

**SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ
BETON YOLLAR TEKNİK
ŞARTNAMESİ**

**ANKARA, 2018
TÇMB**

GİRİŞ

Ülkemizin gelişen ekonomisi büyük altyapı projelerini de beraberinde getirmektedir. Ancak, gerçekleştirilen her büyük proje ile birlikte trafik yükü de ciddi oranda artmaktadır. Bu nedenle, yolların daha uzun ömürlü olması, daha az bakım gerektirmesi, daha iyi performansla daha konforlu hizmet verebilmesi ciddi önem arz etmektedir. Bu noktada, beton yolların bu hususların sağlanması bakımından ciddi bir alternatif olduğu bilinmektedir.

Günümüz yol inşaatlarında iki ana tür karşımıza çıkmaktadır. Esnek (asfalt) yollar ve rijit (beton) yollar olarak tanımlayabileceğimiz bu iki ana grup arasında çevre koşulları, mali şartlar, zemin özellikleri ve yapım teknikleri göz önüne alındığında farklı alternatifler ön plana çıkmaktadır. Özellikle tek seçenek ile hayata geçirilen yol uygulamalarının yoğun olduğu ülkelerde farklı alternatiflerin kullanılması her anlamda ülke çıkarlarına daha uygun olmaktadır.

Beton yollar sahip olduğu pek çok özellik ile esnek yollar karşısında büyük avantajlara sahiptir. Öncelikli olarak beton yollar ekonomiktir ve uzun ömürlüdür. Ülkemizde yapılan uygulamalarda Tekirdağ ve Kocaeli illerinde ortaya çıkan proje maliyetlerine göre ilk yapım maliyetleri göz önüne alındığında, BSK tabir edilen asfalt yollara göre yaklaşık olarak 30-35 % daha ekonomiktir. En ucuz alternatif olarak bilinen sathi kaplamalara göre yalnızca 8-12% daha pahalı olmasının yanı sıra çok daha uzun ömürlü olduğu düşünülürse sathi kaplamalara göre de çok daha ekonomik bir seçenek olduğu ortaya çıkmaktadır. Esnek (asfalt) yolların ana malzemesi olan bitüm fiyatları istikrarlı değildir ve tamamen yurt dışı bağımlılığına sahiptir. Oysa beton yolların ana malzemesi olan betonun fiyatları çok daha istikrarlıdır ve ülkemizde yeterli arzın olması sebebi ile fiyatlar daha ekonomiktir. Ayrıca, kinetik sürtünme enerjisinin ve defleksiyonun daha az olması sebebiyle yakıt verimliliği de yüksektir.

Ülkemizde son yıllarda daha çok kullanılan bir başka rijit yol seçeneği ise Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) yollardır. 1970'li yıllardan itibaren ABD ve Kanada'da sık kullanılan bu seçenek ilk olarak ağır endüstriyel tesisler, limanlar ve yükleme iskelelerinde uygulanmıştır. Günümüzde ise kent içi ve kırsal yollarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. SSB yollar çok önemli bazı avantajlara sahiptir. Bununla birlikte, SSB yollar çok kuru olması ve sıfır çökme (slump) değerine sahip olması ile geleneksel asfalt ekipmanları ile uygulanabilir. Bu nedenle asfalt yollardan beton yollara geçişte yaşanan ekipman, bilgi ve işçilik eksiği sorunlarının atlatılmasında kolaylıklar sağladığı gibi, bugün yol uygulaması yapıp, yarın yolu trafiğe açmak imkanı da sunmaktadır.

Sonuç olarak SSB yolların yukarıda belirtilen avantajları nedeniyle ülkemizde başta köy ulaşım yolları olmak üzere uygulanması son derece doğru bir karar olacaktır. Bu nedenle önemli bir ihtiyaç olan "SSB Yollar Teknik Şartnamesi" ve bu şartname ile uyumlu "SSB Yol Birim Fiyat Analiz ve Tarifleri" ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Sn. İ. Özgür Yaman ile birlikte hazırlanmış olup, yetkililerin ilgisine sunulmuştur. Yapılan çalışmanın ülkemizin gelişimine ve kaynaklarının etkin kullanımına katkı sağlamasını umar, saygılar sunarız.

İÇİNDEKİLER

01. Tanım	1
02. Malzeme	1
02.01. Agregata	1
02.01.01. Tanımlar	2
02.01.02. İri Agregata	2
02.01.03. İnce Agregata	2
02.02. Çimento	3
02.03. Su	3
02.04. Katkı Malzemeleri	3
02.05. Kür Malzemeleri	4
02.06. Derz Dolgu Malzemeleri	4
02.07. Lifler	5
03. Karışım Oranları	5
04. Yapım Metotları	5
04.01. Karıştırma	5
04.02. Karışımın İşyerine Taşınması	5
04.03. Yol Sathının Hazırlanması	6
04.04. Serme	6
04.05. Sıkıştırma	7
04.06. Derzler	7
04.07. Kür ve Koruma	8
04.08. Trafik	8
04.09. Kalite Kontrol	8
04.09.01. Basınç Dayanımının Tayini	9
04.09.02. Kalınlık Kontrolü	10
04.09.03. Yüzey Düzgünlüğü	10

Tablo Listesi

Tablo 02.01.02. İri Agreganın Fiziksel Özellikleri	2
Tablo 02.01.03. İnce Agreganın Fiziksel Özellikleri	3
Tablo 03. SSB Tabakası Gradasyon Limitleri	4
Tablo 04.09. Kalite Kontrol Deneyleri	9

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON YOL TEKNİK ŞARTNAMESİ

01. Tanım

Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yol, iri ve ince agreganın sürekli gradasyon verecek şekilde uygun oranda su ve çimento ile beton santralinde karıştırılmasıyla üretilen betonun, Kısım 04.03' de belirtilen şekilde hazırlanmış yüzey üzerine projesine uygun olarak finişerle serilip, silindirlerle sıkıştırılmasıyla oluşan tabakadır.

Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol birçok yol inşası için ekonomik ve hızlı bir çözümdür.

02. Malzeme

SSB Yol tabakası yapımında kullanılacak olan malzemeler, Kısım 02.01 Agregası, Kısım 02.02 Çimento, Kısım 02.03 Su, Kısım 02.04 Katkı Malzemeleri, Kısım 02.05 Kür Malzemeleri, Kısım 02.06 Derz Dolgu Malzemeleri ve Kısım 02.07 Lifler' de belirtilen özellikleri sağlayacaktır. SSB üretiminde kullanılacak malzemelerin özellikleri ve hangi oranda kullanılacakları "SSB Karışım Tasarım Raporu' nda belirtilecektir.

Karışım tasarımları İdare laboratuvarlarında, İdarenin uygun bulması halinde işi yapan yüklenici laboratuvarında, üretim tesisleri, üniversite veya tercihen akredite olmuş özel bir laboratuvarında yapılabilecektir. Hazırlanan tasarım İdare onayı alındıktan sonra uygulanabilecektir. Ancak, karışım tasarımından kaynaklanan nedenlerden dolayı oluşan bozulmalardan yüklenici sorumlu olacaktır.

02.01. Agregası

SSB üretiminde kullanılacak agregası; çakıl, kırılmış çakıl, kırma taş, kum vb. malzemelerden hazırlanacaktır. SSB yol tabakası için kullanılacak agregası temiz, sağlam, dayanıklı olmalı ve bünyesinde zararlı miktarlarda toz, çamur, kil veya organik kökenli yabancı maddeler bulundurmamalıdır. Agregaları TS 706 EN 12620 standardına uygun olmalıdır.

Agregaları; taş ve kum-çakıl ocakları veya dere yataklarından sağlanacaktır. Taş ocaklarından elde edilecek agregası; ocak taşının kırılmasıyla hazırlanacak ve en az iri, orta ve ince agregası olmak üzere üç gruba ayrılarak, ayrı ayrı stoklanacak ve temiz olarak korunacaktır.

Kum-çakıl ocakları veya dere yataklarından temin edilen karışık haldeki doğal kum-çakıl agregası olduğu gibi kullanılmayacaktır. Doğada karışık halde bulunan bu doğal agregası, her zaman elenecek, yıkanacak, kırılacak ve bu şartname hükümlerine uygun, en az iri, orta ve ince agregası olmak üzere üç gruba ayrılarak, ayrı ayrı stoklanacak ve temiz olarak korunacaktır.

Agregaları, içine yabancı madde karışmayacak, en az segregasyon olacak ve aşırı nem değişimlerini engelleyecek şekilde stoklanmalıdır. Ayrıca, imalat gereği farklı boyutlara ayrılmış agregası yığınlarının stok sahasında birbiri ile karışmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Kullanılacak agregası sürekli gradasyona sahip olacak ve Tablo 03' de verilen gradasyon limitleri içerisinde kalacaktır.

Beton yol kaplamalarında kullanılan her bir agregası fraksiyonu Alkali Silika Reaksiyonu (ASR) ve zararlı organik maddeler ve kil yönünden mutlaka test edilmelidir.

02.01.01. Tanımlar

Çakıl: Düzensiz şekil ve boylarda, su etkisi ile yuvarlanmış veya aşınmış halde bulunan doğal agregadır.

Kırılmış çakıl: Kırım sonunda elde edilmesi istenen maksimum dane boyutunun en az 1.5 katı daha büyük boyutlu çakılın kırılmasıyla elde edilen agregadır.

Kırma taş: Kalker, dolomit, bazalt veya benzeri kayaların kırılmasıyla elde edilen agregadır.

Doğal kum: 2 mm ile 0.075 mm elekler arasında kalan ve taşların doğal yollarla bozuşma ve ayrışmasından meydana gelen malzemedir.

İnce Çakıl: 9.5 mm ile 2 mm elekler arasında kalan çakıldır.

Taş Tozu: Taş ocaklarından kırım sırasında elde edilen ince malzemedir.

02.01.02. İri Agregata

SSB yapımında kullanılacak olan agreganın iri kısmı (4 mm elek üzeri) Tablo 02.01.02' de verilen özelliklere sahip olacaktır. İri malzeme içerisinde donmuş malzeme ve herhangi bir nedenle karışmış yabancı malzeme bulunmayacaktır.

