



Alaplı Organize Sanayi Bölgesinde Kurulacak Olan Portal Vincin Mevcut Taş Duvara Etkilerinin İncelenmesi

Assessment of the Impact of a Planned Portal Crane on the Existing Stone Retaining Wall in Alaplı Organized Industrial Zone

Emrah Dağlı*

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye

Öz

Bu çalışmada kurulması planlanan 30 ton ağırlığında bir portal vincin mevcut taş duvara etkisi değerlendirilmiştir. Sondaj verileri ve araziden alınan numunelere yapılan laboratuvar deney sonuçları kullanılarak İSTCAD yazılımında taş duvar modellenmiştir. Portal vinçten kaynaklı 5 ton/m² sürşarj yükü (vincin ölü yükü ve maksimum kapasitede kaldıracığı yük dikkate alınarak) de modele etki ettirilmiştir. Duvar yükseklikleri 3, 4, 5 ve 6 m olarak girilirken, farklı temel yükseklikleri (0; 0,25; 0,5; 0,75 ve 1 m) de denenmiştir. Aynı zamanda modelleme sonlu elemanlar programı Plaxis 2D (2024) programı ile de yapılmış ve oturma değerleri tespit edilmiştir. Kaymaya karşı emniyet faktörleri incelendiğinde duvarın statik ve dinamik durumda güvenli olduğu gözlenmiştir. Fakat, devrilmeye karşı emniyet faktörleri yönetmeliğin sınırlarını hiçbir senaryoda karşılayamamıştır. Zemin gerilmeleri çoğu durumda tasarım dayanımından daha düşüktür. Duvar yüksekliğinin 6 m olup temel yüksekliğinin 0,75 ve 1 m olduğu durumlarda ise tasarım dayanımını aşarak taşıma gücü açısından yetersiz olmuştur. Vinç gibi farklı oturma hassasiyetinin önemli olduğu durumlarda mutlak oturma da önemlidir. İzin verilebilir oturma 10-25 mm dir. Ray başından sonuna kadar farklı duvar yüksekliği (3, 4, 5 ve 6 m) durumlarında mutlak oturmalar 2,62-3 cm aralığında değişmektedir. Rayın merkezinde oturmalar 5-6 cm arasında değişmekte iken duvar altındaki oturmalar (0,53-1,69 cm) ise normal düzeydedir. Ray başı ve sonunda oluşan oturma farkları ray hizasızlığına yol açabileceği için güçlendirme çalışmaları yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Emniyet faktörü, oturma, portal vinç, taş duvar.

Abstract

In this study, the effect of a planned 30-ton portal crane on the existing stone retaining wall was evaluated. Using the borehole data and laboratory test results obtained from field samples, the stone wall was modeled in the ISTCAD software. A surcharge load of 5 t/m², representing the crane's self-weight and the maximum lifting load, was also applied to the model. The wall heights were considered as 3, 4, 5, and 6 m, while different foundation elevations (0; 0.25; 0.5; 0.75; and 1 m) were also analyzed. In addition, the wall was modeled using the finite element software PLAXIS 2D (2024), and the corresponding settlement values were determined. When the factors of safety against sliding were examined, it was observed that the wall remained safe under both static and dynamic conditions. However, the factors of safety against overturning did not satisfy the code requirements in any scenario. The soil stresses were generally lower than the design bearing capacity. Nevertheless, for the cases with a wall height of 6 m and foundation elevations of 0.75 m and 1 m, the design bearing capacity was exceeded, indicating insufficient bearing performance. Since differential settlements are critical in systems such as crane rails, absolute settlement also becomes an important design parameter. The allowable settlement is generally taken as 10–25 mm. The absolute settlements observed along the rail ranged between 2.62 cm and 3 cm for varying wall heights (3–6 m). While the settlements at the rail center varied between 5 cm and 6 cm, the settlements beneath the wall remained within normal limits (0.53–1.69 cm). Because differential settlements at the rail ends may lead to rail misalignment, reinforcement or improvement measures should be implemented.

Keywords: Factor of safety, settlement, portal crane, stone retaining wall.

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: emrahdagli@beun.edu.tr

Emrah Dağlı orcid.org/0000-0002-5744-8151



1. Giriş

İstinat yapılarının inşaat mühendisliğinde önemi büyüktür. Hızlı kentleşme ile birlikte ve endüstriyel yapıların çoğalması, bu tür dayanma yapılarının hem dünyada hem de ülkemizde dayanıklı ve sağlam bir şekilde inşa edilmesini mecbur kılmaktadır. Özellikle dik yamaçların bulunduğu alanlarda veya ağır mühendislik yapılarının yer aldığı bölgelerde istinat duvarları, hem güvenlik hem de sürdürülebilirlik açısından vazgeçilmez yapı elemanlarıdır.

Taş duvarlar, inşaat mühendisliği tarihinde uzun yıllardır kullanılan geleneksel bir sistem olmanın yanı sıra kültürel mirasın korunması açısından da önemlidir. Doğal taş malzemenin kolay temin edilmesi, düşük maliyetli olması, uzun ömürlü yapısı ve çevreyle uyumlu karakteri taş duvarların günümüzde de tercih edilmesini sağlamaktadır (Mccombie vd., 2016). Ayrıca düşük karbon izli olması ve geri dönüşüm yönünden faydalı olması ile taş duvarlar, inşaat uygulamalarının sürdürülebilirlik yönünden avantajlı olduğuna işaret etmektedir.

Bununla birlikte, taş duvarların inşasında harç kalitesi, taş geometrisinin düzensizliği, drenajın yetersizliği ve zemin özelliklerinin doğru belirlenmemesi gibi nedenlerle devrilme, kayma ve taşıma gücü problemleri ortaya çıkabilmektedir (Coulomb, 1776; Rankine, 1857; Sabatini vd., 1999). Ayrıca dış yüklerin etkisiyle taş duvarların geometrilerinde değişim meydana geldiği ve birleşim noktalarının farklılaştığı literatürde ifade edilmiştir (Costa vd., 2024). Duvar tasarımında ağırlık artırılarak kaymaya, devrilmeye ya da taşıma gücüne karşı emniyet faktörünün artırmakta iken yer değiştirme açısından yeni sorunlara yol açabilmektedir. Bu nedenle duvar geometrisinin ve yüksekliğinin yenilme türlerine karşı etkilerinin isabetli bir şekilde yorumlanması sağlıklı bir tasarım yapmanın ön koşuludur (Binici & Öztürk, 2019; Sari vd. 2020; Ding vd., 2025).

Deprem yüklerinin etkili olduğu bölgelerde istinat duvarlarının stabilitesinin ciddi oranda azaldığı pek çok çalışmada belirtilmiştir (İbrahim, 2015; Li vd., 2019; Li & Liu, 2021). Benzer şekilde, duvarlara etki eden sürşarj yükü hem konumu hem de miktarı itibarıyla yer değiştirme miktarını, kayma ve devrilmeye karşı güvenliği önemli ölçüde etkilemektedir (Güneş vd., 2015; Guan & Madabhushi, 2022; Al-Khafaji vd., 2023; Xu vd., 2024). Ön yüzü eğimli olan dayanma duvarları ince duvarlara göre daha mukavemetli davranış gösterebilmekte, ancak yamaca ek yük getiren ağır duvarlar yer değiştirme miktarını artırabilmektedir (Qin vd., 2023). Dolayısıyla istinat duvarı tasarımının optimum

faydayı gözeterek şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Parametr Stabilitenin yeterli olmaması durumunda geocell gibi farklı malzemeler kullanılarak da stabilite artırılabilir (Zhang vd., 2023).

