

*Araştırma Makalesi/Research Article*

## Farklı Çimento Tipinin Silindirle Sıkıştırılmış Betonun Basınç Dayanımı Üzerindeki Etkisinin Araştırılması

### Investigation of the Effect of Different Cement Types on Compressive Strength of roller compacted Concrete

Hasan POLAT <sup>1\*</sup>

*Geliş / Received : 05/04/2018*

*Revize / Revised : 28/09/2018*

*Kabul / Accepted : 04/10/2018*

**Ö**z- Geleneksel beton su, çimento, agrega ve belli oranlarda katkı maddeleri katılarak elde edilen kompozit bir yapı malzemesidir. Geleneksel betonların bazı durumlarda istenilen özellikleri sağlayamaması özel betonların kullanımı zorunlu kılmuştur. Bu çalışmada özel betonlardan biri olan silindirle sıkıştırılmış betonun (SSB) bazı özellikleri incelenmiştir. Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) sıkıştırılmasında vibrasyonlu silindirlerin kullanıldığı beton tipidir.

Bu çalışmada farklı çimento tipinin SSB'nin basınç dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. CEM I 42,5 R ve CEM II B-M (V-L) 42.5 R olmak üzere iki farklı çimento tipi, farklı dozajlarda kullanılarak silindir numuneler üretilmiştir. SSB numuneler üzerinde B.HA, VeBe deneyi ve basınç dayanımı (7- 28 günlük) deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda her iki çimento tipinde de çimento dozajının artmasıyla silindirle sıkıştırılmış beton numunelerin basınç dayanımı değerlerinin arttığı ve CEM I 42,5 R tipi çimentonun basınç dayanımı değerlerinin daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Silindirle Sıkıştırılmış Beton, Özel Betonlar, Çimento Tipi, Basınç Dayanımı

**A**bstract- Conventional concrete is a composite building material which is obtained by adding traditional concrete water, cement, aggregate and additives in certain proportions. Because of that the conventional concrete can not provide desired properties in some cases, makes the use of special concrete types compulsory. In this study, some properties of roller compacted concrete (RCC – SSB) which is a type of special concretes is studied. Roller compacted concrete is a kind of concrete that be used vibrating cylinder compactors to produce.

In this study, the effect of different cement types on compression strength of RCC is examined. . Two different cement types, CEM I 42.5 R and CEM II B-M (V-L) 42.5 R, were used in different dosages to produce cylinder samples. Density tests, VeBe tests and compressibility tests (7- 28 days) are performed on the RCC samples. As a result of the experiments, it was concluded that compression strength of RCC samples are increased with increase of cement dosage for two of the cement types. But CEM I 42,5 R type cement is provided better compression strength values.

**Keywords:** Roller Compacted Concrete, Special Concrete, Cement Type, Compression Strength

#### I. GİRİŞ

Özel betonlar, tasarım ve uygulama alanları yönünden geleneksel betonlardan birçok farklı özelliklere sahip betonlar olarak adlandırılabilir. Özel betonları, katkı maddeleri ve farklı özellikte agrega kullanarak beton bileşenlerini ve bileşen oranlarını değiştirip, üretim tekniklerinde değişiklik yaparak üretebilmek mümkündür [1].

<sup>1\*</sup>Sorumlu yazar iletişim: [hpolat@bingol.edu.tr](mailto:hpolat@bingol.edu.tr)

Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Teknik Bilimler MYO, Bingöl üniversitesi, Bingöl, Türkiye

Özel kullanımlar alanları için tasarlanmış olan farklı tip özel betonlar bulunmaktadır. Genelde, Portland çimentosu bileşenleri bir şekilde değişime uğratarak bazı beton özelliklerin değiştirilmesi ve betona yeni özellikler kazandırılmak mümkündür. Bu özel tip betonların bazıları çok uzun zamanlardan beri inşaat alanında kullanılmalarına rağmen, bazıları ise beton dünyasında yeni kullanılmaktadır [2].

