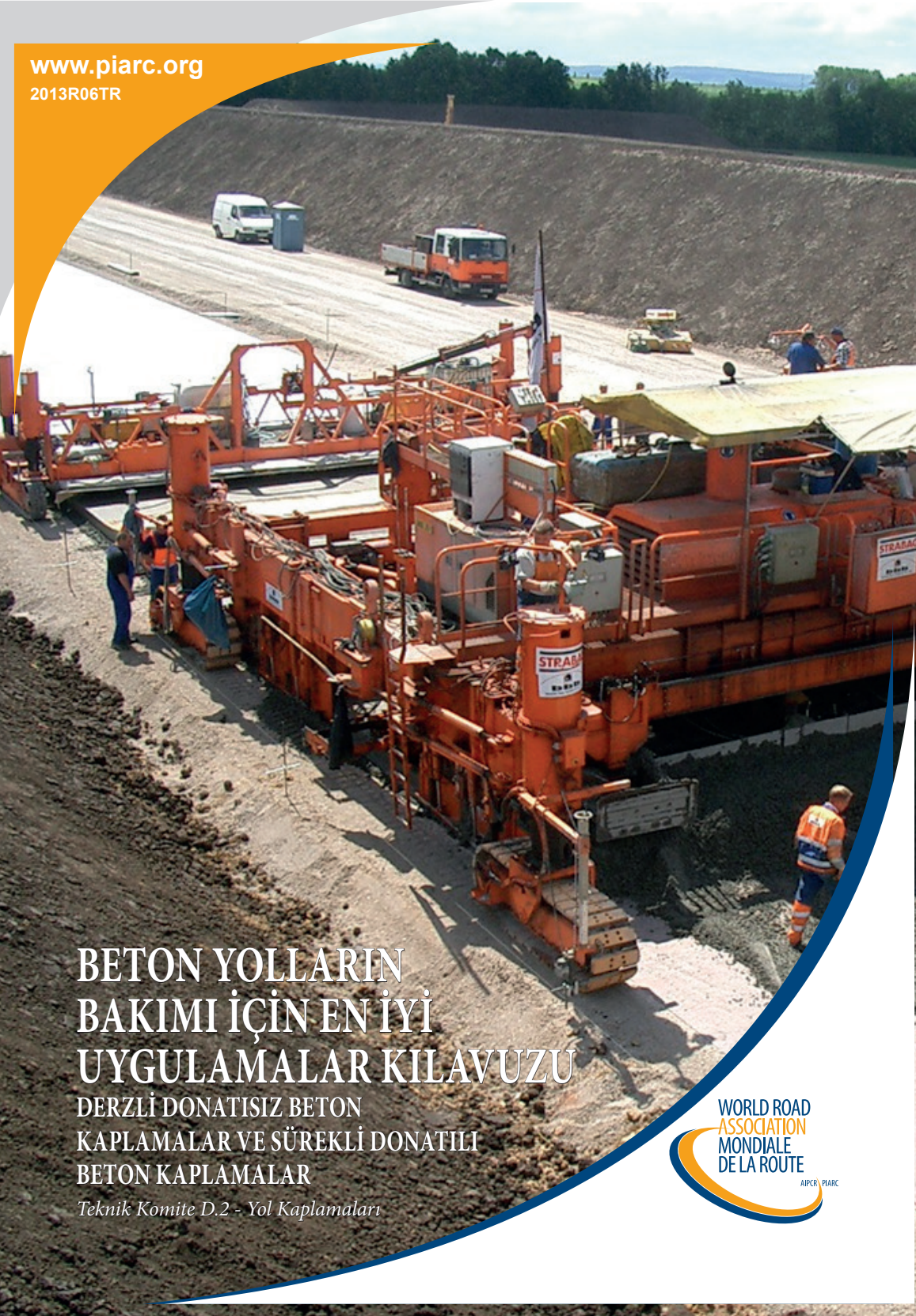


www.piarc.org

2013R06TR



# BETON YOLLARIN BAKIMI İÇİN EN İYİ UYGULAMALAR KILAVUZU

DERZLİ DONATISIZ BETON  
KAPLAMALAR VE SÜREKLİ DONATILI  
BETON KAPLAMALAR

*Teknik Komite D.2 - Yol Kaplamaları*

WORLD ROAD  
ASSOCIATION  
MONDIALE  
DE LA ROUTE

AIPCR PIARC

**AÇIKLAMALAR**

*Dünya Yol Birliği (PIARC), uluslararası işbirliğini geliştirmek, yol ve karayolu taşımacılığı alanındaki ilerlemeyi desteklemek için 1909 yılında kurulmuş kar amacı gütmeyen bir kuruluştur.*

*Bu raporun konusu olan çalışma, üyeleri üye ulusal hükümetlerin temsilcileri olan Dünya Yol Birliği Konseyi tarafından onaylanan PIARC Stratejik Planı 2007 - 2011'de tanımlanmıştır. Bu rapordan sorumlu Teknik Komite üyeleri, üye ulusal hükümetler tarafından özel yeterlikleri sebebiyle aday gösterilmiştir.*

*Bu yayında ifade edilen görüşler, bulgular, sonuçlar ve öneriler yazarların görüşleridir ve ana kurumlarının veya organizasyonlarının görüşlerini yansıtmaz.*

*Bu rapor Dünya Yol Birliği (PIARC) internet sitesinden edinilebilir.  
<http://www.piarc.org>*

*“Bu kitap, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği tarafından Türkçeye Dünya Yol Birliği (PIARC) izni ile çevrilmiştir.”*

*Eylül 2018*



*Telif hakkı Dünya Yol Birliği'ne aittir. Her hakkı saklıdır.*

*Dünya Yol Birliği (PIARC)*

*La Grande Arche, Paroi nord, Niveau 2 92055 La Défense cedex, FRANCE*

*Uluslararası Standart Kitap Numarası (ISBN): 978-2-84060-317-7*

*Bu rapor, Dünya Yol Birliği (PIARC) Teknik Komitesi D2 “Yol Kaplamaları” nın Teknik Alt Komitesi olan D2c “Beton Yollar” tarafından yönetilen Çalışma Grubu 1 tarafından hazırlanmıştır.*

*Bu Rapora katkıda bulunan Çalışma Grubu Üyeleri:*

*Ralf Alte-Teigeler (Almanya),  
Randolf Anger (Almanya),  
Anne Beeldens (Belçika),  
Raymond Debroux (Belçika),  
André Jasienski (Belçika),  
Stefan Höller (Almanya),  
Carlos Jofré (İspanya): Takım Lideri  
Katalin Karsai (Macaristan),  
Franci Kavcic (Slovenya),  
Solomon Kganyago (Güney Afrika),  
Hennie Kotze (Güney Afrika),  
Beata Krieger (Almanya),  
Anne-Séverine Poupeleer (Belçika),  
Luc Rens (Belçika): Çalışma Grubu Koordinatörü,  
Robert Mesnard (Fransa),  
Thierry Sedran (Fransa),  
Juan J. Orozco (Meksika),  
Bryan Perrie (Güney Afrika),  
Johannes Steigenberger (Avusturya),  
Tim Smith (Kanada),  
Suneel Vanikar (Amerika Birleşik Devletleri).*

*Diğer katkıda bulunanlar:*

*Rudolf Bader (Almanya),  
Betty Bennet (Amerika Birleşik Devletleri),  
Rudi Bull-Wasser (Almanya),  
Tibor Bors (Macaristan),  
Laszlo Gaspar (Macaristan),  
Karin Keglevich (Avusturya),  
Lars Keller (Almanya),  
Nick Kong Kam Wa (Güney Afrika),  
Becca Lane (Amerika Birleşik Devletleri),  
Franz Lecker (Avusturya),  
Junichi Noda (Japonya),  
Bernd Nolle (Almanya),  
Reinhard Pichler (Avusturya),  
Arno Piko (Avusturya),*

*Peter Schöller (Avusturya),  
Kurt Smith (Amerika Birleşik Devletleri),  
Shiraz Tayabji (Amerika Birleşik Devletleri)*

*Bu raporun İngilizce versiyonu Luc Rens (Belçika) tarafından düzenlenmiş, Fransızca'ya çeviriler Raymond Debroux ve Thierry Sedran tarafından ve İspanyolca çevirisi Juan J. Orozco (Meksika) tarafından yapılmıştır.*

*Teknik Alt Komite D2c'nin başkanlığını Raymond Debroux (Belçika) yaptı ve Anne-Séverine Poupeleer (Belçika), Thierry Sedran (Fransa) ve Juan J. Orozco (Meksika) sırasıyla İngilizce, Fransızca ve İspanyolca konuşan sekreterlerdi.*

*Fransız versiyonu şu referans altında mevcuttur; 2013R06FR, ISBN: 978-2-84060-318-4.*

## İÇİNDEKİLER

YÖNETİCİ ÖZETİ.....	6
GİRİŞ.....	7
<b>1. DURUM DEĞERLENDİRMESİ.....</b>	<b>10</b>
1.1. HER TÜRLÜ BETON KAPLAMALAR İÇİN BOZULMALAR .....	10
1.1.1. Hasarlı derz dolgu .....	10
1.1.2. Yüzey hasarı .....	12
1.1.3. Düşük kayma direnci.....	14
1.2. DERZLİ DONATISIZ BETON KAPLAMALARA MAHSUS BOZULMALAR (JPCP).....	15
1.2.1. Düşey plak hareketi.....	15
1.2.2. Kenar hasarı ve kırılmış köşeler .....	17
1.2.3. Levhaların yer değiştirmesi .....	18
1.2.4. Boyuna ve enine çatlaklar.....	19
1.3. SÜREKLİ DONATILI BETON KAPLAMALARA MAHSUS BOZULMALAR (CRCP).....	21
1.3.1. Zımbalama mekanizması.....	21
<b>2. BAKIM ÖNLEMLERİ .....</b>	<b>24</b>
2.1. TÜM YAPIM TIPLERİ İÇİN .....	24
2.1.1. Derz dolguların tamiri ve yenilenmesi.....	24
2.1.2. Betonun sökülmesi.....	27
2.1.3. Şerit yenileme.....	30
2.1.4. Reaktif reçine ile yüzey iyileştirilmesi.....	34
2.1.5. Reaktif reçine harcı ile yüzey kaplama .....	36
2.1.6. Yenileme .....	39
2.1.7. Yüzey çatlağı doldurma.....	41
2.1.8. Enjeksiyon .....	42
2.1.9. Drenaj iyileştirmesi.....	43
2.2. DERZLİ DONATISIZ BETON KAPLAMA YAPIM TÜRÜ İÇİN (JPCP).....	44
2.2.1. Çatlakların genişletilmesi ve doldurulması .....	44
2.2.2. Bağlantı demiri ve ankraj çatlakları.....	45
2.2.3. Kenar hasarı ve kırılmış köşelerin tamiri .....	49
2.2.4. Plakları kaldırma ve sabitleme .....	51
2.2.5. Plaknın tamamının veya bazı bölümlerinin yenilenmesi .....	54
2.3. SÜREKLİ DONATILI BETON KAPLAMA YAPIM TÜRÜ İÇİN (CRCP).....	56
2.3.1. Zımbalanmış alanların yenilenmesi.....	56
<b>EKLER .....</b>	<b>61</b>
<b>1. BETON YOLLARIN BAKIMI İLE İLGİLİ DEĞERLENDİRME SONUÇLARI.....</b>	<b>61</b>
<b>2. KALİFORNİYA – BETON PLAKLARIN TAM DERİNLİK BOYUNCA HIZLI</b>	
<b>    DAYANIM KAZANAN BETON İLE DEĞİŞTİRİLMESİ.....</b>	<b>68</b>
<b>3. GÜNEY AFRİKA – SCHOEMANN OTOYOLUNDA CRCP KAPLAMANIN ERKEN</b>	
<b>    YÜKSEK DAYANIM KAZANAN BETON İLE İYİLEŞTİRİLMESİ.....</b>	<b>73</b>

## YÖNETİCİ ÖZETİ

Raporda öncelikle, beton kaplamaların farklı tiplerdeki bozulmaları, derzli donatısız beton kaplamalara ve sürekli donatılı beton kaplamalara mahsus olanların ayrımı da yapılarak incelenmektedir. Her bir bozulma için durum göstergesi, durum değerlendirmesi, nedenleri ve bakım önlemleri sunulmaktadır.

Rapor daha sonra bakım/onarım yöntemleri ve kullanılacak ürünler hakkında kullanım alanları belirtilerek bakım tekniklerini tanımlamaktadır.

Sırasıyla şu üç ek raporu tamamlar:

Beton kaplamalar ve dünya çapında kullanılan bakım yöntemleri hakkında bir araştırma, Kaliforniya'da beton panellerin tam derinlik boyunca hızlı mukavemet kazanan beton ile değiştirilmesi hakkında durum çalışması, Güney Afrika'da sürekli donatılı beton kaplamanın hızlı erken dayanım kazanan beton ile yenilenmesi hakkında durum çalışması.

## GİRİŞ

Beton kaplamalar yüksek dayanıklılık ve uzun süreli performansa sahiptir. Bunu sağlamak için, uygun tasarım, niteliksel olarak iyi kalite uygulama ve gerekli bakım zorunludur.

Bölgesel olarak çok farklı inşaat yöntemi olabilir. Bu nedenle, bakım/onarım önlemleri ile ilgili deneyimler büyük ölçüde farklılık göstermektedir.

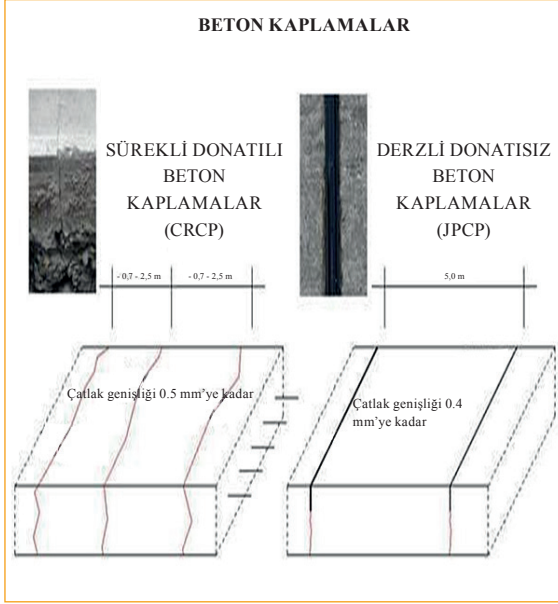
Bilgi paylaşımını güçlendirmek için Dünya Yol Birliği (PIARC) bu konuya ilgi göstermiştir. D2c “Beton Yollar”, alt komitesi 2 numaralı “Geliştirilmiş Bakım Yöntemleri” konusu altında beton kaplama yüzeyleri için en iyi bakım/onarım yöntemlerini belirleme görevini üstlenmiştir.

Başlangıçta, 35 ülkenin yada yeryüzünün kara yüzeyinin % 56’sının katıldığı bir anket gerçekleştirilmiştir. Ankete göre, kaplamalı yolların toplam uzunluğu 26 milyon kilometre olup, 2 milyon kilometresi ya da % 7,7’si beton yoldur. 20 ülkede, beton kaplama yüzeyleri daha büyük bir ölçekte, yani 200 kilometreden daha fazladır. Bu nedenle, ilgili ülkelerde, beton kaplamaların koruma önlemleri ile ilgili deneyimler göreceli olarak daha fazladır.

Yolların ömrünü, güvenle taşıyabileceği trafik hacmini artırmak için, yolun korunması, yenilenmesi veya iyileştirilmesi faaliyetleri amacıyla bakım/onarım faaliyetleri yürütülmektedir. Bu faaliyetlere öncelikle yol üstyapısının mevcut durumunun düzenli aralıklarla belirlenmesiyle başlanır. Bu şekilde, yol üstyapısının karakteristik özellikleri belirlenir ve resmedilir. Hasarlar ve eksiklikler niteliksel ve niceliksel olarak elde edilir. Bu, gözlemsel, metrolojik ve aletsel ölçümler, testler ile yapılabilir. Örneğin karot testleri, taşıma kapasitesi ölçümü veya boşlukların belirlenmesine yönelik tespitler yapılabilir. Mevcut durum veya hasarın yanı sıra, yol yapısının kalan kullanım ömrü de dikkate alınmalıdır.

Anket çerçevesinde toplanan tüm bakım/onarım yöntemleri analiz edilmiş ve kılavuz kapsamında test edilenler ve en iyi sonucu verenlere yer verilmiştir.

Bazı yöntemler tüm beton üstyapılar için uygulanabilir (Şekil.1). Bunlar arasında hasarlı ve/veya su sızdıran derzlerin yenilenmesi, betonun yenilenmesi veya yüzey kaplaması yapılması ile yüzeyinin iyileştirilmesi, yüzeye yakın çatlakların doldurulması, şerit yenilemenin yanı sıra drenajın iyileştirilmesi de yer alır.



ŞEKİL 1 – BETON KAPLAMALAR, YAPIM TIPLERİ

Diğer tedbirler özellikle derzli donatısız beton kaplamalara (JPCP) yöneliktir. Çatlakların genişletilmesi ve tekrar doldurulması, çatlakların ve derzlerin ankrajlanması ve montajı, kenar hasarlarının ve kırılan köşelerin onarımı, beton plakların kaldırılması ve sabitlenmesi ile plakların tamamının veya bir kısmının yenilenmesidir.

Süreklî donatılı beton kaplamalar için (CRCP), zımbalama hasarlarının giderilmesi açıklanmaktadır.

Bu kılavuz ile, en iyi bakım/onarım yöntemlerinin herkes tarafından erişilebilir ve bölgesel koşullara uyarlanabilir hale gelmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak, beton yol kaplamalarının servis ömrü uzatılabilir, sürüş güvenliği ve konforu artırılır ve bakım/onarım uygulama yöntemi ekonomik olarak daha verimli hale getirilebilir.



Avusturya, Belçika, Kanada, Çekya, Fransa, Almanya, Macaristan, Hindistan, İran, İtalya, Kore Cumhuriyeti, Madagaskar, Meksika, Fas, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, Güney Afrika, İspanya, Küba ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerden temsilciler bu kılavuzun taslağının oluşmasına katkı sağlamışlardır.

Anketin sonuçları *Ek 1'de* ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Örnek olarak, Güney Afrika'dan ve ABD'den JPCP ve CRCP tipindeki iki beton kaplamanın belirli bölümlerinin yenilenmesi hakkındaki iki durum çalışması *2 ve 3 numaralı eklerde* sunulmuştur.

Yine de, beton kaplamaların bakımı konusu henüz tamamlanmamıştır. Araştırmalar, yeni yapı malzemelerinin veya yapı yönetimi mühendisliğinin sürekli gelişmekte olduğunu göstermiştir. Örneğin; reaktif reçine, bir beton yol yüzey özelliklerini iyileştirmek veya yüzeyi tamamen yenilemek için kaplama malzemesi olarak kullanılabilir. Bu, nispeten yeni prosedür olmasıyla birlikte bu kılavuzda da yer almaktadır.

Başka bir prosedür, tek tek plakların yenilenmesi için prefabrik elemanların kullanılmasıdır. Bu prosedür, yeni teknoloji betonlar ve kaldırma ekipmanları kullanılarak mümkün hale getirilmiştir. Ancak, prosedür hala çok yenidir ve sadece Kuzey Amerika'da uygulanmaktadır. Daha olumlu deneyimlerden sonra kılavuza dahil edilecektir.

## 1. DURUM DEĞERLENDİRMESİ

Yol üstyapısının karakteristik mevcut durum göstergeleri aşağıda tanımlanarak verilmekte, ardından hasar ve bozulmaların nitel ve nicel değerlendirilmesi ile ilgili görüşler verilmiştir.

Yaygın hasar nedenleri, bazı özel örnekler için listelenmiş olup, (*Tablo 1 – Bozulmalar ve olası nedenleri*) hasar nedenleri tek tek veya kombinasyon halinde ortaya çıkabilir. Listedeki hasar nedenleri sırasının, meydana gelme sıklıkları ile doğru orantılı olarak verildiğine dikkat edilmelidir.

Olası önlemler ve hasarı gidermek için kullanılması gereken inşaat yöntemleri belirtilmiş, ancak sunulan önlemler ve inşaat yöntemleri önem sırasına göre verilmemiştir.

Yolun mevcut durumu ve hasarın nedeni görsel denetimler, ölçümler ve ilave testler ile belirlenir. Betonun özelliklerini test etmek için karotlar alınır, karot dışında alınan numuneler sadece istisnai durumlarda kullanılır. Bununla birlikte, beton plağın veya tek tek üstyapı tabakalarının performansı, bu test yöntemleri ile belirlenemez. Bu nedenle, hasarın nedenlerinin belirlenmesi, sehim veya yük taşıma özelliklerinin belirlenmesi, kaplama altındaki su drenajının veya boşluklarının araştırılması, yatay veya dikey hareketlerin ölçülmesi, kayma demirlerinin ve ankrajların konum ve durumunun kontrol edilmesi gibi ilave araştırmalar gerektirebilir.

### 1.1. HER TÜRLÜ BETON KAPLAMALAR İÇİN BOZULMALAR

#### 1.1.1. Hasarlı derz dolgular

Hasarlı derz dolgular (hazır, sıcak veya soğuk derz dolguları dahil) tipik olarak derz duvarlarından yanlara doğru ayrılır, yukarı doğru çıkar veya aşağı çöker. İçten çatlamış veya gözeneklidir veya tamamen sökülmüştür. (*şekil 2, bir sonraki sayfa*).



ŞEKİL 2 – HASARLI DERZ DOLGUSU

### Durum göstergeleri

- Hasarlı derz dolgusu yüzdesi,
- Görünüm;
  - eksik veya çıkmış derz dolgusu (hazır derz dolgular için, özellikle kavşak noktalarında),
  - yan yüzeylere yapışma eksikliği,
  - sarkmış derz dolgu malzemesi,
  - porozite,
  - diğer hasar şekilleri (kimyasal, termal, mekanik)

### Durum değerlendirmesi

Görsel (fotoğrafik yöntemler kullanılarak belgelenmektedir.)

