

TÇMB

TÜRKİYE ÇİMENTO MÜSTAHSİLLERİ BİRLİĞİ

**SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ
BETON YOLLAR
TASARIM REHBERİ**

**ANKARA, 2018
TÇMB**

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	1
3. TANIMLAR	2
4. YOL SINIFLARI	3
4.1 I. SINIF YOLLAR	3
4.2 II. SINIF YOLLAR	3
4.3 III.SINIF YOLLAR	3
5. PROJE ÖMRÜ	4
6. TRAFİK	4
7. ŞERİT DAĞITMA FAKTÖRÜ [μ]	4
8. YÖN DAĞITMA FAKTÖRÜ [Y]	4
9. GÜVENİLİRLİK [R]	4
10. SSB PLAK BOZULMA ORANI [DR]	5
11. SON SERVİS KABİLİYETİ	5
12. SSB ÜSTYAPI TABAN ZEMİNİ	5
12.1 KALİFORNİYA TAŞIMA ORANI [CBR]	5
12.2 ESNEKLİK MODÜLÜ [MR]	6
13. BETON BASINÇ DAYANIMI	7
14. BETON EĞİLME DAYANIMI	7
15. KENAR DESTEĞİ	7
16. ALTTEMEL	7
17. KAPLAMA TABAKASI (SSB PLAK)	7
18. SSB ÜSTYAPILARIN PROJELENDİRİLMESİ	8
18.1 SSB ÜSTYAPI KALINLIK TABLOLARI	8
18.1.1 ALTTEMEL YAPILMAMA DURUMU	8
18.1.2 SSB ÜSTYAPI TABAN ZEMİNİ İYİLEŞTİRMESİ	8
19. ÇEVRESEL ETKİLER	10
19.1 DONMA ETKİSİ	10
19.1.1 DON PENETRASYON DERİNLİĞİ [PD]	10
19.1.2 DONMAYA HASSAS ZEMİNLER	10
19.2 ISI DEĞİŞİMLERİ	11
20. KAYNAKÇA	13

TABLolar

TABLO 1	ŞERİT DAĞITMA FAKTÖRLERİ	4
TABLO 2	GÜVENİLİRLİK [R] SEVİYESİ	4
TABLO 3	SON SERVİS KABİLİYETİ	5
TABLO 4	ZEMİNLERİN ESNEKLİK MODÜLLERİ [MR]	6
TABLO 5	SSB ÜSTYAPI KALINLIK TABLOLARI	9
TABLO 6	SEÇME MALZEME (CBR [%] ≥ 8) TABAKA KALINLIKLARI	8
TABLO 7	DONMAYA HASSAS ZEMİN SINIFLARI	10
TABLO 8	DONMAYA HASSAS OLMAYAN MALZEME ÖZELLİKLERİ	11
TABLO 9	SSB PLAK KALINLIĞI ARTIŞ MİKTARLARI	11

ŞEKİLLER

ŞEKİL 1 TÜRKİYE DON PENETRASYON DERİNLİĞİ HARİTASI

12

SEMBOLLER

CBR	: Kaliforniya Taşıma Oranı [%]
DR	: SSB Plak Bozulma Oranı
Dİ	: Don İndeksi
MR	: Esneklik Modülü
μ	: Şerit Dağıtma Faktörü
PD	: Don Penetrasyon Derinliği
R	: Güvenilirlik [%]
SSB	: Silindirle Sıkıştırılmış Beton
Δt	: Trafik Artış Katsayısı [%]
Y	: Yön Dağıtma Faktörü [%]
YOGT	: Yıllık Ortalama Günlük Trafik

1. GİRİŞ

Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB), iri ve ince agreganın sürekli gradasyon verecek şekilde uygun oranda su ve çimento ile beton santralinde karıştırılmasıyla üretilen betonun, finişerle serilip, silindirlerle sıkıştırılmasıyla oluşan tabakadır.

Silindirle Sıkıştırılmış Beton yol teknolojisi ile yapılan üstyapılar düşük taşıma gücüne sahip taban zeminlerinde dahi güvenle kullanılabilir. Klasik yol yapım elemanlarıyla hızlı bir şekilde yapılması, hafif araç trafiğine kısa süre içerisinde açılması ve uzun ömürlü olması nedeniyle birçok uluslararası yol otoritesi tarafından tercih edilmekte, uzun yıllardır avantajlarından yararlanılmaktadır.

Ülkemizde de son yıllarda özellikle Belediyeler ve İl Özel İdareleri tarafından tercih edilmekte ve birçok başarılı uygulama yapılmaktadır. Bununla birlikte, SSB Yol teknolojisi ile ilgili birçok eğitim faaliyeti düzenlenmiş ve sektörün ihtiyaç duyduğu konularda yayınlar yapılmıştır. Üniversitelerin AR-GE projeleri kapsamında da yer bulmaya başlayan SSB Yol teknolojisi Ülkemiz yol kullanıcılarına uzun ömürlü, konforlu, güvenli ve aynı zamanda ekonomik yol üstyapıları sunmaktadır.

