

Kazıklı Temeller – Giriş

Program: Kazık, Kazık CPT ve Kazık Grubu

Bu mühendislik kılavuzu, GEO5'te kazıklı temellerin analizi için programın kullanımını açıklamaktadır.

GEO5 yazılımı Kazık, Kazık CPT ve Kazık Grubu olmak üzere üç kazıklı temel analiz programı içerir. Aşağıda, belirli koşullarda hangi programların kullanılacağına ilişkin daha ayrıntılı bir açıklama bulunmaktadır. Her program daha sonra aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

Kazıklı temellerinin düşey yük taşıma kapasitesi çeşitli yöntemlerle hesaplanır:

- **Statik kazık deneyi:** bu testler bazı ülkelerde gereklidir ve yapısal analiz yalnızca bir ön kazıklı temel tasarım önerisi olarak kabul edilir;
- **Zemin kayma mukavemeti parametrelerine göre analiz:** Kazık ve Kazık Grubu programlarında NAVFAC DM 7.2, Tomlinson, CSN 73 1002 yöntemlerini ve efektif gerilmeyi kullanarak analiz;
- **Penetrasyon deneylerinin değerlendirmesine göre analiz:** Kazık CPT programı;
- **Statik yükleme deneyleri sonuçlarından elde edilen regresyon eğrisi denklemlerine göre analiz** (Masopust'a göre): Kazık programı; düşey yük taşıma kapasitesi, kazık yükleme eğrisinde karşılık gelen (izin verilen) oturma değerine göre belirlenir (CSN 73 1002 standardında karşılık gelen oturma değeri $s_{lim} = 25.0 \text{ mm}$ 'dir).
- **Zeminlerin Mohr-Coulomb parametrelerine ve gerilme-şekil değiştirme özelliklerine göre analiz:** Kazık ve Kazık Grubu programlarında Yay yöntemi olarak adlandırılan yöntemin kullanılması;
- **Sonlu elemanlar yöntemini kullanılarak sayısal analiz:** FEM programları

Bu listede gösterildiği gibi, kazıklar birçok yolla ve farklı girdi parametreleri ile değerlendirilebilir. Bu nedenle, analiz sonuçları benzer olabilirken, genellikle önemli farklılıklar gösterebilirler.

Geo5 programının önemli bir avantajı, kullanıcının birçok farklı varyasyon ve analiz yöntemi kullanarak kazıklı temelin davranışına en yakın sonucu bulmasını sağlaması ve tekil kazığın ya da kazık grubunun toplam taşıma kapasitesi veya oturmasını hesaplamasıdır.

Kazıklı temellerin düşey yük taşıma kapasitesi GEO5 programlarında yalnızca temele etkiyen düşey normal kuvvet için değerlendirilir (tek istisna: Kazık Grubu – Yay Yöntemi hariç). Temele etki eden yatay kuvvetler, eğilme ve burulma momentleri, kazıkların düşey yük taşıma kapasitesinin analizi üzerinde hiçbir etkiye sahip değildir.

Tekil kazığın düşey taşıma kapasitesinin hesabı kılavuzun 13. ve 14. bölümlerinde anlatılacaktır, yine aynı kazığın CPT verilerine göre analizi ise 15. bölümde ele alınacaktır.

Kazıklı temellerin yatay taşıma kapasitesi:

Yatay yük etkisi altındaki bir kazığın analiz sonucunda, kazıktaki yatay deformasyon ve kazık şaftı boyunca iç kuvvetlerin eğrisi hesaplanır.

Tekil bir kazıkta, kazığın yatay deformasyonu ve donatısı, temel zemininin hesaplanmış yanıl reaksiyon modülüne ve yanıl kuvvet veya eğilme momenti ile yüklenmesine bağlıdır. Analiz prosedürü Bölüm 16'da açıklanmıştır. Kazık grubunun analiz prosedürü ise Bölüm 18'de sunulmuştur.

Kazıklı Temellerin Oturması:

Her kazık belirli bir yük altında oturduğundan ve deforme olduğundan dolayı bir kazığını gerçek yük taşıma kapasitesi oturma ile doğrudan ilişkilidir.

