



TÜRKCİMENTO

**SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ
BETON (SSB) YOLLAR BAKIM
VE ONARIM REHBERİ**

TÜRKCİMENTO
2024

1. GİRİŞ	1
2. SSB ÜSTYAPI DEFORMASYON TİPLERİ	1
2.1. Yüzeysel Deformasyonlar	1
Agrega Cilalanması	2
Kil Topağı Oyukları	2
Soyulma ve Agregasökülmesi	3
Segregasyon	3
Sıkıştırma Kaynaklı Yırtılma	4
2.2. Çatlaklar	4
Köşe Çatlağı	4
Dayanıklılık Çatlağı	5
Doğrusal Çatlak Oluşumu (Enine, Boyuna, Çapraz)	5
Plak Bölünmesi	6
2.3. Yüzeysel Çatlaklar	6
Harita Şeklinde Çatlama	6
Büzülme Çatlakları	7
2.4. Derz Deformasyonları	7
Derz Köşe Parçalanması	7
Derz Boyunca Parçalanma	8
İnşaat Derzi Parçalanması	8
2.5. Şerit ve Kenar Deformasyonları	9
Şerit ve Kenar Kayması	9
Plak Kenar Sökülmesi	9
2.6. Diğer Deformasyonlar	10
Basınç Patlaması	10
Yama ve Yama Bozulmaları	10
Pompaj Etkisi	11
Faylanma	11
3. SSB ÜSTYAPI DEFORMASYONLARININ ŞİDDET SINIFLANDIRMASI	12
3.1. Yüzeysel Deformasyonlar	12
Agrega Cilalanması	12
Kil Topağı Oyukları	12
Soyulma ve Agregasökülmesi	13
Segregasyon	13
Sıkıştırma Kaynaklı Yırtılma	14
3.2. Çatlaklar	14
Köşe Çatlağı	14
Dayanıklılık Çatlağı	14
Doğrusal Çatlak Oluşumu (Enine, Boyuna, Çapraz)	15
Plak Bölünmesi	15

3.3. Yüzeysel Çatlaklar	16
Harita Şeklinde Çatlama	16
Büzülme Çatlakları	16
3.4. Derz Deformasyonları	17
Derz Köşe Parçalanması	17
Derz Boyunca Parçalanma	17
İnşaat Derzi Parçalanması	18
3.5. Şerit ve Kenar Deformasyonları	18
Şerit ve Kenar Kayması	18
Plak Kenar Sökülmesi	19
3.6. Diğer Deformasyonlar	19
Basınç Patlaması	19
Yama ve Yama Bozulmaları	19
Pompaj Etkisi	20
Faylanma	21
4. SSB ÜSTYAPILARIN BAKIMI VE ONARIMI	21
4.1. Bakım ve Onarım Stratejisinin Oluşturulması	22
4.2. Bakım Yöntemleri	22
Çatlak Dolgusu ve Yalıtımı	22
Yama Bakımı	25
Elmas Taşlama	25
Koruyucu Yüzey Kaplamaları	27
Ankrajlar	28
4.3. Onarım Yöntemleri	29
Yeniden Yapım	29
Geri Kazanım Metotları	29
5. SONUÇ	31
6. KAYNAKLAR	33
Ek-1: SSB Yol Deformasyon Tespiti ve Bakım Onarım Stratejileri Seçim Rehberi	35
Ek-2: SSB Üstyapı Deformasyonları Olası Oluşum Nedenleri	41

Hazırlayanlar:

Barişcan Akbelen, TÜRKÇİMENTO

Murat Can Yılmaz, TÜRKÇİMENTO

Prof. Dr. İ. Özgür Yaman

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

1. GİRİŞ

Yolların tasarımında kullanılan üstyapılar genel olarak rijit, esnek ve kompozit (yarı rijit) üstyapılar olarak üçe ayrılmaktadır. Esnek üstyapılarda bağlayıcı malzeme olarak petrolün damıtılması ile elde edilen bitüm kullanılmakta iken, rijit üstyapılarda bağlayıcı malzeme olarak çimento kullanılmaktadır. Kompozit üstyapılarda ise, esnek ve rijit üstyapı tabakaları tasarım kriterleri doğrultusunda birlikte kullanılmaktadır. Rijit yol üstyapıları (beton yollar), derzli donatısız beton yollar, derzli donatılı beton yollar, sürekli donatılı beton yollar ve silindirle sıkıştırılmış beton yollar olmak üzere genel olarak dört ana gruba ayrılmaktadır.

Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB), kaplamalarda kullanılan geleneksel titreşimli betonla benzer dayanım özellikleri gösteren ve onunla aynı temel bileşenlerden (iyi gradasyonlu agregalar, çimento ve su) oluşan, ancak farklı karışım oranlarına sahip bir kaplama malzemesidir. SSB kaplamalar yüksek eğilme, basınç ve kesme dayanımına sahip olabilecek şekilde tasarlanır. Bu sayede SSB kaplamalar, uzun servis ömrü boyunca ağır ve tekrarlayan yüklere örneğin; ağır sanayi, madencilik ve askeri uygulamalarda ortaya çıkan yüklere karşı daha yüksek dayanım ve direnç gösterebilmektedir.

SSB yol, özellikle kırsal yollar, şehir içi yollar, endüstriyel tesisler ve fabrikaların saha içi yollarında yoğun olarak tercih edilen bir yol yapım teknolojisidir. Dünyada ilk SSB yol uygulamasının ABD'de 1940 yılında yapıldığı bilinmekte olup günümüzde ABD, İspanya, Belçika ve Almanya gibi pek çok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde ise ilk SSB uygulamaları daha çok baraj projelerinde kullanılmıştır. Günümüzde yerel yönetimler ve özel sektör tarafından uzun ömrü ve maliyet avantajı nedeniyle yaygın olarak tercih edilen bir kaplama türü durumuna gelmiştir. 2024 yılı Ocak ayı sonu itibarıyla 57 şehrimizde yol üstyapı tipi olarak tercih edilmektedir.

Yapılan SSB yollar trafik yoğunluğu, artan dingil yükleri, planlanandan aşırı yüklenme, yanlış üstyapı seçimi ve tasarımı, çevre ve iklimsel faktörler, yapım hataları gibi sebeplerle bozulabilmektedir. SSB yollarda oluşan deformasyonların nedenlerinin başında iklimsel faktörler ve üstyapı taban zemininden kaynaklanan sorunlar yer almaktadır. Servis kabiliyetini kaybeden yolların yeniden inşa edilmesi ya da uygun bakım onarım yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. Yol üstyapıları bilindiği üzere 20 yılı aşkın süreler için tasarlanarak inşa edilen ve dolayısıyla yapım maliyetleri görece yüksek olan yapılardır. Bu nedenle, bozulan yollar için uygun zamanda doğru yöntemle bakım onarım önlemlerinin alınması yol üstyapısının planlanan servis ömrü boyunca hizmet sağlamaya devam edebilmesi ve mali kaynakların etkin kullanımı açısından büyük önem arz etmektedir.

Bu rehber, ülkemizin farklı bölgelerinde yapılan SSB yol üstyapılarının performanslarının düzenli takibiyle elde edilen gözlemler, uluslararası literatür çalışmaları ve farklı ülkelerdeki en iyi bakım-onarım uygulamaları göz önünde bulundurularak ülkemiz yol yapım sektörüne fayda sağlaması amacıyla hazırlanmıştır. Rehber kapsamında, SSB yol üstyapılarında oluşan deformasyon tipleri, deformasyonların olası nedenleri ve uygun bakım-onarım yöntemleri aktarılmaktadır.

2. SSB ÜSTYAPI DEFORMASYON TİPLERİ

SSB üstyapı deformasyon tiplerini altı ana deformasyon grubu altında sınıflandırmak mümkündür. Bunlar, yüzeysel deformasyonlar, çatlaklar, yüzeysel çatlaklar, derz deformasyonları, şerit-kenar deformasyonları ve diğer deformasyonlar olarak adlandırılabilir.

Bu kapsamda altı ana başlık altında SSB yol üstyapılarında karşılaşılan yirmi farklı deformasyon tipinin tanımları ve bu deformasyonlara ilişkin örnekler bu bölümde verilmektedir.

2.1. Yüzeysel Deformasyonlar

Genel olarak agrega cıllanması, kil topağı oyukları, soyulma ve agrega sökülmesi, segregasyon ve sıkıştırma kaynaklı yırtılma olmak üzere SSB üstyapılarda beş farklı yüzeysel deformasyon oluşumundan bahsedilebilir.

Agrega Cilalanması

Sürekli trafik yükü altında agreganın pürüzlülüğünü kaybetmesi sonucunda oluşan aşınmadır. Yol eğiminin yüksek olduğu SSB yol kesimlerinde bu aşınma daha sık gözlemlenmektedir.

Agrega cilalanmasının oluşum nedeni, tekrarlı trafik yükü olmakla birlikte cilalanmanın oluşum süresi agreganın aşınma direnci ile doğrudan ilişkilidir. Aşınma direnci yüksek agregalar mikro dokusu sayesinde cilalanmaya karşı daha yüksek direnç göstermektedir.



Şekil 2.1. Agreganın cilalanması

Kil Topağı Oyukları

Yüzeyden ayrılan zayıf kaplama parçalarının oluşturduğu oyuk şeklindeki deformasyonlardır. Oyukların çapı genellikle 25 ila 100 mm arasında olup derinliği ise 13 ila 50 mm arasında değişiklik göstermektedir.

Bu deformasyon genellikle atmosferik şartlara sürekli maruz kalan yol betonunda, beton bileşeni olarak kullanılan agreganın içerisinde su ile şişen kil mineralleri bulunması nedeniyle yaşanmaktadır.



Şekil 2.2. Kil topağı oyukları

Soyulma ve Agregas Sökülmesi

SSB'nin bağlayıcılık özelliğini kaybetmesi nedeniyle plak yüzeyinden yaklaşık 3-13 mm arasında oluşan aşınmadır.

Genellikle işlenebilirlik özelliğini kaybetmiş betonun imalatta kullanılması veya SSB plağın uygun kür koşullarında muhafaza edilmemesi nedeniyle oluşur. Ayrıca, fazla silindiraj işlemi ve taze SSB yüzeyinin yağmura maruz kalması da soyulma ve agregas sökülmesine neden olmaktadır.



Şekil 2.3. Soyulma ve agregas sökülmesi

Segregasyon

Segregasyon, SSB karışımının bazı bölgelerinde daha iri agregaların bazı bölgelerindeyse ince agregalar ve çimento hamurunun yoğunlaşmasıyla karışımın homojenliğinin bozulmasını ve ayrışmaların gözlemlenmesini ifade eder.

SSB tasarımı ve agregas gradasyonunun uygun olmadığı durumlarda (yetersiz ince malzeme içeriği, yetersiz çimento içeriği, uygun olmayan gradasyon vb.) oluşmakla birlikte SSB'nin santralden kamyonlara yüklenmesi, sericilere boşaltılması, serilmesi ve sıkıştırılması gibi imalat aşamalarında da segregasyon meydana gelmektedir. Segregasyon SSB yol üstyapılarında bölgesel olarak veya şerit halinde oluşabilmektedir.



Şekil 2.4. Segregasyon

Sıkıştırma kaynaklı yırtılma

İmalat doğrultusuna dik plak yüzeyinde paralel yırtılma şeklinde deformasyonların oluşmasıdır.

Bu deformasyon serme hızının yavaş olması, sıkıştırma işleminin tutarlı hızda yapılmaması, demir bandajlı silindir tamburunun uygun olmaması gibi imalat ve ekipman kaynaklı nedenlerle sıkıştırma işleminden sonra oluşmaktadır. Ayrıca, SSB karışımının kuru olması, ince malzemenin uygun olmaması gibi karışımla ilgili nedenlerden dolayı da oluşabilmektedir.



Şekil 2.5. Sıkıştırma Kaynaklı Yırtılma (Harrington ve diğerleri, 2010)

2.2. Çatlaklar

Köşe çatlağı, dayanıklılık (D) çatlağı, büzülme kaynaklı doğrusal çatlak oluşumu ve plak bölünmesi olmak üzere SSB üstyapılarda dört farklı çatlak deformasyon oluşumu değerlendirilmektedir.

Köşe Çatlağı

Köşe çatlakları, plak doğrultusunu yaklaşık 45 derecelik açıyla keserek, plak köşesinden oluşan çatlaklardır.

Köşe çatlağı gelişimi, genellikle zayıf temel desteği ve/veya zayıf kenar desteğine sahip plak köşelerindeki tekrarlı tekerlek yükü etkisi nedeniyle oluşmaktadır.

Köşe çatlağı olası oluşum nedenleri;

- Zayıf enine derz yük aktarımı (çalışmayan etkisiz veya eksik enine derzler).
- Zayıf kenar desteği veya kenar desteğinin olmaması.
- Pompaj etkisi, erozyon veya diğer mekanizmalar nedeniyle temel desteğinin kaybı.
- İlk yapım sırasında temel veya üstyapı tabanında üniform olmayan temel desteği.
- Üstyapı taban zeminlerinin hacim değişimi (büzülme, şişme ve don kabarması).
- Plağın üstü ve plağın tabanı arasında oluşan büzülme farklılığı, plağın üstü ve tabanı arasında kalıcı şekil değiştirmelere yol açarak plağın kıvrılmasına ya da burulmasına neden olur. Bu hareketler sonucunda plak köşelerinde oluşan gerilmeler karşılanmadığından köşe çatlağı oluşumu görülmektedir.



Şekil 2.6. Köşe çatlağı

Dayanıklılık Çatlağı

Dayanıklılık (D) çatlağı, iri agreganın donma-çözülme etkisi altında yapmış olduğu genleşme hareketiyle oluşan çatlak tipidir. Bu deformasyon genellikle bir derz veya çatlağın yakınında derz ve çatlaklara paralel uzanan bir çatlak olarak ortaya çıkar.

Dayanıklılık çatlağının önlenmesi için tedbirler alınabilmektedir. Bu tedbirlerden biri donma-çözülme döngüleri sırasında plağın genleşmesine ve büzülmesine izin vermek için hava sürükleyiciler kullanılmasıdır. Bununla birlikte, donma-çözülme döngülerinde daha iyi performans gösteren agregaların seçilmesi veya agregaların tane boyutunun düşürülmesi gibi tedbirler alınabilmektedir.

D çatlama, yeterli miktarda ve boyutta D çatlama duyarlı agregalar içermesi, betonun yeterli kür koşullarının sağlanmaması ve ayrıca betonun tekrarlanan donma ve çözülme döngülerine maruz kaldığı durumlarda meydana gelmektedir.



