

YÜZEYSEL TEMEL GEOMETRİSİNİN ZEMİNLERDE OLUŞAN GERİLMELERE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Baki BAĞRIAÇIK ve Mustafa LAMAN
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana

ÖZET:

Bu çalışmada, kumlu zeminler üzerine oturan farklı geometrilerdeki yüzeysel temellerden dolayı zemin içinde oluşan ilave düşey gerilme davranışları laboratuvar model deneyleri yapılarak araştırılmıştır. Bu amaçla zemin içerisinde belirlenen derinlikteki yatay düzlemler boyunca 3 farklı geometrideki yüzeysel temellerden dolayı meydana gelen ilave düşey gerilme değerleri ölçülerek şekil etkisi incelenmiştir. Deneylerde gerilme değerlerini ölçmek için basınç transducerleri kullanılmıştır. Sonuç olarak; farklı geometrilerdeki temellerde şekil etkisinin önemli mertebelerde olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: İlave gerilme, kum zemin, basınç transduceri, farklı geometrideki temeller

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SHALLOW FOUNDATION GEOMETRY ON SOIL STRESS DISTRIBUTION

ABSTRACT:

In this study, the induced vertical soil stress values of the shallow foundations in different geometries on sandy soils were investigated by laboratory model tests. For this purpose, induced vertical stress values, along the horizontal lanes at different depths in the soil, caused by shallow foundations with three different geometries were investigated determine the effect of shape. In the tests, pressure transducers have been used in order to measure stress values. As a result of this study; the effect of shape because of shallow foundation in different geometries was found to be important.

Key Words: Induced stress, sandy soil, pressure transducer, foundation in different geometries

1.GİRİŞ

Mühendislik bakış açısıyla, zeminler, homojen ve izotrop olmayan ayrıca özellikleri çevre koşullarına, jeolojik tarihçesine ve zamana bağlı olarak büyük değişiklikler gösteren inşaat malzemeleridir. Bu açıdan zeminlerin mühendislik davranışlarını tanımlayan genel analitik modellerin ve sabit malzeme katsayılarının belirlenmesi mümkün olmamaktadır. Zemin özelliklerinin her proje sahası için deneysel olarak belirlenmesi ve bu yapılırken de arazide geçerli olacak koşulların dikkatle göz önüne alınması gerekmektedir. Dolayısıyla deneysel yöntemler zemin mekaniğinin ayrılmaz ve vazgeçilmez bir parçasını oluşturmaktadır. Deneysel olarak belirlenen birçok zemin özelliği ise, ancak belirli koşullarda geçerliliğini korumaktadır. Kullanılan deneysel yöntemlerin ve zemin davranışını etkileyen faktörlerin iyi anlaşılması, elde edilen sonuçların birçok durumda yanıltıcı olabilmesine yol açabilmektedir (Kumbasar-Kip, 1984).

Zeminlerin çok karmaşık bir malzeme olmaları nedeni ile, zemin mekaniği ve temel inşaatı problemlerinde temel kavramların iyi anlaşılması ve mühendislik tecrübesi çok özel bir öneme sahiptir. Birçok inşaat malzemesi için, tasarım ve uygulama problemlerinin çözümünde genel olarak malzeme davranışının tam olarak kavranması gerekmeden belirli katsayıların kullanılması yeterli olmaktadır. Fakat zemin ile ilgili problemlerde kullanılacak malzeme özelliklerinin hangi koşullarda belirlendiği ve geçerliliğini koruduğunu anlamadan ve bu konuda yeterli tecrübe birikimine sahip olmadan güvenli ve ekonomik mühendislik çözümleri elde etmek mümkün olmamaktadır. Durumun böyle olması zemin mekaniği ve temel mühendisliğinin yani geoteknik biliminin önemini daha da artırmaktadır (Kumbasar-Kip, 1984).

