

VİDA KAZIK KAPASİTELERİ İÇİN SAHA DENEYİ SONUÇLARININ VE LİTERATÜR HESAPLAMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISON OF FIELD EXPERIMENTS' RESULTS AND LITERATURE CALCULATIONS FOR SCREW PILE CAPACITIES

Levent ÜNKAP¹, Havvanur KILIÇ²

ÖZET

Bu çalışmada, vida kazıkların (helezonik kazıklar) basınç, çekme ve yanal yük kapasiteleri sahada yapılan vida kazık deneyleri ile belirlenmiştir. Bu amaçla, bir villa projesi sahasında basınç, çekme ve yanal yük kapasitelerini belirlemek için deneyler yapılmıştır. Sahadan alınan zemin örnekleri üzerinde laboratuvar deneyleri yapılarak endeks özellikleri ve mukavemet parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler dikkate alınarak literatürde vida kazık ve/veya kazıklar için önerilen basınç, çekme ve yanal yük kapasiteleri hesaplanmıştır. Yükleme ve çekme deneylerinden ölçülen yük ve yer değiştirmelere göre belirlenen kapasite değerleri ile literatüre göre hesaplanan kapasite değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Vida Kazık, Helezonik Kazık, Kazık Yükleme Testi, Kazık Kapasitesi

ABSTRACT

Within this study, it is targeted to compare and evaluate compression, tension and lateral load capacities of screw piles (helical piles) which are calculated according to geotechnical literature and others obtained via field loading tests. During the study, in the field of a villa project, pile loading tests were applied to screw piles to determine compression, tension and lateral load capacities. Besides, compression, tension and lateral load capacities of piles which are suggested by academic literature were calculated according to geotechnical parameters of soil which were determined with respect to laboratory tests done via samples taken from field. Finally, capacity values obtained from field loading tests were compared to the capacity values calculated according to academic literature and the relationship between the results were stated.

Keywords: Screw Pile, Helical Pile, Pile Loading Test, Pile Capacity

1. GİRİŞ

Yapı yüklerinin zemine güvenle aktarılması geoteknik mühendisliğinin ana konularından biridir. Sığ temeller kazı, beton, kalıp, donatı demiri ve dolgu masraflarının yanısıra tüm inşaat planlaması içinde önemli bir zaman kaybına yol açmaktadır ve zemine kalıcı etkileri nedeniyle sürdürülebilir değildir. Hem klasik inşaat giderlerini (kazı, beton, kalıp, donatı demiri, dolgu, vb.) azaltma, hemde temel inşaatı süresini kısaltma açısından, hafif yapılar için, sığ temellere bir alternatif olan vida kazıklar, sürdürülebilirliğe katkısı nedeniyle iyi bir alternatif olarak ön plana çıkmaktadır.

Vida kazıkların taşıma kapasitelerinin hesaplanması için literatürde yaklaşımlar olsa da, saha yükleme deneyleri ile literatür verilerinin kontrol edilmesi ihtiyacı olduğu görülmüştür. Bu nedenle sahada vida kazıklar için kazık yükleme deneyleri yapılmış ve bu deneylerle elde edilen kazık kapasitesi değerleri, teorik

¹ İnş.Müh. , Mercan Proje , leventunkap@mercanproje.com (Sorumlu Yazar)

² Doç.Dr. , Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü , kilic@yildiz.edu.tr

hesaplamalarla elde edilen kazık kapasiteleri ile karşılaştırılmıştır. Deney yapılan sahadaki zemin tipine benzer zeminlerde, literatürde önerilen kazık kapasitelerinin gerçekteki durumu ne kadar yansıtılabildiği değerlendirilmiştir.

2. VİDA KAZIK

Uygulaması ilk kez İngiltere’de, 1836 yılında yapılan Vida Kazık teknolojisi aradan geçen 180 yıldan fazla sürede gelişerek yaygınlaşmıştır. İlk başlarda deniz fenerleri, iskele ve köprü ayakları gibi yapılarda kullanılan vida kazıklar, günümüzde depo, villa veya daha karmaşık yapılarda da kullanılmaktadır.

