

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI



OKAN ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL

KİLİTLİ EPS BLOK-YERİNDE DÖKME BETON ve KİLİTLİ EPS BLOK-
PREKAST BETON ARAYÜZ KAYMA MUKAVEMETİNİN LABORATUVAR
DENEYLERİ İLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERDAL USTURBELLİ

tarafından

YÜKSEK LİSANS

derecesi şartını sağlamak için hazırlanmıştır.

Eylül 2017

Program: İnşaat Mühendisliği

KİLİTLİ EPS BLOK-YERİNDE DÖKME BETON ve KİLİTLİ EPS BLOK-
PREKAST BETON ARAYÜZ KAYMA MUKAVEMETİNİN LABORATUVAR
DENEYLERİ İLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERDAL USTURBELLİ

Tarafından

OKAN ÜNİVERSİTESİ

İnşaat Mühendisliği Bölümüne

Yüksek Lisans

derecesi şartını sağlamak için sunulmuştur.

Onaylayan:

Doç. Dr. A. Tolga ÖZER
Danışman

Yrd. Doç. Dr. Onur AKAY
Üye

Yrd. Doç. Dr. Özgür
EKİNCİOĞLU
Üye

Eylül 2017

Program: İnşaat Mühendisliği

ÖZET

Geofoam bloklardan inşa edilmiş otoyol dolgularının yanal yükler altındaki tasarımlarında geofoam blokların kendi aralarındaki ara yüzey dayanımları (geofoam blok-geofoam blok) bir tasarım parametresi olarak karşımıza çıkar. Buna ek olarak, geofoam blok otoyol dolgu sisteminin son sırasındaki geofoam bloklarla betonarme yük yayma platformu arasındaki (geofoam blok-beton) ara yüzey ve geofoam bloklarla temel tesviye kumu arasındaki (geofoam blok-kum) ara yüzey dayanımları da yanal yüklere karşı tasarım aşamasında gerekmektedir. Daha önce geleneksel geofoam blok-geofoam blok ara yüzey davranışını iyileştirmek için ortaya konan dişli geofoam blok konseptinin bu çalışmada geofoam blok-beton ara yüzü mukavemetine olan etkileri araştırılmıştır. Bu kapsamda, malzeme yoğunluğunun ara yüzey gerilme-şekil değiştirme davranışına ve ara yüzey mukavemet parametrelerine olan etkilerini incelemek amacıyla iki farklı yoğunlukta (EPS19 ve EPS29), dış geometrisi ve sayısının etkisini belirlemek için ise iki farklı dış geometrisinde ve iki farklı diş sayısında geofoam bloklar kullanılmıştır. Ayrıca, tüm ara yüzey deneyleri hem yerinde dökme beton (geofoam blok-yerinde dökme beton) hem de prekast beton (geofoam blok-pürüzlü prekast beton) kullanılarak yapılmıştır. Ara yüzey kayma mukavemeti deney sonuçları her bir geometriye sahip ara yüzey gerilme-şekil değiştirme ve ara yüzey mukavemet parametreleri (ara yüzey sürtünme açısı, δ ve adhezyon, c_a) üzerinden tartışılmıştır. Geleneksel geofoam blok-yerinde dökme beton çok kuvvetli ara yüzey adhezyon mukavemetine sahiptir. Bu adhezyon mukavemetinde dişli geofoam bloklar kullanılarak az da olsa iyileştirme sağlanmıştır. Bununla birlikte, geleneksel

geofoam blok-pürüzlü prekast beton mukavemeti dişli geofoam blok konsepti sayesinde iyileşmiştir. Geleneksel otoyol dolgusu servis yükleri altında geofoam bloklardaki diş sayısındaki artış ile dişli geofoam blok-pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemeti geofoam blokların içsel mukavemetlerinin üzerinde elde edilmiştir. Dişli geofoam bloklar üzerine prekast betonarme yük yayma platformu inşası, yüksek yanıl kuvvetlere maruz bölgelerde yapılacak geofoam otoyol dolgularında geleneksel geofoam blok üzerine yerinde dökme beton kullanılarak imal edilen yük yayma platformuna göre tercih sebebi olabilirler.

Anahtar Kelimeler: Geofoam, EPS blok, Geofoam-Beton ara yüzey mukavemeti, Kesme Kutusu.

ABSTRACT

Interface shear strength properties between geofom blocks (geofom block-geofom block) is a design parameter for the geofom block highway embankments subjected to horizontal forces. In addition, interface shear strength properties in between the geofom blocks in the last row of geofom embankment and reinforced concrete load distribution slab (geofom block-concrete) and geofom blocks to bedding sand (geofom block-sand) are also required for the design under horizontal forces. The effect of previously introduced interlocked geofom block concept, which was developed to enhance interface shear strength properties of geofom block to geofom block, on geofom block-concrete interface shear strength was investigated. For this purpose, two different geofom blocks (EPS19 and EPS29) were used to investigate the effect of geofom hardness on interface shear stress-strain characteristics, two different ledge geometries and two different numbers of ledges were used to investigate the affect of ledge shape and number of ledges, respectively. All interface shear strength tests were conducted using both cast in place concrete (geofom block-cast in place concrete) and precast concrete (geofom block-rough precast concrete). Interface shear strength test results were discussed in terms of interface shear stress –strain characteristics and interface friction properties (interface friction angle, δ and adhesion, c_a) for each configuration. Traditional geofom-cast in place concrete interface has strong adhesion strength. This adhesion strength has been slightly improved by using geofom blocks with ledges. However, traditional geofom block-rough cast in place concrete interface shear strength has been significantly improved by using geofom block with ledges. Under the service loading of geofom highway embankments,

geofoam block with four triangle and four square ledges-rough precast concrete interface shear strength were obtained higher than that of internal shear strength of geofoam block. Using precast concrete panels as a load distribution slab on top of geofoam block with ledges can be a viable alternative for traditional cast in place reinforced concrete load distribution slab for the geofoam embankments subjected to high horizontal forces.

Key Words: Geofoam, EPS block, Geofoam-concrete interface friction strength, Direct Shear Test.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimde ve bu tezin ortaya çıkmasında bana destek olan kıymetli danışman hocam Doç. Dr. A. Tolga ÖZER' e, tezime katkılarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Onur AKAY' a, deneyleri yaparken bu konuda bilgisi ve yeteneğini ile bana yardımcı olan İnşaat Mühendisliği laboratuvar teknisyeni Halis ŞAHİN' e çok teşekkür ederim.

Bu çalışmamın hazırlanmasında ve deneylerimi yaparken yol gösterici olarak değerli katkılarından dolayı kıymetli danışman Yrd. Doç. Dr. Özgür EKİNCİOĞLU' na çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmam ile ilgili aileme, tüm dostlarıma, İnşaat Müh. Sinan SİVRİ' ye, İnşaat Yüksek Mühendisi Hasan ALİYAZICIOĞLU' na, İnşaat Yüksek Mühendisi Yusuf ATEŞ' e ve Beykoz Belediyesi Teknik Başkan Yardımcısı Dr.(Mimar) Eyüp Salih ELMAS' a ayrıca destekleri için çok teşekkür ederim.

Sevgili eşim ve en büyük destekçim Jeoloji Yüksek Mühendisi Zehra Hatun USTURBELLİ' ye anlayışı için çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

I. GİRİŞ.....	1
II. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	10
III. MALZEME VE METOT.....	15
3.1 MALZEMELER	15
3.1.1 Geofom Bloklar.....	15
3.1.2 Harç.....	19
3.2 METOT	22
IV. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	28
4.1 GELENEKSEL GEOFOAM-BETON ARA YÜZ MUKAVEMET DENEYLERİ	28
4.1.1 Geleneksel Geofom-Yerinde Dökme Beton Ara Yüz Mukavemet Deneyleri.....	28
4.1.2 Geleneksel Geofom-Pürüzlü Prekast Beton Ara Yüz Mukavemet Deneyleri.....	31
4.2 DIŞLI GEOFOAM-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZ MUKAVEMET DENEYLERİ	34
4.2.1 Bir Üçgen Dişli Geofom-Yerinde Dökme Beton Ara Yüz Deneyleri.....	34
4.2.2 Bir Kare Dişli Geofom-Yerinde Dökme Beton Ara Yüz Deneyleri 37	
4.2.3 Dört Üçgen Dişli Geofom-Yerinde Dökme Beton Ara Yüz Deneyleri.....	39
4.2.4 Dört Kare Dişli Geofom-Yerinde Dökme Beton Ara Yüz Deneyleri.....	41
4.3 GEOFOAM-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZEY KIRILMA ZARFLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	43

4.4 DIŞLI GEOFOAM-PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZ MUKAVEMET	
DENEYLERİ	49
4.4.1 Bir Kare Dişli Geofoam-Pürüzlü Prekast Beton Ara Yüz Deneyleri	
49	
4.4.2 Bir Üçgen Dişli Geofoam-Pürüzlü Prekast Beton Ara Yüz	
Deneyleri.....	52
4.4.3 Dört Üçgen Dişli Geofoam-Pürüzlü Prekast Beton Ara Yüz	
Deneyleri.....	54
4.4.4 Dört Kare Dişli Geofoam-Pürüzlü Prekast Beton Ara Yüz Deneyleri	
56	
4.5 GEOFOAM-PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZEY KIRILMA ZARFLARININ	
DEĞERLENDİRİLMESİ	58
V. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	62
VI. KAYNAKLAR.....	66

TABLO LİSTESİ

TABLO 2.1. GEOFOAM BLOK-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ.....	13
TABLO 2.2. GEOFAOM BLOK-PREKAST BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ (ABDELSALAM VE AZZAM, 2016)	14
TABLO 3.1 GEOFOAM BLOKLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ (ÖZER VE AKAY, 2016).....	16
TABLO 3.2 CEN STANDART KUMUN DANE BÜYÜKLÜĞÜ DAĞILIMI (TS EN 196-1, 2009).....	20
TABLO 3.3 KOMPOZE ARSLAN ÇİMENTO CEN V/A (S-P) 32.5 N TEKNİK ÖZELLİKLERİ.....	20
TABLO 3.4 TAZE HARCIN BİRİM HACİM AĞIRLIK, YAYILMA VE HAVA MİKTARLARI	21
TABLO 3.5 EĞİLME DAYANIMLARI (7 VE 28 GÜNLÜK DEĞERLERİ)	22
TABLO 3.6 BASINÇ DAYANIMLARI (7 VE 28 GÜNLÜK DEĞERLERİ)	22
TABLO 4.1. GEOFOAM-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZÜ MUKAVEMET PARAMETRELERİ ..	31
TABLO 4.2. GEOFOAM-PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZÜ MUKAVEMET PARAMETRELERİ	34
TABLO 4.3 DİŞLİ GEOFOAM-YERİNDE DÖKME BETON/PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZ MUKAVEMET PARAMETRELERİ.....	36
TABLO EK.1. DENEY SONUÇLARI ÖZET TABLOSU	72

ŞEKİL LİSTESİ

ŞEKİL 1.1 EPS BLOK ÜRETİM AŞAMALARI (ÖZER VD., 2017A).....	2
ŞEKİL 1.2 GELENEKSEL TRAPEZ KESİT GEOFOAM BLOK OTOYOL DOLGUSU DETAYI (ATEŞ, 2016)	4
ŞEKİL 1.3 DOKSAN DERECE DİK ŞEV EĞİMLİ TEŞKİL EDİLEN GEOFOAM BLOK YOL DOLGUSU TİPİK KESİTİ (KOÇ, 2015).....	4
ŞEKİL 1.4 TİPİK GEOFOAM BLOK OTOYOL DOLGUSU BLOK YERLEŞİM DETAYI (ATEŞ, 2016) ...	5
ŞEKİL 1.5 ÜLKEMİZDE İNŞA EDİLEN İLK GEOFOAM BLOK YOL DOLGUSU (ÖZER VD., 2017B)...	6
ŞEKİL 1.6 GEOFOAM BLOK YOL DOLGUSUNDAKİ ARA YÜZLER.....	7
ŞEKİL 2.1 GEOFOAM BLOK (EPS19)-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ (SHEELEY VE NEGUSSEY, 2000).....	11
ŞEKİL 3.1 GEOFOAM BLOKLAR GERİLME-ŞEKİL DEĞİŞTİRME EĞRİLERİ (ÖZER VE AKAY, 2016)	15
ŞEKİL 3.2 GEOFOAM BLOK NUMUNELER (ATEŞ, 2016).....	18
ŞEKİL 3.3 GEOFOAM BLOK-YERİNDE DÖKME/PREKAST BETON ARA YÜZLERİ.....	19
ŞEKİL 3.4 GEOFOAM BLOK-YERİNDE DÖKME/PREKAST BETON ARA YÜZEY MUKAVEMETİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN DENEY DÜZENEĞİ	23
ŞEKİL 3.5 GEOFOAM BLOK-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZEY MUKAVEMETİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN NUMUNELERİN HAZIRLANMASI AŞAMALARI	26
ŞEKİL 3.6 GEOFOAM BLOK-PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZEY MUKAVEMETİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN NUMUNELERİN HAZIRLANMASI AŞAMALARI	27
ŞEKİL 4.1 EPS 19 GELENEKSEL GEOFOAM-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ DENEY SONUÇLARI	29

ŞEKİL 4.2 EPS 29 GELENEKSEL GEOFOAM-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ	
DENEY SONUÇLARI	29
ŞEKİL 4.3 EPS 19 GELENEKSEL GEOFOAM-PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ	
DENEY SONUÇLARI	32
ŞEKİL 4.4 EPS 29 GELENEKSEL GEOFOAM-PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ	
DENEY SONUÇLARI	32
ŞEKİL 4.5 BİR ÜÇGEN DİŞLİ GEOFOAM-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ	
DENEY SONUÇLARI	35
ŞEKİL 4.6 BİR KARE DİŞLİ GEOFOAM-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ DENEY	
SONUÇLARI	38
ŞEKİL 4.7 DÖRT ÜÇGEN DİŞLİ GEOFOAM-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ	
DENEY SONUÇLARI	39
ŞEKİL 4.8 DÖRT KARE DİŞLİ GEOFOAM-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ	
DENEY SONUÇLARI	42
ŞEKİL 4.9 DİŞLİ EPS19 GEOFOAM BLOK-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZEY KIRILMA	
ZARFLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	44
ŞEKİL 4.10 DİŞLİ GEOFOAM BLOK-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZEY ADEZYON	
MUKAVEMETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	46
ŞEKİL 4.11 DİŞLİ EPS29 GEOFOAM BLOK-YERİNDE DÖKME BETON ARA YÜZEY KIRILMA	
ZARFLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	47
ŞEKİL 4.12 BİR KARE DİŞLİ GEOFOAM-PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ	
DENEY SONUÇLARI	49
ŞEKİL 4.13 20 KPA DÜŞEY GERİLME ALTINDA DİŞLİ EPS19 GEOFOAM BLOK-PREKAST BETON	
ARA YÜZEY MUKAVEMET DENEYİ AŞAMALARI.....	51

ŞEKİL 4.14 BİR ÜÇGEN DİŞLİ GEOFOAM-PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ	
DENEY SONUÇLARI	53
ŞEKİL 4.15 DÖRT ÜÇGEN DİŞLİ GEOFOAM-PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ	
DENEY SONUÇLARI	54
ŞEKİL 4.16 DÖRT KARE DİŞLİ GEOFOAM-PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZ MUKAVEMETİ	
DENEY SONUÇLARI	56
ŞEKİL 4.17 DİŞLİ EPS19 GEOFOAM BLOK-PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZEY KIRILMA	
ZARFLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	59
ŞEKİL 4.18 DİŞLİ EPS29 GEOFOAM BLOK-PÜRÜZLÜ PREKAST BETON ARA YÜZEY KIRILMA	
ZARFLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	60

SİMGELER

c_a	Adhezyon
E_i	Elastisite Modülü
δ	Ara Yüzey Sürtünme Açısı
σ_1	%1 Birim Boy Kısalmaya Karşılık Gelen Basınç Mukavemeti
σ_5	%5 Birim Boy Kısalmaya Karşılık Gelen Basınç Mukavemeti
σ_{10}	%10 Birim Boy Kısalmaya Karşılık Gelen Basınç Mukavemeti
σ_v	Düşey Gerilme (Normal Gerilme)

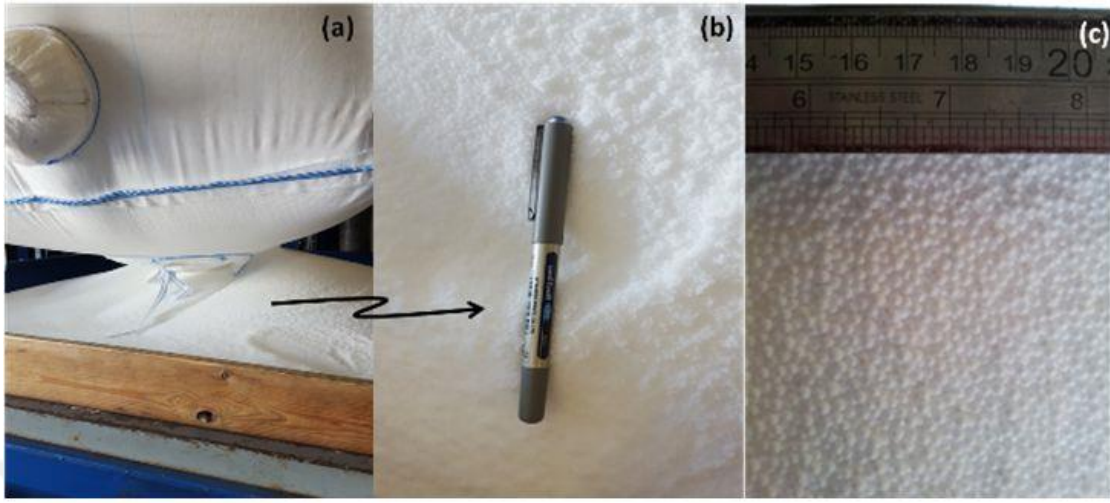
KISALTMALAR

ASTM	Amerikan Test Metotları Standardı
EPS	Genleştirilmiş Polistiren
EPS19	ASTM 6817'e göre anma yoğunluğu minimum 18.4 kg/m ³ olan geofom blok
EPS29	ASTM 6817'e göre anma yoğunluğu minimum 28.2 kg/m ³ olan geofom blok
KK	Kesme Kutusu Deneyi
LVDT	Düşey Deplasman Ölçer
NPRA	Norveç Karayolu İdaresi
UV	Ultraviyole

I. GİRİŞ

Genleştirilmiş polistiren (EPS) blok (gefoam blok) dane çapları 0.5-1.0 mm arasında değişen granüler polistirenin ön şişirme, dinlendirme ve kalıplar arasında şişirilmesi ile prizmatik olarak üretilen (Koç, 2015), geleneksel olarak beyaz renkli ve geoteknik uygulamalarda kullanılan hafif ve kapalı gözenekli bir termoplastik malzemedir (ASTM D4439, 2015). Gefoam blokların yoğunlukları 11.2 kg/m³ ile 45.7 kg/m³ arasında değişkenlik göstermektedir (ASTM D6817, 2015). Gefoam blok büyüklükleri üretici firmaların kalıp boyutları ile değişmekle birlikte, ülkemizde 50 – 100 cm yüksekliğinde, 100 – 120 cm genişliğinde ve 220 – 500 cm uzunluğunda bloklar üretilmektedirler (Şekil 1.1; Özer vd., 2017a).

Günümüzde gefoam bloklar oturma potansiyeli yüksek, taşıma gücü düşük, yumuşak killi zeminler üzerine inşa edilen yol ve köprü yaklaşım dolgularının imalatında yaygınlıkla kullanılmaktadırlar (Özer, 2011; Özer vd., 2012). Dünyada ilk gefoam uygulaması Norveç Karayolları İdaresi (NPRA) tarafından 1972 yılında hayata geçirilmiş ve trafiğe açıldığı günden günümüze kadarki yaklaşık 45 yıllık süre zarfında servis yükleri altında tasarım kriterlerine göre hizmet etmiştir (Aabøe, 2011). NPRA'nın uygulamasını takiben pek çok ülkede gefoam teknolojisi yumuşak zeminler üzerine inşa edilecek otoyol ve köprü yaklaşım dolgularında kullanılmıştır (Thompsett vd., 1995; Beinbrech ve Hillmann, 1997; Perrier, 1997; Bartlett vd., 2000; Bartlett vd., 2001; Saarelainen ve Kangas, 2001; Lin vd., 2001; Stark vd., 2004a; 2004b; Farnsworth vd., 2008; Duškov ve Nijhuis, 2011; Herle, 2011; Kubota, 2011; Spasojević vd., 2011; Papacharalampous ve Sotiropoulos, 2011; Youwai vd., 2011).



(a-b) 0.2 – 0.5 mm çapında polistiren hammadde (Yer: Austrotherm, Dilovası/Kocaeli; Fotoğraf: A. T. Özer, Tarih: 17.08.2016)

(c) ön şişirme işlemi sonucunda elde edilen çapları 1 mm – 4 mm arasında değişen EPS boncuklar (Koç, 2015)



(d) ön şişirilme işleminden sonra kalıplama aşaması (Yer: Austrotherm, Dilovası/Kocaeli; Fotoğraf: A. T. Özer, Tarih: 17.08.2016)

(e) imalat sonrası boyutsal kararlılığa erişmek için stok sahasında dinlendirilen geofoam bloklar (Yer: Austrotherm, Turgutlu/Manisa; Fotoğraf: A. T. Özer, Tarih: 11.02.2017)

Şekil 1.1 EPS blok üretim aşamaları (Özer vd., 2017a)

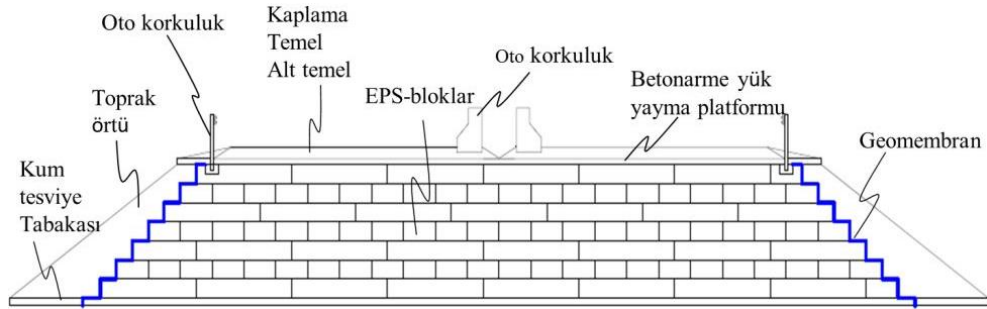
Otoyol ve köprü yaklaşım dolgularına ek olarak mevcut otoyol güzergâhlarına şerit ilavesi için gerekli dolgu projelerinde de geofoam bloklar kullanılmaktadırlar (Özer, 2016). Ayrıca gömülü altyapı koridorları üzerlerine inşa edilecek dolguların geleneksel sıkıştırılmış toprak dolgu yerine geofoam bloklardan inşa edilmesi ile

gömülü altyapı tesislerinde oluşabilecek yapısal hasarlar önlenmiş olur (Özer vd., 2017b).

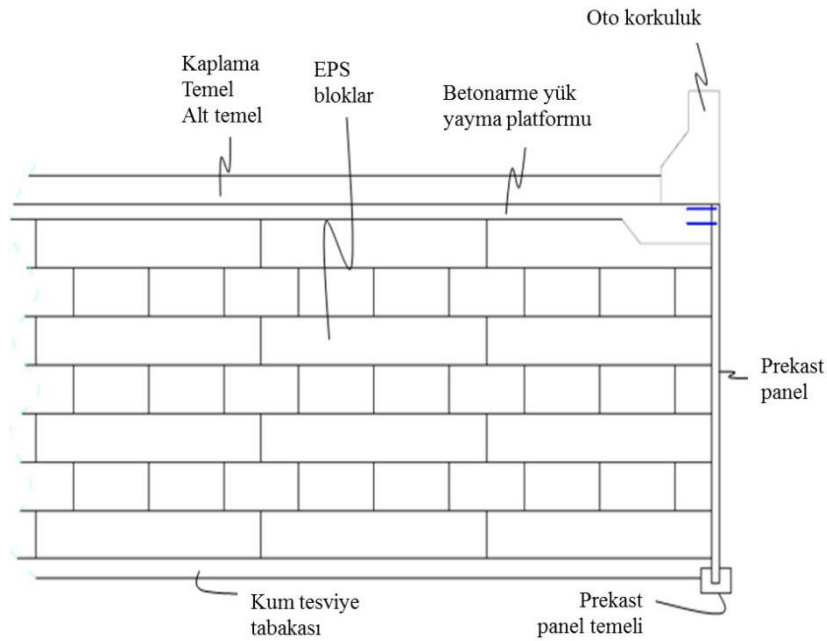
Geleneksel geofoam otoyol dolgu uygulamasında sırası ile sahanın temizlenerek tesviye edilmesi ve sıkıştırılması, iyi derecelendirilmiş kumdan oluşan temel tesviye kumunun serilip sıkıştırılması, blok yerleşim planına göre geofoam blokların yerleştirilmesi, son sıra bloklar üzerine betonarme yük yayma platformunun imalatı, alt temel/temel imalatı üzerine sıcak kaplamanın serilip sıkıştırılması şeklinde sıralanabilir (Stark vd., 2004a; 2004b; Özer vd., 2017b). Geleneksel geofoam otoyol dolguları hem trapez (Şekil 1.2) hem de doksan derece eğimli olarak inşa edilebilirler (Şekil 1.3). Sistem trapez kesit inşa edildiği zaman blokları olası petrol ve türevlerinin sızıntısından korumak için esnek geomembran uygulaması yapılır ve üzerine toprak örtü serilerek sistem kapatılır (Şekil 1.2). Blok yerleşim planları doksan derece dik eğimli teşkil edildiklerinde ise blokları dış etkenlerden korumak amacıyla betonarme yük yayma platformuna ankre edilen prekast paneller kullanılırlar (Şekil 1.3). Geofoam blokların blok yerleşim planları hazırlanırken sistemin herhangi bir katmanındaki blokların uzunlamasına olan aksları kendilerinden bir alt ve üst sıradaki katmanlarda yer alan blokların uzunlamasına olan akslarına dik olacak şekilde teşkil edilirler (Şekil 1.4).