Şekil 2.7. Dayanıklılık Çatlağı (ACPA, 2014)

Doğrusal Çatlak Oluşumu (Enine, Boyuna, Çapraz)

Doğrusal çatlaklar, SSB plağı iki veya üç parçaya bölen ve genellikle yoğun trafik yükleri, termal burulma ve kıvrılma gibi etkenlerin birinden veya kombinasyonundan kaynaklanan deformasyon tipidir. Dört veya daha fazla parçaya bölünmüş plaklar bölünmüş plak olarak sayılmaktadır. Öte yandan sadece birkaç metre uzunluğundaki ve tüm plak derinliğince uzanmayan ince çizgisel çatlaklar, rötne çatlakları olarak sayılır.

Beton plaklar doğası gereği zamanla büzülme eğilimindedir ancak hareketlerinin kısıtlanmasından dolayı büzülemediklerinde çatlaklar oluşur. Doğrusal çatlakların kontrol altına alınması ve plak hareketinin sağlanması için kontrollü derzler oluşturulur. Doğrusal çatlak oluşumu kontrollü oluşturulan derzlerle ve bu derzlerin özellikleri ile de doğrudan ilişkilidir.

Kontrollü derzlerin, kesimine geç kalınması, yanlış doğrultuda ve boyutta oluşturulması doğrusal çatlak oluşumu nedenleri arasındadır. Ayrıca doğrusal çatlaklar, yetersiz plak kalınlığı, üniform olmayan kenar ve temel desteği ile trafik yüküne bağlı nedenlerden de oluşabilir.



Şekil 2.8. Doğrusal çatlak oluşumu

Plak Bölünmesi

Beton plağın çatlaklarla dört veya daha fazla parçaya bölüdüğü deformasyon tipidir.

Plak bölünmesi, yetersiz zemin taşıma gücü, plağın aşırı yüklenmesi veya yetersiz plak kalınlığı nedeniyle oluşmaktadır. Yüksek şiddetli plak bölünmesi, "Blok Çatlak" olarak da tanımlanmaktadır.



Şekil 2.9. Plak bölünmesi

2.3. Yüzeysel Çatlaklar

SSB üstyapıların yüzeyinde oluşan, harita şeklinde çatlama ve büzülme çatlakları deformasyonları bu bölümde değerlendirilmektedir.

Harita Şeklinde Çatlama

Beton plağın üst yüzeyinde yer alan sığ, ince yani kılcal çatlaklardan oluşan bir ağı ifade etmektedir. Bu tür çatlaklar 120 derecelik açılarla kesişme eğilimindedir. Plak yüzeyinden yaklaşık 6 ila 13 mm derinliğe kadar oluşmaktadır. Harita şeklinde çatlama bölgesel olabilir veya beton plağın tüm yüzeyinde meydana gelebilir. Plakta enine büyük çatlaklar varsa, harita şeklinde çatlama genellikle kaplamanın boyuna yönünde oluşur ve enine veya gelişigüzel çatlaklarla bağlantılıdır.

Harita şeklinde çatlama genellikle SSB'nin uygun kıvamda olmamasından, fazla silindiraj yapılmasından, geç veya yetersiz kürleme işlemlerinden kaynaklanır.



Şekil 2.10. Harita şeklinde çatlama

Büzülme Çatlakları

Büzülme çatlakları, rötre çatlakları olarak da bilinen uzunluğu genellikle 2 m'den daha kısa olan ve plak derinliğince uzanmayan, kılcak çatlaklardır. Genellikle betonun priz alması veya kürlenmesi sırasında oluşurlar.

Plak yüzeyinden hızlı su kaybı betonda büzülme çatlağının gelişmesine yol açabilir. Düşük su içeriği, imalat sırasında ve hemen sonrasında rüzgarlı hava koşulları ve doğrudan güneş ışığına maruz kalma gibi olumsuz hava koşulları altında uygun tedbirlerin alınmaması plak içerisinde hidratasyon için gerekli olan suyun yüzeyden hızlıca kaybına neden olmaktadır. Büzülme çatlaklarının oluşumunda sık rastlanan sebeplerden biri de etkin kür işleminin yapılamamasıdır. Bunun yanı sıra su çimento oranı yüksek tasarımlar veya fazla miktarda çimento içeren karışımlar, büzülme çatlaklarının gelişmesine daha açıktır.



Şekil 2.11. Büzülme çatlağı

2.4. Derz Deformasyonları

Derz köşe parçalanması, derz boyunca parçalanma ve İnşaat derzi parçalanması, olmak üzere SSB üstyapılarda kontrollü oluşturulan derzlerde meydana gelen üç farklı deformasyon oluşumu olarak ele alınabilir.

Derz Köşe Parçalanması

Derz köşe parçalanması, SSB plakta derzlerin kesiştiği noktadan yaklaşık 0,3-0,5 m uzaklıkta oluşan parçalanmadır.

Kontrollü derzlerin erken kesilmesi, plağın erken dönemde donma çözülme döngüsüne maruz kalması ve durabilite çatlamlarından dolayı derz köşe parçalanmaları oluşabilir. Ayrıca, yanlış derz yerleşimi ve yoğun trafik yükü derz köşe parçalanmalarının sebepleri arasındadır.



Şekil 2.12. Derz köşe parçalanması

Derz Boyunca Parçalanma

Kontrollü derzlerde veya derze yakın noktada plağın parçalanmasıdır. Derz boyunca parçalanma derzin tamamında oluşmayıp derzin belli bir kesiminde meydana gelebilir.

Genel oluşum nedenleri, yoğun trafik yükü ve iklimsel faktörler nedeniyle derzde aşırı gerilmeler oluşmasıdır. Ayrıca, derzde su birikmesi ve donma-çözünme etkisi de deformasyonun oluşumunda oldukça etkilidir.



Şekil 2.13. Derz boyunca parçalanma

İnşaat Derzi Parçalanması

İnşaat derzleri, SSB'nin farklı zamanlarda farklı parçalar haline imalatının yapılması durumunda, bu farklı kesimler arasında oluşan planlı derzlerdir. İnşaat derzi köşe ve kenarlarında agrega kopmaları ve parça sökülmesi şeklinde oluşan deformasyonlar inşaat derzi parçalanması şeklinde tanımlanabilir.

İnşaat derzleri imalat aşamasında en çok hata yapılan bölgelerdir. Bu bölgelerde imalata devam edilmeden önce SSB plak kalınlığı boyunca dik olarak kesilmelidir. Kesilen derz yüzeyinin temizlenmesi ve nemlendirilmesi işlemlerinden sonra serime devam edilmesi gerektiğine dikkat edilmelidir. Genellikle uygun olmayan inşaat derzi imatları nedeniyle bu kesimlerde deformasyon oluşumuna sık rastlanmaktadır. Bozulan inşaat derzlerinden su girişi olması ve donma çözülme etkisine maruz kalması durumunda inşaat derzlerinde kırılma ve parçalanmalar oluşmaktadır.



Şekil 2.14. İnşaat derzi parçalanması

2.5. Şerit ve Kenar Deformasyonları

Şerit ve kenar kayması ve plak kenar sökülmesi olmak üzere, SSB üstyapılarda plak kenar bölgesinde oluşan iki farklı deformasyon oluşumu değerlendirilebilir.

Şerit ve Kenar Kayması

Kaplama kenarında ayrılma veya kayma nedeniyle oluşan, plak kenarına yakın çatlaklardır.

Bu deformasyon şev stabilite problemi, yol yapımı öncesinde banket seviyesinin doğru ayarlanmaması ve inşaat sırasındaki yetersiz sıkıştırma, banket erozyonu veya banket oturması gibi nedenlerden oluşmaktadır.



Şekil 2.15. Şerit ve kenar kayması

Plak Kenar Sökülmesi

Plak kenar sökülmesi, kenar desteği olmayan SSB yol uygulamalarında, SSB plak yan kısımlarında yer alan malzemenin yeteri kadar sıkıştırılmaması sonucunda serbest (sıkışmamış) durumdaki yan yüzeylerin trafik ve çevre koşulları altında parçalanması ve dökülmesi şeklinde oluşan deformasyondur.

Plak kenar sökülmesinin olası nedenleri; kenar desteğinin olmaması, plak kenar kısımlarında yetersiz sıkışma ile kür işlemi ve trafik ve çevresel faktörlerdir.



Şekil 2.16. Plak kenar sökülmesi



Şekil 2.17. Sıkışmış plak kenarı

2.6. Diğer Deformasyonlar

Genel olarak üstyapı taban zemini, drenaj koşulları ve iklimsel faktörler etkisiyle oluşan, basınç patlaması, yama ve yama bozulmaları, pompaj etkisi ve faylanma deformasyonları diğer deformasyonlar başlığı altında incelenebilir.

Basınç Patlaması

Genellikle yaz aylarında oluşan bu deformasyon, plağın genişlemesine izin verecek kontrollü derz eksikliğinde meydana gelir. Genleşmeden kaynaklanan basınç gerilmesi karşılanamadığında oluşmaktadır. Ayrıca, drenaj girişlerinde de basınç patlaması oluşmaktadır.

Patlamalar tipik olarak kaplamalarda enine çatlaklar veya kontrollü derzlerin bulunduğu kesimlerde oluşur. Plağın ısı genleşmesi, bu mekanizmayı harekete geçirmek için kritik öneme sahiptir. Isıl genleşme sadece kaplamanın sıcaklığına değil aynı zamanda kaplama içindeki neme de bağlıdır. Sıcaklık ve/veya nemdeki artış veya düşüşler beton plakta aksel gerilmelere neden olmaktadır.

Özellikle görece soğuk (serin) havalarda imalat yapıldıktan sonra oluşan sıcak iklim koşulları altında oluşan bu deformasyon, yetersiz kontrollü derzlerden dolayı plağın genişmesi mümkün olmadığı için oluşur. Genleşmeden kaynaklanan basınç gerilmesi karşılanamadığından, derzin yakınında plak kenarlarının lokalize bir yukarı hareketi sonucunda oluşmaktadır.



Şekil 2.18. Basınç patlaması

Yama ve Yama Bozulmaları

Yama, SSB kaplamada 0,1 m²'ye eşit veya daha büyük bir alanın sökülerek yerine onarım yama malzemesi yerleştirilmesidir. Onarım malzemesi ve bu malzemenin plak ile birleşim kesimlerinde oluşan bozulmalara ise yama bozulması adı verilmektedir.

Yama alanında oluşan destek kaybı, zayıf zemin koşulları, ağır yük tekrarları, nem ve termal genleşmeden kaynaklanan gerilmelerin kombinasyonları onarım malzemesi ve bu malzemenin plak ile birleşim kesimlerinde bozulmalara neden olabilmektedir.



Şekil 2.19. Yama ve yama bozulmaları

Pompaj Etkisi

Üstyapı tabanında bulunan malzemenin su ile birlikte derzler veya oluşan çatlaklar yoluyla dışarı atılmasıdır. Pompaj etkisi trafik yükü altında plağın yapmış olduğu tekrarlı hareketten kaynaklanır. Su ve ince malzeme yük altındaki plaklar arasında hareket ederken, su plağın altına doğru sıkışır ve gerilmelere yol açar. Bu hareket, taban zeminini de aşındırır ve nihayetinde kaplama desteğinin kademeli olarak kaybolmasına neden olur. Bazı durumlarda pompaj etkisi ile beton plağın altında bulunan ince malzeme de sürüklenerek yüzeye çıkmaktadır. Pompaj etkisinin ana nedeni plağın altında su birikmesidir. Bu deformasyon, zayıf drenaj, plak çatlakları veya suyun alttaki malzemeye sızmasına izin veren derz ve çatlaklar nedeniyle oluşmaktadır.



Şekil 2.20. Pompaj Etkisi (Wu ve diğerleri, 2017)

Faylanma

Çatlak veya derz boyunca çatlak kenarları arasında kot (yükseklik) farkı oluşumudur. Başlıca oluşum nedeni SSB üstyapı tabanında zayıf zemin bulunmasıdır. Buna ek olarak plağın altında bulunan malzemenin sürüklenmesi veya pompaj etkisi de oluşum nedenleri arasında yer almaktadır. İklimsel faktörlerden dolayı aşırı genleşme ve büzülme hareketinin faylanma oluşumuna katkı sağladığı bilinmektedir.



Şekil 2.21. Faylanma



Şekil 2.22. Yüksek şiddette faylanma oluşumu

3. SSB ÜSTYAPI DEFORMASYONLARININ ŞİDDET SEVİYELERİ

SSB yollarda meydana gelen deformasyon tiplerinin şiddet düzeyleri bu çalışma kapsamında belirlenmiş ve bozulmalar şiddetlerine göre sınıflandırılmıştır. Bu bölüm kapsamında deformasyon düşük, orta ve yüksek şiddet seviyelerinin tanımları ve şekilleri verilmektedir.

3.1. Yüzeysel Deformasyonlar

Agrega cilalanması, kil topağı oyukları, soyulma ve agrega sökülmesi, segregasyon ve sıkıştırma kaynaklı yırtılma olmak üzere SSB üstyapılarda beş farklı yüzeysel deformasyonun şiddet seviyesi belirlenmiştir.

Agrega Cilalanması

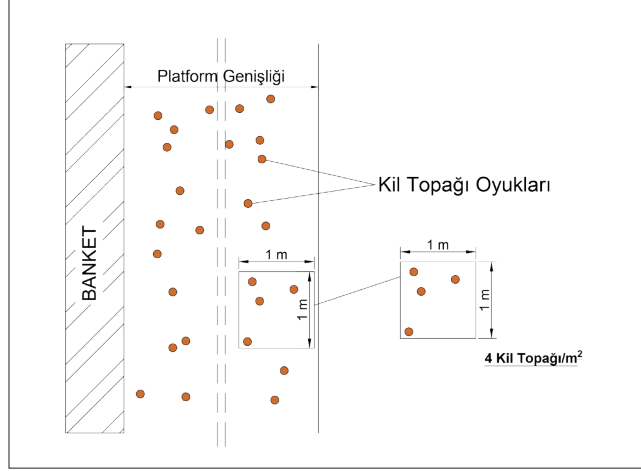
Agrega özellikleri ile ilişkili oluşan bir deformasyon türü olduğu için şiddet ayrımı yapılamamaktadır. Cilalanma oluşan kesimler performans değerlendirmesinde bölgesel olarak tanımlanabilmektedir (Miller ve Bellinger, 2014).



Şekil 3.1. Agrega cilalanması

Kil Topağı Oyukları

Agrega özellikleri ile ilişkili oluşan bir deformasyon türü olduğu için şiddet ayrımı yapılamamakla birlikte, performans değerlendirmesi yapılırken, m² biriminde belirli bir alanda oluşan kil topağı sayısı tanımlanabilmektedir (Miller ve Bellinger, 2014).



