 4.3 YDKYB-3 için V-hunisi sonuçları	45
Şekil 4.4 YDKYB-4 için V-hunisi sonuçları	45
Şekil 4.5 J-halkası deney sonuçları	46
Şekil 4.6 Slamp yayılması değerleri	47
Şekil 4.7 L-kutusu H2/H1 oranı	48
Şekil 4.8 L-kutusu L20 cm ve L40 cm değerleri YDKYB-1	49
Şekil 4.9 L-kutusu L20 cm ve L40 cm değerleri YDKYB-2	50

Şekil 4.10 L-kutusu L20 cm ve L40 cm değerleri YDKYB-3	50
Şekil 4.11 L-kutusu L20 cm ve L40 cm değerleri YDKYB-4	50
Şekil 4.12 Su/toz oranı ile su/bağlayıcı oranının Glenium C300 üzerine etkisi	51
Şekil 4.13 Taze beton serileri birim hacim ağırlık değerleri	52
Şekil 4.14 YDKYB-2 serileri için basınç dayanımı sonuçları	54
Şekil 4.15 YDKYB-4 serileri için basınç dayanımı sonuçları	55
Şekil 4.16 YDKYB-3 serileri için basınç dayanımı sonuçları	55
Şekil 4.17 YDKYB-1 serileri için basınç dayanımı sonuçları	56
Şekil 4.18 YDKYB 1 ve 3 için Tv değerleri	58
Şekil 4.19 YDKYB 2 ve 4 için Tv değerleri	59
Şekil 4.20 YDKYB 2 ve 4 için slump değerleri	60
Şekil 4.21 YDKYB 1 ve 3 için slump değerleri	61
Şekil 4.22 YDKYB-1 ve 3 sınıfı için L20 ve L40 cm değerleri	61
Şekil 4.23 YDKYB-2 ve 4 sınıfı için L20 ve L40 cm değerleri	62
Şekil 4.24 YDKYB-2 ve 4 için J-halkası değerleri	62
Şekil 4.25 YDKYB-1 ve 3 için J-halkası değerleri	63
Şekil 4.26 Aynı karışım reçetesinde +50 kg/m ³ kireğin slump-yayılmasına etkileri	64
Şekil 4.27 Aynı karışım reçetesinde +50 kg/m ³ kireğin basınç dayanımına etkisi	65

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 1.1 Kolon ve kirişlerde yapısal kusurlar; Ankara'dan bir örnek	2
Resim 2.1 186 m yükseklikte Ofis Binası Frankfurt, Almanya	15
Resim 2.2 Sárvár'da Rába nehri üzerinde bir köprü, Macaristan	19
Resim 2.3 a) Szeged'de su kulesi, b) Wolfburg'da Phaneo müzesi yapım aşaması c) tamamlanmış	19
Resim 2.4 Almanya'dan KYB uygulaması, prekast duvar elemanı	20
Resim 2.5 Almanya'dan KYB uygulaması, sel bariyer duvarı	21
Resim 2.6 Çek Cumhuriyeti'nden KYB uygulaması, Üniversite ofis binası	21
Resim 2.7 Türkiye'den KYB uygulaması, otel binası güçlendirilmesi	22
Resim 2.8 Kiriş güçlendirme uygulaması	22
Resim 3.1 Silis dumanı için görsel bir örnek	28
Resim 3.2 Kireç taşı tozu için görsel bir örnek	29
Resim 3.3 Beton karıştırıcı görünümü	31
Resim 3.4 Numuneler karıştırmadan sonra kalıplar içerisine yerleştirildi	32
Resim 3.5 YDKYB numuneleri 24 saat sonra kalıptan çıkartıldı	32
Resim 3.6 Kür havuzu	32
Resim 3.7 Slamp yayılması deneyi uygulanması	34
Resim 3.8 J-halkası deneyi	35
Resim 3.9 Üç çubuklu L-kutusu deney aparatı	37

Resim 3.10 V-hunisi deney aparatı 39

Resim 3.11 Basınç dayanımı için kullanılan deney numuneleri 40

Resim 3.12 Basınç dayanımı deney cihazı 41

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 KYB'nin tasarım yöntemine göre tavsiye edilen malzeme miktarları	6
Çizelge 2.2 Çökme (Slamp) yayılma sınıfları	7
Çizelge 2.3 Viskozite sınıfları	8
Çizelge 2.4 Geçiş yeteneği sınıfları (L-kutusu)	8
Çizelge 2.5 Segregasyon direnci sınıfları (elek segregasyonu)	8
Çizelge 2.6 Değişik uygulamalar esaslı KYB'nin özellikleri	9
Çizelge 2.7 Su azaltıcı katkıların genel performansları	18
Çizelge 2.8 Almanya'dan KYB uygulama detayları, prekast duvar elemanı	20
Çizelge 2.9 Almanya'dan KYB uygulama detayları, sel bariyer duvarı	20
Çizelge 2.10 Çek Cumhuriyeti'nden KYB uygulaması detayları, Üniversite ofis binası	21
Çizelge 2.11 Türkiye'den KYB uygulaması detayları, otel binası güçlendirilmesi	22
Çizelge 3.1 Portland çimentosu oksit miktarları	23
Çizelge 3.2 Çimentoların fiziksel ve mekanik özellikleri	24
Çizelge 3.3 Agrega su emme oranı ve özgül ağırlığı	25
Çizelge 3.4 Glenium C300'ün özellikleri	26
Çizelge 3.5 Silis dumanının özellikleri	27
Çizelge 3.6 Kireç taşı tozunun fiziksel ve kimyasal özellikleri	29
Çizelge 3.7 YDKYB karışım reçetesi	30

Çizelge 3.8 Beton karışımında toz malzeme muhtevası	31
Çizelge 3.9 KYB işlenebilme için deney metotları listesi	33
Çizelge 4.1 Taze beton deney sonuçları	42
Çizelge 4.2 Seri 1 ila 12 için 14 ve 28 günlük basınç dayanım sonuçları	53

1.GİRİŞ

Beton; agrega, çimento, su ve gerektiğinde katkı malzemelerinin karıştırılmasıyla oluşan başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla çimentonun hidratasyonu ile sertleşerek dayanım kazanan kompozit bir yapı malzemesidir.

Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de sıklıkla kullanılan yapı malzemesidir. Buda kullanılan malzemenin teknolojiyle birlikte gelişen, doğal afetlere dayanıklı ve daha ekonomik hale getirme gerekliliğini önplana çıkarmıştır. Bunun sebeplerinden biride betonun yerel olarak kolay bulunabilmesi, yaygın bir işçilik deneyimine sahip çalışanların olması ve diğer yapı malzemelerine göre daha az maliyetli olmasıdır.

Çağımızın gereksinimleri, teknolojiye gelişmeler, doğal afetler ve ekonomik anlamda beton özelliklerinin de geliştirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, son yıllarda meydana genel yıkıcı depremler hem deprem tasarımının hem de yapı malzemelerinin kalitesini geliştirmenin önemini tekrar tekrar göstermiştir. Mühendislik tasarımların maliyetini azaltmak ve yapı güvenliğini artırmak amacıyla dünya çapında beton üzerinde değişik çalışmalar devam etmektedir.

Bu çalışmalardan birçoğu beton ve yapı malzemelerinin, hızla artan ekonomik ve ergonomik talepler ve takibinde birçok yapısal sınırların kaldırılması ile sonuçlanması gerekir. Beton üretiminin hızlı ve her iklim şartlarında üretilebilmesi amacıyla kimyasal ve mineral katkıları geliştirilmiştir. Son zamanlarda ise betonun vibratör kullanmadan kendi akışkanlığına göre kalıba yerleştirilmesi sonucu “Kendiliğinden Yerleşen Beton” (KYB) adı verilen kimyasal katkılı yeni bir beton türü geliştirilmiştir.

KYB; beton kalitesini oluşturan aşamaları ve işlem basamaklarını ötesinde insan etkisini azaltmayı sağlamalıdır. Beton kalitesi; tasarım, üretim, taşıma, yerleştirme, sıkıştırma ve bakım aşamaları sonucunda oluşmaktadır.

Bu aşamalardan biri olan yerleştirme, şantiye yetkililerinin sorumluluğu altında yerine getirilmesi gereken bir işlemdir. Ne yazık ki, günümüzde bu işlemin önemi konusunda yeterli bilincin oluştuğu ve bu sektörde vibrasyonun doğru ve gerektiği biçimde yapıldığı söylenemez (Günaydın 2006).

Aşılması zor ve önemli sorunlardan biri ise betonun doğru ve tam vibrasyon ile yerleştirilmesidir. Vibrasyon; beton ve betonarme için hayati öneme sahip faktörlerden birisidir. Eksikliğinde ise bazen dışsal ve bazen de içsel kusurlar olarak yapıya, ekonomiye ve estetiğe zarar vermektedir. Bu zararlardan en önemlisi ise, şüphesiz deprem güvenliği yani bireylerin can varlığıdır.

Vibrasyonun içsel kusurlarından birisi, gözle görülemeyek olan, vibrasyon proplarının betonarme donatısına teması sonucu donatının beton içerisine (agregaya) kenetlenmesine ve depremde daha stabil ve kuvvetli olmasını engellemektir. Dışsal kusur olarak, resim 1.1’de sunulduğu gibi, başta estetik gözükmemekle birlikte, ergonomik ve ekonomik zararlara yol açmaktadır. Ancak, dikkat edilmelidir ki kolon etriyeleri görevini deprem varlığında yerine getirmeye başlamakta, yani binayı deprem etkilerine karşı koruması gerekmektedir.



Resim 1.1 Kolon ve kirişlerde yapısal kusurlar; Ankara'dan bir örnek

Günümüz beton santrellerinde betonun kalıba kolay yerleştirilmesi için s/ç oranı 0,5-0,7 değerleri arasında seçilerek vibrasyon uygulamadan kalıba yerleştirilmektedir. Bu tür betonlarda çimento miktarı gerekenden daha fazla olabilmektedir. Artan çimento miktarı ise betonun yapısal kusurlarına olumsuz etki etmekle birlikte ülke ekonomisine ve çevreye zararlar vermektedir.

Bu başlıklar altında betonun üretimden servise sunulmasına kadar önemli kurallar standartlara uygun olarak yapılmalıdır. Özellikle özel amaçlı betonların üretim ve uygulamaları daha hassas bir şekilde kontrol edilmelidir.

Betonlar dayanımlarına göre sınıflandırıldıklarında normal, yüksek dayanımlı ve ultra yüksek dayanımlı olarak üç gruba ayrılmaktadır. Dayanımı C50/60 ve aşağısı normal dayanımlı, C50/60 üzeri yüksek dayanımlı ve 150 N/mm^2 ve yukarı olan ultra yüksek dayanımlı beton olarak tanımlanmaktadır. Yüksek Dayanımlı Beton (YDB) yüksek performanslı beton sınıflarından biridir. Yüksek Performanslı Beton (YPB) geleneksel malzemeleri ve normal karıştırma işlemleri, yerleştirme ve kür uygulamaları kullanılarak rutin olarak daima elde edilemeyen tekdüze gereksinimli ve özel performans gerektiren beton olarak tanımlanmaktadır (TS EN 12390:2002). YPB sınıflarından birisi de Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB)'dur.

Yüksek Dayanımlı ve/veya Kendiliğinden Yerleşen Beton kullanmanın ekonomik ve ergonomik avantajlarının belirlenmesi amacıyla son zamanlarda çalışmalar yapılmaktadır. Dünyada farklı üniversiteler ve enstitüler KYB, YDB ve Ultra Yüksek Dayanımlı Betonlar (UYDB) üzerinde çalışmalarını sürdürdükleri literatür çalışmalarından görülmektedir. Ancak Yüksek Dayanımlı Kendiliğinden Yerleşen Beton (YDKYB)'nin mühendislik özelliklerini geliştirmek amacıyla yapılan çalışmalar çok azdır.

Bu amaçla, tez çalışmasında, “Yüksek Dayanımlı Beton ve Kendiliğinden Yerleşen Beton”dan meydana gelen, iki tür Yüksek Performanslı Beton’u kapsamı düşünülen “Yüksek Dayanımlı Kendiliğinden Yerleşen Beton”un (YDKYB) özelliklerin araştırılması için deneysel bir çalışma planlanmıştır.

2.GENEL BİLGİLER

Bu bölümde, kendiliğinden yerleşen beton ve yüksek dayanımlı betonların özellikleri, kullanım alanları ve bu betonlarla üretilen uygulamalara yer verilmiştir.

2.1 Kendiliğinden Yerleşen Betonlar

Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB, Almanca: Selbstverdichtender Beton-SVB) fikri ilk olarak Okamura isimli Japon Profesör tarafından önerildi (Okamura 2004, Efnarce 2005). Araştırmalar Tokyo Üniversitesinde Qzawa ve Maekawa tarafından tamamlandı ve model 1988’de üretildi (Nagy 2007). O zamandan sonra değişik araştırmalar devam ederek ve genel olarak büyük inşaat şirketleri pratik yapılarda bu tür betonu kullanmaya başladı.

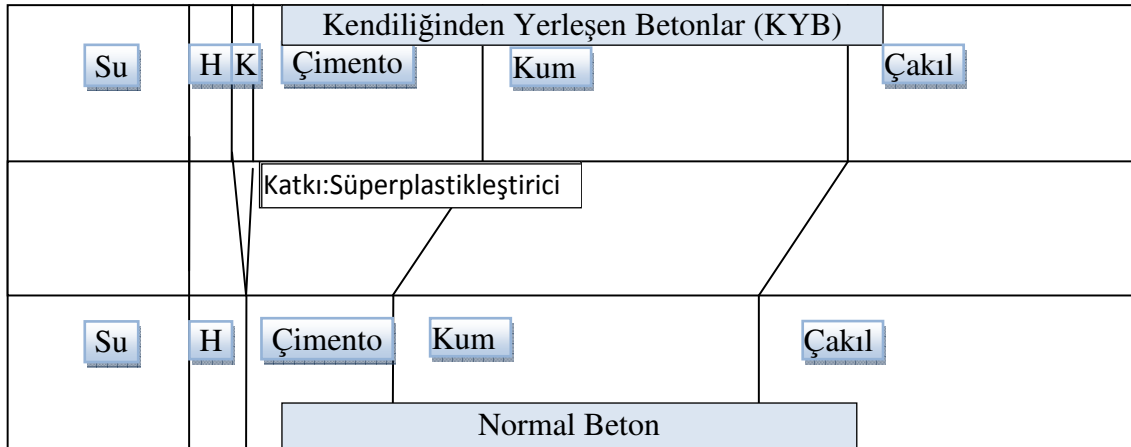
Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB): Yerleşme ve sıkıştırma için vibrasyon gerektirmeyen yenilikçi bir betondur. Kendi ağırlığı altında akabilir, bulunduğu kalıbı tamamen doldurabilir ve hatta sıkı donatıların varlığında bile tam bir sıkışma sağlayabilir. Sertleşmiş beton yoğun, homojen ve geleneksel vibrasyonlu beton gibi aynı mühendislik özelliklerine ve durabiliteye sahiptir (Newmann and Choo 2003).

Aynı tarihlerde, “Yüksek Performanslı Beton” düşük s/ç oranından dolayı yüksek durabiliteli bir beton olarak tanımlandı (Gange *et al.* 1989). O zamandan sonra, Yüksek performanslı beton terimi yüksek durabiliteli betonu referans etmek için dünya çapında kullanıldı. Bu yüzden otoriteler amaçlanan beton için kullanılacak terimi “Kendiliğinden Yerleşen Beton” olarak değiştirdi (Okamura and Ouchi 2004).

Taze betonun kendiliğinden yerleşebilmesi homojenliğini koruyarak kalıbı doldurma yeteneği olarak ve sadece yerçekimi etkisi doğrultusunda betonarme donatılarını sarması olarak tanımlandı. Yerleştirme boyunca vibrasyon cihazlarından herhangi bir dışsal enerji girişi, karıştırma veya benzer davranışlara bağlı olmadığı için “kendiliğinden yerleşen” olarak tanımlanabilir. Özetle KYB normal betona göre artırılmış çimento ve azaltılmış bir çakıl miktarı ile kimyasal katkının kullanıldığı bir beton türü olarak ifade edilebilir.

Kendiliğinden yerleşen betonda inşaat süresi daha hızlıdır. Betonun donatılar arasında kolay akıcılığı sayesinde kalıba hızlı bir şekilde yerleştirilebilir. KYB'nin akıcılığı, yüksek homojenliği, en az beton boşluğu ve üniform beton dayanımını yapılara süper seviyede bitirme ve durabilite potansiyelini sağlamayı garanti eder. KYB erken dayanım, daha erken kalıp sökme ve yapı elemanlarını daha hızlı kullanım potansiyeli sağlayarak genellikle düşük s/ç oranı ile üretilebilir (Okamura and Ouchi 2004).

Kalıp ve donatılar veya diğer ara bölmeler (örneğin öngerilmeli kanallar) arasındaki dar alanlarda vibrasyon zorluklarından dolayı yüzey tabakasının sıkıştırılamaması agresif çevre şartlarına bırakılan betonarme yapıların zayıf durabilite performansının anahtar bir faktörü olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2.1'de KYB'nin karışım kompozisyonu ve geleneksel beton ile karşılaştırması gösterilmektedir.



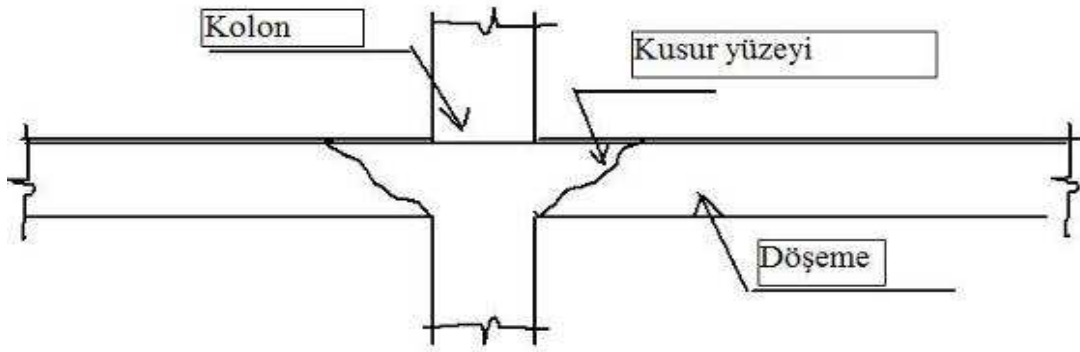
Şekil 2.1 Normal beton ve KYB karşılaştırması

KYB'de 650-800 mm yayılabilme özelliğini sağlayabilmek ve işlenebilirliğini minimum bir saat koruyabilmek ve bunları yaparkende betonun ayrışmasını ve terlemesini engellemek tasarımın en önemli hedefleridir. Beton yüksek oranda kullanılan geleneksel süper akışkanlaştırıcılarla yüksek akışkanlık özelliğine sahip olsada, ayrışmasını engellemek ve uzun çalışma süresine sahip olabilmesi ancak iyi bir karışım dizaynı ve doğru kimyasal katkılarla mümkün olabilir. KYB elde etmek için tavsiye edilen beton tasarım parametreleri çizelge 2.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.1 KYB'nin tasarım yöntemine göre tavsiye edilen malzeme miktarları

İnce malzeme	<0,125 mm	400-600 kg/m ³	
Kum	0,125 - 4 mm	Yaklaşık olarak harç hacminin % 40'ı	
Kaba agregası	Dmaks: 20 mm	Yaklaşık olarak gerçek birim ağırlığının % 50'si	
Uçucu kül		Yaklaşık olarak çimento+uçucu kül hacminin % 40'ı	
Su/toz		0,27 ağırlıkça	0,9-1,0 hacimce

Tasarım metotlarının ötesinde, yapıların tasarımında özenle dikkate alınması gereken noktalardan birisi birleşim (kavşak) noktalarıdır. Şekil 2.2'de düz döşemenin kesme kuvveti yüzey kusurları görülmektedir. Yapıda en önemli birleşim noktaları sıklaştırma bölgelerinden itibaren kolon ve kirişlerin birleşim noktalarıdır. Herhangi bir betonun kalıp içerisinde donatılar etrafında kötü yerleşme ve sıkışma, arzu edilen basınç dayanımında kayıplara ve ötesinde dayanımsızlığa sebep olacaktır.



Şekil 2.2 Düz döşemenin zımbalama kusurlu yüzeyi (Ngo 2001)

Ek olarak, normal beton yüzeyini sıvamak ve bu tür bitirme işlemleri kendiliğinden yerleşen betondan daha da zor olacaktır. Sıva malzemeleri pürüzsüz beton yüzeyinin gerektirdiğinden çok daha fazla olacaktır. Kendiliğinden yerleşen beton herhangi sıva veya bitirme işi gerektirmeyen aşırı düz yüzeyler sağlar. Başka bir sorun, yapının en dışında kalan donatılar kötü yerleşmenin sıkıntısını çekecek ve kısmen dışsal iklim koşullarına doğrudan maruz kalacaktır.

Daha önce ifade edildiği gibi yapıdaki bu alanlar kolonlardan kirişlere ve döşemelere geçen birbiri üzerine binmiş donatılardan dolayı betonun yerleşmesi açısından en önemli birleşme noktalarıdır. Betonun tam olarak yerleştirilmesi daha zor ve özen gerektirmektedir.

Kolayca görülebilmektedir ki beton yerleşimi çok iyi bitirilmesine rağmen, eğer bu döşeme kirişlerinde ve kolonlarda vibrasyon (yerleştirme) arzu edilen seviyede yapılamıyorsa, uzun vade kullanımı için bazı sorunlar oluşur. Bu tür çok karışık alanlarda iyi bir yerleşme betonun basınç dayanımı kadar oldukça fazla önemlidir. Çünkü beton kalıplara tam olarak yerleştirilmeden betonun özelliklerinin bir önemi yoktur.

Kendiliğinden yerleşen beton; betonarme projeler, çok karışık donatılı elemanlarda, sınırsız yapı tasarımlarında, ulaşılamaz ve zor kalıplarda, su altı betonun yerleştirilmesinde, nükleer enerji santrallerinde, önemli askeri yapılarda ve vibrasyon uygulamasının imkansız olduğu yerlerde kullanılmaktadır.

KYB'nin özelliklerinin EN 206-1: 2000'de verilen KYB'nin tanımlamasında kullanılan sınıflandırılması çizelge 2.2 ila 2.5'te verilmektedir.

Çizelge 2.2 Çökme (Slamp) yayılma sınıfları

Sınıfı	Slamp yayılması mm
SF1	550 ila 650
SF2	660 ila 750
SF3	760 ila 850

Çizelge 2.3 Viskozite sınıfları

Sınıfı	T50, Slamp	V-hunisi zamanı s
VS1/VF1	≤ 2	≤ 8
VS2/VF2	>2	9 ila 25

Çizelge 2.4 Geçiş yeteneği sınıfları (L-kutusu)

Sınıfı	Geçiş yeteneği
PA1	≥ 0.80 2 donatı engelli
PA2	≥ 0.80 3 donatı engelli

Çizelge 2.5 Segregasyon direnci sınıfları (elek segregasyonu)

Sınıfı	% Segregasyon direnci
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

Efnarce'ın bir çalışmasına ait bir çizelge ve KYB deney metotlarına göre EN 206-1:2000'de verilen deney sınıflamaları ile belirlenen özel proje gereksinimlerine göre sunduğu KYB kullanılabilirlik cetveli, özel açıklama ve sınıflamaları ile verildi.

