

Ülkemizde **geofoam** teknolojisinin gelişimi ve güncel uygulamalar

Genleştirilmiş polistiren (EPS) blok (geofoam blok), 11.2 kg/m³ (EPS12) ila 45.7 kg/m³ (EPS46) arasında değişen yoğunluklarda üretilen, yüksek mukavemet/yoğunluk oranına sahip (ASTM D6817), geoteknik mühendisliği uygulamalarında kullanılan bir geosentetik üründür (ASTM D4439). Geofoam teknolojisi dünyada ilk kez 1972 yılında Norveç Kara Yolları İdaresi (NPRA) tarafından oturma potansiyeli yüksek yerel zemin koşulları üzerine hafif yol dolgusu inşasında kullanılmıştır (Aabøe, 2011). Norveç'teki bu ilk uygulamadan günümüze geçen 45 yıllık süre zarfında geofoam teknolojisi, zayıf zemin güzergahlarına inşa edilecek olan otoyol dolgusu projelerinde toplam oturmalarla karşı projelendirilen zemin iyileştirmesi uygulaması sonrası geleneksel sıkıştırılmış toprak dolgu inşaatına alternatif bir geoteknoloji olarak kendini kanıtlamıştır. Günümüzde geofoam teknolojisi Norveç, Hollanda, Almanya, Fransa, İngiltere, Yunanistan, Çek Cumhuriyeti, Sırbistan, Polonya, İsveç, İrlanda ve Finlandiya'nın da aralarında bulunduğu pek çok Avrupa ülkesinde kullanılmaktadır. Teknoloji ayrıca Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'da otoyol projelerinde geoteknik mühendislerince zayıf zemin geçişleri üzerine inşa edilen otoyol ve köprü yaklaşım dolgularının inşasında yaygınlıkla kullanılmaktadır. Bu ülkelere ek olarak, teknolojinin Rusya, Çin, Güney Kore ve Tayvan'da kullanıldığı bilinmektedir. Bu yaygın kullanımı ile birlikte tasarım ve uygulama şartnameleri ile teknolojinin alt yapısı desteklenmiştir (NRLL; 1995; Stark vd., 2004; EUMEPS, 2014).

Eğitim faaliyetleri 2009 yılında başladı

Dünyadaki kanıtlanmış uzun süreli proje performansına rağmen, geofoam teknolojisi ile ilgili ülkemizdeki sistemsel farkındalık ve eğitim faaliyetleri ile kez 2009 yılında EPS Sanayi Derneği (EPSDER) tarafından başlatılmıştır. Bu kapsamda geofoam blokların inşaat mühendisliğindeki geniş uygulama alanları ile ilgili eğitim seminerleri ve toplantı organizasyonları vasıtasıyla tasarım ofislerine, ilgili idarelere ve mesleki kuruluşlara ulaşılarak sürdürülmüştür. Bu faaliyetler kapsamında EPSDER delegasyonları Kasım 2010'da Avrupa EPS Üreticiler Birliği (EUMEPS) tarafından Amsterdam'da düzenlenen "EPS in Civil Engineering Applications" adlı iki günlük "Master Class" eğitime katılmışlardır. Ayrıca, 2011 yılı Haziran ayında Norveç'te düzenlenen "4th International



DOÇ. DR. A. TOLGA ÖZER

Okan Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği
Bölüm Başkanı
34959, Akfırat-Tuzla/İstanbul
e-mail: tolga.ozer@okan.edu.tr

Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications – EPS 2011" adlı konferansa da EPSDER delegasyonu katılım sağlamıştır.

