



TÜRKCİMENTO

**SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ
BETON (SSB) YOLLAR:
SERME VE SIKIŞTIRMA**

TÜRKCİMENTO
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) Yollar: Serme ve Sıkıştırma

SSB yollar, geleneksel veya yüksek yoğunluklu asfalt sericiler (finişerler) ile serilip, demir bandajlı ve lastik tekerlekli silindirlerle sıkıştırılarak inşa edilen rijit üstyapı kaplamalarıdır. SSB yol yapım işinin serme ve sıkıştırma adımları yolun dayanım, dayanıklılık (durabilite) ve performansını doğrudan etkilemektedir. Bunun yanı sıra yol kullanıcılarının sürüş konforu üzerinde en etkili inşaat faktörleri de serme ve sıkıştırma işlemleridir.

Kaliteli serim ve istenilen sıkışmanın sağlanması için gerekli olan finişer ayarları, sıkıştırma seviyesi, serbest kalınlık ve silindir geçiş sayıları gibi uygulama kalitesine etki eden parametrelerin değerlendirilerek, optimum ayarların yapılması amacıyla yol yapım çalışması öncesinde 50-150 m deneme kesimi yapılması birçok fayda sağlamaktadır.



Şekil 1. SSB Serme ve Sıkıştırma İşlemleri

Deneme kesimi yapılması sayesinde;

- Beton karışımı, yoğunluk, su muhtevası deneme kesiminde kontrol edilir.
- Numune örnekleri alınarak şartname kriterleri değerlendirilir.
- Hedef birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevası kontrol edilir.
- Santral üretim kapasitesi doğrulanır.
- Karışım oranlarının şartnamelerle uygunluğu doğrulanır.
- SSB'nin üretimi ve taşıma prosedürlerinin uygunluğu kontrol edilir.
- SSB'nin serimi ve sıkıştırılma kalitesi kontrol edilir.
- Serici ayarları (serim hızı, tabla ayarları, serim kalınlığı, serim genişliği vb.) kontrol edilir.
- Yeterli sıkışmanın ve yüzey dokusunun sağlanması için gerekli silindir pas sayıları, silindiraj tekniği, demir bandajlı silindir vibrasyon, lastik tekerlekli silindir lastik basınçları gibi silindiraj ayarları belirlenir.
- Yüzey kalitesi ve homojenlik değerlendirilir.
- Tüm ekip-ekipman doğrulanıp saha koordinasyonu sağlanır.

SSB'nin serimi sırasında dikkat edilmesi gerekenler;

Serime başlamadan önce serici ve sericinin tabla tipine göre bazı önemli ayarlamalar yapılmalıdır. Normal yoğunluklu (geleneksel) sericilerde serim öncesi platform genişliği boyunca referans yaş yoğunluğunun en az %85'i oranında sıkıştırma sağlanacak şekilde bıçak ayarları optimize edilmelidir. Bu bıçak ayarlarının gereğinden az olması gevşek bir serime yol açar. Bu nedenle, serim sonrası silindiraj işleminde normalden daha uzun süre gerekli olur. Ancak, SSB'nin hızlı priz alan bir beton tipi olduğu düşünülürse bu durum, istenmeyen bazı sorunlara yol açacaktır. Benzer şekilde bıçak ayarının gereğinden fazla olması da serim esnasında yırtık olarak tarif edilen beton yüzeyinde kılcal enine kesikli çatlaklara yol açar. Eğer lastik tekerlekli silindir ile bu sorun giderilemezse bu yırtıklar uzun dönemde yüzey bozulmalarına dönüşebilir. Bu nedenle, optimum bir bıçak ayarı büyük önem arz etmektedir. Bıçak ayarları yapılırken, betonun nem içeriği, sıcaklık ve rüzgar gibi betonun nem içeriğini etkileyebilecek çevresel koşullar ve beton taşıma süresi gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

Yüksek yoğunluklu sericilerde bulunan presleme kirşeri sayesinde serim esnasında hedeflenen sıkıştırma oranı %95-98 seviyelerine kadar artırılabilir. Bu sayede, ince kalınlıklarda serim arkasında sıkıştırma için silindiraja ihtiyaç kalmayabilir. Kalın SSB plaklardaysa silindiraja olan ihtiyaç azaltılmış olur. Bu durum, sağlam ve konforlu bir SSB kaplama için en ideal ortamı hazırlamaktadır.

Serici hızı, SSB üretim kapasitesiyle uyumlu olmalıdır ve sahaya gelen kamyonlar bekletilmeden serime alınmalıdır. Bilindiği üzere sericiler ağır makineler olup serim yapamadan bekledikleri her an SSB üzerinde çökmeye neden olurlar. Bu durum, bekleme süresi arttıkça telafi edilmesi zor bir ondülasyon sorununa yol açar. Sürekli bir şekilde SSB betonunun sağlanması ve serimin süreklilik arz etmesi kaliteli ve konforlu SSB yol yapımı için olmazsa olmazdır.