Ülkemizde bilinen ilk geofoam uygulaması 2012 yılında inşa edilmiştir (Aliyazıcıoğlu ve Özer, 2015; Aliyazıcıoğlu ve Özer, 2016; Aliyazıcıoğlu 2016). Bu uygulamada yer altı otopark yapısı üzerine inşa edilen düz/yeşil çatı uygulamasında gerekli dolgu işlerinde geofoam bloklar geleneksel sıkıştırılmış toprak dolgu yerine

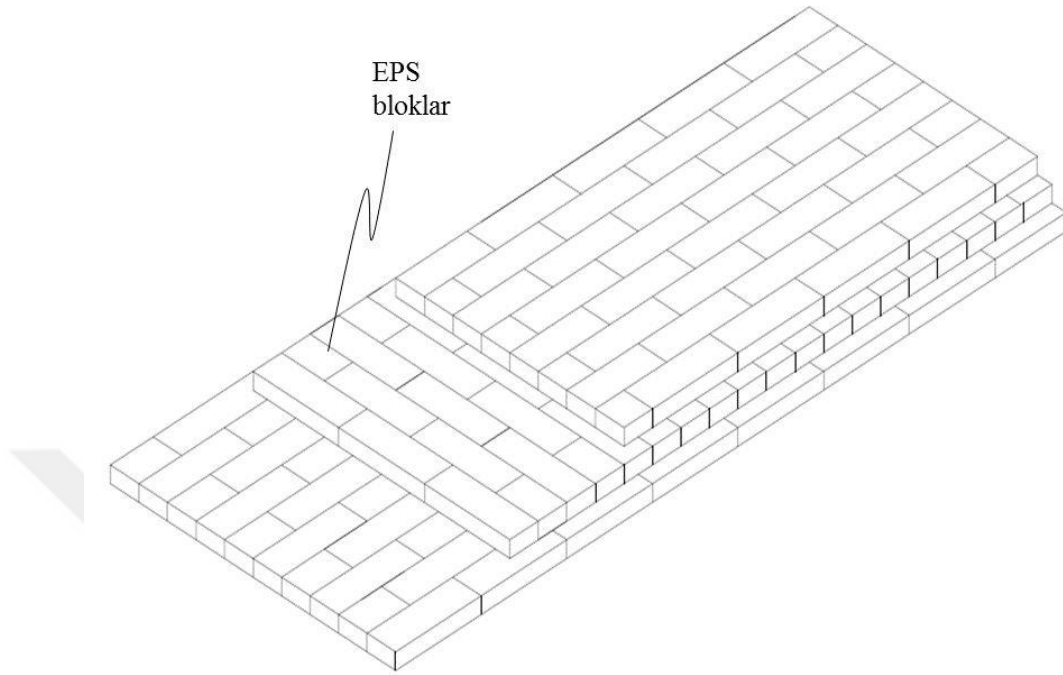
tercih edilmişlerdir. Geofom bloklar otopark yapısının taşıyıcı sistemine ilave yükler getirilmeden, toprak dolgu tercih edilmesi durumunda gerekecek yapısal iyileşmeyi önlemiş ve projenin tamamlanma süresini hızlandırmıştır. Bu geofom düz/yeşil çatı uygulaması sadece üzerinde ölü yükler (kaldırım, yansıma havuzu ve peysaj adaları) değil aynı zamanda da hareketli yükler (günlük yaklaşık 3500 araç trafiğine sahip bir araç ring yolu) taşıyan bir uygulamadır (Aliyazıcıoğlu ve Özer, 2015; Aliyazıcıoğlu ve Özer, 2016; Aliyazıcıoğlu 2016).



Şekil 1.2 Geleneksel trapez kesit geofom blok otoyol dolgusu detayı (Ateş, 2016)



Şekil 1.3 Doksan derece dik şev eğimli teşkil edilen geofom blok yol dolgusu tipik kesiti (Koç, 2015)

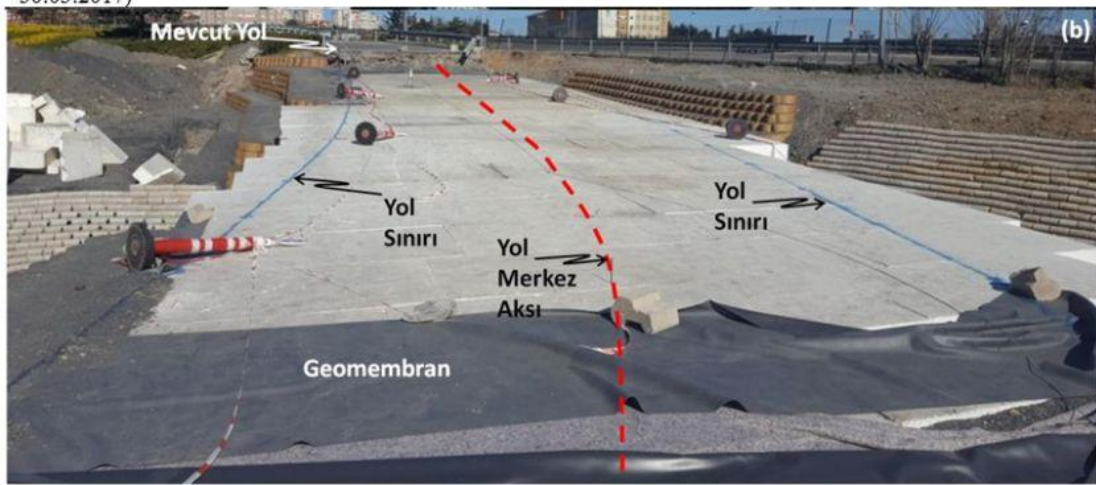


Şekil 1.4 Tipik geofoam blok otoyol dolgusu blok yerleşim detayı (Ateş, 2016)

Dünyadaki yaygın kullanımına karşın ülkemizde geofoam blok yol dolgusu ilk defa İstanbul Çevre Yolunun Uzunçayır Çıkışının Harem Yönü trafiğinin bir kısmının Acıbadem Mahallesiye yönlendirilmesi amacıyla inşa edilmiş (Şekil 1.5) ve Nisan 2017’de trafiğe açılmıştır (Özer vd., 2017b; Özer ve Akinay, 2017). Bu uygulamanın inşaat detayları Özer vd. (2017b) tarafından kapsamlıca ele alınmış ve yol dolgusunun inşaat sırasında ve trafiğe açılmasını takip eden kısa dönemdeki performansı saha enstrümantasyon verilerinin ışığında değerlendirilmiştir (Özer ve Akinay, 2017). Bu uygulamada, dolgu temel seviyesinin yaklaşık 3.8 – 5.6 m altından geçen 2.2 m çapında iki adet ana isale hattı bulunmaktadır. Geleneksel sıkıştırılmış toprak dolgu kullanılması durumunda isale hatlarına aktarılacak olan ilave gerilme artışlarını önlemek amacıyla geofoam bloklar tercih edilmiş ve hatlarda herhangi bir servis kaybı olmadan imalat tamamlanmıştır (Özer vd., 2017b; Özer ve Akinay, 2017).



(a) Blok yerleşim planı tamamlanmış imalat (Yer: Acıbadem, İstanbul; Fotoğraf: Dursun Turna, Tarih: 30.03.2017)



(b) betonarme yük yayma platformu inşası öncesinde yol merkez aksı ve yol sınırlarının son sıra geofoam bloklar üzerine aplikasyonu (Yer: Acıbadem, İstanbul; Fotoğraf: A. T. Özer, Tarih: 01.04.2017)

Şekil 1.5 Ülkemizde inşa edilen ilk geofoam blok yol dolgusu (Özer vd., 2017b)

Geofoam blok otoyol dolgularının yanal yükler altındaki (deprem, rüzgar ve hidrostatik yükler) tasarımlarında sistemdeki ara yüzlerin mukavemeti tasarım parametresi olarak karşımıza çıkar. Şekil 1.6'daki uygulama fotoğrafları ve Şekil 1.2-1.4'de verilen tipik kesitlerden de görüleceği üzere sistemde temel tesviye kumu-geofoam blok ara yüzü (Şekil 1.6b), geofoam blok-geofoam blok ara yüzleri (Şekil 1.6c), geofoam blok-betonarme yük yayma platformu ara yüzü (Şekil 1.6d) dayanımları tasarımda kullanılmaktadır.



(a) Geofam blok yol dolgusunun kesiti (Yer: Acıbadem, İstanbul; Fotoğraf: A. Tolga Özer, Tarih: 14.04.2017)



(b) Taban tesviye kumu – geofam blok ara yüzeyi (Yer: Acıbadem, İstanbul; Fotoğraf: Emre Akınay, Tarih: 04.03.2017)



(c) Geofam blok – geofam blok ara yüzeyi (Yer: Acıbadem, İstanbul; Fotoğraf: Emre Akınay, Tarih: 10.03.2017)



(d) Betonarme yük yayma platformu – geofam blok ara yüzeyi (Yer: Acıbadem, İstanbul; Fotoğraf: Emre Akınay, Tarih: 07.04.2017)

Şekil 1.6 Geofam blok yol dolgusundaki ara yüzler

Geofoam blok-geofoam blok ara yüz mukavemeti (Sheeley and Negussey, 2000; Atmatzidis vd., 2001; Negussey vd., 2001; Barrett, 2008; Özer ve Akay, 2016), geofoam blok-kum ara yüz mukavemeti (Atmatzidis vd., 2001; Negussey vd., 2001; Xenaki ve Athanasopoulos, 2001; Özer vd., 2016; Ateş, 2016) ve geofoam blok-beton ara yüz mukavemetleri (Sheeley ve Negussey, 2000; AbdelSalam ve Azzam, 2016; Özer vd, 2017a) kapsamlıca araştırılmıştır.

Geofoam blok otoyol dolgusuna etkiyen yanal yükler altında (sismik, rüzgar ve hidrostatik yükler) oluşan yatay kuvvetler altında sistemdeki ara yüzlerin dayanımı açısından yetersizlikler oluşabilir. Bu amaçla geofoam blok-geofoam blok ara yüz dayanımlarını iyileştirmek amacı ile kilitli geofoam blok konsepti ortaya konmuştur (Özer ve Akay, 2014; Özer vd., 2015; Özer ve Akay 2016). Bu konsept kilitli geofoam yüzeyleri ile kum ara yüzüne de uygulanmıştır (Özer vd., 2016; Ateş, 2016). Geofoam blokların üst yüzeylerinde dişler ve alt yüzeylerinde ise oluklar imal edilerek oluşturulan kilitli geofoam blok konsepti sayesinde geofoam blok dolgu sisteminin her bir sırasındaki blokların birbirlerine kenetlenmesi sağlanarak geleneksel sistemlerle kıyasla ara yüzey mukavemeti iyileştirilmiştir (Özer ve Akay, 2014; Özer vd., 2015; Özer ve Akay, 2016). Benzer şekilde kilitli geofoam blok yüzeyi ile temel tesviye kumu ara yüzey mukavemetleri de geleneksel uygulamaya göre daha yüksek ara yüzey dayanımı sağlamıştır (Özer vd., 2016; Ateş, 2016). Bu kilitli geofoam blokların betonarme yük yayma platformu ara yüzey davranışları henüz araştırılmamıştır.

Bu çalışmada, önceki kilitli geofoam bloklar arası ara yüzey mukavemet deneylerinde kullanılan (Özer vd., 2015; Özer ve Akay, 2016; Özer vd., 2016; Ateş,

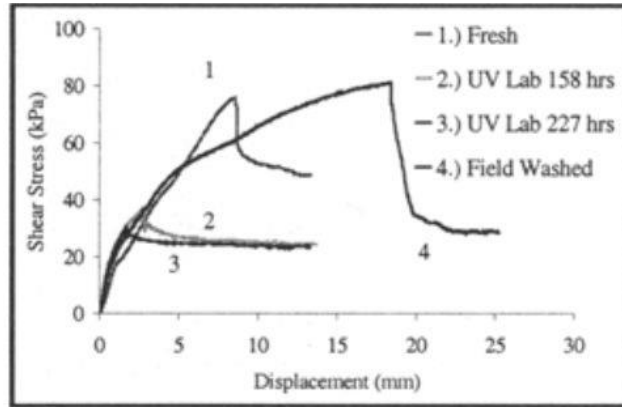
2016) üst yüzeyi dişli geofoam bloklar ile betonarme yük yayma platformu ara yüzü (geofoam blok-yerinde dökme beton) mukavemeti incelenmiştir. Buna ek olarak, betonarme yük yayma platformunun prekast betonarme panelden oluşması durumunda oluşacak ara yüz mukavemet parametreleri (geofoam blok-pürüzlü prekast beton) de incelenmiştir. Farklı geometri ve farklı sayıdaki dişlerin geofoam blok-yerinde dökme beton ve geofoam blok-pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemeti ile gerilme-şekil değiştirmelerine etkileri iki farklı yoğunluktaki geofoam numuneleri üzerinde araştırılmıştır.

Tezin içeriğinde öncelikle geofoam bloğun tanımı, otoyol projelerinde kullanım alanları ve geleneksel geofoam otoyol kesitlerindeki ara yüzler tanıtılmış ve sonra Bölüm II’de geleneksel geofoam blok-beton ara yüzeyine dair yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Laboratuvar çalışmasında kullanılan malzemelerin (geofoam bloklar ve harç) sınıflandırma, mekanik ve fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmalar ve ara yüzey mukavemet parametrelerini belirlemede kullanılan deney düzeneği hakkında bilgiler sunulmuştur. Geofoam blok-yerinde dökme beton ve geofoam blok-pürüzlü prekast beton ara yüzleri için elde edilen mukavemet parametreleri ve ara yüz gerilme şekil değiştirme davranışları Bölüm IV’de tartışılmış ve son olarak Bölüm V’de çalışmanın sonuçları özetlenmiştir.

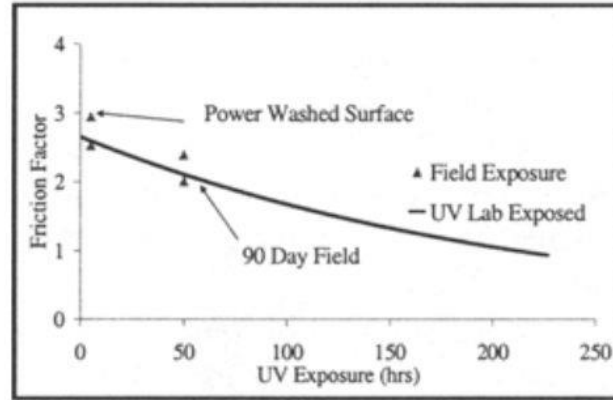
II. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Geofoam blok-geofoam blok (Sheeley and Negusse, 2000; Atmatzidis vd., 2001; Negusse vd., 2001; Barrett, 2008; Özer ve Akay, 2016) ve geofoam blok-kum ara yüz mukavemetleri (Atmatzidis vd., 2001; Negusse vd., 2001; Xenaki ve Athanasopoulos, 2001; Özer vd., 2016; Ateş, 2016) çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konmasına karşın, geofoam blok-beton ara yüzü ile yapılmış sınırlı (Sheeley ve Negusse, 2000; AbdelSalam ve Azzam, 2016) çalışma mevcuttur. Bu bölümde geofoam blok-beton ara yüzü ile daha önce yapılmış başlıca araştırmalar (Sheeley ve Negusse, 2000; AbdelSalam ve Azzam, 2016) özetlenmiştir.

100 mm x 100 mm kesme ara yüzüne sahip bloklar 12 – 48 kPa arasında değişen düşey basınçlarda kesme kutusu düzeneğinde test edilmiştir (Sheeley ve Negusse, 2000). Sadece geleneksel geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey mukavemeti değil, aynı zamanda ultraviyole (UV) etkisini de incelemek amacıyla laboratuvarında 250 saate kadar UV'ye maruz kalmış geofoam blok numuneler ve arazide UV'ye maruz kalmış geofoam bloklar ile yerinde dökme beton ara yüzey mukavemeti de araştırılmıştır. Beton direk olarak geofoam numuneler üzerine konan kalıp içerisinde dökülmüş ve 28 gün süre ile kür edildikten sonra kalıp sökülmüştür. Benzer şekilde arazide UV'ye maruz bırakılan geofoam blokların yüzeyi basınçlı su ile yıkandıktan sonra beton imalatı yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda elde edilen gerilme-şekil değiştirme davranışları ve ara yüzey mukavemeti Şekil 2.1'de verilmiştir.



(a) Geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey gerilme – şekil değiştirme davranışı (32 kPa düşey gerilme altında)



(b) Ultraviyole (UV)'ye maruz kalmış geofoam ile yerinde dökme beton ara yüzey mukavemeti

Şekil 2.1 Geofoam blok (EPS19)-yerinde dökme beton ara yüz mukavemeti (Sheeley ve Negussey, 2000)

Şekil 2.1'den de görüleceği üzere geleneksel geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzeyinde 70 kPa'ın üzerinde yüksek bir adezyon mukavemeti (c_a) oluşmuştur (Şekil 2.1a, Eğri No:1, Tablo 2.1). Bu adezyon mukavemeti yenilince kalıcı adezyon 50 kPa mertebelerine düşmüştür. Bu adezyon mukavemeti geofoam bloğun kendi iç kayma dayanımından daha yüksektir (Tablo 2.1). Laboratuvarında UV'ye maruz kalan numunelerde ise geleneksel geofoam-beton ara yüzeyleri kadar adezyon

oluşmamıştır (Şekil 2.1a, Eğri No:2 ve 3). Geofom blokların UV'ye kalma süreleri uzadıkça ara yüzey kayma mukavemetinde azalma meydana gelmiştir (Şekil 2.1 ve Tablo 2.1). Arazide UV'ye maruz bırakılıp, basınçlı su ile yıkandıktan sonra beton dökülen ara yüzeyin mukavemeti (Şekil 2.1a, Eğri No:4) tıpkı geleneksel geofom-yerinde dökme beton ara yüzeyinde (Şekil 2.1a, Eğri No:1) olduğu gibi yüksek adezyon mukavemetine sahiptir (Sheeley and Negusse, 2000). Ekstrem UV koşullarında aşınmaya maruz bırakılmış geofom blok-yerinde dökme beton mukavemeti (Şekil 2.1b) geleneksel geofom blok-geofom blok ara yüzey mukavemetinin ve geofom blokların içsel kayma dayanımlarının (Tablo 2.1) altına düşmemiştir (Sheeley ve Negusse, 2000).

AbdelSalam ve Azzam (2016) geofom blokların sıkışabilir içerik olarak kullanılmasına yönelik yaptıkları çalışmada geofom blok-geofom blok, geofom blok-prekast beton ve geofom blok-kum ara yüzey mukavemetlerini belirlemek için laboratuvar deneyleri yapmışlardır. AbdelSalam ve Azzam (2016) 100 mm x 100 mm ara yüzey kesme alanına sahip geofom blok-prekast beton ara yüzey mukavemetini 10 kPa-30 kPa arasında değişen düşey basınçlar altında basit kesme deneyi ile belirlemiştir. Deneylerde 100 mm x 100 mm x 25 mm boyutlarında imal edilmiş pürüzlü ve pürüzsüz iki farklı yüzeye sahip prekast beton bloklar kullanılmıştır. Ayrıca geofom blok-prekast beton blok ara yüz deneyleri hem ıslak hem de kuru koşullar altında test edilmiştir. Deney sonuçları Tablo 2.2'de sunulmuştur. Bu tablodan da görüleceği üzere kuru geofom blok-pürüzlü beton ara yüzey sürtünme açısı 44° ve pürüzsüz beton ara yüzeyi ise 26° elde edilmiştir. Ara yüzeyin ıslaklığı ara yüzey sürtünme mukavemetini olumsuz etkilemiştir (Tablo 2.2). Geleneksel geofom blok-

pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemeti (Tablo 2.2), geofoam blok-geofoam blok ara yüzey mukavemetinden yüksek elde edilmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüz mukavemeti

Ara Yüzey	EPS Tipi	Referans	Ara Yüzey Mukavemet Parametreleri	
			Adezyon, c_a (kPa)	Ara yüzey Sürtünme Açısı, δ (derece)
Geofoam blok-yerinde dökme beton	EPS19	Sheeley ve Negussey, 2000	76	---
Laboratuvarda 158 saat UV'ye maruz geofoam blok-yerinde dökme beton			32	---
Laboratuvarda 227 saat UV'ye maruz geofoam blok-yerinde dökme beton			28	---
Arazide 90 gün UV'ye maruz geofoam blok-yerinde dökme beton			---	---
Arazide 90 gün UV'ye maruz bırakılıp yüzeyi basınçlı su ile yıkanmış geofoam blok-yerinde dökme beton			84	---
Geofoam blok-Geofoam blok	EPS19	Özer ve Akay, 2016	0	38.2
	EPS29		0	44.0
Geofoam blok içsel kayma mukavemeti	EPS19		26.2	10.0
	EPS29		49.8	8.9

Tablo 2.2. Geofaom blok-prekast beton ara yüz mukavemeti (AbdelSalam ve Azzam, 2016)

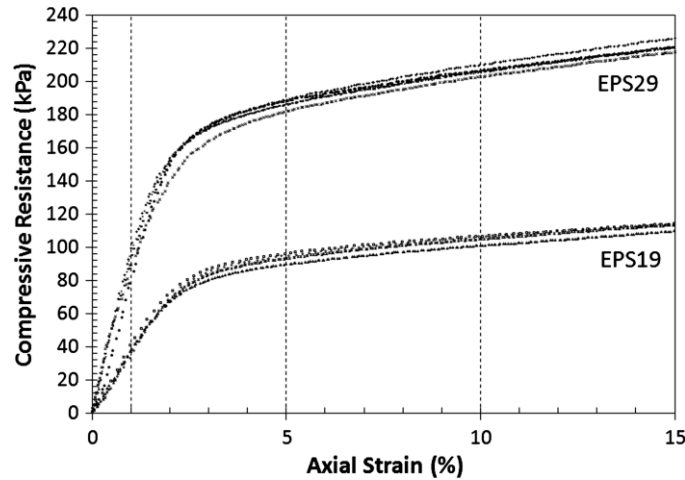
Ara Yüzey	EPS Tipi	Ara yüzey durumu	Ara Yüzey Mukavemet Parametreleri	
			Adezyon, c_a (kPa)	Ara yüzey Sürtünme Açısı, δ (derece)
Geofaom blok-pürüzsüz prekast beton	EPS19	Kuru	4.3	26.0
		Islak	3.7	27.0
Geofaom blok-pürüzlü prekast beton		Kuru	0.3	44.0
		Islak	7.2	25.7

III. MALZEME VE METOT

3.1 Malzemeler

3.1.1 Geofoam Bloklar

Geofoam bloklar ile yerinde dökme beton ve pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemetini belirlemek için yapılan deneylerde iki farklı yoğunlukta, EPS19 (minimum anma yoğunluğu 18.4 kg/m^3 , ASTM D6817, 2015) ve EPS29 (minimum anma yoğunluğu 28.2 kg/m^3 , ASTM D6817, 2015) geofoam bloklar kullanılmıştır. Bu blokların gerilme-şekil değiştirme davranışları ASTM D1621'e (2010) göre her bir yoğunluktaki $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ boyutlarındaki dört farklı numune üzerinde yapılarak Şekil 3.1'de sunulmuştur (Özer ve Akay, 2016). Şekil 3.1'de sunulan gerilme-şekil değiştirme eğrilerinden elde edilen %1, %5 ve %10 birim boy kısalma değerlerine karşılık gelen basınç mukavemetleri ve Elastisite modülü değerleri ise Tablo 3.1'de ASTM D6817'deki (2015) referans değerlerle kıyaslanarak özetlenmiştir.



