



T.C.
TOROS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

ZEMİN TAŞIMA GÜCÜNÜN YAPI MALİYETİNE ETKİSİ

Bilal TANRIVERDİ

DANIŞMAN


Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ


YÜKSEK LİSANS TEZİ

AĞUSTOS 2019

YÜKSEK LİSANS TEZİ KABUL ve ONAY SAYFASI

Bilal TANRIVERDİ tarafından hazırlanan “Zemin Taşıma Gücünün Yapı Maliyetine Etkisi” başlıklı bu çalışma 01/08/2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonunda oybirliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Jüri Başkanı
Prof.Dr. Aziz ERTUNÇ
Danışman


Jüri Üyesi
Prof.Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU


Jüri Üyesi
Dr.Öğr. Üyesi Hidayet TAĞA
(Mersin Üniversitesi)

Savunma Sınav Jürisi Tarafından Tezin İmzalı Nüshasının Teslim Tarihi : ..19../2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.


Dr.Öğr.Üyesi Mehmet Ali AKTAŞ
Enstitü Müdürü V.

ETİK BEYAN

Toros Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu çalışma da;

- Sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

01/08/2019

Bilal TANRIVERDİ

ZEMİN TAŞIMA GÜCÜNÜN YAPI MALİYETİNE ETKİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Bilal TAÑRIVERDİ

TOROS ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

2019

ÖZET

Bu çalışma zemin taşıma gücü değerinin yapı maliyetine etkisini araştırmak için yapılmıştır. Yüzeysel temellerde taşıma gücü hesabı araştırılması yapılmıştır.

Temelin, üst yapıdan gelen tüm yükleri güvenli bir şekilde zemine aktarabilmesi gerekir. Bunun için temellerin sağlaması gereken, göçmeye ve kaymaya karşı yeterli güvenliğe sahip olması (taşıma gücü) şartı vardır. Yoksa, temelin göçmesi ve bunun sonucunda üst yapının hasar görmesi söz konusu olabilir. Bu etkilere karşı güvenilir ve ekonomik projeler gerçekleştirilebilmesi için, yapıların oturacağı zeminin özelliklerinin son derece iyi incelenmesi ve ortaya konulan zemin mukavemet verilerinin düzgün yapılması gerekmektedir. Çeşitli araştırmacıların klasik taşıma gücü yöntemleri, Laboratuvar Deneyle, Arazi Deneyle (Sondajlar) ve Jeofizik Deney sonuçlarını kullanarak, nihai taşıma gücü analizine yönelik çalışmalar ortaya koymaktadır. Bu tez kapsamında, nihai taşıma gücü hesabının nasıl yapıldığı, temel tasarımında yapılan yanlış tercihler ve zemin etüdünde yapılan hataların yapının ekonomisine etkisi araştırılacaktır.

Taşıma gücü değerinde yapılan hatanın maliyete etkisini araştırmak için, Zemin emniyet gerilmesi 20, 30 ve 40 olarak ele alınmıştır. Bu fark ile ne gibi farklılığın oluştuğunun gözlenmesi için STA-4 CAD analiz program ile analiz yapılmıştır. Ortaya çok ciddi sonuçlar çıkmıştır. Bu çalışma ile zemin etüdü raporunun önemi ortaya çıkmaktadır. Tezde aynı zamanda üst yapı mühendisinin de yapabileceği tasarım hesaplamalarındaki hatalarda da ciddi maliyet problemleri çıktığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Zemin taşıma gücü, zemin etüdü raporu, yapı maliyeti.

THE EFFECT BEARING CAPACITY OF SOIL ON CONSTRUCTION COST

(M.Sc. Thesis)

Bilal TANRIVERDİ

TOROS UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES

2019

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effect of bearing capacity of soil on building cost. Bearing capacity calculation on surface foundations was investigated. Errors and deficiencies in the ground survey report were examined.

The foundation must be able to safely transfer all loads from the superstructure to the ground. For this, the foundations must provide sufficient safety against migration and slip (bearing capacity). Otherwise, it may cause the foundation to collapse, resulting in damage to the superstructure. In order to realize reliable and economic projects against these effects, the properties of the ground on which the structures will sit must be examined very well and the ground strength data revealed should be made properly.

Using the results of classical load carrying methods, laboratory tests, field tests (probes) and geophysical tests of various researchers, the results of studies on final carrying capacity analysis are presented. In this thesis, how the final bearing capacity is calculated, the wrong choices made in the foundation design and the effects of the mistakes made in the ground study on the economy of the structure will be investigated.

In order to investigate the cost effect of the error in bearing power value, Ground safety stress is considered as 20, 30 and 40. In order to observe the difference with this difference, STA-4 CAD analysis program was used. There have been very serious consequences. This study reveals the importance of the soil survey report. In the thesis, it is also seen that there are serious cost problems in the errors in the design calculations that the superstructure engineer can make.

Key words: Soil carrying capacity, soil survey report, building cost.

TEŞEKKÜR

Bu ödevi hazırlamamda bana yardımcı olan Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ hocama ve bölüm başkanı Prof. Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU hocama teşekkürlerimi sunuyorum. Bu ödevde bana yardımcı olan Elektrik ve Elektronik Mühendisi Mehmet Ali ŐENKAL' a teşekkürlerimi borç bilirim.

Tez süresi boyunca bana maddi ve manevi destek çıkan aileme teşekkür ederim.

Dedem HÜSEYİN TANRIVERDİ' nin anısına

İÇİNDEKİLER

	sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLULARIN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ZEMİN İNCELEME YÖNTEMLERİ VE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

1. ZEMİN İNCELEME YÖNTEMLERİ VE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

1.1. Zemin İnceleme Yöntemleri	3
1.1.1. Arazi deneyleri	3
1.1.1.1. Standart penetrasyon deneyi (SPT).....	4
1.1.1.2. Konik penetrasyon deneyi (CPT)	9
1.1.1.3. Presiyometre deneyi (PMT)	13
1.1.1.4. Plaka yükleme deneyi	15
1.1.1.5. Kanatlı kesme deneyi (FVT)	17
1.1.2. Laboratuvar deneyleri	19
1.1.2.1. Kesme kutusu deney	20
1.1.2.2. Serbest basınç deneyi	22
1.1.2.3. Üç eksenli basınç deneyi	24
1.1.2.4. Laboratuvar veyn deneyi	27
1.1.2.5. Düşen koni deneyi	27
1.1.3. Jeofizik yöntemler	28
1.1.3.1. Sismik yöntem	29

1.1.3.2. Elektriksel direnç (rezistivite) yöntem	30
1.2. Yüzeysel Temellerde Taşıma Gücü Hesap Yöntemleri	31
1.2.1. Klasik taşıma gücü hesap yöntemleri	34
1.2.1.1. Terzaghi taşıma gücü hesap yöntemleri	34
1.2.1.2. Meyerhof taşıma gücü hesap yöntemleri	37
1.2.1.3. Hansen taşıma gücü hesap yöntemleri	40
1.2.1.4. Vesic taşıma gücü hesap yöntemleri	45
1.2.2. Arazi deneyleri ile taşıma gücü hesap yöntemleri	46
1.2.2.1. Spt ile taşıma gücü hesap yöntemleri	47
1.2.2.1.1. Terzaghi ve Peck yöntemi	47
1.2.2.1.2. Meyerhof yöntemi	48
1.2.2.1.3. Bowles yöntemi	48
1.2.2.1.4. Parry yöntemi	50
1.2.2.2. Cpt ile taşıma gücü hesap yöntemleri	50
1.2.2.2.1. Schmertmann yöntemi	50
1.2.2.2.2. Meyerhof yöntemi	51
1.2.2.2.3. Tand ve diğ. Yöntemi	51
1.2.2.3. Plaka yükleme deneyi ile taşıma gücü hesap yöntemleri	52
1.2.2.3.1. Klasik yöntem	52
1.2.2.3.2. Housel yöntemi	52
1.2.2.4. Presiyometre deneyi ile taşıma gücü hesap yöntemleri	53
1.2.3. Jeofizik yöntemler gücü hesap yöntemleri	54
1.2.3.1. Imai ve yoshimura gücü hesabı	54
1.2.3.2. Keçeli taşıma gücü hesabı	54
1.2.3.3. Tezcan ve diğ. taşıma gücü hesabı	56
1.2.3.4. Türker taşıma gücü hesabı	57

İKİNCİ BÖLÜM

ZEMİN ETÜDÜ RAPORU

2.ZEMİN ETÜDÜ VE RAPORU	58
2.1. Materyal ve Yöntem	59
2.2. Zemin Etütlerinin Amaçları ve Kapsamı	59
2.3. Zemin Etütlerinde Kalite Problemini Meydana Getiren Nedenler	59
2.3.1. Yapılan arazi çalışmalarının yetersizliği	60
2.3.2. Teknik bilgi eksiklikleri	60
2.3.3. Teorik ilişkilerin uygun olmayan yer ve koşullar için uygulanması	60
2.3.4. Standart dışı deney ekipmanlarının kullanılması	61
2.3.5. Yapılan hesaplama yanlışlıkları	61
2.3.6. Arazi uygulamalarındaki yanlış örneklemeler ve laboratuvar çalışmaları ile yapılan hatalar	61
2.3.7. Zemin etüt raporlarının konu başlıkları	63

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ZEMİN TAŞIMA GÜCÜNÜN MALİYET ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

3.ZEMİN TAŞIMA GÜCÜ ve DİĞER FAKTÖRLERİN MALİYET ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	65
3.1. Ön Tasarım Evresinde Maliyeti Etkileyen Faktörler	72
3.2. Ön Tasarım Evresinde Kullanılan Maliyet Tahmin Modelleri.....	76

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. SAYISAL ANALİZ ve SONUÇLARI	82
--------------------------------------	----

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	89
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ	96

TABLULARIN LİSTESİ

Tablo	sayfa
Tablo 1.1. SPT deneyinin avantajları ve dezavantajları	6
Tablo 1.2. Sondaj kuyu çapı, numune alıcı ve tij düzeltmeleri	8
Tablo 1.3.SPT-N değerine bağlı zemin ve kaya sınıflandırması	9
Tablo 1.4.SPT-N - Dr ilişkisi	9
Tablo 1.5. CPT' nin avantajları ve dezavantajları	11
Tablo 1.6.Terzaghi temel geometri katsayıları	35
Tablo 1.7. Terzaghi Nc, Nq, Ny ve Kpy katsayıları	36
Tablo 1.8. Meyerhof s_i , d_i , i_i faktörleri hesaplamaları	38
Tablo 1.9. Meyerhof taşıma gücü değerleri	40
Tablo 1.10. Hansen b_i , g_i , i_i katsayıları hesap formülleri	42
Tablo 1.11. N taşıma gücü faktörünün değişimi	44
Tablo 1.12. Hansen s_i , d_i katsayıları hesap formülleri	44
Tablo 1.13. Vesic b_i , g_i , i_i katsayıları hesap formülleri	45
Tablo 1.14. Hansen ve Vesic Nc, Nq, Ny taşıma gücü katsayıları	46
Tablo 1.15. Bowles F ₁ , F ₂ , F ₃ ve F ₄ taşıma gücü katsayıları (Bowles, 1996)	49
Tablo 1.16. Farklı zeminler için K _{bc} değerleri	54
Tablo 1.17. T=0,4s için taşıma gücü	55
Tablo 1.18. T=0,3s için taşıma gücü	56
Tablo 1.19. β azaltma katsayısı-B temel genişliği ilişkisi	57

Tablo 3.1. Güncel demir fiyatı	68
Tablo 3.2. Güncel demir fiyatı	72
Tablo 3.3. Güncel hazır beton fiyatı.....	78
Tablo 3.4. Ön tasarım evresinde kullanılan maliyet tahmin modelleri	68
Tablo 3.5. İnşaat maliyet endeksi	72
Tablo 3.6. Bina inşaatı maliyet endeksi.....	78
Tablo 3.7. Bina dışı yapılar için inşaat maliyet endeksi	68
Tablo 3.8. İnşaat maliyet endeksi ve değişim oranları	72
Tablo 4.1. Üst yapının metrajı	82
Tablo 4.2. Üst yapının keşif özeti	86
Tablo 4.3. Malzeme sınıfı ve analiz metraj sonuçları	86
Tablo 4.4. Malzeme sınıfı ve analiz metraj sonuçları	87
Tablo 4.5. Beton ve donatı metrajına göre birim fiyat üzerinden maliyet farkı	88

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	sayfa	
Şekil 1.1. SPT ' nin halat ve kedibaşı ile arazide uygulanması	5	
Şekil 1.2. Kedibaşı detayı	5	
Şekil 1.3. Standart penetrasyon deneyi aşamaları	6	
Şekil 1.4. SPT örnek alıcısı	7	
Şekil 1.5. CPT koni boyut ve detayları	10	
Şekil 1.6. Fugro tipi elektrikli sürtünme konisi	10	
Şekil 1.7. Farklı sürtünme azaltıcı elemanlar	12	
Şekil 1.8. 2, 10, 15 ve 40 cm ² iz düşüm alanına sahip konik sondalar	12	
Şekil 1.9. Konik uçların imalat ve kullanımdaki kabul edilebilir toleranslar	12	
Şekil 1.10. Numune hücrelerine yapılan su ve hava basıncı	13	
Şekil 1.11. G tipi PMT sondası ve kesiti	13	
Şekil 1.12. Saha PMT uygulaması	14	
Şekil 1.13. (a).GA Tipi PMT	Şekil 1.13(b).G Tipi PM	14
Şekil 1.14. G tipi PMT cihazı ve parçaları	15	
Şekil 1.15. Sahada plaka yükleme deneyi	16	
Şekil 1.16. Sahada plaka yükleme deneyi	17	
Şekil 1.17. Arazi Veyn deneyi kanatlı kesici detayı	18	
Şekil 1.18. Kanatlı kesme burgusu	19	
Şekil 1.19. Kesme Kutusu deney aleti	20	
Şekil 1.20. Kesme kutusu kare örneği	21	
Şekil 1.21. Serbest basınç deneyi	23	

Şekil 1.22. Serbest basınç deneyi Mohr dairesi ve mukavemet zarfı	24
Şekil 1.23. Serbest basınç deneyi gerilme-şekil değiştirme değişimi	24
Şekil 1.24. Üç eksenli basınç deney düzeneği – gerilme durumu	25
Şekil 1.25. Üç eksenli basınç gerilme durumu	26
Şekil 1.26. Üç eksenli basınç deneyi sonuçları ve Mohr çemberi	26
Şekil 1.27. Üç eksenli basınç deneyi kırılma zarfı	27
Şekil 1.28. Mini veyn deney sistemi	28
Şekil 1.29. Düşen koni tipi (elektrikli) likid limit ölçüm aleti	29
Şekil 1.30. Deney yöntemleri ve ölçüm gerçekleştirilen deformasyon değerleri	30
Şekil 1.31. P ve S dalgalarının ortamda yayılma biçimleri	30
Şekil 1.32. Love ve Rayleigh dalgalarının ortamda yayılma biçimleri	31
Şekil 1.33. Elektriksel direnç (Rezistivite) yöntemi şematik gösterimi	32
Şekil 1.34. Taşıma kapasitesi kırılma çeşitlerine göre yük-şekil değiştirme eğrileri	33
Şekil 1.35. Taşıma kapasitesi kırılma çeşitleri	35
Şekil 1.36. Terzaghi taşıma kapasitesi sınır durum gösterimi	39
Şekil 1.37. Meyerhof taşıma kapasitesi sınır durum şematik gösterimi	41
Şekil 1.38. Hansen taşıma kapasitesi hesabı şematik gösterimi	43
Şekil 1.39. Dikdörtgen ve dairesel temeller üzerindeki eksantrisite etkisinin şematik gösterimi	47
Şekil 1.40. Terzaghi ve Peck emniyetli taşıma gücü q_c 'nin B ve SPT-N ile değişimi	50
Şekil 2.1. Sondajlı zemin araştırması ile bilgi alınamayacak bir yamaç molozu istifi ve aynı birim içinde temel seviyesinde yapılan plaka yükleme deneyinden görünüm	62
Şekil 2.2. Araziden sadece poşetlenerek laboratuara getirilmiş örselenmiş örnekler (solda) ve UD tüpü ile alınarak sarılıp laboratuara getirilmiş örselenmemiş örnekler (ortada) ve bu örnekler kullanılarak yapılan drenajsız kayma direnci testi (sağda).	63

Şekil 3.1. Kaba inşaat	65
Şekil 3.2. Yapı grupları birim fiyatları	66
Şekil 3.3. Yapı malzemeleri (tuğla, çimento, briket, el arabası, kereste, boya)	67
Şekil 3.4. Beton dökümü	67
Şekil 3.5. Beton santrali	71
Şekil 3.6. Temel türü, sürekli temel	74
Şekil 3.7. Temel kazısı	74
Şekil 3.8. Ön tasarım evresinde kullanılan maliyet tahmin modelleri	76
Şekil 3.9. Proje ön tasarım aşaması	77

KISALTMALAR

VST: arazi veyn deneyi

SPT: standart penetrasyon deneyi

CPT: standart koni deneyi

PMT: presiyometre deneyi

ASTM-D: Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri

GİRİŞ

Bu çalışma İnşaat Mühendisliği projelerinde yapılan zemin taşıma gücü değerinin nasıl hesaplandığını değerlendirmek ve ortaya çıkan sonucun yapı maliyetine etkisini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Taşıma gücü değerini fazla veya az almak doğru değildir. Bu hata hem maddi hem manevi sonuçlar doğurur. Bu yüzden iyi bir zemin etüdü raporuna ihtiyaç vardır. Yanlış hesaplanan taşıma gücü emniyet gerilmesi, yapı maliyetine çok külfetli bir maliyeti getirecektir.

Bu tezin konusu iyi bir taşıma gücü değerinin nasıl hesaplanması gerektiğini araştırmaktır. Bunun için taşıma gücü parametrelerini bulmayı sağlayan arazi ve laboratuvar deneyleri ele alınmıştır. Parametrelerin tespiti için, hangi zemine hangi deney türünün kullanılması gerektiği önemlidir. Çünkü zemin çok kompleks bir yapıdır. İçerisinde hava, su ve zemin danelerini bulundurur. Numune almak çok zordur. Örselenmiş veya örselenmemiş numuneler üzerinden deneyler yapılır. Tüm bu deneyler yapılırken zeminin karakteristik özellikleri tam olarak yansıtılamamaktadır. Bunun için de düzeltme faktörleri geliştirilmiştir. Drenajlı ve drenajsız durumlar çok önemlidir. Gerektiğinde araziye gidilerek deney yapılır. Gerektiğinde de proje alanından numuneler alınarak laboratuvar ortamında çalışmalar yapılır. Deney ekipmanlarını ve deney düzeneğini oluşturan kişi mutlaka düzenli bir çalışma yürütmelidir. Zemin etüdünde yapılan hatalar ve eksikliklere vurgu yapılmıştır. Yapı maliyetine etki eden faktörlerden de bahsedilmiştir.

Hızla artan nüfus, insanlar ve doğadaki diğer canlılar için barınma, altyapı, yol, köprü, baraj, okul, hastane, sosyal yaşam alanları vb. ihtiyaçları doğurmuştur. Bundan dolayı zemin mekaniği artan nüfusun alt ve üstü yapı ihtiyacını karşılamada önem kazanmıştır. Çünkü bütün yapılar zemin mekaniğinin konusudur. İhtiyacı karşılamak için yapılacak bir binanın taşıma gücü değeri iyi hesaplanmazsa yapının, kısmen veya tamamının çökmesine sebep olacaktır. Bununla beraber bina bodrumlarında oluşan su sızması izolasyon ve bina duvarlarında oluşan çatlaklıklar genelde oturma problemidir. Günümüzde ekonomiklik çok önemlidir. Yapıların güvenilir, estetik ve ekonomik olması esastır. Zemin etüdü için harcanan ücret toplam genel maliyetin binde biri kadar bile değildir. Bundan dolayı zemin etüdüne gerekli önem verilmelidir. Burada mühendise ve projeciye önemli görevler düşmektedir. Kaliteden taviz verilmemelidir. Zemin etüdü raporu için gerekli deneyler yerinde yani arazi ortamında ve laboratuvar ortamında incelenmelidir. Esas olan taşıma gücü değeri yapıyı çok ciddi

mühendislik problemlerinden koruyacaktır. Şu an çevrede görülen birçok yapıda oturma problemi vardır. Amaç bu oturmaları kabul edilebilir seviyeye indirmektir.

İyi bir mühendislik projesini yapabilmek için doğru soruları sormak çok önemlidir.

Bu çalışmada taşıma gücü yöntemleri, laboratuvar ve arazi deneyleri ve Meyerhof, Terzaghi, Hansen, Vesic, Bowles, Parry' nin taşıma gücü formüllerine yer verilmiştir.

Taşıma gücünün maliyete etkisini araştırmak, taşıma gücü değerleri arasındaki metraj farkını ortaya çıkarmak için farklı zemin emniyet gerilmeleri değeriyle analiz yapılmış ve ortaya çıkan sonuçlar kıyaslanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ZEMİN İNCELEME YÖNTEMLERİ VE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

1. ZEMİN İNCELEME YÖNTEMLERİ VE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

1.1. Zemin İnceleme Yöntemleri

Birçok zemin inceleme yöntemleri vardır. Günümüzde en çok kullanılan yöntemler, arazi ve laboratuvar deneyleri yöntemleridir. Fakat son zamanlarda gelişen jeofizik yöntemler de tercih edilmeye başlanmıştır. Bunların yanı sıra araştırmacıların da ampirik formülleri mevcuttur. Dünyada bu yöntemlerin sonuçlarının kıyaslanması çok kez yapılmıştır. Bu karşılaştırmaların sonucunda örselenmiş ve örselenmemiş zemin numunesinin, düzeltme faktörlerinin, yer altı su seviyesinin ve deneyi yapan kişilerin sonuçlara etki ettiği görülmüştür. Bu inceleme yöntemleri üç ana başlıkta toplanmaktadır.

- Arazi Deneyleri
- Laboratuvar Deneyleri
- Jeofizik Yöntemleri

1.1.1. Arazi deneyleri

Arazi deneyleri; taşıma gücü, oturma, mukavemet, zemin indeks özellikleri vb. parametreleri belirlemek için yapılan deneylerdir.

Arazi deneyleri, yapım maliyetinin uygun ve yerinde yapılıyor olmasından ve zemin parametrelerinin hızlı elde edilmesinden dolayı kullanımı yaygındır. Laboratuvar deneylerinde kullanılacak olan örselenmiş veya örselenmemiş numunenin alımının zor olduğu zeminlerde doğrudan bu yöntem kullanılır.

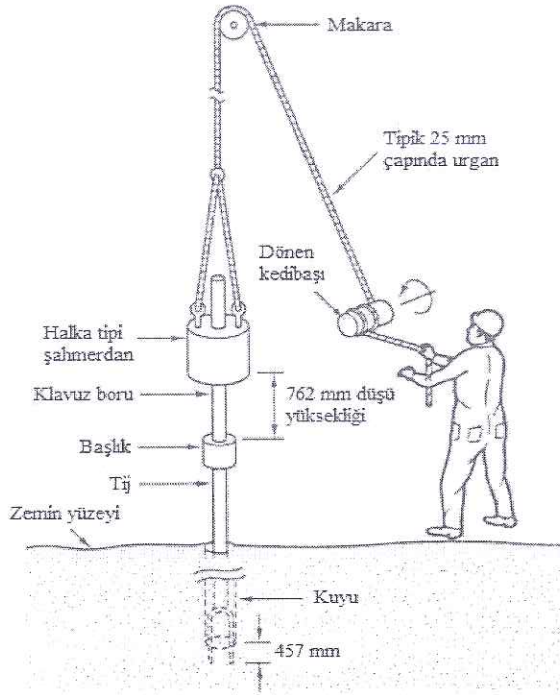
Arazi deneyleri sonucunda elde edilen parametreler taşıma gücü hesabında gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra kullanılmaktadır. Başlıca arazi deney yöntemleri şunlardır;

- Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)
- Konik Penetrasyon Deneyi (CPT)
- Presiyometre Deneyi (PMT)
- Plaka Yükleme Deneyi
- Kanatlı Kesici Deneyi (VST)

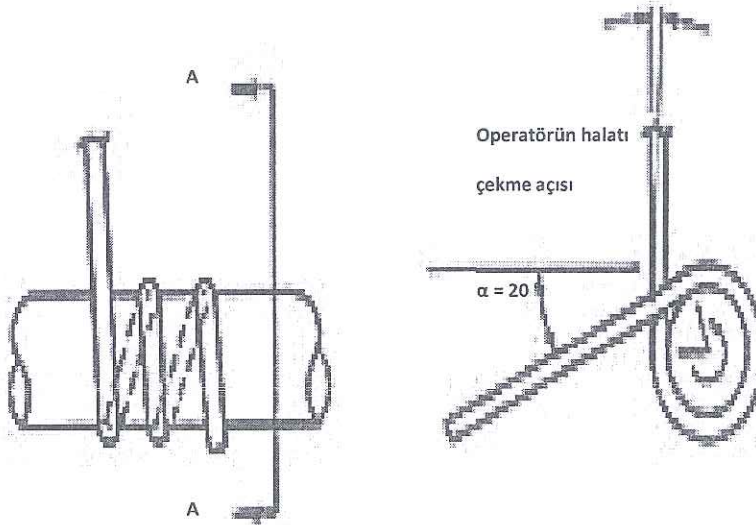
1.1.1.1. Standart penetrasyon deneyi (SPT)

Günümüzde tercih edilen deney yöntemidir. Dinamik (iterek yapılan) sonda deneyidir. Bu deneyin amacı zeminin itmeye karşı gösterdiği direnci belirlemektir. Deney standardı ASTM D1586' belirtilmiştir.

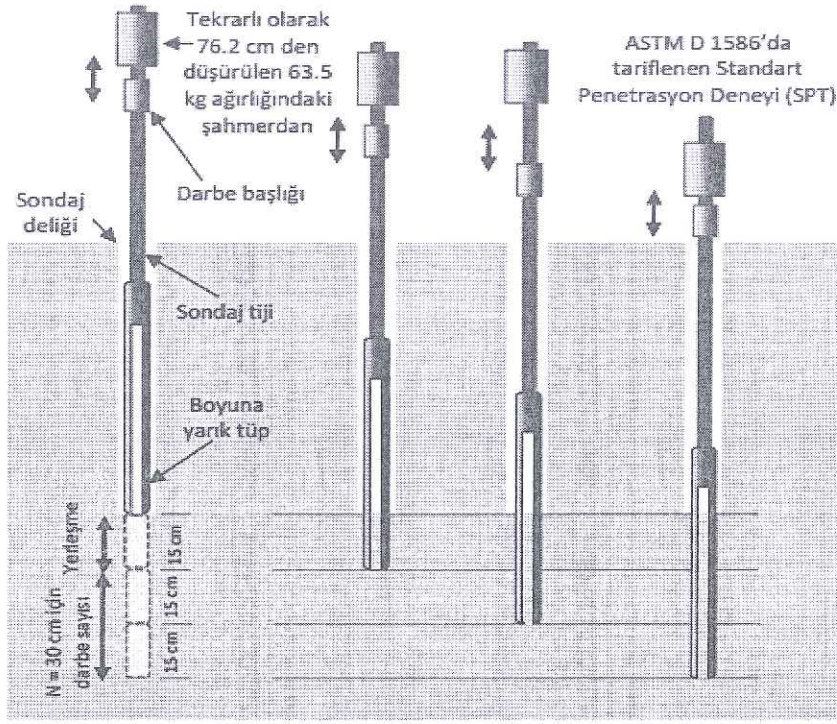
En basit hali ile 63,5 kg ağırlığındaki bir şahmerdanın belli bir periyot ile 76,2 cm yükseklikten bırakılarak 45 cm' lik penetrasyonu elde edilen vuruş sayısıdır. Tij ucunun her 15 cm' lik ilerlemesine darbe sayısı denir. Her 15 cm ilerleme için vurulan darbe sayısı kaydedilir. İlk 15 cm' lik ilerleme için vurulan darbe sayısı, bilgi olarak forma yazılır; fakat hesaplamada kullanılmaz. 50 vuruşta 15 cm' lik ilerleme olmazsa veya 100 vuruşta 30 cm' lik ilerleme olmazsa deney durdurulur. SPT-N değeri refü olarak alınır. SPT sonuçları test edilen ince daneli zeminlerde iri daneli zeminlere nazaran daha iyi sonuç verildiği gözlemlenmiştir. SPT 'den elde edilen parametreler direkt ampirik taşıma gücü formüllerinde kullanılmaktadır.



Şekil 1.1. SPT' nin halat ve kedibaşı ile arazide uygulanması



Şekil 1.2. Kedibaşı detayı (saatin ters yönünde 1.81 tur attığındaki şekli ile gösterilmiştir) (ASTM D1586-11)



Standart penetrasyon deneyi aşamaları (FHWA, 2002b)

Şekil 1.3. Standart penetrasyon deneyi aşamaları (FHWA,2002b)

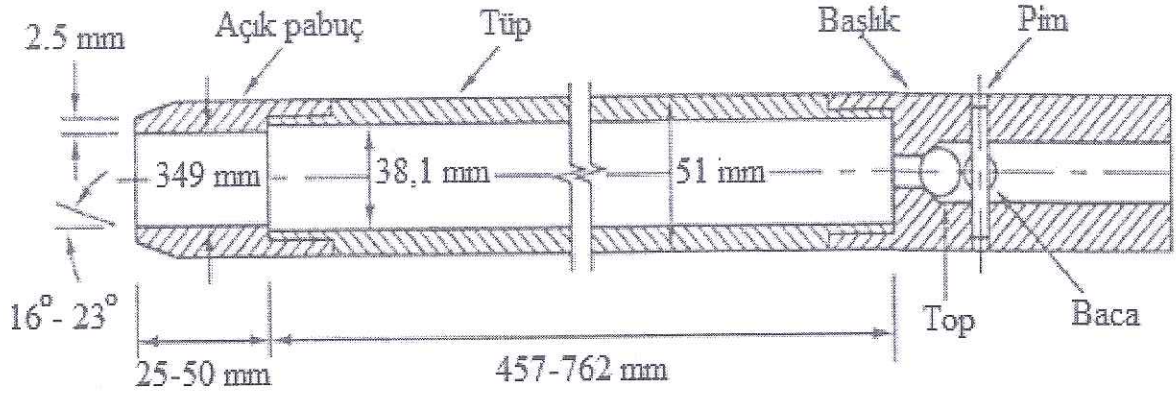
SPT' nin avantajları ve dezavantajları aşağıdaki Tablo 1.1.'de verilmiştir;

Tablo 1.1. SPT' nin avantajları ve dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
Kısa sürede sonuçlar elde edilir.	Deneyi yapan kişilerin ve ekipman hatalarından olumsuz etkilenir.
Yapımı basit ve kullanımı yaygındır.	Deney oldukça hassastır.
İnce daneli zeminlerde kullanılır.	İri daneli zeminlerde genellikle doğru sonuç elde edilememektedir.
Taşıma gücü formüllerinde doğrudan kullanılmaktadır.	Yer altı su seviyesinden etkilenmektedir.

Deney ekipmanları şunlardır;

- Şahmerdan ve yukardan bırakma makarası
- Tijler
- Boyuna yarık örnek alıcı
- Sürme pabucu



Şekil 1.4. SPT örnek alıcısı (ASTM D 1586-11).

SPT sonuçları yapıldığı zeminden çok deney düzeneği ve ekipmanlardan etkilenmektedir. Bu durum deney sonuçlarını etkilediğinden dolayı düzeltme faktörleri kullanılmaktadır. (Tablo 1.2.' de)

$$N_{60} = \frac{N * E_m * C_R * C_S * C_B}{0,6}$$

Bağıntısını geliştirmiştir. Burada;

N_{60} : Arazi şartlarında düzeltilmesi yapılan SPT-N değeri

N : Arazide elde edilen SPT değeri

E_m : Şahmerdan etkinlik oranı

C_B : Kuyu çapı düzeltmesi

C_S : Örnek alıcı düzeltmesi

C_R : Tij uzunluğu düzeltmesi

Değerlerini göstermektedir

Tablo 1.2. Sondaj kuyu çapı, numune alıcı ve tij düzeltmeleri (Skempton, 1986).

