



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0227

ENGINEERING SCIENCES

Received: May 2011
Accepted: October 2011
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2010 www.newwsa.com

Ayşegül Güneş Kaya
Muhammet Vefa Akpınar
Gumushane University
gnskaya@gmail.com
Gumushane-Turkey

**KARAYOLU TABAKALARINDA PLAKA YÜKLEME DENEYİNİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

ÖZET

Bu çalışmada, zeminin taşıma kapasitesinin tayininde sıklıkla kullanılan plaka yükleme deneyinin, üstyapı tabakalarındaki uygulanabilirliği detaylı olarak araştırılmıştır. Türkiye karayollarında plaka yükleme deneyi, prensiplerinin tam olarak anlaşılammış olması ve şartnamelerdeki eksiklikler nedeniyle kullanılmamaktadır. Bu çalışmada, deneyin karayolu üstyapı tabakalarındaki güvenilirliği ANSYS yazılımı kullanılarak sonlu elemanlar programı ile araştırılmıştır. Değişik üstyapı tabaka kalınlıkları için deneyin güvenilirlik kriteri, tabaka altında oluşan düşey gerilme değerinin sıfır olduğu durum baz alınarak seçilmiştir. Gerilme analizlerine dayanılarak deney aletinin, plaka çapından kaynaklanan yanlış taşıma kapasitesi sonuçlarını önlemek için en az 1 m olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Plaka Yükleme Deneyi, Gerilme Dağılımı, Boyutlar, Sonlu Elemanlar, ANSYS

**RESEARCH ON FEASIBILITY OF PLATE LOADING TESTING ON HIGHWAY PAVEMENT
LAYERS**

ABSTRACT

In this study, the plate loading test which is widely used in evaluating soil bearing capacity is studied in detail for pavement layers. In Turkey highways plate loading tests are not utilized due to lack of understanding the principles of the test and lack of specifications. In this study, the reliability of the test on highway pavement layers is researched by developing a finite element program utilizing ANSYS software. The criteria for the reliability of the test for varying pavement layer thicknesses was chosen based on zero vertical stress occurring at the bottom of the layer. Based on the stress analyses it was found that the plate diameter of the test device should be at least 1 mt in order to avoid misleading bearing capacity results.

Keywords: Plate Loading Test, Stress Distribution, Dimensions, Finite Elements, ANSYS

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Karayolu tasarımlarında, yol mühendisliği yapılarına ait yüklerin; zeminde bir göçme veya müsaade edilen sınırın üzerinde bir oturma meydana getirmeyecek şekilde aktarılması ve aynı zamanda ekonomik olarak tasarlanması esastır. İyi etüt edilmemiş zemin üzerine inşa edilen bir yol yapısında, zamanla farklı oturmalarından dolayı tekerlek izleri, çatlaklar ve hatta göçmeler olabilmektedir [1]. Bundan dolayı, taban zemininin yanısıra üstyapı zeminlerinin de iyi etüt edilmesi gerekmektedir [2].

Plaka yükleme deneyi, üzerine büyük yapıların inşa edileceği zeminler için çok güvenilir sonuçlar vermese bile daha küçük yüklerin etkidiği yol yapısı tasarımında oldukça başarılı bir deneydir. Yol tasarımında tasarım mühendisleri, zeminin taşıma kapasitesini bilmek zorundadırlar. Plaka yükleme deneyi, sahada bu amaca hizmet etmek için kullanılmaktadır. Deney sonuçlarından elde edilen veriler doğrultusunda hazırlanan basınç-oturma grafiği, üstyapı tasarımında tavsiye edilen izin verilebilir basınç ve yol tasarımı için yatak katsayısı ile ilgili ham bilgiler içerir. Plaka yükleme deneyi, özellikle yatak katsayısını doğrudan vermesi açısından oldukça önemli bir deneydir. Yatak katsayısı bulunduktan sonra basit formül ve abaklardan yararlanılarak zeminin diğer mekanik özelliklerinin (CBR değeri, esneklik modülü, elastisite modülü, ...) tayin edilmesi çok kolay olmaktadır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Plaka yükleme deneyi birçok ülkede standartlaştırılmıştır ve uygulamada da sıklıkla kullanılmaktadır [3 ve 4]. Yurtdışında Illinois Karayolları, Minnesota Yol Araştırma Ağı (MnROAD) ve Colorado Karayolları (CDOT) gibi pek çok kuruluş tarafından asfalt kaplamaların esnek üstyapıların tasarım ve değerlendirilmesinde kullanılmaktadır [5]. Türkiye’de ise bu deneyi kullanılan kuruluş sayısı çok az olmakla birlikte, D.S.İ. tarafından baraj tasarımlarında ve bazı özel firmalar tarafından da tabii zemin üzerinde kullanılmaktadır. Türkiye Karayolları Genel Müdürlüğü’nde ise zemin taşıma kapasitesinin ölçülmesinde düşen ağırlık deflektometresi deneyi kullanılmaktadır. Oysa bu deney aleti çok pahalı olup ince tabaka kalınlıklarında yanıltıcı sonuçlar vermektedir.