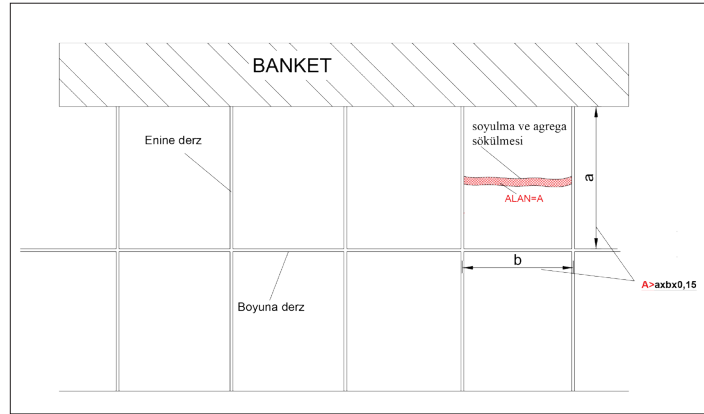
Şekil 3.2. Kil topağı oyukları

Soyulma ve Agregas Sökülmesi

Düşük Şiddet-(Düşük Şiddetli Soyulma): Soyulma plak yüzeyi iyi durumdadır. Detaylı incelendiğinde lokal soyulmalar belirlenebilir.

Orta Şiddet-(Orta Şiddetli Soyulma): Soyulma plak yüzeyinin %15'inden az alanda bulunmaktadır.

Yüksek Şiddet-(Yüksek Şiddetli Soyulma): Soyulmalar plak yüzeyinin %15'inden fazla alanda bulunmaktadır (ASTM D6433, 2023).



Şekil 3.3. Yüksek şiddetli soyulma ve agregas sökülmesi

Segregasyon

Düşük Şiddet-Segregasyon oluşan yüzeyde lokal agregas kaybı başlamıştır. Ayrışma oluşan kesim fark edilmeye başlamıştır.

Orta Şiddet-Segregasyon oluşan yüzeyde lokal agregas kaybı yoğunlaşmış olup ayrışma rahatlıkla fark edilmektedir.

Yüksek Şiddet-Segregasyon oluşan yüzeyde bazı lokal çukurlar ve kopmalar oluşmuştur.



Şekil 3.4. Düşük-orta-yüksek şiddetli segregasyon örnekleri

Sıkıştırma Kaynaklı Yırtılma

İmalat aşamasında oluşan lokal deformasyonlar olup, şiddet seviyesi ölçülmektedir. Performans değerlendirmelerinde bozulmanın mevcut olduğunu belirtmek yeterlidir.

3.2. Çatlaklar

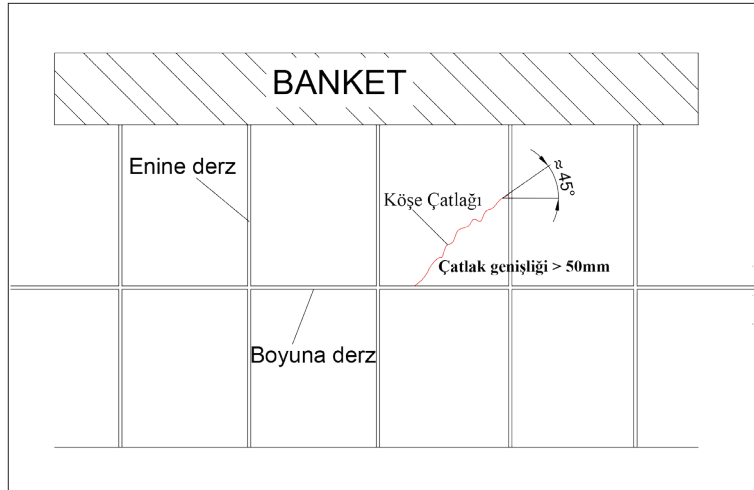
Köşe çatlağı, dayanıklılık çatlağı, doğrusal çatlak oluşumu ve plak bölünmesi olmak üzere dört farklı çatlak deformasyonun şiddet seviyesi bu bölümde verilmektedir.

Köşe Çatlağı

Düşük Şiddet-Düşük şiddette bir köşe çatlamaında çatlak genişliği 13 mm'den küçüktür. Çatlak kenarları arasında kot farkı yoktur. Çatlak ve kontrollü derzler arasında kalan alan farklı parçalara ayrılmamıştır.

Orta Şiddet-Orta şiddette bir köşe çatlamaında çatlak genişliği 13 mm'den büyük 50 mm'den küçüktür. Çatlak kenarları arasında kot farkı oluşmuş ise 10 mm'den daha küçük çatlak genişliğine sahip köşe çatlakları da orta şiddetli olarak değerlendirilmektedir.

Yüksek Şiddet-Yüksek şiddette köşe çatlamaında çatlak genişliği 50 mm'den büyüktür. Çatlak kenarları arasında kot farkı oluşmuş ise 10 mm'den daha büyük çatlak genişliğine sahip köşe çatlamaaları yüksek şiddetli olarak değerlendirilmektedir (ASTM D6433, 2023).



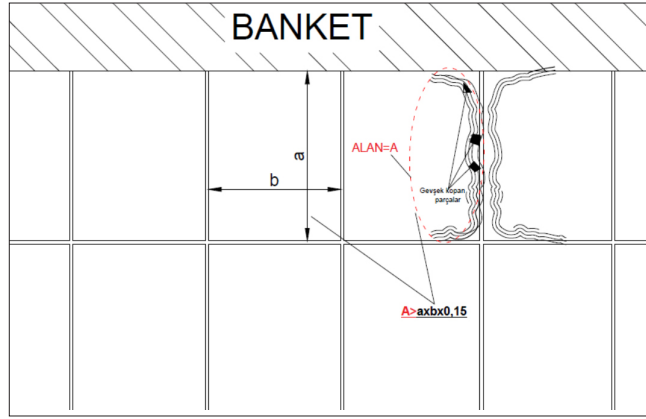
Şekil 3.5. Yüksek şiddetli köşe çatlağı

Dayanıklılık Çatlağı

Düşük Şiddet-Düşük şiddetli dayanıklılık çatlakları ilgili iki enine derz arasında kalan alanın %15'inden daha azını kaplar. Çatlaklar arasında kalan beton parçaları sıkı durumdadır.

Orta Şiddet-Orta şiddetli dayanıklılık çatlakları ilgili iki enine derz arasında kalan alanın %15'inden daha azını kaplar. Çatlaklar arasında kalan beton parçaları gevşek durumdadır.

Yüksek Şiddet-Yüksek şiddetli dayanıklılık çatlakları ilgili iki enine derz arasında kalan alanın %15'inden daha fazlasını kaplar. Çatlaklar arasında kalan beton parçaları oldukça gevşek durumdadır (ASTM D6433, 2023).



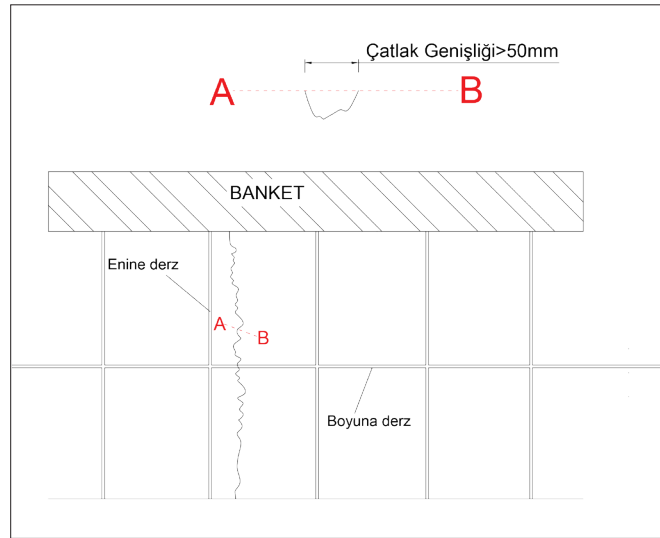
Şekil 3.6. Yüksek şiddetli dayanıklılık çatlakları

Doğrusal Çatlak Oluşumu (Enine, Boyuna, Çapraz)

Düşük Şiddet-Çatlak genişliği 13 mm'ye eşit veya daha az olan derz dolgusuz doğrusal çatlaklardır.

Orta Şiddet-doğrusal çatlak oluşumunda çatlak genişliği 13 mm ve 50 mm arasında olan derz dolgusuz çatlaklar ile çatlak genişliği 10 mm'de az olan derz dolgulu ve kot farkı olan çatlaklar.

Yüksek Şiddet-Çatlak genişliği 50 mm'den fazla olan derz dolgusuz doğrusal çatlak oluşumu veya çatlak genişliği 10 mm'den fazla olan derz dolgulu veya dolgusuz kot farkı olan çatlaklar (ASTM D6433, 2023).



Şekil 3.7. Yüksek şiddetli doğrusal çatlak oluşumu

Plak Bölünmesi

Düşük Şiddet-4 ila 8 parçaya bölünmüş çatlak genişliği 13 mm'ye kadar olan ve 4 veya 5 parçaya bölünmüş 13 ile 50 mm arasında çatlak genişliğindeki deformasyonlar olup, ayrılan (bölünen) parçalar hareket etmez.

Orta Şiddet-8'den fazla parçaya bölünmüş çatlak genişliği 13 mm'ye kadar olan ve 6 ila 7 parçaya bölünmüş, 13 ile 50 mm arasında çatlak genişliğinde olan ve 4 veya 5 parçaya bölünmüş 50 mm'den büyük çatlak genişliğindeki deformasyonlar olup, ayrılan (bölünen) plaklar hareket edebilir ancak sökölme oluşmamaktadır. Yüksek Şiddet-8'den fazla parçaya bölünmüş 13 ile 50 mm çatlak genişliğinde olan ve 6'dan fazla parçaya bölünmüş 50 mm'den büyük çatlak genişliğindeki deformasyonlardır. Ayrılan plaklar sökölmemektedir (Pereira, 2014).



Şekil 3.8. Düşük-orta-yüksek şiddetli plak bölünmesi örnekleri

3.3. Yüzeysel Çatlaklar

Harita şeklinde çatlama ve büzülme çatlağı olmak üzere, SSB üstyapılarda yüzeysel oluşan iki farklı çatlak deformasyonunun şiddet seviyesi bu bölümde verilmektedir.

Harita Şeklinde Çatlama

Düşük şiddetli harita şeklinde çatlama: Yüzey iyi durumdadır. Detaylı incelendiğinde kılcal çatlaklar belirlenebilir.

Orta şiddetli harita şeklinde çatlama: Yüzeyin %15'inden az alanda çatlak bulunmaktadır.

Yüksek şiddetli harita şeklinde çatlama: Yüzeyin %15'inden fazla alanda çatlak bulunmaktadır (ASTM D6433, 2023).



Şekil 3.9. Orta şiddetli harita şeklinde çatlama

Büzülme Çatlakları

Yüzeysel kılcal çatlaklar olup, şiddet seviyesi ölçülmemektedir. Performans değerlendirmelerinde büzülme çatlaklarının mevcut olduğunu belirtmek yeterlidir (ASTM D6433, 2023).



Şekil 3.10. Büzülme çatlağı

3.4. Derz Deformasyonları

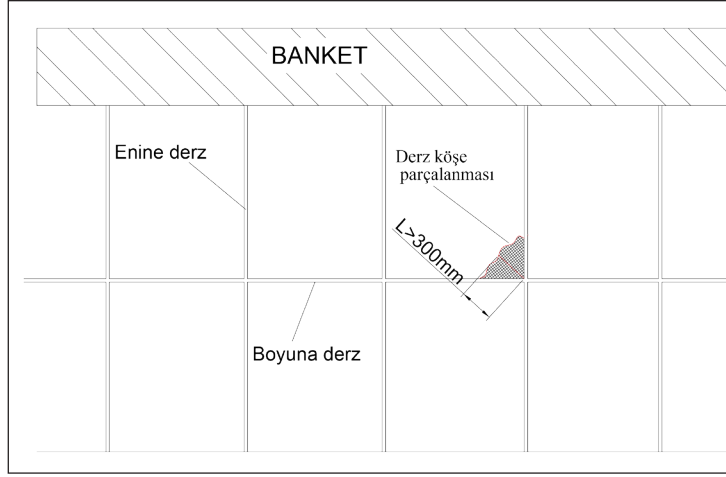
Derz köşe parçalanması, derz boyunca parçalanma ve inşaat derzi parçalanması, olmak üzere SSB üstyapılarda kontrollü oluşturulan derzlerde meydana gelen üç farklı deformasyonun şiddet seviyeleri verilmektedir.

Derz Köşe Parçalanması

Düşük şiddetli derz köşe parçalanması: Parçalanma derinliği 13 mm'ye eşit veya daha az olan deformasyonlar veya derz köşesine uzaklığı en fazla 300 mm olan parçalanma derinliği 13 ila 50 mm arasında olan deformasyonlardır.

Orta şiddetli derz köşe parçalanması: Derz köşesine uzaklığı 300 mm'den fazla olan ve parçalanma derinliği 13 ila 50 mm arasında olan deformasyonlar veya derz köşesine uzaklığı en fazla 300 mm olan parçalanma derinliği 50 mm fazla deformasyonlardır.

Yüksek şiddetli derz köşe parçalanması: Derz köşesine uzaklığı 300 mm'den fazla olan ve parçalanma derinliği 50 mm'den büyük olan deformasyonlar (ASTM D6433, 2023).



Şekil 3.11. Yüksek şiddetli derz köşe parçalanması

Derz Boyunca Parçalanma

Düşük şiddetli derz boyunca parçalanma koşulları aşağıda verilmektedir.

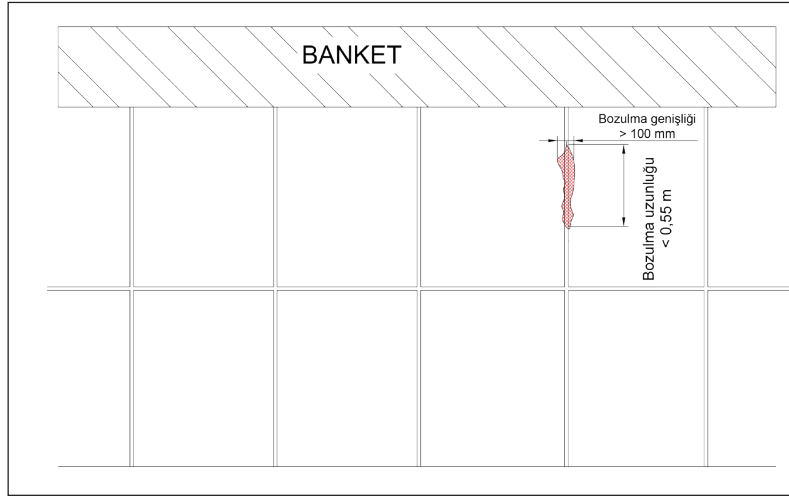
- Parçaları sıkı kolayca çıkarılmayan tüm deformasyonlar.
- Bazı parçaları sökülen, bozulma uzunluğu 0,5 m'den küçük olan deformasyonlar.
- Parçalarının tamamına yakını sökülen, bozulma uzunluğu 0,5 m'den küçük olan ve parçalanma genişliği 100 mm'den az olan deformasyonlar.

