



# 3. KAZIK TEMELLERİN TASARIMI

DOÇ. DR. ERDAL UNCULOĞLU  
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ  
2019

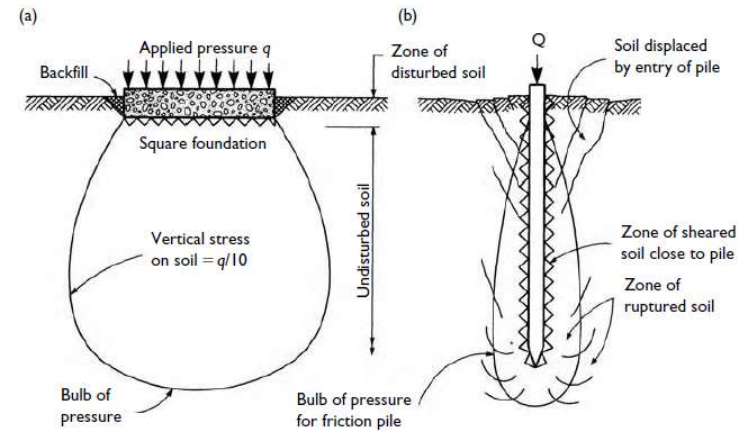


## 3.1. GİRİŞ

Kazıkların taşıma kapasitesinin tahmin edilmesi karmaşık bir problemdir. Kazık temellerin nihai taşıma kapasitesi de zemin mekaniği prensiplerine dayalı olarak tahmin ediliyor olmasına karşın bu prensiplerin yüzeysel temellerin taşıma gücünün tahminindeki uygulanmasından oldukça büyük farklılıklar göstermektedir.

Doğru yapım teknikleri kullanılarak inşa edilen yüzeysel bir temelde zemindeki örselenmeler kazı tabanı altındaki oldukça küçük bir derinlikle sınırlıdır. Gerçekte; taban basıncından etkilenen bütün zemin kütlesi örselenmemiş olarak kalmakta ve inşai operasyonlardan etkilenmemektedir. Bu yüzden; yüzeysel temelin kayma göçmesine karşı güvenlik katsayısı ve işletme yükü etkisinde temelin yapacağı oturma, temel altındaki örselenmemiş zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi ile belirli bir doğrulukta tahmin edilebilecektir. Yapılacak hesaplamaların doğruluğu, zemin tabakalarındaki veya zemin profilindeki karmaşıklıktan etkilenecektir.

Kazık temellerin taşıma kapasitesini idare eden koşullar ise oldukça farklıdır. Kazığın zemine hangi yöntem ile (şahmerdanla çakarak, basınçlı su ile çakarak, kazığı zemine iterek, kazığı zemine vidalayarak ya da delme yoluyla) yerleştirildiğinden bağımsız olarak kazık gömülü uzunluğu boyunca kazık yüzeyi ile temasta olan zemin kütlesi kazığın zemine yerleştirilmesi ile tamamen örselenmiş duruma gelecektir. Kazık gövdesini çevreleyen bu zemin kütlesi, kazığın gövde taşıma kapasitesini kazandığı ve yanal yükleme durumunda yüke karşı koyan zemin kütlesidir.



Şekil 13. Yüzeysel ve Kazık Temeller Altındaki Basınç Dağılımı ile Zemin Örselenmesinin Karşılaştırılması

Benzer şekilde; kazık ucunun altında yer alan zemin kütlesi de kazığın zemine yerleştirilmesi ile belli bir derinliğe kadar sıkışmaktadır (bazen de gevşemektedir) ki bu durum kazığın uç taşıma kapasitesi üzerinde etkilidir.

Kazık-zemin ara yüzündeki koşullarda zamanla (günler, aylar ya da yıllar ile birlikte) oluşabilecek değişimler de kazığın gövde taşıma kapasitesini etkileyecektir. Bu değişimlere örnek olarak sıralanan durumlar gösterilebilir;

- kazığın zemin yerleştirilmesi sırasında oluşan aşırı (ya da ilave) boşluk suyu basınçlarının sönümlenmesi,
- kazık ve zeminin birbirlerine göre rölatif hareketleri sonucunda kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerinde değişim oluşması,
- zeminle temas halindeki betonda sertleşme ya da çelikte korozyon oluşması gibi kimyasal ya da elektro-kimyasal etkiler

Kazık temeller, kazık grupları şeklinde inşa edilmektedir. Ağır üst yapı yüklerini karşılayacak olan kazıklar grup içerisine yerleştirilirken (kazığın zemine çakılarak ya da delme yapılarak yerleştirilmesi sırasında) daha önceden yerleştirilmiş kazıkların taşıma kapasitesinde ve yük-oturma davranış özelliklerinde değişiklikler olabilirler.

