

BETON YOLLARDA YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜNÜN SAĞLANMASI VE BAKIMI



| | | | |
|---|----|--|----|
| GİRİŞ | 3 | 2.4.3 Beton kaplama tasarımı | 22 |
| YÖNETİCİ ÖZETİ | 4 | 2.4.4 Kalıpların hizalanması ve kılavuzlar | 22 |
| 1. BETON YOLLARDA YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜNÜ SAĞLAMAK VE KORUMAK İÇİN | 6 | 2.4.4.1 Sabit kalıplı yapım | 22 |
| 1.1 Yüzey düzgünlüğünü neden ölçmeliyiz? | 6 | 2.4.4.2 Kılavuz teller | 23 |
| 1.2 Yüzey düzgünlüğü ölçme yöntemleri | 6 | 2.4.4.3 Kılavuzsuz yerleştirme | 28 |
| 1.2.1 Yüzey düzgünlüğü ölçüm ekipmanları | 6 | 2.4.5 Betonun beslenmesi | 29 |
| 1.2.2 Yüzey düzgünlüğü şartnameleri | 8 | 2.4.6 Finişerin operasyonu | 32 |
| 1.2.2.1 Giriş | 8 | 2.4.7 Yatay kurlarda beton kaplama | 37 |
| 1.2.2.2 Yüzey düzgünlüğü şartnamelerinin içerikleri | 8 | 2.4.8 Düşey kurlarda beton kaplama | 37 |
| 1.2.2.3 Havalimanı kaplamalarında yüzey düzgünlüğü şartnameleri | 9 | 2.4.9 Kenar çökmesi | 39 |
| 1.2.3 Yapım esnasında yüzey düzgünlüğü ölçümleri | 10 | 2.4.10 Kayma demirleri ve donatı | 41 |
| 1.2.3.1 Taze betonda | 10 | 2.4.11 Gömülü elemanlar | 44 |
| 1.2.3.2 Erken zaman sertleşmiş betonda | 11 | 2.4.12 Yüzey bitirme ve yüzey pürüzlendirme | 45 |
| 1.2.4 Yapım sonrasında kalite kabulü için yüzey düzgünlüğü ölçümleri | 11 | 2.4.13 Kürleme | 47 |
| 1.2.5 Hizmet sırasında yüzey düzgünlüğü ölçümleri | 11 | 2.4.14 Derzlerin kesilmesi | 48 |
| 1.2.6 Derzlerde basamak oluşumunun özel durumu | 11 | 2.4.15 Personel eğitimi ve motivasyonu | 49 |
| 1.2.7 Enine yüzey düzgünlüğü | 12 | 3. HİZMET SÜRESİNCE BETON DÜZGÜNLÜĞÜNÜ ETKİLEYEN PARAMETRELER | 50 |
| 2. YAPIM AŞAMASINDA YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜNÜ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN ANALİZİ | 13 | 3.1 Kaplamanın yapısal tasarımı | 50 |
| 2.1 Yapım lojistiğini planlama | 13 | 3.2 Derzlerin tasarımı | 50 |
| 2.2 Beton ve malzemelerin karakteristikleri | 13 | 3.3 Alttemelin tipi ve oyulumu | 51 |
| 2.3 Beton üretimi ve serim tesisi | 15 | 3.4 Ağır taşıtların etkisi | 51 |
| 2.3.1 Beton santrali | 15 | 3.5 Taban zemini veya dolgu hareketlerinin etkisi | 51 |
| 2.3.2 Taşıma ekipmanı | 17 | 3.6 Kıvrılma ve burulması | 52 |
| 2.3.3 Yerleştirme ekipmanı | 18 | 3.7 Sonuçlar | 53 |
| 2.4 Beton yol yapımıyla ilgili parametreler | 20 | 4. YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜNÜ TEKRAR SAĞLAMAK İÇİN UYGULANABİLECEK TEKNİKLER | 54 |
| 2.4.1 Alttemeller | 20 | 4.1 Elmas taşlamayla düzeltme | 54 |
| 2.4.2 Finişer güzergahının sıkıştırılması | 21 | 4.2 Frezelemeyle düzeltme | 55 |
| | | 4.3 Elmas taşlama ve frezeleme yöntemlerinin karşılaştırılması | 56 |
| | | 4.4 Grout harcı ile plak yükseltme | 57 |
| | | KAYNAKÇA | 58 |

Beton kaplamaların asfalt kaplamalara göre bilinen birçok avantajı olmasına (uzun servis ömrü, kalıcı deformasyonlara karşı dayanıklı oluşu, hemen hemen hiç bakım gerektirmemesi) karşın, sıklıkla bahsedilen başlıca dezavantajları yüzey konforunun az oluşu ve yüzey düzgünlüğünün yetersiz olmasına bağlı olarak oluşan yüksek düzeyde yuvarlanma gürültüsüdür.

Bu yayın yüzey düzgünlüğünü ölçmek için uygulanan metotların kısa bir tanıtımıyla başlamaktadır. Yüzey düzgünlüğünün yapımı sırasında ve servis süresince etkili parametreleri tarafsız bir şekilde değerlendirmeyi amaçlayıp son olarak yüzey düzgünlüğünü tekrar sağlamak için uygulanan güncel teknikler sunulmaya çalışılmıştır.

Bu teknikler uygulandığı sürece beton yollarla ilgili olumsuz algılar kolayca aşılacaktır.

Bu yayın Avrupa Beton Kaplamalar Birliği (EUPAVE)'nin Teknik ve Promosyon Komitesi En İyi Uygulamalar Çalışma Grubu Tarafından hazırlanmıştır.

Bu yayın Dünya Karayolları Birliği (PIARC)'ın Beton Yollar Teknik Komitesi'nin 1991'de yayınladığı "Beton yollarda yüzey düzgünlüğünü sağlamak ve korumak" raporunun güncellenmiş halidir.



Bu yayının hazırlanmasına katkıda bulunan EUPAVE üyeleri:

Özlem Aslan, EUPAVE, Belgium;
André Burger, Cement&Beton Centrum, Hollanda, EUPAVE Teknik ve Promosyon Komitesi Başkanı;
Romain Buys, Robuco, Belgium;
Jeroen De Vrieze, KWS, The Netherlands;
Jesus Diaz Minguela, IECA, Spain;
Carlos Jofré, İspanya- Yayının başyazarı ;
Rory Keogh, Gomaco, U.K., EUPAVE En İyi Uygulamalar Çalışma Grubu Başkanı;
Wim Kramer, Cement&Beton Centrum, Hollanda
Stephane Nicoud, LafargeHolcim, Fransa-EUPAVE Başkanı;
Luc Rens, FEBELCEM, Belçika, EUPAVE Yönetici Direktörü (Managing Director) ve bu yayının revize edici koordinatörü;
Sergio Tortelli, Hiedelberg CementGroup, İtalya.

Bu yayını kontrol edenler:

Anne Beeldens, AB-Roads, Belçika;
Margo Briessinck, Belçika (Flemish) Karayolları Müdürlüğü, Belçika (Bölüm 1);
Karl Downey, EUPAVE, Belçika;
John Gibbs, ERMCO, Belçika;
George Jurriaans, ECCRA, Hollanda.

Yüzey düzgünlüğü muhtemelen diğer bütün yüzey özellikleri arasında sürücülerin kaplama kalitesini değerlendirirken en hassas olduğu faktördür. Bu nedenle, tasarımcıların ve uygulayıcıların düzgün bir yüzey nasıl sağlanabilir, sürdürülebilir gerekirse tekrar kazanılabilir konularında bilgi sahibi olmaları çok önemlidir.

Yüzey düzgünlüğünü değerlendirmek ve kullanıcının ihtiyaçlarıyla ilişkilendirmek için farklı sistemler mevcuttur. Çoğunlukla yüksek-hızlı profilometreler kullanılmaktadır; ve Uluslararası Pürüzlülük İndeksi (IRI), Profilograf İndeksi (PrI), Ağırlıklı Boyuna Yol (Longitudinal) Profili (WLP) ölçüm sonuçları yüzey düzgünlüğü hakkında fikir vermektedir.

Sadece yapım sonrasında değil yapım sırasında da yüzey düzgünlüğü eşzamanlı olarak ölçülebilmektedir. Bu kontroller yapım ekipmanı ve tekniğinde hataların tespit edilmesini ve imalatın kalitesini ölçmeyi amaçlar.

Beton yollarda yüzey düzgünlüğü yapım sırasında birçok faktörden etkilenmektedir. İlk olarak, yeterli işlenebilirliğe ve homojenliğe sahip bir beton karışımı için uygun malzemeler doğru miktarda kullanılmalıdır. Harmanlar arasında iyi bir kıvam uyumu sağlamak beton santralinin kalitesine bağlıdır. Hammadde stoğunun iyi yönetilmesi ve nemin kontrol altında tutulması imalat aşamasında hayati önem taşımaktadır.

Eğer iyi teknikler uygulanırsa, hem kayar kalıplı yapımda hem de sabit kalıplı inşaatda düzgün beton kaplama yüzeyleri elde etmek mümkündür. Anlaşıldığı üzere, elle dökümde kalıpların pozisyonu veya kayar kalıplı inşaatda kılavuz telleri bu noktada büyük önem taşımaktadır. Kılavuz tellerin kullanılmadığı projelerde bu problem takometre ve GPS ölçümleriyle ortadan kaldırılmaktadır. Bu durum yapımın hızlanması, finişer için daha fazla çalışma alanı, ve toplam genişliğinin azaltılması gibi pek çok üstünlük sunmaktadır. Bir başka önemli hususta, kayar kalıplı finişer için temiz ve stabil bir güzergâha ihtiyaç olmasıdır.

İmalat sırasında duraklamaları önlemek için, beton besleme hızı, finişerin ilerleme hızıyla aynı olmalıdır. Bu yüzden taşıyıcı kamyonların sayısı yeterli olmalıdır. Beton boşaltmak için doğrudan finişerin önüne dökmek, "bantlı beton yerleştiricisiyle dökmek, açık bir hazneye dökmek veya ekskavatörle (GCP) finişerin önüne serpmek gibi çeşitli yöntemler mevcuttur. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın yeterli miktarda beton kayarkalıplı finişerin önüne yerleştirilmelidir. Ön taraftaki helezonlar ve serme tablaları önceden belirlenmiş bir açıklıkta betonun yerleştirilmesini sağlamaktadır. Beton finişerdeki bir dizi vibratör yardımıyla sıkıştırılmaktadır; sıkıştırıcı çubuk sistemi betonu düzgünce aşağı ittirirken finişerin serme tablası beton yüzeyini düzeltmektedir. Düzgün yüzey elde etmenin altın kuralı serme tablasının ucunda aynı basıncı sürdürmektir.

Yatay kurlarda veya düşey eğimlerde beton dökümü yüzey düzensizliklerinin ve ondülasyonların önlenmesi için daha fazla dikkat ve düzenleme gerektirmektedir.

Donatıların ve kayma demirlerinin beton kaplamaya eklenmesi yüzey düzgünlüklerine yol açmamalıdır. Günümüzde kullanılan modern tasarım ve yapım tekniklerinin geçmişte yaşanan yetersiz sıkışma veya donatı tepelikleri gibi problemleri engellemelidir. Modern kayar kalıplı finişerlerde kayma demiri sehpalarıyla aynı veya daha iyi bir şekilde taze betonun içerisine belli bir hassasiyetle kayma demiri ekleyici birimler de eklenmiştir. Gömülü nesnelere kaplama yüzeyini etkilediğinden yapım esnasında daha fazla dikkat gerektirmektedir. İnşaat derzleri de beton kaplamalarda sıklıkla yüzey düzgünlüklerine neden olduğundan özenle yapılmalıdır. Derzli donatısız beton kaplamalarda (JPCP) bu durum serimi yaptıktan sonra kaplamanın son parçasının kesilmesiyle çözülmektedir.

Kaplama yüzeyinin yerleştirmenin hemen ardından bitirilmesi, pürüzlendirilmesi ve kürlenmesi gerekmektedir. Düzgün bir yüzey elde etmek için yüzey bitirme işleminde özen gösterilmelidir. Yüzeyin yırtılması / parçalanması doğru beton reçetesi kullanıldığında, vibratör yüksekliği ve finişer hızının iyi ayarlanmasıyla engellenebilmektedir. Düzgünsüzlüklerin dalgaboyları yüzey bitirme tekniklerinden (süpürme, tırmıklama, yiv açma, görünür agregalı yüzeyler) kaynaklanmaktadır ve teoride sürüş konforu üzerinde negatif bir etki yaratmamalıdır.

Son olarak yüzey kimyasal kür ajanı veya plastik membran kullanılarak kürlenmelidir. Yanlış kürlenme teknikleri farklı büzümeye veya kalıcı büzümeye neden olabileceğinden yüzey düzgünlüğünü olumsuz etkileyebilmektedir. Plakanın altında ve üstünde farklı büzümler plakanın kıvrılmasına veya çarpılmasına neden olmaktadır.

Kaplama düzgünlüğünü arttırmak için kullanılan tekniklerden ve uygulama sürecinden bağımsız olarak, işi eğitilmiş ve gereken motivasyonu sağlamış bir ekip üstlenmesi çok önemlidir. Çünkü beton kaplamada sadece yetkin personeller mükemmel sonuçlar elde edebilmektedir.

Yolun servis sırasında düzgünlüğünü etkileyen faktörler çoğunlukla yapısal tasarımla veya kaplamada suyun mevcut olmasıyla ilişkilendirilmektedir. Taban zemini suyunun sisteme zarar vermesini önlemek için derzlerin doldurulması, uygun drenaj sistemlerinin yerleştirilmesi, alttemelde seçme malzemelerin kullanılması, sert banketlerin yapımı veya alttemelle plak arasına asfalt ayırıcı tabakaların yapılması gibi pekçok önlem almak mümkündür. Derzli donatısız beton yol tasarımında kullanılan modern teknikler ile daraltılmış kayma demirli büzümme derzleri plaka boylarını kısaltmıştır. Erozyona uğramayan alttemel malzemelerinin kullanılması ise derzlerde pompalama ve faylanma problemini çözmüştür. Ayrıca, plakada oluşan farklı sıcaklık ve/veya nemden kaynaklanan kıvrılma ve çarpılma azaltılmıştır. Sürekli donatılı beton yollar ise enine derzlerdeki problemleri çözmüştür.

Yolun yapımından hemen sonra oluşan veya birkaç yıl sonra gelişen yüzey düzgünlüğü problemleri elmas taşlama, ince kazıma veya plakanın kaldırılmasıyla çözülebilmektedir. Elmas taşlama dönen tamburlara yerleştirilmiş elmas testerelerle yüzeyin kesilmesi işlemidir. Bu yöntem boyuna ince paralel yivler oluşturarak gayet konforlu, kızaklama direnci yüksek ve gürültüsüz yüzeyler oluşturmaktadır. Mikro kazıma veya ince kazıma yönteminde ise tambur ızgara biçiminde sert ekipmanlarla donatılmıştır. Bu ekipmanlar betonun yüzeyindeki malzemeyi kaldırarak düzgünlüğünü engellemektedir. Son olarak, grout harcı beton plakaların kaldırılarak veya stabilize edilerek sürekli donatılı beton yollarda yüzey düzgünlüğünü tekrar elde etmek için uygulanan bir tekniktir.

1. BETON YOLLARDA YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜNÜ SAĞLAMAK VE KORUMAK İÇİN

1.1 YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜNÜ NEDEN ÖLÇMELİYİZ?

Yüzey düzgünlüğü muhtemelen diğer bütün yüzey özellikleri arasında sürücülerin kaplama kalitesini değerlendirirken en hassas olduğu faktördür. Aşağıdaki kaplama özellikleri yüzey düzgünlüğüne bağlıdır:

- sürüş konforu ve güvenlik: yüzey profilinde düzgünlüklerin bu iki parametre üzerindeki etkisi yüzeyde oluşan dalgaların dalgaboyu ve genişliği ve yüzey düzgünlüklerinin sıklığının araç hızıyla ilişkisinin bir fonksiyonudur;
- araç kullanım maliyetleri(bakım gereksinimi ve yakıt tüketimi);
- yüzey düzgünlüklerinin dinamik etkilerinden kaynaklanan kaplama bozulmaları

Yüzey düzgünlüğünü ölçmenin ve bu parametre için kabul edilebilir sınır değerler tanımlamanın amacı bunları mevcut teknolojiler yardımıyla sürücü gereksinimleriyle ilişkilendirmek ve farklı yol ağlarında iyi tanımlanmış yüzey düzgünlüğü kriterlerini karşılayabilmektir. Yüzey düzgünlüğü ölçümü sonuçları genellikle yol işlerinin kalitesini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu ölçümler yolların işletmesi sırasında bakım yönetim sistemleri için önemli veriler sağlamaktadır.

1.2 YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜ ÖLÇME YÖNTEMLERİ

1.2.1 YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜ ÖLÇÜM EKİPMANLARI

Yüzey düzgünlüğü ölçümleri 1900'lü yıllarda master ölçümlerinden başlayarak günümüzde normal hızlarla seyahat ederken yüzey profilini ölçen araçlara kadar gelişmiştir.

Kaplama düzgünlüğünü ölçen ekipmanlar şu şekilde 5 kategoride incelenebilmektedir.

1. tepki tipi(response type) yol pürüzlülüğü ölçen sistemler: kaplamanın araç üzerinde veya özel bir römork üzeri-

ne yaptığı tepkiyi özel algılayıcı elemanlar sayesinde ölçmektedir. Tepki tipi aletler otomobiller veya standart römorklar üzerinde kullanılmaktadır. Araca bağlı sistemler aracın arka dingilinin araca göre yaptığı dikey hareketleri ölçerek kaydetmektedir. Römorka bağlı sistemler ise römorkun römork gövdesine göre yaptığı hareketleri ölçerek kaydetmektedir.

2. yüksek hızlı ağır profilometreler: bunların başlıca parçaları yükseklik sensörleri, ivmeölçerler, mesafe ölçer ve bir bilgisayar donanımı ve yüzey boyunca profili çıkartan bir yazılımdır. Yükseklik sensörü kaplama yüzeyinin araçtan yüksekliğini hesaplamaktadır. Yükseklik sensörleri üzerinde yer alan ivme ölçerler aracın düşey ivmesini kaydetmektedir. İvme ölçerlerden toplanan veriler aracın bir referans atalet görüntüsüne göre yüksekliğini belirlemek için kullanılmaktadır. Mesafe ölçerler bir referans başlangıç noktasına göre kaydedilen mesafeyi belirlemektedir. Mesafe ölçerden, yükseklik sensöründen ve ivme ölçerden kaydedilen verilerle bilgisayar yazılımı kaplama yüzeyinin profilini hesaplamaktadır. Temassız yükseklik sensörleri lazerli, ultrasonlu, optik veya kızılötesi olabilir.

Son zamanlarda, lazer sensörler profilometrelerde en yaygın kullanılan yükseklik sensörleridir. APL ekipmanının yaklaşımı daha farklıdır. Bu ekipmanda düşey deplasmanları hesaplamak için bir atalet sarkacı kullanılmaktadır. Bu sistem bir araç tarafından çekilen bir veya iki tek tekerlekli römork içermektedir.

3. profilograflar: profilograf rijit bir giriş veya uçlarında destek tekerlekleri ve bir orta tekerleği olan bir çerçeve içermektedir. Destek tekerlekleri orta tekerleğin sapmalarını değerlendirmek için bir kıyas kotu oluşturmaktadır.

4. hafif profilometreler: golf arabası gibi hafif araçlara yerleştirilmiş profilometrelerdir. Hafif profilometreler de yüksek hızlı ağır profilometreler gibi yükseklik sensörleri, ivmeölçerler ve mesafe ölçerlerden oluşmaktadır. Aracın hafif oluşu kaplama profilini kaplama aracını taşıyacak kadar güçlendiği zaman ölçmeyi mümkün kıldığından bu sistemler daha çok yeni yapılan beton kaplamaların profilini ölçmek için kullanılmaktaydı.
5. otomatik olmayan araçlar: Otomatik olmayan pekçok kaplama profili ölçüm metodu ve aleti mevcuttur. Statik master ölçümü, dönen master ölçümü, cetvel ve kot, kılavuz ve eğim ölçere dayalı pekçok alet(döner ve ilerleyen ölçüm masterları, yürüyen profilometreler) otomatik olmayan profil ölçerlere örnek olarak gösterilebilir.



Yüzey profili ölçüm cihazları:
APL profilometre ve bisiklet
yolları için hafif profilometre

(Fotorağlar: Belçika Karayolları
Araştırma Merkezi)



1.2.2 YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜ ŞARTNAMESLERİ

1.2.2.1 Giriş

Doğrudan sürüş kalitesini değerlendiren ve yüzey düzgünlüğü ölçümlerini ele alan iki tip yüzey düzgünlüğü şartnamesi mevcuttur. [30]

Yüzey düzgünlüğü ölçümü sonuçları

Dönen master ölçerler ve yüzeyin pürüzlülük profili izlerini belirleyen (normalde tekerlek güzergahı üzerinde ölçülmektedir.) profilograflarıyla ölçülen yüzey düzgünlüklerini dikkate alan şartnameler genel yüzey düzgünlüğü indeksini hesaplamaktadır. Bu indeksler sürücülerin "kabul edilebilir" ve "kabul edilemez" yüzey düzgünlüğü eşikleri anlayışlarıyla ilişkilendirilmektedir. Bazı yönetimler bu eşiklere göre ücret düzenlemesi yapmaktadır. "Düzeltilmeli" veya "Kazınmalı" gibi kararlar alabilmek için, bazı yönetimler bir referans düzlemden kabul edilemez lokal sapsmalar için tümsek şablonları kullanmaktadır.

Sürüş konforu

Sürüş kalitesi ölçümlerine dayanan şartnameler, sürücülerin algılarını ve sürücülerin seyahat sırasında gerçekte ne hissettiğini daha iyi değerlendirmektedir. Sürüş kalitesini en iyi ölçen aletler "tepki-tipi" aygıtlar ve "ağırlık profilometreleri"dir. Tepki tipi aygıtlar araç süspansiyon mesafesi gibi özellikleri ölçmektedir. Bu ölçümler daha sonra kabul edilebilir ve kabul edilemez sürüş kalitesi değerlerine dönüştürülmektedir. Ağır profilometreler yüzeyin sürüş kalitesini değerlendirmede kullanılmak üzere kaplama yüzeyinin gerçek profilini gösteren profil izleri çıkarabilmektedir. Sürücülerin sürüş kalitesi adına neyi kabul edilebilir neyi kabul edilemez bulduklarını belirleyecek rehberler kullanarak, ödeme kesintisi planları ve yerel pürüzlülük kriterleri her kurum tarafından belirlenir.

Hangi şartnamenin kullanılacağı projenin yönetimine ve paydaşlarına bağlıdır. Her geçen gün paydaşlar gerçek yüzey kalitesinin ölçülmesinin önemini farketmekte ve sürüş kalitesi sürücünün algılarıyla

daha iyi ilişkilendirilebilmektedir. Ayrıca sürüş kalitesi ölçüm cihazları belirli ölçüm önyargılarına daha az duyarlıdır. Ancak, sürüş kalitesi şartnameleri genel olarak daha gelişmiş ekipmanlar, ölçümler ve sonuçların değerlendirilmesi için yoğun eğitimler gerektirmektedir.

1.2.2.2 Yüzey düzgünlüğü şartnamelerinin içerikleri

Yüzey düzgünlüğü şartnamelerinin tümünde kullanılan ilk bileşen bir yüzey düzgünlüğü indeks sistemidir. Bu sistem ekipmanın nasıl seçileceği ve belgeleneceği, yüzey düzgünlüğü ölçümlerinin projede nasıl belirleneceği, toplanan verilerin nasıl değerlendirileceği ve ödeme kesintilerine nasıl karar verileceği konusunda yönlendirmektedir.

