



Determination of material and rock mass properties of conglomerates deposits and evaluation of rock bearing capacity

İbrahim Çobanoğlu*^{ID}

Pamukkale University, Engineering Faculty, Department of Geological Engineering, 20160, Kınıklı, Denizli, Turkey

Highlights:

- Rock material and rock mass properties of conglomerates.
- Bearing capacity values of conglomerates from rock mass properties.
- Seismic velocities of conglomerate and the calculation of bearing capacity values.

Keywords:

- Colluvium
- Conglomerate
- Rock mass properties
- Denizli
- Rock bearing capacity

Article Info:

Research Article
Received: 05.01.2021
Accepted: 14.12.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.854452

Correspondence:

Author: İbrahim Çobanoğlu
e-mail:
icobanoglu@pau.edu.tr
phone: +90 285 296 3409

Graphical/Tabular Abstract

The conglomerate examined in this study was defined as "weak rock". It is difficult to take core samples from such deposits, making it difficult to determine engineering parameters. This makes it difficult to use appropriate and correct design parameters in building design calculations. It shows that the theoretical solutions of the bearing capacity values determined at the material scale for such units give very high values. Particularly, they are coarse-grained and attached, which ensures that the internal friction angle values are quite high. The use of these values in direct bearing capacity calculations allows to obtain bearing capacity values that are well above the actual strength value of the rock (Figure A).

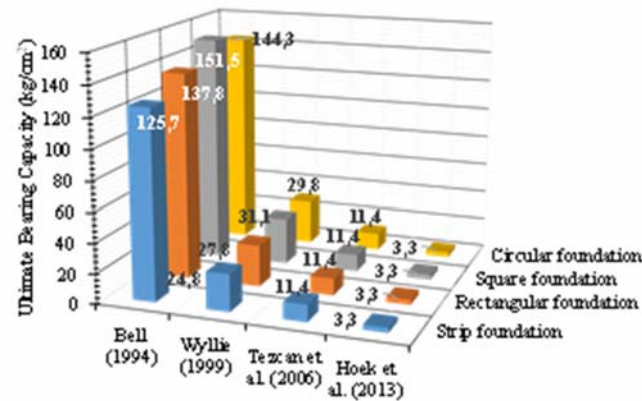


Figure A. Variations of ultimate bearing capacity values calculated for the conglomerate unit by different methods.

Purpose: In this study, geotechnical and rock mass properties of the conglomerate unit of colluvial deposit where sampling problems are experienced are determined and bearing capacity of the unit is evaluated.

Theory and Methods:

Physical and mechanical properties were determined on prepared core samples. The shear strength parameters were obtained by using uniaxial and triaxial test data of the studied rock material and engineering parameters of the rock mass were examined. Some rock mass parameters are widely used in determining rock bearing capacity values. In this study, geophysical data of sampling locations were also provided to obtain the seismic parameters of the rock mass and the local ground class was determined in accordance with Turkish Earthquake Building Regulations Code.

Results:

The bearing capacity calculations revealed that the theoretical bearing capacity relations calculated using the rock material properties give high values. However, when the rock mass properties were examined, it was determined that the GSI value of the conglomerate unit was in the range of 17 - 40 considering the discontinuity surface condition and the rock mass structure. Bearing capacity analyzes based on the GSI value and taking into account the rock mass properties provide more consistent results.

Conclusion:

The concept of bearing capacity, which is of great importance in terms of structural design, continues to be a complex issue for rocks as well as soils. However, it was predicted that it would be more consistent to prefer bearing capacity approaches for defining rock mass properties instead of theoretical methods that give high bearing capacity values for weak rocks, including conglomerate type sediments of this study.



Konglomeralarda malzeme ve kütle özelliklerinin belirlenmesi ve kaya taşıma gücü kapasitesi açısından değerlendirilmesi

İbrahim Çobanoğlu*^{ID}

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20160, Kınıklı, Denizli, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Konglomeraların kaya malzeme ve kütle özellikleri
- Konglomeraların kaya kütle özelliklerine bağlı taşıma gücü değerleri
- Konglomeraların sismik hızları ve taşıma gücü hesaplamaları

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 05.01.2021

Kabul: 14.12.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.854452

Anahtar Kelimeler:

Kolüvyon,
konglomera,
kaya kütle özellikleri,
Denizli,
kaya taşıma gücü

ÖZ

Genellikle kaya malzemesi olarak kabul edilen kolüvyal çökeller, dağlık alanlardan taşınan ve daha düşük kotlarda biriken ve çeşitli çimento malzemeleriyle bağlanan jeolojik oluşumlardır. Bu çalışmada Denizli'de yaygın olarak görülen ve inşaat temel zemini olarak yayılım gösteren kolüvyal çökellere ait konglomera biriminin mühendislik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Numune alma, bu tür birimlerin mühendislik jeolojisi özelliklerinin karakterizasyonundaki en önemli sorundur ve çoğunlukla standart test numunelerinin hazırlanması mümkün olmamaktadır. İnşaat tasarımı için konglomera biriminin taşıma kapasitesi değerleri, hem kaya malzemesi hem de kaya kütle özelliklerini dikkate alan yöntemlerle belirlenmektedir. Yüksek içsel sürtünme açısı değerleri nedeniyle kaya malzeme özelliklerini temel alan teorik taşıma gücü yaklaşımları çok yüksek taşıma kapasitesi değerleri vermektedir. İnşaat tasarımı açısından da büyük önem taşıyan taşıma kapasitesi kavramı, zeminlerin yanı sıra kayalar için de karmaşık bir konu olmaya devam etmektedir. Bu çalışmada, inşaat kazılarında blok örneklemeler yapılmış ve karot numuneler dikkatlice hazırlanmıştır. Örneklerin temel fiziksel özellikleri belirlenmiş ardından tek eksenli, üç eksenli sıkışma dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. İnceleme sahasında ayrıca jeofizik ölçümlerden elde edilen sismik hız değerleri elde edilmiş ve tüm parametreler taşıma gücü hesaplamalarında kullanılmıştır. Konglomera birimi gibi zayıf kayalar için kaya kütle özelliklerinin kullanıldığı kaya taşıma kapasitesi yaklaşımları incelenmiş ve kaya kütle özelliklerinin kullanıldığı hesaplama yaklaşımlarının tercih edilmesinin daha tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Determination of material and rock mass properties of conglomerates deposits and evaluation of rock bearing capacity

