

BETON DÖNEL KAVŞAKLAR

- NEDEN BİR DÖNEL KAVŞAK İÇİN BETON ÜSTYAPI SEÇİLİR?
- SÜREKLİ DONATILI BETON ÜSTYAPILI DÖNEL KAVŞAKLARIN TASARIMI
- YAPIM SÜREÇLERİ



İÇİNDEKİLER

1. Giriş	3
2. Neden bir dönel kavşak için beton üstyapı seçilir?	6
3. Derzli beton üstyapılı dönel kavşakların tasarımı	8
4. Sürekli donatılı beton üstyapılı dönel kavşakların tasarımı	14
5. Yapım süreçleri	17
6. Sonuçlar	26
7. Kaynaklar	27



1. GİRİŞ



Dönel kavşağa ait genel görünüm ve kesişen yollar (solda : Flaman Karayolları İdaresi AWW, Belçika – sağda : Hollanda)

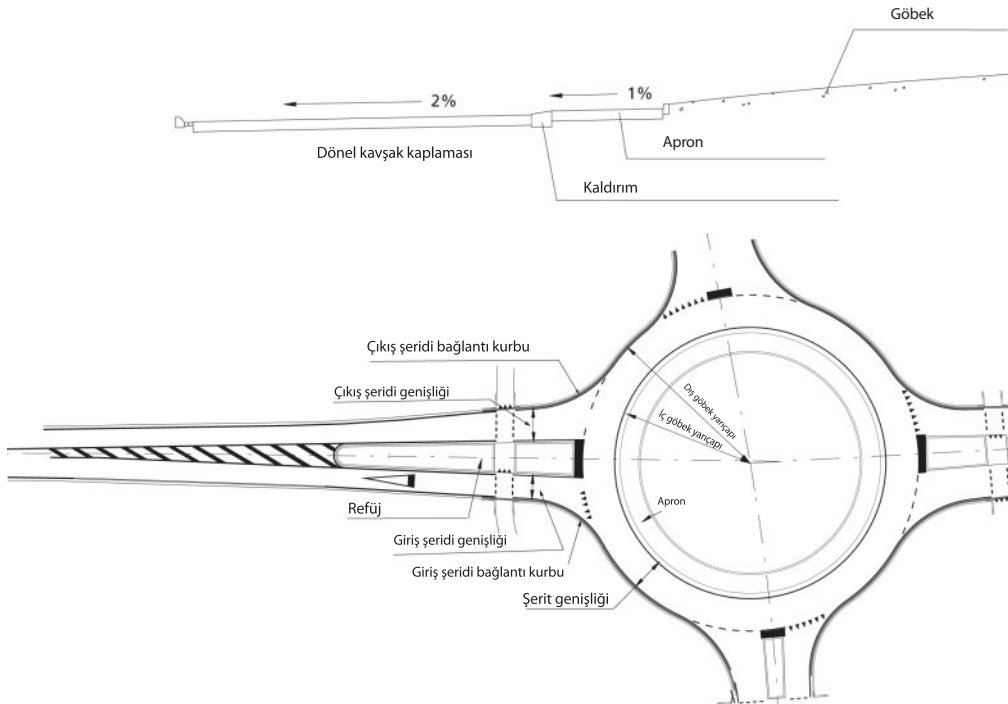


Birçok Avrupa ülkesinde önemli kavşaklardaki trafik, daha güvenli ve sorunsuz trafik akışına izin veren geçiş öncelik hakkı olan dönel kavşaklarla sağlanmaktadır. Şekil 1'de dönel kavşağın tipik bir planı ve kesiti gösterilmektedir.

Dönel kavşaklara gelen aşırı ve yoğun trafik, hem üstyapıda fazla gerilmeler oluşmasına hem de merkezkaç kuvvetinin etkisiyle dönen araçla-

rın dış tekerleri tarafından uygulanan aşırı yüklemelere neden olur.

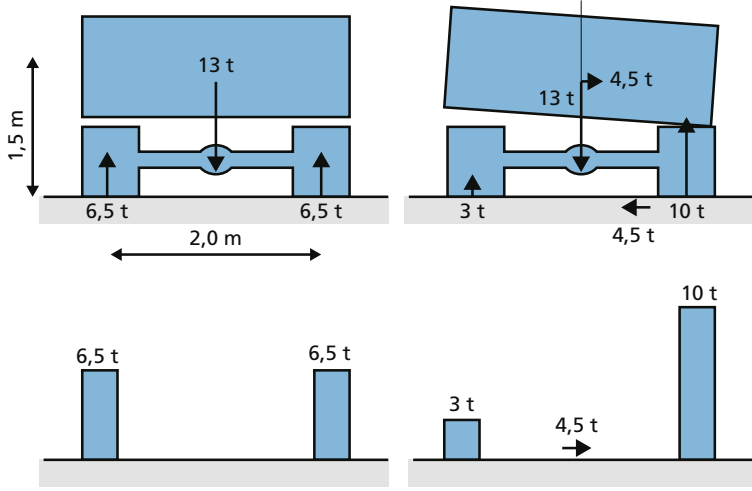
Dış tekerleklerin altındaki üstyapının taşıma kapasitesinin yetersiz olması sonucunda, bu tür gerilmelerin etkisiyle üstyapıda çökme (tekerlek izi), aşınma, yüzey agregası kayıpları ve çatlaklar oluşur.



Şekil 1 : Dönel kavşağa ait genel görünüm ve kesiti (Kaynak 11)



Şekil 2 : Dönel kavşak üzerindeki ağır yük araçlarında değişen dingil yükü dağılımı (Kaynak 1)



Bu bulgular, tasarımcıları dönel kavşakların yapımında derzli donatısız, derzli donatılı (JPCP) ya da sürekli donatılı (CRCP) beton üstyapıların kullanımına teşvik etmiştir. Bu yayın, dönel kavşakların tasarım ve yapım yönleri açısından çözümleriyle ilgili bilgi vermektedir. Derzli donatılı beton üstyapılar (JPCP) uzun yıllardır dönel kavşaklar için kullanılmaktadır ve hala pek çok ülke için (Almanya, Avusturya, İsviçre vb..) standart bir seçenektir. Sürekli donatılı beton üstyapılar sadece Belçika'da ilk kez 1995 yılında kullanılmıştır. Bu ilk örnek üzerinden yirmi yıl geçmesine rağmen bugün hala çok iyi durumdadır. Bu arada Belçika, Fransa ve Hollanda'da bu tekniğin uygunluğunu daha büyük bir ölçekte uygulama için gösteren diğer pek çok örnekler inşa edilmiştir.

> BETON DÖNEL KAVŞAKLARIN TAHMİNİ SERVİS ÖMRÜ KAÇ YILDIR?

Ağır trafik yüküne maruz kalan yollar da dâhil olmak üzere günümüzde 50 yılı aşan pek çok beton yol örnekleri bulunabilmektedir. Ancak beton dönel kavşaklar 1990'lardan itibaren inşa edildiğinden en eskisi 20 yaşlarındadır.

Hollanda'daki Kuzey Brabant eyaletindeki Reekermolen kavşağı güzel bir örnektir. 1995 yılında %15'i ağır trafik araçlarından oluşmak üzere trafik hacmi 13.000 ile 20.000 arasında yer almaktadır. Yüksek orandaki kaza oranları, çökmeler ve deformasyonlardan dolayı sık sık ihtiyaç duyulan asfalt yüzey onarımları, kavşağın bir beton dönel kavşak haline dönüşmesine neden olmuştur. Enine derzler ile boyuna donatıların kullanılmasıyla, derzli donatısız beton üstyapı (JRCP) ile sürekli donatılı beton üstyapının (CRCP) birleşiminden oluşan özel

tasarımlı beton dönel kavşak 1995 yılında inşa edilmiştir.