2017 yılı sonunda “**Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yollar Teknik Şartnamesi**” hazırlanmış ve yol mühendislerinin ve İdarelerin kullanımına sunulmuştur. Ayrıca İhale birimlerine destek olması amacıyla, “**SSB Yollar Birim Fiyat Analizleri ve Tarifleri**” hazırlanmıştır.

Rijit yol üstyapı tiplerinden biri olan Silindirle Sıkıştırılmış Beton yol üstyapıları, taban zemini üzerine gerekli ise alttemel ve üzerine SSB Plak yapılmak kaydıyla oluşturulmaktadır.

Bu projelendirme rehberi, Silindirle Sıkıştırılmış Beton yol teknolojisi kullanılarak yapılacak yol üstyapıları ile ilgili bilgileri ve üstyapı tabaka kalınlıklarının nasıl belirleneceğini gösterir.

Rehberin genel tasarım yaklaşımı; Amerikan Beton Üstyapılar Birliği tarafından 2014 yılında hazırlanarak uluslararası kullanıma sunulan “**StreetPave**” yazılımına uygundur. Diğer yandan Ülkemiz yol yapım sektörü, trafik kompozisyonu ve yol yapım malzemeleri mühendislik özellikleri dikkate alınarak hesaplama ve değerlendirmeler yapılmıştır. Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol özellikle kırsal kesimdeki birçok yol inşası için ekonomik ve hızlı bir çözümdür.

2. GENEL BİLGİLER

Yol üstyapısı trafik yüklerini taban zeminine aktaran kaplama ve temel tabakalarından oluşan kademeli bir yapıdır. Yol üstyapısı yolun en önemli unsurudur ve yol kullanıcıları üstyapının kalitesinden doğrudan etkilenir. Bununla birlikte yol yapım maliyetlerinin de büyük bir kısmını yol üstyapısı oluşturmaktadır. Bu nedenlerle üstyapı tipinin seçimi, projelendirilmesi, yapımı ve bakımı son derece önemlidir.

Üstyapılar çevre, iklim ve trafik koşulları altında, proje ömrü boyunca hizmet vermek için tasarlanırlar. Üstyapılara temel teşkil eden yol tabanının şartnamelere uygun olarak, malzeme seçimi, serme ve sıkıştırma işlemlerinin tamamlanması, üstyapının performansını doğrudan etkiler.

Üstyapı tasarımına etki eden en önemli unsurlar aşağıda verilmektedir.

- Trafik
- Çevre ve iklim koşulları
- Üstyapı malzeme ve karışım özellikleri
- Üstyapı tabanı mühendislik özellikleri
- Yolun geometrik özellikleri
- Drenaj koşulları

Bu projelendirme rehberi, AASHTO-93 Rijit Üstyapılar Tasarım Rehberi’ nde belirtilen tasarıma uygun olarak “**StreetPave**” yazılım programı hesap yöntemini kullanılarak hazırlanmıştır.

StreetPave, şehir içi ve yerel yol kaplamaları ile ilgili en güncel kalınlık tasarım yaklaşımlarını içeren bir programdır. Bu program il, ilçe, belediye ve köy yolları için beton kaplama kalınlıklarını optimize etmek amacıyla en yeni mühendislik yaklaşımlarını kullanır.

Hazırlanan bu rehberin “**Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yollar Teknik Şartnamesi**” ile birlikte değerlendirilmesi uygun olacaktır.

3. TANIMLAR

Alttemel

Üstyapı tabanı ile SSB plak arasında yeralan, malzeme ve karışım özellikleri tanımlanmış, yoğun gradasyonlu granüler malzemeden oluşan bir üstyapı tabakasıdır.

Dingil Yükleri

Dingillere bağlı tüm tekerlerin ilettiği yükür. Tek, tandem ve tridem dingil yükü olarak çeşitlendirilir.

Esneklik Modülü [MR]

Taban zemini ve üstyapı tabakalarını oluşturan karışımların tekrarlı yükler altındaki davranışını tanımlayan mühendislik parametresidir.

Güvenilirlik [R]

Üstyapı tasarımının proje ömrü sonunda nasıl davranacağına bir ölçüsü olan güvenlik katsayısıdır.

Kaliforniya Taşıma Oranı [CBR]

Taban zemini ile alttemel vb. üstyapı tabakalarının taşıma gücünü belirleyen yüzde (%) cinsinden değerdir.

Kaplama Tabakası

Taşıtların temas ettiği ve malzeme özellikleri ile kayma dayanımı sağlayan, trafik ve iklim koşulların oluşturduğu aşınmaya karşı koyan yol üstyapısının en üst tabakasıdır.

Proje Ömrü

Yolun trafiğe açılmasından, son servis kabiliyeti değerine ulaşmaya kadar geçen zamandır.

Seçme Malzeme

Üstyapı taban zemininde şartnamelere göre kullanılması uygun olmayan malzeme yerine kullanılan, üstyapı taban zeminini teşkil etmek üzere serilip, sıkıştırılan uygun malzemedir.

Servis Kabiliyeti

Üstyapının belirlenen sürede trafiğe hizmet edebilme kabiliyetidir. “5” mükemmel bir üstyapı durumunu, “0” ise geçit vermez bir üstyapıyı tanımlamaktadır.