Zeminler, çok karmaşık bir malzeme olmaları nedeni ile zemin içerisinde gerçekçi gerilme-deformasyon analizleri yapmak da oldukça zordur. Bu amaçla Elastisite Teorisi kullanılırken şu kabuller yapılır:

1. Zemin, elastik olup, gerilme-deformasyon ilişkisi lineerdir.
2. Zemin ortam homojendir. Diğer bir deyişle, elastik sabitler, Elastisite modülü, E ve poisson oranı, μ her noktada aynıdır.
3. Zemin ortamı izotropdur. Yani, özellikleri bir noktada, her yönde aynıdır.
4. Zemin ortam yarı sonsuzdur. Yani, bir düzlemin altında, her yönde, sonsuz mesafeye uzanır (Uzuner, 1998).

Elastisite teorisinden yararlanarak elde edilen bu çözümlerde, düşey gerilme dağılımları zeminin malzeme özelliklerinden bağımsızdır. Ayrıca zeminin türü ve sıklık gibi parametreleri dikkate alınamamakta, her cins zemin için aynı gerilme dağılımları elde edilmektedir (Sağlamer, 1972). Zemin yüzüne uygulanan düşey yükler altında meydana gelen yatay gerilmeler ve bunların derinlikle değişimi de yine elastisite teorisi kullanılarak bulunmaya çalışılmaktadır. Bu çözümlerde düşey gerilmelerden farklı olarak yatay gerilmeler, zeminin elastisite modülü ve poisson oranına bağımlı olmaktadır. Bu durumda, bu zemin parametre değerlerinin gerçekçi olarak saptanması başlı başına bir problem oluşturmaktadır (Özaydın, 1989). Fakat

zeminler için gerilme analizinde, zemin cinsinin ve onun aktaracağı gerilmelerin çok büyük önemi vardır. Bu yüzden, zeminlerde ilave yüklerden dolayı oluşan düşey gerilme değerlerinin deneysel yollarla bulunması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, kumlu zeminler üzerine oturan yüzeysel temellerden dolayı zemin içinde oluşan ilave düşey gerilme davranışları laboratuvar model deneyleri yapılarak araştırılmıştır. Deneylerde şekil etkisini belirleyebilmek amacıyla üç farklı geometrideki temeller kullanılarak yatay düzlemler boyunca meydana gelen ilave düşey gerilme değerleri basınç transducerleri yardımıyla ölçülmüştür.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

2.1.1. Deney Kumu

Çalışmalarda, Çukurova Bölgesindeki Çakıt nehir yatağından çıkarılan kum numuneler kullanılmıştır (Şekil 1). Kum numune, ASTM standartlarına göre sırasıyla 1 mm çaplı (No. 18) ve 0.074 mm çaplı (No. 200) eleklerden yıkanarak elenmiştir. Bu işlem sonucunda No. 18 ile No. 200 arasında kalan kumlar, etüvde kurutulduktan sonra, Şekil 1’de görüldüğü gibi, uygun bir alana serilerek oda sıcaklığında kurutulmuştur. Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarında deney kumunun endeks ve kayma mukavemeti özelliklerinin belirlenmesi amacıyla deneyler yapılmıştır.



Şekil 1. Deney Kumu ve Kurutulması (Bağrıaçık, 2010)

Deneysel çalışmada kullanılan kumun ASTM standartlarına göre dane çapı dağılımı elde edilmiştir. Dane çapı dağılım eğrisinden deney kumunun zemin sınıfı, Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi’ne (USCS) göre kötü derecelenmiş ince ve temiz kum (SP) olarak elde edilmiştir. Elek analizi deney sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Zemin Özellikleri (Bağrıaçık, 2010)

Granülometri Parametreleri	Birim	Değer
Orta Kum Yüzdesi	%	46.40
İnce Kum Yüzdesi	%	53.60
Efektif Dane Çapı, D_{10}	mm	0.18
D_{30}	mm	0.30
D_{60}	mm	0.50
Üniformluk Katsayısı, C_u	-	2.78
Derecelenme Katsayısı, C_c	-	1.00
Zemin Sınıfı	-	SP

2.1.2. Deney Kasası

Kumlu zeminlerde gerilme ölçümü ile ilgili yapılan deneysel çalışmalar, Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarında 50 cm genişliğinde ve 40 cm yüksekliğindeki kare kesitli kasa içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Deney kasası iskeleti çelik profillerden olup, ön ve arka yüzü 6 mm kalınlığında cam, yan yüzeyler ile alt taban ise, 20 mm kalınlığındaki ahşap malzemeden imal edilmiştir.