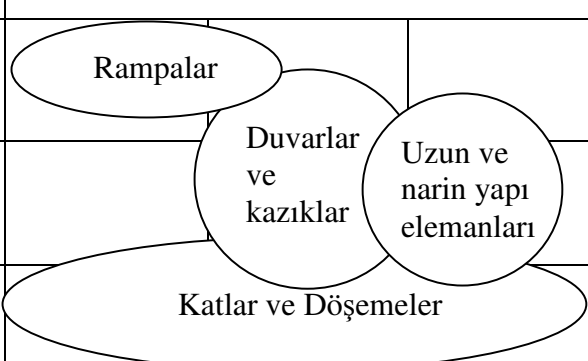
SR1: Genellikle ince döşemeler ve akış mesafesi 5 metreden az düşey uygulamalar için ve 80 mm'den daha büyük hapsedilmiş cepler için uygulanabilir.

SR2: Eğer akış boyunca segregasyona dikkat etmek amacıyla 80 mm'den daha büyük hapsedilmiş cepli 5 metreden daha fazla dikey uygulamalarda önerilir.

SR2: Bazen 5 metreden az akış mesafesi ve 80 mm'den daha büyük hapsedilmiş cepli uzun düşey uygulamalar içinde kullanılabilir ki; eğer akış mesafesi 5 metreden daha fazla ise % 10 daha az bir SR amaçlanması önerilir. SR2 veya hedef değer eğer üst yüzeyin dayanımı ve kalitesi özellikle kritik ise belirtilebilir.

Çizelge 2.6'daki sınıflamalar farklı KYB uygulamaları için başlangıç parametreleri ve sınıfları olarak düşünülebilir. Bunlar özellikle kısıtlanmış şartlar, eleman geometrisi, yerleştirme metotları veya beton içerisinde kullanılacak malzeme karışımları olarak düşünülmez. Sonuç spesifikasyonların kararı beton üretici ile normal olarak tartışma yoluyla olmalıdır (Efnarce 2005).

Çizelge 2.6 Değişik uygulamalar esaslı KYB'nin özellikleri (Efnarce 2005)

Viskozite				Segregasyon direnci (SR)/geçiş yeteneği
VS 2 VF 2				SF1 ve 2 için özel geçiş yeteneği
VS 1 veya 2 VF 1 veya 2 veya hedef değer				SF 3 için özel SR
VS 1 VF 1				SF 2 ve 3 için özel SR
	SF1	SF2	SF3	
	Slamp (çökme) yayılması			

Segregasyon direnci, yüksek akıcılık veya düşük viskozite sınıfı veya yerleştirme koşulları segregasyonu yükseltiyorsa önemli bir parametre olur. Eğer bu uygulamalardan hiçbirisi yoksa: Segregasyon direnci sınıfını belirlemek genellikle gereksiz bir durumdur.

KYB, agregalar üniform olarak asılı ve segregasyon olmaması garanti edilmiş, kohezyon özellikleri ile birleştirilmiş çok yüksek bir akıcılık için tasarlanır.

Vibrasyon uygulaması, bu dengeyi etkileyecek ve genellikle büyük ölçüde segregasyona sebep olacaktır. Bu yüzden, KYB'de vibrasyon ekipmanları kullanılmamalıdır. KYB'yi yerleştirecek personel bu tür betonun yerleştirilmesi için eğitilmelidir. Taze beton parçacıklarının asılı kalma yeteneği, karıştırma taşıma ve yerleştirme süreçleri boyunca homojenliği korur (Skarendahl 2000).

KYB'nin yerleştirilmesindeki yapısal kolaylıkları takiben birçok ekonomik, teknik kolaylıklarda ortaya çıkacaktır. Bunlardan birkaçı ise, yapılarda en çok betonun kullanıldığı temel ve zemin seviyesinden aşağıda bulunan kısımlar pompa makinasına ihtiyacı azalacaktır. Temel betonun yerleştirilmesinde taşıma boruları (tremie) kolaylıkla temel betonunun yerleştirilmesinde kullanılabilir. Bunun sonucunda otomatik olarak daha az ekipman ve eleman ile beton yerleştirme işlemi bitirilebilir.

Benli *et al.* (2008), KYB'den üretilen kirişler üzerinde aderans direnci ve niteliğini incelediler. Deneylerde kirişlerin boyutları, su/çimento ve su/bağlayıcı ve Ø16 donatı boyutları sabit alınırken beton türleri değiştirilen çalışmada kırılma yüklerine göre kıyaslandığında beton türlerinin özellikleri arasında fazla bir fark görülmediğini söylemektedirler. Bunuda malzemelerin homojen ve izotropik olmasına bağlanabilir. KYB örneklerinde sayısal ve deneysel çözümlerden elde edilen farklı kırılma yükleri normal betonla üretilen örneklerden daha azdır. KYB'nin reolojisi ve direnci buna sebep olmuştur. Bundan başka, sayısal çözümlerden elde edilen bağ kuvvetleri deneysel testlerden elde edilenler kadar uygun olduğu sonucuna varmışlardır.

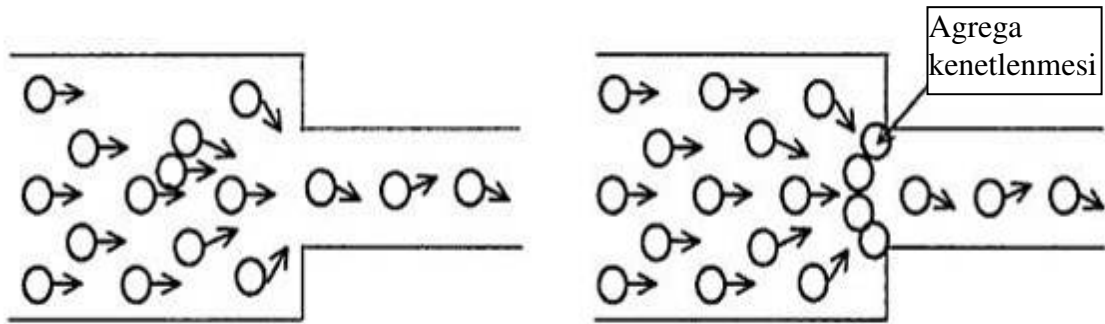
KYB Osaka Gaz şirketine ait olan büyük bir LNG (Liquefied Natural Gas) tank duvarı için kullanıldı. KYB'nin bu özel projeye adapte edilmesi aşağıdaki değerleri kazandırdığı söylenmektedir.

- Bir parti beton döküm yüksekliği artırılarak parti sayısı 14'ten 10'a düşürüldü
- Beton işçilerinin sayısı 150'den 50'ye düşürüldü
- Yapının inşa süresi 22'aydan 18'aya düşürüldü (Okamura and Ouchi 2004).

Jianxin *et al.* (2003) Ultra Yüksek Performanslı Kendiliğinden Yerleşen Beton (UYPKYB) üzerine yaptıkları çalışmada, 20 °C'de 28 gün kür edilen betonun silindirik basınç dayanımını 150 N/mm² olarak bulmuşlardır. Beton karışımlarına göre, geleneksel yüksek performanslı beton için basınç dayanımı ve elastisite modülü arasındaki ampirik ilişki araştırılmıştır. Taze betonun özellikleri ve kendiliğinden gerçekleşen rötrenin araştırıldığı çalışmalarında, ince malzeme kütlelerinde yüzde 2'den fazla süper akışkanlaştırıcı dozajı çimento hamurunun akışkanlık yeteneğini yükseltmediği sonucunu elde ettiler.

KYB yeterli akıcılık ve aynı zamanda etkili bir şekilde icra etmek için yeterli segregasyon direncine sahip olmak zorundadır. Betonarme donatılarının sık olduğu kalıp içindeki dar açıklıklar olduğu durumlarda, kaba agreganın birbirine dayanarak tıkanmasından kaçınmak ekstra bir gereksinim olarak yerine getirilmelidir.

Tıkanma mekanizması betonun bir açıklık boyunca akıcılık modeli, iki boyutlu bir sunum kullanılarak şekil 2.3'te sunulduğu tarzla basitçe açıklanabilir (Skarendahl and Petersson 2000).



Şekil 2.3 Tıkanma mekanizması (Skarendahl and Petersson 2000)

Mükemmel segregasyon direnci ve doldurma kabiliyetli KYB'de Skarendahl and Petersson'a göre tıkanma aşağıdaki şartlarda meydana gelecektir:

- En büyük agregatane boyutu çok yüksek,
- Büyük boyutlu agregat içeriği çok yüksek.

Uygun geçiş yeteneği elde etmek için aşağıdaki şartlar göz önünde tutulmalıdır:

- kohezyonu artırmak,
 - düşük su/çimento oranı,
 - viskozite düzenleyici katkıları,
- net açıklık ve kaba agregat,
 - düşük kaba agregat hacmi,
 - en büyük boyutu düşük agregat.

Japonya’da etkili bir sıkıştırma ihtiyacına odaklanan beton yapıların üretiminde 1980’lerin başında durabilite problemleri başladı. Bu durum çalışan sayısında genel bir azalma eğilimi ile çakıştı. Kendi kendine sıkışabilecek beton gelişimi, görülebilecek durabilite sorunu çözmenin tek bir mümkün tekniği olarak düşünüldü. Sıkışma zorlukları için tek ve en büyük neden birçok yapıda sıkışık betonarme donatıların artması eğilimi ile ilgilidir. Yapısal performansın artması betonarme donatılarının hacminin artmasına sebep olur. Bunun yanında çatlamayı sınırlandırmak için daha küçük çaplı donatı kullanma eğilimi olmaktadır. Kalıp içerisinde her zaman kafes donatı veya kalıp ve donatı arasındaki vibrasyonun iyi bir şekilde dağıtılması için yeterli alan yoktur. Yüksek homojenliği ve sıkışmayı güven altına alabilmek sık donatılı yapılarda önemli bir amaçtır (Skarendahl and Petersson 2000).

Grauers (2000), günlük -30 °C’de 18 saat ve 6 saat oda sıcaklığında çevrimlerden sonra ultrases hızı (USH) kaybı aracılığıyla donma/çözünme kaybı üzerine yaptığı çalışmayı rapor etti. Kendiliğinden yerleşen beton için 150 çevrimden sonra önemli bir ultrases kaybı gözlenmedi. En düşük dayanımlı kendiliğinden yerleşen beton karışımları bu donma/çözünme rejimi içerisinde referans edilenden daha düşük olarak elde edildi.

2.2 Yüksek Dayanımlı Beton

Yüksek dayanımlı betonun üretilmesindeki birinci sebep daha ekonomik ürünler üretmek ve makul teknik çözümler veyahut her ikisinin kombinasyonunu sağlamaktır. Daha yüksek durabiliteli yüksek performanslı beton kullanımı muhtemelen daha az bakım ve daha uzun ömür ile sonuçlanır ve amortisman uygulaması; uzun vadeli ekonomik faydalar, başlangıçtaki yapı maliyetlerin dengelenmesinden daha muhtemel faydalar sağlar.

Yüksek dayanımlı beton terimi görecelidir. Beton pratikte normal dayanımlı olarak düşünülürken diğer uygulama alanlarında yüksek dayanımlı olarak düşünülebilir. Beton yapısal kullanımı için güçlendirilmek zorunda olduğu için, yüksek dayanımlı beton daha az düktilite sunmaya eğilimli olduğundan dolayı betonarmenin düktilitesi sınırlanan bir faktör haline gelir. Bununla birlikte, yapıların uzun vadeli performansı bütün ulusların ekonomisine hayati bir önem katmaktadır (Edward 1996).

Geçtiğimiz son on yıl içerisinde YDB'nin kullanımı ile kür, rötre ve çatlama arasındaki ilişkinin önemini incelemenin farkındalığı artmaktadır. Yüksek Performanslı/Ultra Yüksek Performanslı Betonlar (YP/UYPB) yüksek çimento içeriği ve düşük su/çimento oranı ile zengin karışım kullanılarak üretildiği için malzemeler normal dayanımlı betondan çok yoğun ve daha homojen olmaktadır. Bu betonların en önemli özellikleri düşük poroziteli ve birbirine bağlanmayan kapiler boşluk yapılarıdır.

Çimento hamurunun dayanımı, hidrasyonun bir sonucudur. Bu kimyasal süreç katılaştığında yüksek basınç dayanımına sahip olan çimento jelleri üreterek arada kalan kristal yapının yeniden kristalleşmesi ile sonuçlanır. Portland çimentosunun erken dayanımı daha yüksek orandaki C_3S ile daha yüksektir. Eğer nem kürü devam ederse sonraki günlerde dayanım seviyesi yüksek C_2S oranı ile daha da yükselir. C_3S basınç dayanımı gelişimine betonun yerleştirilmesinden sonra ilk gün boyunca katkıda bulunur çünkü en erken hidrate olan maddedir (Edward 1996).

Avrupa'da YDB için kriterler: 28 günlük basınç dayanımı tipik olarak >60 Mpa veya $<0,4$ su/bağlayıcı oranı olarak kabul edilmektedir.

Türkiye'de ise YDB: 28 günde >40 Mpa basınç dayanımına sahip bir beton olarak tanımlanmaktadır (Öztaş 2005). Diğer taraftan standartlarımıza göre YDB C50/60 basınç dayanım sınıfından daha büyük dayanım sınıfına sahiptir (TS EN 12390:2002).

Normal beton ve YDB arasındaki temel fark hidrate olmuş çimento hamuru içerisindeki poroziteyi azaltma suretiyle, su içeriğini azaltan kimyasal ve mineral katkıların kullanılmasıdır (Mittal and Basu 1999).

Yüksek dayanımlı beton üretmek amacıyla birkaç parametre beton karışım dizaynı arzu edilen dayanımı elde etmek için temel bir faktör olmasına rağmen, karışım dizaynına ek olarak optimize edilmek zorundadır (Edward 1996).

Düşük su/çimento oranı, su ve çimento hamurunun oranı işlenebilmeyi sağlamak için yüksek çimento miktarı gerektirir. Fakat gereğinden fazla çimento miktarı yüksek hidrasyon ısisına neden olacak ve çatlama eğilimini artıracaktır. Bu nedenle çimentonun bir kısmı silis dumanı, uçucu kül veya yüksek granüle fırın cürufu veya bunların kombinasyonu gibi diğer çimentolayıcı maddeler ile yer değiştirilir.

Düşük su/çimento oranı ve silis dumanı ve bunun gibi diğer bağlayıcı malzemeler kullanımı akışkanlaştırıcı kullanımını zorunlu yapar. Böylece YDB'nin kompozisyonu otomatik olarak (çimento, agrega, su, akışkanlaştırıcı katkı, silis dumanı, uçucu kül, cüruf) olarak seçilir.

Monero tarafından yapılan bir araştırmaya göre, 23 katlı bir ticari binanın düşük kolonlarında 41 N/mm^2 basınç dayanımlı beton kullanımı 865 mm^2 kolon gerektirdiği yerde 83 N/mm^2 basınç dayanımına sahip beton kullanımı kolon boyutlarını 610 mm^2 ye düşürmeye müsaade etmektedir. İlk yapım maliyetindeki azalmaya ek olarak daha küçük bir kolon boyutu altkatlarda ticari alanlarda daha az fuzuli işgal ve böylece daha fazla kiralanabilir kat alanı ile sonuçlanır.

J. Hegger Frankfurt, Almanya’da bulunan 186 m yükseklikte Ofis Binası için YDB’nin ekonomik ve yapısal avantajlarını araştırdığı çalışmasında, 20 MN dūřey yūkteki kolonların dayanımlarının 85 N/mm^2 ile 45 N/mm^2 değerleri kıyaslandığında yüzde 50 betonarme donatısı kar edilebileceği sonucuna varmıştır. Bu durumda beton maliyeti % 60 oranında artmasına rağmen yapının toplam maliyeti ortalama % 15 mertebesinde azaltılabileceğini vurgulamaktadır (Indubhusan and Sunil 2008).

Resim 2.1 Frankfurt, Almanya yūksek Ofis Binasını gōstermektedir.



Resim 2.1 186 m yūkseklikte Ofis Binası Frankfurt, Almanya

2.3 Literatür Çalışmaları

Kendiliğinden yerleşen beton üretimi sadece çimento hamurunun veya harcın yüksek şekil değiştirmesini değil aynı zamanda donatı çubukları arasındaki sınırlı bölgelerden akarken çimento harcı ve kaba agregası arasında segregasyon direncini de kapsar (Okamura and Ozawa 1995). Araştırmacılar KYB elde etmek için çalışmalarında aşağıdaki faktörleri dikkate almışlardır:

- sınırlı agregası içeriği,
- düşük su/toz malzeme oranı,
- akışkanlaştırıcı kullanımı.

Segregasyona yeterli direnç elde etmek için aşağıdaki durumlar göz önünde bulundurulmalıdır:

a) Katı malzemelerin azaltılması:

- sınırlı agregası içeriği,
- en büyük agregası boyutunu azaltma,
- düşük su toz malzeme oranı,
- viskozite düzenleyici katkıları,

b) Kusmayı en aza indirme (serbest su):

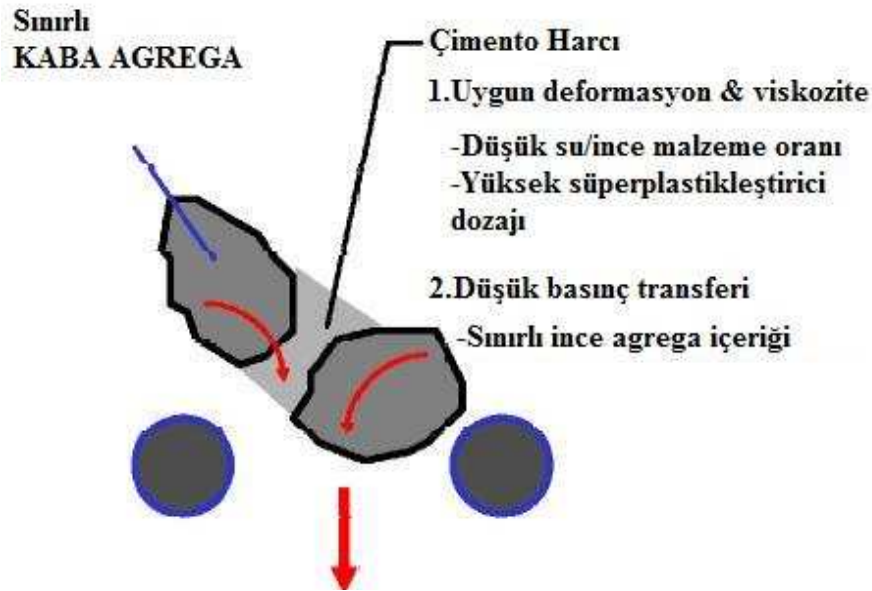
- düşük su içeriği,
- düşük su toz malzeme oranı,
- büyük yüzey alanına sahip malzemeler,
- viskozite düzenleyici katkıları.

Çimento harcı veya çimento hamurunun özellikleri segregasyondan kaçınmak için çok önemlidir. Eğer çimento harcının viskozitesi yeterince yüksek ise kaba agregaya çimento harcı ile desteklenecek ve böylece segregasyon önlenecdir.

Süperplastikleştiriciler akma dayanımını azaltırken, viskozite düzenleyiciler (katkılar) veya mineral katkılar, akma dayanımında belirgin bir artış sağlamadan çimento hamurunun viskozitesini artırmak için karışıma dâhil edilirler.

Akıcılık için gerekli enerji artan içsel gerilim tarafından (agrega tanelerinin tıkanması ile oluşan) tüketilir. Enerji tüketimi özellikle yoğun olan normalden daha az bir seviyede sınırlı kaba agregaya içeriği bu tür tıkanmadan kaçınmada etkilidir.

Şekil 2.4'te görüldüğü gibi, yüksek viskoziteli çimento hamurunda beton, engeller içerisinden akarken kaba agreganın tıkanmasını önlemek için gereklidir. Beton deforme olduğunda yüksek viskoziteli bir çimento hamuru ile kaba agregaya yaklaşımından dolayı içsel gerilmede yer değiştirme artışlarını da önler. Yüksek deformasyon s/ç oranı çok az bir değerde tutularak sadece süper akışkanlaştırıcı kullanımıyla elde edilebilir (Okamura 2004).



Şekil 2.4 KYB elde etme mekanizması (Okamura 2004)

Çizelge 2.7 Su azaltıcı katkıların genel performansları (Easin and Zahear 2008)

Ailesi	Çimento ağırlığına göre umumi dozajı	Su azaltma
Düzenlenmiş linyosülfonatlar (MLS)	% 0,2 – 0,8	% 10`a kadar
Melamin sülfonatlar (SMF)	% 1,0 – 3,0	% 25`e kadar
Naftalin sülfonatlar (SNF)	% 0,8 – 2,0	% 25`e kadar
Polikarboksilik eterler (CE)	% 0,5 – 1,5	% 40`a kadar

Özellikle sıcak havalarda bir beton karışımının uzun mesafeler üzerinde taşınması slump azalmasını uygun hale getirir. Ek olarak, slump artırmak durabilite, dayanım ve betonun diğer özelliklerini azaltır. Fakat slump kaybı kaçınılmazdır ve karışım ayarlayıcıları slump kaybını en aza indireyecek uygun miktarı kullanmaya çaba göstermek zorundadırlar.

Özellikle SMF (Melamin sülfonatlar) veya SNF (Naftalin sülfonatlar) akışkanlaştırıcılı betonlar akışkanlaştırıcı kullanılmamış betondan daha da yüksek miktarda slump kaybının sıkıntısını çekecektir. Slump-kaybını azaltmanın mevcut teknikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- a) yerinde karıştırma,
- b) priz geçiktirici katkılar veya gerektiğinden daha yüksek dozajla kullanma,
- c) yerleştirmeden önce çeşitli sürelerde azaltma (Edward 1996).

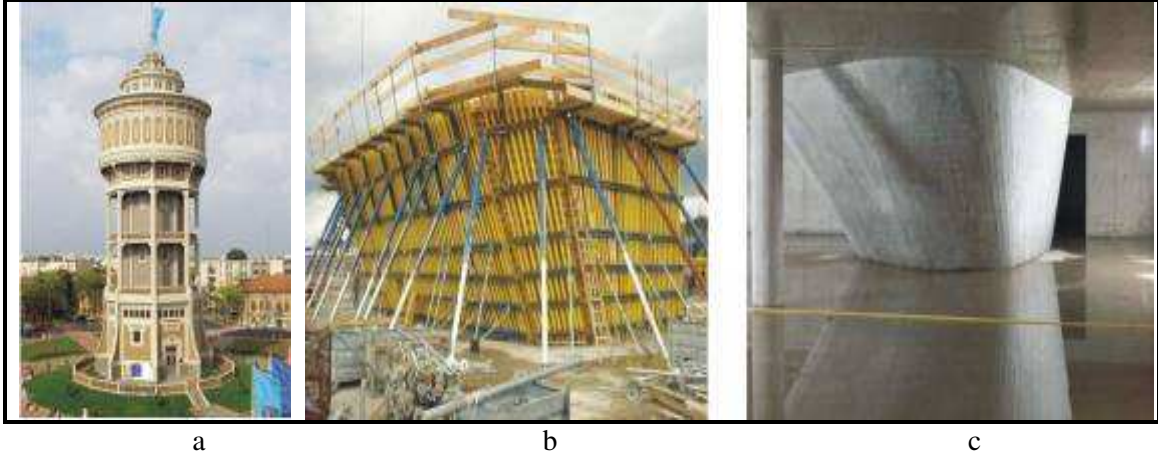
Zhang and Gjörv (1991), silis dumanlı betonun uygun bir kür işlemine daha hassas olduğunun diğer bir sebebini dayanım özellikleri üzerinde kuruma etkisi ile ilişkili olarak ifade etti. İyi kür pratikleri silis dumanlı betonun normal betondan çok daha fazla çekme dayanımını ve eğilme dayanımını azaltan erken kurumayı önlemek için kullanılmalıdır (Carino and Kenneth 2001).