Tablo 02.01.02. İri Agreganın Fiziksel Özellikleri

Deney Adı	Şartname Limitleri	Deney Standardı
Parçalanma Direnci (Los Angeles), %	≤ 30 (LA_{30})	TS EN 1097-2
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık, $MgSO_4$ ile kayıp, %	≤ 18 (MS_{18})	TS EN 1367-2
Kil Topağı ve Dağılabilen Tane Oranı, %	≤ 0.50	ASTM C-142
Yassılık İndeksi, %	≤ 20 (FI_{20})	TS EN 933-3
Su Emme, %	≤ 2.0	TS EN 1097-6
Doygun Yüzey Kuru Birim Hacim Ağırlık, (g/cm^3)	≥ 2.55	TS EN 1097-6
Kırılmışlık Değeri, Ağırlıkça, %	$D_{max} \geq 8$ mm agregaların kırılmışlık (tüm yüzeyi) değeri $\geq \%50$ $D_{max} \geq 8$ mm karışımların toplam kırılmışlık (tüm yüzeyi) değeri $\geq \%35$	TS EN 933-5
Alkali Silika Reaksiyonu (14 günlük % Genleşme)	$\leq 0,10$	CANADA CSA23.2 25A ASTM 1260 TS 13516

02.01.03. İnce Agregata

SSB yapımında kullanılacak olan agreganın ince kısmı (4 mm elekten geçen) Tablo 02.01.03' de verilen özelliklere sahip olacaktır. İnce agregata içerisinde donmuş malzeme ve herhangi bir nedenle karışmış yabancı malzeme bulunmayacaktır.

Tablo 02.01.03. İnce Agreganın Fiziksel Özellikleri

Deney Adı	Şartname Limitleri	Deney Standardı
Organik Madde, (%3 NaOH ile)	Standart renkten koyu olmayacak	TS EN 1744-1
Su Emme, %	≤ 3.0	TS EN 1097-6
Doygun Yüzey Kuru Birim Hacim Ağırlık, (gr/cm ³)	≥ 2.55	TS EN 1097-6
Alkali Silika Reaksiyonu (14 günlük % Genleşme)	≤ 0.15	CANADA CSA23.2 25A ASTM 1260 TS 13516
Metilen Mavisini Deneyi (MB)	≤ 2.0	TS EN 933-9

02.02. Çimento

Beton yol kaplamalarının üretiminde kullanılacak çimentolar, TS EN 197-1 "Çimento - Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri" standardına uygun olmalı, CE işaretlemesi ve etiketlemesi olmayan çimentolar kullanılmamalıdır. Beton üretiminde kullanılacak çimento; üretim yerinden şantiyeye getirildikten sonra, şantiye sahasında uygun olarak stoklanıp muhafaza edilmelidir.

Çimentonun teknik kontrolleri, TS EN 196-1 "Çimento Deney Metotları - Bölüm 1: Dayanım Tayini" ve TS EN 196-3 "Çimento Deney Yöntemleri - Bölüm 3: Priz Süreleri ve Genleşme Tayini" standartlarında belirtilen esaslara göre yapılacaktır. Geleneksel betona kıyasla SSB için kullanılacak çimentolar; donma/çözülme etkisi, zararlı kimyasal ortam ve aşınma etki sınıfları göz önünde bulundurularak seçilmelidir.

02.03. Su

Karışımda kullanılacak su, 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" standardına uygun olmalı, yağ, tuz, asit, alkali gibi endüstri atıkları ve beton kalitesi için zararlı olan organik materyaller içermemelidir.

Beton karma ve temas suyunun içme suyu niteliğinde olması durumunda test edilmesine gerek yoktur.

02.04. Katkı Malzemeleri

SSB yol yapımında genel olarak; hava sürükleyici, akışkanlaştırıcı ve süper akışkanlaştırıcı katkıları ile uzun işlenebilirlik ve priz geciktirici katkıları kullanılabilir.

SSB üretiminde kullanılacak katkıların tipi ve miktarı, işin özelliğine göre karışım tasarımı hazırlanma aşamasında belirlenecektir. SSB üretiminde kullanılacak katkı malzemeleri TS EN 934-1 "Kimyasal Katkılar – Beton, harç ve şerbet için – Bölüm 1: Katkılara Ait Ortak Gereklere" ve TS EN 934-2 "Kimyasal Katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Bölüm 2: Beton Kimyasal Katkıları - Tarifler, Gereklere, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme" standartlarına uygun olmalıdır.

Öğütülmüş yüksek fırın cürufu, uçucu kül ve silis dumanı mineral katkıları, TS EN 15167-1 "Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu-Beton, harç ve şerbette kullanım için – Bölüm 1: Tarifler, özellikler ve uygunluk kriterleri", TS EN 15167-2 "Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu-Beton, harç ve şerbette kullanım için – Bölüm 2: Uygunluk değerlendirmesi", TS EN 450-1 "Uçucu Kül- -Betonda Kullanılan – Bölüm 1: Tarif, Özellikler ve Uygunluk Kriteri", TS EN 13263-1 ve TS EN 13263-2 "Silis Dumanı – Betonda Kullanılan – Bölüm 1: Tarifler, Gereklere ve Uygunluk Kriterleri" ve inert kabul edilebilir mineral katkıları TS 706 EN 12620 "Beton Agregaları" standartlarına uygun olmalıdır. Uçucu kül veya silis dumanının, TS EN 197-1'e uygun CEM I tipi çimento ile kullanılan betonlarda k-değerleri TS EN 206, TS 13515 standardına uygun olmalıdır.