Bu farkındalık faaliyetlerini takiben ülkemizin bilinen ilk geofoam blok uygulaması 2012 yılında Bağcılar/İstanbul'da inşa edilen Medipol Mega Hastaneler Kompleksi inşaatında uygulanmıştır (Aliyazıcıoğlu ve Özer, 2015; 2016, Aliyazıcıoğlu, 2016). Bu uygulamada geofoam bloklar mevcut otopark yapısı üzerine, hali hazırdaki otopark yapısının taşıyıcı sistemine ilave yükler getirmeden, 0.6 – 1.5 m yüksekliğinde dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır. Geofoam bloklar kullanılarak inşa edilen bu dolgu sadece otopark yapısı ile hastane bloğu ana giriş yapısı ile arasındaki kot farkını kapatmakla kalmamış aynı zamanda hastanenin yaklaşık günlük 3500 araçlık ziyaretçi trafiği için bir ring yolu oluşturmuştur. Buna ek olarak, geofoam blok dolgu sistemi içerisinde imal edilen yansıma havuzu ve peyzaj adaları ile de aynı zamanda bir yeşil çatı uygulaması olarak tasarlanmıştır (Aliyazıcıoğlu, 2016). Düz çatının trafiğe açıldıktan üç yıl sonra alınan deformasyon ölçümleri geofoam blok dolgu sisteminin servis yükleri altında tasarıma uygun şekilde davrandığını göstermiştir (Aliyazıcıoğlu ve Özer, 2016).

2014 yılı Haziran ayında Amerika Birleşik Devletleri Utah Üniversitesi İnşaat Mühendisliği

Bölümünden Doç. Dr. Steven Bartlett'in katkıları ile biri Ankara diğeri de İstanbul'da olmak üzere iki eğitim semineri Okan Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü ve EPSDER tarafından organize edilmiştir. Bu seminerlerde Dr. Bartlett oturma potansiyeli yüksek yerel zemin koşulları üzerine inşa edilmiş I-15 otoyolunun yeniden inşası projesinde kullanılan geofoam teknolojisi ile ilgili tecrübelerini katılımcılara aktarmıştır.

2014 yılına kadar yürütülen bu faaliyetler neticesinde 2014 yılı Eylül ayında 5. Uluslararası Geofoam konferansının (The 5th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications, EPS 2018) organizasyonu EPSDER'e verilmiştir. 9-11 Mayıs 2018 tarihleri arasında Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde düzenlenecek olan EPS2018, geofoam teknolojisindeki son gelişmelerin hem ülkemizdeki paydaşlara hem de uluslararası katılımcılara aktarılacağı bir platform yaratacaktır (<http://www.geofoam2018.org>).

2014 – 2017 yılları arasında geofoam bloklar ülkemizde muhtelif projelerde bina içi ve avlularında, düz ve teras çatılarda yapısal ve yapısal olmayan çeşitli dolgu işlerinde kullanılmışlardır. Bu tür uygulamaların ülkemizde başlamasını takiben EPSDER delegasyonu Eylül 2015'de EUMEPS tarafından Çek Cumhuriyeti'nde düzenlenen "Application of EPS in Flat Roofs" adlı iki günlük "Master Class" eğitimine katılmışlardır.

2016 yılında geofoam uygulamalarının kurumsal bir çatı altında yürütülmesi, tasarımından saha uygulamasına, üretiminden kalite kontrolüne sistematik bir yaklaşımla bu geoteknolojinin ülkemizde geliştirilmesi adına Austrotherm





Türkiye bünyesinde “İnşaat Mühendisliği Uygulamaları Departmanı” kurulmuştur.

2017 geofoam için milat oldu

Tüm bu geofoam teknolojisi farkındalığı ve eğitim faaliyetleri 2017 yılında ülkemizdeki ilk sonuçlarını vermiş ve 2017 yılı ülkemizdeki geofoam uygulamaları açısından bir milat olmuştur. Ülkemizin ilk geofoam yol dolgusu Nisan 2017’de trafiğe açılmıştır (Özer vd., 2017; Özer ve Akınay, 2017) ve ülkemizde inşa edilen ilk istinat duvarı geri dolgu projesi ise Kasım 2017’de tamamlanmıştır.

