



**TÜRKÇİMENTO**

**SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ  
BETON (SSB) YOLLAR:  
KARIŞIM TASARIMI**

TÜRKÇİMENTO  
2024

Bu raporun yayın ve dağıtım hakkı TÜRKCİMENTO'ya aittir. Tamamı veya herhangi bir bölümü TÜRKCİMENTO'nun yazılı izni olmadan fotokopi dahil mekanik ve elektronik ortamda transfer edilemez, çoğaltılamaz ve dağıtılamaz.



## 1. Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Bileşenleri

İsmi yapıyı esnasında betonun sıkıştırılması ve son şeklinin verilmesinde kullanılan ağır vibrasyonlu çelik tambur ve lastik tekerlekli silindirlere alan SSB yollar, rijit üstyapı yapımında kullanılan geleneksel beton karışımlarına benzer dayanım özellikleri gösteren, yoğun (sürekli) gradasyona sahip agreganın bağlayıcı malzemeler ve su ile geleneksel betona kıyasla farklı oranlarda karıştırılmasıyla üretilen özel bir beton tipidir (Akbelen ve diğerleri, 2023). SSB karışımı ile geleneksel beton karışımı arasındaki temel farklılık SSB üretiminde daha yüksek oranda ince agrega kullanılarak betonun daha iyi sıkıştırılması ve kompakt bir iç yapı elde edilmesidir (Yaman ve Ceylan, 2013).



Şekil 1. Silindirle Sıkıştırılmış Beton Bileşenleri



Şekil 2. Silindirle Sıkıştırılmış Beton

## 2. Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Karışım Tasarımı

Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) yolların karışım tasarımı için, malzeme seçiminin yanı sıra, malzemelerin doğru oranlarda kullanılması büyük önem taşımaktadır. Malzeme oranlarının sistematik ve bütüncül bir yaklaşımla belirlenmesi gerekmektedir. Geleneksel betona göre daha düşük boşluk oranına sahip olan ve çok kuru kıvama sahip SSB karışımlarında, malzeme oranlarının belirlenmesi sırasında, proje bazlı hedeflenen mühendislik özellikleri (örneğin, genleşme ve büzülme davranışı) ve yapısal gereksinimler (örneğin, dayanım) dikkate alınmalıdır.

Dünya genelinde SSB yollarda kullanılan en yaygın karışım tasarım yöntemi zemin sıkıştırma yönteminin beton tasarımına adapte edilmiş bir versiyonudur.

Bu yöntemle SSB karışım tasarımı yapılırken takip edilen adımlar aşağıda verilmektedir.

## 2.1. Agregası Seçimi

SSB karışımına uygun yoğun (sürekli) gradasyon için agregası seçimi yapılırken Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 12 Mart 2020 tarihli ve 31066 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol Genel Teknik Şartnamesi” Kısım 20.03.01’de yer alan Alt Limit ve Üst Limit kriterleri dikkate alınır (Tablo 1). Bu doğrultuda, toplam agregası hacmi içerisinde farklı agregası gruplarının (genellikle ince, orta ve iri olmak üzere 3 grup) hacimleri belirlenirken her bir dane çapı için alt ve üst limit kriterlerinin sağlanması gereklidir. Ayrıca, her bir agregası grubu için belirlenecek hacimsel dağılım beton karışım tasarımı ve agregası gradasyonunun analizinde kullanılan ve betonun sıkıştırılabilirliği, dayanıklılığı ve işlenebilirliği üzerinde önemli etkileri olan 0.45 eğrisine mümkün olduğunca yakın seçilmelidir.

**Tablo 1.** Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol Genel Teknik Şartnamesi SSB tabakası gradasyon limitleri (TS 706 EN 12620+A1 Elek serisi ile) - Maksimum agregası tane boyutu 22,4 mm için

| Dane çapı (mm) | Yüzde geçen (%) |           |
|----------------|-----------------|-----------|
|                | Şartname        |           |
|                | Alt limit       | Üst limit |
| 31.5           | 100             | 100       |
| 20             | 96              | 99        |
| 16             | 82              | 98        |
| 14             | 78              | 96        |
| 12.5           | 70              | 94        |
| 10             | 62              | 86        |
| 8              | 56              | 79        |
| 6.3            | 49              | 70        |
| 5.6            | 44              | 65        |
| 4              | 38              | 58        |
| 2              | 28              | 48        |
| 1              | 19              | 38        |
| 0.5            | 14              | 28        |
| 0.25           | 8               | 22        |
| 0.125          | 2               | 15        |
| 0.063          | 0               | 7         |