Özel beton türlerinden biri olan silindire sıkıştırılmış beton, sıkıştırılmasında vibrasyonlu silindirlerin kullanıldığı beton tipidir. Yaygın olarak yol kaplaması ve beton barajların yapımında kullanılan silindire sıkıştırılmış beton (SSB), geleneksel betona göre su miktarı daha az ve kuru kıvamda (sıfır slump değeri) bir betondur [3-4-5].

Çeşitli sınıflarda gruplandırılmış ince ve kaba agrega, uçucu kül, çimento ve bazı katkıların uygun miktarda su ile karıştırılıp iş makineleri vasıtasıyla serilmesi ve titreşimli silindire uygun oranda sıkıştırılmasından oluşan beton cinsidir. SSB'nin bütün özellikleri geleneksel betonlarla aynıdır. Ancak kütle betonlarında yerleştirme kolaylığından dolayı geleneksel betonlara göre birçok avantajı vardır. Bu avantajları şöyle sıralayabiliriz: (1) Düşük su içeriği nedeniyle birim ağırlığı daha yüksek beton oluşur; (2) Düşük su içeriği nedeniyle daha az çimento içerir; (3) Hidratasyon ısısı geleneksel betonlara göre daha düşüktür; (4) Geniş alanlarda çok hızlı ve büyük hacimde yerleştirme imkânı sağlar. Bütün bu özellikleri bakımından geleneksel betonlara göre daha ekonomiktir.

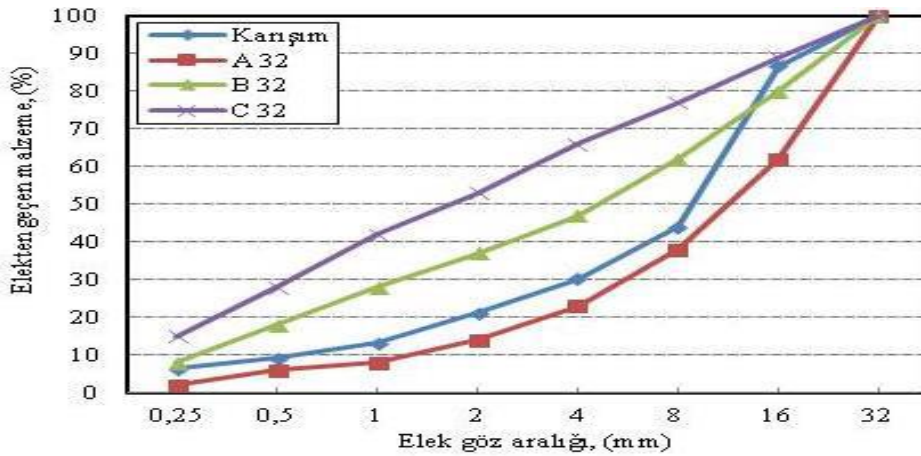
SSB uygulaması 1940'lı yıllarda Washington'da bir havaalanı pistinde kullanılmıştır [6]. Ülkemizde ise SSB ilk defa 1982-1983 yıllarında Karakaya Barajı mansap batardosunda kullanılmıştır [7]. Daha sonra Çine Suçatı, ve Cindere barajlarında da gövde kısmında kullanılmıştır [8]. Silindire sıkıştırılmış betonlarda çimento dozajı genellikle 100-200 kg/m<sup>3</sup> olarak kullanılmakta olup yol ve zemin kaplamaları gibi özel durumlarda SSB'lerde çimento dozaj 350 kg/m<sup>3</sup>'e kadar artabilmektedir [9-10].

Birçok farklı çalışmada değişik tip çimentoların betonda etkileri için araştırmalar yapılmıştır [11-12-13]. Çalışmaların çoğu farklı çimento türlerinin betonun durabilite sorunları karşısındaki davranışlarını incelemeye yöneliktir. Fakat çimento tiplerinin SSB etkisinin kıyaslandığı bir çalışmaya olmadığından, bu çalışmada Ülkemiz'de üretilen değişik tipteki (CEM I 42.5 R ve CEM II A-W 42.5 R) çimentolar ile üretilen SSB 'nun basınç dayanımı etkisi incelenmiş ve birbirleriyle kıyaslanmıştır.