Tekil kazıkların oturma analizi Kazık programında aşağıdaki metotlar kullanılarak belirlenir:

- **Masopust'a göre (lineer olmayan):** program, tekil kazığın deplasmanını şaft boyunca ve kazık tabanı için regresyon katsayılarını kullanarak analiz eder.
- **Poulos'a göre (lineer):** program, toplam oturmaya kazık taban direnci R_b ve şaft direnci R_s değerlerinin toplamı olarak hesaplar.
- **Yay yöntemi ile:** program, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak verilen zemin parametrelerine göre yükleme eğrisini analiz eder.

Kazık programı, tüm yöntemler için yükleme eğrisini oluşturur.

Kazık grubunun oturması bölüm 17'de açıklanmıştır, CPT deneyi parametrelerine göre kazıkların oturma değeri ise bölüm 15'de sunulmuştur.

Program Seçimi

1. Kazık başlığının rijitliğine göre seçim yapılması: Kazık başlığının sonsuz rijit olduğu düşünüldüğünde, Kazık Grubu programı kullanılır. Diğer durumlarda, kazık programı kullanılarak hesaplanmalıdır.
2. Zemin etüdü sonuçlarına göre seçim yapılması: CPT testlerinin sonuçları mevcutsa, tek kazık veya kazık grubunu analiz etmek için Kazık CPT programı kullanılır (bkz. Bölüm 15). Diğer durumlarda, verilen zemin parametrelerine göre çözüm için Kazık (veya Kazık Grubu) programı kullanılır.



Analizin türüne göre şunlar ayırt edilir:

- **Drenajlı durum için analiz:** Standart analiz yöntemleri CSN 73 1002 ve Efektif gerilme'ye göre zeminlerin efektif kayma mukavemeti parametreleri φ_{ef} , c_{ef} , Kazık ve Kazık Grubu programlarında kullanılır.
- **Drenajsız durum için analiz:** Kazık ve Kazık Grubu programlarında zeminin sadece drenajsız kayma mukavemeti değeri c_u alınır. Tek bir kazığın düşey yük taşıma kapasitesi Tomlinson'a göre belirlenirken, kazık grubunun taşıma kapasiteleri FHWA'ya göre bir zemin silindirin (blok) yük taşıma kapasitesi olarak analiz edilir.

NAVFAC DM 7.2 'ye göre yapılan analizler yukarıda bahsedilen analiz prosedürlerinin her ikisini de birleştirir. Her bir zemin tabakası drenajlı (kohezyonsuz) veya drenajsız (kohezyonlu) olarak dikkate alınabilir.

Genel görev tanımlanması:

Belirlenen jeolojik profilde kazıklı temelin düşey yük taşıma kapasitesini ve oturması analiz edilecektir. Ayrıca, kazıkların yatay deformasyonunu belirlenecek ve her bir kazık için donatı tavsiye edilecektir. Kazıklı temel, $d = 1.0 m$ çap ve $l = 12.0 m$ uzunlukta dört adet fore kazıktan oluşmaktadır. Toplam yüklemekten ortaya çıkan N, M_y, H_x kuvvetleri, kazık başlığı üst yüzey seviyesine, yani merkezine etki eder. Kazıklarda C 20/25 beton kullanılmaktadır.

Kazıklara etki eden yük

Problemi basitleştirmek için, programda her zaman 1 yükleme durumu ele alınacaktır.

Kazıklı temele etki eden yüklerin belirlenmesi, yapı tipine ve çözüme, yani tek bir kazık mı yoksa bir kazık grubu mu çözdüğümüze bağlı olarak değişir.

Kazık Grubu

Kazık başlığının rijit olduğu kabul edilir. Bu durumda, $t = 1.0 m$ kalınlığı olan kazık başlığı ele alınır ve kazık başlığı merkezindeki toplam yük belirlenir.

