

## KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONUN DAYANIM ÖZELLİKLERİ İÇİN DENEYSEL BİR ÇALIŞMA

Mustafa ALTIN<sup>a</sup>

M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ<sup>b</sup>

M. Sami DÖNDÜREN<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O., İnşaat Programı Konya

<sup>b</sup> Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Konya

### ÖZET

Kendiliğinden yerleşen beton (KYB) özellikle hazır-beton sektörü, onarım-güçlendirme işleri ve prefabrik inşaat sektörü başta olmak üzere yapıların beton ile ilgili tüm dallarında giderek daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Vibratör gerektirmeden yerleşmesi, yüksek segregasyona sahip oluşu, yüksek dayanım özelliği gibi nedenlerle yüksek performanslı beton üretimine olanak vermektedir.

Bu çalışmada farklı dozajlarda hazırlanmış kendiliğinden yerleşen beton numunelerinde dayanım özellikleri deneysel ortamda incelenmiştir. Deney sonuçları SPSS istatistiksel paket programı sürüm 13.0 ile Varyans analizi, F testi ve Tukey testleriyle sorgulanmış, yapılan çalışmanın güven aralığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler;** Kendiliğinden yerleşen beton, basınç dayanımı, karışım oranları, deneysel çalışma, varyans analizi

### AN EXPERIMENTAL STUDY INTO THE RESISTANCE FEATURES OF SELF-COMPACTING CONCRETE (SSC)

### ABSTRACT

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

The objective of this study is to analyse experimentally the resistance rate of the samples taken from different Self-Compacting concrete (SSC). To do this, ANOVA with SPSS 13.0 statistical package programme, F-test and Tukey have been carried out and thus the security range of the study has been determined.

**Key Words;** Self-Compacting concrete (SSC), Compressive Strength, mix proportions, experimental study, ANOVA analysis

## 1. GİRİŞ

Kendiliğinden yerleşen beton (KYB) özellikle hazır-beton sektörü, onarım-güçlendirme işleri ve prefabrik inşaat sektörü başta olmak üzere inşaatın değişik dallarında giderek daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Vibratör gerektirmeden yerleşmesi, yüksek segregasyona sahip oluşu, yüksek dayanıklılık özelliği gibi nedenlerle yüksek performanslı beton üretimine olanak vermektedir. Ülkemizde son zamanlarda tanınmaya ve kullanılmaya başlanan KYB'nin bileşimi, etkin bir süper akışkanlaştırıcı yanında toplam ince malzeme miktarı, vizkozite artırıcı katkı kullanımı, su/bağlayıcı oranı, maksimum agrega boyutu, kum/toplam agrega oranı ve toplam iri agrega miktarı gibi parametreler açısından geleneksel betondan farklılıklar göstermektedir.

KYB'lar ilk kez 1988 yılında betonarme yapılar yapmak amacıyla geliştirilmiştir. KYB üzerine yazılan ilk bildiri 1989'da Ozawa tarafından Doğu Asya ve Pasifik Yapı Mühendisliği Konferansında sunulmuştur. Aynı bildirinin 1992'de İstanbul'daki CANMET & ACI Uluslararası Konferansında sunulması KYB kavramının dünyaya yayılmasını hızlandırmıştır. 1994'de Bangkok'daki ACI çalıştayından sonra KYB, dünyadaki araştırmacıların ve mühendislerin ilgi odağı haline gelmiştir. 1996'da New Orleans'da ACI Sonbahar Kongresinde KYB, Amerika ve Kanada'da iyice yaygın hale geldi; sonuç olarak KYB üzerine dünya ölçeğinde araştırmalar başlamış oldu.

Bugün KYB kullanılarak elde edilen üstünlüklerin ötesinde, bu kullanımı geleneksel hale getirerek genele yayma fikri ulaşılmak istenen bir hedef olarak görünmektedir. KYB ile ilgili dünyada yapılmış araştırmalar KYB' un tüm sertleşmiş ve taze haldeki özelliklerini incelemek amacıyla yapılmıştır. Pratikteki sorunları görmek için pilot uygulama projeleri geliştirilmiştir. Günümüz itibariyle önemli deneyimler elde edilmiş ve büyük gelişme kaydedilmiştir. Ancak bazı noktalarda halen yanıtlanması gereken sorunlar vardır.

Deneysel çalışmalar, Konya Çimento Fabrikası Hazır Beton Tesisleri ve TS EN ISO/EC 17025-06/151 No' lu TSE Deneysel Laboratuvarı Yeterlilik Belgesine sahip laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

SONEBI MOHAMMED (2003) tarafından yapılan çalışmada, orta dayanımlı uçucu kül içeren KYB modellemede kullanılmak üzere deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yeni hazırlanmış taze KYB'nin etrafında engeller bulunan ve onun kendi ağırlığı ile kalıpları tamamen doldurması ve akıcılığıyla yerleşmesi incelenmiş ve herhangi bir segregasyon ve blokajlaşma gözlenmemiştir. Daha kaliteli beton ve çalışma durumlarını iyileştirme için sınıflandırmalar yapılmıştır. KYB karışımları genellikle daha yüksek içeriklerde ince dolgu malzemeleri, çimento içeriği ve aşırı derecede sıkıştırılmış güçlü beton üretmektir ki, o özel bir betondur ve uygulama alanlarında dar yerlerden geçebilir. KYB'lerden elde edilebilen maksimum fayda pratik olarak genel beton ile ilgili yapılara adapte olabilmesidir [1].