2.3.1 Kendiliğinden Yerleşen Beton Uygulamaları

Bu kısımda KYB uygulamaları için birtakım örnekler gösterilmektedir. Ek olarak, KYB'nin farklı tür karışım kompozisyonları farklı ülkelerden örnekler sunulmuştur.



Resim 2.2 Sárvár'da Rába nehri üzerinde bir köprü, Macaristan (Nagy and Szendrei 2007)



Resim 2.3 a) Szeged'de su kulesi, b) Wolfsburg'da Phaneo müzesi yapım aşaması c) tamamlanmış (Nagy and Szendrei 2007)

Çizelge 2.8 Almanya'dan KYB uygulama detayları, prekast duvar elemanı (Gürdal ve Yüceer 2004)

CEM II/A-LL 42,5R	420 kg/m ³	Slamp-yayılması	700 mm
Uçucu kül	110 kg/m ³	T ₅₀₀	1 saniye
S/Ç	0,55	Hava	% 0,8
Kum 0/2	% 41	28 günlük Basınç Dayanımı N/mm ²	44 N/mm ²
Çakıl 2/4	% 33		
Çakıl 8/16	% 26		
Poliakrilat katkı	% 0,8 - 1,3		



Resim 2.4 Almanya'dan KYB uygulaması, prekast duvar elemanı (Gürdal ve Yüceer 2004)

Çizelge 2.9 Almanya'dan KYB uygulama detayları, sel bariyer duvarı (Gürdal ve Yüceer 2004)

CEM I 32,5R	350 kg/m ³	Slamp-yayılması	750 mm
Uçucu kül	220 kg/m ³	T ₅₀₀	-
S/Ç	0,5	Hava	-
Agrega	1626 kg/m ³	28 günlük Basınç Dayanımı N/mm ²	69 N/mm ²
Poliakrilat katkı	% 2		



Resim 2.5 Almanya'dan KYB uygulaması, sel bariyer duvarı (Gürdal ve Yüceer 2004)

Almanya'dan bu uygulama, anıtsal binaları sel baskınlarından korumak için yapılmıştır.

Çizelge 2.10 Çek Cumhuriyeti'nden KYB uygulaması detayları, Üniversite ofis binası (Gürdal ve Yüceer 2004)

CEM I 42,5R	380 kg/m ³	Slamp-yayılması	750 mm
Uçucu kül	200 kg/m ³	T ₅₀₀	-
S/Ç	0,47	Hava	% 1,5
Kum 0/4	763 kg/m ³	28 günlük Basınç Dayanımı N/mm ²	50 N/mm ²
Çakıl 4/8	306 kg/m ³		
Çakıl 8/16	495 kg/m ³		
Polikarboksilat katkı	% 0,9		



Resim 2.6 Çek Cumhuriyeti'nden KYB uygulaması, Üniversite ofis binası (Gürdal ve Yüceer 2004)

Çizelge 2.11 Türkiye’den KYB uygulaması detayları, otel binası güçlendirilmesi (Gürdal ve Yüceer 2004)

CEM I 42,5R	350 kg/m ³	Slamp-yayılması	700 mm
Uçucu kül	200 kg/m ³	T ₅₀₀	-
S/Ç	0,38	Hava	-
Kum 0/3	486 kg/m ³	28 günlük Basınç Dayanımı N/mm ²	54 N/mm ²
Kırma kum 0/5	286 kg/m ³		
Kırma çakıl 5/13	795 kg/m ³		
Polikarboksilat katkı	% 1		

Bu uygulamada beton iç veya dış vibrasyona ihtiyaç duyulmadan kalıbın üzerindeki döşemeden yerleştirildi.



Resim 2.7 Türkiye’den KYB uygulaması, otel binası güçlendirilmesi (Gürdal and Yüceer 2004)



Resim 2.8 Kiriş güçlendirme uygulaması (Mike *et al.* 2008)

3.MATERYAL VE METOD

YDKYB'nin basınç dayanımı üzerine su/çimento oranı ile katkı türü ve oranının etkisinin araştırıldığı deneysel çalışmada YDKYB üretiminde kullanılan agrega özellikleri, çimento özellikleri, su oranı, süper akışkanlaştırıcı, silis dumanı ve kireç taşı tozu hakkında bilgiler verilecektir. Beton karışımları üretilmesi yerleştirilmesi ve numuneler üzerinde KYB ve YDB'nin özelliklerinin belirlenebilmesi için uygulanan deney yöntemleri anlatılacaktır.

3.1 Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

3.1.1 Çimentonun Özellikleri

Üretilen beton karışımlarında TS EN 197-1 standardına uyan CEM I 42,5 N tür Portland çimentosu kullanıldı. Bu çalışmada, YDKYB için çimento 410 ve 450 kg/m³ olarak iki farklı dozajda ve s/ç oranı yüzde 36,5 ile 40 oranlarında seçildi. Portland çimentosunun oksitleri çizelge 3.1; fiziksel ve mekanik özellikleri çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Portland çimentosu oksit miktarları (Akçagözoğlu 2010)

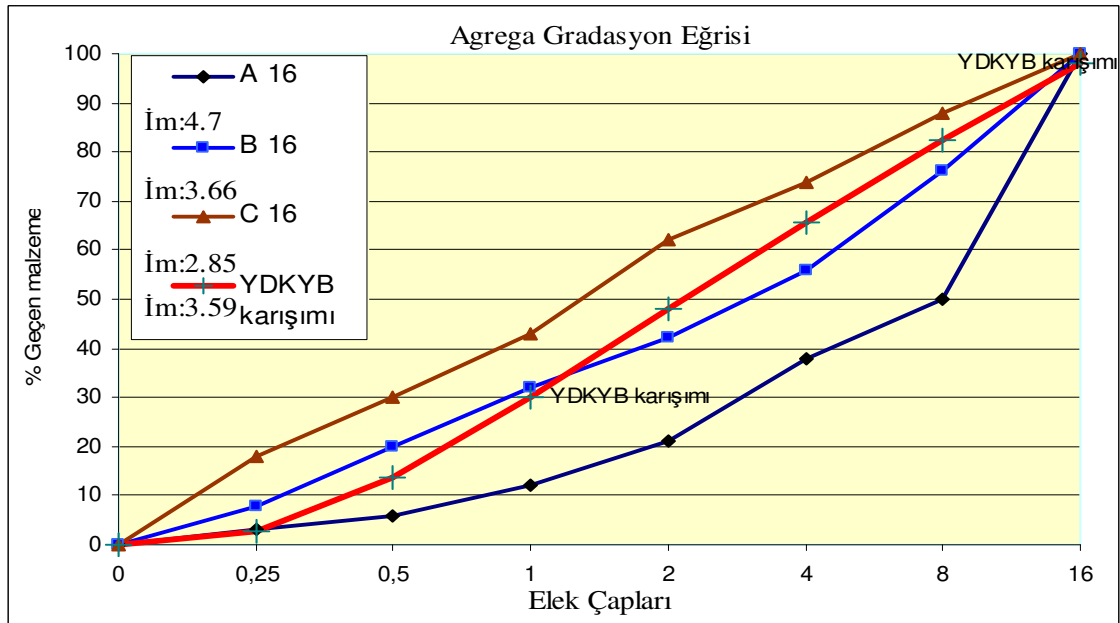
	Oksitler	Sembol	Miktarı (%)	TS EN 197-1
Kireç	CaO	C	60-67	
Silis	SiO ₂	S	27-25	
Alümin	Al ₂ O ₃	A	3-8	
Demir Oksit	Fe ₂ O ₃	F	0,5-6	
Kükürt Trioksit	SO ₃	S	1-3	
Magnezyum Oksit	MgO	M	0,1-4	
Alkaliler	Na ₂ O+K ₂ O	N+K	0,-1,3	
Kızdırma kaybı			2,78	maks.5
Çözünmeyen kalıntı			0,44	maks.5

Çizelge 3.2 Çimentoların fiziksel ve mekanik özellikleri

		CEM I 42,5 N	TS EN 197-1
Basınç dayanımları (N/mm ²)	2 gün	20,2	min. 20
	28 gün	48,3	min./maks. 42,5/62,5
Özgül ağırlık		3,05 g/cm ³	-
Özgül yüzey		3427 g/cm ²	Min. 2800
Priz süresi (dak.)		176 min.	Min. 60
		217 maks.	-

3.1.2 Agregaların Özellikleri

KYB özelliği olarak işlenebilmeyi sağlayabilmek amacıyla standartta maksimum agreganın boyutu 16 mm ile 20 mm altında seçilmelidir. Bu çalışmada işlenebilirlik bakımından agreganın granulometrisinde maksimum agreganın boyutu 16 mm olarak seçildi. YDKYB için agreganın karışım gradasyonu şekil 3.1’de (kırmızı) verilmektedir.



Şekil 3.1 Kullanılan agreganın gradasyon eğrisi olan YDKYB ve A16, B16 ve C16 standart eğrileri

Agrega dağılımının şekli ve partikül boyutu doldurabilirliği ve boşluk hacmini etkilediği için çok önemlidir. Bazı karışım dizaynı metotları agreganın boşluk hacmi, çimento ve harç isteğini tahmin etmede kullanılır. Yapılan deneysel çalışmada kullanılan agreganın su emme oranı ve özgül ağırlığı çizelge 3.3'te verilmektedir. Bu sonuçlara göre kullanılan agregaların özellikleri TS 3526'ya ve TS 706'ya uygundur.

Çizelge 3.3 Agreganın su emme oranı ve özgül ağırlığı

Su emme oranı		% 1,13
TS 706 su emme	Kum	% 0-%2
	Çakıl	% 0,5-%2
Özgül ağırlığı	2,64 kg/m ³	

Aynı özellikte KYB üretilmesinde etkili olan faktörlerin; nem oranı, su emmesi, agregaların granülometrisi ve ince malzeme varyasyonları olduğu bilinmektedir.

İnce agreganın şekli ve yüzey dokusu betonun su ihtiyacı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Çünkü belirlenmiş bir ağırlık için ince agreganın çok daha fazla yüzey alanı içermektedir. Yuvarlak ve düz ince agreganın taneleri keskin ve pürüzlü tanelerden işlenebilir bakımından çok daha iyidir. 0,125 mm'den daha küçük agreganın taneleri KYB'nin ince malzeme içeriğine katkıda bulundukları bilinmektedir.

TS'ye (Türk standartları) göre 4 mm elekten geçen agregalar “ince agreganın”, elek üstünde kalan agregalar “kaba agreganın” olarak sınıflandırılır (Erdoğan 2007). Kaba agreganın içeriği basınç dayanımı üzerinde yüksek derecede etkiye sahiptir.

3.1.3 Süper akışkanlaştırıcı Katkının Özellikleri

Glenium C300 yeni nesil akışkanlaştırıcı polikarboksilik eter esaslı düzeltilmiş kimyasal zincirli yeni nesil süper akışkanlaştırıcı beton katkı malzemesidir.

Bu ürün ilk olarak beton karışım santralleri için süreç yeteneğini koruyan (normal bağlanma), yüksek nihai dayanım ve durabilite önemli olduğu hazır beton karışımı için geliştirildi.

GLENİUM C300 klorür içermez ve CEM standartlarına uyan bütün çimento türleri ile uyumlu olarak çalışır (İnt. Kyn. 2).

Çizelge 3.4 Glenium C300'ün özellikleri (İnt. Kyn. 2)

Agregaya uygulanması		Renk	Sarımtırak
20 °C yoğunluğu	Sıvı 1,05 kg / litre	PH değeri 20 °C	7
Klorür içeriği	< % 0,1	Katı maddeler	% 20
Viskozite (20 °C)	Mak. 50 mPa.s	Eşdeğer Na ₂ O	≤ % 1
Donma noktası	-2 °C	Zehirlilik	Söz konusu değil
Renk Kodu	Gri		

Süper akışkanlaştırıcı kullanımı genellikle su gereksinimini yüzde 15 ila 40 kadar azaltılabilir. Süper akışkanlaştırıcı katkıları Sülfat Melamin Formaldehit (SMF), Sülfat Naftalin Formaldehit (SNF) ve düzenlenmiş Linyo Sülfatlar gibi kimyasal bileşiklerdir.

SMF ve SNF esaslı katkıları en genel kullanılan katkılarıdır. Bunlar çimento hamurunun daha akıcı davranmasını sağlayan bu katkıları karışım suyuna eklendiğinde çimento tanelerinin yayılmasına yardım ederler. Çimento tanelerinin topaklanmasını engelleyen akışkanlaştırıcı bu bileşikler “süper akışkanlaştırıcı” olarak adlandırılır.

Genel olarak elde edilebilen yüksek plastikleştirme etkisine sahip katkıları; çimento hidratasyonu için s/ç oranının 0,25'i yeterli olduğu için bu orana kadar su miktarında azaltmaya giderek dayanım artışlarına veya çimento miktarını azaltarak ekonomik katkıları sağlar. Eğer katkıları kullanılmaz ise genel şartlarda işlenebilmeye elverişli olmamakla birlikte s/ç oranı 0,5 ila 0,7 olarak kullanılmaktadır.

3.1.4 Silis Dumanının Özellikleri

Karışımlarda silis dumanı, çimento yüzdesine göre 0, 5 ,10 oranlarından kullanıldı. Silis dumanının hemen hemen küresel şekli ve yüksek seviyedeki inceliği iyi bir kohezyon ve artırılmış segregasyon direnci ile sonuçlanır. Aynı zamanda silis dumanı kusmayı bertaraf etmede veya azaltmada da çok etkilidir. Ve bu, erken yüzey kabuklanması sorunlarını yükseltebilir. Bu eğer beton yerleştirilmesinde herhangi bir ara ve bitirme yüzeyinde zorluklar varsa soğuk birleşme veya yüzey kusurları ile sonuçlanabilir (Efnarce 2005). Bu araştırmada kullanılan silis dumanı özellikleri çizelge 3.5'te gösterilmektedir.

Silis dumanının yüksek inceliği ve küresel şekli iyi bir kohezyona ve segregasyon direnci gelişmesine hükmeder. Fakat silis dumanı kusmadan kurtulmak veya azaltmak içinde çok etkilidir ve bu durum hızlı yüzey katılaşma sorunlarını artırır.

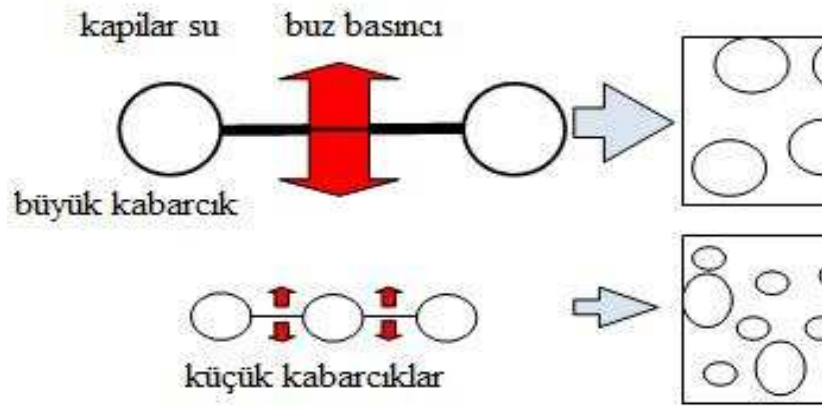
Çizelge 3.5 Silis dumanının özellikleri (İnt. Kay. 5)

Aktif madde	Amorf silisyum dioksit
Yoğunluk (hacim)	0,20 kg/dm ³
Yoğunluk (paketlenmiş)	0,33 – 0,36 kg/dm ³
Yüzey alanı	18 - 22 m ² /gram
SiO ₂ içeriği	% 96,0 ± 1,5

Portland çimentosu betonda kimyasal tepkimeye başladığında kalsiyum hidroksiti serbest bırakır. Silis dumanı kalsiyum hidroksit ile Kalsiyum Silika Hidrat (CSH) olarak adlandırılan ek bir bağlayıcı şeklini almak için kimyasal reaksiyona girer, bu bağ portland çimentosu tarafından üretilen CSH jellerine çok benzerdir. Puzolanik reaksiyon silis dumanı, suyun ve Portland çimentonun hidratasyonu tarafından üretilen Ca(OH)₂ (portlandite) ile reaksiyonudur ve Ca(OH)₂ C-S-H jelleri üretmek için tüketilir (Ma and Schneider 2002). Silis dumanı içeriği hidratasyon ile üretilen C-S-H zincirlerinin uzunluğunu (böylece beton dayanımını) artırır.

Silis dumanı betona büyük ölçüde artırılmış dayanım veren ek bir bağlayıcıdır. Silis dumanı eklenmesi kohezyonu, viskoziteyi ve taze betonun su ihtiyacını yükseltir. Daha erken bitirme işlemi ve çimento hamuru ve agrega geçiş bölgesinde daha az boşluk imkânı ile kuma azaltılır” (Indubhusan and Sunil 2008).

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi silis dumanı ile daha küçük hava kabarcıkları varlığında büyük hava kabarcıklarından daha az buzlanma gerilmesi oluşmaktadır. Ek olarak, beton içerisinde daha küçük ve az hava kabarcıkları arzu edildiği gibi daha fazla basınç dayanımı ve donma/çözünme direnci meydana getirir.



Şekil 3.2 Hava kabarcıkları ve dağılımı



Resim 3.1 Silis dumanı için görsel bir örnek

3.1.5 Kireç Taşı Tozunun Özellikleri

Bu çalışmada ince malzeme özelliği taşıyan mineral katkılar olarak silis dumanına ilave olarak kireç taşı tozu belirli oranlarda karışıma katılarak beton özelliklerine etkisi de araştırılmıştır. Bu karışımlarda kullanılan kireç taşı tozu miktarları 105 kg/m^3 ile 240 kg/m^3 arasında değiştirilmiştir. Resim 3.2 kullanılan kireç taşı tozunu göstermektedir. Çizelge 3.6'da Kireç taşı tozu fiziksel ve kimyasal özellikleri gösterilmektedir.



Resim 3.2 Kireç taşı tozu için görsel bir örnek

Çizelge 3.6 Kireç taşı tozunun fiziksel ve kimyasal özellikleri

Fiziksel Özellikler		Kimyasal Özellikler	%
Yoğunluğu	$2,5-2,7 \text{ kg/cm}^3$	Kireç (CaO)	38-42
Basınç dayanımı	$6-7 \text{ N/mm}^2$	Silika (SiO_2)	15-18
Su emme	$< \% 1$	Alimiyum oksit (Al_2O_3)	3-5
Porozite	Oldukça düşük	MgO	0,5-3
		$\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$	1-1,5
		Alkaliler	1-1,5
		Isındırma kaybı	30-32

3.2 Beton Karışımı ve Üretimi

Yapılan çalışmada yüksek dayanımlı KYB üretiminde maksimum agrega tane boyutu 16 mm seçilerek ve karışımların slump yayılması dikkate alınarak s/ç oranı % 36,5 ve % 40, süperakışkanlaştırıcı miktarında % 1,37'den % 2,69'a kadar değiştirilmiştir. Mineral katkı olarak silis dumanı % 0 ile % 10 ve kireç taşı tozu 105 kg/m³ ile 240 kg/m³ arasında karışımlara ilave edilerek 12 seri üretim yapılmıştır.

Üretilen karışımlara ait 12 farklı reçete çizelge 3,7'de verilmektedir. Karışım suyu olarak Macaristan, Debrecen içilebilen musluk suyu kullanıldı.

Değerlendirmenin kolay olması için toplam 12 adet karışım reçetesi s/ç oranı ve farklı miktarda içerdiği kireç taşı tozuna göre 4 seri olarak sınıflandırıldı. Karışımlarda farklılık yaratan kireç taşı tozu YDKYB-1 ve 2'de karışımın ince malzeme miktarı 600 kg/m³ e YDKYB-3 ve 4'de ise 650 kg/m³ tamamlayarak kullanılmıştır (çizelge 3.8).

Çizelge 3.7 YDKYB karışım reçetesi

Karışım sınıflandırması		Su	Kimyasal katkı	İnce malzeme içeriği (kg/m ³)		
		S/Ç oranı	Glenium C300 (% çimento)	CEM I 42,5 N	Silis dumanı	Kireç taşı tozu
YDKYB-1	1	40	2.0/(1.57)*	410	0	190
	2	40	2.0/(1.83)*	410	20	170
	3	40	2.0/(2.45)*	410	41	149
YDKYB-2	4	36.5	2.0/(1.37)*	450	0	150
	5	36.5	2.0/(1.83)*	450	22	128
	6	36.5	2.00/(2.16)*	450	45	105
YDKYB-3	7	40	2.5	410	0	240
	8	40	2.5	410	20	220
	9	40	2.5	410	41	199
YDKYB-4	10	36.5	2.5	450	0	200
	11	36.5	2.5/(2.6)*	450	22	178
	12	36.5	2.5/(2.69)*	450	45	155

Glenium C300: Planlanan()/Kullanılan miktar

Çizelge 3.8 Beton karışımında toz malzeme muhtevası

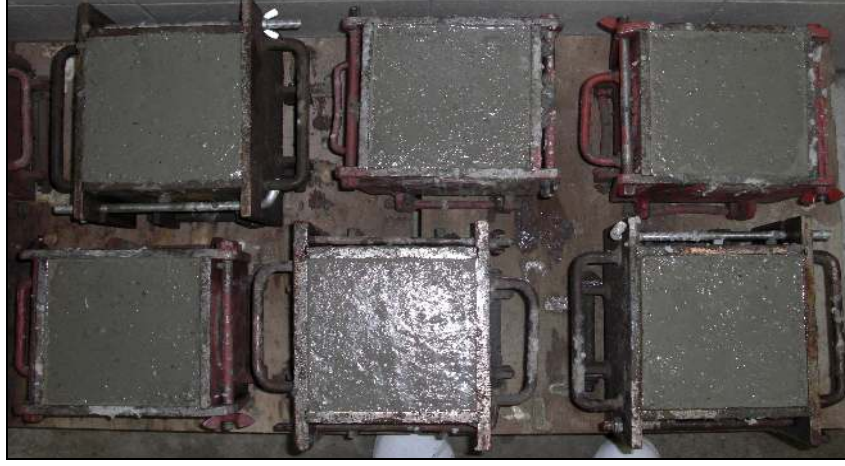
	Çimento kg/m ³	S/ç oranı %	İnce malzeme kg/m ³	Su/toz malzeme
YDKYB-1;(1-2-3)	410	40	600	0,27
YDKYB-2;(4-5-6)	450	36,5	600	0,27
YDKYB-3;(7-8-9)	410	40	650	0,25
YDKYB-4;(10-11-12)	450	36,5	650	0,25

Karışım malzemeleri beton karıştırıcı (resim 3.3) ile karıştırıldı, Glenium C300 süper akışkanlaştırıcı, çözünürlüğü yükseltmek için kısmen karışım suyu içerisine eklendi.