H I G H L I G H T S

- Rock material and rock mass properties of conglomerates
- Bearing capacity values of conglomerates from rock mass properties
- Seismic velocities of conglomerate and the calculation of bearing capacity values

Article Info

Research Article

Received: 05.01.2021

Accepted: 14.12.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.854452

Keywords:

Colluvium,
conglomerate,
rock mass properties,
Denizli,
rock bearing capacity

ABSTRACT

Colluvial sediments, generally considered as rock material, are geological formations that are transported from mountainous areas and accumulate at lower elevations and are partially attached with various cementing materials. In this study, it is aimed to investigate the engineering properties of colluvial deposits, which are widely seen as foundation soil in Denizli. Sampling is the major problem in engineering geological characterization of conglomerate units, mostly preparation of standard test samples is not possible. For construction design, bearing capacity values of the conglomerate unit were determined by methods that take into account both rock material and rock mass properties. Theoretical bearing capacity methods, which are based on intact rock properties have given very high bearing capacity values due to high internal friction angle values. The concept of bearing capacity, which is also of great importance in terms of construction design, continues to be a complex issue for rocks as well as for soils. In this study, block samples were collected from foundation excavations and core samples were carefully prepared. The basic physical properties of the samples were determined and then uniaxial, triaxial compressive strength tests were carried out. In addition, seismic velocity values obtained from geophysical measurements were also obtained and all parameters were used in bearing capacity calculations. It was observed that it would be more consistent to prefer rock bearing capacity calculation approaches in which rock mass properties are used should be used for weak rocks such as conglomerate.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kolüvyal çökeller, dağlık bölgelerden ayrışıp, aşınarak ve taşınarak yeniden çökme ile oluşan jeolojik oluşumlardır. Bu tür çökeller, diğer kaya birimlerinden farklı mineralojik, fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler sergilemektedirler. Konglomera biriminde yayılım sunan kolüvyal çökellerin malzeme özelliklerinin belirlenmesi örnekleme zorlukları nedeniyle güç olmaktadır. Bu yüzden kaya kütle özelliklerinin ortaya konulması, mühendislik tasarımları açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada Denizli ili kentsel yerleşim alanı içerisinde yer alan konglomera birimlerinden örnekleme yapılmış ve karot örnekler alınarak fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Arazi çalışmaları ile elde edilen veriler ışığında Hoek ve Brown [1] yenilme kriteri uygulanarak kaya kütlelerine ait elastik parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kaya malzemesine ait tek eksenli ve üç eksenli test verileri kullanılarak elde edilen kayma dayanımı parametreleri ile kaya kütlelerine ait mühendislik parametreleri incelenmiştir. Kaya taşıma gücü değerlerinin belirlenmesinde kaya malzemesine ait parametreler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak tanımlanması gereken kaya kütle özellikleri kaya malzemesi ile büyük ölçüde farklılıklar sunmaktadır. Ayrıca, incelenen lokasyonlarda yapılan jeofizik ölçüm verileri ile kaya kütlelerine ait sismik parametrelerin elde edilmesi sağlanmış ve yerel zemin sınıfı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) [2] kapsamında ortaya konulmuştur.

Literatürde konglomeralarla ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu tür birimlerin mühendislik özelliklerinin tanımlanması ile ilgili kısıtlı sayıda çalışmanın olduğu görülmektedir. Literatürde var olan en eski çalışmalardan birisi Van Burkalow [3] tarafından gerçekleştirilmiştir. Van Burkalow [3], konglomeralar gibi iri taneli çökellerin kayma dayanımlarının tane boyutundan ziyade tanenin şekli, dayanımı ve gradasyonundan etkilendiğini ortaya koymuştur. Yazar, tanelerin %10'dan fazlasının 50 mm'den büyük veya %5'inin 600 mm'den büyük olması koşulunda yüzey pürüzlülüğünün test edilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Yazar, böylesi bir durumda yenilmenin tanelerin çevresinde ve tane-çimento sınırında olacak şekilde meydana geleceğini ifade etmiştir. Drovak ve Peter [4], bu tür birimlerdeki örnekleme güçlüklerini ifade ederek, örnek boyutlarının en büyük tane boyunun en az 5 katı kadar olması gerektiğini belirtmiştir. Bu durumun laboratuvar deney çalışmalarında zorluklar meydana getirdiğini belirterek, arazi ve laboratuvar çalışmalarının bir arada yapılması gerektiğini ifade etmiştir. Savely [5], Gila konglomeraları üzerinde yaptığı çalışmada, konglomera ve benzeri iri bloklu çökellerin tanımlanmalarındaki zorlukları ifade ederek bu birimlerin kayma dayanımlarını kazılabilirlik açısından değerlendirmiştir. Karzulovic ve Diaz [6] çimentolu breş çökelleri içerisinde açılacak bir yeraltı açıklığının tasarımını ele alarak bu çökelleri zayıf ancak homojen olarak tanımlanmıştır. Yazarlar Hoek [7]

tarafından önerildiği şekilde 100 mm çaplı örnekler üzerinde üç eksenli deneylerini gerçekleştirmiş ve laboratuvar verilerinden yola çıkarak kaya kütlelerinin yerinde GSI değerinin 75 civarında olacağını bildirmişlerdir.