Yüzey düzgünlüğü indekslerinin en yaygın kullanılanları Uluslararası Pürüzlülük İndeksi (IRI) ve Profilograf İndeksidir. (Prl)

Uluslararası Pürüzlülük İndeksi (IRI), öncelikle Dünya Bankası tarafından kabul edilen profile dayanan bir istatistiktir. [25,26]

IRI, 80 km/sa hızla ilerleyen tek tekerlekli bir araç süspansiyonunun üzerinde tekerleğin kaplama yüzeyindeki pürüzlülüğe tepkisini ölçmektedir. IRI'nın algoritması otomobilin bir çeyreğini modellemektedir. Model tek tekerlek, süspansiyon yayı ve amortisörü, süspansiyon tarafından o tekerlek için taşıyan kütleyi içermektedir.

IRI yüzey profili izlerini oluşturabilen herhangi bir profilometreyle (ağır profilometre, eğim-ölçer, cetvel ve kot, vb.) alınan ölçümlere göre bulunabilmektedir. IRI ayrıca kabaca tepki tipi ölçümlerin referans profilometreyle ilişkilendirmesi yardımıyla ölçülebilmektedir.

Profilograf indisi (Prl) bazı yazılımlar kullanılarak ağır profilometrelerden toplanan profil izleriyle modellenbilse de genellikle profilograf (Kaliforniya tipi) yardımıyla ölçülmektedir. Prl bazen profil indisi (PI) olarak kullanılsa da Prl daha özelliklidir.

Hem IRI hem de PrI, m/km veya mm/km cinsinden ifade edilmektedir. Ancak bu ölçümler doğrudan ilişkili olmayıp birbirine çevrilememektedir. Genellikle profil izleri bir şerit üzerinde tekerlek güzergahlarının birinde veya her ikisinde toplanabilmektedir.

Ortalama Pürüzlülük İndisi(MRI) ve Yarı-araç Pürüzlülük İndisi(HRI), IRI'nın çeşitleri olarak kullanılmaktadır. MRI bir yol veya birçok yol üzerinde tekerlek güzergahından toplanan IRI değerlerinin ortalamasıdır. HRI ise tekerlek güzergahı profillerine IRI algoritmasının uygulanmasıyla elde edilmektedir.

Almanya ve Avusturya'da Ağırlıklı Yolbo-yu Profili (WLP) kullanılmaktadır.Frekans alanında ağırlık fonksiyonunun ağırlıklı ortalamasının alınmasıyla elde edilen uzunlamasına bir profildir.

Yüzey düzgünlüğüyle ilgili bilgileri elde etmek için profilometrelerle toplanan verileri analiz edebilen yazılım uygulamaları da bulunmaktadır [29]:

- Sürüş istatistikleri: Uluslararası Pürüzlülük İndisi (IRI), Yarı-araç Pürüzlülük İndisi (HRI) ve Ortalama Pürüzlülük İndisi (MRI) gibi sürüş kalitesi indisleri;
- Güç spektrası yoğunluğu: profilin dalga-boyu ve şiddet içerikleri;
- Profilograf simülasyonu: profilograf izleri, profilograf indisi vb.;
- Dönen düzkenar simülasyonu: dönen düzkenar izleri;
- Otomatik faylanma ölçüleri: derz yerlerinin tespiti ve derz faylarının profil ölçümlerinden tahmin edilmesi.

1.2.2.3 Havalimanı kaplamalarında yüzey düzgünlüğü şartnameleri

Karayolu ve havalimanı kaplamalarında yüzey düzgünlüğü kavramlarında bazı farklılıklar bulunmaktadır [9]. Havalimanlarında düzkenar kriteri, karayolu yapımı prensiplerine dayanmaktadır. Otomobiller ile deneyimlenen pürüzlülüklerde yeni kriterler ortaya çıktıkça yüzey düzgünlüğü ölçümleri ve sürüş kalitesi arasındaki korelasyonlar da gelişmiştir. Arabalarda veya kamyonlarda deneyimlenen pürüzlülüğü azaltan süspansiyon sistemleri bulunmaktadır. Ancak uçak süspansiyon Havalimanı



Havaalanı kaplamalarında düzgünlük kriterleri master ölçümlerine dayanır, örn. 5 m uzunluğunda master boyunca herhangi bir yerde ölçülen düşey limit sınırı 6,5 mm'dir. Ancak, fiziksel master kullanımı yüksek işgücü gerektiren bir işlemdir. Ayrıca, 100% uygunluğu garanti edecek ölçüm sayısı makul beklentilerin uzağındadır. Sonuç olarak, uygulamalar, havaalanı kaplama değerlendirme için özelleştirilmiş profilograf kullanımının yaygınlaşması yönünde evrilmiştir.

kaplamalarında yüzey düzgünlüğü kriterleri çoğunlukla master ölçümlerine dayanmaktadır, örneğin düşey farkı düzkenardan 5 m boyunca 6.5 mm'yle sınırlamak gibi. Ancak fiziksel düzkenar ölçümü işçiliği oldukça hassas olarak kullanılmaktadır. Dahası, %100 uyum sağlaması gereken ölçümlerin sayısı gerçekçi beklentilerin dışındadır. Bu nedenle, pratikte genellikle havalimanı kaplamalarını değerlendirirken belirli bir profilograf kullanılmaktadır. Uçak amortisör sisteminin temel görevi yüzey düzgünlüğünü hissettirmemek olmayıp esas amacı iniş sırasında çarpma enerjisini emmektir. Bu durum mevcut amortisör boyunun çoğunun uçak yerdeyken kullanıldığı anlamına gelmektedir. Bu nedenle karayollarında yüzey düzgünlüğünü değerlendirmek için geliştirilen Uluslararası Pürüzlülük İndeksi (IRI) gibi pek çok indis havalimanı kaplamaları için kullanılmamaktadır. Dahası, havalimanlarında kullanılan kaplamanın genişliği de kaplamanın boyu kadar önemlidir. Uçaklar açısından istenmeyen tepkiler oluşturacak veya kötü drenaj özellikleri meydana getirecek yüzey düzgünlükleri trafiğe açılmadan önce ölçümlerle tespit edilmelidir.

1.2.3 YAPIM ESNASINDA YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜ ÖLÇÜMLERİ

1.2.3.1 İşlenebilir betonda

Bu ölçümlerin amacı yapım sırasında işin kalitesini değerlendirmek ve yapım ekipmanında veya tekniklerindeki hataları tespit etmektir. Kaplama profili farklı tasarım metotları ve yapım faktörlerinden etkilenmektedir. Bu faktörler ve yapılan kaplamalar arasındaki ilişkinin anlaşılması oldukça faydalıdır. Gerçekte yolun profilinin yapım esnasında bilinmesi bu faydaları katlamaktadır. Pürüzsüzlüğü korumak veya geliştirmek için "uçuş esnasında" kaplama operasyonları daha iyi ayarlanabilmektedir. Gerçek zamanlı ölçümler kaplama yapan ekibinin yüzey düzgünlüğünü daha iyi teknikler uygulamasına izin vermektedir.

İşlenebilir betonda yüzey düzgünlüğünün kontrolü için en sık kullanılan yöntem genellikle, 3 m uzunluğunda beton yüzeyinin boyuna ve enine yerleştirilmiş masterla ölçüm yapmaktır. Genel şartname veya istenen kriter, ölçülerek veya görsel tetkiklerle belirlenen kot farklılıklarının 3 mm'yi geçmemesidir.

Kendiliğinden hareket eden yüzey düzgünlüğü ölçme aracı (Gomaco) üzerinde eş zamanlı pürüzsüzlük ölçüm ekipmanı, bir bilgisayar ekipmanı, eş zamanlı grafik görüntüleyici, medya depolama kartı, iki sonik sensör, bir eğim sensörü ve uzaklıkölçer tekerlek ekipmanı ile birlikte.



Ek olarak, yüzey pürüzlendirme veya köprü işi gibi kaplama ekipmanına bağlanabilen gerçek zamanlı yüzey düzgünlüğü ölçüm sistemleri; kaplama ekipmanının arkasında römorkla çekilebilmekte veya ayrı olarak kullanılabilir [23]. Farklı izler üzerinde anlık ölçümler yapmak üzere uyarlanabilmektedir. Ancak şu anda, kalite kontrol amaçlı kullanılabilen bir teknoloji bulunmamaktadır. Bu aletler daha ziyade proses takibi ve geliştirilmesi amacıyla kullanılmalıdır. Çünkü bu profilometreler proses değişiklikleri için gerçek zamanlı geribildirim sağlamak ve genel kaplama kalitesini kısa sürede değiştirebilmektedir. Aslında, özellikle sıkı sürüş kalitesi şartnameleri altında çalıştıklarından bu durum hem müteahhit hem de paydaşlar açısından büyük önem taşımaktadır. Yüzey düzgünlüğünün bir görüntüsünü sağlayan anlık grafiğe dayanarak plakta meydana gelen yüzey düzgünlükleri beton hala tazeleyen düzeltilebilmektedir.

1.2.3.2 Erken zamanda Sertleşmiş Betonun Erken Zamanlarında

Sertleşmiş betonda erken zamanda yapım sırasında kalite kontrolü için statik master, dönen düzkenar, cetvel ve kot, profilograf, profilometrelere bağlı eğim ölçerler, hafif profilometreler gibi pekçok alet bulunmaktadır. Kaba sonuçlar veren aletler olduklarından yüksek hızda kaplama, yüzey düzgünlüğü verisi toplanırken kullanılamazlar, ancak her bölümün kaplaması tamamlandıktan birkaç saat sonra profilin ölçülmesine imkan tanımaktadırlar. Bu profil analizi sonuçları yapım ekibi için bir sonraki gün yapım işlemi başlamadan önce hazırdır.

1.2.4 YAPIM SONRASINDA KALİTE KABULU İÇİN YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜ ÖLÇÜMLERİ

Sertleşmiş betonda erken zamanda kalite kontrolü için kullanılan ve daha önce bahsedilen araçların birçoğu işin kabulü için de kullanılmaktadır. Ancak, yüksek hızlı ağır profilometrelerin kullanımı yönünde devam eden bir eğilim bulunmaktadır.

Bu tip aletler kritere uygun olarak seçilmiş farklı referanslar belirleyerek yüzey profili-

nin hızlı bir şekilde oluşturulmasına imkan sağlamaktadır. Bu tip aletlerin kullanımının ve daha katı yüzey düzgünlüğü kriterlerinin seçilmesinin beton kaplamalarda yüzey düzgünlüğü kalitesini önemli ölçüde arttırdığı unutulmamalıdır.

1.2.5 HİZMET SIRASINDA YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜ ÖLÇÜMLERİ

Karayolu ağlarında yüzey düzgünlüğünün sistematik bir biçimde araştırılması için pek çok paydaş trafiği olumsuz yönde etkilemeyen yüksek hızlı metotları tercih etmektedir. Genellikle bu aletler çok fonksiyonlu araçlara bağlanır. Böylece diğer fonksiyonlar kaplama bozulmalarının, yolun geometrik özelliklerinin, GPS lokasyonunun ve tekerleklerin dönmesinden kaynaklanan gürültünün değerlendirilmesi için kullanılır.

1.2.6 DERZLERDE BASAMAK OLUŞUMUNUN ÖZEL DURUMU

Derzlerde basamak veya faylanma oluşumu kayma demiri kullanılmayan derzli beton kaplamaların bozulmasının bir nedenidir. Bu durum plaklar tarafından sağlanan yapısal taşıma kapasitesinde bir değişikliğe işaret etmektedir. Bu yüzden kaplama bozulmasına dair bir sinyal verir. Genellikle derzlerin seviyesindeki farklılık için belirli bir kriter yoktur. Bu parametre kaplamanın yüzey düzgünlüğünün genel değerlendirilmesi için kullanılmaktadır.

Basamak oluşumu genellikle bir master veya cetvel kullanılarak ölçülmektedir. Daha hassas ölçümler ve ölçüm hızı için özel ekipmanlar geliştirilmiştir. Derz kotları arasındaki farklılıklar ağırlık profilometreleriyle ölçülebilmektedir. Bazı ülkelerin belirlediği müdahale kriterleri arasında, derzlerde yüksek dingil yüklerinin geçtiği sırada meydana gelen salınımına bakmak veya düşen ağırlık deflektometresi altında meydana gelen sehime bakmak gerekmektedir.

Son olarak plaklar arası basamak oluşumu probleminin, derzlerde kayma demirlerinin kullanılması, sürekli donatılı beton yolların kullanılması, erozyona uğramayan altte-mellerin kullanılması ve kaplama drenajıyla büyük ölçüde çözüldüğü belirtilmelidir.

1.2.7 ENİNE YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜ

Enine ölçümler, yüzey düzgünlüğünden ziyade çoğunlukla drenaj için yapılmaktadır. Drenajı değerlendirmek için ölçülen profil ortalama deniz seviyesi yüksekliklerine dayanmalıdır. Deniz seviyesine göre profili ölçen araçlar (yüksek ve düşük hızlı ağırlık profilometreleri, profilograflar veya fiziksel düzkenar mastarları), kaplamada suyun toplanacağı bölgeleri (göllenmeleri) tespit etmeyecektir. Düzkenarlar, boyuna derzlerde suyun boyuna bir eğim sağlanmazsa hapsolacağı düşey sapmaları tespit edecektir.

Göllenmeleri tespit etmek için, yüzey düzgünlüğünü ölçmede kullanılan araç aynı zamanda eğimi de ölçmelidir. Bu işlemde hem enine hem de boyuna profil çıkarılarak alanın suyun kaplama yüzeyinden kaçışı için yeterli eğime sahip olup olmadığı değerlendirilmelidir.

Eğim ölçer veya finişere yerleştirilmiş profilometreler gibi araçlar bu ölçümleri yapabilmektedir. Bazı çok fonksiyonlu araçlara enine profili hassas bir şekilde çıkarabilmesi için tarama lazerleri yerleştirilmektedir.

Enine profili ölçebilmesi için lazer sistemi yerleştirilmiş otomatik yol çözümleyicisi (ARAN)

(fotoğraf: AWV- Belçika Yollar ve Trafik Müdürlüğü)



2. YAPIM AŞAMASINDA YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜNÜ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN ANALİZİ

2.1 YAPIM LOJİSTİĞİNİ PLANLAMA

Yeni yerleştirilmiş bir kaplamanın iyi bir düzlüğe sahip olmasının sağlanması temel olarak şu faktörlere bağlıdır;

- serici makineler için uygun işlenebilirlikte ve sürekli aynı kıvama sahip beton;
- serici makinelerin rehberi, kılavuz tellerin kurulum formları ile birlikte, serim yollarının düzgünlüğü, sensörlerin ayarlanması vb.;
- betonun sürekli tedariki ve finişerden önce düzgün bir seviyede dağıtılması;
- duraklama olmaksızın finişerin düzenli çalışması, betonun kıvamı ve iş sahasının şartlarına göre ayarlanmış sabit bir hız ile sürekli ilerlemesi;
- finişerin arkasındaki küçük düzensizlikleri düzeltmek için özel ekipmanların kullanımı, boylamasına mekanik master vb.

İyi bir iş organizasyonu, betonun üretim ve serilmesinin verimli kalite kontrolü, iyi kurulmuş ve güvenilir ekipmanların kullanımı, kalifiye çalışanlardan ekip oluşturulması ve iyi pratiğin kurallarının gözlemlenmesi yapım aşamasında iyi bir düzgünlüğün elde edilmesinde muhtemelen en iyi çözümlerdir.

2.2 BETON VE MALZEMELERİN KARAKTERİSTİKLERİ

Standart bir kompozisyonda ve karakteristik özelliklerde beton üretimi, yüksek kaliteli beton kaplamanın önkoşuludur. İyi bir yüzey düzgünlüğüne ulaşmanın temel parametreleri inşaat yöntemine (kayarkalıp finişer, sabit kalıplar arasında sıkıştırma vb.) uyumlulaştırılmış sabit işlenebilirlik ve sürekli aynı üretimdir. Betonun bileşenlerinin doğası ve karakteristikleri, betonun işlenebilirliğinin üzerinde etkiye bulunarak, kaplamanın düzgünlüğünü değiştirebilir. Bu nedenle, işlenebilirliği azaltma riski olduğundan yüksek yassılık indeksi olan agregaların kullanımından kaçınılmalıdır veya bu mal-

zemelerin kullanımı sınırlandırılmalıdır. En büyük dane çapı (D) 16 mm'ye eşit veya daha büyükse yassılık indeksi (EN 12620 standardına göre F120 değeri) 20'yi aşmamalıdır.

Beton karışımındaki kum, harç kalitesi ve işlenebilirlik üzerindeki etkisi nedeniyle önemli bir bileşendir. İşlenebilirliğe katkısı ve daha az ince malzeme ($\leq 63\mu\text{m}$) içerdiği için doğal yuvarlak kumların kullanılması önerilmektedir. Öte yandan, harcın kaynaşması viskozitesini arttırmak, betonun serilmesi ve yüzey bitirmesi işlemlerine olanak sağlamak için bir miktar ince malzeme gerekmektedir.



Kaliteli bir kaplama betonu için uygun kırma taş ve kum gerekmektedir.



Kullanılan ince agrega, yüksek miktarda 500 μm , 250 μm ve 125 μm 'lik eleklerden geçen ve ince malzeme içeren kırma kireç taşı olduğunda gerekli önlemler alınmalıdır. Bu durumlarda beton yapışkan hale gelebilir. Ayrıca, bazı durumlarda finişerin hemen arkasında betonda aşırı şişme gözlemlenmekte ve yüzeyde düzensizlikler ortaya çıkmaktadır.

Üstelik, araçların doğrudan beton harç üzerinde dolaştığı durumlarda (kaba agregaların görünür olmadığı yüzeylerde) aşınmaya

dirençli bir yüzey elde etmek için belli bir silisli kum oranı (% 30'un üzerinde) gerekmektedir.

Beton karışım tasarımı, titreşim olmadan uygun sıkıştırma sağlayabilecek şekilde yapılmalıdır. Bu da, iyi tane boyut dağılımına sahip agregalar içeren karışımları geliştirmede kullanılan optimizasyon teknikleri ile elde edilir. Böylece yeterli işlenebilirliğe sahip olan ve vibrasyonla sıkıştırıldığında kolayca akan ve gömülü elemanlar ve donatıyı saran bir beton karışımı elde edilir.

Özellikle gürültü azaltma amacıyla, görünür agrega yüzeyi seçilirse, agreganın yüzeyde görünmesini kolaylaştırmak için genellikle kesikli gradasyona sahip bir beton karışımı reçetelenmektedir. Bu bağlamda otoyollarda ve ekspres yollarda çift tabakalı beton yol yapımının zorunlu olduğu Avusturya ve Almanya uygulamalarından bahsedilmelidir. Üst katmandaki (genellikle 5-8 cm arasında kalınlıkta) maksimum agrega boyutu 8 veya 11 mm ile sınırlandırılmaktadır.

İnce taneler (<125µ), kum fraksiyonlarına (0/1 mm - 0/2 mm) ve ince kırmataşlara (örneğin 4/8 mm) ayrılmaktadır. İri ve kaba agregası fazla kesikli gradasyona sahip karışımlar genellikle sıkıştırma için daha fazla titreşim gerektirirken, ince agregası fazla olan karışımlar belirtilen mukavemeti elde etmek için yüksek çimento içeriği gerektirmektedir. Aşırı vibrasyon, sıkıştırma sırasında betonda oluşan ayrışma nedeniyle kaplamada uzunlamasına zayıf şeritlere ve sıkıştırmaz izlerine neden olabilir. (bkz. Bölüm 2.4.6.)

Görünür agregalı üst tabaka yüzeyi



Beton karışımı düzgünlüğün derecesini etkileyebilmektedir. Sert ve işlenemeyen bir karışım, yüklenici tarafından pürüzsüz bir yüzey elde etmek için yapılan diğer girişimleri başarısız kılabilir. Bazı durumlarda, sert ve işlenebilir olmayan bir karışımın, stabilize edilmiş bir kaplama platformuna ve uygun kaplama koşullarına rağmen yüzey düzgünlüğünü bozduğu bilinmektedir.

Betonun hızlı priz almasına veya sertleşmesine (örneğin kullanılan çimento çok sıcaksa) neden olmadığı sürece, çimentonun niteliği veya kalitesinin, yüzey düzgünlüğü üzerinde hiçbir etkisi yoktur. Ayrıca, sıcak havalarda hızlı priz alan çimentoların kullanımından kaçınılmalıdır.

Su-çimento oranı ve kullanılan herhangi bir katkı, yaş betonun kıvamı üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğundan önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle bileşenlerin nem oranlarında değişikliklere izin verilerek karışımın nem oranını sabit tutmak için özen gösterilmelidir. Katkılar konusunda ise, karışıma katıldıklarında ve karışımda kullanılan oran göz önüne alındığında üniform üretimin ve sürekli işlenebilirliğin sağlanması için katkı kullanımında mümkün olan en yüksek hassasiyetin gerektiği açıktır.

Bazı betonlar, farklı malzemeler arasındaki uyumsuzluk nedeniyle istenmeyen özellikler göstermektedir. Örneğin:

- işlenebilirliğin erken kaybolması (erken sertleşme), Örneğin, 15 dakika içinde 25 mm'lik bir kıvam kaybı veya yalancı priz gibi nedenlerle işlenebilirlik kaybı;

İşlenebilirliğin sürdüğünü kontrol etmek için kıvam testi



- geçikmiş priz;
- betonun kendi kendine kurumasından ve rötreden kaynaklanan erken dönem çatlak oluşumu;
- hava sürükleyici katkı kullanıldığında uygun hava boşluğu sisteminin oluşması.

Bunlar beton bileşenleri arasındaki uyumsuzluklar nedeniyle de betonda istenmeyen özellikler meydana gelebilmektedir. Çoğunlukla, yüzey düzgünlüğü bu uyumsuzluklardan olumsuz etkilenmektedir.

Bu uyumsuzlukları azaltmak için:

- projede kullanılan bütün katkıların kendi aralarında uyumlu olmaları için katkıları aynı üretici tarafından sağlanmalıdır. Üretici tarafından önerilen dozajlar aşılmamalıdır;
- eğer Portland çimentosu plentte başka mineral katkılarla (uçucu kül gibi) karıştırılırsa, bu mineral katkıları şartname gereksinimlerini karşılamalıdır.

Bu uyumsuzluk problemlerinin bazıları sıcaklık artışıyla daha da artmaktadır. Bu nedenle beton karışımını sahada beklenen sıcaklık altında test etmek çok önemlidir.

Mevsimlik sıcaklık farklarının fazla olduğu yerlerde sıcak ve soğuk hava koşullarında döküme uygun beton karışımlarının kullanılması önerilir.

2.3 BETON ÜRETİMİ VE SERİM TESİSİ

2.3.1 BETON SANTRALİ

Beton santralinin kapasitesi finişeri sürekli besleyebilmek ve taşıma gecikmeleri nedeniyle beton dökümünün durmasını engellemek için yeterli olmalıdır. Mikserdeki beton üretim hızının finişerin ilerleme hızından üç kat daha fazla olması önerilir. Çünkü finişerin durması yüzey düzgünlüğünü bozan faylanmalar meydana getirebilir.



Mobil beton santrali
(Fotoğraf:AWV PDe Winne)

Karışım santrali üniform ve düzgün kıvamlı bir beton üretebilecek kapasitede olmalıdır. Bu nedenle beton üretimi sırasında her parametrenin kalite kontrolünü sürekli olarak gerçekleştirebilecek aletlere (kıvamı kontrol edebilen torkmetre gibi) sahip tesislerin tercih edilmesi önemlidir. Üretimde meydana gelen sapmaları hızlı tespit ederek düzeltmek gerekmektedir.

Harmanlar arasında beton karışımının tutarlı olmasını sağlamak finişerin performansını etkilediğinden kaplamanın kalitesini arttırmaktadır. Hazır beton santralleri, santralde bileşenlerin tartımı, karışıma ve mikserde karıştırma operasyonları uygun kıvama sahip beton üretebilmektedir. Ancak, beton kıvamının kalite kontrolü karıştırma işlemleriyle sınırlı değildir. Kalite kontrolünün kaplamanın taşıma, yerleştirme ve yüzey bitirme işlemleri sırasında da sürdürülmesi önemlidir.