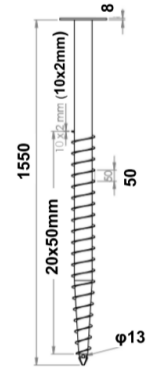
Vida kazık uygulamasında, geoteknik mühendisi tarafından zemin profili dikkate alınarak basınç, çekme ve yanal yük kapasiteleri hesaplanır ve üst yapıdan aktarılacak yüklere göre kazıkların sayısı ve lokasyonları belirlenir. Devamında, kazıkların lokasyonları sahada işaretlenir ve tork uygulayan bir makine ile kazıkların, dik bir şekilde (su terazisi yardımı ile), dönerek zemine girmesi sağlanır (Şekil-1a). İstenilen derinliğe ulaşıldıktan sonra uygulanan tork sonlandırılır ve makinenin bağlantıları sökülür. Tüm kazıklar yerleştirildikten sonra kazıkları birbiriyle ve üst yapı ile bağlayacak olan çerçevenin yerleştirilmesi ile üst yapı inşaatına devam edilir. Tek bir kazığın yerleştirilmesi yaklaşık 15~20 dakika sürmektedir. Zeminin mukavemet özelliklerine bağlı olarak bu süre değişkenlik gösterebilir.



(a)

Malzeme	: S235
Boru Dış Çapı	: $\phi 76$ mm , kalınlık, $t_b=3,7$ mm
Boy	: 1550 mm
Helezonlar	: 10mmx2mm (genişlik x kalınlık)
Flanş	: $\phi 200$ mm , kalınlık, $t_f=8$ mm

(b)

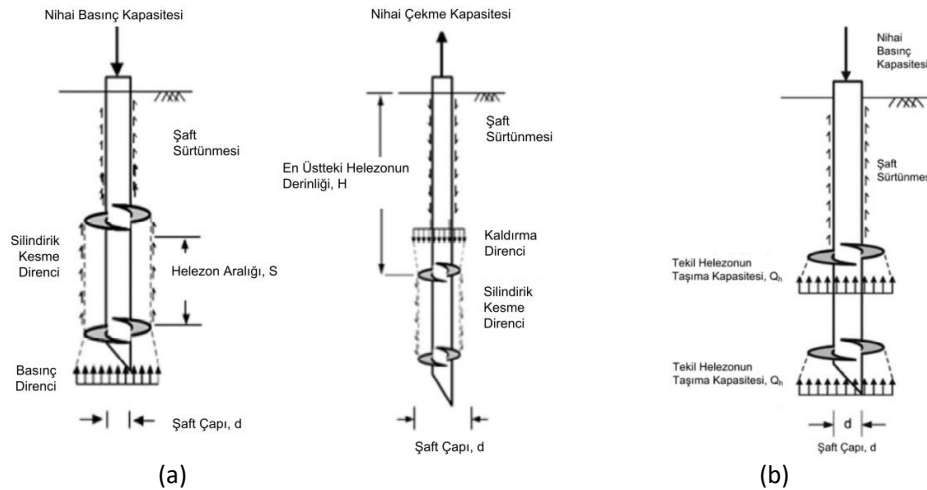


Şekil 1. a) Vida Kazıklarının Yerleştirilmesi b) Çalışma Kapsamında Kullanılan Vida Kazıklarının Özellikleri

Günümüzde vida kazıkların malzeme ve boyut özellikleri üreticiden üreticiye değişiklik göstermektedir. Türkiye’de kullanımı yeni yeni yaygınlaşmakta olan vida kazıklar, yaygın olarak 60mm~120mm arasında değişen çap değerlerine ve 60cm~300cm arası değişken boya sahip olarak üretilmekte ve kullanılmaktadır. Tasarım ihtiyacına göre farklı boy, çap ve malzeme ile kazık kullanılması mümkündür. Bu çalışma kapsamında kullanılan vida kazıkların özellikleri Şekil 1b’de gösterilmiştir.