Santi [8], zayıf kayalar üzerinde yaptığı çalışmada tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin 1 – 20 MPa arasında değiştiğini belirtmiş ve konglomeraları bu grup içerisinde ele almıştır. Shafiei ve Dusseault [9], İran'da 1,8 km uzunluğunda bir tünel güzergahında geçilen konglomera birimlerinin mühendislik özelliklerini incelemiş ve bu birimlere ait literatürde oldukça kısıtlı çalışmaların var olduğu gerçeğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar tünel güzergahı boyunca gözlenmiş olan konglomera birimlerini "zayıf dayanımlı kaya" olarak tanımlamışlar ve tünel çalışmasında stabilite problemleri meydana getirebileceğini bildirmişlerdir. Tsiambaos [10], düşük dayanımlı bir matris içerisinde yer alan sert tanelerin oluşturduğu bimrock (hamurda kaya) adıyla tanımlanan konglomeratik çökellerin mühendislik jeolojisi özelliklerini ortaya koymuştur. Khanlari vd. [11], İran'daki Hamedan bölgesinde yer alan Qom Formasyonu içerisindeki konglomera birimlerinin petrografik özellikleri ile mühendislik özellikleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Dokusal ve mineralojik özellikleri belirlemek için yapılan ince kesit çalışmaları ile birlikte tek eksenli sıkışma dayanımı, nokta yük indisi, elastisite modülü, porozite, kuru ve doymuş birim hacim ağırlıklarının belirlenmesine yönelik laboratuvar çalışmaları yürütmüşlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, konglomeraların mühendislik özellikleri üzerinde mineralojik içerikten ziyade dokusal özelliklerin etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Bonetto vd. [12], İtalya'daki Morene Formasyonu'na ait konglomera çökellerinin mekanik özelliklerini belirlemeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. İnceleme alanında jeoturizm açısından önemli doğal bir kemer yapısı da sunan konglomera birimlerinin mühendislik özelliklerini belirlemek için sismik tomoğrafi, GPR türü jeofizik ölçüm yöntemlerinden de faydalanmışlar ve ayrıca kayacın dokusal ve mineralojik içeriklerini de incelemişlerdir. Pradhananga ve Tamrakar [13] yaptıkları çalışmada Nepal'in Chure Khola bölgesinde yer alan konglomera çökellerinin agrega olarak kullanım potansiyelini incelemişlerdir. Bu çalışmada konglomeraları oluşturan taneler, büyüklüklerine göre ayrılarak agrega deneylerine (darbe dayanım, suda dağılmaya karşı dayanım, Los Angeles aşınma deneyleri vb.) tabi tutulmuşlardır. Çalışma ile elde edilen deney verilerine göre konglomera türevi agregaların uygun dolgu malzemesi olabileceği belirlenmiştir.

Bu çalışmada Denizli ili içerisinde yaygın olarak görülen ve inşaat temel zemini olarak yayılım gösteren kolüvyal çökellere ait konglomera biriminin mühendislik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Numune alma, bu tür birimlerin mühendislik jeolojisi özelliklerinin karakterizasyonundaki en önemli sorun olup çoğunlukla standart test numunelerinin hazırlanması mümkün

olmamaktadır. Bu çalışma ile konglomera birimi gibi zayıf kayalar için kaya kütlesi özelliklerinin kullanıldığı kaya taşıma kapasitesi yaklaşımları incelenmiş ve elde edilen sonuçların farklılıkları değerlendirilmiştir. Bu amaçla, inceleme alanı içerisinde 9 farklı araştırma ve örnekleme lokasyonu ele alınmış ve ayrıca 5 lokasyonda jeofizik ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2. KONGLOMERA BİRİMLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ (GENERAL PROPERTIES OF CONGLOMERATE UNITS)

Konglomera, çoğunlukla yuvarlaklaşmış kayaç tanelerinin bir matris ile tutturulmuş olduğu sedimanter kaya türü olarak tanımlanmaktadır [9]. Mühendislik jeolojisi açısından ise %50'den fazla çakıl, blok veya kaya parçası içeren ve bu tanelerin bir matris ile tutturulduğu tabakalı sedimanter kayalar olarak tanımlanmaktadır. İri tane oranının %50'den küçük olması durumunda kayacın iri çakıllı kumtaşı olarak tanımlanması gerektiği ifade edilmektedir [14]. Konglomeraların taneler özellikleri ve kimyasal bileşimleri çevresel depolanma koşullarına ve tanelerin orijinlerine göre farklılık sunmaktadır. Literatürde zayıf kaya tanımlamaları için farklı değerlendirmelerin olduğu görülmektedir [15]. Özellikle kaya kalite göstergesi (RQD), tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_{ci}) ve sismik dalga hız değerleri açısından incelenen konglomera birimlerinin de "Zayıf Kaya" kategorisinde yer aldıkları görülmektedir (Tablo 1).

2.1. İnceleme Alanının Jeolojik Özellikleri (Geological Properties of the Study Area)

İnceleme alanında görülen kolüvyal çökeller Asartepe Formasyonu'na aittir. Bu formasyon, Pliyosen yaşlı Kolonkaya Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelişmektedir (Şekil 1). Birimin adlandırması ilk kez Ercan vd. [16] tarafından yapılmıştır. Bu formasyon, adını Uşak L 22-a2 paftasında yer alan Asartepe'den almıştır. Formasyonun kalınlığı 50-150 m arasında değişmektedir. Orta-kalın ve az belirgin katmanlanma gösteren, çakıltaş-kumtaşı-silttaş-çamurtaşı düzensiz ardalanması başlıca kaya türü topluluğudur. Formasyon, zaman zaman, kiltası ve marn mercekleri de içermektedir.

Çakıllar çoğunlukla Tersiyer öncesi temel kayaçlarına aittir ve kuvarsit, kuvars şist, kuvars-muskovit şist ve mermer gibi metamorfik kayaç çakıllarıdır. Kaynak alandan uzaklaştıkça, çakıl ve blok boyutu malzemeler giderek ufalmakta, boylanma derecesi artmakta ve tabakalanma belirgin hale gelmektedir. Kumtaşı ve silttaşı düzeyleri, genellikle ince-orta tabakalanmalı ve kırmızımsı kahverengi, kalsit çimentolu ve kötü boylanmalıdır.

3. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

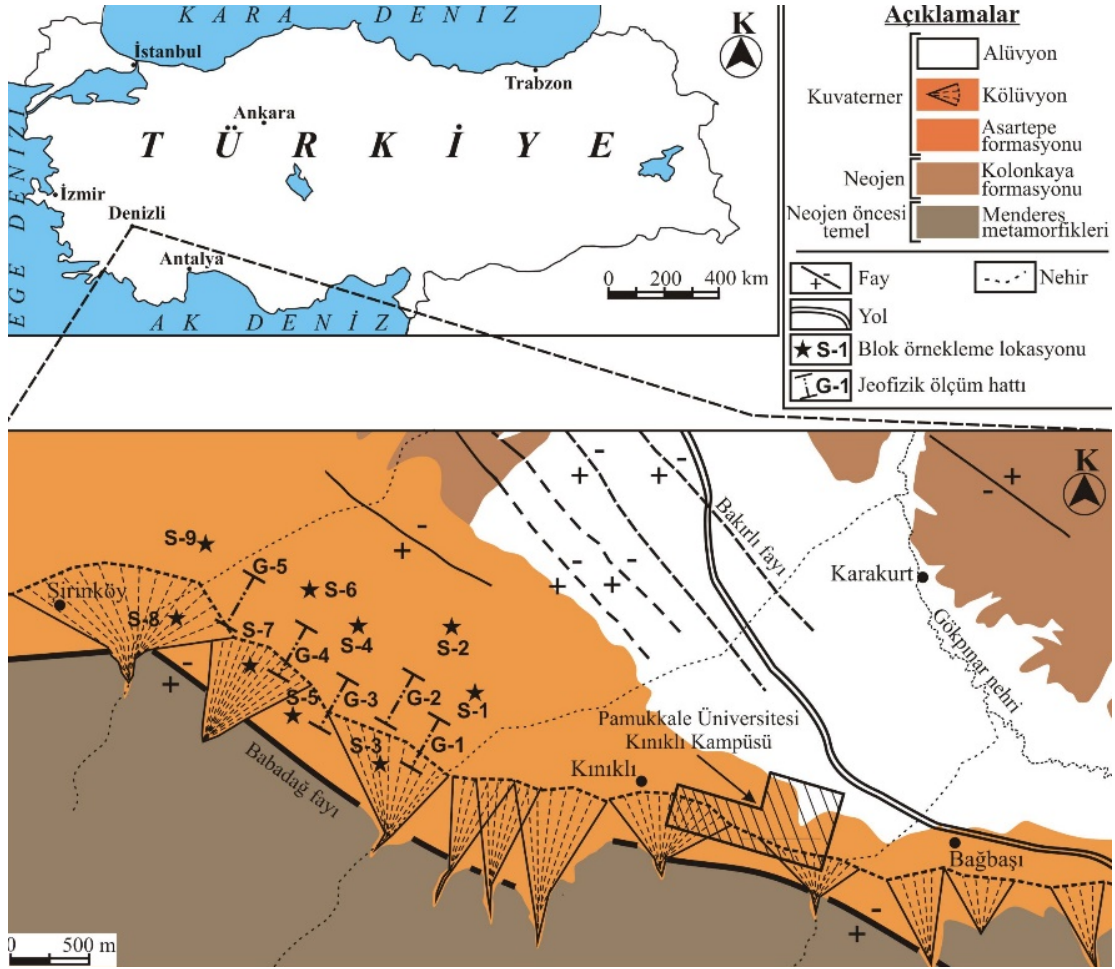
Bu çalışma, Denizli ili yerleşim alanı içerisinde yapılaşmanın da yoğun olarak bulunduğu bölgede yürütülen arazi çalışmaları, hazırlanan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, inceleme alanı içerisinde gerçekleştirilen jeofizik ölçüm çalışmaları ile kaya kütlesine ait sismik parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen parametreler kullanılarak kaya malzeme ve kütle özellikleri belirlenerek yapı tasarımı için gerekli taşıma gücü değerlerinin elde edilmesi sağlanmıştır.

Arazi araştırmalarına ait sondaj çalışmalarında genel olarak tek tüplü karotiyerler kullanıldığından istenen boyutlarda örnek alınabilmesi mümkün olmamaktadır. Bu yüzden bu çalışma kapsamında yapılan örnekleme yapı temel çukurlarından büyük bloklar alınması şeklinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Sondajlardan yeterli miktarda laboratuvar deneyleri için standartlara uygun boyutlarda karot örnekleri temin edilememiştir.

Araziden alınan blok örnekler laboratuvara taşınarak NX (54 mm) çaplı ve boy/çap oranı 2.0 – 2.5 olan karot numuneler elde edilmiştir (Şekil 3). Bu yöntem kullanılarak toplam 52 adet numune hazırlanmıştır. Elde edilen numuneler kullanılarak kaya malzemelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemeye yönelik deneyler yapılmıştır. Kayacın mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla ince kesitler hazırlanmıştır.

Tablo 1. Zayıf kayalar için tanımlanmış olan bazı mühendislik parametreleri (Santi ve Doyle [15]'den değiştirilmiştir)
(Summary of engineering properties of weak rocks (Modified from Santi and Doyle [15]).)

Kaya Malzeme Özelliği	Zayıf Kaya Tanımlaması	Referans
Sıkışma dayanımı (σ_{ci})	1-20 MPa	Afrouz [17]
Sıkışma dayanımı (σ_{ci})	0.5 - 20	ISSMFE [18]
Sismik dalga hızı (Vp)	2100 m/s*	Caterpillar [19]
Suda aşınma dayanımı (2.çevrim) (ASTM D 4644-87 [20])	< %90	Santi ve Doyle [15]
Doğal su içeriği	> %1 magmatik ve metamorfik kayaçlar için, > %5 - 15 killi kayaçlar için	Santi ve Doyle [15]
Kaya Kütle Özelliği		
RQD	< %25-75	Santi ve Doyle [15]
Dearman ayrışma sınıflaması	≥ kategori 4	Santi [21]
CSIR kaya kütle puanı (Bieniawski [22])	< 35-60	Santi [21]
NGI "Q" değeri	< 2	Santi [21]