Resim 3.3 Beton karıştırıcı görünümü

Küp kalıplar herhangi bir sıkıştırma olmadan ve vibrasyonsuz bir tabaka halinde yerleştirildi. 24 saat kalıp içerisinde durduktan sonra çıkarıldı ve 14 ve 28 günlük deney süresine kadar kirece doymun su içerisinde laboratuvar sıcaklığında kür edildiler (Resim 3.4, 3.5 ve 3.6).



Resim 3.4 Numuneler karıştırmadan sonra kalıplar içerisine yerleştirildi



Resim 3.5 YDKYB numuneleri 24 saat sonra kalıptan çıkartıldı



Resim 3.6 Kr havuzu

Üretilen beton karışımları üzerinde taze beton özelliklerini belirlemek amacıyla YDKYB için S-yayılması, J-halkası; L-kutusu, L-20cm ve L-40cm süreleri; V-hunisi ile birim hacim ağırlık deneyleri yapıldı. Sertleşmiş beton özellikleri üzerinde de tekeksenli basınç deneyleri yapıldı.

3.3 Deney Yöntemleri

3.3.1 Taze Beton Deneyleri

Şimdiye kadar bütün özellikleri ölçebilecek tek bir deney metodu tasarlanmış değildir. KYB'nin taze beton özelliklerini belirlemek amacıyla çizelge 3.9'daki deneyler yapılmalıdır.

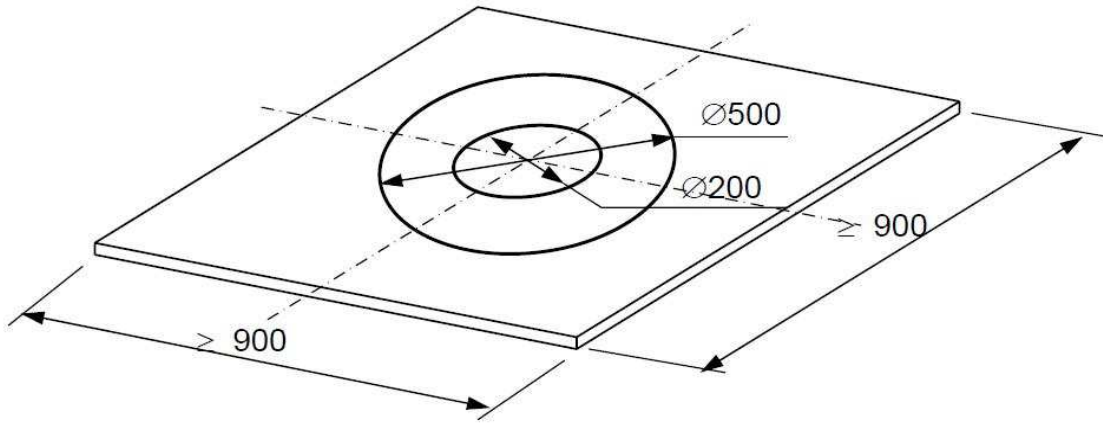
Çizelge 3.9 KYB işlenebilme için deney metotları listesi (Efnarce 2009)

	Metotlar	Özellikler
1	Slamp-yayılma konisi	Doldurma kabiliyeti
2	T ₅₀ cm slamp yayılması	Doldurma kabiliyeti
3	J-halkası	Geçiş kabiliyeti
4	V-hunisi	Doldurma kabiliyeti
5	L-kutusu	Geçiş kabiliyeti
6	U-kutusu	Geçiş kabiliyeti
7	Doldurma kutusu	Geçiş kabiliyeti
8	GTM	Segregasyon direnci
9	Orimet	Doldurma kabiliyeti

3.3.1.1 Slamp (Çökme) Yayılması

Slamp yayılması, engellerin yokluğunda KYB'nin yatay serbest yayılmasını sağlamak için kullanılır. Bu deney metodu çökme deney metodu esası üzerinedir. Beton dairesinin çapı betonun doldurma kabiliyeti için bir ölçüdür.

Her ne kadar alt plaka boyutu biraz hantal ve seviyelendirmesi esas olsada sahada kullanılabilir. En yaygın deney metodu ve doldurma kabiliyetinde iyi bir değerlendirme verir. Betonun donatılar arasından tıkanmadan geçme kabiliyeti göstermez, fakat belki biraz segregasyon direnci belirtisi verir. Herhangi bir sınır tarafından engellenmemiş tamamen serbest akış, beton inşaatında uygulamada ne olacağını temsil etmediği tartışılabilir, fakat deney hazır betonunun kaynağının bir sahaya yüklemeden yüklemeye sürekliliğini değerlendirmek için kullanılabilirliği kazançlı olabilir. Şekil 3.3 slump-yayılma tablası için ölçüleri verilen aparatı göstermektedir. Resim 3.7 slump-yayılma deneyi uygulamasını göstermektedir.



Şekil 3.3 Slamp-yayılma tablası için bir örnek



Resim 3.7 Slamp yayılması deneyi uygulanması

Daha yüksek slump yayılma değeri, kendi ağırlığı altına kalıbı doldurma yeteneği daha yüksektir. KYB için en az 650 mm değer istenir. Makul toleranslar hakkında özel bir değer ne olduğu üzerine genel bir kabul gören tavsiye yoktur, yayılma tablası deneyi ile ilişkili olduğu için ± 50 mm uygun olabilir.

3.3.1.2 J-Halkası (Japon Deneyi) Deney Metodu

J-halkası deneyinin kendisi Paisley Üniversitesinde geliştirildi. Deney betonun geçiş kabiliyetini tanımlamak için kullanıldı.

Ekipman (30 mm x 25 mm) dikdörtgen bir kısımdan meydana gelen açık çelik halka, donatı çubuklarının vidalı kısımlarını kabul etmek için dikey olarak delinmiştir. Çubukların bu kısımları farklı çaplarda ve farklı aralıklarda yerleştirilebilir: buda maksimum agrega boyutunun 3 katı uygun olabilir. Düşey çubukların halkasının çapı 300 mm ve yüksekliği 100 mm dir.



Resim 3.8 J-halkası deneyi

J-halkası slump yayılması, Orimet deneyi veya V-hunisi ile birlikte kullanılabilir. Bu deney kombinasyonları akış kabiliyeti ve betonun geçiş kabiliyetini tayin eder. Orimet süresi ve/veya slump yayılması KYB'nin akış karakterlerini tanımlamak için ölçülür. J-halkası çubukları betonun geçiş kabiliyetini yaklaşık olarak tanzim etmek için herhangi bir aralıkta yerleştirilebilir. Deneyden sonra içerideki betonun yükseklik farkı ve J-halkasının hemen dış kısmı ölçülür. Bu geçiş kabiliyetinin veya donatılar arasından betonun geçiş derecesinin göstergesidir (Efnarce 2005).

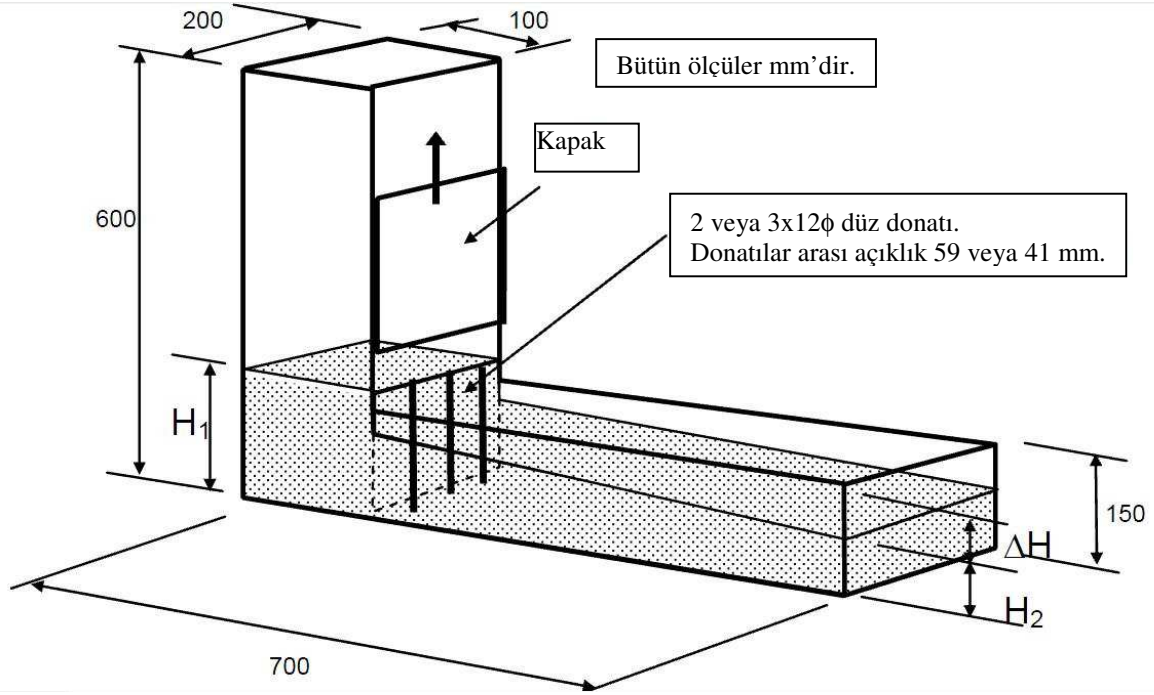
3.3.1.3 L-kutusu Deneyi

L-kutusu yaygın olarak kullanılan bir deney yöntemidir, laboratuvar ve sahada da uygulanabilir. KYB geçiş ve doldurma kabiliyeti özelliğini tanımlar ve ciddi seviyede bir segregasyon görsel olarak belirlenebilir.

Segregasyon beton kısımlarının yatay kısımlarında incelenerek ve görülerek de belirlenebilir. Malzemeler, boyutları veya donatı çubuklarının düzenlenmesinde bir anlaşma yoktur, bu yüzden deney sonuçlarını karşılaştırmak zordur.

Sonucu ve aygıtın duvarlarının neyi etkilediği üzerine bir kanıt yoktur. 'Duvar Etkisi' beton akışı üzerine etkisi olabilir fakat bu cihaz betona sık kalıp içerisinde saha uygulamasından ne olacağı konusunda bir miktar kanıt sunar. Eğer süreler ölçülecek ise iki operatör gerekir ve operatörün hatası kaçınılmazdır.

L-kutusu şekil 3.4'te gösterildiği gibi genel düzenleme ve boyutlara (± 1 mm toleranslı) sahiptir. L-kutusu yüzeyleri düz olan sert bir yapıda olmalıdır, düzlemsel ve paslanmaya maruz veya çimento hamuru tarafından isteyerek engellenmemelidir. Dikey doldurma hunisi kolay temizleme için kaldırılabilir olabilir. Kapak kapandığından dikey doldurma hunisi üst yüzeyine kadar doldurulduğunda yaklaşık 12,6 litre-12,8 litre olmalıdır.



Şekil 3.4 L-kutusunun genel düzenlenmesi (Efnarce 2005)

Donatı çubuklarını tutucularını takma, iki çubuklu deney için 59 mm boşluk ile 12 mm çaplı iki düz çubuk olmalı ve üç çubuklu deney için 41 mm boşluk ile 12 mm çaplı üç çubuk olmalıdır. Bu tutucular değiştirilebilir ve kutunun genişliği boyunca eşit uzaklıkta dikey durmaları için L-kutusu içerisine yerleştirilebilir olmalıdır (Efnarce 2005). Resim 3.9 üç çubuklu L-kutusu deneyi uygulama sonrası görünümü.



Resim 3.9 Üç çubuklu L-kutusu deney aparatı

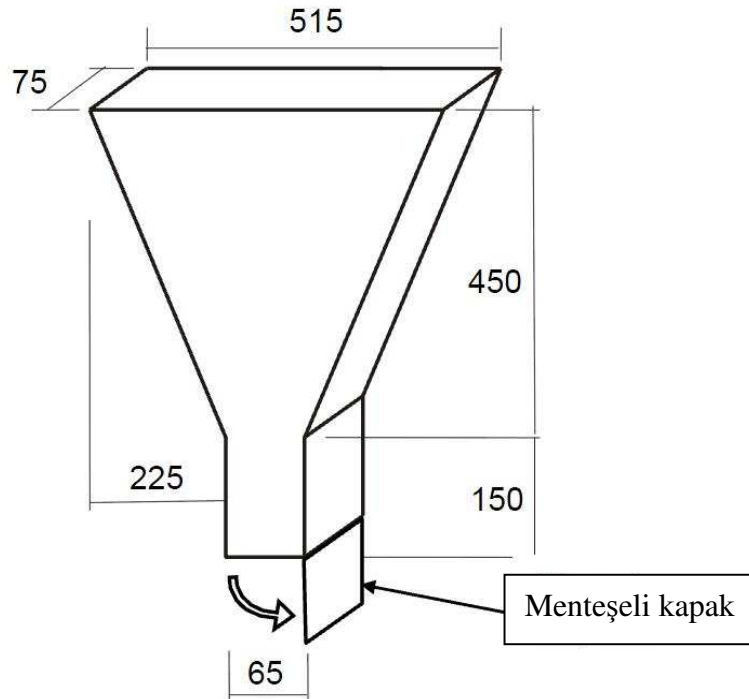
Taze betonun ayarlanmış hacmi boşluklar arasından yatay olarak akmasına izin verilir, düz çubukların seviyesi ve ötesindeki betonun yüksekliği ölçülür (Newmann and Choo 2003). Geçiş kabiliyeti (GK) aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$GK = H2/H1 \quad (3.1)$$

3.3.1.4 V-hunisi Deney Metodu

V-hunisi deney metodu KYB'nin doldurma kabiliyeti ve viskozitesini belirlemek için kullanılır. V şeklinde bir huni taze beton ile doldurulur ve betonun huniden tamamen akması için geçen süre ölçülür, bu V-hunisi akma süresi olarak kaydedilir.

Şekil 3.5'te boyut toleransı ± 1 mm ile yapılmış V-hunisi, çabuk açma ile donatılmış, altında sızdırmak kapak ve V-hunisinin üst yüzeyi yatay olsun diye desteklenmiştir. V-hunisi metalden yapılmalıdır; yüzeyi düz olmalıdır ve paslanmaya maruz veya çimento hamuru tarafından kolayca zarar verilmemiş olmalı.



Şekil 3.5 V-hunisi deney aparatı boyutları

TS EN 12350-1'e uygun olarak, en az 12 litre beton numunesi ile elde edilmelidir.

Taban geçiti ve huni temizlenir geçit dâhil bütün iç yüzey nemlendirilir. Kapak kapatılır ve beton numunesi huninin içerisine herhangi sallama olmadan ve sıkıştırmadan boşaltılır. Ardından beton huninin üsttü ile aynı seviyede olması için cetvel tahtasıyla üzeri kesilip atılır. Huninin altına, geçirilecek beton yitirilmemesi amacıyla bir kap yerleştirilir. Huninin doldurulmasından sonra (10 ± 2) saniye bir beklemenin ardından alt kapak açılır ve ilk açılmasından ilk olarak huninin içerisinden alttaki kabı düşey olarak görölene kadar geçen süre T_v (V-hunisi akış süresi) ölçölür (Efnarce 2005).



Resim 3.10 V-hunisi deney aparatı

3.3.2 Sertleşmiş Beton Deney Metotları

Üretilen numunelerin birim ağırlık değerleri herbir numunenin ağırlığının toplam hacme bölünmesiyle hesaplandı.

$$\Delta = \frac{W}{V} \quad (3.2)$$

Δ =Birim hacim ağırlık (kg/m^3),

W =Kalıptan çıkartılan numunenin ağırlığı (kg),

V =Numunenin hacmi (m^3).

TS EN 12390:2003'e uygun olarak 15x15x15 cm³ ebatlarında üretilen küp numuneler üzerinde birim hacim ağırlıklar belirlendikten sonra tekeksenli basınç deneyi yapılarak dayanımlar hesaplandı (resim 3.11).



Resim 3.11 Basınç dayanımı için kullanılan deney numuneleri

Standartta belirtildiği gibi basınç deneyinde numuneler 0,2 Mpa (N/mm².s) – 1,0 Mpa (N/mm².s) yükleme hızları arasında üniform olarak artan basınç gerilmesi ile yüzde ± 10 kalibrasyon ile kırılana kadar yüklenmelidir (TS EN 12390-3:2003). Bu çalışmada numuneler 0,5 $\pm$ 0,05 (N/mm².s) yükleme hızında kırıldı.

Betonun basınç dayanımı “standart deney yöntemi” ilgili Türk ve ASTM standartları; TS EN 12390-3, ASTM C 31 ve ASTM C 39 [182, 184, 185]’na göre belirlenmektedir.

Deneylerde ELE şirketi tarafından üretilen ADR-Auto 2000 basınç deney cihazı kullanıldı (resim 3.12).



Resim 3.12 Basınç dayanımı deney cihazı

Basınç dayanımları kırılma yükünün kesit alanına bölünmesiyle elde edildi.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.3)$$

Burada;

σ = Maksimum basınç gerilmesi (N/mm²)

P=Numunenin kırılmasına yol açan maksimum yük miktarı (N)

A=Numunenin kesit alanı (mm²)'dır.

4.BULGULAR

4.1 Taze Beton Özellikleri ile İlgili Sonuçlar

YDKYB'nin taze beton özellikleri; V-hunisi akış süresi (Tv), S-yayılması, J-halkası, L-kutusu deneyi, L-kutusu L-20cm ve L-40cm süreleri ve taze beton birim hacim ağırlıkları üzerinde yapılan deneylere göre belirlenerek sonuçlar çizelge 4.1'de verilmektedir.

Çizelge 4.1 Taze beton deney sonuçları

Ölçülen	Deney	Birim	YDKYB-1			YDKYB-2			Sınır Değerler	
			1	2	3	4	5	6	Alt	Üst
Doldurma Y.	Slamp yayılması	mm	775	795	750	740	750	679	500	850
	V-Hunisi	sn	33	26	35	25	29	19	≤8	>9-25
Geçebilme Y.	L-Kutusu		0,7	0,79	0,89	0,88	0,89	0,83	0,8	1,0
	L20 cm	sn	4	4	2,5	3	4	5	-	-
	L40 cm	sn	9	8,5	5	6,5	9	10	-	-
	J-halkası	mm	780	785	720	710	750	677		
Birim Hacim Ağırlık		Kg/m ³	2407	2401	2417	2405	2378	2370	-	-
Su/bağlayıcı oranı			0,4	0,38	0,37	0,36	0,35	0,33	-	-
Su/ince malzeme oranı			0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	-	-
Glenium C300 oranı %ç.			1,57	1,83	2,45	1,37	1,83	2,16	-	2

Çizelge 4.1 (Devam) Taze beton deney sonuçları

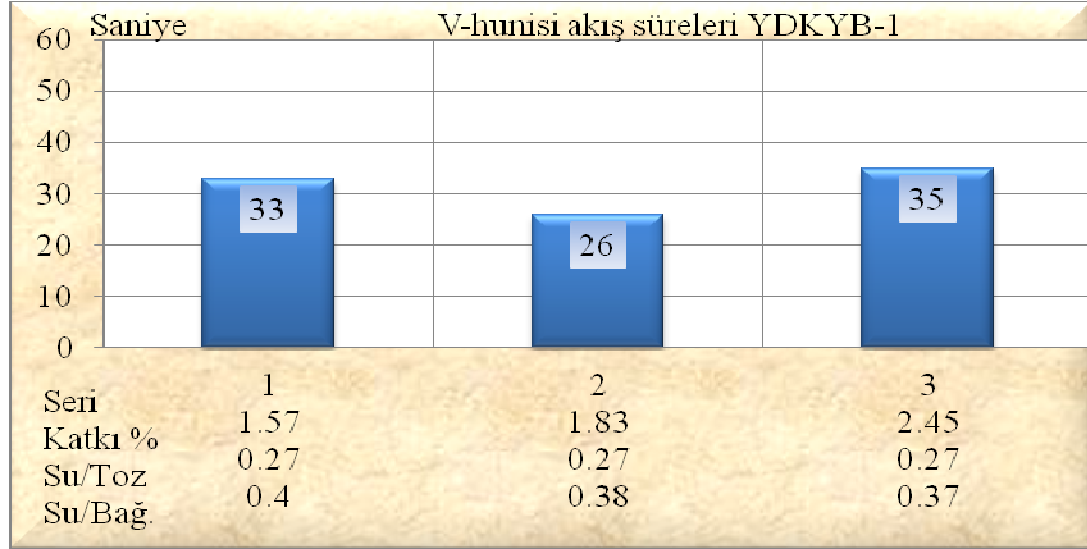
Ölçülen	Deney	Birim	YDKYB-3			YDKYB-4			Sınır Değerler	
			7	8	9	10	11	12	Alt	Üst
Doldurma Y.	Slamp yayılması	mm	735	730	710	765	740	720	500	850
	V-Hunisi	sn	28	28	45	39	55	29	≤8	>9-25
Geçebilme Y.	L-Kutusu		0,94	0,88	0,84	0,88	0,88	0,84	0,8	1,0
	T20 cm	sn	5	6	7	5	3,5	4,0	-	-
	T40 cm	sn	12	12	16	10	7	8	-	-
	J-halkası	mm	685	710	682	735	650	730		
Birim Hacim Ağırlık		Kg/m ³	2384	2384	2365	2392	2383	2374	-	-
su/bağlayıcı oranı			0,4	0,38	0,37	0,36	0,35	0,33	-	-
su/ince malzeme oranı			0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	-	-
Glenium C300 oranı %ç.			2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,69	-	2

Taze beton özelliklerini belirleyen V-hunisi deney yöntemi daha çok beton akıcılığı hakkında bilgiler sunmaktadır. YDKYB için V-hunisi akış süresi herhangi bir vibrasyon uygulaması gerektirmemesi ve tam bir kendiliğinden yerleşebilme için 26 saniyeden az olmalıdır (Efnarce 2002).