Bugün 18 yıllık hizmetinin ardından üstyapı hala çok iyi durumdadır ve gözle görünür hiçbir bozulma bulunmamaktadır. Teorik tasarım kriterlerine göre bu proje için 40 yıllık bir servis ömrü seçilmiştir. Tasarım kriterleri ve diğer sürekli donatılı beton üstyapı örnekleri göz önüne alındığında tecrübelerine binaen 40-50 yıllık bir servis ömrünün rahatlıkla sağlayabileceği düşünülmektedir. Çok az bakım gerektirmesi ve böyle bir servis ömrü ile mümkün olan en iyi seçenek haline gelen bu çözüm yöntemi, ekonomik ve çevresel değerlendirmelerde büyük bir önem taşımaktadır.



2. NEDEN BİR DÖNEL KAVŞAK İÇİN BETON ÜSTYAPI SEÇİLİR?

Açık renkli ve estetik dönel kavşak Saint Jean de Cardonnay, Fransa (Kaynak 9) ve Avusturya (Kaynak 5)



Üstyapılar için beton seçimi genel olarak bir dizi faydalar sunmaktadır. Bunlar:

- dayanıklılık ve sağlamlık;
- uzun servis ömrü (30-40 yıl ve üzeri);
- düşük bakım gereksinimleri;
- uzun vadede ekonomiklik;
- açık renkli yüzey;
- iyi ve sağlam kayma direnci;
- estetik görünüm.

Dönel kavşaklar için beton üstyapının seçimini haklı gösteren başlıca iki neden vardır. Bunlar:

- Ortalama hızda hareket eden ağır tonajlı araçların yüklerine maruz kalan üstyapıda oluşan çökme (tekerlek izi) deformasyonunu ortadan kaldırması;
- Merkezkaç kuvvetlerinin neden olduğu yükler sonucu oluşan yüzey aşınmasını ortadan kaldırması.

Dönel kavşak üst yapısı üzerine gelen yoğun trafik yüklerine bir örnek (Kaynak 1)





Sürekli donatılı beton
üstyapılı dönel kavşak örneği
Airvault – Deux Sèvres, Fransa
(Kaynak 9)

Sürekli donatılı beton üstyapıların (CRCP) en önemli avantajlarından bir tanesi donatısız beton üstyapılar için gerekli olan klasik büzülme derzlerini ortadan kaldırması ve böylece beton plakların köşelerinde oluşan gerilme yoğunluklarını önlemesidir.

Kullanılan çelik hasır donatılar ya da beton içerisindeki çelik ya da sentetik lifler ayrıca enine derz sayılarının azalmasını da mümkün kılar.



Çelik hasır donatı (Febelcem)

3. DERZLİ BETON ÜSTYAPILI DÖNEL KAVŞAKLARIN TASARIMI

Yerinde dökme beton üstyapılı dönel kavşakların tasarımı ve inşaatı için, aşağıdaki seçenekler sunulmuştur:

- kayma çubuklu veya kayma çubuksuz derzli donatısız beton üstyapı;
- kayma çubuklu veya kayma çubuksuz derzli çelik hasır donatılı beton üstyapı;
- kayma çubuklu veya kayma çubuksuz derzli çelik lifli beton üstyapı;
- kayma çubuklu veya kayma çubuksuz derzli sentetik lifli beton üstyapı.

Kayma çubuğunun kullanımı, bitişik diğer beton plakaya aktarılacak yük transferine büyük oranda katkı sağlar ayrıca beton plakalarda meydana gelen pompalama), köşe kırılması ve derzlerde görülen faylanmalara karşı da koruma sağlar. Kayma çubukları aynı kalınlıktaki benzer veya daha yüksek trafik hacimleri için daha ince üstyapı tasarımına izin verir. Eğer beton plakaların ağır trafik şartlarında daha yüksek trafik hacmini taşımak zorunda kalacağı tahmin ediliyorsa, bu durumlarda derzlerde kayma çubuklarının bulunması gerekir. Yanal hareketi sağlayan derzlerde, kayma çubuklarının yapım süreci boyunca doğru ve sabit şekilde yerleştirilmesi oldukça önemlidir.

Donatılı beton(betonarme) üstyapı (çelik hasır/sentetik lif /çelik lif), üstyapı kalınlığının azalmasına veya derz aralıklarının artırılmasına olanak verir. Çelik hasırların kullanımında, standart hasır ölçüleri 10 mm çap ve 10 mm x 150 mm x 150

mm olmak üzere beton plakanın üstten üçte birlik kısmına yerleştirilir ve büzülme derzleri boyunca derzlerin çalşıabilmesi için kesilir.

Eğer çelik lifler beton karışımının içine eklenecekse, standart dozajı 30 ile 50 kg/m³ arasındadır. Çelik lifin kalitesi ve şekli, beton üstyapının özelliklerinde çok önemli bir rol oynar. Çelik lifler ayrıca çatlakların ayrılmasını önleyerek üstyapının sonradan gelişen çatlaklara karşı davranışını iyileştirir. Diğer bir faydası da betonun eğilme dayanımını artırmasıdır.

Donatılı üstyapılarda bile, üst yapı kenarlarında oluşan gerilmeler hala büyüktür ve bundan ötürü yapı boyutları ve güçlendirmelerinde bu durumun göz önüne alınması gerekir. Bir çözüm, dönel kavşak dış çevresi boyunca temel tabaka kalınlığının artırılması şartı olabilir ki, bu durum en ağır yükü alan bu yol yapısının güçlendirilmesini de sağlar. Diğer bir yöntem ise kenarların yüklemeye karşı korunmasında, işaretçi levhalarının veya yüzeye inşa edilen bordür taşlarının kavşak dış çevresinden belirli bir uzaklıkta yerleştirilmesidir.

Derzli donatısız beton üstyapılar için genel tasarım kriterleri geçerlidir. Bununla ilgili aşağıdaki hususların dikkate alınması gereklidir:

Çelik lifli beton ile imal edilmiş dönel kavşak
(Kaynak 1)



Çelik lifli beton karışım detayı





- üstyapı kalınlığı ≥ 25 cm olması durumunda maksimum derz aralığı 6 m ile; kalınlığın 20 ile 25 cm aralığında olması durumunda 5 m ile; kalınlık < 20 cm olması durumunda 4 m ile sınırlandırılmalıdır. Donatı içeriğine bağlı olarak donatılı beton üstyapılar için bu oranlar % 25 ile 50 arasında daha fazla olabilir;
- maksimum beton plaka genişliği 5 m ile sınırlandırılmalıdır. Eğer gerekiyorsa, boyuna derz kullanılmalıdır;
- beton plakanın boy/genişlik oranı 1,5 ile sınırlandırılmalıdır. Bunun anlamı plakaların oldukça kare şeklini alması gerektiğidir;
- Donatısız beton için plaka yüzey alanı 30 m^2 ile sınırlandırılmalıdır;
- derz açıları 75° dereceden büyük olmalıdır. Dar açılar plakada gerilme yığınlarının oluşmasına neden olur ve rastgele çatlakların oluşma riskini artırır.