Literatürde taş duvarların sürşarj yükleri altındaki davranışlarını inceleyen çok sayıda araştırma bulunmakla birlikte, portal vinç gibi endüstriyel yüklemelerinin etkilerini detaylı biçimde ele alan çalışma sayısı sınırlıdır. Özellikle ağır vinçlerin uyguladığı düşey yükler altında istinat duvarlarının hem kayma ve devrilme açısından hem de zemin oturumları bakımından birlikte değerlendirilmesi literatürde yeterince çalışılmamış bir konudur. Günümüzde Plaxis gibi sayısal analiz programları yardımıyla bu tür özel yüklemelerinin incelenmesi mümkün hale gelmiştir.

Bu çalışmada, Zonguldak ili Alaplı ilçesinde inşa edilmesi planlanan 75 m uzunluğa sahip 30 tonluk portal vincin istinat duvarına etkisi araştırılmıştır. Kaymaya ve devrilmeye karşı emniyet faktörleri ile zemin gerilme tahkiki İSTCAD yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş, ardından Plaxis programı üzerinden yapılan modelleme ile vinç yükü altındaki oturma davranışları incelenmiştir. Çalışma, yalnızca klasik stabilite analizlerini değil, aynı zamanda portal vinç etkisi altındaki zemin-duvar etkileşimini de değerlendirmesiyle literatüre katkı sunmaktadır. Çalışma, İSTCAD ve Plaxis 2D programının birlikte kullanımını değerlendirmesi yönünden de farklılık oluşturmaktadır.

2. Gereç ve Yöntemler

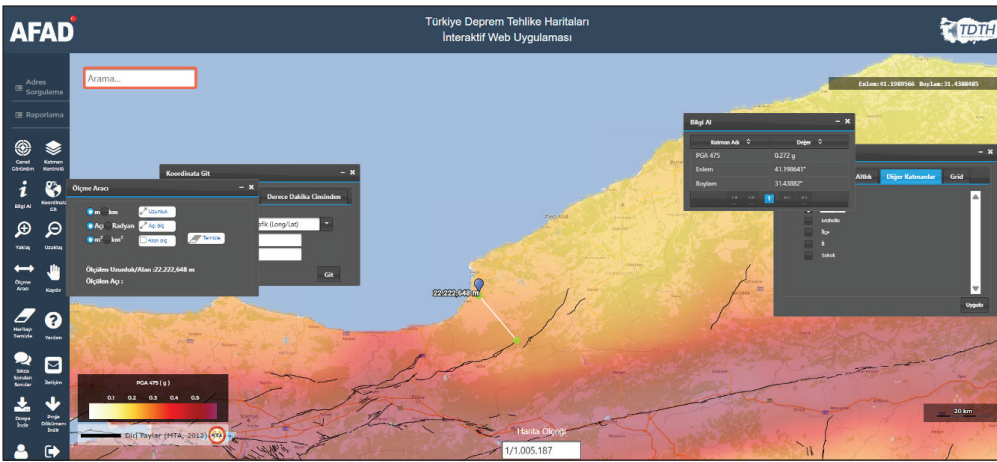
İnceleme alanı Şekil 1'de de görüldüğü gibi Zonguldak ili Alaplı İlçe sınırları içerisinde olup; ilçe merkezine yaklaşık 4,5 km uzaklıktaki Alaplı Organize Sanayi Bölgesinde yer almaktadır.

İlgili bölgede iklimsel özellikler değerlendirildiğinde tipik Karadeniz iklimi özellikleri gösterir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü sitesinden alınan bilgilere göre 1939-2024 yılları arasında yapılan değerlendirmede yıllık yağış ortalamasının 1226,4 mm. olduğu yörede en çok yağışlı ayların ise 154 mm ile Aralık ve 146,8 mm ile Ekim ayı olduğu bilinmektedir (MGM 2025).

Yerel Zemin sınıfı MASW (Çok Kanallı Yüzey Dalgaları Analizi) analizi neticesinde bulunmuştur. Burada MASW uygulamasından sonra 5 farklı tabakada elde edilen $V_{s(30)}$ değerleri sırasıyla 691, 749, 1169, 1682 ve 1716 olduğu için ortalaması 1204 m/sn olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla $V_{s(30)}$ hızı 760-1500 m/sn arasında olduğu için TBDY (2018) yönetmeliği gereğince ilgili zemin ZB olarak sınıflandırılmıştır. İncelenen alanın koordinat bilgi-



Şekil 1. İnceleme alanına ait uydu görünümü. (Google Earth 2025).



Şekil 2. İnceleme alanının en yakın diri faya mesafesi (AFAD 2025).

