

## GFRP-Beton Hibrit Kazıkların Malzeme Özelliklerinin İncelenmesi

<sup>1</sup>Emine Aydın, \*<sup>1</sup>Ferhat Aydın, <sup>1</sup>İsa Vural, <sup>1</sup>Tahir Akgül

\*<sup>1</sup>Faculty of Technology, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

### Özet

Yirminci yüzyılda başlayan ve günümüzde de süren hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme, gelişmiş ülkelerdekine benzer şekilde Türkiye'de yapı alanlarının hızla tükenmesine neden olmuştur. Buna bağlı olarak her geçen gün yeni yapılaşma alanlarının açılması zorunlu hale gelmiştir. Bu yeni açılan alanların arasında, zaman zaman geoteknik açıdan yapılaşmaya uygun olmadığı kanıtlanmış, bir başka deyişle taşıma gücü zayıf olan temel zemini özellikleri gösteren alanların da yapılaşmaya açıldığı görülmüştür. Zayıf temel zeminlerinde karşılaşılan düşük taşıma gücü ve yüksek deformasyon sorunları temel zeminini iyileştirme konusunda yeni yöntem ve tekniklerin geliştirilmesini ve uygulamasını gerekli kılmıştır. Bu çalışmada yüksek çekme dayanımına sahip GFRP silindirik profillerin içerisine beton doldurularak hibrit bir kazık yapım sistemi oluşturulmuştur. Böylece gevşek ve yumuşak olan zeminlerde geleneksel kazıkların yerine daha ekonomik, kolay uygulanabilir, yüksek dayanıma sahip yeni GFRP hibrit kazık türü kullanılabilir. Bu nedenle deneysel çalışmalarla zayıf zeminlerin iyileştirilmesi amacıyla hibrit kazıkların dayanım parametreleri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** GFRP (Cam Lifi Takviyeli Plastik) , hibrit kazık, zemin iyileştirme.

## Investigation of Material Properties of GFRP-Concrete Hybrid Piles

### Abstract:

The twentieth century period of rapid population increase, urbanization and industrialization have caused to the rapid depletion of the structure in Turkey. So that it has become necessary for planning of new urban areas. Some of them these new areas are unsuitable for construction which are insufficient of geotechnical bearing capacity. The insufficient bearing capacity and high deformation problems have made necessary the development and application of new methods and techniques to improving of soil. In this study, hybrid GFRP piles profile system has been established which is the high-tensile concrete cylinder piles profile. So that the new GFRP hybrid piles are intended to replace the traditional piles which are more economical, more practical and high strength in loose and soft soil. Therefore the hybrid pile strength parameters were examined by the experimental studies for the purpose of improving of soft soil.

**Key words:** GFRP (Glass Fiber-Reinforced Polymer), hybrid pile, soil improving.

### 1. Giriş

Gelişen nüfusla birlikte ihtiyaçların artması, uygun olmayan zeminler üzerinde mühendislik yapılarının inşasını zorunlu hale getirmiştir. Büyüyen ve gelişen şehirlerde yeni imara açılacak

\*Corresponding author: Asst. Prof. Dr. Ferhat AYDIN, Address: Faculty of Technology, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: ferhata@sakarya.edu.tr, Phone: +902642956475

yerler, sanayi bölgeleri ve entegre üretim yapan fabrikalar için ihtiyaca cevap verecek büyük alanlar her geçen gün azalmaktadır. Bunun sonucu olarak, zayıf temel zemini özelliği gösteren alanlar istenirse de kullanıma açılmaktadır. Genelde bu tür zeminler üzerine radye jeneral temel oluşturularak yapı yüklerinin yumuşak zemin tabakaları üzerine üniform yayılması sağlanabilir. Bu temel sistemi ile yükler taşıtılamıyor ise kazıklı temel uygulamasına geçilebilir. Zayıf tabaka kalınlığının az olması halinde bu tabakalar kazılarak uzaklaştırılır, yerine taşıma gücü yüksek zeminler kontrollü dolgu yapım tekniklerine uygun olarak yerleştirilir ve yeni temel zemini oluşturulur. Temel sistemi bu tabaka üzerine yapılır [1]. Temel sistemi ile problemin çözülemediği veya yetersiz kaldığı durumlarda diğer bir çözüm olarak zemin stabilizasyonu gündeme gelmektedir. Zemin stabilizasyonu veya zemin ıslahı zeminlerin belirli özelliklerinin, amaçlanan bir mühendislik uygulamasına yönelik olarak, değişik fiziksel, kimyasal veya biyolojik yöntemler kullanılarak iyileştirilmesi olarak tarif edilmektedir [2]. Zeminlerin çeşitli özelliklere sahip olması zemin stabilizasyon yöntemlerinde de çeşitliliğe yol açmaktadır. Genel olarak zemin iyileştirmeden beklenen; taşıma gücü artışı, oturmaların sınırlandırılması, sıvılaşma potansiyelinin azaltılması, zemindeki boşlukların doldurulması, hacim değişimini en aza indirmek ve stabilitenin sağlanması gibi temel amaçlar olsa da bunların zeminlere kazandırılması farklı yöntemlerle yapılmaktadır.