NAN SU, KUNG-CHUNG HSU, HIS-WEN CHAI (2001) tarafından yapılan KYB için basit bir karışım metodu isimli deneysel çalışmada, ilk olarak agregadaki gerekli oranların tanımlanması yapılmış ve agreganın boşluklarını dolduran bağlayıcıların birleştirme özellikleri ve betonun akıcılığının özellikleri incelenmiştir. KYB'nin istenen diğer özellikleri ve serbest sıkışabilme yeteneğidir. Agreganın miktarı, bağlayıcı ve karışım suyu ilaveten

süperakışkanlaştırıcının türü, dozajı ve kullanılması ile ilgili özelliklerini içeren önemli faktörlerdir. Slump akışı, V hunisi, L akışı (kutusu), U kutusu ve basınç testleri KYB'nin performanslarını incelemek için sürdürülmektedir ve sonuçlar göstermiştir ki yüksek kaliteli KYB yi başarılı bir şekilde üretmek için metotlar önermektedir. Japon Hazır-Beton Birliği (JRMCA) tarafından gerçekleştirilen bu metot'la karşılaştırıldığında bu metot daha basittir. Uygulanabilirliği kolaydır ve daha az zaman harcanır. Daha az miktarda bağlayıcı gerektirir ve maliyeti tasarruf sağladığını belirtmişlerdir [2].

WENZHONG ZHU, PETER J.M. BARTOS (2002) tarafından kendiliğinden yerleşen betonun yayılma özelliği incelenmiş incelenmiştir. Bu makalede yayılma özelliği, geçirgenlik, apsorpsiyon, yayılma gücü v.b ile beton dayanıklılık karakteristiklerinin yaygın olarak kullanılmalarını içermiştir. Aynı mukavemet derecelerine sahip geleneksel vibrasyon referanslı beton ile KYB karışımlarının farklı bölgelerdeki yayılma özelliklerinin karşılaştırılması ile ilgili deneysel bir çalışma olarak sunulmuştur. KYB karışımlarının karakteristik küp basınç dayanımları 40 ve 60 MPa olarak dizayn edilmiş, ilave olarak ne dolgu gereci olarak toz malzeme nede herhangi bir dolgu gereci kullanılmamıştır. Sonuç olarak göstermiştir ki KYB karışımları normal vibrasyona tabi tutulmuş aynı mukavemet derecesine sahip normal beton referansından önemli derecede düşük oksijen geçirimliliğine sahiptir[3]

ŞAHMARAN, YAMAN ve TOKYAY (2004) tarafından yapılan çalışmada, yüksek hacimli uçucu kül kullanarak KYB üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Yayılma testi sonunda betonun yayılma çapı 730 ile 800 mm, 50 cm yayılma genişliğine ulaşma süresi ise 2 ile 4 sn arasında değişmektedir. Yayılma testi sonunda bütün karışımların KYB özelliği gösterdiği gözlenmiştir. V-Hunisi testi sonunda elde edilen akma sürelerinde, karışımların vizkozitesi KYB olma standartlarına göre biraz yüksek olduğu gözlenmiştir. Sertleşmiş KYB' ler üzerinde yapılan basınç dayanım deneyi sonuçlarına göre, 28 günlük basınç dayanımları 46 Mpa ile 30 MPa arasında değişmektedir. Uçucu kül miktarı toplam bağlayıcı miktarının ağırlıkça %50' sine kadar olan karışımlarda ilk günlerdeki basınç dayanımı farkı kapanmaktadır[4].

FELEKOĞLU ve BARADA' nın (2004) KYB'lerin mekanik özellikleri ile ilgili deneylerde, KYB tasarımında sabit bir çimento dozajında akışkanlaştırıcı katkı miktarı arttırılıp karışım suyu azaltıldıkça, yayılma değeri belirli sınırlar arasında tutulurken viskozite hızla artmaktadır. Sabit bir çimento dozajı ve agrega gradasyonunda, su/toz oranı artışıyla aynı anda katkı dozajının azaltılması, taze betonun donatılar arasından geçiş yeteneğini arttırmaktadır. Bu çalışmada üretilen KYB' lerin çekme dayanımları aynı dayanım sınıfındaki normal betonlara kıyasla %3 ile %17 arasında değişen mertebelerde daha yüksektir. Bu çalışmada üretilen KYB'lerin elastisite modülünde normal betonlara kıyasla önemli bir farklılık gözlenmemiştir. L-kutusu karot deneyleri ile KYB'nin yatay yönde akışında ayrışma meydana gelip gelmediği belirlenebilir[5].

