

Prof.Dr. Müh.Ergin ARIOĞLU
İTÜ Maden Mühendisliği Bölümü

Dr. Müh.Özgür Sümer KÖYLÜOĞLU
Yapı Merkezi-Ar-Ge Bölümü

Yüksek Performanslı Betonların Yol Kaplama Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin İrdelenmesi

GİRİŞ

Yol mühendisliğinde, verilen tasarım ve iklim koşullarında kaplama malzemesinin seçimi, projenin en incelikli bölümünü oluşturmaktadır. Yol kaplama malzemesinin seçimini belirleyen ana etmenler (Şekil 1) bunların birbirleri ile etkileşiminin karmaşıklığı göz önünde tutulduğunda, problemin zorluğu bir kat daha artmaktadır. Şekil 1'in dikkatle incelenmesi sonucunda, yol kaplama malzemesinin seçimini denetleyen klasik etmenler olan aderans, yol sürüş konforu, ekonomi faktörlerinin yanısıra, özellikle çağdaş yol tasarımında estetik ve sürüş gürültüsü gibi etmenlerin de ağırlıklı olarak rol oynadıkları gözlenmektedir.

Klasik yol mühendisliği literatüründe malzeme seçimi için baz oluşturan, değişik kaplama malzemelerinin ekonomik analizinde, sadece yol için yapılan yatırım maliyetleri (amortisman+faiz yükü) ve yolun tamiri ve bakımı için yıllık masraflar gözetilmek suretiyle bir karşılaştırma yapılmaktadır. Ancak bu karşılaştırma, Şekil 1'de de anılan etmenlerin ışığında, malzeme seçimine tam cevap getirmemektedir. Burada su eksiklik özellikle vurgulanmalıdır. Yol kaplama malzemesinin yanlış seçiminden dolayı veya yol yapımı sırasında uygulanan mühendisliğin yeterli düzeyde olmamasından kaynaklanan maliyetler (can ve mal kaybı, zaman kaybı ve bunların maliyetleri) bu analize yansımamaktadır. Daha açık anlatım ile, bir yolun servis süresi boyunca tasarımından, uygulama projesine kadar, su veya bu şekilde eksik yapılmasından kaynaklanan risklerin maliyeti analitik maliyet analiz modellerinde keskin dikkate alınmalı, böylece rasyonel bir karşılaştırma yapılma imkanı yaratılmalıdır. (1) Bu şekilde yapılan bir maliyet değerlendirmesi ayrıntılı bir şekilde Çizelge 1'de takdim edilmiştir. Bu analizle ilgili bütün unsurlar Çizelge 1'de verildiği için burada tekrar edilmeyecektir.

Klasik yol mühendisliği literatüründe bitümlü kaplama (asfalt yol) ile beton kaplama arasında seçim, uzun yıllardan beri her iki kaplama türünün kendine has yararları gözetilmek suretiyle yapılagelmektedir. Mevcut projelerin yerinde, servis ömrü boyunca bakım-onarım masrafları dikkate alındığında