Kıl zemindeki bir kazığın taşıma kapasitesi hesaplanırken zaman etkilerinin taşıma kapasitesini etkileyeceği mutlaka göz önüne alınmalıdır. Zaman etkileri olarak; kazığa yapılan yüklemenin hızı ve kazığın zemine yerleştirilmesi ile yüklenmesi (ya da test edilmesi) arasında geçen zaman aralığı anlaşılmaktadır.

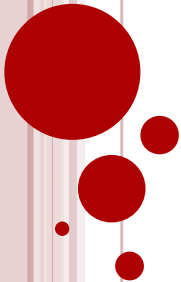
Derin temel tasarımı; kazık tipinin seçimi, kazık uzunluğu, çapı ve üst yapı yükünü göçmeye karşı yeterli bir güvenlikte istenilen oturma değerleri ile taşıyabilecek gerekli kazık sayısının hesaplanması adımlarını içermektedir. Bununla birlikte; kazığın yapıldığı malzemenin aşırı yüke maruz kalmamasına da özen gösterilmelidir.

Kazık tipi, çapı ve uzunluğu belirlendikten sonra üst yapı yükünü güvenli ve istenilen sınırlar içindeki oturmalarla taşıyabilecek gerekli kazık sayısı belirlenir. Taşınacak yük; bir düşey yük, devirme momentli ya da devirme momentsiz bir yatay yük ya da bunların bir kombinasyonu şeklinde olabilir. Kombine yükleme durumunda; iki yükleme tipi de ayrı ayrı değerlendirilir ve etkileşim etkileri ihmal edilir. Bunun nedeni şu şekilde açıklanabilir; düşey yüke karşı direnç zemin profili boyunca derinlerde mobilize olurken yatay yüklerle karşı direnç zemin yüzeyine yakın derinliklerde mobilize olmaktadır.

**Derin temellerin tasarımında aşağıdaki adımlar takip edilebilir;**

- Kazık tipi, kazık çapı ve kazık gömülü uzunluğu seçilir.
- Tek kazığın nihai taşıma kapasitesi hesaplanır. Eğer yatay yükleme varsa kazığın maksimum eğilme momenti değeri de hesaplanır.
- Taşıma gücü göçmesine karşı yeterli güvenlikte olacak şekilde üst yapı yükünü taşıyacak gerekli kazık sayısı hesaplanır.
- Grup etkisi kontrol edilir.
- Taşıma gücü kriteri sağlanana kadar 1-4 adımları tekrar edilir.
- Üst yapı yükü etkisinde, kazık grubunun oturması hesaplanarak oturma değerlerinin istenilen sınırlar içinde kalıp kalmadığına bakılır.
- Eğer oturma miktarı fazla ise, derin temel tasarımı modifiye edilir (kazık gömülü uzunluğu artırılabilir, kazık çapı değişebilir, farklı kazık tipi tercih edilebilir). Sonrasında kazık grubunun oturması yeniden hesaplanır.
- Eğer kazık grubunun oturma değeri istenilen sınırlarda kalmışsa tasarım tamamlanmıştır.





## 3.2. KAZIĞIN YÜK ALTINDAKİ DAVRANIŞI

Düşey yüke ya da düşey ve yatay yüklere maruz bir kazık grubunun taşıma kapasitesi tek kazığın davranışına bağlı olarak belirlenmektedir.