### Sebepler

- Derz dolgu malzemesinin yaşlanması,
- Uygun olmayan derz dolgu malzemesi veya bileşeni,
- Yetersiz derz bakımı,
- Plak altı temel tabakasının erozyon veya tahribatı,
- Plak uzunluğunun çok fazla olması veya kontrolsüz oluşan derzler (derz kesilmeyen kesimler arasındaki büyük çatlaklarla kendini gösterir),
- Uygun olmayan derz oluşumu veya düzeni,
- Hatalı derz yapılması,
- Eksik veya etkinliğini yitirmiş kayma demiri veya ankraj (plakların aşırı yatay veya dikey hareketine neden olur),
- Plak kenar hasarı

## Önlemler

Onarım veya bakım önlemleri, plakların sıkıca desteklenmesini ve derz genişliğinin tahmin edilen boyuna hareket miktarına göre belirlenmesi ile başarıya ulaşır. Malzeme enjekte ederek ve kayma demiri ve ankrajları yenileyerek, derzi yeniden keserek plakların hazırlanması veya kaldırılması, istenen koşulları sağlayabilir.

Aşağıdaki önlemler uygulanabilir:

- Derz dolgularının onarımı,
- Sızdırmazlık sağlayan derz dolgu malzemesinin fazlasını aşağıya doğru itirmek,
- Derz dolgusunun değiştirilmesi,
- Derz boşluğunun büyütülmesi,
- İlave derz dolgusunun yapılması

### 1.1.2. Yüzey hasarı

Yüzey hasarının tipik örnekleri; sökülme (*şekil 3*), onarılmış sökülme (*şekil 4, bir sonraki sayfa*), ufalanma (*şekil 5, bir sonraki sayfa*) veya yol yüzeyinde malzeme kayıplarıdır (*şekil 6, bir sonraki sayfa*).



ŞEKİL 3 – SÖKÜLME



ŞEKİL 4 – PÇ HARCİ İLE ONARILMIŞ SÖKÜLME



ŞEKİL 5 – UFALANMA



ŞEKİL 6 – YOL YÜZEYİNDE MALZEME KAYIPLARI

## Durum göstergeleri

- Etkilenmiş plakların yüzdesi,
- Etkilenen plak başına hasar alanı yüzdesi.

## Durum değerlendirmesi

Görsel inceleme, fotoğraflık yöntemler.

## Sebepler

- Uygun olmayan beton bileşimi (örneğin çimento, agrega, katkı maddeleri, ilave malzemeler, hava boşluğu içeriği),
- Sertleşmiş betonun yetersiz mühendislik özellikleri (örneğin, basınç-eğilme dayanımı, yüzey gerilme direnci, donma-çözülme dayanımı, buz çözücü ve önleyici tuz),
- Hatalı yüzey yapısı (örn. beton serimi sırasında segregasyon),
- Kaplama yapımı sırasında elverişsiz hava koşulları (örn. Sıcaklık, yağış, don, rüzgar),
- Yetersiz kür süresi,
- Diğer kimyasal, termal veya mekanik faktörlerin etkileri (ör. Buz çözücü maddeler, yağlar, yangın, araç kazaları).

## Önlemler

Mevcut beton kaplamanın yüzey gerilme direnci, bakım veya onarım önleminin etkinliğini garantiye almak için test edilmelidir. Yüzey gerilme direnci en az 1,5 N/mm<sup>2</sup> olmalıdır.

- Reçine ile iyileştirme ve reçine harcı ile yüzey kaplaması
- Beton plağın yenilenmesi,
- Lokal onarımlar

### 1.1.3. Azalmış kayma direnci

Görsel değerlendirme yöntemleri, kayma dayanımının değerlendirilmesi için yeterli değildir. Kayma dayanımı sadece belirli test yöntemleri ve test cihazları ile doğru bir şekilde ölçülebilir.

## Durum göstergeleri

Dikkate alınan şeritteki pürüzsüz yüzey izi uzunluğu

## Durum değerlendirmesi

Ölçümler (SCRIM, kayma dayanımı ölçer (SRT)).

## Sebepler

Kayma direncindeki azalma, zaman içinde trafik geçişinin bir sonucu olarak yıpranmadan kaynaklanmaktadır, ancak bazı durumlarda kayma direncinde anormal derecede azalmalar meydana geldiğinde aşağıdaki nedenler düşünülmelidir.

- Uygun olmayan beton bileşimi (uygun olmayan agrega, düşük cilalanma direnci, vb.)
- Hatalı yüzey imalatı (ince harç tabakasının kalitesi ve kalınlığı, beton yüzeyinde harç birikimi, yüzey dokusu),
- Yetersiz yüzeyin drenajı.

## Önlemler

Mevcut beton kaplamanın yüzey gerilme direnci, bakım veya onarım önleminin etkinliğini sağlamak için test edilmelidir. Yüzey gerilme direnci en az 1,5 N/mm<sup>2</sup> olmalıdır.

Aşağıdaki önlemler uygulanabilir:

- Beton yüzeyinin yenilenmesi (taşlama),
- Reaktif reçine ile iyileştirme,
- Reaktif reçine harcı ile yüzey kaplaması,
- Asfalt tabakası uygulaması (örneğin, taş mastik asfalt (TMA)).

## 1.2. DERZLİ DONATISIZ BETON KAPLAMALARA MAHSUS BOZULMALAR (JPCP)

### 1.2.4. Düşey plak hareketi (offset slabs)

Beton plakların trafik yükü altındaki hareketi sonucu plaklar düşey yönde hareket edebilir. (*Şekil 7, bir sonraki sayfa*).



ŞEKİL 7 – OFFSET PLAKLAR

### Durum göstergeleri

- Etkilenen plakların yüzdesi,
- Görünüm,
- En büyük düşey yer değiştirme (mm)

### Durum değerlendirmesi

Ölçümler ve görsel denetim

### Sebepler

- Taban zemininin yetersiz taşıma kapasitesi,
- Plak altında oluşan malzeme kayıpları sonucu hasar bölgesi veya derzlerde oluşan boşluklar,
- Eksik veya hasar görmüş kayma demirleri ve ankrajlar

### Önlemler

Uygun bir bakım / onarım önleminin seçimi, beton plağın kayma demirli ve / veya ankrajlı olup olmadığına, plakların çatlak oluşumu nedeniyle hasar görüp görmediğine ve bir alt tabaka ile desteklenip, desteklenmediğine bağlıdır.

Aşağıdaki önlemler uygulanabilir;

- Enjeksiyon ile sabitleme veya kaldırma
- Kayma demirlerinin yenilenmesi veya ankrajlama,
- Betonun yenilenmesi
- Üstyapının tamamının veya bir kısmının yenilenmesi



### 1.2.5. Kenar hasarı ve kırılmış köşeler

Kenar hasarı, derz yerinde betonun sökülmesi veya hasar görmesiyle karakterize edilir (*şekil 8*).



ŞEKİL 8 – KENAR HASARI

Kırılmış köşeler beton plaklarda görülen bir başka tipik hasardır (*Şekil 9*).



ŞEKİL 9 – KIRILMIŞ KÖŞELER

#### Durum göstergeleri

- Hasar gören beton plak alanının yüzdesi
- Kırılmış köşe sayısı

#### Durum değerlendirilmesi

Görsel inceleme

## Sebepler

- Yetersiz beton dayanımı,
- Beton plak taban zemini deformasyonları,
- Hatalı derzler,
- Beton plağın yatay ve düşey hareketinin engellenmesi,
- Mekanik gerilmeler (ör. Ağır (paletli) taşıtlar sebebiyle).

## Önlemler

Seçilen bakım veya onarım yöntemlerinin başarısı, beton plağın hasarlı ve gevşek parçalarının dikkatli bir şekilde çıkarılmasına bağlıdır.

Aşağıdaki önlemler uygulanabilir:

- Reaktif reçine harcı ile onarım
- Beton plağın tamamının veya bir kısmının değiştirilmesi (gerekli durumlarda hızlı priz alan beton ile).

### 1.2.6. Plakların yer değiştirilmesi

Yan yana şeritler arasındaki boyuna derzlerde birkaç santimetreye kadar yer değiştirme görülebilir (*Şekil 10*).



ŞEKİL 10 – PLAKLARIN YER DEĞİŞTİRMESİ

## Durum göstergeleri

Uzunlukların metre (m) cinsinden ve yer değiştirmelerin (mm) ile belirtilmesi ile yol boyunca dağılım dikkate alınır.

## Durum değerlendirmesi

Görsel inceleme, fotoğrafik yöntemler

### Sebepler

- Yetersiz ankraj
- Ankrajların çalışmaması

### Önlemler

Bakım/onarım önlemlerinin başarısı, yeni ankrajların vakit geçirilmeden yapılarak, yer değiştirmenin daha fazla artmasının engellenmesine bağlıdır. .

Aşağıdaki önlemler uygulanabilir:

- Ankrajların yenilenmesi
- Derz dolgularının yenilenmesi,
- Beton plakların tamamının veya bir kısmının yenilenmesi.

### 1.2.7. Boyuna ve enine çatlaklar

Bu hasar şekli, yüzeye yakın çatlaklar veya kılcal çatlaklar dışında boyuna ve enine yönde derin çatlaklarla karakterize edilir (*şekil 11 ve şekil 12, bir sonraki sayfa*).



ŞEKİL 11 – GENİŞLETİLİP DOLDURULMUŞ ÇATLAK



ŞEKİL 12 – ENİNE ÇATLAK

### Durum göstergeleri

Kırık plakların yüzdesi.

### Durum değerlendirmesi

Ölçüm, görsel inceleme, fotoğrafik yöntemler.

### Sebepler

- Beton plak altı tabakada hasarlar,
- Beton kaplamanın yetersiz kalınlığı (uygun boyutlandırılmamış olması),
- Yol üstyapısının yetersiz taşıma kapasitesi,
- Uygun olmayan plak şekli ve boyutları,
- Kesilmemiş derz,
- Yetersiz beton dayanımı,
- Uygun olmayan beton bileşimi,
- Derz yapımında problemler (kesme derinliği yetersiz, derz kesme süresinde gecikme),
- Hatalı yapım yöntemi (örn. Serme, ekipman, kür),
- Beklenmeyen yüksek gerilmeler (örn. Aşırı ağır trafik).

### Önlemler

Bakım ve onarım önlemlerinin etkinliği, zamanında yapılan ankrajlama (ör. çapraz bağ çubuğu yerleştirme) ile daha fazla hasar (ör. düşey plak hareketi, kırılmış köşeler, vb.) oluşmasının engellenmesine bağlıdır.

Aşağıdaki önlemler de uygulanabilir:

- Kayma demirinin yenilenmesi veya ankrajlama
- Çatlakların genişletilip doldurulması,
- Beton plakların stabilize edilmesi (örn. Plak altı tabakanın deformasyonunu veya taban erozyon hasarını gidererek),
- Plağın tamamı veya bir kısmının değiştirilmesi.

### 1.3. SÜREKLİ DONATILI BETON KAPLAMALARA MAHSUS BOZULMALAR (CRCP)

#### 1.3.8. Zımbalama mekanizması

Zımbalama problemi ilk olarak, 1981'den sonra Belçika'da inşa edilen bir otoyolun bazı bölümlerinde, 80'lerin sonunda ortaya çıktı. Gözlemler, mekanizmanın yakın bir tarihte Amerika Birleşik Devletleri'nde de gözlemlenmiş olana benzer olduğunu göstermiştir. Zımbalama genellikle kaplamanın dış kenarına yakın kesimlerinde meydana gelen, betonun parçalanmasına ve trafiğin dinamik etkisinin bir sonucu olarak kaplama malzemesinin blok veya kamalar şeklinde kaybına yol açan kaplama hatalarıdır. Zımbalama, acil müdahaleyi gerekli kılan, problemin sadece geçici olsa bile, tehlikeli bir son aşamaya yol açmasına neden olan eşzamanlı olarak gerçekleşen bir çok sebebin bir sonucudur. Bu tür hasarların ortaya çıkması için gerekli olan dört temel faktör, beton plak ve yol tabanı arasındaki ara yüzeyde suyun varlığı, erozyona karşı hassas bir taban, plak kenarındaki yoğun trafik ve birbirine yakın enine çatlaklardır. Gözlemlenen olaylar dizisi aşağıdaki gibidir.

Ağır taşıtların beton plak üzerinden geçmesiyle plak altında bulunan su basınca maruz kalır. Bu, plağın dış kenarında tekrarlanan pompalama etkisi ile tabanın aşınmasına ve plak altında küçük boşlukların oluşmasına neden olur. Bu gibi boşlukların varlığı, çatlaklar üzerinden yük aktarım kapasitesini azaltır. Bu durum bir süre sonra, kaplama kenarından 0.5 ila 1 m mesafede uzunlamasına bir çatlağın gelişmesiyle sonuçlanan enine eğilme gerilmelerinde keskin bir artışa yol açar. Bu şekilde ayrı çalışmaya başlayan beton blok, trafiğin etkisi altında hızla kararsızlaşır, tamamen parçalanır ve sonunda parçaların kaybına yol açar. Aşağıdaki şekil, *Şekil 13*, bir zımbalama oluşumunda görülen çeşitli adımları göstermektedir. Bununla birlikte, sadece birbirini izleyen çatlakların varlığının bir soruna yol açmayacağı bilinmelidir. Bu tür deformasyonlar gösteren çok sayıda otoyolun, kaplamanın performansı üzerinde herhangi bir etkisi olmaksızın hizmete devam etmesi, bunun kanıtıdır. Yukarıda belirtilen faktörlere ek olarak, diğer tüm sebepler, erken “zımbalama” oluşmasına az yada çok katkıda bulunur.



ŞEKİL 13 – ZİMBALAMA

### 1.3.8.1 Kaplama ve yol tabanı arasındaki bitümlü bir ara tabakanın yapılması

Bu tabakanın amacı, betonun altında homojen ve pürüzsüz bir yüzey sağlamaktır. Bu ara tabakanın yapısal katkısı yol üstyapı tasarımında dikkate alınmaz. Grobetonun yüzey özelliklerinde elde edilen iyileşme ve 1980'lerin başlarındaki yüksek bitüm fiyatları sebebiyle, asfalt ara tabaka kullanımından vazgeçilmiştir. Bununla birlikte, ara tabakanın yararları çoktur. Sürekli donatılı betonun (CRCP) alttaki yüzeye oldukça iyi bir şekilde bağlanmasını sağlar. İyi bir bağlantı, beton döşemenin homojen bir şekilde çatlamasına neden olarak, altındaki suyun varlığını azaltır. Erozyona karşı dayanıklılığın artması aynı zamanda yol kaplamasının su, trafik ve yol tuzlarının kombine etkisine dayanabileceği anlamına da gelir. Bu ara tabaka grobeton yol tabanını korur ve beton kaplama uygulanmadan önce bile tabanı sızdırmaz hale getirir. Ayrıca, tabakanın reolojik özellikleri, iki rijit plak arasında esnek bir yalıtım tabakasının temin edilmesini sağladığı gibi, ısı iletiminin daha kolay olmasını ve bundan dolayı kaynaklanan deformasyonları engelleyerek kaplamanın korunmasının sağlanması anlamına gelmektedir. Son olarak, yapının genel dayanımına da katkıda bulunur.

### 1.3.8.2 Grobetonun kalitesi

Groboton ve özellikle yüzeyinin kalitesi düşükse erozyon riski önemli ölçüde artmaktadır. Bu, ayrıca don ve yol tuzlarına dayanma kabiliyetini de azaltmaktadır. Bu nedenle tabanın yüzeyi yol tuzlarının etkilerine karşı hassas olmayan bir tabaka ile korunmalıdır. Bununla birlikte, etkilenen otoyolların bazı bölümlerinde aşağıdaki kusurlar gözlemlenmiştir:

- Çok düşük basınç dayanımlı, heterojen bir yapıya ve vasat bir kaliteye sahip grobeton,

- Grobetonun inşaat sırasında erken kuruması, şartnamelerde tariflenen emülsiyon tabakasının, yüzeyin geçirimsiz olmasına katkıda bulunmasına rağmen; kış aylarında dona karşı korumada yetersiz kalması,
- Biri 15 cm kalınlığında ve diğeri 5 cm kalınlığında iki kat halinde uygulama yapılması betonun iki tabaka arasındaki ara yüzeyde kabuklanma ve üst kısmın aşınmasıyla sonuçlanır.

### 1.3.8.3 Hava koşulları

Zımbalama miktarı, özellikle kış aylarında don olayı ve kar ve buz mücadelesinde kullanılan tuzlarının etkisi ile artmaktadır. Dahası, zımbalanmadan en çok etkilenen yol kesimleri iklimin ağır geçtiği bölgelerde ve donma-çözülme döngülerinin daha yüksek olduğu kesimlerdir.

### 1.3.1.4 Plak kenarındaki drenaj ve boyuna derzlerin su geçirmezlik derecesi

Emniyet şeridi kaplaması ile temeli arasındaki iyi drenaj, ana yol şeridi ile emniyet şeridi arasındaki boyuna derz yoluyla sızabilecek suyun zararlı etkisinden korunmak için gereklidir. Bu nedenle, boyuna derzlerin yalıtım ve dolgusu mümkün olduğunca iyi olmalı ve gerektiği gibi korunmalıdır. Eğer mümkünse, emniyet şeridi altında geçirgen bir taban tabakası oluşturulmalıdır.

### 1.3.1.5 Sürekli donatılı beton yollarda kaplama kalınlığı

Beton plakların yorulma mukavemeti, plak kalınlığına bağlı olarak artmaktadır. Ağır taşıt trafiğindeki artış, hasar riskinin artmasına neden olur. Çünkü, bitümlü tabaka aşırı yüklenmiş ve üstyapı kalınlığı yetersiz kalmaktadır.

### 1.3.1.6 Kenar etkilerinin önemi

Beton plakta oluşan gerilmeler, yük plağın kenarına doğru ilerledikçe kademeli olarak artar. Ağır trafiğin artan şiddeti, yani tridem aksların kullanımı ve aşırı yükleme, bu durumu daha da kötü hale getirir. Bu sorun çeşitli şekillerde çözülebilir:

- Mevcut yollarda: şerit işaretlemeleri emniyet şeridine değil beton kaplamaya yapılmalı; ki bu yaklaşım ağır trafiğin plakların içine doğru 30 cm kaydırılmasını sağlar.
- Yeni yollarda: kaplamanın 50 ila 75 cm arasında genişletilmesi değerlendirilmelidir. Alternatif olarak emniyet şeridi, kaplama ile aynı anda serilmeli, başka bir deyişle boyuna derz olmamalıdır.

### 1.3.1.7 Donatıların derinliği ve boyuna donatı oranı

Donatı derinliğinin arttırılması ve donatı yüzdesinin azaltılması, termal ve higrometrik etkilerin nedeniyle kaplama yüzeyindeki çatlakların genişliğinde bir artışa yol açar. Daha geniş çatlaklar, su geçirgenliğinin artmasına böylece daha zayıf yük transferlerine neden olur ve bu nedenle daha fazla yayılırlar. Bu nedenle donatıyı kaplamanın üst üçte birine yerleştirmek ve daha yüksek oranda donatı kullanmak daha uygundur.

### 1.3.1.8 Kaplama kenarı ile donatı arası mesafe

Eğer birinci boyuna donatı ile beton plak kenarı arasındaki mesafe çok büyük olursa, bu konumda yük transferleri azalacak ve enine eğilme gerilmeleri artacaktır. Bazı otoyol kesimlerinde 25 cm'den daha fazla bir mesafede yerleştirilmiş olmasına rağmen, ilk donatı kenardan 13 cm'den daha az mesafede yerleştirilmelidir. Bir sürekli donatılı beton yoldaki (CRCP) kabarma olayı, betonun zayıf bir şekilde sıkıştırılmasının bir sonucu olarak belirli bir kırılmalığa sahip olduğu yerler ile sınırlıdır. Bozulmalar genellikle kötü bir sıkıştırma ya da inşaat sırasında bakım eksikliğinden dolayı gün sonu derzleri ya da döküm bağlantı yerlerinde meydana gelir. Beton çok sıcak havalarda genişir ve yatay kuvvetler bütünüyle daha iyi sıkıştırılmış betonun (eksantrik kuvveti) üst tabakasına aktarılır, kırılmasına ve parçalanmasına ve son olarak da kaplamada yukarı doğru katlanmaya neden olur. Ayrıca, donatının altındaki çok gözenekli veya yüksek boşluklu beton genellikle kar ve buz mücadelesi için kullanılan tuzlu su ile doyurulur. Zamanla bu, donma-çözülme döngülerinin ve sonuç olarak korozyonun ve hatta donatının kırılmasının bir sonucu olarak betonun bozulmasının hızlanmasına neden olur. Genel olarak, ilkbaharda, Mayıs sonuna doğru veya Haziran ayı başlarında sorunlar meydana gelir. Beton hala nemli ve hala "genişlemiş" olduğunda oluşan durum budur. İlk sıcak havalarda meydana gelen herhangi bir genişleme bu nedenle çok daha şiddetlidir. Üstelik, Haziran ayında güneş etkisi maksimuma ulaşır ve gece-gündüz arasındaki farklar hala çok fazla olabilir.

## 2. BAKIM ÖNLEMLERİ

### 2.1. HER TÜRLÜ YAPIM İÇİN

#### 2.1.1. Derz dolgularının tamiri ve yenilenmesi

Derz dolguları için yapılan onarımlar, genellikle el ile ve az bir çabayla gerçekleştirilebilen küçük ölçekli onarım yöntemleridir ve sistemi yeniden sızdırmaz hale getirmek için lokal hasar meydana geldikten hemen sonra yapılmalıdır.



Derz dolgularının onarımı, derzleri doldurmak için kullanılan özel malzemelerle yapılmalıdır. Bu malzemeler sıcak veya soğuk derz dolguları veya hazır derzler olabilirler.

Yalancı, genleşme veya inşaat derzleri, derz dolgu malzemesi kalktığında (örneğin derz dolgusunun ve/veya hazır derzlerin eskimesi nedeniyle) değiştirilmelidir. Beton kaplama her yerde muntazam bir şekilde yapıldığında, tüm derzlerin ana yolun tüm genişliği boyunca birbirini takip eder şekilde yapılması önerilir.