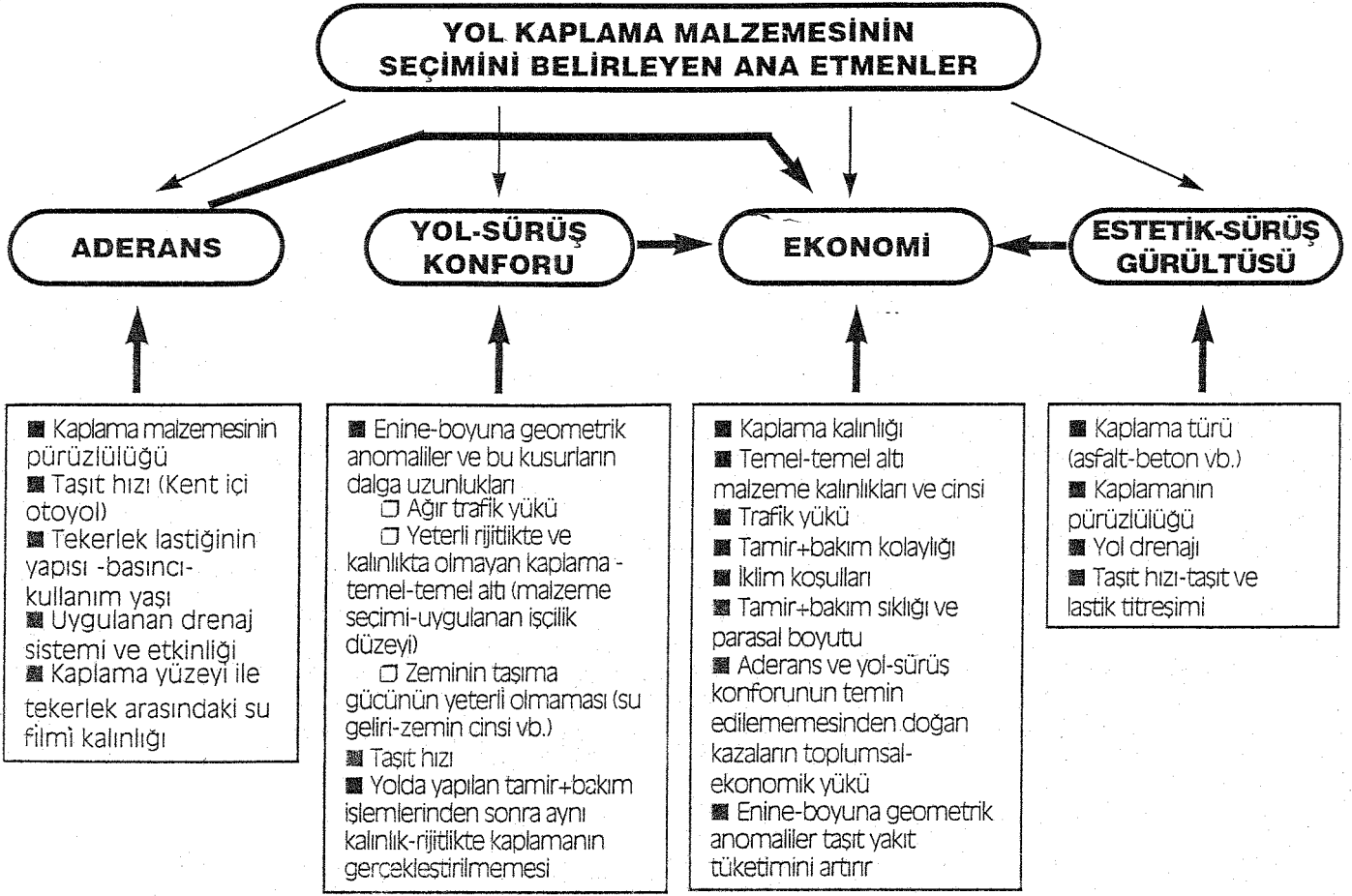
ve iyi tasarlanmış beton kaplamalı yolların, asfalt kaplamalı yollara nazaran daha ekonomik olduğu yönünde bulgular vardır. (2) Özellikle 1980'li yıllarda beton teknolojisinde katedilen teknolojik yenilikler (süperplastikleştirici katkılar, hava sürükleyici katkılar, mineral katkı-silika füme, ucucu kül vb. -

Çizelge-1 Değişik Yol Kaplamalarının Ekonomik Yönden Karşılaştırılması -Göçme Riskine Göre-

■	Bitümlü kaplamalı yolun yıllık toplam maliyet yükü (esnek kaplama)
	$M_1 = \frac{Y_1 r (1+r)^{t_1}}{(1+r)^{t_1} - 1} + M_{(t+b)_1} + P\{G_1\} M_{g,1} ,TL/yıl$
	Yıllık yatırım maliyeti
■	Beton kaplamalı yolun yıllık toplam maliyet yükü (rijit kaplama);
	$M_2 = \frac{Y_2 r (1+r)^{t_2}}{(1+r)^{t_2} - 1} + M_{(t+b)_2} + P\{G_2\} M_{g,2} ,TL/yıl$
■	Ekonomik karşılaştırma M1 ile M2 yıllık maliyet boyutunda karşılaştırılır; küçük olanı tercih edilir.

Y_1, Y_2	Sırasıyla bitümlü kaplama ve beton kaplama yol seçeneklerine karşı gelen ilk yatırım miktarı
r	Faiz
t_1, t_2	Sırasıyla bitümlü kaplama ve beton kaplama yol seçeneklerine ait servis, ömür, yıl. Büyük ölçüde kaplama türüne, tamir+bakımına gösterilen özen düzeyine bağlı olarak değişir.
$M_{(t+b)}$	Seçeneklere ait yıllık (tamir+bakım) yükü, TL/yıl
$P\{G\}$	Seçeneklere göre yıllık göçme riski. Daha önceki proje deneyim sonuçlarının değerlendirilmesiyle göçme riskleri belirlenebilir.
M_g	Göçme olayı (donma-çözülme, CO ₂ difüzyonu sonucunda karbonatlaşma ve korozyon, alkali silika reaksiyonu sonucunda yolda "kabarma"nın gözlemlenmesi vb) sonucunda oluşan hasarın toplam parasal boyutu.