Ülkemizdeki ilk geofoam yol dolgusu, İstanbul Çevre Yolunun Uzunçayır çıkışının Harem istikameti trafiğinin bir kısmını Acıbadem Mahallesi yönüne yönlendirmek amacıyla projelendirilen yol dolgusu kapsamında inşa edilmiştir (Özer vd., 2017; Özer ve Akınay, 2017). Geofoam bloklar geleneksel olarak zayıf zemin geçişleri üzerine inşa edilecek otoyol dolgularının imalatında kullanılacağı gibi, gömülü alt yapılar üzerine inşa edilecek olan otoyol dolgularının imalatında da kendini kanıtlamış bir teknolojidir. Ülkemizdeki bu ilk yol dolgusunda benzer bir durum söz konusudur. Proje sahasında yol dolgusunun yaklaşık 3.8-5.6 m altından geçen iki adet 2.2 m çapında ana isale su hattı bulunmaktadır. Dolayısı ile geleneksel sıkıştırılmış toprak dolgu ile yol dolgusunun inşası boru hatlarında yapısal hasarlara ve servis kaybına sebebiyet verebilir. Projede geofoam bloklar kullanılarak bu gömülü altyapıya gelecek hasarlar önlenmiş ve inşaat sırasında herhangi bir servis kaybı meydana gelmeden proje tamamlanmıştır. Ülkemizin bu ilk geofoam blok yol dolgusunun inşaat süresince ve servis yükleri altında inşaat sonrasındaki performansını ölçmek adına aletsel gözlemlere dayalı bir enstrümantasyon programı hazırlanmıştır. Bu kapsamda dolgu içerisine yerleştirilen magnet oturma plakaları kullanılmış ve belirli aralıklarla deformasyon ölçümleri alınmıştır. İnşaat süresince meydana gelen oturmaların geofoam blok yol dolgusunun izin verilebilir elastik limit deformasyon sınırının (%1) altında olduğunu göstermiştir (Özer ve Akınay, 2017). Aynı zamanda yolun trafiğe açılmasından günümüze kadarki yaklaşık yedi ay boyunca alınan deformasyon ölçümlerinden tahmin edilen uzun vade performansına göre geofoam blok yol dolgusunun toplam deformasyonunun (inşa-

at sonrası deformasyon artı uzun vade akma deformasyonu) izin verilen sınırın (%2) altında olması beklenmektedir (Özer ve Akınay, 2017).

İlk istinat duvarı hafif dolgu uygulaması başladı

Bu uygulamayı takip eden ülkemizdeki ikinci uygulama olarak İstanbul Kayaşehir’de bir ikisa yapısı üzerine inşa edilen istinat yapısının geri dolgu projesi karşımıza çıkmaktadır. Yanal yüklere karşı tasarlanmış iksaların tamamlanmasının ardından, başlık kirişleri üzerine yaklaşık 3 m yüksekliğinde bir yol yaklaşım dolgusu inşa edilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu rampanın inşası için yüklenici firma tarafından iksa başlık kirişi üzerine arkasında geleneksel sıkıştırılmış toprak dolgudan yapılması planlanan yaklaşım dolgusu için bir istinat duvarı inşa edilmiştir. Bu aşamada, rampanın üzerine geleneksel sıkıştırılmış toprak dolgu ile yapılacak bir imalatın kazıkların taşıma gücünü olumsuz etkileyeceği projeci tarafından ortaya konarak imalatın geofoam bloklarla yapılmasına karar verilmiştir. Kasım 2017’de tamamlanan bu projede de geofoam dolgusu –Akasya AVM projesinde olduğu gibi– enstrümantasyon edilmiştir. Bu amaçla biri istinat duvarına etkileyen yanar gerilmeleri ölçmek amacıyla duvar ile geofoam dolgu ara yüzüne, bir diğeri ise geofoam blok dolgu tabanındaki düşey gerilmeleri ölçmek için temel tesviye tabakası içerisine olmak üzere toplam iki basınç hücresi ve geofoam blok yol dolgusunda meydana gelen toplam deformasyonları ölçmek amacıyla da bir adet magnet oturma plakası yerleştirilmiştir. Akasya AVM geofoam dolgusunda olduğu gibi, bu projede de inşaat sonrası meydana gelen toplam deformasyon geofoam blok yol dolgusunun izin verilebilir elastik limit deformasyon sınırının (%1) altındadır.