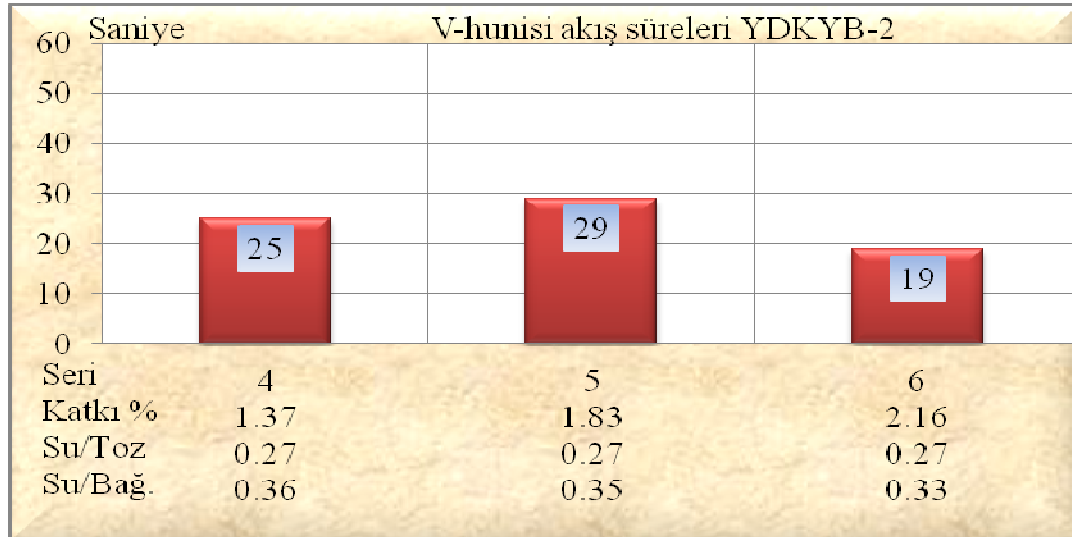
Kullanılan deney yöntemleri içerisinde malzeme miktar ve oranlarına en hassas olan deney yöntemi V-hunisidir. V-hunisi diğer deney yöntemlerinin tamamlayıcısı olarak düşünülebilir. V-hunisi betonun geçiş kabiliyeti özelliklerini ölçmektedir ve ufak kusurları kolaylıkla gösterebilir nitelikte bir deney metodudur. Bu özelliklerden birisi ise tıkanmadır.

Bu çalışmadaki serilere ait V-hunisi akış süresi kalıba yerleştirme sırasında herhangi iç veya dış bir vibrasyon uygulanmamasına rağmen 4 ve 6'ncı seri beton numunesi hariç ortalama 25 saniyenin üzerinde çıkmıştır. Bu durum, numunelerin kalıba

yerleştirilmesinde herhangi bir zorluk görülmemesine karşılık sık donatının olduğu durumlarda vibrasyonsuz olarak kalıplar içerisine kolayca yerleşmesinin mümkün olmadığına bağlanabilir. 12 farklı seri olarak üretilen betonlar 4 ana sınıf olarak sınıflandı ve elde edilen deney sonuçlarından mineral ve kimyasal katkılarında etkisini açıklamak için çizelge 4.1 ile 4.4'te gösterilmiştir.

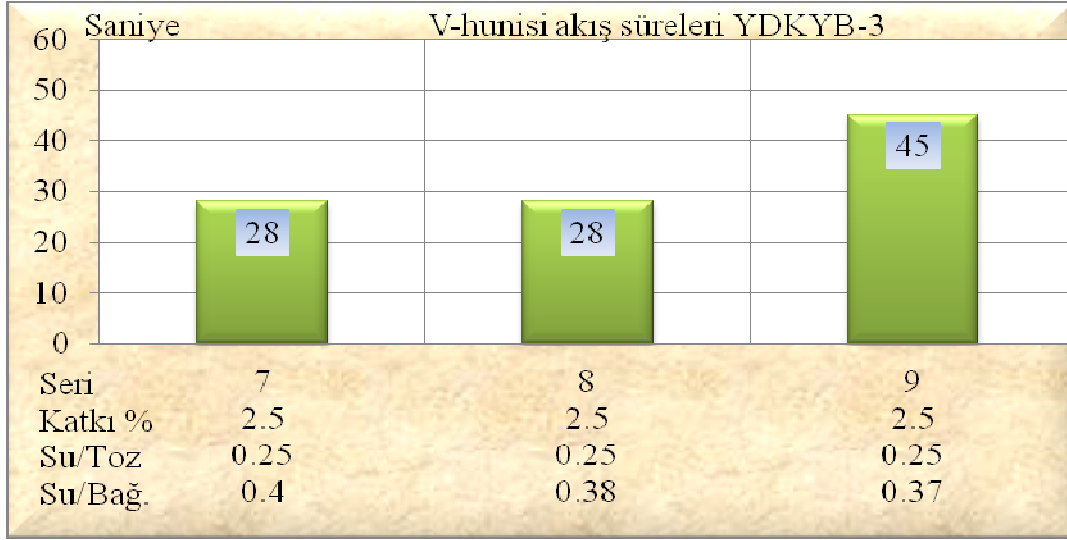


Şekil 4.1 YDKYB-1 için V-hunisi sonuçları



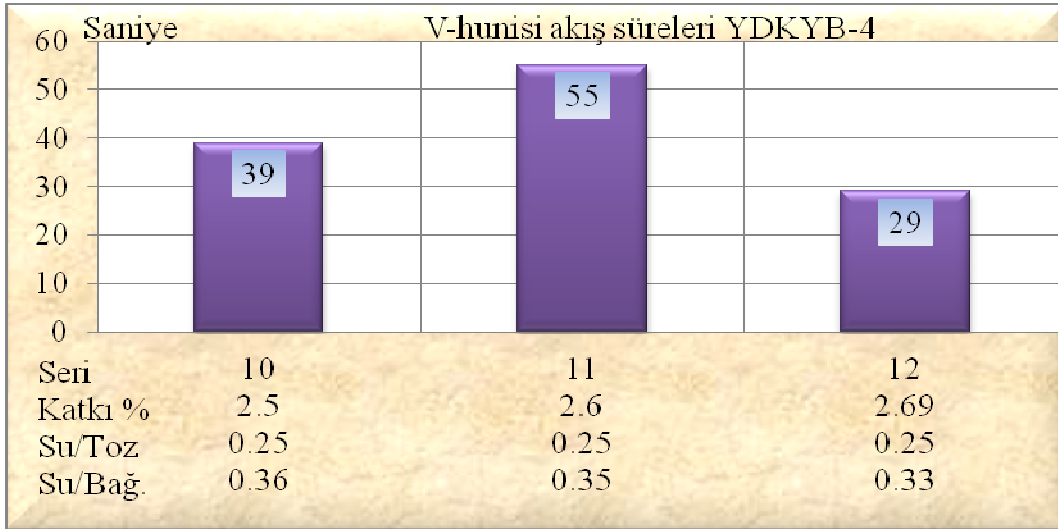
Şekil 4.2 YDKYB-2 için V-hunisi sonuçları

Su/toz malzeme oranı 0,27 olan beton serilerinde su/bağlayıcı oranı düşmesine rağmen istenen akıcılığa yaklaşılmıştır.



Şekil 4.3 YDKYB-3 için V-hunisi sonuçları

YDKYB-1 ve 3'te 20 kg/m^3 silis dumanı kullanımı taze beton V-hunisi akış sürelerine katkı sağlamıştır. Ancak aynı sınıf betonlarda 41 kg/m^3 silis dumanı kullanımı akış süreleri artırarak V-hunisi akış zamanına olumsuz etkilemiştir.



Şekil 4.4 YDKYB-4 için V-hunisi sonuçları

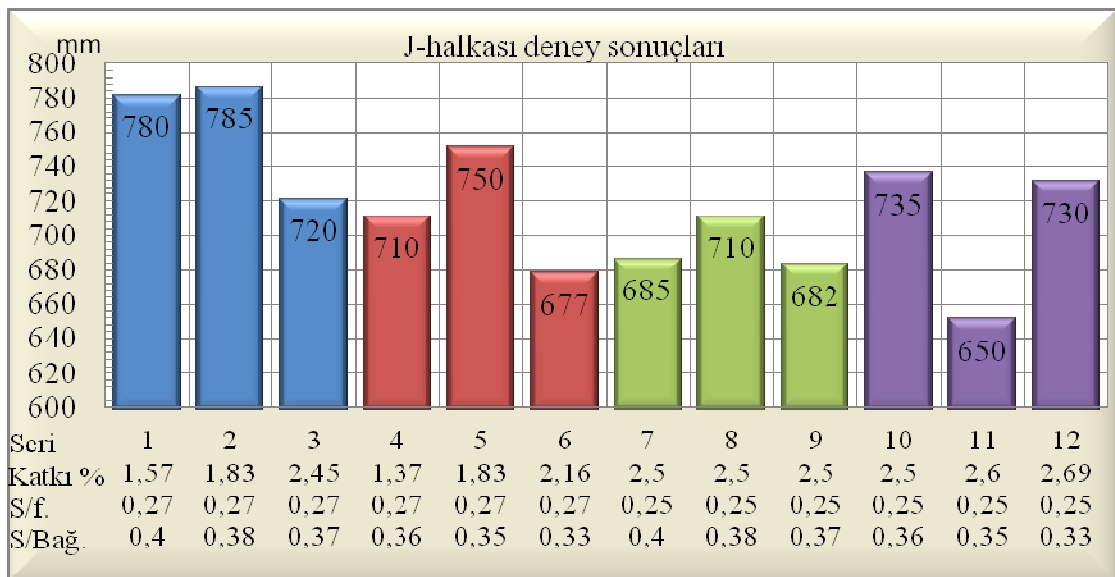
YDKYB-2 ve 4'te 22 kg/m^3 silis dumanı kullanımı taze beton V-hunisi akış sürelerine katkı sağlamamıştır. Ancak aynı sınıf betonlarda 45 kg/m^3 silis dumanı kullanımı akış süreleri azaltarak V-hunisi akış zamanına olumlu etkilemiştir.

Su/toz malzeme oranı 0,25 olan beton serilerinde s/b oranı düşerken Glenium oranı artırılmasına rağmen V-hunisi sonuçları daha yüksek çıkmıştır. Su/toz oranı 0,27'den 0,25'e düşürülen serilerde s/b oranından daha fazla katkı gereksinimi doğurmuştur.

YDKYB'de kullanılan su/toz parametresi ufak miktarlardaki malzeme farklılıkları V-huni akış zamanı "Tv" için anlamlı hale gelmiştir. Su/toz oranı artığında Tv hızı düşmektedir, yani bir noktadan sonra su oranı artırılması YDKYB'de yerleşme hızına olumlu bir katkı sağlayabilir. Sonuç olarak V-hunisi, su/toz malzeme oranının azalmasına akış süresinin artmasıyla karşılık vermiştir.

KYB'lerde agrega gradasyonu yanında kullanılan bütün malzemelerin gradasyonu önemli olmaktadır. Normal betonlarda çimentonun agregalar arasındaki boşluklarda iskelet yapı oluşturması gibi KYB'de çimentoyu daha ince olan toz malzemeler ile desteklemek gerekmektedir. Bu durum KYB akıcılığını daha stabil hale getirecektir. Beton akıcılığında su, toz malzemelerin miktarları değil, oranı daha önemlidir.

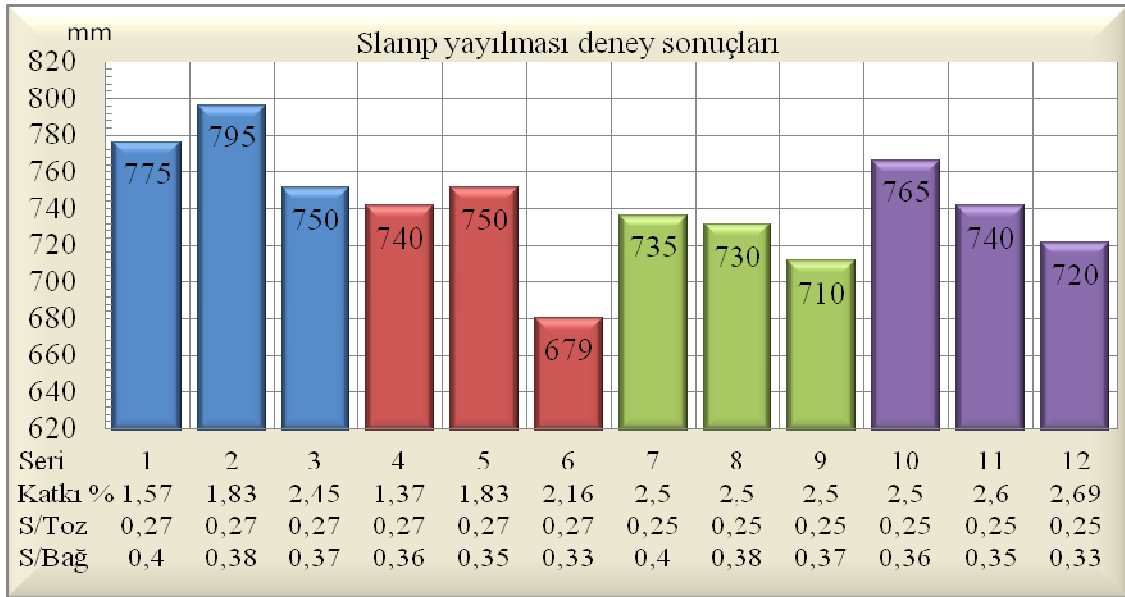
Diğer bir beton test metodu J-halkası (Japon halkası)'dır. J-halkası deney sonuçları betonun segregasyon direncini tanımlayabilir. J-halkası deneyine tabi tutulan hiçbir beton numunesinde tıkanma ve/veya segregasyon gözlenmemiştir. Ancak toz malzeme oranı azaltılan YDKYB-3 ve 4 beton numunelerinde yayılma hızlarında da azalmalar gözlemlenmiştir (şekil 4.5).



Şekil 4.5 J-halkası deney sonuçları

KYB için temel deney olarak sayılabilecek slamp yayılmasında özellikle saha kullanımları ve KYB'nin yaygınlaşmasında etkili bir deney metodudur. Slamp yayılmasının şimdiye kadar, KYB değerini koyabilmek ve kıyaslamak için en uygun deney yöntemidir.

Slamp yayılması kendiliğinden yerleşebilme özelliklerinin değerlendirilmesi için tek başına yeterli olmadığı halde alternatif olarak görülmektedir. Bununla birlikte, V-hunisi akış süresi segregasyon direncini de gösteren deneyi sağlaması için 26 saniyenin altında olmalıdır. Bu durum karışım oranlarının doğru bir şekilde seçilmesine bağlıdır. Bu yeni nesil süper akışkanlaştırıcı hakkında bilgi için en kullanışlı karışımı elde etmek için karışım boyunca düzenlendi. Bu tez çalışmasında slamp yayılması SF2>660 mm değerini elde etmek için karışım süresince ölçülerek Glenium C300 miktarı ile dengelendi (şekil 4.6).

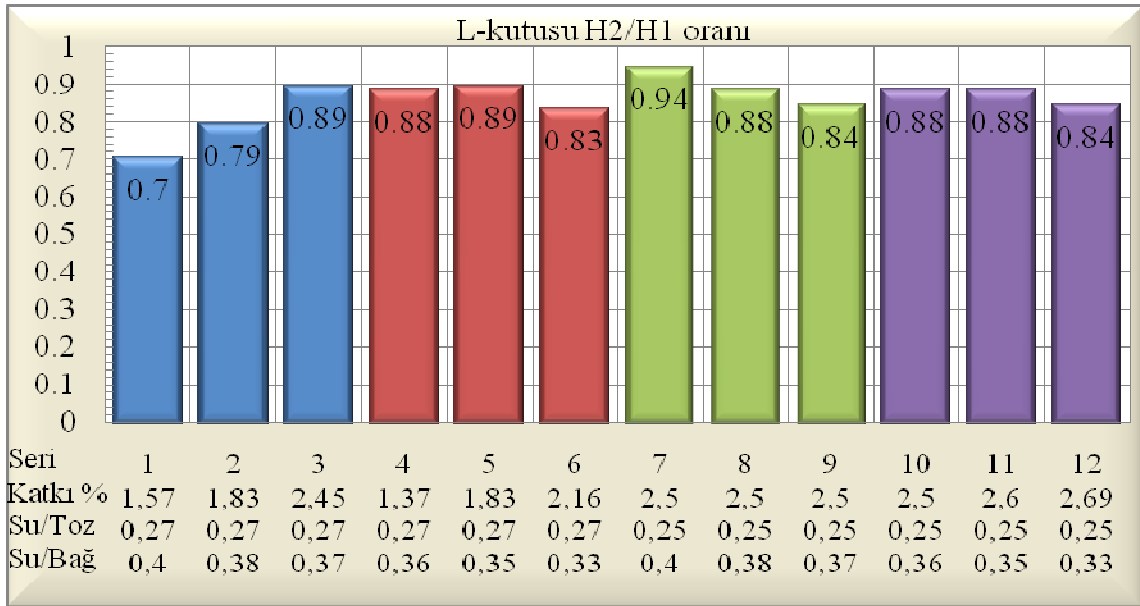


Şekil 4.6 Slamp yayılması değerleri

Zorlukların üstesinden gelmek ve ideal bir YDKYB oluşturmak için Efnarce'da belirtildiği gibi yayılma sürelerini en fazla 9 saniye ile sınırlandırmak uygulamada daha çok kolaylıklar sağlayacaktır. Bunun yanında slamp yayılması ile diğer KYB deneyleri arasındaki tutarlılığı güçlendirecektir.

Karışım süresince YDKYB’lerde SF2>660 mm akış ölçüsü referans alındı. YDKYB’ler için karışım süresince SF2>660 mm yerine SF3>760 mm sınıfının üzerinde yayılma elde etmeye çalışmak V-hunisi 25 saniye sınırını kolay bir şekilde elde etme imkânı sağlayacaktır.

Diğer bir deney yöntemi ise L-kutusudur. L-kutusu deney yöntemi segregasyon belirlemede kullanılabilir. H2/H1 oranı daha çok betonun ve çimento hamurunun viskozitesini ölçmektedir (şekil 4.7). L-kutusu deney sonuçlarından görüleceği gibi 650 kg/m³ toz malzeme içeren karışımlar YDKYB-3 ve 4 sınıfının tamamı bu deney metodundan beklenen sonucu göstermiştir. L-kutusu deney sonuçları toz malzeme miktarına hassas olduğu görülmektedir. Daha fazla toz malzeme KYB’lerde agregayı segregasyonsuz taşıyacak enerjiyi sağlayacağı için önemlidir. Yapılan deneylerin hiçbirinde agrega toplanması ve/veya segregasyon oluşmamıştır. Su/toz 0,25 değerinde L-kutusu deneyinin beklenen sonucu göstermesi çimento harcı içerisinde oluşan içsel enerjiden kaynaklanmaktadır.



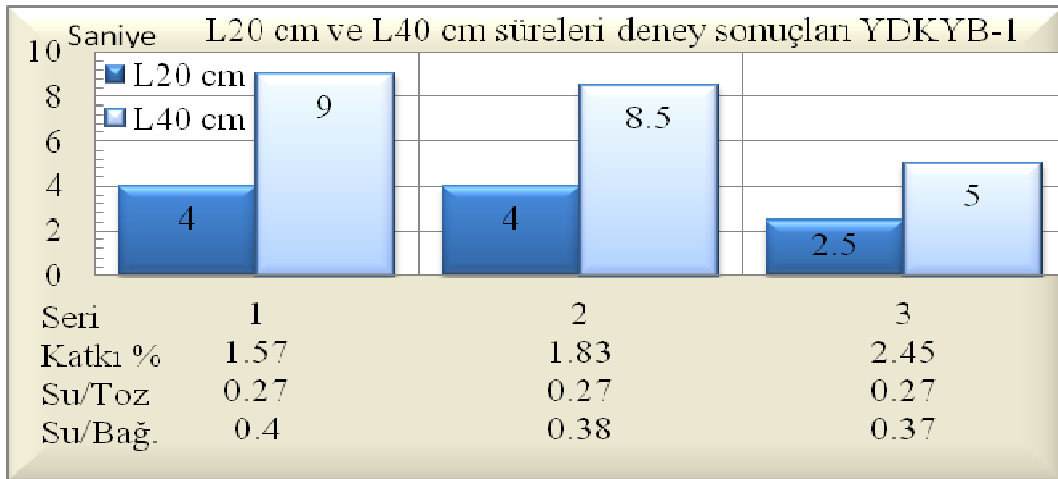
Şekil 4.7 L-kutusu H2/H1 oranı

L-kutusu deney sonuçları YDKYB’nin su/bağlayıcı oranına duyarlı olduğunu da göstermektedir. Bu durum, açık olarak 7, 8 ve 9 nolu serilerde gözlemlenmektedir. Bu serilerde kullanılan tek farklı parametre s/b’dir. S/B oranı 0,4’ten 0,37’ye düşerken H2/H1 oranı 0,94’ten 0,84’e düşmüştür.

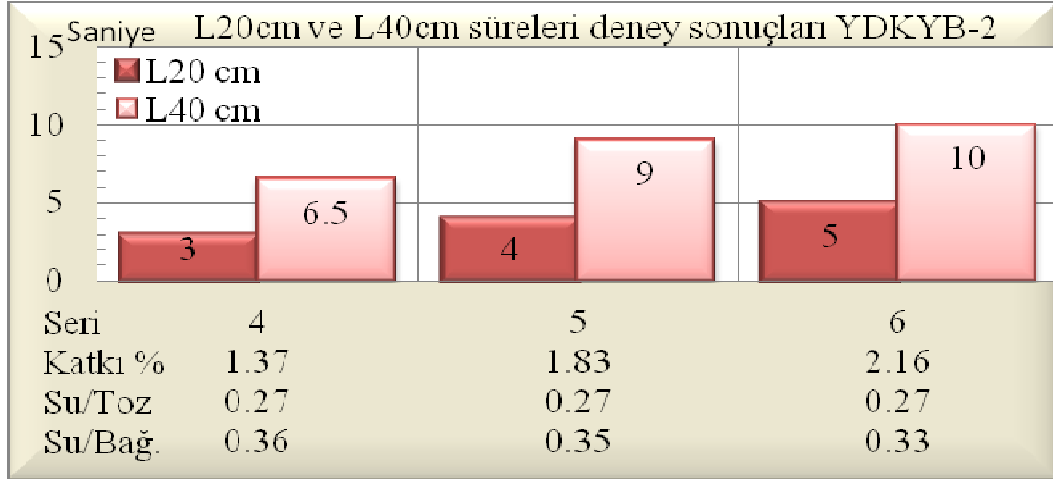
Agregaları engeller boyunca taşıyacak olan enerji çimento hamuru içerisinde oluşmakta ve bu enerjinin artırılması betonun segregasyon direncini artırmaktadır. Artan segregasyon direnci betona geçiş kabiliyeti kazandıracaktır.

Bu durum geçiş kabiliyetini sağlayan içsel enerjinin çimento harcı içerisinde tıkanmaya meğilli olan agregalara aktarılmasına yardımcı olmasıdır. Eğer sadece agrega miktarı artırılırsa agregalara destek görevi ve doldurma kabiliyetini sağlayan içsel kuvvetlerin varlığını yok edilebilir. Sonuç olarak, toz malzeme işlenebilmeyi etkilemekle birlikte doldurma yeteneği ve segregasyon direncini desteklemektedir.