Ekonomik hususlar, derz dolgusunun derz dolgusu ile hazır derz dolgularının ise hazır derzler ile değiştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Derz bölgesindeki küçük kenar hasarının maliyet-etkin onarımı, hasarlı alanları sıcak derz dolgusu ile doldurmak suretiyle gerçekleştirilebilir. Derz doldurma çalışmaları sırasında yol trafiğe kapalı tutulmalıdır.

Yeni derz dolgu malzemesi kullanıldığında, derz duvarlarına yapışan eski derz dolgusunun kalıntıları sökülmelidir. Yeni bir bağlantı yüzeyi olarak temiz derz kenarları sağlamak için kenarların yeniden kesilmesi gerekip gerekmediği, yeni derz dolgusu uygulanmadan önce kontrol edilmelidir. Derzi yeniden kesmek, yeni malzemenin iyi yapışması için mümkün olan en iyi koşulları sağlar.

Derz sızdırmazlık malzemeleri hazır derzler ile değiştirildiğinde, hazır derzlerin uygun bir şekilde yerleştirilmesi için derz kenarları her zaman yeniden kesilmelidir.

Eski hazır derz dolguları yenileriyle değiştirildiğinde, derz boşluklarının gerekli paralel hizalanmasını sağlamak için derzlerin doğru genişliğe sahip olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu gerekliliğin yerine getirilmemesi durumunda derzler yeniden kesilmek zorundadırlar. Küçük kenar parçalarını çıkarmak için yeniden kesim ve ek pah açma bıçağı kullanılabilir. Hazır derzlerin uygulanmasından önce büyük beton plak parçaları dikkatlice onarılmalıdır. Mevcut derz dolguları, derz kenarlarının korunmasına da dikkat ederek, yeni uygulama derinliğine kadar sökülmelidir. Derz boşluğuna sıkıca yapışan, kullanılabilir halde olan eski dolgu malzemeleri kalıntıları derz boşluğunun alt kısmında kalabilir.

Kalıntı derz malzemesini derz kenarına yapışması ve yeni derz malzemesi ile uyumluluğuna dikkat edilmeli ve bu durum uygun bir şekilde test edilerek gözlenmelidir. Bu şartlar yerine getirilmemişse derzler yeniden kesilmelidir.

Hazır derzler dolguları sıcak derz dolgu malzemesi ile değiştirilirken yeniden kesim yapılmayabilir. Bu durumda derzler temizlenir, derz dolgunun alt kesimlere fazladan gitmesini önlemek için fitil (ısıya dayanıklı, köpüklü malzeme veya sünger kauçuk vb.) yerleştirilir ve sonrasında bir astar ile kaplanıp kapatılır.

Eski derz dolgusunu çıkardıktan sonra derz kenarlarındaki kir, toz vb. fırçalama makinesi mutlaka temizlenmelidir.

Sıcak derz dolgu malzemesinin derz kenarlarına yapışmasını daha iyi hale getirmek için astar kullanımı tavsiye edilir.

Derz dolgu çalışması sadece hava kuru olduğunda ve derz kenarları yüzey sıcaklığı en az 0 ° C olduğunda gerçekleştirilebilir. Derz kenarları mutlaka kuru ve tozsuz olmalıdır.

Sıcak derz dolgu malzemeleri, yol yüzeyinin altında en az 1 mm ve en fazla 6 mm'lik bir girintinin oluşmasını sağlayacak şekilde uygulanmalıdır. Bu koşul, derz dolgu malzemesinin yüksek sıcaklıklarda yukarı doğru çıkıntı yapmasını önlemek için gereklidir. Aşırı doldurmadan kaçınılmalıdır.

Pah yapılmayan enine yalancı derzler, yeniden doldurulmadan önce mutlaka pah yapılmalıdır. Derz dolgusu 15 mm ve üzeri genişlikteki derzlere yapıldığında veya hazır derzler 20 mm ve üzeri genişlikteki derzlere uygulandığında pah yapılmayabilir. Hazır derzler (*Şekil 14*), sıcak derz malzemesine göre, uygulama koşulları söz konusu olduğunda daha avantajlıdır, çünkü hazır derzler ıslak havada da uygulanabilirler. Bununla birlikte, imalat sırasında derz boşluğunda buzlanma olmamalıdır. Yapıştırıcı uygulandığında derz kenarları ve kesişme noktaları kuru olmalıdır.



ŞEKİL 14 – HAZIR DERZ UYGULAMASI

Hazır derzler kullanıldığında tüm derzlerin eşit bir kesite sahip olmasına dikkat edilmelidir. Bu koşul sağlanmamışsa derzler yeniden kesilmelidir.

Mevcut derz derinlikleri denetlenmelidir. 15 mm'den daha derin olan mevcut hazır derzler, sıcak derz dolgu malzemesi için alt dolgu malzemesi (fital) olarak kullanılamaz, çünkü bu uygulama yeni derz dolgu malzemesinin ayrılmasına neden olmaktadır.

### 2.1.2. Betonun sökülmesi

Beton aşağıdaki durumlarda sökülür:

- Düzgünsüzlük,
- Lokal kesimlerde yüzey hasarı,
- Yüzey suyu drenajı için beton plağın yetersiz olması,
- Derzlerde ve çatlaklarda basamak, kademe oluşumu,
- Kayma direncinin yetersiz olması durumu

Uygun metotlar aşağıdaki gibidir:

- Yüzeyin frezelenmesi,
- Yüksek basınçlı su püskürtme,
- Katkılı/katkısız su püskürtmesi, çelik ile kumlama,
- Taraklama,
- Makine ile taraklama,
- Taşlama,
- Kanallı frezeleme

*Tablo 1*'de listelenen yöntemler, daha iyi yüzey özellikleri sağlamak, yeni bir kaplama uygulaması, yüzey koruma tabakası uygulaması gibi işlemler için betonu hazırlamak amacıyla kullanılır:

TABLO 1 – BETONUN AYRILMASI		
Metot	Uygulama	
Betonun sökülmesi	Ön bakım-onarım yöntemi olarak kullanılabilir	Son bakım-onarım yöntemi olarak kullanılabilir
Betonu sökme amacıyla frezeleme	x	
Pürüzlendirmek amacıyla frezeleme		x
Yüksek basınçlı su püskürtme	x	
Temizlik amacıyla yüksek basınçlı su püskürtme		x
Su katkılı çelik bilya ile kumlama	x	
Taraklama*	x	
Makineli taraklama	x	
Taşlama		x
Kanallı frezeleme		x

\*sadece küçük alanlar için

### 2.1.2.1 Frezeleme

Beton yüzeylerinin kayma dayanımını artırmak için eskiden makine ile frezeleme yapılırdı. Bununla birlikte, freze işleminin sert bir yüzey dokusu oluşturduğu, lastik-kaplama gürültüsünü artırdığı ortaya çıktı ve bu nedenlerle frezeleme artık sadece yüzeyde istenmeyen profil hatalarının ve ondülasyonların (tehlike noktaları) ortadan kaldırılması amacıyla kullanılmaktadır.

### 2.1.2.2 Yüksek basınçlı su püskürtme metodu

Yüksek basınçlı su püskürtme yöntemi, yüzey temizliği ve düşük mukavemete sahip tabakaların (örn. boya ve aşınmış lastik kauçuk) sökülmesi için uygundur.

Yüksek basınçlı su püskürtme yöntemi, yeni yapılmış beton kaplamalarda yol işaretlerinin uygulanmasından önce bir hazırlık olarak yağın şeklinde kullanılır.

Bu yöntemde üretilen atık su, trafiğe açık yüzeylerde uygun şekilde tahliye edilemeyebilir.

### 2.1.2.3 Su katkılı/katkısız çelik kumlama

Kumlama yöntemleri, yüzey kirini temizlemek, ince tabakaları sökmek ve yüzeyi pürüzlendirmek (mikro-pürüzlülüğü iyileştirmek) amacıyla kullanılabilen yöntemlerdir. Ayrıca, düzgün olmayan alanlar yüzey mukavemetini etkilemeden onarılabilir.

Çelik kumlama (çelik bilye püskürtme), yüksek performanslı bir yöntem olup (günlük kapasite yaklaşık 5.000 m<sup>2</sup>); yüzeyde toz oluşumu istenmeyen durumlarda kum püskürtme yerine, özellikle de kayma direncini iyileştirmek amacıyla kullanılır.

### 2.1.2.4 Taraklama

Taraklama küçük alanlardaki kalın beton tabakalarının sökülmesi için uygundur, örn. kırılmış kenarlar ve köşeler. Bu yöntemde kırılan alandaki beton taraklama ile gevşetilmekte ve kesilerek zayıflatılmaktadır. Tabakaların kalınlığına ve boyutuna bağlı olarak yüzeyi onarmak için kırılan alanların ek olarak iyileştirilmesi gerekebilir. Taraklama yapılacak hasarlı alanın, beton yapının tamamının zarar görmesini önlemek için dikey ayırma kesimi (5 cm derinliğe kadar) ile ayrılması önerilir.

### 2.1.2.5 Makineli taraklama

Makine ile taraklamada, dikey olarak hareket eden kesici uçlara sahip taraklama makineleri kullanılır. Makine ile taraklama yöntemi özellikle düşük mukavemete sahip beton tabakalarının sökülmesi ve küçük alanların düzgünlüğünün iyileştirilmesi gerektiğinde kullanışlı bir yöntemdir. Bu yöntemde, hasarlı alandaki beton, makine ile gevşetilir ve zayıflatılmaktadır. Uygulama sonrası çelik bilya ile kumlama gibi ek işlem gerekebilir.

### 2.1.2.6 Taşlama

Taşlama yönteminde yatay şaftlar üzerinde elmas bıçakları olan makineler kullanılır. Taşlama, betonun doğru bir şekilde sökülmesini kolaylaştırır ve yüzeyin mukavemetini değiştirmeden, değişen incelikte (*şekil 15, bir sonraki sayfa*) kanallar oluşturmak için kullanılabilir. Taşlama, yüzeyin düzgünlüğünü ve kayma direncini geliştirmek ve gürültüyü azaltmak için uygundur. İşlem derinliği genellikle 10 mm'ye kadardır. Kayma direncini artırmak için 2-3 mm kalınlığında bir tabakanın sökülmesi genellikle yeterlidir. Taşlama uygulaması sırasında, daha önce onarılmış kesimler ve derz kenarları zarar görmez. Taşlama işlemi sonrası oluşan çamur vakumla temizlenmelidir.

### 2.1.2.7 Kanallı frezeleme

Kanallı frezeleme, yüzey drenajının yetersiz olduğu alanlarda, su etkisi ile araçların kızaklama riski olduğu veya kayma direncinin iyileştirilmesi gereken yerlerde kullanılır. Kanallı frezeleme yöntemi, lastik-yol temasında gürültünün artmasına neden olabilir.

Uygulamada dikkat edilmesi gerekli hususlar aşağıda verilmektedir.

- Enine kanallar için :
  - Her bir kanal 6 mm genişlik ve derinlikte,
  - Enine kanallar arasındaki mesafe 100 ila 150 mm arasında olmalı;
  - Boyuna kanallar için:
  - Genişlik 4 mm, derinlik 6 mm ve kanalların merkezden merkeze mesafesi 25 mm olmalıdır.

Kanallar keskin kenarlı olmalı ve çapak, kırılmış parça vb. bulunmamalıdır. Kanal mesafesine karar verilip ilk uygulama yapıldıktan sonra mesafe korunmalıdır.

Enine eğimin değiştiği kesimlerde yüzey drenajını sağlamak için, her bir plakta 10 mm genişliğinde bir çapraz kesim (çizime bakınız) yapılmalıdır. Kesme kalıntıları vakum ile temizlenmelidir.



ŞEKİL 15 – KANALLI FREZELEME

### 2.1.3. Şerit yenileme

Ağır taşıt trafiğinde öngörülemeyen bir artış, özellikle de dingil yüklerindeki artış, 22-24 cm kalınlığındaki beton plaklarda bile ciddi sorunlara yol açabilir. Hasar esas olarak ağır taşıt şeridinde şeridinde ortaya çıkar. Bu durumda, kaplamanın tamamının yenilenmesi yerine sadece bu şeridin değiştirilmesi daha ekonomik bir seçenek oluşturmaktadır.

Şerit yenileme, plakların tamamının veya bir kısmının yenilenmesinin sürüş kalitesinde herhangi bir iyileşme sağlamadığı, beton plağın gelecekteki hasarının öngörülebildiği durumlarda bir alternatif olarak kullanılabilir.

Plak boyutlarına uygun makinelerin tercih edilmesi, daha kaliteli ve sağlıklı bir şeridin yapılmasını sağlayacaktır. Şerit yenileme işleminde orijinal plak kalınlığı ile enine eğim korunmalıdır. (Şekil 16 ve Şekil 17).

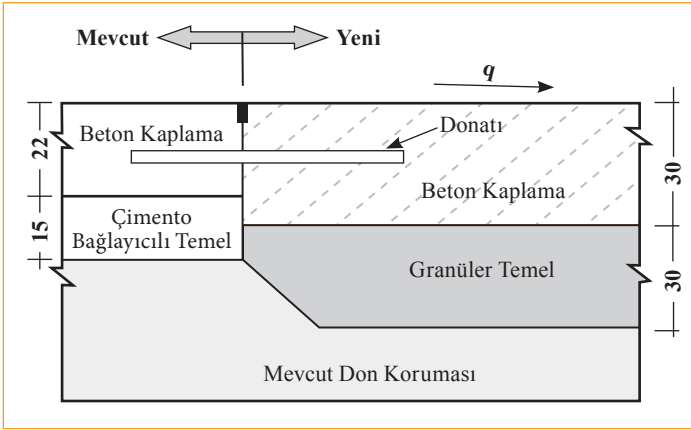


ŞEKİL 16 – ŞERİT YENİLEME: HAZIRLIK VE UYGULAMA



ŞEKİL 17 – ŞERİT YENİLEME: BETON VE FREZELENMİŞ KANALLARIN DÜZENLENMESİ

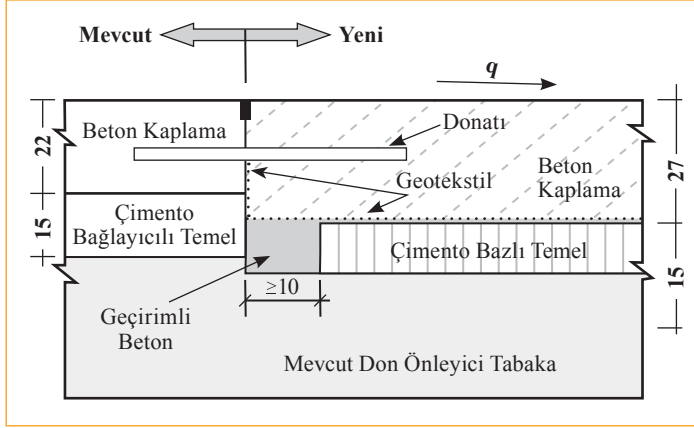
Şerit yenilemede veya mevcut tabaka kalınlığını arttırmada (örn. granüler temel üzerine 30 cm'lik bir beton tabakası uygulanması), bitişik şeridin veya banket beton tabakasının altında kalan tabakaların kenarları, titreşim veya yıkıntı sonucu malzemenin dağılmasını önlemek amacıyla emniyete alınmalıdır (Şekil 18).



ŞEKİL 18 – GRANÜLER TEMEL ÜZERİNE ŞERİT İLAVESİ ENKESİTİ

Beton plağın altında çimento bağlayıcı temel tabakasının olduğu yerlerde, genişleme derzi boyunca yüzey suyunun tahliyesine dikkat edilmelidir.

Bunu başarmanın en uygun yollarından birisi geosentetik bir malzeme Şekil 19, veya bir drenaj profili ile betonu drene etmektir.



ŞEKİL 19 – ÇİMENTO BAĞLAYICI TEMEL ÜZERİNE ŞERİT İLAVESİ ENKESİTİ

Bir beton kaplamada şerit yenilenmesi gerektiğinde, mevcut kaplama yeni beton kaplamaya enine derzlerde kayma demiri ile, boyuna derzlerde ise ankraj ile bağlanmalıdır. Ankraj ve kayma demirlerinin iyi çalışması için plakların mevcut beton yol şeridine (hız şeridi veya banket) iyi bir şekilde dayanması gerekmektedir.

Mevcut beton plakaya kayma demirlerini yerleştirmek için, delikler aynı düzlemde belirli aralıklarla açılmalıdır. Deliklerin yüzeye paralel olmasına dikkat edilmelidir.

Mevcut beton plağın ve yenilenecek şeridin kalınlıkları farklı olduğunda, ankrajlar ve kayma demirleri (Şekil 20) parçalanmayı önlemek için mevcut beton kaplamanın kalınlığının yarısında sabitlenmelidir. Genleşme derzleri için ilave delgi gerekmeyeceği için kayma demiri ve ankrajlara zarar verme riski yoktur.



ŞEKİL 20 – ANKRAJLAMA



Ankrajlamada kullanılan kılıflar için delik çapı 27 mm, delik uzunluğu ise 25 cm'dir. Delik çapını sabit tutabilmek için +/- 1 mm' lik tolerans aralığı önemlidir. Uygun olmayan boyutta bir delik çapı, montaj sırasında plastik kılıfa zarar verebilir. Normalden daha geniş delik çapı, kılıfların yatay konumlanmasını zorlaştırır, bu da delik içindeki kılıfın eğilmesine neden olur.

Kılıflar deliklere yerleştirilir ve enine yük aktarımı için kullanılır. Kılıflar, plakların yatay olarak hareket etmesini sağlamalıdır. Derzlerde, kılıfların serbest uçları kapaklarla kapatılmalıdır.

Ankrajlar, herhangi bir derz hareketini veya beton plakların yanal yer değiştirmesini önlemek amacıyla boyuna genişleme derzlerine yatay olarak yerleştirilmelidir. Ankrajlar genellikle 20 mm çapında ve 650 mm uzunluğundadır. Bitişik bir derz olması durumunda, kılıflar en az 200 mm uzunlukta plastik ile kaplı ve tek ucu simetrik olarak bilenmiş olmalıdırlar.

Çift komponentli ankraj dolguları kullanırken, iki bileşenin karıştığından emin olmak için ankraj vidalanmalıdır. Delik çapı, kullanılan ankraj dolgu tipine ve hacmine bağlıdır. İşlem, akredite edilmiş sistemlerin belgelendirme koşullarına uygun olmalıdır. Enjekte edilen iki bileşenli malzeme sistemlerinde delik derinliği 25 cm, delik çapı ise en az 27 mm olmalıdır. Daha büyük bir delik çapı bir soruna neden olmaz, ancak daha yüksek malzeme maliyetlerine neden olur. Her iki sistemde, ankraj çeliğinin deliğe giren kısmı tamamen kılıflanmış olmalıdır. Ankrajlar en az 80 kN'luk kesme kuvvetlerine dayanmalıdır.

Mevcuttaki çimento bağlayıcılı tabakanın bir temel tabakası olarak kullanılması ve mevcut (muhtemelen yeterli ölçülere sahip olmayan) tabaka derinliğinin muhafaza edilmesi gerektiğinde, sadece şeritlerin değiştirilmesiyle, enine ve boyuna derzler arasındaki mesafeler, plakların servis ömrünü uzatmak için yarıya indirilebilir.

Mevcut (muhtemelen yeterli ölçülere sahip olmayan) beton plak kalınlığının muhafaza edilmesi gerektiği durumlarda, yüksek eğilmede çekme dayanımına (8 N/mm<sup>2</sup>'ye kadar) sahip yol betonunun kullanılması düşünülmelidir. Değiştirilecek şerit, ne bitişik şerit ne de temel tabakanın zarar görmeyeceği şekilde sökülmemelidir. Beton tabaka tam derinliğine kadar kesilmelidir. Herhangi bir çapak veya kılıf varsa kesilmelidir.

Dikkatlice çıkarılabildiğinden emin olmak için plaklara çapraz kesimler yapılabilir.

Temel tabakasının hasar görmesi halinde (çatlaklar, sökülmeler), yeni yapılacak beton plakta yansıma çatlaklarının oluşmaması için, temel tabakası onarılmalı ve uygun geosentetik malzemelerle kaplanmalıdır.

Betonun serilmesinden önce temel tabakasındaki gevşek parçaların kaldırılması gerekir.

Enine derzlerin yeri belirlenirken mevcut plakların birleşim şekli dikkate alınmalıdır.

Plak uzunluğu, bitişik şerit derzine uygun olmalıdır. Beton plaklardaki çapraz ankrajlar 25 cm' lik eşit bir mesafeye sahip olmalıdır.

#### 2.1.4. Reaktif reçine ile yüzey onarımı

Yüzey iyileştirmesi işleminde kullanılacak olan reaktif reçine/sertleştirici karışımı belirlenmeli ve karıştırılarak işlemin yapılacağı yüzeye (bundan sonraki kısımlarda yüzey tabakası olarak geçecektir) uygulanmalıdır. Yüzey tabakasının ve arzu edilen yüzey iyileştirmesinin yapısına bağlı olarak (makro dokusal derinlik), bağlayıcı miktarı 700 ila 1,600 g/m<sup>2</sup> olarak değişir. Kullanılan bağlayıcı miktarına bağlı olarak, 1/2, 2/3 veya 3/4 dane boyutunda kırmataş karışımı kullanılır. (Tablo 2)

**TABLO 2 – BAĞLAYICI HACMİ, YÜZEY İYİLEŞTİRMESİ İÇİN KULLANILACAK OLAN KIRMATAŞ HACMİ VE GRADASYONU (YÜZEY TABAKASININ ORTALAMA MAKRO DOKUSAL DERİNLİĞİNE GÖRE)**

No.	Ortalama makro dokusal derinlik [mm]	Bağlayıcı miktarı [g/m <sup>2</sup> ]	Kırmataş boyutu [mm]	Kırmataş miktarı [kg/m <sup>2</sup> ]
	1	2	3	4
1	≤ 0.5	700 – 1,000	1/2	10
2	> 0.5 – 1.0	> 1,000 – 1,300	2/3	12
3	> 1.0 – 1.5	> 1,000 – 1,600	3/4	14

Reaktif reçine ile beton arasında iyi bir yapışmanın uzun ömürlü olması için, uygun reçine bileşenleri ve kırmataş kullanmanın yanısıra, beton reçinesinin yüksek bir kaliteye sahip olması önemlidir. Dayanıklılık, özenle çalışarak ve prizi kontrol altına almak için elverişli hava koşullarını seçilerek artırılacaktır.

