

BETON YOL

Türkiye'nin Yeni Yolu

Beton Yollarda Kalite Kontrol

Silindire Sıkıştırılmış Beton (SSB)
Yollarda Kalite Kontrol



TÜRKÇİMENTO

**Beton Yollarda Kalite Kontrol: Silindirle Sıkıştırılmış
Betón (SSB) Yollarda Kalite Kontrol**

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

Beton Yollarda Kalite Kontrol

Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yollarda Kalite Kontrol

Yollar, bir bölgenin kalkınmasında ve refahında önemli rol oynar. İnsanların ve malların güvenli ve verimli bir şekilde taşınmasını sağlayarak ekonomiyi canlandırır, sosyalleşme ve ticaretin gelişmesini sağlar. Yolların kaliteli olması ve uzun ömürlü olmasında kalite yönetimi ve kalite kontrol oldukça önemlidir.

Kalite kontrol, nihai ürünün belirlenen kalite seviyesini karşılmasını sağlaması için bir imalatın üretim veya yapım süreçlerinin izlenmesi, değerlendirilmesi ve ayarlanması için belirlenen süreçler olmak üzere tanımlanabilir (Cavalline vd., 2021). Kalite kontrol, bir üretim veya imalat sürecinin sürekli kontrolünü sağlamak için örnekleme, test, denetim ve gerektiğinde düzeltici eylemleri içerir.

Yol imalatlarında kalite kontrol testleri, yolların belirlenen standartlara uygun olarak inşa edilmesini ve gerekli güvenlik ve dayanıklılık seviyelerine ulaşmasını sağlar. Bu testler, yol yapımında kullanılan malzemelerin ve uygulama tekniklerinin kontrolünü içerir.

Uygun kalitede yapılmayan yol imatları artan bakım-onarım maliyetleri, yenileme çalışmalarının programlama süreçlerine yansımaları, zaman kaybı, uygun olmayan projeye kaynak ayırma ihtiyacı nedeniyle diğer işler üzerindeki etkileri gibi pek çok orta ve uzun vadeli soruna neden olmaktadır. Nihayetinde, zayıf kalite kontrolden kaynaklanan standart altı performans, bir kurumun kaynak ve itibar kaybına yol açabilir (Cavalline vd., 2021). Buna karşılık, iyi uygulanmış bir kalite kontrol planı; artan karlılık, azalan yeniden imalat ihtiyacı, kamu ve yüklenici imajının ve kullanıcı memnuniyetinin iyileştirilmesi ve bazı durumlarda güvenliğin artması gibi aşağıdaki örneklerde yer aldığı üzere birçok fayda sağlar.

1. Güvenliği Artırır: Kaliteli yollar, kazaların azalmasına ve trafik akışının iyileşmesine katkıda bulunur. Bu da can ve mal güvenliğinin korunmasına yardımcı olur.
2. Ekonomik Fayda Sağlar: Kaliteli yollar, daha az bakım ve onarım gerektirir. Uzun vadede önemli ölçüde maliyet tasarrufu sağlar.
3. Kullanım Ömrünü Uzatır: Kaliteli yollar, daha uzun süre dayanır ve daha az bozulma gösterir. Yolların yeniden yapım ihtiyacını geciktirir ve uzun servis ömrü sağlar.

Bir yol inşaatında kalite kontrol işlerinin maliyeti, genellikle toplam yol maliyetinin %1 ile %5'i arasında değişmektedir. Bu oran, projenin tipi, büyüklüğü, standartları ve yapıldığı bölgeye göre değişiklik gösterir (Hallegatte vd., 2019).

Bir yol projesinde proje düzeyinde kalite kontrol sisteminin oluşturulması, ön yeterlilik, doğrulama, imalat ve kabul olmak üzere farklı aşamalarda uygulanır. Kalite kontrol faaliyetleri için örnek bir çerçeve Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1: Kalite kontrol faaliyetleri için örnek bir çerçeve (Cavalline vd., 2021'den düzenlenmiştir.)