Harmanlar arasında kıvamı kontrol edebilmek için dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- agrega stok sahası yönetimi (taşıma ve depolama sırasında koordinasyon, agregaların karışım santraline transfer edilmesi) kaliteli beton üretiminde sürekliliği sağlamak için çok önemlidir. Malzemenin kirlenmesini önlemek için hammaddeyi taşıyan ekipmanın temiz ve düzenli bir biçimde kullanılması gerekmektedir. Agregayı yığından düzenli bir şekilde taşımak, agreganın nem muhtevasını makul seviyelerde tutacaktır;
- bazı iri agregaların su emme kapasitesi oldukça yüksek olduğundan ve genellikle kuru olduklarından karışım tasarımında doygun yüzey koşullarını sağlamak için ciddi miktarda su gerekmektedir. Bu nedenle iri agrega yığınlarının sulanması gerekebilir.
- Harmanlar arasındaki farklılıkları gözlemleyebilmek için ince ve iri agregaların periyodik aralıklarla (günde en az iki kez) nem kontrolleri yapılmalıdır.
- kamyon sürücüleri mikserleri ve kamyonları yağmur yağdıktan veya yıkadıktan sonra su ve kimyasalları boşaltmalıdır.

Stok yönetimi, homojen beton üretimi için çok önemlidir.



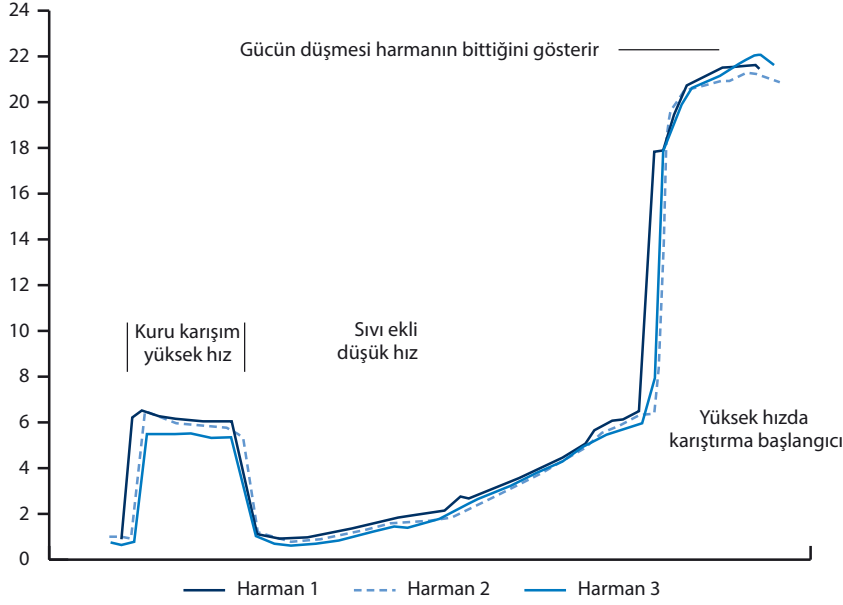
Beton üretiminde nem yönetimini anlamak, sahaya tutarlı malzemenin taşınabilmesi için kilit önem taşımaktadır. Başta ince agregası serbest nem içermeyen karışımlar olmak üzere, her karışım su muhtevasının artışına hassasiyet gösterir. Normalde, ince agreganın su muhtevası betonu iri agregaya kıyasla daha çok etkilemektedir.

Ampermetre (kıvam metreler olarak da adlandırılmaktadır), wattmetre veya güç sensörleri gibi araçlar beton karışımının kıvamını anlamakta sık sık kullanılmaktadır. Beton kıvamı mikserin betonu karıştırmada kullandığı akımla ilişkilendirilerek kıvam hakkında fikir verdiğinden bu aletlerin kullanımı esnasında dikkatli olunmalıdır. Bunlardan bazılarının sunduğu ilginç bir seçenek de, karıştırma işleminde kullanılan güç sinyallerini bilgisayarlara, kaydedicilere veya veri toplama sistemlerine göndermeleridir. Ardından farklı harmanların üniformluğunu gösteren grafikler üretilebilir. Ayrıca mikserlerde de kullanılabilirler. Beton üretimi sırasında agreganın su muhtevası yönetimi sahaya her seferinde aynı kıvamda malzeme sağlanmasında önemli bir unsurdur. Her beton karışımı, nem artışına, özellikle de ince agregadaki serbest neme duyarlıdır.

Karışımındaki su-çimento oranını ve işlenebilirliği korumak için serbest su etkisini göz önüne alan bir ayarlama gereklidir. Yanlış olan ve üretim veriminin düşmesine neden olabilecek ince agrega ve su içeriği nedeniyle, karışım oranlarının değiştirilmesi gerekebilir. Eğer agregadaki serbest su göz ardı edilirse betonun işlenebilirliği, kıvam testleriyle de gözlenebilen bir biçimde dramatik bir değişim gösterecektir.

Tasarımdaki su-çimento oranına bağlı olarak gözlenen karıştırma güçlüğü, boşaltma sırasında üniform olmayan beton özellikleri, aşırı çökme kaybı aşağıdaki problemlere işaret etmektedir:

Mikser Güç okumaları



Farklı harmanlar boyunca beton mikserinin güç tüketim grafiği

- mikserde uygun sırada yerleştirilmemiş malzemeler;
- mikser kapasitesini aşan harman hacmi;
- yetersiz karıştırma süreleri;
- çimento ve mineral katkıların uyumsuz kimyasal katkıları;
- betonun ilk sıcaklığı;
- agreganın su muhtevasında meydana gelen değişiklikler.

Karıştırmada ve betonun üniformluğunu sağlamada zorluklarla karşılaşılırsa, tesiste düzeltmeler yapmak, karıştırma işlemlerini değiştirmek, beton reçetesini değiştirmek ve ilave tesis üniformluk deneylerinin yapılması, santralde üniformluğu test etmek gibi ek önlemler düşünülmelidir.

Karıştırma süresi harmanlar arasında üniformluğu sağlayacak kadar uzun olmalıdır. Özellikle, hava sürükleyici katkıları kullanıldığında, bu süre boşluk oranındaki değişimleri ve akabinde meydana gelecek betonun işlenebilirliğinde karşılaşılan değişimleri engellemek adına sabit tutulmalıdır.

Betonun, taşıma esnasında plastikliğini yitirmesini önlemek için sahaya olan uzaklık sınırlandırılarak engellenmelidir, bu durumun kaplama düzgünlüğünü (2.5 m gibi) kısa mesafe etkilediği görülmüştür. Bu da karışım tesisinin sahaya göre bulunduğu yerin birinci dereceden önemli olduğu anlamına gelmektedir. Damperli kamyonlarla taşıma süresi 45 dakikayı (hatta priz geciktirici katkıları kullanılmıyorsa sıcak havalarda 30 dakikayı) geçmemelidir.

Orta vadede düzgünlüğü sağlamakta (15 ay) beton taşıma hızının düşük olmasının olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. Yani hem karışım tesisinin hem de damperli kamyonların finişerin hızıyla uyumlu olması gerekir.

2.3.2 TAŞIMA EKİPMANI

Yerleştirme ekipmanından bağımsız olarak, serim hızı kaplama yüzeyinin düzgünlüğünü ve kalitesini etkilemektedir. Muhtemelen, betonun sahaya sürekli olarak taşınması yerleştirme işleminin istikrarlı bir şekilde sürdürülebilmesi için en önemli faktördür. Bu durum kırsalda şehiriçinden daha kolaydır, çünkü taşıma yolları daha geniştir ve taşıyıcı kamyonlar daha rahat ilerleyebilmektedir.

Betonun sahaya sürekli olarak nakliyesi için yeterli sayıda kamyon veya transmikser gerekmektedir.



Ancak yoğun nüfuslu bölgelerde, betonun taşınmasına engel olup olmayacağını önceden tayin edilebilmesi için trafikte yaşanan gecikmelerin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca betonun dayanım kazanma özelliklerinin de dikkate alınması gerekir. Normal karışımlar hızlı dayanım kazanan karışımlara göre daha uzun taşıma mesafelerine izin vermektedir.

Betonun beslenmesinin etkileri üzerine daha fazla detay §2.4.5'te yer almaktadır.

2.3.3 YERLEŞTİRME EKİPMANI

Yerleştirme ekipmanının (kalıplı veya kayar kalıplı inşaatta) kaplama düzgünlüğü üzerinde aşırı bir etkisi olmadığı görülmektedir. Kayar kalıplı inşaat, çelik tekerlekli kalıpların üzerinde ilerleyen yerleştirme ekipmanlarının halen kullanılmamasına rağmen, pek çok ülkede yaygınlaşmıştır. Finişer kılavuzu ve beton yerleştirme açısından pekçok farklılıklar gösterse de iki sistemde de düzgün bir yüzey elde etmek, bir sonraki bölümlerde detaylıca anlatılacak iyi uygulamaların takip edilmesine bağlıdır:

- Üniform ve uygun kıvamlı betonun temin edilebilmesi için kayar kalıplı finişerler genellikle sabit kalıplı finişerlerden daha

düşük su/çimento oranı gerektirir. Bu, kenarların dengeli olmasını sağlamak ve 90 ° profilini korumak için gereklidir;

- betonun finişerin önünde eşit dağılması;
- sabit kalıplı finişerler için kalıbın yüksekliğinin ve yerleştirilmesinin doğru ayarlanması;
- kılavuz tellerinin kayar kalıplı finişerler için doğru yerleştirilmesi;
- betonun düzenli olarak beslenmesi için finişerin durmasının engellenmesi
- iyi eğitilmiş ve motivasyonu yüksek personeller
- iyi yapılan organizasyon.

Ancak kayar kalıplı finişerlerde kılavuz tellerinin kullanılmasının, sabit kalıplı finişerlerde kalıp yüksekliğini referans alan uygulamalara göre yüzey düzgünlüğünün sağlanmasında daha kritik olduğu unutulmamalıdır.

Sabit kalıplı finişerler beton hala işlenebilir olduğu sürece gereken düzgünlüğü sağlamak için kaplanmış yüzeyin üzerinden



tekrar geçebilir. Kayarkalıplı finişerle, beton kalıptan çıktığında genişmesi nedeniyle, finişerin yüzey düzgünlüğünü sağlamak için tekrar üzerinden geçiş zorlaşmaktadır. Bu kötü bir tekniktir ve asla uygulanmamalıdır.

Kayar kalıplı finişerler, sabit kalıpların üzerinde genişliği kalıpların ötesine uzatarak kullanılabilir. Elektronik sensörler sabit kalıpları referans olarak ayarlanabilir. Bu teknik havalimanı kaplamalarında kenar çökmelerinden kaynaklanan problemleri minimize etmek için kullanılmaktadır.

Kayarkalıp finişerler enine masterlar veya boyuna eğimli salınlı masterlarla ("sü-

perdüzeltici") birlikte yüzey düzgünlüğünü geliştirmek için kullanılabilir. Bunların ayrıca yüzeyde sızdırmazlık etkileri de vardır.

Tabliye finişerleri, vibrasyonlu kafes masterları veya tüp silindirleri gibi daha hafif ekipmanlar da sabit kalıplı yapım için kullanılabilir. Ancak, çok düzgün yüzeyler elde etmeye uygun değildir ve katı düzgünlük şartnamelerini sağlayamazlar. Ayrıca verimleri de görece küçüktür.

İşçiliğe dayalı elle döküm, genellikle iki kaplamanın birleştiği noktalar gibi küçük alanlarda veya düşük trafik hacimli yollar da uygulanmaktadır.

Kayarkalıplı (solda) ve sabitkalıplı (sağda) kaplama işlemleri



Bir beton kavşağın yapımında silindir finişerin kullanılması (Fotoğraf: Cement&Beton Centrum)

Dönel kavşak ve bağlantı yolunun kesişiminde manuel (elle) vibrasyon



2.4 BETON YOL YAPIMIYLA İLGİLİ PARAMETRELER

2.4.1 ALT TEMELLER

İlk bakışta alt temelin tipi ve özellikleri, yapım sırasında düzgünlükle ilişkili çok fazla etki yapmıyor gibi görünse de, stabil ve düzgün yapılmış alttemel tabakasına düzgün yüzey sağlanmasında büyük katkı sağlayacağı inkar edilemez. Zaten yüksek

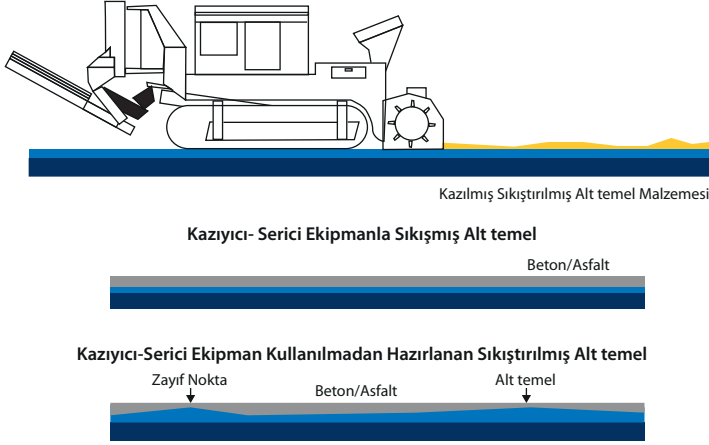
Çimento bağlayıcılı alt temel



taşıma kapasiteli ve düzgün bir alt temel, tutarlı bir temel kalınlığının inşa edilmesini sağlar ve finişere düzgün bir temel oluşturur.

Çok tabakalı asfalt kaplamaların aksine beton kaplamalar tek tabakada yerleştirilmektedir. Bu nedenle alt temel yüzeyinin eğime sadık kalması ve kaplama yerleştirilmeden mümkün olduğunca düzgün olması kritik bir önem taşır. Asfalt kaplamalar, tabakalı bir sistemle inşa edildiğinden bir önceki tabakadaki tümseklerin ve çukurların azaltılmasını sağlar. Beton kaplamada ise yüzey düzgünlüklerinin elde edilmesi için tek bir şans vardır.

Kalınlık toleransı aşılmadığı sürece, kaplama kalınlığındaki küçük oynamalar yüzey düzgünlüğünü etkilemez. İki tabakalı kaplama yapımında alttabakanın aşınma tabakası için destek sağlaması bu sorunu daha az kritik hale getirir. Son olarak, alttemel tabakasının tipi, yüzey düzgünlüğünü servis süresince uzun vadede koruyabilen bir beton kaplama tasarımında vazgeçilmez bir parametredir.



Ofset hatlı veya 3D kontrollü otomatik zemin düzeltme ekipmanı, genellikle alt temel düzeltmede diğer metotlarla karşılaştırıldığında granüler malzemeler için en iyi granüler alttemeli oluşturmaktadır. Zemin düzeltme ekipmanı kılavuz tellerle kontrol edildiğinde şartnamede gereken değerleri ± 5 mm toleransla sağlayabilir.

Stabilize temellerin (çimentoyla, asfaltla veya grobetonla stabilize edilen alt temeller gibi) kaplama yüzeyi düzgünlüğüne imkan tanınması için yakından kontrol edilmesi gerekmektedir. Çimento ve asfaltla stabilize edilmiş alttemeller yüzeyde belli bir kalınlıkta yerleştirilir ve gereken yoğunluğu sağlamak için silindirlerle sıkıştırılır. Bu metotlarla eğimin hassaslık kontrolünün yapılması zordur. Genellikle alt temel için yüzey toleranslarının sağlanmasında operatörün yeteneği ve deneyimi oldukça önemlidir.

Vibratörle sıkıştırılmış grobeton alt temeller beton kaplamalarla aynı yapım tekniklerini ve ekipmanlarını gerektirmektedir. Sadece: (1) derz kesimi gereksinimleri, (2) yüzey bitirme teknikleri bakımından farklılık göstermektedir. 3 m' de ± 5 mm yüzey toleransının sağlanması (özellikle de grobeton alt temel eğimini kontrol eden kılavuz tellerle yerleştirildiyse) zor değildir.

Alt temeli kaplama kenarının dışına yaymak (örneğin 1 m) yüzey düzgünlüğü açısından faydalıdır. Bu teknik kaplamada gerilmeleri azaltan ve banketin oturmasını engelleyen kenar desteğini de arttırmaktadır. Aynı durum alt temel ve kaplama arasında asfalt tabakası yerleştirildiği zaman da geçerlidir. Ayrıca bu tabaka çok düzgün bir platform sağlar. Kayma demirlerinin, bağlantı demirlerinin veya donatının hizalanması için oldukça elverişlidir.

2.4.2 FİNİŞER GÜZERGAHININ SIKIŞTIRILMASI

Finişerin hareket ettiği güzergahın kalitesi şüphesizki iyi bir yüzey düzgünlüğünün sağlanmasında etki eden parametrelerden biridir. Burada aşağıdaki maddelerde belirtilen hususlara dikkat edilmelidir:

- finişerin batmadan taşınabilmesi için yeterli taşıma kapasitesine sahip olması;
- yokuş yukarı beton dökülürken dahi finişerin paletlerinin kaymasını engelleyecek yeterli kızaklama direncine sahip olması
- iş sırasında kılavuz sistemle yapılan düzeltmelerin genliğini azaltacak yüzey düzgünlüğü (Elbette bu düzgünlük kriteri finişer dikey kılavuz olmadığında çalışıyorsa daha önemlidir; her koşulda hareket eden güzergahlar rota belirlenmeden temizlenmelidir.)

Otomatik zemin düzeltme makinesi

(Fotograf: Gomaco)



Kayar kalıp finişer için güzergah örnekleri; soldaki

(Fotoğraf: asfalt ayırıcı tabaka; sağdaki fotoğraf: genişletilmiş alttemel tabakası)

2.4.3 BETON KAPLAMA TASARIMI

Kaplama tipinin (kayma demirli veya kayma demirsiz derzli kaplamalar ile sürekli donatılı beton kaplamalar) prensipte kayma demiri ve donatı yerleştirilirken uygulanan yanlış uygulamalar dışında beton düzgünlüğü üzerinde herhangi bir etkisi olmamalıdır.

Beton plağın kalınlığındaki değişikliklerin yüzey düzgünlüğü üzerine etkisi Bölüm 2.4.1'de bahsedilmişti. Beton plak kalınlığının tutarlı olmasının önemi (özellikle de kenar çökmelerinin engellenmesi açısından) de Bölüm 2.4.9 ele alınmıştı.

Geçmişte bazı ülkeler yavaş trafikli şeritte daha kalın olacak şekilde derzli beton kaplamaları trapez kesitlerle inşa etmişlerdir. Bu tasarımın yüzey düzgünlüğü üzerinde herhangi bir etkisinin olduğu belirlenmemiştir.

2.4.4 KALIPLARIN HİZALANMASI VE TEL KILAVUZLAR

İyi bir yüzey düzgünlüğüne ulaşmak için kalıpların ve kılavuz tellerin doğru bir şekilde ayarlanması gerektiği açıktır.



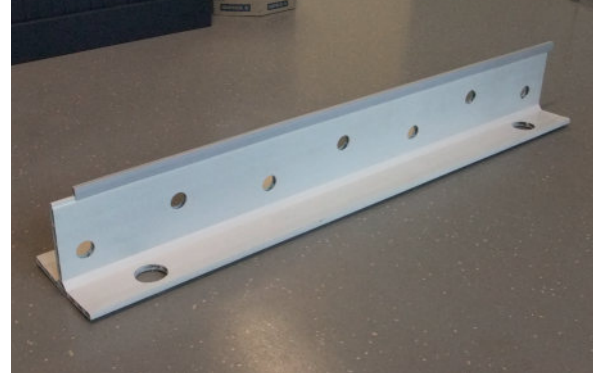
2.4.4.1 Sabit kalıplı yapım

Çoğunlukla sabit kalıplar elle döküme kullanılır. Elle serilen, sıkıştırılan ve mastarlanan betonda, düzgün yüzeyler sağlamak makineyle döküme göre daha zordur.

Beton makinelerle serilip sıkıştırıldığında, kalıpların finişer geçince yerlerinden oynamasını engelleyebilmek için beton stabil bir zemine yerleştirilmelidir. Kalıbın altındaki zeminin kalitesi taban zemini ve alttemelin üniformluğuna bağlıdır. Kalıbın temeli alttemel ve taban zemini tarafından tamamen desteklenmeli ve yumuşak alanlar veya büyük taşlar üzerine oturtulmamalıdır.

Düz kesitler alt temel veya taban zeminine en az üç çivi veya kazıklarla tutturulmuş standart çelik kalıplar gerektirir. Bu kalıplar ayrıca birleşik kurblar (geçiş kurbları) ve 30 m'den fazla yarıçapı olan kurblar için de uygundur. Fakat küçük yarıçaplı kurblar için çelik, esnek ahşap veya plastik kalıplar gerekmektedir. Kısa, 1.5 metrelik, düz kalıplar da 30 m'den düşük yarıçaplı kurblar için kabul edilebilir sonuçlar ortaya çıkarılmaktadır.

Düz metal kalıpların her biri temiz ve düzgün kaplama imal etmek için kabul edilebilir durumda olmalıdır. Müteahhitler, bir projede kalıpları kullanmadan önce master veya kılavuzla kontrol etmelidir. En üstte 3 mm, içkenarda 6 mm'den fazla sapma gösteren düz kalıplı kesitler tamir edilmeli veya değiştirilmelidir.



Kaplama üst kotuna göre ayarlanan tel kılavuzlar kalıpların yerine ve yüksekliğine karar vermek için kullanılabilir. Kurlar, kılavuz teller için düz kesitlerden daha kısa kazık aralığı gerektirmektedir. 15 m'den daha düşük yarıçaplı kurlarda, tasarım bölgesi ve yüzey kotunu belirleyen kılavuz telleri için 1.5 m aralıkta dübel kullanımı idealdir.

Kotta toleranslar yüzey düzgünlüğünü doğrudan etkilediğinden düşük tutulmalıdır.

Kalıplar yerleştirildikten sonra, kalıpçılar kalıpların alıymanlı ve tamamen desteklenmiş olduğundan emin olmak için kalıpları gözleriyle kontrol etmelidir. Finişer kullanılacaksa finişeri destekleyecekleri için kalıpları yeterince sağlamlaştırmak da oldukça önemlidir. Sağlam olmayan ve desteklenmemiş kalıplar makinelerin ağırlığı altında çöker ve kaplama yüzeyinde tümsekler oluşturur. Ayrıca kalıplar, beton sertleşene kadar yerinde bırakılmalıdır.

Standart çelik kalıplar alt temele veya taban zeminine en az üç çivi veya kazıklarla çakılmalıdır. Bazen küçük kurlarda kalıbı sabitlemek için ek kuşaklamalar da gerekebilir ve 0.6 m kuşaklama aralığı genellikle yeterlidir.

2.4.4.2 Ofset Hattı

Kılavuz teller kayarkalıplı finişer için temel kılavuz sistemidir. Kaplamanın kot sensörü telin altından ilerlerken alıyman sensörü telin iç kısmına zıt ilerlemektedir. İkisi de tel çizgisini ölçülebilir bir miktarda saptırmamalıdır.