İyileştirilecek beton yoldaki derzler uygulama sırasında örtülmemelidir. Çünkü uygulanan az miktardaki yüzey malzemesi nedeniyle derzin fonksiyonu olumsuz yönde etkilenmeyecektir.

Yüzey işleminin uygulanmasından önce, yüzey dikkatli bir şekilde incelenmeli ve olası onarımlar yapılmalıdır.

Pürüzsüzlük, yüzey iyileştirmesiyle geliştirilemez. Kullanılan reaktif reçineler ve taşlar, kuru ve tozsuz olmalıdır. Reaksiyon reçineleri ile yüzey iyileştirmelerinde uzun süreli yapışma için en önemli önkoşul, kuru ve dikkatle hazırlanmış bir beton yüzey üzerine uygulama yapmaktır.

Beton yüzey gerilmesi en az 1.5 N/mm<sup>2</sup> olmalıdır, aksi takdirde uzun süreli yüzey kaplaması sağlanamayabilir. Yüzey gerilmesi, kumlama yoluyla iyileştirilebilir. Uygulama öncesi yüzeyin yağ, lastik kalıntıları, işlem öncesi yapılan işaretleme malzemeleri gibi maddelerden arındırılmış olmalıdır.

Beton yüzeye iyi bir şekilde tutunmayan ince harç tabakası beton yüzeyden uzaklaştırılmalıdır.

Beton yüzeyinin hazırlanması işlemlerinin tipi (temizlik ve/veya sökme) beton yüzeyinin durumuna bağlıdır. Görsel bir incelemenin yanı sıra, betonun yüzeye yakın kısmındaki mukavemetin de belirlenmesi gereklidir.

Uygulanan reaktif reçine, mevcut sıcaklığa bağlı olarak, yolun trafiğe açıldığı andan itibaren 24 saat içerisinde araç ve yaya trafiğinin herhangi bir hasara neden olmayacağı şekilde sertleştirilmiş olmalıdır. Reaksiyon reçineleri sadece + 8 ° C'den maksimum + 40 ° C'ye kadar beton yüzey sıcaklıklarında uygulanabilir.

Yüzey sıcaklığının hızla arttığı durumlarda, reaktif reçine uygulaması durdurulmalıdır. Çünkü beton tabakadan çıkan nemli hava, reaktif reçinenin yüzeyinde kabarcıkların oluşmasına neden olacaktır. Yüzey sıcaklıkları düşerken uygulama tekrar başlatılabilir. Nemli havalarda (örn. yağmur, sis, çiy) uygulama yapılamaz.

Reaksiyon reçinesi genellikle makine ile uygulanır (*Şekil 21, bir sonraki sayfa*). reaktif reçineden hemen sonra kırılmış, tozsuz agregata homojen olarak uygulanır (*bir sonraki sayfa Şekil 22*).

Agregata gerekli çekiş gücü ve uzun ömür sağlanacak şekilde uygulanmalıdır. En büyük agregata çapının yaklaşık olarak yarısına kadar bir derinliğe kadar reçine içerisine gömülmelidir.



ŞEKİL 21 – MAKİNE İLE REAKTİF REÇİNE UYGULAMASI



ŞEKİL 22 –AGREGA UYGULAMASI

Yerleştirmeden sonra, fazla agrega süpürülerek uzaklaştırılmalıdır (*Şekil 23*). Bu agregalar yeniden kullanılabilir. Yol yüzeyi ile reçine kaplamanın aderansını kontrol etmek için, kaplanmış beton yüzeyini trafiğe açmadan önce üç adet çekme testi yapılmalıdır.



ŞEKİL 23 – FAZLA AGREGANIN SÜPÜRÜLMESİ

### 2.1.5. Reaktif reçine harcı ile yüzey kaplaması

Uygulama sırasında, ilave edilen mineraller ile reaktif reçine/sertleştirici karışımının bileşimi belirlenir, karıştırılır, hazırlanır ve ön işlemden geçirilmiş beton yüzeyine uygulanır.

Yüzey kaplaması sırasında kullanılan reaktif reçine harcı ve çakıl miktarı ile çakıl dane boyutu, beton yüzeyinin yapısına (makro-dokusal derinlik) ve yüzey kaplamanın ortalama tabaka kalınlığına bağlıdır. 0.5 ila 1.5 mm ortalama dokusal derinlikleri ve 2 ila 5 mm arasında değişen ortalama yüzey tabakası kalınlıkları için, Tablo 3'teki bilgiler dikkate alınmalıdır.

Bu tip bir onarım, uygun reçine bileşenlerinin ve çakıl malzemelerin kullanılması dışında, beton tabakası iyi bir kaliteye sahipse, uzun vadede dayanıklı olacaktır. Dayanıklılık, özenle çalışarak ve prizi kontrol altına almak için elverişli hava koşullarını seçilerek artırılacaktır.

Yüzey işleminin uygulanmasından önce, yüzey dikkatli bir şekilde incelenmeli ve olası onarımlar yapılmalıdır.

**TABLO 3 – REAKTİF REÇİNE HARCİ MİKTARI VE YÜZEY KAPLAMA İŞLEMİ İÇİN KULLANILACAK ÇAKIL BOYUTLARI, (YÜZEY TABAKASININ ORTALAMA MAKRO DOKUSAL DERİNLİĞİNE GÖRE)**

No.	Ortalama makro dokusal derinlik [mm]	Ortalama dane boyutu [mm]	Reaksiyon reçinesi harcı miktarı (*) [kg/m <sup>2</sup> ]	İri kum dane boyutu (kuvars kumu) [mm]
	1	2	3	4
1	≤ 0.5	2 – 3 > 3 – 4 > 4 – 5	4 – 6 > 6 – 8 > 8 – 10	0.3 – 0.8 veya 0.7 – 1.2 0.7 – 1.2 0.7 – 1.2
2	> 0.5 – 1.0	2 – 3 > 3 – 4 > 4 – 5	5 – 7 > 7 – 9 > 9 – 11	0.7 – 1.2
3	> 1.0 – 1.5	2 – 3 > 3 – 4 > 4 – 5	6 – 8 > 8 – 10 > 10 – 12	0.7 – 1.2

\*Belirtilen miktar bağlanmış çakılı da içermektedir.

Yüzey kaplaması reaksiyon reçinesi harcı ve çakıl kullanılarak yapılır. Agrega kuru ve yabancı maddelerden arındırılmış olmalıdır.

Reaksiyon reçinesi harcı kullanılarak yapılan yüzey kaplamasının uzun süreli yapışma ve dayanıklılığı için en önemli önkoşul, kuru, dikkatli bir şekilde hazırlanmış ve ön işlemden geçirilmiş bir beton yüzeyi hazırlamaktır. Beton yüzeyindeki gerilme kuvveti en az 1.5 N/mm<sup>2</sup> olmalıdır.

Beton yüzeye iyi bir şekilde tutunmayan ince harç tabakası beton yüzeyden uzaklaştırılmalıdır. Hazırlanan yüzey genellikle ön işlemden geçirilir (astarlanır).

Beton yüzeylerin hazırlanma yöntemi ve süreci, beton yüzeyin değerlendirmesi sonucu belirlenir. Beton yüzey hazırlandıktan sonra, yüzey gerilme kuvveti 1.5 N/mm<sup>2</sup> olmalıdır.

Mevcut koşullara bağlı olarak, beton yüzeylerin hazırlanması için çeşitli işlemler kullanılabilir. Hazırlandıktan sonra kaplanacak yüzey, yağsız ve kuru basınçlı hava ile temizlenmelidir.

Beton yüzey temizlenirken, ısı hasarı veya ısı sebebiyle kirlenme (örneğin sıcak hava ile yoğunlaşan parçacıklar) önlenmelidir.

Derz dolguları derzlerden çıkarılmalıdır. Hasarlı derz kenarları kesilerek sağlam betona yüzeyine kadar derz kenarı oluşturulmalıdır. Derz kenarları onarılmalıdır. Hazırlanan derzler, kaplamadan önce, kaplamadan sonra kolayca çıkarılabilen geçici bir koruyucu ile korunmalıdır.

Plaklardaki derin çatlaklar, kir veya herhangi bir yabancı maddeden arındırılmalı ve kaplamanın ardından dolgu maddesi ile doldurulabilmeleri için geçici bir koruyucu ile örtülmelidir. Gerekli durumlarda, çatlaklar, kaplamadan önce genişletilmelidir.

Yol işaretlemeleri kaplama öncesi demonte edilmelidir.

Uygulanan harç tabakası, yol trafiğe açılmadan önce, araç ve yaya trafiğinin herhangi bir hasara yol açmayacağı ölçüde priz almış olmalıdır. Priz süresi 24 saatten uzun olmamalıdır. Uygulamadan sonra harcın yüzeyi düzgün olmalı ve uzun dönemde pürüzlülüğünü kaybetmemelidir. Yüzey koruyucu agregası beton agregası ile uyumlu olmalı ve rengi yol işaretleri ile yeterince kontrast seçilmelidir.

### **2.1.5.1 Reaktif reçine harcının yapısı ve üretimi**

Reaktif reçinesi bileşenleri ile agrega mekanik bir mikser kullanarak karıştırılmalıdır.

Hali hazırda agrega ve/veya pigmentler içeren reaktif reçine bileşenleri şantiyeye ulaştırıldığında, her bir bileşen kabı içerisinde uygulamadan önce iyice karıştırılmalıdır.

Reaksiyon reçine harcının uygulama kalınlığı bazı koşullara bağlıdır. Reaksiyon reçineleri en az + 8 ° C ile maksimum 40 ° C arasındaki beton yüzey sıcaklıklarında işlenebilir.

Yüzey sıcaklığı ciddi bir şekilde arttığında, reaktif reçine uygulaması durdurulmalıdır. Çünkü beton tabakasından çıkan nemli hava, reaktif reçinenin yüzeyinde kabarcıkların oluşmasına neden olacaktır. Yüzey sıcaklıkları düşmeye başladığında

uygulama tekrar başlayabilir. Nemli havalarda (örn. yağmur, sis, çiy) uygulama yapılamaz.

Beton yüzeyler astarlanmalıdır. Astar, ince olmalı ve çözücü içermemelidir. Astar, beton yüzeye homojen olacak şekilde uygulanmalıdır.

Astar, genellikle hazırlanmış yüzeye makine ile uygulanır. Ardından yüzey koruyucunun iyi bir şekilde yapışmasını sağlamak için doğrudan 0,3 ila 0,9 mm tane büyüklüğünde bir agrega uygulaması yapılır. Yapışmayan herhangi bir tanecik, yüzeyden ayrılır ve tekrar kullanılabilir.

### 2.1.5.2 Kaplama

Derz ve derin çatlakların üzeri kaplama uygulanmadan önce, kaplama prizini aldıktan sonra kolayca çıkarılabilen geçici bir koruyucu ile kapatılmalıdır. .

Reaksiyon reçinesi harcı genellikle bir makine kullanılarak hazırlanır ve astarlanmış yüzeye uygulanır.

Uygulamadan hemen sonra, keskin kenarlı, tozsuz agrega, harcın içine serbestçe ve eşit bir şekilde uygulanmalı ve aderansın sağlanması için yüzeye doğru bastırılmalı veya itilmelidir.

Agrega, gerekli aderansı ve yüzeye uzun süreli yapışmayı sağlayabileceği şekilde uygulanmalıdır. Reaktif reçinede, en büyük agrega, yaklaşık olarak çapının yarısına kadar bir derinliğe gömülmelidir.

Priz aldıktan sonra, fazla agrega süpürülebilir ve tekrar kullanılabilir.

### 2.1.6. Yeniden yapım

Yeniden yapım, trafiğin temas ettiği yüzeyinin kalitesinin artırılması amacıyla, mevcut yüzeye yeni bir kat beton uygulanması veya bir ya da birkaç tabakanın değiştirilmesi şeklindedir. Aşağıdakileri ayırt etmek önemlidir:

- Sadece kaplama tabakasının yenilenmesi
- Kaplamanın ve alt tabakaların birlikte yenilenmesi

Yeniden yapım, bozulmaların bakım veya onarım önlemleri ile giderilemediğinde gereklidir. Özellikle yetersiz taşıma kapasitesinden kaynaklanan bozulmalar olduğunda yeniden yapım gerekli hale gelir.

Yeniden yapımı gerçekleştirmeden önce, alt tabakanın, tabanın veya yüzeyin iyileştirilmesinin gerekli olup olmadığı ve drenaj sisteminin işlevselliğinin ne ölçüde olduğu kontrol edilmelidir. Enine eğim için değişiklik yapılması gerekli ise, bu değişiklik yenileme sırasında yapılabilir.

Yeniden yapım aşamasında yeni beton tabakasının kalınlığı doğru belirlenmelidir. Her durumda, temel tabakası tipi, mevcut üstyapı kalınlığı, mevcut üst yapının durumu hesaba katılmalıdır.

### 2.1.6.1 Sadece kaplamanın yenilenmesi

Sadece kaplama tabakası yenilenirken, mevcut alt yapı yerinde kalabilir. Yenileme asfalt kaplama ile de olabilir.

Mevcut beton kaplamanın, betonla yeniden kaplanması durumunda, 0,5m x 0,5m'den daha fazla olmayan parçalara ayrılmalıdır. Eğer asfalt kaplama yapılacaksa 1,0 m x 1,5 m'yi aşmayan azami bir en boyutu gerekir. Sıkıştırılmamış yüzey, daha sonra uygun bir sıkıştırma cihazı (statik, titreşim) kullanarak yeniden sıkıştırılmalı ve yeni üstyapı için temel olarak kullanılmalıdır.

Sıkışmamış beton yüzey daha sonra ya en az 25 N/mm<sup>2</sup> (Şekil 24) basınç dayanımına sahip bir beton tabaka ile ya da bir asfalt tabaka ile kaplanmalıdır.



ŞEKİL 24 – BETON DÜZELTME TABAKASI

Beton düzeltme tabakasında, üzerine gelecek beton tabakanın derz aralıklarına göre ve eski beton tabakasının ölçüleri dikkate alınarak derz açılmalıdır. Geosentetik kullanıldığı yerlerde derz yapılması gerekmeyebilecektir.



Enine ve boyuna eğimdeki sorunlar, beton düzelme tabakasının doğru bir şekilde boyutlandırılması ve uygulanmasıyla çözülebilir.

Üstgeçit ve köprü gibi yapıların geçildiği kesimlerde, minimum 4,50 m'lik bir yüksekliğinin korunması gerekir. Bu koşulun sağlanmadığı durumlarda, büyük sanat yapısı ya yükseltilmeli ya da mümkün değilse (örn. Çerçeve yapılar), sanat yapısına gelmeden önce ve sonra belirli bir mesafede eğim düşürülerek yol yüzeyi kötü düşürülmelidir.

Alt geçitlerin üstünde, üstyapı tasarım kalınlıklarının uygulanabilirliği kontrol edilmelidir.

### **2.1.6.2 Kaplamanın ve alt tabakaların birlikte yenilenmesi**

Yenileme, alt tabakalar ve kaplamanın bir kombinasyonu olarak gerçekleştiğinde, mevcut yol üstyapısının sadece yüzey kaplaması kaldırılır ve mevcut temel tabakası koruyarak yeni bir yüzey kaplaması (muhtemelen bir beton düzeltme tabakasının üstünde) ile değiştirilir.

Temel tabakasının hidrolik bağlayıcı temel olması durumlarda, kaplamanın temel tabakasına zarar vermeden ayrılabilmesi için mevcut beton kaplamanın, derzler veya başka yöntemler ile bölünerek kaldırılması sağlanır.

Yolun tüm genişliği boyunca geosentetik yerleştirilmesiyle, hidrolik olarak bağlanmış temel tabakasındaki herhangi bir çatlakın, yeni beton yüzeyine yansımaları önlenebilir.

Böyle durumlarda Polipropilen fiberden, 500 g/m<sup>2</sup> birim alan kütlesine sahip, mekanik olarak sıkıştırılmış geosentetik kullanılmalıdır.

Enine eğim değişiklikleri, en az 25 N/ mm<sup>2</sup>lik bir basınç dayanımına sahip bir beton düzeltme tabakası uygulanarak sağlanabilir.

### **2.1.7. Yüzey çatlaklarının doldurulması**

Beton yollarda, sudan ya da buz çözücü tuz çözeltilerinden kaynaklı yüzey çatlakları ve buna bağlı yapısal hasarlar yaşanabilir. Bu ince çatlakları derz dolgusu ile doldurmak ve daha sonra bunları etkili bir şekilde işlemek oldukça zordur. Dolgu sırasında çatlaklar yukarıdan basınç uygulanmadan serbest halde dökülerek doldurulmalıdır. Dolgu malzemesi olarak düşük viskoziteli reçineler kullanılabilir.

Dolgu işlemi ıslak havalarda yapılmamalıdır. Onarılacak çatlaklar doldurulmadan önce, uygun bir yöntemle (örneğin, endüstriyel elektrikli süpürge) kurutulup temizlenmelidir. Gerekli doldurma derinliğini sağlayabilmek için, hava sıcaklığına bağlı olarak çatlağa yeterli dolgu malzemesinin uygulandığından emin olunmalıdır. İşlem esnasında çatlakların durumu göz önünde bulundurulmalıdır. Daha geniş çatlaklar için işlem öncesi hazırlık çalışmaları gerekebilir (örn. çatlakların genişletilmesi).

Çatlaklar en az 5 mm derinliğe kadar veya çatlağın genişliğinin en fazla 15 katına kadar doldurulmalıdır (hangisi daha küçükse).

Epoksi reçine ile doldurma için en düşük uygulama sıcaklığı 8 °C'dir. İşlemden geçirilen yüzey, işlemin ömrü sona ermeden önce kuvars kumu ile kumlanmalıdır.

### 2.1.8. Enjeksiyon

Kılıfların ve ankrajların üstündeki tek tabaka beton kaplama uygulanırken taze betona vibrasyon uygulanması çatlakların ve küçük gözenekli alanların oluşmasına neden olabilir. Bu çatlaklar ve küçük gözenekli alanlar uzun dönemde hasarlar meydana getirebilir (donma / buz çözme tuzunun etkisi sonucu betonda oluşan mikroyapısal hasar, ankraj korozyonu).

Bu tip bir hasar, çatlaklara düşük basınç (örneğin 1.5 barlık bir basınç) ile düşük viskoziteli reçine enjekte edilerek önlenebilir. Enjeksiyondan önce, çatlakların etrafındaki beton yüzey, uygun bir prosedür (örn., endüstriyel elektrikli süpürge) kullanılarak temizlenmelidir. Aynı şekilde, yapışmış çimento çamuru da uygun ekipman kullanılarak çıkarılmalıdır. İşlem yapılacak beton yüzey kuru ve temiz olmalıdır.

Çatlaklar ve gözenekli alanlar, düşük basınçta çalışan otomatik pistonlu bir enjeksiyon cihazı ile sürekli olarak doldurulmalıdır. Bu şekilde 25 cm derinliğe kadar çatlaklar ve boşluklar doldurulabilir.

Çatlakları ve boşlukları epoksi reçinesi enjeksiyonu ile doldururken, beton yüzey sıcaklığı 8 °C'nin altına düşmemelidir.

İşlemden geçirilen yüzey, işlemin ömrü sona ermeden önce kuvars kumu ile kaplanmalıdır.

## 2.1.9. Drenaj iyileştirmesi

Bakım önlemleri planlanırken ve gerçekleştirilirken, drenajı iyileştirmek için herhangi bir önlemin gerekli olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Yolun hizmete devam edebilmesi için suyu yol üst yapısından uzak tutmak önemlidir. Yolun taşıma kapasitesini korumak için sürekli drenaj gereklidir. Bu nedenle, temel tabakasının suya doymasını önlemek için etkili bir drenaj sistemi kullanılarak nüfuz eden su boşaltılmalıdır.

Bazı ilave drenaj önlemleri örnekleri aşağıda açıklanmaktadır. Her durumda, suyu tahliye etmek için mevcut koşullara bağlı olarak alınabilecek önlemler hakkında bir karar alınmalıdır.

Drenaj borularının kullanılacağı yerlerde, boruların uygun kesitlere sahip olmasına dikkat edilmelidir.

### 2.1.9.1 Yol kenarı boyunca kullanılan ilave drenaj boruları

Yol kenarı boyunca drenaj borusu kullanılması gereklidir. drenaj borusunu dondan korumak için için, borular üstyapının donmaya karşı dayanıklı derinliğinden daha büyük bir derinlik ve yanal bir mesafede yerleştirilmelidir. Drenaj borusu bir deşarj borusuna bağlı olmalıdır.

### 2.1.9.2 Şeritleri veya plakları değiştirirken drenaj

Mevcut üstyapıdan daha kalın bir beton tabakası veya temel tabakasının yapılacağı şerit veya plak değişimlerinde, alttaki zeminde drenaj önlemleri alırken bölgesel şartlar göz önünde bulundurulmalıdır (ayrıca bkz. *bölüm 2.1.3* ve *şekil 18 ve 19*).

### 2.1.9.3 Temel tabakasının sürekli drenajı

Yanal drenaj eksikliği nedeniyle su, beton tabakasının altına nüfuz ettiğinde, (örn. daha kalın yol işaretlemeleri olan eski tabakalarda veya temel tabakaları farklı yüksekliklerde olduğunda), temel tabakasına bir drenaj hattı yerleştirilerek suyun uzaklaştırılması sağlanabilir. Sızıntı hattı (drenaj borusu, drenaj kanalı, vb.) enine bir toplayıcı boruyla boşaltılmalıdır.