02.05. Kür Malzemeleri

Kimyasal kür uygulanması halinde, kür malzemesi TS 10966:2017 “Sıvı Kür Malzemeleri – Membran Oluşturan – Beton Yüzeyine Uygulanan – Özellikler” ve TS 10967 “Beton Deneyleri – Beton yüzeyine uygulanan kür maddeleri – Su Tutuculuk Özelliğinin Tayini” standartlarına uygun olmalıdır.

Bitümlü bağlayıcı kullanılarak kür yapılması halinde; TS EN 15322 “Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar – Katbek ve İnceltmiş Bitümlü Bağlayıcıların Tanımlanması İçin – Genel Esaslar” ve TS EN 13808 “Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar – Katyonik Bitüm Emülsiyonların Tanımlanması İçin – Genel Esaslar” standartlarına uygun olmalıdır.

Su kürü yapılması halinde, kullanılacak su Kısım 02.03 de belirtilen kriterleri sağlamalıdır.

İdarenin uygun görmesi halinde başka kür malzemeleri de kullanılabilir.

02.06. Derz Dolgu Malzemeleri

Derz dolgu malzemeleri; TS EN 14188-1 “Derz Dolguları ve Derz Sızdırmazlık Malzemeleri – Bölüm 1: Sıcak Uygulamalı Derz Sızdırmazlık Malzemeleri – Özellikler” ve TS EN 14188-2 “Derz Dolguları ve Derz Sızdırmazlık Malzemeleri – Bölüm 1: Soğuk Uygulamalı Derz Sızdırmazlık Malzemeleri – Özellikler” standartlarına uygun olacaktır.

Yukarıda belirtilenler dışında, İdare için özelliğine göre farklı derz dolgu malzemeleri kullanılabilecektir.

02.07. Lifler

SSB karışımında lif kullanılmasının gerekli görülmesi halinde, lifler TS EN 14889-1 “Lifler - Betonda kullanım için - Bölüm 1: Çelik lifler - Tarifler, özellikler ve uygunluk” veya TS EN 14889-2 “Lifler - Betonda kullanım için - Bölüm 2: Polimer lifler - Tarifler, özellikler ve uygunluk” standartlarına uygun olmalıdır.

03. Karışım Oranları

SSB karışımını oluşturan malzemelerin miktarları, “SSB Karışım Tasarım Raporu” hazırlanarak belirlenecektir. Karışım tasarımı, SSB tabakasının hedeflenen mühendislik özelliklerini, yapısal gereksinimlerini ve ekonomik olma koşullarını sağlamalıdır. SSB tabakasının dayanım özellikleri genel olarak; çimento miktarına, su/çimento oranına, agrega kalitesine, betonun sıkışma derecesi ve kür etkinliğine bağlıdır.

Karışım tasarımı İdarenin uygun göreceği metotlara göre yapılacaktır. Genel olarak karışım tasarımı, agrega karışım oranlarının ve çimento miktarının belirlenmesi ile Modifiye Proctor Deneyi (TS 1900-1) ile Maksimum Kuru Birim Ağırlık – Optimum Su İçeriğinin tayini ve elde edilen numunelerin dayanım değerlerinin belirlenmesi prensibine dayanmalıdır.

SSB tabakasında kullanılacak olan karışım gradasyonu, her dane boyutu grubuna ait en az 10 günlük elek analizi ortalaması esas alınarak hazırlanmalıdır.

En az üç ayrı agrega grubunun karıştırılmasıyla elde edilecek karışım gradasyonu Tablo 03’ de verilen gradasyon limitleri içerisinde kalacaktır.

Tablo 03. SSB Tabakası Gradasyon Limitleri

Elek Açıklığı [mm]	% Geçen
22,4	100
16	80-100
11,2	65-90
4	35-65
2	25-45
0,5	12-28
0,063	2-8

Betonun kıvamı, yerine konduğu yerde slump (çökme) değeri 0 mm verecek şekilde olmalıdır (TS EN 12350-2).

Yukarıda belirtildiği üzere beton çok kuru ve çökme değeri 0 mm olduğundan, basınç dayanımı özellikleri tayini için hazırlanacak numunelerde geleneksel beton sıkıştırma teknikleri kullanılmamaktadır. Betonun sıkıştırılması ASTM C 1435 standardında belirtildiği üzere vibratörlü çekiç veya özel bir sıkıştırma tokmağı ile yapılmalıdır. Bu şekilde sıkıştırılacak olan betondan TS EN 12350-1 ve ASTM C 1435 standardına göre, 150 mm ebadında küp ya da 150x300 mm ebadında silindir numuneler alınmalı ve 28 gün küre tabi tutulduktan sonra TS EN 12390-3 standardına göre deneye tabi tutulmalıdır. Beton yol kaplamasının taze betondan alınan numunelerle belirlenecek olan minimum Karakteristik Basınç Dayanım sınıfı C30/37 olmalıdır.