Orta şiddetli derz boyunca parçalanma koşulları aşağıda verilmektedir.

- Bazı parçaları sökülen, bozulma uzunluğu 0,5 m'den büyük deformasyonlar.
- Parçalarının tamamına yakını sökülen, bozulma uzunluğu 0,5 m'den büyük olan ve bozulma genişliği 100 mm'den az olan deformasyonlar.
- Parçalarının tamamına yakını sökülen, bozulma uzunluğu 0,5 m'den küçük olan ve bozulma genişliği 100 mm'den fazla olan deformasyonlar.

Yüksek şiddetli derz boyunca parçalanma koşulları aşağıda verilmektedir.

- Parçalarının tamamına yakını sökülen, bozulma uzunluğu 0,5 m'den fazla olan ve parçalanma genişliği 100 mm'den fazla olan deformasyonlar (ASTM D6433, 2023).



Şekil 3.12. Orta şiddetli derz boyunca parçalanma

İnşaat Derzi Parçalanması

Düşük şiddetli inşaat derzi parçalanmasında derz kenarlarında agrega kopmaları görülmekle birlikte sürüş sırasında araç içerisinde bozulma hissedilmez.

Orta şiddetli inşaat derzi parçalanmasında derz kenarlarında agrega kopmaları ve oynayan parçalar bulunmaktadır. Sürüş sırasında araç içerisinde bozulma hissedilir.

Yüksek şiddetli inşaat derzi parçalanmasında inşaat derzlerinde parçalanmalar oluşmuştur.

3.5. Şerit ve Kenar Deformasyonları

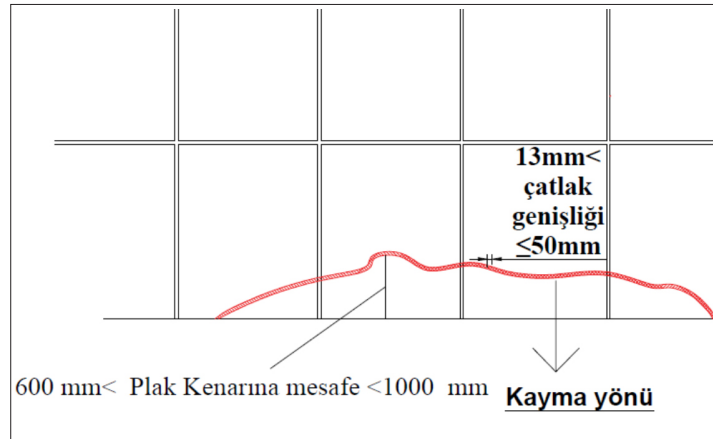
Şerit ve kenar kayması ve plak kenar sökülmesi olmak üzere, SSB üstyapılarda plak kenar bölgesinde oluşan iki farklı deformasyon oluşumu değerlendirilmektedir.

Şerit ve Kenar Kayması

Düşük şiddetli şerit ve kenar kayması: Çatlak genişliği en fazla 13 mm olan veya çatlakın plak kenarına mesafesinin 600 mm'den daha az olduğu deformasyonlardır.

Orta şiddetli şerit ve kenar kayması, çatlak genişliği 13 ila 50 mm arasında olan veya çatlakın plak kenarına mesafesi 600 mm'den fazla 1000 mm'den daha az olan kaymalardır.

Yüksek şiddetli şerit ve kenar kayması, çatlak genişliği 50 mm'den fazla olan veya çatlakın plak kenarına mesafesi 1000 mm'den daha fazla olan kaymalardır.



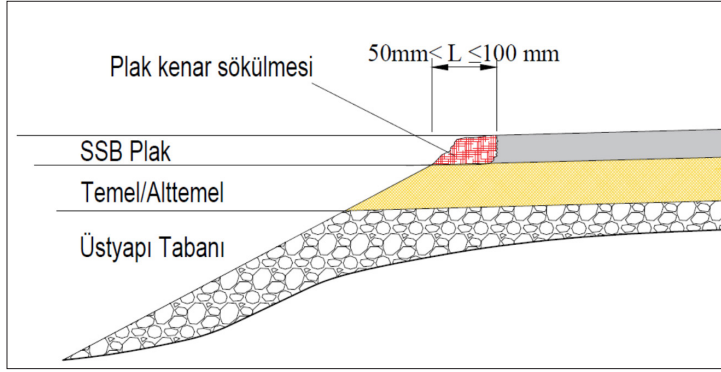
Şekil 3.13. Orta şiddetli şerit ve kenar kayması

Plak Kenar Sökülmesi

Düşük şiddetli plak kenar sökülmesinde, kaplama kenarında 25 ila 50 mm genişliğinde deformasyon oluşmuştur.

Orta şiddetli plak kenar sökülmesinde, kaplama kenarında 50 ila 100 mm genişliğinde deformasyon oluşmuştur.

Yüksek şiddetli plak kenar sökülmesinde, kaplama kenarında 100 mm'den fazla genişliklerde deformasyon oluşmuştur.



Şekil 3.14. Orta şiddetli plak kenar sökülmesi

3.6. Diğer Deformasyonlar

Basınç patlaması, yama ve yama bozulmaları, pompaj etkisi ve faylanma deformasyonları diğer deformasyonlar grubunda yer almakta olup bu deformasyonların şiddet seviyeleri bu bölümde verilmektedir.

Basınç Patlaması

Düşük Şiddet-Basınç patlaması düşük düzeyde sürüş kalitesini etkiler.

Orta Şiddet-Basınç patlaması, sürüş kalitesini etkiler ve yukarı yönde plakların hareketi sürüş sırasında araç içerisinde hissedilir.

Yüksek Şiddet-Basınç patlaması, plağı iki ayrı parçaya ayırmış ve ilgili kesimde yukarı yönlü hareket başlamış olup plak üzerinde geçiş yapılamaz durumdadır (ASTM D6433, 2023).



Şekil 3.15. Yüksek şiddetli basınç patlaması

Yama ve Yama Bozulmaları

Düşük şiddetli yama/yama bozulması: Yamada küçük bir bozulma haricinde herhangi bir bozulma yoktur ve kaplama ile yama arasında kot farkı oluşmamıştır.

Orta şiddetli yama/yama bozulması: Yama yapılan alanda yama malzemesinde yer değiştirme ya da yama ve yama kenarlarında bozulmalar oluşmaktadır.

Yüksek şiddetli yama/yama bozulması: Yamalarda bozulma (dağılma, parçalanma vb.) oluşmaktadır. Bozulma yolun konfor düzeyini oldukça etkiler (Miller ve Bellinger, 2014).



Şekil 3.16. Düşük şiddetli yama ve yama bozulmaları



Şekil 3.17. Orta şiddetli yama ve yama bozulmaları



Şekil 3.18. Yüksek şiddetli yama ve yama bozulmaları

Pompaj Etkisi

Pompaj etkisi sonucunda oluşan deformasyon değişen iklim koşullarına göre oldukça farklılık gösterdiği için şiddet ayrımı yapılamamaktadır. Pompaj etkisi olan kesimler performans değerlendirmesinde belirtilmelidir (Miller ve Bellinger, 2014).



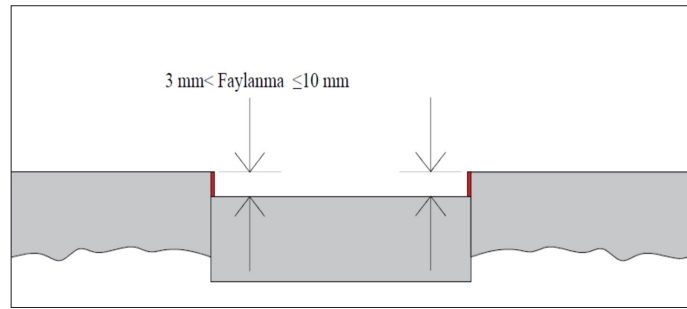
Şekil 3.19. Pompaj etkisi

Faylanma

Düşük şiddetli faylanma: Çatlak kenarları arasında kot farkı oluşumu 3 ila 10 mm arasındadır.

Orta şiddetli faylanma: Çatlak kenarları arasında kot farkı oluşumu 10 ila 20 mm arasındadır.

Yüksek şiddetli faylanma: Çatlak kenarları arasında kot farkı oluşumu 20 mm'den büyüktür (ASTM D6433, 2023).



Şekil 3.20. Düşük şiddetli faylanma

4. SSB ÜSTYAPI BAKIM VE ONARIMI

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

Bir üstyapının ana işlevi araçların konforlu ve güvenli seyahat edebilmesini sağlamaktır. Bu işlevlerini en etkin olarak yerine getirebildiği zaman ilk yapım sonrası servis kabiliyetinin en yüksek olduğu zamandır. Yolun trafik ve çevre koşulları altında gösterdiği performans zamanla azalacaktır. AASHTO ve Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulan rijit ve esnek üstyapı tasarım rehberlerinde, ilk servis ve son servis değeri olmak üzere hizmet edebilme kabiliyetini gösteren değerler tanımlanmaktadır. Ülkemizde kullanılan tasarım rehberlerinde servis kabiliyeti değeri, 0-5 değerleri arasında olup 5 en iyi üstyapı durumunu 0 ise kullanılamaz, kabiliyetini yitirmiş üstyapı durumunu tanımlamaktadır.

ii. Şiddet ve Yoğunluklarının Belirlenmesi

Çatlak genişlikleri, faylanma miktarı ve ayrık çatlak sayısı belirlenir.



Şekil 4.2. Çatlak şiddetinin belirlenmesi

iii. Çatlak Kanallarının Oluşturulması

Çatlak dikey bir kazıyıcı kullanılarak genişletilir, keskin uçlar düzeltilir. Beton plak parçalanacağı için döner darbeli kazıyıcılar kullanılmamalıdır.



Şekil 4.3. Çatlak kanallarının oluşturulması

iv. Çatlakların Temizlenmesi

Çatlak basınçlı hava ve su ile temizlenir ve kuruması sağlanır.



Şekil 4.4. Çatlakların temizlenmesi

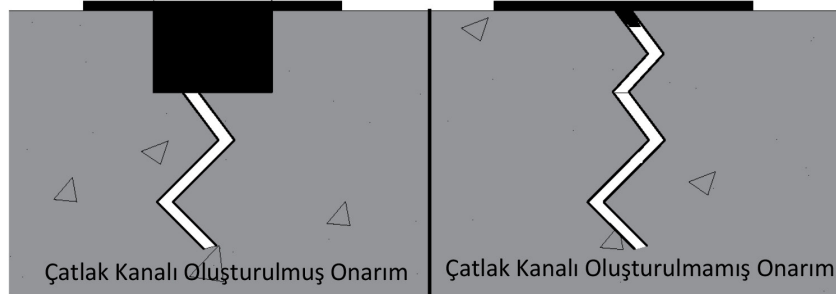
v. Dolgu Malzemesinin Uygulanması

Dolgu malzemesi çatlak sınıflandırması ve uygulama özelliklerine göre seçilmelidir.



Şekil 4.5. Dolgu malzemesi uygulanması

Derz ve çatlak onarım işlemlerinin performansı; birincil işlevlerini ne kadar süreyle etkili bir şekilde yerine getirdikleri, dolgu malzemesinin türü, çatlak boyutları, hakim iklim koşulları ve imalatın kalitesine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir (Smith ve diğerleri, 2022).

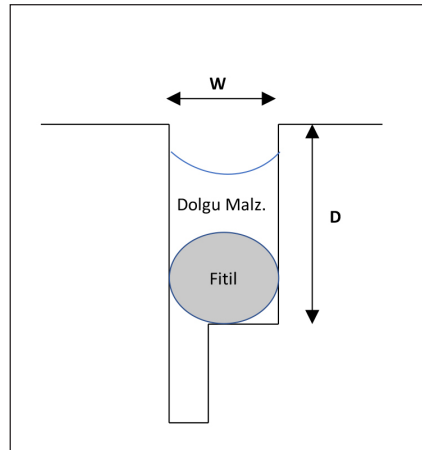


Şekil 4.6. Çatlak kanalı

Çatlak genişliği ve derinliği uygulanacak dolgu malzemesine göre değişkenlik göstermektedir. Onarılan çatlak genişliğinin derinliğe oranı şekil faktörü olarak tanımlanmaktadır.

Tablo.4.1. Çatlak Onarımı Şekil Faktörleri (Evans ve diğerleri, 1999)

Dolgu Malzeme Tipi	Şekil Faktörü (W/D)
Sıcak uygulamalı (bitüm esaslı)	1:1
Soğuk uygulamalı (silikon esaslı)	2:1
Polisülfid ve Poliüretan	1:1



Şekil 4.7. Şekil faktörü parametreleri

Çatlak genişliğine ve parçalanma miktarına bağlı olarak onarım prosedürleri aşağıdaki gibi önerilmektedir.

- 3,2 mm'ye kadar çatlaklarda parçalanma yoksa onarım işlemine gerek yoktur.
- 3,2 mm'ye kadar çatlaklarda lokal parçalanma varsa çatlak kanalı oluşturmadan dolgu malzemesi ile onarılır.
- 3,2 mm ila 9,5 mm arasındaki çatlaklar çatlak kanalı oluşturup dolgu malzemesiyle onarılır.
- 9,5 mm ila 19,1 mm arasında parçalanma olmayan çatlaklar çatlak kanalı oluşturulur ve çatlak derinse bir fitil kullanılarak onarım sağlanır.

- 9,5 mm ila 19,1 mm arasında parçalanma varsa; çatlak parçaları ile bir bütün olarak onarılır.
- Yaklaşık 38,1 mm çatlaklar, çalışan (hareketli) çatlaklar değilse, asfalt betonu kullanılarak geçici olarak onarımı sağlanır. Kalıcı bir onarım için tam derinlikte onarım sağlanmalıdır (Shahin, 2005).