Silindirle Sıkıştırılmış Beton [SSB] Plak

İri ve ince agreganın, sürekli gradasyon verecek şekilde, uygun oranda su ve çimento ile karıştırılmasıyla üretilen betonun finişerle serilip, silindirlerle sıkıştırılmasıyla yapılan üstyapı kaplama tabakasıdır.

Son Servis Kabiliyeti

Projelendirilen yol üstyapısının proje ömrü sonundaki servis kabiliyetidir.

Üstyapı Taban Zemini

Üstyapı tabakalarına temel teşkil eden, trafik yükünün etkin olduğu derinliğe kadar devam eden, üstyapının hemen altında yer alan altyapı tabakasıdır.

Yıllık Ortalama Günlük Trafik [YOGT]

Yıllık Ortalama Günlük Trafik, yıl içerisindeki taşıt hacmi değişimleri dikkate alınarak hesaplanan ortalama tahmini bir değerdir. YOGT hesaplanırken yıl içerisindeki mevsimsel, aylık vd. trafik hacim değişimleri göz önünde bulundurulmalıdır.

4. YOL SINIFLARI

Bu rehber genel olarak İl Özel İdareleri ve Belediyelere bağlı yol ağı için tasarlanacak SSB üstyapıları kapsadığından, ilgili mevzuat gereği yol sınıfları tanımı aşağıda verilmektedir.

4.1 I. SINIF YOLLAR

4.1.1 Bulvar

Yerleşim yeri içindeki geniş, trafikte gidiş geliş yönleri ayrılmış caddedir.

4.1.2 Cadde

Yerleşim yeri içindeki geniş ve uzunca sokaktır.

4.1.3 Köyün veya bağlısının; il, ilçe ve belde belediyeleri ile devlet, il ve grup köy yoluna en uygun güzergâhla ulaşımını sağlayan yollar

4.1.3.1 Grup köy yolu,

4.1.3.2 Münferit köy yolu olup;

- Köy veya bağlısını; il, ilçe ve belde belediyelerine bağlayan yol,
- Köy veya bağlısını grup köy yoluna, il ve devlet yoluna bağlayan yol,
- Bağlısını, köy merkezine bağlayan yol,

4.1.3.3 Köy içi yol

4.2. II. SINIF YOLLAR

4.2.1 Sokak

Bir veya iki tarafına binaların sıralandığı, yayaların ve/veya araçların geçmesi için ayrılan, başı ve sonu belirli bir yol

4.2.2 Köy veya bağlılarını; birinci derece öncelikli ana ulaşım yolu dışında, birden fazla bağlantı yolu ile bağlısına, köye, grup köy yoluna, devlet ve il yoluna bağlayan yollar

4.2.2.1 Grup köy yolu dışında kalan, köyü köye alternatif yol ile bağlayan yol,

4.2.2.2 Farklı köylerin bağlılarını birbirine bağlayan yol,

4.2.2.3 Bağlısını, köye (Birinci Derece Öncelikli Yol dışında) birden fazla yol ile bağlayan yol,

4.2.2.4 Köyün, farklı güzergâhtaki bağlılarını birbirine bağlayan yol,

4.3 III. SINIF YOLLAR

I. ve II. Sınıf yollar dışında kalan, köy içi yollardır.

5. PROJE ÖMRÜ

Proje ömrü yolun trafiğe açılmasından, son servis kabiliyeti değerine ulaşmaya kadar geçen zaman (yıl) dır.

SSB üstyapıların proje ömrü, tasarımcı tarafından proje ömrü sonunda yolun durumunun öngörülmesi ile birlikte teknik ve ekonomik hususlar gözetilerek belirlenir.

Bu rehber kapsamında, SSB Yollar için proje ömrü 20 yıl alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

6. TRAFİK

SSB Yolların tasarımında, beton plak kalınlığını belirleyen en önemli faktörlerden biri trafiktir.

Kalınlık tasarımı yapılacak yoldan geçen tek, tandem ve tridem dingil yükleri eşdeğer standart dingil yükü tekerrür sayısına çevrilerek, proje ömrü boyunca ağır trafik şeridinden geçen toplam eşdeğer trafik değeri belirlenmelidir.

Projenin ilk senesi için tahmin edilen trafik sayıları ve yıllık trafik artış yüzdesi kullanılarak, proje ömrü için ortalama günlük proje trafiği hesaplanır.

Bu rehberde, **StreetPave** yazılımı proje trafiği hesap esasları kabul edilmiş ve yıllık trafik artış katsayısı [Δt], % 2 alınarak proje ömrü boyunca artırılmıştır.

7. ŞERİT DAĞITMA FAKTÖRÜ [μ]

SSB Yol üstyapı tasarım hesapları ağır taşıtların kullandığı trafik şeridi esas alınarak yapılmaktadır. Bu şeritteki trafik hesaplanırken tek yöndeki şerit sayısına bağlı şerit dağıtma faktörleri kullanılır (**Tablo 1**).

Bu rehber kapsamında yapılan hesaplamalarda, güvenli tarafta kalmak kaydıyla, ilgili yol ağıda gözönünde bulundurularak Şerit Dağıtma Faktörü [μ], 100 olarak alınmıştır.