Beton Kaplama İnşaat Kalite Kontrol Kabulü				
	Karışım Tasarımı (Ön Yeterlilik)	Karışım Doğrulama (Saha Ölçümleri)	Karışım ve İnşaat Kalite Kontrolü (İmalat)	Karışım ve İnşaat Kabul
Kalite Kontrol Planı	✓	✓	✓	✓
Karışımın ve Bileşenlerinin Belirlenmesi	✓			
Karışım Oranları	✓	✓	✓	✓
Sıcaklık Analizi	✓			
Karışım Özellikleri	- Eğilme dayanımı, 3, 7 ve 28 gün - Basınç dayanımı 3, 7 ve 28 gün - Agrega özellikleri - S/Ç oranı - Birim ağırlık - Hava içeriği - Gradasyon - Geçirgenlik - Kıvam	- Eğilme dayanımı, 3, 7 ve 28 gün - Basınç dayanımı 3, 7 ve 28 gün - Agrega özellikleri - S/Ç oranı - Birim ağırlık - Hava içeriği - Gradasyon - Geçirgenlik - Kıvam	- Basınç dayanımı 3 ve 7 gün - Birim ağırlık - Hava içeriği - Gradasyon - İşlenebilirlik - Sıkışma	- Basınç dayanımı 28 gün - Hava içeriği - Geçirgenlik - Sıkışma
İmalat Öncesi Hazırlık Faaliyetleri				
Üstyapı Taban Zeminini		Kalite kontrol ölçümlerinin gerçekleştirilmesi ve kontrol listelerinin geliştirilmesi	Kot koordinat düzenlemeleri, kalite kontrol ölçümlerinin gerçekleştirilmesi ve kontrol listelerinin geliştirilmesi	
Temel/Alttemel				
Donatı, Geotekstil vb. Yerleşimi				
Serici ve Ekipman Kontrolleri				
Ekipmanların Kurulumu				
Karışım Üretimi				
Üretim ve Stok Yönetimi			Kalite kontrol ölçümlerinin gerçekleştirilmesi ve kontrol listelerinin geliştirilmesi	
Üretim Tesisi Kalibrasyonu		✓		
Beton Karışım Nakliyesi				
Karışım ayarlamaları		Uygun ayarlamalar: - Su çıkarma/ekleme (onaylı karışım tasarımının maksimum s/ç oranını aşmayacak şekilde) - Katkı dozajlarının ayarlanması - Agregaların küçük değişikliklerde yeniden oranlanması - Sıcaklık ayarlamaları	Uygun ayarlamalar: - Su çıkarma/ekleme (onaylı karışım tasarımının maksimum s/ç oranını aşmayacak şekilde) - Katkı dozajlarının ayarlanması - Agregaların küçük değişikliklerde yeniden oranlanması - Sıcaklık ayarlamaları	
İmalat				
Betonun Yerleştirilmesi			- Kot koordinat düzenlemeleri, kalite kontrol ölçümlerinin gerçekleştirilmesi ve kontrol listelerinin geliştirilmesi	- Kaplama Kalınlığı - Düzgünlük
Yüzey Bitirme				
Yüzey Dokusu				
Kürleme				
Derz Kesimi				
Derz Dolqusu				
Kenar Dolguları				
Koruma				
Güvenlik Önlemleri				
Trafiğe Açma				

Ülkemiz toplam yol ağında 5.000 km üzerinde Silindirle Sıkıştırılmış Beton yol üstyapısı bulunmakta olduğu bilinmektedir. Ülkemizde kullanım oranı her geçen gün artan Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yollarda uygulanan kalite kontrol çalışmaları yayın kapsamında detayları ile birlikte verilmektedir.

Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yollarda Kalite Kontrol

Kalite kontrol sürecinde yapılan başlıca faaliyetler genel olarak beş ana başlık altında toplanabilir.