Kılavuz teli çizgisini belirlemek dikkatli bir planlama gerektirir. Tipik tel yerleştirme işlemi alttaki şekilde gösterilmektedir. Referans merkezleri için offsetler projede kullanılacak ekipman ve operasyonlara göre belirlenmelidir. Kaplamanın iki kenarındaki offset aralıkları aynı olmayabilir. Müteahhit ve topografin istenen sonuçları sağlayacak gerekli offset ve eğimi belirlemek için iletişim kurmaları ve anlaşmaları gerekmektedir [7]. Ölçüm merkezleri kaplama yapımı

Çelik ve plastik kalıplar

Finişere kılavuzluk eden sensörlerin yakından gösterimi

(Fotoğraf: Cement&BetonCentrum)

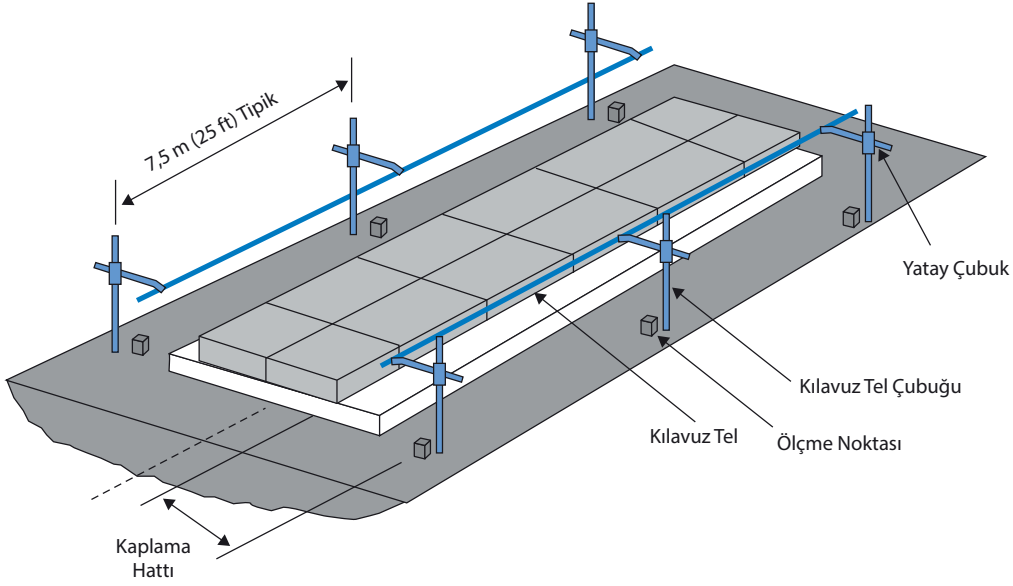


işlemlerinden en az etkilenecek ve işlemleri en az bölecek ofsete yerleştirilmelidir. Ofset çubuğu (özellikle profilde) da önemlidir. Tanjant kesitlerde 7.5 m'lik bir maksimum ofset çubuk aralığı en iyi sonuç verecektir. Yatay ve düşey profildeki değişikliklerde bu aralığı kısaltmak gerekli olabilir ve eğrilik derecesine göre karar verilmelidir. Bazı durumlarda, Müteahhitler çubukları enine derzleri kesecekleri yerlere yerleştirir.

Kayarkalıpla düzgün bir kaplama yüzeyi sağlamak, kılavuz tellerin dikkatle yerleştirilmesini ve bakımını gerektirir. Kılavuz teller, ofset çubuklar aralığı, bağlantı ve yerleştirme sıklığı kaplama yüzeyini etkileyebilir. Kılavuz telindeki gerginlik (özellikle de profilde düzensizliklere neden olacak sarkmayı azaltmak etmek) hayati önem taşır. Aşağıdaki şekil 10 m uzunluğunda yeterince gerilmemiş kılavuz tellerin yer aldığı kazık aralığına paralel giden yüzey düzgünlüklerini göstermektedir. Son olarak, iş sırasında tellerin oynamaması için telleri destekleyen çubuklar zemine tutturulmalıdır.[8]

Dönel kavşak üzerinde kazıklar arasında azaltılmış aralıklar
(Fotoğraf: Cement&BetonCentrum)



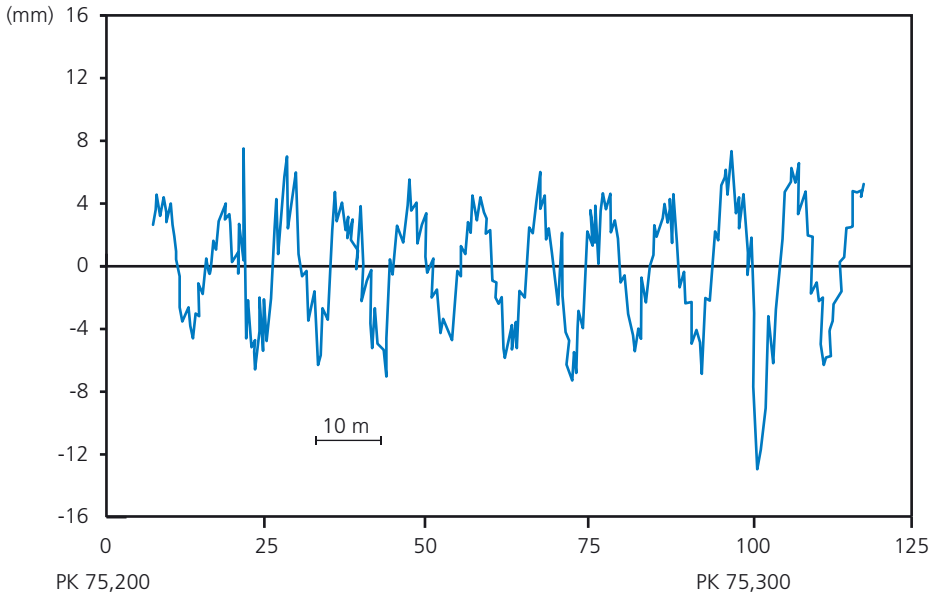


Tipik kılavuz tel kurulumu şekli [1]

Kılavuz tel, kablo, örgülü naylon, polietilen ip veya benzeri bir malzeme olabilir. Malzeme ne olursa olsun yeni ve iyi durumda olmalıdır ve düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir. Gün içerisinde hava sıcaklığı veya bağıl nemdeki değişiklikler kazıklar arasında gevşemelere ve sarkmalara neden olarak telin uzunluğunu etkiler. Tel fazladan gerilebilir, bu durumda hava koşullarında önemli değişiklikler olsa dahi daha az gevşeme olacaktır. Kopma riski olmaksızın büyük bir gerilim altında yerleştirmeye



Ölçme göbeği



Sertleşmiş betonun dış kenarlarında kılavuz telinin yetersiz gerilmesinden kaynaklanan profil ondülasyonları

imkan tanıyan, dayanıklı, güçlü ve esnek olan uçak kabloları kılavuz teli için eşsiz bir malzemedir. Naylonla karşılaştırıldığında daha az gevşeyerek hava koşullarından (nemden) daha az etkilenir. Zamanla boyu daha az uzar ve daha az kontrol gerektirir. Öte yandan, naylon daha hafiftir, daha az el yaralama (kesikler) riski vardır, kıvrılmaz ve birleştirme işlemi daha basittir.

Kılavuz tellerde birleştirme ve düğümler minimuma indirilmelidir. Her koşulda temiz ve sıkı olmaları gerekir. Gevşek uçlar sensörlerin yoldan çıkmasına ve kaplama yüzeyinde hatalar yapmasına neden olur. İki ayrı hattın sürekli bir şekilde ilerlediği noktalarda, her hattın ucuna yapılan uygulamalar sensörlerin yanlış hattı takip etmesini önlemek için fazladan dikkat gerektirmektedir.

Kılavuz teli sabitleyen kazıkların rijit ve taban zeminine çakılabilecek kadar uzun olmaları gerekmektedir. İş sırasında hareket etmelerini önlemek için kazıklar taban zeminine sağlamca çakılmalıdır. Tellerin taban zeminini ölçüm merkezinden istenilen yükseklikte (tipik olarak 45-75 cm) yerleştirilebilmesi için taban zeminini üzerinde gereken kazık yüksekliği bırakılmalıdır.

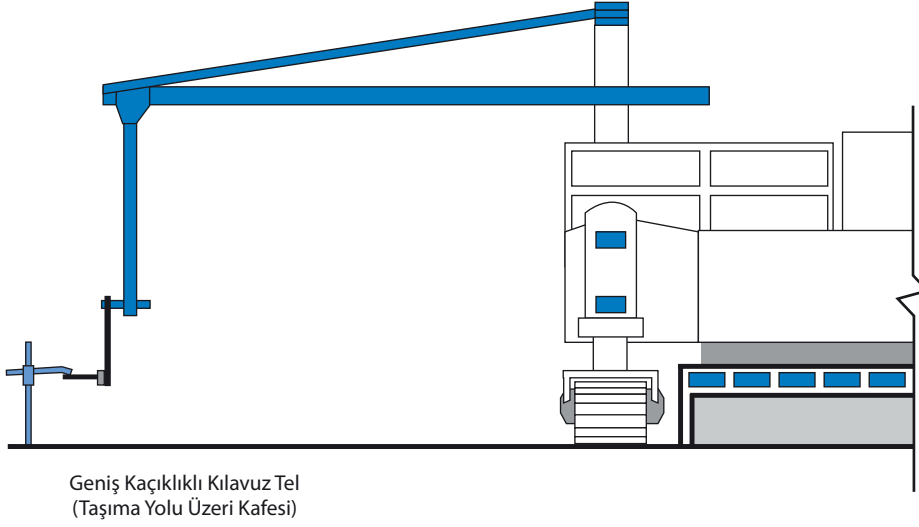
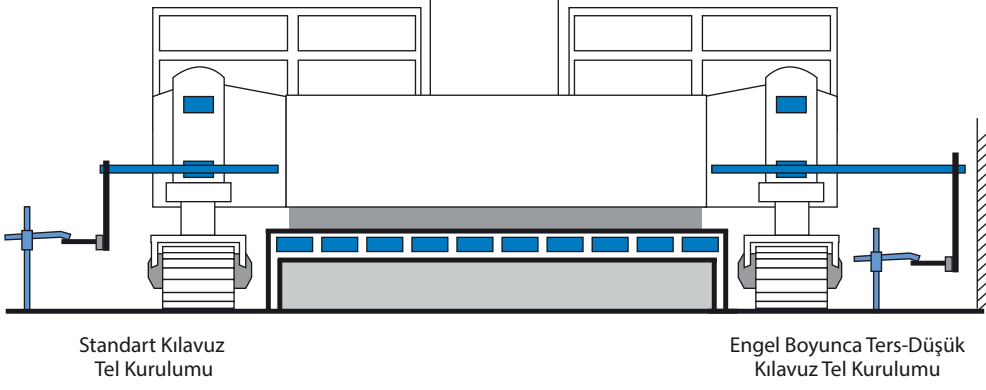
Kazık sistemi normalde 300 m'den daha yakın aralıklarla yerleştirilmiş gerdirme mandalları içermektedir. Bu mandallar kazıklar arasında tellerin gevşemesini engelleyecek şekilde tellerin gerilmesine imkan sağlar. Teller koşturduğunda yaralanmalara neden olabileceğinden dikkatli gerilmelidir.

Proje sırasında kılavuz tellerin hazırlanma sayısını azaltmak da daha iyi bir yüzey düzgünlüğü kontrolünü sağlayabilir. Mümkün olan yerlerde taban zeminini hazırlığı, stabilizasyonu, alttemel yapımı ve kaplama yerleştirme aşamaları da dahil olmak üzere her aşamada kaplama alanının iki tarafına da kılavuz tel yerleştirmek avantajlıdır. Çok aşamalı kullanımda, kazıklar ve teller ekipman ve operasyonlardan uzakta, kaplama alanının dışında ofsetli olmalıdır. Ancak, sensör çubuklarının kılavuza yetişmesini sağlamak için bazı ekipman modifikasyonları (kafes veya konsol kolların finişere yerleştirilmesi gibi) gerekebilir. Çeşitli tel yerleştirmeleri aşağıda gösterilmiştir.

Kılavuz tele yakın çalışan personeller tele takılma, teli oynatma veya tele dokunma konusunda dikkatli olmalıdır. Bazı müteahhitler açık renkli kurdeleler bağlayarak telin görünürlüğünü arttırmaktadır. Bu önlemlere rağmen, ekipman veya personel zaman za-

Kılavuz telini germek için kullanılan gerdirme mandalı





man ip hattını bozabilir. Bu durumda, yüzey düzgünlüklerini önlemek için ekip hattı kontrol etmeli ve tekrar yerleştirilmelidir.

Birçok durumda taşıma yolu tel hattının yanındadır. Bu düzenleme tel hattının taban zeminindeki şişme ve oturmaların ölçüm merkezlerinin veya kazıkların yerdeğiştirmesine neden olup olmadığına karar vermek için düzenli olarak göz ile kontrolünü gerektirir. Tel hattında taban zeminini oynamalarının neden olduğu hataları göz ile tespit etmek için yapılan bu düzeltmeler bir hayli tecrübe gerektirir. Yanlış ayarlanmış kazıklar fark edildiğinde gecikmeden kazıkların eski yerlerine yerleştirilmeleri gerekmektedir. Pürüzlü mevcut kaldırımların üzerindeki ince bindirmeler veya kakmalar veya yakından kontrol edilen stabilize alt tabanlar üzerindeki döşe-

me haricinde, iki ip dizisinin kullanılması, ortalama bir kayak veya kilitli sınıf yöntemleri kullanılarak elde edilene göre daha pürüzsüz bir yüzeye neden olacaktır.

Tel hattının araç farlarından yansıyan ışıklarla kontrol edilmesi bazen avantajlıdır. Gece düzeltme tekniği geri plandaki objelerin görünürlüğünü azaltarak araç farlarıyla aydınlatılan tel hattına odaklanmayı kolaylaştırmaktadır.

Ortalayan kayakların kullanılması veya eğim kontrolünde taban zeminine kilitlenmiş metotlar tercih edilmesi, sıkı düzgünlük şartnameleriyle yürütülen kaplama inşaatı için genellikle önerilmez. Düzgün yüzeyli varolan kaplama yüzeyi üzerine ince takviye tabakaları veya yakından kont-



Ortalama kızak kullanan kayarkalıplı finişerin genel ve yakından görünüşü

rol edilmiş stabilize alt temeller üzerindeki iç takviyeler haricinde; çift tel hattı kullanımıyla, ortalayan kayaklar ve taban zeminine kilitlemiş metotlarla elde edilenden daha düzgün yüzeyler elde edilmektedir. İki telhattı genellikle geniş kesitler için avantajlıdır. Eğer tek kılavuz hattı kullanılıyorsa, telhattında meydana gelen küçük oynamalar finişerin diğer tarafında yüzey kotunda büyük değişimlere neden olabilir.

2.4.4.3 Kılavuzsuz yerleştirme

Daha önce de bahsedildiği gibi klasik kayar kalıplı beton yol yapımı, kaplamanın kotu ve alıymanı için finişerin tek tarafı veya her iki yanında kılavuz telhattı kullanmaktadır[15]. Bu yaklaşım finişerin her iki yanında telhattının yerleştirilmesi için bir alan gerektirmektedir. Telhattının yerleştirilmesi ve doğrulanması zaman gerektirdiğinden finişerin önündeki alana ulaşımı kısıtlamaktadır.

Birçok şirket aşağıdaki teknolojileri kullanarak telhatsiz ekipman kontrolü ve kılavuz sağlayan sistemler geliştirmiştir [13]:

- Takometre veya robotik istasyonlar; Bu alet sürveyanın cetveline veya makineye monte edilmiş bir prizmayı takip etmektedir.
- GPS ölçüm aletleri; uydu sinyallerini kullanarak kendi koordinatlarını belirlerler ve daha sonra kontrol noktalarını tespit ederler. GPS yatay pozisyonu belirlemek-

te (kotu belirlemekten daha iyidir) bu nedenle telhatsiz finişerlere kılavuzluk ederken diğer ekipmanlarla birlikte kullanılmaktadır.

3D tel hatsız kontrol sistemi finişeri kontrol alanı ağı (CAN) yardımıyla kontrol eden bir bilgisayarla başlamaktadır. Bu bilgisayar proje tasarım dosyasının yüklendiği bir 3D kontrol yazılımına sahiptir. Bilgisayar takometre ve GPS'lere bağlanarak makinanın sahadaki konumunu hesaplamak için konum bilgilerini toplamaktadır. Bu bilgi CAN ağı sayesinde makina kontrolörüne aktarılmaktadır. Operatörler bu işlem sırasında makinanın yönlendirilmesine ve kot kontrolüne karışmazlar. Aynı teknoloji kazıyıcıların kaplama kalınlığının şartnamedeki gibi olmasını garantilemek için de kullanılmaktadır. Kaplama lokasyonu ve kotunun hassasiyeti ± 3 mm bandında olmalıdır.

Tel hatsız serim pekçok avantaj sunmaktadır:

- taban zemininden itibaren 3D makina kontrol sisteminin kullanımı sayesinde kaplama kalınlığının (dolayısıyla kullanılan betonun) sıkı bir şekilde kontrolü yapılır
- kayar kalıplı finişerler iz düşümlerini kazıklar arasındaki yay parçalarına değil gerçek boyuna ve yatay kurlarla adapte eder
- bir kaplama projesinin toplam yapım süresini kısaltabilir;

- trafiği engelleyen yapım süresi oldukça kısadır;
- yolun (özellikle de banketlerin kısıtlı olduğu yollarda) trafikle bağlantısını artırır;
- kayarkalıplı finişer ve çevresi için daha çok çalışma alanı bırakır;
- finişerde tel hattı sensörlerine ihtiyaç duymaz;
- yapım sırasında tel hattının gergin olup olmadığının kontrol edilmesi gereksinimini ortadan kaldırır;
- sensörlere ihtiyaç duymadığından finişerin toplam genişliğini azaltır, tabliyelerin ve diğer sıkışık alanların hızlı ve kolay geçişini sağlar. Trafikte açık yollarda araçların geçebilmesi için ek alan sağlar.

Bazı müteahhitler kılavuz teli olmadan tamamen kılavuzsuz sistem kullandıklarında makineyi doğru yerde tutamadıklarını savunmaktadır [10]. Ek olarak, kontrol edilmesi gereken başka bir şey yoktur. Ancak bu korkuların eldeki sonuçlarla ilgisi olmadığı görülmektedir. Kılavuzlu veya kılavuzsuz sistemin tercih edilmesi temelde sadece maliyet analizine bağlıdır.

2.4.5 BETONUN BESLENMESİ

Taşıma sırasında karışımın segregasyonu (ayrışması) ve önsıkışması engellenmelidir. Karışımındaki agreganın gradasyonunun iyi tasarlanması, optimum su muhtevasının sağlanması ve tercihen iyi yollarda kısa mesafelerde taşınması bu riski azaltmaktadır.



Beton damperli kamyonlarla taşındığı zaman betonun kurumasını ve yağmurdan ıslanmasını engellemek için üzeri örtülmelidir.

Beton boşaltıldıktan sonra segregasyona uğramış gibi görünüyorsa, iri agregada üniformluk testlerin yapılması önerilmektedir.

Aynı kamyondan alınmış farklı agregada örneklerinde gözlemlenen agregada içeriğindeki önemli değişimler, karışım kıvamının, betonun kamyonla yükleme, taşıma ve boşaltılmasında takip edilen işlemlerin değiştirilmesi gerektiğine işaret eder.

Suyun eklenmesi ve betonun finişere boşaltılması arasında geçen zamanın betonun zamanında karıştırılması, taşınması ve zemin üzerine boşaltılması için şartname limitlerine uygun olup olmadığının doğrulanması gerekmektedir.

Betonun besleme hızı, finişerin durmasını önlemek için finişerin ilerleme hızıyla uyumlu olmalıdır. Bu nedenle saha ve karışım tesisi arasında iyi bir iletişimin sağlanması her zaman faydalıdır. Finişere beton besleyebilmek yeterli sayıda taşıma kamyonu gerektirmektedir. Kamyon sayısı kayarkalıplı finişerin yerleştirme hızını belirlemektedir. Bütün karıştırma, şarjlar, taşıma ve boşaltma döngüsü, karışım tesisinin kapasitesine, taşıma mesafesine, tabla ve finişerin kapasitesine göre tasarlanmalıdır.

Betonu boşaltmanın çeşitli yöntemleri vardır. Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır:

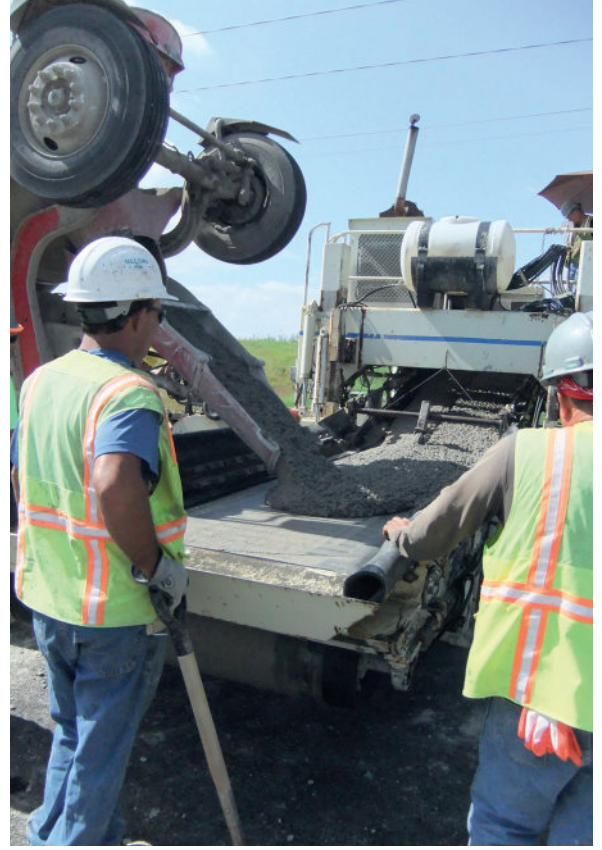
- a) finişerin önünden doğrudan belli bir de-receyle dökümü;

Sağdaki fotoğraf (Gomaco)





İlk iki fotoğraf (IECA)



< b) yerleştirici bantlara ve yan yükleme dağıtıcılarına boşaltmak;

c) sahaya yerleştirilen açık bir kovaya boşaltılır. Beton daha sonra bir GCP yardımıyla finişerin önüne taşınır;

>





İki katmanlı inşaat

(Fotoğraf: Wirtgen)

d) iki katmanlı inşaat, alt tabakadaki betonu serilen ilk finişeri atlayıp ikinci finişerin önüne serilebilecek şekilde üst tabakadaki beton iletim bantlarına bağlı bir kovaya boşaltmak;

e) a) veya b)'yi desteklemek için kepçeler de kullanılabilir.

Betonun düşüş yüksekliği, kaplama yüzeyinde düzensizliklere neden olabileceğinden betonun önsıkışmasının engellenmesi için, 1.5 m gibi bir yükseklikle sınırlandırılmalıdır. Her durumda beton, finişerin önünde sürekli bir beton kütlesi olacak şekilde serilmelidir. Betonun finişerin önüne eşit dağıtılmasının yüzey düzgünlüğü konusunda işin kalitesi için önemi ne kadar vurgulansa azdır. Finişerin önüne beton boşaltılmasında uygulanan metot bu döngüde ve düzgün bir kaplama yüzeyi elde etmede önemli bir faktördür. Finişerin önünde taşınan beton miktarının yetersiz veya çok fazla olup olmadığı kontrol edilmelidir. Eğer miktar çok fazlaysa, finişerin altına bir basınç dalgası uygulamaktadır. Bu basınç dalgası makinenin serim tablasının arkasında kalan betonun şişerek daha sonradan düzeltilemeyecek bir yüzey tümseği yaratmasına neden olmaktadır.

Finişerin ön tarafında yeterince malzeme olmadığında finişer çekiş gücünü ve yönlendirmesini kaybedebilir. Bu durumda beton yükü yeterli gelmez veya grout kovası boşalabilir. Bu da beton kaplama yüzeyinde yumuşak noktalar, boşluk ve cepler yaratmaktadır.

Betonun kaplama şeridinin bir tarafının betonla aşırı yüklenmeyecek şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Finişerin önüne betonun yetersiz ve hatalı yerleştirilmesi lokal çukur ve tümsekler yaratmaktadır. Bu ilişki her bir tekerlek güzergahında toplanan yüzey düzgünlüğü profil verilerini karşılaştırarak elde edilmiştir.

Yeterli miktarda betonun finişerin önüne boşaltılması



Tek tabakalı bir kaplama yaparken, gerekli olmasa da ayrı bir dağıtıcı makinanın (yerleştirici/ dağıtıcı veya asfalt finişeri) kullanılması beton finişerinin durmadan düzenli bir şekilde ilerlemesi açısından avantajlıdır. Dağıtıcı kullanıldığında, dağıtıcı finişerin çok fazla önünde olmamalıdır. Finişerle dağıtıcı arasındaki mesafe 7.5 m'den fazla olmamalıdır ki betonun finişerdeki yüksekliği fazla veya düşük olduğunda saçıcı beton miktarını çabucak ayarlayabilsin. Finişerin ilerlemesine zorluk çıkaracak her değişiklik zararlıdır. Kamyondan kaynaklanan itkiler veya besleyici kova üzerindeki itkiler de engellenmelidir.