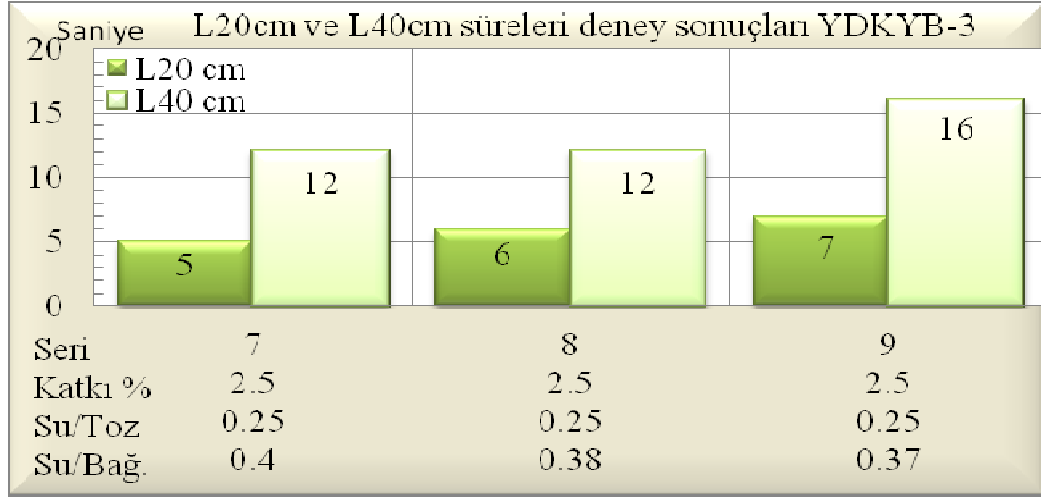
Dört sınıf betona ait L-kutusu akış süreleri şekil 4.8 – 4.11’de gösterilmektedir. Şekil 4.11’de gösterilen YDKYB-3 sınıfında kullanılan etken parametre silis dumanıdır. Ve 20 kg/m^3 ve 41 kg/m^3 silis dumanı kullanılan 8 ve 9’uncu serilerde akış süreleri sırasıyla % 37,5 ve % 44 oranında artış göstermiştir.



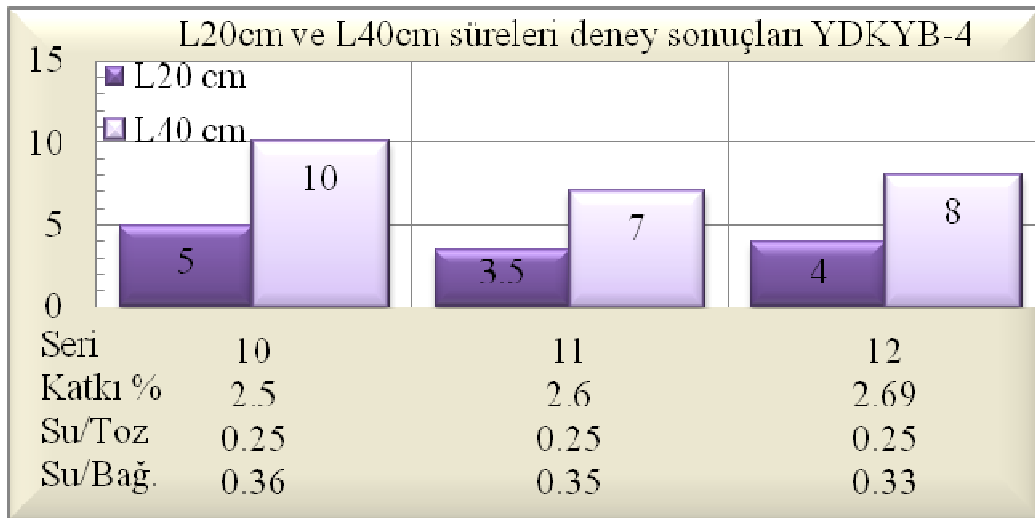
Şekil 4.8 L-kutusu L20 cm ve L40 cm değerleri YDKYB-1



Şekil 4.9 L-kutusu L20 cm ve L40 cm değerleri YDKYB-2

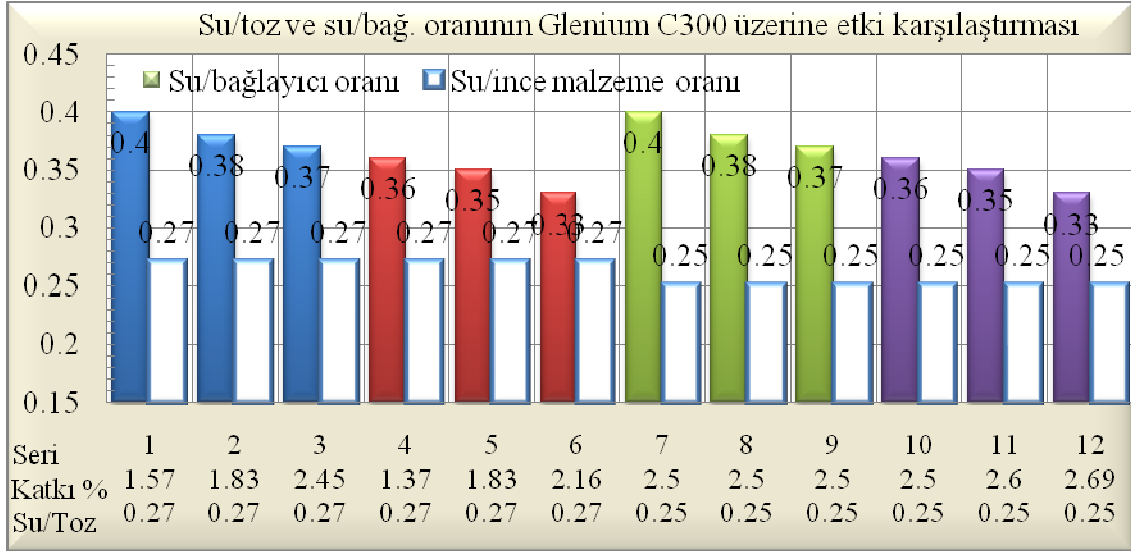


Şekil 4.10 L-kutusu L20 cm ve L40 cm değerleri YDKYB-3



Şekil 4.11 L-kutusu L20 cm ve L40 cm değerleri YDKYB-4

Su/toz malzeme oranı azaltılan beton serilerinde ise çimento harcının içsel enerjisi artışı için beton geçiş kabiliyeti artarak L-kutusu sürelerini olumlu katkı sağlayarak azaltmıştır. Toz içeriği olarak kullanılan kireç taşı tozu betonun geçiş kabiliyetini artırırken süper akışkanlaştırıcı ihtiyacını artırmıştır (şekil 4.12).

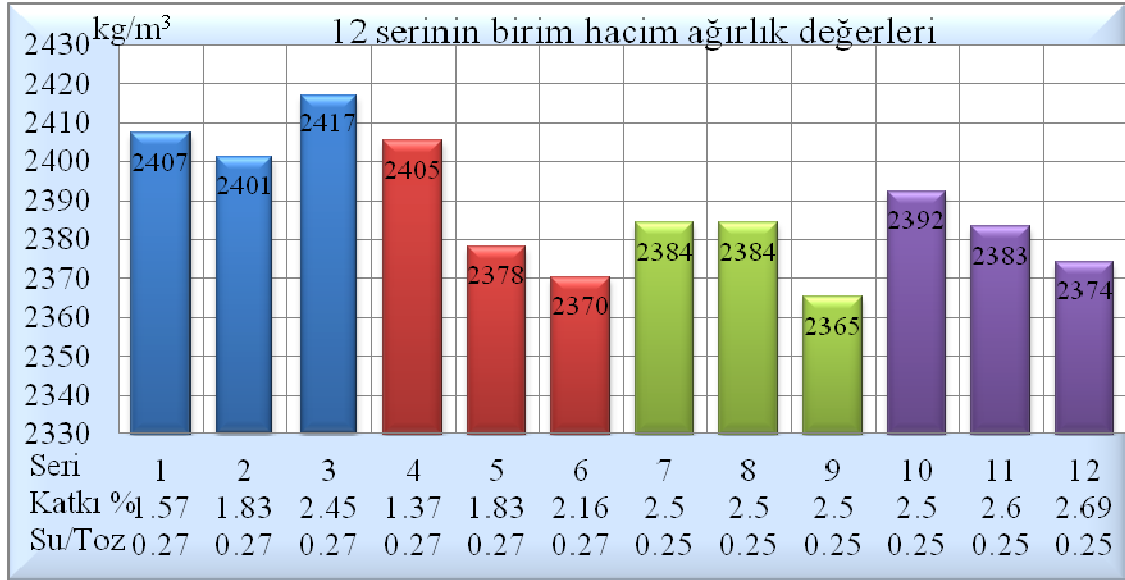


Şekil 4.12 Su/toz oranı ile su/bağlayıcı oranının Glenium C300 üzerine etkisi

Su/toz oranı 0,27 olan ilk altı seri beton karışımında Glenium C300 süper akışkanlaştırıcı miktarları yaklaşık olarak % 1,5 ila % 2 değerleri arasında elde edildi. Ortalama değeri ise 1,86'dır. Beton karışım değerleri aynı tutulmasına rağmen su/toz oranı 0,25'e düşürüldüğünde Glenium C300 süper akışkanlaştırıcı miktarları yaklaşık % 2,5 değerlerinde ve ortalama olarak % 2,54'tür. Bunun sebebi KYB'lerin en hassas olduğu değer su/toz malzeme olmasıdır. Okamura ve diğer birçok araştırmacıların bulunduğu ortak kanı KYB betonlarının su/toz malzeme oranının 0,27'de tutulmasıdır.

YDKYB ürünlerinin birim hacim ağırlıkları şekil 4.13'te olduğu gibi bulundu.

Şekil 4.13'teki deney sonuçları göz önüne alındığında KYB'nin bir YPB olarak birim hacim ağırlığına erişemediği ve ortalama olarak normal beton üst sınırlarında kaldığı görülmektedir. Agrega tane boyutunun küçük olması YDKYB için bunun sebeplerinden birisi olduğu düşünüldü.



Şekil 4.13 Taze beton serileri birim hacim ağırlık değerleri

Silis dumanı içeren numunelerde içermeyenlere göre bir miktar daha az birim hacim ağırlığa sahiptir. Bu durum sadece en yüksek dayanımın elde edildiği YDKYB-1'in 3'üncü seri betonunda oluşmamıştır.

Deney sonuçlarından YDKYB'nin birim hacim ağırlıklarının normal beton seviyelerinde olduğu görülmektedir. Bunun sebepleri olarak ise aşağıdaki durumlar dikkatlice incelenmelidir;

- Betonu oluşturan agregada gradasyonu iyi olmaması,
- Maksimum agregada tane boyutunun küçük olması,
- Taze betona sıkıştırma işleminin yeterince yapılmamış olması,
- Beton içerisinde sürüklenen hava miktarının çok olması,

Beton içerisinde taze betonun birim hacim ağırlığının düşük olmasının başlıca nedenleri olarak sayılabilir.

Kullanılan agregada gradasyonu A16 ve C16 standart eğrileri arasındadır. Ancak, A16 standart eğrisine daha yakın agregada temin edilebilirliği varsa, tercih edilmesi YDKYB akıcılığı, işlenebilirliği ve birim hacim ağırlıkları artırabilir.

4.2 Sertleşmiş Beton Sonuçları

Sertleşmiş YDKYB; yoğun, homojen ve aynı mühendislik özelliklerine ve normal beton ile aynı dayanıklılığa sahiptir. Projede öngörülen beton basınç dayanımı karakteristik beton basınç dayanımı olduğuna göre, standart sapmanın bilindiği durumlarda, ortalama basınç dayanımı (f_{ck}) şu şekilde hesaplanmaktadır. Çizelge 4.2 basınç dayanımı ve sınıflarını göstermektedir.

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,28 \times \text{standart sapma} \quad (4.1)$$

Burada;

f_{cm} = Ortalama basınç dayanımı

f_{ck} = Karakteristik basınç dayanımı

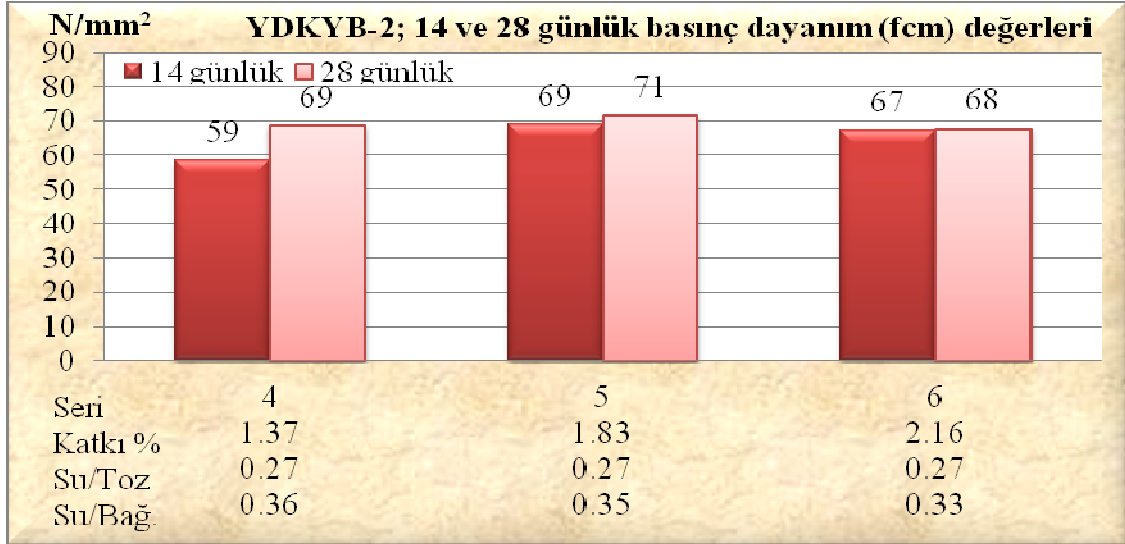
Çizelge 4.2 Seri 1 ila 12 için 14 ve 28 günlük basınç dayanım sonuçları

Sınıf	Seri	14 günlük dayanımları	28 günlük basınç dayanımları		Beton Sınıfı
		f_{cm} (N/mm ²) Basınç dayanımı	f_{cm} (N/mm ²) Basınç dayanımı	F_{ck} * küp (N/mm ²)	
<u>YDKYB-1</u>	1	59,5	65,2	61,2	C50/60
	2	58,1	69,2	64,7	C50/60
	3	<u>60,6</u>	<u>76,3</u>	<u>72,0</u>	<u>C55/67</u>
<u>YDKYB-2</u>	4	58,6	68,6	63,9	C50/60
	5	<u>69,17</u>	<u>71,5</u>	<u>68,1</u>	<u>C55/67</u>
	6	67,3	67,8	62,1	C50/60
YDKYB-3	7	54,6	60,7	56,1	C45/55
	8	68,71	69,7	65,1	C50/60
	9	59,1	63,5	58,1	C45/55
YDKYB-4	10	64,5	67,5	61,6	C50/60
	11	63,8	65,4	49,1	C40/50
	12	65,5	66,2	50,5	C40/50

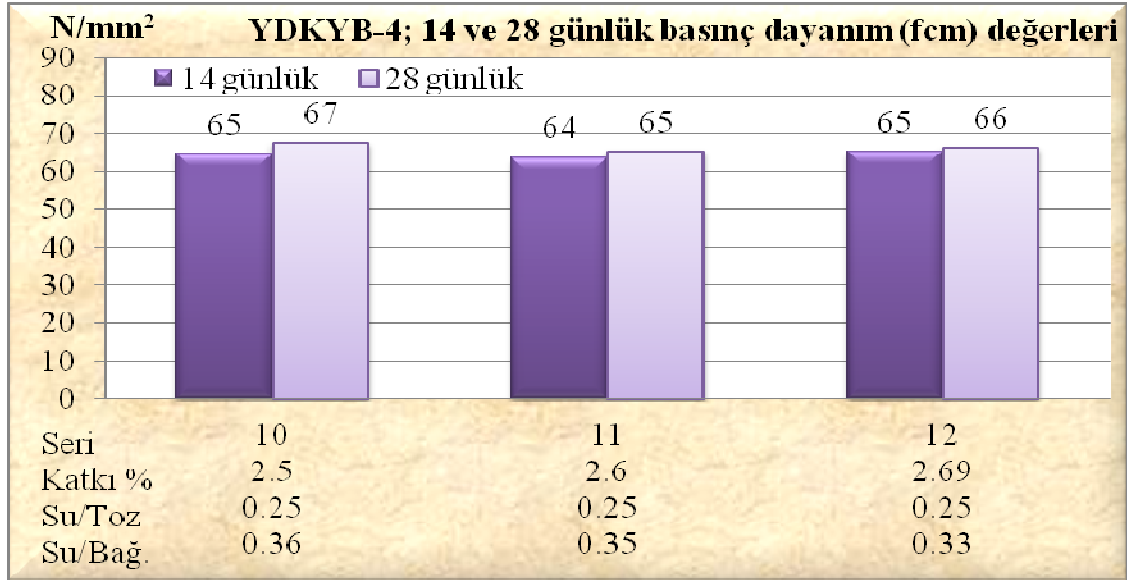
*(F_{ck} : Karakteristik basınç dayanımı)

İlk üç karışım için aynı s/ç oranı; çimento dozajı ve sırasıyla 0, 20 ve 41 kg/m³ silis dumanı kullanıldı. En iyi sertleşmiş beton basınç dayanımı olarak 76,3 N/mm² (Mpa) olarak silis dumanı içeren 3'üncü seri betondan elde edildi. 3'üncü seri beton % 40 s/ç oranı, 41 kg/m³ silis dumanı ve 410 kg/m³ çimento içeriğiyle elde edildiği görülmüştür.

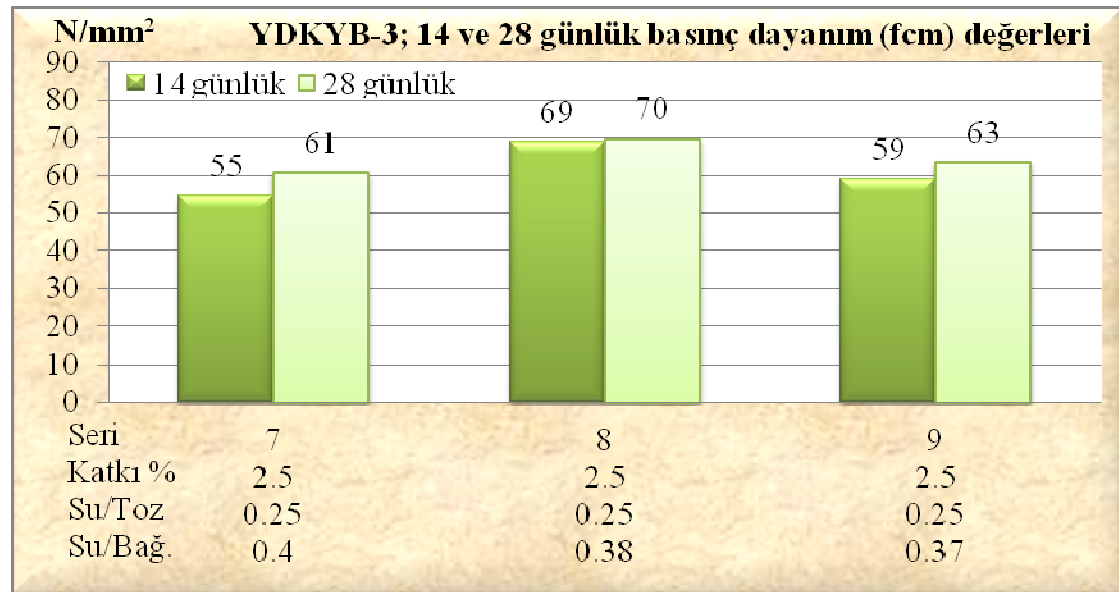
Şekil 4,14 - 4.18'de her bir karışım için basınç dayanımını ve silis dumanı, çimento oranı ve s/ç oranını kapsayarak beton basınç dayanımı özelliklerini göstermektedir. Şekillerden görüldüğü gibi daha yüksek beton basınç dayanımları YDKYB karışımlarında 3'üncü seride ve 22 kg/m³ silis dumanı içeren 5'inci seride meydana gelmiştir. Bu durum silis dumanının belirli dozajda belirli miktarda etki yapması sertleşmiş beton ve taze beton özelliklerini de etkilemiştir.



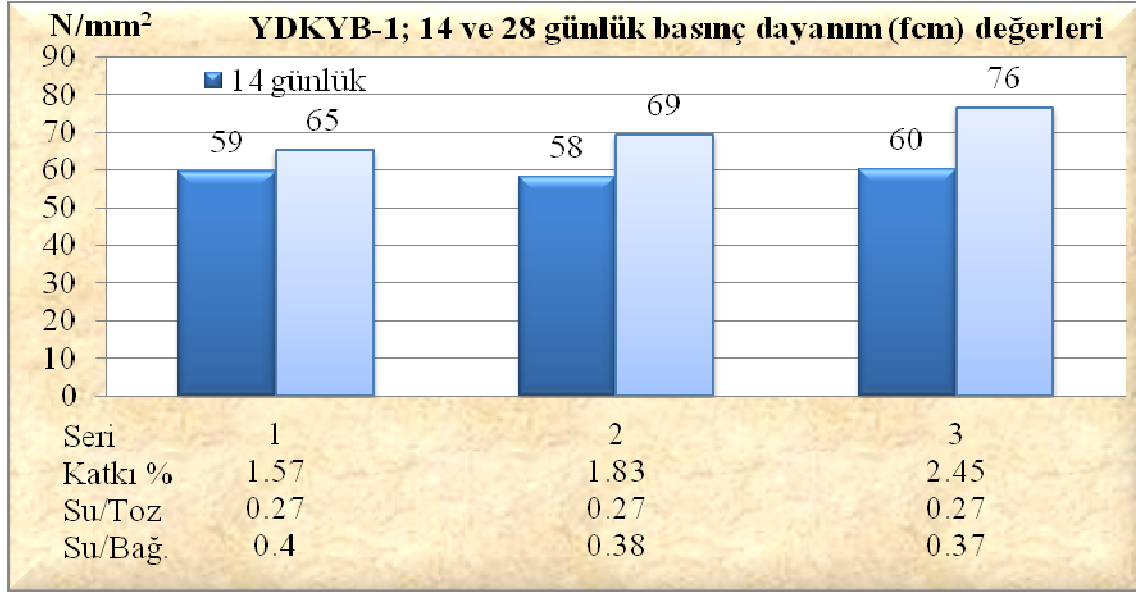
Şekil 4.14 YDKYB-2 serileri için basınç dayanımı sonuçları



Şekil 4.15 YDKYB-4 serileri için basınç dayanımı sonuçları



Şekil 4.16 YDKYB-3 serileri için basınç dayanımı sonuçları



Şekil 4.17 YDKYB-1 serileri için basınç dayanımı sonuçları

YDKYB içerisinde vibrasyon segregasyona neden olduğu için, daha fazla silis dumanı içeriği beton içerisine eklendiğinde bu daha az bir işlenebilirlik ve daha fazla su ihtiyacı ile sonuçlanacaktır. Ancak silis dumanının diğer bir katkısı ise mükemmel pürüzsüz yüzeyi ve fiziksel yapısı nedeniyle karışımın yağlanmasını artıracak ve yüksek dozajlarda hidrasyon ısısını azaltacaktır.

