



Beton yollar yerel hammaddeler ile yapılmaktadır, uzun servis ömrüne sahiptir ve %100 geri dönüştürülebilir



Beton yol geri dönüşümü - otoyol E17, De Pinte, Belçika, 2011 © L. Rens / FEBELCEM

Beton yerel malzemelerle yapılmaktadır ve %100 geri dönüştürülebilir. Ömrünü tamamlayan beton, yeni betonda ya da yol temeli gibi çimento bağlayıcılı veya bağlayıcısız uygulamalarda kullanılmak üzere agrega, kum ve taş haline getirilebilir. **Her durumda doğal kaynaklar korunmaktadır.**

Yol yapımında kullanılan beton karışımları, eşdeğer performansı sağlayacak şekilde diğer endüstrilerden geri dönüştürülmüş ikincil malzemelerin (uçucu kül, cüruf) kullanıldığı, düşük karbonlu çimento türlerini içerebilir.

Seçici yıkım ve geri dönüşüm, **yüksek kaliteli Geri Dönüştürülmüş Agregayı (GDA)**, (örn. yol üstyapısından gelenleri) normal kalitedeki GDA'dan (temellerden ve binalardan gelen) ayırma imkanı tanımaktadır.

Yüksek kaliteli GDA, **yeni yol üstyapılarında, diğer altyapı işlerinde veya binaların yapımında yeniden kullanılabilir.** Araştırmalar ve teknik gelişmeler sayesinde, yol kaplamalarında, bordür taşlarında, oluklarda ve güvenlik bariyerlerinde GDA kullanımı hızla artmaktadır.

Normal kaliteli GDA çoğunlukla, hem asfaltta hem de betonda uzun ömürlü kaplamalar için vazgeçilmez olan **yüksek performanslı temel tabakası** yapımında kullanılmaktadır. Bu, geri dönüşüme iyi bir örnektir ve genellikle agregayı yeniden kullanmanın **en sürdürülebilir yoludur.**

GDA, çimento üretimi esnasında salınan CO₂'in **%20'sine kadarını** atmosferden yeniden tutulabilir. Bu, (yeniden) karbonatlaşma olarak adlandırılmaktadır. Bu durum GDA'nın kalitesini artırırken aynı zamanda GDA'yı yeni betonda tekrar kullanım için daha da uygun hale getirmektedir.

Araştırma projesi "FASTCARB", bu prosesin nasıl hızlandırılabileceğini incelemektedir. Son olarak, yeni **"akıllı kırma"** teknolojileri, kırılmış betondaki agreganın ve sertleşmiş çimento harcının daha iyi ayrılmasına imkân tanımaktadır. Bunun sonucunda **daha kaliteli taş elde edilmekte** ve **geri dönüştürülmüş çimento**, çimento üretim prosesinde ya da doğrudan beton karışımında **yeniden kullanılmaktadır.**

DAHA FAZLA BİLGİ

GERİ DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİRLİK

Her yıl Avrupa'da yaklaşık 450-500 milyon ton inşaat ve yıkıntı atığı (İ&YA) oluşmaktadır ve bunun en az üçte biri betondur. Neyse ki beton açısından geri dönüşüm teknik olarak zor değildir. Beton, yıkıntı sonrası %100 geri dönüştürülebilir!

Betonun geri dönüşümü başlıca iki fayda sağlamaktadır; Birincil hammaddelerden tasarruf ve depolama alanına gönderilen atık miktarında azalma. Ayrıca geri dönüştürülmüş betonun başlıca iki yeniden kullanım alanı bulunmaktadır:

Avusturya'da iki tabakalı derzli donatısız betondan otoyol yapımı © Smart Minerals GmbH

- Yeni betonda geri dönüştürülmüş agrega olarak
- Yol temellerinde ve dolgu işlerinde geri dönüştürülmüş agrega olarak. Temel tabakaları, bağlayıcısız agrega ya da çimento bağlayıcılı (çimento stabilizasyonlu temel, grobeton..) olabilir.