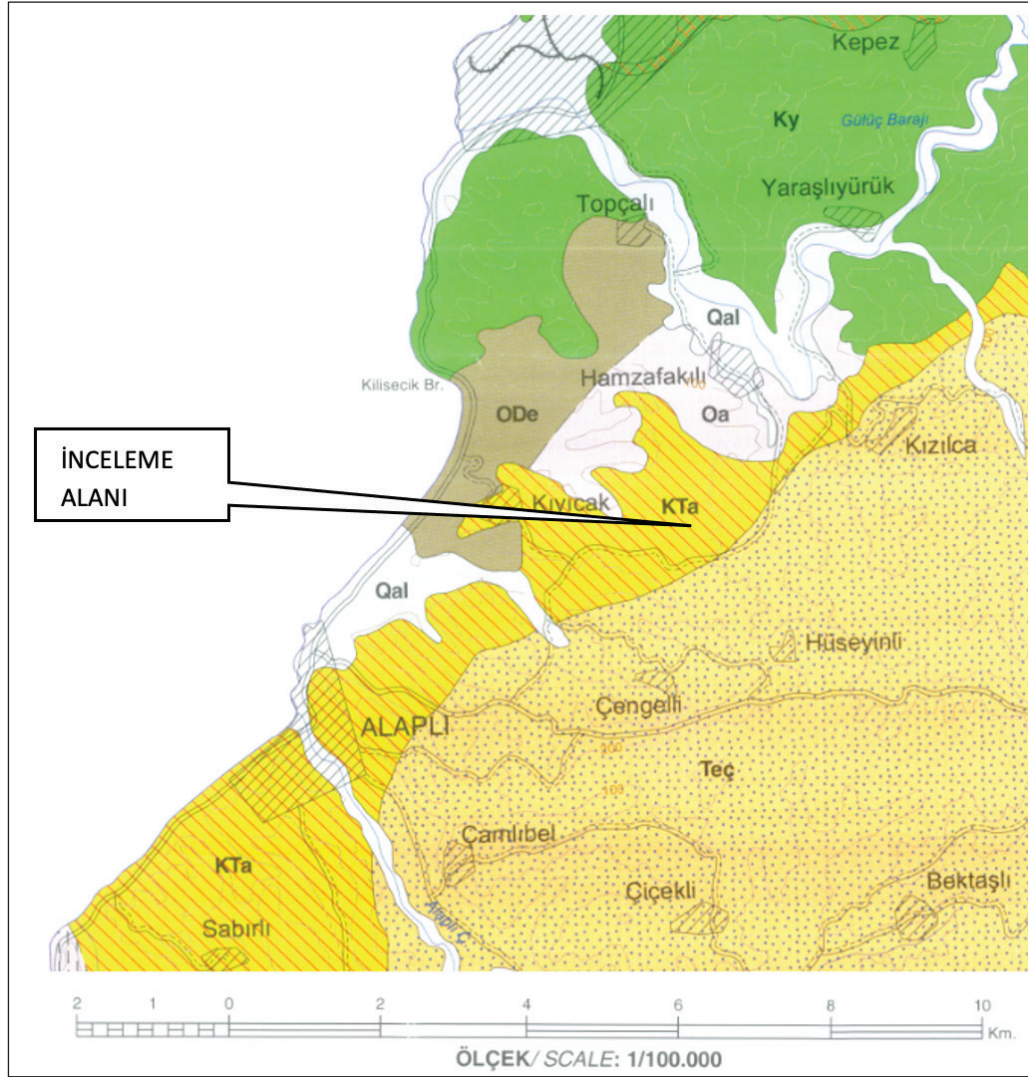
leri (41,198641; 31,43882), deprem Yer Hareketi Düzeyi DD-2 ve Yerel Zemin Sınıfı ZB (az ayrılmış orta sağlam kayalar) olarak Afet ve Araştırma Dairesi tarafından geliştirilen Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması sistemine girildiğinde elde edilen S_s , S_1 , PGA ve PGV değerleri sırasıyla 0,646; 0,190; 0,272 ve 16,616'dır. Şekil 2'de ise aynı uygulama ile mevcut konumun çevredeki faylara yakınlığı tespit edilebilmektedir. En yakın diri fay ile inceleme alanı arasındaki mesafe yaklaşık 22,22 km olarak bulunmuştur.

İnceleme alanındaki bölgesel jeoloji incelendiğinde Batı Karadeniz'de yaygın olarak gözlenen Akveren formasyonu (KTa) mevcuttur (Şekil 3). Bölge, topoğrafik olarak engebelidir. Kireçtaşı birimi açısından zengin bir jeolojik formasyondur. Çoğunlukla killi kireçtaşı ve marn düzeylerine rastlanılmaktadır.

Çalışmada öncelikle arazide 3 farklı noktada sondaj yapılmış ve zemin logu çıkartılmıştır. Sondajlar Zemin ve Te-

mel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatı" (ÇŞİDB 2025) kuralları esas alınarak gerçekleştirilmiştir. 3 farklı yerden sondaj alınmıştır. Ayrıca toplamda Sondaj çalışmalarını Karadeniz Müh. İnş. Ltd. Şti. tarafından yapılmıştır. Sondaj yerleri ve sondajdan çıkan numuneler Şekil 4, 5 ve 6'da görülmektedir.

Değerlendirmeye alınan alanda 3 farklı yerde sondaj yapılmıştır. Buna göre farklı derinlikler olmasına rağmen genelde dolgu ve marn malzemesi tespit edilmiştir. Yapılan sondaj çalışmalarında yer altı suyu rastlanılmamıştır. Sondaj yapılan yerin lokasyonu ile ilgili olarak Zonguldak ili Alaplı ilçesi Gökhasan mahallesi F26c096b2a pafta numarası 142 ada ve 15 parselde çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada hesaplamalarda kullanıldığı için sadece SK-1'e ait sondaj logu gösterilmiştir (Şekil 7). İdealize zemin parametreleri ve tüm sondaj loglarının detayı sırasıyla Çizelge 1 ve Çizelge 2'de sunulmuştur.



Şekil 3. İnceleme alanı ve yakın çevresi jeoloji haritası (Karadeniz Müh. İnş. Ltd.).



Şekil 4. SK-1 sondaj (Karadeniz Müh. İnş. Ltd.).



Şekil 5. SK-2 sondaj
(Karadeniz Müh. İnş. Ltd.).



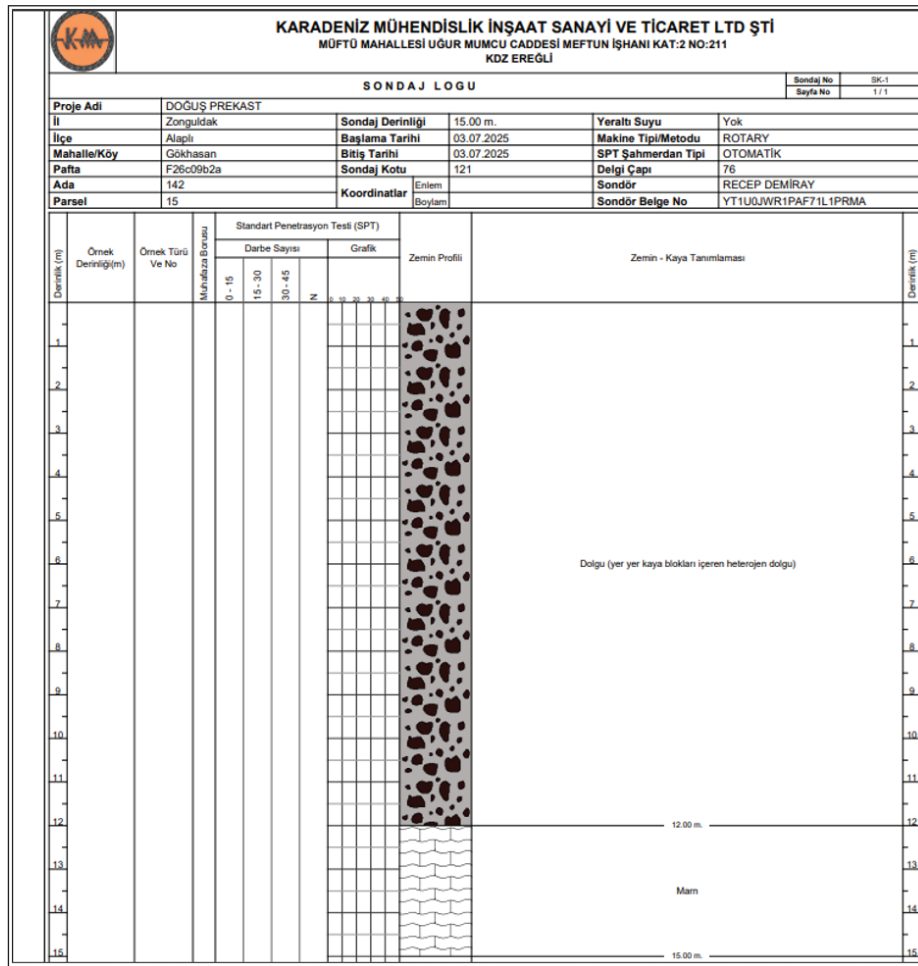
Şekil 6. SK-3 sondaj
(Karadeniz Müh. İnş. Ltd.).