Tek kazığın taşıma gücü ise

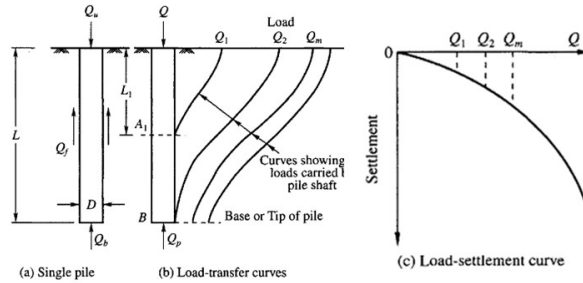
- a) kazığın tipi, çapı ve uzunluğuna
- b) zeminin cinsine
- c) kazığın zemine yerleştirilme yöntemine bağlıdır.

Bununla birlikte; yer altı su seviyesinin konumu da taşıma kapasitesini etkileyen diğer bir unsurdur.

Güvenli ve ekonomik bir kazık temel tasarımı yapabilmek için kazık ve zemin arasındaki etkileşimin iyi analiz edilmesi, göçme mekanizmasının iyi anlaşılması ve yükler etkisinde zemindeki deformasyondan kaynaklanacak oturmaların tahmin edilmesi gerekmektedir.



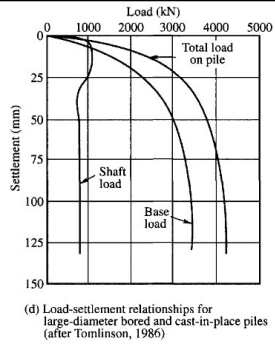
Şekil 12 (a)'da gösterilen kazığın, kazık başına uygulanan artımsal bir basınç yüklemesi ile göçme anına kadar yüklendiğini ve her bir yükleme kademesinde denge durumuna ulaşılmasının ardından kazık başında meydana gelen oturma değerlerinin ölçüldüğünü farzedelim. Böylelikle Şekil 12 (c)'de görülen yük-oturma eğrisi elde edilecektir. Eğer; yüklenen kazık algılayıcılarla donatılmış ise farklı yükleme kademelerinde, Şekil 12 (b)'de gösterildiği gibi kazık boyunca yük dağılımı tanımlanabilecektir.



Şekil 12. Kazıklarda Yük-Transfer Mekanizması

Kazık başında etkiyen eksenel yük değeri  $Q_1$  iken  $A_1$  seviyesinde eksenel yükün sıfır olduğu görülmektedir. Bu durumda; toplam  $Q_1$  yükü, kazığın  $L_1$  uzunluğu boyunca bir sürtünme yükü olarak taşınmaktadır. Kazığın geriye kalan  $A_1B$  kısmı bu yüklemeden etkilenmemektedir. Kazık başında etkiyen düşey yük değeri  $Q_2$ 'ye artırıldığında kazık ucundaki eksenel yük değerinin hala sıfır olduğu görülür. Toplam  $Q_2$  yükü kazığın  $L$  uzunluğu boyunca bir sürtünme yükü olarak dağılmaktadır. Kazık başında etkiyen yük değeri  $Q_2$ 'den fazla olduğunda bu yükün bir kısmı kazık ucundan zemine uç yükü olarak aktarılacak geri kalan kısım ise kazığı çevreleyen zemine iletilecektir. Kazık başındaki düşey  $Q$  yükünün artırılması ile hem sürtünme yükü hem de uç yükü artmaya devam edecektir. Kazık başında etkiyen  $Q_m$  gibi bir düşey yük değerinde sürtünme yükü maksimum değerine,  $Q_p$  erişecek ve  $Q_m$  değerinin üzerindeki düşey yük değerlerinde  $Q_f$  değeri artık artmayacaktır. Bununla birlikte; uç yükü olan  $Q_p$ , zeminde bir zımbalama kayma göçmesi meydana gelene kadar artmaya devam edecektir.

Gövde sürtünme direncinin tam mobilizasyonu kazık çapının %0.3 ila %1' i bir oturmada gerçekleşirken uç direncinin tam anlamı ile mobilize olması kazık çapının %10 ila 20' si bir oturmada gerçekleşmektedir (çakma kazıklarda çapın %10'u, fore kazıklarda %30'u). Kazık uç kapasitesi tam mobilize hale geldiğinde; kazık başındaki yük değerinde bir artış olmaksızın kazık zemine batacağıdır. Ya da yükteki küçük artışlarda oldukça büyük oturmalar gözlenecektir.