Şekil 1. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Topal ve Özkul [23]'den değiştirilmiştir) (Geological map of the study area and its nearby (Geological map is modified from Topal and Özkul [23])



Şekil 2. Konglomera birimlerinde açılmış kazı çukurlarından (a) ve örneklemelerde kullanılan bloklardan görüntüler (b) (Views from excavation pits opened in conglomerate units (a) and blocks used in sampling (b))

Arazi çalışmaları ile elde edilen kaya kütle verileri (süreksizlik aralığı, açıklığı, pürüzlülüğü, dolgu durumu, devamlılığı) yardımı ile kaya kütle özellikleri de ortaya konulmuştur. Bu amaçla Hoek ve Brown [24] tarafından önerilmiş olan yenilme kriteri kullanılmıştır. Kaya kütlelerinin jeofizik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla örnekleme lokasyonlarında yapılan jeofizik sismik ölçüm verileri kullanılmıştır. Elde edilen veriler ile kaya taşıma gücü

değerlerinin hem malzemeden ve hem de kaya kütlelerine ait elde edilmiş parametrelerle değişimleri ortaya konmuştur.

4. BULGULAR (FINDINGS)

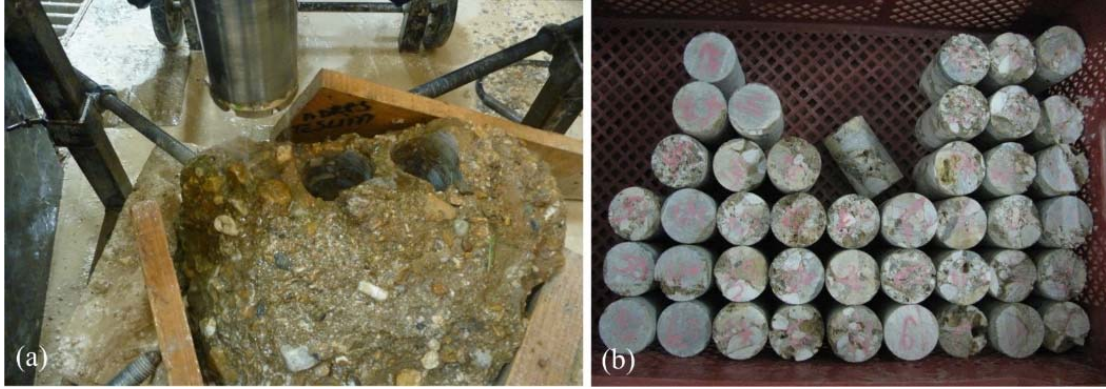
Bu bölümde konglomera birimlerine ait özelliklerin belirlenmesi amacıyla yapılmış çalışmalara ait veriler sunulmuştur. Kaya tanımlaması için gerekli olan petrografik

analiz sonuçları değerlendirilmiş ve sonrasında kaya malzemesi ile kütesel özellikler ele alınarak incelenmiştir.

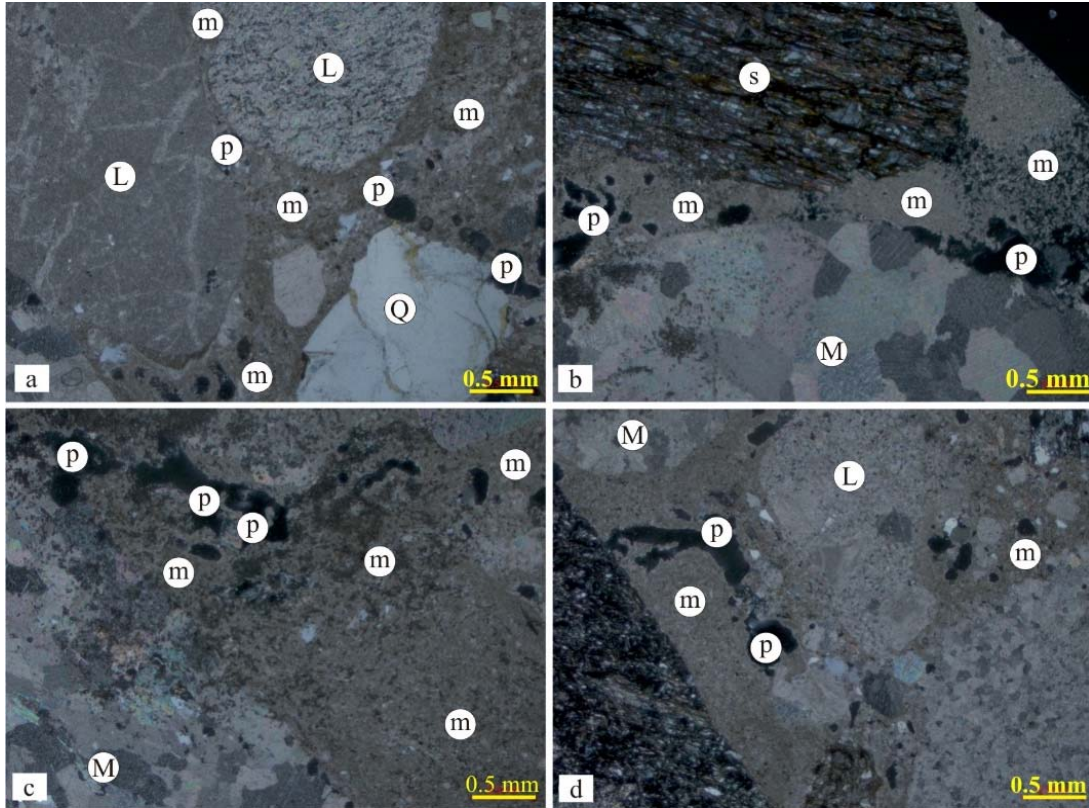
4.1. Petrografik Özelliklerin İncelenmesi (Investigation of Petrographical Properties)