Çizelge 1. İdealize zemin parametreleri.

Derinlik (m)	Zemin	P (kN/m ³)	E (kPa)	c (kPa)	Ø °
0,00 – 12,00	Dolgu	18.35	7550	20	27
12,00 – 15,00	Marn	23.35	200000	60	30

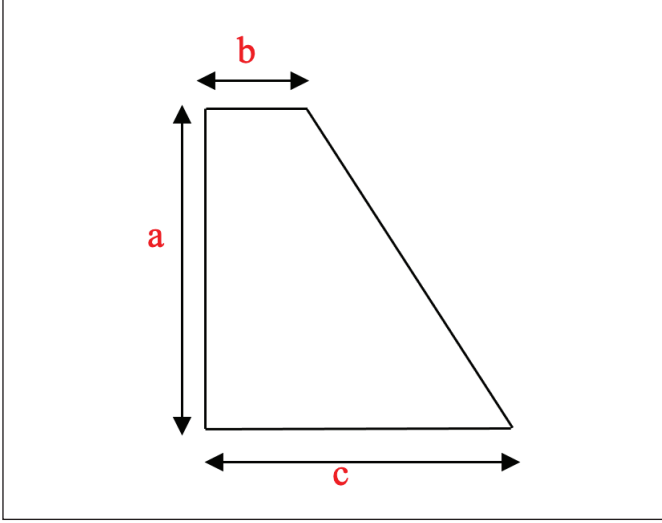
Çizelge 2. Sondaj logları.

Kuyu No	Derinlik (m)	Litoloji
SK-1	0,00 – 12,00	Dolgu (yer yer kaya içeren)
SK-1	12,00 – 15,00	Marn
SK-2	0,00 – 7,00	Dolgu (yer yer kaya içeren)
SK-2	7,00 – 9,00	Marn
SK-3	0,00 – 4,00	Dolgu (yer yer kaya içeren)
SK-3	4,00 – 10,50	Marn

Şekil 7. SK-1 sondaj logu
(Karadeniz Müh. İnş. Ltd.).

Taş duvar kesitleri Şekil 8'de mevcuttur. Burada farklı duvar yükseklikleri için kesit değerleri sırasıyla şu şekildedir. Örneğin 3 m duvar için $a = 3$ m, $b = 1$ m ve $c = 3$ m, 4 m duvarda $a = 4$ m, $b = 1$ m ve $c = 4$ m, 5 m duvar için $a = 5$ m, $b = 1,5$

m ve $c = 5$ m, 6 m duvarda ise $a = 6$ m, $b = 2$ m ve $c = 6$ m olacak şekilde modellenmiştir. Ayrıca duvarların altındaki temeller farklı yüksekliklerde (0; 0,25; 0,50; 0,75; 1) olacak şekilde planlanmıştır.



Şekil 8. Taş duvar kesitleri.

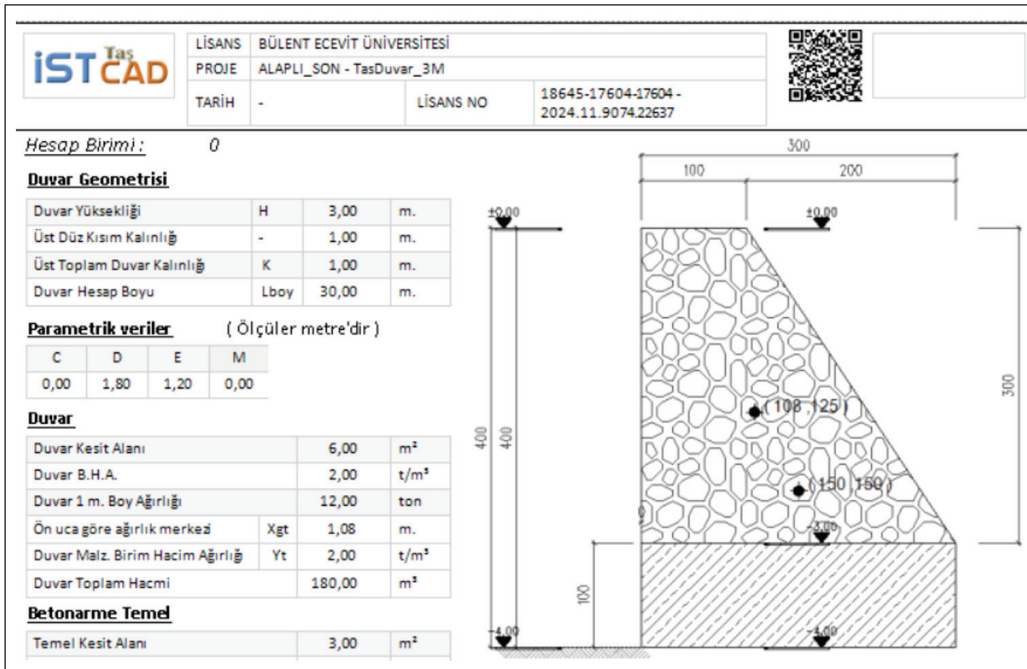
İSTCAD programı, istinat duvarı analizlerinin devrilme, kayma ve taşıma gücü tahkiklerinin gerçekleştirilmesinde kullanılan bir programdır. Programda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği hususlarına göre hesap yapılmaktadır. İSTCAD programında 3 m duvar yüksekliği ve 1 m temel yüksekliği için oluşturulan modele ait bilgiler Şekil 9'da verilmektedir. Yerdeğiştirmesine izin verilmeyen duvar olduğu için yönetmelik (TBDY 2018) gereğince r katsayısı 1,0 olarak alınmıştır.

Devrilme ve kaymaya karşı emniyet faktörünün belirlenmesi için İSTCAD programı kullanılmıştır. Program 2018'de yayınlanmış Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) ile uyumludur. Taş duvar kesitleri yükseklikler 3, 4, 5 ve 6 m için ayrı ayrı girilmiştir. Temeller ise 0,25, 0,5, 0,75 ve 1 m boyutlarındadır. Zemin özellikleri sisteme girilirken muayene çukurundan ve sondaj logundan alınan veriler dikkate alınmıştır. Buna göre İSTCAD programında kullanılmak üzere hesaplamalarda kullanılan malzeme özellikleri Çizelge 3'de verilmiştir. Marn ve dolgu için elastisite modülü ve Poisson oranları MASW analizi sonucunda belirlenmiştir. Elastisite modülü için önce dinamik elastisite modülü Denklem 1 ile bulunmuştur (Hardin & Richart 1963; Richart vd; 1970, Kramer 1996). Burada p zeminin yoğunluğunu göstermektedir. Sonrasında Denklem 2 yardımıyla statik elastisite modülü tespit edilmiştir. Ayrıca m ise 0,2 ile 0,5 arasında değiştiği için 0,35 olarak kullanılmıştır.

$$E_d = \frac{pV_s^2(3V_p^2 - 4V_s^2)}{V_p^2 - V_s^2} \quad (1)$$

$$E_s = mE_d \quad (2)$$

MASW analizleri sonucunda elde edilen V_s ve V_p değerleri, Denklem 3'de yerine yazılarak Poisson oranı bulunmuştur (Richart vd., 1970; Sheriff & Geldart, 1995).