Vida kazıkların zeminde karşılaştığı direnç, klasik kazıklarda (betonarme/çelik) olduğu gibi uç direnci ve sürtünme direnci şeklindedir. Bu dirençlere ilave olarak vidanın helezonlarında da, kazık üzerindeki kuvvetin yönüne bağlı olarak helezonların altında veya üstünde, ilave bir direnç oluşmaktadır. Literatürde vida kazıkların hesabı için çoğunlukla kullanılan 2 yöntem önerilmiştir. Bunlardan ilki Silindirik Kesme Metodudur (Cylindrical Shear Method). Bu metoda göre kazığın helezon bölgesinde oluşan sürtünme direnci, helezonları da içeren bir çapa sahip silindirik bir hacmin yüzeyinde oluşmaktadır (Şekil 2a). İlgili sürtünme kuvveti hesapları bu yüzeye göre yapılmaktadır.

Tekil Taşıma Metoduna (Individual Bearing Method) göre ise her helezon bağımsız olarak ayrı ayrı zemin direncine maruz kalmaktadır (Şekil 2b). Helezonlar arasında ayrıca sürtünme direnci düşünülmemekte, sürtünme direnci sadece kazığın, helezonlarının olmadığı üst kısmı için hesaplanmaktadır. Silindirik Kesme Metodu hem basınç hem de çekme için sonuçlar verirken, Tekil Taşıma metodu sadece çekme için sonuçlar vermektedir.



Şekil 2. Gerilme Dağılımı (Mohejerani, 2014) a) Silindirik Kesme Metodu b) Tekil Taşıma Yöntemi

Silindirik Kesme Metoduna göre hesaplamalarda, basınç kapasitesi için Mooney et al. (1985), Narasimha Rao and Prasad (1993) ve Lutenegger (2009)'ün çalışmalarından, çekme kapasitesi için ise Lutenegger (2009) çalışmalarından faydalanılmıştır. Tekil Taşıma Metoduna göre hesaplamalarda ise çekme kapasitesi için Chance (1993) ve Nasr (2009) çalışmalarından yararlanılmıştır. Kazıkların yanal yük kapasiteleri hesapları için Broms(1965)'den faydalanılmıştır.

3. DENEY ALANI VE ZEMİN ÖZELLİKLERİ

Deneyler, İstanbul İli, Çekmeköy İlçesi Reşadiye Mahallesi sınırları içerisinde yer alan arazide gerçekleştirilmiştir. Tüm yönlerden çevresi orman ile kaplı, yaklaşık 6000m² büyüklüğünde olan arazi yaklaşık %15 eğime sahiptir.

Sahada yapılması planlanan villa projesi için sondaj çalışması yapılmıştır. Ancak, elde edilen veriler zemin yüzeyinden itibaren 2.5m derinlik için net bilgi vermediğinden sahada ayrıca iki adet 2.5m derinlikte araştırma çukurları açılmıştır. Araştırma çukurlarından, sarımsı-kahverenkli, sert KİL birim gözlenmiştir. Çukurdan elde edilen zeminlerden belirlenen endeks özellikler ve mukavemet parametreleri Tablo 1'de sunulmuştur.