### 2.1.9.4 Yüzey su drenajını iyileştirme

Suyun yol üzerinde kaldığı yerde (örn. Enine ya da boyuna eğim eksikliği veya bir drenaj engeli olması nedeniyle), yol yüzeyine enine ya da boyuna olukların açılmasıyla veya hareket yönünde kutu kanalların yerleştirilmesiyle, su drenajı

sağlanabilir. Trafik yönüne dik şekilde yerleştirilmiş kutu kanallar (*Şekil 25*) ve taşma kanalları (*Şekil 26*)



ŞEKİL 25 – KUTU KANALLARIN YERLEŞTİRİLMESİ



ŞEKİL 26 – TAŞMA KANALLARIN YERLEŞTİRİLMESİ

## 2.2. DERZLİ DONATISIZ BETON KAPLAMA YAPIM TÜRÜ İÇİN (JPCP)

### 2.2.1. Çatlakların genişletilip doldurulması

Yüzeysel ve derin çatlaklar arasında ayırım yapmak önemlidir. Derin çatlaklar genellikle çatlak kenarlarında düşey plaka hareketine yol açarlar. Bu konuda çatlak alanından alınacak karotlar daha ayrıntılı bilgi sağlar. Yüzey çatlakları, sürekli gözlem altında herhangi bir onarım faaliyeti yapılmadan kalabilir. Derin çatlaklar ise genellikle genişletilip doldurulmalıdır.

Çatlakların işlenmesi, genişliklerine ve çatlak genişliğindeki değişikliklere bağlıdır.

Çatlak, çatlak kenarları hareket ettiğinde genişlemeye izin verecek şekilde kapatılmalıdır. Bu gibi durumlarda, kalıcı yenileme hedefleniyorsa, dübel montajı gereklidir.

Plak derinliğinin tamamına sirayet eden derin çatlaklar, derz dolgu malzemesi uygulanabilmesi için uygun cihazlar ile genişletilmelidir. Derin çatlaklar sıcak derz dolgu malzemesi ile doldurulmalıdır. Çatlak kenarındaki kırık kesimler, reaktif reçine harcı ile veya plastik katkı malzemeli çimento harcı ile tamir edilmelidir.

İşlem süresi boyunca çatlağa yeterli malzeme uygulanmalıdır. Çatlağın tam olarak doldurulmasını sağlamak için gereken miktar yapının sıcaklığına bağlıdır. Hava kabarcıklarının çatlaktan çıkışına dikkat edilmelidir.

Çatlaklar en azından 5 mm veya çatlak genişliğinin 15 katı kadar bir derinliğe kadar doldurulmalıdır (bu değerlerin daha küçük olanı geçerlidir). Çatlaklar, kapatılmadan önce derzlerle aynı şekilde işlenmelidir.

Yüzey çatlakları (kılcal çatlaklar, büzülme çatlakları ve 1 mm'ye kadar genişliğe sahip çatlaklar) öncelikle herhangi bir işlemin gerekli olup olmadığını (örneğin bir alkali-silika reaksiyonunun neden olduğu genleşme reaksiyonu hasarı gibi) belirlemek veya gözlemek için incelenmelidir.

Yaklaşık 1 mm genişliğe kadar olan çatlaklar düşük viskoziteli reaktif reçineyle doldurulabilir.

Dolum prosedürü sırasında çatlaklar basınç uygulanmadan serbest bir şekilde üstten doldurulur. Uygun dolgu malzemesiyle (düşük viskoziteli reçineler) doldurma işlemi, yüzeye yakın çatlakları doldurmak için kullanılabilir.

Çatlaklar doldurulmadan önce uygun yöntemlerle temizlenmeli ve doldurma işlemi sırasında kuru olmalıdır.

### 2.2.2. Kayma demiri ve ankraj çatlakları

Çatlak genişliğine, çatlağın yerine ve çatlak şablonuna bağlı olarak, plaklarda oluşan boyuna ve enine kayma demiri veya ankraj çatlakları için aşağıdaki önlemler dikkate alınmalıdır:

Kenetlenme etkisi, 2 mm den küçük çatlaklarda bile geçerlidir, enine yük aktarımına katkıda bulunur. Herhangi bir düşey plak hareketi görülmediği takdirde bir tamir işlemine ihtiyaç yoktur. Ancak, çatlak gelişimi gözlemlenmelidir. Her aşamada herhangi bir bakım faaliyetinin (örn. Çatlakların genişletilip sıcak dolgu malzemesi ile doldurulması), gerekli olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bakım veya onarım faaliyetleri çatlak genişliği 2 mm'yi aştığında gereklidir. İlk adım olarak plaklar arasındaki seviye farkı giderilmelidir.

Boyuna veya enine çatlaklardan 75 cm'den daha uzak bir mesafede olan boyuna veya enine derzler sıcak sızdırmaz bir malzeme ile genişletilmeli ve kapatılmalıdır. Çatlak 8 mm enine ve 25 mm derinliğe kadar genişletilmelidir.

Daha büyük çatlak genişlikleri, *şekil 27*'de ve *şekil 32*'de gösterildiği gibi kaplama parçalarının birleştirilmesini veya sabitlenmesini gerektirir. Çapraz bağlama ve bağlantı çubuklarıyla sabitleme adı verilen iki yöntem, retrospektif ankraj için özellikle önemlidir.

Yuvarlak profil çelik çubuklarla sabitleme işleminde, bu özel amaç için delinmesi gereken iki deliğe sokulacak olan yuvarlak çelik profillerin açılı uçlu olmasıyla ilave destek sağlanır.

Çapraz bağlantı çubukları kullanılarak yapılan çapraz ankrajlar aşağıdaki gibidir:

Enine çatlaklar: Plak başına 5 çapraz bağlantı çubuğu

Boyuna çatlaklar: Tekerlek izi bulunan alanda plak başına 5 çapraz bağlantı çubuğu, tekerlek izi olmayan alanda plak başına 3 çapraz bağlantı çubuğu

Boyuna veya enine bir derzden 75 cm'den daha az bir mesafede oluşan boyuna veya enine çatlaklar için uygun önlem, plağın bir parçasını (döşeme şeridini) kesip değiştirmektir. Bu aşamada temel tabakasına verilen hasar (eğer belliyse) onarılacaktır. Plak şeritlerinin plağın kalan kısmına bağlantıları, genişleme derzleri olarak uygulanacak ve örneğin, metre başına Ø 20 mm olan dört ankraj uygulanacaktır.

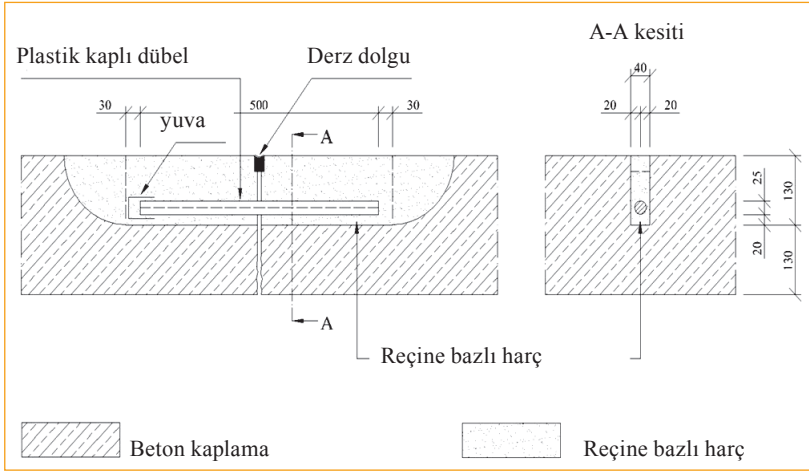
Enine derzlerde *Şekil 27*'ye göre kayma demiri uygulanacaktır.



ŞEKİL 27 –RETROSPEKTİF KAYMA DEMİRİ UYGULAMASI

Dallanmış çatlaklar, şerit boyunca çatlaklar veya bir levhada birkaç paralel çatlak olması durumunda, çapraz bağlantı çubuk çiftleri ile kılıf ve ankrajın uygun bir onarım önlemi olup olmadığına karar verilmesi gerekir.

Kayma demirleri, düz, yuvarlak çelikten yapılmış çubuklardır, örn. enine derzlere yerleştirilen  $d = 25$  mm ve  $l = 500$  mm ölçülerine sahip çubuklar. Yük aktarımını sağlamak ve komşu plakların aynı yükseklikte kalmasını sağlamak için kullanılırlar. Plakların serbest hareketine izin verirler ve *Şekil 28*'e göre yerleştirilmelidirler.



ŞEKİL 28 – RETROSPEKTİF OLARAK İNŞA EDİLMİŞ DÜBELE AİT KESİT GÖRÜNTÜSÜ

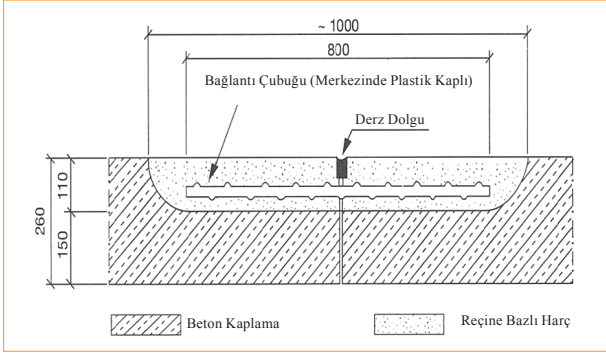
Enine genişleme derzlerinin işlevini yerine getirmek için gerekli olan derin enine çatlaklar, boyuna doğrultuda sabitlenmelidir.

Ankrajlar, profil, yuvarlak çelik çubuklardan yapılmış çubuklardır, örn. boyuna derzlere yerleştirilen  $d = 20$  mm ve  $l = 800$  mm çubuklar. Bu işlem ile bitişik plakların birbirinden ayrılmasının önlenmesi amaçlanır.

Derin boyuna çatlakların yanı sıra herhangi bir yük aktrarımı yapmasına gerek olmayan diğer çatlaklar da sabitlenmelidir.

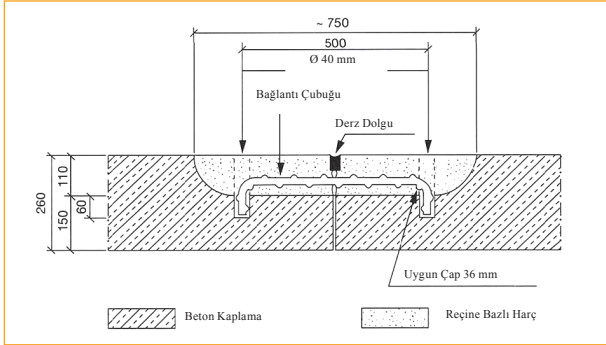
Retrospektif sabitleme için üç yöntem kullanılabilir ve bu yöntemler aşağıdaki şekillerde açıklanmaktadır.

- Şekil 29'da görüldüğü gibi profil, yuvarlak çelik çubuklar ile ankraj,  $d = 20$  mm ve  $l = 800$  mm.



ŞEKİL 29 – RETROSPEKTİF OLARAK İNŞA EDİLMİŞ ANKRAJA AİT KESİT GÖRÜNÜTÜSÜ

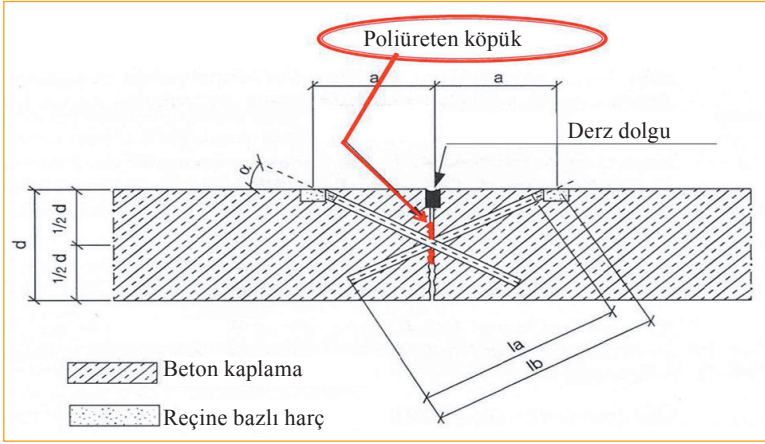
- Şekil 30'daki gibi profil, açılı uçlara sahip yuvarlak çelik çubuklar ile ankrajlama,  $d = 20$  mm ve  $l = 650$  mm,



ŞEKİL 30 – AÇILI UÇLU RETROSPEKTİF OLARAK İNŞA EDİLMİŞ ANKRAJA AİT KESİT GÖRÜNÜTÜSÜ



- Şekil 31, bir sonraki sayfada, görüldüğü gibi profil, yuvarlak çelik çubuklar ile ankraj,  $d = 20$  mm ve  $l = 450$  mm, 26 cm kaplama kalınlığı.



ŞEKİL 31 – RETROSPEKTİF OLARAK İNŞA EDİLMİŞ ÇAPRAZ ANKRAJA AİT KESİT GÖRÜNÜTÜSÜ

Şekil 32'de gösterildiği gibi retrospektif çapraz ankraj aşağıdaki gibi uygulanır: iki çapraz delik ( $d = 32$  mm) 50 cm'lik bir mesafede hazırlanır ve sıvı reaktif reçine harcı ile doldurulur ve ankraj çifti yerleştirilir.



ŞEKİL 32 – RETROSPEKTİF ÇAPRAZ ANKRAJ

Delikler  $27^\circ$  ila  $30^\circ$  arasında bir açıyla delinir. Ankraj uzunluğu ve delik derinliği, döşemenin kalınlığına bağlıdır.

### 2.2.3. Kırılmış köşelerin ve kenar hasarlarının onarımı

Derz bölgesinde su sızmasına neden olabilecek ve/veya trafik güvenliğini etkileyebilecek kenar hasarları ve kırılmış köşeler tamir edilmek zorundadır. Kenar hasarının ve kırılan köşelerin onarımı diğer onarım yöntemleriyle, örn. mümkünse derz dolgularının onarımı ile yapılmalıdır.

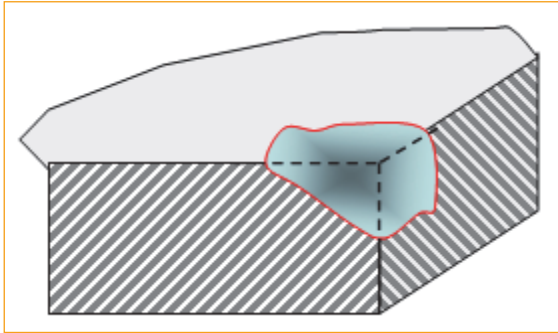
Bu tür onarım önlemleri sadece sıkıca desteklenen plaklarda gerçekleştirilebilir. Derzler her koşulda işlevsel kalmalıdır.

Bu tip onarımları etkili hale getirebilmek için, harç bileşimi optimize edilmeli ve reaktif reçine harcı ile beton tabanı (alt tabaka) arasında iyi bir bağlanma sağlamak için beton tabanı uygun bir şekilde hazırlanmalıdır.

Kenar hasarı, tüm beton kaplama derinliğinde nüfuz etmeyen parçaları içerir. Kenar hasarları mekanik hasar sonucu oluşabilir veya inşaat sırasında plağı erken kesmenin bir sonucu olarak oluşabilirler. Doğru zamanda kesim, kontrolsüz çatlak oluşumunu önlemek için önemlidir. Çatlama riski özellikle kaplama hızlı sıcaklık dalgalanmalarına maruz kaldığında, (örn. bir fırtına nedeniyle soğuma) artar. Bu gibi durumlarda, kontrolsüz çatlakların önlenmesi için derzlerin çok erken kesilmesi, kenarlarda küçük parçalar oluşması riskine rağmen tercih edilebilir. Çünkü 5 mm'ye kadar olan parçalar, derz boşluğunun oluşturulması sırasında ve derz kenarlarının pah kırılması sırasında temizlenebilir.

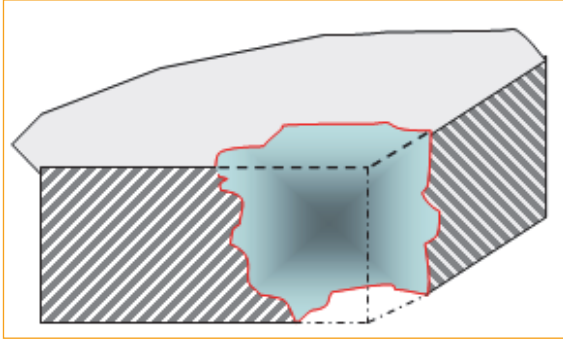
Portland Çimento harcı, kenar hasarının onarımı için kullanılmalıdır (mümkün olan en erken kullanım, betonun seriminden sonra 7 gündür). Farklı tabaka kalınlıkları için sınıflandırılmış agregalara sahip, uygunluğu test edilmiş harçlar kullanılmalıdır.

Yontulmuş köşeler (*şekil 33*) bir beton levhanın köşe alanındaki kenar sorunlarıdır ve aynı şekilde onarılmalıdır.



ŞEKİL 33 – YONTULMUŞ KÖŞE

Kırık köşeler (*bir sonraki sayfa şekil 34*), beton kaplamanın köşelerinde görülen bir hasar şeklidir. Genellikle, yüzeyde küçük parçalar içeren bir çatlak görülür. Kırık köşeler, düz veya çapraz şekilde ve tüm beton plak boyunca nüfuz eden çatlaklar şeklinde gözlenir. Çatlak ve mevcut derzler arasındaki alan çoğunlukla kopar.



ŞEKİL 34 – KIRILMIŞ KÖŞE

Küçük, kırılmış köşeler betonu yenileme yöntemi ile tamir edilebilir. Erken yüksek mukavemet kazanan beton ve çabuk sertleşen beton, 50 mm'den büyük kırılan köşeleri onarmak için kullanılabilir. Kullanılan malzeme tipi yolun trafiğe kapatılabileceği süreye bağlı olarak seçilebilir. Bununla birlikte, beton plağın etkilenen kısmının değiştirilmesi, köşelerde daha büyük kırılmalar olduğunda gerekli olmaktadır. Çünkü geçmiş tecrübeler, beton yenileme yöntemi ile onarımın başarılı uzun ömürlü bir çözüm olmadığını göstermiştir. Kaplam parçalarının değiştirilmesi için minimum boyutların sağlandığından emin olmak gerekir.

#### 2.2.4. Plakları kaldırma ve sabitleme

Plakları kaldırma ve sabitleme yöntemi, yol yüzeyinin ve büyük miktardaki kesimlerin erken bozulmasını önleyebilir. Farklı şeritler değişik yüklere maruz kaldığında, plakların bütün genişlik boyunca kalkması az görülen bir durumdur; ancak, ana şerit yüksek yüklere maruz kaldığında, sollama şeridi de etkilenebilir. Bu tarz durumlarda düşük kotta kalan kısmın yükseltilmesi uygun bir seçenek olabilir.

Çimento ile enjeksiyon harcı, plakları kaldırmak ve sabitlemek için kullanılır. Bu harç, kendiliğinden akan ve çabuk priz alan bir karışım olmalıdır. Gerekliğinde, priz hızlandırıcı bir katkı da kullanılabilir. Uygulama esnasında kıvam sürekli kontrol edilmelidir. Sıkıştırma mukavemetini ayarlamak için, malzeme oranları ile ilgili değerlerde değişiklikler yapıldığında, su/çimento oranının deney sertifikalarına uygun bir şekilde ayarlanmasına dikkat edilmelidir. Kontrolsüz su ilavesine izin verilmez.

Harç, kontrollü basınç koşulları altında sondaj deliğine enjekte edilir. Enjeksiyon basıncı, plaklar sabitlendiğinde, plakların istem dışı kalkmasını önleyecek şekilde

seçilmelidir. Enjeksiyon basıncı otomatik olarak kontrol edilmelidir. Çalışmalar sadece 5 ° C ile 30 ° C arası hava ve harç sıcaklıklarında yapılabilir. Enjeksiyon sırasında, sıcaklıkların çok düşük olması durumunda, enjeksiyon harcının priz alma süresi çok uzun olacaktır. Sıcaklıkların çok yüksek olduğu yerlerde, plakların uzunlamasına genişlemesinin bir sonucu olarak sıkıştırma gerilmesi o kadar yüksektir ki, levhaları kaldırmak çok zor hale gelir. Yüksek gündüz sıcaklıkları olan aylarda, enjeksiyon çalışmaları gece yapılmalıdır.

Henüz, bağlı olmayan temel tabakalarını kaldırmak ve sabitlemek ile ilgili yeterli deneyim yoktur. Bağlı olmayan temel tabakalar, nadiren enine derzlerin yakınında “pompalamaya” maruz kalacaktır. Bu durum, derz bölgesinde nadiren yerleşmelere neden olabilir. Bu nedenle, plakların kaldırılıp sabitlenmesi sadece istisnai durumlarda gereklidir.

Çimentolu bağlayıcılar ve geosentetik ara tabaka kullanılarak, temel tabakalar üzerindeki plakları kaldırırken ve sabitlerken, tecrübeler bu işlemin sorunsuz bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Geosentetik malzeme, herhangi bir malzemenin enine derzlerden sızarak çıkmasını yani “pompalama”yı engellediği için, yeni serilmiş plakların sabitlenmesi nadiren gereklidir. Sadece sehim, genellikle taban zemini ile ilgili faktörlerden kaynaklanan bir sorun olup, önemli bir ölçekte meydana geldiğinde, beton tabakanın düzgünlüğü, sehimli plakların kaldırılmasıyla iyileştirilebilir.

Altan doldurmadan önce, plaklar temel tabakasından, sıkıştırılmış hava kullanılarak ayrılmalıdır. Ancak bu şekilde, levhalar tamamen alttan dolu hale getirilebilir. Döşemenin kaldırılması işleminin yanlış yapılması, plakların tahrip edilmesini hızlandırabilir. Bu durum örneğin, sadece malzeme enjeksiyon basıncını kullanarak levhaları kaldırmak için yapılan bir işlemde yaşanabilir. Bu, döşemenin eksik bir şekilde alttan doldurulmasına neden olabilir. Bu durumda matkap deliğinin altında malzeme konileri oluşacaktır. Bu koniler arasındaki boşluklar delikler arasında oluşan çatlaklara ve sonuç olarak plakların tahrip olmasına neden olur.