Düzeltilme Tipi	Değişken Boyutları	Düzeltilme Değeri
Kuyu çapı düzeltmesi, C_B	65 - 115 mm	1,00
	150 mm	1,05
	200 mm	1,15
Örnek alıcı düzeltmesi; C_S	Standart örnek alıcı	1,00
	Astarsız örnek alıcı	1,20
Tij uzunluğu düzeltmesi; C_R	0 - 4 m	0,75
	4 - 6 m	0,85
	6 - 10 m	0,95
	> 10 m	1,00

SPT' de yer altı su seviyesinden dolayı oluşan boşluk suyu basıncı düzeltme faktörü aşağıdaki gibidir.

$$N_{düzelttilmiş} = 15 + \frac{N - 15}{2} \quad \text{düzeltmesi yapılır.}$$

Düzgün zeminlerde derin kısımda SPT değeri zemin yüzeyine yakın kısımlardan daha yüksek sonuçlar çıktığından dolayı derinlik düzeltme faktörü kullanılır.

$$N'_{60} = N_{60} \sqrt{\frac{100}{\sigma'_z}}$$

N'_{60} : Derinlik düzeltmesi dikkate alınmış SPT sayısını

N_{60} : Arazi prosedürlerine göre düzenlenmiş SPT-N değerini (Tablo 1.3.' de)

σ'_z : Deney yapılan derinlikteki düşey efektif gerilme değeridir.

Ayrıca literatürde deney ekipmanları içinde düzeltme faktörleri de kullanılmaktadır.

Tablo 1.3. SPT-N değerine bağlı zemin ve kaya sınıflandırması (Clayton, 1993)

<i>Zemin Türü</i>	<i>SPT-N</i>	<i>Zemin Sınıflandırması</i>
Kum	$(N_1)_{60}$	0 – 3 Çok gevşek Gevşek
		8 – 25 Orta sıkı
		25 – 42 Sıkı
		42 – 58 Çok sıkı
Kil	N_{60}	0 – 4 Çok yumuşak Yumuşak
		8 – 15 Sıkı
		15 – 30 Katı
		30 – 60 Çok katı
		> 60 Sert
Zayıf kaya	N_{60}	0 – 80 Çok zayıf Zayıf
		> 200 Orta derecede zayıftan çok serte kadar

Tablo 1.4. SPT-N- D_r ilişkisi (Terzaghi ve Peck, 1967)

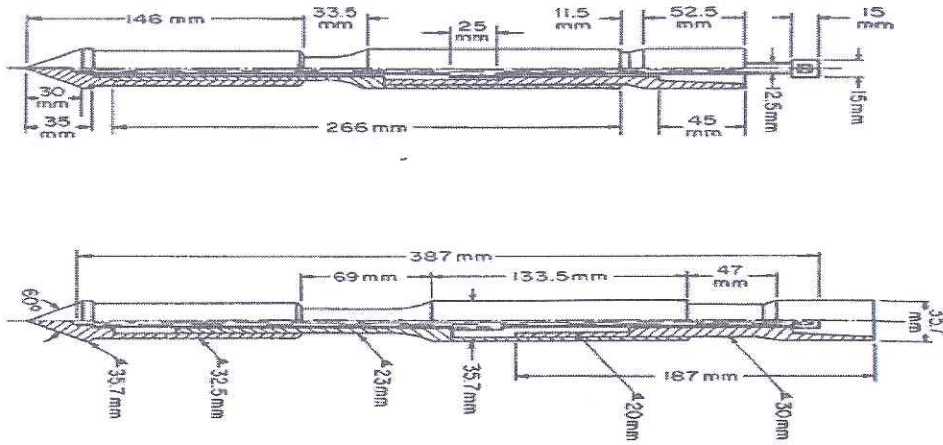
<i>SPT-N aralığı</i>	<i>Bağıl Yoğunluk</i>	D_r (%)
0 – 4	Çok gevşek	0 – 15
4 – 10	Gevşek	15 – 35
10 – 30	Orta sıkı	35 – 65
30 – 50	Sıkı	65 – 85
> 50	Çok sıkı	85 – 100

1.1.1.2. Konik penetrasyon deneyi (CPT)

CPT yani statik penetrasyon deneyi;

Konik metal ucun hidrolik baskı ile zemine sabit bir hızla iletilmesi için gerekli olan kuvvetin ölçümüdür. Deney ilk defa 1934’ te Hollanda’ da tabakaların sıklılığını belirlemek için kullanılmıştır.

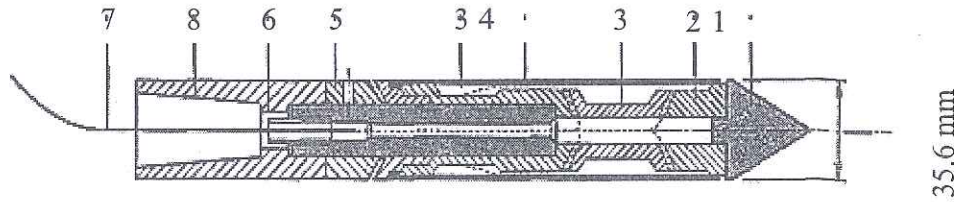
Aşağıdaki şekilde boyutları detaylı olarak verilen koni, hidrolik düzenekle sabit bir (10-20 mm/sn) hızla zemine itilir. Zeminin penetrasyona karşı koyduğu direnç ölçülür. Konik ucundaki direnç q_c ve çeperin sürtünme direnci f_s ’ nin toplamları meydana gelen penetrasyon direncini oluşturmaktadır. Burada, q_c uç direnci, 10 cm² ‘ ye (koninin üzerine etkiyen yüzey alanı) bölünürken; f_s çeper sürtünmesi de 150 cm² ‘ye bölünür.



Şekil 1.5. CPT koni boyut ve detayları

En çok kullanılan CPT uçları şunlardır;

- Mekanik konik sondalar (Begemann tipi)
- Elektrikli konik sondalar
- Piyezo-elektrik konik sondalar (CPTU)
- Sismik-piyezo konik sondalar (SCPTU)
- Özel ataşmanlı konik sondalar



- | | |
|--|-------------------|
| 1 Koni (kesitalanı 10cm ²) | 5 Ayar halkası |
| 2 Yük hücresi | 6 Sugeçirmez burç |
| 3 Birim deformasyon ölçerler | 7 Kablo |
| 4 Sürtünme şaftı | 8 Tij bağlantısı |

Şekil 1.6. Fugro tipi elektrikli sürtünme konisi (Lunne vd., 1997)

CPT uçları mekanik ve elektrik konik sondalarla, koninin zemin yüzeyine itilmesi sırasında oluşan q_c , u_c ve f_s sürtünme dirençlerini ölçülebilmektedir. Aynı şekilde CPTU konik sondalar ile de q_c , u_c direnci, f_s sürtünme direncini ve boşluk suyu basıncını da ölçülebilmektedir. Bununla beraber 1995 'te Clayton' nun SCPTU sondalarda, jeofonlar konik

ucuna eklenerek sismik dalgaların gelişi algılanabilmekte, bu dalganın hareket hızı ile sismikten dolayı oluşan kayma dalga hızları tahmin edilerek zemin rijitliği yorumlanabilir.

CPT' nin sondası ile;

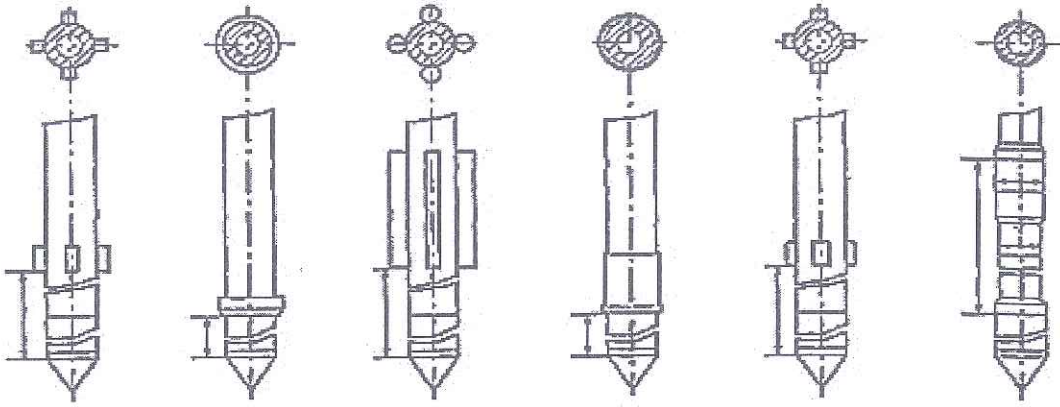
- Zemin profili
- Katmanların özellikleri
- Zemin ıslahında
- Yeraltı suyu seviyesi
- Boşluk suyu basıncının tahmini (CPTU ile)
- Sıvılaşma potansiyeli değerlendirmeleri
- Üç bileşenli jeofonlar ile sismik dalga hızı ölçümleri (SCPTU ile)

Zemin araştırmalarında belirlenebilir ve yorumlanabilir.

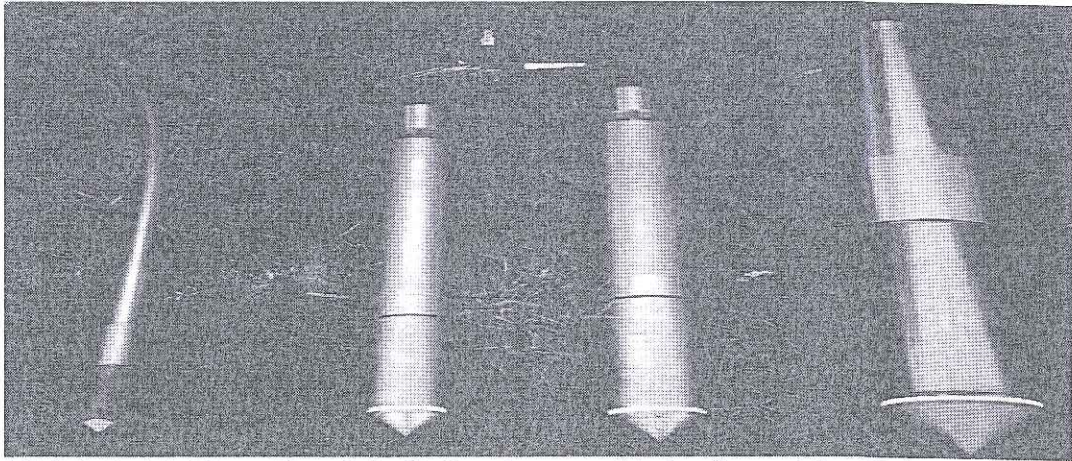
CPT' nin avantajları ve dezavantajları Tablo 1.5.' de verilmiştir.

Tablo 1.5. CPT' nin avantajları ve dezavantajları

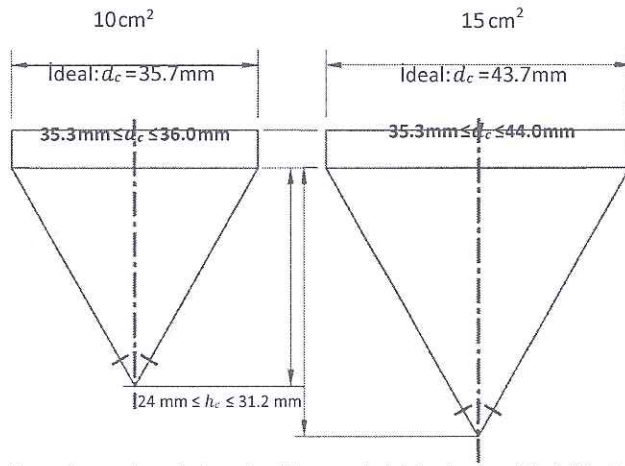
Avantajlar	Dezavantajlar
Kısa sürede sonuçlar elde edilir.	Deneyi yapan kişilerin ve ekipman hatalarından olumsuz etkilenir.
Deney verisi deney esnasında sürekli olarak kaydedilir.	Deney esnasında örnek alınamaz.
Turba ve yumuşak killer gibi hassas zemin tabakalarında daha ekonomik ve hızlı sonuçlar verir.	Sık zeminler, İri daneli ve kaya blokların yer aldığı zeminlerde uygulanamamaktadır.
Deney sonuçları dijital ortamda hızlıca yorumlanabilir.	
Operatör hatası azdır.	



Şekil 1.7. Farklı sürtünme azaltıcı elemanlar (Lunne vd.,1997)



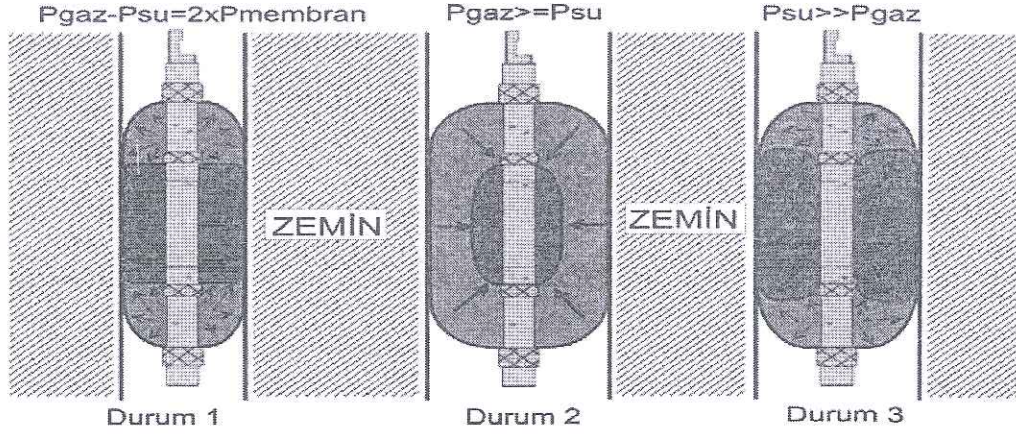
Şekil 1.8. 2, 10, 15 ve 40 cm² iz düşüm alanına sahip konik sondalar (Robertson ve Cabal, 2010)



Şekil 1.9. Konik uçların imalat ve kullanımdaki kabul edilebilir toleranslar

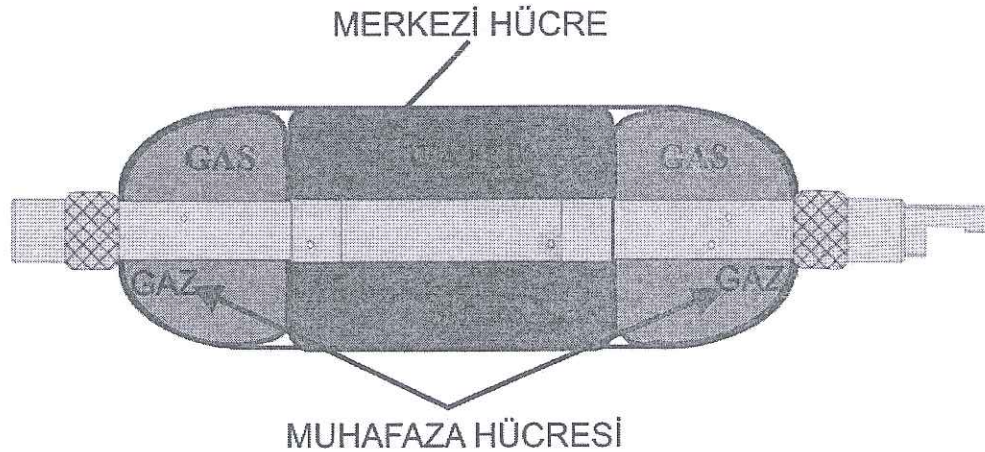
1.1.1.3. Presiyometre deneyi (PMT)

Presiyometre 1955 yılında Fransız Louis Menard tarafından geliştirilmiştir. İnce daneli zeminlerde kullanılabilir ve kaba daneli zeminlerde de kullanılabilir. Deney açılan sondaj deliğine indirilen silindirik bir hücrenin etrafına düzenli radyal bir basınç uygulaması ile yapılır. Bu deneyin temel amacı zeminin basınç/deformasyon ilişkisini belirlemektir.

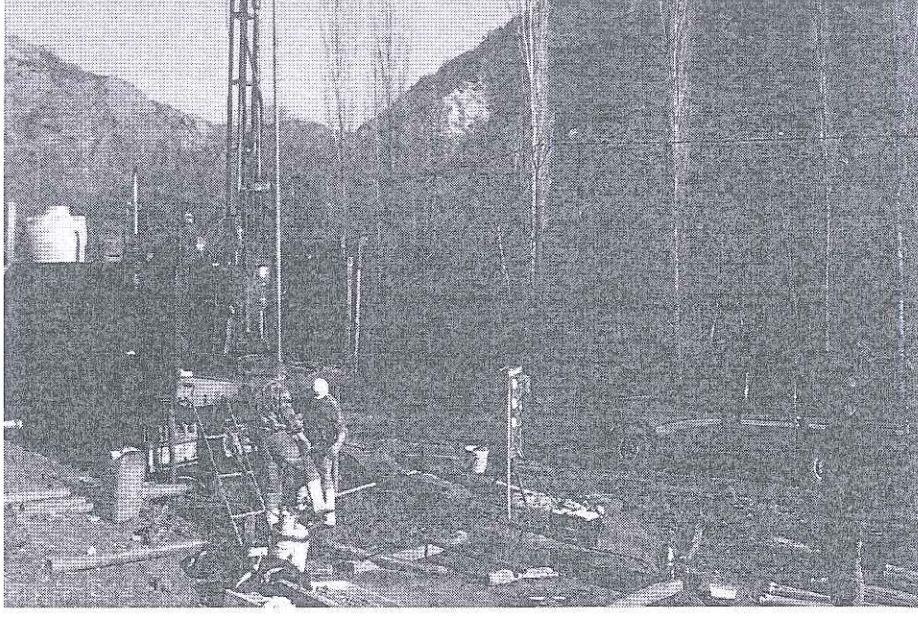


Şekil 1.10. Numune hücrelerine uygulanan su ve hava basıncı

Deney sonuçları meydana gelebilecek örselenmelerden olumsuz etkilenmektedir. Fakat deney, diğer arazi deneylerine göre zemin basınç/deformasyon ilişkisini tamamlayabilmektedir. Bir diğer avantajı da her türlü zeminlerde kullanılabilir. Tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Deney sonucunda elde edilen parametreler taşıma gücü, oturma hesabı ve temel tasarımında kullanılmaktadır.

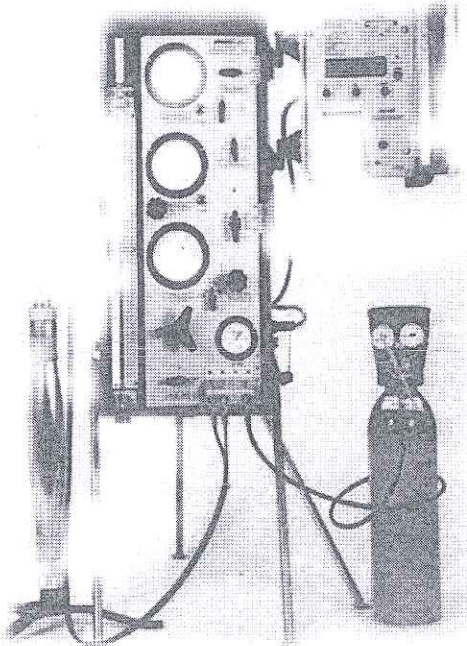


Şekil 1.11. G tipi PMT sondası ve kesiti (Apageo, 2006).

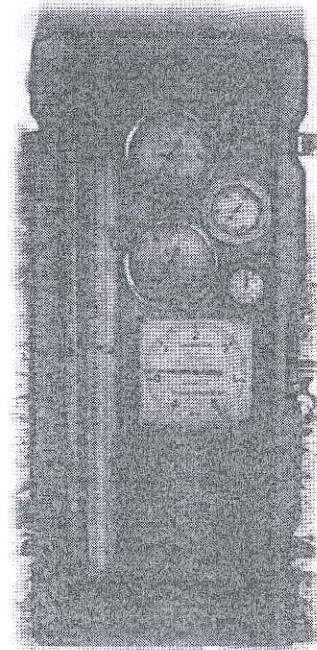


Şekil 1.12. Saha PMT uygulaması

Kaynak: <https://www.umutgeoteknik.com/tr/galeri/presiyometre-testi/>



Şekil 1.13.(a). GA Tipi PMT

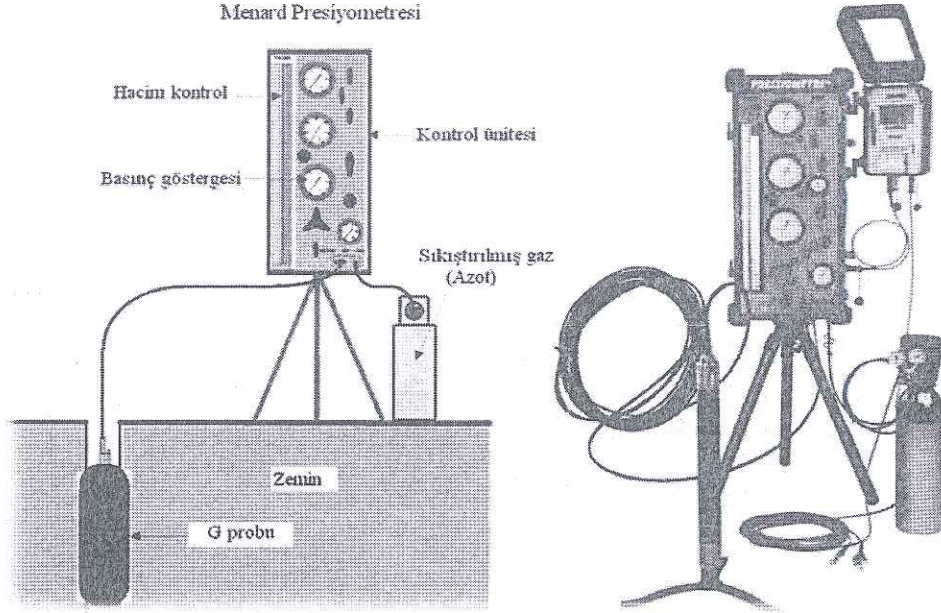


Şekil 1.13(b). G Tipi PMT

Kaynak: <https://www.umutgeoteknik.com/tr/galeri/presiyometre-testi/>

Presiyometre çeşitleri;

- Menard tipi (kuyu) presiyometre (mpm): Menard tarafından geliştirilmiştir. Presiyometre, sondaj açılarak yapılmakta ve sondaj delgisi, presiyometre hücresi çapından daha geniş olmasından dolayı hücre sondaj içerisinde derinlere indirilebilmektedir.



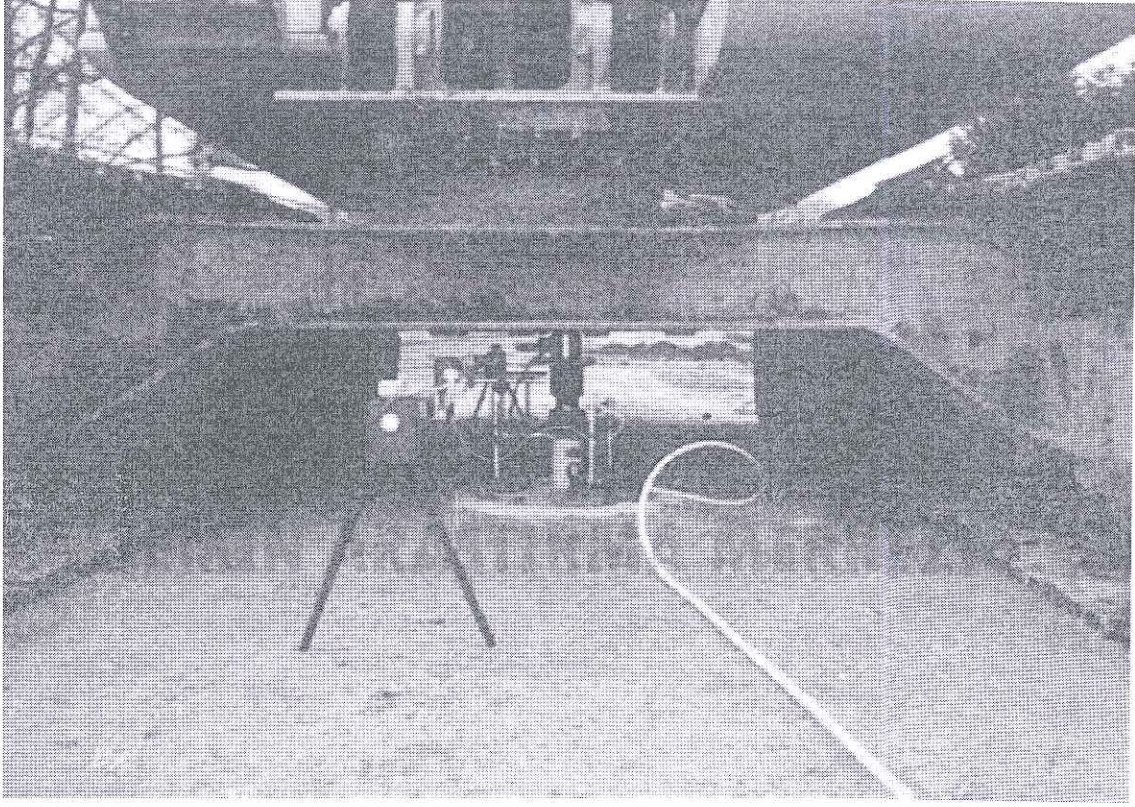
Şekil 1.14. G tipi PMT cihazı ve parçaları (Apageo, 2006).

Kaynak: <https://www.umutgeoteknik.com/tr/galeri/presiyometre-testi/>

- Kendinden delgili presiyometre (Sbp): Mpm sisteminde sondaj kuyusunda oluşan çeperinde gerek mekanik örselenmeler gerekse zemindeki yanal gerilmeleri ortadan kaldırmak için Delgili Presiyometre hücreleri geliştirilmiştir.
- Zemine itilen (sürmeli) presiyometre (pip): 1979' da İngiltere' de ıslak zemin etütlerinde (örneğin denizde) kablolu sondaj tekniğiyle (wire-line) birlikte kullanılarak yapılan deney türüdür.

1.1.1.4. Plaka yükleme deneyi

Zemin emniyet gerilmesini elde edebilmek için yapılan deneydir. Deney standartları TS 5744' ta belirtilmiştir. Açılan muayene çukurunda kare veya dairesel plakalara yük verilmesi ile yapılır. Plakaların yüklenmesinde yükleme sehpası veya ankraj kazıkları kullanılmaktadır.

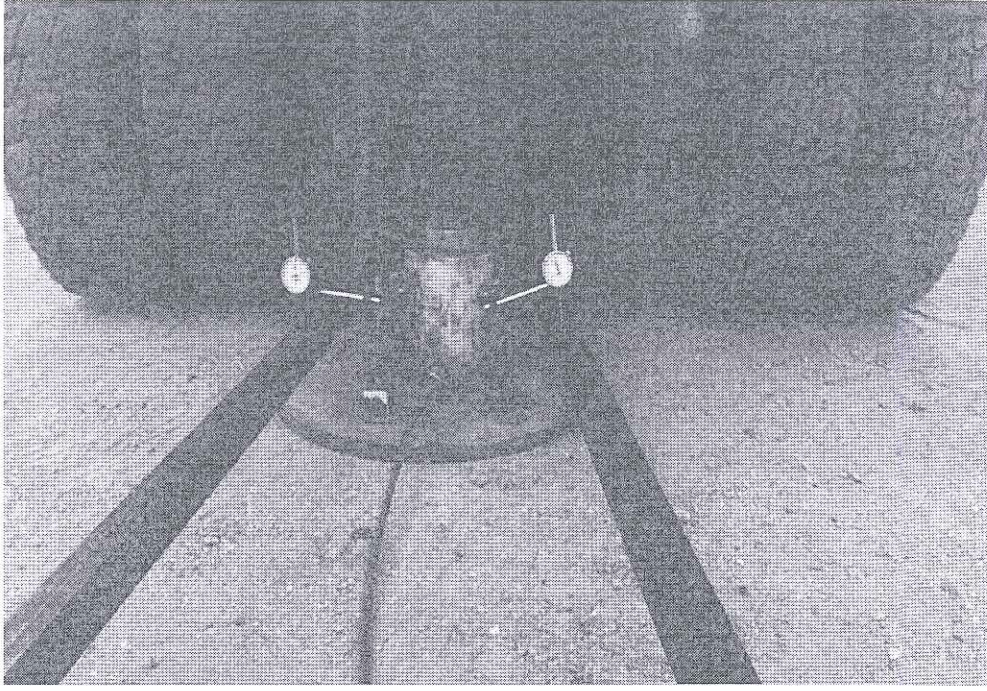


Şekil 1.15.Sahada plaka yükleme deneyi

Kaynak: <http://www.zeminarastirma.com/deneyler/plaka-yukleme-denevi/plate-load-test/>

Yükleme yükü tahmin edilen taşıma gücü değerinin yüzde 20' si kadardır. Bu yükleme bir saatten fazla uygulanmalıdır. Konsolidasyon değeri 2,5 cm bulunca deney sonlandırılır. Temeli geniş oturumlu projelerde tercih edilmemektedir. Çünkü deney uygulama alanı oldukça sınırlıdır.

Plaka yükleme deney süresi kısa olduğundan gerçek konsolidasyon değerini göstermemektedir. Genelde plaka yükleme deneyi otoyol projelerinde tercih edilmektedir.



Şekil 1.16. Sahada plaka yükleme deneyi

Kaynak: <https://www.umutgeoteknik.com/tr/galeri/plaka-yukleme-testi/>

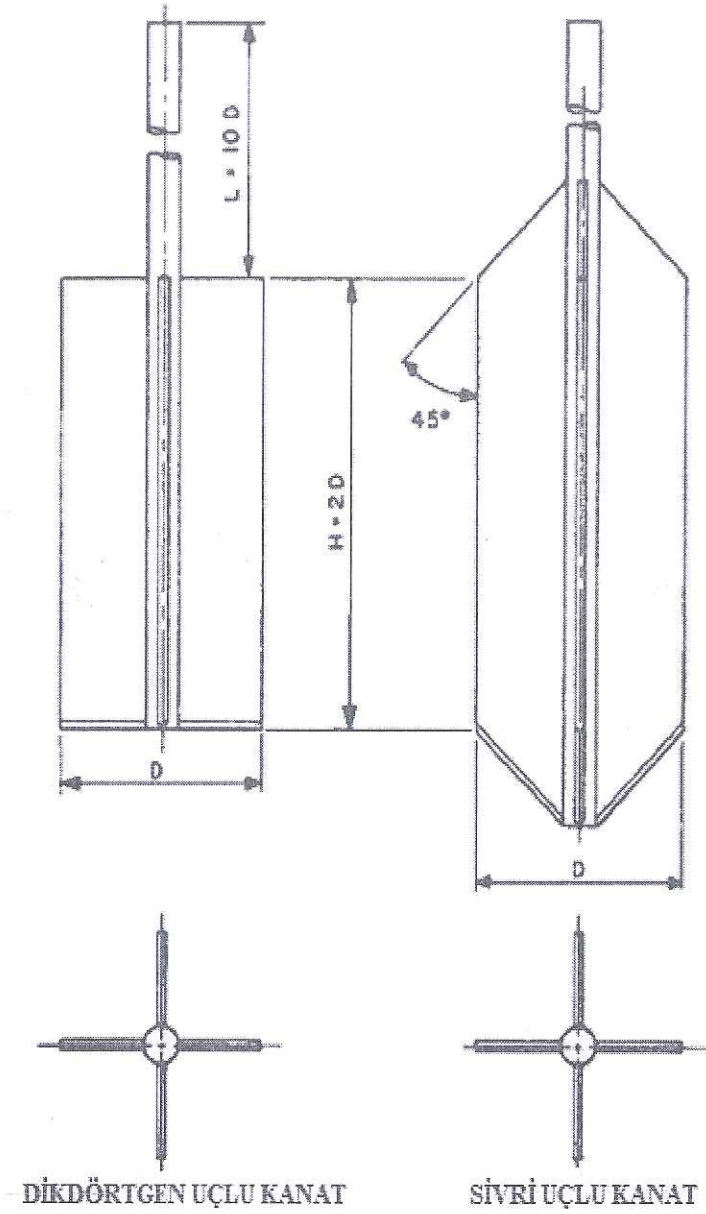
Plaka Deney Ekipmanları;

- Hidrolik kriko
- Plaka
- Komparatörler
- Referans Kirişi
- Yardımcı ekipmanlar

1.1.1.5. Kanatlı kesme deneyi (FVT)

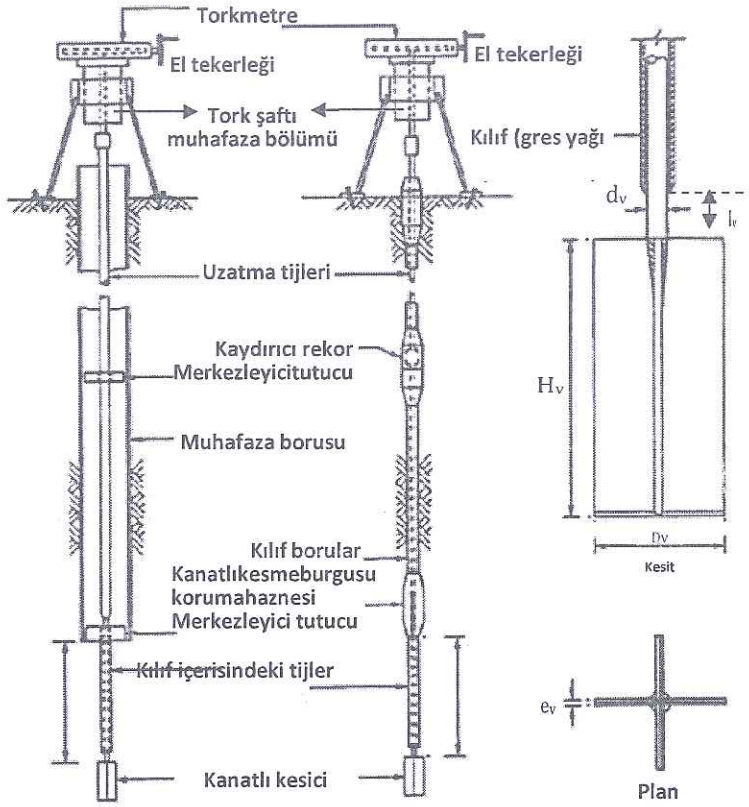
Arazi veyn deneyi (VST) arazi kanatlı kesme deneyi (FVT) olarak da bilinir. Deney, İsveç’ te 1919 yıllarında John Olsson tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra deney düzeneği 1940’ lı yıllarda daha da geliştirilmiştir.