Bu tasarım kriterleri, yoğun trafik koşulları altında bile kısa ve uzun vadede oluşacak düşük hasar ihtimalinden dolayı oldukça güvenli tarafta kalmaktadır. Eğer bu kriterlerden bir tanesi sağlanmazsa, çelik hasırlı ya da çelik lifli donatılar kullanılarak problemlili plakaların güçlendirilmesi tavsiye edilir. Dönel kavşaklar için beton üstyapının tasarımında, derzlerin tasarımına ve özellikle büzülme yalıtım ve yapım derzlerinin konumlandırılmasına özel önem verilmelidir. Ayrıca proje tasarım aşamasında, proje tasarımcısı dikkatli bir şekilde bütün derzlerin yerlerini tespit etmeli-

dir. Beton dönel kavşaklardaki derzler, diğer normal beton kavşaklardan (kare planlı) farklıdır ve dairenin (kavşağın) ayaklarından (kesişen yollardan) ayrılması prensibine dayanır. Dairesel kısımdaki "enine" derzler merkezden dışa doğru yayılırken, nihai "boyuna" derzler eşmerkezli çemberi takip ederler.

Temel olarak, radyal derz modelleri için iki yöntem benimsenir:

- A Yöntemi. Keşişen yollardan gelen boyuna derzler ile çakışan dairesel alandaki radyal derzlerin yapılması;
- B Yöntemi. Dairesel bölgenin bir yalıtım derzi ile kavşağın ayaklarından (kesişen yollardan) ayrılması.

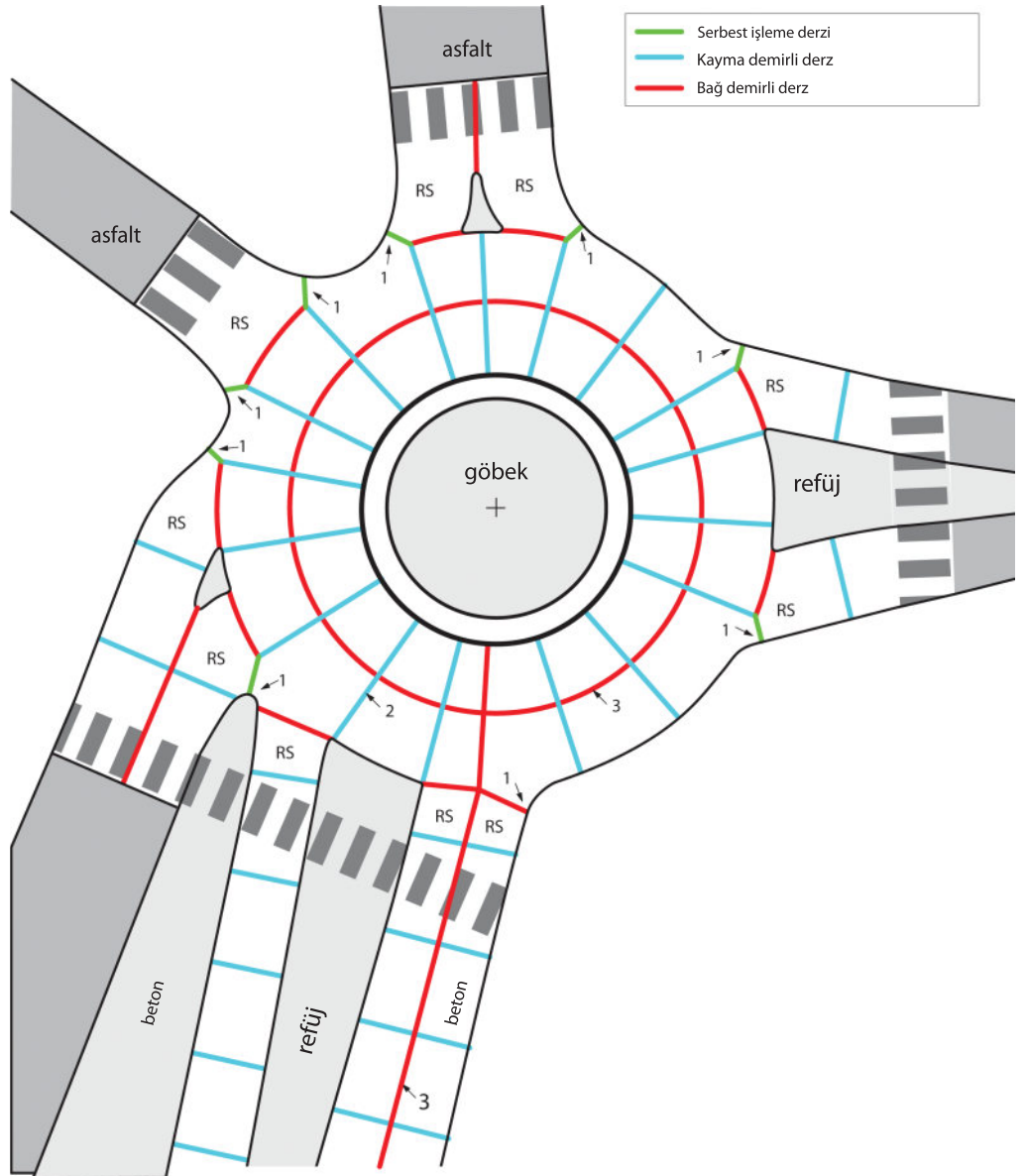
Hiçbir ülke tek bir yöntemi benimsememekle birlikte, A yöntemi çoğunlukla Avusturya, Belçika ve A.B.D.' de kullanılırken, B yöntemi ise daha çok Fransa, Almanya, İsviçre ve ayrıca Avusturya'da yaygınlaşmıştır.

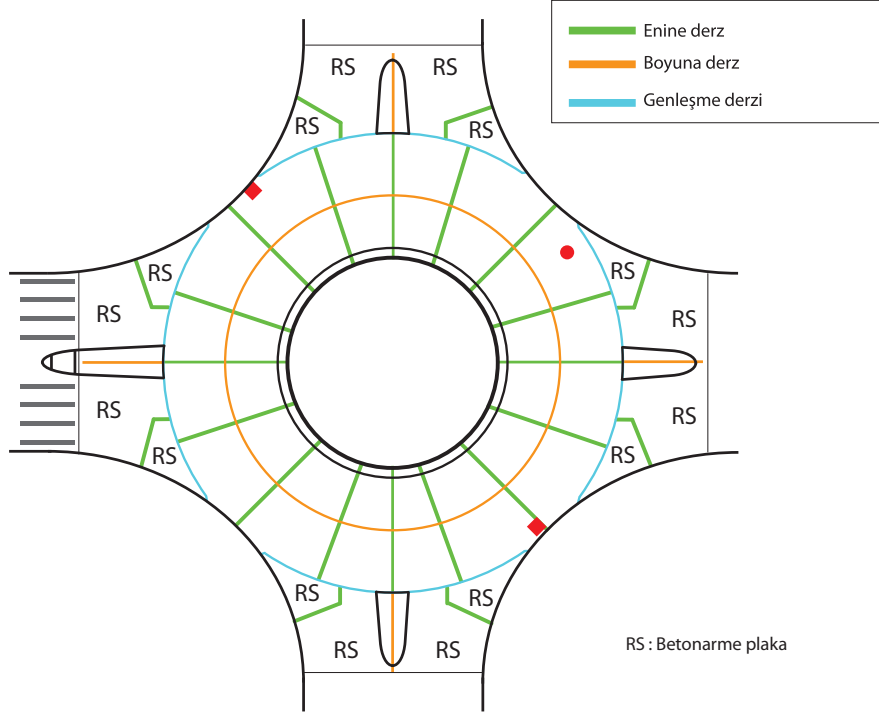
Dönel kavşakda iyi inşaa edilmiş keşişen derzlere ait örnek Madison, Wisconsin, A.B.D.