Genel olarak konuşulacak olursa, iki tabakalı yapımda daha düzgün bir yüzey elde etmek daha kolaydır çünkü tesviyelenmesi gereken beton miktarı daha düşüktür. Ayrıca, bu sistem alt tabakadaki kayma demirlerinin üst tabakaya zarar vermeden sıkıştırılmasına izin vermektedir. Kesitte eşit olmayan kaplama kalınlığından kaynaklanan problemleri de minimize etmektedir. Ancak, iki tabakalı yapı, müteahhiti iki tabakanın yerleştirilmesi konusunda zorlamaktadır.

2.4.6 FİNİŞERİN OPERASYONU

Finişerin işlevi finişer ilerledikçe betonu yaymak, sıkıştırmak ve betonun belli bir profilde şekil almasını sağlamaktır. En iyi uygulama kuralına uyararak, betonun finişerin durma kalkmalarını önleyip sürekli olarak finişeri beslemesi gerekmektedir.

Kayar kalıpla da sabit kalıpla da, finişerin durmadan düzenli olarak ilerlemesi son yüzeyin düzgün çıkmasını garantilemektedir. Bu nedenle finişerin hızı durmaları minimize edecek şekilde ayarlanmalıdır. Bu hız betonun beslenme hızına bağlıdır. Ancak telhattında sıkıştırılmış güzergahların düzgünlüğü, betonun kıvamı ve sensör krikolarının ayarlanması gibi başka faktörler de gözönünde bulundurulacaktır. Pratikte kayar kalıplı finişerin optimum ilerleme hızı 0.5-1.5 m/dak arasında değişmektedir.

Kayar kalıplı finişer doğrudan kaplama yüzeyine şekil verdiği için, finişerin operasyonu sırasında bütün faktörler yüzey düzgünlüğüne etki etmektedir:

İki tabakalı serim işlemi



- finişer kovasının önündeki beton yükü basıncını kontrol etmek;
- finişer hızıyla vibratör frekansını senkronize etmek;
- kalıbın ağızına göre vibratörün pozisyonunu belirlemek;
- elektronik sensörlerin saha koşullarıyla uyum sağlayabilmek için doğru hassaslık derecesinde çalıştığından emin olmak;
- finişerin beton beklemeyen ve sabit hızla dur-kalk yapmadan sürekli olarak beslenmesi.

Finişerin bakımı oldukça önemlidir. Finişerin çalışma saatleri arttıkça, parçaları aşınacaktır. Bu durum finişerin dever geçişleri sırasında, düşey kurlarda veya hidrolik sistemin yükseklik değişimlerine reaksiyon göstermesi gereken herhangi bir durumda reaksiyon süresini etkileyecektir.

Operasyon sırasında, operatörün yapabileceği ilk ayarlama finişerin ilerleme hızına ve iç vibratörlerin frekansına bağlıdır. Eğer betonun plastik özellikleri yer yer büyük değişimler gösteriyorsa yerleştirme hızının ve vibrasyon frekansının daha sık ayarlanması gerekecektir. Bu da yüzeyde düzgünlüklere neden olacaktır.

Kayar kalıplı finişerler betonu kalıp şeklinde çıkararak (ekstrüzyon) çalışırlar. Bütün kayar kalıplı ekipmanlar çeşitli kalıplama bileşenleri içermektedir. Bu bileşenler "profil tablası" veya "kalıp tablası"nın altı ile yan kalıpların iç yüzeylerinde yer almaktadır. Bu kalıpların tabanı alttemeldir. Bütün bu elemanlar betonu sıkıştırarak betonun kalıbın şeklini almasını sağlamaktadır.

Bu ekstrüzyon işlemine en yaygın örnek olarak dış macunu tütünün sıkılması gösterilebilir. Sıkma işlemi dış macununun sıkıştırılarak hareket etmesi için enerji sağlamaktadır, tütün ucu bir kalıptır. Tütün ucundan çıkan dış macunu sıkıştırarak kalıbın şeklini almıştır. Kayar kalıplı finişer de benzer sonuçlar üretmektedir, kaplamaya şekil vermek için beton kalıpla sıkıştırılmaktadır.



Kayarkalıplı finişerin yakın görünüşü

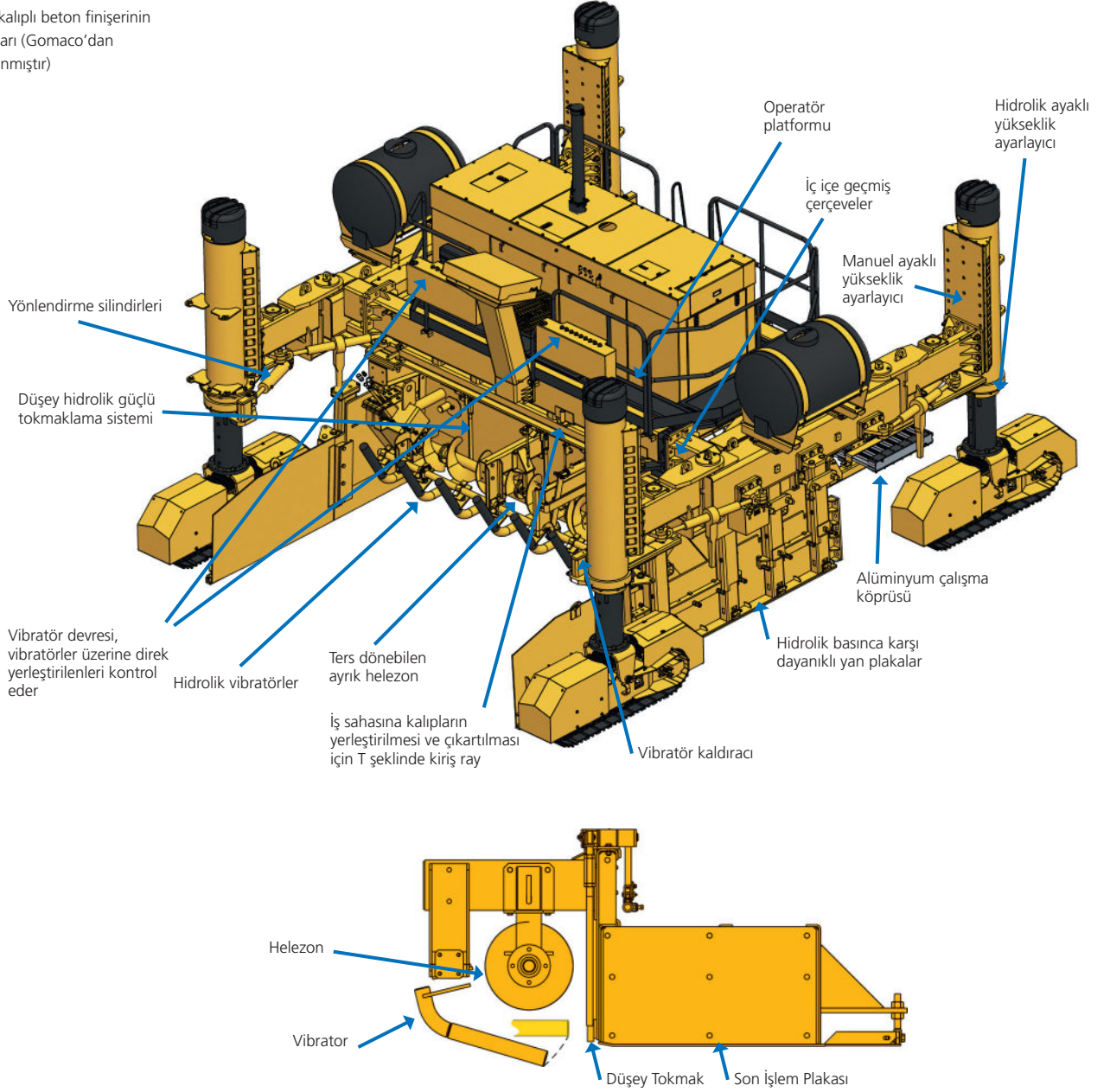
(Fotoğraf: Gomaco)

Aradaki temel fark kayarkalıplı inşaatta beton değil kalıp hareket etmektedir.

Kayar kalıplı finişere eklenmiş bazı bileşenler plastik kıvamdaki betona kalıplarla üniform şekiller vererek işlemektedir. Bu bileşenler yayıcı helezonlar, baskılar, vibratörler, profil tablası, tokmak demirleri veya bunların kombinasyonlarıdır.

- öndeki helezonlar ve serme tablası önceden belirlenmiş bir açıklıkta betonu üniform bir şekilde dağıtmak için kullanılmaktadır;
- baskı düşey düzlemdeki hareketi kontrol ederek betonu kalıba yerleştirmektedir;
- sıkıştırma kalıbın boğaz kısmına yerleştirilen vibratörlerle sağlanmaktadır;
- tokmak plakası sistemi betonu düzgünce tabla içine ittirerek sıkıştırmaya yardım etmektedir;
- beton kovasındaki helezonlar vibrasyon kaynaklı segregasyon oluşumunu engellemektedir. Ayrıca deverde kotu düşük taraftan kotu yüksek tarafa beton iletilmesini de sağlamaktadır;
- düzeltme tablası (profil tablası) betonu tesviyelemeye yaramaktadır.

Kayarkalıplı beton finişerinin parçaları (Gomaco'dan uyarlanmıştır)



Kayarkalıplı kaplama işleminde en önemli husus, finişer tablasının önü/ucudur. Bu noktada vibratörle sıkıştırılmış plastik kıvamdaki beton, beton plağı oluşturmak için uygun yükseklikte kesilmektedir. Aynı zamanda, betonu makineye ileten taşıma kuvvetlerinin yoğunlaştığı yerdir. Pürüzsüz kaplama yapmanın anahtarı, finişer tablasında üniform bir uç basıncının muhafaza edilmesidir. Bu noktadaki basınç değişiklikleri, (farklı beton yükseklikleri) finişerinin basınç değişikliğini kalkma veya dalma hareketleriyle telafi etmesine neden olacaktır. Finişer tablası uç basınçtaki büyük değişik-

likleri telafi edemediğinden düzgün olmayan bir yüzeye ve üniform olmayan sıkışmaya neden olabilir.

Finişer tablasının ucunun betonu kesme açısı (müdahale açısı olarak da bilinir) kritik önem taşımaktadır. Karışım özellikleri ekstrüzyon işleminin başarıyla tamamlanması için makinenin betona aktarması gereken enerjiyi belirleyeceğinden en iyi müdahale açısı beton karışımına göre belirlenecektir. Finişer tablası için uygun müdahale açısına ulaşmak, betonun düzgün bir şekilde kayarkalıplanmasını sağlamak için yeterli

basıncın uygulanması demektir. Ancak bu basınç hidrostatik kuvvetlerle makinaryı kaldıracak kadar fazla olmamalıdır.

Tablanın hemen önünde tokmak çubukları bulunmaktadır. Bu plakaları beton karışımında ikincil sıkıştırmayı gerçekleştirmektedir ve finişer tablasının ucundaki kritik kesme noktasında iri agregaları kaplama yüzeyinin hemen altına taşıyarak finişer tablasının performansını arttırmaktadır. Beton ve finişer tablası arasındaki yüzeydeki tokmak plakaları tarafından oluşturulan ince harç tabakası, makina ile beton arasındaki sürtünmeyi düşürerek finişer tablasının yeni plak yüzeyi boyunca kaymasına yardımcı olmaktadır.

Finişere monte edilmiş vibratörler betonun sıvılaştırılması (agregaların yüz yüze daha az temas etmesi) için gereklidir ve kalıplamayı kolaylaştırmaktadır. Kayarkalıp finişer, tablayı ve yandaki kalıpları sabit tutarak malzemeyi sınırlandırmak ve şekillendirmek için kütlesiyle sıvılaştırılmış betonun üzerinden geçmektedir.

Segregasyon (ayırışma) gibi karışım problemlerini tanımlamak için vibratörler gözlenmelidir. Vibratör frekansının bir miktar ayarlanması faydalı olmasına rağmen, frekansı arttırmak, kötü ekipman ayarlarından, kötü hizalamadan veya kötü karışımından kaynaklanan sorunların aşılmasına fayda sağlamayacaktır.

Yüksek frekansta çalışırken, vibratörle, betonda sürüklenmiş havanın kaybolması veya vibratör izlerinin oluşması gibi istenmeyen sonuçlar doğurabilir [27].

Aşırı titreşim olduğunda yüzeyin altında hala karışımda görülmeyen bazı hasarlar veya segregasyon meydana gelebilir.

Aşırı titreşim etkisi birkaç nedenden dolayı ortaya çıkabilir. Bunlardan bazıları:

- aşırı vibratör frekansı;
- sabit vibratör frekansı ile düşük finişer ilerleme hızı;
- işlenebilirliği düşük beton karışımı özellikleridir.

Yüksek bir frekans, kaplama yüzeyinin daha iyi görünmesini sağlayabilir, çünkü karışımın kaymak gibi, pürüzsüz çimentolu ve kumlu kısmı yüzeye taşınabilir. Kaymak gibi bir karışım pürüzsüz bir yüzey oluşturur ancak yolun servis ömrü açısından zararlıdır. Araştırma sonuçları, 5 000 ila 8 000 VPM titreşim frekansı şartnamesinin uygun olduğunu göstermiştir.

Finişerin ilerleme hızı ve titreşim frekansındaki değişiklikler, yüzeyi etkileyebileceği için düzgün bir kaplamaya ulaşmada pratik önem taşımaktadır.

Bir kayar kalıplı finişerde tüm vibratörlerde frekansı gerçek zamanlı olarak okumak için vibratör sensör sistemleri mevcuttur. Bu üniteler, kaplama üniformitesini aşağıdaki özelliklerle iyileştirir:

- operatör için yüksek ve düşük frekansları veya menzil dışı frekansları uyarıcı bir alarm kurulması;

Aşırı titreşim gerektiren, sert ve boşluklu gradasyona sahip karışımlarla yerleştirilen plak yüzeyinde vibratör izleri görülebilir



- ortam sıcaklığı ve bağıl nem değerleri;
- beton karışımındaki değişikliklere kendini uyarlayan programlanabilir titreşim frekansı;
- betonun iç segregasyonunu ortadan kaldırmak için finişerin yavaşlaması veya hızlanması ile otomatik düşürülmesine veya vibratör frekansının arttırılmasına izin veren programlanabilir finişer hızı ayarları;
- vibrasyon verilerini kaydetmek ve indirmek.

Sıkıştırma ile ilgili sorunlarla karşılaşıldığında vibrasyon frekansının, aralıkların ve yükseltinin ayarlanması gerekebilmektedir. Boyuna inşaat derzlerinde bazen yardımcı vibratörler gerekli olabilir.

Hidrostatik yük (betonun yüksekliği) veya vibratörün üstündeki beton miktarı, dahili vibratörün verimliliğini de etkilemektedir. Hidrostatik yük ne kadar büyük olursa, vibratörün plağın tabanındaki sıkıştırma üzerindeki etkisi de o kadar artmaktadır. Bazı finişerler, betonun sınırlanması ve bu etkiden faydalanılması için baskı ve finişer tablası arasında bir "beton kovası" içerecek şekilde tasarlanmıştır. Beton kovasında sınırlandırılmış vibrasyon bir diğer yararı da, vibrasyon enerjisinin beton kütlesine geri yansımadır. Bu, karışımı akışkanlaştırmak için gereken enerjiyi düşürmektedir. Betondaki agregaların ayrışmasını önlemekte veya ayrışmayı kısıtlamaktadır. Beton kovası, finişer tablasının ucunun önünde sabit bir beton yükü sağlamaktadır. Böylece ekstrüzyon işleminde makinenin yapması gereken ayarlamaları azaltmaktadır. Beton kovasında plak kalınlığının yaklaşık 1,5 katında bir beton seviyesi önerilmektedir.

Özet olarak, uygun pürüzlülüğe ulaşmada önemli bir faktör olan ekstrüzyon basıncı temelde aşağıdakilerden etkilenir:

- makinenin ağırlığı;
- istenilen plak kenarı düzlemlerine göre yan kalıpların konikliği (kenarın genişliği ve yüksekliği);

- profil tablasının istenilen kaplama yüzeyi düzlemine göre açısı;
- vibratör gücü ve frekansı;
- finişer hızı;
- beton miktarı ve yükü (helezon kullanımı);
- beton kıvamı.

Her durumda, kayarkalıp finişeri durdurmak, makineyi yavaşlamaya zorlamak anlamına gelse bile mümkün olduğunca engellenmelidir. Her durdurma, beton yüzeyinde düzensizliğe neden olmaktadır, bu da genellikle makinenin durduğu alanda kısa aralıklarla düzgünlükte belirgin sapsmalara neden olmaktadır. Yüzey problemlerinin tespit edilmesine yardımcı olmak ve operasyonel aktiviteleri düzgünlük sonuçlarıyla ilişkilendirmek için durma noktalarının yerlerini ve durma zamanını kaydetmek yararlı olacaktır.

Eğer problemler ortaya çıkar ve beton temini gecikirse, beton tesisi ve kaplama operasyonu arasındaki sürekli iletişim, finişer hızının mevcut beton teslim hızına uygun olmasını sağlamaktadır. Finişer yavaşlarsa, tutarlı ekstrüzyon basıncını korumak için titreşim frekansının azaltılması da gerekecektir. Bu, çalışmada "normal" olarak kabul edilen titreşim frekansına ve kaplama hızına bağlı olacaktır.

Bazı finişerler, finişer tablasının arkasına takılabilen ilerleme yönüne dik olarak hareket eden salınımlı kirişler ve / veya paralel olarak salınım yapan boyuna finişer kirişleri (aynı zamanda süper düzgünleştirici olarak da bilinir) ile donatılmıştır.

Enine salınımlı / sıkıştırma kirişi, tek tabakalı kaplamalarda taze beton içerisine kayma demiri ekleme işlemi sırasında oluşan boşlukları doldurmak için gereklidir.

Süper düzgünleştiricinin doğru bir şekilde kurulması ve ayarlanması gereklidir; aksi takdirde yüzey düzgünlüğü için yararlı olmaktan ziyade zararlı olabilir.

2.4.7 YATAY KURBLARDA BETON SERİMİ

Yatay kurlarda, dever nedeniyle düzgün yüzeylerin elde edilmesi tanjant kesitlerden daha zordur. Sonuç olarak, geçişlerde ve yatay kurbun tam deverli kısımlarında bu düzgünlük, tanjant kesimlere kıyasla daha çok göze çarpar. Benzer şekilde, üniform veya düz eğimlerde tanjant bölümler boyunca, enine eğim verilmiş olan bölümlerden düzgün bir yüzey elde etmek daha kolaydır.

Kurb geçiş bölümlerinde, finişer tablası kurbun çeşitli enine eğim gereksinimleri karşılamak üzere ayarlanmalıdır. Bu ayarlamalar, finişerin hidrolik bileşenleri tarafından dengesiz bir seyir hattı için yapılan ayarlamalara benzer şekilde yapılmaktadır. Ekipman değişen ihtiyaçlara göre kademeli bir şekilde tepki vermektedir.

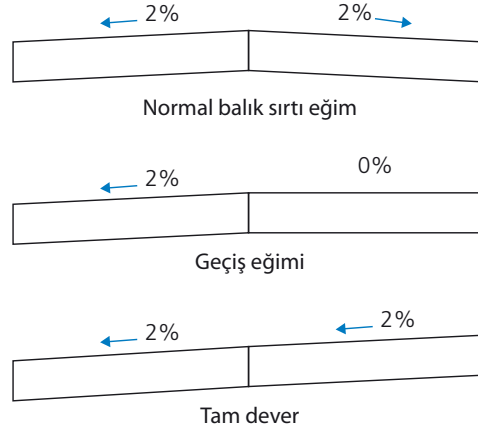
Yatay eğrilik derecesi arttıkça, kurb içindeki düzgünlük potansiyeli de artar. Buralarda çalışırken makinenin bir tarafı diğer tarafa göre yavaşlamalıdır. Hızlı tarafta ise makina altına daha fazla beton sağlanması gerekmektedir. Sonuçta, ekstrüzyon basıncı ve titreşim derecesinde bir farklılık oluşmaktadır.

Eğrilik yarıçapı 300 m'nin altına düştüğünde, makinenin operasyonuna ve ofset çubuğu mesafeleri dikkat edilmelidir. Yatay yarıçapları 30 metreden düşük kurlarda şartname gereksinimlerini karşılamak için 1,5 m gibi düşük ofset çubuğu mesafeleri kullanılmıştır. Yatay kurlar için ofset çubuğu mesafeleri azaldıkça, sensör çubuklarının aralığını azaltmak da önerilmektedir.

Kurbta azaltılan kazık aralığı



Bazı finişerler taçtan tam dever içerisindeki yassı taç-eğime programlı geçişi sağlamak için özel kontrol sistemi ile donatılmıştır.



Deverli kurbta geçişte enine eğim değişimi



2.4.8 DÜŞEY KURBLARDA BETON SERİMİ

Boyuna kurlar kaplamanın düzgünlüğünü etkileyebilir. Etkisi genellikle çukur kurlarda tepe kurlarından daha kötü bir biçimde hissedilmektedir. Bu konudaki görüşler farklı olmasına rağmen genellikle % 4'ten daha yüksek eğimlerde yokuş aşağı çalışılması önerilir. Bununla birlikte, betonun akmasını önlemek için, beton kıvamının ve finişerin ilerleme hızının ayarlanması gerekir. Finişerin önünde daima beton olmasına özen gösterilmelidir. Dahası, sınırlı ve dar çalışma yerlerinde (örneğin beton taşıyan kamyonların ters yönde yokuş yukarı hareket etmesini gerektiren tünellerde) yokuş aşağı beton dökümü zor olabilir.