Plaka yükleme deneyiyle ilgili ülkemizde yapılan çalışmalar tabii zemin ile sınırlı kalmaktadır. Oysa ki bu deney karayolu üstyapısı gibi tabakalı zeminlerde de gerekli önlemler alındıktan sonra oldukça ekonomik ve güvenilir bir yöntemdir. Lakin Türkiye karayolu teknik şartnamesinde plaka yükleme deneyinin tabakalı zeminlerde uygulanması ile ilgili gerekli veriler bulunmamaktadır. Çalışmamızda; karayolu tabakalarında güvenilir ölçümler alabilmek için kullanılması gereken plaka boyutları ve bu boyutlara göre plakaya uygulanması gereken yük büyüklükleri belirlenmiştir. Böylece bu konu çerçevesinde şartnamedeki eksiklikler giderilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada; plaka yükleme deneyinin karayolu tabakalarındaki güvenilirliği, deney aletinin boyutlarına ve deney işlemi sırasında uygulanan yüklemeye odaklanılarak incelenmiştir. Kaplama tabakalarındaki gerilme dağılımlarını tespit etmek amacıyla ANSYS sonlu elemanlar modelinden yararlanılmıştır. Yükleme plakası kalınlığının ve çapının, yol tabakalarındaki gerilme dağılımına dayalı sonuçlar üzerinde önemli bir etkisinin olup olmadığına bakılmıştır. Deneyden doğru sonuçlar elde edilebilmesi için plaka ebatlarının hangi değerlerde olması gerektiği sorusuna cevap aranmıştır. Daha da önemlisi uygulama yükünün, deney sonuçları üzerinde ne büyük bir etkiye sahip olduğu ve kullanılacak plakaya uygulanması gereken yükün ne olduğu sonlu elemanlar çalışması ile belirlenmiştir. Elde edilen

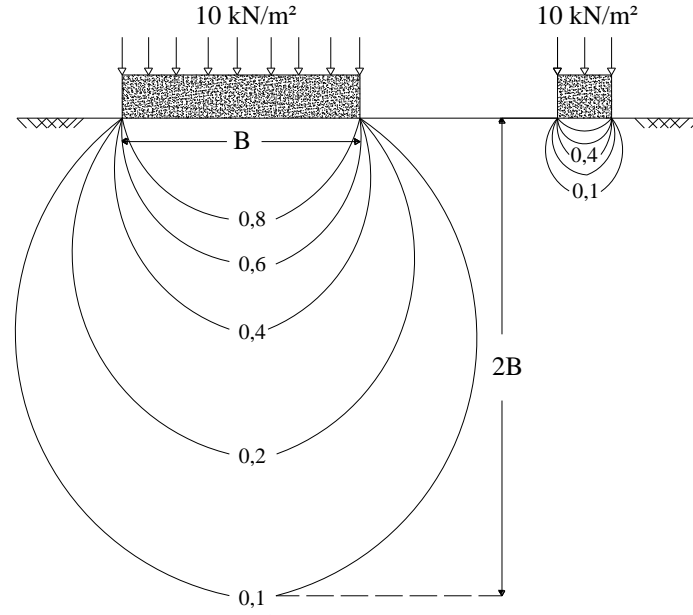
veriler ışığında belirlenen plaka çapı değerlerinden daha düşük plaka çaplarının kullanılması durumunda basınç gerilmesi aşırı derecede artacak ve bir alt tabakada (alttemel) kendini gösterecek ve yanlış k değerlerin okunmasına sebep olacaktır. Sonuç olarak da, hangi tabakanın E veya k değerinin ölçüldüğünün tespit edilmesi güç olacaktır.

Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgular doğrultusunda, plaka yükleme deneyleri sağlıklı bir şekilde karayollarında da kullanılabilir. Bu sayede ihaleyi kazanan yol ve zemin firmaları sıkıştırılmış yolun gerçekte istenilen mukavemet değerlerine, E ve k, ulaşım ulaşılmadığını hızlı ve ekonomik olarak tespit edebileceklerdir. Bu konu çerçevesinde, karayollarında tespit edilecek güzergâh noktalarında düşen ağırlık deflektometresi (FWD veya PFWD) deneyleri yapılarak aynı noktalardan bu çalışmada uygulanan yöntemden elde edilecek sonuçlara göre karşılaştırmalar yapılmasında fayda vardır. Bu şekilde Karayolları Genel Müdürlüğü'nün arazi uygulamalarında kullandığı ve oldukça pahalı olan FWD deney verilerinin geçerliliği k ve E değerleri açısından araştırılmış olacaktır. Bu nedenle bu çalışmada bulunan plaka yükleme miktarı ve etki derinlikleri k ve E değerlerinin bulunmasında karayollarında uygulanan deney yöntemlerine referans oluşturması açısından karayolu sektöründe çalışan mühendisler için özellikle inşaat mühendislerine ve teknikerlerine ışık tutacaktır.

Plaka yükleme deneyinin pek çok avantajı bulunmasının yanısıra en büyük sakıncası etki derinliği problemi. Özellikle karayolu üst yapısı gibi tabakalı zeminlerde bu problemin çözülmesi gerekmektedir. Çünkü tabakalı bir zeminde, deneyden elde edilen verilerin zeminin hangi tabakasına ait olduğu bilinmemektedir. Çalışmamızda, tabakalı zeminlerde etki derinliği problemine çözüm aramak için sonlu eleman analizleri yapılmıştır. Bu anlamda, plaka çapına, kalınlığına ve yüklemenin büyüklüğüne bağlı olarak alttemel ve temel tabakalarında oluşan düşey gerilme dağılımlarına bakılmıştır. Buradaki amaç; farklı plaka boyutlarında temel tabakası altında oluşan gerilme değerlerinin sıfır olduğu durumu tespit etmektir. Çünkü tabaka altındaki gerilme değerlerinin sıfırdan büyük olması, alttemel tabakasında gerilme ve oturmaların oluştuğu, dolayısıyla da plaka yükleme deneyinin aslında her iki tabakanın değerlerini okuduğu anlamını taşımaktadır. Bu sebeple temel tabakasına ait gerçek basınç-oturma ilişkisi çıkarılamamış olmaktadır.

Plaka yükleme deneyleri, çapları 30-100 cm arasında değişen daire veya 30,5 cm kenarlı kare şeklindeki rijit plakaların belirli adımlarla yüklenmesi ve her bir adımda gerçekleşen oturma miktarının kayıt edilmesi şeklinde yapılmaktadır.

Plaka yükleme deneyinde, plakanın yüklenmesi durumunda plaka altında gerilmeler oluşmaktadır. Şekil 1'de gösterilen farklı çaplardaki plakalar altında oluşan eğri çizgiler, yükleme büyüklüğüne bağlı olarak oluşan gerilmelerdeki eşit artış çizgileridir. Gerilmeler, yükleme plakaları altındaki zemine aynı birim basıncı taşımaktadırlar. Bu eşit basınç taşıyan eğriler genellikle "basınç soğanı" olarak adlandırılırlar. Basınç soğanı kavramı, incelenmesi gereken zeminin hangi derinlikte olduğunu belirlemek için kullanılmaktadır. Tek tabakalı homojen bir zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinde, yüklenen plaka altında bulunan zeminde oluşan gerilme dağılımındaki en derin çizgi, plaka çapının yaklaşık iki katı derinliğe uzanmış ve uygulanan yükün %10'una eşit miktarda artış gösteren bir gerilmeyi temsil etmektedir [6].