Zemin iyileştirme yöntemlerini 4 gruba ayırmak mümkündür. Bunlar;

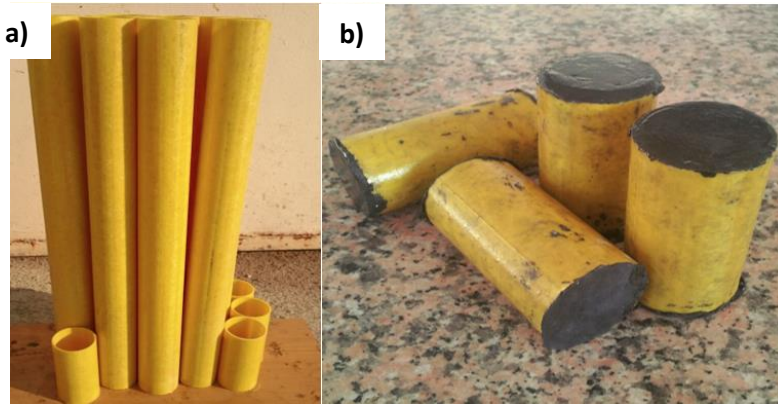
- Mekanik iyileştirme kısa süreli mekanik kuvvetlerin etkisi ile zemin yoğunluğunun artırılmasını amaçlayan, patlatma ile sıkıştırma, sıkıştırma kazıkları ile zeminin sıkıştırılması gibi yöntemler,
- Hidrolik iyileştirme drenler veya kuyular yardımı ile boşluk suyu basıncının düşürülerek kayma dayanımını arttırmayı hedefleyen, diyafram duvarlar, palplanş duvarlar ve geomembranlar, keson ve tünelde basınçlı hava kullanılarak zemin suyunun uzaklaştırılması gibi yöntemler,
- Fiziksel ve kimyasal iyileştirme yüzeysel zemin tabakalarında katkıların fiziksel olarak karışımı, katkıların derinlerde kolonlar teşkil edecek şekilde karışımı ve jet grout kolonu gibi yöntemler,
- Ekleme ve sınırlama ile iyileştirme fiberler, şeritler, donatılar ve hasırların zemine yerleştirilmesi ile zemin kütlesi dayanımını arttırmayı hedefleyen kafes duvarlar, gabion elemanlar, geotekstilli bohçalama duvarları, taşkolon gibi yöntemler.[3-8]

Kullanılacak zemin iyileştirme teknikleri bölgenin topoğrafik durumu, iklim durumu, ulaşım durumu ve yapılara getireceği ek maliyetlere bağlı olarak değişebilir. Zemin muhtevasındaki çeşitli mineraller ve su yapısı için olumsuzluk barındırabilir. Örnek olarak killi zeminlerde fazla su şişme etkisi, normalden az su ise büzülme etkisi göstermektedir. [9] Bir yapıyı oluştururken yapının temelini sağlam bir zemin üzerine oturtmak amaçlanır. Zeminlerde oluşabilecek şişme, yapının oturması, zeminin yumuşak ve gevşek olması gibi sıkıntıları ortadan kaldırmak gereklidir. Bu olumsuzlukları gidermek amacıyla uygulanan çeşitli zemin iyileştirme yöntemlerine ek olarak hibrit kazık zemin iyileştirme yöntemi kullanılabilir. Bu yöntemde Betonun mekanik özelliklerini arttırmak için FRP içerisine beton doldurma işlemleri yapılabilmektedir. Bununla birlikte son yıllarda Cam Lifi Takviyeli Plastik (GFRP) kompozitlerin beton gibi geleneksel malzemelerle birlikte kullanımı araştırmacıların yoğun ilgi gösterdiği konular arasında yer almaktadır. [10-11]