TABLO 1. ŞERİT DAĞITMA FAKTÖRLERİ

Şerit Sayısı	Şerit Dağıtma Faktörü [μ]
2	100
4	90
6	70

8. YÖN DAĞITMA FAKTÖRÜ [Y]

Yön dağıtma faktörü, her iki yönden geçen trafiğin, şerit bazında dağılımının bir göstergesidir. Bu rehber kapsamında yapılan hesaplamalarda, her bir trafik yönü için trafik değerinin eşit olduğu kabul edilmiştir. Yön Dağıtma Faktörü [Y], % 50 olarak alınmıştır.

9. GÜVENİLİRLİK [R]

Güvenilirlik; genel olarak üstyapı kalınlık tasarımının güvenlik katsayısıdır. Projelendirme aşamasında kabul edilen tasarım kriterlerinin proje ömrü süresince geçerliliğini koruması amacıyla, yolun önemi, tasarım aşamasında kullanılan verilerin güvenilirliği vb. hususlar değerlendirilerek belirlenmelidir.

Rehber kapsamında belirtilen yol sınıflarına uygun Güvenilirlik Seviyeleri **Tablo 2'** de verilmektedir.

TABLO 2. GÜVENİLİRLİK [R] SEVİYESİ

Yol Sınıfı	Güvenilirlik Seviyesi [%]
I. Sınıf Yollar	90
II.Sınıf Yollar	75
III.Sınıf Yollar	60

10. SSB PLAK BOZULMA ORANI [DR]

SSB Plakta servis ömrü sonunda öngörülen bozulma derecesini gösteren orandır. Güvenilirlik ile SSB Plak Bozulma Oranı birbiriyle ilişkili kavramlardır. Güvenilirlik %100 olduğunda, bozulma oranı % 0' dır. Güvenilirlik azaldıkça bozulma oranı artar. StreetPave programı kullanılarak yapılan tasarımda güvenilirlik seviyesi için SSB Plak Bozulma Oranı [DR], %15 olarak belirlenmiştir.

11. SON SERVİS KABİLİYETİ

Servis kabiliyeti, yol üstyapısının yol kullanıcılarına verdiği hizmetin bir göstergesidir.

1958-1960 yılları arasında yapılan AASHTO Yol Testi sonucu tanımlanmıştır. Servis kabiliyetinin "0" olması, geçit vermez bir yol üstyapısını, "5" ise mükemmel bir üstyapıyı temsil etmektedir.

Yol üstyapılarının inşası tamamlanıp trafiğe açıldıkları zaman en iyi servis kabiliyetindedirler. Trafik, çevre ve iklim koşulları altında başlayan bozulmalar sonucunda, zamanla ilk servis kabiliyetlerini yitirirler. Son servis kabiliyeti, proje ömrü sonunda yol üstyapısının ne durumda olacağını belirleyen bir göstergedir.

Son servis kabiliyeti değerleri, proje ömrü sonunda öngörülen SSB Plak bozulma oranı ve yol sınıflarına göre **Tablo 3'** de verilmektedir.

TABLO 3. SON SERVİS KABİLİYETİ

Yol Sınıfı	Öngörülen SSB Plak Bozuma Oranı [%]	Son Servis Kabiliyeti
Ana Arterler Devlet ve İl Yolları	5	2,5
I.Sınıf Ulaşım Yolları	15	2,25
II.ve III.Sınıf Ulaşım Yolları	15-25	2

12. SSB ÜSTYAPI TABAN ZEMİNİ

Yol üstyapısının temelini teşkil eden, üstyapı tabakalarının oturacağı zemindir. Üstyapıdan gelen yüklerin aktarıldığı üstyapı taban zemini yeterli taşıma gücüne sahip olmalı, oturma, şişme/kabarma şeklinde istenmeyen deformasyonlara karşı dirençli olmalıdır. Bu nedenlerle Üstyapı taban zemini şartnamesine uygun şekilde hazırlanmalı ve kalite kontrol testleri tamamlanmalıdır.

SSB Yol üstyapıları dizayn edilirken üstyapı taban zemini aşağıdaki mühendislik özellikleri ile tanımlanır.

12.1 KALİFORNİYA TAŞIMA ORANI [CBR]

Zemin taşıma gücünü karakterize etmek için kullanılan bir orandır. TS EN 13286-47 "Bağlıyıcısız ve hidrolik bağlayıcılı karışımlar - Bölüm 47: Kaliforniya taşıma oranı, anlık taşıma indisi ve doğrusal şişmenin tayini için deney yöntemi" standardında belirtilen esaslar dahilinde belirlenir.

Rehber kapsamında verilen CBR oranları ilgili standarda göre yapılan deney sonucu elde edilen **yaş CBR** oranlarıdır. CBR deneyi yol projelendirme ve yapım çalışmalarında yaygın olarak kullanıldığından **StreetPave** yazılımında CBR oranı bilinen olarak kullanılmış ve aralarındaki korelasyon ile Esneklik Modülü değeri belirlenmiştir.