Deney geçirimsizlik katsayısı yüksek olan kum ve çakıl gibi iri daneli zeminlere uygulanmamaktadır. Çünkü deney yapım süresinin az olmasından dolayı drenaj koşulları tam olarak gerçekleşmemektedir. VST ekipmanları zemine itilerek, temas eden kısımda kesme işlemi gerçekleşene kadar döndürülerek uygulanan tork ölçülerek deney işlemi tamamlanır.



Şekil 1.17. Arazi Veyn deneyi kanatlı kesici detayı (ASTM D 2573).

Sondaj kuyusu içerisine kanatlı kesici daldırılarak istenilen derinliğe ulaşan deneyde, zeminin içerisinden kanatların dönme işlemi başlatılır. Dönme hareketine karşı zeminin direncin yenilmesi anında ölçülen maksimum direnç(tork) değerinden kayma mukavemeti belirlenir.



Şekil 1.18. Kanatlı kesme burgusunun (a) sondaj kuyusu dibinden sürülmesi (b) sondaj kuyusu açmadan (zemin yüzeyinden) sürülmesi (c) kanatlı kesicinin kesit ve plan görünümü

1.1.2. Laboratuvar deneyleri

Laboratuvar deneyleri zeminin indeks özellikleri ve mukavemet parametrelerini belirlemek için örselenmiş veya örselenmemiş drenajlı veya drenajsız deney ortamı ile yapılan; buradan elde edilen parametreler ile zeminin sınıflandırılması sıkışma ve konsolidasyon durumunu ve mukavemet değerlerinin bulunmasını sağlayan deneylerdir.

Mukavemet değerlerine ulaşabilmek için aşağıdaki laboratuvar deneyleri yapılır.

- Kesme Kutusu Deneyi
- Serbest Basınç Deneyi
- Üç Eksenli Basınç Deneyleri
- Laboratuvar Veyn Deneyi
- Düşen Koni Deneyi

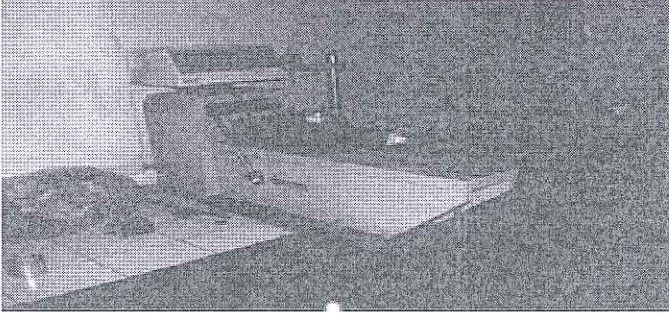
İndeks özellikleri için de aşağıdaki laboratuvar deneyleri yapılır.

- Elek Analizi
- Hidrometre Deneyi
- Su İçeriği
- Sıkılık derecesi
- Plastik ve likit limit değerleri-Kıvrım değerleri

1.1.2.1. Kesme kutusu deneyi

Zemin mekaniğinde, zemine ait mukavemet parametrelerini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin arazi ve laboratuvar deneyleri olmak üzere iki grupta incelendiğinden bahsedilmiştir.

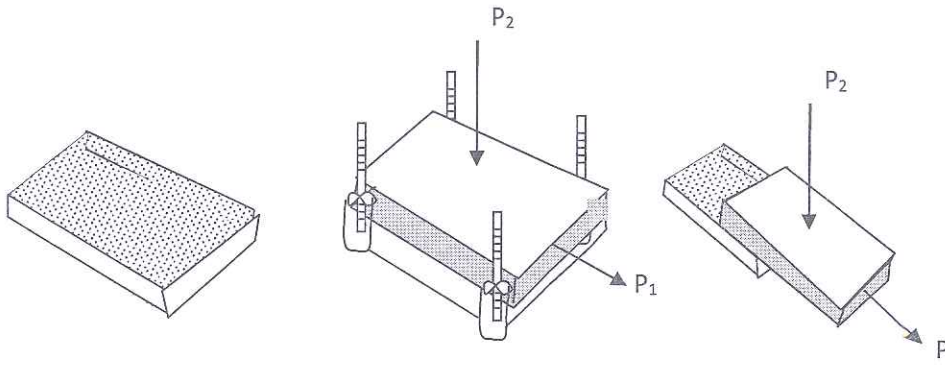
Zemine ait mukavemet parametrelerini (ϕ, c) elde etmek amacıyla zeminden alınan örselenmemiş numuneler laboratuvarında deney için kullanılır. Buradaki amaç mukavemet değerlerini belirlemek olduğu için örselenmemiş numune olması önem arz etmektedir. Ancak kohezyonsuz zeminlerde örselenmemiş numune almak oldukça güçtür. Bu nedenle kohezyonsuz zeminlerin tabii haldeki sıkılıkları laboratuvar ortamında simüle edilerek veri analizi amaçlanır. Kesme kutusu deneyi ile kohezyonsuz zeminlere ait normal gerilmeler altında oluşan kayma gerilmeleri elde edilmektedir. Buradan da kohezyonlu zeminler için kayma mukavemet açısı elde edilmektedir. Kohezyonsuz zeminler için kayma mukavemet açısı sıfırdır.



Şekil 1.19. Kesme Kutusu deney aleti

Deneyde elde edilen maksimum kayma gerilmesi veya göçme kabul edilebilecek şekil değiştirmeye yol açan kayma gerilmesi değeri zeminin kayma mukavemeti olarak değerlendirilir. Deney esnasında boşluk suyu basıncı artışı gözlenmemektedir.

Kesme kutusu deneyinde numune dikdörtgen veya daire kesitli ve iki parçadan oluşan rijit bir kutu içine yerleştirilmektedir.



Şekil 1.20. Kesme kutusu kare örneği

$$\tau = c + (\sigma - u)\tan\phi$$

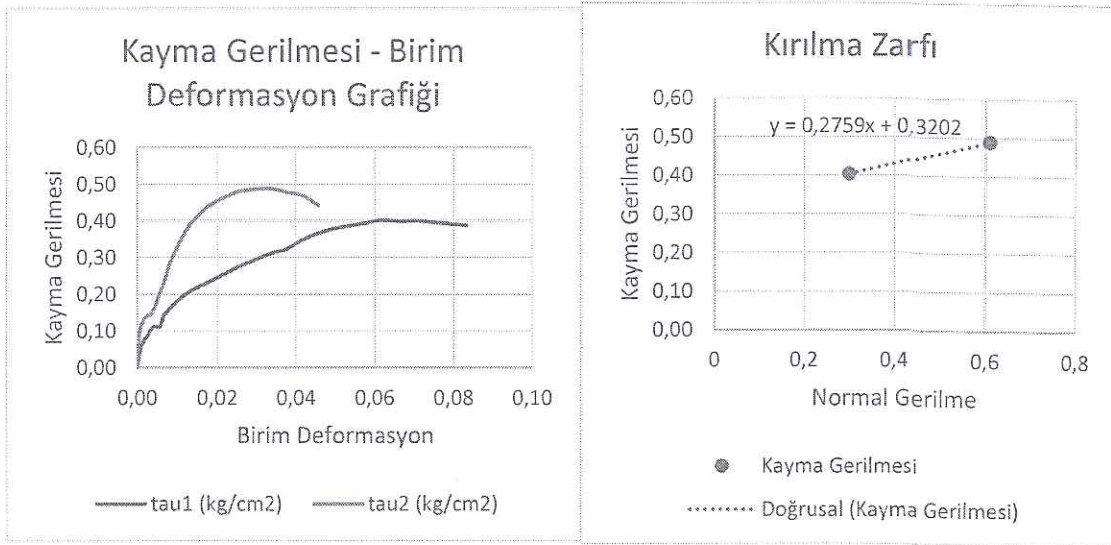
$$\tau = \frac{P}{A_c} = \frac{\text{Kayma mukavemeti}}{\text{Kırılma anındaki en kesit alanı}}$$

$$\sigma = \frac{N}{A_c} = \frac{\text{Normal Kuvvet}}{\text{Kırılma anındaki en kesit alanı}}$$

$A_c = L(W - \partial_h)$ Enkesit alanı düzeltme formülü.

Aşağıdaki grafikte Kayma Gerilmesi – Birim Deformasyon Grafiği ve Kırılma zarfı grafiği verilmiştir. Bu veriler laboratuvar ortamında uygun bulgular girilerek elde edilen grafiklerdir.

Bu verilerle elde edilen kayma mukavemetleri parametreleri aşağıdaki gibidir:



Grafik 1.1. Kayma gerilmesi birim deformasyon grafiği

Kırılma zarfının eğiminden içsel sürtünme açısı elde edilebilir:

$$\tan\phi = 0.2759$$

$$\phi = 15,01^{\circ} \text{ bulunur.}$$

Bulunan bu değere sahip uygun bir zemin bulunmamaktadır. Deneye tabii tutulan malzemenin, 27° düşük iç sürtünme açısına sahip gevşek kum zemininden daha düşük kayma mukavemetine sahip olduğu gözlemlenmektedir.

1.1.2.2. Serbest basınç deneyi

Serbest basınç deneyindeki amaç basınç mukavemetini belirlemek ve buradan da konsolide edilmemiş ve drenajsız kayma mukavemetini belirlemektir. Genellikle killi zeminlerde kullanılır. Arazide alınan silindirik bir numunenin sadece düşey eksenel doğrultuda basınç altında serbest basınç değeri elde edilir.

Üç eksenli basınç deneyinden farkı hücre basıncı sıfırdır. Killi ve siltli zeminlerde uygulanırken, kohezyonsuz zeminlerde uygulanmaz.

İnşaatin tamamlanmasından hemen sonra genellikle zeminlerdeki en kritik durum oluşur, bu durum drenajsız koşullarla temsil edilebilir, bu durumda drenajsız kayma mukavemeti kohezyona eşit denilebilir:

$$2c = q_u = \frac{P}{A_c} = \frac{\text{Numune Kırılma Anındaki Yük}}{\text{Kırılma Anındaki Kesit Alanı}}$$

Burada kırılma anındaki kesit alanı hesaplanırken başlangıç alanından düzeltme formülü ile hesaplanabilir:

$$A_c = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$$

Coulomb kayma direnci bağıntısı serbest basınç deneyi için yazılacak olur ise;

$$\tau = c + (\sigma - u)\tan\phi$$

τ : Kayma esnasında, düzlemler arasındaki kayma gerilmesi

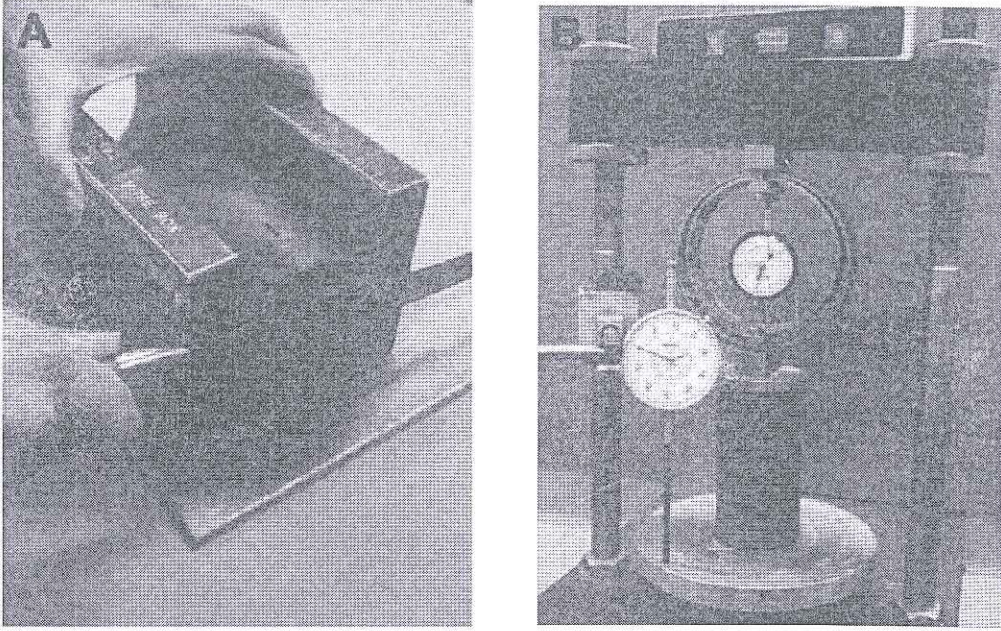
c : Efektif gerilmelere göre kohezyon

σ : Toplam normal gerilme

u : Boşluk suyu basıncı (serbest basınç deneyi için ($u=0$))

ϕ : Efektif gerilmelere göre kayma mukavemeti açısı

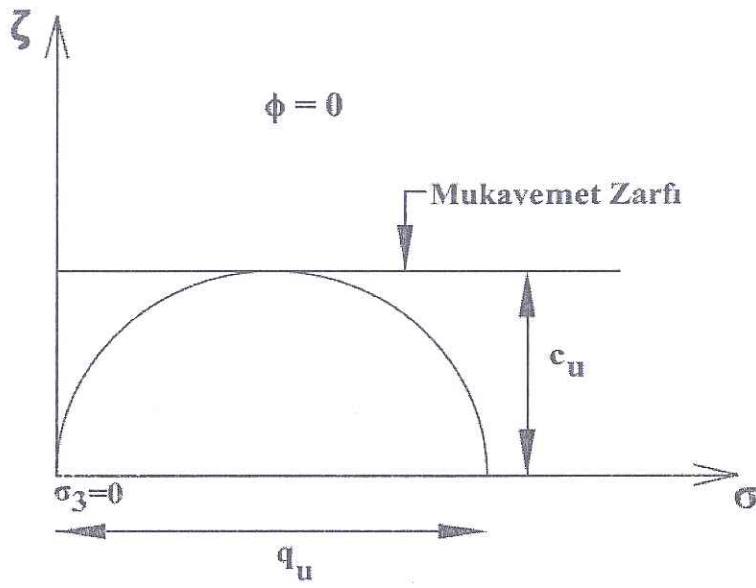
(Serbest basınç deneyi için ($\phi = 0$))



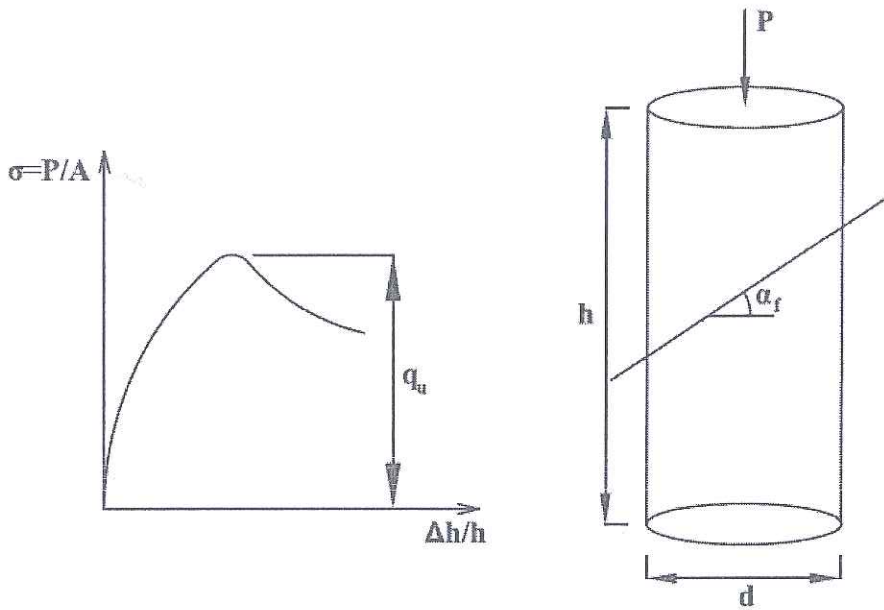
Şekil 1.21. Serbest basınç deneyi

Deney için gerekli malzemeler;

- Hassas terazi
- Kumpas
- Serbest basınçlı deney aleti
- Belirli su muhtevasında alınan numune



Şekil 1.22. Serbest basınç deneyi Mohr dairesi ve mukavemet zarfi.

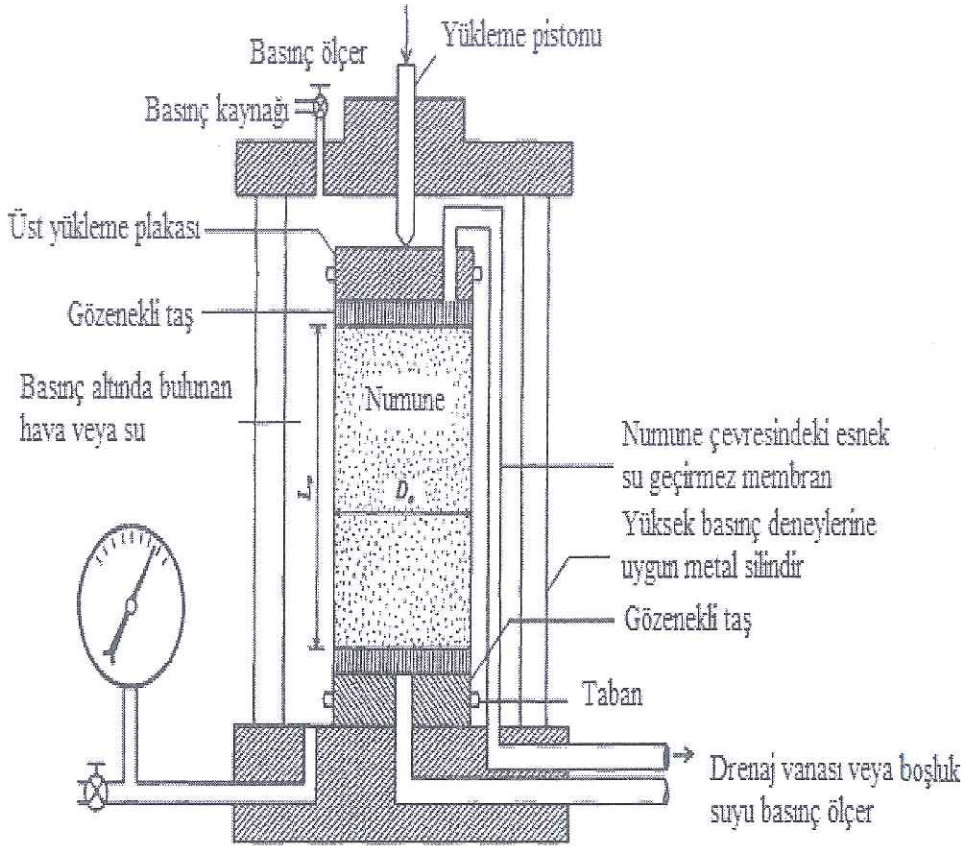


Şekil 1.23. Serbest basınç deneyi gerilme-şekil değiştirme değişimi.

1.1.2.3. Üç eksenli basınç deneyi

Üç eksenli basınç deneyi kesme kutusu deneyi gibi zemindeki kayma parametresini bulmak amacıyla yapılır. Hücre içerisine konulan silindirik numunenin çevresinde su veya havayla hidrostatik basınç oluşturulur. Hücre, numunenin su ile direkt temasını engellemektedir. Bu durumda farklı basınç oluşmaz.

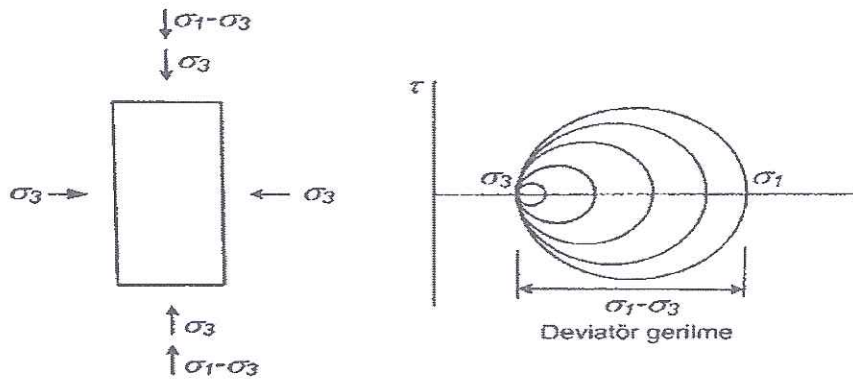
Deney ekipman düzeneği Şekil 1.24.' te verilmiştir.



Şekil 1.24. a) Üç eksenli basınç deney düzeneği (Bowles, 1996).

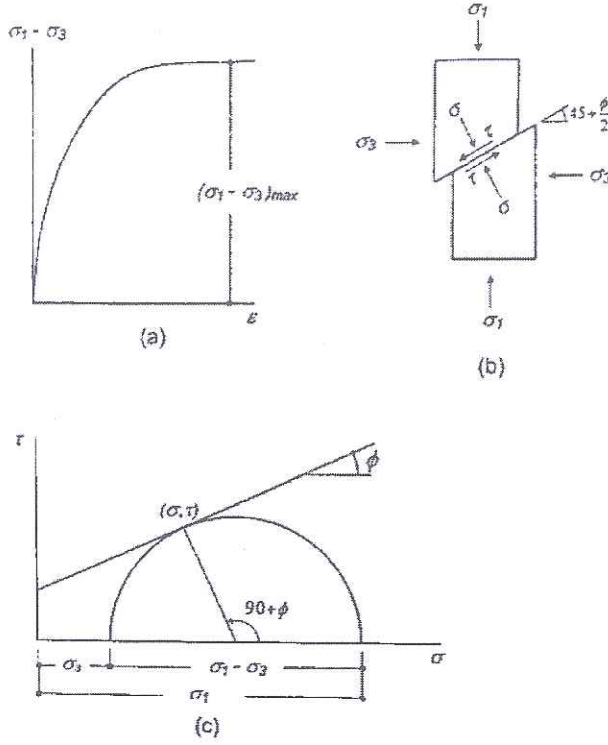
Laboratuvar deneyleri içerisinde gerçeğe yakın sonucu veren deney çeşididir. Çünkü arazi şartlarındaki drenajlı veya drenajsız durum bu deneyde göz ardı edilmemektedir.

Eksenel yük (deviyör gerilme) ise, hücre basıncı ve düşey yük arasındaki fark ile tanımlanır.



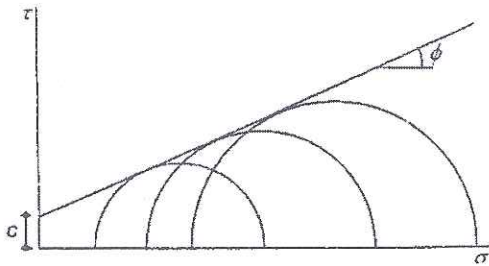
Şekil 1.24. b) Üç eksenli basınç gerilme durumu.

Deviatör gerilme eğrisi kırılma gerçekleştikten sonra çizilir ve kırılma gerilmesi eğrideki maksimum noktadaki değer olarak tanımlanır.



Şekil 1.25. Üç eksenli basınç deneyi sonuçları ve Mohr çemberi.

Deneyde üç farklı hücre basıncı uygulanarak oluşturulan benzer şekiller yukardaki şekilde belirtilen mohr çemberine aynı eksenle olacak şekilde gösterilir.

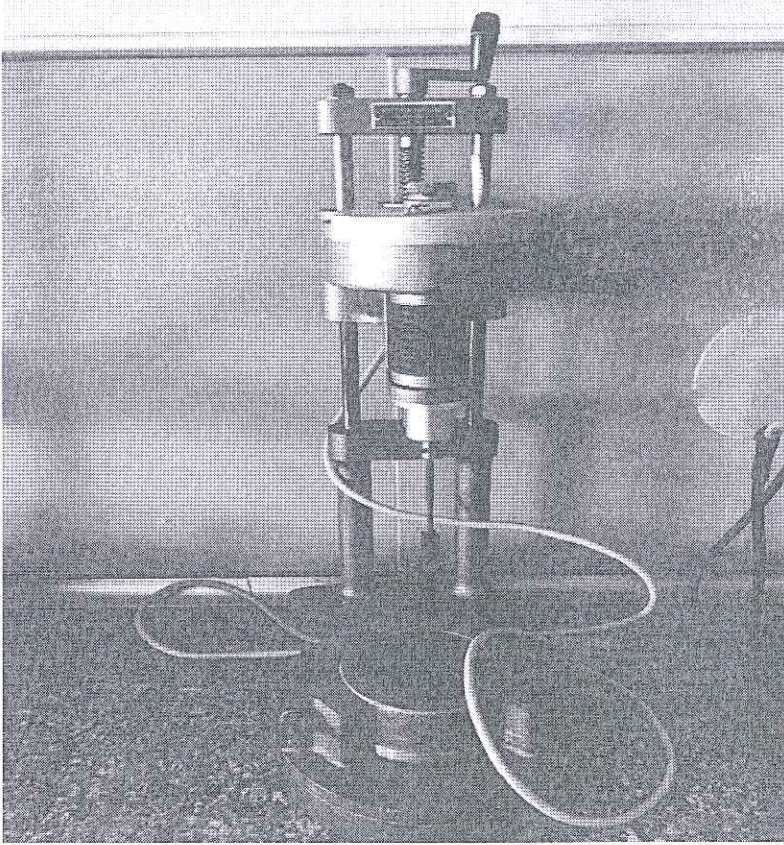


Şekil 1.26. Üç eksenli basınç deneyi kırılma zarfı.

- Ortak teğet doğrusu: Kırılma zarfını verir.
- Zarfın eğrisi: Kayma mukavemeti açısını (ϕ) verir.
- Ordinatu: Kohezyon değerini verir.

1.1.2.4. Laboratuvar veyn deneyi

Killerin drenaj ortamı olmadan kayma mukavemetini belirlemek için yapılan deneydir. Arazi veyn deneyi gibi burada da düzenek zemini kesinceye kadar döndürülür. Zemini kestiği anda burulma momenti elde edilir daha sonra formülde yerine katılarak kayma mukavemeti bulunur. Arazi deneyinden farkı yükleme hızının çok yüksek olmasıdır.

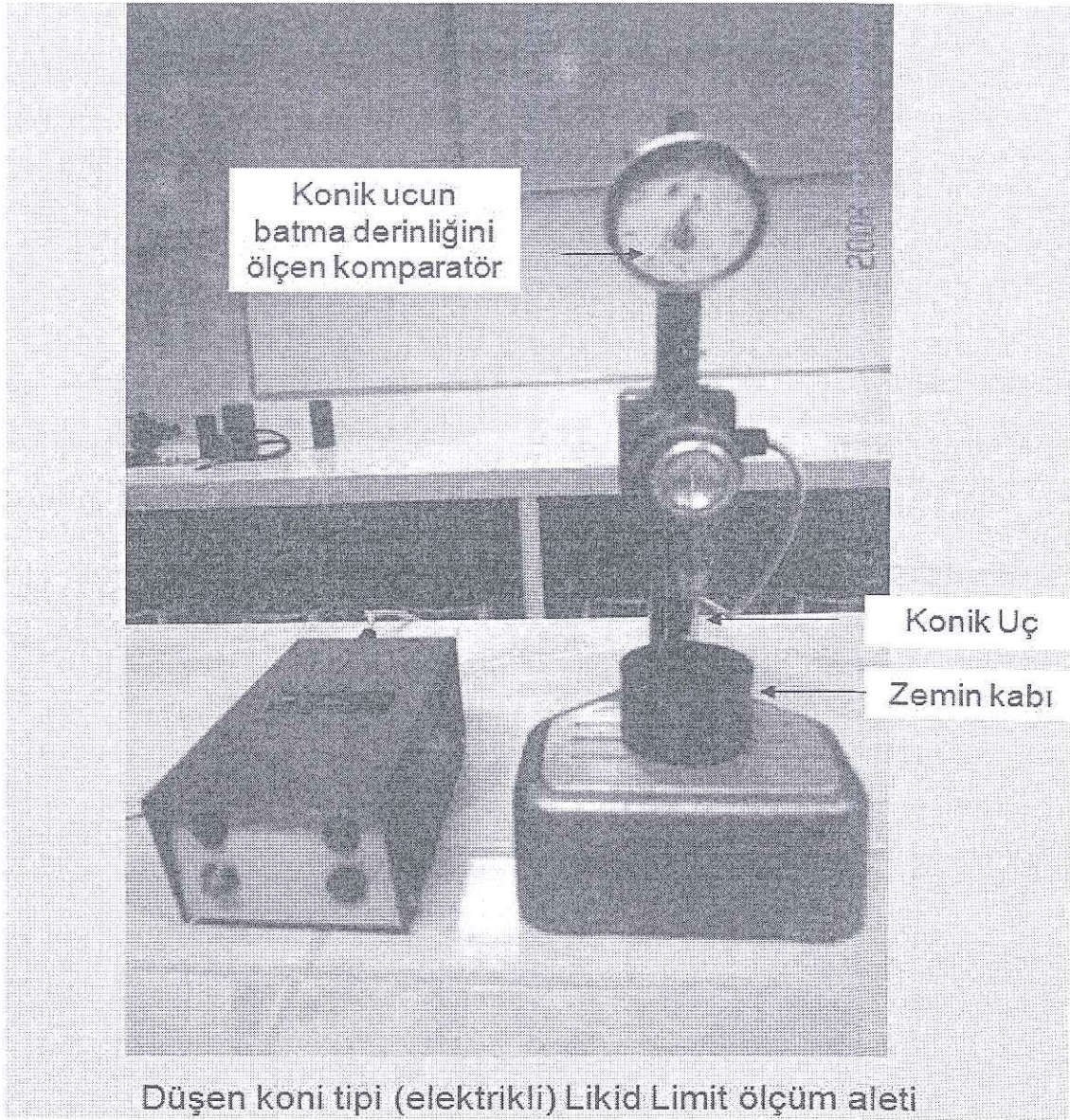


Şekil 1.27. Mini veyn deney sistemi

Kaynak: <https://labsis.yildiz.edu.tr/Root/DeviceDetails/6b1d26ab-ae39-4bac-9120-9c2d4ffd66db>

1.1.2.5. Düşen koni deneyi

Burada sabit bir koni belli bir yükseklikten sabit bir enerji ile numunenin üzerine bırakılır. Bu düşme esnasından oluşan oturma bulunur. Bu değere göre zemin kayma mukavemeti daha önce oluşturulan tablolar yardımıyla bulunur. Bu deney de yumuşak killi zeminlerde kullanılır.