A yönteminin yapım süreci daha karmaşıktır ve öncesinde daha detaylı bir çalışma gerektirir. Radyal derzler sadece kesişen yollardan gelen boyuna derzlerle değil ayrıca refüjle de birleşmek zorundadır. Bu yöntem ile dönele kavşak ile kavşağa bağlanan yollar bağ demirleri ile birbirine bağlanabilir. Nervürlü bağ demirleri 16 mm çapında olup 50 ile 75 cm aralıklarla yerleştirilmektedir.

B yöntemi, radyal derzlerle kavşağa gelen yolların boyuna derzlerinin birleşmesi zorunluluğu olmadığı için daha kolay bir yöntemdir. Kavşağın dairesel kısmı ile kesişen yollar arasında yalıtım (ayırma) derzlerinin kullanılmasından dolayı artık bağ demirlerinin kullanılması mümkün değildir. Ancak bu derz, ileride muhtemelen açılma göstereceğinden derzler arasında dolgu malzemesinin konulmasına ihtiyaç vardır. Kesişen yollar ile dönele kavşak arasındaki yük transferinin geliştirilebilmesi için bir çözüm de, yalıtım derzleri altında bir beton hatıl yapımıdır. Bu teknik Almanya'da uygulanmaktadır.

- RS : Donatılı plaka
 URS : Donatısız plaka
 1 : CRCP dairesel kısmı ile eşzamanlı dökülmüş üçgen alan
 2 : Kayma çubuklu enine derz
 3 : Bağ demirli boyuna derz
 Şekil 3 : A yöntemi örneği
 (Kaynak 1 ve 2)





Şekil 4 : B yöntemine örnek

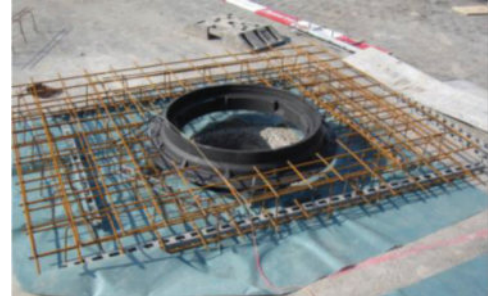
Bir dönele kavşakta dairesel bölüm ile kesişen yollar arasındaki yalıtım derzi ve çakışmamış derzler örneği, İsviçre (Kaynak 4)

Kavşak ile kesişen yol arasındaki derz altında bulunan bir beton hatlı bağ çubuksuz yalıtım derzine göre daha iyi bir yük aktarımı sağlar.



Hangi yöntem seçilmiş olursa olsun, derzlerin planında, baca ve ızgara gibi üst yapı içinde kalan yapılara dikkat edilmesi gerekir. Bunlar bazen yoğun donatılı döşemelerin ortasında kalabilir bazen de bir derzle kesişebilir.

Üstyapı içerisinde kalan yapıların çevresine konulan ilave donatılara ait örnek (Kaynak 4)



Bir örnek olarak portakal renkli çizgi bir büzülme derzinin menhol merkezine doğru kesildiğini göstermektedir. (Fotoğraf: FEBELCEM)



> DERZ TERMİNOLOJİSİ

Enine ve boyuna büzülme derzleri (veya kontrol derzleri)

Büzülme derzleri, döşeme kalınlığının $\frac{1}{3}$ derinliğine kadar testere ile betonun kesilmesinden oluşur. Çelik lif donatılı betonlar için, kalınlığının yarısına kadar kesilmesi tavsiye edilir. Derzler, sıcaklık değişimlerinden, büzülmeden ve trafik yüklerinden dolayı meydana gelen eğilme, daralma gibi beton plaka hareketlerine izin verir. Boyuna derzler yol şeridine paralelken enine derzler boyuna derzlere diktir.

Enine ve boyuna yapım (inşaat) derzleri

Enine yapım derzi farklı zamanlarda dökülmüş iki bitişik plaka arasında yer alırken, boyuna yapım derzi de iki ayrı geçiş için kullanılan iki ayrı şerit arasında bulunur.

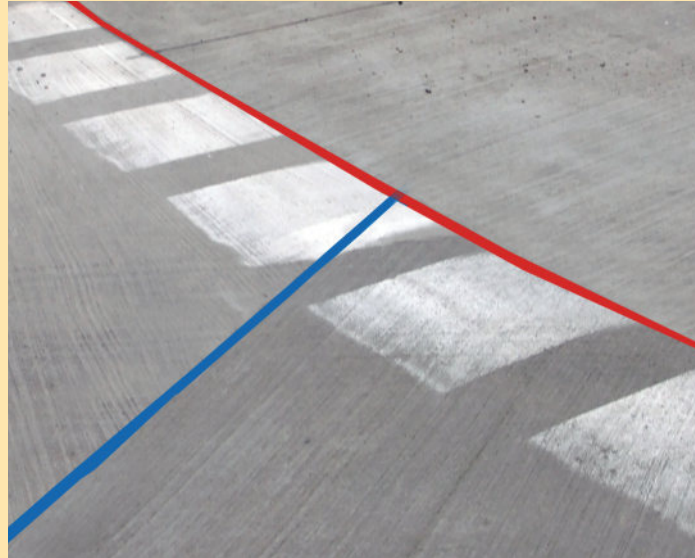
Genleşme Derzi

Genleşme derzleri, önceden oluşturulmuş enine derzlerin içerisini tamamiyle dolduracak şekilde sıkıştırılabilir (polietilen köpük ya da bitüm bazlı lif) dolgu malzemesinin yerleştirilerek üstyapının enine hareketine olanak veren özel bir enine derzdir. Genleşme derzleri genellikle 20 ile 30 mm genişliktedir.

Yalıtım (Ayrırma) Derzleri

Yalıtım derzi, mukavemeti düşük yeni dökülmüş beton plaka içerisinde açılan mevcut enine derzlerin kontrol altına alınması için oluşturulan özel bir boyuna derzdir. Yalıtım derzleri genellikle mevcut derzlerin birbiriyle birleşmesinin pek mümkün ol-

madığı durumlarda kullanılır. Ayrıca bu derzler, basınç gerilmelerinin kontrolsüz çatlaklara veya plakaların burkulmasına neden olmaması ve basınç gerilmelerini azaltmak için farklı rijit plakalar/yapılar arasına konulur. Yalıtım derzi genleşme derzine benzer olup genişlikleri genellikle 10 mm ile sınırlıdır.



Beton dönel kavşak örneği
Almanya. Dairesel kısım
kesişen yollardan yalıtım
(ayırma) derzi ile ayrıldığı için
enine derzlerin kesişmesine
gerek kalmıyor. (Febelcem)

4. SÜREKLİ DONATILI BETON ÜSTYAPILI DÖNEL KAVŞAK TASARIMI

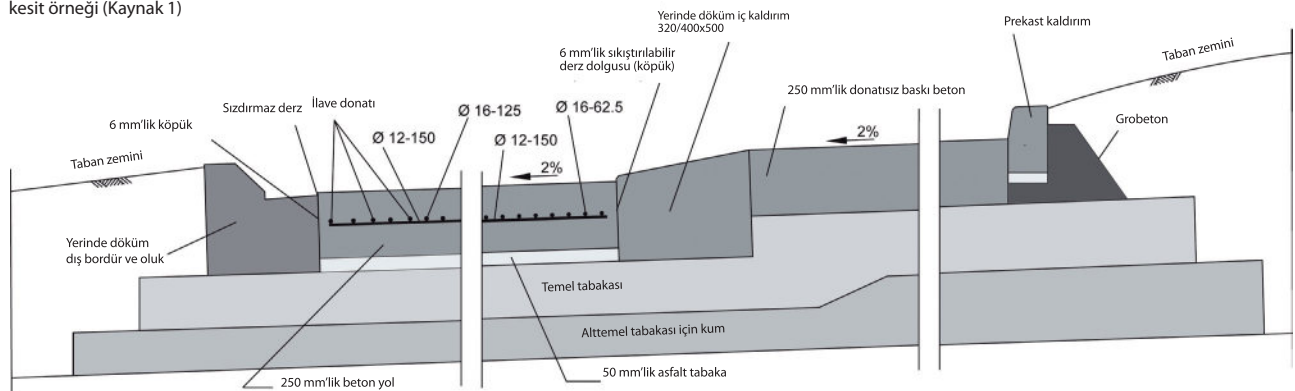
Mevcut sürekli donatılı beton üstyapıları için geçerli olan tüm prensipler aynı şekilde dönel kavşaklar içinde uygulanılır. Aynı şekilde CRC üstyapıları için geçerli tavsiye ve şartlara da uyulması gerekir.