12.2. ESNEKLİK MODÜLÜ [MR]

Esneklik modülü tabakanın tekrarlı yük altında (trafik yükü) gösterdiği davranışın bir ölçüsüdür. Esneklik modülü tek eksenli dinamik yükleme altında tabakada oluşan maksimum gerilmenin, maksimum birim şekil değiştirmeye oranıdır. AASHTO' nun 'Yol Üstyapı Tasarım Rehberi' nde bulunan zemin sınıflarına karşılık CBR ve Esneklik Modülü değerleri **Tablo 4'** de verilmektedir.

TABLO 4. ZEMİNLERİN ESNEKLİK MODÜLLERİ [MR]

Tanım	AASHTO	ASTM	CBR (%)	Esneklik Modülü (MPa)
Kaba Daneli Zeminler				
Çakıl	A-1-a, iyi derecelenmiş	GW,GP	60-80	221-269
	A-1-a, kötü derecelenmiş		35-60	152-221
Kaba Kum	A-1-b	SW	20-40	103-172
İnce Kum	A-3	SP	15-25	83-124
Yüksek Oranda İnceli Granüler Malzemeler				
Siltli Çakıl	A-2-4, çakıllı	GM	40-80	172-269
Siltli Kumlu Çakıl	A-2-5, çakıllı			
Siltli Kum	A-2-4, kumlu	SM	20-40	103-172
Siltli Çakıllı Kum	A-2-5, kumlu			
Killi Çakıl	A-2-6, çakıllı	GC	20-40	103-172
Killi Kumlu Çakıl	A-2-7, çakıllı			
Killi Kum	A-2-6, kumlu	SC	10-20	62-103
Killi Çakıllı Kum	A-2-7, kumlu			
İnce Daneli Zeminler				
Silt	A-4	ML,OL	4-8	34-55
Silt/Kum/Çakıl Karışımı			5-15	41-83
Kötü Derecelenmiş Silt	A-5	MH	4-8	34-55
Düşük Plastisiteli Kil	A-6	CL	5-15	41-83
Orta Plastisiteli Kil	A-7-5	CL,OL	4-15	34-83
Yüksek Plastisiteli Kil	A-7-6	CH,OH	3-5	28-41

13. BETON BASINÇ DAYANIMI

Betonun mühendislik özelliklerinin en başında basınç dayanımı gelmektedir. Betonun basınç dayanımı, taze betondan alınan numunelerin, TS EN 12390-3 "Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini" standardında belirlenen esaslar dahilinde test edilmesi sonucunda tespit edilmektedir.

"Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yollar Teknik Şartnamesi" Kısım 03' de belirtildiği şekilde hazırlanan taze beton numuneleri ile belirlenecek olan minimum Karakteristik Basınç Dayanım Sınıfı **C30/37** olmalıdır.

14. BETON EĞİLME DAYANIMI

Beton Eğilme Dayanımı, 28 günlük basit kırış numunesi üzerinde iki noktadan yükleme metodu ile ölçülür (TS EN 12390-5). Tipik değer aralıkları 3.45-4.83 MPa arasında olup, **C30/37** sınıfı beton için, **4.2 MPa** alınmıştır.

15. KENAR DESTEĞİ

Beton kaplamalarda kritik yük bölgesi, beton plak kenarlarında oluşacağından, beton plak kenar bölgelerinin desteklenmesi oldukça önemlidir. Kenar destekleri, beton bordür ve hendekler, beton banketler vb. ile sağlanır. Bunların yanında, beton plak genişliği kaplama kenarlarından 0.3 m kadar artırılırsa kenar desteği sağlanmış olur.

Rehber kapsamında oluşturulan kalınlık tablolarında, güvenli tarafta kalınarak kenar desteğinin olmadığı durum göz önünde bulundurulmuştur.

16. ALTTEMEL

SSB üstyapılar üzerine gelen yükleri tabanda geniş bir alana dağıttıklarından çok kalın bir temel/alttemel gerektirmezler. Bu durum rehber hazırlanırken yapılan kapsamlı hesaplamalarda da görülmektedir. SSB Plak altında **15 cm** kırmataş alttemelin kullanılması yeterli görülmekte, SSB üstyapılarda temel tabakası yapılmasına gerek duyulmamaktadır.

Alttemel malzemesinin Karayolu Teknik Şartnamesi Kısım 401 de belirtilen kriterlere uygun olarak üretilip, projesine uygun serme ve sıkıştırmasının yapılması gerekmektedir.

Alttemel tabakası kırmataş olması halinde 15 cm, KTŞ Kısım 401' e uygun doğal kum-çakıl malzemeden yapılması halinde ise 20 cm alınmalıdır.

Beton kaplamaların tasarım kalınlıkları, altlarındaki tabakaların sağlamlıkları ile doğrudan ilişkili değildir. Bu nedenle SSB plak kalınlığını azaltmak için alttemeli daha kalın tasarlamak doğru bir mühendislik yaklaşımı değildir.

Diğer yandan SSB üstyapılarda alttemel kullanılmadan SSB plağın doğrudan üstyapı tabanına oturtulması durumu **Kısım 18.1.1'** de detaylandırılarak açıklanmıştır.