Şekil 2. Deney Kasası (Bağrıaçık, 2010)

2.1.3. Model Temel

Deneysel çalışmada çapı 6 cm olan dairesel temel, 5 cm x 5 cm'lik kare temel ve 5 cm'lik şerit temel kullanılmıştır. Deney sırasında, yükleme nedeniyle temel tabanındaki basınç dağılımının üniform olarak dağılmasına dikkat edilmiştir.



a) B=6cm'lik Dairesel Temel



b) 5cm x 5cm'lik Kare Temel



c) 5cm'lik Şerit Temel

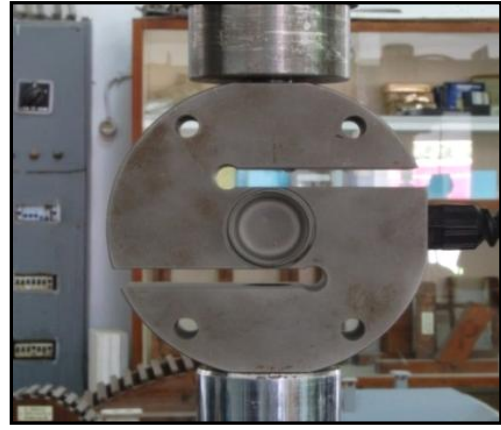
Şekil 3. Model Temeller

2.1.4. Yükleme Sistemi

Farklı yükleme hızlarında çekme ve basınç uygulayabilen özel bir yükleme düzeneği geliştirilerek deneyler gerçekleştirilmiştir. Yükleme düzeneği İnşaat Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarındaki yükleme kirişine monte edilmiştir (Şekil 4).

2.1.5. Yük Hücresi

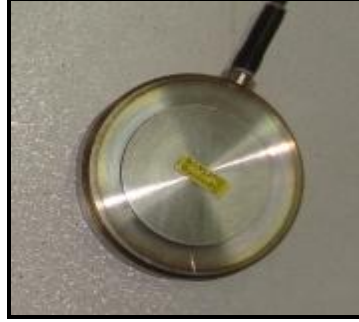
Deneylerde, temel plakalarına gelen yük değerlerini belirlemek amacıyla ESİT firması tarafından üretilen elektronik yük hücresi kullanılmıştır (Şekil 5) (Bağrıaçık, 2010).



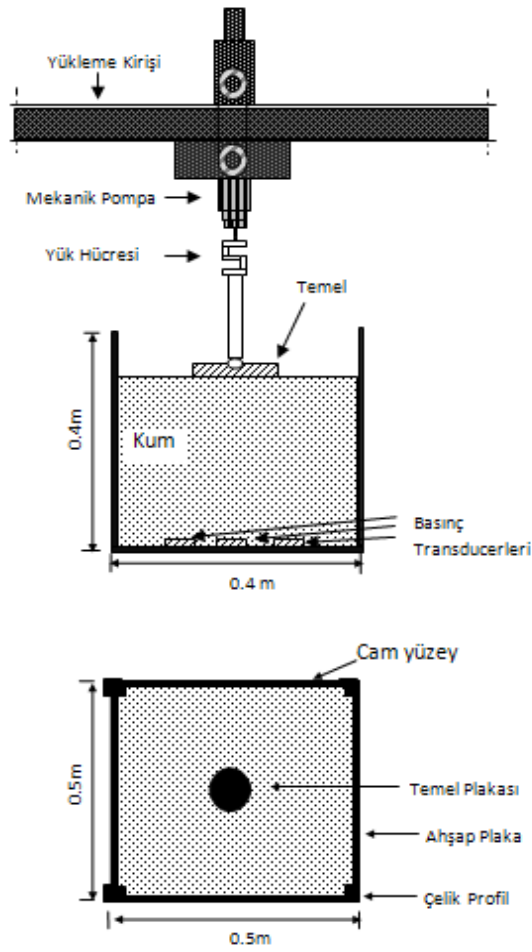
Şekil 4. Yükleme Sistemi (Bağrıaçık, 2010) Şekil 5. Yük Hücresi(Bağrıaçık, 2010)