Dönel kavşaktaki boyuna donatılar kesinlikle dönel kavşak eğrisini takip etmek zorundadır. Boyuna donatıların bükülmesine olanak sağlamak için donatı çaplarının 16 mm ile kısıtlanması önerilir. Boyuna donatı miktarı beton kesitte % 0,60 ile 0,70 arasında olmalıdır. Tablo 1'de % 0,67'lik çelik donatı yüzdesi esas alınarak, Belçika standartlarında bazı mümkün olabilen boyutlandırma değerleri verilmiştir.

Eğrilik yarıçapından dolayı aynı açı ile donatı ek yerlerini devam ettirmek zor olmasına rağmen, donatılardaki bindirme boyu donatı çapının en az 35 katı olmalıdır. Bindirme boyu, boyuna donatının oluşturmuş olduğu çemberin yarıçapına bağlı bir fonksiyon olarak değişmekte başka bir ifadeyle, boyuna donatı uzunluğu dönel kavşak merkezine doğru gittikçe azaltılmalıdır. Burada aynı radyal kesite gelen ek birleşim (bindirme) yerlerinin yoğunluğundan kaçınmak önemlidir, böylece aynı radyal hat üzerinde tüm bindirme bölgeleri denk gelmez.



Şekil 5 : Sürekli donatılı (CRCP) dönel kavşak beton üstyapı kesit örneği (Kaynak 1)



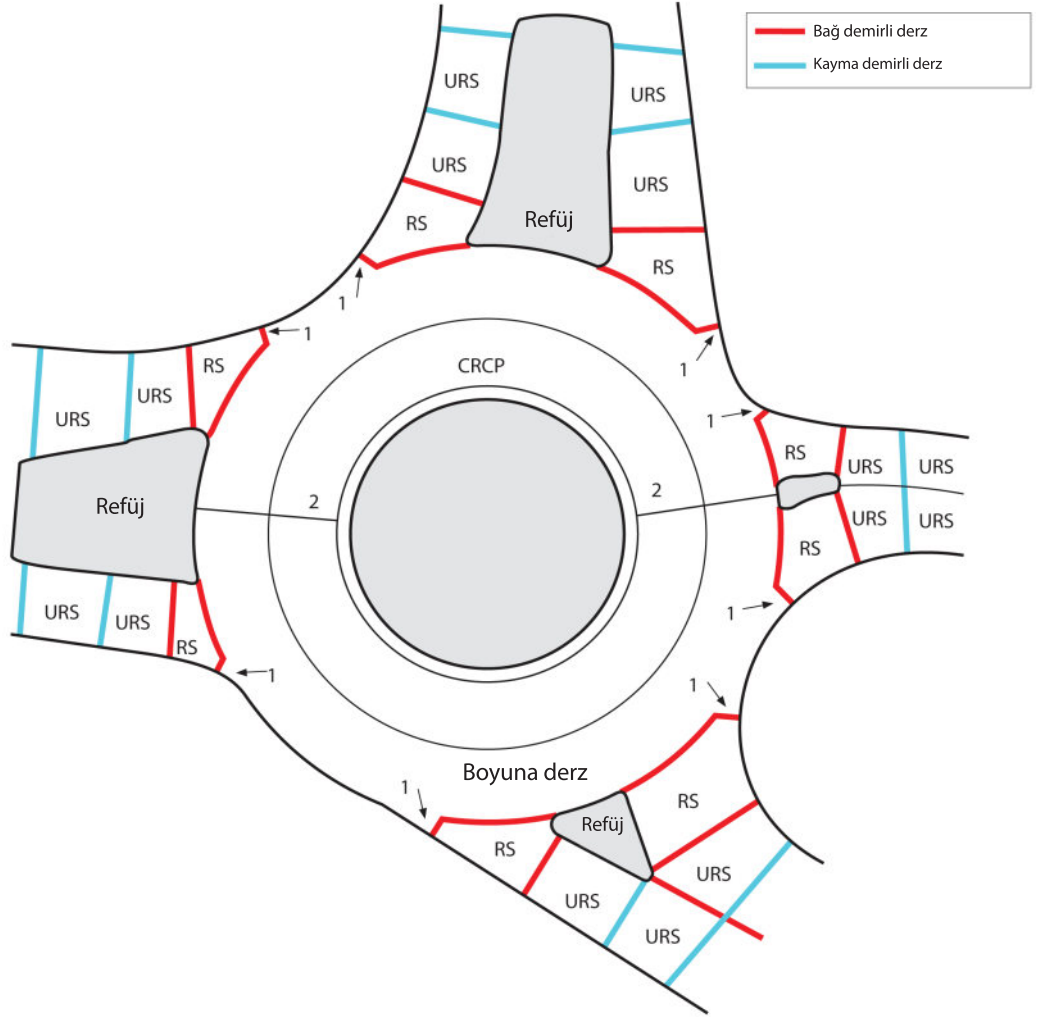
TABLO 1-DÖNEL KAVŞAKLARDA CRCP İÇİN MUHTEMEL BOYUTLANDIRMA DURUMLARI

Plaka kalınlığı (mm)	200	230	250
Boyuna donatı çapı (mm)	16	16	16
Enine donatı çapı (mm)	14	14	14
Merkezden boyuna donatılar arası mesafe (mm)	150	130	120
Boyuna donatı ile yüzey arasındaki mesafe (Paspayı) (mm)	80	80	80
Destek yüksekliği (mm)	90	120	140

Enine donatılar boyuna donatılara dik olacak şekilde bir radyal donatı şeklinde döşenebilir veya Belçika da yapıldığı gibi yolun merkez eğimiyle 600 açı yapacak şekilde döşenebilir. Enine donatıların arasında pek çok düzenleme yapılabilir. Kavşağın dış kenar kısmındaki fazla boşluğu azaltmak için ilk seçenek, taşıt yolu genişliği boyunca dış kısmın üçte birlik bölümündeki iki enine donatı arasındaki mesafenin 70 cm bırakılmasıdır. Buna ilaveten dönel kavşağın iç çapı 20 m'den fazla olduğu durumlarda, donatıdaki ani kalınlık değişiminden kaçınmak adına, taşıt yolunun dış kısmından itibaren yarı genişliğine kadar ilave donatı konulur. Bu donatılar bir metre aralıklarla şaşırtmalı olarak düzenlenir. İkinci seçenek ise taşıt yolunun dış kenarında en fazla 70 cm'lik ve iç kenarında da en a 20 cm'lik aralığa izin vermektir. İç kısımdaki en az 20 cm'lik aralığı sağlamak için donatıların boyları böylece azaltılabilir.