1.Karışım Bileşenlerinin Kontrolü

- Çimento: TS EN 197-1'e uygunluk kontrol edilir.
- Agregâ: Granülometri, malzeme temizliği, parçalanma direnci (Los Angeles), aşınma direnci (Micro Deval), su muhtevâsı, su emme oranı gibi fiziksel özellikler kontrol edilir.
- Su: Yabancı madde, kir ve tuz içermediği kontrol edilir.
- Katkı Maddeleri: Priz süresi düzenleyici gibi katkıları kullanılacaksa, teknik şartnameye uygunluğu kontrol edilir.

2.Karışım Tasarımı ve Doğrulaması

- Laboratuvar ortamında optimum su/çimento oranı ve agregâ dağılımı belirlenir.
- Hedeflenen yoğunluk, dayanım, dayanıklılık, kıvam ve işlenebilirlik test edilir.
- Proje öncesi laboratuvar deneme karışımı yapılır.
- Proje öncesi iş yeri deneme karışımı yapılır.

3.Yerinde Kontrol ve Denetimler

- Proje başlamadan deneme kesimi imalatı yapılır.
- Yüzey Dokusu ve Serme Kalınlığı: Projede belirtilen toleranslara uygunluk ölçülür.
- Yüzey Düzgünlüğü: Masterla toleranslar içinde olup olmadığı kontrol edilir.
- Ekip ve ekipmanların çalışma durumları kontrol edilir.

4.Numune Alımı ve Deneyler

- Kıvam Kontrolleri: VeBe testi, kar topu modeli kullanılabilir.
- Dayanım Kontrolleri: Taze ve priz almış betondan numuneler alınarak dayanım testleri yapılır.
- Sıkışma Kontrolleri: Nükleer veya elektromanyetik nem-yoğunluk ölçer ya da kum konisi yöntemi ile ölçülür.

5.Koruma, Kür (Bakım) ve Derz Kontrolü

- Projesine uygun kür işlemleri yapılmalı: Malzemenin TS 10967'e uygunluğu ve sarfiyat kontrolü yapılır.
- İnşaat Derzi ve Kontrollü Derzlerin İncelenmesi: Oluşturulma zamanının ve derz boyutlarının kontrolü, proje toleranslarına uygunluk kontrol edilir.

Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol Genel Teknik Şartnamesi esasınca uygulanması gereken kalite kontrol deneyleri ve sıklıkları Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2: SSB Yol Kalite Kontrol Deneyleri

Deney Adı	Standardı	Minimum Deney Sayısı ve Sıklığı
Sıkışma Kontrolü Deneyleri		
Kum Konisi Metodu	TS 1900-1, AASHTO T 191	Her 800 m ² ye 1 adet
Nükleer Yöntem	AASHTO T 310-11	Her 200 m ² ye 1 adet
Nükleer Olmayan Yöntem	ASTM D 6938-10	Her 200 m ² ye 1 adet
Dayanım Deneyleri – Taze Betonda		
Basınç Dayanımı Tayini	TS EN 12390-3	Her 200 m ³ de 3 adet
Dayanım Deneyleri – Karot		
Basınç Dayanımı Tayini	TS EN 12504-1, TS EN 12390-3 TS EN 13877-2	Her yol şeridi için 1500 m ² de 2 adet
Kalınlık Kontrolü	TS EN 13863-3	Her yol şeridi için 1500 m ² de 2 adet

Kıvam Deneyleri

SSB çok kuru bir kıvam ile üretilmesi gerektiğinden, geleneksel betonda kullanılan çökme deneyi ile kıvamı belirlenemez. SSB için ASTM C 1170'de belirtilen A yöntemi ile ölçülen VeBe süresi kullanılmalı ve bu yöntemle ölçülen VeBe süresi 20 ile 30 sn. arasında olmalıdır.



Şekil 1: VeBe Kıvam Deneyi

Dayanım Deneyleri (Taze Betonda)

Yukarıda belirtildiği üzere beton çok kuru ve çökme değeri 0 mm olduğundan, basınç dayanımı özellikleri tayini için hazırlanacak numunelerde geleneksel beton sıkıştırma teknikleri kullanılamamaktadır.