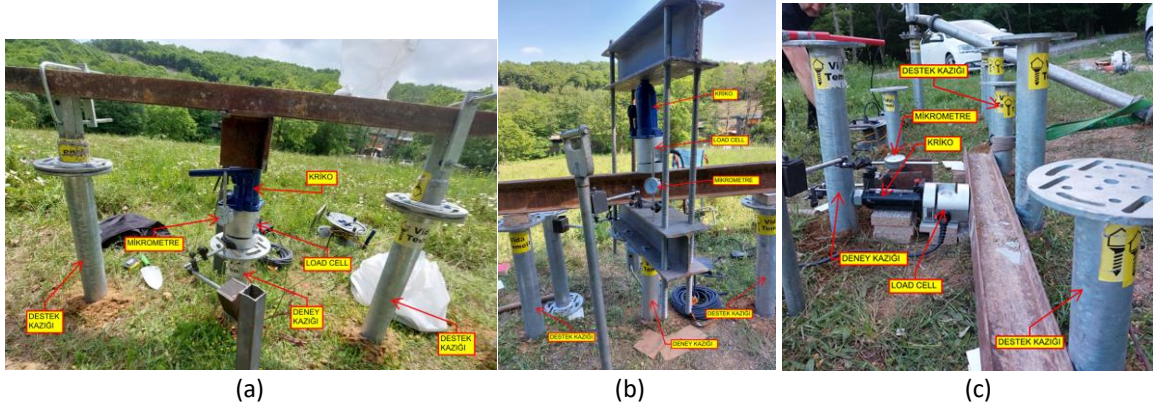
Tablo 1. Zemin özellikleri

Grup Sembolü,	CL
Birim Hacim Ağırlık, γ_n (gr/cm ³)	γ_n (gr/cm ³) = 1,84 – 2,00 (ortalama değer γ_n (gr/cm ³)=1,90)
Doğal Su Muhtevası,	Wn (%) = 13,4 – 26,4 (ortalama değer Wn(%)=19,1)
Kil/Silt Oranı,	C-M (%) = 35,3 – 88,4 (ortalama değer C-M(%)=68)
Kum Oranı,	S (%) = 2,9 – 39,1 (ortalama değer S(%)=19)
Çakıl Oranı,	G (%) = 1,4 – 26,8 (ortalama değer G(%)=13)
Likit Limiti,	LL (%) = 26,4 – 44,4 (ortalama değer LL(%)=36)
Plastik Limiti,	PL (%) = 14,8 – 25,5 (ortalama değer PL(%)=18)
Plastisite İndeksi,	PI (%) = 11,3 – 26,1 (ortalama değer PI(%)=18)
Serbest Basınç Deneyi, q_u (kPa)	q_u (kPa) = 95,3 – 159,6 (ortalama değer q_u (kPa)=127)
Üç Eksenli Basınç Deneyi, c (kPa)	c(kPa)=91 (ortalama değer)
Üç Eksenli Basınç Deneyi, ϕ (°)	ϕ (°)=12 (ortalama değer)

Bu veriler ışığında hesaplamalarda drenajsız kohezyon değeri, $c_u = 80$ kPa, ve doğal birim hacim ağırlık $\gamma_n = 19$ kN/m³ olarak dikkate alınmıştır.

4. KAZIK YÜKLEME DENEYİ VE SONUÇLARI

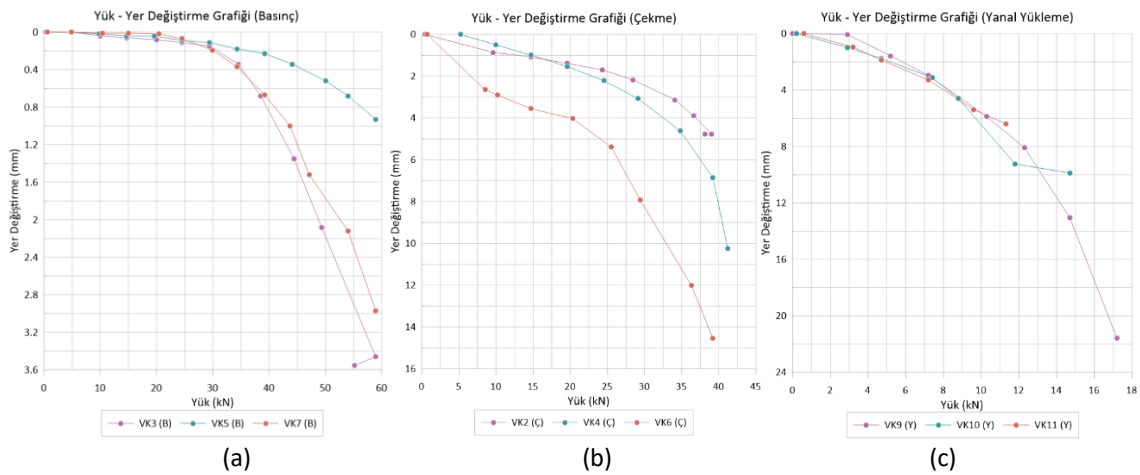
Deneyler 3 adet basınç deneyi, 3 adet çekme deneyi ve 3 adet yanıl yükleme deneyi olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, kazık yükleme deneyi standartlarında tarif edildiği gibi deney kazığının yanısıra, aynı doğrultuda deney kazığının her iki yanından eşit uzaklıkta konulan 2 adet reaksiyon kazığı kullanılmıştır. Yükleme hidrolik bir kriko ile yapılmış ve yük hücresi ile ölçümler alınmıştır. Yer değiştirme ölçümleri, deney düzeneğinden bağımsız bir şekilde konulan, her deney için 2'şer adet olacak şekilde mikrometreler ile yapılmıştır. Deney düzenekleri Şekil 3'de gösterilmiştir. Vida kazıklarının yerleştirme işlemi sonunda yaklaşık 50cm'lik kısmı zemin seviyesi üstünde kalmıştır.