Eğilme dayanımı özellikleri tayini için, TS EN 12350-1 standardına göre, 150x150 mm ebadında $L \geq 525$ mm uzunluğunda kırış numuneleri alınmalı ve 28 gün küre tabi tutulduktan sonra TS EN 12390-5 standardına göre (iki noktadan yükleme) deneye tabi tutulmalıdır. Beton yol kaplamasının taze betondan alınan numunelerle belirlenecek olan minimum Eğilme Dayanımı F4.5 sınıfı olmalıdır.

04. Yapım Metotları

Yüklenici işe başlamadan önce, SSB Yol imalatıyla ilgili iş programını, kullanacağı agrega, çimento, su ve diğer malzemelerin kaynağını, kalitesini ve miktarını, serme sıkıştırmada kullanacağı ekipman ve kapasitesi ile SSB Karışım Tasarım Raporunu İdare'ye verecek ve onayını alacaktır.

04.01. Karıştırma

SSB Karışım tasarımında belirtilen oranlarda hazırlanan malzemeler, beton santralinde veya harman tipi (batch) plantlerde karıştırılacaktır. Karışımın hazırlanması sırasında agrega, su, çimento ve varsa katkı malzemelerinin beslenmesinde kesiklik ve düzensizlik olmayacaktır. Karıştırma süresi karışımın homojenliğini sağlayacak şekilde belirlenmelidir.

Karıştırıcıya su ilave edildiğinde çimentonun topaklaşmasını engellemek için agrega ve çimento daha önce yeteri kadar karıştırılmış olmalıdır.

SSB üretiminde beton santralinin kapasitesi, sahadaki yapım hızıyla uyumlu olmalıdır. Finişerlere sürekli bir şekilde SSB betonunun sağlanması, kaliteli SSB tabakası için gereklidir. Eğer üretim yapımla uyumlu bir şekilde ilerlemezse, finişerlerin durma ve yeniden sermeye başlama hareketleri malzemenin ayrışması, yüzey bozuklukları, yetersiz sıkışma ve istenmeyen sürüş konforu gibi problemlere yol açabilecektir.

04.02. Karışımın İşyerine Taşınması

SSB Karışımının işyerine taşınması damperli kamyonlarla yapılacaktır. Taşıma sırasında karışımın rutubetini kaybetmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Taşıma kamyonları temiz, üzeri kapaklı veya branda örtülü olmalı, karışım yağmurdan veya aşırı sıcaktan korunmalıdır. Kamyon adedi, SSB üretim tesisinin kapasitesi ve taşıma mesafesi göz önüne alınarak yapım sürecinin kesintisiz olmasını sağlayacak şekilde olmalıdır. Üretim merkezinden finişerin haznesine boşaltmaya kadar geçen süre minimumda tutulmalı, karışım tasarımında özel önlemler alınmadığı takdirde bu süre 45 dakikayı geçmemelidir.

Damperli kamyonlar temiz tutulmalı, damper yüzeyine yapışmalar engellenmelidir. Yükleme sırasında öbikleşmeyi engellemek için, SSB'nin kamyonlara boşaltma işlemi, damperin ön kısmı, ortası ve arka kısmına ayrı ayrı yapılmalıdır.

En az 1 adet su tankeri veya benzer ekipman; serme işlemi sırasında inşaat yerinde hazır bulundurulmalıdır.

04.03. Yol Sathının Hazırlanması

SSB malzemesinin serileceği yüzey üzerinde gevşek kısımlar, serbest malzeme, çukurlar, kabarmalar veya çatlak kısımlar bulunmayacak varsa serim öncesi uygun şekilde onarılacaktır. SSB yapılacak yüzey; projesine uygun boyuna ve enine eğimi verilmiş, yapımı ve onarımları tamamlanmış, düzgün bir yüzey olmalıdır.

Karışımın serileceği yüzey kontrol mühendisinin uygun göreceği miktarda, bir püskürtücüyle su ile ıslatılmalıdır.

SSB' nin serileceği yol yüzeyindeki tabakanın taşıma gücü projesinde belirtildiği gibi olmalı ve ilgili şartnamesine göre sıkışması tamamlanmış olmalıdır.

04.04. Serme

SSB tabakasının yapımına başlanırken bölgenin coğrafi özellikleri göz önünde bulundurulacaktır. Genel olarak yapım süresi, Mart ayı başı ile Kasım ayı sonuna kadar olan zamandır. Bu süre, mevsim şartlarına göre kontrol mühendisinin izni ile değiştirilebilir. Aşırı yağışlı, don ve karlı havalarda serim yapılmayacaktır. Yağmur nedeniyle serme işleminin ne zaman duracağına, Kontrol Mühendisi yerinde karar vermelidir.

Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol tabakası serme ve sıkıştırma işleminin planlanan süre içerisinde tamamlanması gerekmektedir. Hava sıcaklığının imalat sırasında ve sonrasında 24 saat içerisinde 0°C'nin altına düşme olasılığı varsa ve aşırı yağmurlu havalarda SSB imalatı yapılmayacak, karışım donmuş yüzey üzerine serilmeyecektir. Çok sıcak havalarda yüzeydeki suyun buharlaşmasına engel olunacak, gerektiğinde yüzey nemlendirilecektir. Zorunlu hallerde, beton karışım suyunun soğutulması, karıştırma ve son sıkıştırma arasındaki izin verilebilen zamanı azaltma şeklinde önlemler de alınabilecektir.