Betonun sıkıştırılması EN 13286-51 standardında belirtildiği üzere vibratörlü çekiç veya özel bir sıkıştırma tokmağı ile yapılmalıdır. Bu şekilde sıkıştırılacak olan betondan, 150 mm boyutunda küp ya da 150x300 mm boyutlarında silindir numuneler alınmalı ve bu numuneler 28 gün küre tabi tutulduktan sonra TS EN 12390-3 standardına göre deneye tabi tutulmalıdır. Beton yol kaplamasının taze betondan alınan numunelerle belirlenecek olan Karakteristik Basınç Dayanımı sınıfı minimum C30/37 olması şartnamede belirtilmektedir. Her gün için alınacak taze beton numune dayanım sonuçlarının değerlendirilmesi aşağıdaki tabloya göre yapılmaktadır.

Tablo 3: Basınç Dayanım Kontrolleri

1. Kriter	2. Kriter
"n" adet deney sonucu ortalaması (f_{cm}) N/mm ²	Herhangi tek deney sonucu (f_i) N/mm ²
$\geq f_{ck} + 1$	$\geq f_{ck} - 4$



Şekil 2: SSB Küp Numuneler

Sertleşmiş betonun en önemli özelliklerinden birisi basınç dayanımıdır. SSB'nin S/Ç oranı çok düşük olduğundan kısa süre içerisinde yüksek dayanımlar elde edilebilir. Hazırlanan numunelerin 3,7 ve 28 günlük dayanımları kontrol edilebilir.

Sıkışma Deneyleri

SSB geleneksel betona göre daha düşük boşluk oranlarıyla tasarlanmaktadır. SSB yolların düşük boşluk hacmi yüksek durabilite özellikleri sergilemesi ve uzun ömürlü olmalarını sağlamaktadır. Şartname kriterleri gereğince SSB yol kaplamasında sıkışma değeri asgari %96 olmalıdır. Yeterli şekilde sıkışmayan SSB plağın servis ömrünün azaldığı bilinmektedir.

Uygulamada SSB'nin serme ve sıkıştırma işlemleri bittikten sonra, yeterli sıkışmanın elde edilip edilmediği, üç farklı yöntem kullanılarak ölçülebilmektedir.



Şekil 3: Sıkışma Ölçüm Yöntemleri

Karot Dayanım ve Kalınlık Kontrolleri

Tam derinlik boyunca alınacak karotlar üzerinde, imalat kalınlık kontrolü ve dayanım kontrolleri yapılabilmektedir. Karot dayanım sınıfları 28 gün olgunluk yaşına göre belirlenmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Karot sonuçlarının ortalaması} &\geq f_{ck, core} + 1 \\ \text{Herhangi tek bir karot sonucu} &\geq f_{ck, core} - 4 \end{aligned}$$



Şekil 4: SSB Karotları

Yüzey Düzgünsüzlük Kontrolü

Yolun boyuna ve enine yüzey düzgünsüzlük kontrolleri yapılmalıdır. Şartname gereğince, master ile yol yüzeyi arasındaki en fazla açıklığın 10 mm'den küçük olması gerekmektedir.



Şekil 5: Masterla Yüzey Düzgünsüzlük Kontrolü

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).

Cavalline, T., Fick, G. J., & Innis, A. (2021). Quality Control for Concrete Paving: A Tool for Agency and Industry. National Concrete Pavement Technology Center, Iowa State University.

Harrington, D., Abdo, F., Adaska, W., & Hazaree, C. (2010). Guide for Roller Compacted Concrete Pavements, National Concrete Pavement Technology Center, Iowa State University, USA

Hallegatte, S., Rozenberg, J., Maruyama Rentschler, J. E., Nicolas, C. M., & Fox, C. J. E. (2019). Strengthening new infrastructure assets: a cost-benefit analysis. World Bank Policy Research Working Paper, (8896).

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>

Yılmaz, M. C., Yaman, I. O. & Yılmaz, Y., (2023). Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol Üstyapı Performans Değerlendirmesi. Karayolu 5. Ulusal Kongresi ve Sergisi Bildiri Kitabı, Ankara, 22-23 Kasım, (325-335).



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 - info@turkcimento.org.tr

 [in](#)    /turkcimento