Silis dumanı YDKYB içerisinde basınç dayanımlarına ve işlenebilirliğe olumlu katkıları olduğu görülmeye karşın daha fazla dayanım sağlanacağı düşünülerek silis dumanı miktarı artırmak, YDKYB hiçbir vibrasyon uygulanmadan yerleştirilmesi beklendiği için kalıplara yerleştirmede daha fazla zorluğa neden olabilir. Bu yüzden silis dumanı kullanımında çimento miktarı baz alınması istenen sonuçlara kolay ulaşılmasını sağlayabilir.

Vande'nin *et al.* (2008) yaptıkları çalışmalarda silis dumanının çimento ağırlığınca % 5 oranında iken en yüksek basınç dayanımını elde etmiştir. Bu tez konusu YDKYB betonlarından bulunan en yüksek basınç değeri % 10 silis içeren 3'üncü seri ve diğeri % 5 silis içeren 5'inci seri betonlardır. Aynı zamanda silis dumanı içeren 3 ve 5'inci seri betonlar C55/67 yüksek dayanım sınıfını sağlayan beton serileridir.

Basınç dayanımının bilinmesi, betonun diğer özellikleri hakkında kalitatif bilgi sağlamaktadır. Örneğin; literatürden bilindiği gibi, basınç dayanımının yüksek olması, betonun su geçirimsiz olduğuna ve dayanıklılığının yüksek olduğuna işaret edilmektedir (Erdoğan 2007).

4.3 Bileşenlerin Etkileri

4.3.1 S/Ç Etkisi

S/Ç oranı YDKYB elde etmek için hayati bir rol oynar. Su muhtevasını belli bir seviyeye kadar azaltmak, işlenebilmeyi olumsuz etkilemesine rağmen, dayanımı oldukça artırır. Daha az su kullanarak aynı işlenme durumunu elde etmek için ise süper akışkanlaştırıcı katkıları kullanılmaktadır. Bu katkıları ile birlikte su miktarı azaltılabileceği gibi çimento miktarı da azaltılabilir ve ekonomik avantajlar sağlanabilir.

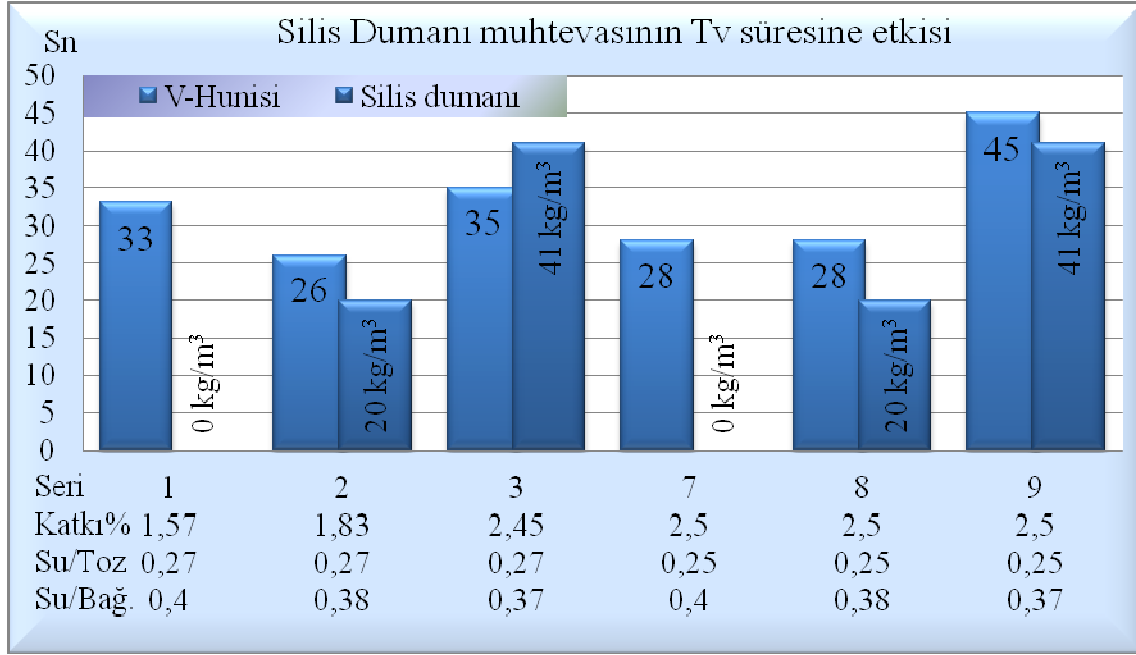
Bu çalışmada s/ç oranından sonra bu orana en yakın etkenlerden birisi de su/bağlayıcı oranıdır. Ve bu oranlama 0,4'ten 0,33'e kadar 6 değerinde kullanılmıştır. Ek bağlayıcı olarak kullanılan silis dumanı su ihtiyacı çimentodan çok daha fazla yüzey alanına sahip olduğu için daha fazladır. Ancak silis dumanının kullanımı YDKYB'ye daha fazla dayanım kattığı ve segregasyon direnci sağladığı için YDKYB basınç dayanımı üzerine olumlu etkileri olduğu görülmüştür.

Üretilmek istenen beton özelliklerinden dolayı kullanılması gereken oran ve ölçülere hassas ölçüde değinilmeli ve ekonomikliğinde sağlanması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında sonuç olarak kullanılan s/ç oranı YDKYB için istenen sonuçları vermiş ve s/ç oranının YDKYB'lerde nasıl davrandığını göstermiştir.

4.4 Mineral Malzemelerin Özellikleri Arasındaki İlişkiler

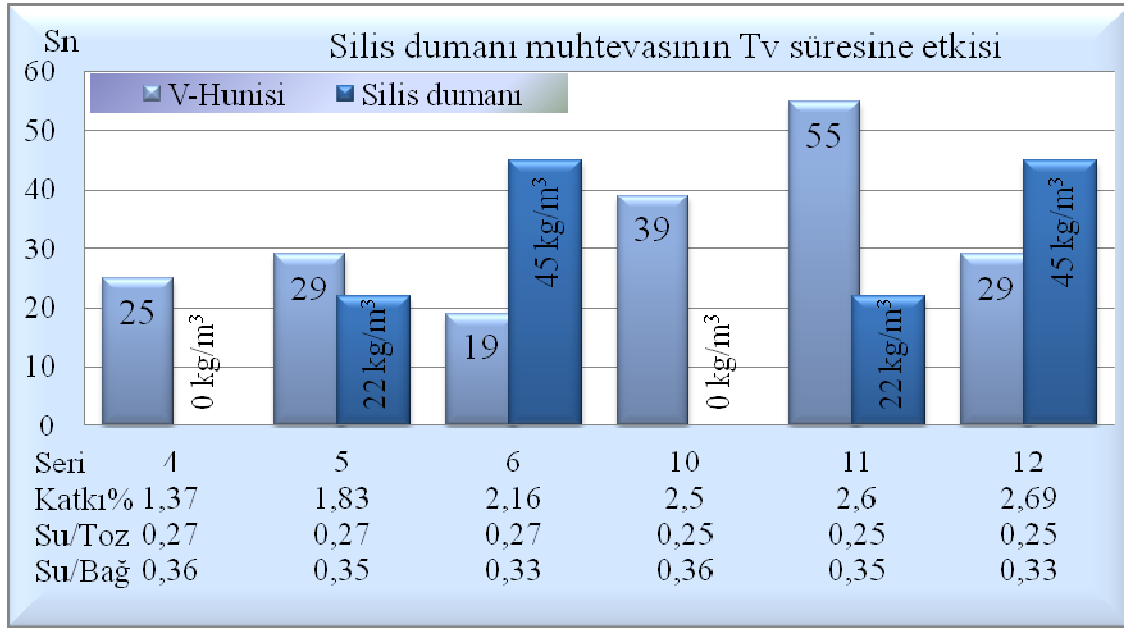
4.4.1 Silis Dumanın Değişiminin Etkileri

YDKYB-1 ve 3 sınıfında silis dumanını 20 kg/m^3 kullanımı V-hunisi akış süresi Tv (Tv:V-hunisi akış süresi)'ye olumlu katkı sağladığı gözlenmiştir. Bununla beraber, aynı karışıma 41 kg/m^3 silis dumanı katılması 3'üncü seri betonda daha fazla süper akışkanlaştırıcı kullanılmasına sebep olmuştur. Bu durum süper akışkanlaştırıcı oranı sabit tutulan 7, 8 ve 9'uncu seri betonda Tv süresini 28 saniyeden 45 saniyeye çıkarmıştır. Bu durum silis dumanının agrega boşluklarını doldurması ile ideal bir gradasyon sağlaması ile açıklanabilir (şekil 4.18).



Şekil 4.18 YDKYB 1 ve 3 için Tv değerleri

YDKYB 2 ve 4 sınıfında silis dumanını 22 kg/m^3 (% 5) kullanımı V-hunisi akış süresi Tv (Tv:V-hunisi akış süresi)'ye olumsuz katkı sağladığı gözlenmiştir. Bununla beraber, aynı karışıma 45 kg/m^3 (% 10) silis dumanı kullanılan 6'ncı seri betonda daha az Tv süresi ile KYB'lerden istenen <26 saniye değerini sağlamıştır. Silis dumanı/çimento oranı göz önüne alındığında aynı şekilde 22 kg/m^3 silis dumanı kullanımı Tv süresinde olumsuz etki yapmıştır. Ve 6'ncı seriye paralel olarak 45 kg/m^3 silis kullanımı 12 nolu beton serisinde 22 kg/m^3 e göre Tv süresine katkı sağlamıştır.

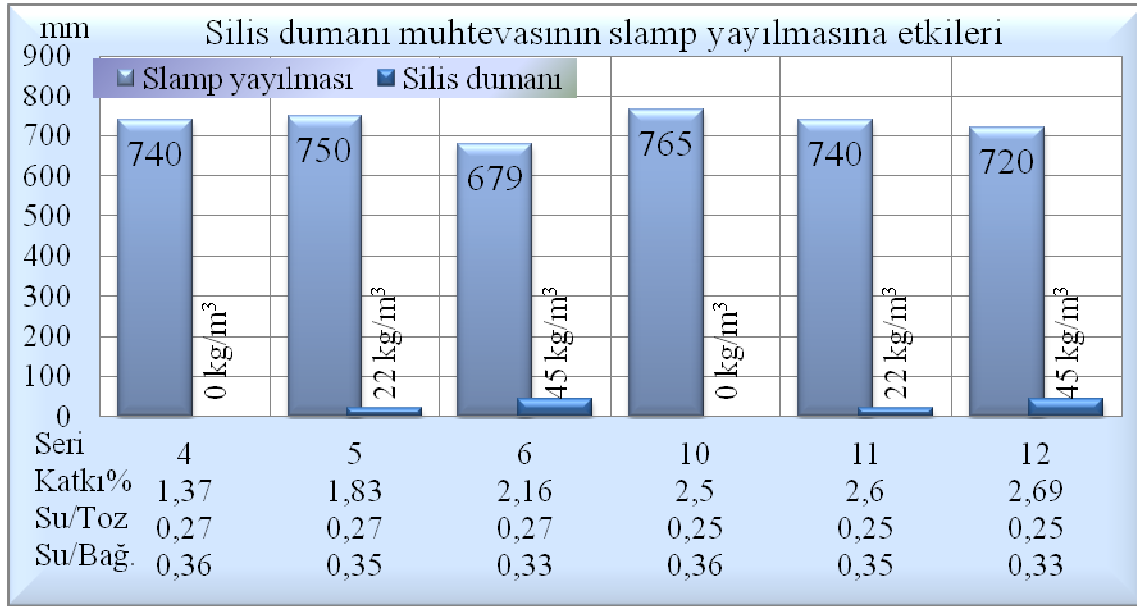


Şekil 4.19 YDKYB 2 ve 4 için Tv değerleri

Özetle, YDKYB'de 410 kg/m^3 çimento içeriği % 5 silis dumanı ile L-kutusu akış süresinde olduğu gibi V-hunisi Tv değerine olumlu katkılar sağlarken 450 kg/m^3 çimento içeriği % 10 silis içeren beton serilerinde Tv süresine katkı sağlamıştır.

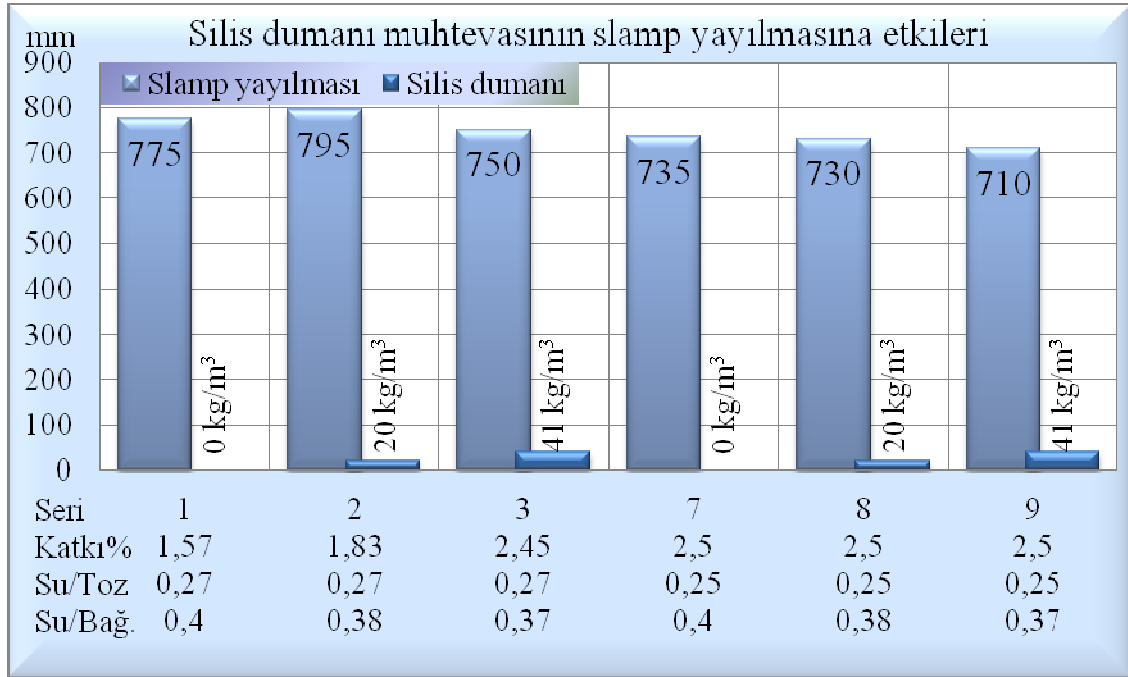
Silis dumanı eklenmesi kohezyonu, viskoziteyi ve diğer taraftan da betonun su ihtiyacını artırmaktadır. Bu yüzden durum YDKYB için çimentoya oranla kullanılmalı. Aksi takdirde yerleşme (sıkışma) sorunları ile sonuçlanabilir. Belli bir miktar kullanılan silis dumanının beton akıcılığında olumlu katkısı görülmüştür. Önemli etkilerden birisi de betonu oluşturan katı malzemeler; çakıl, kum, silis dumanı, kireç taşı ve çimentonunda boyutlarından dolayı betonda iskelet bir yapı oluşturacak oranlarda kullanılması çok akıllıca olacaktır. Bu optimum su kullanımı, dayanım artışı ve yüksek kompozite ile sonuçlanacaktır.

Üretilen serilerde 6 ve 12 nolu seri 45 kg/m^3 silis dumanı içermektedir. Ve aynı karışım oranlarının silis dumanı içermeyen 4 ve 10 nolu serilere göre sırasıyla % 8,3 ve % 5,9 daha az slamp yayılması ile sonuçlanmıştır (şekil 4.20).



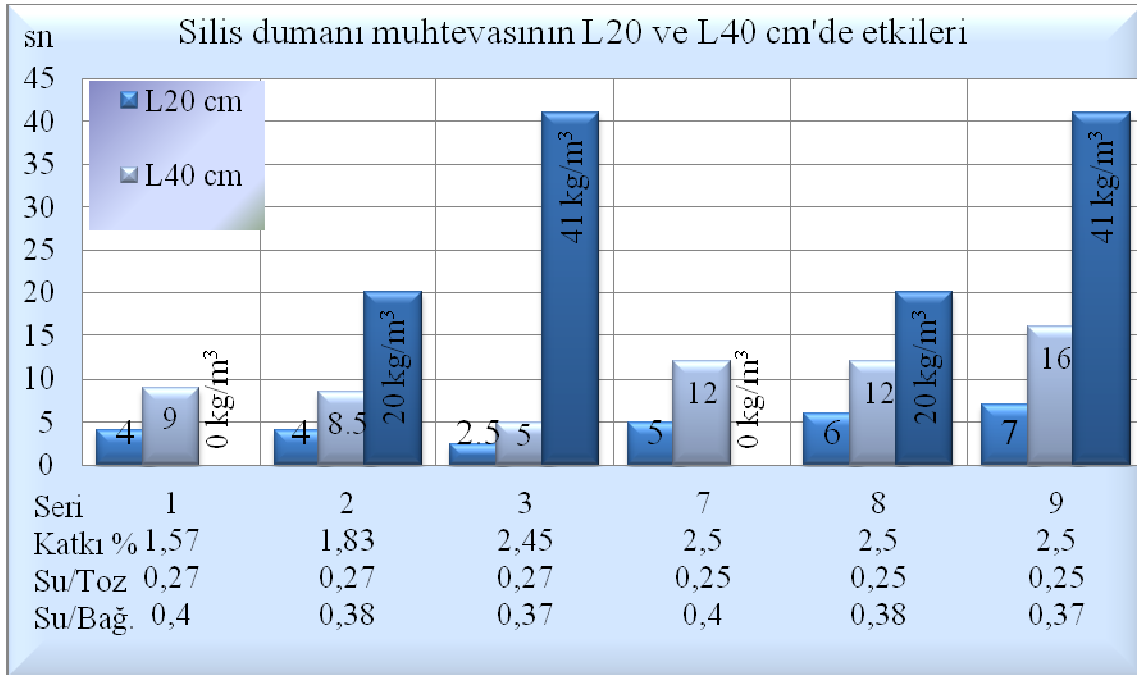
Şekil 4.20 YDKYB 2 ve 4 için slamp değerleri

Aynı şekilde 3 ve 9 nolu serilerde 41 kg/m^3 silis dumanı kullanılması aynı karışımın silis dumanı içermeyen 1 ve 7 nolu serilerine göre sırasıyla % 3,2 ve % 3,4 daha az slamp yayılması meydana gelmiştir (çizelge 4.21).

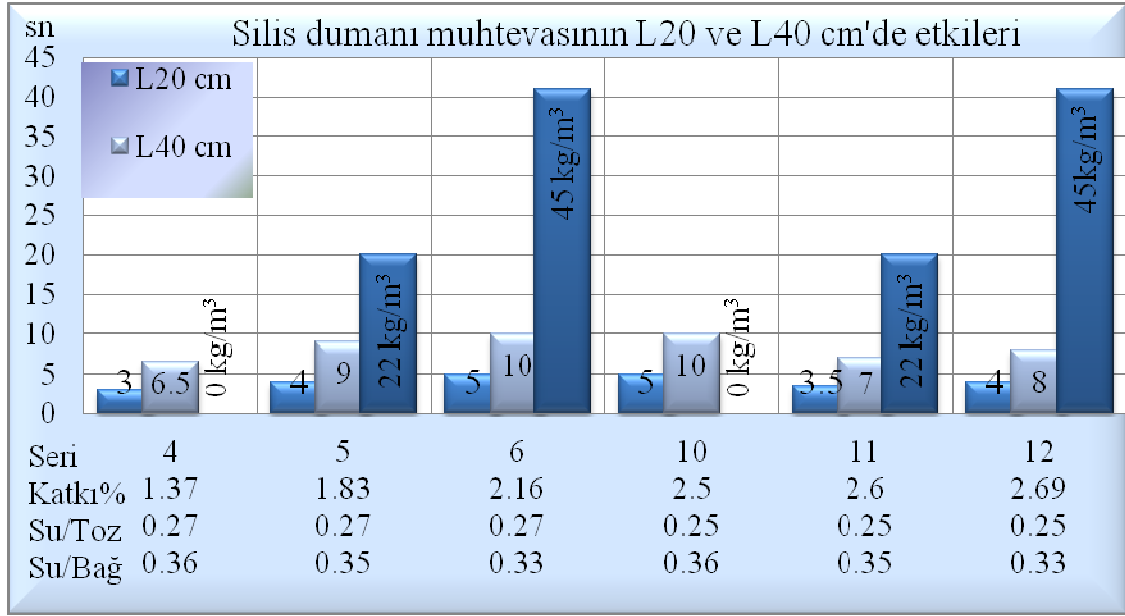


Şekil 4.21 YDKYB 1 ve 3 için slamp değerleri

Silis dumanı kullanıldığında daha hassas betonlar üretebilmek için silis dumanını destekleyecek uçucu kül veya yüksek fırın cürufu gibi daha kalın malzemelerinde kullanımı olumlu etkiler bütünü ortaya çıkaracaktır.