Yama Bakımı

Yama bakımı, deformasyonların olduğu kısmi alanlarda, bozulan plağın kaldırılarak yerine yeni bir malzeme ikame edilmesidir. Kısmi derinlikte ve plak kalınlığına olmak üzere iki şekilde uygulanabilir. Deformasyon tip ve şiddetine göre yama malzemesi ve uygulama prosedürü değişmektedir.

Kısmi yamalarda yama malzemesinin alt tabakaya bağlanması için yeterli kütleyi sağlaması gerekir. Bu nedenle onarım en az 5,1 cm derinlikte olmalıdır. Maksimum kısmi derinlik kalınlığının plak kalınlığının 1/3'ü olması tavsiye edilir. Malzeme ile ilgili sorunların olduğu alanlar için 1/2 plak kalınlığı kullanılabilir. (Darter, 2017).

Onarım malzemesinde çatlakların oluşmasına neden olabilecek düzensiz şekillerden kaçınmak için onarım alanı aynı zamanda kare veya dikdörtgen şeklinde ve mevcut derz bulunuyor ise derz modeliyle aynı hizada tutulmalıdır. Aynı onarım alanları 61 cm'den daha yakınsa, maliyetleri azaltmak ve çok sayıda küçük onarımı ortadan kaldırmak için birleştirilebilirler (ACPA, 2006).

Yamalarda, geleneksel beton ve SSB yanı sıra erken dayanımı yüksek özel çimentolar veya polimerik katkı malzemeleri içeren çeşitli malzemeler kullanılabilir. Ayrıca, çeşitli bitümlü karışımlar da yama uygulamaları için mevcuttur.

SSB yollarda yama yapımında genel olarak aşağıdaki adımlar sırasıyla uygulanır.

- Yama yapılacak SSB kaplama yüzeyi kare veya dikdörtgen kesit oluşacak şekilde derz kesme makinesi ile kesilir. Kesme yüzeyi 30-60 derece açılı olabilir.
- Yama yapılacak yüzey tozdan ve yabancı maddelerden temizlenir.
- Yama uygulanacak yüzeyde çatlak mevcut ise çatlak usulüne uygun şekilde doldurulur.
- Yama malzemesi özelliklerine göre gerekirse yan yüzeylere astar malzemesi uygulanır.
- Yama malzemesi yerleştirilerek onarım tamamlanır.



Şekil 4.8. Yama alanı ve yüzeyi (Smith ve diğerleri, 2022)

Elmas Taşlama

Elmas taşlama, yakın aralıklı dönen elmas bıçaklar kullanılarak mevcut beton yüzeyinden ince bir tabakanın çıkarılması işlemidir. Bu yöntem, kaplamada düzensizliklerin azaltılması ve bozulan kaplama yüzey dokusunu iyileştirmek için kullanılır.

Elmas taşlama yönteminden önce, çatlak ve yama deformasyonlarının bakımlarının yapılması gerekmektedir. Deformasyonların şiddet seviyeleri artmadan önce elmas taşlama yapılmalıdır. Aksi halde taşlama pahalı olacaktır (Shahin, 2005).

SSB kaplamanın yüzeyi, geleneksel betonun yüzeyinden bir miktar farklılık göstermekte olup yüzey

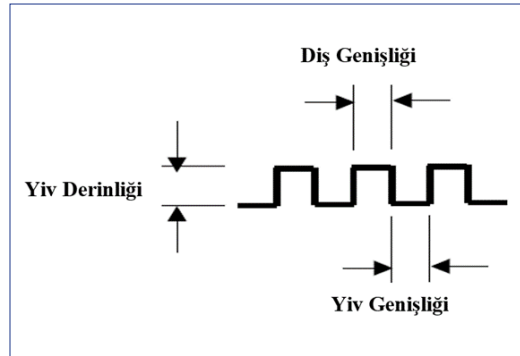
özellikleri bakımından daha ziyade asfalt kaplamalara benzer. SSB kaplamalar özel önlemler alınmadığı sürece, geleneksel beton kaplamalar gibi imalat sırasında yüzeye doku verilecek kıvamda değildir, ancak geleneksel beton kaplamalar gibi elmas taşlama veya kanal açma yoluyla yüzey dokusu oluşturulmaktadır. Mikro freze makineleri düşük hızlı uygulamaların yüzey düzeltilmesi için kabul edilebilirdir (ACPA, 2014).

Elmas taşlamanın en büyük etkisi, kaplamanın sürüş konforunu artırmasıdır. Bununla birlikte, yüzey makro dokusundaki önemli artış ve bunun sonucunda gürültü azaltma gibi avantajları nedeniyle SSB kaplamalarda da tercih edilen bakım yöntemleri arasında yer almaktadır.

SSB imalatından sonra yüzey elmas taşlanırsa agrega kaybı en aza indirilir. Elmas taşlama genellikle yol düzgünlüğünü artırmak ve istenen sürtünme özelliklerine sahip daha iyi yüzey dokusuna ulaşmak için tercih edilir (Zollinger, 2016).

Elmas taşlama genellikle plak kalınlığını 4 ila 6 mm azaltır. Beton dayanımındaki artış dikkate alınırsa, plak kalınlığındaki küçük azalmanın servis ömrü üzerinde ihmal edilebilir bir etkisi vardır. Aşırı pürüzlü veya çatlaklı tüm beton kaplamalar, elmas taşlama için uygun değildir. Elmas taşlama tek başına mevcut deformasyonları çözmek için yeterli olmayabilir. Pompaj etkisi, destek kaybı, köşe kırılmaları, hareketli çatlaklar ve blok kırılmalar gibi yapısal deformasyonların, taşlama yapılmadan önce onarımı gerekmektedir (FHWA, 2001).

Elmas taşlama yapılmış yüzeylerin geliştirdiği doku ve sürtünme, taşlama başlığındaki bıçak yerleşimine göre değişir. Bıçakların uygun şekilde yerleştirilmesi sürtünmeyi artırabilir ve yeni yüzeyin servis ömrünü uzatabilir. Bıçak yerleşimi, yumuşak agregalı beton kaplamalarda daha fazla aralıklı olabilirken, daha sert agregalarda daha sıkı aralıklar da olması gerekebilir (FHWA, 2001).



Şekil 4.9. Tipik elmas taşlama dokusu (FHWA, 2001)

Tablo.4.2. Elmas Taşlama Dokusu Boyutları (FHWA, 2001)

	Değer Aralığı	Sert Agregata	Yumuşak Agregata
Yiv Genişliği	2.0-4.0 mm	2.5-4.0 mm	2.5-4.0 mm
Diş Genişliği	1.5-3.5 mm	2.0 mm	2.5 mm
Yiv Derinliği	1.5 mm	1.5 mm	1.5 mm
Yiv sayısı/metre	164-194	174-194	164-177

Elmas taşlama işlemi sonrasında beton plağın servis ömrünün azalması riskini düşürmek için maksimum toplam yiv derinliğinde, 10 mm'lik üst sınır vardır. Bu üst sınır, belirli bir beton kaplama için mevcut koşullara bağlı olarak değiştirilebilir. Yaklaşık 180 mm'den daha az kalınlığa sahip beton plaklar için elmas taşlama, plağın servis ömrünün azalması riski nedeniyle önerilmez (NSW, 2016).

Son 10 yılda, SSB kaplamalarda nihai düzgünlüğü iyileştirmek ve kayma direnci artırmak için elmas taşlama

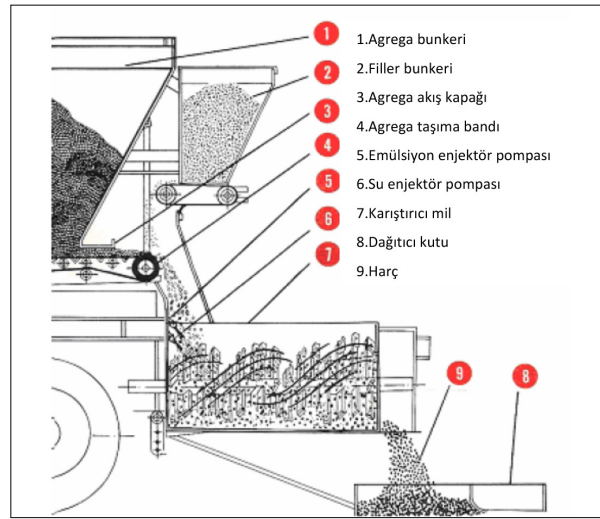
veya kompozit kaplama teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. 2011'den bu yana incelenen proje sayısının %2'si elmas taşlama, %30'u SSB plak üzerine asfalt kaplamalı kompozit kaplama, %60'ı ise doğrusal SSB olarak kalmış olup %8'inde yeterli veri bulunmamaktadır (Zollinger, 2015).

Koruyucu Yüzey Kaplamaları

Koruyucu yüzey kaplamaları, mevcut kaplamanın iyileştirilmesi amacıyla yüzeyinin yeni bir malzeme ile kapatılması işlemleridir.

Bitümlü koruyucu yüzey kaplamaları arasındaki en belirgin farklar; kullanılan emülsiyon çeşidi, agrega türü, boyutları ve miktarıdır. Literatürde, rijit kaplamalar için mikro yüzey kaplama (microsurfacing) yönteminin daha yaygın tercih edildiği görülmektedir.

Mikro yüzey kaplama, mevcut kaplama yüzeyine su, asfalt emülsiyonu, agrega (genellikle ince boyutlarda), çimento ve kimyasal katkı maddelerinin bir karışımının uygulanmasından oluşur. Daha iyi karışım özellikleri sağlamak için asfalt emülsiyonuna genellikle polimer eklenir. Oluşturulan harç mevcut yol yüzeyi üzerine bir dağıtıcı kutusu üzerinden serbest şekilde akıtılmaktadır.



Şekil 4.10. Mikro yüzey kaplama (microsurfacing) serim şeması

Serilen harç tipi karışım, normal koşullar altında 1 saat veya daha kısa süre içerisinde su kaybederek kürlenir. Mikro yüzey kaplama mevcut kaplamanın taşıma gücüne herhangi bir katkı sağlamamaktadır. Kaplama yüzeyinin işlevini iyileştirici bir bakım yöntemi olarak uygulanır (CALTRANS, 2008).

Beton yolda yapılan mikro yüzey kaplama uygulamasının uygulama adımları ve detayları aşağıda verilmektedir (Soliman, 2018).

i. Beton yüzeyinin temizlenmesi

Öncelikle uygulama yapılacak yüzey süpürülerek ve yüksek basınçlı su uygulanarak temizlenir.

ii. Mevcut derzlerin ve oluşan çatlakların bakımlarının yapılması

iii. Yapıştırma tabakası (tack coat) uygulanması

Normal şartlarda ihtiyaç olmamakla birlikte, çok kuru yüzey uygulaması ile beton kaplamalar üzerine yapılan uygulamalarda harç tipi kaplamaların altında yavaş kesilen bitüm emülsiyonu ile yüzey durumuna göre 0,23 l/m² - 0,68 l/m² arası oranlarda yapıştırma tabakası (tack coat) uygulaması yapılmaktadır (Çalışkan ve diğerleri, 2021)

iv. 1. kat mikro yüzey kaplama

Yapıştırma tabakasından hemen sonra 12-13 kg/m² sarfiyat ile harç serilip 18 tonluk lastik tekerlekli silindir ile sıkıştırma sağlanır.

v. 2. kat mikro yüzey kaplama

1. kat mikro yüzey kaplamanın sıkışması tamamlandıktan 30 dakika sonra, yapıştırma tabakası uygulanmadan 12-13 kg/m² kullanım miktarında harç serilir, 18 tonluk lastik tekerlekli silindir ile sıkıştırma sağlanır.

Ankrajlar

Ankrajlama, diğer beton yol tiplerinde olduğu gibi SSB yollarda da kullanılan bir bakım yöntemidir. Özellikle şerit yenileme ve tam derinlikli plak onarımlarında tercih edilir. Ankrajlama yönteminin temel amacı yenilenen kesimle mevcut kaplama arasında etkin bir yük transferi sağlamaktır.



Şekil 4.11. Ankraj uygulaması (PIARC, 2013)

Onarım amacıyla beton plağın kesilen yüzü görece pürüzsüz bir yüzey olduğundan, yapılan yama ile kesilen plak kesimi arasındaki yük aktarımı donatı çeliği ve taban desteği sayesinde gerçekleştirilir. Bu nedenle, mevcut plak kesiminin kesilen yüzeyinde doğru tasarlanmış ve uygulanmış bir delme ve epoksileme işlemi donatı çubuklarının uygun şekilde yerleştirilmesi açısından çok önemlidir. Saha araştırmaları, başarısız olan yama çalışmalarının önemli bir kısmında donatı çubuğu ile beton arasında oluşan yetersiz bağ eksikliğinin önemli rol oynadığını göstermektedir.



Şekil 4.12. Ankraj uygulaması (PIARC, 2013)

Ankrajlama işleminde dikkat edilmesi gereken ilk adım mevcut beton kaplamaya bağlanacak donatı çubuklarının yerleştirileceği deliklerin düşey düzlemde mevcut kaplamanın plak kalınlığının yarısında açılması gerektiğidir. Delikler yatay düzlemdeyse belirlenen bakım/onarım projesine uygun aralıklarla açılmalıdır.

Beton yollarda yapılan ankrajlama çalışmalarında genellikle delik çapı 27 mm seviyesindedir. Bu çapın daha geniş olması donatıların düşey düzlemde istenmeyen hareketine ve eğilmesine yol açacağı için özellikle kaçınılması gereken bir hatadır. Genellikle delik çapı için +/- 1 mm tolerans payı kabul edilebilir. Ankrajda kullanılan donatı çubuklarının çapı genellikle 20 mm seviyesinde olup boyları projesinde bağlı olarak azami 650 mm seviyelerindedir.

Ankrajlama işleminde sökülen beton plak kesiminin altında yer alan temel tabakası incelenmeli ve ihtiyaç

halinde gerekli onarımlar yapılmalıdır. Bu sayede yeni kesim üzerinde herhangi bir yansıma çatlağı oluşumu engellenir. Ayrıca yeni beton kesiminin bağlanacağı mevcut beton plak yüzeylerinin tamamen dik şekilde ve herhangi bir girinti/çıkıntıya mahal vermeyecek şekilde özenle kesilmesine önem verilmelidir. Gerekli durumlarda iki plak arasında geosentetik kullanılması da değerlendirilmelidir.

4.3. Onarım Yöntemleri

Onarım (rehabilitasyon), mevcut bir kaplamanın yapısını önemli ölçüde etkileyen ve bozulma sürecini durduran kısımlarının onarılması işlemidir. Örnek olarak, bir SSB üstyapının proje ömrü ortasında %10 plak bozulma oranınca bozulması sonucunda, bozulan %10'luk üstyapı kesiminin kaldırılması ve ilgili kesimin yeniden yapılması düşünülebilir.