Şekil .1 Yol Kaplama Malzeme Seçimini Belirleyen Ana Etmenler

kullanımı, yerleştirme ve sıkıştırma işlemlerinde yapılan iyileştirmeler) sayesinde betonun dayanım özelliklerinin yanısıra servis süresi boyunca dış ajanların etkilerine (makro ve mikro düzeyde aşınma, karbonmonoksit ve karbondioksit difüzyonu, karbonatlaşma, korozyon, tuz difüzyonu, donma-çözünme) dayanıklılığı (durabilitesi) önemli ölçüde artırılmıştır. Bu özellikleri taşıyan beton ise "yüksek performanslı beton" kavramı olarak günümüz beton literatürüne yerleşmiş durumdadır. Bu teknolojik iyileştirmeleri sağlamak bakımından "yüksek performanslı beton" üretiminde yüksek kalite kontrolü uygulanması, servis süresince "dayanım ve dayanıklılık" özelliklerini koruyabilmesi için yapı özellikleri, çevre şartları, yükleme durumu, malzeme seçimi ve inşaat kolaylığı parametrelerinin karışım tasarımında dikkatle değerlendirilmesi esas teşkil etmektedir. Açıktır ki, söz konusu yol kaplamalarında beton kullanımı ile sağlanabilen yararlar da yüksek performanslı beton kullanımı ile daha da yuka-

rıya çekilmektedir. Bu çalışmada, yüksek dayanımlı beton kullanımı, yol kaplama malzeme seçimi açısından kısaca irdelenecek, beton kaplamaların kaplamanın ömrü bakımından asfalt kaplamalara üstünlüğü örnek projeler üzerinde gösterilecek, aşınma hızı bakımından beton ve asfalt kaplamaların bir karşılaştırması yapılarak, yüksek performanslı beton uygulanacak kalite denetiminin esasları, Avustralya'da uygulanan bir yol projesi örneği üzerinden belirli bir ayrıntı içinde verilecektir.

2- Taşıyıcılık Açısından Yüksek Performanslı Beton Kullanımının Yararları

Yol kaplamalarında yüksek performanslı beton kullanımının normal betona nazaran taşıyıcılık açısından sağlayabileceği yararlar hesap yoluyla çıkartılarak Çizelge 2'de özetlenmiştir. Betonun basınç dayanımı ile yarma-çekme dayanımı arasında yazarlar tarafından üstel bir bağıntı olarak ifade edilen kuvvetli ilinti (3) kullanılarak ve yarma çekme dayanımı ile eğilme dayanımı arasındaki çevirim kullanılarak

(4) kesit eğilme gerilmeleri verilen bağıntı yardımıyla hesaplanabilmektedir. Bu bağıntı beton dayanımı bakımından değerlendirildiğinde şu iki sonuç hemen göze çarpmaktadır. Sabit beton kaplama kalınlığı için, yüksek dayanımlı beton kullanılması halinde eğilme dayanımı artacağından kaplamanın taşıyacağı "trafik yükü" artacaktır. Ters olarak, aynı "trafik yükü" için ise yüksek dayanımlı beton kullanıldığında, gereken kaplama kalınlığı azalacağından "ekonomi" sağlanacaktır.

Çizelge -2 Yol Kaplamalarında Yüksek Performanslı Beton Kullanımının Sağlayabileceği Yararlar

- Yol kaplamasında oluşan eğilme gerilmesi ve boyutlandırma koşulu:

$$f_{eg} = \frac{M_{maks}}{W} = \frac{M_{maks}}{1 \cdot h^2} \leq Kf_{y,c} = K.A.f_b$$

- Kaplamanın eğilme moment kapasitesi -elastik-

$$M_{maks} \leq 0.166 \cdot K.A.h^2.f_b$$

- Beton kalitesinin yükseltilmesi sonucunda temin edilen yararlar:

$$f_{b,2} > f_{b,1} \quad h = \text{sabit kaplama kalınlığı}$$

$$M_{maks,2} > M_{maks,1}$$

P2 > P1 Elde edilen sonuç: Yol kaplamasının daha ağır trafik yükünde çalışma imkanı oluşturulmaktadır.

$$f_{b,2} > f_{b,1} \quad \text{Trafik yükü aynı, diğer deyiş ile } M_{maks} = \text{sabit}$$

h2 < h1 Elde edilen sonuç : Daha ekonomik kaplama kesiti

f_{eg}	Eğilme gerilmesi
M_{maks}	Kaplamadaki maksimum eğilme momenti
W	Kesitin mukavemet momenti
h	Beton kaplama kalınlığı
f_b	Beton basınç dayanımı (silindir, Ø 15x30 cm)
$f_{b,1}$	Normal beton basınç dayanımı
$f_{b,2}$	Yüksek performanslı betonun basınç dayanımı
$f_{y,c}$	Yarma çekme dayanımı
A, B	Regresyon Katsayıları (A=0.724, B=0.256, Arnoğlu, Köylüoğlu, 1996)
K	1.375 (Ersoy, 1985, s.34)
P	Tekerlek Yükü