Şekil 3. Vida kazık deneyleri a) Basınç b) Çekme c) Yanıl Yükleme Deneyleri

Deneylerde, kriko ile kademe kademe yükleme yapılarak ve her kademe bir süre beklenerek yer değiştirme değerleri ölçülmüştür. Krikonun daha fazla yükleme yapamadığı veya yer değiştirme değerlerinin sabitlenemediği durumda deneyler sonlandırılmıştır. Basınç deneylerinde, vida kazığının çelik dayanımının elverdiği en yüksek yüke ulaşılmış ve çelikte yenilme meydana gelmemesi için deney sonlandırılmıştır.

Saha deneyleri sırasında yapılan yüklemeler ve bu yüklemelere karşılık gelen yer değiştirme değerleri Şekil 4'de gösterilmiştir. Saha Deneyleri sonucunda elde edilen basınç, çekme ve yanıl kazık kapasiteleri Tablo 2' de sunulmuştur. Tablo 1'de belirlenen zemin parametreleri kullanılarak literatüre göre elde edilen kazık kapasiteleri Tablo 3'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Yük - Yer Değiştirme Grafikleri a) Basınç b) Çekme c) Yanıl Yükleme

Tablo 2. Saha Deneylerinden Elde Edilen Kazık Kapasiteleri

Deney Adı	Vida Kazık No:	Ölçülen Maksimum Kuvvetler		
		Basınç (kN)	Çekme (kN)	Yanal (kN)
Basınç-1	VK3	58.9	-	-
Basınç-2	VK5	58.9	-	-
Basınç-3	VK7	58.9	-	-
Çekme-1	VK2	-	39.1	-
Çekme-2	VK4	-	41.3	-
Çekme-3	VK6	-	39.3	-
Yanal-1	VK9	-	-	17.2
Yanal-2	VK10	-	-	14.8
Yanal-3	VK11	-	-	11.3
Ortalama:		58.9	39.9	14.4

Tablo 3. Literatür Çalışmalarına Göre Elde Edilen Kazık Kapasiteleri

Method	Literatür	Maks. Taşıma Kapasitesi (kN/vida kazık)		
		Basınç	Çekme	Yanal Yük
Silindirik Kesme Metodu	Mooney at al (1985) ve Narasimha Rao and Prasad (1993)	28	29	-
	Lutenegger (2009)	-	26	-
Tekil Taşıma Metodu	Chance (1993)	-	48	-
	Nasr (2009)	-	50	-
Yanal Yük Yaklaşımı	Broms (1965)	-	-	16

Saha deneylerinden elde edilen kazık kapasiteleri (Tablo-2) ve literatüre göre hesaplanan kazık kapasiteleri Tablo 3’de sunulmuştur. Her bir deney için aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

Basınç Kapasitesi: Silindirik Kesme Metodu ile elde edilen değerlerin, kazık yükleme deneyinden elde edilen değerlerin yaklaşık %50’si mertebesinde olduğu gözlenmiştir.

Çekme Kapasitesi: Silindirik Kesme Metodu ile hesaplanan çekme kapasitesi değerlerinin, kazık yükleme deneyinden belirlenen çekme kapasitelerinin %70’i kadar olduğu tespit edilmiştir. Tekil Taşıma Metodu ile hesaplanan çekme dayanımları ise, ölçümlerin yaklaşık %20-25 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Yanal Yük Kapasitesi: Vida kazıkların yanal yük kapasitelerinde elde edilen sonuçlar genel olarak literatür verilerinden biraz daha yüksek olsa da genel olarak literatür hesaplamaları ile tutarlı olduğu görülmüştür.