Uygulama kalitesini kontrol etmek için, enjekte edilen materyalin bitişik delme deliklerinden dışarı çıktığının gözlenmesi gereklidir.

Enjeksiyon harcı eşit olarak dağıtıldığından ve kaldırılmış levhanın tüm alanı boyunca desteklendiğinden emin olmak için, 3 ila 4 ton arasında servis ağırlığına sahip olan bir vibrasyonlu silindir, levhaların altına doldurulmasından sonra doğrudan kullanılmalıdır. Kaldırma işlemi için, plaklar alttan doldurmadan önce tabanlarından gevşetilmelidir (örneğin, basınçlı hava kullanılarak).

Kaldırma, kılıflar ve ankrajlar tarafından engellendiğinde, bunlar kesilmeli ve sonradan yenilenmelidir.

Kaldırma işlemi sırasında levha hareketi sürekli kontrol edilmelidir. Kaldırma işlemi tamamlanmadan önce harç bitişik matkap deliklerinden sıkıldığında, bu delikler mandal ile dübellenmelidir.

Levhalar kaldırıldıktan sonra, az doldurulmuş plakların etrafındaki derz dolguları değiştirilmelidir.

Levhaların sabitlenmesi maksimum 0.5 MPa (5 bar) basınçta gerçekleştirilir.

Plak kaldırma yöntemi ile istenen uzun vadeli sonuçları elde etmek amacıyla, yolu trafiğe açma süresi için doğru zaman gözlenmelidir. Bu, imalatçının belirttiği şekilde ve başlangıç testlerinin sonuçlarıyla kanıtlandığı gibi, harcın priz alma süresi ile belirlenebilir. Hidrolik bağlayıcı enjeksiyon harcının priz almaya başlamasından sonra bir saatten az beklemek kaydıyla yol trafiğe açılabilir. Aynı zamanda enjeksiyon harcının minimum sıkışma direncinin 2.0 N/mm<sup>2</sup> olması gereklidir. Prizin başlayıp başlamadığını kontrol etmek için düzenli aralıklarla bazı testler, örn. Girinti testleri, yapılmalıdır. Enjeksiyon harcı prizinin ne durumda olduğunu kontrol etmek için, ucunda yaklaşık 3 mm çapında bir çubuk (örn. bir kalem başlığı) bir cam plak üzerine yerleştirilen enjeksiyon harcına bastırılmalıdır (100 mm çapında ve 10 mm kalınlığında). Prizin başlangıcı, girinti testi sırasında, kenardan girinti noktasına doğru radyal yönde çalışan bir çatlak oluşması ile karakterize edilir.

Genleşme reçineleri veya kompakt silikat reçineleri kullanıldığında, yolun trafiğe açılması için gereken süre üreticinin belirlediği spesifikasyonlara göre belirlenir. Bu, ürün veri sayfası yoluyla kolayca bulunabilir. Kompakt silikat reçineleri normal olarak yolların, uygulamanın tamamlanmasından hemen sonra trafiğe açılabileceği şekilde formüle edilir.

Yaygın olarak kullanılan enjeksiyon harçlarına (hidrolik bağlayıcılar gibi) ek olarak, silikat reçineleri ve genleşme reçineleri (köpükler) de kullanılabilir.

Silikat reçinesi kolayca kontrol edilebilir akış özelliklerine sahiptir, köpürmez. Bu nedenle levhalar daha sonraki bir aşamada yukarı kalkmaz. Silikat reçinesi katı hale geçerken sertleşir ve iyi elastik özelliklere sahiptir. Enjeksiyondan hemen sonra sertleşir, bu da yükün enjeksiyondan sadece kısa bir süre sonra üzerine yerleştirilebileceği anlamına gelir. Zemin, doymuş hale geldiğinde, reçine hem nemli levhalara hem de yüzeyde kirlenmiş levhalara yapışacağı için, uygulama sorunsuz yapılabilir. Malzemenin uzun vadeli kararlılığı iyidir, suya dayanıklıdır.

Ekonomik nedenlerden ötürü, bu malzeme daha önce genellikle küçük çaplarda kullanılmıştır.

Enjeksiyondan sonra, genleşme reçineleri, genellikle plastik özelliğe sahip olan, açık hücreli bir köpük oluşturacaktır. Su ile birleştirildiğinde kontrollü köpüklenme konusu, kullanımdan önce daha fazla araştırılmalıdır. Bu tür reçinelerin kullanılması, kompakt silikat reçinelerinin kullanımından daha ekonomiktir, fakat hidrolik enjeksiyon harcı kullanımı kadar ekonomik değildir. Trafik yükü altında ve suya doygunlukla birlikte uzun dönem başarısı henüz kanıtlanmamıştır. Bu nedenle, uygulama şu anda sadece sınırlı bir hizmet ömrüne sahip olan projelerin bir parçası olarak gerçekleştirilmelidir.

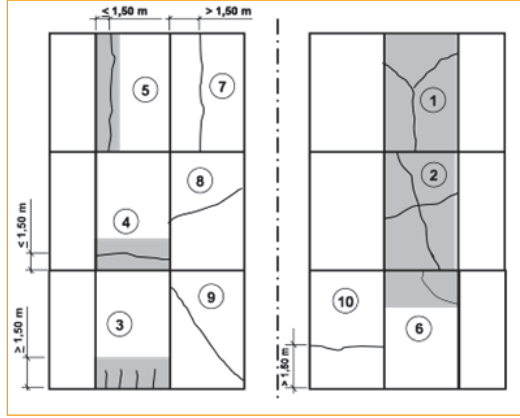
### 2.2.5. Plakanın tamamının veya bazı bölümlerinin yenilenmesi

Çatlama nedeniyle hasar görmüş olan, kırılmış köşelere sahip olan veya ondülasyon oluşumuyla sonuçlanan yeterince büyük düşey plak hareketleri bulunan kaplamalar, kısmen veya tamamen tam derinlikle değiştirilmelidir. Tek tek levhaların ve levha kesitlerinin uzun dönemli yenilenmesi (minimum boyutlar uzunluk ve çaprazlamasına 1.50 m), mevcut beton plakla aynı kalınlıktaki beton tabaka ile yapılmalıdır (*Şekil 35*).



ŞEKİL 35 – PLAĞIN BİR KISMININ ANKRAJ YAPILARAK YENİLENMESİ

Tüm plağın değiştirilmesi seçeneği, çatlak şekli (1 ve 2) (*şekil 36, bir sonraki sayfa*) durumunda ve çoklu çatlaklar, daha büyük düşey plaka hareketleri ile plakların veya plak bileşenlerinin sehim etmesi durumunda değerlendirilmelidirler. Bununla birlikte, 3 ila 6 numaralı çatlak şekilleri gözlemlendiğinde, sadece plakların belli bölümlerinin değiştirilmesi gerekir. Bu plaklar veya plak bölümleri, ankrajlar kullanılarak komşu plaklara bağlanmalıdır (*şekil 35*). Çatlak şekilleri 7'den 10'a kadar olan durumlarda, düşey levha hareketleri veya sehimler belirgin olmadıkça, plağın tamamının veya belli plak bölümlerinin değiştirilmesi gerekli olmayacaktır. Bu durumda, çatlakların *Bölüm 2.2.2*'ye göre komşu bölgelerindeki ankrajlama işlemi yapılmalıdır.



ŞEKİL 36 – ÇATLAK ŞEKİLLERİ

Değiştirilecek plaklar ve plak bölümleri, bitişik beton plaklarla aynı kalınlığa sahip olmalıdır. Değiştirilecek plak bölümlerinin kenarları, bir plağın tüm uzunluğu veya genişliği boyunca boyuna veya enine paralel olarak hizalanmalıdır. Şerit genişliği en az 1.50 m olmalıdır (Şekil 37). Değiştirilen plakların enine büzülme derzleri, bitişik plakların derz ızgarasının bir parçasını oluşturacak şekilde birleşmelidirler.



ŞEKİL 37 – 1.50 M GENİŞLİKTEKİ BİR PLAK KISMININ YENİLENMESİ

Derzler arasındaki mesafeleri azaltarak veya yarıya indirerek, plak kalınlığını artırmadan trafik yükü arttırılabilir.

Değiştirilecek plakların veya plak bölümlerinin yüzey dokusu, bitişik plaklara benzer olmalıdır. Aşırı pürüzlendirme, örneğin kayma dayanımının arttırılması, gürültü seviyesinde değişikliklere neden olur ve bu nedenle sürüş konforu üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Yüzey dokusu genellikle bu amaç için özel olarak tasarlanmış bir fırça yardımıyla yapılır. Uygun bir yüzey dokusu fırçasının seçimi ve kullanılacak teknik dikkatle belirlenmelidir.

Mevcut ve yeni plaklar arasındaki yüzey dokularındaki farklılıklar bir hata olarak düşünülmemelidir.

Minimum derz boşluğunun beklendiği bir zamanda levhaların yerleştirilmesi tavsiye edilir.

Hızlı priz alan beton, plak bileşenlerinin hızlı onarımı için kullanılabilir ve sadece birkaç saat sonra trafiğe açılabilir. Değiştirilecek plaklar, bitişik plakların zarar görmeyeceği şekilde çıkarılmalıdır. Plaklar veya plak parçaları kenarları boyunca tam derinliklerine kadar kesilmeli ve ardından kaldırılmalıdır. Kılıflar ve ankrajlar kesilmelidir. Plak parçaları, ilk kesimlere ilave hafif eğimde ayırma kesimleri yapılarak daha kolay sökülebilir.

Taban tabakası için gerekli onarımlar, mevcut temel tabakası için olduğu gibi aynı inşaat yöntemleri kullanılarak yapılmalıdır.

Hidrolik olarak bağlanmış ana şerit çatladığında, beton tabakası ile hidrolik olarak bağlanmış taban hattı arasına geosentetik serilmelidir.

Çimento vb. bağlayıcı olmayan temel tabakalar, alt tabaka olarak kullanıldığında, sıkıştırılmalıdır.

Betonu sermeden önce, mevcut beton plaklara ve plak bölümlerine kılıflar ve ankrajlar yapılmalıdır.

Taze betonun enine oluklara ve bitişik beton yüzeyinin çatlaklarına nüfuz etmesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

Amaç mevcut tabaka ile dengeli bir şekilde birleştirme sağlamak olduğu için, çapraz kesimin yüzeyi, tabaka derinliğinin % 75'ine kadar bir kalınlığa kadar pürüzlendirilmelidir.

Hazır derzlerin kullanıldığı yerlerde, hazır derzler pah yapımından hemen sonra kurulabilirler. Kenarlara zarar vermemek için, hazır derzler takıldığında, betonun sıkışma mukavemeti, yolun trafiğe açılması için gerekli olan değerlerin en az % 70'ine ulaşmış olmalıdır. Bu şekilde, yol erken bir aşamada trafiğe açılabilir.

### **2.3. SÜREKLİ DONATILI BETON KAPLAMA YAPIM TÜRÜ İÇİN (CRCP)**

#### **2.3.1. Zımbalama olan alanların yenilenmesi**

Sürekli donatılı beton kaplamalarda oluşan hasar, genellikle donatının üzerindeki betonun zımbalamadan kaynaklı olarak yenilmesi veya kaplamanın parçalanması



ile ortaya çıkar. Bu hasarların nedenleri, uygulama hataları (zayıf gün sonu inşaat derzleri, beton finişerinin hatalı çalışması), en düşük kottaki beton tabakasının yetersiz bir şekilde sıkıştırılmış olması veya tasarım hatalarıdır (Bitümlü ara tabaka eksikliği, yetersiz drenaj, vb.). Onarım gerektiren alan genellikle birkaç metre ile sınırlıdır, ancak bazı durumlarda onlarca metre uzunluğunda olabilir. Teknik açıdan onarım aşağıdaki aşamaları içerir.

Öncelikle onarılması gereken alanların belirlenmesi ve işaretlenmesi gerekmektedir. Görsel inceleme ve ölçme, sökülme ve düzensiz çatlakların yoğun olduğu bölgeleri tespit etmeyi mümkün kılar. Bazı durumlarda, sınır bölgelerinin daha yoğun bir şekilde incelenmesi için karot alınması gerekebilir. Tamir edilecek alanın uzunluğu, yolun eksenine paralel olarak ölçüldüğünde, 1.50 m'den daha az olmamakla birlikte, genişliği ise minimum 1,50 m olmalıdır. Birden fazla şeritte hasar olması durumunda, çalışma ardışık aşamalarda gerçekleştirilmelidir. Onarımlar bir seferde bir şerit üzerinde gerçekleştirilir, böylece betonarme yapıdaki iç gerilmelerin kademeli olarak aktarılması sağlanır. Örneğin hız şeridini ilk önce tamir etmek ve sonra ağır trafik şeridini tamir etmek tavsiye edilir. Yolun üç trafik şeridine sahip olduğu durumlarda, bazen iki hız şeridini aynı anda ele almak mümkün olabilir.

### 2.3.1.1 Kesme işleminin yapılması

Onarılacak alan bir kez işaretlendiğinde (her zaman dikdörtgen olarak işaretlenmeli), beton bütün kalınlığı boyunca (donatı dahil) kesilir. Kesim işlemi yol yüzeyine dik olarak yapılır. Donatı pozisyonuna bağlı olarak 4 ila 7 cm arasında bir derinliğe sahip iki ek kesim işlemi, ilk 2 kesim işleminin en az 1 m ötesinde yapılır. Bu ikinci kesimler, hiçbir durumda boyuna donatıya zarar vermemelidir. Bu prosedür, mevcut donatının yıkım sırasında ortaya çıkarılmasını mümkün kılar ve yeni donatı, çelik tel kullanılarak mevcut donatıya bağlanabilir. Ancak, bu yöntem, bitümlü ara tabaka veya yol temelinin onarılması gerektiğinde uygulanamaz. Bu gibi durumlarda, donatılar, elmas bıçaklı bir matkap ile delik açıp kimyasal ankrajlama yapılarak değiştirilmelidir.

### 2.3.1.2 Yıkım

İşaretli bölge uygun bir yöntem kullanılarak yıkılır. Kaplamanın bitişik alanları zarar görmeyebilir. Mevcut boyuna donatının geri kazanılacağı yerlerde beton, donatıya zarar vermemeye özen göstererek pnömatik çekiçler kullanılarak sökülür (donatı bükülemeyebilir, vb). Tamir edilecek alanın kenarları etrafındaki beton, dikey olarak kesilir. Betonun sökülmesi sırasında zayıf bir şekilde sıkıştırılmış alanın öngörüldüğünden daha geniş olduğu ortaya çıkarsa, yeni bir kesim yapılacak ve beton yeni kesim alanına kadar kaldırılacaktır. Betonun sökülmesi sırasında bitümlü ara tabakanın veya tabanın zarar görmesi halinde

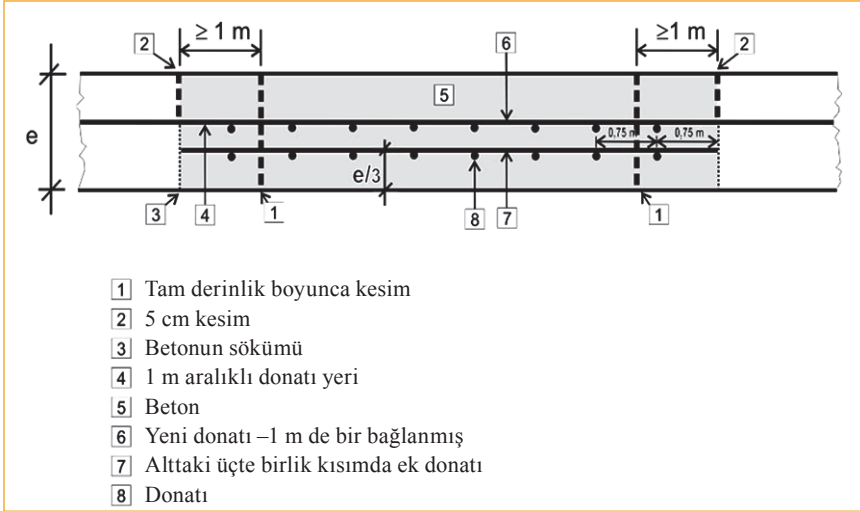
elbette bu tabakalar onarılmalıdır. Temel onarımları, en az 15 cm derinlikte sıkıştırılabilir beton ile yapılır. Tabanda oluşan küçük bir hasar (örneğin hafifçe aşınmış grobeton), temizlendikten sonra bitümlü harç dökülerek tamir edilebilir.

### 2.3.1.3 Donatı tamiri

Orijinal donatı, en az mevcut donatı ile aynı olan bir çapa sahip donatı ile onarılır. Mevcut donatı en az bir metre uzunluğunda kesilirse, yeni donatı bir metre mesafede en az 2 yerden çelik tel ile tutturulur. Mevcut donatı zarar görmüşse (ara kat ve/veya yol tabanının onarılması gereken durumlarda olduğu gibi), yeni donatı, elmas bıçaklı matkap ile açılan deliklere kimyasallar kullanarak ankrajlanmalıdır. Delikler, donatıdan en az 6 mm daha büyük bir çapa sahip olacak şekilde, yüzeye paralel olarak ve kaplama ekseninde 40 cm derinliğinde, mevcut boyuna donatıya yakın bir yerde açılırlar. Yeni donatıların bindirme boyu en az 75 cm olmalıdır. Bunlar en az 2 yerde çelik tel ile sabitlenmelidir. Yeni betonun eski betona bağlanmasını güçlendirmek için, kaplamanın alt taraftan üçte birlik kısmına yeni donatı yerleştirilerek boyuna donatı alanını ikiye katlamak tavsiye edilir. Donatı derinliğini korumak için, yol eksenine dik açılarla 12 mm çapta enine çubuklar sehpa üzerine yerleştirilir. Enine çelik çubuklar arasındaki mesafe ve enine çelik çubuklar ile beton kesimleri arasındaki maksimum mesafe 75 cm olmalıdır. Boyuna derzdeki ankraj çubukları 16 mm çapında ve 800 mm uzunluğunda olmalıdır. Gerektiğinde, mevcut enine ve boyuna donatıya zarar vermeyecek şekilde her 80 cm'de bir karot alınır. Ankrajlar, beton kaplama yüzeyine paralel olacak şekilde yerleştirilir. Bununla birlikte, ancak küçük onarımlar (2 m'den daha az bir uzunlukta), ankraj yapmadan tamamlanabilir.

### 2.3.1.4 Beton bileşimi

Onarımlarda hızlı priz alan beton kullanılır. Onarım, uzun kısımlar için yapılacaksa ( $> 6$  m), aşağıdaki sayfada şematik olarak gösterildiği gibi *şekil 38*, 2 farklı beton bileşimi kullanılarak iki ayrı aşamada yapılacaktır. Hızlı priz alan betondan sadece 2.0 m uzunluğundaki uç parçalar üretilir. Öncelikle orta bölümde beton serilir. Bu bölüm yeni yapılan bir CRCP ile aynı şekilde inşa edilir. Boyuna donatı, onarımın tüm uzunluğu boyunca önceden değiştirilir. Son parçaların betonu, merkezi bölümün betonunun yerleştirilmesinden en az 3 gün sonra dökülür.



ŞEKİL 38 – ZİMBALAMA TAMİRİ

### 2.3.1.5 Tamir betonunun uygulanması

Betonun döşenmesinden önce yol tabanı ıslatılır. Onarım alanı sadece birkaç m<sup>2</sup> ise, beton bir çubuk vibratörü veya master vibratör kullanılarak sıkıştırılabilir. Bununla birlikte, alan büyükse, çift tablalı master vibratör gereklidir. Bunun yanı sıra, kenarlardaki beton, bir çubuk vibratör kullanılarak dikkatlice sıkıştırılmalıdır. Uzun kesimleri tamir ederken kayar kalıp finişer kullanılacaktır. Onarılan alanın profili, mevcut şeride dikkatle entegre edilmelidir. Hızlı priz alan betonunun sabahları dökülmesi gereklidir (ideal zaman genellikle 10:00 ile 11:00 arasındadır). Betonun çekme mukavemeti, onarımın tamamlanmasından sonra (yani, ortam sıcaklığı düşmeye başladığında), oluşan gerilmeleri absorbe edecek kadar yüksek olmalıdır. Sabah saatlerinde döküm yapılması halinde, hızlı priz alan betonun yeterli çekme mukavemetine ulaşabileceği birkaç saat süre olacaktır. 10 saatlik betonun basınç dayanımının en az 20 N/mm<sup>2</sup>'ye yaklaşması gerektiği tahmin edilmektedir.

### 2.3.1.6 Betonun yüzey bitirme işlemleri

Onarılan alan, etraftaki kaplamaya benzer bir yüzey dokusuna sahip olmalıdır. Beton, bir kür ürününün uygulanmasıyla hemen kurumaya karşı korunur ve betonda serbest kalan hidratasyon ısısını muhafaza ederek mekanik mukavemetin gelişmesini iyileştirmek için koruyucu bir tabaka ile kaplanır.

### **2.3.1.7 Tamir sırasında hava koşulları**

Onarımın sıcak havalarda yapılması gerekiyorsa, boyuna yönde gerilmeleri azaltmak için her iki tarafta bitişik betonların 50 m'ye kadar üzerine su püskürtülerek soğutulması tavsiye edilir. Diğer olasılıklar arasında, bir ıslak kum tabakasının aynı 50 m üzerinde yayılması veya bir yansıtıcı folyo (gümüşleşmiş bir tabakaya sahip polietilen) ile kaplanmasıdır.

### **2.3.1.8 Onarılan kaplamanın kullanıma açılması**

Onarılan kaplama, orijinal durumuna geri getirildikten sonra (boyuna bağlantıların sızdırmazlığı, temizlik vb.) ve betonun 100 cm<sup>2</sup> lik karotlarında minimum 40 N/mm<sup>2</sup>lik bir dayanıma veya 15 cm ölçülerinde küp numunelerde 5 N/mm<sup>2</sup> dayanıma ulaşılır ulaşılmaz kullanıma açılır.