Şekil 13. Örnek Bir Kazık Yükleme Deney Sonucu

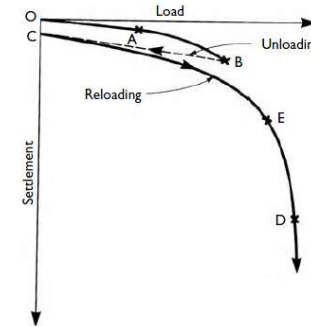
Buradan çıkan sonuç şudur; eğer kazıklar; toplam göçme yükünün 1/3 ila 1/2' si değerinde bir servis yükü taşıyacak şekilde tasarlanırlarsa servis yükü değerinde gövde taşıma kapasitesinin tamamı ile mobilize olma ihtimali yüksektir. Bu durum tasarımda önemli bir taşıma gücüdür.

Şekil 13' de kil zeminde imal edilmiş büyük çaplı bir delme-yerinde dökme kazık üzerinde yapılmış kazık yükleme deneyinden elde edilen yük-oturma eğrileri gösterilmiştir.

Şekil 13' den de görüldüğü gibi kazık gövde kapasitesi 15 mm' lik bir oturmada tam mobilizasyona ulaşmışken kazık uç kapasitesi ve toplam kazık taşıma kapasitesinin yaklaşık 120 mm' lik bir oturmada tam mobilize olduğu görülür. 15 mm' lik oturmada kazık gövde kapasitesi 1000 kN kadar olup bu değer uç kapasitesinin yaklaşık %30' u mertebelerindedir.

Tasarım için 15 mm' lik oturmada 2000 kN değerinde bir servis yükü seçilecek olursa, bu servis yükü değerinde, gövde kapasitesinin tam mobilize olduğu buna karşılık uç taşıma kapasitesinin yaklaşık %50' sinin mobilize olduğu görülecektir.

Uygun hızda uygulanan artımsal bir eksenel düşey yüke maruz kazıkta meydana gelen yük-oturma eğrisine dair bir örnek de Şekil 14' te gösterilmiştir. yük-oturma eğrisinden de görüldüğü gibi A noktasına kadar olan doğrusal kısım boyunca kazık-zemin sistemi elastik davranış sergilemektedir. Bunun anlamı; A noktasına kadar uygulanmış olan yük boşaltılırsa kazık başı yükleme başlangıcındaki durumuna geri dönecektir.

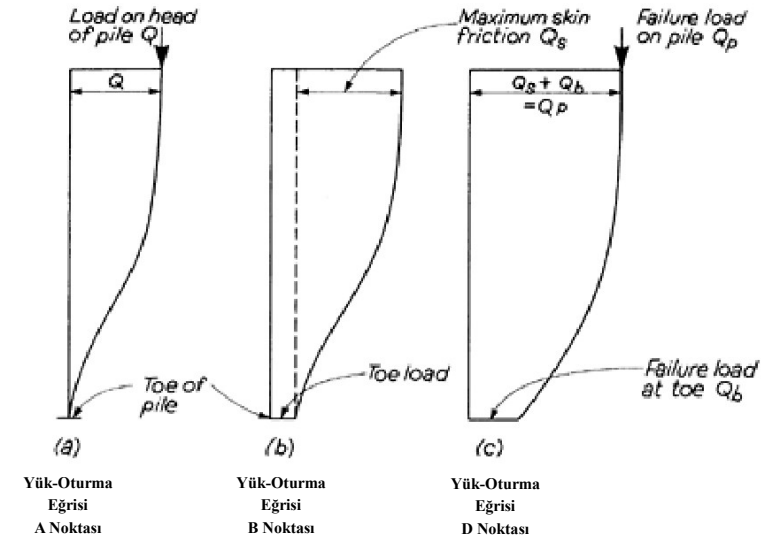


Şekil 14. Eksenel Düşey Yük Etkisinde Göçme Durumuna Kadar Yüklenen Bir Kazığa Ait Yük-Oturma Eğrisi

Uygulanan yük, A noktası ötesine artırılacak olursa kazık-zemin ara yüzeyinde yenilme oluşacak ve B noktasına ulaşınca kadar kayma meydana gelecektir. B noktasında, kazık gövdesi boyunca maksimum çevre sürtünme direnci mobilize haldedir. Bu aşamada uygulanmış yük boşaltılırsa kazık başı C noktasına dönerki bu da bize OC miktarı kadar kalıcı oturma gerçekleştiğini gösterir.