Bu konuda bazı öneriler aşağıda listelenmiştir:

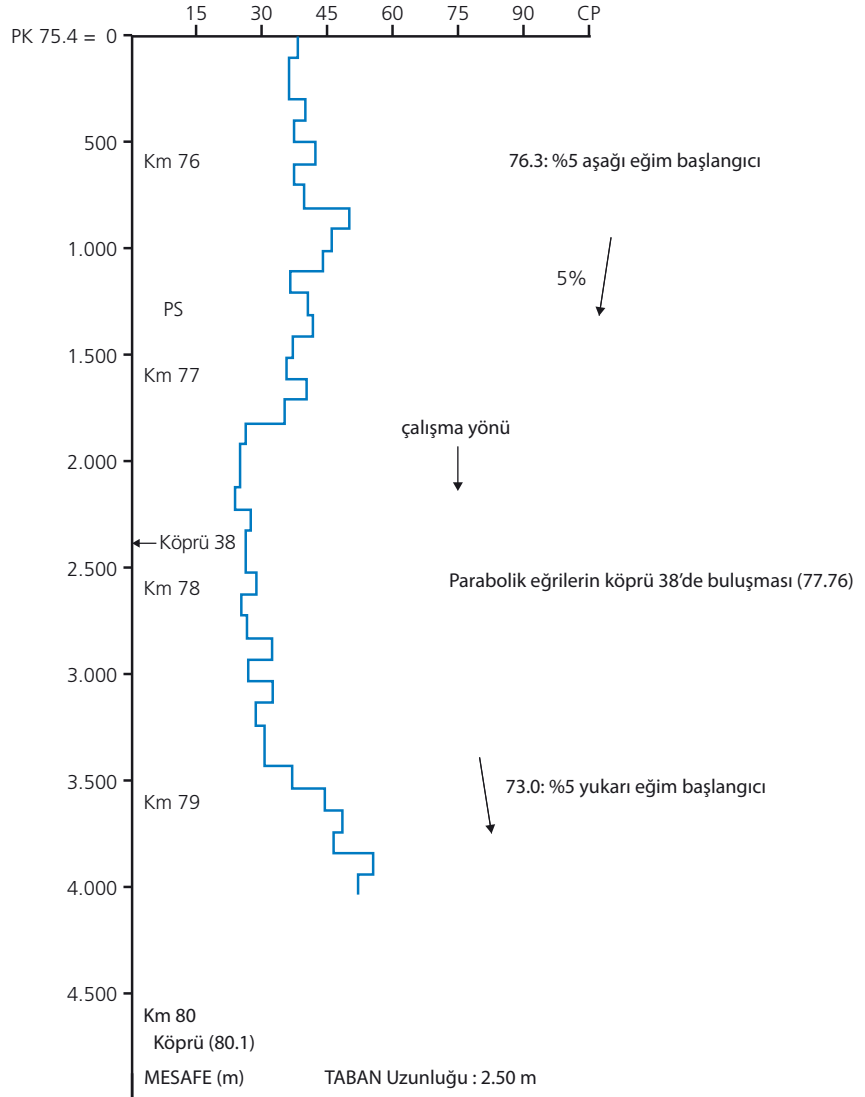
- kıvam 15 - 25 mm'yi aşarsa betonun kıvamını azaltın. Ayarlama yapma ihtiyacı, finişerin önünde üniform beton kütlelerinin korunmasının zor olup olmadığına bağlıdır;

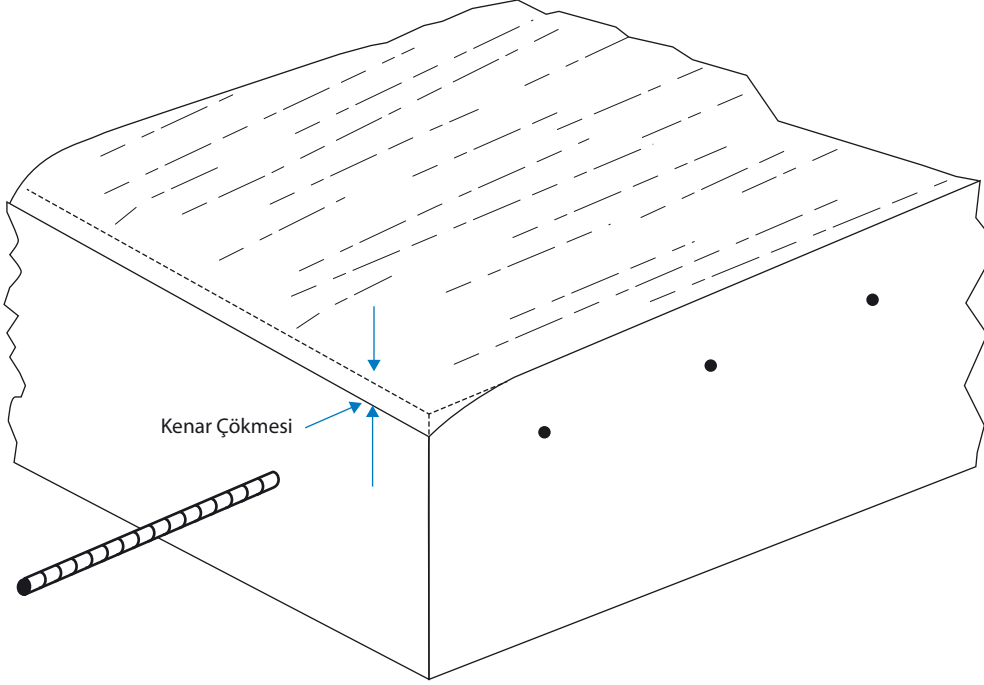
- finişer tablasının serim açısını ayarlayın. Düz eğimlerde, genellikle tabla mümkün olduğunca ofset hattı çizgisine paralel olarak konumlandırılır. Genel olarak, çoğu eğim için 10-15 mm'lik bir fark yeterlidir ve gömülü donatı yakınında yüzey ondülasyonlarına neden olmaz;
- finişer tablasının yüksekliğini ayarlayın. Daha dik bir eğimde yokuş yukarı çalışırken tablanın yüksekliği yüzey eğiminin yaklaşık 25 mm altına ayarlanabilir. Dik eğimde yokuş aşağı çalışırken tablanın yüksekliği yüzey eğiminin yaklaşık 25

mm üstüne ayarlanabilir. Kayma demiri sehpaları gibi gömülü parçaların neden olduğu ondülasyonları önlemek için bu ayar dikkatle yapılmalıdır.

Yeterli önlemler ile çalışmalar % 11 gibi dik eğimlerde bile başarıyla tamamlanmıştır. Aşağıdaki şeklin grafiği, % 5 derecelik gradyanlarla kısa vadede düzgünlüğün üzerinde boyuna eğimin etkisini göstermektedir. Yokuş aşağı döküm düzgünlüğü artırma eğilimi gösterirken, yokuş yukarı döküm olumsuz bir etkiye sahiptir [8].

Düşey eğimlerin kısa vadede düzgünlük katsayısına etkisi (taban uzunluğu: 2.5 m) [8]





2.4.9 KENAR ÇÖKMESİ

Kayarkalıp finişer ileriye doğru çekildiğinde, desteksiz kenarın çökme eğilimi vardır. Bu çökme plağın içine doğru uzanmaktadır. Fazla kenar çökmesi meydana geliyorsa, beton karışımında, kaplama finişerde veya serme işleminde ayar yapılması gerekmektedir. Kenar çökmesi ciddi bir kusurdur (özellikle kaplama kısmı genişliklerde yapıldığı zaman). Su birikintileri için bir alan yaratmaktadır ve derz performansını etkileyebilir.

Bazı kayarkalıp finişerler, çökmeyi master tablasında hidrolik veya manuel ayarlarla karşılamak için kenar çökmesi kontrolü sunmaktadır.

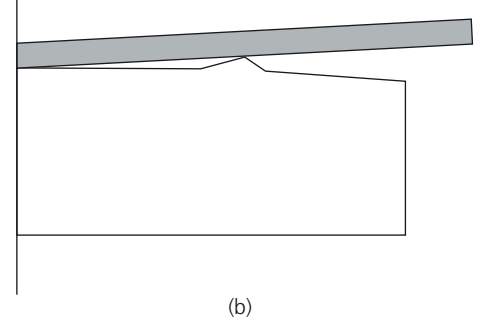
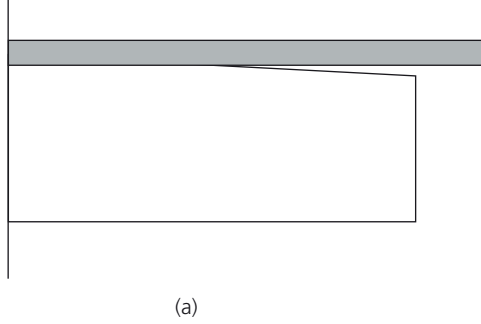
Betonun ilk prizinden önce kenar çökmesi tespit edildiğinde taze beton ile bir onarım denenebilir. Bunu zamanında yapmak mümkün değilse, etkilenen plakların sertleşmesine izin vermek ve daha sonra kısmi veya tam derinlikte onarım yapmak gerekebilir. Onarım alanının dayanıklılığını sağlamak için bu tamiratların doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Kenar çökmesinin sadece belli noktalarda olması

ve rutin bir olay olmaması gerektiği vurgulanmaktadır. Fazla kenar çökmesi meydana gelirse, sorun ortadan kaldırılıncaya kadar kaplama işlemi durdurulmalıdır. Fazla kenar çökmesi, yanlış karışım reçetesinin, betonun yeterince yerleştirilmemesinin veya hatalı ekipman işlemlerinin göstergesidir.

Tipik şartnameler, kenar çökmesinin, derz uzunluğunun % 15'inde 6 mm aşmamasını ve kenar çökmesinin 10 mm'den büyük olmamasını gerektirmektedir. Kenar çökmesinin kontrol edilmesi master ve enine eğime göre şekil(a)daki gibi ayarlanmış bir kot gerektirmektedir. Kenar çökmesi, taze veya sertleştirilmiş beton üzerinde ölçülebilmek-



Kenar bozulmasının lokal tamirati



Kenar çökmesinin ölçümü



Kenar çökmesi sık aralıklarla ölçülmelidir. İri agreganın arttırılması, su içeriğinin azaltılması ve/veya harç içeriğinin azaltılması, kenar çökme azaltabilmektedir. Kenar çökmesini engellemek için başa finişerin master tablası duvarında ayarlama gerekebilir. Finişer serim hızının azaltılması da kenara çökmesini azaltabilir.

Bu bağlamda, bağlantı demirlerinin elle taze betona içine sokulmasının sıklıkla plastik kıvamdaki beton kenarının çökmesine neden olduğu ve sürekli iyileştirme çalışmaları gerektirdiği vurgulanmalıdır [28]. Dolayısıyla, bazı kamu idareleri bu yönetime izin vermemektedir.

Bağlantı demirlerinin taze betona hidrolik olarak eklenmesi

(Fotoğraflar: Cement&BetonCentrum)

tedir. Master çubuğun orta bölümünde ve kenar çökmesi alanından tipik olarak 300 ila 600 mm uzakta tutmak için master çubuğunun yeterince uzun (tipik olarak 3 m) olması gerekmektedir. Şekil (b)'deki gibi küçük tümsekler veya sapmaların (büyütülerek gösterilmiştir) yanlış sonuçlar doğurabileceğine dikkat edilmelidir.



2.4.10 KAYMA DEMİRLERİ VE DONATI

Kaplama tasarımı donatı ve kayma demirleri içerdiğinde bile, olağanüstü yüzey düzgünlüğü elde etmek mümkün olmalıdır. Bununla birlikte, bazı durumlarda problemler çıkabilmektedir.

Donatı veya kayma demirlerinin kullanımıyla ilişkili olabilecek dört farklı düzgünlük nedeni aşağıda tanımlanmıştır:

- Yetersiz sıkışma - Kayma demiri sehpa etrafında beton yetersiz sıkıştırılırsa düzgün olmayan bir yüzey oluşturabilmektedir. Çünkü beton, kayma demiri üzerinde oturmayabilir. Yüksek kıvamlı betonun kullanıldığı özel durumlarda bu etki, kayma demirlerinin düzensiz yerleşimine neden olduğundan, kayma demirinin hemen üstünde bir çatlak oluşumuna yol açabilmektedir. Bu durum, çökme çatlağı olarak adlandırılmaktadır.
- Donatı dalgalanması - Bu durum, beton donatı demirleri tarafından engellendiğinde yüzeyde bir dalgalanma şeklinde ortaya çıkmaktadır. Yüzey donatı demirleri arasındaki alana kıyasla her bir çubuğun biraz altına düşmektedir. Bu, iki yolla olmaktadır: (1) Boylam dalgalanmaları boyuna donatılar arasındaki betonun geri tepmesini sınırlandırarak finişer tablasının arkasındaki yüzey seviyesinin geri kazanılmasını sınırlarken engellediğinde oluşmaktadır (2) Enlem dalgalanmaları, kayma demirlerinden de aynı şekilde etkilenmektedir veya finişer tablasının arkasındaki betonun yukarıya doğru akışı üzerinde kayma demirlerinin zararlı etkisi nedeniyle de oluşmaktadır. Yüzey dalgalanmasının oluşması kaplama tekniklerine ve donatıyı kaplayan betonun derinliğine bağlıdır, daha az beton daha belirgin dalgalanmalara neden olmaktadır.
- Geri-yaylanma - Geri-yaylanma kayma demiri sehpa etrafındaki sürekli donatılı beton yola benzer şekilde etkileyen bir ekstrüzyon basıncı problemini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Kayarkalıp finişer tablası üstten geçtikten sonra ekstrüzyon basıncı serbest bırakılınca sehpa düzeneği yapmış olduğu elastik sehmi bırakıp ilk pozisyonuna geri döndüğünde oluşur. So-



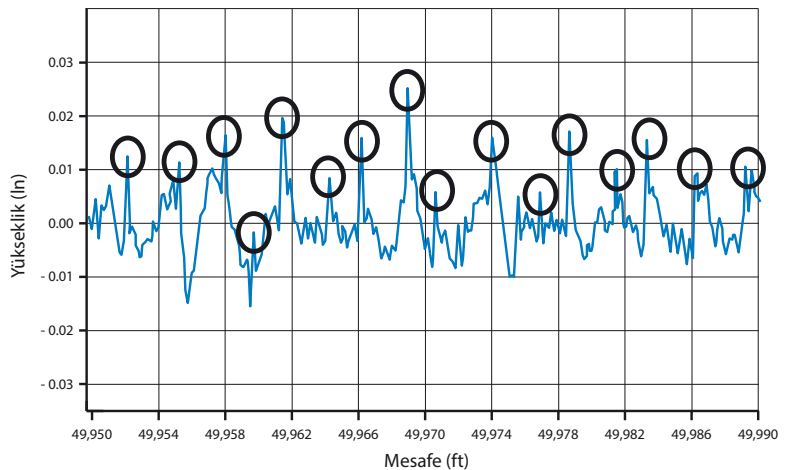
nuç, sehpanın hemen önündeki beton yüzeyde hafif bir tümsektir. Geri yaylanma, yüksek eğimlerde ve tablada çok fazla beton olduğunda daha kolay gerçekleşmektedir. Sehpa montajı seviyesi çok yüksek yapıldığında da oluşabilmektedir.

Sürekli donatılı beton kaplamanın kayar kalıplı finişerle yapılması

- Barajlama (Sedde) - Belli koşullarda, kayma demiri sehpa veya kayma demiri, eğim üzerinde baraj gibi çalışabilmektedir. Genel olarak, bu durum dik yokuşlarda yokuş aşağı kaplama yaparken veya daha düşük eğimlerde az sürtümlü yüzeyler (alt taban) nedeniyle oluşmaktadır. Sonuç, sehpa veya kayma demirlerinin olduğu yerlerde tümsek şeklinde beton yüzey dalgalanmalarıdır.

Barajlama ve donatı dalgalanması bu dört düzgünlük kaynağından en yaygın olanlarıdır.

Sınırlı beton paspayı olduğu sürekli donatılı beton kaplamada kayma demirleriyle örtülen yüzey dalgalanmaları (Bu durumda her 90 cm'de) [21]



Ortaya çıkan bu sorunların finişer ayarlamaları ve geliştirilmiş kaplama teknikleri kullanılarak büyük ölçüde azaltılabileceğine dikkat çekilmelidir.

Büzülme derzlerinde kayma demiri montajları alt temele sıkıca sabitlenmelidir (örn. granüler tabakalarda çiviler ve stabilize malzemeler için emniyet kelepçeleri kullanılarak). Sehpaların sabitlenmesine özen gösterilmesi, kaplama sırasında yerinden fırlamamalarını ve sökülmemelerini sağlamaktadır. Buna ek olarak, finişer geçişinden önce kayma demiri düzeneklerinin üzerine biraz beton yerleştirilmesi, beton kayma demirlerinin toplanmasını ve ekstrüzyon basıncı etkilerini ortadan kaldırmıştır.

Beton karışımı, kayma demirlerinin ve donatıların çevresinde aşırı titreşim olmasızın düzgün bir şekilde sıkıştırılmasını sağlayacak şekilde olmalıdır. Bu, iyi derecelendirilmiş agrega içeren karışımların elde edilmesinde kullanılan optimizasyon teknikleri ile sağlanmaktadır. Bu karışımlar katı ve işlenebilir değildir, titreştiğinde kolayca akarak gömülü elemanlar ve donatıyı sarabilmektedir. İri agreganın fazla olduğu, kesikli gradasyona sahip karışımlar

genellikle sıkıştırma için daha fazla titreşim gerektirmektedir.

Kayma demirlerinin sehpalara yerleştirilmesinin alternatifi, finişere monte edilmiş otomatik bir kayma demiri yerleştirme ekipmanıdır. Ortaya monte edilmiş bir kayma demiri yerleştirme donanımının, kayma demirlerini sehpalarla aynı veya daha iyi bir hassaslıkla uygun yere yerleştirdiği gösterilmiştir. Kaplama öncesinde alt temelin yüzeyini serbest kılmanın yanı sıra kayma demiri yerleştirme birimi, donatı dalgalanması, geri yaylanma ve barajlama problemlerini ortadan kaldırabilmektedir.

Kayma demiri yerleştircisinin enine büzülme derzlerinde kullanılması durumunda kayma demiri pozisyonlarının doğrulanması gerekmektedir. Kayma demirlerinin üzerinde aşırı harç veya iri agrega eksikliği, bu demiri yerleştiren uçlarda aşırı titreşim olduğunu göstermektedir. Gölgeleme veya yerleştirmeden sonra kayma demirleri üzerinde kuma olması, plastik oturmanın (yüzeydeki çöküntüler), aşırı vibrasyon (aşırı miktarda su ve harç) veya çok az ve uygun olmayan beton karışımının göstergesidir.

Kayma demirlerinin yerleştirilmesi: kayma demiri sehpasının sabitlenmesi- kayma demiri montajı üzerine finişer geçişi öncesi beton yerleştirmek





Kayma demiri yerleřtiriciler
(Wirtgen- Gomaco - G&Z)



Kayar kalıplı finiğere monte edilen kendinden yüklemeli bağlantı demiri yerleştiricileri birden çok şerit dökülürken boyuna büzülme derzlerinde de kullanılabilir. Enjektörler bağlantı demirini plastik beton içerisine bastırarak betonu demirlerin üstünde titreştirmektedir. Mesafe ölçerler bağlantı çubuğunun önceden belirlenmiş aralıklarla takılmasını sağlamak için kullanılmaktadır. Bağlantı demirlerinin enine derzlerden belirlenen minimum mesafesinin korunmasını sağlamak için demirlere dikkat edilmesi gerekmektedir.



Yerleştirilen kayma demirinin yetersiz sıkıştırılması sonucu üzerinde oluşan boşluklar



2.4.11 GÖMÜLÜ ELEMANLAR

Alet kutuları, yerinde dökme demirbaşlar, trafik sinyal tutacakları ve drenaj yapıları gibi gömülü elemanlar da kaplama yüzeyini etkileyebilmektedir. Bu elemanları etrafını çevreleyen kaplamanın içine gömmek fazladan işçilik, titreşim ve bitirme işlemleri gerektirmektedir.

İdeal olarak, kaplama öncesinde bu elemanlar, olası el işçiliğini en aza indirmek için beton yerleştirilmeden önce konumlandırılmalıdır. Bununla birlikte, birçok durumda, yüklenicinin hazırlanmış zemini finişere beton taşımak amacıyla kullanması daha avantajlı olduğundan işler ilerledikçe bu elemanların yerleştirilmesi gerekmektedir veya gömülü elemanların böyle yerleştirilmesi daha avantajlı olmaktadır.

Sabit kalıplı inşaatta alet kutularının üst kotu kaplamanın son kotunun hemen altında olmalıdır. Kayar kalıplı inşaat için, kutunun üst yüzeyi, plağın bitmiş yüksekliğinin 12-25 mm altında olmalıdır. Bu uygulama, kayarkalıplı finişerin, vibratör açıklığını ayarlayarak kutunun üzerinden serbestçe geçmesini sağlamaktadır. İşçiler kaplama yüzeyiyle çakışması için kutunun pozisyonunu yükseltmektedir. Bu, kaplama boyunca uzanan bir yapım tabliyesini gerektirmektedir.

Alet kutulu ve yerinde dökme demirbaşların etrafında kaplama yaparken özellikle dikkatli olunması gerekebilir. İdeal olarak, bu nesnelerin çevresinde yüzey kaplama işleminin yapılması için işçilerin ihtiyaç duydukları yükseklik ayarı ve ek titreşim önceden tamamlanmalıdır. Doğru şekilde

Kaplamada gömülü elemanın yapımı



yerleştirilirse, eleman kendisini çevreleyen kaplamaya kolayca karışmalıdır. Bununla birlikte, eleman çok yüksek veya çok düşükse yüzeye karışabilmesi için bazı ayarlamalar gerekebilir.

2.4.12 YÜZEY BİTİRME VE YÜZEY PÜRÜZLENDİRME

Yüzey kaplamasını yapmadan önce, iyi bir düzgünlük elde etmek için dikkatli olunmalıdır. Örneğin, geriye kalan küçük ondulasyonları gidermek için uzunlamasına salınlı bir yüzey perdah malası veya gerekirse çuval bezi kullanmak gibi opsiyonlar değerlendirilebilir.

Yüzeyin, yolunmamasını sağlamak için, finişer mastarının veya malanın önündeki yüzeyin daima kontrol edilmesi gerekmektedir. Yolunma şunlarla ilişkilendirilmektedir:

- aşırı kıvam kaybı;
- çok düşük kıvam;
- kötü ayarlanmış finişer;
- çok yüksek finişer hızı.

Yüzey bitirme esnasında yırtılma çatlaklarının kapatılması bu çatlakların daha sonra yüzeye yansımaları engelleyemez.

Yüzeyin, ayrıca finişer mastarının veya malanın arkasında tamamen kapatılıp kapatılmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Yüzeyi kapatmada yaşanan zorluk, aşağıdakilerden bir veya daha fazlasının göstergesidir.

- betonun erken sertleşmesi(muhtemel katkı uyumsuzluğu);
- yetersiz sıva/harç içeriği;
- çok düşük tutulmuş vibratör kotları;
- çok yüksek finişer hızı;
- enjeksiyon kovanında yetersiz beton miktarları.

3-5 m uzunluğunda elle kontrol edilebilen bir mastar yardımıyla kaplama ekipmanının arkasındaki yüzeyi kontrol etmek de tavsiye edilen bir prosedürdür. Aletin yüzeydeki yüksek noktaları kaldırmasını veya yüzeydeki düşük noktaları doldurmasını sağlamak için birbirini takip eden mastarlamanın aletin uzunluğunun yarısı kadar bindirme yapılması gerekmektedir. Betonun işlenebilirliğine de bağlı olarak, mastar bir sıyırma hareketiyle gözle görülür tümsekleri kaldırmak veya azaltmak için kullanılabilir.



Uzun kollu iri perdah malasıyla yüzey bitirme

Beton yüzeyinin uzun kollu iri perdah malalarıyla elle bitirilmesi sadece kaplama ekipmanından kalan yüzey boşluklarının veya yüzey kusurlarının bulunduğu durumlarda gerekmektedir. Genellikle, elle yüzey bitirme işlemini mümkün olduğunca kısıtlamak en iyisidir.

Yüzey bitirmeyle ilgili önemli hususlar şunlardır:

1. Şunları uygulayarak yüzey bitirme ihtiyacını en aza indirmek:

- işlenebilir bir beton karışımının seçilmesi;
- finişerin düzgün bir şekilde yönetilmesi.

2. Yüzeydeki su miktarını artırdığı ve yüzeyin pürüzsüzlüğünü ve beton dayanıklılığını etkileyebileceğinden, aşırı elle bitirmeden kaçınılması.

3. Kabul edilebilir "kapalı" bir yüzey elde etmenin tek yolu boyuna malalama ise bu durum beton karışımında ve / veya kaplama ekipmanında bazı düzeltmelere ihtiyaç duyulduğunun bir işaretidir.

- enjeksiyon kovanında çok küçük hacimde beton bulunması ve / veya betonun enjeksiyon kovanında sertleşmesi;
- ince agreganın iri agregaya hacimce oranının veya şerbet hacminin çok düşük olması
- ayar gerektiren finişer tablası açısı;
- çok yüksek finişer hızı;
- ayar gerektiren vibratörler.

4. Yüzey bitirme işlemine yardımcı olmak için su kullanılacaksa - sadece yerel olarak ve istisnai durumlarda yapılması gerekir - yüzey üzerine su püskürtülerek değil sislenerek sulanmalıdır ve malalarla işlenen yüzeylere su uygulanmamalıdır.