Bağlayıcısız temel tabakaları vb. ile karşılaştırıldığında beton üretimi, geri dönüştürülmüş malzemeler konusunda daha yüksek gereksinimler ortaya koymaktadır. Bu nedenle yüksek kaliteli Geri dönüştürülmüş Agrega (GDA), (örn. eski yol betonlarından gelenler) yeni betondaki işlenmemiş agreganın yerine kullanılmaktadır. Şu ana kadarki uygulamaların çoğu, iki tabakalı derzli



donatısız beton kaplamanın alt tabakasında GDA (çoğunlukla %60, bazen iri agreganın %100'üne kadar) kullanımını içermiştir. Bu, 1990 yılından bu yana Avusturya'da alışlagelmiş otoyol yapım uygulamasıdır. Günümüzde, daha fazla araştırma ve teknik gelişmeler sayesinde kaldırım bordür taşlarının, olukların ve güvenlik bariyerlerinin yanı sıra tek tabakalı kaplamalarda da uygulama sayısı artmaktadır.

İnşaat Yıkıntı Atıklarından (kaplama dışında) gelen normal kalitede GDA'nın daha yüksek miktarda tuğla, cam ya da diğer malzemeleri içermesi muhtemeldir. Kullanımlarına yalnızca düşük mukavemet sınıfındaki belirli beton tiplerinde izin verilmektedir. Hem asfaltta hem de betonda uzun ömürlü kaplamalar için vazgeçilmez olan yüksek performanslı temel tabakası üretmek amacıyla da kullanılabilirler. Bu, açık döngülü geri dönüşüme iyi bir örnektir ve genellikle agregayı yeniden kullanmanın en sürdürülebilir yoludur.

Ayrıca yüksek kaliteli GDA'yı normal kaliteliden ayırmak için yüksek performanslı, seçici yıkım ve geri dönüşüm stratejisinin önemi de ortadadır.

Bir diğer önemli parametre taşıma mesafesidir. Betondaki iri agreganın yüksek olması nedeniyle, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) sonuçları agregaların taşıma mesafesindeki değişikliklerden ötürü büyük ölçüde etkilenmektedir. Dolayısıyla GDA'ya yerel olarak ulaşılabilir olması zorunludur.

Sonuç olarak, uygulama seçimi sürdürülebilirlik, yerel olarak ulaşılabilirlik ve uzun vadeli teknik performansın optimum dengesine dayanmalıdır.

YENİDEN KARBONATLAŞMA

Çimentonun yeniden karbonatlaşması, CO₂'in sertleşmiş beton tarafından yeniden tutulması prosesini ifade etmektedir. Karbonatlaşma, çimento harcındaki kirecin (kalsiyum hidroksit) havadaki karbondioksit ile etkileşime girmesi ve kalsiyum karbonat oluşturması sonucunda gerçekleşen yavaş bir prosestir. Betonun yüksek kalitesi nedeniyle kaplamalar açısından bu, servis ömrü esnasında çok yavaş gerçekleşen bir prosestir. Tutulan CO₂, yol kaplaması için yalnızca yaklaşık 0.5 ila 1 kg/m²'dir.

Faydalı ömürlerinin sonunda, binalar ve altyapı tesisleri (betonarme yapılar) yıkılmaktadır. Betonun kırılması halinde görünür yüzey alanı artmaktadır ve bu yeniden karbonatlaşma oranını artırmaktadır. Yeniden karbonatlaşma miktarı, kırılan beton yığınlarının yeniden kullanım öncesinde açık havaya maruz bırakılması halinde daha da artmaktadır. CO₂ yakalama potansiyelinden faydalanmak için kırılmış beton yeniden kullanılmadan önce birkaç ay süreyle atmosferik CO₂'ye maruz kalmalıdır. Bu durum, inşaat atıklarının ele alınma şeklinde dikkate alınmalıdır. Doğru geri dönüşüm uygulamaları kullanıldığında çimento üretimi esnasında salınan CO₂'nin %20'sine kadarı yeniden tutulabilir.