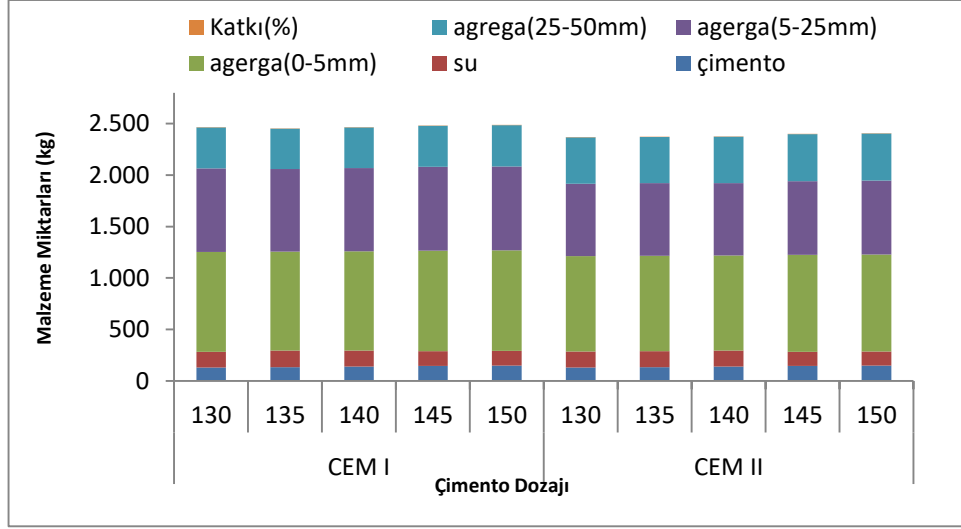
## II.MALZEME VE METOT

### A. Malzeme

Bu çalışmada bağlayıcı malzeme olarak TS EN 197-1'e [14] uygun CEM I 42,5 R ve CEM II A-W 42.5 R olmak üzere iki farklı tip çimento kullanılmıştır. SSB üretiminde 0-5mm, 5-25mm ve 25-50mm olmak üzere üç çeşit bazalt kökenli kırma taş agregası kullanılmış olup yapılan elek analizi sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. TS EN 934-2 [15] uygun olarak akışkanlaştırıcı katkı maddesi (Sikament -MR 72S) kullanılmış olup SSB üretiminde kullanılan malzeme miktarları Şekil 2'de ve, katkı maddelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de kullanılan çimentoların fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2 'de verilmiştir.



Şekil 1. Elek analizi sonuçları



Şekil 2. Kullanılan Malzeme Miktarları

Tablo 1. Sikament –MR 72S Teknik Özellikleri

Malzeme Yapısı	Modifiye polimer esaslı sıvı
Renk	Kahverengi homojen sıvı
Yoğunluk	1,085 – 1,125 kg/l, 20°C’de
Klor içeriği %	En fazla % 1
Donma Noktası	9 C <sup>0</sup>
Ph değeri	5-9

Tablo 2. Çimentoların Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Özellikler	CEM I 42.R	CEM II A-W 42.5 R	Özellikler	CEM I 42.R	CEM II A-W 42.5 R
2 Günlük Basınç Dayanımı (Mpa)	28.7	31.0	Çözünmeyen Kalıntı (%)	0.2	-
7 Günlük Basınç Dayanımı (Mpa)	44.4	46.7	Özgül yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	3650	3765
28 Günlük Basınç Dayanımı (Mpa)	59.9	56.1	Priz Başlangıcı (dakika)	145	135
SO <sub>3</sub> (%)	2.8	2.65	Priz Sonu (saat)	03.55	220
MgO (%)	1.1	1.07	Hacim Sabitliği (mm)	0.5	0.5
Cl (%)	0.009	0.012	Serbest Kireç (%)	1.4	1.7
Kızdırma Kaybı (%)	2.7	2.95	Eşdeğer Alkali (Na <sub>2</sub> O+0,658K <sub>2</sub> O) (%)	1.01	1.13