Şekil 3.1 Geofoam bloklar gerilme-şekil değiştirme eğrileri (Özer ve Akay, 2016)

Tablo 3.1 Geofom bloklerin mekanik ozellikleri (Özer ve Akay, 2016)

Özellik	Tanım ve birim	Laboratuvar test değerleri minimum-maksimum (ortalama, standart sapma)	ASTM D6817 (ASTM 2015) tanımı	ASTM D6817 (ASTM 2015) alt sınır değerler
Yoğunluk	γ (kg/m ³)	18.08-18.96 (18.54, 0.38)	EPS19	18.4
% 1 Birim boy kısalmaya karşılık gelen basınç mukavemeti	σ_1 (kPa)	38.0-45.5 (40.21, 3.54)		40
%5 Birim boy kısalmaya karşılık gelen basınç mukavemeti	σ_5 (kPa)	90.2-96.8 (93.9,2.86)		90
% 10 Birim boy kısalmaya karşılık gelen basınç mukavemeti	σ_{10} (kPa)	101.2-107.1 (105.0, 2.72)		110
Elastisite Modülü	E_i (MPa)	3.5-4.1 (3.73, 0.24)		---
Yoğunluk	γ (kg/m ³)	29.52, 30.16 (29.9, 0.26)	EPS29	28.8
% 1 Birim boy kısalmaya karşılık gelen basınç mukavemeti	σ_1 (kPa)	85.8-103.2 (95.2, 7.41)		75
%5 Birim boy kısalmaya karşılık gelen basınç mukavemeti	σ_5 (kPa)	182.5-188.6 (186.6, 2.7)		170
% 10 Birim boy kısalmaya karşılık gelen basınç mukavemeti	σ_{10} (kPa)	202.8-210.5 (206.5, 2.8)		200
Elastisite Modülü	E_i (MPa)	8.0-9.5 (9.0, 0.8)		---

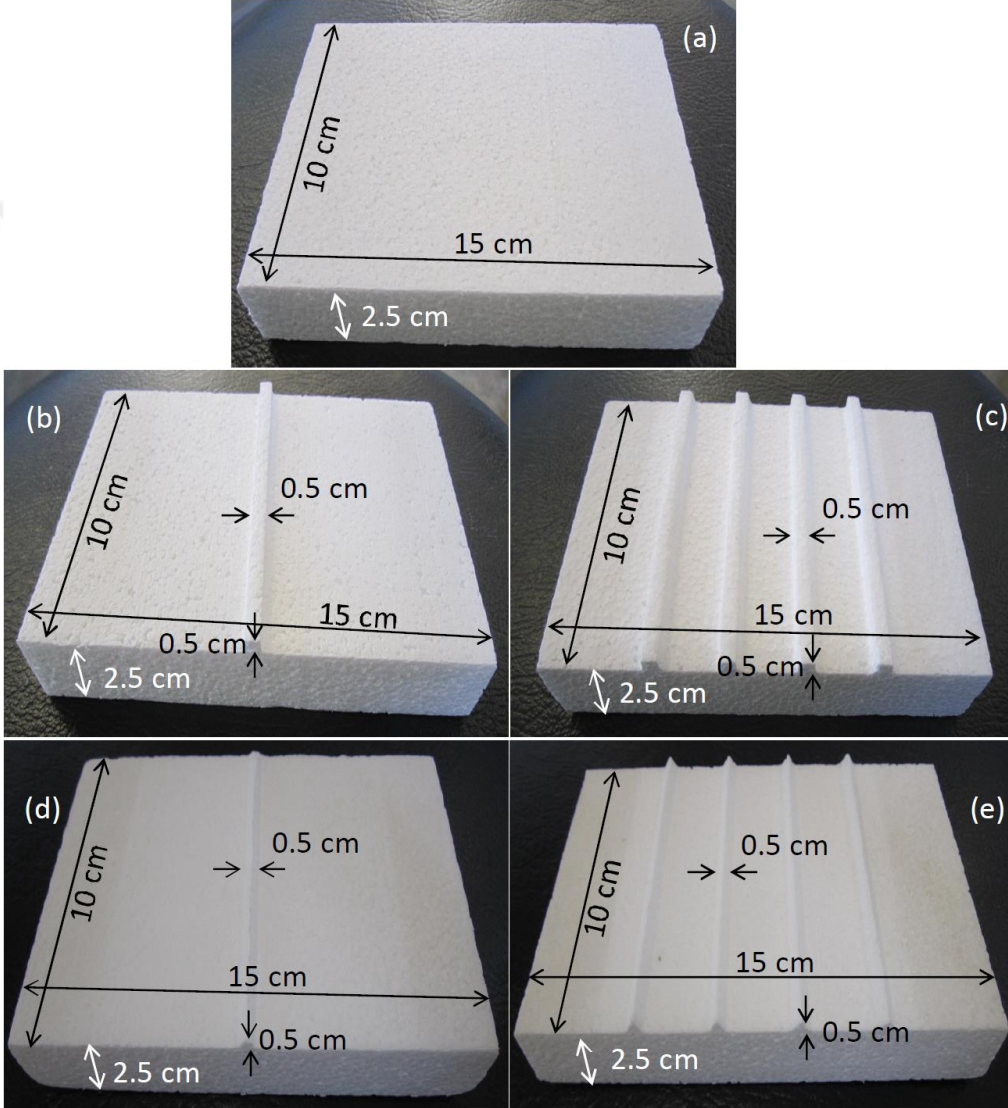
Geofom blok-beton ara yüzey mukavemet deneyleri hem EPS19 hem de EPS29 için geleneksel düz geofom blok-beton ara yüzüne ek olarak dört farklı geometrideki dişli geofom blok-beton ara yüzleri için yapılmıştır (Şekil 3.2). Dişli geofom blok-temel tesviye kumu arasındaki ara yüzey davranışı Okan Üniversitesi

İnşaat Mühendisliği Laboratuvarında Ateş (2016) tarafından incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında ise, dişli geofam blokların beton ara yüzleri hem yerinde dökme hem de pürüzlü prekast beton ara yüzleri için yapılmıştır. Geofam bloklar 15 cm uzunluğunda 10 cm genişliğinde ve 2.5 cm kalınlığındadır (Şekil 3.2a). Ülkemizde üretilen geofam blokların genellikle 50 cm yüksekliğinde 100 cm genişliğinde ve 300 cm uzunluğunda üretildiğine göre (Ateş, 2016) çalışma kapsamında kullanılan numuneler prototip geofam blok boyutunun yaklaşık 1:20 ölçeğinde temsil etmektedirler.

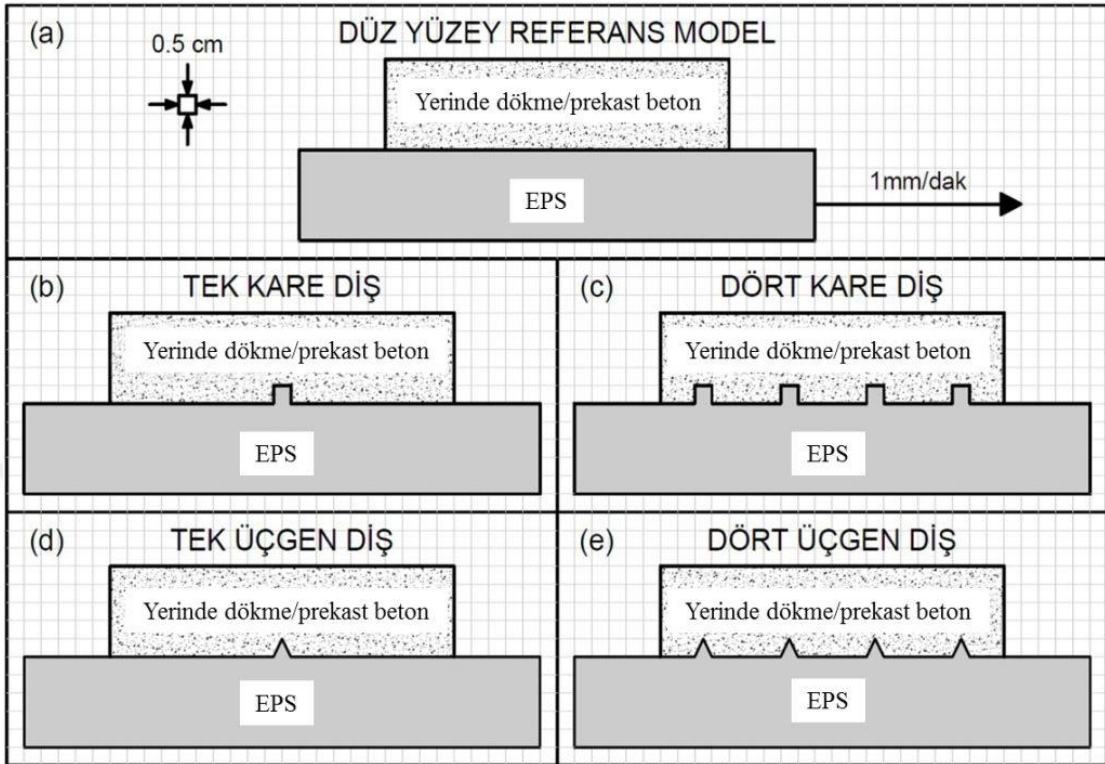
Çalışmada beş farklı grup numune kullanılmıştır. Birinci grup numuneler geleneksel geofam blokları (herhangi bir dişli geometriye sahip olmayan) temsil etmekte olup (Şekil 3.2a, 3.3a)), daha önce Sheeley ve Negussey (2000) tarafından geleneksel geofam-yerinde dökme beton ara yüzey deney sonuçları ile kıyaslamak ve dişli geofam yüzeylerden dolayı meydana gelecek iyileşmeyi kıyaslamak için incelenmiştir. Benzer şekilde, gene bu birinci grup numuneler daha önce AbdelSalam ve Azzam (2016) tarafından geleneksel geofam-pürüzlü prekast beton ara yüzey deney sonuçları ile kıyaslamak ve dişli geofam yüzeyler ile bunlara uygun kilit mekanizmasına sahip prekast betonarme panellerin ara yüzeyindeki meydana gelecek iyileşmeyi kıyaslamak için incelenmiştir.

İkinci grup geofam blok numunede bir adet 5 mm x 5 mm x 100 mm boyutlarında bir adet kare formunda (bir kare diş) diş mevcuttur (Şekil 3.2b, 3.3b). Üçüncü grup geofam blok numunelerde kısa kenar boyunca 5 mm x 5 mm x 100 mm boyutlarında dört adet kare formunda (dört kare diş) diş mevcuttur (Şekil 3.2c, 3.3c). Dördüncü grup geofam blok numunede kısa kenar boyunca 5 mm x 5 mm x 100 mm

boyutlarında bir adet üçgen formunda (bir üçgen diş) diş mevcuttur (Şekil 3.2d, 3.3d). Beşinci ve son grup geofoam blok numunede ise 5 mm x 5 mm x 100 mm boyutlarında dört adet üçgen formunda (dört üçgen diş) diş mevcuttur (Şekil 3.2e, 3.3e).



Şekil 3.2 Geofoam blok numuneler (Ateş, 2016)



Şekil 3.3 Geofoam blok-yerinde dökme/prekast beton ara yüzleri

3.1.2 Harç

Tezin bir sonraki deney sisteminin detaylarının verildiği bölümde görüleceği üzere ara yüzey mukavemetinin belirlenmesi için kullanılan kesme kutusunun genişliği ASTM D3080'e göre 50 mm'den az olmamak üzere, kullanılan zemin numunesinin en büyük dane çapının on katından az olmamalıdır. Pompa ile iletilen betonlarda en büyük dane boyutu 31.5 mm ve 22.4 mm olan ince ve iri agregadan oluşan karışık (tüvenan) malzemenin, pompa ile iletmeye en uygun dane çapı analizine göre yüzde 29 – 48'inin 8 mm'den büyük danelerden oluşması gerekmektedir (TS802, 2009). Bu agregalar için ara yüzey kayma deneyleri sırasında kullanılan 10 cm x 10 cm ara yüzey kesit alanı yeterli olmamaktadır. Dolayısı ile beton-geofoam ara yüzeyini temsil etmesi açısından TS EN 196-1'e göre standart CEN kumu (en büyük dane boyutu 2 mm) ve Arslan Çimentodan temin edilen CEM V/A (S-P) 32.5 N çimentosu kullanılarak hazırlanan

harç ile yapılmıştır. Standart CEN kumunun dane çapı dağılımı Tablo 3.2’de ve çimentonun özellikleri ise Tablo 3.3’de özetlenmiştir.

TS EN 196-1’e göre 450 ± 2 g çimento, 1350 ± 5 g standart kum ve 225 ± 1 g su içeren harç numuneleri hazırlanmış ve TE EN 196-1’de verilen prosedüre göre karıştırılmıştır. Taze harç üzerinde yayılma, birim ağırlık, hava miktarı, priz süresi ve özgül ağırlık deneyleri ile 7 ve 28 günlük numunelerin ise eğilme ve basınç mukavemeti deneyleri yapılmıştır.

Tablo 3.2 CEN standart kumun dane büyüklüğü dağılımı (TS EN 196-1, 2009)

Elek göz açıklığı (mm)	Elek üzerinde kalan (%)
2.00	0
1.60	7 ± 5
1.00	33 ± 5
0.50	67 ± 5
0.16	87 ± 5
0.08	99 ± 5

Tablo 3.3 Kompoze Arslan Çimento CEN V/A (S-P) 32.5 N teknik özellikleri

Özellik	Birim	Değer
Blanie	(cm^2/gr)	> 5000
Priz başlangıcı	(dak)	> 75
EN 196-1 Mortar başlangıç dayanımı 2 gün	MPa	> 16.0
28 gün	MPa	> 32.5
SO 3	(%)	< 3.50
Cl	(%)	< 0.10

TS EN 196-1'e göre üretilen taze harç üzerinden farklı zamanlarda (her bir eğilme ve basınç deney numunelerinin hazırlanması aşamasında) yapılan birim hacim ağırlık, yayılma (TS EN 1015-3, 2010) ve hava miktarı deneyleri Tablo 3.4'de özetlenmiştir.

TS EN 196-1'e göre elde edilen taze harç, 40 mm x 40 mm ve uzunlukları 160 mm olan üç adet prizma şekilli numunenin hazırlanabilmesine uygun olan kalıba yerleştirilmiştir. 7 ve 28 gün süre ile su içerisinde TS EN 196-1'e göre suda kürede tutulan numuneler üzerinden yapılan eğilme mukavemeti deneyleri Tablo 3.5'de özetlenmiştir. TS EN 196-1'e göre eğilme deneyi sonrasında ikiye bölünen prizma numuneler üzerinden basınç mukavemeti belirlenmiş ve Tablo 3.6'da özetlenmiştir.

Tablo 3.4 Taze harcın birim hacim ağırlık, yayılma ve hava miktarları

Özellik	Üretim #1	Üretim #2	Üretim #3	Üretim #4	Üretim #5	Üretim #6
Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	2.16	2.17	2.18	2.19	2.19	2.18
Yayılma miktarı (cm)	14.50	14.00	14.30	14.50	15.00	15.20
Hava miktarı (%)	4.20	3.80	3.54	3.06	3.23	3.51

Tablo 3.5 Eğilme Dayanımları (7 ve 28 günlük değerleri)

7 GÜNLÜK				KÜR KOŞULU
Numune	Yük (N)	Gerilme (MPa)	Ortalama (MPa)	
1	2096	4.9	4.8	Kalıptan çıkarıldıktan sonra deney gününe kadar suda
2	1994	4.7		
3	2040	4.8		
28 GÜNLÜK				
Numune	Yük (N)	Gerilme (MPa)	Ortalama (MPa)	
1	2725	6.1	6.0	
2	2604	6.1		
3	2289	5.4		

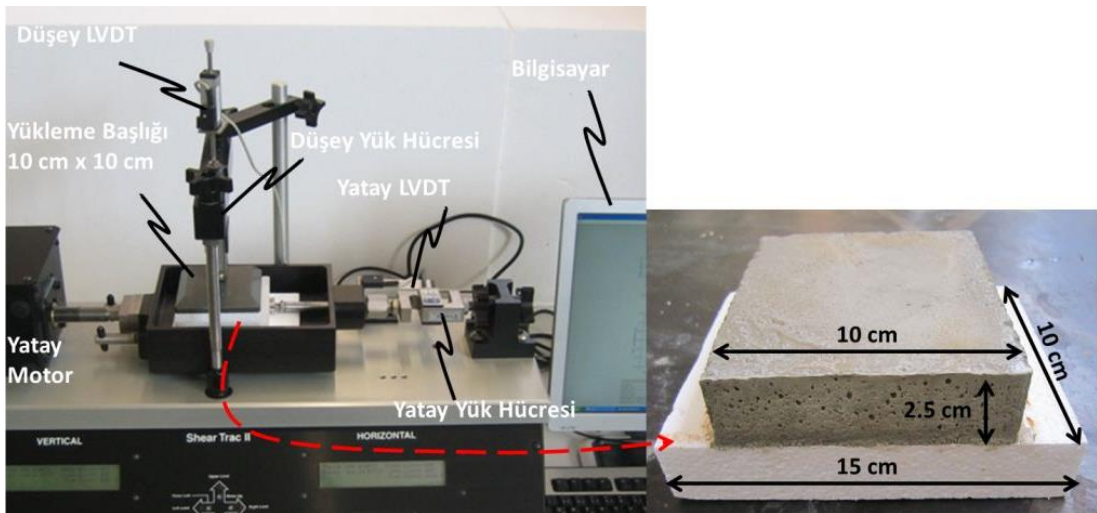
Tablo 3.6 Basınç Dayanımları (7 ve 28 günlük değerleri)

7 GÜNLÜK				KÜR KOŞULU
Numune	Yük (N)	Gerilme (MPa)	Ortalama (MPa)	
1	35722	22.32	23.1	Kalıptan çıkarıldıktan sonra deney gününe kadar suda
2	37743	23.58		
3	37322	23.32		
28 GÜNLÜK				
Numune	Yük (N)	Gerilme (MPa)	Ortalama (MPa)	
1	51762	32.35	31.0	
2	50647	31.65		
3	46205	28.87		

3.2 Metot

Geofoam blok-yerinde dökme/prekast beton ara yüzey mukavemetini belirlemek için herhangi bir standart deney bulunmamaktadır. Ancak, geosentetik-geosentetik ve zemin-geosentetik ara yüzey mukavemetini belirlemek amacıyla basit kesme metodunu (ASTM D3080, 2011) adapte eden ASTM D5321 (2014) metodu geofoam-geofoam ve

kilitli gefoam bloklar, kilitli gefoam blok-kum ara yüzey mukavemetlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır (Özer ve Akay; 2014; Özer vd., 2015; Özer ve Akay, 2016; Ateş, 2016; Özer vd., 2016; Özer vd., 2017a). Bu tez kapsamında da önceki çalışmalarda olduğu gibi (Özer ve Akay; 2014; Özer vd., 2015; Özer ve Akay, 2016; Ateş, 2016; Özer vd., 2016; Özer vd., 2017a) Geocomp firması tarafından geliştirilen tam otomatik direk ve rezidüel kesme test sistemi olan SherTrac-II sistemi ASTM D5321'e (2014) göre kullanılmıştır (Şekil 3.4). Şekil 3.4'de sunulduğu üzere sistemde bir düşey deplasman ölçer (LVDT) ve bir adet düşey yük ölçer bulunmaktadır. Ara yüzey kesme deneyleri sırasında numuneye uygulanacak sabit düşey yük bu yük hücresi ile ölçülmekte ve düşey motor sayesinde tüm kesme süresi boyunca sabit tutulmaktadır. Bunlara ek olarak birer adet yatay deplasman ölçer ve yatay yük hücresi bulunmaktadır. Kesme sırasında ara yüzeyde meydana gelen gerilmeler yatay yük hücresi ara yüzey deplasmanları ise yatay deplasman ölçer ile kayıt altına alınmaktadır.



Şekil 3.4 Geofom blok-yerinde dökme/prekast beton ara yüzey mukavemetinin belirlenmesinde kullanılan deney düzeneği

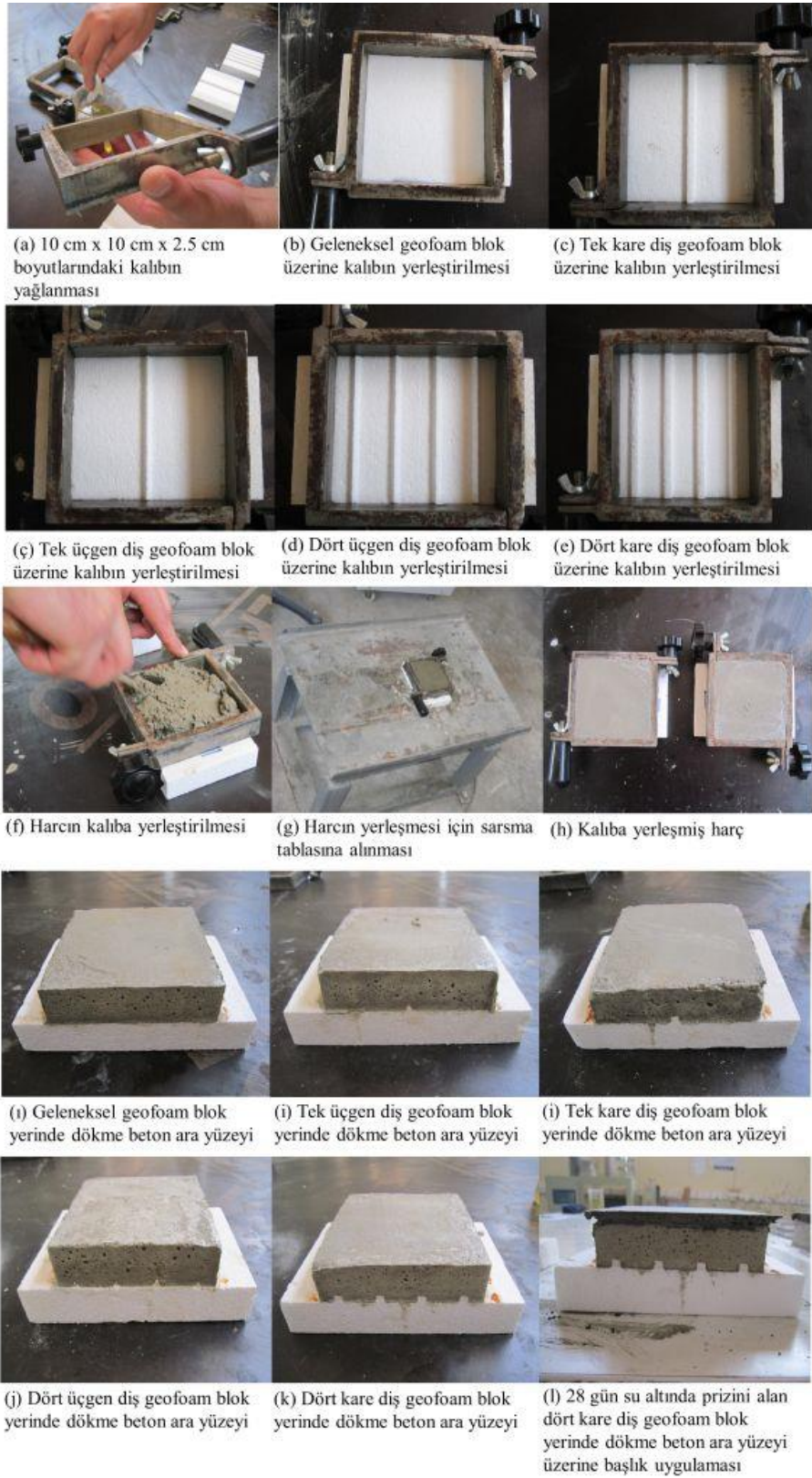
Tüm geofam blok-gerinde dökme beton ara yüz mukavemet deneyleri %10'luk birim yatay deplasmana karşılık gelen 1 cm'lik toplam yer değıştirmede sonlandırılmıştır. Deney sonuçlarının kontrolü için her bir deney seçilen bir düşey basınç altında tekrarlanarak yapılmış ve gerilme-şekil değıştirme eğrileri karşılaştırılmıştır.

Geleneksel geofam blok dolgular tasarlanırken servis yükleri altındaki izin verilebilir deformasyonların geofam'un elastik limiti olarak adlandırılan %1 birim boy kışalmasına karşılık gelen basınç mukavemeti değerinden fazla olması tavsiye edilmektedir (Horvath, 2010). Dolayısı ile önceki kilitli geofam blok ara yüzey çalışmalarında olduğu gibi (Özer vd., 2016; Akay ve Özer, 2016; Ateş, 2016) bu çalışma kapsamında da deneyler sırasında kullanılan maksimum düşey gerilme EPS19'un %1 birim boy kışalmadaki basınç mukavemeti olan 40 kPa (Tablo 3.1) olarak kullanılmıştır. Tüm ara yüzey deneyleri dört farklı (10, 20, 30 ve 40 kPa) düşey basınç altında yapılmıştır.