GÜRDAL ve YÜCEER' e (2004) göre KYB üretimi, titizlik gerektirmekte ve çok sıkı denetleme işlemlerini zorunlu kılmaktadır. KYB' nun her türlü karmaşık kalıplarda, vibrasyonun mümkün olmadığı durumlarda, dar ve sık donatılı kesitlerde kullanımı inşaat teknolojisi açısından çok büyük bir kolaylıktır. KYB' nun geliştirilmesi ve hafif agregalı KYB, çelik tel donatılı KYB, polipropilen lif donatılı KYB üzerinde çalışmalar dünya çapında devam etmektedir[6].

SAĞLAM, PARLAK, DOĞAN ve ÖZKUL (2004) un KYB ve katkı-çimento uyumu adlı çalışmalarında, değişik adet ve değişik çimento çeşitleriyle deneyler gerçekleştirmişler yayılma hızlarını tespit etmişler. Denenen betonların 1 günlük dayanımlarının hem çimento, hem de katkı cinsinden etkilendiği, ayrıca bazı çimento ve katkıların birlikte kullanılmaları durumunda büyük miktarda hava sürüklendiği ve bunun da dayanımları etkilediği belirlenmiştir. Taze beton özellikleri ve dayanımlar açısından çimento-katkı etkileşmesinin önemli olduğu, bu nedenle uygulamaya geçmeden önce çimento-katkı uyum deneylerinin yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır[7].

ŞİMŞEK, BEKTAŞ ve ERDAL (2002) ın Vibrasyon süresinin betonun basınç dayanımına ve birim ağırlığına etkisi adlı çalışmalarında, toplam 40 adet 10 cm.lik küp numuneler hazırlamışlar ve hazırlamış oldukları bu küp numunelerine masa vibratörü kullanarak değişik sürelerde vibrasyon uygulamışlar, bu numunelerde tek eksenli basınç deneyi yapmışlar ve numunelerin basınç dayanım değerleri ve birim ağırlıklarını belirlemişlerdir. Vibrasyonun betonarme için önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. KYB de ise herhangi bir vibrasyona gerek olmadığı için hem zaman hem gürültü hem de ekonomik açıdan büyük bir avantaj sağladığı söylenebilir [8].

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Malzeme

##### 3.1.1 Çimento

Deneylerde Konya Çimento fabrikasından TS EN 197-1' e göre üretilmiş CEM I 42,5 R tipi çimento kullanılmıştır [9]. Çimentonun kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Deneylerde kullanılan CEM I 42,5 R çimentosunun kimyasal özellikleri

KK	SiO <sub>2</sub>	Ç.K	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Cl	Toplam	SCaO
6.66	21.68	6.79	4.90	2.98	57.80	1.03	2.72	0.78	0.52	0.005	99.07	0.90

##### 3.1.2. Karışım suyu

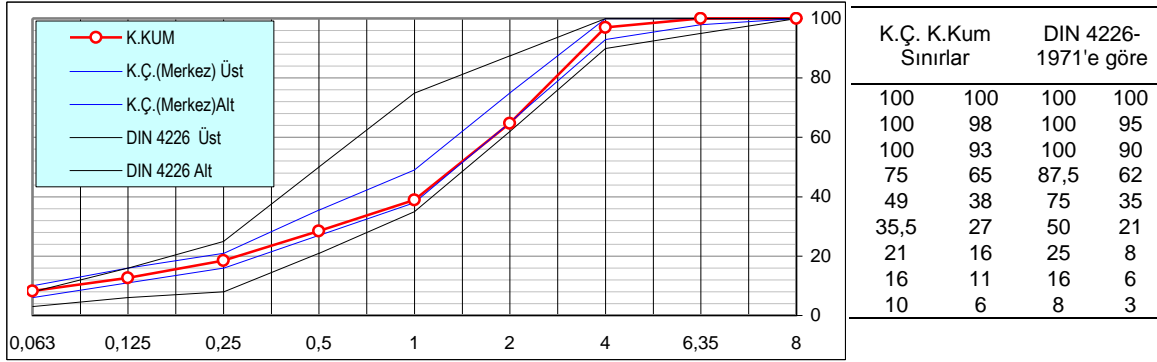
Harçların hazırlanmasında içme suyu niteliğine sahip şehir şebekesinden sağlanan TS EN 1008'e uygun su kullanılmıştır [10].