Hazırlanan örnekler üzerinde yapılan ince kesit incelemelerinde, farklı renkli mermerler, kuvars kumtaşı, kuvars mikaşist, fillit, dolomit, kuvarsit tanelerinin varlığı gözlenmiştir (Şekil 4a-Şekil 4d). Konglomera birimini oluşturan tanelerin mikritik özellikte karbonat bileşenler ile

çimentolandığı belirlenmiştir. Tanelerin %60-65'i mermer çakıllarından oluşmaktadır. Mermer tanelerinin kenarları çoğunlukla köşeli olarak gözlenmektedir. İnce kesitlerdeki yassı taneli kuvars mika şist ve kuvars fillit kökenli bileşenlerin oranı yaklaşık %20-25 olarak belirlenmiştir. Kuvars kumtaşı, gabro ve diğer bileşenler ise %5'lik oranda yer almaktadır. Kayacı oluşturan taneler büyük ölçüde köşeli olup tanelerin iyi kenetlendiği kesitlerde genel olarak %20-25 boşluk olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlendirmeler, Terry ve Chilingar [25] tarafından önerilmiş olan yüzde tayin çizelgesi kullanılarak yapılmıştır. Bazı kesitlerde gözlenen



Şekil 3. Laboratuvardaki örnekleme çalışmaları (a) ve elde edilen karot numunelerden görünüm (b)
(Sampling from blocks and view of prepared core samples)



Şekil 4. Konglomera örneklerine ait ince kesitlerin polarizan mikroskop görüntüleri (m: çimento, L: kireçtaşı, Q: kuvars, S: şist, M: mermer, p: boşluk)
(Views of prepared thin sections of conglomerate unit under polarizing microscope (m: cement, L: limestone, Q: quartz, S: schist, M: marble, p: pore))

tanelere ek olarak serpantin çakılları da gözlenmiştir. Ayrıca mermer tanelerinin etrafında tane çeperlerinden dışarıya doğru ışınal olarak gelişmiş karbonatlaşmalar da tespit edilmiştir. Mikritik çimentonun hakim olduğu kesitlerde, tane çeperlerindeki ikincil karbonatlaşmanın etkisiyle kayacın gözenekliliğinin de kısmen düştüğü gözlenmiştir.

4.2. Fiziksel Özelliklerin İncelenmesi (Investigation of Physical Properties)

Fiziksel özelliklerin belirlenmesine ait deneysel çalışmaların bütünü ilgili deney standartları kullanılarak ISRM [26]'ya göre hazırlanmış 52 adet karot numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, ortalama değerleri de verecek şekilde Tablo 2'de sunulmuştur.

4.3. Mekanik Özelliklerin İncelenmesi (Investigation of Mechanical Properties)

Konglomera birimlerinin heterojen taneler dağılıma sahip olmaları fiziksel özellikleri yanında mekanik özelliklerinin de farklılıklar sunmasına neden olmaktadır. Bu çalışma kapsamında mekanik özelliklerin belirlenmesinde karot numuneler üzerinde 12 adet tek eksenli ve 9 adet (3 set) üç eksenli deneylerinden faydalanılmıştır (Şekil 5). Elde edilen veriler, ortalama değerleri de içerecek şekilde Tablo 3'de sunulmuştur. Kayaçların kuru koşullarda tek eksenli sıkışma dayanım değerleri 8,55 – 18,20 MPa ve doymuş koşul 5,57 – 19,64 MPa değerleri arasında değişmektedir. Deere ve Miller [27] sınıflamasına göre konglomeralar “Çok Düşük Dayanımlı Kaya” sınıfında yer almaktadırlar (Tablo 4). Örneklere ait kayma dayanım parametreleri yapılan üç eksenli sıkışma dayanım testleri ile belirlenmiştir. Kohezyon için ortalama değer 4,7 MPa ve içsel sürtünme açısı 45° olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Mekanik analiz test sonuçlarına ait deney verileri (Mechanical properties of conglomerate unit).

Dayanım Özellikleri	Aralık	Ortalama
σ_{ci} (kuru) (MPa)	8,55 – 18,20	13,95
σ_{ci} (doymuş) (MPa)	5,57 – 19,64	12,41
Kohezyon (MPa)	3,5 – 7,5	4,7
İçsel sürtünme açısı (°)	43 - 47	45

Numunelerin tek eksenli sıkışma deneyleri sonrası yenilme yüzeyleri incelendiğinde kırılmanın tane sınırı boyunca ve oldukça belirgin bir şekilde olduğu görülmektedir (Şekil 6). Bu durum, konglomeraları oluşturan bağlayıcının taneleri oluşturan birimlere göre daha zayıf olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_{ci}) değerlerine göre kaya dayanım sınıflaması [27] (σ_{ci} classification of rocks [27])

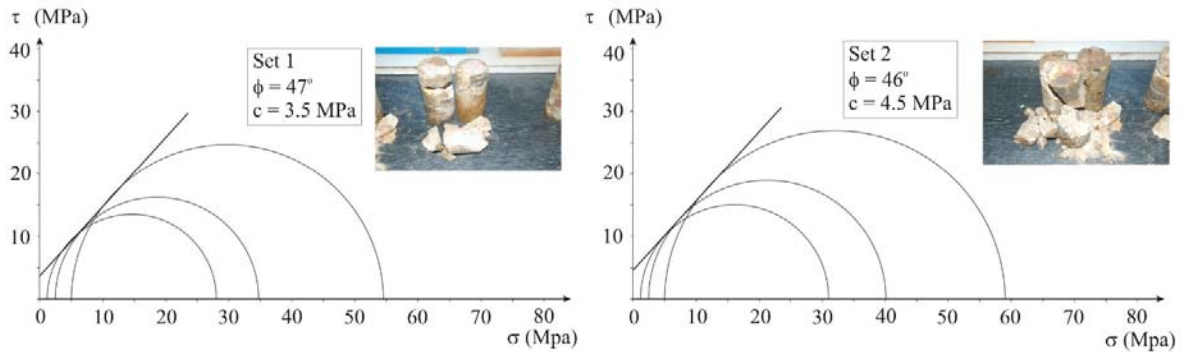
Kaya Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Dayanımı, σ_{ci} (MPa)
Çok yüksek dayanımlı	> 200
Yüksek dayanımlı	200 – 100
Orta dayanımlı	100 – 50
Düşük dayanımlı	50 – 25
Çok düşük dayanımlı	< 25