3- Uygulama Projelerinde Beton Kaplama Yolların Asfalt Kaplama İle Karşılaştırılması

Bugüne kadar uygulanmış olan projelerde, aynı iklim şartlarında asfalt yollarla beton yolların servis ömrü bakımından performansları, örneğin A.B.D'de eyalet karayolları birimlerince izlenerek kaydedilmiştir. Ağır kış şartlarına ve yaz sıcaklarına maruz kalan ve ağır araçları taşıyan bu yolların performansları incelendiğinde, Şekil 2'de görülen sonuçlar elde edilmiştir. (2) Görüleceği gibi beton yolların servis ömürleri (tamire ihtiyaç gösterme süresi) eyaletler bazında 20-25 yıl civarında olurken, asfalt yollarda 6-14 yıl olmaktadır. Yazarlar tarafından servis ömürlerinin oranları hesaplanarak, beton kaplama ömrünün asfalt kaplama ömrüne oranının 1.7 ila 4.5 arasında değiştiği, ağırlıklı olarak ise bu oranın 1.7-2.0 civarında olduğu görülmektedir. Kaplamanın ömrü süresince verdiği hizmetin kalitesinin karşılaştırılması bakımından yapılan bir puanlama ile yolların yıllara göre "bozunma hızı" da grafik gösterim ile belirtilmiştir. Buna göre, ilk beş yıl içinde asfalt yolun kalitesi betona göre daha üstün olmasına rağmen, hızla bozunmakta, asfalt yol %80 performansa yaklaşık 7 yılda inerken, beton yol aynı performans düzeyine yaklaşık 13 yılda inmektedir. Diğer bir ilgi çekici sonuç ise, asfalt tamir kaplamasının "bozunma hızı"nın yeni asfaltın da çok üzerinde olduğu, tamir kaplamasının ömrünün 7 yılda % 70'e indiği ve 20 yılda tamamen ortadan kalktığıdır.

ABD'deki bazı ağır yük otoyollarının performans kayıtları değerlendirildiğinde ortaya çıkan sonuçlar, beton kaplamanın zaman içindeki performansını tekrar vurgulamak bakımından aşağıda kısaca özetlenmiştir(2):

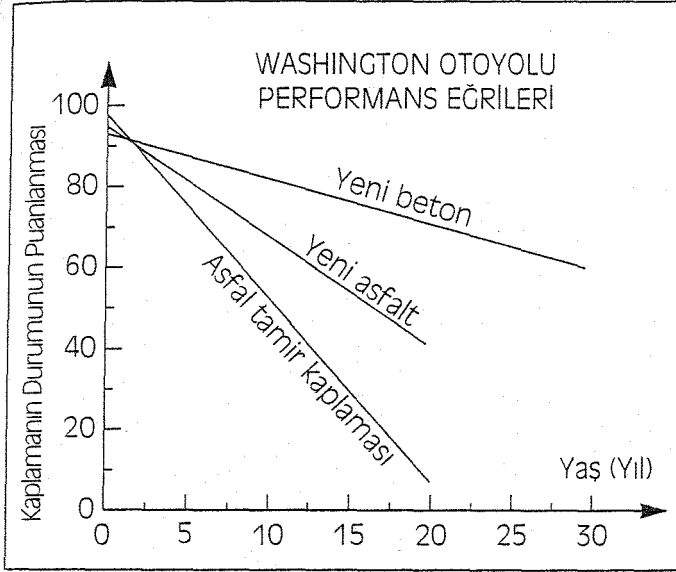
Kuruluş	Beton (I)	Asfalt (II)	Oran (I/II)
Wisconsin*	20-25'	12-14'	1.7-1.8
Minnesota*	35	20(12")	1.8(2.9)
Kentucky*	20+	12+	1.7
New York*	20-25+	10-13	2.0-1.9
Colorado*	27	6-12	4.5-2.3
FHWA (1985)*	13-30	6-20	2.2-1.5
FHWA (1971)*	25	15	1.7

* Ağır araç trafiği otoyolları

i Drenajı yapılmışsa %25 daha uzun

ii 12 yılda 38 mm tamir kaplaması, 20 yılda kalın tamir kaplaması

Şekil .2 ABD'de Çeşitli Eyaletlerde Yol Kaplamalarının Servis Ömrü ve Beton ile Asfaltın ve Tamir Kaplamalarının Bozulma Hızının Karşılaştırılması



Washington: Washington'daki otoyolların performans değerlendirmesi kaplamanın durumu, yaşı ve trafik yükü gözönüne alınarak değerlendirildiğinde **Şekil 3**'de görülen eğriler elde edilmektedir. Buna göre, asfalt kaplamaların performansı ilk döşendikten itibaren, beton kaplamalara kıyasla %150-200 kere daha hızlı düşmekte, asfalt tamir kaplamaları ise yeni asfalta göre %50 kere daha hızlı azalmaktadır.