Bu bölüm kapsamında, SSB üstyapıların servis kabiliyetini önemli oranlarda kaybetmesi sonucunda uygulanabilir onarım yöntemleri ve detayları verilmektedir.

Yeniden Yapım

Belirli plak bozulma oranınca, servis kabiliyetini yitirmiş SSB plaklarda uygulanan bu yöntem ilgili bozulma oranı oluşan plak kesiminin sökülüp yeniden inşa edilmesini kapsamaktadır. Kaplamanın ve alt tabakalarının yenilenmesi ve sadece kaplamanın yenilenmesi olmak üzere iki farklı şekilde yapılmaktadır. Sadece kaplamanın yenilenmesi durumunda üstyapı projelendirme rehberlerindeki esaslar gereğince mevcut üstyapı temel veya alttemel olarak kabul edilmelidir.

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 dikkate alınmalıdır. (PIARC, 2013)

SSB kaplamalarda oluşan çatlakların çatlak dolgu malzemesi ile usulüne uygun bir şekilde doldurulması sonrasında mevcut kaplama temel kabul edilip, üzerine koruyucu kaplama yapılması durumunda ara yüzeye geosentetik kullanılabilir. Bu amaçla kullanılan geosentetik alt grubu genellikle geogridlerdir. Geosentetikler, mevcut kaplamada oluşan çatlakların üst tabakalara yansımalarını geciktirmek amacıyla uygulanmaktadır.

Geri Kazanım Yöntemleri

Üstyapıların geri dönüşümü, mevcut bozulmuş bir üstyapının modifiye edilerek gereksinimleri karşılayabilecek homojen bir yapıya dönüştürüldüğü bir tekniktir. Daha spesifik olarak, mevcut kaplamadaki malzemelerin yeni bir katmanın inşası için yeniden kullanılmasını kapsar.

Beton geri dönüşümü nispeten basit bir işlemdir. Neredeyse her uygulamada işlenmemiş agregaya yerine kullanılmak üzere üretilebilen granüler bir malzeme olan betondan geri dönüştürülmüş agregaya (GDA) üretmek için sertleşmiş betonun kabul edilebilir bir kaynaktan kırılması, çıkarılması ve tekrardan işlenerek üretimde kullanılması işlemlerinden oluşmaktadır. Beton geri dönüşümü için yerinde geri dönüşüm ve stoklanarak geri dönüşüm olmak üzere iki farklı yöntem bulunmaktadır.

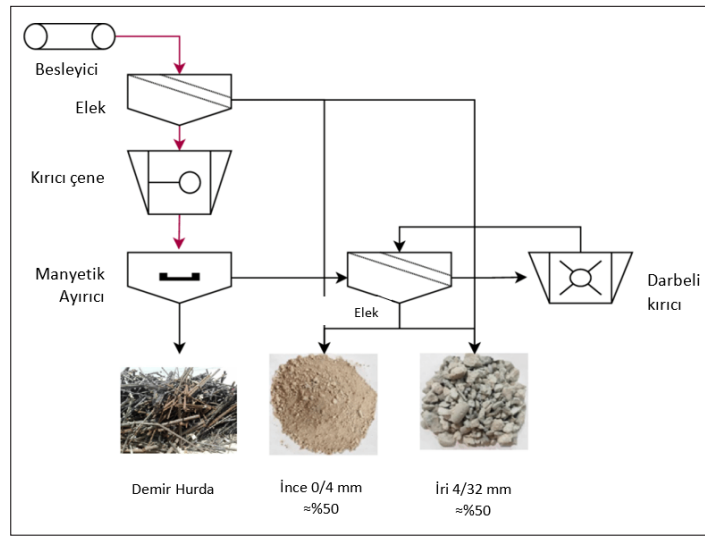
GDA, yolun ve/veya banketlerin bir alt temel tabakasında kullanılacağı zaman, yerinde bir beton geri dönüşüm treni kullanılarak üretim gerçekleştirilebilir. Bu tür sistemlerde tipik olarak, yerinde geri dönüşüm için özel olarak uyarlanmış ve paletlere monte edilmiş birincil ve ikincil kırıcılar kullanılır (ACPA, 2009).



Şekil 4.13 Yerinde geri dönüşüm (Snyder ve diğerleri, 2018)

Kaplamanın yerinde geri dönüşüm tekniği, mevcut kaplama tabakasını bulunduğu yerde kazıyıp öğütmeyi, çimento ve gerektiğinde su ile karıştırmayı içermektedir. Çimento ile optimum karışım sağlayacak agrega granülometrisi elde etmek için gerektiğinde ilave agrega katılabilir. Sonuçta, taşıma kapasitesi çok yüksek, su veya don kaynaklı erozyona karşı çok dayanıklı olan çimento bağlayıcılı bir temel elde edilmiştir. Yol yapısı bütün tabakalarını içerecek şekilde hiçbir malzeme atılmadan ve çok az yeni malzeme girişi ile yenilenebilmektedir. Dolayısıyla bu yöntem, tali yolların yenilenmesi açısından çok uygun bir tekniktir.

Geri dönüştürülmüş agrega (GDA), stabilize edilmemiş yoğun gradasyonlu alttemel uygulamaları için etkili ve ekonomik bir malzemedir. Düzgün derecelendirildiğinde, yapısı mükemmel stabilite sağlar. Ek olarak, ince GDA, ikincil çimentolaşma etkisi sayesinde genellikle alt temel katmanını daha da güçlendiren ve rijit olmasını sağlayan özelliktedir (Snyder ve diğerleri, 2018).



Şekil 4.14 GDA üretim süreci (Villagrán-Zaccardi ve diğerleri, 2022)

GDA, hemen hemen her türlü geleneksel işlenmemiş agreganın yerine geçecek şekilde üretilebilir ve geri kazanılmış harcın kimyasal ve bağlayıcı özellikleri nedeniyle, GDA ayrıca bazı ek uygulamalarda yararlıdır. En yaygın kullanım alanları aşağıda verilmektedir.

- Üstyapı dolguları
- Temel/Alttemel malzemeleri
- Yiğın serbest drenaj dolguları
- Çimento stabilizasyonu
- Beton karışımları
- Asfalt kaplamalar
- Granül dolgu
- Erozyon kontrol yapıları

GDA, ürünleri için çok sayıda farklı uygulama denenmiş, araştırılmış veya önerilmiştir. Bunlardan bazıları, zemin stabilizasyonu, boru yatağı, peyzaj malzemeleri, demiryolu balastı, tarımsal toprak işlemleri, göl sularının arıtılması, damlatmalı filtreler, atık su arıtma ve istiridye yatakları oluşturmak için yapay resif oluşturma gibi uygulamalardır (ACPA, 2009).

Üretilmekte olan GDA'nın yeni bir beton karışımında kullanılması düşünülecekse, üretim süreci boyunca kirlenmiş maddelerin girme potansiyelini en aza indirmek için çaba gösterilmelidir. Kirlenmiş maddeler, alttemel agrega ve dolgu uygulamalarında kullanılması amaçlanan GDA için genellikle çok daha az endişe kaynağıdır. Beton kaplama geri dönüşümündeki potansiyel kirlenmişler tipik olarak derz dolgu macunlarını, asfalt betonu banketler ve yama malzemelerini, donatıları ve toprak ve temel malzemelerini içerir (NHI, 1998).

5. SONUÇ

Yol ilk yapım maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu bilinmektedir. Günümüzde yeni yol yapımından ziyade mevcut yol üstyapılarının olabildiğince servis kabiliyetinin yüksek tutularak uzun yıllar kullanılması ekonomik açıdan gereklidir. Bu kapsamda, yolun proje ömrü boyunca planlanmış periyotlarda bakım faaliyetleri yapılmalıdır. Belirli bir servis kabiliyeti sonrasında oluşan deformasyonların onarılması için önleyici bakım onarım faaliyetlerinin yapılması da son derece önemlidir.

Yapılan bakım onarım faaliyetleri yolun servis ömrünün uzamasını sağlayacak ve proje ömrü boyunca yoldan ekonomik bir şekilde faydalanma olanağı sağlayacaktır. Bakım onarım faaliyetleri yoldan sağlanacak verimin artması için belirli bir strateji içerisinde yapılmalıdır. Doğru yöntem ve zamanında bakım onarım yapılmazsa, deformasyonlar artarak çok daha pahalı bakım onarım seçeneklerine ihtiyaç doğurmaktadır. Bu amaçla üstyapı yönetim sistemleri geliştirilmiştir.

Üstyapı Yönetim Sistemleri (ÜYS); yolların mevcut durumunun belirlenmesi sonrasında trafik, çevre ve iklim koşulları altında gelecekteki durumunun modellenerek bakım onarım stratejisinin ekonomik fayda çerçevesinde oluşturulmasını sağlayan sistemdir.

Ülkemizde de son yıllarda özellikle Belediyeler ve İl Özel İdareleri tarafından SSB üstyapılar tercih edilmekte ve birçok başarılı uygulama yapılmaktadır. Bu rehber kapsamında, yaygın olarak kullanılan SSB üstyapılarda bakım onarım faaliyetlerinin etkin yapılabilmesi amacıyla sık rastlanan deformasyon tipleri ve özellikleri belirlenmiş olup bu deformasyonlara yönelik bakım onarım faaliyetleri araştırılmıştır.

Bunlara ek olarak, oluşan deformasyonların olası nedenleri araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar akabinde deformasyonların birçoğunda, üstyapı taban zemini, yağış, nem durumu ve sıcaklık gibi çevresel ve iklimsel faktörlerin deformasyon oluşumunda ana etmen ve katkı sağlayan etmen olduğu tespit edilmiştir. SSB üstyapılarda altı farklı yapıda oluşan 20 çeşit deformasyon tipi oluşum nedenleri ile ilişkilendirilmiştir. Deformasyon oluşum nedenleri "**Ek-2 SSB Üstyapı Deformasyonları Olası Oluşum Nedenleri**" bölümünde verilmektedir.

Üstyapı taban zemini, kaplamaya alttan destek sağlayan yol kaplama yapısının ayrılmaz bir parçasıdır. Üstyapı tasarımında taban zemini ve özellikleri son derece önemlidir. Üstyapı taban zemininin ana işlevi, kaplamaya yeterli desteği vermektir ve bunun olumsuz iklim ve yükleme koşulları altında yeterli stabiliteye sahip olmalıdır.

Mevcut zemin, mühendislik amacına hizmet edecek uygun özelliklere sahip değilse zemin iyileştirme yöntemlerine başvurmak gereklidir. Bu yöntemlerin birçoğu, zemin özelliklerini değiştirmek ve geliştirmek için etkili malzemelerle ikame edilmesinden oluşmaktadır.

Zemin iyileştirmede güçlendirme, iyileştirme ve tedavi etme olmak üzere üç temel ilke olup bunlar aşağıda verilmektedir.

- **Güçlendirme:** Çeşitli malzemeler kullanılarak zeminin güçlendirilmesi (kaya dolgu, taş kolon, jet grout, geosentetikler vb.)
- **İyileştirme:** Zemin içerisindeki mevcut boşlukların mekanik araçlarla azaltılması (kompaksiyon)
- **Tedavi etme:** Zemin boşluklarının çeşitli bileşimdeki karışımlarla doldurulması (kimyasal malzemeler, enjeksiyon, çimento, kireç vb.)

Zemin iyileştirme genellikle, zayıf bir zeminin taşıma kapasitesini arttırmak, toplam oturmayı azaltmak ve konsolidasyonu hızlandırmak, dolgu ve yarmaların stabilitesini arttırmak, zeminin sıvılaşma potansiyelini azaltmak ve geçirimsizliği azaltmak gibi temel amaçlarla yapılmaktadır.

Zemin stabilizasyonu (iyileştirme), zeminin mühendislik ve yapısal performansını kalıcı olarak iyileştirmek için zemin özelliklerini güçlendirmektir. Üstyapı taban zemini nedeniyle oluşan deformasyonlarda uygun zemin iyileştirme yöntemleri uygulanarak üstyapı bakım onarım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir.

Üstyapı taban zemini kaynaklı deformasyonların önüne geçmek için SSB plak yapımı öncesinde üstyapı tabanında bulunan zeminin tipini ve mühendislik parametrelerini belirlemek amacıyla zemin etüdü çalışmaları yapıp, imalat öncesinde sorun teşkil eden zeminlerde gerekli zemin iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır. Gerekli geoteknik önlemler alınmadan zayıf zeminlerin üzerine yapılacak imalatlarda yolda ani veya zamanla meydana gelebilecek zemin problemlerinden kaynaklanan (şev stabilite problemleri, şişme, oturma, taşıma gücü kaybı vb.) yapısal deformasyonlar meydana gelmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen, SSB yolların kayda değer bir kısmında drenaj yapılarının eksikliği veya drenaj sistemlerinin etkin kullanılmaması nedeniyle üstyapı tabanına su girişi etkisiyle deformasyonların oluştuğu gözlemlenmektedir.



Şekil 5.1 Etkin çalışmayan drenaj yapısı deformasyon oluşumu

SSB yollarda yatay ve düşey drenaj yapılarının (hendek, büz, menfez vb.) tesis edilmesi son derece önemlidir. Drenaj tedbirleri yol üstyapı tabanı ve gövdesini oluşturan kısımlarda suyun uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Drenaj yapılarının oluşturulmaması ve suyun SSB yol gövdesine girmesi halinde, beton yolda taşıma kapasitesi ve ömrünün azaldığı ve deformasyonların oluştuğu görülmektedir.






Ülkemizin birçok farklı bölgesinde SSB üstyapılarda oluşan deformasyonlar gözlemlenmiştir. Bu gözlemler doğrultusunda ve uluslararası yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak, Ülkemiz yol yapım sektörüne fayda sağlaması amacıyla SSB üstyapılarda oluşan deformasyon tipleri, bu deformasyonların tanımları, olası sebepleri ve bakım onarım faaliyetleri belirlenerek bakım onarım rehberi oluşturulmuştur.