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

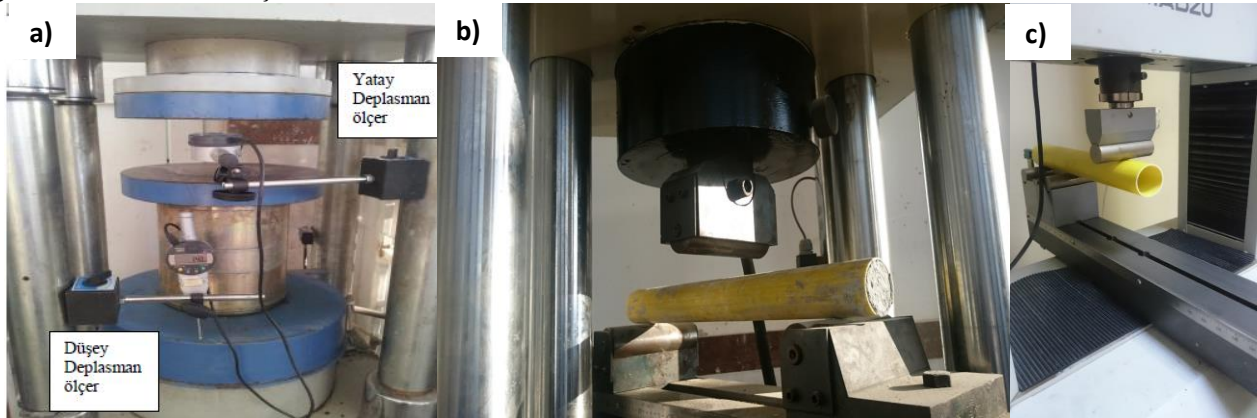
Deneylerde kullanılmak üzere 50 mm çapında ve 4 mm et kalınlığına sahip daire kesitli GFRP profiller seçilmiştir. Bu profillerin, Elastisite Modülü 29000 MPa, Çekme Dayanımı 500 MPa, Poisson Oranı 0,34, Birim Ağırlığı 1,73 g/cm<sup>3</sup> ve Özgül Ağırlığı 1,82' dir. Ayrıca GFRP profillerin içerisine karışım hesapları TSE 802 standartına uygun yapılan C25 betonu dökülerek hibrit elemanlar oluşturulmuştur. Profillerin içleri boş ve dolu durumları Şekil 1'de gösterilmiştir. Deneylerde her bir düzenek için içi boş ve dolu olmak üzere beşer adet şahit ve hibrit numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 1. a.İçeri boş (şahit), b. İç dolulu (hibrit) GFRP numuneler

### 2.2. Metot

Şahit ve hibrit elemanların mekanik özelliklerini belirlemek için basınç, eğilme ve kayma deney düzenekleri oluşturulmuştur (Şekil 2). Basınç düzeneğinde çapı 50 mm yüksekliği 100 mm olan numunelerin aksel yük-yatay ve düşey yer değiştirme grafikleri, üç noktalı eğilme ve kayma deney düzeneklerinde çapı 50 mm uzunluğu 500 mm olan numunelerin yük-yer değiştirme grafikleri elde edilmiştir.



Şekil 2. a. Basınç deney düzeneği, b. Üç noktalı eğilme deney düzeneği, c. Kayma deney düzeneği