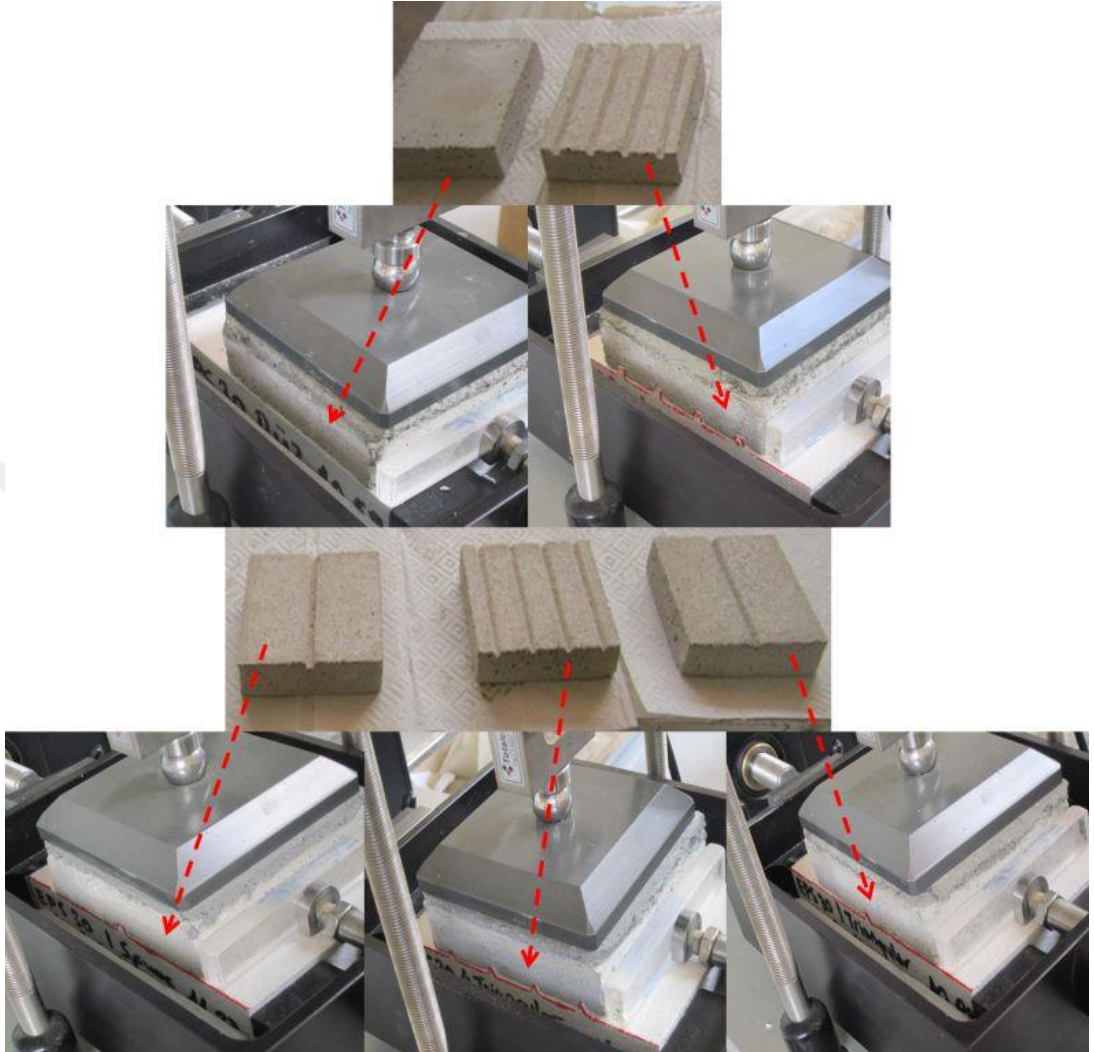
Yatay motor vasıtasıyla kesme hızının kontrolü sağlanmaktadır. Atmatzidis vd. (2001), Barrett ve Valsangkar (2009), Amini (2014), Özer ve Akay (2014), Özer vd. (2015); Özer ve Akay (2016), Ateş (2016), Özer vd. (2016), Özer vd. (2017a) çalışmalarında kullanıldığı gibi, bu çalışmada da kesme hızı olarak 1 mm/dk kullanılmıştır (Şekil 3.3).

Geofam blok-gerinde dökme beton ara yüzeyini (Şekil 1.6d) temsil etmek için fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 3.3-3.6 arasında verilen harç hazırlanan geofam blok numunelerin (Şekil 3.2) üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 3.5).

Basit kesme sisteminde düşey yükler 10 cm x 10 cm boyutlarındaki yükleme başlığı ile numunelere aktarıldığı için (Şekil 3.4) 10 cm x 10 cm x 2.5 cm boyutlarında ayrılabilir kalıplar imal edilerek (Şekil 3.5a) gefoam numunelerin üzerine yerleştirilip (Şekil 3.5b-e) harç dökülmüştür (Şekil 3.5f). Dolayısı ile gefoam bloklar ile harç arasında 10 cm x 10 cm alana sahip bir ara yüzey elde edilmiştir. Harcın kalıp içerisinde tam yerleşimini sağlamak amacıyla sarsma tablası kullanılmıştır (Şekil 3.5g). Sarsma tablasından alınan numuneler (Şekil 3.5h) bir gün sonra kalıplarından çıkarılmış (Şekil 3.5i-k) ve 28 gün süre ile suda kür edilmiştir. Kür süresi bitiminde ise kesme kutusunun 10 cm x 10 cm boyutlarındaki yükleme başlığı ile numunenin üst yüzeyi arasında tam temas sağlamak amacıyla tamir harcından başlık uygulaması yapılmıştır (Şekil 3.5l). Sonrasında numune basit kesme cihazına yerleştirilerek (Şekil 3.4) deneyler yapılmıştır. Gefoam blok-prekast beton ara yüzey mukavemet deneyleri için Şekil 3.6'da gösterilen TS EN 196-1'e göre üretilen harç kullanılarak imal edilmiş prekast elemanlar kullanılmıştır. Tüm prekast elemanlar 10 cm x 10 cm x 2.5 cm boyutlarında, tıpkı gefoam blok-yerinde dökme beton ara yüzünde olduğu gibi gefoam bloklar ile aralarında 10 cm x 10 cm ara yüzey oluşturacak şekilde üretilmişler ve 28 gün süre ile su altında kür edilmişlerdir. Kür süresi sonrasında kesme kutusunun düşey basınç uygulayan yükleme başlığı ile tam temas sağlaması için tamir harcı kullanılarak başlık yapılmıştır. Sonrasında ise prekast elemanlar gefoam blokların üzerlerine yerleştirilerek ara yüzey kesme deney düzeneğine yerleştirilmişlerdir (Şekil 3.6). Dişli gefoam blokların diş geometrilerine uygun şekilde hazırlanan prekast elemanlar sayesinde beton ile dişli gefoam bloklar arasında tam bir kenetlenme sağlanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.5 Geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey mukavemetinin belirlenmesinde kullanılan numunelerin hazırlanması aşamaları



Şekil 3.6 Geofabric blok-pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemetinin belirlenmesinde kullanılan numunelerin hazırlanması aşamaları

IV. BULGULAR VE TARTIŞMA

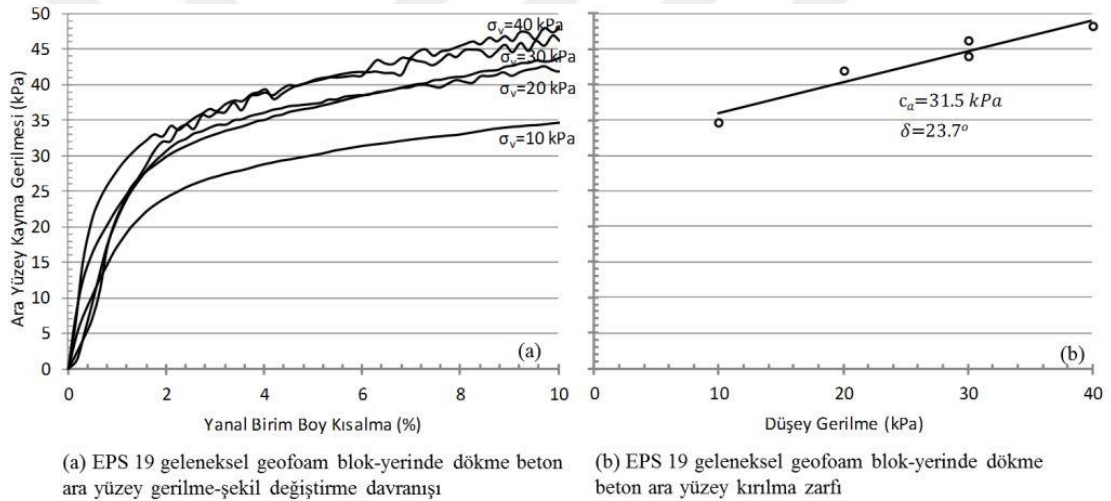
4.1 Geleneksel Geofam-Beton Ara Yüz Mukavemet Deneyleri

Geleneksel geofam bloklar ile hem yerinde dökme beton hem de pürüzlü prekast beton ara yüzleri için yapılan deneyler geçmiş çalışmalarla kıyaslanmıştır. Ayrıca geleneksel kullarımdaki ara yüz mukavemetleri dışlı geofam yüzeylerden dolayı meydana gelecek iyileşmeleri de kıyaslamak adına belirlenmiştir. Geofam-yerinde dökme beton ara yüz gerilme-şekil değiştirme davranışları ve mukavemet parametreleri ASTM D3080'e (2011) göre yapılan kesme kutusu (KK) deneyleri neticesinde belirlenmiştir.

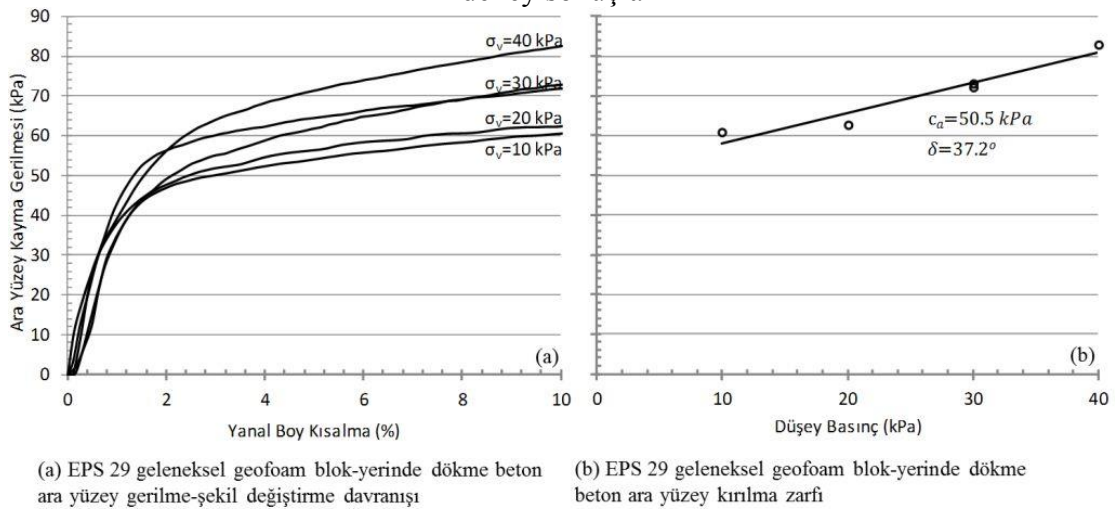
4.1.1 Geleneksel Geofam-Yerinde Dökme Beton Ara Yüz Mukavemet Deneyleri

Geofam blok-yerinde dökme beton ara yüzey mukavemeti Sheeley ve Negussey (2000) tarafından incelenmiştir. Bu tez kapsamında EPS19 ve EPS29-yerinde dökme beton ara yüzleri için gerilme-şekil değiştirme eğrileri ile birlikte kırılma zarfları sırası ile Şekil 4.1 ve 4.2'de sunulmuştur. Buna ek olarak elde edilen deney sonuçları Tablo 4.1'de önceki yayınlanmış çalışma ile karşılaştırma amacıyla özetlenmiştir. Şekil 4.1a ve Şekil 4.2a'dan da görüleceği üzere geofam blok-yerinde dökme beton ara yüzleri geofam dansitesinden bağımsız net bir pik değere ulaşmadığı gibi bir kalıcı (rezidüel) mukavemet de gözlemlenmemiştir. Dolayısı ile bu deneylerde ASTM D3080 (2011) uyarınca %10 yanal birim boy kısalmaya karşı gelen ara yüzey kayma mukavemetleri pik kayma mukavemeti olarak alınmış ve ara yüzey kırılma zarfları (Şekil 4.1b, 4.2b) çizilmiştir.

30 kPa düşey sabit gerilme altında yapılan ara yüzey deneyleri hem EPS19 hem de EPS29 için tekrar edilerek yapılmış ve gerilme-şekil değiştirme eğrileri sırası ile Şekil 4.1a ve 4.2a'da verilmiştir. Bu her iki şekilden de görüleceği üzere geofoam- yerinde dökme beton ara yüzey deneyleri tekrar edilebilen sonuçlar vermektedir. Geleneksel geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey mukavemet deney sonuçlarından hem EPS19 (Şekil 4.1) hem de EPS29 (Şekil 4.2) için elde edilen davranış sürtünmesel - adhezyonsaldır ($c_a > 0, \delta > 0$).



Şekil 4.1 EPS 19 geleneksel geofoam-yerinde dökme beton ara yüz mukavemeti deney sonuçları



Şekil 4.2 EPS 29 geleneksel geofoam-yerinde dökme beton ara yüz mukavemeti deney sonuçları

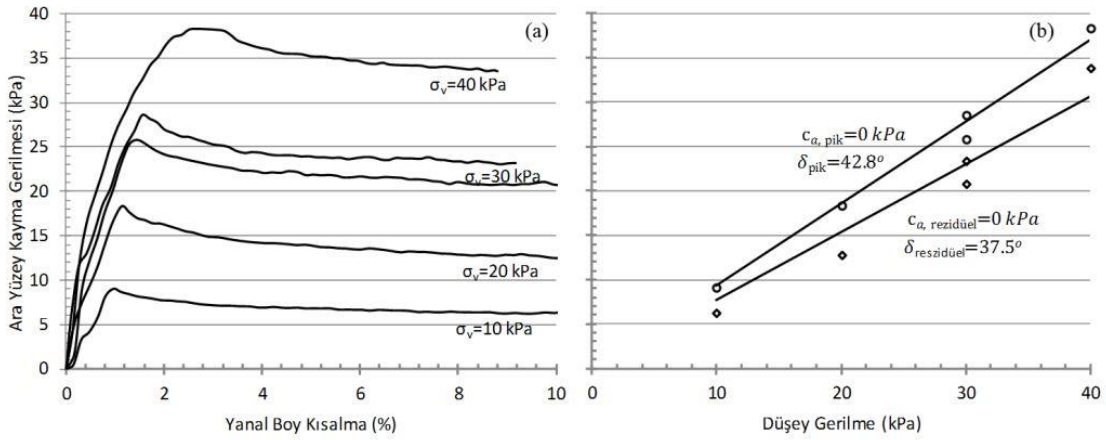
Sheeley ve Negussey (2000) herhangi bir kırılma zarfı teşkil etmeden sadece 32 kPa düşey gerilme altında yaptığı (Şekil 2.1) geleneksel EPS19 geofom-beton ara yüzey mukavemeti için 76 kPa adezyon mukavemeti rapor etmiştir (Tablo 4.1). Bu çalışmada ise dört farklı düşey basınç altında yapılan deneylerden elde edilen pik ara yüzey kayma mukavemetleri kullanılarak oluşturulan kırılma zarflarından (Şekil 4.1b ve Şekil 4.2b) elde edilen ara yüzey kayma mukavemeti parametreleri Tablo 4.1’de özetlenmiştir. 30 kPa düşey basınç altında EPS19-yerinde dökme beton ara yüzeyi için tekrarlı yapılan deneylerde pik ara yüzey kayma dayanımı 43.9 kPa ve 46.1 kPa (Şekil 4.1a) ve EPS29-yerinde dökme beton ara yüzeyi için tekrarlı yapılan deneylerde ise pik ara yüzey kayma dayanımı 72.1 kPa ve 72.9 kPa (Şekil 4.2a) olarak elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar benzer düşey basınç kademesinde Sheeley ve Negussey (2000) ile uyumlu sonuçlar göstermiştir (Tablo 4.1). Geofom blok yoğunluğunun artması ile yerinde dökme beton ile ara yüzey mukavemetinde iyileşme gözlemlenmiştir (Şekil 4.1, 4.2 ve Tablo 4.1). Geofom blok-yerinde dökme beton ara yüzeyi kuvvetli bir adezyon mukavemetine sahiptir (Tablo 4.1). Geofom blok-yerinde dökme beton ara yüz mukavemetine ek olarak, geofom blokların içsel mukavemetleri de Tablo 4.1’de sunulmuştur. Görüleceği üzere geofom blok yoğunluğundan bağımsız, geofom blok-yerinde dökme beton mukavemeti geofom blokların içsel kayma dayanımlarından yüksektir. Geleneksel geofom blok-yerinde dökme beton ara yüz mukavemeti deneylerinden elde edilen pik ara yüz mukavemet değerleri EK-1’de (EPS19-yerinde dökme beton için Deney No:1, 2, 3,4 ve 5; EPS29-yerinde dökme beton için Deney No:6, 7, 8, 9 ve 10) sunulmuştur.

Tablo 4.1. Geofoam-yerinde dökme beton ara yüzü mukavemet parametreleri

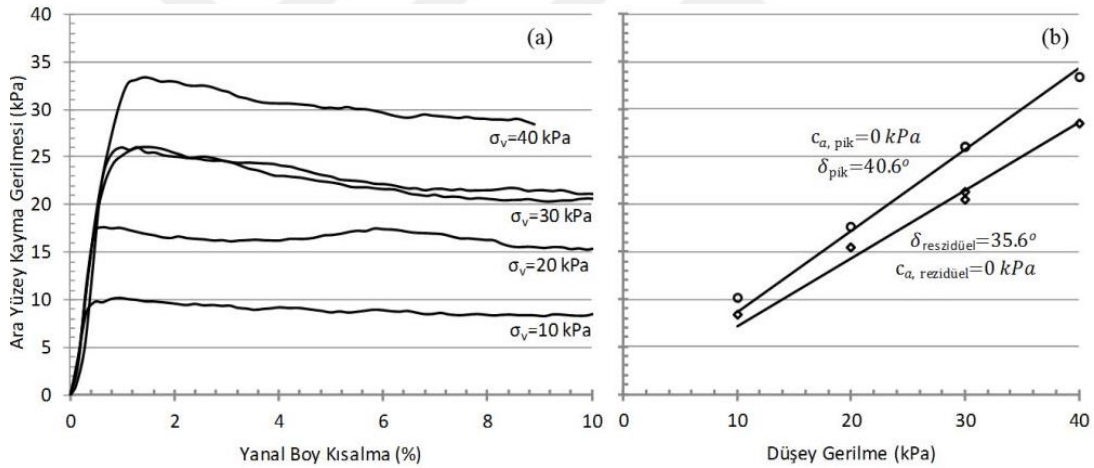
Referans	EPS Tipi	Deney Tipi / Numune boyutu	Düşey basınç, σ_v (kPa)	Ara Yüzey Mukavemet Parametreleri	
				Adezyon, c_a (kPa)	Ara yüzey Sürtünme Açısı, δ (derece)
Sheeley ve Negussey (2000)	EPS19		32	76.0	---
Bu Çalışma	EPS19	KK/100x100	$10 \leq \sigma_v \leq 40$	31.5	23.7
	EPS29			50.5	37.2
				Geofoam Bloğun İçsel Kayma Mukavemeti	
Özer ve Akay (2016)	EPS19	KK/100x100	$10 \leq \sigma_v \leq 40$	26.2	10.0
	EPS29			49.8	8.9

4.1.2 Geleneksel Geofoam-Pürüzlü Prekast Beton Ara Yüz Mukavemet Deneyleri

Geofoam blok-prekast beton ara yüzey mukavemeti AbdelSalam ve Azzam (2016) tarafından incelenmiştir. Bu tez kapsamında EPS19 ve EPS29-pürüzlü prekast beton ara yüzleri için gerilme-şekil değiştirme eğrileri ile birlikte kırılma zarfları sırası ile Şekil 4.3 ve 4.4'de sunulmuştur. Buna ek olarak elde edilen deney sonuçları Tablo 4.2'de AbdelSalam ve Azzam (2016) tarafından yayınlanan değerler ile karşılaştırma amacıyla özetlenmiştir.



Şekil 4.3 EPS 19 geleneksel geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemeti deney sonuçları



Şekil 4.4 EPS 29 geleneksel geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemeti deney sonuçları

EPS-19 ve EPS-29-pürüzlü prekast beton ara yüzey gerilme şekil değiştirme davranışlarından (Şekil 4.3a ve 4.4a, sırası ile) görüleceği üzere tüm düşey basınç kademesinde ara yüzey kayma gerilmesinin hızlıca pik değerine ulaşılmış (yanal yer değiştirme yaklaşık %1-%3 mertebelerine erişince), sonrasında ise kalıcı mukavemet değeri tam oluşuncaya kadar deneyler devam etmiştir.

Geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey davranışının aksine (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2), geofoam blok-pürüzlü prekast beton ara yüz deneyleri neticesinde 0-40 kPa normal gerilmeler altında elde edilen davranış tamamen sürtünmesel ($c_a = 0, \delta > 0$) olup benzer ara yüzey sürtünme açıları elde edilmiştir (Şekil 4.3b, Şekil 4.4b ve Tablo 4.2). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar AbdelSalam ve Azzam (2016) tarafından rapor edilen pik mukavemet parametreleri ile uyumludur (Tablo 4.2).

Hem EPS19 hem de EPS29-pürüzlü prekast beton yüzeyler için 30 kPa sabit düşey gerilme altında yapılan deneyler tekrarlı yapılmış ve kesme aşamasında elde edilen gerilme-şekil değiştirme davranışları tekrar edebilen sonuçlar vermiştir (Şekil 3.3a, 3.4a). Geofoam blok-pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemetinin EPS19'un %1 birim boy kısalmadaki basınç mukavemetinden daha düşük düşey gerilmeler altında geofoam blok yoğunluğundan bağımsız benzer sonuçlar vermiştir (Tablo 4.2). Geofoam blok-pürüzlü prekast beton ara yüz deneylerinden elde edilen pik ara yüzey mukavemet değerleri Ek-1'de (EPS19-pürüzlü prekast beton için Deney No:11, 12, 13, 14 ve 15; EPS29-pürüzlü prekast beton için Deney No:16, 17, 18, 19 ve 20) sunulmuştur.

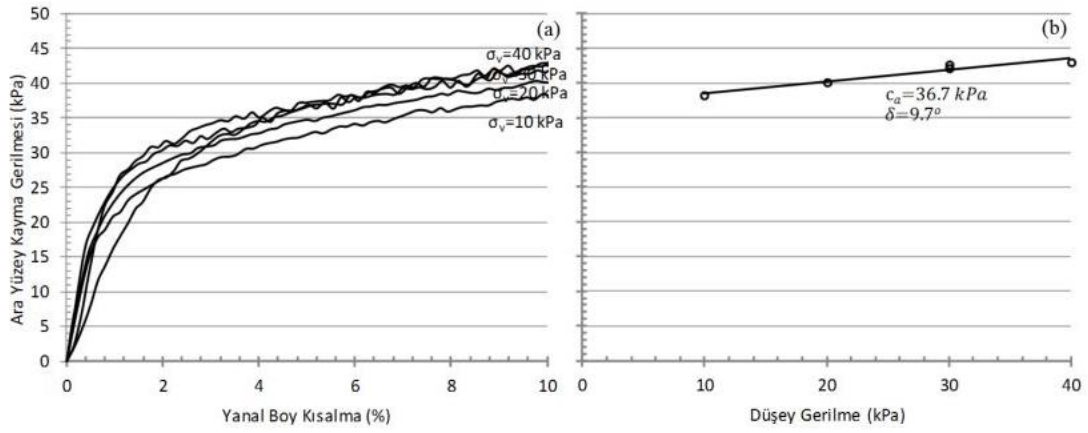
Tablo 4.2. Geofom-pürüzlü prekast beton ara yüzü mukavemet parametreleri

Referans	EPS Tipi	Deneş Tipi / Numune boyutu	Düşey basınç, σ_v (kPa)	Ara Yüzey Mukavemet Parametreleri			
				Pik		Rezidüel (Kalıcı)	
				c_a (kPa)	δ (derece)	c_a (kPa)	δ (derece)
AbdelSalam ve Azzam (2016)	EPS19	KK/ 100x100	$10 \leq \sigma_v < 30$	0.3	44.0	---	---
Bu Çalışma	EPS19		$10 \leq \sigma_v \leq 40$	0	42.8	0	37.5
	EPS29			0	40.6	0	35.6

4.2 Dişli Geofom-Yerinde Dökme Beton Ara Yüz Mukavemet Deneşleri

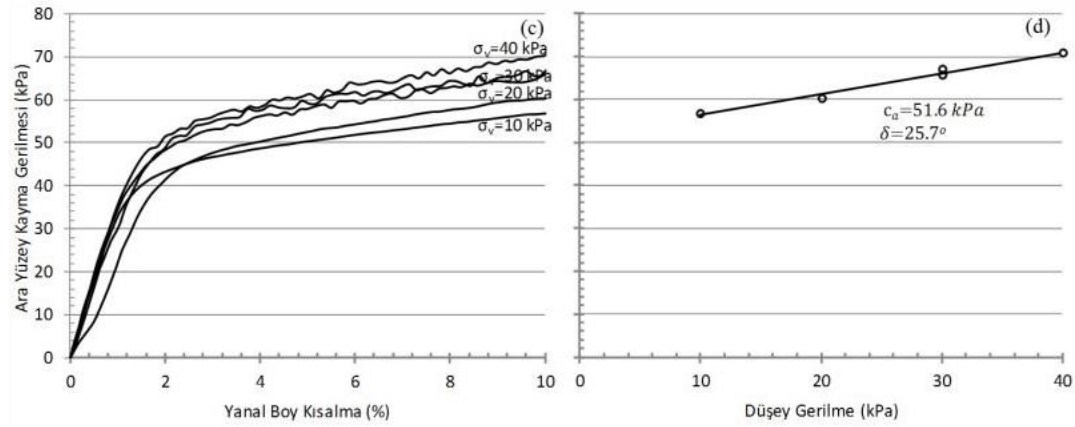
4.2.1 Bir Üçgen Dişli Geofom-Yerinde Dökme Beton Ara Yüz Deneşleri

EPS19 ve EPS29 bir üçgen dişli (Şekil 3.2d, 3.3d) geofom-yerinde dökme beton ara yüzey gerilme-şekil değiştirme eğrileri ve ara yüzey mukavemet zarfları Şekil 4.5'de verilmiştir. Ara yüzey mukavemet parametreleri ise hem Şekil 4.5'de hem de Tablo 4.3'de özetlenmiştir. Bir üçgen dişli geofom-yerinde dökme beton ara yüz mukavemet deneşleri neticesinde ölçülen pik ara yüzey mukavemetleri EK-1'de (Bir üçgen dişli EPS19-yerinde dökme beton için Deneş No:21, 22, 23, 24 ve 25; Bir üçgen dişli EPS29-yerinde dökme beton için Deneş No:26, 27, 28, 29 ve 30) sunulmuştur.