17. KAPLAMA TABAKASI (SSB PLAK)

SSB Yol üstyapıların kaplama tabakası SSB plaktır. Bu tabaka trafik yüklerine proje ömrü boyunca maruz kalacağından malzeme seçimi, üretilmesi, serme ve sıkıştırma işlemleri büyük bir özen içerisinde yapılmalıdır.

SSB Plak üretimi, yapımı, kuru ve kalite kontrol faaliyetleri, "**Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yollar Teknik Şartnamesi**" ne göre yapılmalıdır.

18.SSB ÜSTYAPILARIN PROJELENDİRİLMESİ

SSB üstyapıların projelendirilmesinde Amerikan Beton Üstyapılar Birliği tarafından hazırlanan ve uluslararası düzeyde kabul görmüş “**StreetPave**” yazılımı kullanılmıştır. Yazılım “AASHTO 93 Rijit Üstyapılar Yapısal Tasarım Metodu” kriterlerini baz alarak hazırlanmıştır.

StreetPave ile, SSB üstyapılar kalınlık tasarım tabloları hazırlanırken Ülkemiz şartları da göz önünde bulundurulmuş ve bu rehberde açıklanan trafik, malzeme ve iklim verileri dikkate alınmıştır.

18.1 SSB ÜSTYAPI KALINLIK TABLOLARI

Proje ömrü boyunca ilgili yol kesiminden geçecek olan trafik değerleri, taban zemini mühendislik özellikleri ve rehberde bahsedilen kriterler göz önünde bulundurularak %60, %75 ve %90 güvenilirlik seviyeleri için ayrı ayrı hesaplanan SSB üstyapı tabaka kalınlıkları **Tablo 5'** de verilmektedir. Tablolarda görüleceği üzere rehberde tariflenen yol sınıfları bazında, değişen trafik yükleri ve taban zemini taşıma gücü altında alttemel kalınlıkları 15 cm sabit olup, SSB Plak kalınlıkları değişmektedir.

18.1.1 ALTTEMEL YAPILMAMA DURUMU

Alttemel kullanılmasına gerek olmayan durumlar aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

- Üstyapı taban zemininde en az 50 cm derinliğinde alttemel dayanım özelliklerini sağlayan ($CBR[\%]>80$), taban zemini olması ve
Üstyapı tabanı yüzeyinde 75 mm den büyük çapta malzeme bulunmaması, SSB Plak yapılacak olan yüzeyin istenilen düzgünlükte olması
- Üstyapı tabanında iyi durumda sathi kaplama bulunması ve yol yüzeyinin yatay ve düşey geometrisinin projesine uygun olması

Üstyapı tabanının kilitli parke taşı kaplama olması durumunda ise alttemel yapılması önerilmektedir.

18.1.2 SSB ÜSTYAPI TABAN ZEMİNİ İYİLEŞTİRMESİ

SSB Üstyapı taban zemininde $CBR[\%] \leq 3$ olan zeminler bulunmamalıdır. Bu tür taşıma gücü düşük zeminlerin bulunması halinde Tablo 6' da verilen kalınlıkta kazılmalı ve yerine $CBR[\%] \geq 8$ olan seçme malzeme getirilmelidir. Bu durumda SSB Plak ve alttemel kalınlıkları, seçme malzeme $CBR [\%]$ değerine göre, **Tablo 5'** den belirlenmelidir. Seçme malzeme ile, taşıma gücü artırılmış, ayrıca alttemel tabakasının serilme ve sıkıştırılmasına uygun bir taban zemini yüzeyi sağlanmış olacaktır.

Projelendirme aşamasında belirlenen taban zemini mühendislik özellikleri, yapım aşamasında farklılık gösterebileceğinden, yapım çalışmaları öncesi taban zemininin mühendislik özelliklerinin proje ile uyumu kontrol edilmelidir.

TABLO 6. SEÇME MALZEME ($CBR [\%] \geq 8$) TABAKA KALINLIKLARI [cm]

CBR [%] DEĞERİ	SEÇME MALZEME KALINLIĞI [cm]
1-2	35
3	30

TABLO 5. SSB ÜSTYAPI KALINLIK TABLOLARI

I. SINIF YOLLAR [R = %90]			
Trafik Kategorisi			
*YOGT	≤ 1000	1000-3000	3000-5000
**Alttemel [cm]	15	15	15
CBR [%]	***SSB Plak Kalınlığı (cm)		
CBR ≤ 3	Bk. Kısım 18.1.2		
3 < CBR < 8	17	18	19
8 ≤ CBR < 50	16	17	18
CBR ≥ 50	14	15	16

II. SINIF YOLLAR [R = %75]			
Trafik Kategorisi			
*YOGT	≤ 500	500-1000	1000-2500
**Alttemel [cm]	15	15	15
CBR [%]	***SSB Plak Kalınlığı (cm)		
CBR ≤ 3	Bk. Kısım 18.1.2		
3 < CBR < 8	15	16	17
8 ≤ CBR < 50	14	16	17
CBR ≥ 50	12	13	15

III. SINIF YOLLAR [R = %60]			
Trafik Kategorisi			
*YOGT	≤ 20	20-100	100-750
**Alttemel [cm]	15	15	15
CBR [%]	***SSB Plak Kalınlığı (cm)		
CBR ≤ 3	Bk. Kısım 18.1.2		
3 < CBR < 8	13	15	16
8 ≤ CBR < 50	12	14	15
CBR ≥ 50	11	12	13

* YOGT her iki trafik yönünden geçen araçların toplamıdır.