4.4. Kaya Kütle Özelliklerinin Belirlenmesi (Determination of Rock Mass Properties)

İnceleme alanında yer alan konglomera çökellerinin dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesi için Hoek ve Brown [1, 285 tarafından önerilen yenilme kriteri kullanılmıştır. Bu kriter, kaya kütlelerinin dayanım ve

Tablo 2. Fiziksel analiz test sonuçlarına ait veri değerleri (Physical properties of conglomerate samples)

Fiziksel Özellik	Aralık	Ortalama
Kuru birim hacim ağırlığı (kN/m ³)	21,0 – 24,6	23,8
Doymuş birim hacim ağırlığı (kN/m ³)	22,7 – 25,4	24,4
Ağırlıkça su emme (%)	2,42 – 5,25	3,76
Görünür porozite (%)	5,88 – 11,73	8,64



Şekil 5. Üç eksenli sıkışma dayanım testlerine ait örnek yenilme zarfları (Examples of triaxial compression test results, failure envelopes and views of core samples after tests)

deformasyon özelliklerinin belirlenmesinde üç temel parametreyi esas almaktadır [1, 28-34]. Bunlar; sağlam kayanın tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_{ci}), Hoek-Brown sabiti değeri (m_b) ve Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)'dir. Parametrelerle ilgili değerlendirmeler aşağıda listelenmiştir. Eklemlili kaya kütleleri için Hoek-Brown Yenilme Ölçütü şu şekilde tanımlanmıştır (Eş. 1).



Şekil 6. Karot örneklerin üç eksenli sıkışma deneyi sonrası görünümleri (a), örneklerin kuru haldeki görünümleri (b), örneklerin suya doygun haldeki görünümleri (c), üç eksenli sıkışma dayanımı deneyinden bir görünüm (d).

(Views of core samples; after triaxial test with failure planes (a), after uniaxial compressive test (b), views of saturated core samples (c) and view of triaxial test (d))

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (1)$$

Burada;

σ'_1 ve σ'_3 = yenilme anındaki maksimum ve minimum efektif gerilmelerdir, m_b = kaya kütleleri için Hoek Brown sabiti, s ve a = kaya kütle karakteristiklerine bağlı sabitlerdir, σ_{ci} = sağlam kaya numunesine ait tek eksenli basınç dayanımıdır.

Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) Hoek vd. [30], tarafından farklı jeolojik koşullarda kayaç kütle dayanımındaki azalmaların tahminini sağlamak için geliştirilen ve RMR'm yerine ölçüte dahil edilen bir parametredir. Hoek [35], GSI sistemine foliasyonlu-laminalı-makaslanmış ve sağlam veya masif gurubunu da ekleyerek GSI sınıflama sistemini yeniden düzenlemiştir. Sağlam kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri (σ_{ci}) laboratuvar deneylerinden elde edilmiştir. Tüm kayaç grupları için kullanılacak mi değerleri 3 eksenli sıkışma deneylerinden elde edilen verilerin kısıtlı olması nedeniyle Marinos ve Hoek [31] tarafından önerilen tablo kullanılarak belirlenmiştir. Kaya kütle dayanım özelliklerini belirleyen m_b , s ve a parametrelerinin hesaplanması "Örselenme Derecesi Faktörü" de göz önüne alınarak aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Eş. 2).

$$m_b = m_i \exp \left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right) \quad (2)$$

GSI > 25 için, kaya kütlelerinin "iyi kalite" de olduğu ifade edilmektedir. Orijinal Hoek Brown ölçütüne uygulanmasıyla Eş. 3 elde edilir.

$$s = \exp \left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right) \text{ ve } a = 0.5 \quad (3)$$

GSI < 25 için kaya kütleleri "çok kötü kalitede" şeklinde tanımlanmaktadır. Değiştirilmiş Hoek Brown ölçütüne uygulanarak Eş. 4 bağıntısıyla tanımlanmaktadır.

$$s = 0 \text{ ve } a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right) \quad (4)$$

Çin ve Tayvan'dan derlenmiş deformasyon modülü verisini kullanan Hoek ve Diederichs [34], GSI ve örselenme faktörü D'yi de dikkate alarak aşağıdaki eşitliği önermişlerdir (Eş. 5).

$$E_{rm} (MPa) = 100.000 \times \left(\frac{1 - \frac{D}{2}}{75 + 25D - GSI} \right) \quad (5)$$

Hoek ve Diederichs [34] kaya malzemesinin elastisite modülünün bilinmesi durumunda aşağıdaki eşitliği önermişlerdir (Eş. 6).

$$E_{rm} = E_i \times \left(0.02 + \frac{1 - \frac{D}{2}}{60 + 15D - GSI} \right) \quad (6)$$

İnceleme alanında yapılan arazi çalışmaları ve kaya kütle özelliklerine ait incelemeler Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI), değerinin 17 - 42 aralığında değişmekte olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 7).

Konglomera birimi için süreksizlik yüzey koşulları, ISRM [26]'ye uygun olarak arazide gözlenen mostralara ve örneklemelerin de yapıldığı temel kazısı yüzeyleri incelenerek belirlenmiştir (Şekil 8). Mostra yüzeylerinin yeterli uzunluklarda ölçüm ve incelemelere olanak vermemektedir. Bu nedenle hat etüdü şeklinde yapılan çalışmaların büyük bölümü temel kazısı yüzeylerinde gerçekleştirilmiştir. Hat uzunlukları açılan temel kazısı boyutlarına bağlı olarak 10 - 30 m arasında değişim göstermiştir. Buna göre, süreksizlik uzunlukları 1 - 3 m ile 3 - 10 m arasında, açıklık değeri 1 - 5 mm, süreksizlikler az pürüzlü ve pürüzlü, yumuşak dolgulu, çok bozunmuş - bozunmuş yüzey özelliklerine sahip olarak tanımlanmıştır. Süreksizlik yüzey koşulu puanları ($J_{Cond_{99}}$), Bieniawski [36] tarafından süreksizliklerin durumunun puanlandırılması için önerilen kılavuzdan yararlanılarak belirlenmiş ve Tablo 5'de sunulmuştur.