Oregon: Eyaletteki bazıları 30 yıldan da eski olan tüm beton kaplama yolların performansı çok iyi bulunmuştur. Eski betonların bazıları planlanan trafik yükünün 6 katı trafik taşımalarına rağmen iyi durumda oldukları görülmüştür.

Kentucky: 1962'den beri tutulan kayıtlar, beton kaplamaları %41'inin ortalama 20 yılda bir tamir kaplaması gerektirdiği, % 59'unun ise ilk kaplamalarının halen kullanılmakta olduğu, bunların yarısının 23 ila 31 yaş arasında oldukları rapor edilmiştir. Asfalt kaplamaların %94'ünde ise ortalama 12 yılda tamir kaplaması uygulanmıştır.

Illinois: Illinois eyaletlerarası yollarındaki beton kaplamalar tasarlandıkları performansın çok üzerinde bir performans göstererek planlananın 2.7-4.0 katı kamyon trafiği taşımalarına rağmen ortalama 20 yıl dayanmıştır.

Louisiana: 1963-1967 yılları arasında inşa edilen beton kaplamalı yolların %14'ünde ortalama 18 yılda bir tamir kaplaması yapılmış, %86'sı ise ortalama 20 yıl servis vermiştir. Asfalt kaplamaların %77'si 14 yılda bir tamir görmüştür.

4-Aşınma Bakımından Beton ve Asfalt Kaplamaların Karşılaştırılması

Beton ve asfalt yolların aşınma dayanımlarının karşılaştırılması için Norveçli araştırmacılar tarafından

yapılan aşınma deneylerinin (5) sonuçları bu bölümde irdelenecektir. Deney dataları bu çalışmanın yazarları tarafından değerlendirilerek, regresyon analiz sonuçları Şekil 3'de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

■ Beton kaplamalarda aşınma miktarı normal dayanımlı betonlarda (20 MPa) kuru halde asfaltın %60'ı, ıslak halde ise asfaltın 1/3'ü kadar olmaktadır.

■ Beton dayanımı arttıkça aşınma miktarı azalmakta, çok yüksek dayanımlı beton (160-170 MPa) kullanılması durumunda ise aşınma miktarı doğal granit eşdeğer bir değere ulaşmaktadır.

■ Betonun aşınma dayanımı, "kuru" halde, "ıslak" kaplamaya göre daha fazladır. Bununla birlikte, artan beton dayanımı ile aradaki fark kapanmaktadır.

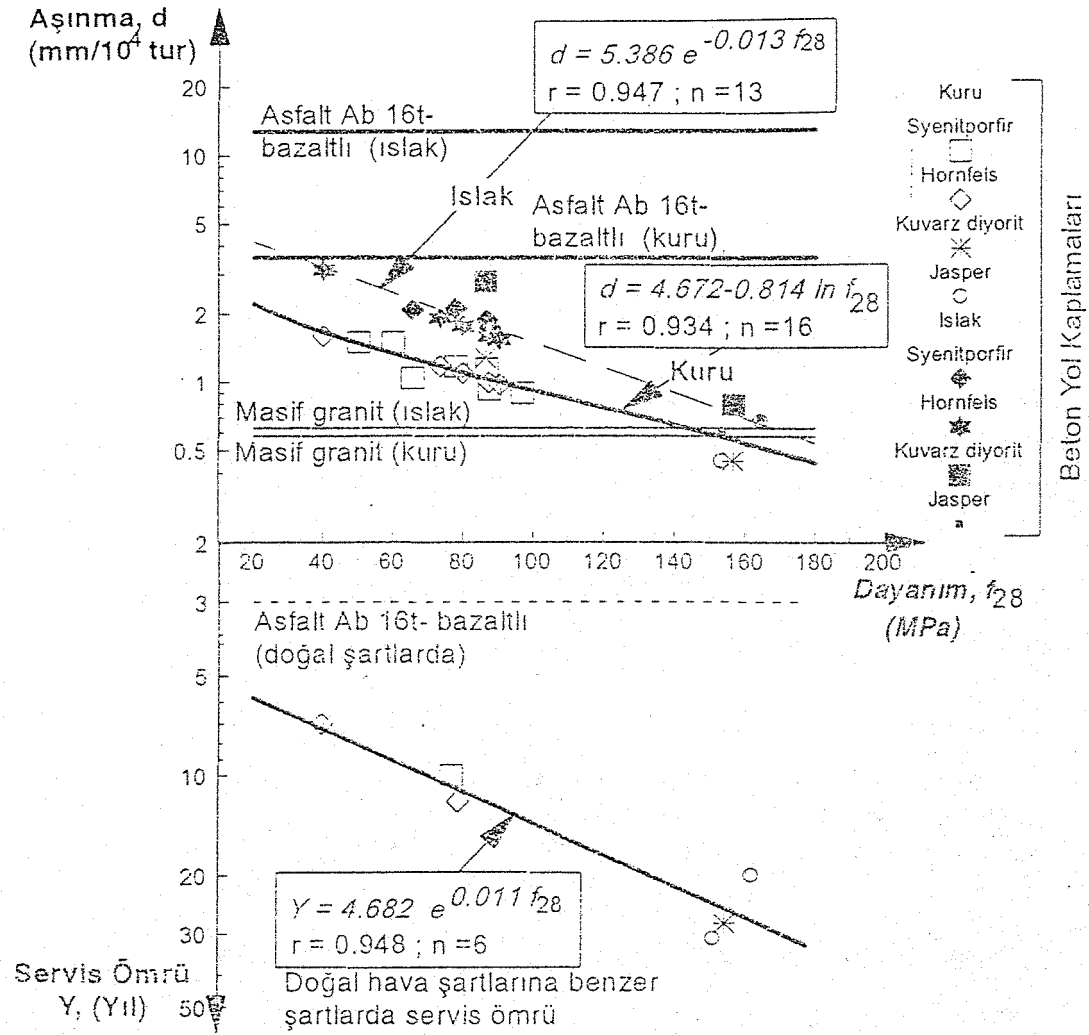
■ Aşınma dayanımı, kullanılan "agrega türü" ile de yakından ilintilidir. Kırılgenlik indisi küçük olan kuvarz diyoritin aşınması syenitporfir ve hornfelse kıyasla biraz daha yüksek bulunmaktadır. Çok yüksek dayanımlarda, kırılgenlik indisi kuvars diorit 1.6 katı ve aşınma indisi yaklaşık iki katı olan jasper taşı ile üretilen beton arasında aşınma bakımından bir fark gözlenmemektedir.