6. KAYNAKLAR

- Abut, Y. (2017). Silindirle sıkıştırılmış beton yol: Kocaeli İlinde bir durum çalışması.
- Akbelen, M. B., Yılmaz, M. C., Güngör, A. G., & Yaman, I. O. (2023). Initial Construction Cost Comparison of Roller Compacted Concrete (RCC) and Hot-Mix Asphalt (HMA) Pavements Used in The Turkish Local Road Network. 14th International Symposium on Concrete Roads Papers, Poland, Krakow, 25-28 Jun, (49).
- ASTM D6433-11. (2023). American Society for Testing and Materials, "Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys", United States.
- Ayers, M., Cackler, T., Fick, G., Harrington, D., Schwartz, D., Smith, K., ... & Van Dam, T. (2018). Guide for concrete pavement distress assessments and solutions: identification, causes, prevention, and repair.
- Christopher, B. R., Schwartz, C. W., Boudreaux, R., & Berg, R. R. (2006). Geotechnical aspects of pavements (No. FHWA-NHI-05-037). United States. Federal Highway Administration.
- Correa, A. L., & Wong, B. (2001). Concrete Pavement Rehabilitation-Guide for Diamond Grinding (No. FHWA-SRC 1/10-01 (5M)).
- Darter, M. I., S. H. Carpenter, et al. 1998. Techniques for Pavement Rehabilitation: A Training Course – Participant's Manual, 3rd Revision. FHWA-HI-99-006. National Highway Institute, Federal Highway Administration. Washington, DC.
- Evans, L. D., K. L. Smith, and A. R. Romine. 1999. Materials and Procedures for the Repair of Joint Seals in Portland Cement Concrete Pavements—Manual of Practice. FHWA-RD-99-146. Federal Highway Administration, Turner-Fairbank Highway Research Center, McLean, VA.
- Gür, A., Abut, Y., & Yaman, I. O. (2018). Kent içi yollarda silindirle sıkıştırılmış beton yol uygulamaları: kocaeli örneği.
- Gür, A., & Abut, Y. (2022). Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) ve asfalt takviye tabakasından oluşan kompozit bir üstyapının saha performansının irdelenmesi.
- Harrington, D., Ayers, M., Cackler, T., Fick, G., Schwartz, D., Smith, K., ... & Van Dam, T. (2018). Guide for concrete pavement distress assessments and solutions: identification, causes, prevention, and repair.
- İsradi, M., Arifin, Z., & Sudrajat, A. (2019). Analysis of the Damage of Rigid Pavement Road by Using Pavement Condition Index (PCI). Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education, 1(2), 193-202.
- K. Çalışkan, S. N. Tutan, M. Komut Ş. Altıok. (2021). Koruyucu Bakım Amaçlı Bitüm Emülsiyonlu Harç Tipi Kaplamalar Micro Surfacing Uygulaması Performans Değerlendirmesi. 8. Asfalt Sempozyumu ve Sergisi- Ankara002E
- Miller, J. S., & Bellinger, W. Y. (2003). Distress identification manual for the long-term pavement performance program (No. FHWA-RD-03-031). United States. Federal Highway Administration. Office of Infrastructure Research and Development.
- NSW Government Transport Roads & Maritime Services. (2016). Technical Guide Grinding Concrete Pavements (No: P-G-003).



- Özerdoğan, E. (2005). Rijit Üstyapılarda Bakım ve Onarım (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Pereira, T. D. D. C. P. (2014). Rigid pavements distresses-pavement condition index evaluation (Doctoral dissertation).
- Portland Cement Association (PCA). (2010). Diamond Ground RCC Replaces Failed Asphalt Highway Pavement (PL 635).
- Sağlık, A., & Güngör, A. G. (2008). Karayolları esnek üstyapılar projelendirme rehberi. Baskı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Series, C. 17 Joint and Crack Sealing of Portland Cement Concrete.
- Shahin, M. Y. (2005). Pavement management for airports, roads, and parking lots (Vol. 501). New York: Springer.
- Shatnawi, S. (2008). Maintenance Technical Advisory Guide Volume I Flexible Pavement Preservation. California Department of Transportation, Sacramento (CA), 1.
- Smith, K. D., Harrington, D. S., Pierce, L., Ram, P., & Smith, K. L. (2022). Concrete pavement preservation guide (No. FHWA-HIF-14-014). United States. Federal Highway Administration.
- ŞENGÜN, E., ÖZTÜRK, H. İ., & YAMAN, İ. Ö. (2020). Mekanistik-ampirik ve geleneksel beton yol tasarım yöntemlerinin karşılaştırılması: Afyon-Emirdağ deneme kesimi. Teknik Dergi, 31(5), 10251-10274.
- Technical Committee D.2 Road Pavements. (2013). Guide for maintenance of concrete roads (978-2-84060-317-7). PIARC, WORLD ROAD ASSOCIATION
- Titus-Glover, L., Darter, M. I., & Von Quintus, H. L. (2019). Impact of environmental factors on pavement performance in the absence of heavy loads (No. FHWA-HRT- 16-084). United States. Federal Highway Administration. Office of Infrastructure Research and Development.
- Vaswani, N. K. (1971). Method for separately evaluating structural performance of subgrades and overlying flexible pavements. Highway Research Record, (362).
- Villagrán-Zaccardi, Y. A., Marsh, A. T., Sosa, M. E., Zega, C. J., De Belie, N., & Bernal, S. A. (2022). Complete re-utilization of waste concretes-Valorisation pathways and research needs. Resources, Conservation and Recycling, 177, 105955.
- Yaman, İ. Ö., & Ceylan, H. (2013). Silindirle sıkıştırılmış beton yollar. Beton 2013 Hazır Beton Kongresi, 21-23.
- Yılmaz, M. C., (2024). Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yol Kaplama Performansının Taban Zemini Açısından Değerlendirilmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Yılmaz, M. C., Yaman, I. O. & Yılmaz, Y., (2023). Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol Üstyapı Performans Değerlendirmesi. Karayolu 5. Ulusal Kongresi ve Sergisi Bildiri Kitabı, Ankara, 22-23 Kasım, (325-335).
- Zollinger, C. (2015). Recent advances and uses of roller compacted concrete pavements in the united states. Paving Solutions.
- Zollinger, D. (2016). Roller-Compacted Concrete Pavement (No. FHWA-HIF-16-003).




Ek-1: SSB Yol Deformasyon Tespiti ve Bakım Onarım Stratejileri Seçim Rehberi



SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) ÜSTYAPILARDA OLUŞAN YÜZEYSEL DEFORMASYON TIPLERİ						
Adı	Tanım	Ölçü Birimi	Şiddet Düzeyi / Önerilen Bakım Onarım Yöntemi			Örnek Fotoğraflar
			Düşük (L)	Orta (M)	Yüksek (H)	
Soyulma ve Agregata Sokulması (Scaling and Raveling)	SSB'nin bağlayıcılık özelliğini kaybetmesi nedeniyle plak yüzeyinden yaklaşık 3-13 mm arasında oluşan aşındırma. Genelikle işlenebilirlik özelliğini kaybetmiş betonun imalatla kullanılması veya SSB plağın uygun kür koşullarında muhafaza edilmemesi nedeniyle oluşur. Ayrıca, fazla silindirel işleme ve taze SSB yüzeyinin yağmura maruz kalması da soyulma ve agregata sokulmasına neden olmaktadır.	m ²	-Müdahale edilmez	-Yama (kısmi derinlik)	-Elmas taşlama -Koruyucu yüzey kaplama -Yama (kısmi derinlik)	
Segregasyon (Segregation)	Segregasyon, SSB karışımının bazı bölgelerinde daha iri agregaların bazı bölgelerindeyse ince agregalar ve çimento hamurunun yoğunlaşmasıyla karışımın homojenliğinin bozulmasını ve ayrışmaların gözlemlenmesini ifade eder.	m ²	-Müdahale edilmez	-Yama (kısmi derinlik)	-Yama (kısmi derinlik)	
Sıkıştırma Kaynaklı Yırtılma (Minor Tearing of the Mix From Rolling)	İmalat doğrultusuna dik plak yüzeyinde paralel yırtılma şeklinde sıkıştırma işleminden sonra oluşan deformasyonlardır.	m ²	-Müdahale edilmez	-Yama (kısmi derinlik)	-Elmas taşlama -Yama (kısmi derinlik)	
Agregata Cıllanması (Polished Aggregate)	Sürekli trafik yükü altında agreganın pürüzlülüğünü kaybetmesi sonucunda kaba agreganın ortaya çıkması şeklinde oluşan aşındırma. Yol eğiminin yüksek olduğu SSB yol kesimlerinde daha sık gözlemlenmektedir.	Ano Sayısı, m ²	-Elmas taşlama -Koruyucu yüzey kaplama			
Kil Topağı Oyuukları (Popouts)	Yüzeyden ayrılan zayıf kaplama parçalarının oluşturduğu oyuk şeklindeki deformasyonlardır. Oyuukların çapı genellikle 25 ila 100 mm arasında olup derinliği ise 13 ile 50 mm arasında değişiklik göstermektedir.	A no Sayısı	-Müdahale edilmez -Koruyucu yüzey kaplama			







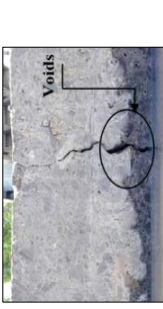

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) ÜSTYAPILARDA OLUŞAN ÇATLAK TIPLERİ						
Adı	Tanım	Ölçü Birimi	Şiddet Düzeyi / Önerilen Bakım Onarım Yöntemi			Örnek Fotoğraflar
			Düşük (L)	Orta (M)	Yüksek (H)	
Köşe Çatlağı (Corner Break)	Köşe çatlakları, plak doğrultusunu yaklaşık 45 dereceye açyla keserek, plak köşesinden oluşan çatlaklardır.	Ano Sayısı	-Çatlak Dolgusu ve Yalıtımı	-Yama (tam derinlik) -Çatlak Dolgusu ve Yalıtımı	Yama (tam derinlik)	
Dayanıklılık Çatlağı (Durability (D) Cracking)	Dayanıklılık (D) çatlağı, iri agreganın donma-çözülme etkisi altında yapmış olduğu genleşme hareketiyle oluşan çatlak tipidir.	Ano Sayısı, m ²	-Yama (tam derinlik) ve Ankrajlama	-Koruyucu yüzey kaplama	-Yeniden yapım	
Doğrusal Çatlak Oluşumu (Enine, Boyuna, Çapraz) (Linear Cracking (Longitudinal, Transverse, and Diagonal Cracks))	Doğrusal çatlaklar, SSB plağı iki veya üç parçaya bölen ve genellikle yoğun trafik yükleri, termal burulma ve kıvrıma gibi etkenlerin birinden veya kombinasyonundan kaynaklanan deformasyon tipidir.	Adet, m	-Çatlak Dolgusu ve Yalıtımı	-Çatlak Dolgusu ve Yalıtımı	-Yama (tam derinlik) veya kısmi derinlik	
Plak Bölünmesi (Divided Slab)	Beton plağın çatlaklarla dört veya daha fazla parçaya bölüdüğü deformasyon tipidir.	Ano Sayısı	-Çatlak Dolgusu ve Yalıtımı -Yama (tam derinlik)	-Yama (tam derinlik) ve Ankrajlama	-Yama (tam derinlik) ve Ankrajlama	

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) ÜSTYAPILARDA OLUŞAN YÜZEYSEL ÇATLAK TIPLERİ

Adı	Tanım	Ölçü Birimi	Şiddet Düzeyi / Önerilen Bakım Onarım Yöntemi			Örnek Fotoğraflar
			Düşük (L)	Orta (M)	Yüksek (H)	
Harita Şeklinde Çatlama (Map Cracking, and Cracking)	Beton plağın üst yüzeyinde, yer alan sığ, ince yani kılcal çatlaklardan oluşan bir ağrı ifade etmektedir. Bu tür çatlaklar 120 derecelik açılarla kesişme eğilimindedir. Plak yüzeyinden yaklaşık 6 ila 13 mm derinliğe kadar oluşmaktadır.	Ano Sayısı	-Müdahale edilmez	-Müdahale edilmez	-Müdahale edilmez -Koruyucu yüzey kaplama	
Büzülme Çatlakları (Shrinkage Cracks)	Büzülme çatlakları, rötre çatlakları olarak da bilinen, uzunluğu genellikle 2 m'den daha kısa olan ve plak derinliğince uzanmayan, kılcal çatlaklardır.	Ano Sayısı	-Müdahale edilmez	-Müdahale edilmez	-Müdahale edilmez	

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) ÜSTYAPILARDA OLUŞAN DERZ DEFORMASYON TIPLERİ						
Adı	Tanım	Ölçü Birimi	Şiddet Düzeyi / Önerilen Bakım Onarım Yöntemi			Örnek Fotoğraflar
			Düşük (L)	Orta (M)	Yüksek (H)	
Derz Köşe Parçalanması (Spalling, Corner)	Derz köşe parçalanması, SSB plakta derzlerin kesiştiği noktadan yaklaşık 0,3-0,5 m uzaklıkta oluşan parçalanmadır.	Adet	-Yama (kısmi derinlik)	-Yama (kısmi derinlik)	-Yama (kısmi veya tam derinlik)	
Derz Boyunca Parçalanma (Spalling, Joint)	Kontrolsüz derzlerde veya derze yakın noktada plağın parçalanmasıdır. Derz boyunca parçalanma derzin tamamında oluşmayıp derzin belli bir kesiminde meydana gelebilir.	m	-Yama (kısmi derinlik) -Çatlak Dolgusu ve Yalıtım	-Yama (tam derinlik)	-Yama (tam derinlik)	
İnşaat Derzi Parçalanması (Spalling at Cold Joint)	İnşaat derzleri, SSB'nin farklı zamanlarda farklı parçalar haline imalatının yapılması durumunda, bu farklı kesimler arasında oluşan planlı derzlerdir. İnşaat derzi köşe ve kenarlarında agrega kopmaları ve parça sökülmesi şeklinde oluşan deformasyonlar inşaat derzi parçalanması şeklinde tanımlanabilir.	m	-Çatlak Dolgusu ve Yalıtım	-Yama (kısmi derinlik) -Çatlak Dolgusu ve Yalıtım	-Yama (kısmi derinlik)	

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) ÜSTYAPILARDA OLUŞAN ŞERİT VE KENAR DEFORMASYON TIPLERİ						
Adı	Tanım	Ölçü Birimi	Şiddet Düzeyi / Önerilen Bakım Onarım Yöntemi			Örnek Fotoğraflar
			Düşük (L)	Orta (M)	Yüksek (H)	
Şerit ve Kenar Kayması (Lane/Shoulder Drop-Off)	Kaplama kenarında ayrılma veya kayma nedeniyle oluşan, plak kenarına yakın çatlaklardır.	m	-Çatlak Doğrusu ve Yalıtımı	-Yama (tam derinlik) ve Ankrajlama	-Yama (tam derinlik) ve Ankrajlama	
Plak Kenar Sökülmesi	Plak kenar sökülmesi, kenar desteği olmayan SSB yol uygulamalarında, SSB plak yan kısımlarında yer alan malzemenin yeterli kadar sıkıştırılmaması sonucunda serbest (sıkışmamış) durumdaki yan yüzeylerin trafik ve çevre koşulları altında parçalanması ve dökülmesi şeklinde oluşan deformasyondur.	m	-Müdahale edilmez - Uygun sıkıştırılabilir malzeme ile köşe desteği sağlanabilir.	- Uygun sıkıştırılabilir malzeme ile köşe desteği sağlanmalıdır.	-Yama (tam derinlik) ve Ankrajlama	