2.1.6. Basınç Transducere

Zemin ortamında ilave yüklerden dolayı meydana gelen düşey gerilmeleri ölçebilmek amacıyla kullanılan yöntemlerden biri de zemin içerisinde gerilme ölçülecek derinliklere basınç transducerleri yerleştirmektir. Basınç transducerleri kullanarak gerilme ölçmenin diğer yöntemlere göre önemli bir avantajı, gerilme değerlerinin doğrudan ölçülebilmesidir. Zeminde meydana gelen düşey gerilmeleri ölçmek için 200 kPa kapasiteli Japon Tokyo Sokki Kenkyujo Co., Ltd. firması tarafından imal edilen basınç transducere kullanılmıştır.



Şekil 6. Basınç Transduceri (Bağrıaçık, 2010)



Şekil 7. Deney Düzeneği (Bağrıaçık, 2010)

2.1.7. Data Kaydetme Ünitesi (ADU)

Uygulanan düşey yükler, yük hücresi yardımıyla EL27-1495 seri numaralı ve 8 kanal girişli ADU (Autonomous Data Unit) data logger cihazına aktarılmıştır (Şekil 8). Bu veriler daha sonra bilgisayar ortamında DIALOG programı yardımıyla sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Uygulanan düşey yüklerden dolayı meydana gelen düşey gerilmeler ise, basınç transducerleri yardımıyla, Şekil 9'da görülen Japon Tokyo Sokki Kenkyujo Co. Ltd. firması tarafından imal edilen TML markalı TDS-301 modelindeki taşınabilir data logger'dan elde edilmiştir.



Şekil 8. ADU Cihazı Programı (Bağrıaçık, 2010)



Şekil 9. Taşınabilir Data logger (Bağrıaçık, 2010)

2.2. Metod

Çalışmada, kumlu zeminler üzerine oturan yüzeysel temellerden dolayı zemin içinde oluşan ilave düşey gerilme davranışları laboratuvar model deneyleri yapılarak araştırılmıştır. Deneylerde şekil etkisini belirleyebilmek amacıyla, $\gamma_k=15.0 \text{ kN/m}^3$ birim hacim ağırlığında, $Z=1.0B$ derinlikte ve üç farklı geometrideki temel ($B=6 \text{ cm}$ 'lik dairesel temel, $B=5 \text{ cm}$ 'lik kare temel ve $B=5 \text{ cm}$ 'lik şerit temel) kullanılarak yatay düzlemler boyunca meydana gelen ilave düşey gerilme değerleri basınç transducerleri yardımıyla ölçülmüştür.

Deneylerde basınç transducerleri deney kasasının içerisine hareket etmeyecek şekilde sabitlenmiştir.

Kum zemin, kasa içerisine tabakalar halinde ve birim hacim ağırlığı $\gamma_k = 15.03 \text{ kN/m}^3$ olacak şekilde sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Bu amaçla, her tabaka için gerekli kum ağırlığı önceden hesaplanarak kontrollü bir şekilde sıkıştırma yapılmıştır.

Sıkıştırma işlemi tamamlandıktan sonra zemin üst yüzeyinin düzgünlüğü su terazisi ile kontrol edilmiş ve temel plakası zemin yüzeyine yerleştirilmiştir. Bu aşamada temel plakasının, basınç transducerlerine göre konumunun uygun yerleştirilmesine dikkat edilmiştir.

Uygulanan yükün, temel plakası merkezine düşey yönde ve uniform olacak şekilde etki ettirilmesine özen gösterilmiştir.