■ Agregası türünden bağımsız olarak, doğal hava şartları altında betonun servis ömrü normal dayanımlarda (20 MPa) asfaltın iki katı ile başlayıp, yüksek dayanımlarda (80 MPa) asfaltın 4 katına çıkmakta, çok yüksek dayanımlarda (160 MPa) ise asfaltın 27 katına kadar ulaşabilmektedir.

■ Doğal kum yerine taş kumu kullanılmasıyla aşınmada iyileştirme sağlanabilmektedir.(5)

5. Yüksek Performanslı Kaplama Betonları İçin Kalite Denetimi - Avustralya Uygulaması-

Avustralya'daki örnek uygulamalarda (6), yüksek performans özellikle betonun "üniform"luğunun sağlanması anlamında düşünülmektedir. Betonun üniformluğunun sağlanması bakımından, şartnameler üç farklı yönden yüklenicileri sınırlamaktadırlar. Bu sınırlamadan birincisi, her 50 m³'te bir alınan iki numunenin basınç dayanımları f_c ve bu iki değerin ortalaması f_c ile ilgili olarak verilen alt ve üst sınır değerleridir. Her iki değere ait sınırlamalarla ilgili yaptırımlar Şekil.4'te özetlenmiştir. İkinci olarak, karışım tasarımı sıkı bir denetim altında tutulmaktadır. Bununla ilgili Avustralya örneğinde şartnamede yer alan değişkenlik limitleri yine Şekil.4'te verilmiştir. Üçüncü olarak ise, betonun yerleştirilmesinin denetim altında tutulması bakımından sıkışma miktarı, her basınç numunesi ile birlikte karot numunesi de alınarak, Şekil.4'te açıklanan yöntemle kontrol edilmesi şartnamece şart koşulmaktadır. Bu koşulları sağlamak için ve cezalardan kaçınabilmek için, müteahhit karışım tasarımında sağlanacak olan "ortalama dayanım" ve "standart sap-



Bağntı	Kuru				Islak			
	A	B	r	n	A	B	r	n
$d = A + B f_{28}$	1.828	-0.008	0.920	16	3.453	-0.018	0.895	13
$d = A + B \ln f_{28}$	4.672	-0.814	0.934	16	9.631	-1.752	0.905	13
$d = A f_{28}^B$	50.888	-0.886	0.908	16	355.169	-1.205	0.912	13
$d = A e^{f_{28}}$	2.385	-0.010	0.930	16	5.386	-0.013	0.947	13

Doğal hava şartlarında				
Bağntı	A	B	r	n
$Y = A + B f_{28}$	-1.008	0.170	0.898	6
$Y = A + B \ln f_{28}$	-53.113	15.454	0.875	6
$Y = A f_{28}^B$	0.157	1.000	0.942	6
$Y = A e^{f_{28}}$	4.682	0.011	0.948	6