## 1. BETON KAPLAMALARIN BAKIMI İLE İLGİLİ DEĞERLENDİRME SONUÇLARI

**Yazarlar:** Stefan Höller, Hennie Kotze

Beton yolların bakımı ile ilgili değerlendirme çalışması, 2009 – 2011 yılları arasında D.2 “*Yol Kaplamaları*” komitesine bağlı bir alt komite olan D2C “*Beton Yollar*” komitesi tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, ülkelere göre beton yol uzunluklarının ve en sık uygulanan bakım önlemlerinin tespit edilmesidir.

Öncelikle genel bir bakış elde etmek için, dünya çapında kaplamalı yol ağının toplam uzunluğu bulunmalıdır. Bu aşamada üç farklı yol kategorisi belirlenmiştir: ana yollar (otoyollar, eyaletler arası otoyollar vb.), ulusal yollar (federal yollar, kırsal yollar, vb.) ve diğer yollar (ilçe yolları, köy yolları). Ayrıca, beton yolların toplam uzunluğu ve kullanım oranı beton yol tipine göre ayrılarak tespit edilmiştir. Daha sonra, durum değerlendirmesi, onarım önlemleri ve bu tedbirlerin gerçekleştirildiği aralıklar belirlenmiştir. Son olarak, yeni yapımın ve onarımın, ekonomi ve zaman açısından mukayesesi yapılmıştır.

Bu noktalarla, bir anket hazırlanmış ve dünya çapında gönderilmiştir. Bu çalışmaya, Belçika, Almanya, Bulgaristan, Estonya, Yunanistan, Büyük Britanya, İrlanda, İtalya, Litvanya, Lüksemburg, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Rusya Federasyonu, İsveç, İspanya, Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Sırbistan ve Slovenya başta olmak üzere 35 ülke katılım sağlamıştır.

Kuzey Amerika’da, tüm Kuzey Amerika kıtasındaki ülkeleri kapsayacak şekilde Kanada, Meksika ve ABD katılım sağlamıştır. Güney Amerika’dan Arjantin, Brezilya, Şili ve El Salvador katıldı. Afrika’dan, Fas, Namibya ve Güney Afrika’dan geri bildirimler alındı. Asya kıtasından, Çin ve Güney Kore ankete katıldı. Son olarak, Avustralya’dan katılım sağlandı. Dünyadaki 207 ülkenin 35’i ile dünyadaki karasal alanının % 56’sı ankete katılım sağladı. Geri kalan ülkeleri hesaba katmak için, referans kitapçığı [1] - [4] ve iki internet sitesi [5], [6] ‘ya atıfta bulunulmuş ve ilgili veriler değerlendirilmiştir. Toplamda 26,6 milyon kilometre kaplamalı yolun bulunduğu ve bu yolların 2,1 milyon kilometresinin beton yol olduğu tespit edilmiştir.

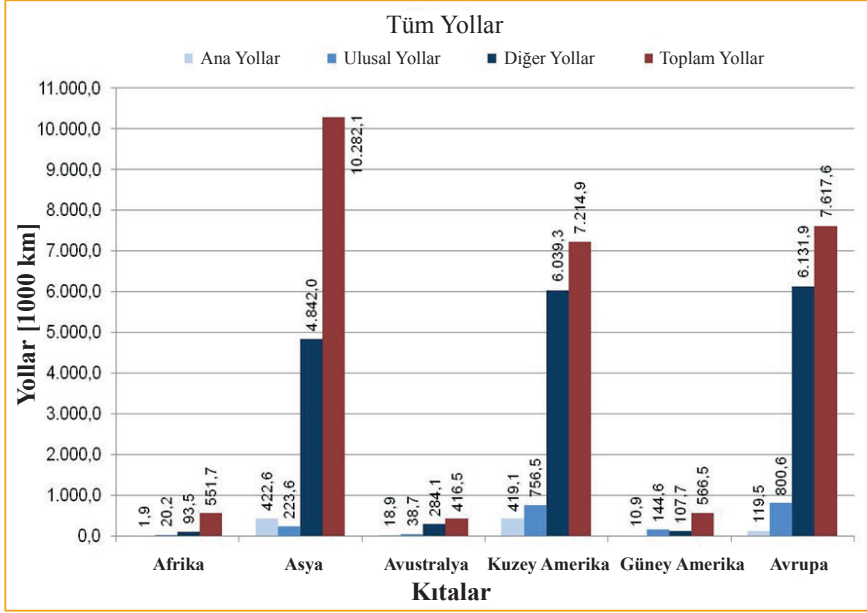
### Dünya ölçeğinde kaplamalı yollar

Toplam 26,6 milyon kilometre kaplamalı yolun, 10,3 milyon kilometresi Asya’da, 7,6 milyon kilometresi Avrupa’da ve 7,2 milyon kilometresi Kuzey Amerika’dadır. Buna ek olarak 0,6 milyon kilometresi Güney Amerika’da, 0,5 milyon kilometresi

Afrika'da ve 0,4 milyon kilometresi Avustralya'dadır. Ana yol ağı değerlendirildiğinde (otoyollar, eyaletlerarası otoyollar vb.), çoğunluk Avrupa, Asya ve Kuzey Amerika'da olup, sırasıyla uzunlukları 422,6 bin kilometre, 419,1 bin kilometre ve 119,5 bin kilometredir. Avustralya'da, Güney Amerika ve Afrika'da, göreceli olarak daha az ana yol ağı olup: sırasıyla 18,9 bin kilometre, 10,8 bin kilometre ve 1,9 bin kilometredir. *Tablo 1* üç farklı kategoride her bir kıta için yol ağını göstermekte olup, *Şekil 1, bir sonraki sayfa*, ilgili grafiği vermektedir. Bazı ülkeler için sadece toplam uzunluk bilinmekte ve kategorilere ait alt bilgi bulunmamaktadır. Bu sebeple, toplam uzunluk ve kategorilere ait uzunluklar arasında bazı uyumsuzluklar bulunmaktadır.

**TABLO 1 - DÜNYADA KAPLAMALI YOLLAR**

Kıta	Ülke sayısı		Ana Yollar	Ulusal Yollar	Diğer Yollar	Toplam Yol Ağı
			[1,000 km]	[1,000 km]	[1,000 km]	[1,000 km]
Afrika	53	Yol Toplamı: Tüm Ülkelerde	1,9	20,2	93,5	551,7
Asya	45	Yol Toplamı: Tüm Ülkelerde	422,6	223,6	4.842,0	10.282,1
Avustralya	18	Yol Toplamı: Tüm Ülkelerde	18,9	38,7	284,1	416,5
Kuzey Amerika	3	tamamlanan	419,1	756,5	6.039,3	7.214,9
Güney Amerika	38	Yol Toplamı: Tüm Ülkelerde	10,9	144,6	107,7	566,5
Avrupa	49	Yol Toplamı: Tüm Ülkelerde	119,5	800,6	6.131,9	7.617,6
<b>Σ</b>	<b>206</b>		<b>992,9</b>	<b>1.984,3</b>	<b>17.498,5</b>	<b>26.649,4</b>



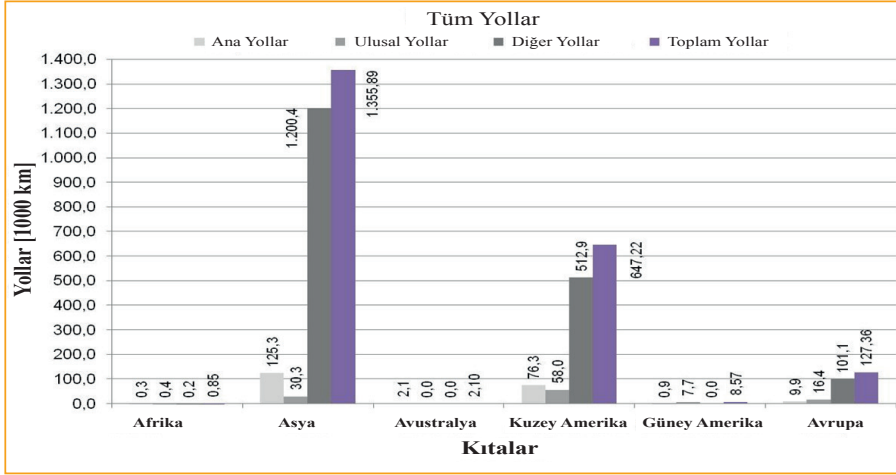
ŞEKİL 1 – DÜNYA ÇAPINDA KAPLAMALI YOLLAR

## Dünya Ölçeğinde Beton Yollar

Ankete katılan 35 ülkede, beton yollar toplam 2,1 milyon kilometre uzunluğundadır. Bu uzunluk, tüm kaplamalı yolların % 8,0'ini temsil eder. Beton yolların, 1,4 milyon kilometresi Asya'da, 0,6 milyon kilometresi Kuzey Amerika'da ve 127,4 bin kilometresi Avrupa'dadır. Güney Amerika, Avustralya ve Afrika kıtalarında, sırasıyla 8,6 bin kilometre, 2,1 bin kilometre ve 800 kilometre beton yol vardır. Sadece ana yol ağı düşünülürse, 125,3 bin kilometre uzunlukla Asya en çok beton yolu bulundurur. Bunu 76,8 bin kilometre ile Kuzey Amerika ve 9,9 bin kilometre ile Avrupa takip eder. Avustralya, Güney Amerika ve Afrika kıtalarında, sırasıyla 2,1 bin kilometre, 0,9 bin kilometre ve 800 kilometre uzunluklarında beton yol olup, ana yol ağına çok fazla beton yol yoktur. Kaplamalı yol ağındaki beton yolların yüzdesi % 13,2 ile Asya'da en yüksektir. Bunu Kuzey Amerika % 9,0 ile takip eder. Kalan tüm kıtalar düşük oranlarda (% 0,2 ila 1,7) beton yola sahiptir. *Tablo 2'de* bir sonraki sayfa, tek tek kıtalardaki beton yolların toplam uzunlukları ve bir sonraki sayfadaki *Şekil 2'de* ayrıntılı ve grafiksel olarak kategorize edilmiş uzunlukları bulabilirsiniz.

TABLO 2 – DÜNYA ÇAPINDA BETON YOLLAR

Kıta	Ülke sayısı		Ana yollar	Ulusal Yollar	Diğer Yollar	Toplam Yol Ağı	%
			[1,000 km]	[1,000 km]	[1,000 km]	[1,000 km]	
Afrika	3	Fas, Namibya	0,3	0,4	0,2	0,8	0,2
Asya	3	Çin, Kore Cumhuriyeti	125,3	30,3	1.200,4	1.355,9	13,2
Avustralya	1	Avustralya	2,1	0,0	0,0	2,1	0,5
Kuzey Amerika	3	Tamamı	76,3	58,0	512,9	647,2	9,0
Güney Amerika	4	Arjantin, Brezilya, Şili, El Salvador	0,9	7,7	0,0	8,6	1,5
Avrupa	21	...	9,9	16,4	101,1	127,4	1,7
Σ	35		214,7	112,8	1.814,4	2.142,0	8,0

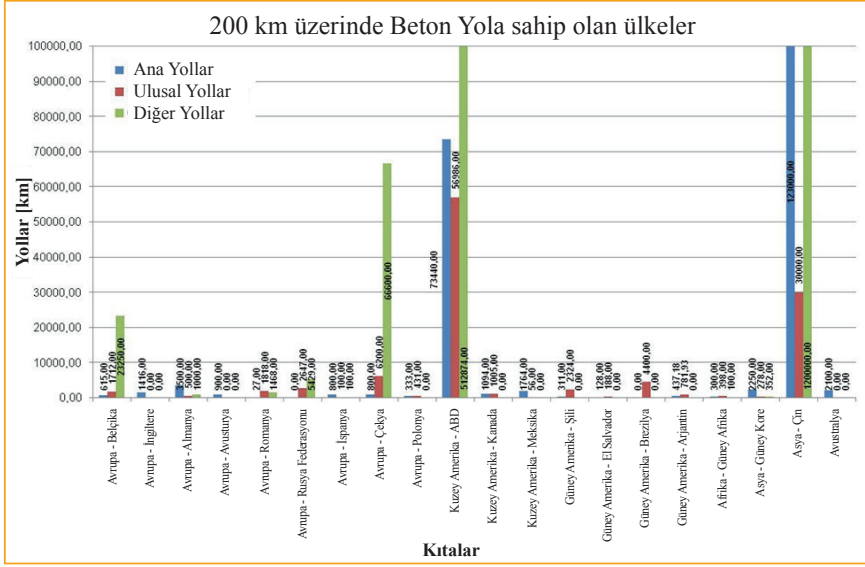


ŞEKİL 2 – DÜNYA ÖLÇEĞİNDE BETON YOLLAR

Beton yolların toplam uzunluğu 0 km'den 1,4 milyon kilometreye kadar değişmektedir. Daha detaylı çalışma için katılımcı ülkeler üç kategoriye ayrıldı; Hiç beton yol olmayanlar ve çok az olanlar (200 km'ye kadar) ve daha büyük ölçekli (> 200 kilometre) beton yollara sahip ülkeler. Bulgaristan, Estonya, İrlanda, İtalya, Lüksemburg ve Namibya'da beton yol yoktur. Yunanistan, Litvanya, Fas, Norveç, Portekiz, İsveç, Sırbistan, Slovenya ve Macaristan'da ise 200 kilometreden daha az beton yol bulunmaktadır. Kalan ülkeler, Arjantin, Avustralya, Belçika, Brezilya, Şili, Çin, Almanya, El Salvador, Büyük Britanya, Kanada, Meksika, Avusturya, Polonya, Romanya, Rusya Federasyonu, İspanya, Güney Afrika, Güney Kore, Çek Cumhuriyeti ve ABD daha büyük ölçekte beton yollara sahiptir ve daha fazla dikkate alınır.



Bunlar, *şekil 3*'teki beton yolların toplam uzunlukları ile grafiksel olarak gösterilmektedir. Beton Yolların büyük kısmı Çin, ABD, Çek Cumhuriyeti ve Belçika'da bulunur.



ŞEKİL 3 – 200 KM DEN FAZLA BEETON YOL BULUNAN ÜLKELER

Ankette, beton kaplamalar farklı türlere ayrılmıştır; “*derzli donatısız beton yol*”, “*derzli donatılı beton yol*”, “*sürekli donatılı beton yol*” ve “*sürekli donatılı beton temel*”. 20 ülkede derzli donatısız beton yollar kullanılmaktadır. 6 ülkede derzli donatılı beton yollar bulunmaktadır. 10 ülkede sürekli donatılı beton yollar ve 4 ülkede ise, sürekli donatılı beton temeller bulunmaktadır.

## Beton Yolların bakımı

17 ülke bir üstyapı yönetim sistemine (ÜYS) sahiptir. Hepsi bakım/onarım önlemlerinin düzensiz aralıklarla yapıldığını veya bakım/onarım aralıklarında veri olmadığını belirtmiştir. 16 ülkede, beton kaplamaların bakımı için kılavuzlar bulunmaktadır. Bu rehberler 2 ila 25 yıllık olup, ortalama 8 yıllıktır. Çoğu ülkede devlet yetkilileri tarafından ve bazı ülkelerde ise çimento/beton endüstrisi tarafından düzenlenmiştir.

Tüm ülkelerde ortak olarak derzlerin onarımı ve yenilenmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir. Çatlakların genişletilmesi ve doldurulması, neredeyse tüm ülkeler (19 ülke) tarafından yapılmaktadır. Kenar hasarlarının ve kırılan köşelerin onarımı 14 ülkede yapılmaktadır.

Yüzey hasarlarının onarımı değişik derecelerde uygulanır. Çoğu ülkede (14 ülke), elmas taşlama ile yüzey dokusu yenilenmesi uygulanmaktadır. Bu uygulamayı 9 ülkede elmas oluk açma işlemi takip etmekte ve 5 ülkede jet kumlama işlemi uygulanmaktadır. Reaktif reçine kaplamalar ve reaktif reçine harcı uygulamaları, sadece 6 ülkede kullanılır.

Buna ek olarak, derzlerin ve çatlakların sıkılması ve birleştirilmesi, plakların sabitlenmesi ve plakların kısmi veya tam olarak değiştirilmesi, 13 ila 17 ülkede uygulanmaktadır.

Plakların düşey olarak yeniden hizalanması ve tek şerit yenilenmesi, sırasıyla 10 ila 11 ülkede gerçekleştirilir. 10 kullanıcı ülkeden 6'sında sürekli donatılı kaplamada zımbalama tamiri gerçekleştirilmektedir. İnce beton kaplama " Beton takviye tabakası" işlemi tabana bağlanmış veya bağlanmamış olarak yapılabilir. 12 ülke bunu bağlı şekilde ve 6 ülke bağlanmamış şekilde gerçekleştirmektedir.

Yeni inşaat veya onarımın ekonomi ve zaman açısından sonuçlarını incelerken aşağıdaki veriler elde edildi: 4 ülke yapım işleri nedeniyle gecikme maliyetlerine dikkat çekiyor. Yapının tasarlanan hizmet ömrü sağlanamazsa, 14 ülkede bunun yükleniciler için bazı olumsuz sonuçları vardır. Aksine, 6 ülkede planlanan hizmet ömrü korunduğunda yükleniciye ikramiye ödenir.

## Kaynakça

- [1] Der Elsner – Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen, edition 1989
- [2] Der Elsner – Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen, Edition 1990
- [3] Der Elsner – Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen, edition 1995
- [4] Der Elsner – Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2004
- [5] Web Site: CIA The World Fact Book
- [6] Web Site: Welt auf einen Blick, Straßen: absolute Zahlen

**ÖZET**

Beton yollarda bakım/onarım konusu hakkındaki değerlendirme çalışmaları 2009-2011 yılları arasında PIARC tarafından gerçekleştirildi. Anket, dünya çapındaki tüm kaplamalı yolların 26,6 milyon kilometre uzunluğa sahip olduğunu ve bunun 2.1 milyon kilometresinin beton yol olduğunu gösterdi. Beton yolların çoğu Asya, Kuzey Amerika ve Avrupa kıtalarında yer almaktadır. 20 ülkede, daha geniş ölçekte (200 kilometreden fazla) beton yollar bulunmaktadır. En yaygın olarak, derzli donatısız beton kaplamalar ve derzli donatılı beton kaplamalar yapılmaktadır. Sürekli donatılı beton temeller daha az kullanılmaktadır.

Bakım/onarım faaliyetleri açısından, derz dolgularının onarımı ve küçük çaplı kenar hasarları ile köşe kırılmaları gibi onarım çalışmaları sıkça yapılmaktadır. Derz ve çatlakların ankrajlanarak onarılması ile plakların kısmi veya tam olarak değiştirilmesi gibi daha büyük önlemler, kullanıcı ülkelerin yarısından biraz daha fazlası tarafından gerçekleştirilmektedir. 14 ülkede sıkça kullanılan elmas taşlama ile yüzey dokulandırması haricinde yüzey hasarlarını onaracak önlemler yaygın olarak kullanılmamaktadır.

*“Yükleniciler, işçilikleri için uzun vadeli garantiler sağlayarak, yüksek kalitede bakım/onarım çalışmalarına nadiren katılırlar.”*

## 2. KALİFORNİYA – HIZLI DAYANIM KAZANAN BETON İLE BETON PLAKLARIN YENİLENMESİ

**Yazarlar:** B. Stein, B. Kramer, R. Ryan, T. Kumar Twining, Inc., Long Beach, Ca, ABD T. Pyle Kaliforniya Ulaşım Birimi, Sacramento, Kanada, ABD S. Shatnawi Shatec Mühendislik, El Dorado Hills, Kanada, ABD



Geçtiğimiz on yıl boyunca, hızlı dayanım kazanan beton (HSB), Kaliforniya’da inşaatı ciddi şekilde hızlandırması sebebiyle, otoyolların, şehir sokaklarının ve hava yollarının onarım çalışmalarında yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Gerekli dayanım kazanma oranı, HSB’nin ana kullanılma amacı olup, yolun planlanan süre içerisinde trafiğe açılabilmesi için gerekli olan minimum dayanım olarak tanımlanır. En yaygın kullanılan teknik rehberler, yolun trafiğe açılmasından önce, HSB’nin 2,8 MPa’lık (400 psi) minimum eğilme mukavemetine ulaşması gerektiğini belirtir. Yolun trafiğe kapalı kalabileceği süre kısa olduğunda, yükleniciler sık sık iki tip HSB’yi kullanırlar. Bu tiplerden ilki kalsiyum sülföalüminat hızlı sertleşen çimento olup (ASTM C1600) - 1 ila 2.5 saat arasında maksimum kürlenme süresine sahiptir. İkinci tip ise HSB Tip 3 yüksek erken dayanımlı Portland Çimentosu (ASTM C150) ve klorürsüz sertleşme hızlandırıcısı (kuru ağırlığa göre sertleşme hızlandırıcı ekleme oranı yaklaşık 2 % ila 3.5 % arasındadır) olup -maksimum 2,5 ila 4 saatlik kürlenme süresine sahiptir.

Aşağıdaki proje açıklaması, tek bir plağın tam derinlik boyunca değiştirilmesi sırasında gerçekleştirilen işin tipik kapsamını ve sırasını açıklamaktadır.



### Los Angeles şehrindeki, ABD, Devlet Yolu kısım 710 (otoban) beton kaplamasının yenilenmesi işi

Eylül 2005'ten Ekim 2006'ya kadar sürdürülen bu proje (Caltrans sözleşmesi 07-244704), beton kaplama plakların değiştirilmesi konusunu içeriyordu. Rehabilite edilecek çoğu bölüm, bir milden daha az uzunluğa sahipti, ancak bir şeritten daha fazlasını kapsıyordu. Caltrans tarafından, Yüklenici, *All American Asphalt*, firmasına plağı değiştirmek için yaklaşık altı saat süre verildi. Trafik etkisini ve banliyö rahatsızlıklarını en aza indirmek için sadece gece vakti çalışmaya izin verildi.