##### 3.1.3. Katkı malzemesi

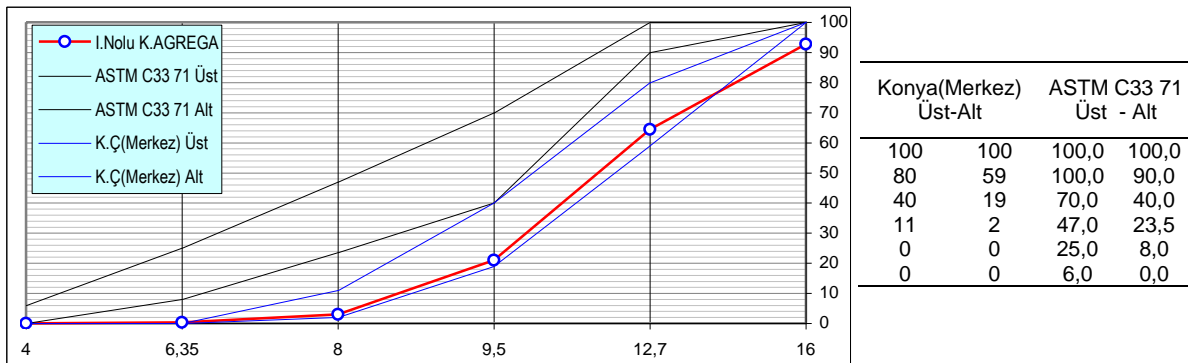
Deneylerde YKS firması tarafından üretilen polikarboksilik eter zincirleri esaslı, ASTM C 494 Tip A ve Tip F'nin aradığı özelliklere uygun ve aynı zamanda ENV 197 ve ASTM standartlarına uygun bütün çimentolarla uyumlu olan katkı malzemesi kullanılmıştır.

### 3.1.4. Agrega ve kum

Agrega olarak Konya Çimento fabrikasının hazır beton tesislerinde kullanılmakta olan kırma kum ve I nolu agrega kullanılmıştır. Kullanılan kırma kum ve I nolu agrega TS 130 [11] ve TS 3530 EN 933-1 [12] standartlarına uygun ve aynı zamanda ASTM C33-71 üst ve alt sınır değerleri arasında olduğu deneysel veri olarak elde edilmiştir. Elek analizi deneylerinden elde edilen veriler Grafik 1 ve Grafik 2’de gösterilmiştir.



Grafik 1. Kırma Kum Elek Analizi



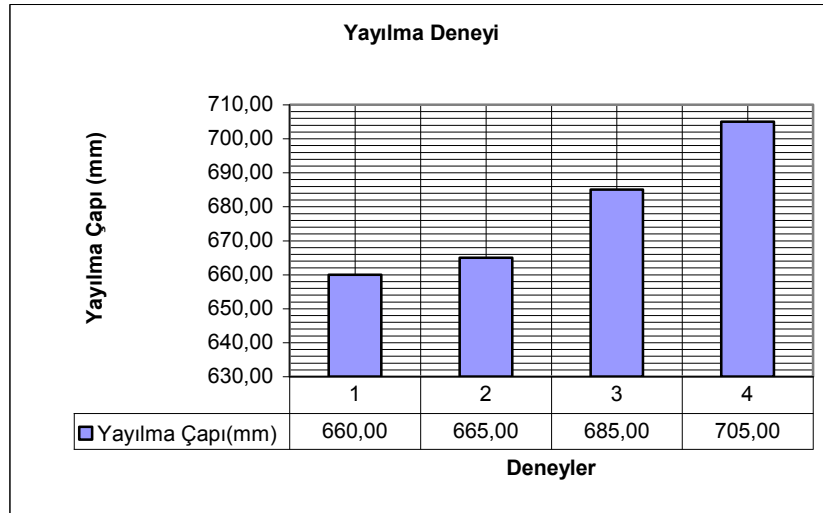
Grafik 2. I Nolu Agrega Elek Analizi

### 3.2. Deneysel Metotlar

KYB, TS EN 206-1'deki kıvam değerlerinden daha yüksek bir kıvama sahiptir [13]. Bu nedenle standartta verilmeyen bazı özellikleri taşımaktadır. Bu değerler 2002 yılında EFNARC tarafından yayınlanan ve kendiliğinden yerleşen beton ile ilgili gerekli tüm bilgileri içeren "Specification and Guidelines for SCC" [14] isimli dokümandır ve bu yapılan deneysel çalışmalarda bu yayındaki değerler referans alınmıştır.

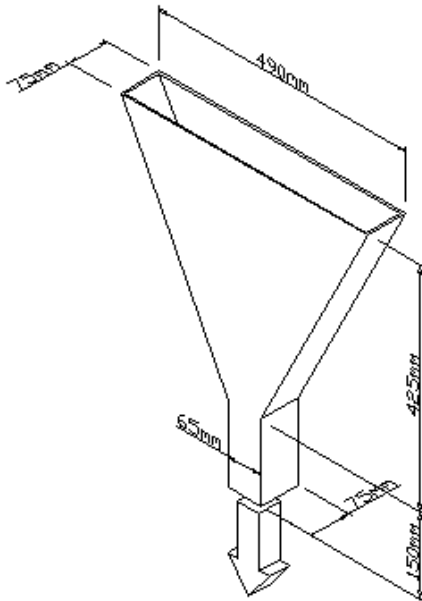
### 3.2.1. Yayılma Deneyi

Bu deney, taze KYB' un deformasyon hızının gözlenmesini ve numunenin kendi ağırlığı ile yayılarak oluşturacağı çapın ölçülmesini kapsamaktadır. Deney aparatı olarak çökme (slump) hunisi ve 80 cm x 80 cm boyutlarında bir tabla kullanılmıştır, çökme hunisi KYB ile doldurularak kendi ağırlığı ile seviyeleşmiştir. Slump hunisi çekildiğinde dairesel olarak yayılan KYB' un ortalama çapı ölçülerek ayrıca bir kronometre ile 50 cm yayılma değeri için geçen zaman dikkatle alınmıştır. Son çap değeri ölçülmüştür. Grafik 3'de yayılma deneylerinden elde edilen son çap değerlerine ait grafik yer almaktadır.