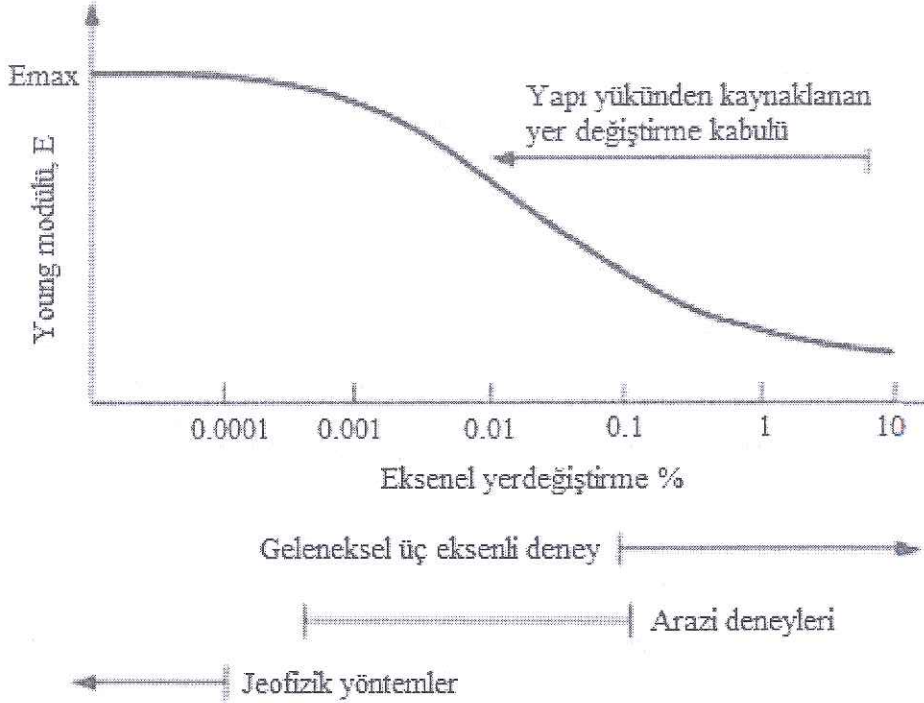
Şekil 1.28. Düşen koni tipi (elektrikli) likid limit ölçüm aleti

Kaynak: <https://slideplayer.biz.tr/slide/2795729/>

1.1.3. Jeofizik yöntemler

Jeofizik yöntemler, zemin parametrelerini bulmak için birçok projede uygulanır hale gelmiştir. Jeofizik yöntemler, inşaat mühendisliği geoteknik alanında yardımcı rol oynamaktadır. Jeofizik yöntemlerin; laboratuvar ve arazi deneylerinde yapılan araştırmalarından farkı geniş alanda uygulanabilir olmasıdır. Ayrıca sondaj açmaya ve numune almaya gerek olmadığından; deneyin yerinde yapılıyor olmasından dolayı yaygınlaşarak kullanılmaktadır.

Aşağıda Young modül grafiği gösterilmiştir. %0,001 deformasyon altındaki elastik davranış sergilediği görülmektedir.



Şekil 1.29. Deney yöntemleri ve ölçüm gerçekleştirilen deformasyon değerleri.

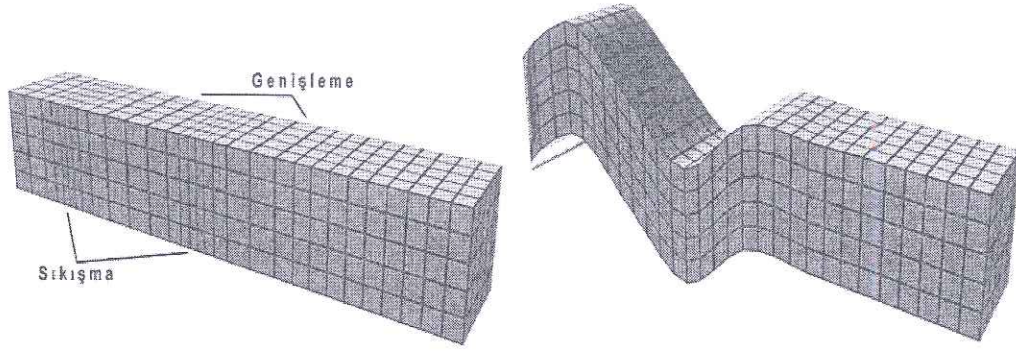
Analizlerde gerçek değerleri elde edebilmek için düşük deformasyon altındaki zeminin parametrelerine gereksinim vardır.

Jeofizik yöntemler iki çeşittir.

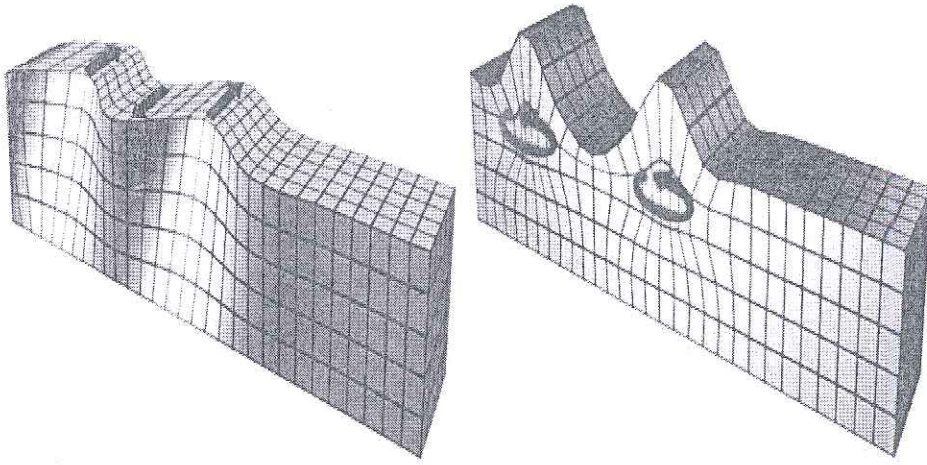
- Sismik Yöntem
- Elektriksel Direnç (Rezistivite) Yöntem

1.1.3.1. Sismik yöntem

Bu yöntemde basınç ve kayma dalgaları yöntemi kullanılmaktadır. Rayleigh ve Love dalgaları olarak da bilinirler. Bu dalgaların zeminde ilerleme hızı zeminin karakteristik özelliklerini belirlemektedir. Yatay dalgaya P-dalgası, düşey dalgaya ise S-dalgası denir.



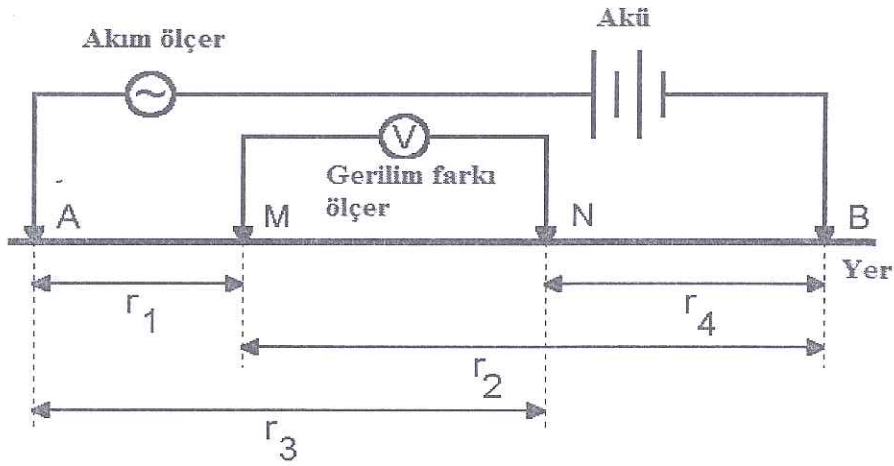
Şekil 1.30. P ve S dalgalarının ortamda yayılma biçimleri.



Şekil 1.31. Love ve Rayleigh dalgalarının ortamda yayılma biçimleri.

1.1.3.2. Elektriksel direnç (Rezistivite) yöntemi

Bu yöntemde zeminin elektriğe karşı koyduğu dirençten yola çıkarak zemin özellikleri belirlenir. Zemine verilen elektrotlar ile oluşturulan akımda meydana gelen dirençler kaydedilir.



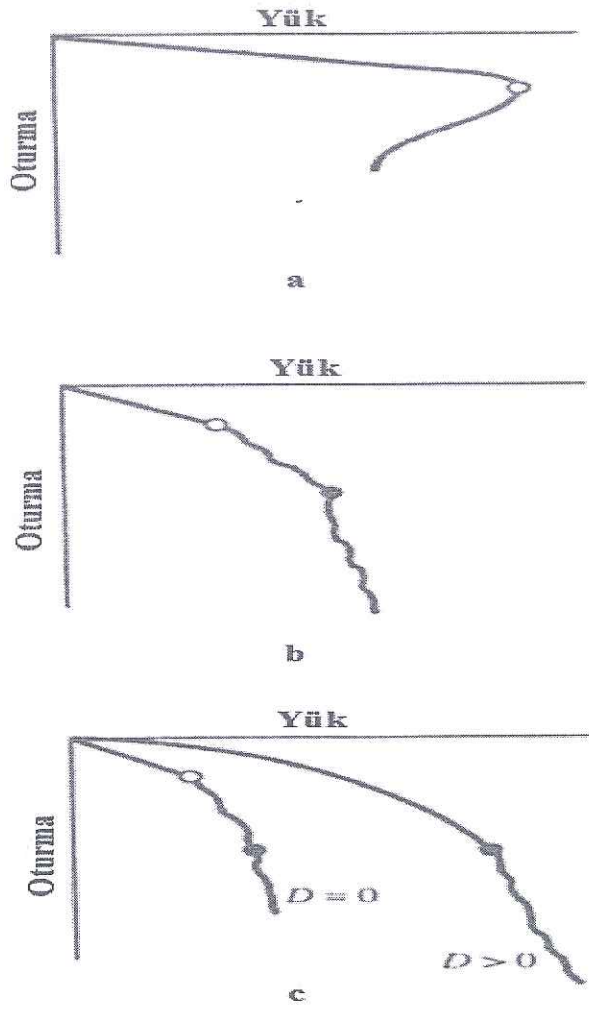
Şekil 1.32. Elektriksel direnç (Rezistivite) yöntemi şematik gösterimi.

1.2.Yüzeysel Temelerde Taşıma Gücü Hesap Yöntemleri

Taşıma gücü yapının göçme ve kaymaya karşı maksimum taban basıncı olarak bilinir. Taşıma gücü zeminin indeks ve mukavemet değerlerine bağlı olarak değişmektedir.

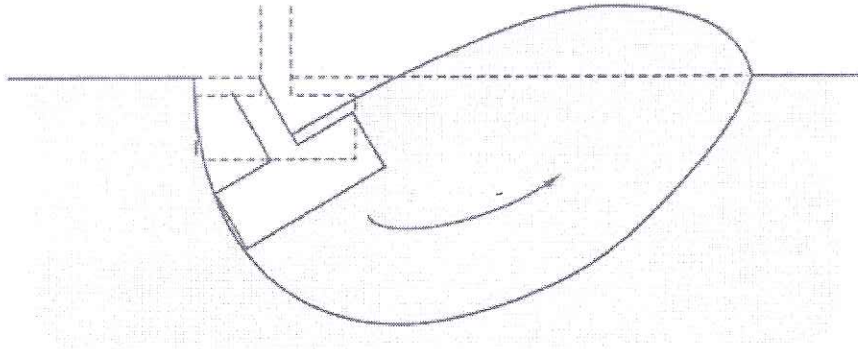
Yüzeysel temeller yükünü zemine yakın olan yani temel genişliğinin yaklaşık olarak gerilme soğanında belirtildiği gibi yarısı kadar derinliğe iletirler. Bu alana gerilme soğanı alanı denir. Burada basınç ve kayma gerilmeleri oluşur. Oluşan bu gerilmelerin büyüklüğü yapının ve zeminin özelliklerine göre değişir.

Taşıma gücünde karşılaşılan sorunlar; genel kesme kırılması, zımbalama ve yerel kayma olarak öne çıkmaktadır. Kesme kırılması daha çok sıkışmayan zeminde, sert kayalarda ve ani olarak yüklenen drenajsız killerde görünür. Zemin yüzeyinde kabarmalar oluşur. Bu da temelde dönmelere sebebiyet verir. Zımbalama kırılması ise zayıf zeminlerde meydana gelir. Burada hiç kabarma görülmez veya az görülür. Yerel kaymada ise temel genişliğinin yarısı kadar oturma oluşur. Ani göçme olmaz ve temel daima derine iner.

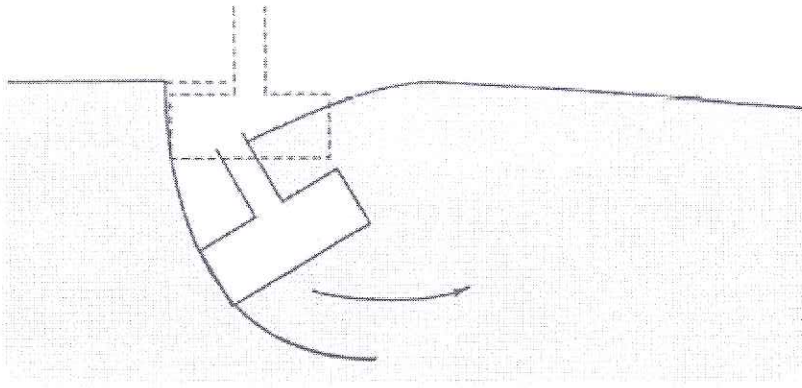


Şekil 1.33. Taşıma kapasitesi kırılma çeşitlerine göre yük-şekil değiştirme eğrileri:

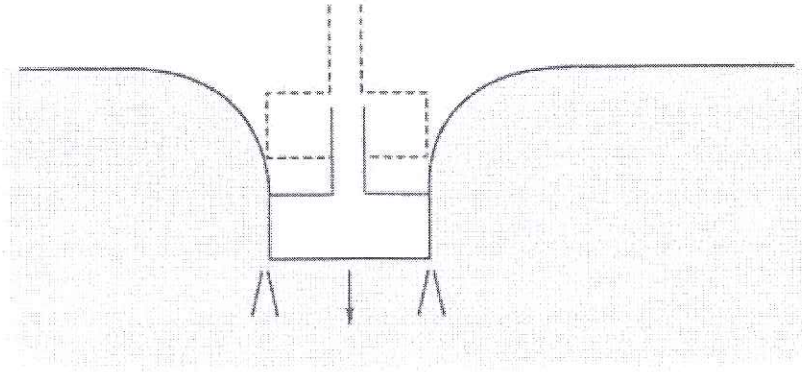
a) Genel. b) Yerel. c) Zımbalama. (Vesic, 1963).



a



b



c

Şekil 1.34. Taşıma kapasitesi kırılma çeşitleri: a) Genel. b) Yerel. c) Zımbalama. (Coduto, 2001).

1.2.1.Klasik taşıma gücü hesap yöntemleri

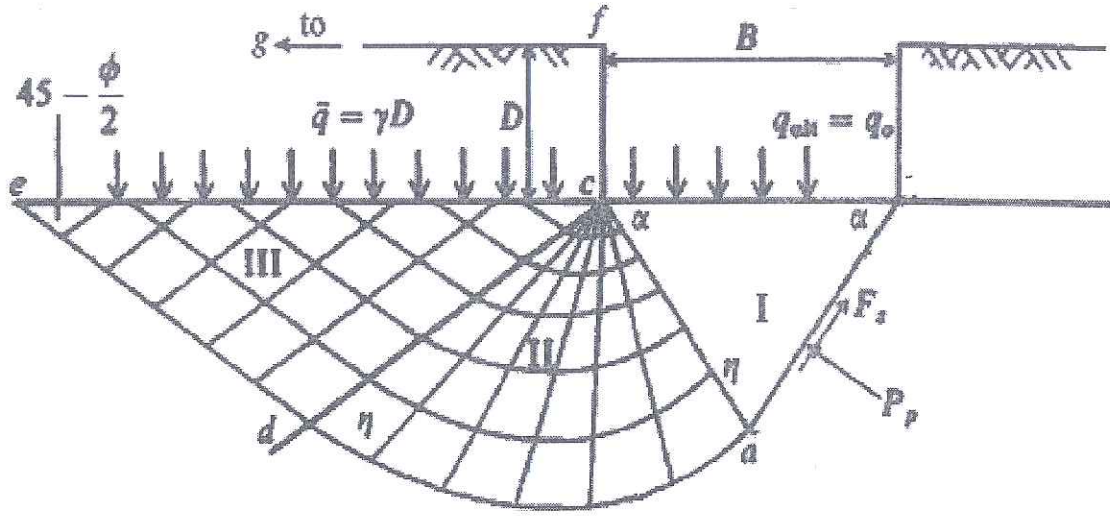
Taşıma gücü hesap yöntemi ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır ve günümüzde halen yapılmaktadır. Bu çalışmaların ilkinin 1857 yılında Rankine tarafından yapıldığıdır. Çalışmasında yatay gerilmeler ile pasif gerilmelerinin eşit olduğunu kabul ederek taşıma gücü denklemleri kurmuştur. Fakat bu formülde temel boyutunu göz ardı etmiştir. Bu yöntem bütün zeminlerde kullanılmaya elverişli değildir.

1920 yılında Prandtl elastisite kuramından bahsetmiştir. Taşıma gücü hesabı ile ilgili araştırma yapanlar, Rankine ve Prandtl kuramlarına ilave olarak çalışmalarını temellere göre geliştirilerek yürütmüşlerdir.

1.2.1.1. Terzaghi taşıma gücü hesap yöntemleri

Terzaghi yaptığı çalışmalar ile zemin mekaniğinin babası olarak kabul edilmektedir. 1943 yılında taşıma gücü ile geliştirdiği formüller günümüzde halen en çok kabul edilen formüllerdir.

Terzaghi, hesaplarında sürşarj etkisini hesaba koymuştur.



Şekil 1.35. Terzaghi taşıma kapasitesi sınır durum gösterimi (Bowles, 1996).

Terzaghi, taşıma gücü hesaplarında aşağıdaki kabulleri yapmıştır.

- Temel derinliği D , temel genişliği B ' den büyük olmamalıdır. ($D \leq B$)
- Temel ve zemin arasında kayma olmamalıdır.
- Zemin, homojendir.
- Yeraltı su seviyesi temelden uzak olmalıdır. Yani yeraltı su seviyesi ihmal ediliyor.
- Taşıma gücü sınır değerine ulaşıldığında, zeminde genel kesme kırılma kabul edilir.
- Zeminde oturma olmaması kabul edilir.
- Temel zeminden sağlam kabul edilir.

Terzaghi farklı temel şekilleri için katsayılar/faktörler geliştirmiştir. (Tablo 1.6.)

Tablo 1.6. Terzaghi temel geometri katsayıları.

Temel Geometrisi	s_c	s_γ
Şerit temel	1,0	1,0
Kare temel	1,3	0,8
Dairesel temel	1,3	0,6

Terzaghi taşıma gücü formülü, aşağıdaki şekilde verilmektedir. Bu formül, efektif gerilmeler için geliştirmiştir. Ancak toplam gerilme de kullanılır.

$$q_n = c' * N_c * S_c + \sigma'_z * N_q + 0,5 * \gamma' * B * N_\gamma * S_\gamma$$

Burada;

q_n : Zeminin nihai taşıma gücünü

c' : Temel altındaki zemin efektif kohezyonunu

σ'_z : Temel derinliğindeki efektif düşey gerilmesini

γ' : Zemin efektif birim hacim ağırlığını

B: Temel genişliğini

N_c , N_q ve N_γ : Terzaghi taşıma gücü faktörlerini

s_c ve s_γ : Temel geometri katsayılarını

olmak üzere,

Terzaghi taşıma gücünde bulunan katsayılar N_c , N_q ve N_γ , aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Tablo 1.7. Terzaghi N_c , N_q , N_γ ve K_{py} katsayıları (Bowles, 1996).

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1	0	26	27.09	14.21	9.84
1	6	1.1	0.01	27	29.24	15.9	11.6
2	6.3	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.7
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.1	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.2	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.6	2.21	0.35	34	52.64	36.5	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.8	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.5	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03

14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.6	5.45	2.18	43	134.58	126.5	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.6
19	16.57	6.7	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.8	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.87
23	21.75	10.23	6	49	298.71	344.63	831.99

1.2.1.2. Meyerhof taşıma gücü hesap yöntemleri

Meyerhof; Terzaghi gibi temel şeklinin yanına derinlik faktörünü eklemiştir. Ayrıca, sadece düşey yükü değil yatay yükleri içeren eğim faktörünü de göz önüne almıştır.

$$q_n = c * N_c * s_c * d_c + \sigma_z * N_q * s_q * d_q + 0,5 * \gamma * B * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma$$

$$q_n = c * N_c * i_c * d_c + \sigma_z * N_q * i_q * d_q + 0,5 * \gamma * B * N_\gamma * i_\gamma * d_\gamma$$

Burada, Terzaghi taşıma gücü formülüne ek olarak;

d_c , d_q ve d_γ : Derinlik faktörleri

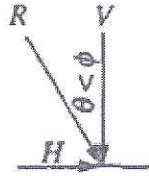
s_c , s_q ve s_γ : Temel şekil faktörleri

i_c , i_q ve i_γ : Yük eğim faktörleri

kullanılmıştır. Bu faktörlerin hesaplama şekilleri Tablo 1.8.'de verilmiştir.

Tablo 1.8. Meyerhof s_i , d_i , i_i faktörleri hesaplamaları (Bowles, 1996).

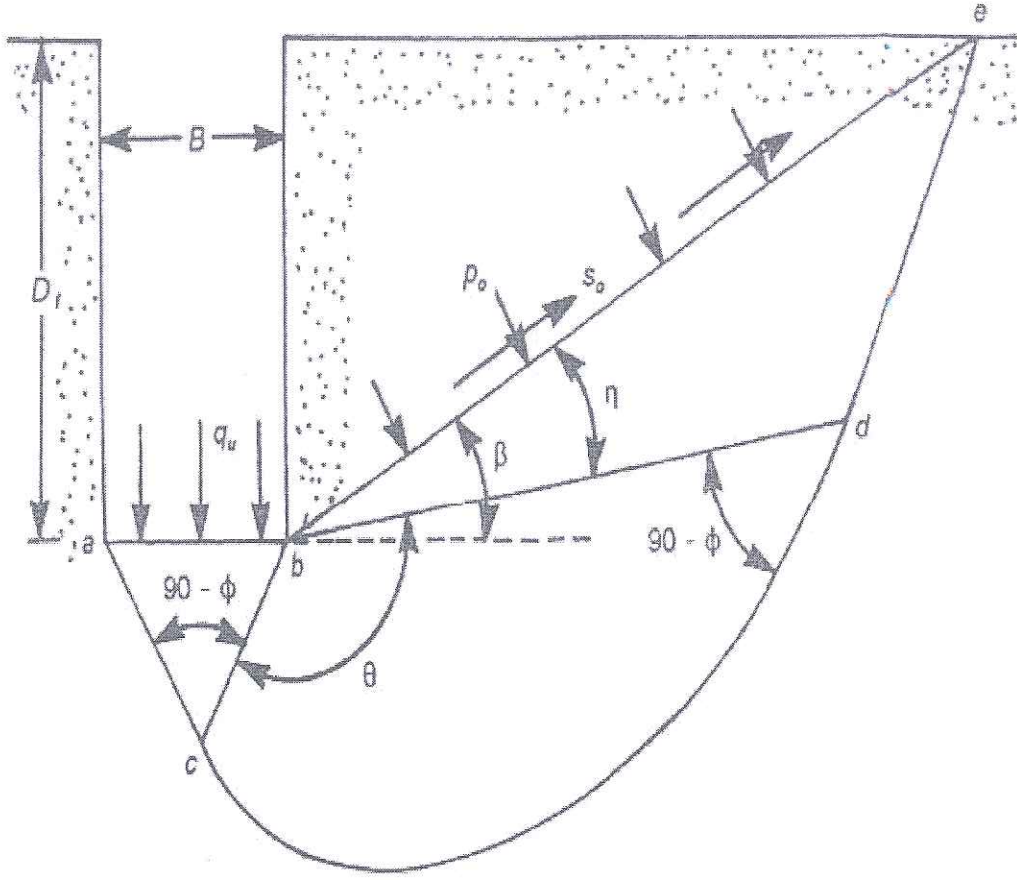
Faktörler	Formüller	
Şekil :	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L}$	tüm ϕ 'ler için
	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L}$	$\phi > 10^\circ$
	$s_q = s_\gamma = 1$	$\phi = 0$
Derinlik :	$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$	tüm ϕ 'ler için
	$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$	$\phi > 10$
	$d_q = d_\gamma = 1$	$\phi = 0$
Eğim :	$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	tüm ϕ 'ler için
	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$	$\phi > 0$
	$i_\gamma = 0 \quad \theta > 0$	$\phi = 0$



Pasif toprak K_p basıncı katsayısı,

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

Formüllüyle bulunur $\Theta=0$ ise faktörler 1 alınır.



Şekil 1.36. Meyerhof taşıma kapasitesi sınır durum şematik gösterimi (Das, 1999).

- Meyerhof zemini
- abc üçgeninde; elastik zon,
- bcd; radyal kayma zonu,
- bde; karışım kayma zonu

olmak üzere üç ana bölgeye ayırmıştır. Taşıma gücü katsayıları da buna bağlı olarak tekrar hesaplamıştır. (Tablo 1.9.)

Tablo 1.9.Meyerhof taşıma gücü değerleri

ϕ	Nc	Nq	N γ	ϕ	Nc	Nq	N γ
0	5.14	1	0	26	22.25	11.85	8
1	5.38	1.09	0.002	27	23.94	13.2	9.46
2	5.63	1.2	0.01	28	25.8	14.72	11.19
3	5.9	1.31	0.02	29	27.86	16.44	13.24
4	6.19	1.43	0.04	30	30.14	18.4	15.67
5	6.49	1.57	0.07	31	32.67	20.63	18.56
6	6.81	1.72	0.11	32	35.49	23.18	22.02
7	7.16	1.88	0.15	33	38.64	26.09	26.17
8	7.53	2.06	0.21	34	42.16	29.44	31.15
9	7.92	2.25	0.28	35	46.12	33.3	37.15
10	8.35	2.47	0.37	36	50.59	37.75	44.43
11	8.8	2.71	0.47	37	55.63	42.92	53.27
12	9.28	2.97	0.6	38	61.35	48.93	64.07
13	9.81	3.26	0.74	39	67.87	55.96	77.33
14	10.37	3.59	0.92	40	75.31	64.2	93.69
15	10.98	3.94	1.13	41	83.86	73.9	113.99
16	11.63	4.34	1.38	42	93.71	85.38	139.32
17	12.34	4.77	1.66	43	105.11	99.02	171.14
18	13.1	5.26	2	44	118.37	115.31	211.41
19	13.93	5.8	2.4	45	133.88	134.88	262.74
20	14.83	6.4	2.87	46	152.1	158.51	328.73
21	15.82	7.07	3.42	47	173.64	187.21	414.32
22	16.88	7.82	4.07	48	199.26	222.31	526.44
23	18.05	8.66	4.82	49	229.93	265.51	674.91
24	19.32	9.6	5.72	50	266.89	319.07	873.84
25	20.72	10.66	6.77				

1.2.1.3. Hansen taşıma gücü hesap yöntemleri

1970 yılında Hansen Meyerhof 'tan farklı olarak yük-zemin eğim faktörünü ve temel sapma faktörlerini göz önüne alarak çalışmalar yapmıştır.

$$q_n = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + \sigma_z N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0,5\gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

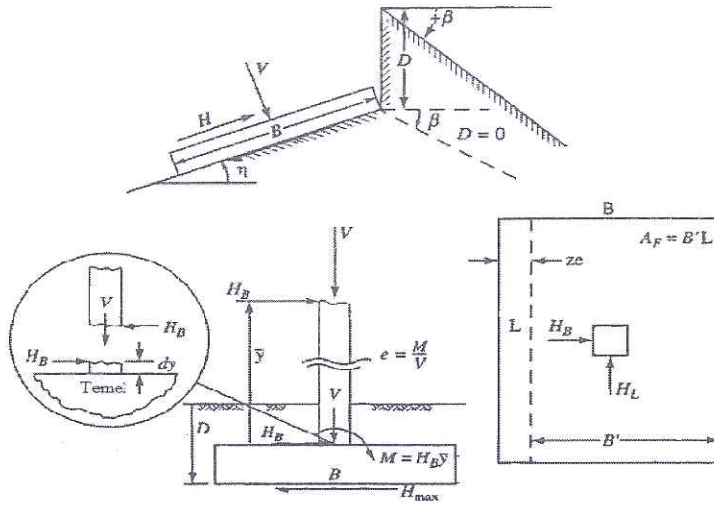
Burada taşıma gücü katsayıları N_c ve N_q, Meyerhof formülünde olduğu gibidir. Farklı olarak, N_γ şöyle bulunur.

$$N_\gamma = 1,5 * (N_q - 1) * \tan\phi$$

b_c, b_q, b_γ temel sapma faktörleri,

g_c, g_q, g_γ zemin eğim faktörleri ve

i_c, i_q, i_γ yük eğim faktörlerinin hesaplanma yöntemleri Şekil 1.37.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.37. Hansen taşıma kapasitesi hesabı şematik gösterimi (Bowles, 1996).

Tablo 1.10. Hansen b_i , g_i , i_j katsayıları hesap formülleri (Bowles, 1996).

Yük eğim faktörleri	Zemin eğim faktörleri
$i'_c = 0.5 - \sqrt{1 - \frac{H_i}{A_f C_a}}$	$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$g_c = 1.0 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_q = \left[1 - \frac{0.5 H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_1}$ $2 \leq \alpha_1 \leq 5$	$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^\beta$
	Temel sapma faktörleri
$i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7 H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_2}$	$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi = 0)$
$i_\gamma = \left[1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ/450^\circ) H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_2}$ $2 \leq \alpha_2 \leq 5$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi > 0)$
	$b_q = \exp(-2\eta \tan \phi)$
	$b_\gamma = \exp(-2.7\eta \tan \phi)$
	$\eta \text{ radyan}$

Burada;

i_c' , i_γ' : $\phi=0$ yük eğim faktörleri

g_c' : $\phi=0$ zemin eğim faktörü

b_c' : $\phi=0$ temel sapma faktörü

H_i : yanal yük

V : düşey yük

A_f : Temel efektif alanı

c_a : Taban adezyonu ($0,6c \leq c_a \leq 1,0c$)

η : Tabanın yatayla yaptığı açı

β : Temel yüzüne bitişik zeminin yatayla yaptığı açı değerlerini temsil etmektedirler.