Şekil 9. Duvarın programda tanıtımı (İSTCAD 2024).

$$v = \frac{\left(\frac{v_p^2}{v_s^2} - 2\right)}{2\left(\frac{v_p^2}{v_s^2} - 1\right)} \quad (3)$$

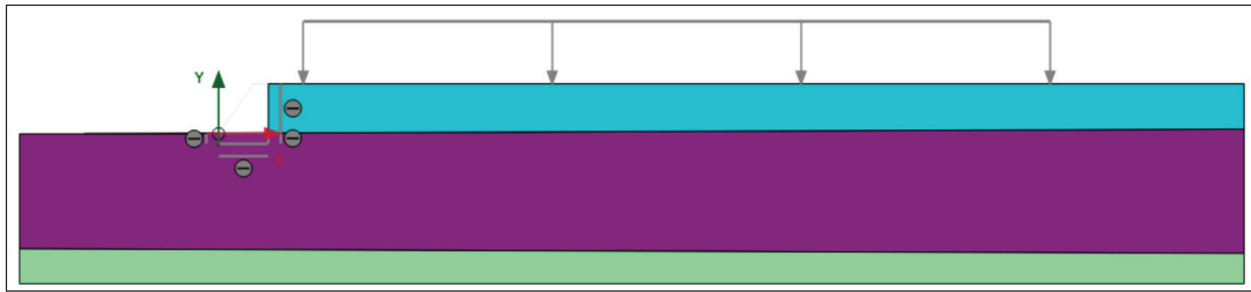
Kullanılan arayüzey elemanı negatif ara yüzey olup, ara yüzey azaltma faktörü (R_{inter}) 1 olarak girilmiştir. İstinat duvarı için verilen değer 1 tane sıfır fazla yazılmış olup yaklaşık 2500 MPa olarak kullanılmıştır. Orta kalitede bir taş duvarın elastisite modülü için BS EN 1996-1 (2005) standardına bakıldığında Elastisite modülü E nin $E = (K_E) \cdot (f_k)$ formülü ile hesaplandığı ve 1000 olarak kullanılması gerektiği tavsiye edilmiştir. K_E sayısı ulusal etki olup Türkiye’de 750 ile 1000 arasında değişmektedir (TBDY 2018). Aynı zamanda

taş duvarın karakteristik dayanımı (f_k) 2-3 MPa arasındadır. Burada taş duvarın f_k değeri 2,5 olarak alınmış ve bu şekilde elastisite modülü 2500000 kPa olarak bulunmuştur.

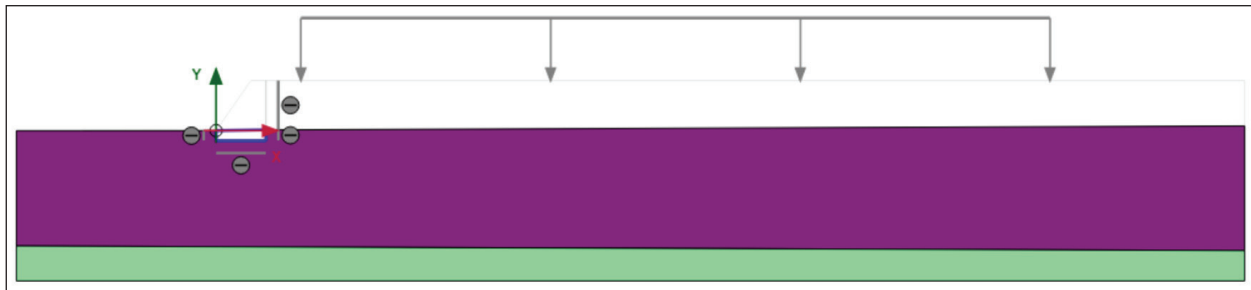
Plaxis programı Geoteknik problemlerin (kazı, tünel, baraj, istinat yapıları, stabilite vb.) modellenmesinde sıklıkla kullanılan zemin davranışı ile gerilme-şekil değiştirme ilişkilerini inceleyen ileri düzey bir programdır. Aynı zamanda aşamalı inşaat sürecini, arazi koşullarındaki değişimi, sıcaklık etkilerini de inceleyebilmektedir. Problem, sonlu elemanlar programı olan Plaxis 2D ile de modellenmiştir. Çalışmada 15 düğüm noktalı üçgen mesh (15 noded triangular mesh) kullanılmıştır. Model sol ve sağ yüzeylerde sadece y doğrultusunda alt yüzeyde ise hem x hem de y yönünde yer değiştirmeye müsaade etmeyecek şekilde sınırlandırılmıştır.

Çizelge 3. Analizlerde kullanılan malzeme parametreleri.

Malzeme Özelliği	Dolgu	Marn	İstinat Duvarı
γ_n (kN/m ³)	18,35	23,35	21,97
ϕ (°)	27	30	...
ψ (°)	0	0	...
δ (°)	18	20	...
c (kN/m ²)	20	60	...
E (kN/m ²)	7550	200000	2500000
v	0,35	0,35	0,2



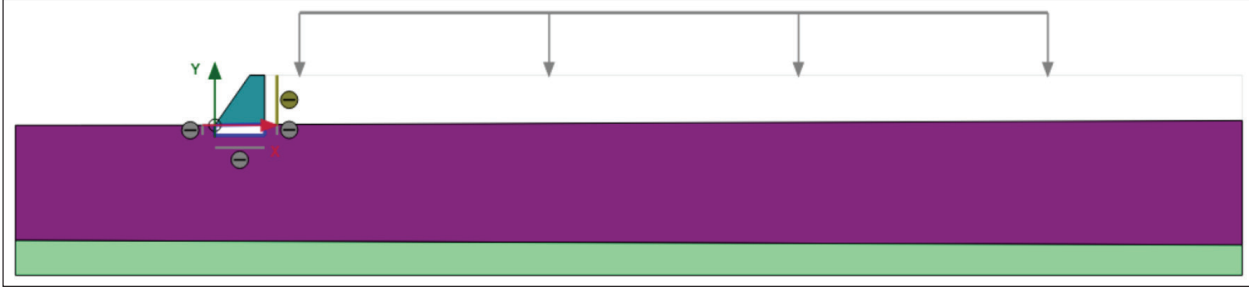
Şekil 10. Initial phase aşaması (Plaxis 2D 2024).