5. Yüzeyde çok fazla şerbet şunlardan kaynaklanmaktadır:

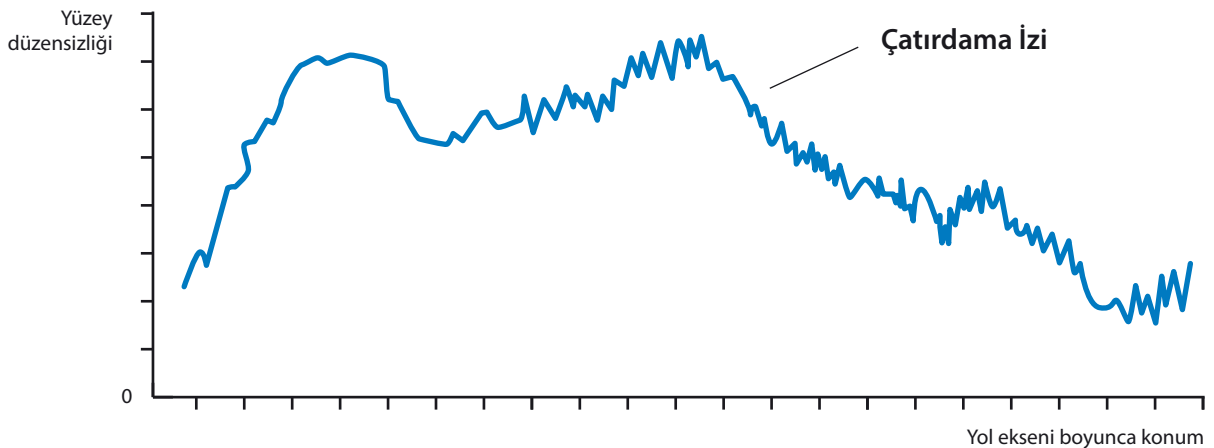
- yüzeye çok fazla su uygulanması;
- aşırı titreşim (yüksek frekans);
- titreşim gücü için çok yavaş finişer hızı;
- aşırı yüzey bitirme.

Yüzey işlemlerinden kaynaklanan dalga boylarının, prensipte, sürüş konforu üzerinde olumsuz bir etkisi olmamalıdır. Bununla birlikte, yüzey işlemi 50 ila 250 mm (yani megadoku) aralığında bir dalga boyu ve 5 mm kadar bir genişliği olan yüzey düzensizlikleri üretebilmektedir. Bu da titreşimler üretebilir ve tekerleklerin dönmesinden kaynaklanan gürültü seviyesini artırabilir. Bu tür bir kusur bazen yüzey çatırdaması olarak bilinmektedir. Bu durumun farklı nedenleri olabilir, örneğin; mekanik ekipman plağın enlemesine dokusu için kullanıldığında pürüzlendirme aleti üzerinde oluşan düzensiz basınç taraflardan birinin diğerine göre daha derin çizgiler vermesine neden olabilir.

Yüzey çatırdamasını ortadan kaldırmak için bazı önlemler alınabilir:

- ekipmanın kurulumunu ve operasyonunu dikkatli bir biçimde kontrol etmek;

Derin enine dişli bir yapıdan çatırdama izi gösteren Kaliforniya profilografı (ACPA)



- finişerin arkasındaki yüzeyi 3-5 m uzunluğunda mastar ile kontrol etmek. Deneyimli yüzey bitiriciler, göze çarpan tümsekleri kaldırmak için mastarı kazıma hareketi uygulayarak kullanabilirler. Alternatif olarak, yüzeydeki yumruları ve düzensizlikleri ortadan kaldırmak için uzun kollu bir mala kullanılabilir.

Yeni beton kaplamaların pürüzlendirilmesi için aşağıdaki yöntemler kullanılmaktadır:

- plastik fırçalama / süpürme;
- çuval veya diğer malzemeleri (Örneğin sentetik çim) enine ve boyuna sürüklemek;
- enine ve boyuna tırmıklama;
- enine ve boyuna yiv açma;
- görünür agregalı yüzeyler oluşturma.

Enine yüzey bitirme teknikleri yüksek tekerlek yuvarlanma gürültüsü seviyelerine neden olabileceğinden yalnızca düşük hızlı yollardaki kaplamalarda kullanılabilir. Yüzey dokusu prensipte kaplamanın pürüzlülüğünü etkilemez. Çünkü araç lastikleri, beton kaplama yüzeyinin küçük çizgilerini birleştirmektedir.

Bununla birlikte, yüzey dokusu mekanik olarak pürüzlendirildiğinde, pürüzlendirme makinesi iyi ayarlanmalıdır ve pürüzlendirme ekipmanı (fırça, tırmık vb.) yüzey üzerinde her yerde eşit bir şekilde çalışmalıdır.

Son olarak, bazı projelerde trafiğe açılmadan önce yüzey elmas taşlama [24], frezeleme [5] veya yüzeyin başka bir muamelesine tabi tutulmadan taşlama ve yiv açma işlemlerinin kombinasyonu olan - Yeni Nesil Beton Yüzeyi (NGCS) yöntemleriyle pürüzlendirilmiştir. Frezeleme sırasında derzlerin hasar görmesini önlemek için derzler harçla önceden doldurulmalıdır. Bu teknikler iyi bir yüzey düzgünlüğü sağlasa da, plastik beton dokusunu pürüzlendirmekten veya görünür agregalı yüzeyler oluşturmaktan daha maliyetlidir. Bu nedenle, genellikle aşağıda açıklandığı gibi, bu teknikler servis halindeki kaplamalar için tamirat yöntemleri olarak kullanılırlar.

2.4.13 KÜRLEME

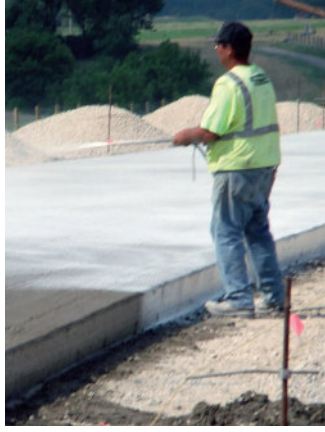
Uygun olmayan kürlenme, diferansiyel veya giderek artan düzeltilemeyecek bir rötreye neden olacağından yüzey düzgünlüğünü etkileyebilir [20]. Rötreye, beton sertleştikten sonra oluşan su kaybından dolayı beton hacmindeki azalma olarak tanımlanmaktadır. Beton kaplamada düzeltilemeyecek rötreye derinliği sınırlıdır (yaklaşık 50 mm). Yüzeydeki rötreye, erken dönemde kür koşullarından etkilenmektedir. Plak tabanındaki rötreye, plağın bu bölümündeki boşluklarda bulunan yüksek bağıl nem nedeniyle önemli ölçüde daha düşüktür. 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.

Kürleme genellikle bir kür kimyasalı uygulanarak gerçekleştirilmektedir. Kür kimyasalının kullanım oranı yapımdan önce belirlenmelidir. Kür kimyasalı, plak yüzeyinde ve dik kenarlarda aynı biçimde uygulanmalıdır. Düzgün olmayan bir uygulama, püskürtme uçlarının çok düşük kaldığını, nozulların tıkanmış olduğunu, kür hızının çok hızlı olduğunu, kür bileşiğinin yetersiz karıştırıldığını ve / veya geçiş sayısının yetersiz olduğunu göstermektedir.

Pürüzlendirme ve kürlenme makinesi



Plastik bir örtü veya kür kimyasalıyla taze betonun korunması



Bir başka etkili kürleme yöntemi ise, beton yüzeyin plastik bir örtüyle kaplanmasıdır. Bu genellikle görünür agregalı beton yüzeyler için uygulanmaktadır. Bu durumda, kullanılan plastik örtünün, güçlü rüzgar durumunda bile yerinde kalması için sabitlenmesi gerekmektedir. Görünür agregalı beton yüzeylerde, plastik örtünün kaldırılmasından sonra, yüzey kür kimyasalı ile tekrar kürlenmelidir.

2.4.14 DERZLERİN KESİLMESİ

Çoğu ülkede, plastik betonda kalıplama uygulaması ("yaş betonda şekillendirme") yüksek hacimli yollarda enine derzler nedeniyle terkedilmiştir. Şartnameler genellikle en iyi uygulama olarak kabul edildiği üzere

bu gibi derzlerin sertleşmiş betonda kesilmesini gerektirmektedir. Bununla birlikte, boyuna derzlerin beton yaşken şekillendirilmesi hala birçok ülkede kullanılmaktadır.

Günün sonunda dökümün durduğu yerde ve yapımın başlayıp sonlandığı yerlerde bulunan inşaat derzleri ile ilgili olarak düzgünlük bakımından özel bir dikkat gerektirdikleri vurgulanmalıdır. Çünkü bu kısımlar beton kaplamaların düzgünlüğüne en çok katkıda bulunan noktalardır. Bunun nedeni, finişerin bir iş günü sonunda veya bir birleşim, kavşak veya ayrılma nedeniyle bu yerlerde durması gerekesidir. En yaygın uygulama, derz oluşturmak için bir kalıp (başlık olarak da bilinir) yerleştir-

Betonun düzgünlüğünü arttırmak için üzerini kaplayarak geçme ve ucunu kesme



mektir. Derzin bu şekilde kalıplandırılması, mekanik kaplama yüzeyinin elle döküldüğü alanla karışması için gereken el işçiliği nedeniyle yüzeyde tümsek oluşumu riskini arttırmaktadır.

JPCP'de inşaat derzlerinin elle şekillendirilmesinin alternatifi, derzleri keserek oluşturmaktır. Bu yöntemde, finişer operatörü, mevcut tüm beton yerleştirilinceye kadar kaplama işlemine devam etmektedir. Ertesi sabah, yüzey çöküntüsünün bittiği noktada, sertleşmiş beton plağın ucundan 1,5 m veya daha fazla derinlikte kesim yapılmaktadır. Sondaki malzeme daha sonra testereyle kesilen yere kadar çıkarılarak derz oluşturulmaktadır. Bu yöntem daha az emek gerektirmesinin yanısıra kalıplar ve elle derz oluşturma tekniğiyle elde edilenden daha düzgün bir yüzey ve daha yüksek sürüş konforu üretmektedir.

Her iki durumda da, kayma demiri düzgün bir yük aktarımını sağlamak için yeni kesilen pürüzsüz derzde delinen oyuklara yapıştırılır. Kayma demiri yerleştirilmesinde deliklerin erken açılmasını önlemek için,

Kayma demirli inşaat derzi



ertesi sabah döküm başlamadan kayma demiri takılmasına izin verecek destekler üzerine yerleştirilmiş içi boş plastik borular takılabilir. Borular kayma demirlerinin yük aktarma verimliliğini olumsuz yönde etkileyebileceğinden, borularla kayma demirleri arasında bir minimum boşluk gereklidir.

Bazı finişerlerde mevcut plak başlangıcında kolaylık sağlamak için kesici yan plakaların açılıp kapanmasına izin veren hidrolik olarak kontrol edilen dikey menteşeli yan levhalar bulunmaktadır. Bu, işçilik gereksinimini azalttığı gibi yeni plak için daha yumuşak bir geçiş sağlamaktadır. Bu yan levhalar, başlıkları ve diğer engelleri görmek üzere kaldırılabilir veya indirilebilir.

2.4.15 PERSONEL EĞİTİMİ VE MOTİVASYONU

Kaplama düzgünlüğünü etkilediği bilinen süreçler veya uygulamalar ne olursa olsun, bu uygulamaları hayata geçirmek için personel gerekmektedir. Personelde bir aidiyet hissi yaratan yönetim teknikleri ekipte performans ve sonuçlarını geliştirme arzusunu arttırır.

Özellikle düzgünlüğü doğrudan etkileyen alanlarda personel eğitimi oldukça önemlidir. Örneğin ofset hattı personeli matematik becerilerine ve keskin bir göze ihtiyaç duyarken, operatörler ekipmanın hangi işlevlerinin düzgün bir yüzeye yaklaştırdığını ya da düzgünlükten uzaklaştırdığını anlamalıdır.

Proje sözleşmesi, ortalamanın üzerinde düzgünlük sağlandığında primler içeriyorsa, sözleşme yapan şirketler, projede bu primi tüm ekiple paylaşmayı düşünmelidir. Bu paylaşım ilkesi bir takım anlayışı uyandırarak ekibi kaliteye dayalı tek bir hedefte birleştirmektedir.

3. HİZMET SÜRESİNCE BETON DÜZGÜNLÜĞÜNÜ ETKİLEYEN PARAMETRELER

3.1 KAPLAMANIN YAPISAL TASARIMI

Beton kaplama için kalınlık tasarımında kullanılan parametreler aşağıdaki etkenlere göre belirlenmektedir:

- yolun hizmet ömrü boyunca maruz kalacağı trafik ve sıcaklık etkileri;
- aliyman boyunca taban zemininin taşıma kapasitesi;
- betonun ve alt tabakalarda kullanılan malzemelerin özellikleri
- malzemelerin ve taban zemininin mekanik özelliklerini etkileyebilecek mevsim şartları (Donma - çözülme etkileri veya yükselen su tablasından kaynaklanan taşıma kapasitesi değişiklikleri.)

Kural olarak, kaplama düzgün şekilde tasarlandığında, tasarım parametreleri düzgünlüğü etkilemez. Öte yandan, kötü yapısal tasarım, beton plakta çatlaklara veya taban zemininin aşırı deforme olmasına neden olacağından yol profilini de bozacaktır.

Derzli donatılı beton kaplamalar söz konusu olduğunda, plak boyutları genellikle kaplama kalınlığı ve sıcaklık gradyanlarına göre belirlenmektedir. Kısa veya orta vadede yüzey düzgünlüğünün bozulmasına neden olabilecek rastgele çatlakları önlemek için plak uzunluğu kısa tutulmalıdır (örneğin 4 veya 5 m).

Yapısal tasarımın yanı sıra, beton plakla alt taban arasında biriken su beton kaplamanın davranışını da etkilemektedir. Trafik yüklerinin uyguladığı dinamik basınç altında, bu biriken su alt taban ve kaplama arasındaki yüzeyde erozyona ve enine derzlerde veya kenar karayoluyla bağlantı yerlerinde çamur pompalanmasına neden olabilir. Sonuç olarak, kot farklılıkları, kaplama, faylanma vb. kusurlar ortaya çıkmaktadır.

Pompalamaya ve suyun zararlı etkilerine karşı önleyici tedbirler şunlardır [6]:

- enine ve boyuna derzlerde dolgu uygulamak ve dolguyu muhafaza etmek;
- uygun drenaj sistemleri kurmak;
- alt tabanda ve sert bankette seçme malzemeler kullanmak
- alt taban ile beton kaplama arasında ayırıcı bir asfalt tabaka kullanmak.

Her ne pahasına olursa olsun plağın kenarlarındaki "hapsolmuş" sudan kaçınılmalıdır ve trafik plağın kenarından uzak tutulmalıdır. (Örneğin, genişletilmiş plak kullanarak, sert banketi plağa bağlayarak köşe yüklemesini azaltmak vb.).

3.2 DERZLERİN TASARIMI

Eski beton kaplamaların güvenlik ve konfor açısından kötü itibarının ana nedenlerinden biri, pompalama fenomeninden kaynaklanan derz kotundaki sistematik farklılıklardır. Modern beton kaplama tasarımı şu yöntemleri uygulayarak bu tür kusurların büyük oranda önlenmesini sağlamıştır:

- neredeyse her yerde genişleme derzleri yerine büzülme derzlerinin kullanılması
- plak uzunluğunun azaltılması
- trafik belirli bir hacme ulaşır ulaşmaz bağlı temeller ile ve bağlantı demiri aracılığıyla yükü transfer etmek. Bağlantı demirleri yorulmaya bağlı olarak oluşacak kırılmaya uğramayacak şekilde tasarlanmalıdır (otobanlarda genellikle 25 mm çapında bağlantı demirleri kullanılır), bağlantıların etrafında betona hasar vermeyecek şekilde kurulmalıdır;
- sürekli donatılı beton kaplamalar yapmak.

Derzlerin doldurulması gerekliliği konusundaki görüşler farklılıklar göstermektedir. Bazı görüşler pompalamayla mücadelede derzlerin doldurulmasını önemli bir faktör olarak değerlendirirken, bazı ülkelerde

derzleri doldurulmamış beton kaplamalar tercih edilmektedir. Yukarıda belirtilen sebeplerden ötürü her durumda plak altına su girişini önlemek ve / veya sızan su için etkili bir drenaj sistemi sağlamak için derzlerin muhakkak doldurulması gerekmektedir.

3.3 ALT TEMELİN TİPİ VE EROZYONU

Alt temel malzemelerinin seçimi, beton kaplamanın daha sonraki performansı için çok önemlidir. Çünkü alttemel, yapım için plak altında yeterli ve eşit bir taşıma kapasitesi sağlamaya izin vermeli ve su varlığında erozyona uğramamalıdır.

Alttemelde en sık kullanılan malzemeler, çimentoyla stabilize edilmiş agregalar ve grobetondur. Deneyimler, alt taban ile beton kaplama arasında bitümlü bir ayırıcı tabaka yerleştirmenin (özellikle sürekli donatılı beton kaplamalarda) plağın uzun vadeli performansına katkı sağladığını göstermiştir.

3.4 AĞIR TAŞITLARIN ETKİSİ

Ağır trafik, kaplama bozulma sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, yapısal tasarım sırasında hesaba katılmayan aşırı yüklerin, trafiğin beton kaplamalar üzerindeki zararlı etkisini önemli ölçüde artırdığı hatırlanmalıdır.

Hizmet süresince beton kaplamaların düzgünlüğünü etkileyebilecek trafikle ilgili faktörler:

- yasal dingil yükü sınırları;
- plağın serbest kenarına yaklaşan araçlar;
- kayan yollarda kanalize trafik;
- kış mevsiminde çivili kar lastiklerinin kullanımı
- çözülme periyotlarında alt tabanındaki taşıma kapasitesi önemli ölçüde azalan düşük hacimli yollarda ağır araç trafiği.

Trafiğin zararlı etkileriyle mücadele etme yolları:

- dingil yüklerini sıkı bir şekilde kontrol etmek ve aşırı yüklemeleri tolere edebilmek için daha güçlü bir yapısal tasarım yapmak;
- genişletilmiş plak kullanmak ya da betonda sert banket inşa etmek;
- çivili lastiklerden kaynaklanan aşınmaya direnç gösterebilen yüksek performanslı (örneğin, silis dumanı dahil edilerek 75 ila 100 MPa basınç dayanımı olan) betonlar kullanmak;
- çözülme periyotlarında yükleri sınırlandırmak;



3.5 TABAN ZEMİNİ VEYA DOLGU HAREKETLERİNİN ETKİSİ

Özellikle, aşağıda yer alan zemin türlerinde beton kaplamanın yüzeyindeki düzgünlük, taban zemininin deformasyonundan kaynaklanabilir:

- plastik kil;
- sıkıştırılabilen veya deforme olabilen zeminler;
- donmaya yatkın zeminler;
- başta tabliye yaklaşımları olmak üzere yetersiz sıkışmış dolgular.

Bu tip zeminlerde beton yollar yapmak için aşağıdaki tedbirlerin alınması gerekmektedir:

- yukarıda belirtilen etkileri ortadan kaldırmak veya sınırlamak adına daha özenli bir proje tasarımı yapmak;
- donmaya karşı tasarım da dahil olmak üzere doğru yapısal tasarım yapmak;
- yol platformunun yeterli drenajını sağlamak;
- zayıf zeminleri kireç veya çimento ile stabilize etmek (yeni kaplamalar için);
- beton plakların altına çimento veya harç enjeksiyonu yapmak (eski kaplamalar);
- tabliye yaklaşımlarında geçiş plakları yapmak
- enine derzlerde kayma demiri kullanmak;
- sürekli donatılı beton kaplamalar yapmak.

3.6 KIVRILMA VE BURULMA

Her iki terim de beton kaplamalar için çoğunlukla birbirinin yerine kullanılabilir [14] ve bir sıcaklık ve / veya nem gradyanının beton plakta oluşturduğu eğrilik olarak tanımlanır.

Kaplama kıvrılması



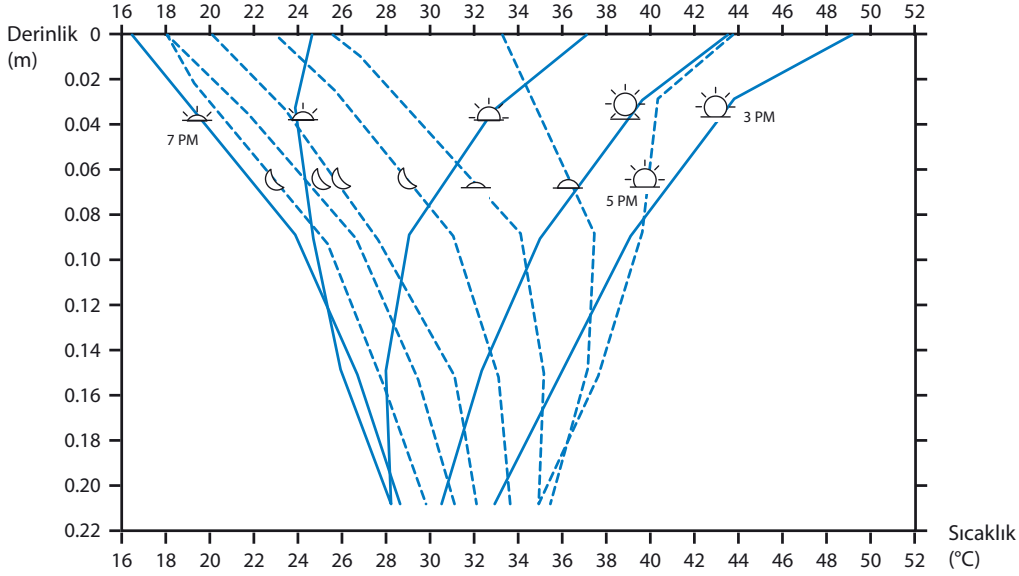
Bir sıcaklık gradyanı, plak yüzeyinin sıcaklığı ile plak tabanının sıcaklığından farklı olduğunda oluşur. Plağın üstü daha sıcaksa (gündüz koşullarında), üst kısım plak tabanına göre genişeyeceği için aşağıya doğru bir kıvrılma (köşeler plağın orta bölümünden daha alçak kalacaktır.) gelişecektir. Geceleri plak yüzeyi plak tabanından daha serin olduğunda bu durumun tam tersi gerçekleşerek plakta yukarı doğru bir eğrilik meydana gelir. Sıcaklık gradyanı döngülerinin gün boyunca bir kez dönerken oluşturduğu etkilere genellikle günlük etkiler denilir.

Bir günlük periyot boyunca beton kaplamada farklı termal gradyanlar bulunur:

- sabahın erken saatlerinde: maksimum negatif sıcaklık gradyanı;
- sabahın ortasında: yaklaşık sıfır sıcaklık gradyanı;
- öğle saatlerinde: maksimum pozitif sıcaklık gradyanı;
- akşamın erken saatlerinde: yaklaşık sıfır sıcaklık gradyanı.

Kıvrılma/burulmanın diğer bir sebebi de, plakta oluşan nem gradyanlarıdır. Plak döktükten sonra yüzey kurumaya başlar ve sonunda yerel çevre koşullarına da bağlı olarak ıslanma ve kuruma döngülerinden geçer. Plak tabanı ise genellikle suya doygunluğa yakın veya doygun kalır. Sonuç olarak, burulmaya neden olan eğrilik neredeyse daima yukarıya doğru olacak ve zamanla artacaktır. Ancak birkaç yıl sonra bu eğrilik stabilleşmeye başlayacaktır.

Bazı çalışmalar [21] [4], kıvrılma ve burulmanın hem kısa vadede hem de uzun vadede derzli beton kaplamaların İRİ'sını önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir. Günlük etkiler şartname dahilinde (özellikle de teşvik primleri ve cezaların olduğu şartnameler altında çalışan idareler için), yüzey düzgünlüğü ölçümünün zamanlaması üzerinde daha fazla durulmasının güvenli olabileceğini düşündürmektedir. Bu gözlem, yol ağı seviyesinde bakım programlaması için yapılan pürüzlülük ölçümleri için de geçerlidir. Çünkü ölçümlerin yapıldığı zamanda kaplama ağının tahmini fonksiyonel durumu (düzgünlüğün), test zamanlaması-



Bir günlük döngü boyunca her iki saatte bir iç sıcaklık dağılımı (sonbahar) [2]

na göre önemli ölçüde değişebilmektedir. Dolayısıyla, günlük ve mevsimsel etkilerin proje sahasına göre önemli ölçüde değiştiği gösterildiğinden bu sorunların saha bazında ele alınması gerekmektedir.