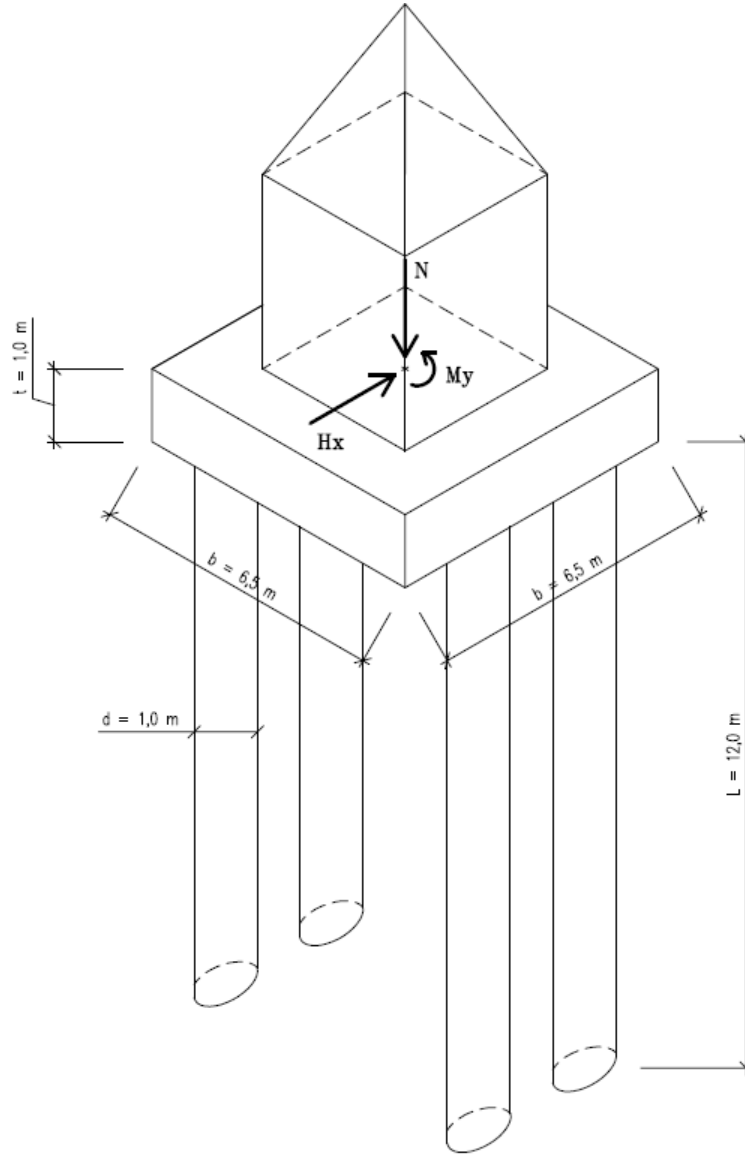
Not: Statik programlardan herhangi birini kullanarak bir kazık grubu üzerindeki yükleri elde etmenin basit bir yöntemi, Kazık grubu programının yardım menüsünde "Determination of loading on a pile group" başlığında anlatılmaktadır.

a) Tasarım (Hesap) yükleri:

- Düşey Normal Kuvvet: $N = 5680 kN$,
- Eğilme momenti: $M_y = 480 kNm$,
- Yatay Kuvvet: $H_x = 310 kN$.

b) Uygulanan (servis) yükler:

- Düşey Normal Kuvvet: $N = 4000 kN$,
- Eğilme Momenti: $M_y = 320 kNm$,
- Yatay Kuvvet: $H_x = 240 kN$.



Problem tanımlama şeması-kazıklı temel

Tek kazık

Radye eğilmede rijit değilse veya bina bir kazık başlığı üzerine oturuyorsa, yapısal diagram farklıdır. Bu yüzden her bir kazık başlığındaki yük, statik bir program (örn. GEO 5 – Plaka, FIN 3D, SCIA Mühendisi, Dlubal RStab, vb.) vasıtasıyla hesaplanmalıdır.