Hansen formülünde, temel efektif alanı (A_f) vardır. Bu alan temelde oluşacak ekstrantisite hesabında kullanılmaktadır. Buna göre, temel efektif boyutları olan B' ve L' ile efektif alan A' değerleri;

$$L' = L - 2e_x$$

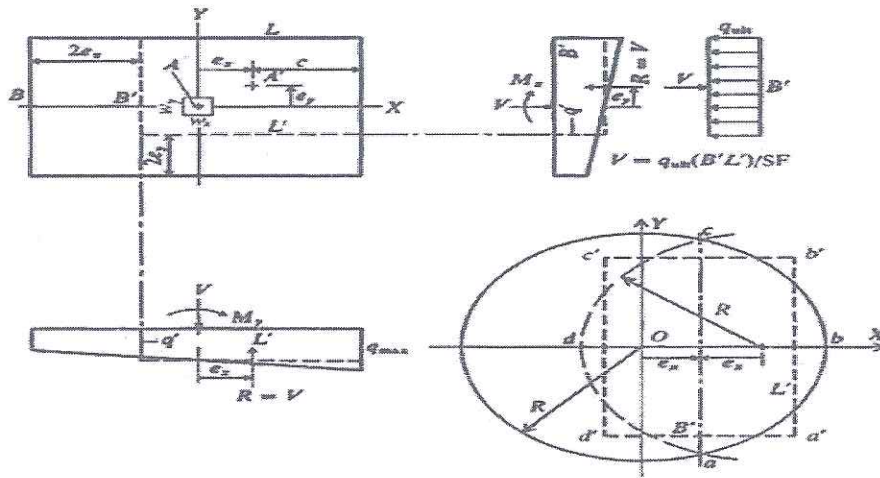
$$B' = B - 2e_y$$

$$A' = B' * L'$$

ile bulunmaktadır. e_x ve e_y , düşeydeki eksantrisiteyi ifade etmektedir. Eksantrisite aşağıdaki bağıntılarla elde edilmektedir.

$$e_x = \frac{M_x}{V}$$

$$e_y = \frac{M_y}{V}$$



Şekil 1.38. Dikdörtgen ve dairesel temeller üzerindeki eksantrisite etkisinin şematik gösterimi (Bowles, 1996).

Tablo 1.11. Hansen s_i , d_i katsayıları hesap formülleri (Bowles, 1996).

Şekil faktörleri	Derinlik Faktörleri
$s'_c = 0.2 \frac{B'}{L'}$ ($\phi = 0^\circ$) $s_c = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$ $s_c = 1.0$ şerit temeller için	$d'_c = 0.4k$ ($\phi = 0^\circ$) $d_c = 1.0 + 0.4k$ $k = D/B$; $D/B \leq 1$ $k = \tan^{-1}(D/B)$; $D/B > 1$ k radyan
$s_q = 1.0 + \frac{B'}{L'} \sin \phi$ tüm ϕ değerleri için aynıdır.	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$
$s_\gamma = 1.0 - 0.4 \frac{B'}{L'} \geq 0.6$	$d_\gamma = 1.00$ tüm ϕ değerleri için aynıdır.

Tablo 1.12. N_γ taşıma gücü faktörünün değişimi

Φ	N_c	N_q	$N_{\gamma(H)}$	$N_{\gamma(V)}$
0	0	0	0	0
1	0.01	0.002	0.07	0
2	0.04	0.01	0.15	0.01
3	0.06	0.02	0.24	0.02
4	0.1	0.04	0.34	0.05
5	0.14	0.07	0.45	0.07
6	0.2	0.11	0.57	0.11
7	0.27	0.15	0.71	0.16
8	0.35	0.21	0.86	0.22
9	0.44	0.28	1.03	0.3
10	0.56	0.37	1.22	0.39
11	0.69	0.47	1.44	0.5
12	0.85	0.6	1.69	0.63
13	1.04	0.74	1.97	0.78
14	1.26	0.92	2.29	0.97
15	1.52	1.13	2.65	1.18

1.2.1.4. Vesic taşıma gücü hesap yöntemleri

Vesic' in taşıma gücü hesabı Hansen' e paraleldir. Aralarındaki fark N_γ faktörüdür. N_γ şöyle hesaplanmaktadır;

$$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \tan\phi$$

Vesic, Hansen' den farklı olarak eksantrisiteyi dikkate almamıştır.

Tablo 1.13. Vesic b_i , g_i , i_i katsayıları hesap formülleri (Bowles, 1996).

Yük eğim faktörleri	Zemin eğim faktörleri
$i'_c = 1 - \frac{mH_i}{A_f c_a N_c} \quad (\phi = 0)$	$g'_c = \frac{\beta}{5.14} \quad \beta \text{ radyan}$
$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \quad (\phi > 0)$	$g_c = i_q - \frac{1 - i_q}{5.14 \tan \phi} \quad \phi > 0$
i_q, m aşağıda tanımlanmıştır.	
$i_q = \left[1.0 - \frac{H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^m$	$g_q = g_\gamma = (1.0 - \tan \beta)^2$
Temel sapma faktörleri	
$i_\gamma = \left[1.0 - \frac{H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{m+1}$	$b'_c = g'_c \quad (\phi = 0)$
$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$	$b_c = 1 - \frac{2\beta}{5.14 \tan \phi}$
$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B}$	$b_q = b_\gamma = (1.0 - \eta \tan \phi)^2$

Tablo 1.14. Hansen ve Vesic N_c , N_q , N_γ taşıma gücü katsayıları (Bowles, 1996).

Φ	N_c	N_q	$N_\gamma(H)$	$N_\gamma(V)$
0	5.14	1.0	0.0	0.0
5	6.49	1.6	0.1	0.4
10	8.34	2.5	0.4	1.2
15	10.97	3.9	1.2	2.6
20	14.83	6.4	2.9	5.4
25	20.71	10.7	6.8	10.9
26	22.25	11.8	7.9	12.5
28	25.79	14.7	10.9	16.7
30	30.13	18.4	15.1	22.4
32	35.47	23.2	20.8	30.2
34	42.14	29.4	28.7	41.0
36	50.55	37.7	40.0	56.2
38	61.31	48.9	56.1	77.9
40	75.25	64.1	79.4	109.3
45	133.73	134.7	200.5	271.3
50	266.50	318.5	567.4	761.3

1.2.2. Arazi deneyleri ile taşıma gücü hesap yöntemleri

Arazi deneyleri, kısa süreli, ekonomik olmaları ve zeminden numune alınmadan arazide yerinde zemin parametrelerin belirlenmesinde oldukça elverişli bir yöntemdir. Zeminin numune alınımının zor olduğu yerlerde arazi deney yöntemleri kullanılır.

Arazi deneyleri kullanımı ile temelin taşıma gücünün belirlenebilmesi için çeşitli hesap yöntemleri geliştirilmiştir.

1.2.2.1. SPT ile taşıma gücü hesap yöntemleri

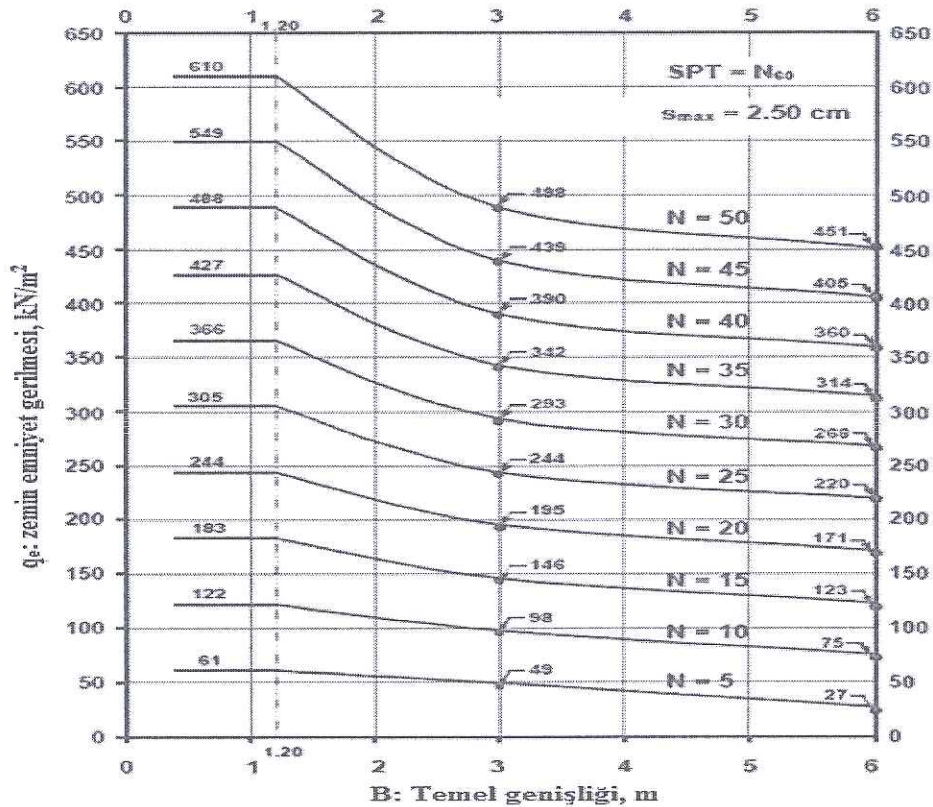
1.2.2.1.1. Terzaghi ve Peck yöntemi

1967 yılında Terzaghi ve Peck, deneysel çalışmalar yaparak temelde meydana gelen oturmalara karşı güvenli bir taşıma gücü hesap yöntemleri geliştirmiştir. Bu yöntemde oturmaların 2,5 cm' yi geçmediği durumlar için geliştirilmiştir.

q_e : Emniyetli taşıma gücü (kN/m²)

B: Temel genişlik (m) olmak üzere ve SPT-N değerleri arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir.

Terzaghi ve Peck' nin emniyetli/güvenli taşıma gücü hesap yöntemi yapılan ilk çalışmalar olması ve analizlerin deneysel gözleme dayalı çalışmalar olması nedeniyle, oldukça güvenli kaldığını söyleyebiliriz (McCarthy, 2007).



Şekil 1.39. Terzaghi ve Peck emniyetli taşıma gücü q_e 'nin B ve SPT-N ile değişimi (Bowles, 1996).

1.2.2.1.2. Meyerhof yöntemi

1974 yılında Meyerhof' nun tekil temeller için, SPT-N değerlerine bağlı emniyetli taşıma gücü hesapları geliştirmiştir. Meyerhof' ta, Terzaghi ve Peck' in yaptığı çalışmalara benzer bir şekilde temelde oluşabilecek oturmaya 2,5 cm ile sınırlı tutmuştur. Meyerhof yaptığı çalışmalarda ayrıca SPT' nin enerji seviyesi olan ER' yi, yaklaşık %55 olduğunu varsayarak gerçekleştirmiştir (Bowles, 1996). Meyerhof' un emniyetli/güvenli taşıma gücü hesap formülleri aşağıda gösterilmiştir.

$$q_e = 12 * N * K_d \quad B < 1,2m$$

$$q_e = 8 * N * ((B + 0,305)/B)^2 * K_d \quad B > 1,2m$$

$$K_d = 1 + 0,33 * D/B \leq 1,33$$

Burada,

q_e : Emniyetli taşıma gücü,

N: SPT darbe sayısı,

D: Temel derinlik,

B: Temel genişlik olarak tanımlanmıştır.

Ayrıca, Meyerhof geniş olan radye temeller için oturma miktarlarını dikkate alarak, aşağıdaki taşıma gücü formülünü kullanılmıştır.

$$q_e = 12,5 * N * K_d$$

1.2.2.1.3. Bowles yöntemi

1996 yılında Bowles, Terzaghi- Peck' e ve Meyerhof' a benzer deneyler kullanarak daha yüksek taşıma gücü hesaplarını bulmuştur. SPT-N sayılarına göre temel taşıma güç hesapları çok emniyetli tarafta kalmıştır. Aynı şekilde Bowles' ta çalışmalarında temel oturmalarının 2,5 cm' i geçmediğini kabul etmiştir.

$$q_e = N/F_1 * K_d \quad B < F_4$$

$$q_e = (N/F_2) * ((B + F_3)/B)^2 * K_d \quad B > F_4$$

Bowles, Meyerhof gibi SPT enerji seviyesi ER, %55 değeri için F₁, F₂, F₃ ve F₄ katsayılarını vermiştir. Buna ek, günümüzdeki deneyler daha da yüksek enerji seviyeli gerçekleştirildiğinden, %70 ER için de F₁, F₂, F₃ ve F₄ katsayıları verilmiştir.

K_d katsayısı, Meyerhof formülüne benzer şekilde hesaplanmaktadır. F₁, F₂, F₃ ve F₄ katsayıları ise aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 1.15. Bowles F₁, F₂, F₃ ve F₄ taşıma gücü katsayıları (Bowles, 1996)

	N ₅₅	N ₇₀
F ₁	0.05	0.04
F ₂	0.08	0.06
F ₃	0.3	0.3
F ₄	1.2	1.2

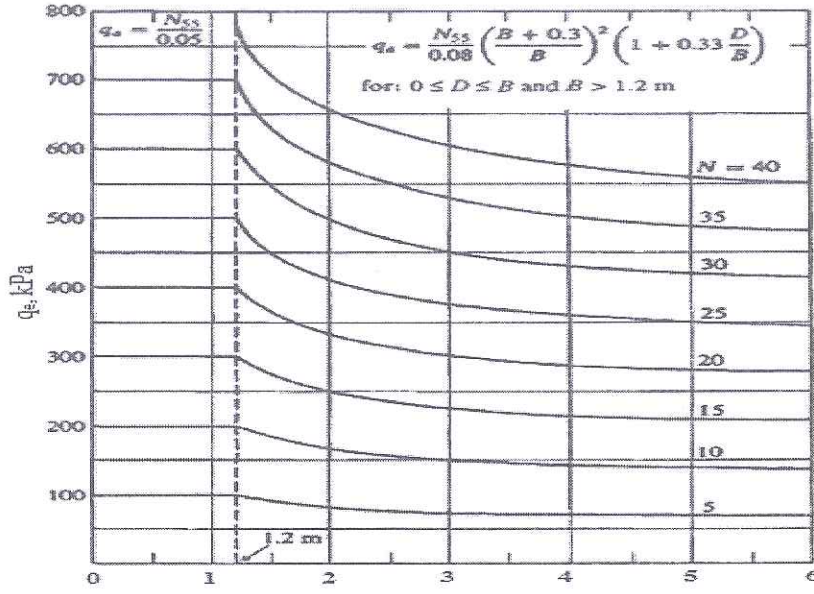
Ayrıca Bowles, daha büyük oturmalar için güvenli taşıma gücü aşağıdaki formül ile hesaplanabileceğini belirtmiştir.

q'_e: 2,5 cm'den büyük oturma için taşıma gücü

ΔH₁: Gerçek oturma değeri

ΔH₀: 2,5 cm oturma değeri

$$q'_e = \frac{\Delta H_1}{\Delta H_0} * q_e$$



Şekil 1.40. Bowles emniyetli taşıma gücü q_e 'nin B ve SPT-N ile değişimi (Bowles, 1996).

1.2.2.1.4. Parry yöntemi

1977 yılında Parry, formülü aşağıda verilmiştir.

$$q_e = 30 * N_{55}$$

N_{55} sayısı, temelden $75B'$ e kadar derinlikteki deneylerde sonuçların ortalaması alınmıştır.

1.2.2.2. CPT ile taşıma gücü hesap yöntemleri

1.2.2.2.1. Schmertmann yöntemi

1978 yılında Schmertmann, kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminler için çeşitli temelerde nihai taşıma gücü formülleri ortaya koymuştur.

Kohezyonsuz zeminler için;

$$q_n = 28 - 0,0052 * (300 - q_c)^{1,5} \quad \text{Şerit temel için}$$

$$q_n = 48 - 0,009 * (300 - q_c)^{1,5} \quad \text{Kare temel için}$$

Kohezyonlu zeminler için;

$$q_n = 2 + 0,28q_c \quad \text{Şerit temel için}$$

$$q_n = 5 + 0,34q_c \quad \text{Kare temel için}$$

Bağıntılarıyla nihai taşıma gücü hesaplanır. Burada,

q_c : konik uç direncidir.

1.2.2.2. Meyerhof yöntemi

1956 yılında Meyerhof, yapmış olduğu CPT sonuçlarına göre nihai taşıma gücü hesap çalışmalarını yürütmüştür ve buna göre aşağıda verilen ampirik bağıntıyı geliştirmiştir.

$$q_n = q_c * \frac{B}{C} * \left(1 + \frac{D}{B}\right)$$

Buna göre, temelden B kadar mesafede ölçülen değerlerin ortalaması olarak hesaplamıştır.

Burada,

C: Ampirik bir sabittir. (12,2 değeri esas alınmıştır.)

q_c : Konik penetrasyon uç direncidir.

Meyerhof emniyetli güvenlik katsayısını 3 kabul etmiştir. (Lunne ve Diğ., 1997)

1.2.2.3. Tand ve diğ. yöntemi

1995 yılında Tand ve diğ. tarafından kumlara uyguladığı CPT deney sonuçlarını baz alarak tamamen gözlemsel deneylere ve analizlere göre nihai taşıma gücü formülünü geliştirmiştir.

$$q_n = R_k * q_c + \sigma_{v0}$$

Burada,

R_k : Temel derinliktir ve şekil özelliklerine göre sabit bir katsayıdır.

σ_{v0} : Temel seviyesinde oluşan gerilmelerdir. (Lunne ve diğ., 1997).

1.2.2.3. Plaka yükleme deneyi ile taşıma gücü hesap yöntemleri

1.2.2.3.1. Klasik yöntem

1994 yılında ASTM-D1195' te standartlaştırılan plaka deneyleri uygulama şekli hakkında geniş bilgi verilmişti. Klasik yöntem ile elde edilen nihai taşıma güçleri tüm zeminler için doğrudan elde edilebilir. Çünkü burada kullanılan çelik plakalar, gerçek temel boyutlarıdır ve uygulanan yükte, yapının yüküne eşittir. Ancak kohezyonsuz zeminlerde ise uygulanamamasının nedeni deney düzeneklerinin sınırlı kapasitede olmasıdır.

Taşıma gücü, temel boyutlardan bağımsız olan kohezyonlu zeminlerde (killer) plaka deneyinde elde edilen en büyük yükleme miktarı ile aynıdır. Bu durumda taşıma gücü;

$$q_n = q_{nplaka}$$

bağıntısı ile bulunur.

Kohezyonsuz zeminlerde ise taşıma gücü;

$$q_n = M + \frac{N_y B_{temel}}{B_{plaka}}$$

Burada, Taşıma gücü hesaplarında N_c ve N_q terimleri ile hesap edilen kısmı M olarak tanımlanmış ve pratikte de kohezyonsuz zeminlerde sıfır olduğundan N_q derinlik faktörü ihmal edilir. Bu durumda, nihai taşıma gücü;

$$q_n = \frac{q_{nplaka} B_{temel}}{B_{plaka}}$$

ile hesaplanır.

1.2.2.3.2. Housel yöntemi

1929 yılında Housel tarafından iki ve daha fazla deney yaparak emniyetli/güvenli bir taşıma gücü hesabı geliştirmiştir. Buna göre;

$$P_s = A * q_1 + p * q_2$$

Burada,

q_1 : Plaka içinde oluşan taşıma basıncını

q_2 : Plaka kenarında oluşan kayma gerilmesini

P_s : Uygulanan deney yükünü temsil etmektedir.

A: Plaka alanını

q : Plaka çevresini temsil etmektedir.

q_1 ve q_2 , deney sonucunda yükleme miktarı ve temel boyutlar kullanarak hesaplanmaktadır. Böylece, temelin taşıyabileceği gerilme bulunur.

1.2.2.3. Presiyometre deneyi ile taşıma gücü hesap yöntemleri

Presiyometre deneyi ile taşıma güç hesabı aşağıdaki formülde gösterildiği şekilde bulunmaktadır.

$$q_n = \sigma_z + K_{bc} * (P_{max} - \sigma_h)$$

Burada,

q_n : Zeminin nihai taşıma gücü,

σ_z : Temel seviyesinde düşey gerilme,

σ_h : Temel seviyesinde yatay gerilme,

K_{bc} : Temel şekli ve derinlikleri dikkate alınarak belirlenen katsayı,

P_{max} : Prob sınır basıncını

temsil etmektedir. Farklı zemin türleri için K_{bc} değerleri aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 1.16. Farklı zeminler için K_{bc} değerleri

Şerit temel için, K_{bc} değerleri									
Zemin Tipi	Kum			Silt			Kil		
D/B	0	2	4	0	2	4	0	2	4
P_{maks}									
500	0,8	1,5	1,8	0,8	1,4	1,6	0,8	1,3	1,5
1000	0,8	1,7	2,2	0,8	1,5	1,8	0,8	1,4	1,7
3000	0,8	2,0	2,6	0,8	1,7	2,0	0,8	1,5	1,8
6000	0,8	2,3	3,0						
Kare ve Yuvarlak temel için, k_{bc} değerleri									
500	0,8	2,2	3,0	0,8	2,1	2,5	0,8	1,9	
1000	0,8	3,0	4,0	0,8	2,3	2,8	0,8	2,2	2,5
3000	0,8	3,7	4,8	0,8	2,5	3,1	0,8	2,4	2,9
6000		0,8	3,9	5,4					

1.2.3. Jeofizik yöntemler ile taşıma gücü hesap yöntemleri

Bu yöntemler günümüzde kullanımı hızla artmaktadır. Arazi ve laboratuvar deneylerine göre yapım süresi kısa ve ekonomiktir. İlgili taşıma gücü formülleri üzerinde araştırmalar yapılmıştır.

1.2.3.1. Imai ve Yoshimura taşıma gücü hesabı

1976' da Imai ve Yoshimura yapmış oldukları araştırmalar sonucunda basınç-kayma dalgası arasındaki ilişkiyi şöyle ifade etmişlerdir.

$$V_s = 138,3 * q_n^{0,417}$$

$$q_n = 10 * V_p^3$$

dalga hızı km/s cinsindedir.

1.2.3.2. Keçeli taşıma gücü hesabı

Keçeli zemini elastik olarak kabul ederek nihai taşıma gücünü aşağıdaki bağıntı ile ifade etmektedir.

$$q_n = \frac{T * V_p * \gamma}{40}$$

T: Zemin hâkim titreşim periyodunu

V_p: Basınç dalga hızını

γ: Zemin birim hacim ağırlığını göstermektedir.

Tablo 1.17. T=0,4s için taşıma gücü (Keçeli,1990).

Zemin Cinsi	V _P	V _S	Yoğunluk	q _n (kg/cm ²)
Gabro	4500-6450	2250-3420	2.7-3.5	123.5-225.8
Bazalt	4500-6400	2250-3200	2.7-3.3	121.5-211.2
Diyorit	4500-5760	2250-3060	2.72-2.99	122.4-172.2
Granit	3300-5640	1750-2870	2.5-2.81	82.5-158.4
Şist	3200-5200	1454-2363	2.4-2.9	76.8-150.8
Kireçtaşı	1200-5970	600-2880	1.74-2.9	20.8-173.1
Çamurtaşı	600-1900	300-700	1.6-2.4	9.6-45.6
Sel çakılı	900-2200	250-600	1.8-2.2	16.2-48.4
Çakıl, kuru kum	500-1000	200-300	1.4-2.3	7-23
Gevşek kum	600-1800	150-500	1.3-1.8	7.8-32.4
Alüvyon çakılı	400-1900	100-430	1.5-2.4	6-45.6
Sel kili	500-1800	100-350	1.3-1.8	6.5-32.4
Balçık zemin	100-600	50-200	1.2-1.8	1.2-10.8
Alüvyon kili	300-600	70-130	1.4-2	4.2-12

Tablo 1.18. T=0,3s için taşıma gücü (Keçeli,1990).

Zemin Cinsi	V _P	V _S	Yoğunluk	q _n (kg/cm ²)
Gabro	4500-6450	2250-3420	2.7-3.5	101-188.5
Bazalt	4500-6400	2250-3200	2.7-3.3	101-176
Diyorit	4500-5760	2250-3060	2.72-2.99	101-134.6
Granit	3300-5640	1750-2870	2.5-2.81	70-132
Şist	3200-5200	1454-2363	2.4-2.9	64-126
Kireçtaşı	1200-5970	600-2880	1.74-2.9	17-145
Çamurtaşı	600-1900	300-700	1.6-2.4	8-38
Sel çakılı	900-2200	250-600	1.8-2.2	13-40
Çakıl, kuru kum	500-1000	200-300	1.4-2.3	6-19
Gevşek kum	600-1800	150-500	1.3-1.8	6.5-27
Alüvyon çakılı	400-1900	100-430	1.5-2.4	5-38
Sel kili	500-1800	100-350	1.3-1.8	5-15
Balçık zemin	100-600	50-200	1.2-1.8	35-10
Alüvyon kili	300-600	70-130	1.4-2	1-9

Keçeli sürşarj etkisinin de göz önüne alınmasını vurgulamıştır. Ayrıca yer altı su seviyesi faktörüne de vurgu yapmıştır.

1.2.3.3. Tezcan ve dig. taşıma gücü hesabı

Bu çalışmada; yapılan deneylerde kayma dalgası hızı kullanılarak bir formül elde edilmiştir.

$$q_n = 0,1 * \gamma * V_S$$

Tezcan temel genişliği 0-12 aralığında β azaltma katsayısı önermiştir.

$$q_n = 0,1 * \gamma * V_S * \beta$$

β 'nin değer aralığı:

Tablo 1.19. β azaltma katsayısı-B temel genişliği ilişkisi.

β	Değişken Temel Boyutları
1,00	$0 \leq B \leq 1,20$ m
$1,13 - 0,11B$	$1,20$ m $< B \leq 3,00$ m
$0,83 - 0,01B$	$3,00$ m $< B \leq 12,00$ m

Tezcan'a göre suyun doğunluk derecesi nihai taşıma gücünü etkilememektedir.

1.2.3.4. Türker taşıma gücü hesabı

1998 yılında Türker nihai taşıma gücü alışmaları, Keçeli formüllerine paraleldir. Fakat daha sonralarda Türker (2004), zemin hâkim titreşim periyodu T 'yi, 0,33 saniye kabul yaparak;

$$q_n = \frac{T * Vp * \gamma}{40} + D * \gamma$$

bağıntısını elde etmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

ZEMİN ETÜDÜ RAPORU HAZIRLANMASI

2. ZEMİN ETÜDÜ RAPORU NASIL HAZIRLANMALIDIR?

Ülkemizde yaşanan 1999 depreminden sonra, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde zemin etüdü raporu hazırlamak zorunlu hale getirilmiştir. 1999 depremi zemin taşıma gücü değeri hakkında doğru çalışmalar yapılmadığını ortaya koymuştur. Bu depremin ardından zemin taşıma gücü hesabının eksik veya yetersiz yapıldığı görülmüştür.

Arazide en çok kullanılan standart penetrasyon deneyinde bahsedilen gerekli düzeltme faktörleri mutlaka uygulanmalıdır. Nihai kapasiteyi belirlerken güvenlik katsayısı ihmal edilmemelidir. Laboratuvar deney sonuçlarının doğru olabilmesi için tasarımın yapılacağı zeminin gerekli bölgelerinde ve örselenmemiş numunelerin alınması gerekmektedir. Bundan dolayı UD ile örselenmemiş numune alma konusunda ciddi davranılmalıdır.

Kullanılan deney düzenek ve ekipmanların standarda uygun olması gerekmektedir. Aksi takdirde deney sonuçlarında hata olur. Gerekli ekipman ve düzeneğin temininde maliyetten kaçınılmaması gerekir. Zemin etüdü fiyatı belirlenirken bu hususlar dikkate alınarak düzenleme yapılmalıdır.

Yapılaşmaya ait önemli çalışmalardan biri de zemin etüdü raporlarıdır. Bu tür çalışmalar, proje tasarımına ait zemin ile ilgili temel mühendislik parametrelerini içermesi ve zemin indeks özelliklerinin belirlenmesi bakımından yapılması önemli ve zorunludur. Bir zemin etüdü çalışması arazi incelemeleri ve arazi deneyleri, laboratuvar deneyleri ve büro çalışmalarından meydana gelmektedir. Bu çalışmalardan elde edilen parametreler ile temel ön tasarımı yapılmaktadır.

Zaman zaman zemin etüdü raporlarında birçok hatalar yapılmaktadır. Hatalı deneyler, araziye iyice incelemeden rapor hazırlamak sağlıklı değildir.

2.1. Materyal ve Yöntem

Zemin etüdünü inceleyecek herhangi bir kuruma yetki verilmemiştir. Bu yüzden yapılan çalışmaların teknik yeterlilikleri ve geçerlilikleri ancak etüt raporu ile doğrudan muhatap olan inşaat proje firmaları ve proje üst tasarım mühendisleri tarafından araştırılmalıdır. Bu takibin yapılabilmesi içinde gerekli teknik bilgi ve deneyimi ve materyale sahip olmak gerekir.

2.2. Zemin Etütlerinin Amacı ve Kapsamı

Zemin etüdü, zemin özelliklerinin belirlenmesi ve temel hesabında kullanılan verilerin analizi için yapılan, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları ile yapılan çalışmalardır. Bu çalışmalar ile zemin indeks özellikleri ve tasarım parametrelerinin bulunması amaçlanmaktadır. Zemin etüdü çalışmaları ile beraber zemine ait kalınlık, fiziksel özellikler, oturma, sıvılaşma, deprem bölgesi durumu, zemin türü ve cinsi, yeraltı suyu durumu, mekanik özellikler ve sismik parametreler belirlenir. Zemin etüdü çalışmasıyla beraber proje yapım ve bitiminde karşılaşılabileceğimiz sorunlara başlamadan önce önlem alınması hedeflenir.

2.3. Zemin Etütlerinde Kalite Problemini Meydana Getiren Nedenler

Zemin etüdünde yapılan hata ve eksikliklerin birçok faktörü vardır. Aslında zemin çok yönlü bir yapıya sahiptir. Birçok yönden ele alınması gerekmektedir. Aksi halde problemi yanlış çözümlenmesine sebep olabilmektedir. Bundan dolayı etüdü hazırlayan kişilerin bilgi eksikliği, etik ve ahlaki kurallara uymaması, güvencibilirliği sorgular hale getirmiştir. Kalite sorununu meydana getiren nedenlerinden bazıları da gerilme soğanı dışında kalan veya yapıyı ilgilendiren bölgelerde çalışma yapılmamasıdır. Bu çalışmaları yapmak için teknik bilgiye; yani üst yapı proje bilgisine sahip olmak gerekmektedir. Araştırmacılar tarafından tavsiye edilen uygun deney yöntemleri zeminlere uygulanmalıdır. Zemin etüdü sondajları arazi çukuru açılması yeterli sayıda ve derinlikte olması, aynı zamanda yapı temelini bulunacağı alan dışında yapılması gerekmektedir. Yapılan araştırmalarda bulunan değerlere gerekli hassasiyet gösterilmelidir. Zemin etüdü raporunun hazırlanmasında, rapor maliyetini düşürmek için yetersiz deney ve gözlemlerden uzak durulmalıdır. Zeminden alınan örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri uygun koşullarda muhafaza edilmelidir.

2.3.1. Yapılan arazi çalışmalarının yetersizliği

Zemin araştırmalarının yöntemi ve kapsamı inşaat mühendisliğinin geoteknik konusudur. Deneylerin özellikleri genellikle çeşitli öngörü, tablo, üst yapının özelliklerine bağlı veya şartnamelerden alınarak önceden belirlenmektedir. Hesapları ilgilendiren kısım yapının zemini rahatsız ettiği kısımdır. Gerilme soğanı içinde bulunan bölgelerden numune alınıp, deneyler yapılmalıdır. Çeşitli literatürlerde zemin araştırmasının yapılacağı inceleme derinlikleri ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. (Tomlinson, 1998; Schroeder and Dickenson, 1996, Ulusay, 2001).

2.3.2. Teknik bilgi eksiklikleri

Zemin araştırma çalışmalarındaki olumsuzluklar teknik bilgi ve tecrübe eksikliklerinden meydana gelmektedir. Mühendisin lisans eğitiminde aldığı teorik bilgileri saha tecrübesiyle birleştirmesi gerekmektedir. Yeterli laboratuvar ekipmanı ve laboratuvar deney sayısı teorik bilgilerle paralel yapılmalıdır. Zemin oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Katı, sıvı ve gazı ihtiva etmektedir. Zemin ile ilgili inşaat ve jeoloji mühendislerinin çok fazla çalışması bulunmaktadır.

Zemin emniyet gerilmesi (q_e) değerinin belirlenmesi aşamasında kullanılan güvenlik katsayısı (G_s) değerleri 2-5 aralığında alınmalıdır. Zemin etüdü raporunda tavsiye edilen güvenlik katsayısı tercih edilmelidir.

2.3.3. Teorik ilişkilerin uygun olmayan yer ve koşullar için kullanılması

Zemin etüdü raporu hazırlanırken mutlaka zemine uygun deney uygulanmalıdır. Aksi takdirde zemine yanlış uygulanan deney hatalı taşıma gücü parametrelerini verir.