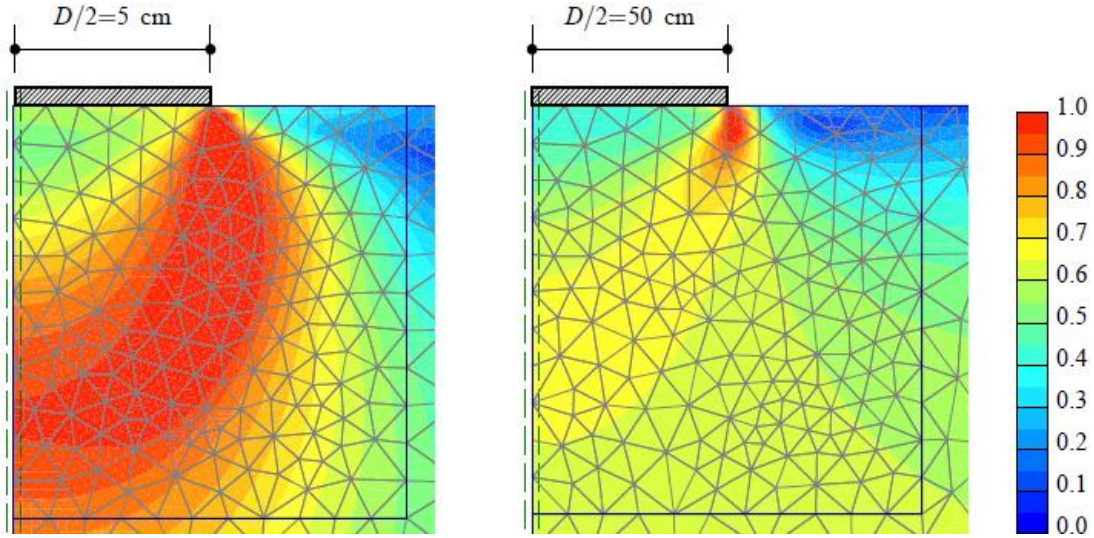


Şekil 1. Tek tabakalı zeminlerde yüklenen plakanın çapına bağlı olarak oluşan basınç soğanı çizgileri [7].

(Figure 1. The pressure bulb curves which occur in occurred depending on the diameter of loaded plate in the single-layer soils)

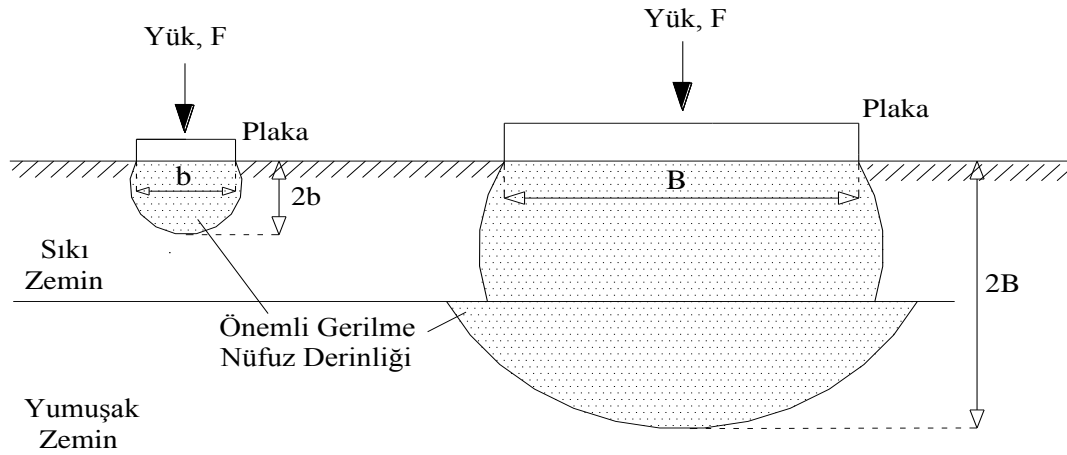
Şekil 2'de nispi kesme gerilmesi taşıyan bir tek tabakalı homojen zemin üzerinde bulunan farklı çaplardaki iki yükleme plakasına aynı basıncın uygulanmasıyla oluşan gerilme dağılımı sonlu elemanlar ile tasvir edilmektedir [8]. Şekildeki 10 cm çaplı plaka zeminde, güçlü ve derin bir alana yayılan gerilmeler oluşturmaktadır. Çapın 100 cm olduğu durumda ise plakanın oluşturduğu gerilme 10 cm çapındaki plakaninkine nazaran oldukça küçük olup, oldukça az bir alanı etkileyebilmiştir. Görüldüğü gibi uç noktalardaki gerilme dağılışının şekli plaka çapı arttıkça azalmaktadır. Bunun nedeni, plaka boyutlarının artmasıyla beraber, uygulanan yük daha geniş bir plaka alanına yayılacağından zemine aktarılan basıncının azalmasıdır.

Binalar gibi büyük yapıların temel inşalarında taban zemininin özelliklerini plaka yükleme deneyi ile bulmaya çalışırsak bu büyük derinlik için çok büyük bir plaka çapına ihtiyaç duyulur ki bu da neredeyse imkânsızdır. Zaten alan büyüdükçe sapmalar da artmaktadır. Dolayısıyla bina temellerinin tasarımı için plaka yükleme deneyi kullanışlı değildir. Lakin servis yüklerinin daha küçük alanlar üzerinde etkidiği yol üstyapısının (temel zeminleri üzerindeki tekerlek yükleri gibi) tasarım problemleri için yararlı bir deney olarak düşünülmektedir.