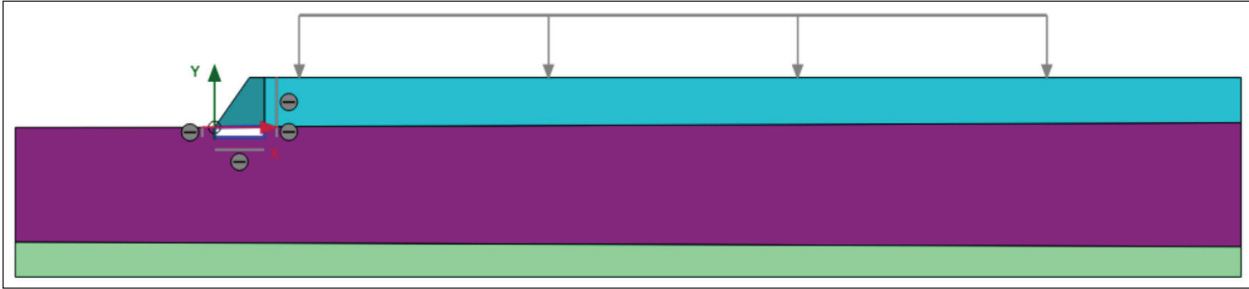
Şekil 11. Kazı aşaması (Plaxis 2D 2024).

Modelin sınırları sağ ve sol yüzeylerden 4H (istinat duvarı yüksekliği) kadar mesafeye genişletilmiştir. Alt kısım yeterince geniş olduğu için daha çok uzatılmamıştır. Modelde öncelikle başlangıç aşaması (initial phase) kurgulanmıştır (Şekil 10). Sonrasında kazı aşamasına geçilmiştir (Şekil 11).

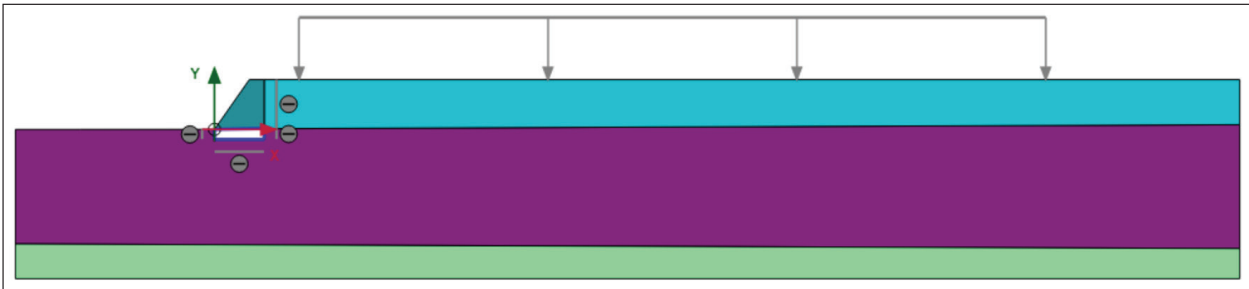
Kazı bittikten sonra istinat duvarı imalatı bölümüne geçilmiştir (Şekil 12). İstinat duvarı imalatı sonrası arka dolgu malzemesi (backfilling) yerleştirilmiştir (Şekil 13). Güvenlik sayısı (Şekil 14) ve sürşarj yükünün etki ettirilmesi (Şekil 15) ile analiz sonuçlandırılmıştır.



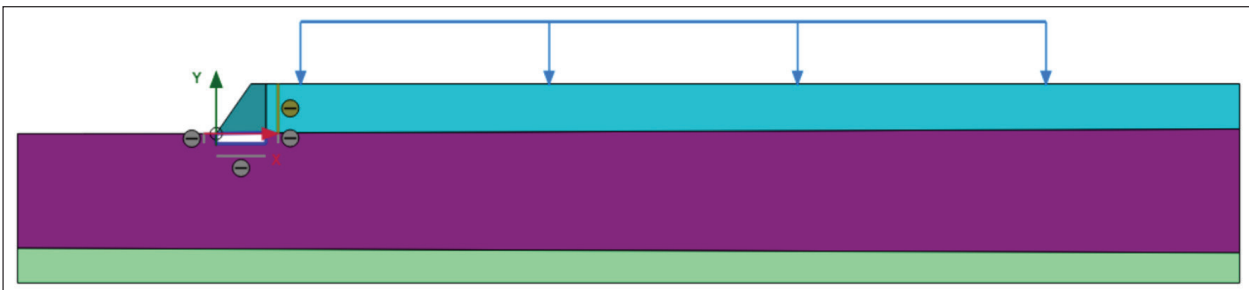
Şekil 12. Duvar imalatı aşaması (Plaxis 2D 2024).



Şekil 13. Arka dolgu yükleme aşaması (Plaxis 2D 2024).



Şekil 14. Güvenlik analizi aşaması (Plaxis 2D 2024).



Şekil 15. Sürşarj yükleme aşaması (Plaxis 2D 2024).

3. Bulgular ve Tartışma

İSTCAD programı sonuçlarına göre belirlenen duvar kaymaya karşı hem statik hem de depremlilikte güvenli. En yüksek güvenlik sayısı temel yüksekliği olmayan durumda gerçekleşmiş olup, kaymaya karşı güvenlik sayısı (GS_{kayma}) 3,94 olarak tespit edilmiştir. TBDY (2018) yönetmeliği gereğince statik ve dinamik durumda GS_{kayma} değerleri sırasıyla minimum 1,50 ve 1,00 olmalıdır. Duvar her koşulda bu şartı sağlamıştır. Duvar devrilmeye karşı ise emniyette değildir. TBVD (2018) standardında devrilme için statik ve dinamik durumda $GS_{devrilme}$ değerlerinin sırasıyla minimum 2,50 ve 1,30 olması gerekmektedir. Duvar yüksekliğinin aynı olup temel yüksekliğinin artışa geçtiği durumlarda güvenlik sayılarında azalma gözlenmiştir. Aynı zamanda zemin-taşıma gücü analizi (ZTGA) yönünden yapılan incelemede ise zemindeki gerilmeler statik durumda iken tasarım dayanımı 71,43 ton/m² değerinden daha azdır. 5 m duvar yüksekliği 1 m temel yüksekliği ile 6 m duvar yüksekliğindeki 0,75 m te-

mel yüksekliği ve 1 m temel yüksekliği koşullarında tasarım dayanımından fazladır. Duvar yüksekliği ve temel yüksekliği arttıkça zemin gerilmelerinde artış olmuştur.

Plaxis analizine göre belirlenen duvar kaymaya karşı hem statik hem de depremlilikte güvenli. En yüksek güvenlik sayısı temel yüksekliği olmayan durumda gerçekleşmiş olup, kaymaya karşı güvenlik sayısı (GS_{kayma}) 3,94 olarak tespit edilmiştir. TBDY (2018) yönetmeliği gereğince statik ve dinamik durumda GS_{kayma} değerleri sırasıyla minimum 1,50 ve 1,00 olmalıdır. Duvar her koşulda bu şartı sağlamıştır. Duvar devrilmeye karşı ise emniyette değildir. TBVD (2018) standardında devrilme için statik ve dinamik durumda $GS_{devrilme}$ değerlerinin sırasıyla minimum 2,50 ve 1,30 olması gerekmektedir. Duvar yüksekliğinin aynı olup temel yüksekliğinin artışa geçtiği durumlarda güvenlik sayılarında azalma gözlenmiştir. Aynı zamanda zemin-taşıma gücü analizi (ZTGA) yönünden yapılan incelemede ise zemindeki gerilmeler statik durumda iken tasarım dayanımı

Çizelge 4. İSTCAD analiz sonuçları.