Eğer dönel kavşağın çapı 20 m'den büyükse, dairesel bölgenin dış yarısına ilave donatılar birer metre aralyla şaşırtmalı olarak yerleştirilir. (Kaynak 2 ve 3)



RS : Donatılı plaka

URS : Donatısız plaka

TI : Trafik adası

1 : CRCP dairesel kısmı ile eşzamanlı dökülmüş üçgen alan

2 : CRCP içindeki yapım derzleri, genellikle refüjle son bulur

Şekil 6: Sürekli donatılı beton üstyapılı (CRCP) dönele kavşak düzenlemesini gösteren çizim: donatılı ve donatısız döşemeler, bağ demirli ve kayma çubuklu derzler (Kaynak 1 ve 2)

5. YAPIM SÜREÇLERİ

Beton yollar için geçerli olan ilkeler dönel kavşaklar için de farklı beton karışımları ve yüzey bitirme teknikleri ile geçerlidir. Yine de birkaç özel detayla birlikte kalıplama, manuel/kayar kalıpla beton dökümü ile ilgili bazı hususlar, aşağıdaki kısımlarda incelenecektir.

5.1. KALIPLAR

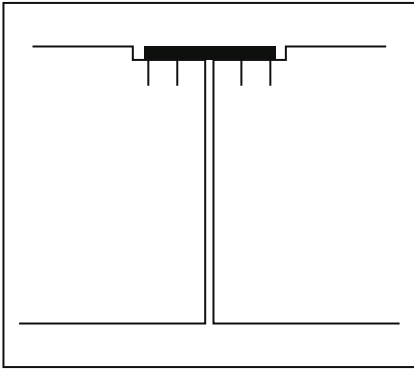
Eğer beton kayar kalıp sericisi yardımıyla serilecekse beton üstyapı, kalıp gibi doğrusal elemanların kullanımından önce yerleştirilir. Ancak beton titreşimli master yardımıyla serilecekse, bu sefer dönel kavşağın iç ve dış kısmında kalıp gibi doğrusal elemanlar kullanılabilir. Kesişen yollardan kavşağa gelen ahşap kalıpların kalınlığı, beton üstyapı kalınlığı kadar olmalıdır. Bu kalıp elemanları ahşap içerisine gömülü civatalar ile bir-

birine sıkıca bağlanmış olabilir, böylece, titreşimli master bu kalıpların üzerinden sorun olmadan kayabilir. Kalıbın dış tarafı da kum dolgusu ile sabitlenmektedir.

Daha da iyisi, dönel kavşağın çevresini takip ederek, tam eğrilik derecesini alan esnek kalıpların kullanılmasıdır.

Polietilen dikdörtgen tüplerden oluşan bir esnek kalıp örneği

Şekil 7 : Gömülü civatalar ile bağlı kalıp (Kaynak 2)



Kavşağa gelen sağlam plakalardan yapılmış sabit kalıp örneği (Kaynak 2)



5.2. BETONUN YERLEŞTİRİLMESİ

5.2.1 BETON KARIŐIMI

Beton karıőımı ile ilgili Őartnameler diğer beton üstyapılara ait Őartnamelerden farklı değildir. Belirtilen Avrupa Standartları EN 13877-1 ve -2 beton üstyapı için gerekli malzeme ve gereksinimler ile ilgilidir.

Dayanıklı ve kaymaya karşı dirençli yüzeylerin elde edilmesi en iyi malzeme; sert, sağlam ve yüzey işlemlerine dayanıklı iri agregalar ile birlikte kullanılan yuvarlak silisli kumlardır.

Yaygın olarak kullanılan dayanım sınıfı, oldukça yüksek çimento miktarı ve düşük su/çimento oranı kullanarak elde edilen CC30 ile CC50'dır (28 günlük karotlardan elde edilen karakteristik basınç dayanımı). Donma çözülmelere ve buz çözücü tuzlara karşı beton içerisinde %3-6'lık sü-rüklenmiő hava boşluğu önerilmektedir.

Taze betonda istenilen işlenebilirlik uygulanan inşaat teknikleriyle alakalıdır: kayar kalıp için S1 kıvamı istenirken, sabit kalıplı el ile yapılan dökümlerde S2 ve S3 kıvamı istenilmektedir.

5.2.2 TİTREŞİMLİ MASTAR KULLANILARAK BETONUN YERLEŞTİRİLMESİ

Titreşimli mastarların, yerleştirilecek beton yüzeyi genişliğine uyma özelliğinden dolayı bu yöntem oldukça sık kullanılmaktadır. Mastar, halka içerisinde dış kısımdaki yarı eğimli bordürün kenarından ya da dönele kavşağın iç kısmından itibaren yuvarlanarak kaydırılır. Kenarlar arasındaki yükseklik farkının idare edilebilmesi için bordür üzerinde en az iki metre uzunluğu sahip mafsallı bir kiriő titreşimli mastar tarafından taőınır. Ayrıca mastarların yüksekliğini bordür yüksekliğine göre ayarlamakta mümkündür.

Vinç kullanılarak gerçekteőirilen beton dökümü ve tesviyesinin ardından, titreşimli mastarlara geçmeden önce dalgıç vibratörler ile beton sıkıőtılır. Her bir 1,5 m lik beton genişliğinde bir dalgıç vibratör ile sıkıőtılmanın sağlanması tavsiye edilir. Küçük pürüzlüklüklerin giderilmesi için de uzun kollu el mastarı kullanılabilir.

Titreşimli mastar kullanılarak gerçekteőirilen beton yerleştirme işlemleri aőamaları (Kaynak 2 ve 4)





Kayar kalıp ile beton yerleştirilmesi (Kaynak 2 ve 3)

5.2.3 KAYAR KALIP SERİCİ KULLANILARAK BETONUN YERLEŞTİRİLMESİ

Bu tekniğin kullanımında pek çok engel ortaya çıkar. Büyük döneel kavşaklar için 8 m ile 10 m'lik yerleştirme genişliğine sahip makinalara ihtiyaç vardır. Sürecin doğal bir parçası olarak giriş ve çıkış yollarının başlangıç noktalarını inşa etmek zordur. Eğer döneel kavşağın betonu bir gün içerisinde tamamiyle yerleştirilecekse, üst yapı üzerindeki tüm işlemlerin tamamlanmasından sonra tam dayanım kazanmayan üst yapı üzerinde makinanın temizlenmesi gerekir. Ayrıca üst yapı trafik yükünü taşıyabilmek için yeterli dayanımı kazanana kadar makina bir kaç gün döneel kavşak üzerinde mahsur kalır.

Bu problemden, döneel kavşağın bir kısmının beton yerleştirilmesinde sabit kalıp kullanarak kaçınılabılır. Birinci seçenek erişim yollarından bir tanesine bir tabaka beton serilerek başlanmasıdır. Bu tabaka sertleştikten sonra serici işin sonunda döneel kavşaktan çıkmak için bu yoldan yararlanabilir. İkinci ihtimal ise sericinin kavşaktan ayrılmasını sağlayacak bir bölüm bırakarak ve daha sonra bu kısmın kilitli parke taşı olarak döşenmesidir.

5.2.4 SİLİNDİR KULLANILARAK BETONUN YERLEŞTİRİLMESİ

Hollanda'da, döneel kavşakların yapımında normalde silindir yüzey sericileri kullanılmaktadır. Bu yöntem kayar kalıp ile titreşimli masterların arasında bir çözüm yöntemi olarak düşünülebilir. Bir çerçeve iskelet üzerine monte edilen silindir yatay olarak hareket eder ve beton yüzeyine baskı yapar. Betonun sıkıştırılmasında ayrıca iki dalgıç vibratör yardımcı olur.