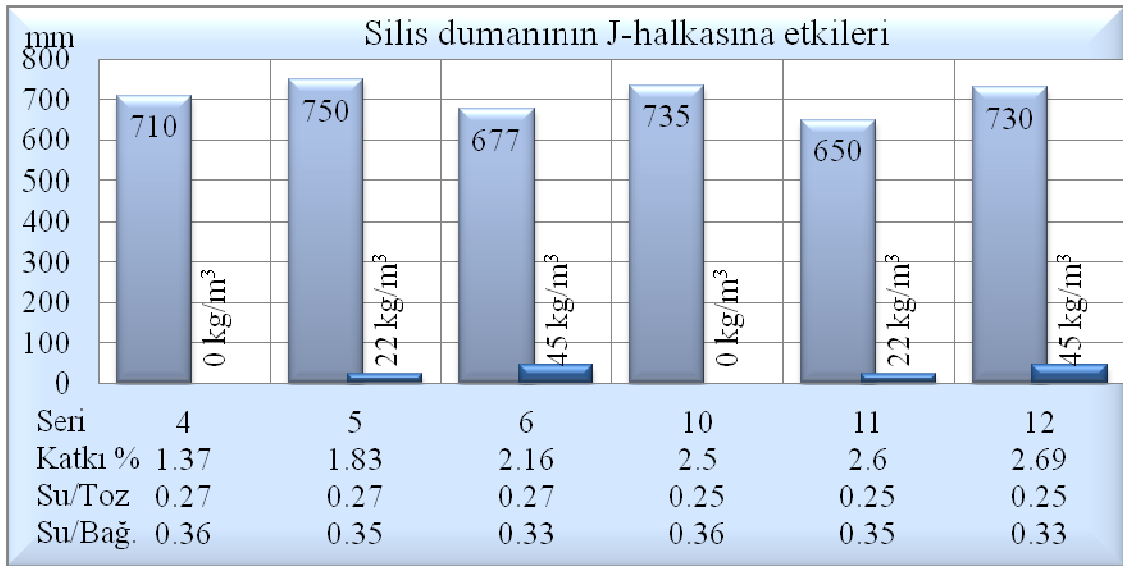


Şekil 4.22 YDKYB-1 ve 3 sınıfı için L20 ve L40 cm değerleri

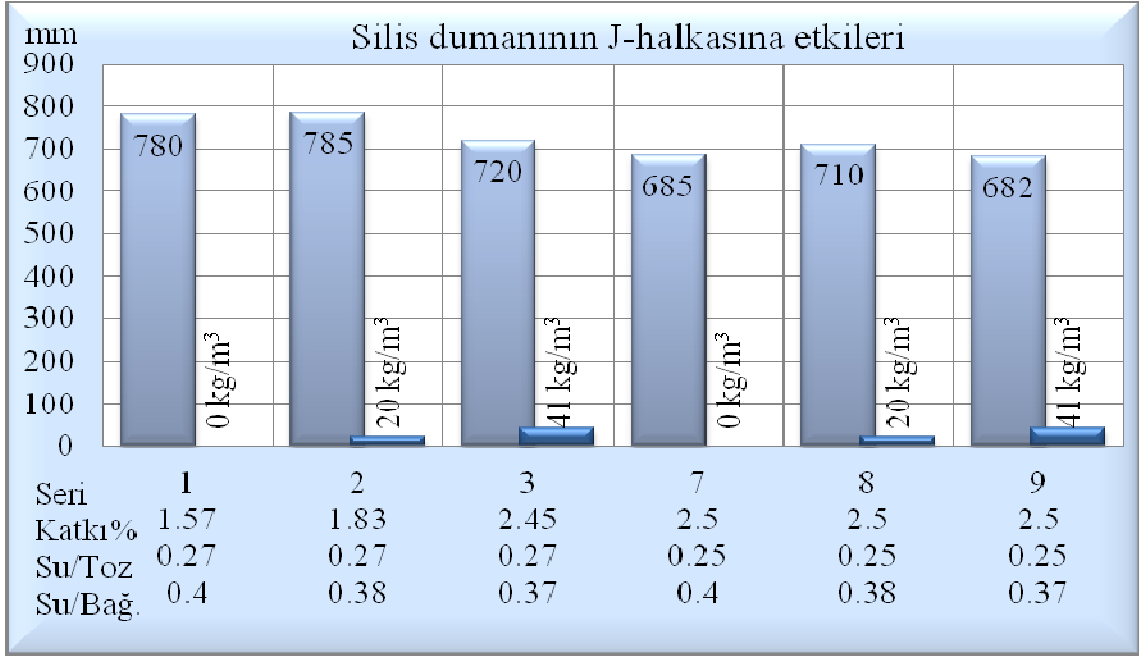


Şekil 4.23 YDKYB-2 ve 4 sınıfı için L20 ve L40 cm değerleri

Silis dumanı mükemmel şekilde küresel olan çok küçük, camsı silis tanelerden oluşur. Silis dumanı eklenmesi, j-halkası yayılması değerlerinde önemli bir azalmaya sebep olmamıştır. Bu durum en açık şekilde kimyasal katkı dahil içeriklerin aynı tutulduğu 7, 8 ve 9 nolu serilerde gözlenmektedir (şekil 4.24-4.25). Çünkü, j-halkası betonun segregasyonu hakkında bilgiler verir. Silis dumanı içeren serilerde çimento hamurunun segregasyon direnci ve viskozitesi artması betonun segregasyon direncini artırmıştır.



Şekil 4.24 YDKYB-2 ve 4 için J-halkası değerleri

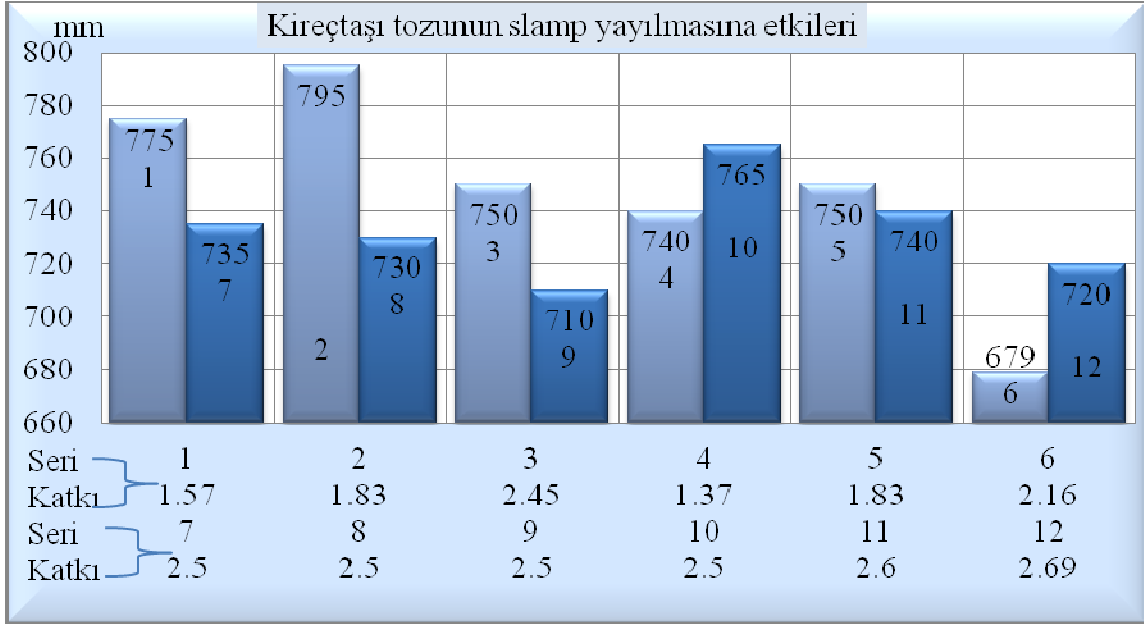


Şekil 4.25 YDKYB-1 ve 3 için J-halkası değerleri

Richard and Cheyzy (1995)'in UYPB konusunda yaptıkları çalışmalar sonucu silis dumanı üç temel fonksiyona sahip olduğu ifade ettiler: Kendiliğinden sonraki daha büyük tanecikli sınıf içinde boşlukları doldurur (çimento); Esas tanelerin mükemmel küreselliğinden dolayı karışımın yağlanmayı artırır; İlk hidrasyon ürünleri ile puzolanik reaksiyon aracılığıyla ikincil hidrasyon ürünlerini üretir.

4.4.2 Kireç Taşı Tozu Etkisi

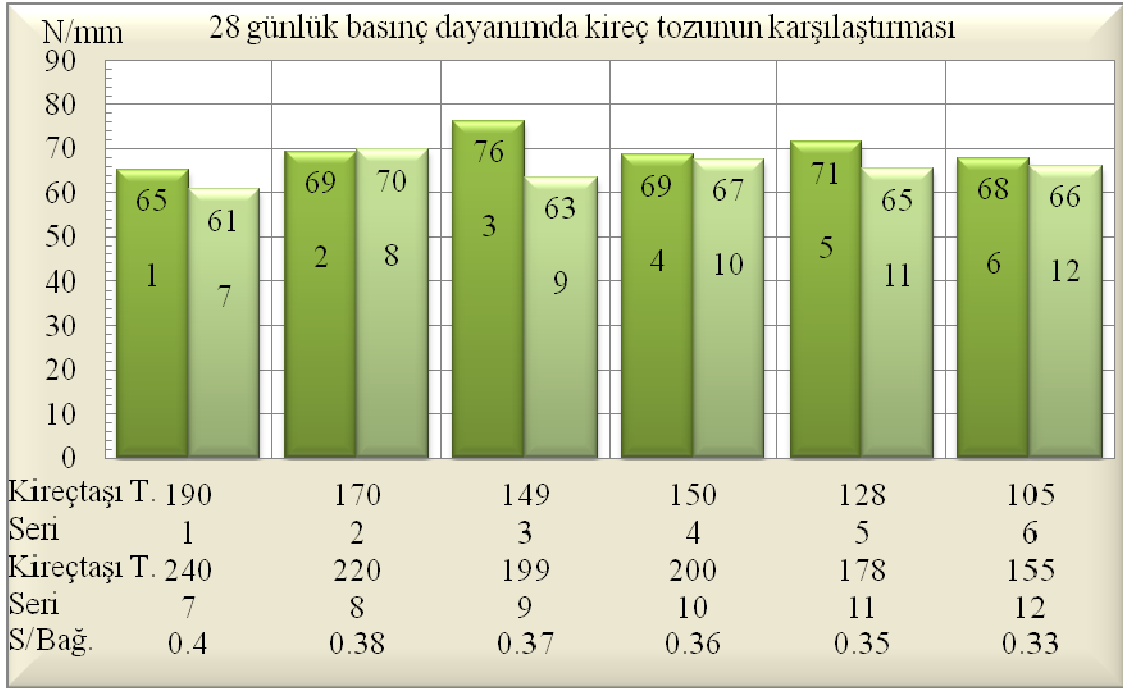
Kireç taşı tozunun 105-190 kg/m³ aralığında kullanıldığı ilk altı seriden ikinci altı seriden ikinci altı seride 650 kg/m³ e çıkartılması slump yayılma değerlerinde azalmaya neden olmuştur (şekil 4.26).



Şekil 4.26 Aynı karışım reçetesinde +50 kg/m³ kireçin slump-yayılmasına etkileri

Kireç taşı tozunun artırılması beton serilerinde aynı yayılma (işlenebilirlik) yakanmaya çalışıldığı için süper akışkanlaştırıcı katkı miktarlarında önemli derecede artmaya sebep olmuştur. Kimyasal katkının oranı artırılmasına rağmen kireç taşı tozu 50 kg/m³ artırılan eşserilerin çoğunda azalmalar meydana gelmiştir.

YDKYB-1 ve 2 serilerinin aynı s/ç oranında ve çimento oranında YDKYB-3 ve 4 serilerinden daha fazla basınç dayanımına sahip olmasının açıklaması her karışım için yaklaşık olarak 50 kg/m³ daha az kireç taşı tozu kullanılmasına bağlanabilir (şekil 4.27).



Şekil 4.27 Aynı karışım reçetesinde +50 kg/m³ kirecin basınç dayanımına etkisi

Yukarıda bahsedilen eşseriler arasında kireç taşı tozundan dolayı ortaya çıkan basınç dayanımlarındaki fark şekil 4,27’de basınç dayanımı ile kireç taşı tozu miktarına görede görselleştirmiştir.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Beton teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak gelişen modern şehirleşmenin ihtiyaçları artmaktadır. Bu amaçla beton teknolojisinde KYB'nin yerine YDKYB'lerin tercih edilmesi önem kazanmaktadır. Bu çalışmada YDKYB'lerde silis dumanı, kireç taşı tozu ve kimyasal katkıların kullanılması beton özelliklerine etkileri araştırılarak elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Bu çalışmada kullanılan Glenium C300 yeni nesil bir akışkanlaştırıcı olup yüzde 40'lara kadar su azaltma özelliğine sahiptir. Tez çalışmada % 2 çimento değerinin üzerinde kullanılan Glenium C300'ün betonun işlenebilmesine olumlu katkılar sağladığı gözlemlendi.
- Gelecek çalışmalar için kireç taşı tozu; betonun vizkozite ile işlenebilmesine yardımından dolayı kullanılabilirliği görülmüştür.
- Kireç taşı tozu dolgu malzemesi kullanımına karşın diğer dolgu malzemeleri YDKYB elde etmek için denenebilir hatta geri kazanılmış materyaller toz malzeme olarak denenmelidir.
- YDKYB karışımlarında kireç taşı tozu, dolomit, uçucu kül ve diğer tür toz malzemeler de kullanılabilir. Her bir toz malzeme kendiliğinden yerleşen beton için karışım üzerinde kendisinin özel etkisine sahiptir ve farklı metotlar ve karışım denemeleri ile araştırılmalıdır.
- Silis dumanı içermeyen karışımların en yüksek basınç dayanımı 4 ve 10 nolu serilerde, buna ek olarak, kireç taşı tozu karışım 1 ile 7 ve 4 ile 10 arasında yaklaşık 50 kg/m^3 (hacimsel % 2) artırıldığında, basınç dayanımı kaybı sırasıyla % 7,5 ve % 2 oranında görüldü.
- Son olarak, en düşük nihayi basınç dayanımı değeri fcm en çok kireç taşı tozuna sahip numune 7 olarak elde edildi.

- YDKYB silis dumanı üzerine deney sonuçları aynı karışım serileri içerisinde aynı akıcılığı elde etmek için silis dumanının daha fazla süper akışkanlaştırıcı katkı gereksinimini gösterdi. 600 kg/m^3 üzerinde kullanılan toz malzeme basınç dayanımı fcm-değerinde olumsuz etki yaptı. Çimento içeriği artırılmasına rağmen betonda daha yüksek basınç dayanımı elde edilemedi. Buna ek olarak, süper akışkanlaştırıcı miktarı yükseltmek zorunda kalındı.
- YDKYB’lerde su/toz malzeme parametresinin özenle ayarlanmasının gerekliliği görülmüştür.
- Silis dumanı betona üretim başlangıcından itibaren dayanım vermeye başlar. Bu yüzden yerleştirmeden sonra erken kütleme ve koruma betonun basınç dayanımında ve sürdürülebilirliğinde fazla etkili olabilir. YDKYB için yüzey koruma ile yerleştirmeden hemen sonra kür etmek dikkatlice göz önüne alınmalıdır.
- Slamp yayılma deneyi kendiliğinden yerleşen betonun özelliklerini belirlemek için şimdiye kadar ki en çok kabul gören deney yöntemi olarak tespit edildi.
- Silis dumanı kullanımı yerine, uçucu kül su ihtiyacını azaltmak için iyi bir etkiye sahip olacak ve YDKYB’nin işlenebilirliğine ve basınç dayanımına katkı sağlayacaktır. Fakat silis dumanı buna rağmen katkı olarak belirli oranlarda betona katılabilir.
- YDKYB taze beton özellikleri üzerinde 410 kg/m^3 dozajda % 5 silis kullanımı taze beton özelliklerine ve sertleşmiş beton özellikleri katkılar sağlamıştır. Bu katkı 410 kg/m^3 dozajda % 10 silis kullanımında sadece belirli taze beton özelliklerine katkı sağlamasıyla meydana gelmiştir.
- Gelecek çalışmalarında, YDKYB için donma/çözünme direnci ölçülmesi düşünüldü. Ve betonun basınç dayanımı yanında, çekme dayanımı YDKYB’nin daha iyi değerlendirilmesi ve sınıflandırılması için ölçülmesi düşünüldü.

- Taze beton test metotlarının herbirisi sadece bir beton özelliğini tam olarak test edebilmektedir. Ancak bu durum hem deney metotları sayısını artırmaktadır hem de saha uygulamalarında sadece bir (slamp) değerleri ile KYB özellikleri değerlendirilerek kullanılmaktadır. Bu olumsuz durumu aşmak için, KYB test metotlarının birbiri ardına gelecek şekilde kullanımı veya birden fazla taze beton özelliklerini test edebilecek ve operator hatalarını minimuma indirecek deney cihazlarının üretilmesi uygun olacaktır.
- YDKYB’lerde dozajı ve/veya bağlayıcı miktarı daha yüksek olduğu düşünüldüğünde KYB özelliklerinde önemli etkisi olan su/toz malzeme parametresi 0,275, 0,280 ve yukarı değerlerinde taze beton ve sertleşmiş beton özelliklerine olumlu katkılar sağlaması beklenebilir.
- Aynı zamanda yapılması düşünülen bu deney cihazı yapılarda betonun karşılaştığı engellerin sırası ile tasarlandığında uygulama ile deney metotlarının tutarlılığını güçlendirecektir.

6.KAYNAKLAR

- Akçagözoğlu K. (2001). Yüksek Dayanımlı Beton Karışım Dizaynı. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Atahan, H., N. & Taşdemir, M., A. ve Oktar O., N. (2003). Yüksek Dayanımlı Betonlarda Çimento Hamurunun Boşluk Yapısının Beton Özelliklerine Etkisi. *İTÜ Dergisi*, Cilt: 2, Sayı: 1, İstanbul.
- Balázs L., Gy. & S. G. Nehme, (2007). Innovative Materials and Technologies for Concrete Structures. The 3rd Central European Congress on Concrete Engineering, CCC2007 Proceedings, Visegrád, Hungary.
- Benli, A., Türk, T. ve Calayır, Y., (2008). Kendiliğinden Yerleşen Betondan Üretilmiş Kirişlerin Aderans Dayanımının Deneysel ve Sayısal Olarak İncelenmesi. Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi.
- Carino N., and Kenneth, W., M., (2001). Curing of High-Performance Concrete. National Institute of Standards and Technology, Technology Administration, U.S. Department of Commerce, NISTIR 6505.
- Edward, N.G. (1996). Fundamentals of High Strength High Performance Concrete. Longman Department of Civil Engineering, Rutgers University, the State University of New Jersey.
- EFNARCE, (2002). The European Guidelines for Self Compacting Concrete Specification, Production, and Use. www.Efnarce.org. EFNARCE Association, UK.
- EFNARCE, (2005). The European Guidelines for Self Compacting Concrete Specification, Production, and Use. www.Efnarce.org. EFNARCE Association, UK.

- EFNARCE, (2009). The European Guidelines for Self Compacting Concrete Specification, Production, and Use. www.Efnarce.org. EFNARCE Association, UK.
- Erdoğan, T.Y. (2007). Beton. ODTÜ Yayıncılık 2. Baskı, Ankara.
- Fadah E.A., Zahear A., (2008). New Generation of Superplasticizers for High Performance Concrete. College Of Engineering Sciences, King Fahd University of Petroleum.
- Gagne R., Pigeon, M., and Aitcin, P. C. (1989). Deicer Salt scaling resistance of high performance concrete. Paul Klieger Symposium on performance of concrete, sp_122, ACI.
- Grauers M. (2000). Rational Production and Improved Working Environment Through Using Self Compacting Concrete. Final Tecnical Report, Brite EuRam Project No. BE96-3801.
- Günaydın M. (2006). Nevşehir Bim Agregasından Kendiliğinden Yerleşen Beton Üretilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Gürdal H. Yüceer Z. (2004). Türkiye Ve Dünyada Kendiliğinden Yerleşen Beton Uygulamaları. Akçansa Çimento San. ve Tic. A.Ş. İstanbul.
- Hussein, A., and Marzouk, H., (1998). Behavior of High-Strength Concrete under Biaxial Loading. Applied Science Technical Report Series, East Report No. 98003, Memorial University of Newfoundland, Canada.
- Indubhusan J. & Sunil K. S. (2008). Study of Cost Effectiveness in Design of Structures with High Performance Concrete. Department of Civil Engineering, National Institute of Technology Rourkela, Orissa, India.
- Jianxin M. Jort D. and Frank D. (2003). Ultra High Performance Self Compacting Concrete. Institute of Structural Concrete and Building Materials, University of Leipzig, Germany.

- Kausay, T. and Simon, Tamas K. (2007). Acceptance of Concrete Compressive Strength. Concrete Structures, Annual Journal of the Hungarian Group of Fib, Vol.8, pp.54-63, Budapest.
- Kaya İ. ve Keskinel F. (2001). Betonarme. 1. Baskı, Birsen yayınevi, Ankara.
- Mike, M., Ville, V., and Jay, T., (2008). SCC Proves Successful in Repair and Strengthening Projects. Structure Magazine, July 2008.
- Mittal, A., Basu, D.C. (1999). Development of HPC for PC Dome of NPP. Indian Concrete J 73, pp. 671–679.
- Nagy B. Szendrei Z. (2007). Self Compacting Heavy Concrete Test on Self-Compression of Baritmix-1 Heavy Concrete and Radiation Protecting Heavy Concrete. Technical and Economical University of Budapest, Faculty of Building Engineering, Budapest.
- Nehme, S.G. & Pankhardt, K., (2002). Strength and Deformation of Recycled Concrete. Fib, Osaka Congress Japan.
- Newmann, J. & Choo, B.S. (2003). Advanced Concrete Technology. Elsevier Butterworth Heinemann, London.
- Ngo T. (2001). Punching Shear Resistance of High-Strength Concrete Slabs. Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Melbourne, Australia.
- Okamura, H. & Ouchi, M. (2003). Self-Compacting Concrete. Journal of Advanced Concrete Technology Vol:1, no:1, 5. Japan.
- Okuyan, M.N. (2007). Silis Dumanı İçeren Yüksek Dayanımlı Betonların Basınç Dayanımlarının Hasarsız Olarak Bulunması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Şanlıurfa.
- Ozawa, K., Sakata, N., and Okamura, H., (1995). Evaluation of Self-Compactibility of Fresh Concrete Using the Funnel Test. Concrete Library of JSCE, Japan.

- Richard, P. and Cheyrezy, M., (1995). Composition of Reactive Powder Concrete. Cement and Concrete Research, Vol:25, No:7.
- SAĞLAM, A.R. & ÖZKUL M.H. (2006). Kendiliğinden Yerleşen Betonların Reolojik Özelliklerine Bileşim Parametrelerinin Etkisi. İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Dergisi, 34469, İstanbul.
- Skarendahl, A. & Petersson, Ö. (2000). Self-Compacting Concrete. State-of-the-ART Report of RILEM Technical Committee 174-SCC, France.
- State-of-Art Reports, FIB 42, (2008). Constitutive Modelling of High Strength/High Performance Concrete. Vienna.
- Şimşek, O. (2004). Beton ve Beton Teknolojisi. Seçkin Basım ve Dağıtım, Ankara.
- Şimşek, O., Erdal, M., & Sancak, E. (2005). Silis Dumanının Çelik Lifli Betonun Eğilme Dayanımına Etkisi. Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Tolga, Y. M. (2007). Effects of Mineral Admixtures on the Properties of Self-Compacting Concretes. M.Sc. Thesis, Civil Engineering, University of Gaziantep.
- TS EN 12350, (2002). Taze Beton Deneyleri Yayılma Tablası Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 12390, (2002). Sertleşmiş Beton Deneyleri. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 933-1, (1999). Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler. Türk Standartları Enstitüsü.
- Ünal, O., & Yurtçu, Ş., (2007). Betonarme Yapılarda Hazır Beton Kullanımı. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, cilt:3, sayı:1, Afyonkarahisar.

Vande, T.V., Suleiman, M. & Sritharan S. (2008). Desing and Performance Verification of Ultra-High Performance Concrete Piles for Deep Foundations. Department of Civil, Construction, and Environmental Engineering, Iowa State University Center for Transportation Researche and Education, USA.

6.1 İnternet Kaynakları

	Erişim Tarihi
1-www.silicafume.org.	06.05. 2010.
2-www.basf-cc.be/nl.	06.05. 2010.
3-www.concretecenter.com.	05.05. 2010.
4-www.tekla.com.	18.06. 2010.
5-www.sika.hu.	23.05. 2010.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Oğuzhan YÜCE

Doğum Yeri ve Tarihi :Ankara, 16.07.1985

Yabancı Dili :İngilizce, Macarca

İletişim (telefon/e-posta) :009 0 312 269 29 55/ oguzhan06930@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise :İbni Sina Lisesi, Sincan /ANKARA, 2003

Üniversite :Afyon Kocatepe Üniversitesi, Yapı Öğretmenliği, 2008

Yüksek Lisans :Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi. Debrecen Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ERASMUS programı, 1 yıl katılım.

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Sincan Yapı Market LTD. ŞTİ. Satış Elemanı, 06.2003-09.2004

TUSDATA A.Ş. Satış Elemanı, 06.2008-08.2009