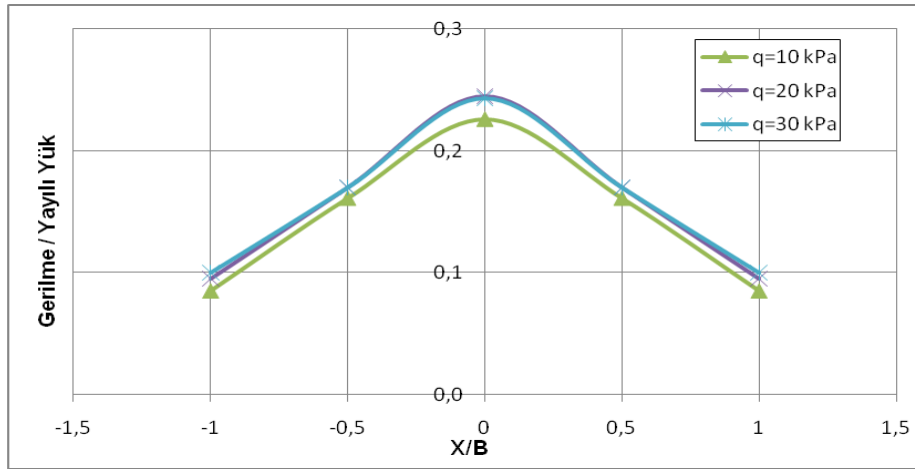
Deney sırasında, kademeli olarak yüklemeye devam edilmiş ve yükleme hızı her kademede sabit tutulmuştur.

Her yükleme kademesinde oluşan gerilmeler, TML markalı TDS-301 modelindeki taşınabilir datalogger'dan okunarak kaydedilmiştir.

3. BULGULAR

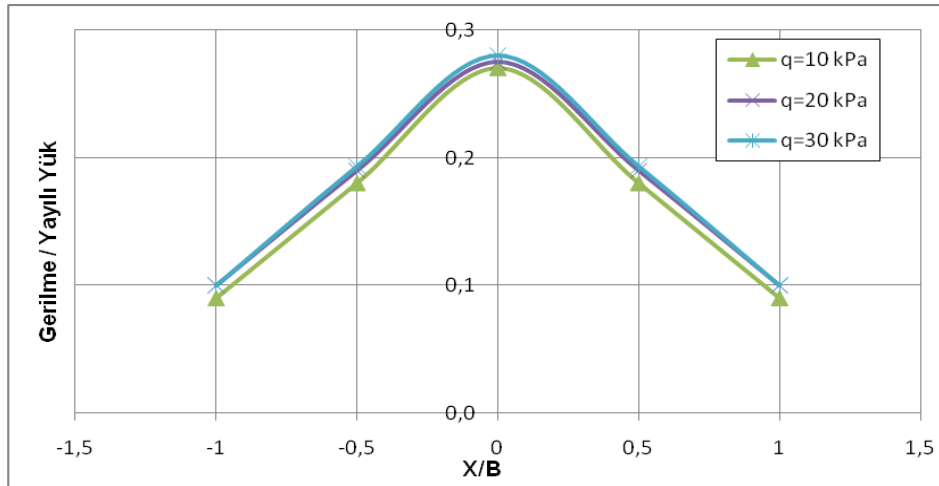
3 farklı geometride farklı yükler altında, $Z=1.0B$ derinlikte, temellerin merkezinde, $X=0.5B$ ve $X=1.0B$ yatayındaki düşey gerilmeler belirlenmiş ve deney sonuçları grafik halinde toplu olarak aşağıda sunulup karşılaştırılmıştır.

Şekil 10'da 6 cm çaplı dairesel temel altında, $q=10, 20, 30$ kPa yük altında gerilme değerleri topluca sunulmuştur.