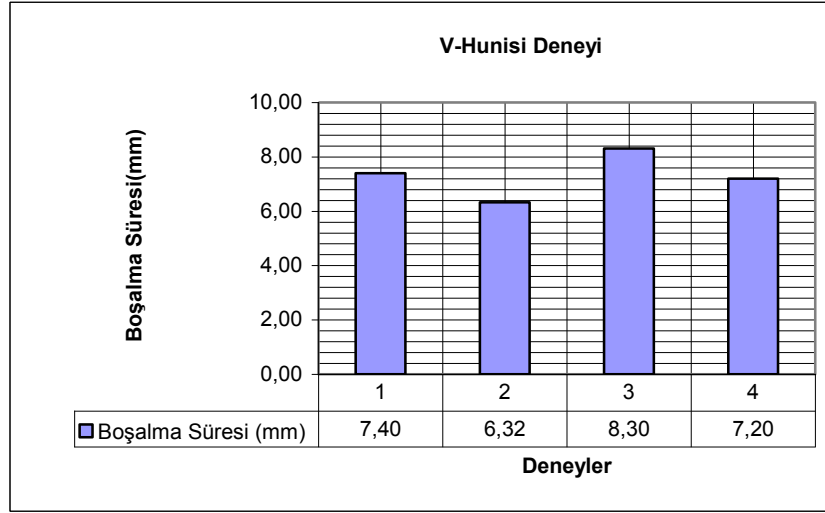
Grafik 3. Yayılma Deneyi Sonuç Grafiği

### 3.2.2. V- Hunisi Deneyi



Şekil 1 V-Hunisi Ölçüleri ve Deney Aparatı

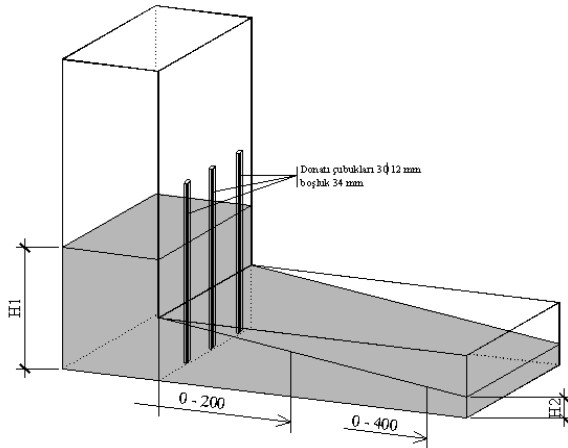
Bu deney, taze KYB' un kendi ağırlığı ile özel tasarlanmış bir huninin dar olan ağzından boşalma süresinin ölçülmesini içerir. Deney, KYB' un vizkozitesi ve geçiş yeteneği hakkında fikir vermektedir. Aparat olarak özel bir huni kullanılır (Şekil 1). Huniye KYB doldurulduktan sonra en altta bulunan sürgülü kapak açılır ve huni içindeki tüm betonun boşalma süresi tutulur. Grafik 4'de V hunisi deney sonuçlarından elde edilen değerlere ait grafik yer almaktadır.