Şekil 2. 10 ve 100 cm çaplı plakaların tek tabakalı bir zeminde oluşturduğu gerilme dağılımı [8].
(Figure 2. The stress distribution which 10 and 100 cm plate diameters caused in a single-layer soil)

Homojen zeminler üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinde etki derinliği yaklaşık olarak plaka çapının iki katı ($2D$) kadardır. Bu nedenle, deneyden elde edilen verilerin, tabakalı zeminlerin hesabında doğrudan kullanılması sakıncalıdır [9]. Çünkü karayolu yapısı gibi tabakalı zeminler üzerinde yapılan plaka yükleme deneyinde, küçük boyutlu plaka kullanılması durumunda deney sadece üstteki zeminlerin özelliklerini yansıtmakta olup zemin özelliklerinin derinlikle değiştiği durumlarda yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Büyük boyutlu plaka kullanılması durumunda ise elde edilen verilerin hangi tabakaya ait olduğu bilinmemektedir (Şekil 3). Bu nedenle sadece test ettiğimiz tabakanın özelliklerini elde edecek plaka çapının kullanılması gereklilik arz etmektedir.



Şekil 3. Tabakalı zeminlerde plaka boyutlarına ve malzeme cinsine bağlı olarak meydana gelen gerilme dağılımı [10].
(Figure 3. The stress distribution which occurs in connection with the plate dimensions and the type of the material in layered soils)

Deneyin tabakalı bir zemin üzerinde gerçekleştirilmesi durumunda; eğer üstteki zemin, alttaki zeminden daha sağlam ise plaka yükleme deneyi temel tasarımı için emniyetsiz sonuçlar verecektir. Tam

tersi durumda ise temel tasarımı aşırı emniyetli yapılacaktır. Bu durumlardan kaçınmak için ya 100 cm çapında plakalar kullanılması (bu durumda bile boyut etkisi önemlidir) ya da zemin profili gözden geçirilerek sonuçlar yorumlanması tavsiye edilmektedir [11].

Tablo 1. Plaka yükleme deneyinin üstünlükleri ve sakıncaları
(Table 1. The advantages and disadvantages of the plate loading test)

| Üstünlükleri |
|--|
| 1) Doğal zemin, alttemel, temel ve hatta kaplama tabakasının taşıma kapasitesinin belirlenmesinde kullanılabilirliktedir. |
| 2) Zeminin yatak katsayısı (k) değeri, CBR değeri, M_R değeri, taşıma kapasitesi ve sıkıştırılabilirliği gibi değerleri doğrudan veren bir deneydir. |
| 3) Deney sonuçları, tasarım parametresi olarak veya tasarım varsayımlarını doğrulamak için kullanılabilirliktedir. |
| 4) Deneyin işçiliği yoktur, herkes tarafından yapılabilirliktedir. |
| 5) Deney aletinin maliyeti oldukça düşüktür (3000-5000 TL). |
| Sakıncaları |
| 1) Tabakalı zeminlerde etki derinliği problemi vardır. |
| 2) Deney sonuçları, zeminin yoğunluk ve rutubet miktarına bağlı olarak değişmektedir. |
| 3) Kısa süreli bir deney olduğu için, suya doymuş kil zeminlerde meydana gelen uzun süreli konsolidasyon oturmalarını yansıtmamaktadır. |

3. YÖNTEM (METHOD)

Son yıllarda, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak teorik analizlerde sayısal çözümlerin önemi artmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi, sayısal çözüm yöntemlerinden en etkili ve sistematik olanıdır [12]. Sonlu eleman analizleri yol yapıları için önemli ve vazgeçilmez olduğundan şimdiye kadar birçok program geliştirilmiştir.

Sonlu elemanlar yöntemi, farklı mühendislik dallarınca özel analizler gerektiren mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılan nümerik bir yöntemdir. Yöntemin ilk kullanımı 1900'li yıllara dayanmaktadır [13].