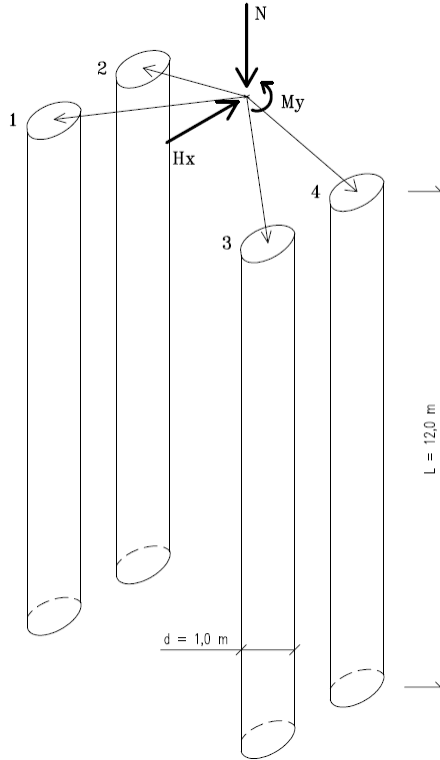
Bu örnekte, basitleştirme için sadece 1 yükleme durumu kullanarak kazık analizini gerçekleştireceğiz.

a) Tasarım yükleri:

- Düşey Normal Kuvvet: $N_1 = 1450 \text{ kN}$,
- Eğilme momenti: $M_{y,1} = 120 \text{ kNm}$,
- Yatay Kuvvet: $H_{x,1} = 85 \text{ kN}$.

b) Servis yükleri:

- Düşey Normal Kuvvet: $N_1 = 1015 \text{ kN} ,$
- Eğilme momenti: $M_{y,1} = 80 \text{ kNm} ,$
- Yatay Kuvvet: $H_{x,1} = 60 \text{ kN} .$



Yük uygulama şeması –kazıklar arasında yük dağılımı

Not: Kazıkların boyutlarını ve donatılarını benzer kabul edersek, tüm kazıkları, tüm kazıklara etki eden yükleme kombinasyonları ile tek bir kazık olarak değerlendirebiliriz.

Jeolojik Profil

- 0,0 ile 6,0 m arası: Kumlu Kil (CS, katı)
- 6,0 m üstü : İnce daneli kum (S-F, orta sıkı)

Not: Ana zemin parametreleri, tekli kazıkların analizini yaparken ve kazık grubunun doğrulamasında kullanılanlarla aynıdır. Değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Zemin parametreleri / Sınıflandırma	Kumlu Kil (CS) katı	İnce daneli kum (S-F) Orta sıkı
Birim hacim γ [kN/m^3]	18,5	17,5
Doygun zeminin birim hacim ağırlığı γ_{sat} [kN/m^3]	20,5	19,5
Zemin kohezyonu c_{ef} / c_u [kPa]	14,0 / 50,0	0 / 0
İçsel sürtünme açısı φ_{ef} [$^\circ$]	24,5	29,5
Adezyon faktörü α [-]	0,6	-
Taşıma kapasitesi katsayısı β_p [-]	0,3	0,45
Poisson oranı ν [-]	0,35	0,3
Oedometrik modülü E_{oed} [MPa]	8,0	21,0
Deformasyon modülü E_{def} [MPa]	5,0	15,5
Zemin tipi	Kil (Kohezyonlu Zemin)	Kum, Çakıl (Kohezyonsuz zemin)
Dağılıma Açısı β [-]	10,0	15,0
Katsayı k [MN/m^3]	60,0	150,0
Yanal sıkışma modülü n_h [MN/m^3]	-	4,5
Elastisite modülü E [MPa]	5,0	15,5

Zemin parametreleri tablosu-Kazıklı temeller(özet)

Kazıklı temellerle alakalı bölümler listesi:

- Bölüm 12: Kazıklı temeller -Giriş
- Bölüm 13: Tek Kazığın düşey yük taşıma kapasitesi analizi
- Bölüm 14: Tek Kazığın oturma analizi
- Bölüm 15: Kazık CPT ile Kazık taşıma kapasitesi analizi
- Bölüm 16: Tek kazığın yanal yük taşıma kapasitesi
- Bölüm 17: Kazık grubunun düşey yük taşıma ve oturma analizi
- Bölüm 18: Kazık grubunda boyutlandırma ve deformasyon analizi.
- Bölüm 36: Mikrokazıklı temellerin doğrulanması