SSB serme işlemi süreklilik arz edecek şekilde yapılmalı, serme hızı işin özelliğine göre ayarlanmalı, serilen yüzeyde agrega ayrışması olmamalıdır. Serim sırasında segregasyona meydan verilmeyecek, malzeme projesindeki kalınlığa uygun olarak serilip sıkıştırılacaktır. Serme genişliği, projesinde belirtildiği gibi olacaktır. Gerektiğinde, işin durumuna göre serme genişliği kontrol mühendisi tarafından belirlenecektir.

SSB tabakası serimi için kayar kalıplı finişer kullanılacaktır. Finişer ayarları SSB tabakasını %85 sıkınlıkta serecek şekilde yapılmalı veya seçilmelidir. SSB tabakasının projesinde belirtilen kalınlıkta tek seferde serilmesi ve sıkıştırılması esas olup, finişer seçiminde bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. İşin özelliğine göre iki tabaka halinde serilmesi gerekiyorsa, tabakalar arasında yeterli bağın sağlanması ve bir süreksizlik oluşmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

İşin durumuna göre Kontrol Mühendisi tarafından birden fazla serici kullanılması kararlaştırıldığı zaman sericiler, 30 dakikadan fazla bekletilmemek kaydıyla çalıştırılacaktır. Özel durumlarda, kontrol mühendisinin izni ile, katkı malzemeleri kullanılarak veya ortam sıcaklığı, rüzgar ve nem durumu göz önünde bulundurularak bu süre uzatılabilir veya azaltılabilir.

Projesinde bordür bulunan işlerde serme işlemi öncesi bordürler döşenmiş olmalıdır. Serme kalınlığı, proje SSB tabakası kalınlığı ile serme ve sıkıştırma ekipmanının özellikleri göz önünde bulundurularak kontrol mühendisi tarafından yerinde belirlenmelidir.

Finişer elektronik duyarğa kumandalı olacak, gerili çelik tel sistemi (offset hattı) kullanılarak serme yapılacaktır. Gerili çelik tel sisteminde, çelik tel tespit kazıkları her 5 m'de bir yerleştirilecek, telin uzunluğu en az 200 m olacak şekilde tanzim edilecektir.

Yeterli sayıda tecrübeli kürekçi ve tırmıkçı gibi personel finişeri takip ederek SSB yüzeyinden istenilen özellik ve niteliklerin temininde yardımcı olacaklardır.

Makine ile serilmesi mümkün olmayan yerlerde malzeme elle serilebilecektir. Ancak, bu sırada düzgün ve kaliteli işçilik ile sıkıştırılmış haldeki kaplamanın kot, eğim ve düzgünlük bakımından şartname ve proje kriterleri sağlanmış olacaktır.

04.05. Sıkıştırma

SSB sıkıştırma işlemi, karışım yola serilir serilmez hemen başlayacaktır. Sıkıştırma ekip ve ekipmanından kaynaklanan herhangi bir gecikme olması halinde, masrafları tamamen yükleniciye ait olmak üzere, etkilenen alana Kısım 04.07 de belirtildiği özellik ve miktarda kimyasal kür malzemesi uygulanarak, sıkıştırma için gerekli süre uzatılmalıdır.

İstenilen sıkışmanın sağlanması için gerekli olan finişer ayarları, sıkıştırma makineleri ve geçiş sayıları, serilen kesimin ilk 50 m' lik kısmında denenerek belirlenmelidir.

Sıkıştırma ağırlığı en az 11 ton, statik çizgisel yükü 30 kg/cm² den büyük, iki frekanslı vibrasyon sistemli düz bandajlı silindirler ve lastik başına düşen yükü en az 3.500 kg olan lastik tekerlekli silindirlerle yapılacaktır.

Sıkıştırma yolun ekseni doğrultusunda yapılacak, düşük kotlu kenardan başlanarak, eksene doğru kayacaktır. Yatay kurlarda kurbun içinden başlanacak ve dışa doğru devam edecektir. Her geçişte, bir önceki geçişte sıkıştırılan kısma silindir genişliğinin % 10' u kadar bindirme yapılacaktır. Şeridin tümünde ilk geçiş tamamlanmadan ikinci şeride geçilmeyecektir.

Sıkıştırma işlemi, serme işleminin hemen arkasından başlamalı ve SSB' nin beton santralinden çıkışından 60 dakika içerisinde tamamlanmalıdır. Bu süre; katkı kullanımına, ortamın havasının sıcaklığı, rüzgar ve neme bağlı olarak kontrol mühendisi tarafından artırılabilir veya azaltılabilir.

Sıkıştırma sırasında tespit edilen segregasyona uğramış kesimler; bir saat içerisinde kaldırılarak yerine uygun malzeme getirilmesi ve sıkıştırılması yoluyla düzeltilecektir. Son silindiraj tamamlandığında yüzeyde tekerlek izleri ve kılcal çatlaklar bulunmayacaktır.

Bordür, kalıplar ve duvarların yanları gibi silindirlerin yanaşamayacağı yerlerde sıkıştırma, vibrasyonlu plakalı sıkıştırıcılar, vibrasyonlu tokmaklar veya elle çekilebilen küçük vibrasyonlu silindirlerle yapılacaktır.