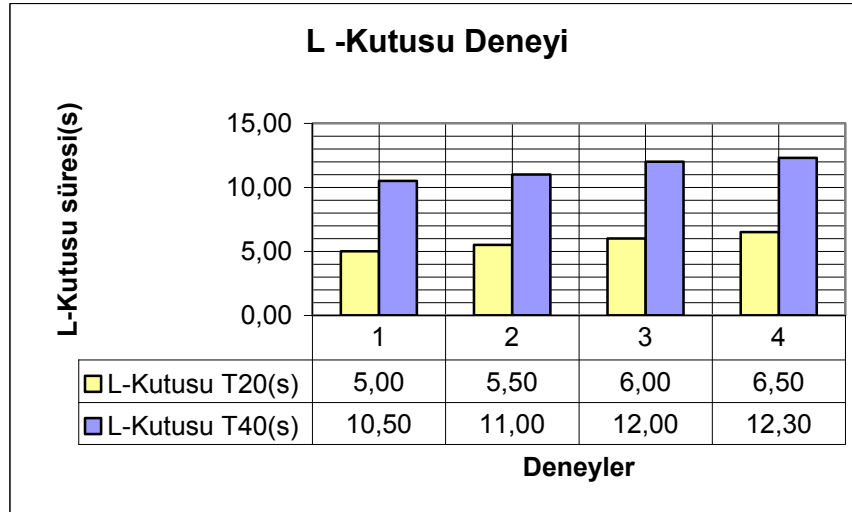
Grafik 4. V Hunisi Deney Sonuç Grafiği

### 3.2.3 L Kutusu Deneyi

Bu deney, taze KYB'un kendiliğinden yerleşme yeteneğinin, doldurma yeteneğinin, geçiş yeteneğinin ve ayrılmaya karşı direncinin L şeklindeki bir kutu içerisinde gözlenmesini kapsar. L kutusu Şekil 2'de görülmektedir. Kutunun alt ortasında sürgülü bir kapak ve aynı zamanda engel teşkil edecek demir çubuklar bulunmaktadır. Sürgülü kapak çekilerek betonun diğer bölüme 20 cm ve 40 cm ilerlemesinin süreleri ölçülür. Aynı zamanda kutunun her iki tarafındaki seviye farkı tespit edilir. Grafik 5'de L-Kutusu deneyinden elde edilen sonuçların grafiği yer almaktadır.



Şekil 2 L-Kutusu Deney Aparatı ve Deney Düzenek Görüntüsü



**Grafik 5. L – Kutusu Deney Sonuç Grafiği**

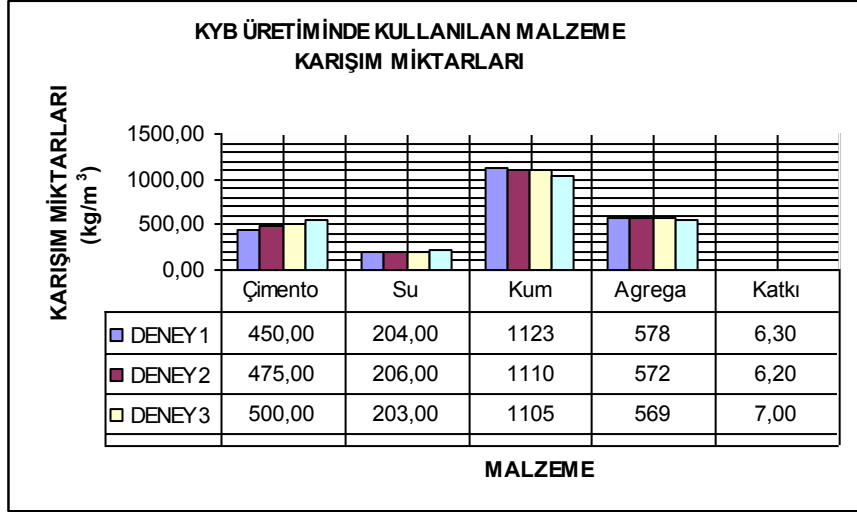
### 3.3 Deneyde Kullanılan Malzeme Miktarları ve Elde Edilen Sonuçlar

Bu çalışmada Tablo 2’de verilen beton karışım oranları kullanılmıştır. Üç farklı deney düzeneğinde deneyler yapılmıştır. Bu deneyler yayılma deneyi, L – kutusu deneyi ve V – hunisi deneyleridir. Deneylerden elde edilen sonuçları, 7 günlük ve 28 günlük basınç değer sonuçları aynı tabloda verilmiştir. Grafik 6’da dört deney için kullanılan malzeme karışım miktarları ile ilgili değerler yer almaktadır. Ayrıca Grafik 7’de ise KYB üretiminden elde edilmiş olan dört adet karışıma ait betonlarla ilgili basınç mukavemetlerinin sonuç değerlerine ait grafik yer almaktadır.

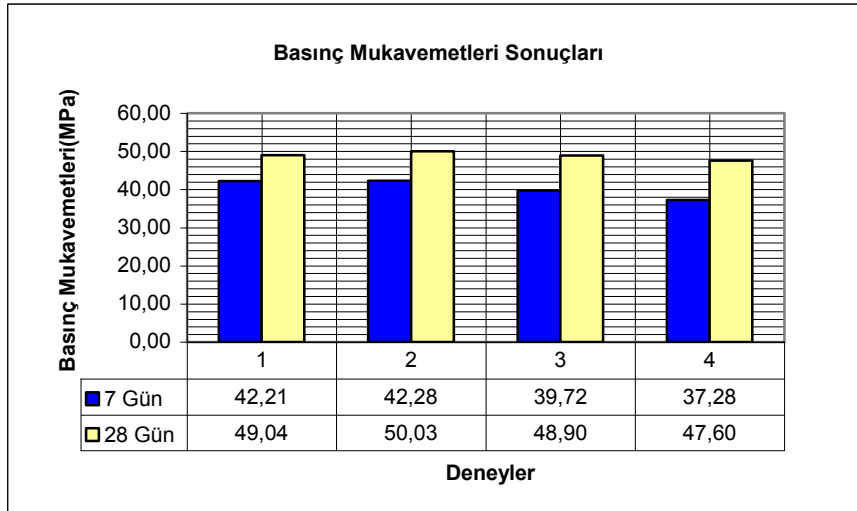
**Tablo 2.** Kendiliğinden yerleşen beton üretiminde kullanılan malzeme karışım miktarları ( $\text{kg/m}^3$ ) ve deneylerden elde edilen sonuçlar.