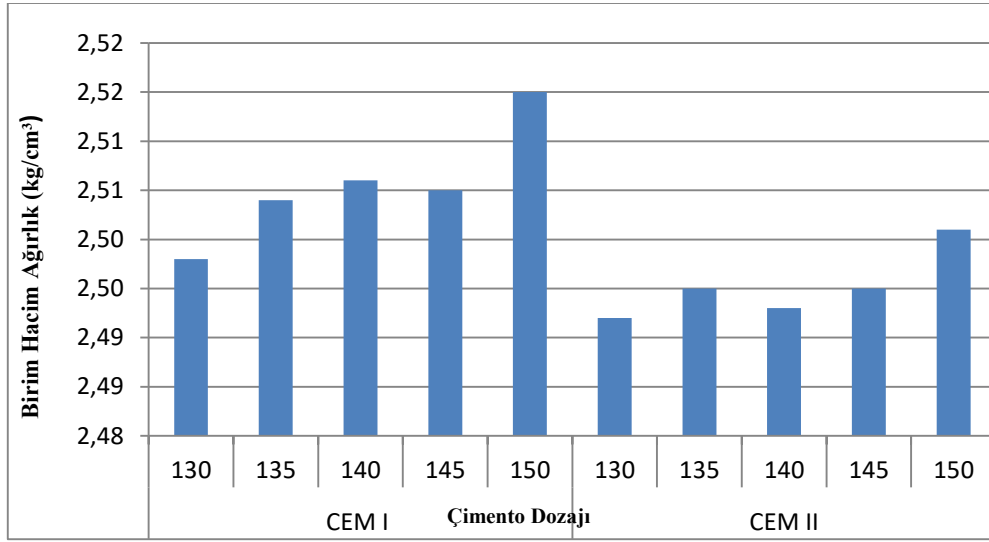
### B. Metod

SSB'nin üretim aşamasının geleneksel betonda olduğu gibi silindir (10cmx30cm) beton test örnekleri hazırlanmıştır. SSB'nin test örnekleri hazırlanırken sahadaki uygulamaya en yakın ve benzer şekilde oluşturulmasına dikkat edilmelidir. Gerçekte ağır iş makinaları yapılan işlem her ne kadar laboratuvar şartlarında yakalamak zor olsa da buna en yakın homojen ve sıkışmış test örnekleri hazırlanmıştır. Silindirle sıkıştırılmış beton numunelerim hazırlanmasında titreşimli tokmak yöntemi (ASTM C 1435) [16] ve enerjili numune yayması için özel bastırma plakası kullanılmıştır. SSB numuneleri silindir kalıplara üç aşamada dökülmüş olup her aşamada sıkıştırma yöntemi uygulanmıştır.

## III. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLERİNDİRİLMESİ

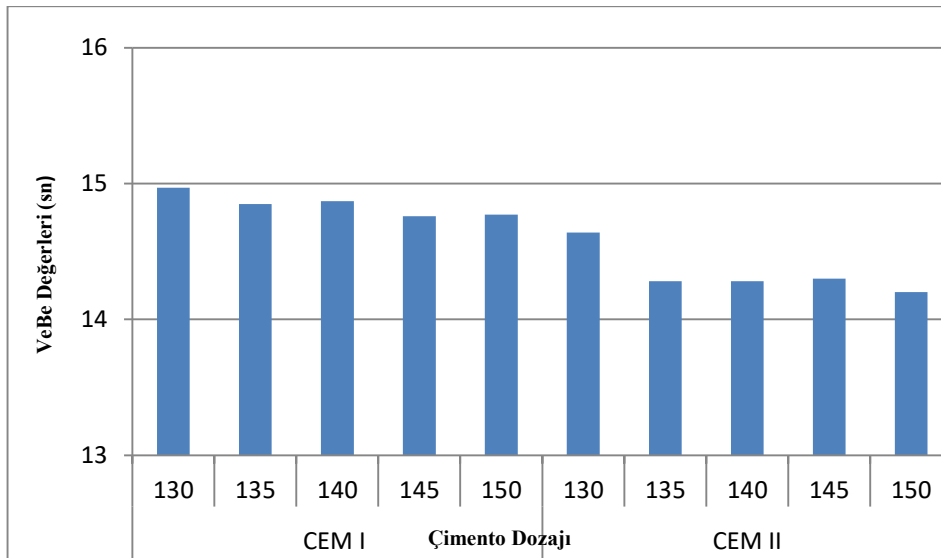
A. *VeBe ve Birim Ağırlık Deney Sonuçları*