Serim hızının optimum düzeyden yüksek olması SSB tabakasında boşluk oranının artmasına ve az olması ise yüzeysel bozulmalara yol açar. SSB imalat özelliklerine göre sericide bazen küçük modifikasyonlar; besleme kovası ve tabla arasındaki açıklık, tabla önündeki helezonlar, bıçak, vibrasyon ve hidrolik darbe ayarları gibi ayarların yapılması gerekmektedir.

SSB serme kalınlığı (serbest kalınlık), proje SSB tabakası kalınlığı ile serme ve sıkıştırma ekipmanının özellikleri göz önünde bulundurularak kontrol mühendisi tarafından yerinde belirlenmelidir. Geleneksel asfalt sericiler azami sıkışmış 17 cm mertebesinde imalat gerçekleştirebilmektedir. Yüksek sıkıştırılmalı tablalar ihtiva eden yüksek yoğunluklu sericiler ise tek bir tabakada özelliğine göre 25-30 cm kalınlığa kadar yerleştirme yapabilmektedir.



Şekil 2. Yüksek Yoğunluklu Sericilerle SSB İmalatı



Şekil 3. Geleneksel Sericilerle SSB İmalatı

Kot koordinatlara uygun olarak gerili çelik tel sistemi (ofset hattı) kullanılarak serim yapılması konfor düzeyini artırmaktadır. Gerili çelik tel sisteminde, çelik tel tespit kazıkları (ofset çubukları) her 5 m'de bir yerleştirilmeli, telin uzunluğu en az 200 m olmalıdır. Bozuk üstyapı taban zeminlerindeki konforsuzluk SSB serimi ile tamamen düzeltilemez. Konforsuzluk SSB yol üstyapısına büyük oranda yansır. Bu nedenle, IRI değeri düşük, sürüş konforu yüksek bir SSB yol yapımı için serim kadar serimin yapılacağı üstyapı tabanının düzgünlüğü de büyük öneme sahiptir.

Serim sırasında master kontrolleri, kot okumaları gibi düzgünlük ölçümleri konforlu imalat için oldukça önemlidir.

Proje büyüklüğüne göre yeterli sayıda tecrübeli kürekçi ve tırmıkçı gibi personeller serici arkasında SSB yüzeyinden istenilen özellik ve niteliklerin oluşturulmasında önemli rol oynar.

Segregasyon oluşumu serim kaynaklı sık oluşan yüzeysel bozulmalar arasında yer alır. Segregasyon ve diğer yüzeysel bozulmaların önüne geçmek için tabla yan kesimlerinde serim genişliğine uygun şekilde ilave helezonlar ve destek sacı takılmalı ve serim sırasında bu parçalar düzenli aralıklarla temizlenmelidir. Plak kenarlarına yeterli miktarda beton beslenmeli ve serici tablası serimden önce temizlenmelidir. Bunlarla birlikte helezonların tam ve çalışır olması, helezonların yüksekliği ile tabla helezon arasında bulunan mesafe ayarlarına dikkat edilmesi önemlidir.



Şekil 4. SSB Serimi

Çift serici (tandem) veya daha fazla serici kullanılan sistemlerle SSB imalatı yapılması durumu;

Proje şartları doğrultusunda birden fazla serici kullanıldığında, sericiler arasında bir kamyonun fazla fark olmaması gerekmektedir. Özel durumlarda, kontrol mühendisinin izniyle, katkı malzemeleri kullanılarak veya ortam sıcaklığı, rüzgar ve nem durumu göz önünde bulundurularak bu mesafe uzatılabilir veya kısaltılabilir. Uzun süreli beklemelemlerde tabla kaldırılıp soğuk derz oluşturulmalıdır.



Şekil 5. Çift Serici Kullanılarak SSB Serimi

SSB'nin sıkıştırılması sırasında dikkat edilmesi gerekenler;

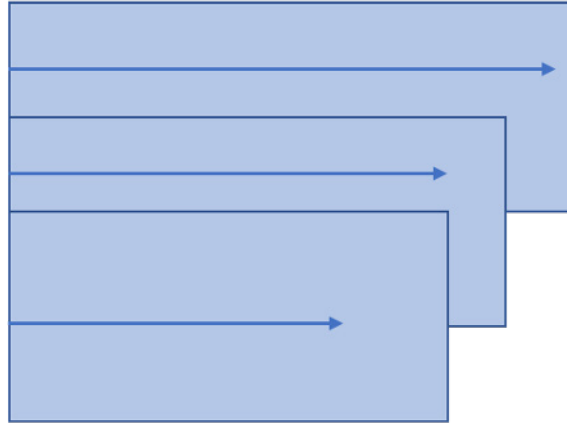
Sıkıştırma işlemi serici özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Geleneksel sericilerin kullanıldığı imalatlarda en az bir adet 11 ton, statik çizgisel yükü 30 kg/cm² den büyük, iki frekanslı vibrasyon sistemli düz bandajlı silindir ve en az bir adet lastik başına düşen yükü asgari 3.500 kg olan lastik tekerlekli silindirler kullanılmalıdır. Yüksek yoğunluklu sericilerle yapılan imalatlarda serici SSB tabakasını %95-98 seviyelerinde sıkıştırarak serdiğinden dolayı serim sonrasında proje özelliklerine bağlı olarak, sadece yüzey düzeltme amacıyla silindiraj uygulanmakta veya bazı projelerde (tabaka kalınlığının 25 cm'yi aşması gibi durumlarda) sıkıştırma sağlanması amacıyla sadece düz bandajlı silindir kullanarak serim sonrasında silindiraj yapılmaktadır.