Daha kısa plakların veya kayma demirli derzlerin kullanımı, derzli beton kaplamalarda uzun vadede yukarı eğriliğin miktarını hafifletmeye yardımcı olan tasarımlardır. Eğriliğin yüzey düzgünlüğü üzerindeki etkisini azaltırlar. Alternatif olarak sürekli donatılı beton plak kullanımı ile enine derzlerin ortadan kaldırılması da oldukça etkilidir. Sürekli donatılı beton kaplamalarda plağın burkulma boyu (plakta kendiliğinden oluşan enine çatlaklar arasındaki mesafedir, genellikle 0.9-2.5 m arasındadır) çok kısa olduğundan yukarı doğru eğriliği en aza indirmektedir.

Uzun vadede plak eğriliğinin gelişimi ise büyük ölçüde taze (plastik) betonun rötre özelliklerine bağlıdır. Plağın üst kısmı kururken ve ıslanma-kuruma döngülerinden geçerken, plağın tabanı doymun veya doymuna yakın durumda kalır.

Düzensizlik üzerinde kaplama eğriliğinin uzun vadeli olumsuz etkilerini azaltmak için alınan tedbirler şunlardır:

- nihai rötreyi azaltacak beton bileşenleri kullanmak;
- tüm açık yüzeylerde uygun kür uygulamaları tercih edip erken dönemde nem kaybını en aza indirmek.

3.7 SONUÇLAR

Hizmet süresince beton kaplamalarda oluşan ek düzensizlikler esas olarak aşağıdaki etkenlerden kaynaklanmaktadır:

- faylanmaya, çatlaklara vb. neden olabilecek bir pompalama olayı;
- ağır taşıt trafiğiyle, yetersiz kaplama tasarımının ve / veya kötü drenajın biraraya gelmesi;
- taban zemininin veya dolgunun oturması / deformasyonu;
- beton kaplamada yüzey hasarı (örneğin buz çözücü kimyasallardan kaynaklanan ayrışma, çivili lastikler nedeniyle aşınma, vb.);
- kıvrılma ve burulma;
- lokal yama işleri.

Dolayısıyla plak ömrü boyunca düzensizliğin gelişmesi, önceki bölümlerde sözü edilen tasarım ve inşaat standartlarıyla yol kullanıcı tarafından algılanan kaplama kalitesinin bütünleşmesine bağlıdır. Bu nedenle beton kaplamalar için toplam kalite endeksinin değerlendirilmesinde düzensizlik ve düzensizlik gelişiminin ölçülmesi temel parametredir.

4. YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜNÜ TEKRAR SAĞLAMAK İÇİN UYGULANABİLECEK TEKNİKLER

Bu bölümün amacı, beton kaplamaların düzgünlüğünü tekrar kazanmak için kullanılan teknikleri kısaca gözden geçirmek ve çeşitli ülkelerde edinilen deneyimlerin ışığında bu tekniklerin uygulama alanlarını, avantajlarını ve dezavantajlarını vb. tartışmaktır.

4.1 ELMAS TAŞLAMAYLA DÜZELTME

Elmas taşlama işlemi, yolda bir dizi sürekli uzunlamasına oluk oluşturacak şekilde düzenlenmiş, dairesel elmas bıçaklardan oluşan dönen bir tamburla yapılan kesme işlemidir [6]. Tambur, düzgünlükleri geçmek için uzun bir dingil mesafesiyle kendi kendini hassas bir şekilde ayarlayabilen (toleransı 2 mm'dir.) bir çerçeveye bağlanır. Çalışma yönü daima boylamasındadır. Çalışma genişliği genellikle 0,6 m ile 1,2 m arasındadır.

Çalışma sırasında, tambur hızlıca döner ve kaplama yüzeyi üzerine basınçla uygulanır. Tambur kaplama boyunca trafik yönünde çekilir. Yüzeyden ince bir tabaka (3-10 mm) çıkarılır. Tamburun üzerindeki elmas bıçakların soğutulması ve işlem sırasında ortaya çıkan tozun azaltılması için, makine üzerinde bulunan bir tanktan kesme arayüzüne su uygulanır. Taşlama yaparken, yakın aralıklı elmas testere bıçakları kullanılır. Elmas yiv açmada da aynı teknik ve ekipman kullanılır. Bununla birlikte taşlamanın amacı esas olarak sürüş kalitesini ve yüzey dokusunu

yenilemekken, yiv açma genellikle su kızılgı etkisi ve kazaları azaltmak için kullanılır. Yiv açma işlemi yüzey suyu için akış kanalları sağlar. Tasarım açısından, taşlama ve yiv açma arasındaki temel fark ise yivler arasındaki mesafedir. Yiv açmada yivler arasındaki mesafe yaklaşık 6-10 kat daha fazladır.

Elmas taşlama uygulanmış plaklar, üzerinde görünüş olarak kadifeye benzeyen oluklar bulunan, dış plak kenarına paralel dar sırtlı boyuna bir dokuya sahiptir.

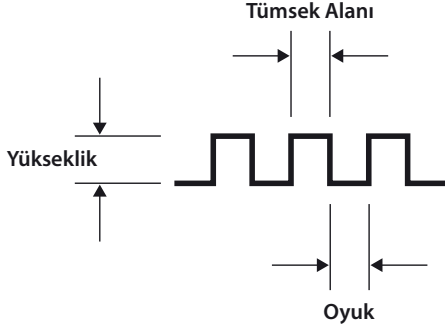
Uygulama alanları:

- derzlerde faylanmayı ortadan kaldırmak;
- çivili lastiklerin yaptığı tekerlek izleriyle oluşan düzgünlüğü gidermek;
- tekerleklerin yuvarlanma gürültüsünü azaltmak;
- kayma demiri donantılarıyla birlikte kaplamayı korumak;
- kesintisiz bir operasyonda tümsekleri kesmektir.

Elmas taşlama seçeneğinin gelecekte uygulanması öngörülüyorsa, tasarım esnasında fazladan bir tasarım kalınlığı sağlamak gereklidir.

Elmas taşlama makinesi





Elmas taşlama yapılmış yüzeyin enine profili (FHWA)

Özel bir uygulama ise çivili lastiklerin oluşturduğu düzgünlüğü gidermektedir. Tekerlek izlerini 800 mm genişliğinde ve 35 mm derinliğindeki frezeleme raylarıyla kazıyarak, çok yüksek mukavemetli betonla doldurmaktan ibarettir [8].

4.2 FREZELEMEYLE DÜZELTME

Frezeleme işleminde, yüzey malzemesini çıkarmak için yukarı doğru dönen bir silindir kullanılır. Freze tamburları, derinliğe bağlı aralıklarla bir ızgara deseninde düzenlenmiş yüzlerce kazıyıcı uçtan oluşmaktadır. Taşlama ve oluk açma işlemleriyle aynı şekilde, yüzeyden ince bir tabaka (3-10 mm) çıkarılır.

Farklı frezeleme tamburu türleri, kazıyıcı uç aralığı ve uygulamaya göre belirlenen maksimum olası frezeleme derinliğinde farklılık gösterir. Günümüzde düzgünlüğün restorasyonu için tercih edilen seçenek mikro freze tamburlarıdır. Bu iki frezeleme tamburu arasında gözlenen temel farklılıklar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Frezeleme Kasnakları Tipleri

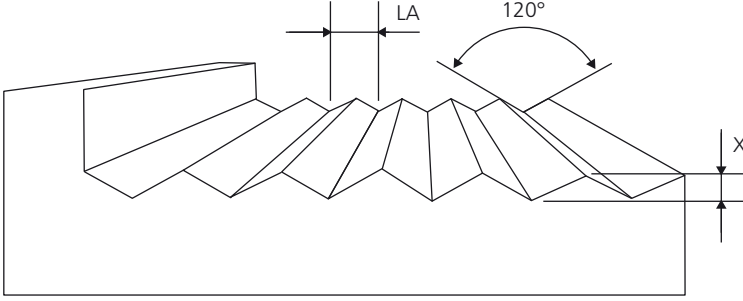
| Frezeleme Kasnak Tipi | Alet açıklığı | Max. frezeleme derinliği |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| standart frezeleme kasnakları | 12 mm 15 mm 18 mm | 35 mm ye kadar |
| Mikro ince frezeleme kasnakları | 3 mm 5 mm 6 mm | 30 mm ye kadar |

Hem frezeleme hem de mikro frezeleme, beton yol yüzeyinde enine bir profil ile uzunlamasına bir doku oluşturur, bu doku da büyük ölçüde kesme diskleri arasındaki aralık ve kesme diski kalınlığı ile belirlenir.

Frezeleme tamburu ve frezeleme makinesi

(Fotoğraflar: Wirtgen)





Frezelenmiş veya mikrofrezelenmiş kaplama dokusunun enine profili (Wirtgen)

Bu teknik, aynı zamanda, ince yapışık takviye kaplamalar için mevcut yol profilini büyük ölçüde düzeltmek için kullanılır.

Lokal yüzey düzgünlüğü düzeltmeleri ayrıca 30 ila 45 cm genişliğinde küçük burç çekişme makineleri ile yapılabilir.

4.3 ELMAS TAŞLAMA VE FREZELEME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Elmas taşlama ve frezeleme hem asfalt hem de beton kaplamalarda kullanılır. Başlıca uygulama alanları:

- mevcut yüzeyin ses seviyesini azaltmak;
- yeni bir kaplamayla aynı veya daha pürüzsüz bir sürüş yüzeyi elde etmek. Pürüzsüz sürüş, finişer tarafından oluşturulan engebelerin ortadan kaldırılmasıyla, derzlerde faylanmanın ve çatlakların önlenmesiyle, inşaat sırasında oluşan kıvrılma, burulmaların ve çevresel etkilerle meydana gelen düzgünlüklerin giderilmesiyle sağlanır.
- yüzey dokusunu ve sürtünmeyi arttırmak, dolayısıyla güvenliği arttırmak.

Her iki tekniği kıyaslarken standart plak taşıyıcıları, dingil mesafesinden (4 ila 5 m) daha kısa olan uzunlamasına dalgaları gidermek için oldukça etkili olmalarına rağmen, 5 m'den daha büyük dalga boylarında düzgünlüklerin yeni yüzey profiline yansıtacağı belirtilmelidir. Bu etki bir dizi çalışmada (ör. E40 Avrupa otoyolunun Belçika bölümünde) gözlemlenmiştir [3].

Modern frezeleme ve taşlama makinelelerine, kablo sensörleri, hidrolik silindir sensörleri, ultrasonik sensörler, sonik kayak sensörleri, lazer sensörleri, 3D sensörler vb. olmak üzere çok çeşitli sensörler takılabilir. Bu sensörler çeşitli noktalarda makinenin tek veya iki tarafına yerleştirilebilirler. Eğim sensörleri, yüzeylerin önceden tanımlanmış enine eğim ile oluşturulmasını sağlar. Çoklu sistemler, tek veya her iki tarafta makine üzerine yerleştirilen çeşitli sensörleri birleştirebilir. Yerleştirilen sensörlerin ortalaması kullanılarak, mevcut frezeleme derinliği tam olarak hesaplanabilir. Bu yöntemle kısa, orta ve büyük boylu ondülasyonlar düzeltilebilir.

Frezelemenin elmas taşlama ile karşılaştırıldığında en büyük dezavantajı derzlerde dağılmalara neden olabilmesidir [16]. Ancak derz kenarlarını korumak için, işlemde birkaç gün önce derzlerin harçla doğru şekilde doldurulmasıyla bu risk önlenir. Harcın işlemde hemen sonra kesilmesi ve derzlerin tekrar doldurulması gerekmektedir. Bu önlemin etkinliği 1970'lerden beri bilinmektedir [12]. İşlem maliyeti, teknikleri değerlendirirken dikkate alınması gereken bir faktördür. Yüzey dokusu ve derz dağılması, freze makinesinin doğrusal çalışma hızı ile büyük ölçüde ilişkilidir. Frezeleme, beton kaplamada mikro çatlaklar oluşturabilir, ancak bu elmas taşlama için geçerli değildir.

Öte yandan, frezeleme taşlama işleminden daha hızlıdır ve freze makineleri genellikle taşlama makinelerinden daha kolay bulunmaktadır.

Ek olarak, frezeleme veya elmas taşlama ile düzgünlüğün restorasyonunun çok zor bir teknik olduğu belirtilmelidir. Düzeltme aletlerinin seçimi (elmas bıçaklar veya topolar) betondaki agrega özelliklerine (özellikle de erken dönem aşınmayı önlemek için aşınma direnci) uygun olmalıdır. Aşınmış aletler, operasyonun etkinliğini, sonuçlarını ve düzeltilmiş yüzeyin üniformluğunu iyileştirmek için mümkün olduğu kadar çabuk değiştirilmelidir.

Hem taşlama hem de frezeleme, sürekli kontrol gerektirir ve bu işlemlerin nitelikli personeller tarafından yapılması gerekir.

4.4 HARÇ ENJEKSİYONU İLE PLAK YÜKSELTME

Harç enjeksiyonu birçok ülkede beton plakları stabilize etmek veya yükseltmek için kullanılır [19]. Enjeksiyon, kaplamada açılmış 4 ila 5 cm çapındaki deliklere uygulanır. Uygulanan basınç genellikle 1 ila 4 bar arasındadır. Harç, uygulama boyunca akışkan ve işlenebilir olmalıdır. Plak hareketi kaldırma işlemi sırasında sürekli olarak kontrol edilmelidir. Kaldırma işlemi tamamlanmadan önce bitişik deliklerdeki şerbet sıkışmışsa, bu delikler uygun malzemelerle geçici olarak tıkanmalıdır.

Harç enjeksiyonu



Genellikle trafiğe açmak için gereken minimum basınç dayanımı ve / veya 28 günlük minimum basınç dayanımı için şartnameler mevcuttur.

Plak stabilizasyonu aynı zamanda ince boşlukların doldurulması için çok hızlı sertleşme özelliklerine sahip silika reçineleri ve genişleme reçineleri (köpükler) ile de gerçekleştirilebilir. Yolun trafiğe açılması için gereken süre üretici şartnamesine göre belirlenir. Silika reçineler, normalde, işlemten hemen sonra yolun trafiğe açılmasına izin verecek şekilde formüle edilir.

Çimento enjeksiyonuyla yat plak kaldırma işlemi, alttaki yapının diferansiyel oturmasıyla şiddetli çökmeye maruz kalmış sürekli donatılı veya donatısız beton kaplamaların düzgünlüğünü tekrar elde etmeyi mümkün kılmıştır.

Belçika'da, çeşitli otoyollarda stabilize edilmemiş taban zemininin oturduğu alanlarda yer alan sürekli donatılı beton kaplamalarda plaklar yaklaşık 100 m.'lik gergiler üzerinden 20 cm'ye kadar kaldırılmıştır. Bu gibi durumlarda, başına 2 ila 3 cm'lik bir oranda kademeli olarak gerçekleştirilmelidir (aksi takdirde, plakta çatlama riski oluşur).

Enjeksiyon işlemleri hassas olduğundan bu işler uzman firmalara emanet edilmelidir (plakta çatlama riski, kablo veya kanalizasyon kanallarının yanlışlıkla doldurulması tehlikesi, vb. pekçok risk mevcuttur). Kaplama ortam sıcaklığına bağlı olarak trafiğe genellikle enjeksiyondan 6-10 saat sonra açılabilir. Acil durumlarda hızlı sertleşen enjeksiyon destekleri kullanılabilir.

Enjeksiyonla plak kaldırmanın dayanıklılığı, sadece işlem kalitesine değil aynı zamanda daha sonra gerçekleşebilecek faylanmayı önlemek için alınan önlemlere (drenaj sistemini iyileştirmek, derzlerin doldurulması, kayma demirlerinin kullanılması, ağır trafik yüklerinin engellenmesi gibi) de bağlıdır.

BU YAYIN İÇİN TEMEL REFERANS DOKÜMAN ŞUDUR:

[0] PIARC "Achieving and maintaining the evenness of concrete pavements". Report 07.03 B, Paris, France, 1991.

DiĞER REFERANSLAR:

[1] AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION "Constructing Smooth Concrete Pavements", Publication TB004.02P, Skokie, Illinois, USA, 2002

[2] BLANCO J., SALSILLI R., VALENZUELA R. "Slab behaviour of plain undoweled concrete pavements", CROW Workshop on Theoretical Design of Concrete Pavements, Epen, The Netherlands, 5 – 6 June 1986

[3] CAESTECKER C., HELEVEN L. "Grinding of a Transversely Grooved Cement Concrete Pavement of the European Motorway E 40 at Bierbeek", 5th International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, 1993

[4] CHANG G.K. et al. "Quantifying the Impact of Jointed Concrete Pavement Curling and Warping on Pavement Unevenness", 6th Symposium on Pavement Surface Characteristics (SURF), Portoroz, Slovenia, October 2008. http://www.roadprofile.com/download/SURF2008_Paper_JCP_Curl.pdf

[5] DIAZ MINGUELA J., BARTOLOMÉ C., ESCANCIANO J.F. "A new road with a micromilled concrete pavement and a bridge over the Esla river in Leon (Spain)", 12th International Symposium of Concrete Roads, Prague, Czech Republic, September 2014

[6] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION "Concrete Pavement Rehabilitation - Guide for Diamond Grinding", Washington D.C., USA, 2001 <http://www.fhwa.dot.gov/pavement/concrete/diamond.cfm>

[7] FICK, G., TAYLOR, P., CHRISTMAN, R., RUIZ, J. M. "Field Reference Manual for Quality Concrete Pavements", Publication No. FHWA-HIF-13-059, Federal Highway Administration, Washington D.C., USA, 2012

[8] FUCHS, F., GORSKI, M.B. "Evaluation de l'uni de revêtements en béton de ciment et étude des moyens visant à la réalisation d'un uni de qualité", 5^e Symposium international des Routes en Béton. Thème B, 17-26, Aachen, 1986

[9] GERARDI, T. "Airfield Concrete Pavement Smoothness – A Handbook", Report IPRF-01-G-002-02-4, Innovative Pavement Research Foundation, Skokie, Illinois, USA, April 2007 <http://www.iprf.org/products/IPRF%20Report%2002-4%20Final%20Publication%2004%2006%2007.pdf>

[10] GOMACO INTERNATIONAL LTD., "A 3D Quiz: You're familiar with GOMACO 3D... True or False?". GOMACO World 39.2 - November 2011 <https://www.gomaco.com/Resources/leica.html>

[11] KOHN, S.D., TAYABJI, S. et al "Best Practices for Airport Portland Cement Concrete Pavement Construction (Rigid Airport Pavement)" Report IPRF-01-G-002-1 Innovative Pavement Research Foundation, Washington D.C., USA, 2003

[12] LUCE P.T. "Texturing existing concrete pavement", Research Project 78 TI-537, Michigan Transportation Commission, Lansing, Michigan, USA, October 1979 https://www.michigan.gov/documents/mdot/RC-1127_418226_7.pdf

[13] NASVIK, J. "Pavement Layout and Control", Roadbuilding Supplement 2012, Concrete Construction, Rosemont, Illinois, USA, 2012 <http://www.concreteconstruction.net/paving/pavement-layout-and-control.aspx>

[14] NATIONAL CONCRETE PAVEMENT TECHNOLOGY CENTER "Concrete Pavement Curling and Warping: Observations and Mitigation", Moving Advancements into Practice (MAP) Brief, Iowa State University, Ames, Iowa, USA, April 2015

- [15] NATIONAL CONCRETE PAVEMENT TECHNOLOGY CENTER "Stringless Paving", Ames, Iowa, USA, 2004
http://www.ctre.iastate.edu/pubs/t2summaries/stringless_paving.pdf
- [16] NEAL B.F., WOODSTROM J.H. "Evaluation of Cold Planers For Grinding PCC Pavements", Report No. FHWA-CA-TL-78-15, California Department of Transportation, Sacramento, California, USA, 1978
<http://www.dot.ca.gov/newtech/researchreports/1978-1980/78-15.pdf>
- [17] OH H.J. et al "Effect of curling behavior on surface smoothness of continuously reinforced concrete pavement", 12th International Symposium on Concrete Roads, Prague, Czech Republic, September 2014
- [18] PERERA, R. W., KOHN, S. D. "Issues in Pavement Smoothness: A Summary Report", NCHRP Web Document 42 (Project 20-51[1]): Contractor's Final Report, NCHRP Project 20-51[1], Transportation Research Board, Washington D.C., USA, March 2002
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_webdoc_42.pdf
- [19] PIARC "Best Practice Guide For Maintenance of Concrete Roads". Report 2013R06EN, Paris, France, 2013
- [20] RAO S., ROESLER J.R. "Characterizing effective built in curling from concrete pavement field measurements", Journal of Transportation Engineering, Vol. 131, No.4, American Society of Civil Engineering, Reston, Virginia, USA, 2005
- [21] RASMUSSEN R.O. et al "How to build smooth concrete roads and measure success the moment you pave", 12th International Symposium of Concrete Roads, Prague, Czech Republic, September 2014
- [22] RASMUSSEN R.O. "Innovations in Concrete Paving", 2012 Virginia Concrete Conference, Richmond, Virginia, March 8-9, 2012.
[http://www.virginiadot.org/business/resources/Materials/Virginia_Concrete_Presentations/2012/1p - Innovations in concrete paving.pdf](http://www.virginiadot.org/business/resources/Materials/Virginia_Concrete_Presentations/2012/1p_-_Innovations_in_concrete_paving.pdf)
- [23] RASMUSSEN R.O. et al "Real-Time Smoothness Measurements on Portland Cement Concrete Pavements During Construction", SHRP 2 Report S2-R06E-RR-1, Transportation Research Board, Washington D.C., USA, 2013
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/shrp2/SHRP2_S2-R06E-RR-1.pdf
- [24] RIFFEL S. "CRCP with ground texture – Experiences and results of the Geseke access road pilot project", 12th International Symposium of Concrete Roads, Prague, Czech Republic, September 2014
- [25] SAYERS, M.W., GILLESPIE T.D., QUEIROZ C.A.V. "The International Road Roughness Experiment Establishing Correlation and a Calibration Standard for Measurements", World Bank Technical Paper number 45, Washington D.C., USA, 1986
- [26] SAYERS, M.W., KARAMIHAS, S. "The Little Book of Profiling", University of Michigan Transportation Research Institute, Ann Arbor, Michigan, USA, 1998
<http://www.umtri.umich.edu/content/LittleBook98R.pdf>
- [27] STEFFES, R., TYMKOWICZ, S. "Vibrator Trails in Slipformed Pavements", Concrete Construction, April 01, 1997
- [28] TEXAS DEPARTMENT OF TRANSPORTATION "Pavement Design Guide", Austin, Texas, USA, 2011
- [29] THE TRANSTEC GROUP "Profile Viewing and Analysis Software", Austin, Texas, USA, 2012
<http://www.roadprofile.com/download/ProVAL-Intro-English.pdf>
- [30] THE TRANSTEC GROUP "Understanding Smoothness Specifications", Austin, Texas, USA, 2012
<http://www.smoothpavements.com/content.aspx?id=1>
- [31] WIRTGEN GmbH "Wirtgen cold milling manual", Windhagen (Germany), 2013

Bu kitap EUPAVE üyesi
Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB)
tarafından Türkçeye çevrilerek bastırılmıştır.

Eylül 2018



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

Yayınlayan :

EUPAVE
Avrupa Beton Kaplama Birliği
Vorstlaan 68 boulevard du Souverain
1170 Brussels
T + 32 2 790 42 06
F + 32 2 640 06 70
info@eupave.eu
www.eupave.eu

Yazar: C. Jofré

Resimler:Aksi belirtilmedikçe FEBELCEM -
Kapak fotoğrafları: ön: InformationsZentrum Beton,
Almanya; arka kapak : FEBELCEM için André Nullens
telif hakkına sahiptir.

Şubat 2017