	<b>Karışım No</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Çimento (CEM I 42,5 R)	550	500	475	450
Su	224	203	206	204
Kum	1041	1105	1110	1123
I nolu agrega	560	569	572	578
Katkı (G27)	% 1.2(6.6)	% 1.4(7)	% 1.3(6.2)	% 1.4(6.3)
Su/Çimento	0.41	0.41	0.43	0.45
Hava miktarı %	1.7	1.7	1.7	1.7
Birim ağırlık	2381.6	2384	2369.2	2361.3
Yayılma deneyi				
T 500 mm ulaşma hızı (2 – 5 sn )	4.31	4.2	4.5	5
Son yayılma çapı (650 – 800 mm)	660	665	685	705
L- kutusu deneyi				
20cm ulaşma süresi (0.6sn)	0.5	0.55	0.6	0.65
40cm ulaşma süresi (1.2sn)	1.05	1.1	1.2	1.23
h1/h2 oranı (0.80>)	0.94	0.92	0.94	0.96
V – hunisi deneyi				
Boşalma süresi (6-12sn)	7.4	6.32	8.3	7.2
Basınç 7 gün basınç (Mpa)	42.21	42.28	39.72	37.28
Dayanımları 28 gün basınç (Mpa)	49.04	50.03	48.90	47.60





Grafik 6. KYB Üretiminde Kullanılan Malzeme Karışım Miktarları



Grafik 7. KYB Üretiminden Elde Edilen Beton Basınç Mukavemetleri Sonuç Grafiği

## 4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

### 4.1.VARYANS ANALİZİ

Deney için hazırlanan beton numunelerine uygulanan basınç sonucunda elde edilen değerlere SPSS 13.0 İstatistiksel Paket Programı yardımı ile iki yönlü yinelemeli varyans analizi uygulanmıştır. Analiz sonuçları Tablo.3'de verilmiştir.

**Tablo.3** Basınç Dayanımı Sonuçlarına Uygulanan İki Yönlü Yinelemeli Varyans Analizi Tablosu

Değişim kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlam Düzeyi
Karışım	5442,400	3	1814,133	13,319***	,000
Gün	55838,136	1	55838,136	409,939***	,000
Karışım * Gün	1012,204	3	337,401	2,477	,086
Hata	3269,060	24	136,211		
Toplam	6464743,375	32			

\*p<0,05      \*\*p<0,01      \*\*\*p<0,001

Tablodan görüleceği üzere, beton karışım tipi ve beklenen gün sayısı değerleri istatistiksel olarak  $p<0,001$  anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna göre, 28 gün bekleme sonucunda elde edilen dayanım değerleri ortalaması ( $488,958 \text{ kg/cm}^2$ ), 7 gün bekleme sonucu elde edilen dayanım değerleri ortalamasından ( $405,413 \text{ kg/cm}^2$ ) daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,001$ ). Aynı şekilde Beton karışım tipi grup ortalamaları arasındaki fark da  $p<0,001$  anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını belirlemek için yapılan Tukey testi sonuçları Tablo.4'de verilmiştir.

**Tablo.4** Beton Karışım Tipi Ortalamalarına Uygulanan Tukey Testi Sonuçları

Karışım	N	Altküme		
		1	2	3
4	8	427,7988		
3	8	443,1563	443,1563	
1	8		456,2363	456,2363
2	8			461,5488
Anlam Düzeyi		,065	,141	,800

Test sonuçları incelendiğinde;

1. ve 2. tip ortalaması arasındaki fark ile ( $p>0,05$ ), 3. ve 4. tip ortalaması arasındaki fark anlamsız ( $p>0,05$ ) bulunmuştur. Aynı şekilde 1. ve 3. tip ortalaması arasındaki fark anlamsız çıkmıştır ( $p>0,05$ ). 4. ve 1. tip arasındaki fark anlamlıdır ( $p<0,05$ ). 4 ve 3 ile 2. tip ortalaması arasındaki fark ise anlamlıdır ( $P<0,05$ ).

Gün grupları kendi içerisinde 7 günlük ve 28 günlük uygulamalar olarak tek yönlü varyans analizine tabi tutulmuş ve 7 günlük gruplar arasındaki fark  $p<0,02$  düzeyinde anlamlıdır.