H(m)	D(m)	FS ₁	FS ₂	FS ₃	FS ₄	ZG ₁	ZG ₂
3	0	3,94	1,45	1,14	0,68	17,35	29,84
	0,25	3,57	1,35	1,27	0,78	18,46	31,74
	0,5	3,26	1,26	1,27	0,76	20,84	36,85
	0,75	2,99	1,19	1,26	0,75	23,4	42,49
	1	2,77	1,13	1,25	0,73	26,15	48,67
4	0	2,75	1,17	1,46	0,86	20,57	35,38
	0,25	2,72	1,16	1,46	0,86	20,98	71,43
	0,5	2,56	1,10	1,47	0,85	23,12	40,81
	0,75	2,41	1,06	1,46	0,83	25,4	45,77
	1	2,29	1,02	1,44	0,82	27,83	51,13
5	0	3,22	1,22	1,36	0,71	28,54	54,22
	0,25	3,19	1,21	1,35	0,70	29,01	55,32
	0,5	3,01	1,17	1,35	0,69	31,43	61,04
	0,75	2,85	1,12	1,33	0,68	34,00	67,17
	1	2,71	1,09	1,31	0,67	36,72	73,72
6	0	3,18	1,20	1,59	0,76	41,37	61,65
	0,25	3,15	1,20	1,59	0,75	41,98	62,71
	0,5	3,01	1,16	1,57	0,74	45,23	68,20
	0,75	2,88	1,13	1,54	0,73	48,91	74,03
	1	2,76	1,10	1,51	0,71	39,43	80,2

Not: H = duvar yüksekliği, D = temel yüksekliği, GS_1 = statik olarak kaymaya karşı güvenlik sayısı, GS_2 = dinamik olarak kaymaya karşı güvenlik sayısı, GS_3 = statik olarak devrilmeye karşı güvenlik sayısı, GS_4 = dinamik olarak devrilmeye karşı güvenlik sayısı, ZG_1 = statik olarak zemin gerilmeleri, ZG_2 = dinamik olarak zemin gerilmeleri

71,43 ton/m² değerinden daha azdır. 5 m duvar yüksekliği 1 m temel yüksekliği ile 6 m duvar yüksekliğindeki 0,75 m temel yüksekliği ve 1 m temel yüksekliği koşullarında tasarım dayanımından fazladır. Duvar yüksekliği ve temel yüksekliği arttıkça zemin gerilmelerinde artış olmuştur. Analizlerde kaymaya karşı emniyet faktörü de incelenmiştir. Her koşul için elde edilen değerler Çizelge 5'te mevcuttur. Statik durumda kaymaya karşı emniyet faktörü duvar yüksekliği arttıkça azalmaktadır. Farklı olarak aynı duvar yüksekliğinde ise temel yüksekliği arttıkça azalmaktadır. Kaymaya karşı emniyet faktörü her koşulda minimum değer olan 1,3'den fazla çıkmıştır.

Oturma açısından yapılan değerlendirmeye göre, duvar altında sol köşe, merkez ve sağ köşe altındaki oturmalar tolere edilebilir düzeydedir. Fakat portal vincin oturacağı rayın altında gerçekleşen oturmalar limitin üzerindedir. Ayrıca merkez ile uçlar (sağ köşe ya da sol köşe) arasındaki oturma farkları da oldukça fazla olup ray hizasının bozulması ile so-

nuçlanabilir. Portal vinç altında izin verilebilir oturma sınırı 10-25 mm arasında tercih edilmiştir (Bowles 1997) Ray için tüm senaryolarda belirlenen limitten daha fazla bir oturma gözlenmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma neticesinde aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

1) Yüksekliği 3-6 m arasında değişen mevcut taş duvar kesitlerinin (3M, 4M, 5M, 6M) 30 tonluk portal vinç etkisinin uygulandığı İstCAD analizlerine göre, kaymaya karşı statik durumda emniyet sağlanmıştır (değerleri 2,29 – 3,94 arasında olup). Aynı zamanda dinamik durumda da tasarımın kaymaya karşı güvenli olduğu ortaya çıkmıştır (değerler 1,09 – 1,45 arasında). Duvar devrilmeye karşı hem statik hem de dinamik durumda güvenli değildir. Taşıma gücü analizi açısından neredeyse çoğu durumda tasarım dayanımından daha düşük gerilmeler mevcuttur

Çizelge 5. Plaxis analiz sonuçları.

H(m)	D(m)	FS ₁	Duvar (oturma cm)			Ray (oturma cm)		
			sol köşe	merkez	sağ köşe	sol köşe	merkez	sağ köşe
3	0	2,73	0,88	1,14	1,48	3,09	6,08	3,08
	0,25	2,75	0,84	1,11	1,47	3,02	5,91	3,03
	0,5	2,82	0,80	1,07	1,42	2,96	5,83	2,98
	0,75	2,85	0,80	1,06	1,41	2,98	5,79	2,96
	1	2,98	0,77	1,02	1,36	2,92	5,68	2,91
4	0	2,33	0,73	1,10	1,57	2,98	5,65	2,89
	0,25	2,34	0,76	1,09	1,57	2,89	5,64	2,89
	0,5	2,51	0,73	1,05	1,52	2,79	5,54	2,85
	0,75	2,58	0,69	1,03	1,50	2,77	5,50	2,82
	1	2,71	0,68	1,00	1,47	2,76	5,42	2,79
5	0	2,20	0,71	1,09	1,59	2,96	5,54	2,91
	0,25	2,22	0,69	1,08	1,58	2,87	5,52	2,84
	0,5	2,42	0,66	1,04	1,54	2,76	5,41	2,77
	0,75	2,46	0,64	1,02	1,51	2,75	5,36	2,74
	1	2,60	0,63	1,01	1,48	2,74	5,30	2,70
6	0	2,09	0,60	1,07	1,69	2,79	5,34	2,72
	0,25	2,08	0,59	1,00	1,64	2,69	5,27	2,69
	0,5	2,17	0,55	0,98	1,50	2,64	5,20	2,65
	0,75	2,24	0,54	0,96	1,53	2,62	5,19	2,64
	1	2,32	0,53	0,93	1,58	2,61	5,13	2,62

2) PLAXIS programında yapılan modelleme sonucunda portal vincin oturacağı rayın sol köşesi, ve sağ köşesinin altında önemli bir oturma farkı gözlenmemiştir (en yüksek fark 0,7 mm). Fakat rayın merkezi ile köşeleri arasında belirgin bir değişim vardır. Ray üzerinde mutlak oturmalar (2 farklı yer) 2,62 cm ile 3 cm arasında çıkmıştır. Rayın merkezinde oturma değerleri 5,13-6,08 cm arasında değişmektedir. Bu değer, mühendislik açısından oturma limitlerinin üzerinde olup, sistemin işlevselliği üzerinde olumsuz etki yaratabilecek büyüklüktedir (> 2,5 cm). Portal vinç gibi hassas toleransa sahip raylı sistemlerde bu büyüklükteki oturmalar; ray hizasızlığı, teker zorlanması, işletme performansında düşüş ve ilave bakım ihtiyacı gibi problemler doğurabilir. Bu nedenle; sistemin güvenliği ve sürekliliği açısından zemin iyileştirme tekniklerinin uygulanması önerilmektedir. Ray altına 1–2 m çaplı jet enjeksiyonu için kolonlar yapılabilir. Kolon aralığı 2,5 m civarında olabilir. Derinlik: 3–5 m civarında olup dolgu ve marnı kaplarsa oturma miktarını önemli oranda azaltabilir.