(a) Bir üçgen dişli EPS19-yerinde dökme beton ara yüzey gerilme-şekil değiştirme davranışı

(b) Bir üçgen dişli EPS19-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarfı



(c) Bir üçgen dişli EPS29-yerinde dökme beton ara yüzey gerilme-şekil değiştirme davranışı

(d) Bir üçgen dişli EPS29-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarfı

Şekil 4.5 Bir üçgen dişli geofoam-yerinde dökme beton ara yüz mukavemeti deney sonuçları

Geleneksel geofoam bloktaki ara yüzey, bir üçgen dişli geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzeyini 0.5 cm genişliğinde, 0.5 cm yüksekliğinde ve 10 cm uzunluğunda bir dişle kesintiye uğratmasından dolayı elde edilen adezyon mukavemetinde artış olmuştur (Şekil 4.5b ve 4.5d). Bununla birlikte geleneksel geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzeyinde ölçülen ara yüzey sürtünme açlarına göre (Şekil 4.1b, 4.2b ve Tablo 4.1), tek üçgen dişli geofoam-yerinde dökme beton ara yüzlerinde gözlemlenen ara yüzey sürtünme açlarında her iki yoğunluktaki geofoam bloklarda azalma meydana gelmiştir (Şekil 4.5b ve 4.5d).

Tablo 4.3 Dişli geofoam-yerinde dökme beton/pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemet parametreleri

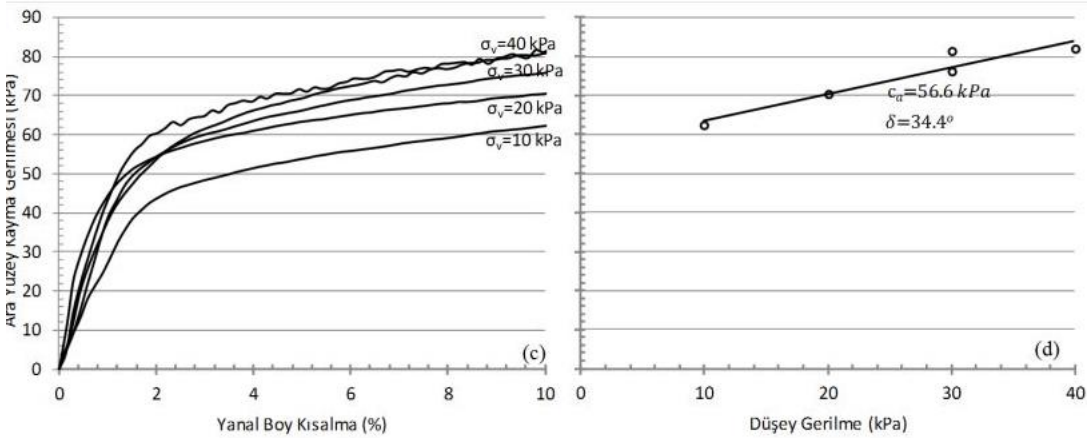
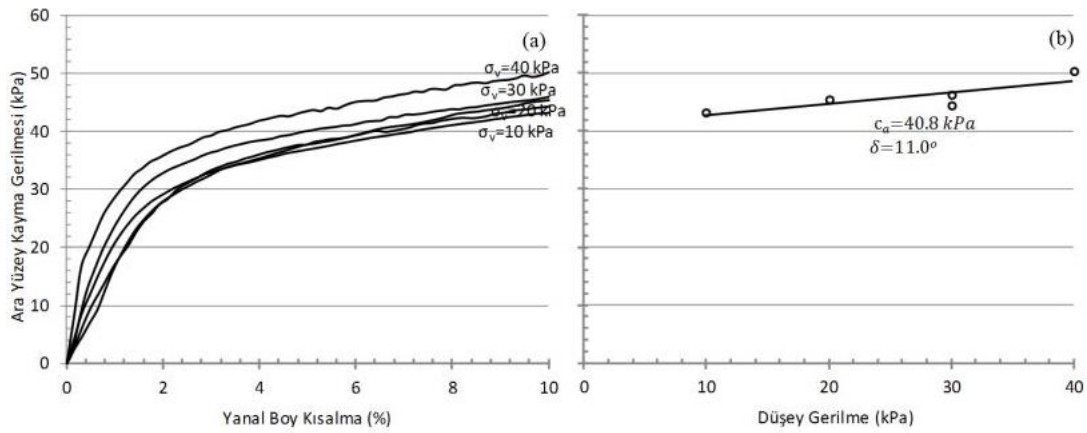
Ara yüz Adı	EPS Tipi	Ara Yüzey Mukavemet Parametreleri			
		Pik		Rezidüel (Kalıcı)	
		c_a (kPa)	δ (derece)	c_a (kPa)	δ (derece)
Bir Üçgen Dişli Geofoam-Yerinde Dökme Beton	EPS19	36.7	9.7	---	---
	EPS29	51.6	25.7	---	---
Bir Kare Dişli Geofoam-Yerinde Dökme Beton	EPS19	40.8	11.0	---	---
	EPS29	56.6	34.4	---	---
Dört Üçgen Dişli Geofoam-Yerinde Dökme Beton	EPS19	34.3	24.2	---	---
	EPS29	63.2	15.5	---	---
Dört Kare Dişli Geofoam-Yerinde Dökme Beton	EPS19	29.0	26.8	---	---
	EPS29	56.8	29.7	---	---
Bir Üçgen Dişli Geofoam-Pürüzlü Prekast Beton	EPS19	9.9	39.2	---	---
	EPS29	2.2	46.1	3.5	39.9
Bir Kare Dişli Geofoam- Pürüzlü Prekast Beton	EPS19	15.1	36.3	---	---
	EPS29	8.3	50.3	1.0	50.1
Dört Üçgen Dişli Geofoam- Pürüzlü Prekast Beton	EPS19	24.1	23.8	---	---
	EPS29	24.2	43.1	---	---
Dört Kare Dişli Geofoam- Pürüzlü Prekast Beton	EPS19	24.3	20.3	---	---
	EPS29	26.1	44.6	---	---

Kırılma zarfları, ASTM D3080 (2011) uyarınca %10 yanal birim boy kısaltmaya karşı gelen ara yüzey kayma mukavemetleri pik kayma mukavemeti olarak çizilmiştir. Tıpkı geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey davranışı gibi tek üçgen dişli geofoam-yerinde dökme beton ara yüzey davranışı da sürtünmesel-adhezyonsal ($c_a > 0$, $\delta > 0$) davranış olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5b ve 4.5d).

4.2.2 Bir Kare Dişli Gefoam-Yerinde Dökme Beton Ara Yüz DeneYleri

EPS19 ve EPS29 bir kare dişli (Şekil 3.2b, 3.3b) gefoam-yerinde dökme beton ara yüzey gerilme-şekil değiştirme eğrileri ve ara yüzey mukavemet zarfları Şekil 4.6'da sunulmuştur. Ara yüzey mukavemet parametreleri ise hem Şekil 4.6'de hem de Tablo 4.3'de özetlenmiştir. Bir kare dişli gefoam-yerinde dökme beton ara yüz mukavemet deneYleri neticesinde ölçülen pik ara yüzey mukavemetleri EK-1'de (Bir kare dişli EPS19-yerinde dökme beton için DeneY No:31, 32, 33, 34 ve 35; Bir kare dişli EPS29-yerinde dökme beton için DeneY No:36, 37, 38, 39 ve 40) sunulmuştur.

Geleneksel gefoam bloktaki ara yüzey, bir kare dişli gefoam blok-yerinde dökme beton ara yüzeyini 0.5 cm genişliğinde, 0.5 cm yüksekliğinde ve 10 cm uzunluğunda bir kare dişle kesintiye uğratmasından dolayı elde edilen adezyon mukavemetinde artış olmuştur (Şekil 4.6b ve 4.6d). Bununla birlikte geleneksel gefoam blok-yerinde dökme beton ara yüzeyinde ölçülen ara yüzey sürtünme açlarına göre (Şekil 4.1b ve 4.2b), tek kare dişli gefoam-yerinde dökme beton ara yüzlerinde gözlemlenen ara yüzey sürtünme açılarında her iki yoğunluktaki gefoam bloklarda azalma meydana gelmiştir (Şekil 4.6b ve 4.6d). Kırılma zarfları, ASTM D3080 (2011) uyarınca %10 yanal birim boy kısalmaya karşı gelen ara yüzey kayma mukavemetleri pik kayma mukavemeti olarak çizilmiştir. Tıpkı gefoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey davranışı gibi bir kare dişli gefoam-yerinde dökme beton ara yüzey davranışı da sürtünmesel-adhezyonsal ($c_a > 0$, $\delta > 0$) davranış olarak belirlenmiştir (Şekil 4.6b ve 4.6d).

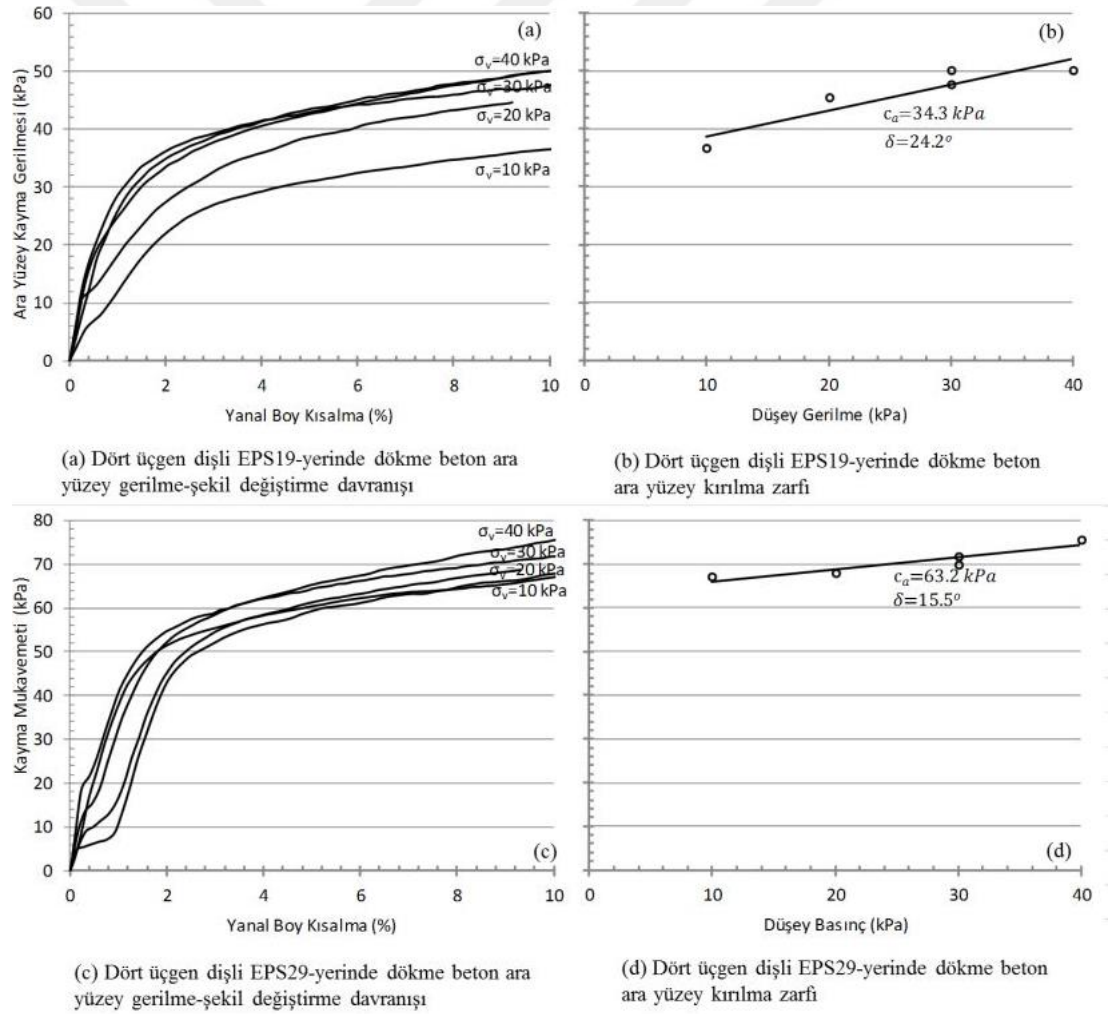


Şekil 4.6 Bir kare dişli geofoam-yerinde dökme beton ara yüz mukavemeti deney sonuçları

30 kPa sabit düşey basınç altında her iki geofoam blok dansitesi için ara yüz mukavemet deneyleri tekrar edilerek yapılmış ve benzer gerilme-şekil değiştirme davranışları göstermişlerdir (Şekil 4.6a ve 4.6c). Tıpkı geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey mukavemet parametrelerinde olduğu gibi (Tablo 4.1) tek kare dişli geofoam-yerinde dökme beton ara yüzey mukavemet parametreleri de geofoam dansitesi arttıkça iyileşmiştir (Şekil 4.6b, 4.6d ve Tablo 4.3).

4.2.3 Dört Üçgen Dişli Geofoam-Yerinde Dökme Beton Ara Yüz Deneyleri

EPS19 ve EPS29'dan oluşan dört üçgen dişli (Şekil 3.2e ve 3.3e) geofoam-yerinde dökme beton ara yüze gerilme-şekil değiştirme eğrileri ve mukavemet zarfları Şekil 4.7'de verilmiştir. Ara yüzey mukavemet parametreleri Şekil 4.7b ve 4.7d'de hem de Tablo 4.3'de sunulmuştur. Kırılma zarfları, ASTM D3080 (2011) uyarınca %10 yanıl birim boy kısalmaya karşı gelen ara yüzey kayma mukavemetleri pik kayma mukavemeti olarak çizilmiştir.



Şekil 4.7 Dört üçgen dişli geofoam-yerinde dökme beton ara yüz mukavemeti deney sonuçları

Dört üçgen dişli geofoam-yerinde dökme beton ara yüz mukavemeti deneylerinden elde edilen pik ara yüz mukavemet değerleri EK-1’de (Dört üçgen dişli EPS19-yerinde dökme beton için Deney No: 41, 42, 43, 44 ve 45; dört üçgen dişli EPS29-yerinde dökme beton için Deney No: 46, 47, 48, 49 ve 50) sunulmuştur.

Bir üçgen dişli geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzeyinde olduğu gibi (Şekil 4.5), dört dişli geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey davranışı da sürtünmesel-adhezyonsal ($c_a > 0$, $\delta > 0$) davranış göstermiştir (Şekil 4.7). Bununla birlikte, dört üçgen dişli geofoam bloklar tek üçgen dişli bloklara göre dört kat daha fazla ara yüzey kenetlenme alanına sahip olmalarına rağmen, ara yüzey adezyon mukavemetinde tek üçgen dişli geofoam bloklara nazaran EPS19 için bir artış gözlemlenmemiş ve EPS29 için ise daha yüksek elde edilmiştir. Örneğin, 10 kPa düşey basınç altında tek dişli EPS19 geofoam-yerinde dökme beton ara yüzü için ölçülen kayma dayanımı 38.2 kPa (Şekil 4.5a) iken dört dişli EPS19 geofoam yerinde dökme beton ara yüzünde 36.6 kPa (Şekil 4.7a) olarak ölçülmüştür. Diğer düşey basınç kademelerinde de elde edilen yakın sonuçlardan dolayı üçgen geometriye sahip EPS19’ların diş sayısı yerinde dökme beton adezyon mukavemetini etkilememiştir. Bununla birlikte dansitenin artması ile, 40 kPa düşey basınç altında tek üçgen dişli EPS29 geofoam-yerinde dökme beton için ölçülen katma dayanımı 70.8 kPa’dan (Şekil 4.5c) dört dişli EPS29 geofoam- yerinde dökme beton ara yüzünde 75.6 kPa’ya yükselmiştir (Şekil 4.7c).

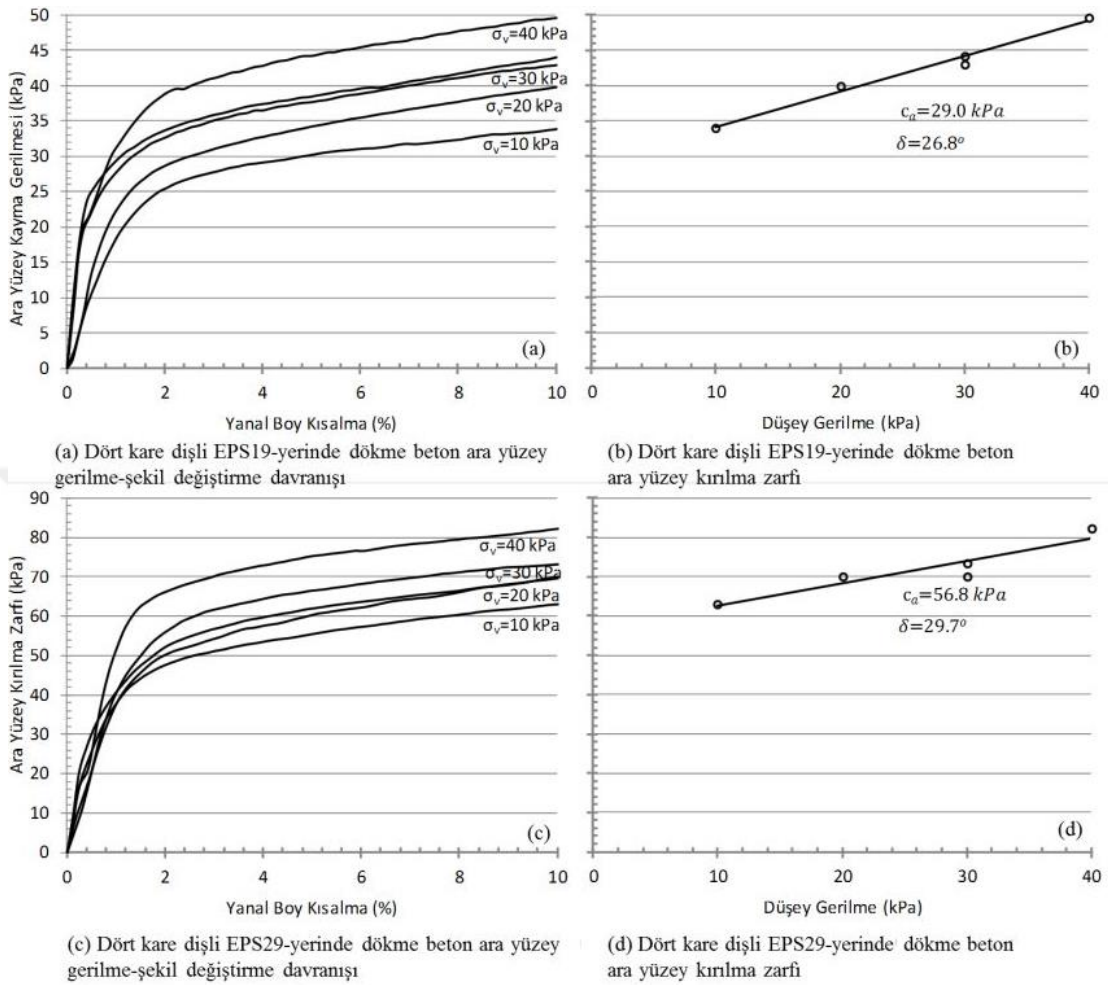
30 kPa sabit düşey basınç altında yapılan ara yüz mukavemet deneyleri tekrar edilmiş (Şekiller 4.7a ve 4.7b) ve tekrar edilebilen sonuçlar vermişlerdir. Tıpkı geofoam

blok-yerinde dökme beton, tek üçgen/tek kare dişli geofoam-yerinde dökme beton ara yüzey mukavemet parametrelerinde olduğu gibi (Tablo 4.1) dört üçgen dişli geofoam-yerinde dökme beton ara yüzey mukavemet parametreleri de geofoam dansitesi arttıkça iyileşmiştir (Şekil 4.7b, 4.7d ve Tablo 4.3).

4.2.4 Dört Kare Dişli Geofoam-Yerinde Dökme Beton Ara Yüz Deneyleri

EPS19 ve EPS29'dan oluşan dört kare dişli (Şekil 3.2c ve 3.3c) geofoam-yerinde dökme beton ara yüze gerilme-şekil değiştirme eğrileri ve mukavemet zarfları Şekil 4.8'de verilmiştir. Ara yüzey mukavemet parametreleri Şekil 4.8b ve 4.8d'de hem de Tablo 4.3'de sunulmuştur. Şekil 4.8b ve 4.8d'de verilen kırılma zarfları, ASTM D3080 (2011) uyarınca %10 yanıl birim boy kısalmaya karşı gelen ara yüzey kayma mukavemetleri pik kayma mukavemeti olarak çizilmiştir. Dört kare dişli geofoam-yerinde dökme beton ara yüz mukavemeti deneylerinden elde edilen pik ara yüz mukavemet değerleri EK-1'de (Dört kare dişli EPS19-yerinde dökme beton için Deney No: 51, 52, 53, 54 ve 55; dört üçgen dişli EPS29-yerinde dökme beton için Deney No: 56, 57, 58, 59 ve 60) sunulmuştur.

Bir kare dişe sahip geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzeyinde olduğu gibi (Şekil 4.6), dört dişli geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey davranışı da sürtünmesel-adhezyonsal ($c_a > 0$, $\delta > 0$) davranış göstermiştir (Şekil 4.8). Bununla birlikte, dört kare dişli geofoam bloklar tek kare dişli bloklara göre dört kat daha fazla ara yüzey kenetlenme alanına sahip olmalarına rağmen, ara yüzey adezyon mukavemetinde tek kare dişli geofoam bloklara nazaran EPS19 ve EPS29 için bir artış gözlemlenmemiştir.



Şekil 4.8 Dört kare dişli gefoam-yerinde dökme beton ara yüz mukavemeti deney sonuçları

Hem tek kare dişli (Şekil 4.6a ve 4.6c) hem de dört kare dişli (Şekil 4.8a ve 4.8c) deneylerde aynı düşey yük kademelerinde her bir gefoam blok tipi için benzer pik ara yüzey kayma gerilmeleri elde edilmiştir (EK-1). Örneğin, 40 kPa düşey basınç altında tek kare dişli EPS19 gefoam-yerinde dökme beton ara yüzü için ölçülen kayma dayanımı 50.3 kPa (Şekil 4.6a) iken dört kare dişli EPS19 gefoam yerinde dökme beton ara yüzünde 49.6 kPa (Şekil 4.8a) olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde, 40 kPa düşey basınç altında tek kare dişli EPS29 gefoam-yerinde dökme beton ara yüzü için

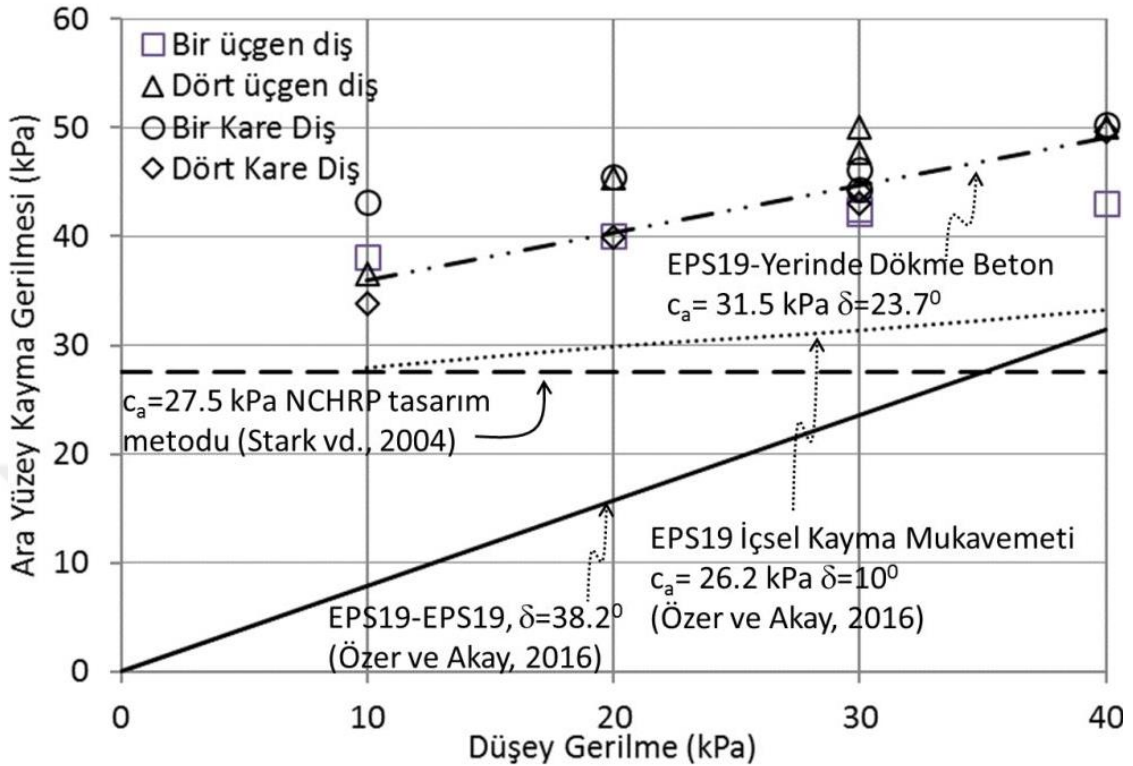
ölçülen kayma dayanımı 82.0 kPa (Şekil 4.6c) iken dört kare dişli EPS29 geofoam yerinde dökme beton ara yüzünde 82.1 kPa (Şekil 4.8c) olarak ölçülmüştür.