Silindir serici ile beton yerleştirilmesi (Fotoğraf: W. Kramer)



5.3. BORDÜRLER VE DRENAJ KANALLARI

Bordürler ve/veya drenaj kanalları dönel kavşakların iç ve dış kısımlarına yerleştirilirler. Yukarıda bahsedildiği gibi, betonların el ile dökümlerinde bordürler kalıp olarak kullanılabilirler. Özellikle ağır tonajlı araç lastiklerinin temas etmesinin beklendiği kritik yerlerde yerinde dökme beton bordürler kullanılması, en sağlam çözüm olarak kabul edilebilir. Ancak prefabrik elemanlar özellikle yerleştirilebilmesi açısından bazen oldukça pratik olabilmektedir. Beton üstü yapı üzerine prefabrik elemanların düşey bağ demirleri veya yapıpıştırıcılarla sabitlemesi kolay bir yoldur. Bunun avantajı, üstü yapı betonlamasının bordürlerin pozisyonundan bağımsız olması ve keskin açılarının etkisinden ve zor kalıp çakma sürecinden kaçınılmasıdır.

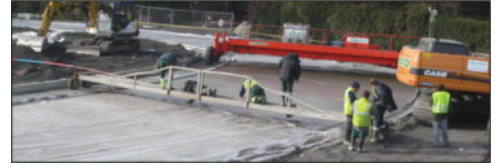
Yerinde dökme bordür örnekleri (Hollanda)



5.4. ÖZEL ÖNLEMLER

5.4.1. BETONUN YERLEŞTİRİLMESİNİN TEK AŞAMADA BİR GÜNDE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Dönel kavşakların üstü yapı işlerinin tamamlanması süreci henüz sertleşmemiş beton üzerinde sürdürülmek zorunda olduğundan dolayı, henüz üzerinde yürünülmeyen betonda enine yapım derzlerinin bitirilebilmesi için bir podyumun sağlanması gerekir. Ayrıca eğer beton hacmi 150 m³'den fazlaysa, 10 saatlik çalışmanın ardından biri diğerinin yerine geçebilmesi için iki inşaat takımının çalışması gerekir.



Dönel kavşağın tamamlanması için sertleşmemiş betonun üzerinde çalışılması (Kaynak 2)



5.4.2. BETONUN YERLEŞTİRİLMESİNİN İKİ GÜNDE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Beton hacmi 150 m³ den büyük olduğu zaman, gün sonu inşaat derzinin bırakılması düşünülebilir. İlk bırakılan derz gibi, bu derzde kavşağın giriş ve çıkış bölgelerinde meydana gelen büyük gerilmelerden kaçınmak için erişim yollarından gelen refüje yakın olmalıdır.

5.4.3. İKİ AŞAMALI BETON DÖKÜMÜ

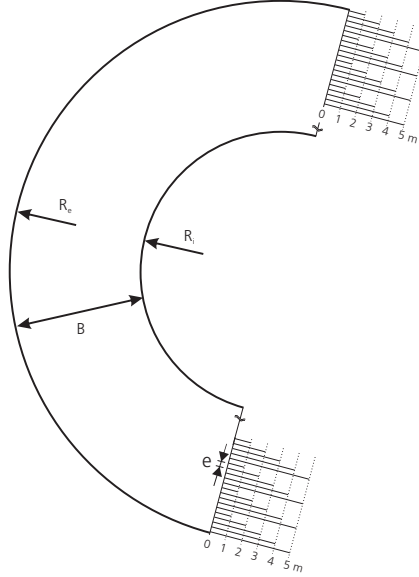
Trafik problemlerinden dolayı kavşak tam olarak kapatılıp ayrılamazsa, betonun iki süreçte yerleştirilmesi düşünülebilir. Genellikle büzülme ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan plakaların uçlarındaki hareketleri sınırlıdır. Eğer dönel kavşağın yarıçapı çok büyük değilse bu durum için özel bir önlem almaya gerek yoktur. Bu durumda trafik gereksinimlerinden kaynaklanan problemler genellikle ortaya çıkmaz. Ancak iki aşamalı beton döküm süreci arasında büyük bir zaman farkı varsa (bir yıl ya da daha fazla) bazı problemler ortaya çıkabilir. Bu gibi durumlarda üstyapının uçlarını hareketten korumak için iki ucu doldurulmalı ve/veya izole (mesala nemli kumla) edilmelidir. Tavsiye edilen doldurma, üstyapının tüm genişliği boyunca yayılmalıdır. Bunun kalınlığı en az 50 cm olmalı ve 15 m kadar uzanmalıdır. Doldurmaya alternatif olarak ankrajlı girişler (basınç blokları) kullanılabilir.

Önceden yerleştirilecek boyuna donatının uzunluğu biraz dikkat gerektirir. Donatı ek yerlerinin aynı radyal düzleme yoğun olarak denk gelmesini önlemek için donatı uzunluklarını çeşitlendirmek önemlidir. Boyuna donatı uzunluklarının arka arkaya 1, 2, 3, 4 ve 5 metre olarak uzatılması bir çözüm sunar. (Şekil 8).

Eğer dönel kavşaktaki şeritler ayrı beton şeritler halinde dökülecekse, bu durumda sürecin de birkaç güne bölüneceği açıktır.



İki aşamalı beton dökümü
(Kaynak 2)



Şekil 8: Donatı ek yerlerinin aynı radyal doğrultu üzerinde yoğunlaşmasını önlemek için boyuna donatı uzunluklarının çeşitlendirilmesi örneği
(Kaynak 2 ve 3)



Ayrı süreçlerle farklı şeritlerde beton dökümü
(Kaynak : Flaman Karayolları İdaresi AWW)

5.4.4. BAŞLAMA NOKTALARINDA BETON DÖKÜMÜ

Yaklaşma alanındaki plaka köşesini, gelen aşırı yüklerden korumak için giriş ve çıkış yollarında oluşturulan başlama noktalarına, dönel kavşak üstyapısıyla aynı zamanda beton dökümü yapılır. Başlama noktasının en küçük kenarı boyutu en az 1 m olmalıdır.

Başlangıç noktalarında beton dökümü (Kaynak 2 ve 3)





Kavşağa ulaşan yollar
Oberwart ve Schwechat,
Avusturya (Kaynak 5)



Bağlantı bölgelerindeki
plakaların donatıları ve kavşak
ana şeridine sabitlenmesi
(Kaynak 2)

5.4.5. YAKLAŞIM AYAKLARININ BETON DÖKÜMÜ

Dönel kavşakla kesişen yollar arasındaki bağlantı bölgeleri genellikle frenleme, hızlanma, teğetsel kuvvetler gibi nedenlerle büyük gerilmelere maruz kalırlar. Bundan dolayı bu bölge üstyapılarının beton olması istenir. Bu bölge bir veya iki beton plakadan oluşabilir ya da daha uzun bir beton üstyapı bölümü oluşturulabilir. Eğer daha uzun yapılacaksa, beton ile asfalt arasındaki geçişe önem verilmelidir. Asfalt üstyapıya baskı uygulayan beton üstyapı itme kuvvetini azaltmanın kolay bir yolu, son ve sondan bir önceki beton plaka arasına 20 mm'lik genişleme derzinin bırakılmasıdır.