### 3. Bulgular

#### 3.1. Eksenel Basınç Testleri

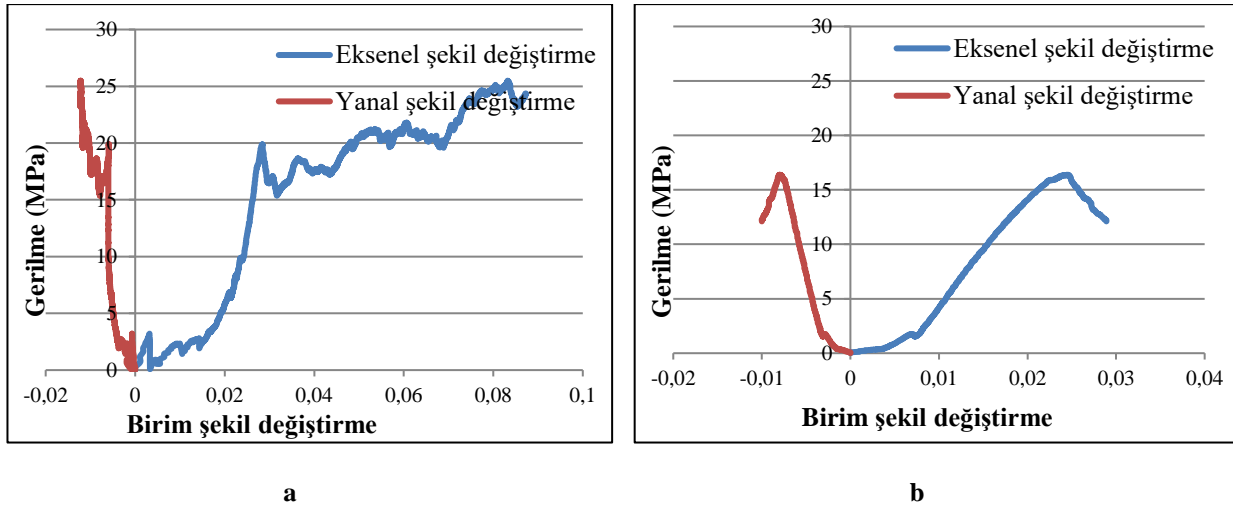
Deney numunelerine yapılan eksenel basınç deneyi sonucunda şahit ve hibrit numunelerin yük ve dayanım sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Numunelerin kesit alanları, şahit için 578,05 mm<sup>2</sup> ve hibrit için 1963,50 mm<sup>2</sup>’dir. Tabloya bakıldığında hibrit elemanların şahit elemanlara göre taşıdığı yük değeri daha yüksek iken dayanımları daha düşüktür. Bunun sebebi şahit numunelerin eksenel basınç yüküne maruz kesit alanlarınının daha küçük olmasıdır.

**Tablo 1.** Şahit ve hibrit numunelerin basınç test sonuçları

Numune No	Şahit numuneler		Hibrit numuneler	
	Yük ( kN)	Basınç Dayanımı (MPa)	Yük ( kN)	Basınç Dayanımı (MPa)
1	11,51	19,92	23,65	12,04
2	14,74	25,49	32,11	16,35
3	14,61	25,28	26,65	13,57
4	13,64	23,60	37,25	18,97
5	14,94	25,84	28,67	14,60
<b>Ortalama</b>	<b>13,89</b>	<b>24,03</b>	<b>29,67</b>	<b>15,11</b>

Eksenel basınç deney numuneleri incelendiğinde hibrit deney numunelerinde boyuna eksenel çatlaklar oluşmuştur. Şahit numunelerde ise daha çok kesit alanında ezilmeler meydana gelmiştir. GFRP polimer lifli yapıda bir malzeme olduğundan basınç deneyinde yükleme liflere dik şekilde gelmekte bu da malzemenin uç kısımlarında ezilmelere yol açmaktadır.

Deney sonuçlarına ait gerilme şekil değiştirme grafikleri Şekil 3’te verilmiştir.