Kazık uç direncinin ya da diğer bir ifade ile uç taşıma kapasitesinin tam mobilize olduğu ana D noktasında ulaşılır. D noktasından sonra kazık, yükte bir artış olmaksızın zemine batar ya da yükte oluşacak çok küçük artışlara karşılık büyük oturmalar gerçekleşir.

Şekil 15' de ise yük-oturma eğrisinde anlatılan davranışa bağlı olarak yükün kazıktan zemine nasıl aktarıldığı gösterilmiştir.

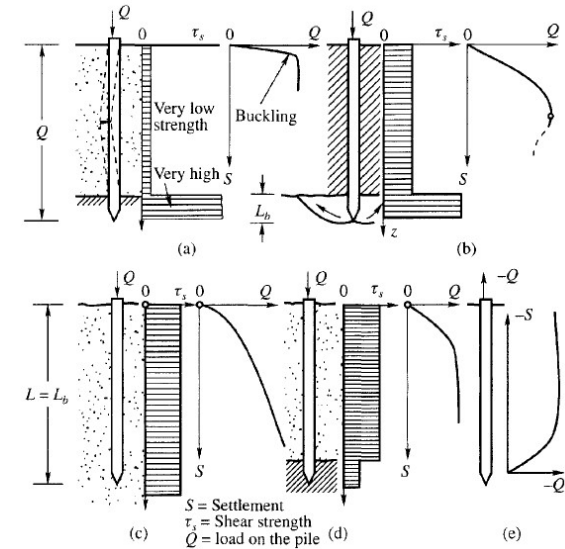


Şekil 15. Kazıktan Zemine Yük Transferi

Bir kazığın yük-oturma eğrisinin tipi, kazığı çevreleyen zemin ile kazık ucunun bastığı zeminin birbirlerine göre mukavemetine bağlıdır. Kezdi (1975) tarafından tanımlanan göçme tipleri Şekil 16' da gösterilmiştir.

Şekil 16.a; ucu çok sağlam bir tabakaya (kaya da olabilir) basan bir kazık görülmektedir. kazık gövdesini çevreleyen zemin, bir çevre basıncı uygulamak ya da yanal bir direnç oluşturmak için oldukça zayıftır. Boyle bir durumda; kazık, bir miktar elastik sıkışmanın ardından burkularak göçer. Yük-oturma eğrisinde göçme yükü belirgindir.

Şekil 16.b; genellikle, uygulamada karşılaşılan göçme tipidir. Kazık eleman, düşük mukavemete sahip zayıf zemin tabakalarını geçerek yüksek mukavemete sahip tabaka içerisine penetre olur. Sağlam tabakanın kazık ucundan itibaren yeterli bir kalınlığa sahip olması gerekmektedir. Nihai yük değeri,  $Q_u$ 'da, üstte yer alan tabaka bir göçme yüzeyi oluşumunu engelleyemeyeceğinden, kazık ucunda bir genel kayma göçmesi oluşacaktır. Kazık ucunun bastığı sıkı tabakada oturma miktarı oldukça az olacağından gövde sürtünme direncinin taşıma gücüne katkısı da az olacaktır. Bu yüzden; kazık gövdesi boyunca kayma gerilmelerinin mobilizasyon derecesi düşüktür. Yük-oturma eğrisi, sıkı kum zemine oturan yüzeyssel temelinki ile aynıdır.



Şekil 16. Kazıklarda Göçme Tipleri ve Zemin Mukavemetinin Göçme Tipine Etkisi

Şekil 16.c; kazığı çevreleyen zeminin kayma mukavemetinin uniform olduğu durumdur. Bu nedenle de muhtemelen bir zımbalama kayma göçmesi meydana gelecektir. Yük, hem gövde hem de uç direnci ile taşınacaktır. Yük-oturma eğrisinde göçme yükü belirgin değildir.

Şekil 3.e; kazık bir çekme yüküne ( $-Q$ ) maruzdur. Uç direnci sıfırdır. Kabarma meydana gelmektedir.