Şekil.3 Dayanım-Beton Kaplama Aşınma Miktarı ve Dayanım-Servis Süresi İlişkileri ile Asfalt ve Masif Granit Taşının Aynı Özellikleri ile Karşılaştırılması. (En iyi regresyonlar çizelgelerde koyu belirtilmiş ve grafik üzerinde çizilmiştir)

BETON KALİTESİNİ (ÜNİFORMLUĞUNU) SAĞLAYAN UNSURLAR

Basınç Dayanım Değerinin Sağlanması	Sahada Karışım Tasarımı Üzerinde İzin Verilen Değişkenlik	Kaplamanın Sıkışma Miktarının Sağlanması
<p>1. $\bar{f}_{c,alt}=32 \text{ Mpa} \leq \bar{f}_c$ $\bar{f}_{c,üst}=42 \text{ Mpa} \leq \bar{f}_c$ tanımlanmalı</p> <p>2. $f_{c,alt}=29 \text{ Mpa} \leq f_c$ $f_{c,üst}=45 \text{ Mpa} \leq f_c$ tanımlanmalı</p> <p>3. Cezalar: $f_c < f_{c,alt}$ ise veya $f_c > f_{c,üst}$ ise beton sökülüp değiştirilir $f_{c,alt} \leq f_c \leq f_{c,üst}$ ise veya $f_{c,üst} \leq f_c \leq f_{c,üst}$ ise cezalı ödeme</p>	<p>Betoncu karışım tasarımını önceden yükleniciye vermeli</p> <p>Tekrar onay alınmasını gerektirmeden yapılabilecek değişiklikler tanımlanmalı.</p> <p>Örneğin, "çimento miktarı 10 kg/m³'ten çok, agrega miktarı ağırlıkça %5'ten çok değiştirilmemeli" gibi sınırlayıcı ifadeler olmalı</p>	<p>Yerinde sıkışma miktarı denetlenmeli: "Karot numunenin rölatif sıkışması" belli limitler dahilinde olmalı.</p> <p>Karot numune "rölatif sıkışması" şöyle tanımlanabilir.</p> $\frac{\text{karot ağırlık}}{\text{hacim}}$ <hr/> $\frac{\text{Silindir numune ağırlık}}{\text{hacim}}$ <p>Bu oran %97'den küçük ise beton sökülmeli.</p>

Şekil.4 Ünitiform Kalitede Beton (32 MPa) Sağlamak İçin Avustralya Örneğinde Şartnamede Öngörülen Sınırlamalar

ma" hedeflerini kendisi risk analizleri yardımıyla hesapladıktan sonra karışım tasarımını yapmakta, Şekil.4'de verilen unsurların birbiriyle etkilişimi de bu analize yansıtılmaktadır. Yol kaplamalarında bazı yerlerde elle beton dökülmesi gerektiği için elle dökülecek beton için karışım tasarımı ayrıca düşünülmekte, laboratuvar şartlarında elde edilen karışım tasarımı sahada da denenmektedir. Avustralya örneği için hazırlanmış olan karışım tasarımı ve bu tasarımla sağlanması hedeflenen ortalama dayanım, standart sapma değerleri fikir vermek bakımından Şekil.5'te verilmektedir.

Yukarıda çok kısa anlatılan kalite denetiminin sıkı sıkıya yapılması, incelikle düşünülen karışım tasarımının sağlanması bakımından büyük önem taşımaktadır. Nedeniyle, yüklenicinin aldığı önlemlerin başlıcaları şöyle sıralanabilir:

- * Beton üreticisi yanısıra, bağımsız bir kuruluşa beton deneylerinin yaptırılması,
- * Karışım bileşenlerinin kalite üniformluğunun izlenmesi ve sağlanması
- * Karışım bileşenlerinin kesin değerleriyle kullanıl-

ması ve bunun komputeze bir sistemle yapılması

- * Karıştırma ve deney sırasında yüksek kalitenin sağlanması

- * Agrega gradasyonunun sıkı bir şekilde denetlenmesi

- * Betondaki hava miktarının her 100 m³'te ölçülmesi (%3-7 arasında sınırlandırılmış)

- * Çökmenin her beton gelişinde ölçülmesi (40-60 mm ±10 mm)

Bu önlemler sonucunda elde edilen betonun 28 günlük dayanımı 32 ila 42 MPa arasında kalmış, standart sapması S=2.2-2.3 MPa bulunmuş, diğer bir deyişle hedefler bire bir tutturulabilmiştir. Bu kalite denetiminin sonuçları bakımından çok çarpıcı bir örnek oluşturmaktadır.