SPT özellikle kumlu zeminlerde sıklık ve taşıma gücü parametrelerini bulmak için geliştirilmiştir. Ancak daha sonra kil içeren zeminlerde de uygulanmaya başlanılmıştır. SPT ASTM D1586 (1999) standardı tarafından detayları açıklanmıştır. Arazi deneyinde elde edilen SPT parametreleri ampirik formüllerde doğru kullanılmalıdır. Düzeltme faktörleri yapılmalıdır. SPT sonuçları; Meyerhof (1956), Terzaghi ve Peck (1967) ile Bowles (1988) tarafından ampirik formüllerinde kullanılmıştır. Bu bağıntılarda düzeltme faktörleri kullanılmalıdır.

2.3.4. Standart dışı deney ekipmanlarının kullanılması

Arazide en çok kullanılan deney SPT' dir. Deney standardı olan ASTM D1586 (1999) de ifade edilmiştir. Deney düzenek ve ekipmanlarının mutlaka ilgili mühendisler tarafından periyodik bakımları ve temizlikleri yaptırılmalıdır. Aynı şekilde diğer deney ekipman ve düzenekler, standartlarda belirtildiği gibi uygulanmalıdır.

2.3.5. Yapılan hesaplama yanlışlıkları

Zemin taşıma gücü hesabı yapılan formüller (Terzaghi 1943; Skempton, 1951; Hansen, 1961; Meyerhof, 1965) teorik olup, doğrudan maksimum taşıma gücünü hesaplar. Nihai taşıma kapasitesi yani zemin emniyet gerilmesi ise güvenlik katsayı değerine bölünerek elde edilir. SPT' de elde edilen taşıma gücü ise ampirik bağıntılardan oluşmakta ve doğrudan zemin emniyet gerilmesi (izin verilebilir taşıma gücü) değerini vermektedir.

Yani burada kullanılan değerler belli bir güvenlik katsayısına bölünmemektedir. Ayrıca yapılan hesaplamalarda, arazi SPT-N değerlerinin düzeltilme yapılmadan kullanılmış oldukları belirlenmiştir.

Yine aynı hatalar oturma hesap yöntemlerinde yapılmaktadır. Laboratuvarda yapılan konsolidasyon deneyi ile belirlenmiş olan konsolidasyon parametreleri ancak bir boyutlu konsolidasyon teorisi içinde yer bulabilmektedir. Fakat önceki çalışmalarda incelenen etüt raporlarında SPT verileri ile oturma hesabı yapıldığı görülmüştür. Bu da doğru olmayan bir yaklaşımdır. Çünkü SPT sonucunda hesaplanan oturma değeri ani oturmaların görüldüğü kum, çakıl türü zeminlerde olmaktadır. Ancak kil ve silt gibi zeminlerde uzun yıllara bağlı olan oturma miktarı ani oturmaya ilave edilerek hesaplanmalıdır.

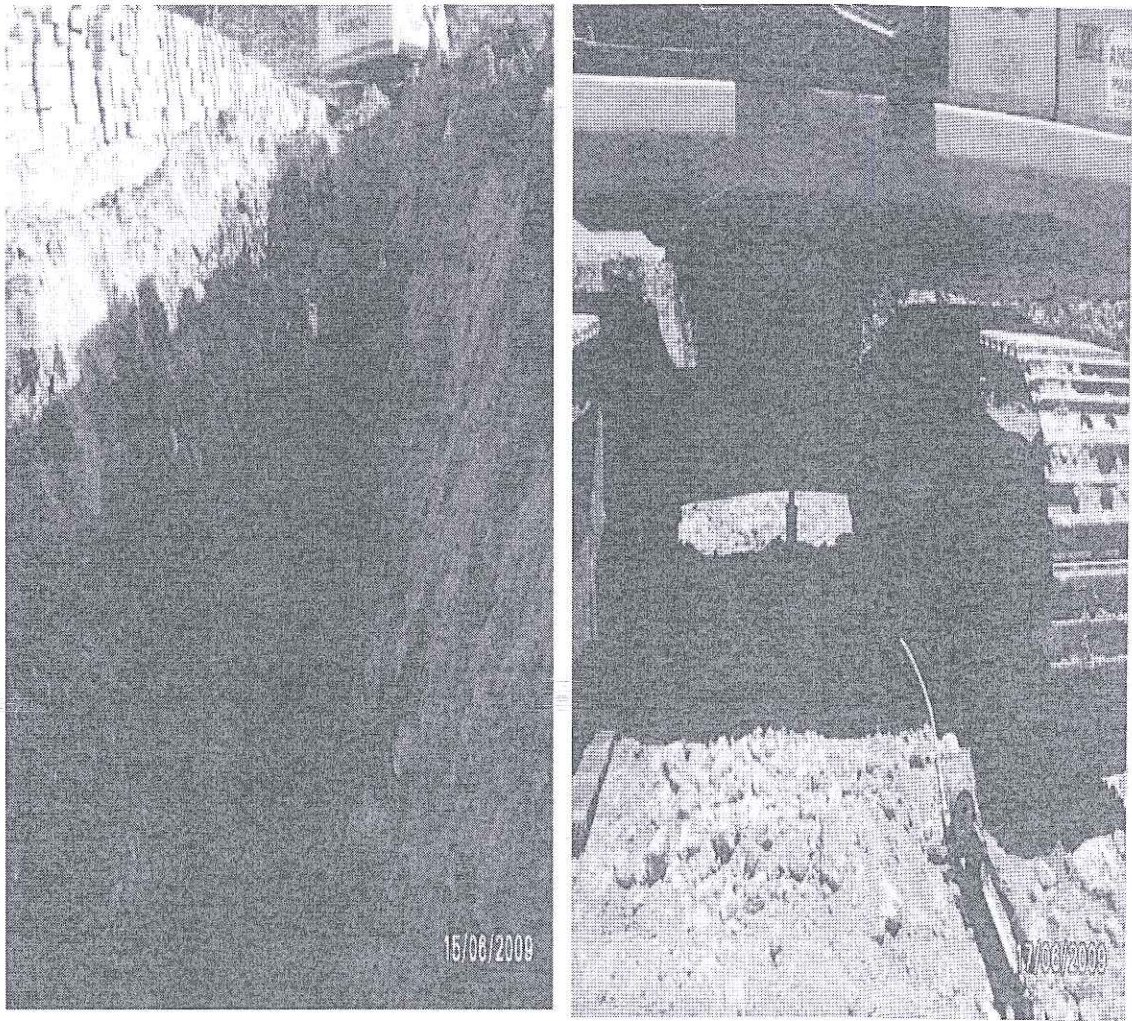
Buradan yola çıkılarak, kil gibi zeminlerde yapılacak oturma hesapları laboratuvar ortamında yapılan deneylerde elde edilmelidir. Kohezyonsuz birimlere ait bütün oturma değerlerinin ani oturma şeklinde tanımlanacağı unutulmamalıdır.

2.3.6. Arazi uygulamalarındaki yanlış örnekleme ve laboratuvar çalışmaları ile yapılan hatalar

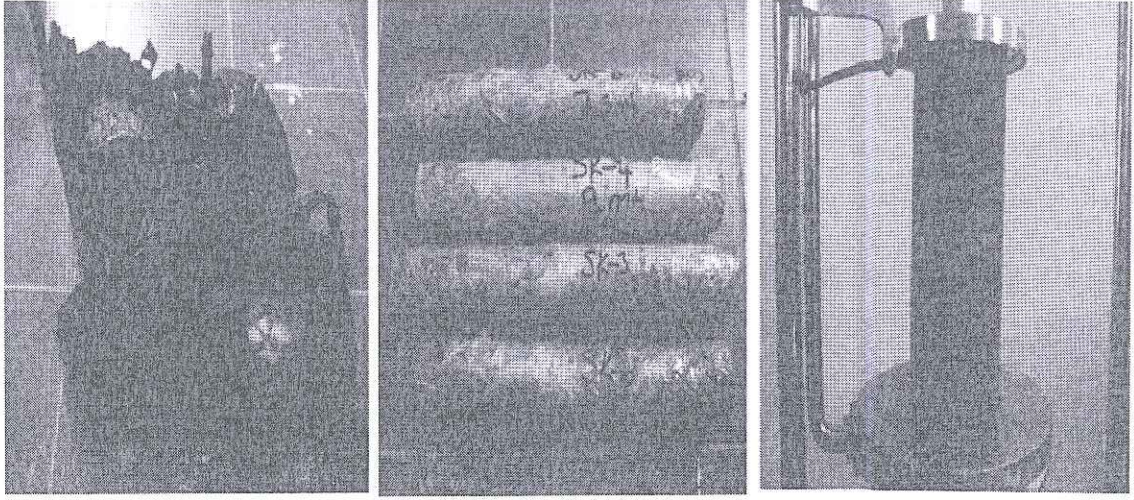
Burada yapılan en büyük hatalar genellikle sahadan düzgün alınamayan veya muhafaza edilemeyen numunelerdir. Böyle durumlarda arazi deneyi yapmak laboratuvar deneyi yapmaktan daha iyidir. Yapılan arazi deneylerinde alınan örselenmiş numunelerin bütünü,

zeminin özelliklerini (tane boyu, renk, su içeriği kıvam parametreleri vb.) belirtecek şekilde laboratuvar deneyi yapılır. Fakat taşıma gücü hesabı parametrelerinin belirlenmesi için örselenmemiş numune alınmalıdır. Böylece zemin endeks özellikleri de belirlenmiş olur. Örselenmemiş numune almak ve muhafaza etmek oldukça zordur. Bu konuda özellikle hassasiyet gösterilmesi önemlidir. Numune alımı hassas bir iş olması ve özen istemesi piyasa uygulamalarında çoğu kez önemsenmemesine neden olmaktadır.

Birim hacim ağırlığı dahil olmak üzere mekanik parametrelerinin tamamı örselenmemiş numune üzerinde belirlenmektedir. (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Sondajlı zemin araştırması ile bilgi alınamayacak bir yamaç molozu istifi ve aynı birim içinde temel seviyesinde yapılan plaka yükleme deneyinden görünüm.



Şekil 2.2. Araziden sadece poşetlenerek laboratuvara getirilmiş örselenmiş örnekler (solda) ve UD tüpü ile alınarak sarılıp laboratuvara getirilmiş örselenmemiş örnekler (ortada) ve bu örnekler kullanılarak yapılan drenajsız kayma direnci testi (sağda).

2.3.7. Zemin etüt raporlarının konu başlıkları

Zemin etüdü raporu içeriği standartlarda belirtilmiştir. Raporla elde edilmek istenen amaç zemin emniyet gerilmesi ve zemin özellikleridir. Raporun içeriğinde;

- Jeomorfolojik ve Çevresel Bilgiler
- İmar Planı Durumu
- Önceki Zemin Çalışmaları
- JEOLOJİ
- Genel Jeoloji
- Doğal Afet Risklerinin Değerlendirilmesi
- Zemin Profilinin Yorumlanması
- Sıvılaşma ve Yanal Yayılma Analizi ve Değerlendirilmesi
- Oturma-Şişme ve Göçme Potansiyelinin Değerlendirilmesi
- Temel Zeminini Olarak Seçilen Birimlerin Değerlendirilmesi
- Şev Duraylılığı Analizi ve Değerlendirmesi
- Kazı Güvenliği ve Gerekli Önlemlerin Alternatifli Olarak Değerlendirilmesi

Üst yapı ile gerekli bilgiye sahip olmak için statik-betonarme projesini çizen mühendis ile müşterek çalışmalıdır. Numune alımına dikkat edilmelidir. Zemin numunesinde yapılan deneylerde gerekli süre miktarı verilmelidir. SPT iri danelerin bulunduğu çakıllarda yapılmamalı aksi takdirde yanıltıcı sonuçlar vermektedir. Hazırlanan zemin etüt raporu üst yapı

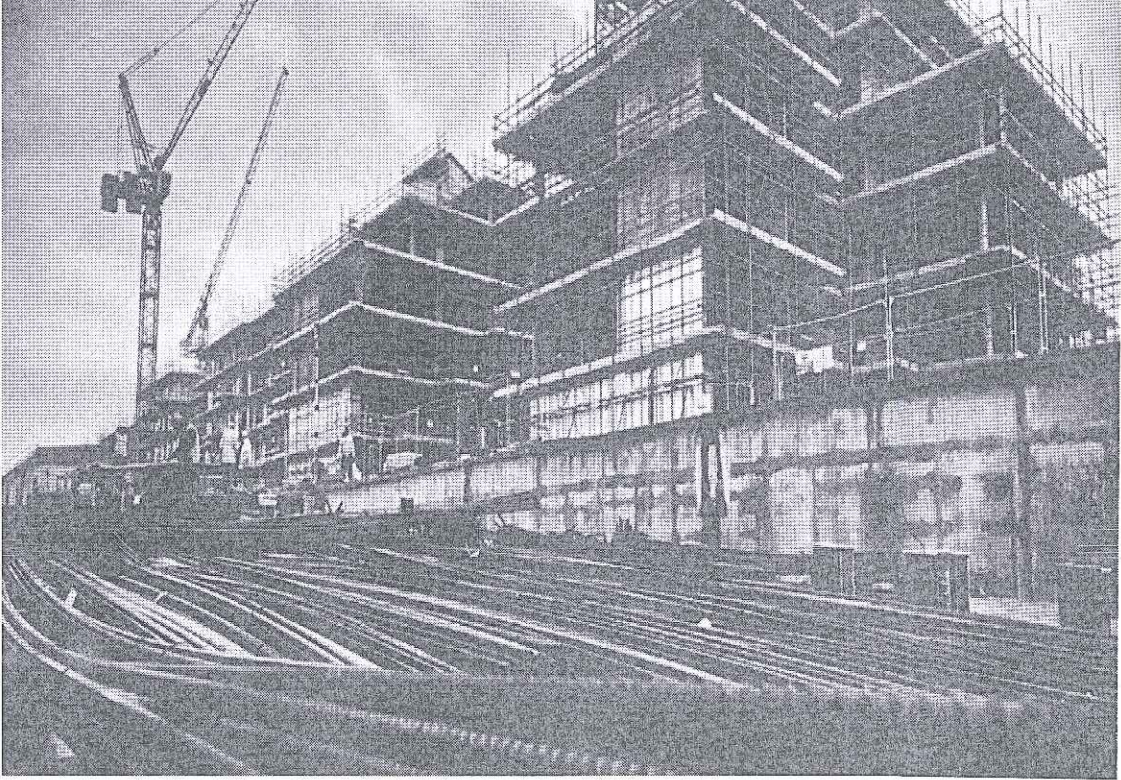
mühendisi tarafında kolay anlaşılabilir olması gerekmektedir. Aynı zamanda sonuç ve öneri kısmı da raporda mutlaka bulunmalıdır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YAPI MALİYETİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

3. ZEMİN TAŞIMA GÜCÜ ve DİĞER FAKTÖRLERİN MALİYET ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Zemin taşıma gücü yapı maliyetini etkilemektedir. Çünkü taşıma gücü temeli, temel kazısı, demiri, işçiliği, betonu ve kat sınırını etkilemektedir. Bundan dolayı yapı maliyetine doğrudan etkisi vardır. Aynı zamanda iyi hesaplanmış emniyetli taşıma gücü değeri yapı tamamlandıktan sonrada ciddi problemler çıkarmamasıyla beraber daha ekonomik olmayı sağlar. Örneğin karşılaşılan ciddi oturma problemi zemin taşıma gücü değerinin iyi hesaplanmadığını gösterir. Oturma binada ciddi hasarlara ve çatlaklara sebebiyet verir.



Şekil.3.1.Kaba inşaat

Kaynak: <http://sinemogluinsaat.com>

Her sektörde olduğu gibi inşaat sektöründe de ekonomiklik; malzemenin sahip olması gereken özelliklerdendir. Amaç, bina yapımında az maliyet ile ekonomik bir yapı elde etmektir. Yapım süreci ele alındığında, bina maliyetinin en kolay azaltılabileceği evre, proje yapı ön tasarım aşamasıdır. Tasarım yapıldıktan sonra; bina maliyeti hesaplanıp, hedef maliyetin

üzerinde olduğu görülürse; maliyeti düşürmek için tasarımda hedef maliyete götürecekt maliyet düşürücü değişiklikler yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda tasarım süreci için harcanan zaman ve bu sürecin de yapı maliyetine bir etkisi vardır. Fakat, tasarıma başlanılmadan; hangi faktörün maliyeti ne kadar etkilediği bilinirse; tasarım ona göre yapılır ve ön tasarım evresinde maliyet kontrol altına alınmış olur ve hedef maliyete ulaşılmış olur.

MİMARLIK VE MÜHENDİSLİK HİZMETİNE ESAS YAPI GRUPLARI		YILLAR						ARTIŞ ORANI	
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014'E GÖRE	2018'E GÖRE
I. SINIF YAPILAR	A GRUBU	100,0 TL	110,0 TL	118,0 TL	133,0 TL	153,0 TL	185,0 TL	% 85	% 21
	B GRUBU	160,0 TL	170,0 TL	180,0 TL	198,0 TL	228,0 TL	275,0 TL	% 72	% 21
II. SINIF YAPILAR	A GRUBU	250,0 TL	270,0 TL	290,0 TL	320,0 TL	369,0 TL	450,0 TL	% 80	% 22
	B GRUBU	350,0 TL	370,0 TL	390,0 TL	419,0 TL	483,0 TL	590,0 TL	% 69	% 22
	C GRUBU	400,0 TL	430,0 TL	460,0 TL	502,0 TL	578,0 TL	710,0 TL	% 78	% 23
III. SINIF YAPILAR	A GRUBU	550,0 TL	590,0 TL	630,0 TL	694,0 TL	800,0 TL	980,0 TL	% 78	% 23
	B GRUBU	650,0 TL	700,0 TL	750,0 TL	838,0 TL	966,0 TL	1.210,0 TL	% 86	% 25
IV. SINIF YAPILAR	A GRUBU	700,0 TL	750,0 TL	800,0 TL	882,0 TL	1.016,0 TL	1.270,0 TL	% 81	% 25
	B GRUBU	800,0 TL	860,0 TL	920,0 TL	1.021,0 TL	1.177,0 TL	1.470,0 TL	% 84	% 25
	C GRUBU	900,0 TL	960,0 TL	1.030,0 TL	1.135,0 TL	1.308,0 TL	1.630,0 TL	% 81	% 25
V. SINIF YAPILAR	A GRUBU	1.150,0 TL	1.230,0 TL	1.320,0 TL	1.425,0 TL	1.642,0 TL	2.010,0 TL	% 75	% 22
	B GRUBU	1.400,0 TL	1.500,0 TL	1.610,0 TL	1.754,0 TL	2.033,0 TL	2.485,0 TL	% 78	% 22
	C GRUBU	1.600,0 TL	1.710,0 TL	1.835,0 TL	2.023,0 TL	2.331,0 TL	2.850,0 TL	% 78	% 22
	D GRUBU	1.900,0 TL	2.040,0 TL	2.150,0 TL	2.383,0 TL	2.746,0 TL	3.360,0 TL	% 77	% 22

Hazırlayan: İnş. Müh. Yüksel KAYA - yuksel@insaport.com

DR. AYDIN

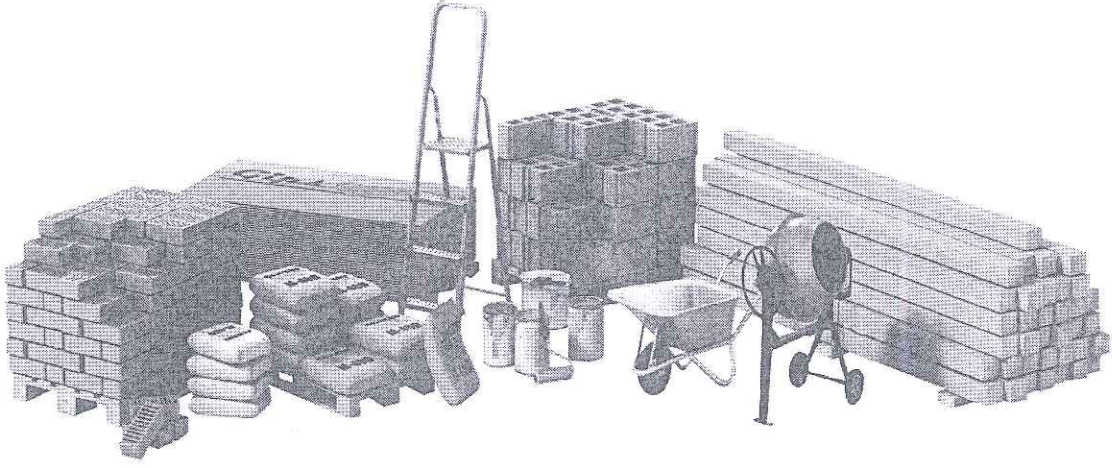
% 79

% 22

Şekil.3.2. yapı grupları birim fiyatı

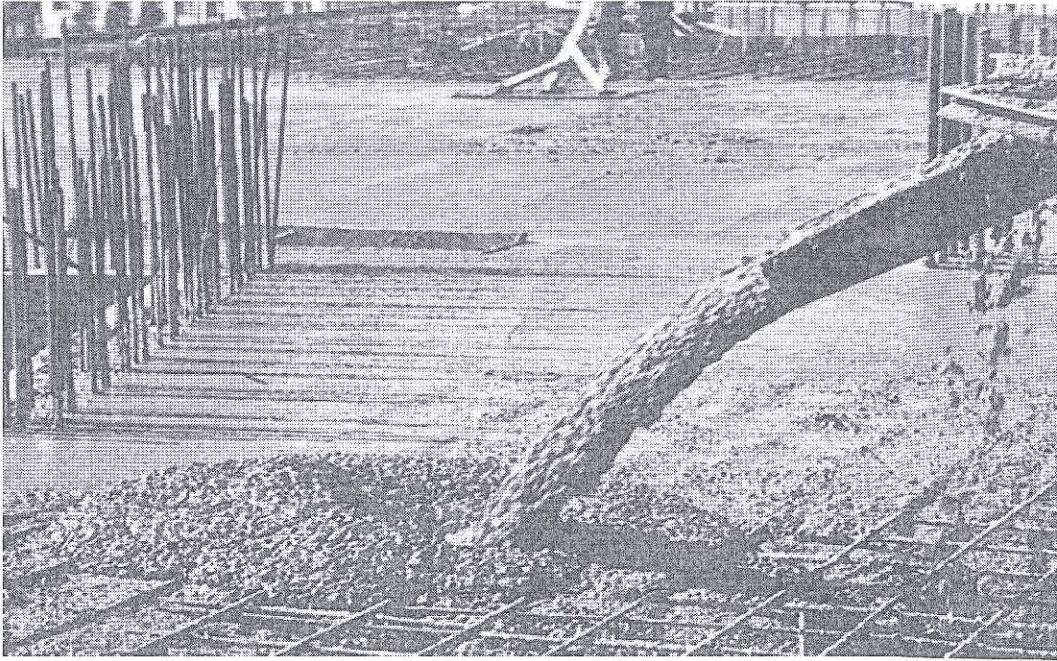
Kaynak: <https://www.insaport.com>

Proje yapı ön tasarımı evresindeki modellerin kullanımı ile bu hedeflere daha rahat ulaşılmış olur. Ülkemizde yaşanan ani kur farkı yapı malzemelerinin üzerinde çok büyük bir etki göstermiştir. İnşaat yapım maliyet endeksi artmıştır. Beton ve demir fiyatları yüzde 50 veya yüzde 100'e varan fiyat artışı yaşanmıştır.



Şekil.3.3. Yapı malzemeleri (tuğla, çimento, briket, el arabası, kereste, boya)

Kaynak: <https://insapedia.com/insa-at-maliyetlerinin-dusurulmesi-ekonomik-insa-at-yapimi/>

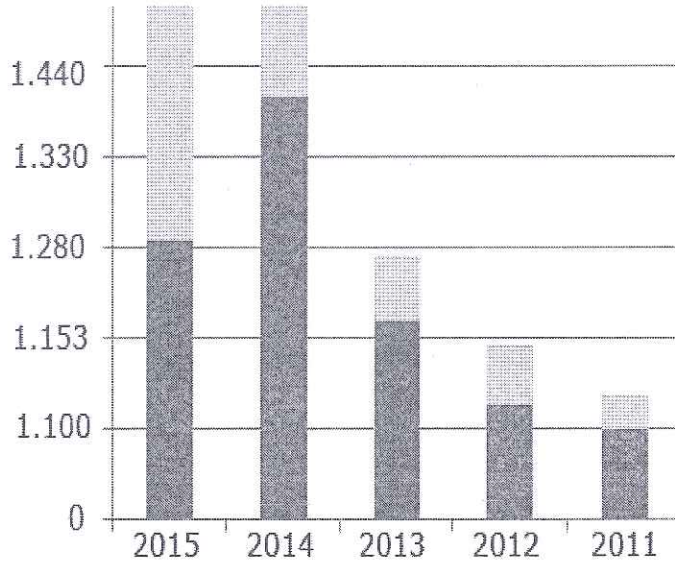


Şekil.3.4. Beton dökümü

Kaynak: www.yapikulubu.com

Demir fiyatları 2011 yılında en dip fiyattayken 2019 yılında tavan yapmıştır.

Tablo 3.1. Demir fiyatları



Demir Fiyatları Grafiği
2011-2015

Kaynak: <http://www.aksoydemir.com>

Tablo.3.2. Güncel demir fiyatı

Tarih	Ø12-32	Ø10	Ø8
31.05.2019	3300	3330	3360
30.05.2019	3350	3380	3410
29.05.2019	3380	3410	3440
28.05.2019	3390	3420	3450
27.05.2019	3420	3450	3480
24.05.2019	3400	3430	3460
23.05.2019	3380	3410	3440
22.05.2019	3340	3370	3400
21.05.2019	3340	3370	3400

20.05.2019	3340	3370	3400
17.05.2019	3300	3330	3360
16.05.2019	3230	3260	3290
15.05.2019	3230	3260	3290
14.05.2019	3250	3280	3310
13.05.2019	3280	3310	3340
10.05.2019	3300	3330	3360
09.05.2019	3340	3370	3400
08.05.2019	3310	3340	3370
07.05.2019	3320	3350	3380
06.05.2019	3280	3310	3340
03.05.2019	3260	3290	3320
02.05.2019	3285	3315	3345
30.04.2019	3270	3300	3330
29.04.2019	3290	3320	3350
26.04.2019	3300	3330	3360
25.04.2019	3300	3330	3360
24.04.2019	3235	3265	3295
22.04.2019	3230	3260	3290

Kaynak: <https://www.gunceldemirfiyatları.com> (fiyatlar Türk kuruşu üzerindedir.)

Birçok araştırmacı ve şirketler, avan proje uygulama aşamasında verimliliği arttırmak ve maliyetleri düşürebilmek için gerekli araştırmaları yapmış, bu aşamada kullanılabilecek maliyet verileri üretmiş ve maliyet veri bankalarına elde edilen verileri depolamışlardır. Burada temelin ön tasarımı, taşıyıcı sistemlerin boyutları gibi statik-betonarme hesaplar için inşaat

mühendislerine önemli görevler düşmektedir. Doğru tasarımı yapmak maliyetleri aşağıya çekecektir.

Türkiye’de; çok fazla konut ihtiyacı vardır. Buna rağmen maliyet düşürücü yöntemler geliştirmede yetersiz kalınmıştır. Dünyada diğer ülkelerde geliştirilmiş maliyet tahmin modelleri ve üretilmiş maliyet bilgileri ülkemizde kullanılmamaktadır. Çünkü bu verilerin kullanılması geliştirildiği coğrafi ve ekonomik bölgeyle sınırlı kalmıştır.

Ülkemizde inşaat sektörü ekonomimizde yüksek bir paya sahiptir.

Yapı tasarım evresinde yapıların maliyetini etkileyen faktörlerin en önemlisi yapı proje tasarımıdır. Yapının maliyeti büyük çoğunlukla proje tasarımına bağlıdır. Genellikle büyük ve ihtiyamlı projelerin maliyeti yüksek, küçük projelerin ise maliyeti düşük olur. Yapılmak istene projde amaç; istenilen, ihtiyaç olunan projeyi estetik, güvenilir, sağlam ve ekonomik yapmaktır.

Yapı maliyet faktörlerinden bir tanesi de yapı önem kat sayısıdır. Yapılmak istenen bir barajın, otoyolun, havaalanı, köprü, hastane veya okul gibi projelerin maliyeti konut maliyetlerinden çok daha fazladır. Nitekim bir şirket veya müteahhit tek başına yüzlerce hatta binlerce konut projeli işleri tek başına yapabiliyorken; kendi öz kaynaklarıyla bir köprü, baraj veya havaalanı yapamamaktadır. Ülkemiz kendi yapı malzemelerinin tamamını karşılayamamaktadır. İnşaat sektöründe ülkemiz dünyada öncü marka firmalara, şirketlere sahip olmasına rağmen malzeme sağlanması konusunda kısmi de olsa dışa bağımlılığı vardır. Burada planlı imar durumu ve yönetmelikler önem arz etmektedir. Belediyelerimiz imar durumu hazırlarken gelecek 80-90 yılı göz önünde bulundurularak imar düzenlemesi hazırlarsa; günümüzde yapılacak olan binalarında ortalama 80-90 yıl servis ömrünün olduğunu varsayarsak hem sosyal hem ekonomik anlamda başarıya ulaşılabilir.

Zemin emniyet taşıma gücü değeri maliyete doğrudan etki eder. İyi bir zemin etüdü yaptırılırsa; henüz projeye başlamadan ne gibi sıkıntıların ortaya çıkacağı görülür. Örneğin Adana’da Reşatbey Mahallesi’nde yapılacak bir proje için mutlaka yer altı su seviyesi göz önünde bulundurulmalıdır. 5 yıl önce Reşatbey Mahallesi’nde yapılan bir otel/adliye ek binasının aşırı su çıkması sebebiyle başlanılmasını 2 yıl geciktirdiği, projenin değişimine sebep verdiği ve temel alanını sürekli su basarak ekstra maliyet getirdiği gözlemlenmişti. Daha sonra proje için çift katlı bodrum yapılarak büyük tahliye su motoru kurularak drenaj sistemiyle suyun kanalizasyona verilerek sorunun çözüldüğü gözlemlenmişti. Ayrıca yine Adana 100. Yıl Mahallesi’nde konut yapacak kişilerin arazinin çok engebeli, eğimli olduğunu, bunun için de

yüzlerce küp beton, tonlarca demir, saatlerce iş makinesi ve işçilik masrafı vererek istinat duvarı yapılacağını tahmin etmelidir. Örnekler çoğaltılabilir.

Sınırlı kaynakları olan her sektör gibi, inşaat sektöründe de ekonomiklik ürünün sahip olması gereken en önemli kalemlerinden biridir. Burada amaç maliyeti düşük en iyi verimliliği yakalamaktır. Bina tasarım aşamasında maliyetler en aza indirgenebilir. Örneğin dış cephede kompozit yerine normal pencere kullanarak yapı toplam maliyeti yüzde 5 düşürülebilir. Aynı zamanda yapılan konutların maliyetini düşürerek satım pazarlama evresi hızlandırılabilir.

Ön tasarım evresinde maliyeti etkileyen faktörlerle ilgili yapılan çalışmalar sonucunda; kalite, kat sayısı, plan biçimi, bina büyüklüğü, kat yüksekliği, kattaki daire adedi, bodrum durumu, binanın kendisine özgü özellikleri, yapım teknolojisi, üretim ölçeği, iklimsel koşullar, bölgesel koşullar, arsa özellikleri, imar koşulları, peyzaj durumu, asansörlü-asansörsüz olma durumu, kullanılan malzemelerin kalite sınıfı, yönetmelikler, çeşitli yasalar gibi faktörler; maliyeti etkileyen faktörler olarak belirlenmiştir.