SSB sıkıştırma işlemi, karışım yola serilir serilmez işlenebilirliğini kaybedecek priz seviyesine ulaşmadan başlamalıdır. Şartname gereğince SSB'nin beton santralinden çıkışından 60 dakika içerisinde sıkıştırmanın tamamlanması gerekmektedir. Karışımında özel önlemler alınması, iklimsel şartlar (sıcaklık, rüzgar, nem vb.) ve taban zemini özelliklerine bağlı olarak bu süre değişebilir.



Şekil 6. SSB Yol Sıkıştırma İşlemi

Sıkıştırma yolun eksenine doğrultusunda yapılmalı, düşük kotlu kenardan başlanarak eksene doğru kaymalıdır. Yatay kurplarda kurbun içinden başlanarak dışa doğru devam edilmelidir. Ondülasyonu engellemek ve yeterli sıkışmanın sağlanması için her pas hem düşeyde hem de yatayda olmak üzere bindirmeli olarak yapılmalıdır. Bindirme boyları silindirin yarı uzunluğu ve genişliğinde olabilir. Yatayda uygulanacak bindirme boyu silindir genişliğinin %10'nundan az olmamalıdır.



Şekil 7. SSB Sıkıştırma Sistemi

SSB kaplama imalatlarında, yeterli sıkışmanın sağlanması yani SSB karışımlarındaki hava boşluklarını uygun seviyeye indirmek, tabakanın dayanıklılığı açısından çok önemlidir. Hava boşlukları kaplamanın zayıflamasına sebep olurken, kaplamaya su girişi, donma çözülmeye bağlı istenmeyen gerilmelere de sebep olabilmektedir. Bu nedenle SSB kaplamanın yeterli oranda sıkıştırılması son derece önemlidir. Şartname gereği, SSB yol kaplaması, TS EN 13286-51 standardı esas alınarak elde edilen maksimum yaş birim hacim ağırlığının en az %96 seviyesine kadar sıkıştırılmalıdır. Sıkışma kontrolleri nükleer veya nükleer olmayan yöntemle kontrol ediliyorsa 200 m²'de bir kontrol edilmeli, kum konisi metoduyla sıkışmalar ölçülüyorsa asgari 800 m²'de bir ölçüm yapılmalıdır.

Gereğinden fazla sıkıştırmadan da özellikle kesitin üst kısmında yoğunluk azalmasına yol açabileceği için kaçınılmalıdır. Demir bandajlı silindirin vibrasyon seviyesi yüzeyde bozulmaya sebep olmayacak derecede deneme kesiminde ayarlanmalıdır. Prizini almaya başlayan bir SSB kaplamasında vibrasyonlu sıkıştırma uygulanması yüzeyde iri agregaların kırılmasına yol açar. Bu nedenle, sıkıştırma işleminde ayarlamalar yapılırken SSB'nin priz süresi ve hızı da dikkate alınmalıdır.

Dolayısıyla, gün sonu derzleri ve şerit bileşimleri dışında, kısmen veya tamamen sertleşmiş malzeme üzerine silindiraj kesinlikle yapılmamalıdır.

Sıkıştırma için uygun kıvamda sahip SSB, silindir geçişleri altında homojen olarak yerleşecektir. Uygun sıkıştırma zaman ve kıvamı gözlemsel olarak belirlenebilir. SSB su muhtevası fazla ise yüzeyi parlak ve yapışkan görünür, ayrıca SSB, silindir altında yüzeye su çıkışı (yüzeyde şerbetlenme) davranışı gösterir. SSB çok kuru ise yüzey, tozlu pürüzlü ve hatta sıkışma sonrası yırtılmalar görünecektir. Uygun kıvamda olmayan SSB imalatlarında sıkışma sırasında agrega ayrışması da oluşabilir. SSB karışımında veya üretimde yapılacak değişiklikler bahsi geçen problemleri genellikle düzeltmektedir.

Bordür, kalıplar ve duvarların yanları gibi silindirlerin yanaşamayacağı yerlerde sıkıştırma, silindirlere takılan ek aparatlar, el kompaktörleri, vibrasyonlu tokmaklar veya elle çekilebilen küçük vibrasyonlu silindirlerle yapılabilir. Sıkışmanın SSB plağın tamamında homojen sağlanmasına özen gösterilmelidir. Şartname gereği, sıkışmış SSB plağın herhangi bir noktası ile tabakanın proje kotu arasında ± 10 mm'den fazla kot farkı olmamalıdır.



Şekil 8. SSB Yol Sıkıştırma İşlemi

Kaynakça

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>



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