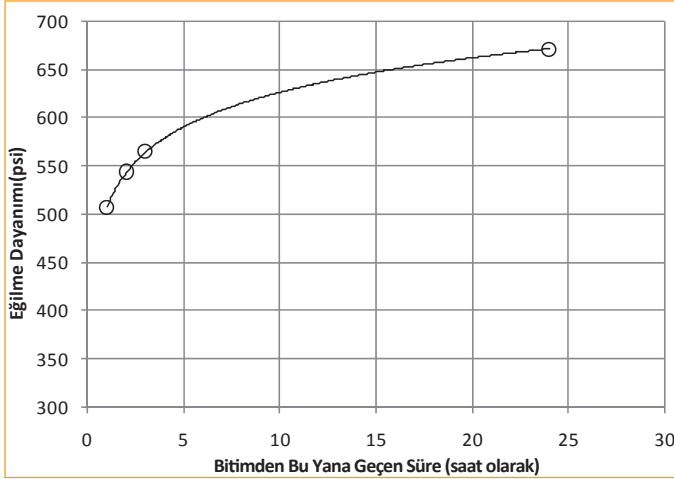
Trafiğe kapamalar sırasında (en az 6 saat) yüklenicinin ekibi tarafından gerçekleştirilen çalışma aşağıdakileri kapsamaktadır:

- Trafik kontrolü ve şeridin trafiğe kapatılması,
- Mevcut kaplamanın tam derinlik boyunca sökülmesi (ki bu metot tabanı veya komşu plakları etkilemez)
- Mevcut temel üzerine ara yüz ayırıcı tabaka uygulanması (esnek plastik malzeme),
- Mevcut beton kaplamadaki enine ve boyuna derzlerin köpük malzeme ile doldurulması,
- Gerekli ise yük transferini sağlayacak cihazların kurulması,
- Yerleştirme, masterlama, el ile bitirme işlemleri ve HSB'nin yüzey pürüzlendirmesi,
- Kür malzemesinin hazırlanması,
- Yolun trafiğe açılması için gereken eğilme mukavemetine ulaşması için kürleme yapılması (Not: sınırlama süresi, son HSB yükünün yerleştirilmesinden bu yana geçen süredir),
- Gerekliğinde büzülme derzlerinin kesilmesi
- Yolun trafiğe açılmasından önce eğilme dayanımı için saha deneylerinin yapılması
- Yolun trafiğe açılması.

- HSB, yaklaşık 1,5 saatte 400 psi'lik bir eğilme dayanımı elde etmek için tasarlanmıştır. 7 gün içinde 600 psi mukavemete ulaşması hedeflenir. Üretim karışımı aşağıdaki gibi tasarlanmıştır:

- Hızlı priz alan çimento (CTS- çimento üreticisi) - 658 lb/yd<sup>3</sup> veya 390 kg/m<sup>3</sup>,
- Priz kontrol edici katkı, sitrik asit, (HSB nin işlenebilirlik süresini uzatmaya yardımcı olur),
- Su azaltıcı glenyum 3400 (BasF) (su ihtiyacını azaltmak, S/Ç oranını 0.43 te tutabilmek, ve HSB yi akışkan seviyeye yakın bir kıvamda tutabilmek için kullanılır)
- Silis agregası: yıkanmış beton, kum ve 1-inç (25 mm) maksimum boyutlu agregadan oluşur.

HSB, hacimsel ölçüm ve sürekli karıştırma ekipmanı (ayrıca mobil karıştırıcılar olarak da adlandırılır) kullanılarak yerinde üretilmiştir. HSB'nin karışım tasarımı çalışmaları, Caltrans'ın gereksinimlerine göre, mukavemet kazanım eğrisinin gelişimini kapsamaktadır. *Şekil 1*, 24 saat boyunca mukavemet kazanım verisini göstermektedir (bu tür çalışmalar ayrıca 7-gün ve 28-günlük testleri de içerir)



ŞEKİL 1: DENEME PLAKLARININ İNŞAASI SIRASINDA ELDE EDİLEN EĞİLİM DAYANIMLARI GELİŞTİRME VERİLERİ

Hızlı sertleşen çimentolu HSB, hacimsel ölçüm ve sürekli karıştırma ekipmanı kullanılarak çoğunlukla Kaliforniya'da üretilir. Bu yöntem ile karıştırma ve yerleştirme arasındaki süre azalır. Buna ek olarak, bu sayede priz kontrol edici katkı malzemesine olan ihtiyaç önemli ölçüde azalır ve erken yaşta işlenebilirlik ile mukavemet homojenliği artar. HSB üretiminin ve yerleştirmenin saatlik hızı, hacimsel karıştırıcıların kapasitesinin yanı sıra saha erişim koşullarına,

değiştirilecek plakların yerlerine, boyutlarına vb. bağlıdır. Ortalama saatlik hız 55 yd<sup>3</sup> (~ 27 ila 38 m<sup>3</sup>) dür. Öbür taraftan, Tip 3 Portland Çimentolu HSB transmikserler kullanılarak üretilir. Su azaltıcı ve hidratasyon kontrol edici katkılar harman ünitesinde karıştırılır. Sertleşmeyi hızlandırıcı katkılar ise sahada eklenir.

Kaplama tamiratı sırasında yol trafiğe açılmadan önce, fabrike kirişler eğilme dayanımı için Twininiç Inc. Şirketi tarafından tasarlanan mobil laboratuvarlarda test edilmiştir. Mobil laboratuvarlar, kamyon veya treylerlerde taşınabilen test ekipmanlarına (basınç ve eğilme dayanımı testi yapabilen), araca monte edilen küreleme ekipmanına, sıcaklık ölçen cihazlara ve betonun kıvam, priz alma, hava içeriği vb. özelliklerini test eden ekipmanlara sahip cihazlardır. Kirişler, üretim kısmı tamamlanır tamamlanmaz, termal olarak yalıtılmış kapalı sistemlerle taşınır. Bu taşıma esnasında, kirişler yenilenecek kaplamanın sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta kürenir.

**TABLO 1 – EĞİLME DAYANIMI VERİLERİNİN ANALİZİ, CT 07-244704**

TABLO 1 – EĞİLME DAYANIMI VERİLERİNİN ANALİZİ, CT 07-244704		
Analiz periyodunun süresi	Eylül 2005 - Ekim 2006	
Analiz edilen veri grubu sayısı	74	
Eğilme dayanımı @ ~ 1.5 saatte	Ortalama (MPa)	3.31
	Standart sapma (MPa)	0.358
Eğilme dayanımı @ 7 günlük	Ortalama (MPa)	5.04
	Standart sapma (MPa)	0.33
	Varyasyon katsayısı (%)	7
İlk beton sıcaklığı	Minimum (0°)	17 (Aralık ayında)
	Maksimum (0°)	32 (Temmuz ayında)
Ortam sıcaklığı	Minimum (0°)	9 (Ocak ayında)
	Maksimum (0°)	22 (Temmuz ayında)

İlgili projenin inşası boyunca imal edilen ve test edilen toplam 74 takım numunenin mukavemet verileri analiz edilmiştir. Her bir set, yolu trafiğe açılmasından önce test edilen üç kiriş ve saha dışı laboratuvarında 7 gün test edilen üç kirişten oluşuyordu. Beton numunesi alımı sırasında ortam ve beton sıcaklıkları kaydedilmiştir. Analizler *Tablo 1*'de özetlenmiştir. HSB'nin 7 gün içinde ulaşacağı eğilme mukavemeti daha öngörülebilir gibi görünmektedir ve saha verileri çoğu zaman oldukça tutarlıdır. Erken yaş dayanımının standart sapması büyük ölçüde testin yapıldığı zamana bağlıdır.

### EDİNİLEN KAZANIMLAR

Konuyla ilgili edinilen deneyimler ve geçtiğimiz on yıl boyunca Kaliforniya’da yapılan diğer projelerden edinilen bilgiler, betonun mukavemet kazanımının hızlandırılmasının pratikte aşağıdaki yollarla gerçekleştirilebileceğini göstermektedir:

- Hızlı dayanım kazanan çimento kullanarak,
- Kimyasal hızlandırıcılar kullanarak,
- S/Ç oranını düşürerek,
- Çimento harcı ile kaba taneli agreganın etkileşimini hızlandırarak (örneğin, kırmataş kullanarak),
- Betonun ilk sıcaklığını artırarak ve
- Kürlenme boyunca sıcaklığı artırarak yapılabilir.

HSB’nin tasarımında, yapım hızını arttıran bazı taze beton özellikleri dikkate alınmalıdır, bu özellikler aşağıdaki gibidir;

- Kıvam,
- Taze HSB’nin tasarım kıvamına ulaşması için gereken minimum süre,
- Belirlenen kıvamda segregasyona karşı direnç (*Şekil 2*),
- Yerleştirme, işlenebilirlik ve yapım kabiliyeti, ile
- Oturmanın tamamlanmasını müteakip yüzey bitirme işlemleri için uygunluk (*Şekil 3*).

HSB kullanarak yapılan kaplama, yenileme stratejilerinin merkezinde yer alır, ancak tek yöntem değildir. Kapsama yenilenmesinde en iyi kaliteyi elde etmek için:

- Yenileme stratejisi, temel tabakasının ve yerinde kalacak komşu kaplama plaklarının ön değerlendirmesini içermelidir.
- Gerekliğinde temel onarılmalı veya yenilenmelidir (genel olarak hızlı sertleşen grobeton kullanılarak yapılır).
- Yenileme amaçlı yapılan HSB kaplaması, hareket kısıtlamasını önlemek için izolasyon derzleri ile eski kaplamadan ayrılmalıdır.
- Yenileme amaçlı üretilen HSB panelleri, mevcut temelden ayrılmalıdır.
- Büzülme derzlerinin kesilme zamanı, HSB’nin priz alma ve mukavemet kazanmasına bağlıdır. Hızlı sertleşen çimentoya ile yapılan HSB plak, yerleştirildikten yaklaşık 50 - 60 dakika sonra kesilmelidir.
- HSB plak ile eski beton kaplama arasındaki yüzeyde gerilim oluşumunu en aza indirmek için yük aktarma cihazları yerleştirilmelidir.
- HSB üretim ve serme işlemleri, şantiye ve çevre koşulları, yolun toplam trafiğe kapanma süresi ve erken yaş çatlaklarının önlenmesi için yapılması gerekenler dikkate alınarak planlanmalıdır.
- HSB, işlenebilirlik, ortam ve saha koşulları dikkate alınarak tasarlanmalıdır.



### 3. GÜNEY AFRİKA-SCHOEMANN OTOYOLU CRCP TİPİNDEKİ BETON YOLUN HIZLI ERKEN DAYANIM KAZANAN BETON İLE YENİLENMESİ

**Yazarlar:** Hennie Kotze Br



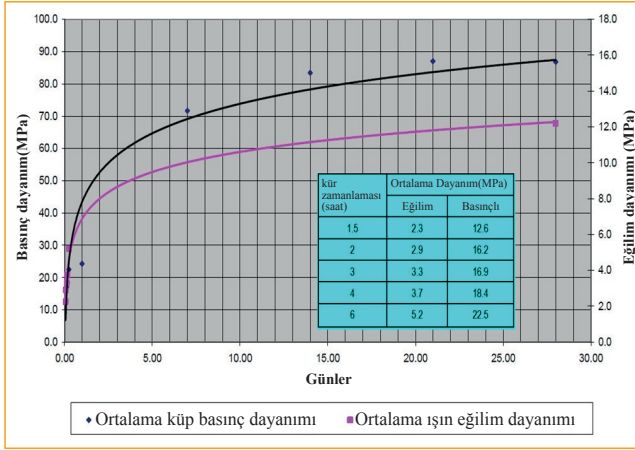
1986 / 88’de Ben Schoeman otoyolu sürekli donatılı beton kaplama (CRCP) olarak inşa edilmiştir. Otoyol, Johannesburg ve Pretoria’yı birbirine bağlayan ana koridor olup, ulusal ekonomi için büyük önem taşımaktadır. CRCP beton yol son 15 yılda çok iyi bir performans göstermiştir. Bununla birlikte, son birkaç yılda, kaplamada, derzler boyunca su girişine bağlı olarak meydana gelen zımbalama hasarlarının sayısı artmıştır. Otoyolun bir bölümünde 150.000 ile sınırlanan günlük ortalama trafiğe rağmen, hafta sonları bile otoyoldaki herhangi bir onarım faaliyeti, trafiği olumsuz şekilde etkilemektedir. CRCP tipindeki bir beton kaplamada yapılacak onarımlar, genellikle yolun daha uzun süre trafiğe kapatılması gerekliliği nedeniyle koşulları daha da kötü hale getirir. Bu durum, yol kullanıcı maliyetini en aza indirmek ve inşaat sırasında oluşan yüksek kaza riskini azaltmak için onarımların daha yenilikçi teknolojilerin kullanılarak yapılmasını gerektirmektedir.

#### Literatür incelemesi

Choeman otoyolundaki mevcut zımbalama hasarı daha hızlı ve daha dayanıklı olacak şekilde tamir edilmek zorundaydı. Aşırı trafik sıkışıklığından kaçınmak için, yenileme işleminin 21:00’dan itibaren gece vardiyasında yapılması gerekiyordu. Bu süre zarfında yenileme işleminin tamamlanabilmesi için tek çözüm, yüksek erken dayanımlı beton kullanımı olabilirdi. Bu yöntem, Güney Afrika’da daha önce hiç denenmemiş olmasına rağmen, yapılan literatür taraması, yöntemin daha önce Kuzey Amerika’da kullanıldığını ortaya koymuştur. Karışımın, yolun trafiğe açılmasından önce aşağıdaki gereksinimleri karşılaması gerektiği bulunmuştur: eğilme mukavemeti 2,1 MPa ve basınç mukavemeti ise 20 MPa olmalıdır. Aynı zamanda büzülme değeri düşük olmalıdır. Ayrıca tüm malzemeler Güney Afrika’da bulunabilmeli ve işlenebilirlik uygun seviyede olmalıdır. 7 adet karışım dizaynı çalışma için uygun bulunmuştur.

## Laboratuvar Testleri

Bu 7 karışım tasarımından hangisinin ihtiyaçları en iyi şekilde karşılandığını bulmak için laboratuvar testleri yapılmıştır. Onaylanmış karışım, belirlenen mukavemet, büzülme, dayanıklılık ve işlenebilirlik gereksinimlerini karşılamıştır. Karışım bileşenleri aşağıdaki gibidir; 507 kg/m<sup>3</sup> çimento (CEM I 42,5 R), 1263 kg/m<sup>3</sup> 19 mm boyutunda kaba agrega (dolomit) ve 630 kg/m<sup>3</sup> ince kum (silis kumu) kullanılmıştır. *Şekil 1*, eğilme ve basınç mukavemet değerlerini göstermektedir. İş kapsamındaki pek çok risk ve bilinmeyenden ötürü, yoldaki uygulama öncesinde, yüklenici kendi alanında bir deneme uygulaması yapmıştır.



ŞEKİL 1 – ELDE EDİLEN ORTALAMA BETON DAYANIMLARI

## Hazırlık aşaması

Onarım alanları belirlendikten sonra çelik donatının konumunu belirlemek için ilgili alan ferro tarayıcılarla tarandı. Bu durum, mevcut betondaki diğer donatıların zarar görmesini minimize etmek içindi. Zaman kısıtlamaları nedeniyle, betonun tam derinlikte kesilmesi ve yenilenmesi kararlaştırıldı. Aşağıda, inşaat aşamaları ve süreç sırasında yapılan gözlemlerin bir özeti verilmiştir:

- 1.5 x 1.2 m ebatlarında plakların kesilmesi. (Bunu yapabilmek için donatılı beton kaplamalar için özel tasarlanmış elmas bıçaklara ihtiyaç vardır.)
- Plakların sökülmesi. Plakları sökebilmek için 12 tonluk bir kamyonu monteli vinç kullanıldı ( $\pm 1$  ton). Bununla birlikte, kaldırma ekipmanı, beton, alttaki tabakaya yapışma eğilimi gösterdiği için 10 ton olarak sınırlandırılmalıdır.
- Enine ve boyuna gergi çubuklarının montajı. (Ayarlanabilir derinlik ayarlı, raylar üzerinde yatay olarak monte edilmiş 2,000 watt'lık bir döner çekiçli matkap kullanılarak yapıldı.) Bağlantı çubukları, epoksiyi karıştırmak için 1,250 watt'lık bir döner matkap kullanılarak yerleştirilmiştir.
- SCRPC kaplamadaki dağıtım çubuklarının pozisyonun, tamir edilen alanın enine çatlak aralığını belirlediği bulunmuştur. Örneğin, enine donatıların 1.2 m de bir yerleştirilmesi, çatlakların da 1.2m de bir oluşmasını tetiklemiştir.

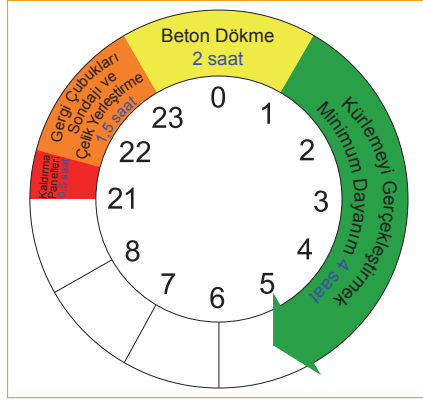
- Tüm dikey yüzeylerin kazınması.
- Tüm boyuna ve enine dağıtım çubuklarının takılması.
- Tüm dikey yüzlerin “Contec QSF” bağlayıcı konsantresi ile doldurulması.

### Betonun dökülmesi ve yerleştirilmesi

- Önceden karıştırılmış ve torbalanmış agrega, kum ve çimento bir pan mikserde karıştırıldı. Bu noktada, kontrollü alanda agrega ve bağlayıcıların önceden tartılması ve torbalanması ile kalite kontrol sağlanır.
- Yüksek frekanslı poker vibratörler ve yüksek frekanslı ağır hizmet tipi şap kirişi kullanarak betonu yerleştirildi. Karışımın iyi sıkıştırılmasını sağlamak için yüksek frekans şarttır.
- El malaları ve masterlar ile betonun yüzey bitirme işlemleri yapıldı. El malaları küçük genişlikler üzerinde kabul edilebilir bir yüzey bitirmesi sağlar. Büyük masterlar (bull floats) 2.5 m’den daha büyük genişlikte kullanılmalıdır. Karışımın işlenebilirliğinin 18°C’den daha düşük sıcaklıklarda çok iyi olduğu bulunmuştur. Agregalar, priz alma işlemini yavaşlatmak ve betonun yüzey bitirme işlemleri için yeterli zaman sağlamak amacıyla soğuk bir odada 18°C’nin altındaki sıcaklıkta saklanmalıdır. Bu sıcaklıkta, çalışma süresi yaklaşık 15 dakikadır. Bu, karıştırma davranışının çok kritik olduğu ve sürekli denetim gerektirdiği anlamına gelir.
- Yumuşak doku (mikro doku) ve makro doku ile yüzey dokusu oluşturuldu.
- Kürleme, reçine bazlı bir kürleme bileşiği ile yapıldı.
- Çok soğuk havalarda (gece), ısıyı korumak için yeni betona bir termal battaniye yerleştirildi.
- Bazı inşaat faaliyetleri *Şekil 2*’de gösterilmiştir. İnşaat sürecini tamamlamak için gereken zaman aralığı 21:00 ile 05:00 arasındaydı. Uygulamayı kısa sürede ve başarılı bir şekilde yapabilmek için iyi planlanmış bir inşaat programı zorunluydu. Bir önceki gece yapılan plak kesim işlemi hariç olacak şekilde, faaliyetlerin ortalama süresi *şekil 3*’te gösterildiği gibidir.
- Betonun karıştırılmasında ve yerleştirilmesinde uygulanan kalite kontrol işlemleri nedeniyle, test sonuçları genellikle iyi, tutarlı ve kabul edilebilir sınırlar içerisindeydi. Bugüne kadar yapılan tüm yamalar çok iyi performans göstermektedir. Yamaların hiçbiri, trafiğe açılma anında mukavemet eksikliğinden (lastik izi ya da sürtünme ile oluşan çatlaklar vb.) hasar görmemiştir. En eski yama yaklaşık bir yaşındadır.



ŞEKİL 2 – BETONUN DÖKÜLMESİ, YERLEŞTİRİLMESİ VE YÜZEY BİTİRME İŞLEMLERİ



ŞEKİL 3 – ZİMBALAMA TAMİRİNİN ZAMAN ÇİZELGESİ

### SONUÇLAR VE SONRASI

Güney Afrika, dünya çapında birçok yol yetkilisinin karşılaştığı sorunlara benzer sorunlarla karşı karşıyadır: otoyol kaplamalarının bakımı ve yenilenmesi. Bu yazıda, Güney Afrika'daki en yoğun otoyollardan birinde bir CRCP kaplamasındaki beton onarımı ile ilgili kazanılan deneyimler özetlenmektedir. Doğru teknoloji ile çok kısa sürede uygun beton dayanımının elde edilebileceği gösterildi. Ortalama olarak, en az 3,7 MPa'lık eğilme mukavemeti, yerleştirmeden sonraki dört saat içinde elde edilmiştir.

Örnek çalışma, tasarım ve inşaat aşamaları arasında iyi bir entegrasyonun önemini de göstermiştir. Tüm faaliyetlerin titiz bir şekilde planlanması ve müşteri, mühendis, yüklenici ve tedarikçiler arasındaki iyi ilişki, işin başarısına katkıda bulunan diğer kritik unsurlardır.

Bu çalışma, bir araştırma çalışması olmamasına rağmen, müşteri durum çalışmasına birçok yönden katkıda bulunmuştur. Bununla birlikte, Güney Afrika'da yaşanan kaplama ağı ile ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Acil dikkat gerektiren alanlardan biri, uzun ömürlü kaplama yenileme stratejileridir. Ayrıca çok yoğun otoyollarda şerit kiralama ile birlikte teşvik ve ceza odaklı sözleşmelerin kullanılması konusunda da araştırma çalışmaları gerekmektedir. Mühendislerin karşılaştığı zorluklarla birlikte, yükleniciye, daha etkili ve verimli çalışarak yol kullanıcı maliyetini azaltmaya yönelik daha fazla mali teşvik verileceği öngörülmektedir. Tüm paydaşların aktif katılımları, bu tür zorlukların aşılmasında önemli bir paya sahiptir.