TS EN 12350-6 [17]'e göre elde edilen birim ağırlık değerleri Şekil 3'de ve ASTM C 143 [18] ve TS EN 12350-3 [19]'göre elde edilen VeBe deney sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi birim ağırlık değerlerinde her iki tip çimento türünde de, çimento dozajının artmasına bağlı olarak birim hacim ağırlık değerlerinde artma meydana gelmiştir.



Şekil 3. Birim hacim ağırlık verileri

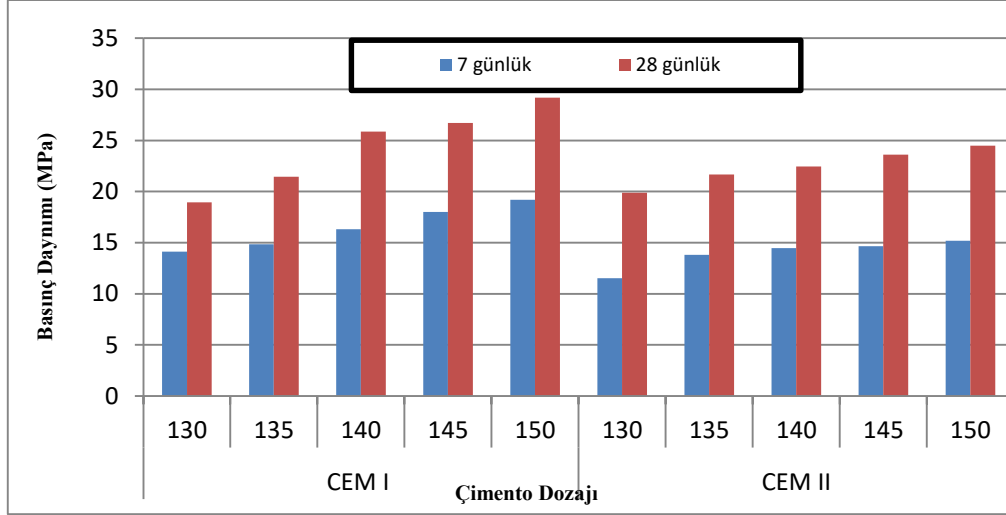
Şekil 4'te gösterilen VeBe verileri incelendiğinde ise, her iki çimento tipinde de çimento dozajı arttıkça klinker oranının artmasına bağlı olarak işlenebilirlik artmış ve buna bağlı olarak VeBe süresinde azalma meydana gelmiştir. İki çimento tipi karşılaştırıldığında ise CEM II çimentosu puzolan malzeme ( Uçucu kül) içerdiğinden dolayı VeBe süresinin CEM I 're göre daha kısa olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4. Vebe verileri (sn)