30 kPa sabit düşey basınç altında yapılan ara yüz mukavemet deneyleri tekrar edilmiş (Şekiller 4.8a ve 4.8b) ve tekrar edilebilen sonuçlar vermişlerdir. Tıpkı geofoam blok-yerinde dökme beton, tek üçgen/tek kare/dört üçgen dişli geofoam-yerinde dökme beton ara yüzey mukavemet parametrelerinde olduğu gibi (Tablo 4.1) dört kare dişli geofoam-yerinde dökme beton ara yüzey mukavemet parametreleri de geofoam yoğunluğu arttıkça yükselmiştir (Şekil 4.8b, 4.8d ve Tablo 4.3).

4.3 Geofoam-Yerinde Dökme Beton Ara Yüzey Kırılma Zarflarının

Değerlendirilmesi

Dişli geofoam bloklar-yerinde dökme beton ara yüzey mukavemetlerinin geleneksel geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey mukavemeti ile kıyası amacıyla deneylerde elde edilen kırılma zarfları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Tek üçgen dişli, tek kare dişli, dört üçgen dişli ve dört kare dişli geofoam blokların ara yüzey kırılma zarfları EPS19-yerinde dökme beton için Şekil 4.9'da verilmiştir. Bu şekilde dişli bloklar-yerinde dökme beton ara yüzüne ek olarak, NCHRP tasarım metodu tarafından önerilen (Stark vd., 2004) ve Özer ve Akay (2016) tarafından belirlenen geofoam blokların içsel kayma dayanım zarfları da verilmiştir. Ayrıca, geleneksel geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarfları ile birlikte geleneksel geofoam blok-geofoam blok (Özer ve Akay, 2016) kırılma zarfları da sunulmuştur.



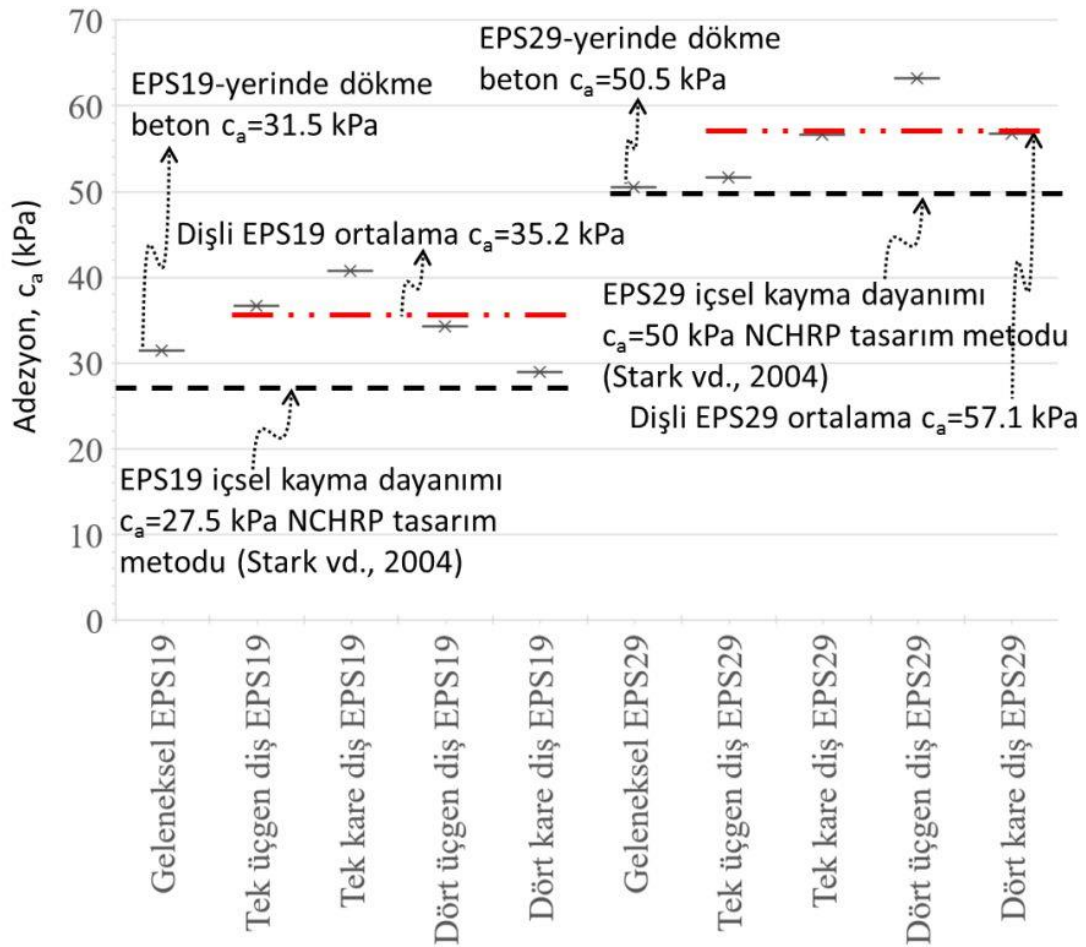
Şekil 4.9 Dişli EPS19 geofom blok-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarflarının karşılaştırılması

Tüm dişli ve geleneksel EPS19-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarflarından görüldüğü üzere 10-40 kPa sabit düşey basınçlarda elde edilen ara yüzey kayma gerilmelerinin hem NCHRP tarafından önerilen (Stark vd., 2004) hem de Özer ve Akay (2016) tarafından rapor edilen EPS19'un içsel kayma mukavemetinden daha büyük değerlere ulaştığı görülmektedir. EPS19-EPS19 ara yüzey davranışları tamamen sürtünmesel iken (Şekil 4.9, Özer ve Akay, 2016), tüm dişli ve geleneksel EPS19-yerinde dökme beton ara yüzey davranışları sürtünmesel-adhezyonsal elde edilmiştir (Şekil 4.9).

Diş geometrisine bakılmaksızın dişli geofom bloklar geleneksel EPS19-yerinde dökme beton ara yüzey davranışında az da olsa bir iyileştirme sağlamakla birlikte yakın pik ara yüzey katma gerilmeleri elde edilmiştir (Şekil 4.9, Şekil 4.10, EK-

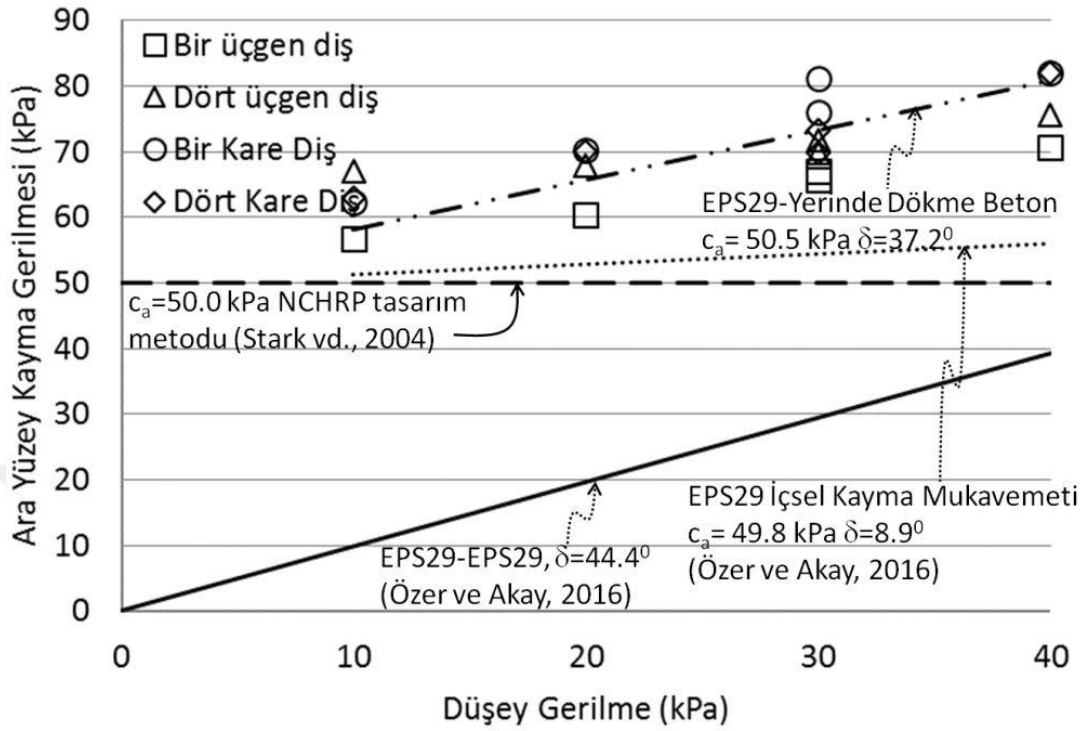
1). 10 kPa sabit düşey gerilme altında bir üçgen ve bir kare dış, 20 kPa ve 30 kPa sabit düşey gerilme altında bir kare ve dört üçgen dış ara yüzey pik kayma dayanımları geleneksel EPS19-yerinde dökme beton ara yüzey kayma dayanımlarından yüksek elde edilmiştir (Şekil 4.9). Bununla birlikte 10 kPa sabit düşey gerilme altında dört kare dış, 30 kPa sabit düşey gerilme altında bir üçgen ve dört kare dış ve 40 kPa sabit düşey gerilme altında ise bir üçgen dış-yerinde dökme beton ara yüzleri ise geleneksel EPS19-yerinde dökme beton ara yüzey kayma dayanımlarından düşük elde edilmiştir.

EPS19 geofam bloklar için dış geometrisinin ara yüzey adezyon mukavemetine etkisi Şekil 4.10'da incelenmiştir. Deneyler neticesinde elde edilen adezyon mukavemeti değerleri (Tablo 4.3) EPS19'un içsel kayma dayanımı ile karşılaştırılmıştır (Şekil 4.10). Bu şekilden de görüleceği üzere geleneksel EPS19-yerinde dökme beton ara yüz adezyon mukavemetinde ($c_a=31.5$ kPa) dış geometrisinden bağımsız az da olsa bir artış meydana gelmiştir (dışli geometriler için $c_{a-ortalama}=35.2$ kPa).



Şekil 4.10 Dişli geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey adezyon mukavemetlerinin karşılaştırılması

Tek üçgen dişli, tek kare dişli, dört üçgen dişli ve dört kare dişli geofoam blokların ara yüzey kırılma zarfları EPS29-yerinde dökme beton için Şekil 4.11’de verilmiştir. Bu şekilde dişli bloklar-yerinde dökme beton ara yüzüne ek olarak, NCHRP tasarım metodu tarafından önerilen (Stark vd., 2004) ve Özer ve Akay (2016) tarafından belirlenen geofoam blokların içsel kayma dayanım değerleri de verilmiştir. Ayrıca, geleneksel geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarfları ile birlikte geleneksel geofoam blok-geofoam blok (Özer ve Akay, 2016) kırılma zarfları da sunulmuştur.



Şekil 4.11 Dişli EPS29 geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarflarının karşılaştırılması

Tüm dişli ve geleneksel EPS29-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarflarından görüldüğü üzere 10-40 kPa sabit düşey basınçlarda elde edilen ara yüzey kayma gerilmelerinin hem NCHRP tarafından önerilen (Stark vd., 2004) hem de Özer ve Akay (2016) tarafından rapor edilen EPS29'un içsel kayma mukavemetinden daha büyük değerlere ulaştığı görülmektedir. EPS29-EPS29 ara yüzey davranışları tamamen sürtünmesel iken (Şekil 4.11, Özer ve Akay, 2016), tüm dişli ve geleneksel EPS29-yerinde dökme beton ara yüzey davranışları sürtünmesel-adhezyonsal elde edilmiştir (Şekil 4.11).

Diş geometrisine bakılmaksızın dişli EPS29 geofoam bloklar geleneksel EPS29-yerinde dökme beton ara yüzey davranışında az da olsa bir iyileştirme sağlamakla birlikte yakın pik ara yüzey katma gerilmeleri elde edilmiştir (Şekil 4.11, EK-1). 10 kPa sabit düşey gerilme altında bir kare, dört üçgen ve dört kare diş, 20 kPa

sabit düşey gerilme altında bir kare ve dört üçgen dış ve 30 kPa düşey gerilme altında bir kare dış ve ara yüzey pik kayma dayanımları geleneksel EPS29-yerinde dökme beton ara yüzey kayma dayanımlarından yüksek elde edilmiştir (Şekil 4.9). Bununla birlikte 10 kPa ve 20 kPa sabit düşey gerilme altında bir üçgen dış, 30 kPa ve 40 kPa sabit düşey gerilme altında bir üçgen dış-yerinde dökme beton ara yüzleri ise geleneksel EPS29-yerinde dökme beton ara yüzey kayma dayanımlarından düşük elde edilmiştir.

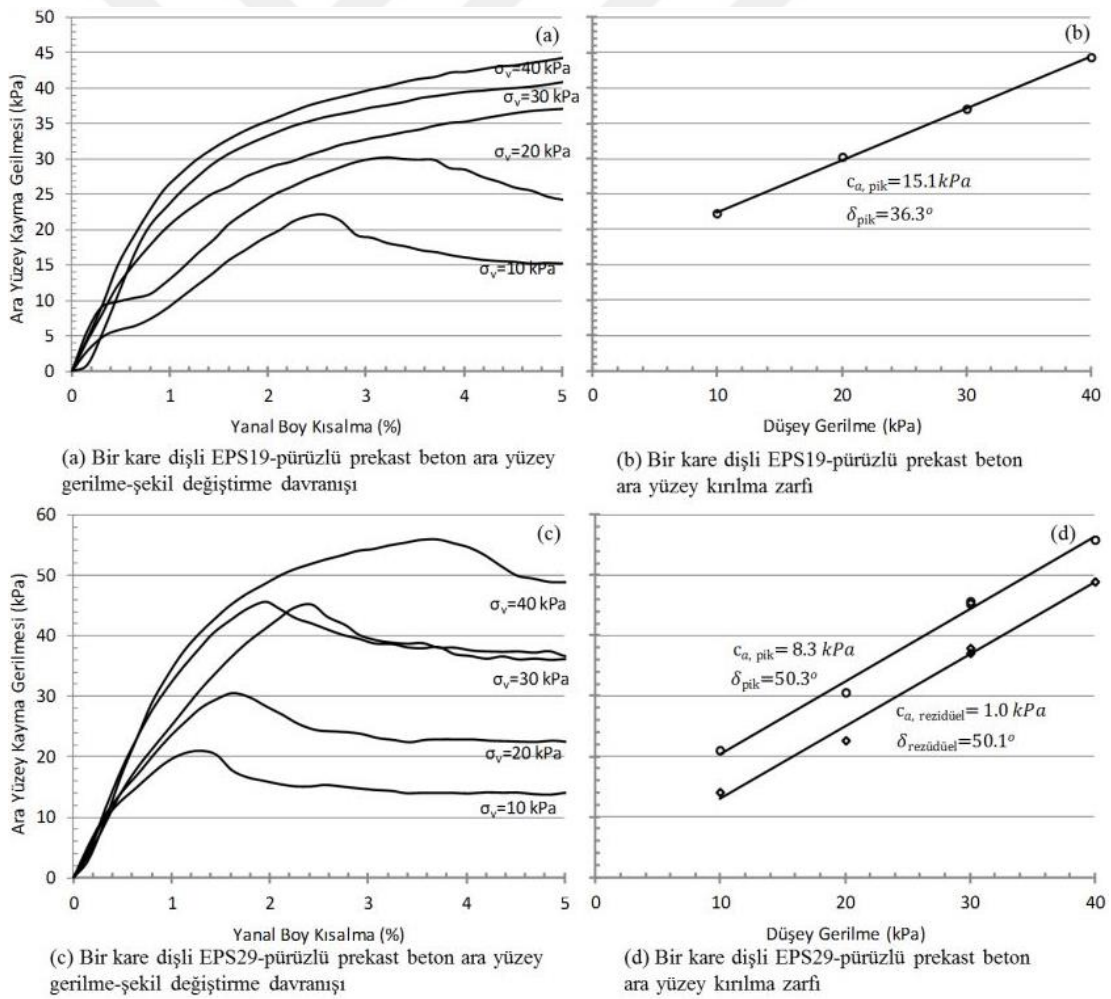
EPS29 geofom bloklar için dış geometrisinin ara yüzey adezyon mukavemetine etkisi Şekil 4.10'da incelenmiştir. Deneyler neticesinde elde edilen adezyon mukavemeti değerleri (Tablo 4.3) EPS29'un içsel kayma dayanımı ile karşılaştırılmıştır (Şekil 4.11). Bu şekilden de görüleceği üzere geleneksel EPS29- yerinde dökme beton ara yüz adezyon mukavemetinde ($c_a=50.5$ kPa) dış geometrisinden bağımsız az da olsa bir artış meydana gelmiştir (dişli geometriler için $c_{a-ortalama}=57.1$ kPa).

Dış geometrisinden bağımsız, geofom blok yoğunluğunun artması ile birlikte geofom blok-yerinde dökme beton ara yüz adezyon mukavemetinde artış gözlemlenmiştir. Geofom blok-yerinde dökme beton ara yüzü kuvvetli bir adezyon mukavemetine sahiptir. Bu adezyon hem EPS19 hem de EPS29'un içsel kayma dayanımlarından daha yüksektir (Şekil 4.10).

4.4 Dişli Geofoam-Pürüzlü Prekast Beton Ara Yüz Mukavemet Deneyleri

4.4.1 Bir Kare Dişli Geofoam-Pürüzlü Prekast Beton Ara Yüz Deneyleri

EPS19 ve EPS29 bir kare dişli geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüzey gerilme-şekil değiştirme eğrileri ve ara yüzey mukavemet zarfları Şekil 4.12’de verilmiştir. Ara yüzey mukavemet parametreleri ise hem Şekil 4.12’de hem de Tablo 4.3’de özetlenmiştir.

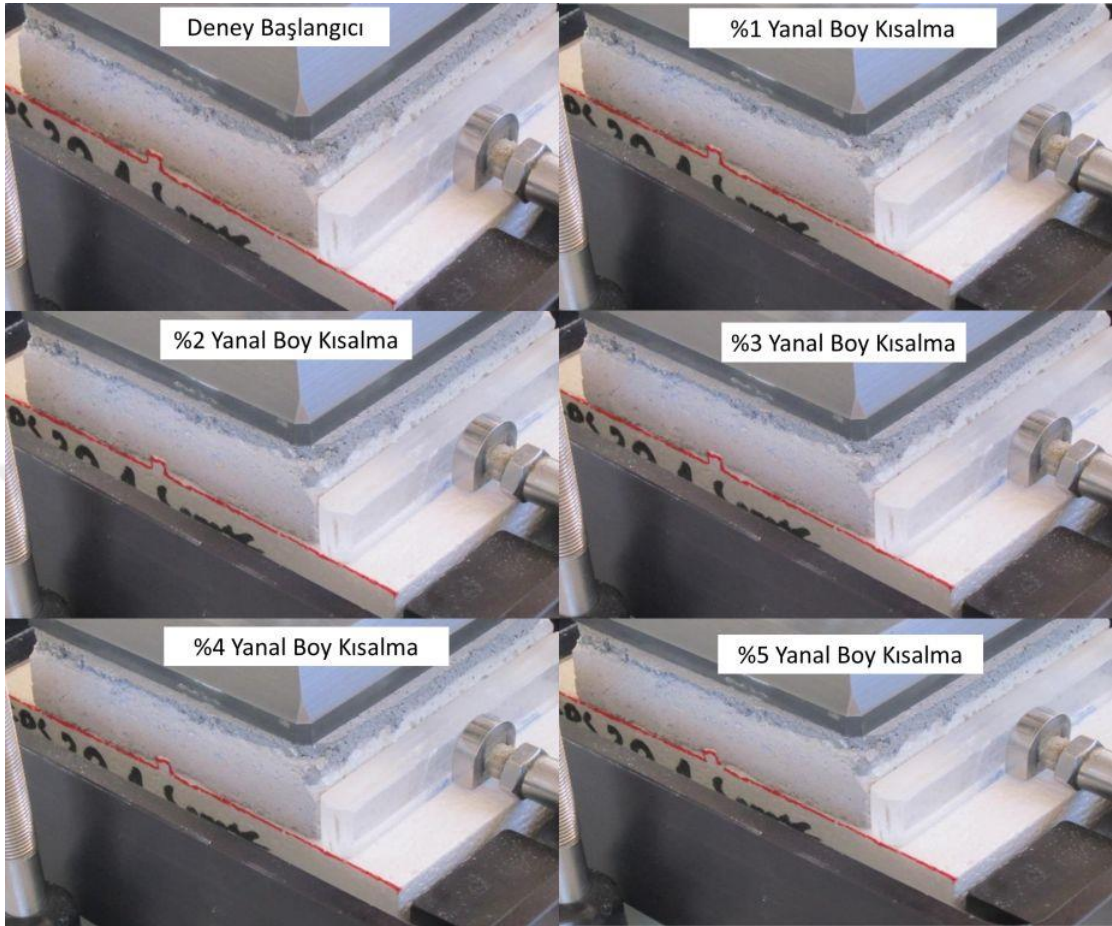


Şekil 4.12 Bir kare dişli geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemeti deney sonuçları

Bir kare dişli geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemet deneyleri neticesinde ölçülen pik ara yüzey mukavemetleri EK-1'de (Bir kare dişli EPS19-pürüzlü prekast beton için Deney No:61, 62, 63, 64 ve 65; Bir kare dişli EPS29- pürüzlü prekast beton için Deney No:66, 67, 68, 69 ve 70) sunulmuştur.

20 kPa sabit düşey gerilme altında tek dişli EPS19 geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüzey kesme deneyinin aşamaları Şekil 4.13'de verilmiştir. Geofoam'un üst yüzeyinde yer alan 0.5 cm genişliğinde, 0.5 cm yüksekliğinde ve 10 cm uzunluğundaki diş yanal birim boy kısaltmalar %3-4 arasına geldiği zaman yenilmeye başlamıştır (Şekil 4.12 a ve Şekil 4.13). %5 yanal birim boy kısaltmaya erişildiğinde ise tek kare diş tamamen formunu kaybederek kırılmıştır (Şekil 4.13). Dolayısı ile tüm kilitli geofoam blok-pürüzlü beton ara yüzey deneyleri %5 birim boy kısaltmaya erişildiği zaman sonlandırılmıştır.

Geleneksel geofoam bloktaki ara yüzeyin 0.5 cm genişliğinde, 0.5 cm yüksekliğinde ve 10 cm uzunluğunda bir kare dişle kesintiye uğratmasından dolayı adezyon mukavemeti oluşmuştur (Şekil 4.12b ve 4.12d). Geleneksel geofoam blok-pürüzlü prekast beton ara yüzey davranışı tamamen sürtünmesel iken ($c_a = 0, \delta > 0$) (Şekil 4.3b ve 4.4b), tek kare dişli geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüzey davranışı sürtünmesel-adhezyonsal ($c_a > 0, \delta > 0$) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.12b ve 4.12d). Bir başka deyişle, bir kare dişle kayma yüzeyindeki sürekliliğin kesilmesi davranışı tamamen sürtünmeselden (Şekil 4.3b ve 4.4b), sürtünmesel-adhezyonsal davranışa (Şekil 4.12b ve 4.12d) çevirmiştir.



Şekil 4.13 20 kPa düşey gerilme altında dişli EPS19 geofoam blok-prekast beton ara yüzey mukavemet deneyi aşamaları

Tek dişli EPS29-pürüzlü prekast beton ara yüzey deneylerinde pik mukavemete tüm düşey basınç kademesinde hızlıca ulaşılmış (yanal yer değiştirme yaklaşık %1.5- %3.5 mertebelerine erişince), sonrasında ise kalıcı mukavemet değeri elde edilmiştir (Şekil 4.12c). Dolayısı ile hem pik hem de kalıcı mukavemet parametreleri için kırılma zarfları teşkil edilerek mukavemet parametreleri rapor edilmiştir (Şekil 4.12d). Bununla birlikte tek dişli EPS19-pürüzlü prekast beton ara yüzey deneylerinde ise sadece 10 ve 20 kPa düşey basınç altında kalıcı mukavemet elde edildiği (Şekil 4.12a) için sadece pik ara yüzey kayma gerilmelerine göre kırılma zarfı çizilerek (Şakil 4.12b) pik mukavemetler rapor edilmiştir. 30 kPa sabit düşey basınç altında yapılan ara yüz

mukavemet deneyleri tekrar edilmiş (Şekiller 4.12a ve 4.12c) ve tekrar edilebilen sonuçlar vermişlerdir.