3) Plaxis programında duvarın sol alt köşesi, merkez altı ve sağ alt köşesi özelinde yapılan analiz sonucunda oturma değerleri tüm senaryolar dikkate alındığında 0,53-1,69 cm arasında değişmiştir. Bu açıdan duvar altında oturma her ne kadar izin verilebilir sınırlarda olsa da, ray merkezinin altında oluşan değer vincin güvenli hareketine engel olmaktadır.

Teşekkür: Sondaj verilerini sağlayan Karadeniz Mühendislik İnş. San. Tic ve Ltd. Şti.'ne teşekkür ederim.

Yazar katkısı: Emrah Dağlı: çalışmayı planlamış ve tasarlamıştır, verileri toplamış, analiz etmiştir ve makaleyi yazmıştır.

Etik kurul onayı: Bu çalışmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Kaynaklar

- AFAD (2025).** Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması. URL: <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>.
- Al-Khafaji, R., Al-Obaydi, M., & Al-Saffar, Q. (2023).** Effect of surcharge load location on the behavior of cantilever retaining wall. *Journal of The Mechanical Behavior of Materials*, 32(1), 20220247. <https://doi.org/10.1515/jmbm-2022-0247>.
- Binici, E., & Öztürk, S. (2019).** Konsol istinat duvar tasarımı üzerine parametrik bir çalışma. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1): 203-210. <https://doi.org/10.21597/jist.448933>.
- Bowles, J.E. (1997).** Foundation analysis and design, 5th ed.
- BS EN 1996-1-1, (2005).** Eurocode 6 - Design of masonry structures - Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures, European Standard
- Costa, I., Llorens, J., Chamorro, M.À., Fontàs, J., Soler, J., Gifra, E., & Savalle, N. (2024).** Experimental study of mechanical behavior of dry-stone structure contact. *Buildings*, 14(12), 3744. <https://doi.org/10.3390/buildings14123744>.
- Coulomb, C.A. (1776).** Essai sur une application des règles des maximis et minimis à quelques problèmes de statique relatifs à l'architecture. *mémoires de mathématique et de physique. Académie Royale Des Sciences De Paris*, 7, 343–382.
- ÇŞİDB (2025).** Çevre ve şehircilik bakanlığı, zemin ve temel etüdü uygulama esasları ve rapor formatı (2019). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/03/20190309-5.htm>.
- Ding, B., Pérez-Rey, I., González-Fernández, M.A., Yuan, S., Tang, H., & R.Alejandro, L. (2025).** Optimizing shape design in drystone retaining walls: a multi-scope approach focusing on failure mechanisms, *Construction and Building Materials*, 489, 142116. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.142116>.
- Google Earth (2025).** İnceleme alanı uydu görüntüsü, https://www.google.com.tr/maps/place/Do%C4%9Fu%C5%9F+Prekast/@41.2001065,31.4355523,17z/data=!4m1!1m7!3m6!1s0x409c7c7d664d5363:0x431d310acc7bac28!2sAlapl%C4%B1+Organize+Sanayi+B%C3%B6lgesi!8m2!3d41.200097!4d31.4380423!16s%2F%2F113dmb8kx!3m5!1s0x409c51b35ef1a407:0xc1a7b5b83c040fba!8m2!3d41.198589!4d31.4388065!16s%2F%2F11vs2ymsgb?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDczMC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- Guan, X., & Madabhusi, G.S.P. (2022).** Dynamic response of a retaining wall with a structure on the dry backfill. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 157, 107259, <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107259>.
- Güneş, B.E., Yağız, M., & Vural, İ. (2015).** Farklı yükler etkisindeki istinat duvarlarının statik hesapları ve boyutlandırılması: Sapanca örneği. 3rd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science. ISITES2015, Spain.
- Hardin, B.O., & Richart, F.E. (1963).** Elastic wave velocities in granular soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, 89 (1), 33–65.
- Ibrahim, K.M.H.I. (2015).** Seismic displacement of gravity retaining walls. *HBRC Journal*, 11(2): 224–230. <https://doi.org/10.1016/j.hbrj.2014.03.006>.
- İSTCAD (2024).** İSTCAD Software v.2024.11.9074.22637.
- Kramer, S.L. (1996).** Geotechnical earthquake engineering. Prentice-Hall.

- Li, X., Zhao, S., He, S., Yan, Q., & Lei, X. (2019).** Seismic stability analysis of gravity retaining wall supporting $c-\phi$ soil with cracks. *Soils and Foundations*, 59(4): 1103-1111. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2019.01.004>.
- Li, X., & Liu, J. (2021).** Seismic rotational stability analysis of gravity retaining wall under heavy rainfall. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 25(12): 4575-4584. <https://doi.org/10.1007/s12205-021-1623-3>.
- Mccombie, P.F., Morel, J.C., & Garnier, D. (2016).** Drystone retaining walls: design, construction and assessment series: applied geotechnics, CRC Press. ISBN: 1482250888; 9781482250886.
- MGM 2025.** Resmi İklim İstatistikleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=&m=ZONGULDAK>.
- Qin, S., Wei, L., Dai, Z., & Jan, N. (2023).** Simplified calculation of lateral displacement of a cement-soil gravity retaining wall. *Mathematical Problems in Engineering*, 2023, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2023/3443699>.
- PLAXIS 2D v 2024.** Geotechnical Finite Element Software.
- Rankine, W.J.M. (1857).** On the stability of loose earth. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 147, 9-27. <https://doi.org/10.1098/rstl.1857.0003>.
- Richart, F.E., Hall, J.R., & Woods, R.D. (1970).** *Vibrations of Soils and Foundations*. Prentice-Hall.
- Sabatini, P.J., Pass, D.G., & Bachus, R.C. (1999).** *Geotechnical Engineering Circular No. 4: Ground Anchors and Anchored Systems*. Federal Highway Administration (FHWA), Washington, D.C.
- Sari, U.C., Sholeh, M.N., & Hermanto, I. (2020).** The stability analysis study of conventional retaining walls variation design in vertical slope. *Journal of Physics: Conference Series*, 1444, 012053. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1444/1/012053>.
- Sheriff, R.E., & Geldart, L.P. (1995).** *Exploration seismology* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- TBDY 2018.** Türkiye bina deprem yönetmeliği. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=24468&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Xu, C., Xue, L., Cui, Y., & Zhai, M. (2024).** Numerical analysis of surcharge effect on stability and interaction mechanism of slope-pile-footing system. *J. Earth Sci*, 35, 955-969. <https://doi.org/10.1007/s12583-023-1866-7>.
- Zhang, B., Song, F., & Li, W. (2023).** Stability analysis of retaining walls with geocell-reinforced road milling materials. *Sustainability*, 15, 4297. <https://doi.org/10.3390/su15054297>.