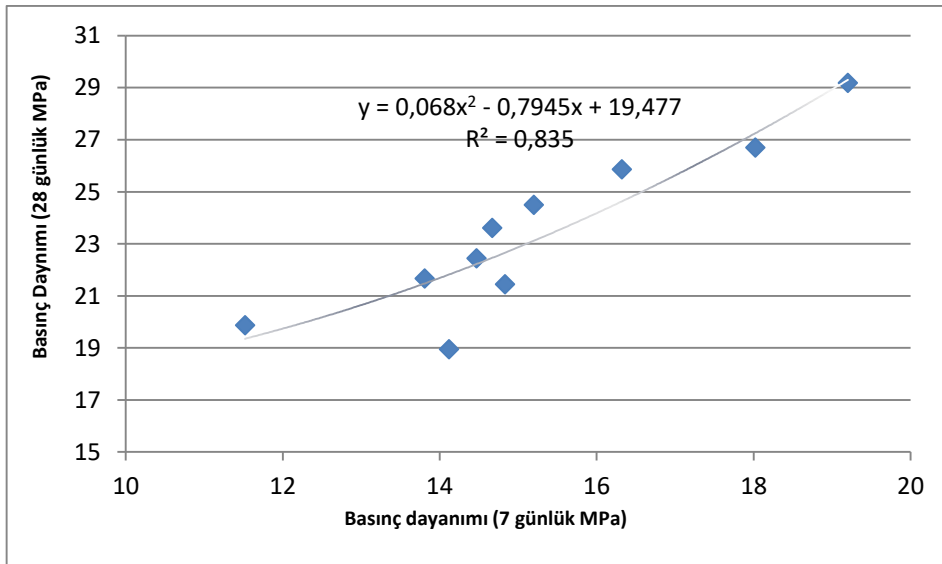
### B. Basınç dayanımı deney sonuçları

TS EN 12390-3' [20] ye göre yapılan basınç dayanımı deney sonuçları Şekil 4'te verilmiş olup çimento dozajının artmasıyla basınç dayanımı değerlerinde (7-28 günlük ) artma meydana gelmiştir. 7 günlük basınç dayanımları incelendiğinde, basınç dayanımı değerlerinde CEM II A-W 42.R tipi çimentonun içeriğindeki puzolan malzemeden ( Uçucu kül) dolayı CEM I 42.5 R tipi çimentoya göre daha düşük değerler verdiği sonucuna varılmış olup, en yüksek basınç dayanımı değerinin CEM I 42.5 R tipi çimentonun 150 dozaj kullanılarak üretilen silindir numuneden elde edilmiştir.



Şekil 5. Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Şekil 5'de verilen 28 günlük basınç dayanımı değerleri incelendiğinde, erken yaş dayanımı (7 günlük) benzer bir değişim gösterdiği ve en yüksek basınç dayanımı değerinin her iki çimento türünde de en yüksek çimento dozajı oranından (150 Dz) elde edilmiştir. 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri arasında yüksek bir ilişki olduğu ( $R^2 = 0,835$ ) belirlenmiş olup bu ilişki Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Basınç dayanımı (7-28 günlük) ilişkisi

#### IV.SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada farklı farklı çimento tipinin silindirle sıkıştırılmış betonun basınç dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. CEM I 42.5 - R ve CEM II A-W 42.5 - R olmak üzere iki farklı çimento tipi beş farklı dozaj oranlarında (130, 135, 140, 145 ve 150) kullanılarak silindir numuneler üretilmiştir. Üretilen numuneler üzerinde taze beton deneyleri olarak B.HA ve VeBe sertleşmiş beton deneyleri olarak ve basınç dayanımı (7- 28) yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucu elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

Deney sonuçları incelendiğinde üretilen SSB betonun birim hacim ağırlık değerlerinde çimento dozajının artmasıyla birim hacim ağırlık değerlerinde artma meydana gelmektedir. Meydana gelen artma belli bir oran şeklinde meydana gelmektedir. Yine klinker oranı bakımından zengin olan CEM I 42.5 - R tipi çimento kullanılarak üretilen beton numunelerinin birim ağırlıklarının diğer numunelere (% 0.24- % 0.55) göre değişen oranlarda artış gösterdiği gözlemlenmiştir. En yüksek artış miktarı en yüksek çimento dozajı (150 Dz) oranından elde edilmiş olup, artış miktarı % 0.55 oranındadır. Bu artış miktarının klinker oranının fazla olması, hidrasyon ürünlerinin fazla olmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

Basınç dayanımı deney sonuçları incelendiğinde, B.H.A deney sonuçlarında olduğu gibi kullanılan çimento dozajının artmasıyla 7 günlük ve 28 günlük basınç dayanımı değerlerinde artma meydana gelmiştir.