**Şekil 3. a.** Şahit **b.** Hibrit numunelerin basınç deneyi gerilme- birim deformasyon grafikleri

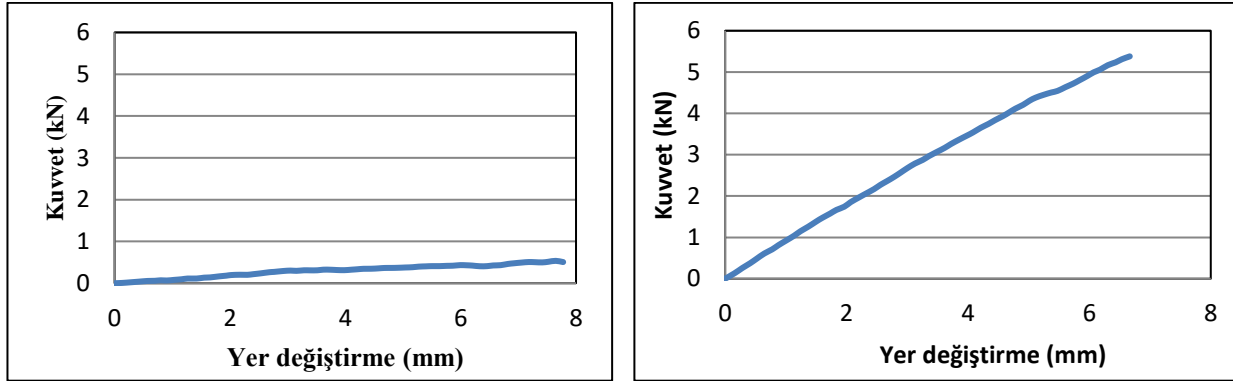
### 3.2. Eğilme Testleri

Deney numunelerine üç noktali eğilme testi yapılmış olup, yer değiştirme verileri profil uzunluğunun tam orta noktasında alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2’de sunulmuştur.

**Tablo 2.** Şahit ve hibrit numunelerin eğilme test sonuçları

Numune No	Şahit numuneler		Hibrit numuneler	
	Yük ( kN)	Eğilme Dayanımı (MPa)	Yük ( kN)	Eğilme Dayanımı (MPa)
1	0,54	7,38	5,38	43,84
2	0,26	3,62	1,29	10,54
3	0,73	10,12	9,02	73,51
4	0,38	5,23	7,39	60,18
5	0,56	7,69	7,07	57,08
<b>Ortalama</b>	<b>0,49</b>	<b>6,81</b>	<b>6,03</b>	<b>49,03</b>

Elde edilen sonuçlardan yük-deplasman grafikleri Şekil 4’te gösterilmiştir. Eğilme deneyinde gözlenen çatlaklar GFRP malzeme için boyuna kılcal çatlaklardır. Numunelerin sehim verdiği orta bölgelerde çapraz kırılma çatlakları ve tekil yüklemenin yapıldığı sehim bölgesinde noktasal kırılma oluşmuş ve içerisindeki beton kırılmıştır.



**Şekil 4. a.** Şahit **b.** Hibrit profillerin eğilme deneyi gerilme- yer değiştirme grafikleri

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde hibrit numunelerin eğilmeye karşı gösterdiği dayanım şahit numunelere göre oldukça yüksektir. Şahitlerin ortalama eğilme dayanımı 6,81 MPa iken, hibritlerin ortalama eğilme dayanımı 49,03 MPa’dır. Buna göre hibrit numuneler şahitlere göre 7,2 kat daha fazla eğilme dayanımına sahiptir diyebiliriz.

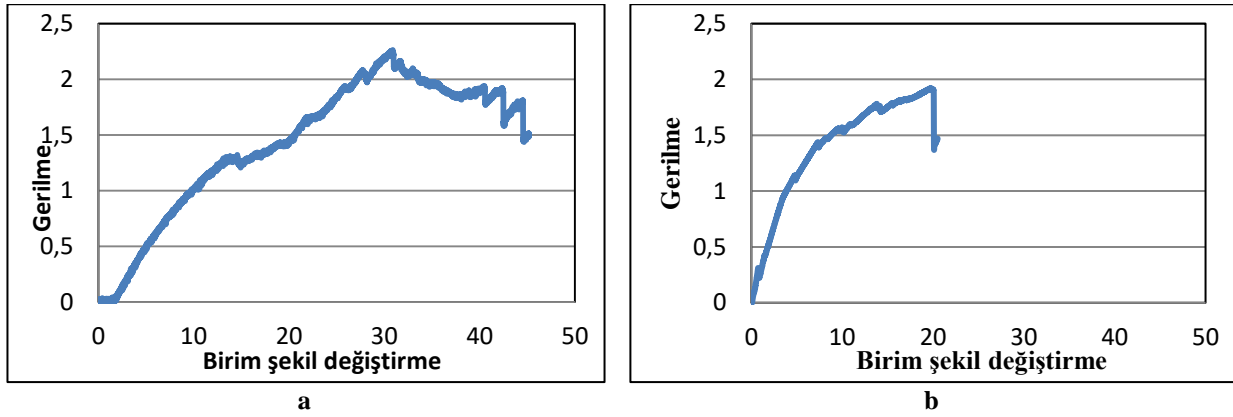
### 3.3. Kayma Testleri

Şahit ve hibrit numunelere uygulanan kayma deneyi sonuçları Tablo 3’te sunulmuştur. Ayrıca gerilme şekil değiştirme grafikleri Şekil 5’te verilmiştir.