** Kısım 18.1.1' de belirtilen kriterlerin karşılanması halinde alttemel yapılmayacaktır.

*** Kalınlıklar Kısım 19.2' de belirtilen kriterlere göre ayrıca değerlendirilmelidir.

19. ÇEVRESEL ETKİLER

Yol üstyapıları proje ömrü süresince, trafik yükleri yanında çevre ve iklim koşullarına da maruz kalırlar. SSB yol üstyapılarının yapıldıkları bölgede hakim iklim koşullarının projelendirme aşamasında değerlendirilmesi gereklidir.

Yol üstyapısının suyun zararlı etkilerinden korunması için, her şeyden önce ilgili yol kesiminde gerekli yatay ve düşey drenaj sistemlerinin oluşturulması gereklidir.

SSB plak altında yer alan alttemel tabakasının malzeme ve gradasyon özellikleri dikkate alındığında drenaj kabiliyeti oldukça iyidir. Taban zeminini suyun zararlı etkilerinden korumak için drenaj tedbirleri ayrıca alınmalıdır.

19.1 DONMA ETKİSİ

SSB Yol taban zemininin donma çözülme şeklinde iklimsel olaylara maruz kalması halinde taşıma gücünde azalma meydana gelebilir.

Bu durumda ilk ve en önemli tedbir yeraltı ve yüzey sularının yol gövdesinden uzaklaştırılması amacıyla drenaj tedbirlerinin alınmasıdır. Suyun bulunmadığı ortamda donma etkisi ile taban zemininde taşıma gücü kaybının olmayacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

SSB Yol üstyapısının taban zemininde donmaya hassas malzeme bulunması halinde, donma-çözülme etkisinden korumak için gerekli ise aşağıda belirtilen tedbirlerin alınması uygun olacaktır.

19.1.1 DON PENETRASYON DERİNLİĞİ [PD]

İlk olarak, yolun yapılacağı bölgedeki don penetrasyon derinliği belirlenmelidir. Don penetrasyon derinliği **Şekil 1'** den belirlendikten sonra, taban zemininin donma olayına karşı hassasiyeti tespit edilir.

Taban zemininde **Tablo 7'** de belirtilen donmaya hassas malzeme mevcut ise; taban zemini don penetrasyon derinliğine kadar kazılmalı ve yerine **Tablo 8'** de belirlenen minimum kriterleri sağlayan "Donmaya Hassas Olmayan Malzeme" getirilmelidir.

19.1.2 DONMAYA HASSAS ZEMİNLER

Üstyapı tabanını oluşturan zeminin don penetrasyon derinliğinde aşağıdaki malzemeleri bulundurması halinde önlem alınması önerilmektedir.

TABLO 7. DONMAYA HASSAS ZEMİN SINIFLARI

ZEMİN SINIFI		
A-4, A-5	ML - MH	Siltli Zeminler
A-2-4, A-2-5	SM, GM, SC, GC	Siltli-Killi Kumlar, Çakıllar
A6, A-7-5, A-7-6	CL, CH	Killi Zeminler

TABLO 8. DONMAYA HASSAS OLMAYAN MALZEME ÖZELLİKLERİ

DENEY	ŞARTNAME LİMİTİ	DENEY STANDARDI
0.075 mm elekten geçen, %	≤ 12	TS 1900, AASHTO T 11
Likit Limit (LL), %	≤ 25	TS 1900, AASHTO T 89
Plastisite İndeksi (PI), %	≤ 6	TS 1900, AASHTO T 90

KGM Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi, 2008

Diğer yandan yeraltı ve yüzey sularının yol gövdesinden uzaklaştırılması amacıyla etkin drenaj tedbirlerinin alınması gerektiği her zaman göz önünde bulundurulmalıdır.