4.4.2 Bir Üçgen Dişli Geofoam-Pürüzlü Prekast Beton Ara Yüz Deneyleri

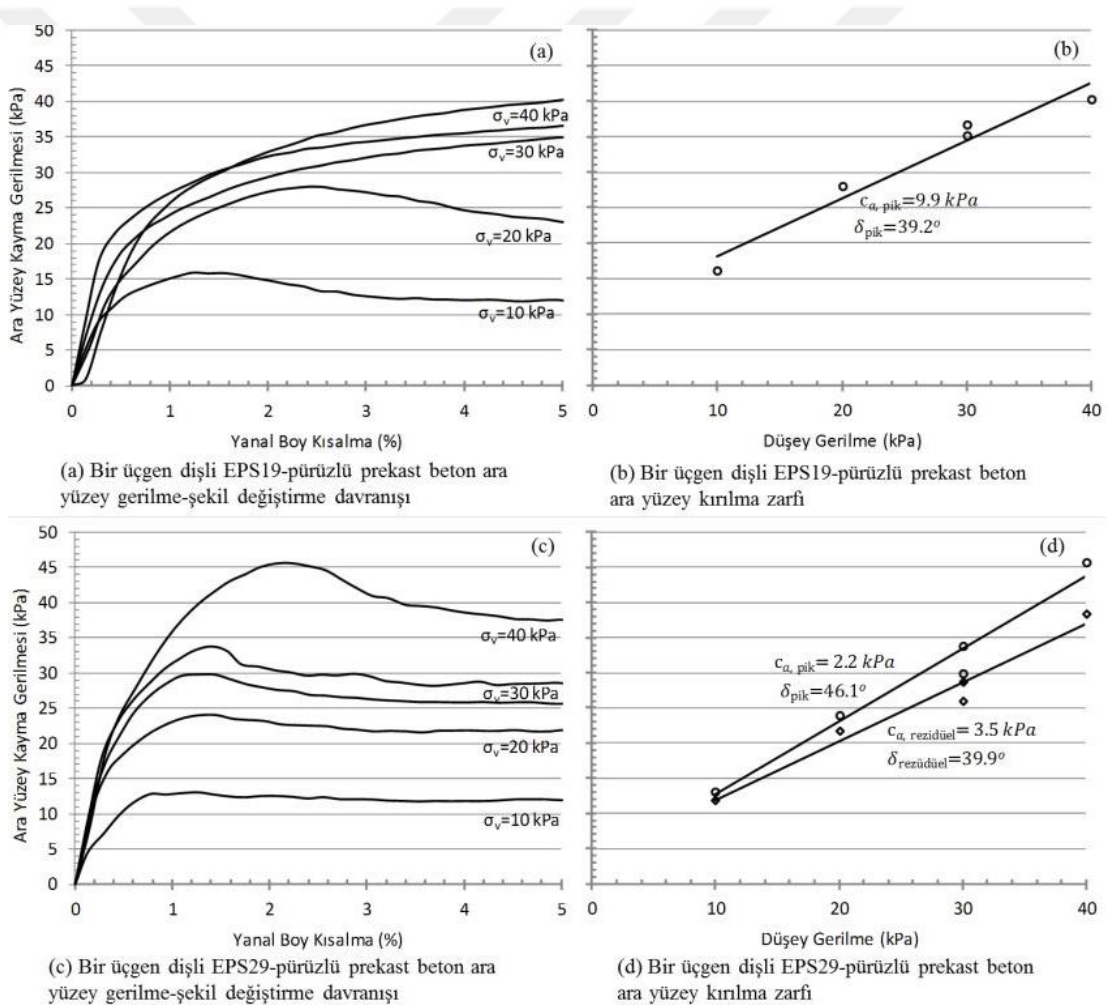
EPS19 ve EPS29 bir üçgen dişli geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüzey gerilme-şekil değiştirme eğrileri ve ara yüzey mukavemet zarfları Şekil 4.14'de verilmiştir. Ara yüzey mukavemet parametreleri ise hem Şekil 4.14'de hem de Tablo 4.3'de özetlenmiştir. Bir üçgen dişli geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemet deneyleri neticesinde ölçülen pik ara yüzey mukavemetleri EK-1'de (Bir üçgen dişli EPS19-pürüzlü prekast beton için Deney No:71, 72, 73, 74 ve 75; Bir üçgen dişli EPS29- pürüzlü prekast beton için Deney No:76, 77, 78, 79 ve 80) sunulmuştur.

Geleneksel geofoam bloktaki ara yüzeyin 0.5 cm genişliğinde, 0.5 cm yüksekliğinde ve 10 cm uzunluğunda bir üçgen dişle kesintiye uğratmasından dolayı bir adezyon mukavemeti oluşmuştur (Şekil 4.14b ve 4.14d).

Tıpkı tek kare diş-pürüzlü prekast beton ara yüzey davranışından olduğu gibi, tek üçgen dişli geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüzey davranışı da sürtünmesel-adhezyonsal ($c_a > 0$, $\delta > 0$) davranış olarak belirlenmiştir (Şekil 4.14b ve 4.14d).

Tek üçgen dişli EPS29-pürüzlü prekast beton ara yüzey deneylerinde pik mukavemete tüm düşey basınç kademesinde hızlıca ulaşılmış (yanal yer değiştirme yaklaşık %1.0-%2.5 mertebelerine erişince), sonrasında ise kalıcı mukavemet değeri elde edilmiştir (Şekil 4.14c). Dolayısı ile hem pik hem de kalıcı mukavemet parametreleri için kırılma zarfları teşkil edilerek mukavemet parametreleri rapor

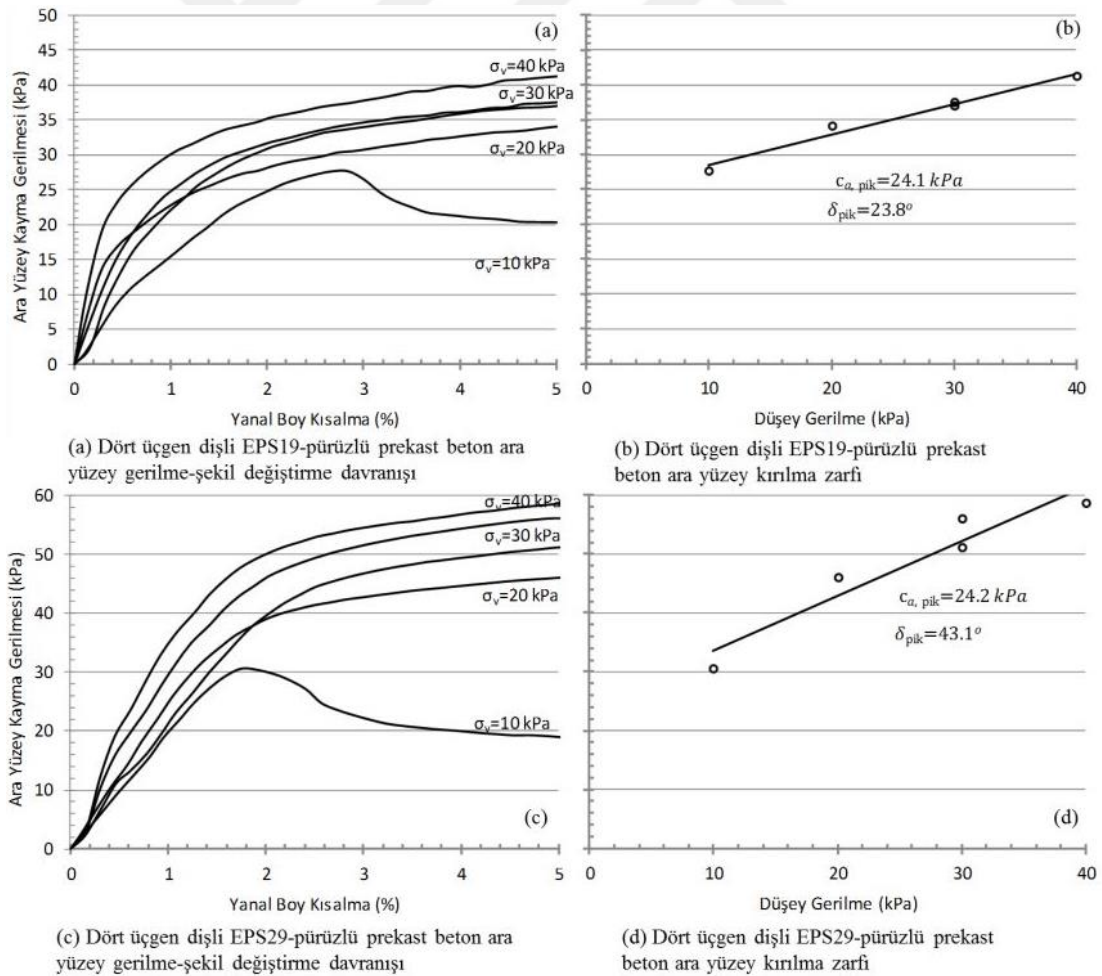
edilmiştir (Şekil 4.14d). Bununla birlikte tek dişli EPS19-pürüzlü prekast beton ara yüzey deneylerinde ise sadece 10 ve 20 kPa düşey basınç altında kalıcı mukavemet elde edildiği (Şekil 4.14a) için sadece pik ara yüzey kayma gerilmelerine göre kırılma zarfı çizilerek (Şekil 4.14b) pik mukavemetler rapor edilmiştir. 30 kPa sabit düşey basınç altında yapılan ara yüz mukavemet deneyleri tekrar edilmiş (Şekiller 4.14a ve 4.14c) ve tekrar edilebilen sonuçlar vermişlerdir.



Şekil 4.14 Bir üçgen dişli geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemeti deney sonuçları

4.4.3 Dört Üçgen Dişli Geofoam-Pürüzlü Prekast Beton Ara Yüz Deneyleri

EPS19 ve EPS29 dört üçgen dişli geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüzey gerilme-şekil değiştirme eğrileri ve ara yüzey mukavemet zarfları Şekil 4.15’de verilmiştir. Ara yüzey mukavemet parametreleri ise hem Şekil 4.15’de hem de Tablo 4.3’de özetlenmiştir. Dört üçgen dişli geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemet deneyleri neticesinde ölçülen pik ara yüzey mukavemetleri EK-1’de (Dört üçgen dişli EPS19-pürüzlü prekast beton için Deney No:81, 82, 83, 84 ve 85; Bir kare dişli EPS29-pürüzlü prekast beton için Deney No:86, 87, 88, 89 ve 90) sunulmuştur.



Şekil 4.15 Dört üçgen dişli geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemeti deney sonuçları

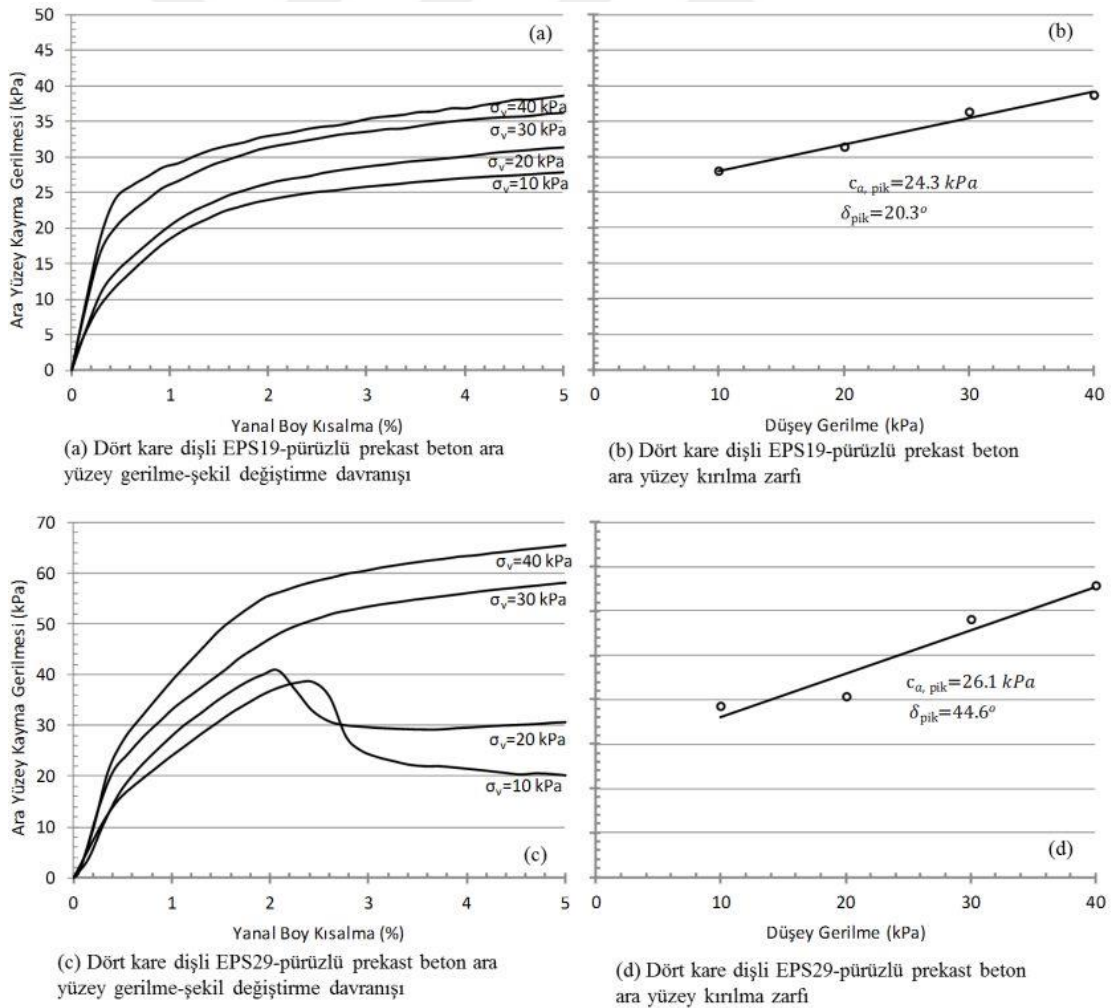
Geleneksel geofoam bloktaki ara yüzeyin 0.5 cm genişliğinde, 0.5 cm yüksekliğinde ve 10 cm uzunluğunda dört üçgen dişle kesintiye uğratılmasından dolayı oluşan adezyon mukavemeti (Şekil 4.15b ve 4.15d) tek üçgen dişle kesintiye uğratılmasından dolayı oluşan adezyon mukavemetinden (Şekil 4.14b ve 4.14d) daha fazla ölçülmüştür.

Tıpkı tek kare diş, tek üçgen diş-pürüzlü prekast beton ara yüzey davranışından olduğu gibi, dört üçgen dişli geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüzey davranışı da sürtünmesel-adhezyonsal ($c_a > 0$, $\delta > 0$) davranış olarak belirlenmiştir (Şekil 4.15b ve 4.15d).

Dört üçgen dişli EPS19 ve EPS29-pürüzlü prekast beton ara yüzey deneylerinin her ikisinde de 10 kPa düşey basınç altında yapılan deneylerde ara yüzey pik kayma mukavemetine hızlıca ulaşılmış (yanal yer değiştirme yaklaşık %2.0-%3.0 mertebelerine erişince), sonrasında ise kalıcı mukavemet değeri elde edilmiştir (Şekil 4.15a ve 4.15b). Ancak diğer sabit düşey basınçlar (20, 30 ve 40 kPa) altında pik ara yüzey kayma mukavemeti ara yüzey birim kayma değerinin %5' erişilene kadar erişilmemiştir. Dolayısı ile sadece pik mukavemetler için kırılma zarfları teşkil edilerek mukavemet parametreleri rapor edilmiştir (Şekil 4.15b ve 4.15d). 30 kPa sabit düşey basınç altında yapılan ara yüz mukavemet deneyleri tekrar edilmiş (Şekiller 4.15a ve 4.15c) ve tekrar edilebilen sonuçlar vermişlerdir.

4.4.4 Dört Kare Dişli Gefoam-Pürüzlü Prekast Beton Ara Yüz Deneyleri

EPS19 ve EPS29 dört kare dişli gefoam-pürüzlü prekast beton ara yüzey gerilme-şekil değiştirme eğrileri ve ara yüzey mukavemet zarfları Şekil 4.16'da verilmiştir. Ara yüzey mukavemet parametreleri ise hem Şekil 4.16'da hem de Tablo 4.3'de özetlenmiştir. Dört kare dişli gefoam-pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemet deneyleri neticesinde ölçülen pik ara yüzey mukavemetleri EK-1'de (Dört kare dişli EPS19-pürüzlü prekast beton için Deney No:91, 92, 93, 94 ve 95; Bir kare dişli EPS29-pürüzlü prekast beton için Deney No:96, 97, 98, 99 ve 100) sunulmuştur.



Şekil 4.16 Dört kare dişli gefoam-pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemeti deney sonuçları

Geleneksel geofam bloktaki ara yüzeyin 0.5 cm genişliğinde, 0.5 cm yüksekliğinde ve 10 cm uzunluğunda dört kare dişle kesintiye uğratılmasından dolayı oluşan adezyon mukavemeti (Şekil 4.16b ve 4.16d) tek dişle kesilmesinden dolayı oluşan adezyon mukavemetinden fazla ölçülmüştür (Şekil 4.12b ve 4.12d).

Tıpkı diğer dişli geofam-prekast beton ara yüzey davranışından olduğu gibi, dört üçgen dişli geofam-pürüzlü prekast beton ara yüzey davranışı da sürtünmesel-adhezyonsal ($c_a > 0$, $\delta > 0$) davranış olarak belirlenmiştir (Şekil 4.16b ve 4.16d).

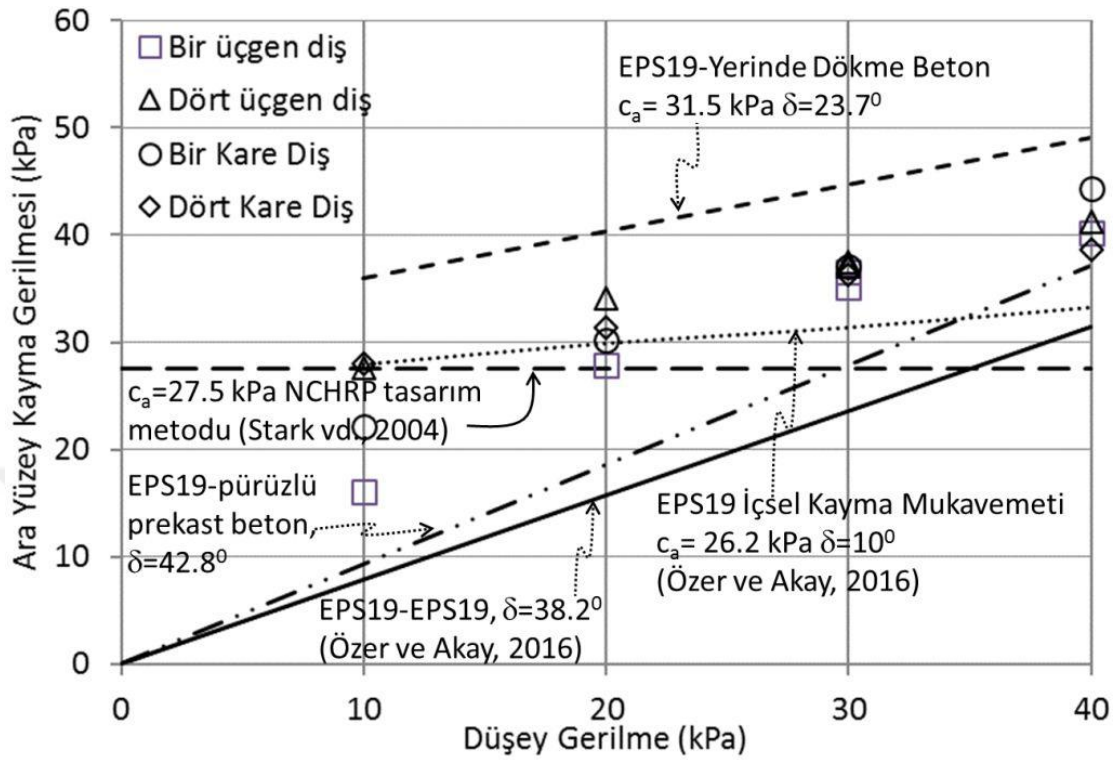
Dört kare dişli EPS29-pürüzlü prekast beton ara yüzey deneylerinde pik mukavemete 10 kPa ve 20 kPa düşey sabit basınç altında hızlıca ulaşılmış (yanal yer değiştirme yaklaşık %2.0-%2.5 mertebelerine erişince), sonrasında ise kalıcı mukavemet değeri elde edilmiştir (Şekil 4.16c). Ancak, diğer düşey basınç kademelerinde kalıcı mukavemet elde edilmediği için sadece pik mukavemet parametreleri için kırılma zarfı teşkil edilerek mukavemet parametreleri rapor edilmiştir (Şekil 4.16d). Bununla birlikte dört dişli EPS19-pürüzlü prekast beton ara yüzey deneylerinde ise deneylerin sonlandırıldığı %5 yanal birim boy kısalma değerine kadar bir kalıcı mukavemet oluşmadığı (Şekil 4.16a) için sadece pik ara yüzey kayma gerilmelerine göre kırılma zarfı çizilerek (Şekil 4.16b) pik mukavemetler rapor edilmiştir.

4.5 Geofoam-Pürüzlü Prekast Beton Ara Yüzey Kırılma Zarflarının

Değerlendirilmesi

Dişli geofoam bloklar-pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemetlerinin geleneksel geofoam blok-pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemeti ile kıyası amacıyla deneylerde elde edilen kırılma zarfları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Tek üçgen dişli, tek kare dişli, dört üçgen dişli ve dört kare dişli geofoam blokların ara yüzey kırılma zarfları EPS19-pürüzlü prekast beton için Şekil 4.17’de verilmiştir. Bu şekilde dişli bloklar-pürüzlü prekast beton ara yüzüne ek olarak, NCHRP tasarım metodu tarafından önerilen (Stark vd., 2004) ve Özer ve Akay (2016) tarafından belirlenen geofoam blokların içsel kayma dayanım değerleri de verilmiştir. Ayrıca, geleneksel geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarfları ile birlikte geleneksel EPS19-EPS19 (Özer ve Akay, 2016) kırılma zarfları da sunulmuştur.

Tüm dişli EPS19-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarflarından görüldüğü üzere 30 kPa ve 40 kPa sabit düşey basınç altındaki ara yüzey kayma dayanımları hem NCHRP tarafından önerilen (Stark vd., 2004) hem de Özer ve Akay (2016) tarafından rapor edilen EPS19’un içsel kayma mukavemetinden daha büyük değerlere ulaştığı görülmektedir. Tıpkı EPS19-EPS19 ara yüzey davranışı gibi (Şekil 4.9, Özer ve Akay, 2016) EPS19-pürüzlü prekast beton ara yüz davranışı da sürtünmeseldir. Bununla birlikte tüm dişli EPS19-yerinde dökme beton ara yüzey davranışları ise sürtünmesel-adhezyonsal elde edilmiştir (Şekil 4.17).



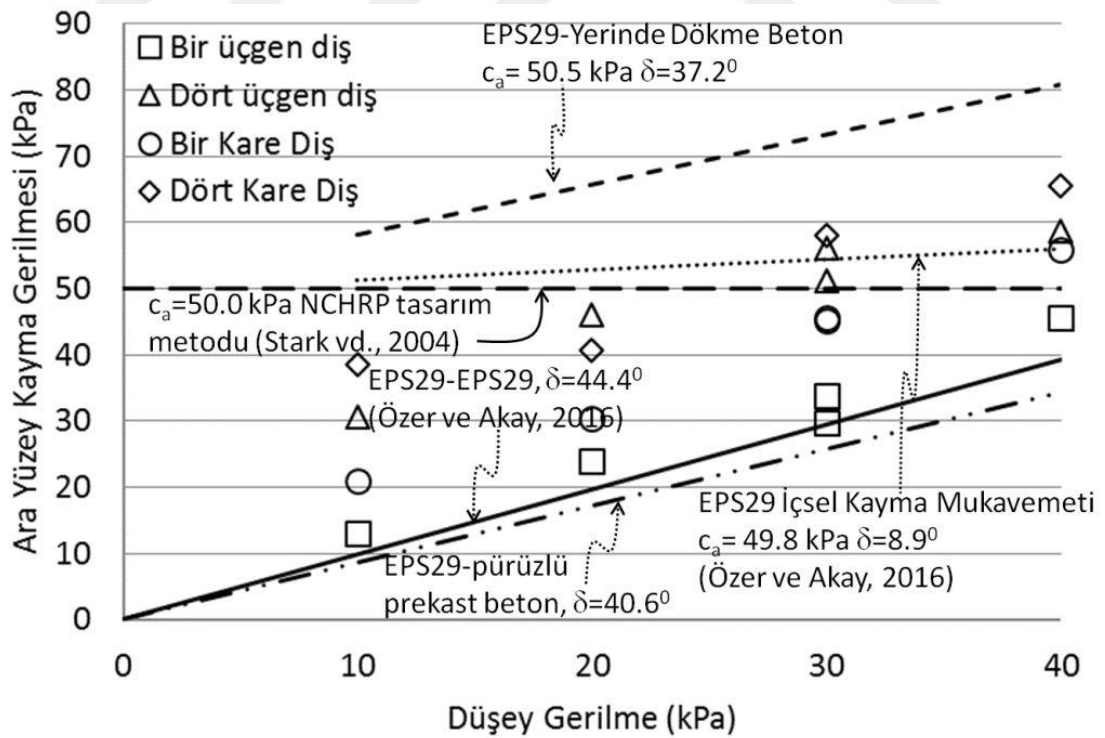
Şekil 4.17 Dişli EPS19 geofoam blok-pürüzlü prekast beton ara yüzey kırılma zarflarının karşılaştırılması

Geleneksel EPS19-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarfı hem EPS19 hem de kilitli EPS19-pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemet zarfının üzerindedir. Bir başka deyişle yerinde dökme beton prekast betona göre geofoam bloklar ile daha kuvvetli bir ara yüzey mukavemeti oluşturmuştur. Bununla birlikte kilitli EPS19-pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemeti geleneksel EPS19-EPS19 ara yüz mukavemetinden fazladır (Şekil 4.17). Diş geometrisine bakılmaksızın dişli geofoam bloklar geleneksel EPS19-pürüzlü prekast beton ara yüzey davranışında bir iyileştirme sağlamıştır (Şekil 4.17, EK-1).