Bu çalışmada plaka boyutlarına bağlı olarak alttemel ve temel tabakalarında oluşan düşey gerilme dağılımlarına bakılmıştır. Buradaki amaç farklı plaka boyutlarında temel tabakası altında oluşan gerilme değerlerinin sıfır olduğu durumu tespit etmektir. Temel tabakası altındaki gerilme değerlerinin sıfırdan büyük olması, alttemel tabakasında gerilme ve oturmaların oluştuğu ve dolayısıyla da plaka yükleme deneyinin aslında her iki tabakanın basınç-oturma değerlerini okuduğu anlamı taşımaktadır. Bu durumda da temel tabakanın gerçek basınç-oturma ilişkisi çıkarılamamış olacaktır. Bir benzetme yapılacak olursa tartışmaların şiddetli olduğu bir ortamda, ses gürültüsünden dolayı kimin ne dediği belli olmayan bir ortama benzetilebilir. Böyle bir durumda basınç-oturma ilişkisine bağlı olarak elde edilen yatak katsayısı (k) değerlerinin de hangi tabakaya ait olduğunu tespit etmek güç olacaktır.

3.1. ANSYS Programı (ANSYS Program)

ANSYS programı; basitlikten karmaşıklığa, lineerlikten non-lineerliğe, statik analizden dinamik analize kadar birçok sonlu elemanlar analizini yapabilme özelliklerine sahip olup, bugün tüm dünyada en çok kullanılan programların ilk sıralarında yer almaktadır [14]. Sonlu elemanlar yöntemini temel alan bu program, 1971 yılından

günümüze kadar kendisine giderek daha büyük bir uygulama alanı bulacak şekilde geliştirilmiştir [15].

Bu çalışmada, modelleme ve analizin gerçekleştirileceği bilgisayar programı olarak dünyada değişik mühendislik dallarınca yaygın şekilde kullanılan ve ülkemizde de son zamanlarda sıkça adını duyduğumuz ANSYS programı seçilmiştir. Plaka yükleme deneyinin etki derinliği hakkında daha iyi bilgi sahibi olabilmek amacıyla ANSYS programına gerekli veriler girildikten sonra tabakalı zeminlerdeki gerilme dağılımları gözlemlenmiştir.

Çalışmada, literatürde belirtilen plaka yükleme deneyinden elde edilen oturmalarla, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilen oturmalar karşılaştırılmıştır. Ayrıca, yükleme esnasında gerilme ve vektörel dağılımlar gösterilmiştir. Sonlu elemanlar yönteminde 30 cm kalınlığında alttemel ve 30 cm kalınlığında temel tabakası modellenmiştir. Kesit genişlikleri her iki tabaka için de 3,5 m olarak alınmıştır. Yöntemde kullanılan elastisite modülü değerleri temel zemini için 150×10^3 kN/m², alttemel zemini için 75×10^3 kN/m² olup, plaka üzerine uygulanan yük 10 kN'dur (Tablo 2).

Tablo 2. Deney zemini için model parametreleri
(Table 2. Input parameters for the test soil)

| Tabaka adı | Tabaka kalınlığı, h (cm) | Kesit genişliği, L (m) | Elastisite modülü, E (kN/m ²) |
|------------|-----------------------------|---------------------------|--|
| Temel | 30 | 3,5 | 150×10^3 |
| Alttemel | 30 | 3,5 | 75×10^3 |

Sonlu elemanlar çalışmasında, esnek yol kaplamalarında kullanılan klasik elastisite modülü değerleri kullanılmıştır. Hâlbuki her tabakanın elastisite modülü veya mukavemet değerinin o tabakanın su muhtevası, boşluk oranı, yoğunluk gibi faktörlere bağlı olduğu unutulmamalıdır. Dolayısıyla elde edilen bulgular, arazide farklı zemin ortamlarında plaka yükleme deneyleri yapılarak doğrulanmalıdır. Bu şekilde yeni AASHTO şartnamesinin de uygun gördüğü mekanistik çalışması tam anlamıyla tamamlanmış olacaktır. Yine de çalışmada veri olarak girilen elastisite modülü değerleri genel kabul görmüş değerlerdir. Gaye de, plaka boyutlarının bir alttaki tabakada gerilmeler oluşturmayacak şekilde belirlenmesidir.