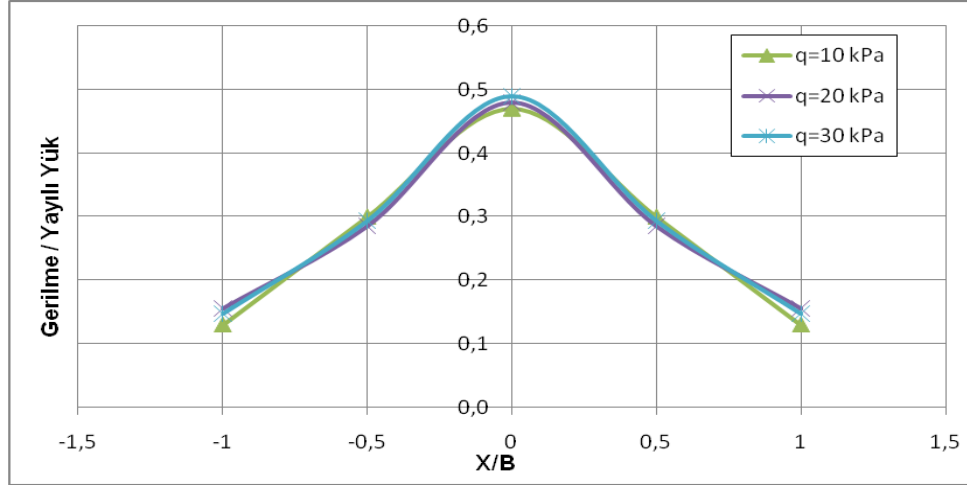
Şekil 10. Dairesel Temelde Yükün Etkisi (B=6cm)

Şekil 11'de kenarları 5 cm olan kare temel altında, $q=10, 20, 30$ kPa yük altında gerilme değerleri topluca sunulmuştur.



Şekil 11. Kare Temelde Yükün Etkisi (B=5 cm)

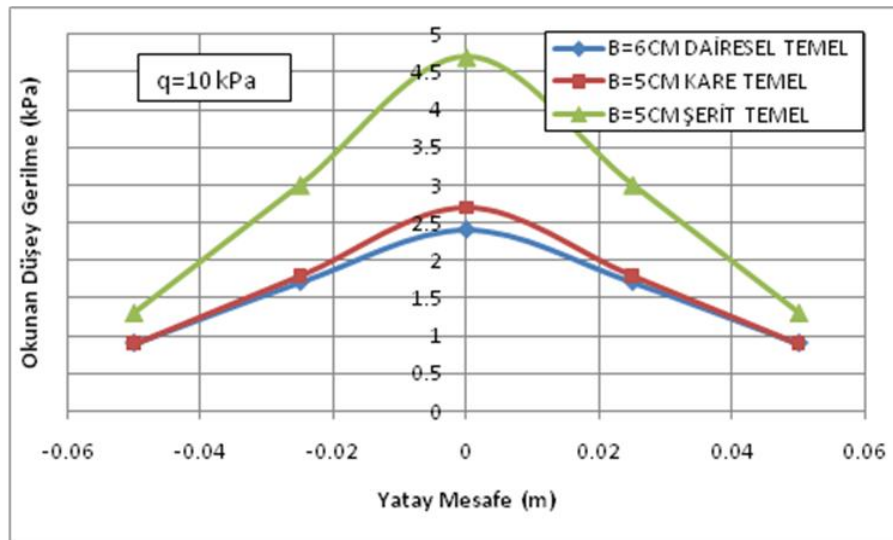
Şekil 12’de 5 cm’ lik şerit temel altında, $q=10, 20, 30$ kPa yük altında gerilme değerleri topluca sunulmuştur.