Bağlantı bölgeleri, beton üstyapıda sürekliliği sağlamak için taşıt yoluna yani kavşağa sabitlenmelidir. Sürekli donatılı beton üstyapılı dönel kavşaklar için bu durum bir problem oluşturmaz, ancak derzli döşemelerde kesişen yollarla kavşağın dairesel kısmının sabitlenmesi ancak derzlerin birbirleriyle çakıştırılmasıyla mümkündür. Bunu bir yalıtım derziyle gerçekleştirmek daha zordur.

Sabitlenme, 1 m uzunluğunda ve 16 mm çapındaki çelik donatılar kullanılarak, 40 cm'lik aralıklarla yapım derzi derinliğinin yarısına uygulanarak yapılabilir. Daha sonra kayma çubukları kullanımıyla enine derzler oluşturulur. Plakalar genellikle donatısız olup eğer geometrisi çok karışıksa donatılıdır. Donatılı plakalar genellikle 10 mm çapında 150 mm x 150 mm çelik hasırların, plaka derinliğinin üstün üçte birlik kısmına yerleştirilmesiyle oluşturulur.

Değişen genişlikli titreşimli master mevcut değilse, bu bölgeye kalıp çakılarak titreşimli masterın bu kalıp üzerinden uzanmasının sağlanması gerekir. Diğer taraftan değişken genişlikli titreşimli master ile beton yerleştirilmesi yapılıyorsa, bu işlem doğrusal elemanlar arasında sürdürülebilir.

Dönel kavşak bağlantı bölgesi ayrıca, betonun rengi ayarlanarak belli edilebilir.



Izgaraların korunması
(Kaynak 2)

5.4.6. DRENAJ IZGARALARININ KORUNMASI

Drenaj izgaralarına, eğer yüzeyleri açıktaysa, beton şerbetinin ve betonun kendisinin su drenaj sistemine girmesinin engellenmesi gerekir.

Titreşimli master kullanıldığı zaman, master yolunun sürekliliği sağlamak için izgara kenarlarına kalas yerleştirilerek, kalıp gerekli yüksekliğe kadar çakılmalıdır.

Betonun göbek kullanılarak yerleştirilmesi (Kaynak 2)



5.4.7. BETON SEVKİYATI

Beton yerleştirme işinin tek veya iki aşamalı olarak sürdürülüp sürdürülmediğine bakılmaksızın, kavşak yolu dışında kalan mevcut boşluklara, vinçlerin ve beton dağıtım araçlarının erişimine çoğu kez izin verilmez. Bundan dolayı beton genellikle dönel kavşak merkezinden dökülür. Bu durum için merkeze erişimi sağlayacak bir yol açık bırakılmalıdır. Beton yerleştirme işi bittiğinde bu yol kapatılır ve mevcut işlerin bitimi için dönel kavşak merkezinde kalan vinç, birkaç gün sonra ayrılabilir.

Diğer bir bariz çözümde, oldukça uzun mesafelerden erişimi sağlayabilen pompa yoluyla betonun dökülmesidir (hareketli beton pompalar için 60 m'ye kadar). Beton üstü yapı kalitesinin sağlanabilmesi için taze betonun kıvamı S3 (maksimum çökme 150 mm) sınırlı olmalıdır.



Pompayla beton dökümü

5.5 YÜZEY BİTİRME

Dönel kavşak üst yapıları için en önemli yüzey özelliği, kayma direncidir. Lastiklerin kaymalarını önlemek için yüzey dokusunun yeterli sürtünmeyi sağlaması gerekir. Dönel kavşak trafiği üzerinde sürüş konforu ve ses çok önemli kriterler olmadığı için yüzey üzerindeki küçük pürüzlülükler fazla sorun oluşturmaz. Buna bağlı olarak, enine süpürge çekimi ve görünür agregalı yüzey gibi yüzey bitirme teknikleri dönel kavşaklarda oldukça sık kullanılmaktadır.

5.6 BETONUN KORUNMASI

Üstyapılar için, beton kullanımıyla ilgili diğer tüm teknolojik gereksinimlerinde karşılanması gerekliliği açıktır. Yeni dökülmüş betonun korunması her zaman ilgiliyi hak etmektedir, örneğin rüzgâr ve güneşe karşı plastik rötre çatlaklarından korunması ve ayrıca yağmur, don ve mekanik etkilere (yaya veya bisiklet) karşı korunması gerekir.

Yüzey kurumasına ve plastik rötreye karşı koruma için en yaygın yöntem, kanıtlanmış etkisiyle kür bakımındır veya görünür agregalı beton yüzeyler için yüzeyin plastik örtüyle kapatılmasıdır.

SONUÇLAR

BETON DÖNEL KAVŞAKLARIN ÜSTÜNLÜKLERİ AŞAĞIDAKİ ŞEKİLDE SIRALANABİLİR;

- yoğun ve ağır trafik koşulları altında oluşacak gerilmelere karşı yeterli mukavemet;
- farklı çözüm olanakları, örneğin donatısız veya sürekli donatılı beton üstyapıların kullanımı, küçük veya büyük eğrilik yarıçapı, çeşitli yüzey bitirme ve renk seçenekleri, tüm çevre koşullarına yeterince uyum;
- hızlı uygulama ve az bakım gerektirme.

Her durumda, beton dönel kavşaklar detaylı bir ön çalışma ve dikkatli inşaat süreci gerektirir.

Dönel kavşak örneği İsviçre (Kaynak 4)



(Kaynak 1) Rotondes in beton, „net even anders‘ W. KRAMER, Cement&BetonCentrum, 's Hertogenbosch, The Netherlands, 2012

(Kaynak 2) Les giratoires en béton. C. PLOYAERT, FEBELCEM publication, Brussels, Belgium, 2011

(Kaynak 3) Roundabouts in continuously reinforced concrete. Design-Construction. R. DEBROUX & R. DUMONT, Service Public de Wallonie, Belgium & C. PLOYAERT, FEBELCEM, Belgium, 11th International Symposium on Concrete Roads, Seville, Spain, 2010

(Kaynak 4) Concrete roundabouts in Switzerland. R. Werner & E. Monticelli, 11th International Symposium on Concrete Roads, Seville, Spain, 2010

(Kaynak 5) Roundabouts with concrete pavements : Austrian experiences. J. Steigenberger, VÖZ, Austria, 11th International Symposium on Concrete Roads, Seville, Spain, 2010

(Kaynak 6) Sustainable futuristic roundabout in the city of Eindhoven, The Netherlands. F. Smits & H.J. Vennix, The Netherlands, 11th International Symposium on Concrete Roads, Seville, Spain, 2010

(Kaynak 7) Kreisverkehrsanlagen in Betonbauweise – eine länderübergreifende Übersicht. D. BIRMANN, Technische Universität München, Update 3/08, Betonsuisse, BDZ, VÖZ, 2008.

(Kaynak 8) Guide for design and construction of new jointed plain concrete pavements (JPCPs). Division of Design, California Department of Transportation, California, U.S., 2008

(Kaynak 9) Carrefours giratoires. Des solutions durables en béton de ciment. CIMbéton T56, Paris, France, 2005

(Kaynak 10) Concrete Roundabouts. S. Waalkes, ACPA, Presentation at the TRB National Roundabouts Conference, Vail, Colorado, U.S., 2005

(Kaynak 11) Rotondes in cementbeton. Publicatie 193, CROW, Ede, The Netherlands, 2004

(Kaynak 12) Concrete Roundabout Pavements. A guide to their design and construction. Roads and Traffic Authority, Australia, 1996

Yayınlayan:

EUPAVE
European Concrete
Paving Association
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: Luc Rens

Aralık 2013

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

Ekim 2014



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