ANSYS programı kullanılarak sırasıyla; anahtar noktaları, çizgiler, alanlar ve hacimler oluşturulmuştur. Yol tabakaları X, Y, Z koordinat sisteminde oluşturulmuş ve elastik elemanlar atanmıştır. 'Otomatik Mesh' seçeneği kullanılarak zemin elemanları nodlara bölünmüştür. Plaka altındaki bölgelerde nod sayısı artacak şekilde refine işlemi yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Çalışmanın bu bölümünde plaka boyutlarının tabakalardaki gerilme dağılımları üzerindeki etkileri ANSYS programı kullanılarak bulunmuş ve bulgulara göre de elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

4.1. Plaka Çapının Deney Sonuçlarına Etkisi

(Effect of the Plate Diameter on Test Results)

İlk modelde, 70 cm çaplı plaka oluşturulmuş sonraki modellerde ise bu genişlik 30, 100 ve 200 cm olarak tutulmuştur. Tablo 3'te, 200 cm çaplı plakanın kullanılmasının uygun olabileceği görülmektedir. Fakat 200 cm çaplı plakanın 10 kN yükleme altında oluşturduğu $0,63$ kN/m²'lik gerilme değeri oldukça düşüktür. Sonlu elemanların gerçek arazi koşullarını %10 hata payı ile temsil ettiği düşünülürse, temel tabakasının dip kısımlarında gerilmelerin oluşmama ihtimaline karşın

en az 100 cm çaplı plakanın kullanılması daha uygun olacaktır. 30 cm çaplı plakanın kullanılması durumunda ise düşey gerilme değerlerinde büyük artışların olabileceği anlaşılmaktadır. Karayolu şartnamelerinde alttemel ve temel yol tabaka kalınlıklarının 25-40 cm olduğu göz önünde bulundurulursa ve arazide de bu kalınlıklardan daha fazla kalınlıklar mevcut olmayacağı için plaka çapının daha geniş tutulması durumunda, tabakalarda oluşabilecek gerilme değerleri azaltılmış ve daha geniş bir alanı temsil edecek şekilde veriler toplanmış olur.

Tablo 3. Plaka çapına bağlı olarak temel tabakasinda oluşan düşey gerilme değerleri

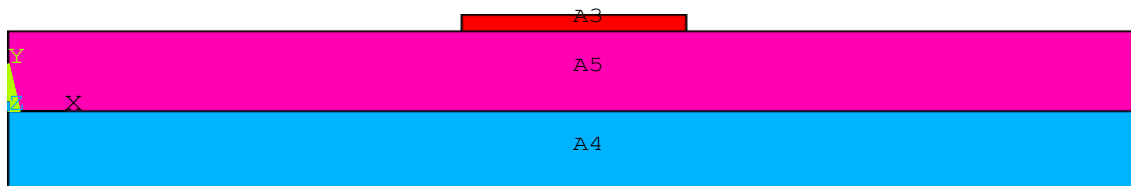
(Table 3. The vertical stress values occurring in the base layer depending on the plate diameter)

| Yük, kN | Plaka çapı, cm | | | |
|---------|----------------------------------|---------|---------|---------|
| | 200 | 100 | 70 | 30 |
| | Düşey gerilme, kN/m ² | | | |
| 100 | 6,36942 | 25,4777 | 51,9953 | 207,981 |

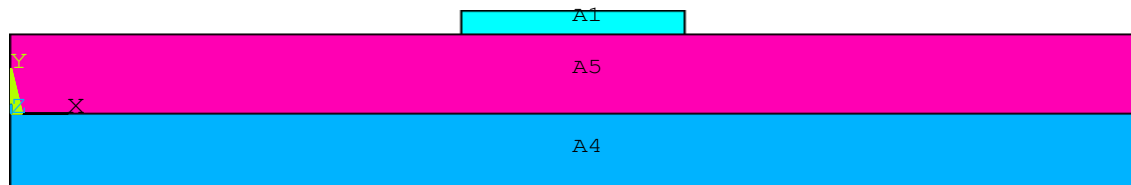
Yapılan bir literatür çalışmasında [11] da bizim çalışmamızla benzer bulgulara ulaşılmıştır. Bu çalışmaya göre, plaka yükleme deneyinin tabakalı bir zemin üzerinde gerçekleştirilmesi durumunda; eğer üstteki zemin, alttaki zeminden daha sağlam ise plaka yükleme deneyi temel tasarımı için emniyetsiz, tam tersi durumda ise temel tasarımı için aşırı emniyetli sonuçlar vereceği belirtilmiştir. Bu durumlardan kaçınmak için ise en az 100 cm çaplı plaka kullanılması önerilmiştir.