6-SONUÇLAR

■ Yol kaplama malzemesinin seçimi, bugüne kadar sadece kaplamanın ekonomik yükü dikkate alınarak yapılmakta, tasarımda ise kaplamanın dayanım düzeyi ana parametre olarak dikkate alınarak yapılmaktadır. Oysa tecrübeler göstermiştir ki, diğer pa-



	Makine ile	Elle
Cimento, kg/m ³	290	300
İri agrega (20 mm)	710	710
İri agrega (10 mm)	350	350
Kum, kg/m ³	830	800
Su, kg/m ³	165	170
Su azaltıcı katkı, ml	725	750
Hava sürükleyici, ml	85	85
Çökme, mm	40	60

Yapılan maliyet analizi sonucunda ceza riskini minimize eden ortalama dayanım düzeyi 37 MPa, standart sapma değeri ise 2-2.2 MPa olarak belirlenmiştir.

Şekil.5 Risk Analizleri ile Karar Verilen Karışım Tasarımı (6)

rametreler (aderans, yol sürüş konforu; estetik ve sürüş gürültüsü) de yol kaplamasının maliyetini önemli ölçüde etkilemektedir (Şekil 1). Bu nedenle, yol kaplamalarının maliyet analizinde, Çizelge 1'de verilen, göçme risk maliyetine dayandırılan hesap yönteminin uygulanması daha gerçekçi olacaktır.

■ Asfalt ve beton yol kaplamaları maliyet ve performans açısından karşılaştırıldığında şu sonuçlar dikkat çekicidir. Beton kaplamaların ilk yatırım maliyetleri yüksek, ilk yıllardaki performansı ise asfalta göre düşük olmaktadır. Ancak beton kaplamaların servis ömrünün asfalta nazaran çok yüksek olduğu (1.8-2.0 katı) gözönüne alındığında, uzun vadeli işletme koşullarında (20+yıl) hem maliyet bakımından, hem de performans bakımından asfalta kıyasla üstünlükler taşımaktadır.(Şekil-2)

■ Bugünkü çağdaş beton teknolojisinde "yüksek performanslı beton kavramı" yerleşmiştir ve uygulama alanları da giderek genişlemektedir. Yüksek performansın getireceği dayanım ve dayanıklılık artımı, beton kaplamanın gerek ekonomiklik açısından, gerekse durabilite açısından asfalta nazaran sağlamış olduğu avantajları (Şekil-3) daha da belirgin hale getirecektir.

■ Yüksek performanslı beton, yüksek kalite denetimini beraberinde getirmektedir. Beton kaplamaların kalite denetimini sağlamak bakımından idareler çok dikkatle hazırlanmış kurallar koymalı ve bunlara ilişkin cezaları belirlemelidir (Şekil-4) Diğer taraftan, yüklenici de bu kalite düzeyini sağlamak bakımından tüm önlemleri alarak kendisini bu yaptırımlara karşı koruyabilmelidir. (Şekil-5). Bölüm 5'te ayrıca, yüklenicinin üretim sırasında gözetmesi gereken ana ilkeler belirtilmiştir.

KAYNAKLAR

- (1) Siemens, T., Vrouwenvelder, T., "Durability - A Probabilistic Approach", IABSE Periodica-Proceedings 1:P 85/85, 1985, s.65-76
- (2) Packard, R.G., "Pavement Costs and Quality", "Concrete International, Vol.16, No.8, August 1994, s.36-38
- (3) Arıoğlu, Ergin, Köylüoğlu, Ö.S., "Yarma (Çekme) Dayanım-Basınç Dayanımı İntilerinin Gözden Geçirilmesi; 1-122 MPa Normal Dayanımlı, Yüksek Dayanımlı, Uçucu Küllü ve Ateşe Maruz Kalmış Betonlar için Geçerli Olan Bağının Çıkartılması ve Yüksek Dayanımlı Betonların Nihai Birim Uzama Büyüklüğünde Uygulanması", Yapı Merkezi AR/GE İç Raporu, Haziran, 1996.
- (4) Ersoy, U., Betonarme, Evrim Yayınevi, 3.Baskı, 1985.
- (5) Gjorv, O.E., Baerland, T., Ronning, H.R., "Abrasion Resistance of High-Strength Concrete Pavements" Concrete International, Vol. 12, No.1, Jan.1990, s.45-48.
- (6) Leshchinsky, A., Pattison, J., "High-Performance Concrete for Austrian Freeways" Concrete International, Vol. 16, No.10, October 1994, s.45-48.

BİBLİYOGRAFYA

- Ağar, E., Sütas, İ., "Kentsel Yollarda Kaplama Seçimi", İnşaat Mühendisliği Teknik Kongresi, s.375-389
- Oglesby, C.H., Hicks, R.G., "Highway Engineering" John Wiley de Sons, 1982
- Institute of Transportation Engineers, Transportation and Traffic Engineering Handbook, Second Edition, Prentice Hall, 1982.
- Umar, F., Yayla, N., Yol İnşaatı, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, 1994