Şekil.3.5. Beton santrali

Kaynak: 4-<https://emlakkulisi.com>

Tablo.3.3. Güncel hazır beton fiyatı

Kaynak: www.yapikulubu.com 2019 yılı beton fiyatları

Beton Sınıfı ve Türleri	Yaklaşık Fiyatları
C14 Beton Fiyatı	170,00 TL
C16 Beton Fiyatı	178,00 TL
C18 Beton Fiyatı	180,00 TL
C20 Beton Fiyatı	185,00 TL
C25 Beton Fiyatı	188,00 TL
C30 Beton Fiyatı	190,00 TL
C35 Beton Fiyatı	200,00 TL
C40 Beton Fiyatı	230,00 TL
C45 Beton Fiyatı	265,00 TL
C50 Beton Fiyatı	310,00 TL

3.1. Ön Tasarım Evresinde Maliyeti Etkileyen Faktörler

Maliyeti etkileyen faktörler:

Bina Düzeyinde;

- Projenin şekli
- Projenin büyüklüğü
- Proje katsayısı
- Sirkülasyon alanı
- Proje kat planı
- Taşıyıcı sistem
- Kat yüksekliği

Yapı Elemanı Düzeyinde;

- Taşıyıcı elemanların boyutu
- Taşıyıcı elemanların biçimi
- Taşıyıcı elemanlarının tip sayısı
- Taşıyıcı elemanlarının niteliği

Yapının Yerleşme Düzeyinde;

- Binanın yerleşme düzeni
- Benzer binanın sayısı
- Yoğunluk (Taks/Kaks)

Avan proje evresinde maliyeti etkileyen kalemlerle ilgili çalışma sonucunda; kalite, kat adedi ve yüksekliği, planın şekli, bina büyüklüğü, taşıma gücü yani temel tipi, katların toplam yüksekliği, kattaki daire adedi, her kattaki daire sayısı, peyzaj çalışması, bodrum durumu, binanın kendisine özgü özellikleri, yapım teknolojisi, üretim ölçeği, iklimsel koşullar, bölgesel durumlar, arsa özellikleri, imar koşulları, yönetmelikler, çeşitli yasalar gibi faktörler; özellikle de yapı ön tasarımı gibi maliyeti etkileyen etmenler olarak belirlenmiştir.

Bu faktörler; proje ön tasarım evresinde maliyetin hemen hemen çoğunu oluşturan faktörlerdir. Aynı zamanda binanın kalitesi de yapının maliyetini etkileyen en önemli parametredir. Avan projesi aşamasında bölgenin imar durumu ve arsanın özellikleri gibi imar yönetmeliğinde bulunan özelliklere müdahale şansı yoktur. Bunun için arsa ve imar durumuna uygun iyi bir avan proje tasarlanmalıdır.

Avan projesi evresinde maliyete etki eden faktörler ile maliyet incelenirken; bazı kaynaklarda faktörlerin genel olarak bina maliyeti üzerindeki ilişkisi incelenmiştir.

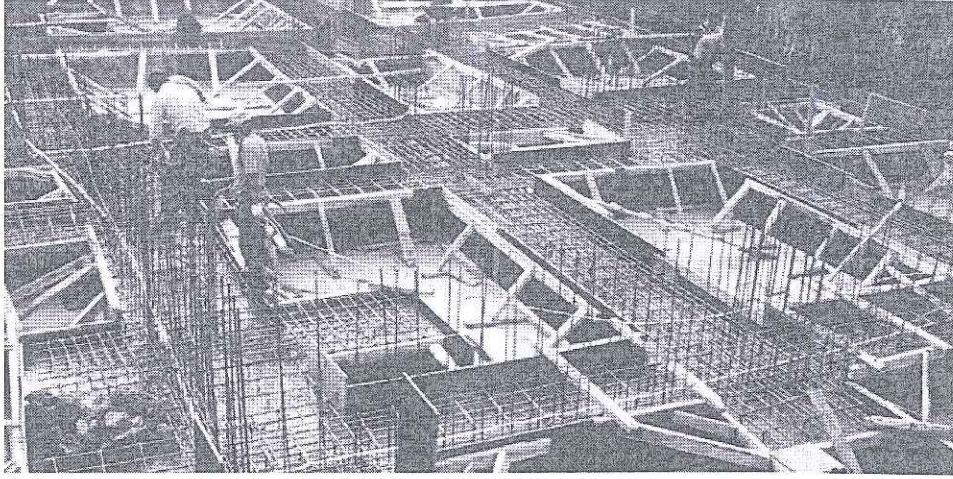
Faktör-maliyet ilişkisine ait çalışmalar, maliyeti etkileyen faktörler ile maliyet arasındaki bağlantıyı araştırmaktadır. Bu faktörler; kaliteyi, kat sayısını, mimari durumu, bina biçimini, kat yüksekliği, kattaki daire sayısı ve bodrum durumu faktörleri olarak belirlenmektedir.

Kalite: Kalite-maliyet arasındaki ilişkiye ait çalışmalar; 1962'de Hannover Yapı Araştırma Enstitüsü'nde ve Alev Durmuş tarafından 1994 yılında yapılmıştır (Kraentzer, 1962). Kalite arttığı zaman yapı maliyetlerinin arttığını ortaya koymuştur.

Kat Sayısı: Kat sayısı-maliyet arasındaki ilişkiye ait araştırmalar; 1962'de Hannover Yapı Araştırma Enstitüsü'nde, 1982'de Karl Deters tarafından, Türkiye 'de 1986'da TÜBİTAK Yapı Araştırma Enstitüsü'nde 1996 yılında Murat Çıracı tarafından yapılmıştır (Kraentzer, 1962; Deters, 1982; Pişirci vd., 1986; Çıracı, 1996). Çıkan sonuçlar ise; kat sayısının artmasıyla m2 ve daire başına maliyetlerin azaldığını göstermektedir. Ancak; binada kat adedinin artmasıyla birlikte asansör ve yangın-deprem faktörünün devreye girdiği noktada, m2 ve daire başına maliyetlerde artış görülmektedir. Fakat; bu noktadan sonra, kat adedi arttıkça, m2 ve daire başına maliyetlerin azaldığı görülmektedir. Görüldüğü üzere 3 blokluk bir proje 2 blok

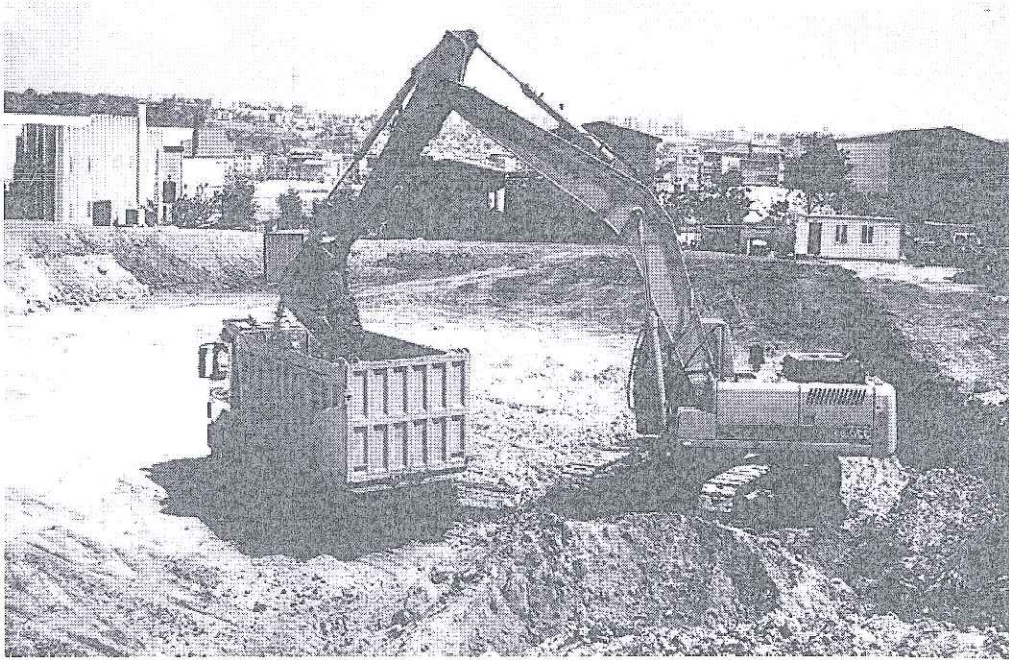
şeklinde yapıldığı zaman, kısmi ekonomiklik oluşup maliyet düşürülebilir. Ama çok katlı binalarda yapı grubu 4c'yi geçtiği zaman imar yönetmeliğinin ekstra özellikler istemesiyle beraber, bazen kat sayısı düşürülüp blok sayısı da artırılabilir.

Plan Biçimi: Plan biçiminde proje maliyetini etkileyen önemli faktörlerdendir. Kare yani kutu gibi evlerin maliyeti; estetik görünümlü projelere nazaran daha küçüktür. Kare yapıların işçiliği kolayken dairesel veyahut eğrisel binaların işçiliği zor ve masraflıdır.



Şekil.3.6. Temel türü, sürekli temel

Kaynak: <https://goksallarinsaat.com>



Şekil.3.7. Temel kazısı

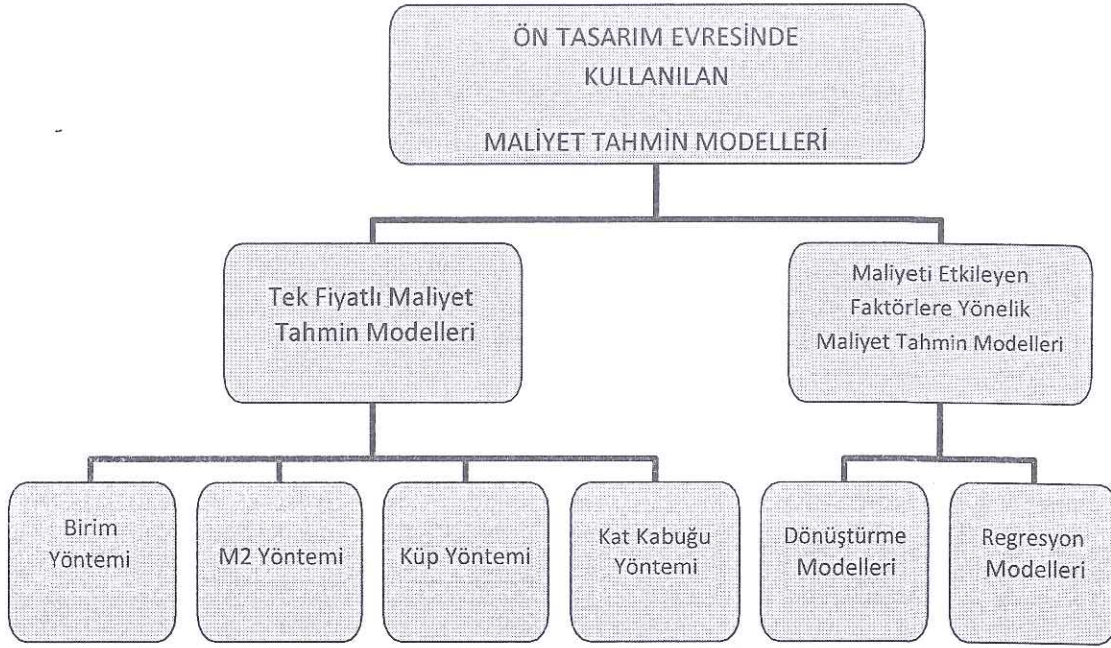
Kaynak: <https://www.emlaktasondakika.com>

Kat Yüksekliği: Araştırmalar, kat yüksekliğindeki artışın maliyette artışa neden olacağını göstermektedir. İhtiyaç duyulduğu zaman giriş katları, tesisat borularının toplaması yapılan bodrum katlarda ve işyerlerinde kat yüksekliğinin normal kat yüksekliğine nazaran yüksek seçilmesi daha iyidir. Kat yüksekliği maliyeti arttırmakla beraber yapıdaki ferahlığı da artırmaktadır.

Kattaki Daire Adedi: Kattaki daire sayısı-maliyet arasındaki ilişkiye ait çalışmalar; 1962'de Hannover Yapı Araştırma Enstitüsü'nde, 1982'de Karl Deters tarafından yapılmıştır (Kraentzer, 1962; Deters, 1982). Bu araştırmalar, katlardaki daire sayısı arttıkça, daire başına maliyetlerin azaldığı sonucunu vermektedir. Nitekim ülkemizde son zamanlarda yapılan binaların çoğunda katlardaki daire sayısı arttırılmıştır. Maliyetin düştüğünü varsayarken pazarlama konusunda sıkıntılarla karşı karşıya kalınabilir. Çünkü her kat iki daire olan yapılarda cepheler daha müsait olup, satış ücreti daha fazla olurken, her katta dört daire yapılan binalarda daire başına cephe sayısı iki olurken binalar iç içe girmiş olup, satış fiyatı daha az olur. Bu da bu tip dairelerin satışını zorlamakta olup, paranın hızlı dönmesine engel teşkil etmektedir.

Bodrum Durumu: Bodrum durumu-maliyet arasındaki ilişkiye ait çalışma; 1962'de Hannover Yapı Araştırma Enstitüsü'nde yapılmıştır (Kraentzer, 1962). Araştırmalar sonucunda; binalara bodrum yapılmasının bina maliyetini arttırdığı görülmüştür. Ancak yapılan kapalı otopark, spor ve sinema salonları, kapalı oyun alanları ve mescit gibi ortak sosyal alanlar katma değer katıp, satış aşamasında yapı sahibine kolaylık sağlamaktadır.

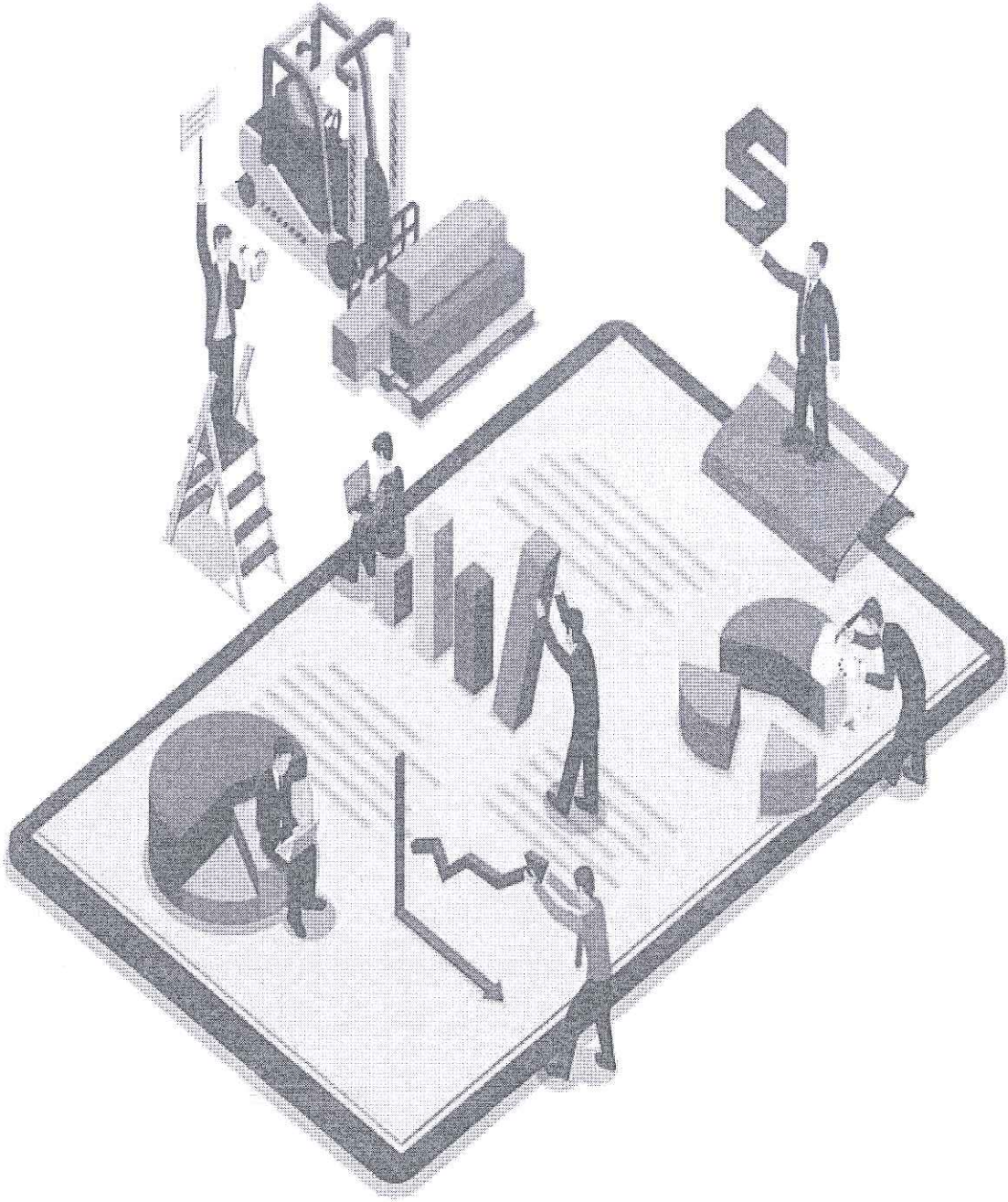
3.2. Ön Tasarım Evresinde Kullanılan Maliyet Tahmin Modelleri



Şekil.3.8. Ön tasarım evresinde kullanılan maliyet tahmin modelleri

Yapının maliyetinin yapım aşamasına başlanılmadan hesaplanması gerekmektedir. Projeyi yapacak müteahhit firma; daha işe başlamadan, bu işi yapabilecek kaynağı sağlayıp sağlayamayacağını bilip, ona göre hareket etmek istemektedir. Maliyet tahmini tasarım aşamalarına bağlı olarak değişmekte ve ayrıntılı tasarıma gidildikçe daha net hesaplanmaktadır.

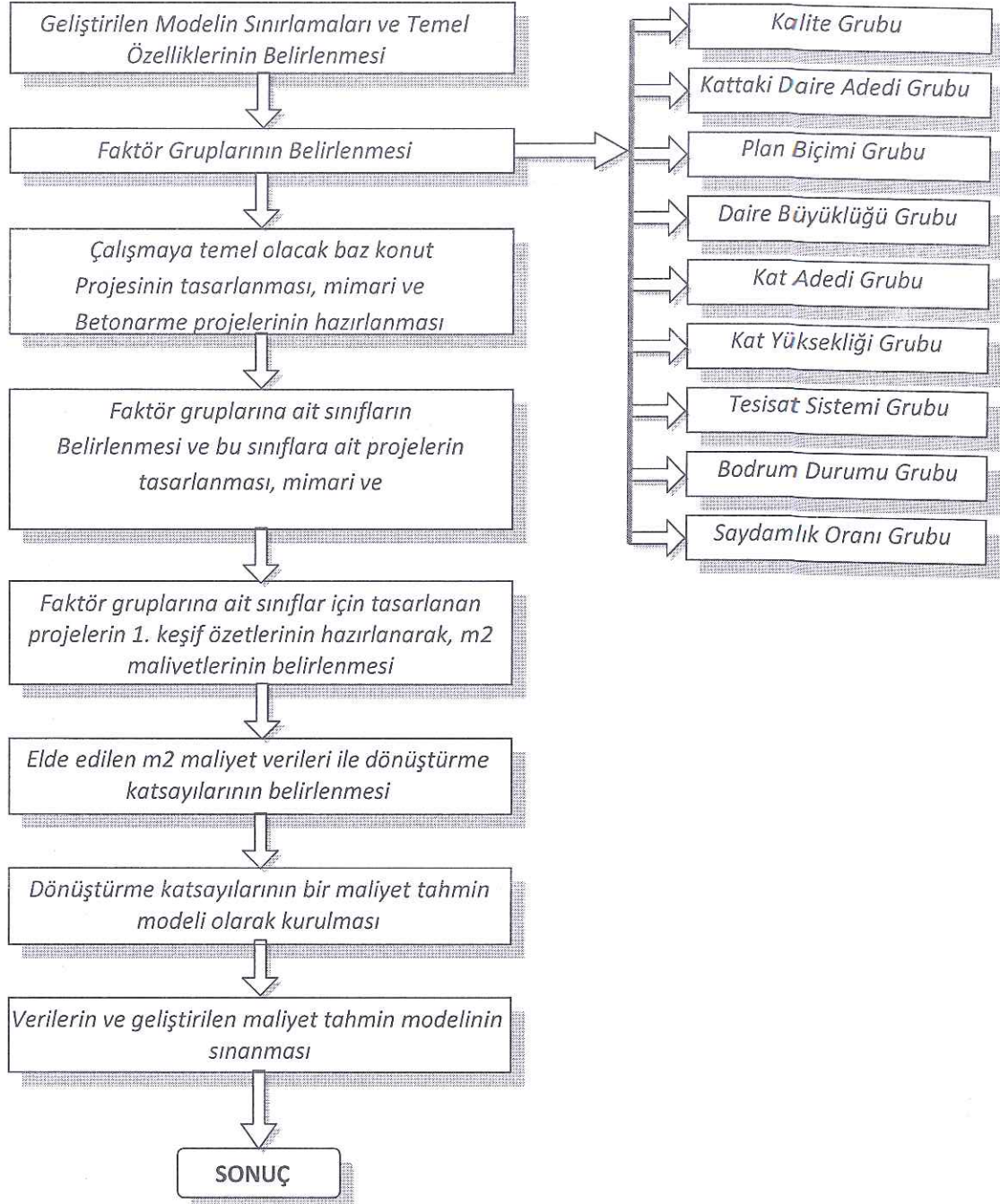
Maliyet tahmini, bina yapımı sürecinde, ön tasarım uygulama aşamasında, binanın servis ömrünün bitimine kadar yapılmaktadır. Proje ön tasarım aşamasında maliyet tahmini, yaklaşık bir hesapla sermayenin nereye kadar yeteceğinin planlaması için yapılmaktadır. Bu evrede gerçekleştirilecek binaya ilişkin bilgiler; statik-betonarme, mimari, tesisat, makine, iç mimari gibi projelerden elde edilen verilerdir. Avan proje aşamasında; bina, mekânları ve ölçüleri ile kesinleşmeye başlamış ve yapılacak maliyet tahmini ile binanın yapımı için gerekli sermaye daha doğru hesaplanabilmektedir.



Şekil.3.9. Proje ön tasarım aşaması

Kaynak: <https://insapedia.com/insaat-maliyetlerinin-dusurulmesi-ekonomik-insaat-yapimi/>

Tablo.3.4. Ön tasarım evresinde kullanılan maliyet tahmin modelleri



İnşaat sektöründe haberlere çıkan bir yazı: Maliyetlerin hızla arttığını göstermektedir. Aşağıdaki veriler TÜİKT' ten alınmıştır.

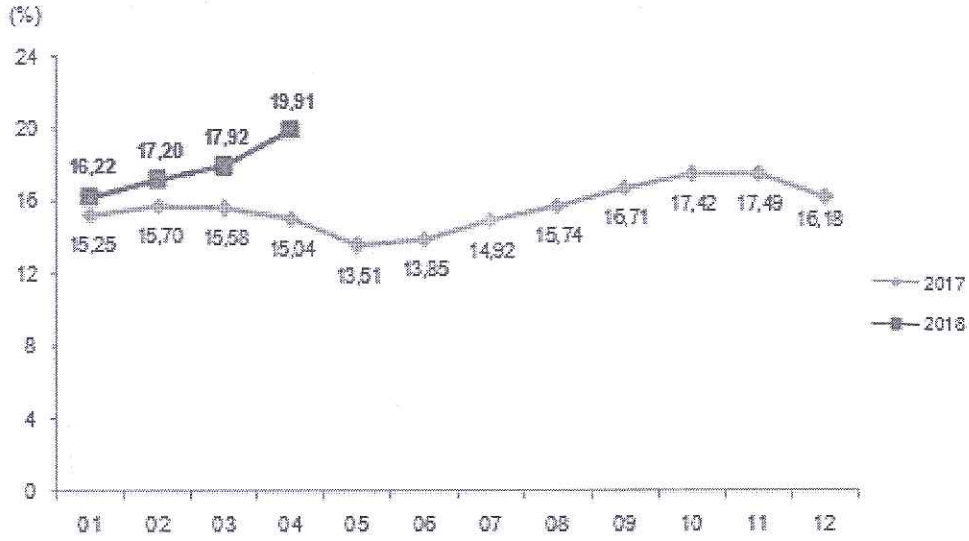
Nisan ayında inşaat maliyet endeksi, endeks tarihinin en hızlı yıllık artışını yaşadı.

İnşaat maliyet endeksi (İME), 2018 yılı Nisan ayında bir önceki aya göre %2,03, bir önceki yılın aynı ayına göre %19,91 arttı. Bir önceki aya göre malzeme endeksi %2,66, işçilik endeksi %0,67 arttı. Ayrıca, bir önceki yılın aynı ayına göre malzeme endeksi %22,01, işçilik endeksi %15,54 arttı.

Böylelikle inşaat maliyet endeksi tarihinde en hızlı yıllık artış kaydedilmiş oldu.

Tablo.3.5. İnşaat maliyet endeksi, yıllık değişim oranı, Nisan 2018

[2015=100]

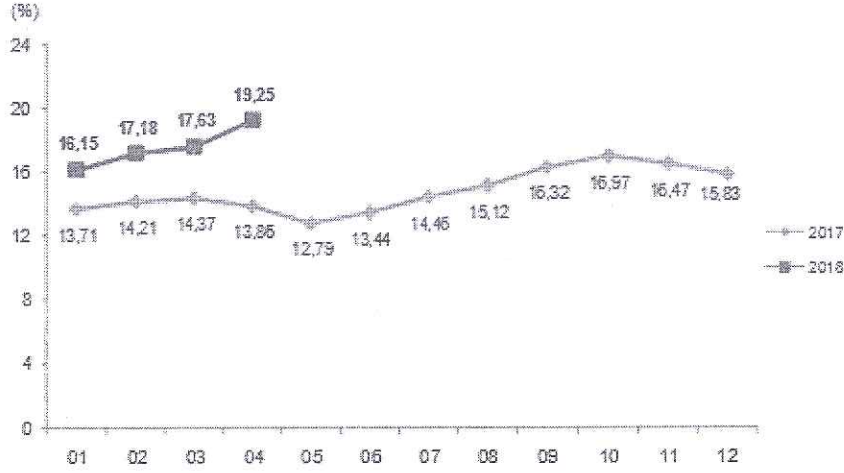


Bina inşaatı maliyet endeksi aylık %1,69 arttı

Bina inşaatı maliyet endeksi, bir önceki aya göre %1,69, bir önceki yılın aynı ayına göre %19,25 arttı. Bir önceki aya göre malzeme endeksi %2,23, işçilik endeksi %0,57 arttı. Ayrıca, bir önceki yılın aynı ayına göre malzeme endeksi %21,18, işçilik endeksi %15,37 arttı.

Tablo.3.6._Bina inşaatı maliyet endeksi, yıllık değişim oranı, Nisan 2018

[2015=100]

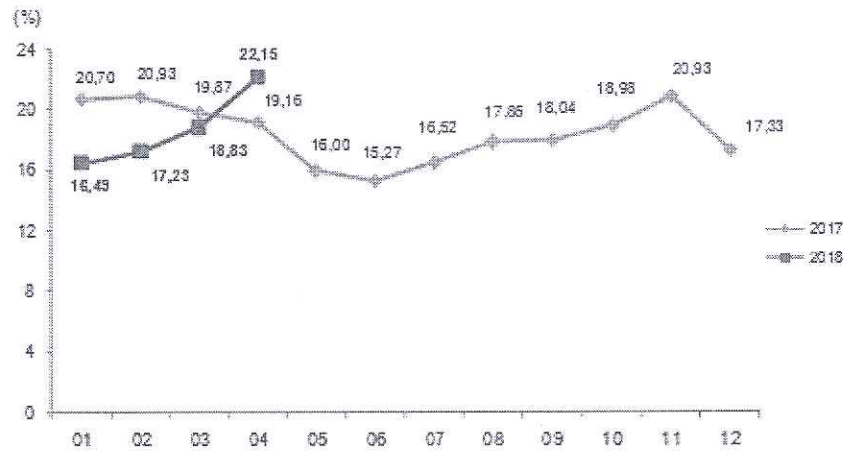


Bina dışı yapılar için inşaat maliyet endeksi aylık %3,15 arttı

Bina dışı yapılar için inşaat maliyet endeksi, bir önceki aya göre %3,15, bir önceki yılın aynı ayına göre %22,15 arttı. Bir önceki aya göre malzeme endeksi %4,01, işçilik endeksi %1,06 arttı. Ayrıca, bir önceki yılın aynı ayına göre malzeme endeksi %24,72, işçilik endeksi %16,18 arttı.

Tablo.3.7._Bina dışı yapılar için inşaat maliyet endeksi, yıllık değişim oranı, Nisan 2018

[2015=100]



Tablo.3.8. İnşaat maliyet endeksi ve değişim oranları, Nisan 2018

[2015=100]

Sektörler	Maliyet Grubu	Endeks	Bir önceki aya göre değişim (%)	Bir önceki yılın aynı ayına göre değişim (%)
İnşaat	Toplam	152,10	2,03	19,91
	Malzeme	148,26	2,66	22,01
	İşçilik	161,34	0,67	15,54
Bina inşaatı	Toplam	151,21	1,69	19,25
	Malzeme	146,89	2,23	21,18
	İşçilik	161,34	0,57	15,37
Bina dışı yapıların inşaatı	Toplam	155,09	3,15	22,15
	Malzeme	152,71	4,01	24,72
	İşçilik	161,35	1,06	16,18

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SAYISAL ANALİZ ve RAPORLAR

4. SAYISAL ANALİZ ve RAPORLAR

Yapılan analizler sonucunda farklı taşıma gücü değerlerinde farklı metrajlar ortaya çıkmaktadır. 200 kN /m², 300 kN /m² ve 400 kN /m² alınan zemin emniyet gerilmesi ile B+Z+13 katlı bir binanın statik analizi 2007 deprem yönetmeliğine göre çözülmüştür. Zemin yatak katsayısı 30720 kN /m² olup proje 2.0 deprem bölgesindedir. Bina önem katsayısı konut olduğundan dolayı 1 alınmıştır. Beton sınıfı C30 olup, çelik sınıfı ise S420'dir. (Tablo 4.3)

Zemin emniyet gerilmesi gereğinden düşük alınca olağanüstü maliyetin ortaya çıktığı görülmüştür. Gerek beton, işçilik, donatı; gerek kazı temel alanının artmasından dolayı oluşan zaman ve iş makinesi maliyet kaybı gözle görülebilir niteliktedir.

Zemin emniyet gerilmesi 400 kN /m² alınca ise 2 farklı sonuç ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birincisi beton ve kalıp metrajını düşürürken donatı miktarını artmıştır. İkincisi ise kalıp ve beton miktarı normal seviyede tutulurken; donatı miktarı da azalmıştır.

Bu çalışmada iki sonuca varılmıştır. Hem zemin etüdünde yapılan eksik ve hataların hem de üst yapı mühendisinin temel tasarımı sırasında yapmış olduğu hatalar veya tercihler, proje maliyetini etkilemektedir.