## 2.2. Çimento Tipi ve Dozajının Belirlenmesi

Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol Genel Teknik Şartnamesi’nde göre SSB yolların karışım tasarımında minimum bağlayıcı dozajı 250 kg/m<sup>3</sup> CEM I 42,5 R tipi çimento ve 50 kg/m<sup>3</sup> uçucu kül olarak belirlenmiştir. Ancak şartnamede tarif edilen kriterlere bağlı olarak uçucu külün temin edilememesi durumunda minimum bağlayıcı dozajı 270 kg/m<sup>3</sup> olmalıdır. Bu doğrultuda kullanılacak çimento dozajı, yapım mevsimi, taşıma süresi, trafik yükü vb. proje özellikleri değerlendirilerek belirlenir.

Tasarım aşamasında başlangıç olarak katkı ilavesi olmadan hedeflenen tasarım birim hacim ağırlığının yüzde 11 ile 13'ü arasında bir çimento dozajı seçilerek deneme üretimleri yapılabilir.

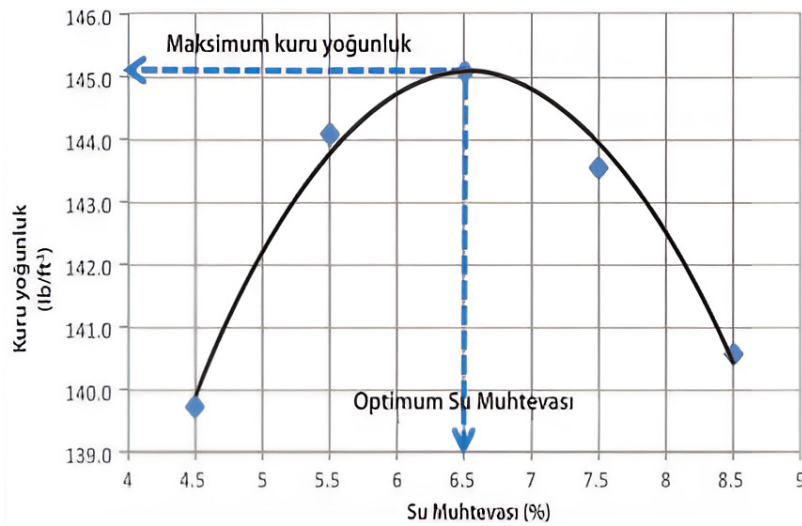
### 2.3. Su Muhtevası-Yoğunluk İlişkisi Grafiğinin Oluşturulması

Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) karışım tasarımında temel hedef, betonun mukavemeti, işlenebilirliği ve dayanıklılığı üzerinde belirleyici bir rol oynayan optimum su muhtevasını (maksimum kuru birim yoğunluğu sağlayan su miktarı) tespit etmektir. Bu hedefe ulaşmak için, standartlaştırılmış deney yöntemleri kullanılarak, çeşitli su muhtevası değerlerinde hazırlanan deneme karışımlarının kuru yoğunlukları ölçülür. Elde edilen veriler, su muhtevası ile kuru yoğunluk arasındaki ilişkiyi gösteren bir grafik üzerinde temsil edilir.

Bu grafik, genellikle kuru yoğunluğun su muhtevasına bağlı olarak nasıl değiştiğini gösteren bir eğri şeklinde çizilir. Eğrinin en yüksek noktası, beton karışımının ulaşabileceği maksimum kuru yoğunluğu ve bu yoğunluğa ulaşılması için gereken optimum su muhtevasını gösterir. Optimum su muhtevası, betonun sıkıştırılabilirliği ve kazanacağı mukavemet açısından kritik bir değerdir.

Optimum su muhtevasının belirlenmesi, beton karışımının işlenebilirliğini artırırken, gereksiz su eklemenin neden olabileceği mukavemet kayıplarını önlemek için esastır. Ayrıca, bu optimum değer, farklı çevresel koşullar ve malzeme tipleri (agrega özellikleri başta olmak üzere) için değişiklik gösterebilir. Bu nedenle, her proje için özel olarak belirlenmesi, betonun istenilen özelliklere sahip olmasını sağlamak açısından önemlidir.

$$\text{Su muhtevası (\%)} = 100 \times \frac{\text{Su ağırlığı}}{(\text{Bağlayıcı malzeme} + \text{Kuru agrega ağırlığı})}$$



Şekil 3. Su muhtevası - yoğunluk ilişkisi (Harrington ve diğerleri, 2010)

### 2.4. Basınç Mukavemetini Belirlemek için Deney Numunelerinin Hazırlanması

SSB'nin çökme (slump) değeri "0" mm olduğu için basınç dayanımı özellikleri tayini için hazırlanacak numunelerde geleneksel beton sıkıştırma teknikleri kullanılamamaktadır.