19.2 ISI DEĞİŞİMLERİ

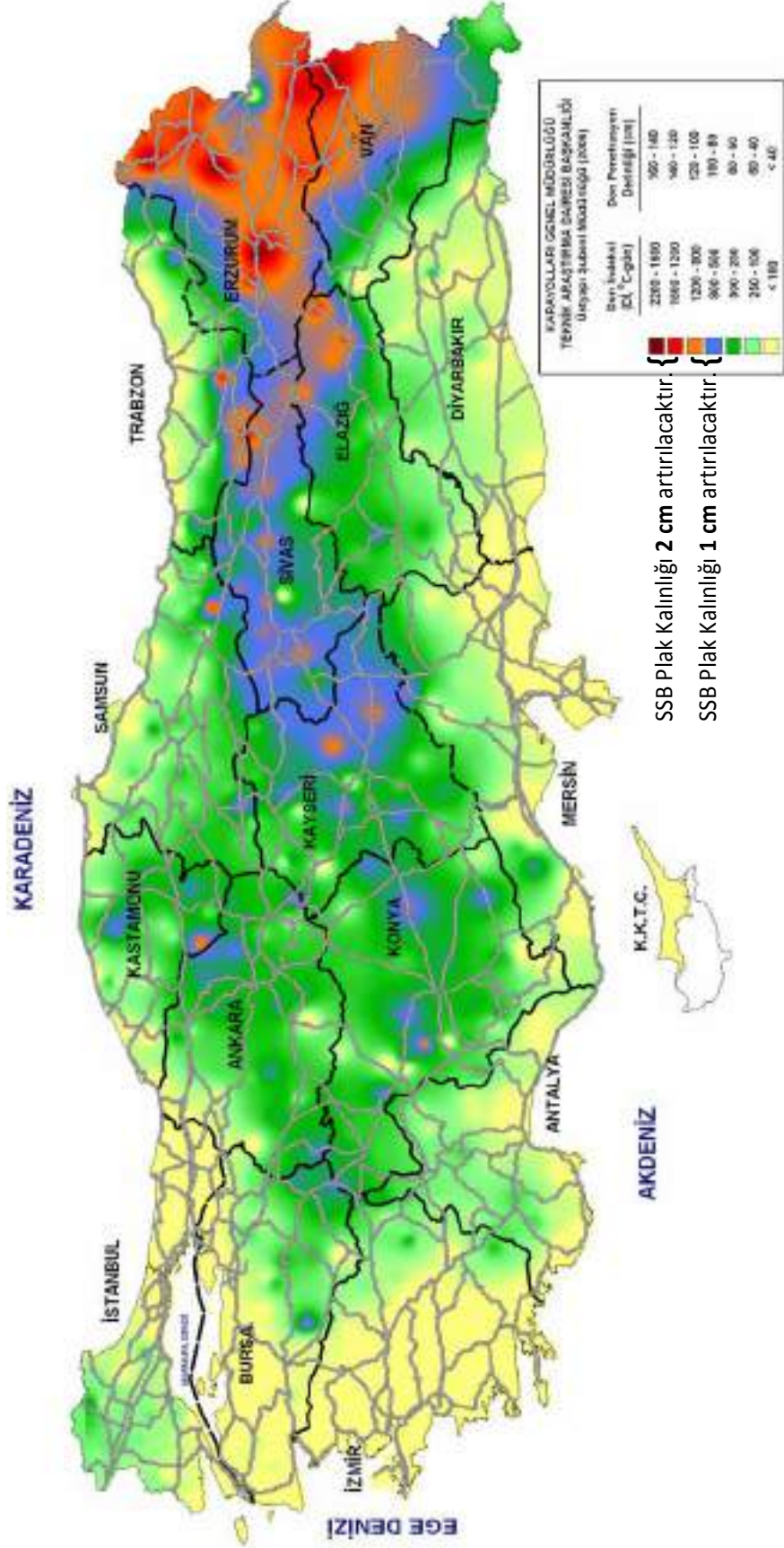
SSB Yol tasarımında kalınlıkları etkileyen önemli parametrelerden biri de yolun yapılacağı bölgenin iklim koşullarıdır. Mevsimsel ve gece-gündüz ısı değişimleri SSB Plak kalınlıklarını etkileyebilmektedir.

Don İndeksi değerlerine göre, SSB Plak kalınlıklarındaki artış miktarları **Tablo 9'** da verilmektedir. Buna göre **Tablo 5.** SSB Üstyapı Kalınlık Tabloları'nda verilen SSB Plak Kalınlıkları, tasarımı yapılacak yol kesiminin **Şekil 1'**deki yerine göre, **Tablo 9**daki miktarlar kadar artırılmalıdır.

TABLO 9. SSB PLAK KALINLIĞI ARTIŞ MİKTARLARI

Don İndeksi [Dİ] (°C-gün)	SSB Plak Kalınlığı Artışı [cm]
2200-1600	2
1600-1200	2
1200-800	1
800-500	1

ŞEKİL 1. TÜRKİYE DON PENETRASYON DERİNLİĞİ HARİTASI, 2008



20. KAYNAKÇA

- Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yollar Teknik Şartnamesi, TÇMB, 2017
- Farklı Trafik, Temel, Malzeme ve İklim Koşulları İçin Mekanistik-Ampirik (M-E) Yöntemle Tasarlanan Derzli Donatısız Rijit Üstyapı Sistemlerinin Karşılaştırılması, Öztürk H. I., Tan E. B., Şengün E., Yaman İ. O.; 2017
- Türkiye' de Beton Yol Potansiyelinin Göstergeleri, Tüdeş Yaman H., Özen M., Çimento ve Beton Dünyası Dergisi, ISSN 1301-0859, 2014
- Karayolu Teknik Şartnamesi; KGM, 2013
- Türkiye Don Penetrasyon Derinliği Haritası, Sağlık A., Güngör A. G.; KGM, 2008
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorol Zeitschrift, 15:259–63, 2006

TÇMB

TÜRKİYE ÇİMENTO MÜSTAHŞİLLERİ BİRLİĞİ

Tepe Prime A Blok Kat: 18-19
Eskişehir Devlet Yolu 9. km
No: 266 06800 Ankara
info@tcma.org.tr
www.tcma.org.tr