**Tablo 3.** Şahit ve hibrit numunelerin kayma test sonuçları

Numune No	Şahit numuneler		Hibrit numuneler	
	Yük ( kN)	Kayma Dayanımı (MPa)	Yük ( kN)	Kayma Dayanımı (MPa)
1	0,55	1,54	2,48	1,68
2	0,90	2,56	4,82	3,28
3	0,80	2,25	2,57	1,46
4	0,86	2,43	2,83	1,92
5	0,62	1,75	3,13	2,05
<b>Ortalama</b>	<b>0,74</b>	<b>2,11</b>	<b>3,17</b>	<b>2,08</b>

Yapılan kayma deneyi sonucunda numunelerde kırılmalar ve çatlamlar meydana gelmiştir. Hem hibrit hem de şahit numunelere uygulanan kesme yükü etkisi altında elastik ve plastik şekil değiştirmeler meydana gelmiştir. Şahit numuneler gevrek malzemeler olduğu için yüklemenin değiştiği yüzey alanında noktasal kılcal küçük çatlaklar oluşmuştur. Kayma deneyinde hibrit numunelerde yüklemenin olduğu alanda noktasal kırılma görülürken, orta bölgede boyuna doğrultuda aksel kırılmalar ortaya çıkmıştır.



Şekil 5. a. Şahit b. Hibrit numunelerin kayma gerilme- şekil değiştirme grafikleri

## 5. Sonuçlar

Yapılan deneysel çalışma sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- Basınç deney sonuçlarına bakıldığında, hibrit elemanlar yük kapasitesi bakımından 2,1 kat daha fazla kapasiteye sahip iken, dayanımlara baktığımızda şahit numuneler 1,6 kat daha fazla dayanıma sahiptirler. Bunun nedeni hibrit numunelerin daha geniş bir alana sahip olmalarıdır.

- Eğilme deney sonuçlarına bakıldığında, hibrit elemanlar yük kapasitesi bakımından 12,3 kat daha fazla, dayanımlara baktığımızda yine hibrit numuneler 7,2 kat daha fazla dayanıma sahiptirler.
- Kayma deney sonuçlarına baktığımızda, hibrit elemanlar yük kapasitesi bakımından 4,3 kat daha fazla kapasiteye sahiptirler ve dayanımlara baktığımızda ise yaklaşık olarak eşitlerdir.

Elde edilen tüm veriler değerlendirildiğinde hibrit elemanların basınç, eğilme ve kayma deneylerinde yük taşıma kapasitesinin arttığı görülmüştür. Ayrıca yine hibrit numunelerin kayma dayanımında önemli bir fark oluşmadığı ancak özellikle eğilme dayanımlarında önemli derece artış sağladığı ortaya çıkmıştır.

## Kaynaklar

- [1] emirli.com.tr/zemin-iyileştirme-yöntemleri
- [2] Özaydın, K., “Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği On dördüncü Ulusal Kongresi”, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul, Türkiye, 4-5 Ekim 2012
- [3] Yıldırım, S., “Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı”, Birsen Yayınevi, Yıldız Teknik Üniversitesi, sayfa 438-439, Türkiye, Ekim 2009
- [4] Sempozyum.sdu.edu.tr/zm14/docs/pdfler/prof\_dr\_kutay\_ozaydin.pdf
- [5] İNCEER, Ş., 1994; Kum Drenleri ile Zemin Islahı. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
- [6] Açıkkel A.D., Altın M. ve Dorum A. 2009. Yapı Teknolojisi. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara
- [7] Özdemir İ. Yapı Elemanları Ders Notları. Osmangazi Üniversitesi. Eskişehir
- [8] A. Birand; Kazıklı temeller, Teknik Yayınevi, Ankara 2001.
- [9] adilozdemir.com/upload/dokumanlar/5409912-4.pdf
- [10] Aydın F., “GFRP-Beton-Çelik Lifli Hibrit Kirişlerin Eğilme Davranışlarının İncelenmesi”, International Construction Congress. 11-13 October 2012 Isparta, Turkey.