Uygulamalarda aletsel gözlem programı uygulanıyor

İlk saha uygulamalarının yanı sıra, ülkemizde geofoam araştırmaları konusunda da son yıllarda bir ivmelenme söz konusudur. Bu çalışmalar arasında geofoam blokların sızma kuvvetlerine maruz şev stabilitesi uygulamalarında kullanılması (Akay vd., 2012; Akay vd., 2013; Özer vd., 2014; Akay vd., 2014; Koç, 2015; Akay, 2016; Özer ve Akay, 2016), granüler polistiren boncuk kum karışımlarının me-

kanik özelliklerinin belirlenmesi (Edinçliler ve Özer, 2014), geofoam blok dolgusundaki ara yüzey sürtünme mukavemetleri üzerine yapılan araştırmalar (Özer ve Akay, 2014; Özer vd., 2015; Özer vd., 2016; Özer ve Akay, 2016; Ateş, 2016; Usturbelli, 2017; Özer vd., 2017), düz/yeşil çatı uygulamalarında geofoam blok kullanımını (Aliyazıcıoğlu ve Özer, 2016; Aliyazıcıoğlu, 2016), mevcut karayolu güzergahlarına şerit ilavesi için kullanılan geofoam blok yol dolgularının sızma kuvvetleri altındaki davranışlarının incelenmesi (Özer, 2016), gömülü borulara gelecek yapısal hasarların önlenmesi ve düşey gerilmelerin azaltılması için geofoam blokların sıkışabilir içerik olarak kullanılması (Akınay, 2017) olarak sıralanabilir. Ayrıca ülkemizdeki ilk uygulamaların saha performanslarının değerlendirilmesi adına inşa edilen dolgulara aletsel gözlem programı uygulanmaktadır (Özer vd., 2017; Özer ve Akınay, 2017). Ülkemizdeki uygulanma alanlarının yaygınlaşması ile birlikte malzeme davranışı ve yenilikçi uygulamalar ile ilgili daha pek çok araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yürütüleceği açıkça görülmektedir.

Meslektaşlarımıza alternatif bir geoteknoloji tanıttık

1972 yılından itibaren dünyada başarı ile kullanılan geofoam teknolojisinin ülkemizdeki ilk örnekleri 2017 yılında tamamlanarak trafiğe açılmışlardır. Bir başka deyiş ile, ülkemizdeki inşaat ve geoteknik mühendislerine yeni bir geoteknoloji tanıtılarak hem saha performansı hem de teknolojinin ülkemiz koşullarına adaptasyonu sağlanmıştır. Şu ana kadar ülkemizde inşa edilen geofoam blok dolgu projelerde kullanım alanlarının (gömülü altyapı koridorları üzerine yol dolgusu inşası ve istinat yapısı arkası yol yaklaşım dolgusu inşası) yanı sıra geofoam bloklar toplam ve farklı oturma problemi olan yumuşak killi zeminler üzerine inşa edilen yol ve köprü yaklaşım rampalarının imalatlarında, yol genişletme projelerinde, hava alanı pist ve taksi bölgesi dolgularında ve demiryolu dolgularında alternatif bir geoteknoloji olarak değerlendirilebilir. Bu kapsamda ülkemizdeki geofoam teknolojisinin ilk uygulama örneklerinin saha enstrümantasyon verilerinden elde edilen bilgi birikimi ülkemizde inşa edilecek olan geofoam yol, otoyol ve köprü yaklaşım dolgularının tasarımı ve inşasına ışık tutacaktır.