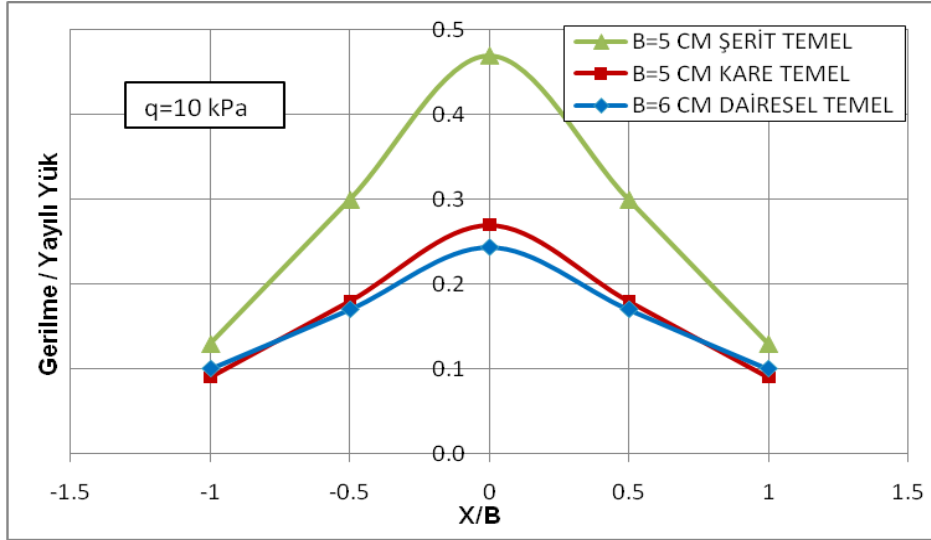
Şekil 12. Şerit Temelde Yükün Etkisi (B=5 cm)

Şekil 10, 11 ve 12’den, uygulanan farklı yük kademelerinin gerilme üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Aşağıda $q=10$ kPa yük altında daire, kare ve şerit temel olarak farklı geometrilerin gerilme davranışı toplu olarak grafikler halinde sunulmuştur.



Şekil 13. $q=10$ kPa Değerinde Şekil Etkisi



Şekil 14. Farklı Geometrilerdeki Temellerde Şekil Etkisi

Şekil 13 ve 14 'den, farklı geometrilerdeki temeller altında gerilme dağılımının daire ve kare temeller altında çok farklı olmadığı ancak daire ve kare temelle şerit temel arasında gerilme davranışında şekil etkisinin önemli mertebelerde olduğu görülmüştür.

4. SONUÇLAR

Kumlu zeminler üzerine oturan farklı geometrilerdeki yüzeysel temellerden dolayı zemin içinde oluşan ilave düşey gerilme davranışları laboratuvar model deneyleri yapılarak araştırılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Uygulanan farklı yükler için temel altında oluşan gerilme değerlerinde kayda değer herhangi bir değişim gözlenmemiştir.

Uygulanan yüke bağlı olarak, B=5 cm'lik şerit temelin Z=1.0B derinliğinde meydana gelen düşey gerilme değerlerinin en yüksek, B= 6 cm'lik dairesel temelin ise, en düşük değeri verdiği görülmüştür. Ayrıca B= 5 cm'lik kare temelin gerilme değerinin B= 6 cm çaplı dairesel temelin gerilme değerlerine oldukça yakın olduğu ancak 5 cm' lik şerit temelden dolayı elde edilen gerilme değerinin daire ve kare temel altında elde edilen gerilme değerlerin % 49 oranında fazla olduğu görülmüştür. Buradan farklı geometrilerdeki temellerde, şekil etkisinin önemli mertebelere çıkabildiği görülmüştür.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın birinci yazarı TÜBİTAK tarafından yurt içi yüksek lisans bursu ile desteklenmiştir. Birinci yazar, bu destek için TÜBİTAK'a teşekkürlerini sunmaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. BAĞRIÇIK, B., 2010. *Zeminlerdeki Gerilme Durumlarının Deneysel Ve Teorik Olarak İncelenmesi*, Adana
2. KUMBASAR, V., ve KİP, F., 1983. *İnşaat Mühendisliğinde Zemin Mekaniği. Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 350s.*
3. ÖZAYDIN, K., 1989. *Zemin Mekaniği. MEYA Matbaacılık ve Yayıncılık, İstanbul, 395s.*
4. SAĞLAMER, A., *Kohezyonsuz Zeminlerde Sükunetteki Toprak Basıncı Katsayısının Zemin Parametreleri Cinsinden İfadesi, Ph.D. Thesis in Civil Engineering, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1972.*
5. UZUNER, B. A., *Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi, Ankara, 1998.*