**Tablo.5** Yedi Günlük Bekleme Sonucundaki Beton Karışım Tiplerinin Basınç Dayanımı Değerlerine Uygulanan Tek Yönlü Varyans Analizi Sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlam Düzeyi
Gruplar arası	5264,208	3	1754,736	9,211**	,002
Gruplar içi	2286,156	12	190,513		
Toplam	7550,364	15			

\*p<0,05      \*\*p<0,01      \*\*\*p<0,001

## 4.2. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu sonuçlara göre, genel olarak şu değerlendirmeler yapılabilir;

1. Yapılan deneyler sonucunda; en ideal karışım 2 nolu karışım olduğu tespit edilmiştir. Bu karışımda kullanılan malzemeler; çimento 500 kg, su 203 kg, kum 1105 kg, I nolu agrega 569 kg ve katkı miktarı 7 kg dir. Bu karışımdan elde edilen sonuçlar ise; yayılma süresi 4.2 sn, son yayılma çapı 665 mm, L kutusu 20 cm ye ulaşma süresi 0.55 sn, 40 cm ye ulaşma süresi 1.1 sn ve h1/h2 oranı 0.92 olarak tespit edilmiştir. V hunisi deneyinde 6.32 sn boşalmıştır. 7 günlük basınç dayanımları ortalaması 42.28 Mpa ve 28 günlük basınç dayanımları ortalaması 50.03 Mpa olarak bulunmuştur.
2. KYB ile elde edilen basınç dayanımlarının yüksek olduğu gözlenmiştir. Yapılan deneylerde basınç mukavemetlerinin %79 ile %84'ünü ilk yedi günde kazandıkları tespit edilmiştir.
3. KYB'un çok titiz bir çalışma gerektirdiği ve hazır beton tesislerinde seri bir şekilde elde edilebildiği gözlemlenmiştir.
4. Çimento miktarının artırılması beton mukavemetinin artması demek olmadığı 1 ve 2 karışımlardaki çimento miktarlarından tespit edilebilir. Çimento miktarı belli bir değeri aştığı zaman beton mukavemetinde düşme olduğu deneylerde tespit edilmiştir.
5. Yüksek akışkanlık özelliği göstermiş ve yerleştirme kolaylığı sağlamıştır. Vibrasyon ihtiyacı olmadığından dolayı daha az gürültü ve daha az maliyet oluşturacak, bu da geleneksel betona maliyetlerini yaklaştıracaktır.
6. Akışkanlıktan dolayı, düzgün yüzey elde edilmesi ve çıkan basınç dayanımlarına göre, yüksek dayanımlı beton elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

## TEŞEKKÜR

Deneilerin gerçekleştirilmesinde verdiği desteklerden dolayı Konya Çimento Fabrikası, Hazır Beton Tesisleri ve Laboratuvarlarına teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

- [1] SONEBI M., "Medium strength self-compacting concrete containing fly ash: Modelling using factorial experimental plans", www.scinedirect.com, Cement and Concrete Research pp 34(2004) 1199-1208
- [2] Nan Su, Kung-Chung Hsu, His-Wen Chai, "A simple mix design method for self-compacting concrete", www.scinedirect.com, Cement and Concrete Research pp 31(2001) 1799-1807
- [3] Wenzhong Zhu, Peter J.M. Bartos, "Permeation properties of self-compacting concrete", www.scinedirect.com, Cement and Concrete Research pp 33(2003) 921-926
- [4] Şahmaran, M., Yaman, İ.Ö., Tokyay M., "Yeni Nesil Yüksek Akışkanlaştırıcı Katkı Maddeleri ile Yüksek Hacimde Uçucu Kül İçeren Kendiliğinden Yerleşen Beton", Beton 2004 Kongre Bildiri, İstanbul, 2004
- [5] Felekoğlu, B., Baradan, B., "Kendiliğinden Yerleşen Betonların Mekanik Özellikleri", Beton 2004 Kongre Bildiri, İstanbul, 2004

- [6] Gürdal, H., Yüceer, Z., Türkiye ve Dünyada Kendiliğinden Yerleşen Beton Uygulamaları, Beton 2004 Kongre Bildiri, İstanbul, 2004
- [7] Sağlam, A. R., Parlak, N., Doğan Ü. A., Özkul M. H., “Kendiliğinden Yerleşen Beton ve Katkı-Çimento Uyumu”, Beton 2004 Kongre Bildiri, İstanbul, 2004
- [8] Şimşek O., Bektaş S., Erdal M., “Vibrasyon Süresinin Betonun Basınç Dayanımına ve Birim Ağırlığına Etkisi”, Politeknik Dergisi, Cilt 5, Sayı 2, s 185-193, Ankara, 2002
- [9] TS EN 197-1, Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002,
- [10] TS EN 1008, Beton-Karma Suyu-Numune Alma, Deneyler ve Beton Endüstrisindeki İşlemlerden Geri Kazanılan Su Dahil, Suyun, Beton Karma Suyu Olarak Uygunluğunun Tayini Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003
- [11] TS 130, Agrega Karışımlarının Elek Analizi Deneyi İçin Metot, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1978
- [12] TS 3530 EN 933-1, Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999
- [13] TS EN 206-1, Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002
- [14] EFNARC Secretary-General, “The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use”, 2002, Brian Poulson, UK