4.3. Plaka Kalınlığının Deney Sonuçlarına Etkisi (Effect of the Plate Thickness on Test Results)

İlk modelde, 3 cm kalınlığında plaka modellenmiştir. Plaka kalınlığının arttırılması durumunda gerilme dağılışındaki değişimleri belirlemek amacıyla ayrıca 6 cm ve 9 cm kalınlığındaki plakalar da modellenmiştir (Şekil 4, Şekil 5). Her üç kalınlık durumu için de aynı düşey yayılı yükler uygulanmıştır. Fakat plaka kalınlığının arttırılması düşey gerilme değerlerinde önemli değişikliklere sebep olmamıştır. Benzer sonuçlar 100 cm ve 200 cm çaplı plaka modelleri için de bulunmuştur.



Şekil 4. 6 cm kalınlıkta plaka modeli
(Figure 4. The plate model of 6 cm thick)



Şekil 5. 9 cm kalınlıkta plaka modeli
(Figure 5. The plate model of 9 cm thick)

5. SONUÇ (CONCLUSIONS)

Plaka yükleme deneyinin araştırılması kapsamında yürütülen bu çalışma ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Sonlu elemanlar çalışmasından elde edilen veriler ışığında, yükleme plakası çapının en az 100 cm olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu değerden daha düşük plaka çaplarının kullanılması durumunda basınç gerilmesi aşırı derecede artacak ve bir alt tabakada (alttemel) kendini gösterecek ve yanlış k değerlerin okunmasına sebep olacaktır. Sonuç olarak da, hangi tabakanın E veya k değerinin ölçüldüğünün tespiti güç olacaktır.
- Plaka yükleme deneyinde plaka kalınlığının artırılması düşey gerilme değerlerinde önemli değişikliklere sebep olmamıştır. Yukarıda bahsedilen plaka boyutlarının kullanılması durumunda, arazide mekanistik çalışmalar için önem arz eden yatak katsayısı (k) değerleri sağlıklı bir şekilde elde edilmiş ve diğer deneylere göre daha ekonomik ve etkili arazi çalışmaları yapılmış olacaktır.

NOT (NOTICE)

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Tekinsoy, M.A., Harbiyeli, S., Örnek, M. ve Demir, A., (2007). Antakya Aşırı Konsolide Killlerinde Plaka Yükleme Deneyi ile Taşıma Gücü Analizi. 2. Geoteknik Sempozyumu, Adana.
2. Harbiyeli, S., (1982). Plaka Yükleme Deneyi ile Laboratuvar Deneylerinden Bulunan Emin Taşıma Gücünün Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
3. ISI:1888-1982: Method of Load Tests on Soils, (1988). India: Indian Standards Institutions.
4. ASTM, Part 11, (1967). American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
5. Atalar, C., Shin, E.C. ve Das, M.D., (2006). Kazandırılmış Arazilerde Geogrid Donatı Deneyleri. 2. Ulusal Geosentetikler Konferansı, İstanbul.
6. Anderson, B., (2000). Footing Fundamentals. The Journal of Light Construction.
7. Köseoğlu, S., (1986). Temeller Statiği ve Konstrüksiyonu II: Yüzeysel Temeller. İstanbul: Matbaa Teknisyenleri Basımevi, ss:161-280.
8. Kılıç, R. ve Ulamış, K., (2009). Zemin ve Kaya Mekaniği Uygulama Notları. Jeoteknik Araştırma Grubu (JETAG), Ankara: Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.
9. T.S.E., (2001). "TS 3168 EN 1536", Türk Standardı, Ankara, ss:7-20.
10. Plate Bearing Test, (2004). Bangkok. STS Instruments Co. Ltd. Quality Assurance Division.
11. Palalı, A., (2006). Handere Kilinde Su İçeriği Değişimi ve Kompaksiyon Enerjisinin Mukavemete Olan Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

12. Keskin, M.S., Laman, M. ve Baran, T., (2008). Kuma Oturan Kare Temeller Altında Oluşan Sayısal Gerilmelerin Deneysel Tespiti ve Sayısal Analizi. İMO Teknik Dergisi, s:299, ss:4521-4538.
13. Büyükkaragöz, A. ve Koprman, Y., (2008). Eksenel Yük Etkisi Altındaki Kare Kesitli Mantolanmış Kolonun Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi. Ankara: Gazi Üniversitesi Mimarlık-Mühendislik Fakültesi Dergisi, Sayı:23, ss:309-315.
14. Zor, M., (2006). Örneklerle ANSYS'e Giriş (Klasik). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, ANSYS Bilgi Havuzu.
15. Lawrence, K.L., (2002). ANSYS Tutorial Release 7.0 and 6.1.. Pennsylvania: SDC Publications, 1.1-2.25.