Kapasite değerleri karşılaştırıldığında, kazık kapasitesinde, helezon yüzeyinde oluşan zemin direncinin, sürtünme direncinden daha fazla katkı yaptığı sonucuna ulaşılmaktadır. Çoğunlukla sürtünme direncini baz alan Silindirik Kesme Metodu ile elde edilen kapasite değerlerinin saha değerlerinden bu nedenle daha düşük olduğu düşünülmektedir.

Tekil Taşıma Metodu ile belirlenen sonuçların saha deneyi ile elde edilen kapasitelerden daha yüksek olmasının nedeninin ise kazığın yerleştirilmesi sırasında zeminin örselenmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Yanal yük kapasitesi vida kazığın çapına bağlı olarak yüzeyden itibaren ilk 10~40 cm’lik zemin tabakasında karşılaştığı dirence bağlı olarak şekillenmektedir. Vida kazığın doğası gereği yüzeydeki dolgu/nebati toprak kaldırılmadığından vida kazıkların yanal kapasitesi bahsi geçen bu birimlerin direncinden etkilenmektedir. Genel olarak sahanın genel formasyonundan daha düşük dayanımlı olacağı öngörülen dolgu/nebati toprağın düşük dayanımı nedeniyle vida temellerin yanal kapasitesi oldukça düşük çıkmaktadır. Sahada yapılan deneylerde de literatürden elde edilen bu düşük kapasite değerlerine benzer sonuçlar elde edilmiştir.

5. SONUÇ

İlgili saha için yerinde yapılan vida kazık yükleme deneyleri ile vida kazıkların basınç, çekme ve yanal yük kapasiteleri ölçülmüştür. Sahadan alınan zemin numunelerinde yapılan laboratuvar deneylerinden belirlenen geoteknik parametreler ile kazık kapasiteleri hesaplanmıştır. Hesaplanan kapasiteler ile, sahada alınan ölçümlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ilgili arazi için, vida kazıkların basınç kapasitelerinde literatür hesaplamalarının, kazık yükleme deneyi ile elde edilen kapasitelerin yaklaşık yarısı (%50) kadar olduğu belirlenmiştir. Çekme kapasitelerinde ise Silindirik Kesme Metodunun sonuçlarının güvenli tarafta kaldığı (yaklaşık %70) ancak Tekil Taşıma Metodu sonuçlarının, testte elde edilen çekme kapasitesinin üzerinde olduğu (yaklaşık %20-25 üzerinde) tespit edilmiştir. Yanal yüklemelerde ise literatür hesap sonuçlarının saha test sonuçları ile tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Saha çalışmalarındaki desteklerinden ötürü Sn. Alper Zümrüt'e (Vida Temel-Kaletek İnşaat), Sn. Süha Afacan'a (İki Mimar Proje&İnşaat), Sn. Hadiye İnceoğlu'na (Elfa Mühendislik), Sn.İdil Ayanoğlu'na (Elfa Mühendislik) ve Sn.Güliz Ünlü'ye (Mercan Proje) içtenlikle teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Lutenegger, A.J., 2011, "Historical Developments of Iron Screw-Pile Foundations: 1836-1900", Int. J. for The History of Eng. & Tech. , Vol. 81 No. 1, January, 2011, 108–28
- Mooney et al., 1985, "Uplift Capacity of Helix Anchors in Clay and Silt", American Society of Civil Engineers, 48 – 72
- Narasimha Rao and Prasad, 1993, "Estimation of Uplift Capacity of Helical Anchors in Clays", J. Geotech. Eng. 119 (2), 352 – 357
- Lutenegger, 2009, "Cylindrical Shear or Plate Bearing?: Uplift Behaviour of Multi-Helix Screw Anchors in Clay", Contemporary Topics in Deep Foundations. American Society of Civil Engineers, USA, pp. 456 – 463
- Chance., 1993, "Basic Guidelines for Designing Helical Piers for Underpinning", A.B Chance Company, USA
- Nasr, 2009, "Performance-Based Design for Helical Piles. In:Contemporary Topics in Deep Foundations", Contemporary Topics in Deep Foundations. American Society of Civil Engineers, USA, pp. 496 – 503
- Mohajerani, A., Bosnjak, D., Bromwich, D., 2014, "Analysis and Design Methods of Screw Piles: A Review", Soils and Foundations 2016;56(1):115 – 12