Şerit bileşimleri dışında, kısmen veya tamamen sertleşmiş malzeme üzerine silindir çıkarılmayacaktır.

SSB karışımlarındaki hava boşluklarını en aza indirmek, tabakanın dayanıklılığı açısından çok önemlidir. Hava boşlukları malzemenin zayıflamasına sebep olurken, aşırı su donma çözülmeye bağlı istenmeyen gerilmelere sebep olabilecektir.

SSB tabakası, Modifiye Proctor metodu ile bulunan maksimum kuru birim ağırlığının % 98'inden az olmamak şartıyla sıkıştırılacaktır. Sıkışma kontrolü, Tablo 04.09'da belirtilen metotlar ile yapılacaktır.

Bitmiş tabakanın herhangi bir noktası ile tabakanın proje kotu arasında ± 10 mm'den fazla kot farkı olmayacaktır.

04.06. Derzler

Günlük inşaatın sonunda veya 90 dakikadan fazla ara verildiğinde enine inşaat derzi yapılacaktır. Bu amaçla; sıkışmış SSB tabakasının bitim yerleri yol eksenine dik doğrultuda kesilerek, düzgün ek yeri yüzeyi oluşturulacak, temizliği yapılacak ve yeni tabaka yapılmadan ıslatılacaktır.

İnşaat derzi kesme işlemleri, silindirlere monte edilmiş veya özel kesme ekipmanları ile yapılacaktır.

Boyuna ek yerleri de, yukarıda açıklandığı gibi, yol ekseni doğrultusunda şerit kenarından 5-10 cm içeriden kesilerek teşkil edilecektir.

Serme ve sıkıştırma işlemleri tamamlanmış ve bu şekilde 90 dakika beklemiş bir şeridin yanına yeni şeridin serimine başlamadan önce, yan yüzey dik olarak kesilmeli ve gerekli temizlik yapılarak, ek yüzeyleri ıslatılmalıdır.

Genel olarak SSB uygulamasında serme ve sıkıştırma işlemi tamamlandıktan sonra derz yapılmasına gerek yoktur. Ancak, projesinde belirtilmesi ve kontrol mühendisinin uygun görmesi halinde; çatlak yerlerini kontrol altına almak, estetik görünüm elde etmek veya yük transferini iyileştirmek amacıyla SSB Yol yüzeyinde enine ve boyuna derz imalatı yapılabilir.

Derz kesme cihazları düz ve keskin kenarlı kesim sağlamalıdır. Kesme işlemi sırasında oluşan beton çamuru kesim esnasında veya sonrasında temizlenmelidir.

Kontrollü derz yapılması kararlaştırıldığında, çevre ve iklim koşulları ile kaplama tasarım kriterleri göz önüne alınarak projesine uygun bir şekilde derz yerleri belirlenir.

Bu durumda, derz kesme işleminin zamanlaması rastgele çatlakların önlenmesi açısından oldukça önemlidir. Genel olarak derz kesme işlemi 12-24 saat içerisinde yapılmalıdır. Kesilmiş derzin genişliği 3 mm'yi geçmemeli, derinliği ise SSB tabaka kalınlığının 1/3' ü kadar olmalıdır. Bu şekilde açılan derzlerin doldurulmasına gerek yoktur. Ancak, projesinde 6 mm' den büyük derz yapılması öneriliyorsa, derzler projesinde belirtilen malzeme ve uygulama metoduna göre doldurulmalıdır.

04.07. Kür ve Koruma

SSB tabakası, sıkıştırmanın tamamlanmasından sonra vakit geçirilmeden, en fazla 2 saat içerisinde etkili ve üniform bir koruyucu kür tabakası ile kaplanmalıdır. Havanın sıcak ve güneşli olduğu zamanlarda bu süre daha da azaltılacaktır. SSB tabakası, serilmesinden sonra en az 7 gün süre ile kür edilmelidir.

Beton yüzeyine uygulanan kimyasal kür maddeleri TS 10966 "Sıvı kür malzemeleri - Membran oluşturan - Beton yüzeyine uygulanan – Özellikler" standardına uygun olmalıdır. Kimyasal kür malzemeleri çok kuru veya çok sulu yüzeye uygulanmamalıdır.

Kür işleminde, aşağıda belirtilen metotlardan biri uygulanacaktır;

- Kimyasal kür malzemesi 0,350 l/m² oranında,
- Bitümlü kür tabakası en az 0,5 l/m² oranında,
- Su ile kür yapılması halinde 3 l/ m² oranında uygulanmalıdır.

Ancak, kür malzemesi uygulama miktarı Kontrol Mühendisi' nin görüşleri doğrultusunda işin özelliğine göre değiştirilebilecektir.

Su kürü tercih edilmesi halinde; kullanılan su karma suyu kalitesinde Kısım 02.03' de belirtildiği şekilde olmalıdır. SSB tabakası, kenar yüzeyler dahil olmak üzere tüm yüzeye sürekli su püskürtülerek en az 7 gün boyunca nemli tutulmalıdır. Su kürü beton yol yüzeyine zarar vermeyecek şekilde sisleme veya püskürtme şeklinde yapılmalıdır.

SSB Yol yüzeyinin korunması amacıyla İdare' nin izni ile performansı uluslararası düzeyde kanıtlanmış farklı ürünler de kullanılabilir.