FASTCARB araştırma projesi (www.fastcarb.fr 2018-2020), daha yüksek sıcaklıkta ve basınçta CO₂ kullanarak karbonatlaşma prosesini hızlandırmayı amaçlamaktadır. Proje, laboratuvarla deneysel bir yaklaşımdan ve endüstriyel ölçekte bir uygulamadan oluşmaktadır.

Ayrıca karbonatlaşma, bir başka avantaja daha sahiptir. Gözenekliliği engelleyip agregayı yeni betonda tekrar kullanım için daha uygun hale getirerek işlenmiş agreganın kalitesini artırmaktadır.

SEÇİCİ YIKIM

Sertleşmiş çimento harcını asıl agregadan ayırmaya imkân tanıyan geri dönüşüm yöntemleri incelenmiştir. Sertleşmiş çimento harcı elendiğinde GDA, işlenmemiş agregaya ile aynı özelliklere sahiptir. Ayrıca mukavemet, elastisite modülü, rötre ve sünme gibi beton özellikleri üzerinde benzer bir etkiye sahip olmaktadır. Çimento harcını ayırmaya yönelik yöntemlerden biri Hollanda'da geliştirilmiştir. Bu yöntem, iki yönde hareket eden kırma çenesi bulunan "akıllı bir kırıcının" kullanılmasına dayanır. Bu şekilde kırılan beton farklı toz, kum ve taş bölümlerine ayrılmaktadır. Sonuç olarak elde edilen yeni agregaya daha temizdir ve yeni betonda tekrar kullanım açısından kusursuzdur.

Ayrıca, elde edilen ince taneler, klinker üretiminde ikincil hammadde, katkı çimentolar için bir kaynak ya da doğrudan beton karışımında dolgu olarak kullanılabilir.



Otoyol N49'daki kırma ve eleme tesisi, Zwijndrecht, Belçika, 2007 © AWV, Flaman Yol ve Trafik Kurumu

Beton yollardan sağlanan çevresel faydaya ilişkin detaylı bilgiye EUPAVE'in bilgi görselinden ulaşılabilir "Beton Yollar, Yolları Daha Sürdürülebilir Kılar" (2019), <https://www.eupave.eu/resources-files/infographic>

Kaynaklar

<https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/good-practices/cement-recarbonation>
<https://fastcarb.fr/en/home/>

Lagerblad, B. (2005). Beton yaşam döngüsü boyunca karbondioksit alımı – Gelişme seviyesi. İsveç Çimento ve Beton Enstitüsü. CBI Raporu2:2005, Stockholm

Müller, C., Palm, S., Reiner, J. (2015). Döngüyü sonlandırma: hangi beton yeniden kullanım türü en sürdürülebilir seçenektir? Avrupa Çimento Araştırma Akademisi, Teknik Rapor A-2015/1860, Düsseldorf

Yeniden karbonasyon. Çimento sektörünün bakış açısı. (2020). CEMBUREAU, Doc 17540/JR/SL Rens, L. (2009).

Beton yollar: akılcı ve sürdürülebilir seçenek. EUPAVE

Un béton "vert" est-il possible? (« Yeşil » beton mümkün mü?) (2020). IFSTTAR, N° 86 BETONIS dergisinde yayımlanan makale, Ocak-Şubat 2020.

van der Wegen, G. (2020) Een overzicht van innovatieve recyclingsmethoden (Yenilikçi geri dönüşüm yöntemlerine genel bakış). Alman BETONIEK-Vakblad mesleki dergisindeki makale 1/2020.

Bu broşür, EUPAVE izni ile TÜRKÇİMENTO (Türkiye Çimento Sanayicileri Birliği) tarafından Türkçeye çevrilmiştir.