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) ÜSTYAPILARDA OLUŞAN DİĞER DEFORMASYON TIPLERİ						
Adı	Tanım	Ölçü Birimi	Şiddet Düzeyi / Onarım Bakım Onarım Yöntemi			Örnek Fotoğraflar
			Düşük (L)	Orta (M)	Yüksek (H)	
Basıncı Pailaması (Blowup/Buckling)	Genellikle yaz aylarında oluşan bu deformasyon, plağın genişlemesine izin verecek kontrolü derz eksikliğinde meydana gelir. Genleşmeden kaynaklanan basınç gerilimesi karşılanamadığında oluşmaktadır. Ayrıca, drenaj girişlerinde de basınçç pailaması oluşmaktadır	Adet	-Yama (tam derinlik) ve Ankrājlama	-Yama (tam derinlik) ve Ankrājlama	-Yama (tam derinlik) ve Ankrājlama	 
Yama ve Yama Bozulmaları (Patching)	Yama, SSB kaplamada 0,1 m ² ye eşit veya daha büyük bir alanın sökülerek yerine onarım yama malzemesi yerleştirilmesidir. Onarım malzemesi ve bu malzemenin plak ile birleşim kesimlerinde oluşan bozulmalara ise yama bozulması adı verilmektedir.	Adet, m ²	-Müdahale edilmez	-Yama (tam derinlik) ve Ankrājlama -Çatlak Dolgusu ve Yalıtımı	-Yama (tam derinlik) ve Ankrājlama	 
Faylanma (Faulting)	Çatlak veya derz boyunca çatlak kenarları arasında kot (yükseklik) farkı oluşur. Başlıca oluşum nedeni SSB üstyapı tabanında zayıf zemin bulunmasıdır. Buna ek olarak plağın altında bulunan malzemenin sürüklenmesi veya pompaj etkisi de oluşum nedenleri arasında yer almaktadır.	Ano Sayısı	-Yama (tam derinlik) ve Ankrājlama -Çatlak Dolgusu ve Yalıtımı	-Yama (tam derinlik) ve Ankrājlama	-Yeniden yapım	 
Pompaj Etkisi (Pumping)	Üstyapı tabanında bulunan malzemenin su ile birlikte derzler veya oluşan çatlaklar yoluyla dışarı atılmasıdır. Pompaj etkisi trafik yükü altında plağın yapmış olduğu tekrarlı hareketten kaynaklanır. Su ve ince malzeme yükü altındaki plakalar arasında hareket ederken, su plağın altına doğru sıkışır ve gerilmelere yol açar. Bu hareket, taban zeminini de aşındırır ve nihayetinde kaplama desteğinin kademeli olarak kaybolmasına neden olur. Bazı durumlarda pompaj etkisi ile beton plağın altında bulunan ince malzeme de sürüklenerek yüzeye çıkmaktadır. Pompaj etkisinin ana nedeni plağın altında su birikmesidir.	Adet, m	-Yama (tam derinlik) ve Ankrājlama			 

Ek-2: SSB Üstyapı Deformasyonları Olası Oluşum Nedenleri

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) ÜSTYAPILARDA OLUŞAN YÜZEYSEL DEFORMASYON TIPLERİ OLUŞUM FAKTÖRLERİ							
Adı	Tanım	Trafik	İklimsel ve Çevresel Faktörler			Malzeme	İnşaat
			Yağış Nem Durumu	Sıcaklık	Üstyapı Taban Zeminini		
Soyulma ve Agregata Sökülmesi (Scaling and Raveling)	SSB'nin bağlayıcılık özelliğini kaybetmesi nedeniyle plak yüzeyinden yaklaşık 3-13 mm aralığında oluşan aşınmadır. Genellikle işlenebilirlik özelliğini kaybetmiş betonun imalatla kullanılması veya SSB pleğin uygun küp koşullarında muhafaza edilmemesi nedeniyle oluşur. Ayrıca, fazla silindirel işleme ve taze SSB yüzeyinin yağmura maruz kalması da soyulma ve agregata sökülmesine neden olmaktadır.	İEE	İEE	KBE	İEE	KBE	ABE
Segregasyon (Segregation)	Segregasyon, SSB karışımının bazı bölgelerinde daha iri agregaların bazı bölgelerindeyse ince agregalar ve çimento hamurunun yoğunlaşmasıyla karışımın homojenliğinin bozulmasını ve ayrışmaların gözlemlenmesini ifade eder.	İEE	İEE	İEE	İEE	ABE	ABE
Sıkıştırma Kaynaklı Yırtılma (Minor Tearing of the Mix From Rolling)	İmalat doğrultusuna dik plak yüzeyinde paralel yırtılma şeklinde deformasyonların oluşmasıdır.	İEE	İEE	İEE	İEE	ABE	ABE
Agregata Cırlanması (Polished Aggregate)	Süreklili trafik yükü altında agreganın pürüzlülüğünü kaybetmesi sonucunda kaba agreganın ortaya çıkması şeklinde oluşan aşınmadır. Yol eğiminin yüksek olduğu SSB yol kesimlerinde daha sık gözlemlenmektedir.	KBE	İEE	İEE	İEE	ABE	İEE
Küçük Topağı Oyukları (Popouts)	Yüzeyden ayrılan zayıf kaplama parçalarının oluşturduğu oyuk şeklindeki deformasyonlardır. Oyukların çapı genellikle 25 ile 100 mm arasında olup derinliği ise 13 ile 50 mm arasında değişiklik göstermektedir.	İEE	KBE	KBE	İEE	ABE	KBE

ABE= Ana Birincil Etmen, KBE= Katkıda Bulunan Etmen, İEE= İhmal Edilebilir Etmen

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) ÜSTYAPILARDA OLUŞAN ÇATLAK TIPLERİ OLUŞUM FAKTÖRLERİ									
Adı	Tanım	Trafik	İklimsel ve Çevresel Faktörler			Malzeme	İnşaat		
			Yağış Nem Durumu	Sıcaklık	Üstyapı Taban Zeminini				
Köşe Çatlakları (Corner Break)	Köşe çatlakları, plak doğrultusunu yaklaşık 45 derecelik açıyla keserek, plak köşesinden oluşan çatlaklardır.	ABE	KBE	KBE	KBE	İEE	KBE		
Dayanıklılık Çatlakları (Durability (D) Cracking)	Dayanıklılık (D) çatlakları, iri agreganın donma-çözülme etkisi altında yapmış olduğu genişleme hareketiyle oluşan çatlak türüdür.	İEE	ABE	ABE	İEE	ABE	İEE		
Doğrusal Çatlak Oluşumu (Enine, Boyuna, Çapraz) (Linear Cracking (Longitudinal, Transverse, and Diagonal Cracks))	Doğrusal çatlaklar, SSB plağı iki veya üç parçaya bölen ve genellikle yoğun trafik yükleri, termal burulma ve kıvrılma gibi etkenlerin birinden veya kombinasyonundan kaynaklanan deformasyon türüdür.	ABE	KBE	ABE	KBE	KBE	KBE		
Plak Bölünmesi (Divided Slab)	Beton plağın çatlaklarla dört veya daha fazla parçaya bölündüğü deformasyon türüdür.	ABE	KBE	İEE	ABE	KBE	ABE		
ABE= Ana Birincil Etmen, KBE= Katkıda Bulunan Etmen, İEE= İhmal Edilebilir Etmen									

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) ÜSTYAPILARDA OLUŞAN YÜZEYSEL ÇATLAK TIPLERİ OLUŞUM FAKTÖRLERİ							
Adı	Tanım	Trafik	İklimsel ve Çevresel Faktörler			Malzeme	İnşaat
			Yağış Nem Durumu	Sıcaklık	Üstyapı Taban Zemini		
Harita Şeklinde Çatlama (Map Cracking, and Cracking)	Beton plağın üst yüzeyinde yer alan sığ, ince yani kılcak çatlaklardan oluşan bir ağı ifade etmektedir. Bu tür çatlaklar 120 derecelik açılarla keşişme eğilimindedir. Plak yüzeyinden yaklaşık 6 ila 13 mm derinliğe kadar oluşmaktadır.	İEE	İEE	KBE	İEE	İEE	ABE
Büzülme Çatlakları (Shrinkage Cracks)	Büzülme çatlakları, rötre çatlakları olarak da bilinen, uzunluğu genellikle 2 m'den daha kısa olan ve plak derinliğince uzanmayan, kılcak çatlaklardır.	İEE	KBE	ABE	İEE	KBE	KBE

ABE= Ana Birincil Etmen, KBE= Katkıda Bulunan Etmen, İEE= İhmal Edilebilir Etmen

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) ÜSTYAPILARDA OLUŞAN DERZ DEFORMASYON TIPLERİ OLUŞUM FAKTÖRLERİ							
Adı	Tanım	Trafik	İklimsel ve Çevresel Faktörler			Malzeme	İnşaat
			Yağış Nem Durumu	Sıcaklık	Üstyapı Taban Zeminini		
Derz Köşe Parçalanması (Spalling, Corner)	Derz köşe parçalanması, SSB plakta derzlerin kesitiği noktadan yaklaşık 0,3-0,5 m uzaklıkta oluşan parçalanmadır.	KBE	İEE	ABE	İEE	İEE	ABE
Derz Boyunca Parçalanma (Spalling, Joint)	Kontrollü derzlerde veya derze yakın noktada plağın parçalanmasıdır. Derz boyunca parçalanma derzin tamamında oluşmayıp derzin belli bir kesiminde meydana gelebilir.	KBE	KBE	ABE	İEE	KBE	ABE
İnşaat Derzi Parçalanması (Spalling at Cold Joint)	İnşaat derzleri, SSB'nin farklı zamanlarda farklı parçalar haline imalatının yapılması durumunda, bu farklı kesimler arasında oluşan planlı derzlerdir. İnşaat derzi köşe ve kenarlarında agrega kopmaları ve parça sökülmesi şeklinde oluşan deformasyonlar inşaat derzi parçalanması şeklinde tanımlanabilir.	KBE	KBE	KBE	İEE	İEE	ABE

ABE= Ana Birincil Emen, KBE= Katkıda Bulunan Emen, İEE= İhmal Edilebilir Emen

SİLİNDİRLERLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) ÜSTYAPILARDA OLUŞAN ŞERİT VE KENAR DEFORMASYON TIPLERİ OLUŞUM FAKTÖRLERİ							
Adı	Tanım	Trafik	İklimsel ve Çevresel Faktörler			Malzeme	İnşaat
			Yağış Nem Durumu	Sıcaklık	Üstyapı Taban Zeminini		
Şerit ve Kenar Kayması (Lane/Shoulder Drop-Off)	Kaplama kenarında ayrılma veya kayma nedeniyle oluşan, plak kenarına yakın çatlaklardır.	IEE	IEE	IEE	ABE	IEE	ABE
Plak Kenar Sökülmesi	Plak kenar sökülmesi, kenar desteği olmayan SSB yol uygulamalarında, SSB plak yan kısımlarında yer alan malzemenin yeterli kadar sıkıştırılmaması sonucunda serbest (sıkışmamış) durumdaki yan yüzeylerin trafik ve çevre koşulları altında parçalanması ve dökülmesi şeklinde oluşan deformasyondur.	KBE	IEE	KBE	IEE	IEE	ABE

ABE= Ana Birincil Etmem, KBE= Katkıda Bulunan Etmem, IEE= İkmal Edilebilir Etmem

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) ÜSTYAPILARDA OLUŞAN DİĞER DEFORMASYON TIPLERİ OLUŞUM FAKTÖRLERİ							
Adı	Tanım	Trafik	İklimsel ve Çevresel Faktörler			Malzeme	İnşaat
			Yağış Nem Durumu	Sıcaklık	Üstyapı Taban Zeminini		
Basınç Patlaması (Blowup/Buckling)	Genellikle yaz aylarında oluşan bu deformasyon, plağın genişlemesine izin verecek kontrollü derz eksikliğinde meydana gelir. Genleşmeden kaynaklanan basınç gerilimesi karşılanmadığında oluşmaktadır. Ayrıca, drenaj girişlerinde de basınç patlaması oluşmaktadır	KBE	KBE	ABE	İEE	İEE	ABE
Yama ve Yama Bozulmaları (Patching)	Yama, SSB kaplamada 0.1 m ² 'ye eşit veya daha büyük bir alanın sökülerek yerine onarım yama malzemesi yerleştirilmesidir. Onarım malzemesi ve bu malzemenin plak ile birleşim kesimlerinde oluşan bozulmalara ise yama bozulması adı verilmektedir.	ABE	KBE	KBE	KBE	ABE	KBE
Faylanma (Fauling)	Çatlak veya derz boyunca çatlak kenarları arasında kot (yükseklik) farkı oluşumudur. Başlıca oluşum nedeni SSB üstyapı tabanında zayıf zemin bulunmasıdır. Buna ek olarak plağın altında bulunan malzemenin sürüklenmesi veya pompaj etkisi de oluşum nedenleri arasında yer almaktadır.	İEE	KBE	KBE	ABE	İEE	İEE
Pompaj Etkisi (Pumping)	Üstyapı tabanında bulunan malzemenin su ile birlikte derzler veya oluşan çatlaklar yoluyla dışarı atılmasıdır. Pompaj etkisi trafik yükü altında plağın yapmış olduğu tekrarlı hareketten kaynaklanır. Su ve ince malzeme yük altındaki plakalar arasında hareket ederken, su plağın altına doğru sıkışır ve gerilmelere yol açar. Bu hareket, taban zeminini de aşındırır ve nihayetinde kaplama desteğinin kademe ile kaybolmasına neden olur. Bazı durumlarda pompaj etkisi ile beton plağın altında bulunan ince malzeme de sürüklenerek yüzeye çıkmaktadır. Pompaj etkisinin ana nedeni plağın altında su birikmesidir.	ABE	ABE	İEE	KBE	İEE	KBE

ABE= Ana Birincil Etmen, KBE= Katkıda Bulunan Etmen, İEE= İhmal Edilebilir Etmen



TÜRKCİMENTO

Tepe Prime A Blok Kat: 18-19
Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulvarı) 9. km
No: 266 06800 Ankara
T : 444 50 57 - F : 0 (312) 265 09 06-05
www.turkcimento.org.tr - info@turkcimento.org.tr

     /turkcimento