Tek üçgen dişli, tek kare dişli, dört üçgen dişli ve dört kare dişli geofoam blokların ara yüzey kırılma zarfları EPS19-pürüzlü prekast beton için Şekil 4.18'de verilmiştir. Bu şekilde dişli bloklar-pürüzlü prekast beton ara yüzüne ek olarak,

NCHRP tasarım metodu tarafından önerilen (Stark vd., 2004) ve Özer ve Akay (2016) tarafından belirlenen geofoam blokların içsel kayma dayanım değerleri de verilmiştir. Ayrıca, geleneksel geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarfları ile birlikte geleneksel EPS29-EPS29 (Özer ve Akay, 2016) kırılma zarfları da sunulmuştur.

Tüm dişli EPS29-pürüzlü prekast beton ara yüzey kırılma zarflarından görüldüğü üzere 30 kPa ve 40 kPa sabit düşey basınç altındaki dört üçgen ve dört kare dişli ara yüzey kayma dayanımları hem NCHRP tarafından önerilen (Stark vd., 2004) hem de Özer ve Akay (2016) tarafından rapor edilen EPS29'un içsel kayma mukavemetinden daha büyük değerlere ulaştığı görülmektedir.



Şekil 4.18 Dişli EPS29 geofoam blok-pürüzlü prekast beton ara yüzey kırılma zarflarının karşılaştırılması

Tıpkı EPS29-EPS29 ara yüzey davranışının tamamen sürtünmesel (Şekil 4.9, Özer ve Akay, 2016) olduğu gibi EPS29-pürüzlü prekast beton ara yüz davranışı da sürtünmeseldir. Bununla birlikte tüm dişli EPS29-yerinde dökme beton ara yüzey davranışları ise sürtünmesel-adhezyonsal elde edilmiştir (Şekil 4.18).

Geleneksel EPS29-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarfı hem EPS29 hem de kilitli EPS29-pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemet zarfının üzerindedir. Bir başka deyişle yerinde dökme beton prekast betona göre daha kuvvetli bir ara yüzey mukavemeti oluşturmuştur. Bununla birlikte kilitli EPS29-pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemeti geleneksel EPS29-EPS29 ara yüz mukavemetinden fazladır (Şekil 4.18). Diş geometrisine bakılmaksızın dişli geofoam bloklar geleneksel EPS29-pürüzlü prekast beton ara yüzey davranışında bir iyileştirme sağlamıştır (Şekil 4.18, , EK-1). Diş sayısı artmasıyla ara yüzey kayma mukavemetinde de artış meydana gelmiştir (Şekil 4.18).

V. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- EPS blok yoğunluğundan bağımsız, geleneksel geofoam blok-geofoam blok ara yüzey davranışı tamamen sürtünmesel iken geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzey davranışı çok yüksek adezyon mukavemetine sahip olup sürtünmesel-adhezyonsal davranış göstermektedir.
- Diş geometrisinden ve sayısından bağımsız, geofoam blok yoğunluğunun artması ile birlikte geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüz adezyon mukavemetinde artış gözlemlenmiştir. Geofoam blok-yerinde dökme beton ara yüzü kuvvetli bir adezyon mukavemetine sahiptir. Bu adezyon hem EPS19 hem de EPS29'un içsel kayma dayanımlarından daha yüksektir.
- Tüm dişli ve geleneksel EPS19/EPS29-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarflarından görüldüğü üzere 10-40 kPa sabit düşey basınçlarda elde edilen ara yüzey kayma gerilmelerinin hem NCHRP tarafından önerilen (Stark vd., 2004) hem de Özer ve Akay (2016) tarafından rapor edilen geofoam blokların içsel kayma mukavemetinden daha büyük değerlere ulaştığı görülmektedir.
- Diş geometrisi ve diş sayısından bağımsız aynı yoğunluktaki dişli geofoam blok-yerinde dökme beton adezyon mukavemetlerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir
- Hem dişli EPS19-yerinde dökme beton hem de dişli EPS29-yerinde dökme beton ara yüz adezyon mukavemetlerinde diş geometrisinden ve sayısından bağımsız geleneksel geofoam-beton ara yüzlerine kıyasla az da olsa bir artış meydana

gelmiştir. Örneğin EPS19-yerinde dökme beton adezyon mukavemeti 31.5 kPa'dan dişli EPS19-yerinde dökme beton ara yüzlerinde ortalama 35.2 kPa'a EPS29-yerinde dökme beton adezyon mukavemeti ise 50.5 kPa'dan dişli EPS19-yerinde dökme beton ara yüzlerinde ortalama 57.12 kPa'ya yükselmiştir.

- Dişli geofom blok konsepti geleneksel geofom-pürüzlü prekast beton ara yüzey davranışını geleneksel geofom-pürüzlü prekast beton ara yüzeyindeki tamamen sürtünmesel davranıştan, sürtünmesel-adhezyonsal davranışa çevirmiştir.
- Geleneksel geofom blok-geofom blok ara yüzeyinde olduğu gibi, hem dişli geofom blok-yerinde dökme beton hem de dişli geofom blok-pürüzlü prekast beton ara yüz mukavemetleri de düşey gerilmenin fonksiyonudur ve düşey gerilmeler arttıkça ara yüzey kayma gerilmeleri de artmıştır.
- Tüm dört dişli EPS19-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarflarından görüldüğü üzere 20 kPa, 30 kPa ve 40 kPa sabit düşey basınç altındaki ve EPS29-yerinde dökme beton 30 kPa ve 40 kPa sabit düşey basınç altındaki ara yüzey kayma dayanımları hem NCHRP tarafından önerilen (Stark vd., 2004) hem de Özer ve Akay (2016) tarafından rapor edilen aynı yoğunluktaki geofom bloğun içsel kayma mukavemetinden daha büyük değerlere ulaştığı görülmektedir.
- Geleneksel geofom-yerinde dökme beton ara yüzey kırılma zarfı hem geofom bloğun içsel kayma mukavemeti zarfından hem de geofom blok-pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemet zarfının üzerindedir. Bir başka deyişle yerinde

dökme beton prekast betona göre daha kuvvetli bir ara yüzey mukavemetine sahiptir.

- Diş geometrisine bakılmaksızın her iki yoğunlukta da dişli geofoam bloklar geleneksel geofoam-pürüzlü prekast beton ara yüzey davranışında bir iyileştirme sağlamıştır.
- Önceki geofoam-yerinde dökme/pürüzlü prekast beton ara yüzü çalışmalarına benzer şekilde, bu çalışmada yapılan yerinde dökme/pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemetleri benzer sonuçlar vermişlerdir.

Diş sayısı ve geometrisinin geleneksel geofoam blok-yerinde dökme beton mukavemeti üzerinde ufak da olsa bir artışa neden olmuştur. Bununla birlikte, dört üçgen ve dört kare dişli EPS19 geofoam blok-prekast beton ara yüzey mukavemetinin servis yükleri altında (40 kPa) EPS19'un içsel kayma mukavemeti değerinden yüksek olması bu kilitli bloklar üzerine prekast beton elemanlarla betonarme yük yayma platformunun inşa edilebileceğini göstermiştir. Bu sayede yol alt temel ve temel malzemesini serilip sıkıştırılması için geleneksel yerinde dökme betonun priz süresinin beklenmesine gerek kalmadan geofoam blok otoyol dolgusunun trafiğe açılma süresinde bir ekonomi sağlanmış olmaktadır. Bu tür uygulamalar yüksek yanal kuvvetlere maruz bölgelerde yapılacak geofoam otoyol dolgularında geleneksel yöntemle göre tercih sebebi olabilirler.

Bu çalışmada kullanılan numuneler kilitli geofoam bloklar-yerinde dökme beton/pürüzlü prekast beton ara yüzey mukavemet mekanizmasının anlaşılmasında

temel teşkil etmiştir. Bununla birlikte deneylerde kullanılan ara yüzey alanının (100 mm x 100 mm) sınırlı olması sebebi ile bu çalışmada önerilen ara yüzey mukavemet değerlerinin tasarımda kullanılmadan önce prototip kilitli geofoam bloklar kullanılarak büyük ölçek ara yüzey kesme deneyleri yapılarak test edilmesi gerekmektedir.



VI. KAYNAKLAR

Aab e, R., 2011. 40 years of experience with the use of EPS geofom blocks in road construction. Proceedings of 4th International Conference on Geofom Blocks in Construction Applications, Lillestr m, Norway.

AbdelSalam, S. S. & Azzam, A., 2016. Reduction of lateral pressures on retaining walls using geofom inclusion, Geosynthetics International, 23 (6), 395-407.

Aliyazıcıoğlu, H., ve  zer, A. T., 2016. The use of EPS-block geofom as a lightweight fill in flat roof applications: A case study, 6th European Geosynthetics Congress, Ljubljana, Slovenia, September 25-28, 2016, 743-750.

Aliyazıcıoğlu, H., 2016. EPS-Blok geofom'un düz çatı uygulamalarında hafif dolgu sistemi olarak kullanılması, Yüksek lisans Tezi, Okan Üniversitesi, İstanbul, Temmuz 2016.

Aliyazıcıoğlu, H. &  zer, A. T., 2015. Ülkemizdeki ilk geofom uygulaması: Medipol Mega Hastaneler kompleksi otopark yapısı üzeri hafif dolgu sistemi, EPS Haber, EPSDER Yayın Organı, Yıl 5, Sayı 19, 34-36.

ASTM Standard D1621, 2010. 10 Standard Test Method for Compressive Properties Of Rigid Cellular Plastics. American Society for Testing and Materials, Pennsylvania, USA.

ASTM Standard D3080, 2011. Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained condition. American Society for Testing and Materials, Pennsylvania, USA.

ASTM Standard D4439, 2015. Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density. American Society for Testing and Materials, Pennsylvania, USA

ASTM Standard D5321, 2014. Standard test method for determining the shear strength of soil-geosynthetic and geosynthetic-geosynthetic interfaces by direct shear. American Society for Testing and Materials, Pennsylvania, USA.

ASTM Standard D6817, 2015. Standard specification for rigid cellular polystyrene geofom. American Society for Testing and Materials, Pennsylvania, USA.

Ateş, Y., 2016. Kilitli EPS blok-kum ara y z kayma mukavemetinin laboratuvar deneyleri ile incelenmesi, Yüksek lisans Tezi, Okan Üniversitesi, İstanbul, Temmuz 2016.

- Atmatzidis, D. K., Missirlis, E. G., & Theodorakopoulos, E. B., 2001. Shear Resistance on EPS Geofom Block Surfaces. EPS Geofom 2001: 3rd Annual Conference, Geotechnical Engineering Laboratory, University of Patras, Greece.
- Bartlett, S.F., Farnsworth, C., Negussey, D. & Stuedlein, A.W., 2001. Instrumentation and long-term monitoring of geofom embankments, I-15 reconstruction project, Salt Lake City, Utah. In: Proceedings of the 3rd International EPS Geofom Conference, Salt Lake City, Utah, USA.
- Bartlett, S., Negussey, D., Kimble, M. & Sheeley, M., 2000. Use of geofom as super-lightweight fill for I-15 reconstruction, Transportation Research Record 1736, Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Barrett, J. C. ve Valsangkar, A. J., 2009. Effectiveness of connectors in geofom block construction. *Geotextiles and Geomembranes*, 27 (3), 211–216.
- Barrett, J. C., 2008. Effectiveness of connectors in geofom block construction. M.Sci. Thesis. The University of New Brunswick, New Brunswick, Canada.
- Beinbrech, G. & Hillmann, R., 1997. EPS in road construction—Current situation in Germany. *Geotextiles and Geomembranes*, 15 (1–3), 39–57.
- Duškov, M. & Nijhuis, E., 2011. Lightweight road embankments for the crossover og the N207 over the railway Alphen A/D Rijn-Gouda. Proceedings of the 4th International Conference on Geofom Blocks in Construction Applications, EPS 2011, Lillestrøm, Norway.
- Farnsworth, C. B., Bartlett, S. F., Negussey, D., & Stuedlein, A. W., 2008. Rapid construction and settlement behavior of embankment systems on soft foundation soil. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol.134, No.3, 289-301.
- Herle, V., 2011. Design and monitoring of EPS embankment on D1 near Ivanovice in the Czech Republic. Proceedings of the 4th International Conference on Geofom Blocks in Construction Applications, EPS 2011, Lillestrøm, Norway.
- Horvath, J. S., 2010. Emerging trends in failures involving EPS-block geofom fills, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 24 (4), 365-372.
- Koç, Ş. 2015. Eps blok geofom ve kum + eps boncuk karışımlarının sızmaya maruz kumlu şevlerde kullanılmasının laboratuvar fiziksel şev modelleri ile araştırılması. Yüksek lisans Tezi, Okan Üniversitesi, İstanbul, Eylül 2015.
- Kubota T., 2011. Case history of EDO-EPS method in Japan. Proceedings of 4th International Conference on Geofom Blocks in Construction Applications, Lillestrøm, Norway.

Lin, L., Chen F., Ho, T. & Wie, J., 2001. The development and application of EPS construction method in Taiwan. Proceedings of the 3rd International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications, EPS 2001, Salt Lake City, Utah, USA.

Negussey, D., Anasthas, N. & Srirajan, S., 2001. Interface friction properties of EPS geofoam.” In: Proceedings of the 3rd International EPS Geofoam Conference, Salt Lake City, Utah, USA.

Özer, A. T. & Akınay, E., 2017. Geofoam blok yol dolgusunun kısa vade performansının aletsel gözlemler ışığında değerlendirilmesi, 7. Geoteknik Sempozyumu, 22-24 Kasım 2017, İstanbul, Hakem İncelemesinde.

Özer, A. T., Akay, O. & Usturbelli, E., 2017a. Geleneksel geofoam blok otoyol dolgusundaki ara yüzler ve mukavemetleri, Yedinci Ulusal Geosentetikler Konferansı, G7 2017, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Mayıs 11-12, 2017, 45-56.

Özer, A. T., Danyıldız, E., Akınay, E., Laçın, L., Alioğlu, Ö. K., İnallı, D., Vanlı, S., Dönmez, Ç., Özaydın, İ. K., Çelik, A., İreç, U., Tuğral, M. A., Marangoz, D. & Marangoz, K., 2017b. Geofoam blokların gömülü boru hatları üzerine inşa edilecek yol dolgularının inşasında kullanılması: Bir vaka analizi, Yedinci Ulusal Geosentetikler Konferansı, G7 2017, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Mayıs 11-12, 2017, 137-152.

Özer, A. T., 2016. Laboratory study on the use of EPS-block geofoam for embankment widening. Geosynthetics International, Volume: 23, No.2, 71-85.

Özer, A. T., Akay, O & Ateş, Y., 2016. Shear strength properties of interlocked EPS-block geofoam-Ottawa sand interface, 4th International Conference on New Developments in Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 4. ICNDSMGE-ZM2016, 2-4 June 2016, Near East University, Nicosia, North Cyprus, 111-118.

Özer, A. T. & Akay, O, 2016. Interface shear strength characteristics of interlocked EPS-block geofoam, Journal of Materials in Civil Engineering, 28 (4).

Özer, A. T., Akay, O & Ateş, E., 2015. Effect of displacement rate on the interface shear strength properties of interlocked EPS-block geofoam, IRF Europe & Central Asia Regional Congress, September 15-18, 2015-Istanbul, Turkey.

Özer, A. T. & Akay, O., 2014. Use of interlocked EPS block geofoam for sandy slopes subjected to seepage flow. Proceedings of 10th International Conference on Geosynthetics, Berlin, Germany.

Özer, A. T., Kiziroğlu, S., Akyol, Y. & Ateş, E., 2012. Yumuşak killi zeminler üzerine inşa edilecek köprü yaklaşım dolguları için zemin iyileştirme metotlarının ekonomik analizi, Beşinci Ulusal Geosentetikler Konferansı, G5 2012, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Mayıs 24-25, 2012, 165-176.

Özer, A. T., 2011. Yol inşaatlarında EPS blok kullanımı. EPS Haber, EPSDER Yayın Organı, Yıl: 1, Sayı: 2, 12-13.

Papacharalampous, G., & Sotiropoulos, E., 2011. First time application of expanded polystyrene in highway projects in Greece. In: Proceedings of 4th International Conference on Geofam Blocks in Construction Applications, Lillestrøm, Norway.

Perrier, H., 1997. Ultra light cellular structure-French approach. Geotextiles and Geomembranes, Vol. 15 (1-3): 59–76.

Saarelainen & Kangas., 2001. Behavior of an old EPS light-weight fill at Vammala, Finland. Proceedings of the 3rd International Conference on Geofam Blocks in Construction Applications, EPS 2001, Salt Lake City, Utah, USA.

Stark, T.D., Arellano, D., Horvath, J.S. & Leshchinsky, D., 2004a. Geofam applications in the design and construction of highway embankments. NCHRP Web Document 65 (Project 24- 11), (http://trb.org/publications/nchrp/nchrp_w65.pdf), Transportation Research Board, Washington, D.C.

Stark, T.D., Arellano, D., Horvath, J.S. & Leshchinsky, D., 2004b. Guideline and recommended standard for geofam applications in highway embankments. NCHRP Report 529, (http://trb.org/publications/nchrp/nchrp_rpt_529.pdf), Transportation Research Board, Washington, D.C.

Sheeley, M. & Negussey, D., 2000. An investigation of Geofam interface strength behavior. American Society of Civil Engineers, Geotechnical Special Publication No. 112, Proceedings of Soft Ground Technology Conference, Noorwijkerhout, The Netherlands, 292–303.

Spasojević, S., Mitrović, P., Vujanić, V., Jotić, M., & Berisavljević, Z., 2011. The application of EPS in geotechnical practice: a case study from Serbia. Proceedings of 4th International Conference on Geofam Blocks in Construction Applications, Lillestrøm, Norway.

Thompsett, D. J., Walker, A., Radley, R. J. & Grieveson, B. M. 1995. Design and construction of expanded polystyrene embankments: practical design and methods as used in the United Kingdom. Construction and Building Materials, 9, No. 6, 403–411.

Türk Standardı TS EN196-1, 2009. Çimento deney metotları – Bölüm 1: Dayanım tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türk Standardı TS802, 2009. Beton karışım tasarımı hesap esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türk Standardı TS EN 1015-3, 2010. Kagir harcı- Deney metotları- Bölüm 3: Taze harç kıvamının tayini (yayılma tablası ile), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Xanaki, V. C. & Athanasopoulos, G. A., 2001. Experimental investigation of the interface mechanism at the EPS geofoam-sand interface by direct shear testing. *Geosynthetics International*, 8(6), 471–499.

Youwai, S., Kongkitkul, W., Sripobink, T. & Meesamuth, N., 2011. Application of EPS for remedial work of bridge bearing unit on Bangkok Soft Clay: A case study. *Proceedings of the 4th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications*, EPS 2011, Lillestrøm, Norway.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Erdal USTURBELLİ
Doğum Yeri ve tarihi : Üsküdar/İstanbul- 21.11.1978

EĞİTİM DURUMU

2013-2017 Okan Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
1997-2003 Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
1992– 1995 Ümraniye Lisesi

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

İŞ DENEYİMİ

2003 –2004 As yapı Denetim- İstanbul
Yardımcı Kontrol Mühendisi
Yapı Denetim yönetmeliğine göre her türlü inşaatın kontrolü

2004 –2005 Isparta Eğridir Dağ komando Okulu-Tunceli İl Jandarma Komutanlığı
(Yedek subay-Askerlik)

2005 –2009 Ümraniye Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü-İstanbul
Kontrol Şefi
Her türlü alt yapı, yol yapımı Tünel, Köprü imalatı kontrolü, ihale hazırlanması

2009 –2011 Çekmeköy Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü-İstanbul
Ruhsat Şefi
İBB yönetmeliği ve Planlı Alanlar Tip İmar yönetmeliğine göre her türlü inşaatın ruhsat düzenlenmesi

2011–2014 Çekmeköy Belediyesi Yapı Kontrol Müdürlüğü-İstanbul
Bölge Şefi
Mevcut yönetmelik ve kanunlar çerçevesinde her türlü inşaatın projesine göre yapılması sağlamak ve kontrol etmek

2014-2016 Beykoz Belediyesi Emlak ve İstimlak Müdürlüğü-2b satış ve taşınmaz şefi
2016-..... Beykoz Belediyesi Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü-İstanbul
Müdür
6306 sayılı afet yönetmeliği ve ilgili kanunlar çerçevesinde riskli yapı analizleri ve kentsel dönüşüm alanların belirlenmesi.

İLETİŞİM

eusturbelli@gmail.com

EK-I

Tablo EK.1. Deney sonuçları özet tablosu

Deney no	Alt Malzeme	Üst Malzeme	σ (kPa)	τ_{maksimum} (kPa)	δ (derece)	c_a (kPa)
1	Geleneksel EPS 19	Yerinde Dökme Beton	10	34.6	23.7	31.5
2			20	41.9		
3			30	43.9		
4			30	46.1		
5			40	48.2		
6	Geleneksel EPS 29	Yerinde Dökme Beton	10	60.6	37.2	50.5
7			20	62.7		
8			30	72.9		
9			30	72.1		
10			40	82.9		
11	Geleneksel EPS 19	Pürüzlü Prekast Beton	10	9.0	0	42.8
12			20	18.3		
13			30	25.7		
14			30	28.5		
15			40	38.2		
16	Geleneksel EPS 29	Pürüzlü Prekast Beton	10	10.2	0	40.6
17			20	17.6		
18			30	26.0		
19			30	26.0		
20			40	33.4		
21	Bir Üçgen Dişli EPS 19	Yerinde Dökme Beton	10	38.2	9.7	36.7
22			20	40.1		
23			30	42.1		
24			30	42.6		
25			40	43.0		
26	Bir Üçgen Dişli EPS 29	Yerinde Dökme Beton	10	56.8	25.7	51.6
27			20	60.4		
28			30	65.7		
29			30	67.1		
30			40	70.8		

Deney no	Alt Malzeme	Üst Malzeme	σ (kPa)	τ_{maksimum} (kPa)	δ (derece)	c_a (kPa)
31	Bir Kare Dişli EPS 19	Yerinde Dökme Beton	10	43.2	11.0	40.8
32			20	45.5		
33			30	46.1		
34			30	44.4		
35			40	50.3		
36	Bir Kare Dişli EPS 29	Yerinde Dökme Beton	10	62.4	34.4	56.6
37			20	70.4		
38			30	81.2		
39			30	76.0		
40			40	82.0		
41	Dört Üçgen Dişli EPS 19	Yerinde Dökme Beton	10	36.6	24.2	34.3
42			20	45.4		
43			30	50.0		
44			30	47.7		
45			40	50.4		
46	Dört Üçgen Dişli EPS 29	Yerinde Dökme Beton	10	67.1	15.5	63.2
47			20	67.9		
48			30	69.9		
49			30	71.7		
50			40	75.6		
51	Dört Kare Dişli EPS 19	Yerinde Dökme Beton	10	33.9	26.8	29.0
52			20	39.9		
53			30	43.0		
54			30	44.1		
55			40	49.6		
56	Dört Kare Dişli EPS 29	Yerinde Dökme Beton	10	62.9	29.7	56.8
57			20	70.0		
58			30	73.4		
59			30	69.9		
60			40	82.1		
61	Bir Kare Dişli EPS 19	Pürüzlü Prekast Beton	10	22.1	36.3	15.1
62			20	30.3		
63			30	43.4		
64			30	37.1		
65			40	44.3		

Deney no	Alt Malzeme	Üst Malzeme	σ (kPa)	τ_{maksimum} (kPa)	δ (derece)	c_a (kPa)
66	Bir Kare Dişli EPS 29	Pürüzlü Prekast Beton	10	21.0	50.3	8.3
67			20	30.4		
68			30	45.1		
69			30	45.5		
70			40	55.9		
71	Bir Üçgen Dişli EPS 19	Pürüzlü Prekast Beton	10	16.1	39.2	9.9
72			20	27.8		
73			30	36.6		
74			30	35.1		
75			40	40.2		
76	Bir Üçgen Dişli EPS 29	Pürüzlü Prekast Beton	10	13.0	46.1	2.2
77			20	24.0		
78			30	33.8		
79			30	29.9		
80			40	45.6		
81	Dört Üçgen Dişli EPS 19	Pürüzlü Prekast Beton	10	27.6	23.8	24.1
82			20	34.1		
83			30	37.0		
84			30	34.1		
85			40	41.2		
86	Dört Üçgen Dişli EPS 29	Pürüzlü Prekast Beton	10	30.6	43.1	24.2
87			20	46.0		
88			30	51.1		
89			30	56.1		
90			40	58.7		
91	Dört Kare Dişli EPS 19	Pürüzlü Prekast Beton	10	28.0	20.3	24.3
92			20	31.4		
93			30	36.3		
94			30	---		
95			40	38.7		
96	Dört Kare Dişli EPS 29	Pürüzlü Prekast Beton	10	38.5	44.6	26.1
97			20	40.8		
98			30	58.1		
99			30	---		
100			40	65.6		