Sta4cad programıyla yapılan analizde yapı-temel etkileşimi ayrı olarak analiz yapılmıştır. Bundan dolayı farklı temel tasarımlarında yapının üst kısmı (temel dışındaki yapı elemanları) metrajı değişmemektedir. (Tablo 4.1)

Tablo 4.1. Üst yapının metrajı

Üst Yapının ST4 YAPISI BETON/KALIP METRAJI			
Kat No	Beton (m ³)	Kalıp (m ²)	Asmolen (m ³)
1.kat Döşeme	28,16	219,94	40,36
1.kat Kiriş	24,21	100,58	
1.kat Kolon	27,75	225,1	
1.kat Toplam	80,12	545,62	40,36
2.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
2.kat Kiriş	24,8	99,03	
2.kat Kolon	27,75	224,7	

2.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
3.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
3.kat Kiriş	24,8	99,03	
3.kat Kolon	27,75	224,7	
3.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
4.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
4.kat Kiriş	24,8	99,03	
4.kat Kolon	27,75	224,7	
4.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
5.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
5.kat Kiriş	24,8	99,03	
5.kat Kolon	27,75	224,7	
5.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
6.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
6.kat Kiriş	24,82	99,24	
6.kat Kolon	27,75	224,68	
6.kat Toplam	81,56	550,65	41,71
7.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
7.kat Kiriş	24,8	99,03	
7.kat Kolon	27,75	224,7	
7.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
8.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
8.kat Kiriş	24,8	99,03	
8.kat Kolon	27,75	224,7	
8.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
9.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
9.kat Kiriş	24,8	99,03	
9.kat Kolon	27,75	224,7	
9.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
10.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
10.kat Kiriş	24,8	99,03	
10.kat Kolon	27,75	224,7	
10.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
11.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
11.kat Kiriş	24,8	99,03	
11.kat Kolon	27,75	224,7	
11.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
12.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
12.kat Kiriş	24,8	99,03	
12.kat Kolon	27,75	224,7	
12.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
13.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
13.kat Kiriş	24,8	99,03	

13.kat Kolon	27,75	224,7	
13.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
14.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
14.kat Kiriş	24,8	99,03	
14.kat Kolon	27,75	224,7	
14.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
15.kat Döşeme	28,99	226,73	41,71
15.kat Kiriş	24,8	99,03	
15.kat Kolon	27,75	224,7	
15.kat Toplam	81,54	550,46	41,71
16.kat Döşeme	4,64	30,96	0
16.kat Kiriş	2,44	19,71	
16.kat Kolon	12,37	100,99	
16.kat Toplam	19,46	151,67	0

Yukarıdaki tabloda, üst yapının analiz metraj sonucu verilmiştir. Üst yapı metrajı temel-üst yapı etkileşimi hesabı ayrı yapıldığı için zemin taşıma gücü değerlerine göre değişmemektedir. Aynı şekilde donatı metrajı da eşit çıkmaktadır.

Üst Yapının ST4 YAPISI DONATI METRAJI						
Kat No	ø8 (kg)	ø10 (Kg)	ø12 (kg)	ø14 (kg)	ø16 (kg)	TOPLAM
1.kat Döşeme	2593,8	271,1	0	1082,6	35,4	3982,8
1.kat Kiriş	1135,5	0	837,3	568,3	707,3	3248,3
1.kat Kolon	1329,4	0	557,7	1419,9	0	3306,9
1.kat Toplamı	5058,6	271,1	1395	3070,8	742,6	10538,1
2.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
2.kat Kiriş	1115,1	101,7	869,4	860,4	849,8	3796,4
2.kat Kolon	1329,4	0	557,7	1419,9	0	3306,9
2.kat Toplamı	5129,5	384,7	1484,7	3130,9	885,1	11015
3.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
3.kat Kiriş	1062,9	147,1	1065	862,1	962,2	4099,3
3.kat Kolon	1329,4	0	748,6	1169,3	0	3247,3
3.kat Toplamı	5077,3	430,1	1871,2	2882	997,6	11258,3
4.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
4.kat Kiriş	1062,9	157,2	1027,7	738	1282,9	4268,7
4.kat Kolon	1233,2	0	748,6	1169,3	0	3151,2
4.kat Toplamı	4981,2	440,2	1833,9	2757,9	1318,2	11331,6
5.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
5.kat Kiriş	1062,9	157,2	1001,6	740,1	1346,6	4308,4
5.kat Kolon	1233,2	0	748,6	1169,3	0	3151,2
5.kat Toplamı	4981,2	440,2	1807,8	2760,1	1381,9	11371,2

6.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
6.kat Kiriş	1063,9	157,2	834,6	1004,3	1283	4343
6.kat Kolon	1233,2	0	748,6	1169,3	0	3151,2
6.kat Toplamı	4982,2	440,2	1640,8	3024,2	1318,4	11405,9
7.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
7.kat Kiriş	1062,9	157,2	835,7	1133	1120,4	4309,3
7.kat Kolon	1219,1	0	748,6	1169,3	0	3137
7.kat Toplamı	4967,1	440,2	1641,9	3153	1155,8	11358
8.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
8.kat Kiriş	1062,9	157,2	789,4	1162,5	1096,9	4269
8.kat Kolon	1219,1	0	748,6	1169,3	0	3137
8.kat Toplamı	4967,1	440,2	1595,7	3182,4	1132,3	11317,7
9.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
9.kat Kiriş	1062,9	186,8	703,8	1168,3	1065,7	4187,5
9.kat Kolon	1183,1	0	748,6	1169,3	0	3101
9.kat Toplamı	4931,1	469,8	1510	3188,2	1101,1	11200,3
10.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
10.kat Kiriş	1062,9	183,1	732,2	1152,9	977,8	4108,9
10.kat Kolon	1108	0	748,6	1169,3	0	3025,9
10.kat Toplamı	4856	466,1	1538,4	3172,9	1013,2	11046,5
11.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
11.kat Kiriş	1062,9	207,5	883,4	983,4	847,8	3985,1
11.kat Kolon	1108	0	748,6	1169,3	0	3025,9
11.kat Toplamı	4856	490,5	1689,6	3003,3	883,2	10922,7
12.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
12.kat Kiriş	1062,9	202,1	917,4	804,1	882,4	3868,9
12.kat Kolon	1108	0	748,6	1169,3	0	3025,9
12.kat Toplamı	4856	485,1	1723,6	2824	917,8	10806,5
13.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
13.kat Kiriş	1084,3	171,1	925,5	808	778,4	3767,3
13.kat Kolon	1108	0	748,6	1169,3	0	3025,9
13.kat Toplamı	4877,3	454,1	1731,7	2828	813,8	10704,9
14.kat Döşeme	2685	283	57,6	850,6	35,4	3911,7
14.kat Kiriş	1116,2	124,1	888,8	884,7	667,7	3681,6
14.kat Kolon	1108	0	748,6	1169,3	0	3025,9
14.kat Toplamı	4909,3	407,2	1695	2904,7	703,1	10619,2
15.kat Döşeme	2805,2	13,8	567,3	156,9	0	3543,2
15.kat Kiriş	1112,1	21,1	1025,4	541	718,8	3418,3
15.kat Kolon	1108	0	725,2	1104,4	0	2937,6
15.kat Toplamı	5025,3	34,9	2317,9	1802,3	718,8	9899,1
16.kat Döşeme	274,4	0	0	0	0	274,4
16.kat Kiriş	122,8	0	132,5	23,4	26,2	304,9
16.kat Kolon	380,6	0	406,8	258,1	0	1045,5

16.kat Toplamı	777,8	0	539,2	281,5	26,2	1624,8
TOPLAM	75233	6095	26016,5	43966,2	15109,1	166419,8

Sta4cad programı metrajlar için ön keşif amacıyla birim fiyatlar üzerinden hesap yapmaktadır. (Tablo 4.2)

Tablo 4.2. Üst yapının keşif özeti

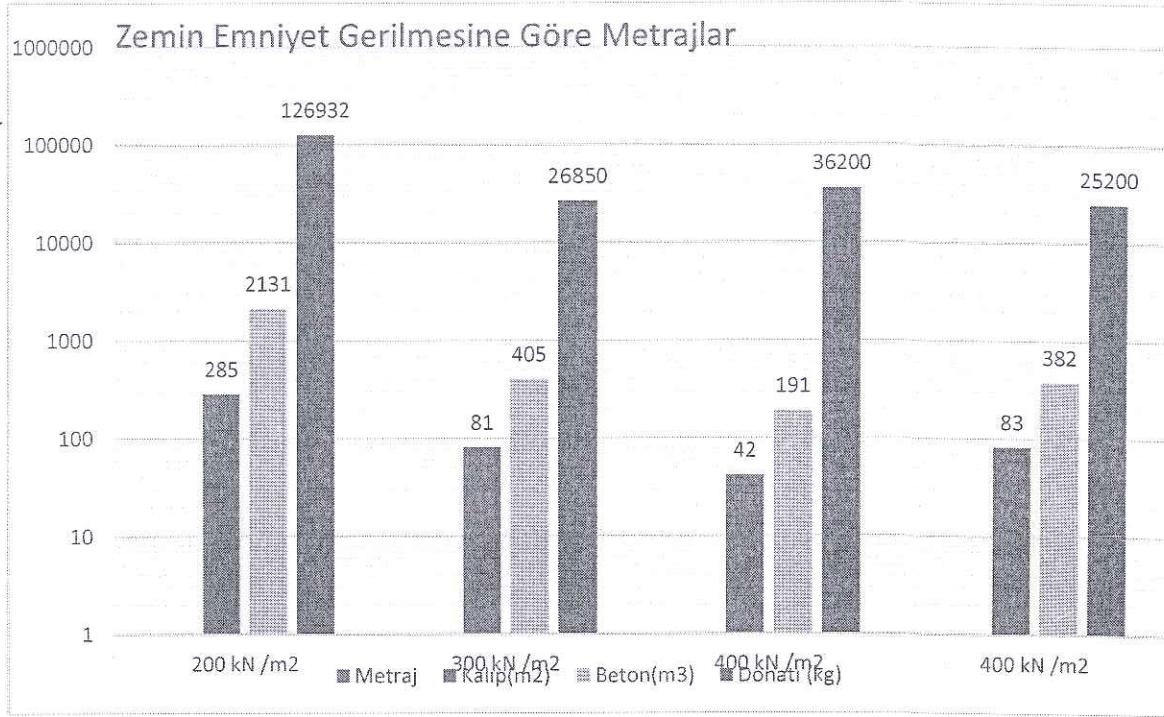
Üst Yapının ST4 YAPISI KEŞİF ÖZETİ				
Poz	Birim fiyat tarifi	Birim fiyat	Miktar	Tutarı
16.059/1	BS30 HAZIR BETON	160	1241.1 m ³	198.574.92
21,011	DÜZ YÜZEYLİ BETONARME	130	8403.9 m ²	1.092.510.37
	KALIBI			
4,251	8-12 mm	3.500.00	107.3 tn	375.705.73
	BETONARME DEMİRİ			
4,252	14-50 mm	3.500.00	59.1 tn	206.763.56
	BETONARME DEMİRİ			
NAKLİYE % 10	187.355.46			
TOPLAM	2.060.910.03			
KDV % 18	370.963.81			
TOPLAM	2.431.873.84			
AYLIK ARTIŞ % 1 × 6	145.912.43			
TOPLAM	2.577.786.27			

Analiz yapılan projenin çelik-beton sınıfı aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.3.Malzeme sınıfı ve analiz metraj sonuçları

Beton sınıfı	C30	C30	C30	C30
Çelik sınıfı	S420	S420	S420	S420
Zemin emniyet gerilmesi(kN/m2)	200 kN /m2	300 kN /m2	400 kN /m2	400 kN /m2
Metraj				
Kalıp(m2)	285	81	42	83
Beton(m3)	2131	405	191	382
Donatı (kg)	126932	26850	36200	25200

Tablo 4.4. Malzeme sınıfı ve analiz metraj sonuçları



Yukarıdaki grafikte girilen farklı zemin taşıma gücü değerleri için elde edilen metraj değerleri vardır. Donatı ve demir metrajları arasında ciddi farklar vardır. Bu durum ciddi maliyet farklılığı doğurmaktadır. (Tablo 4.3)

Taşıma gücü değeri 200 kN /m² alındığında; kalıp alanı 285 metrekare, donatı miktarı 126932 kg ve beton miktarı ise 2131 metreküp olarak hesaplanmıştır.

Taşıma gücü değeri 300 kN /m² alındığında; kalıp alanı 81 metrekare, donatı miktarı 26850 kg ve beton miktarı ise 405 metreküp olarak hesaplanmıştır.

Taşıma gücü değeri 400 kN /m² alındığında; kalıp alanı 83metrekare, donatı miktarı 25200 kg ve beton miktarı ise 382 metreküp olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.5. Beton ve donatı metrajına göre birim fiyat üzerinden maliyet farkı

Zemin emniyet gerilmesi(kN/m ²)	200 kN /m ²	300 kN /m ²	400 kN /m ²	400 kN /m ²
Metraj				
Kalıp(m ²)	285	81	42	83
Beton(m ³) (160 TL/1 m ³)	2131	405	191	382
Donatı (kg)(3,5 TL/1 kg)	126932	26850	36200	25200
Toplam maliyet (sadece beton ve donatı miktarı için) TL	785.222 TL	158.775 TL	157.260 TL	149.320 TL

Tablo 4.5' te anlaşıldığı gibi zemin taşıma gücü değerine ve temel tasarımına bağlı olarak farklı maliyetler ortaya çıkmaktadır.

Burada görüldüğü gibi, farklı zemin gerilmelerine bağlı olarak farklı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Zemin emniyet gerilmesinin metrajlar üzerinde etkisinin çok olduğu ortaya çıkmıştır. Bu değişiklik temellerde ortaya çıkmaktadır. Bu farklılık sadece emniyet gerilmesine bağlı olmayıp, üst yapı mühendisinin temel tasarımına bağlı olarak değişmektedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Temeller, üst yapıdan gelen tüm yükleri güvenli bir şekilde taşıyan ve zemine aktaran yapı elemanıdır. Zemine aktarılan bu yüklerin taşıma gücü kapasitesini aşmaması gerekir. Taşıma gücü hesaplarından elde edilen taşıma kapasitesinin, yönetmelikte belirtilen güvenlik katsayı G_s ile bölünmesiyle nihai emin taşıma gücü elde edilmektedir. Güvenlik katsayısı 2-5 aralığında belirtilmiştir. Yapıdan gelen yükler emniyetli taşıma gücü gerilmesini aştığı zaman, yapıda kayma ve göçme gibi telafisi mümkün olmayan veya büyük maliyetli sonuçlar doğurur. Bundan dolayı nihai taşıma kapasitesinin iyi hesaplanması gerekir. Bunun için, laboratuvar, arazi (sondajlar) ve jeofizik yöntemlerden elde edilen verilerin taşıma gücünü tam anlamıyla doğru ifade etmesi gerekmektedir.

Buradan yola çıkılarak, taşıma gücü hesabında kullanılan; arazi, laboratuvar ve jeofizik yöntemlerin yanı sıra klasik yöntemlerden bahsedildi.

Sonuç olarak nihai taşıma gücü kapasitesini belirlemede birçok yöntem olduğu görülmüştür. Laboratuvar deneylerinde kullanılan numunelerin zeminlerin gerçek ortamlarının (drenajlı, drenajsız, örselenmiş, örselenmemiş vs.) tam olarak ele alınmasının zor olduğu, araştırmacıların da ampirik formülleri elde ederken yaptıkları bir takım varsayım ve kabuller ile nihai taşıma kapasitesini elde etmeye çalıştıkları görülmüştür.

Zemin etüdü raporlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Zemin etüdü raporları hazırlanırken gereken hassasiyet gösterilmelidir. Deneyde kullanılan ekipmanların periyodik bakımları yapıp, deneyi yapan kişilerin de eğitimleri güncellenmelidir. Zemin etüdü raporunda nihai taşıma gücünde yapılan eksiklik veya hatalar temel tasarımını doğrudan etkilemektedir.

Yapılan analizler sonucunda farklı taşıma gücü değerlerinde tablo.4.3. de görüldüğü gibi farklı metrajlar ortaya çıkmaktadır. 200 kN /m², 300 kN /m² ve 400 kN /m² alınan zemin emniyet gerilmesi ile B+Z+13 katlı bir binanın statik analizi 2007 deprem yönetmeliğine göre çözülmüştür. Zemin yatak katsayısı 30720 kN /m² olup proje 2. derece deprem bölgesindedir. Bina önem katsayısı konut olduğundan dolayı 1 alınmıştır. Beton sınıfı C30 olup, çelik sınıfı ise S420'dir. Ortaya çıkan sonuçta eşit zemin taşıma kapasitesinde, farklı temel tasarımlarında

bile metraj farklılığı ortaya çıkmaktadır. Aynı şekilde farklı alınan değerlerde ise donatı, kalıp ve beton miktarının tamamen değiştiği görülmüştür.

Zemin emniyet gerilmesi gereğinden düşük alınınca olağanüstü maliyetin ortaya çıktığı görülmüştür. Düşük çıkan taşıma gücü değerinin, üst yapıdan gelen kuvvetleri karşılayabilmesi için yükler geniş alana yayılmalıdır. Bu yüzden gerilmeyi düşürmek için temel alanı artırılmış olup, yük geniş alana aktarılmıştır. Bundan dolayı ortaya çıkan gerek beton, işçilik, donatı; gerek kazı temel alanının artmasından dolayı oluşan zaman ve iş makinesi maliyet kaybı ortaya çıkmaktadır.

Zemin emniyet gerilmesi 400 kN /m² alınınca ise 2 farklı sonuç ortaya çıktı. Bunlardan birincisinde beton 191 metreküp ve kalıp metrajı da 42 metrekare olurken donatı miktarı ise 36200 kilogram olarak hesaplanmıştır. İkincisinde ise kalıp miktarı 83 metrekare ve beton miktarı 382 metreküp olunca; donatı miktarı 25200 kilograma düşmektedir.

200 kN /m² olarak alınan zemin emniyet gerilmesinde çok ciddi metrajlar ortaya çıkmıştır. Sadece temelde çıkan metraj miktarı 126932 kilogram donatı miktarı, 300 kN /m² ve 400 kN /m² alınan değerlerin metrajından yaklaşık 4-5 kat fazla çıkmaktadır. Aynı şekilde kalıp ve beton metrajında da 3-6 kat arası değişmektedir. Bu farklılık betonda ise 5-10 kat olarak değişmektedir.

Bu çalışmada iki sonuca varılmıştır. Hem zemin etüdünde yapılan eksik ve hataların hem de üst yapı mühendisinin temel tasarımı sırasında yapmış olduğu hatalar veya tercihler, proje maliyetini etkilemektedir.

KAYNAKLAR

- Akdeniz, E., Mutlu, S., Güney, Y., Özdemir, V. 2012: Zemin Etüt Raporlarının Esaslara Uygunluğunun Değerlendirilmesi: Eskişehir Örneği. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt 8, No.2, 26-37.
- ASTM Designation, 2000: Standard guide for using the seismic refraction method for subsurface investigation, D 5777-00, ASTM D1586, Philadelphia.
- ASTM Designation, 1999: Standard Test Method for Penetration Test and Split- Barrel Sampling, D 1586-99, Philadelphia.
- ASTM D 1586-99. ASTM D 2573, 1999: Standard Test Method for Penetration Test and Split –Barrel Sampling Soils. ASTM Publication. P 5.
- Bauer M. (1998): "Parametric Cost Estimating Model For Buildings", U.S.A., AACE International.
- Belfield D..E. (1977): "Initial Cost Estimating", The Architects' Journal, s. 1037-1042.
- Bostancıoğlu E. (1999): "Ön Tasarım Evresinde Maliyeti Etkileyen Faktörler ve Faktörlere Dayalı Bir Maliyet Tahmin Modeli", Yayınlanmamış Doktora Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Brandon P.S., Moore R.G., Main P.R. (1985): "Computer Programs For Building Cost Appraisal", Great Britain, Collins Professional And Technical Boks, s. 56-73.
- Bowles, J. E., 1996: Foundation Analysis and Design, 5th ed., The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Bozkurt, A., Kurtuluş, C., 2009: Jeofizik ve Geoteknik Metotlarla Mühendislik Uygulamaları: Yalova'da Arazi Uygulaması, Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, 8. Cilt, 2. Sayı, s. 1-14.
- Bathurst P.E., Butler D.A. (1982): "Building Cost Control Techniques And Economics", 2nd Edition, William Heinemann Ltd., London.
- Bowles, J.E., 1988: Foundation Analysis and Design, McGraw-Hill Publication, 1004 s.
- Craig, R. F. 1994: Soil Mechanics, Fifth Ed., GB. Chapman and Hall Press.
- Clayton, 1993: Zemin ve kaya sınıflandırılması, Lunnevd. 1997, ASTM D 2573

- Clayton, C. R. I., Matthews, M. C., Simons, N. E., 1995: Site Investigation, Second ed., Blackwell Science, Oxford.
- Coduto, D. P., 2001: Foundation Design: Principles and Practise, Prentice-Hall Inc.
- Çinicioğlu, S. F., 2005: Zeminlerde statik ve dinamik yükler altında taşıma gücü anlayışı ve hesabı, Seminer, IMO İstanbul Şubesi.
- Deters K. (1982): "Wirtschaftlich Bauen, Auswirkungen Von Planungsmassnahmen Die Baukosten", Aus Der Bauforschung Für Die Baupraxis, Heft 6, 423-427.
- Das, B. M., 1999: Shallow Foundations Bearing Capacity and Settlements, CRC Press.
- Ferry D., Brandon P. (1986): "Cost Planning Of Buildings", 5th Edition, Great Britain, Collins Professional And Technical Books.
- Hansen, B. 1961: A General Formula for Bearing Capacity. Dan. Tech. Inst. Bull No. 11, Denmark., Kraentzer, 1962; Deters, 1982s, Housel 1929
- Hvorslev, M.J. 1949. Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- İmar İskan Bakanlığı Mesken Genel Müdürlüğü Sosyal Araştırma Dairesi, Ankara.
- İyisan, R., 1994: Geoteknik Özelliklerin Belirlenmesinde Sismik ve Penetrasyon Deneylerinin Karşılaştırılması, Doktora Tezi, İ.T.Ü., İstanbul.
- Kraentzer K.R. (1962): "Konut İnşaatlarında Yapı Maliyetine Etkiler", (Çev. Cemal Yarar), Türker (2004), Bowles 1996, STA4CAD
- Keçeli, A., 2000: Sismik Yöntemlerle Kabul Edilebilir veya Emniyetli Taşıma Kapasitesi Saptanması, Jeofizik, 14, p. 61-72.
- Kumbasar, V., Kip F., 1999: Zemin Mekaniği Problemleri, 6. Baskı, Çağlayan Kitabevi, Beyoğlu, İstanbul, Apageo 2006,
- Keçeli, A., 1990: Sismik Yöntemlerle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması, Jeofizik, 4, p. 83-92.

- Lee, J., and Salgado R., Estimation of Bearing Capacity of Circular Footings on Sands Based on Cone Penetration Test, ASCE, 131, pp. 442-452.
- Lunne, T., Robertson, P.K., and Powell, J.J.M., 1997. Cone penetration testing in geotechnical, E & FN Spon, London.
- Meyerhof, G.G. 1956: Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesionless Soils, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol.82, No. SM1, pp. 1-19.
- Meyerhof, G.G. 1965: Meyerhof 1951, 1974, Shallow Foundations, JSM FD ASCE Vol 91, 21-31, Türker 1998, Meyerhof 1974
- McCarthy, D. F., 2007: Zemin mekaniğinin esasları ve temeller; temel geoteknik, 7. Baskı, OYTEV, İstanbul.
- Piştirici E., Dinç T., Demirkan H. (1986): "Toplu Konut Kat Adedi-Maliyet İlişkisi", Tübitak Yapı Araştırma Enstitüsü, Rapor No: h122, Ankara.
- Raftery J. (1991): "Principles Of Building Economics", London, An Introduction Oxford BSP Professional Book.
- Standard Test Method for Penetration Test and Split –Barrel Sampling Soils. ASTM Publication. P 5., SPT aşamaları FHWA,2002b, SPT örnek alıcısı ASTM D1586-11, ASTM-D1195
- Schroeder, W.L., Dickenson, S.E. 1996: Soils in Construction, Prentice Hall Publication, 4th edition.
- Skempton, A.W. 1951: The Bearing Capacity of Clays. Proc. Build. Res. Congr. London, pp 180 – 189., Skempton 1978
- Skempton, A.W. 1986: Standard Penetration Test Procedures and the effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Aging and Overconsolidation. Geotechnique, 36, 3, 425-447.
- Schaffler G. (1977): "Das Planungsoekonomische Informationssystem-Ein Gebäudetyp-bezogenes Kostenermittlungsverfahren", Bauwirtschaft, Heft 50, s. 2259-2263.

- Schaffler G. (1978): "Planungsökonomische Informationen Für Ein Gebäudetyppbezogenes Kostenermittlungsverfahren Kenforschungszentrum Karlsruhe GmbH", Karlsruhe.
- Seeley I.H. (1986): "Building Economics", 3rd Edition, Great Britain, Macmillan Education Ltd., Coduto 2001,
- Schmertmann, J. H., 1978: Guidelines for Cone Penetration Test: Performance and Design, FHWA-TS-78-209, U.S. Dept. of Transportation, pp. 145.
- Schroeder, W.L., Dickenson, S.E. 1996. Soils in Construction, Prentice Hall Publication, 4th edition., Baguelin 1972, Wroth ve Hughes 1973 Delgili Presiyometre hücresi
- Tomlinson, 1998: Schroeder and Dickenson, 1996, Ulusay, 2001, Robertson ve Cabal, 2010
- Terzaghi, K. 1943: Theoretical Soil Mechanics Practice, John Wiley Publication, NewYork.
- Terzaghi, K., Peck, R.B. 1967: Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons Publication, 729 s., NewYork.
- Tomlinson, M.J. 1998: Foundation Design and Construction, 6th edition, Longman Publication, McCarthy, 2007
- T.C. Maliye Bakanlığı (1994): "Emlak Vergisi Beyanname Düzenleme Rehberi", Ankara.
- T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi (1996): "Yapı İşleri Mevzuatı El Kitabı", Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2000): "TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları", Ankara.
- Tomlinson, 1998: Schroeder and Dickenson, 1996, Ulusay, 2001
- Terzaghi, K., 1947: Theoretical Soil Mechanics, 4th ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Tezcan, S. S. and Özdemir, Z., 2011: A Refined Formula for Allowable Soil Pressure Using Shear Wave Velocities, The Open Civil Engineering Journal, 5, pp. 1-8.
- Tezcan, S. S., Keçeli A. ve Özdemir, Z., 2010: Zemin ve Kayaçlarda Emniyet Gerilmesinin Sismik Yöntem ile Belirlenmesi, Tübav Bilim Dergisi, Cilt. 3, Sayı. 1, s. 1-10.

Tezcan, S. S., Buket, Z. S., 2001: Insitu soil testing for site investigation, Türkiye Deprem Vakfı, TDV / KT 018-66., Türker 1998 Taşıma Gücü Hesabı

Tomlinson, M.J. 1998: Foundation Design and Construction, 6th edition, Longman Publication

Terzaghi, K., 1947: Theoretical Soil Mechanics, 4th ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.

Terzaghi, K., Peck, R. B., 1967: Soil Mechanics in Engineering Practise, Second ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.

Ulusay, R. 2001: Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, 4. Baskı, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No.38.

Uzuner, B.A. 2007: Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği. Derya Kitabevi Yayını, 560

Vesic, A. S., 1967: A Study of Bearing Capacity of Deep Foundation, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia., Vesic 1963 Taşıma Kapasitesi

İNTERNET KAYNAKLARI

İnternet: İnşaat Mühendisleri İzmir Şubesi, “İnşaat Mühendisliğinde Zemin Sempozyumu”

<http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/14587.pdf> adresinden 10 Şubat 2019 tarihinde alınmıştır.

İnternet: Okan Güngör, Yüksek lisansı,

<http://www.okangungor.com.tr> adresinden 18 Aralık 2018 tarihinde alınmıştır.

İnternet: Taşıma Gücü ve Oturma İncelemelerinde Menard Pressiyometre Deneyinin Uygulanması, Kuloğlu 2014

<https://dergipark.org.tr/download/article-file/280151>, adlı adresten 14 Şubat 2019 tarihinde alınmıştır.

İnternet: Presiyometre Testi Fotoğraf Galerisi

<https://www.umutgeoteknik.com/tr/galeri/presiyometre-testi/>, adlı adresten 10 Nisan 2019 tarihinde alınmıştır.

İnternet: Zemin Araştırma Ltd., Arazi ve Laboratuvar Deneyleri

<http://www.zeminarastirma.com/deneyler/plaka-yukleme-denevi/plate-load-test/>, adlı adresten 3 Mart 2019 tarihinde alınmıştır.

İnternet: Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Prof.Dr.

Recep KILIÇ Zemin, Kaya, Malzeme ve Hidrojeoloji, Deneyler

<https://slideplayer.biz.tr/slide/2795729/>

adlı adresten 4 Nisan 2019 tarihinde alınmıştır.

İnternet: Bina Maliyet Endeksleri

tuik.gov.tr adlı adresten 12 Ocak 2019 tarihinde alınmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TANRIVERDİ, Bilal
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi (gün/ay/yıl) : 04.05.1994
Doğum Yeri : SEYHAN/ADANA
Medeni hali : Bekar
Adresi : Toros Mah. 78055 Sk. No:2 Gül kaya Apt. Kat :6/7
Telefon : 05369673966
E-Posta : ims.projebilal@gmail.com

Eğitim Derecesi

Eğitim Birimi

Mezuniyet yılı

Yüksek lisans	Toros Üniv. Fen Bil. Ens. İnşaat Müh. Tezli YL.	2019
Lisans	Çukurova Üniversitesi, Müh.Mim. Fak.İNşaat Müh.Böl.	2016
Lise	Emine-Nabi Menemencioglu Lisesi	2012

İş Deneyimi

Yıl

Çalıştığı Yer

Görev

2016-2017

Uzman Yapı Denetim

Kontrol Elemanı

2017-Halen

İMŞ İnşaat

Şantiye Şefi Proje Sorumlusu

Yabancı Dil

-

Yayınlar

-

İlgi Alanları

Spor



T.C.
TOROS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNTİHAL PROGRAMI RAPORU

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih : 13/06/2019

Tezin Başlığı: Zemin Taşıma Gücünün Yapı Maliyetine Etkisi

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın;

a) Giriş,

b) Ana bölümler ve

c) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 95 sayfalık kısmına ilişkin, 13/06/2019 tarihinde enstitü tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 21 'dir.

Uygulanan filtrelemeler



- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- Benzer kelime sayısı 10 adet

yapıldığında en fazla %10,



- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar dahil
- 3- Benzer kelime sayısı 10 adet

yapıldığında en fazla %30'u geçmemelidir.

Tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Yukarıda belirtilen başlıkta danışmanımla birlikte tamamlamış olduğum tezimin fikir/araştırma sorusu, yöntem, bulgular ve tartışma kısımları özgün olup kısmen veya tamamen diğer çalışmalardan alınan kısımlar olduğu durumlarda kaynak belirtilmesine dikkat edilmiştir. Tezimin tez yazım kurallarına uygun olarak ve intihal olmaksızın hazırladığımı taahhüt eder; intihal olması durumunda tez çalışmamın başarısız sayılacağını ve mezuniyetimin iptalini kabul ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı : Bilal TANRIVERDİ

İmzası : Tarih: 13/06/2019

Yukarıda kişisel ve tez bilgileri verilen öğrencimin belirtilen başlıkta birlikte tamamlamış olduğumuz tezi Turnitin intihal yazılım programında kontrol edilmiş ve etik bir ihlale rastlanmamıştır. İntihal yazılım programının rapor çıktısı ektedir. Ayrıca tezin fikir/araştırma sorusu, yöntem, bulgular ve tartışma kısımları özgün olup kısmen veya tamamen diğer çalışmalardan alınan kısımlar olduğu durumlarda kaynak belirtilmesine dikkat edilmiştir.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ

İmzası

Ek: İntihal yazılım programının rapor çıktısı (2 sayfa)

..... Tarih: 13/06/2019

ZEMİN TAŞIMA GÜCÜNÜN TAPU MALİYETİNE ETKİSİ

Yazar Bilal Tanrıverdi

Gönderim Tarihi: 13-Haz-2019 02:04PM (UTC+0300)

Gönderim Numarası: 1143243295

Dosya adı: G_C_N_N_TAPI_MAL_YET_NE_ETK_S_-Bilal_TANRIVERD_130.06.2019.docx (9.2M)

Kelime sayısı: 14610

Karakter sayısı: 92948

ZEMİN TAŞIMA GÜCÜNÜN TAPU MALİYETİNE ETKİSİ

ORJİNALLİK RAPORU

% 21 BENZERLİK ENDEKSİ	% 21 İNTERNET KAYNAKLARI	% 0 YAYINLAR	% 0 ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ
----------------------------------	---------------------------------------	------------------------	--------------------------------

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	polen.itu.edu.tr İnternet Kaynağı	%7
2	web.deu.edu.tr İnternet Kaynağı	%5
3	ees2015.mehmetakif.edu.tr İnternet Kaynağı	%4
4	123doc.org İnternet Kaynağı	%2
5	www.yukselproje.com.tr İnternet Kaynağı	%2
6	www.muhasebenews.com İnternet Kaynağı	%1

Alıntıları çıkar

Kapat

Eşleşmeleri çıkar

< %1

Bibliyografyayı Çıkart

Üzerinde