04.08. Trafik

Yüklenici, imalatı tamamlanan SSB yol yüzeyini araçlardan korumalıdır. Kontrol mühendisinin onayı ile belirlenecek zamanda yol trafiğe açılmalıdır.

04.09. Kalite Kontrol

SSB yapımında kullanılan malzemeyi ve oluşturulan tabakayı kontrol etmek amacıyla, belirli aralıklarla yapılması gerekli kalite kontrol deneyleri, minimum deney sayısı ve sıklıkları Tablo 04.09' da verilmiştir.

Tablo 04.09. 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 Metot*	ASTM D 6938-10 AASHTO T 310-11	Her 200 m ² ye 1 adet
Dayanım Deneyleri – Taze Betonda		
Basınç Dayanımı Tayini	TS EN 12390-3	Her 100 m ³ de 3 adet
Eğilme Dayanımı Tayini	TS EN 12390-5 (iki noktadan yükleme metodu)	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 1000 m ² de 2 adet
Kalınlık Kontrolü	TS EN 13863-3	Her yol şeridi için 1000 m ² de 2 adet

Kalite kontrol deneyleri en az bu tabloda belirtilen sayıda olmak üzere, Kontrol Mühendisi'nce uygun görülen ara ve sıklıkta yapılacaktır.

* İşin başlangıcında en az 10 farklı noktada nükleer metot ile yapılan sıkışma deney sonuçları ile Kum Konisi ile yapılan sıkışma deney sonuçlarının korelasyonu yapılacaktır. Sıkışma kontrolünün nükleer metotla yapılması durumunda, ayrıca her 2.000 m²' de bir kum konisi ile de sıkışma kontrolü yapılacaktır.

**Karotlar, kaplama yüzeyine dik eksende alınmalı ve karot uçları, kaplamanın üst ve alt yüzeylerinin karakteristiklerini taşımalıdır. Normal dışı kusur bulunan karotlar veya karot alınması işlemi esnasında fark edilir şekilde hasar görmüş (örnek olarak, parçalanmış, yarılmış veya eğrilmiş) karotlar kullanılmamalıdır. Önerilen karot çapı 100 mm veya 150 mm' dir.

Karotlar, günün serin saatinde ve gerektiğinde karot alınacak yere soğuk su, buz veya diğer soğutucu maddeler uygulanarak kaplamanın parçalanıp dağılmasını önleyecek şekilde alınmalıdır. Karotların alındığı yerler aynı sınıf betonla en kısa zamanda sıkıştırılarak doldurulmalıdır.

04.09.01. Basınç Dayanımının Tayini

Yapımı tamamlanmış SSB tabakasının dayanımı, tam derinlik boyunca alınacak karotlar üzerinde belirlenecektir. Dayanım sınıfları 28 günlük olgunluk yaşına göre belirlenmelidir. Kaplamadan alınacak ve test edilecek karot sayısı Tablo 04.09' a göre belirlenecek ve karot basınç dayanımları da TS EN 12504-1, TS EN 12390-3 ve TS EN 13877-2 standardına göre tespit edilecektir. Boy/çap oranı 1' e eşit olmayan karotların test edilmesi gerektiğinde KGM Beton Yollar Teknik Şartnamesi' nde belirtilen düzeltme faktörleri kullanılabilir.

Kaplama betonundan alınan karotlar TS EN 12504-1 standardına göre kür edilmelidir.

Alınan karotların minimum basınç dayanımı uygunluk kriteri; ard arda herhangi 4 sonucun ortalaması $\geq f_{ck, core} + 1$ ve herhangi tek bir sonuç ise $\geq f_{ck, core} - 4$ olmalıdır.

Örneğin; Beton dayanım sınıfı C30/37 MPa olması durumunda karot dayanım sınıfı CC30 olacaktır. Bu durumda ard arda herhangi 4 sonucun ortalaması ≥ 31 (30+1) MPa ve herhangi tek bir sonuç ≥ 26 (30-4) MPa olmalıdır.

04.09.02. Kalınlık Kontrolü

SSB tabakasının kalınlığı; karot numunelerinin ölçüm ortalaması olacak ve bu değer tasarım kalınlığından az olmayacaktır. Herhangi bir bireysel karot ölçüm değerindeki kalınlık azalması (4 okumanın ortalaması) 10mm değerinden küçük olmalıdır.

04.09.03. Yüzey Düzgünlüğü

Karışım serilip sıkıştırıldıktan sonra yol plan, profil ve en kesitlere uygun olmalıdır. Yol yüzeyinde renk farklılıkları, çatlak, kabarma, çökme, tekerlek izi vb. bulunmayacaktır.

Bitmiş kaplamanın yüzey düzgünlüğünün enine ve boyuna kontrolü, deforme olmayacak nitelikte 5 m uzunluğunda master ile yapılacaktır. Yolun boyuna kontrolü için, master yol eksenini doğrultusunda ve eksene dik olarak kontrol mühendisinin uygun gördüğü yerlere yerleştirilecektir. Masterın yola temas eden herhangi iki noktası arasındaki bölümde, masterla yol yüzeyi arasındaki açıklık 10 mm'den fazla olmayacaktır.