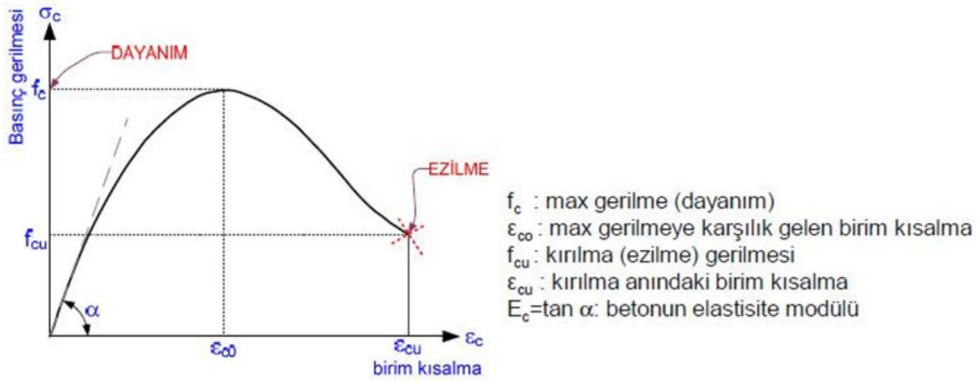
Numunelerin hazırlanmasında TS EN 13286-51 standartlarında belirtildiği üzere özel bir sıkıştırma tokmağı kullanılmaktadır (Şekil 4).



**Şekil 4.** SSB Küp Numunelerin Hazırlanması

## 2.5. Deney Numuneleri ile Gerekli Çimento Miktarının Seçimi

Malzemelerin ve nihai karışım oranlarının değişkenliğinin sağlanabilmesi için, SSB karışımlarının laboratuvarında hedef dayanım kontrolleri yapılır.



**Şekil 5.** Dayanım - Şekil Değiştirme İlişkisi

## 2.6. Karışım Oranlarının Belirlenmesi

Hedef dayanımın sağlanmasının akabinde kıvam testleri (Şekil 6) ve nem düzeltmeleri yapılarak nihai SSB karışım oranları belirlenir. İlgili karışım oranları esas alınarak  $1 \text{ m}^3$  SSB için bileşen miktarları hesaplanır. Bileşen miktarları belirlendikten sonra santral üretim kontrolleri (Şekil 7) ile nihai tasarım miktarları tespit edilir.





Şekil 6. VeBe Kıvam Testi



Şekil 7. SSB Santral Üretim Kontrolleri

## Kaynakça

- Akbelen, M. B., Yılmaz, M. C., Güngör, A. G., & Yaman, I. O. (2023). Initial Construction Cost Comparison of Roller Compacted Concrete (RCC) and Hot-Mix Asphalt (HMA) Pavements Used in The Turkish Local Road Network. 14th International Symposium on Concrete Roads Papers, Poland, Krakow, 25-28 Jun, (49).
- Harrington, D., Abdo, F., Adaska, W., & Hazaree, C. (2010). Guide for Roller Compacted Concrete Pavements, National Concrete Pavement Technology Center, Iowa State University, USA
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) (2020). Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol Genel Teknik Şartnamesi. İnşaat Genel Teknik Şartnamesi. Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı, Ankara. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/yfk/icerikler/c20-silindirle-sikistirilmis-beton-yol-20200622100552.pdf>
- Yaman, İ. Ö., & Ceylan, H. (2013). Silindirle sıkıştırılmış beton yollar. Beton 2013 Hazır Beton Kongresi, 21-23.
- Fuller, W.B., & Thompson, S.E. (1907). The laws of proportioning concrete. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 59, 67-143.



## TÜRKCİMENTO

Tepe Prime A Blok Kat: 18-19  
Eskişehir Devlet Yolu  
(Dumlupınar Bulvarı) 9. km  
No: 266 06800 Ankara  
T: 444 50 57 - F: 0 (312) 265 09 06-05  
[www.turkcimento.org.tr](http://www.turkcimento.org.tr) - [info@turkcimento.org.tr](mailto:info@turkcimento.org.tr)

 [in](#)    /turkcimento