Kullanılan çimento tiplerinden en yüksek dayanımı CEM I 42.5 - R kullanılarak üretilen 150 dozajlı SSB serilerinde, en düşük basınç dayanımı değerleri CEM II A-W 42.5-R kullanılarak üretilen SSB serilerinden elde edilmiş olup 7 ve 28 günlük basınç dayanımı verileri arasında yüksek bir ilişki olduğu ( $R^2 = 0,835$ ) belirlenmiştir. Sonuçları incelendiğinde SSB'nin geleneksel betondan farklı özellikler istenilen durumlar ve alanlarda ( barajlar, yol, zemin kaplaması vb.) kullanılması uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

#### KAYNAKLAR

- [1] Türel, S., “Özel betonlar, Hafif Beton” İMO İzmir Şubesi Bülteni., vol. 135, 2007.
- [2] Özturan , T., “ Özel Betonlar “ Boğaziçi Üniversitesi İstanbul, 20007.
- [3] Karakurt., C, Pektaş., R.M., “Uçucu Kül ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Silindirle Sıkıştırılmış Betonların Özellikleri” Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, vol. 2(2), 2015.
- [4] Atış., D.C, Uçucu Kül İçeren Silindirle Sıkıştırılmış Betonların Özellikleri, Turk J Engin Environ Sci., vol. 25, pp:503 – 515, 2001.
- [5] Andriolo R.F.,"The Use of Roller Compacted Concrete"Past-Press, ISSMFE,SaoPaulo, Brazil, vol. 554 pp: 1998.
- [6] Harrington, D., Abdo, F., Adaska, W., Hazaree, C., “Guide for Roller Compacted Concrete Pavements”, National Concrete Pavement Technology Center, Institute for Transportation, Iowa State University, 2010.
- [7] Öztürk, A., Yıldız, D., “Silindirle Sıkıştırılmış Beton Baraj Teknolojisi ve Türkiye’deki Uygulamaları”, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye Mühendislik Haberleri, Vol. 393, pp: 39-46, 1998.
- [8] Özcan, S., Silindirle Sıkıştırılmış Betonun Farklı Yastık Karışımları ile Yapışma Verimliliği, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2008.
- [9] Yazıcı., Ş, Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB), İMO, İzmir Şubesi- Ocak, Vol. 138, 2008.
- [10] Yazıcıoğlu, S., Demirel, B., Gönen, T., Özer, Ş., “Farklı Tip Çimentoların Betonun Karbonatlaşmasına Etkisi”, Sdu International Journal of Technological Science, Vol. 4(3), 2014.
- [11] Karaduman, N., “Farklı Tip Çimentoların Yüksek Sıcaklıklara Direnci”, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, 2008.,
- [12] Türkel S., Alabaş V., “İki Farklı Çimento ile Üretilen Betonların Basınç Dayanımına Değişik Buhar Kürü Uygulama Sürelerinin Etkileri”, ECAS2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, 2012.

- [13] Güneyisi E., Özturan T., Gesoğlu M.,”Farklı Çimento Tipi Kullanımının Betonun Durabilite Özellikleri Üzerine Etkileri”, Bildiriler Kitabı 17. Teknik Kongre, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul., pp: 460-463, 2004.
- [14] TS EN 197-1, Çimento - Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [15] TS EN 934-2, “Beton, Harç ve Şerbet için Kimyasal Katkılar,” Türk Standartları Enstitüsü, Mart 2002.
- [16] ASTM C 1435, Standard Practice For Molding Roller Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Hammer, Annual Book of ASTM Standards,
- [17] TS EN 12350-6, Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 6: Yoğunluk. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.,
- [18] ASTM C 143, Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete. Annual Book of ASTM Standards, 3p. USA, 2000.
- [19] TS EN 12350-3, Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Vebe Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [20] TS EN 12390-3, Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2010.