Yerinde yapılan incelemeler ve gözlemler sonucunda GSI belirlenmesinde kullanılan kayaç kütle yapısının geniş bir aralıkta değişim sunduğu görülmektedir. Konglomera birimi kazısı sırasında oldukça sağlam zor kırılan bir özellik gösterirken, günlenince (atmosferik koşullar nedeniyle) çok kolay ayrılan ve kolaylıkla dağılabilen bir özellik kazanmaktadır. Bundan dolayı kayaç kütle yapısı, zayıf

kenetlenmiş, genellikle köşeli ve yer yer yuvarlak taneli kuvarsit, kuvars-şişt, kuvars muskovit şişt ve mermer gibi farklı metamorfik çakıllardan oluşan “Çok Bloklular-Parçalanmış” kaya kütlesi olarak tanımlanmıştır.

İnceleme alanındaki konglomeraların dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda RocData programı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Programda girdi parametresi olarak kullanılan Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI), süreksizlik yüzey koşuluna ve kayaç kütle yapısı göz önüne alınarak 17 - 40 aralığında, sağlam kaya malzemesinin tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c), 8,55 – 18,20 MPa aralığında, m_i değeri ise Marinos ve Hoek [29] tarafından önerilen tablodan yararlanılarak alınmıştır (Tablo 6). Uygulama alanı genel koşullarda değerlendirilerek örselenme faktörü (D) 0 alınmıştır. Tablo 6’da GSI değerlerinin düşük olarak alınmasında, birimin sekonder bir sedimantasyon ürünü olması, heterojen yapısı ve bölgesel jeolojik koşulların etkisi dikkate alınmıştır.

RocData 3.0 [37] programıyla yapılan analizler sonucunda Hoek Brown sabiti m_b parametresi 0.93 - 2.27 arasında, kaya kütle karakteristiklerine bağlı sabitlerden $s = 1 \times 10^{-4}$ ile 1.6×10^{-4} arasında ve $a = 0.51 - 0.551$ arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 7). Eşdeğer Mohr-Coulomb kayma dayanımı parametrelerinden kohezyon (c) 0.27 - 0.96 MPa

aralığında, içsel sürtünme açısı (ϕ) 25.36 - 33.16° aralığında ve kaya kütlesi parametrelerinden elastisite modülü (E_m) ise 118.70 - 1165.46 MPa olarak elde edilmiştir. Şekil 9, S-1 lokasyonu örneğinde RocData 3.0 programı ile elde edilmiş kaya kütle parametrelerini tanımlamaktadır.

4.5. Kaya Kütlelerine Ait Jeofizik Özelliklerin Belirlenmesi (Determination of Geophysical Properties of Rock Mass)

Çalışma alanında yer alan konglomera biriminin sismik özelliklerinin belirlenebilmesi için 5 farklı lokasyonda gerçekleştirilmiş jeofizik ölçüm verileri değerlendirilmiştir. Ölçüm hatları ayrıca Şekil 1’deki jeoloji haritası üzerinde gösterilmiştir. Ölçüm mesafeleri arazi ve temel çukuru koşullarının uygunluğuna bağlı olarak 90 – 120 m arasında değişim göstermiştir. MASW ölçümleriyle sismik hızların ve $V_{s(30)}$ değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan sismik çalışmalardan elde edilen sismik hızlar ve bu hızların kullanılmasıyla elde edilen elastik parametreler Tablo 8’de verilmiştir. Buna göre konglomera birimlerinin V_p dalga hızları 1010 – 1849 m/s ve V_s dalga hızları 424 – 680 m/s değerleri arasında değişmektedir. Zemin büyütmesi değerleri ise 1.44 – 1.63 değerleri arasında değişim sergilemektedir. Elde edilen veriler, konglomera birimi içerisinde kayma dalgası hızlarının 424 – 680 m/s ve $V_{s(30)}$ değerinin 513 – 621 m/s değerleri arasında değişmekte olduğunu ortaya koymuştur.

Tablo 5. İncelenen lokasyonlar için belirlenmiş süreksizlik koşullarına ait puanlamalar ile elde edilmiş süreksizlik yüzey koşulu ($J_{Cond_{89}}$) değerleri

(Joint surface condition, $J_{Cond_{89}}$, values obtained by scoring the discontinuity conditions determined for the investigated locations)

Süreksizlik Özelliği	Tanımlama	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-5	S-7	S-8	S-9
Devamlılık	3 – 10 m	2	2							
	1 – 3 m			4	4	4	4	4	4	4
Açıklık	1 – 5 mm	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pürüzlülük	Az pürüzlü	3	3	3	3	3				
	Pürüzlü						5	5	5	5
Dolgu	Yumuşak dolgu > 5 mm	0	0	0	0	0	0			
	Yumuşak dolgu < 5 mm							2	2	2
Bozunma	Çok bozunmuş			0				0		
	Bozunmuş	1	1		1	1	1		1	1
Süreksizlik Yüzey Koşulu ($J_{Cond_{89}}$)		7	7	8	9	9	11	12	13	13

Tablo 6. Konglomera çökelleri için tanımlanmış Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI), m_i ve E_i değerlerinin lokasyonlara göre değişimleri (GSI, m_i and E_i values of conglomerate rock mass)

Lokasyon No	σ_{ci} (MPa)	GSI	m_i	E_i (MPa)
S-1	8,55	17	18	2992,50
S-2	8,86	18	18	3101,00
S-3	11,87	23	18	4154,50
S-4	12,89	27	18	4511,50
S-5	13,14	29	18	4599,00
S-6	16,00	35	18	5600,00
S-7	16,18	36	18	5663,00
S-8	17,16	39	18	6006,00
S-9	18,20	40	18	6370,00

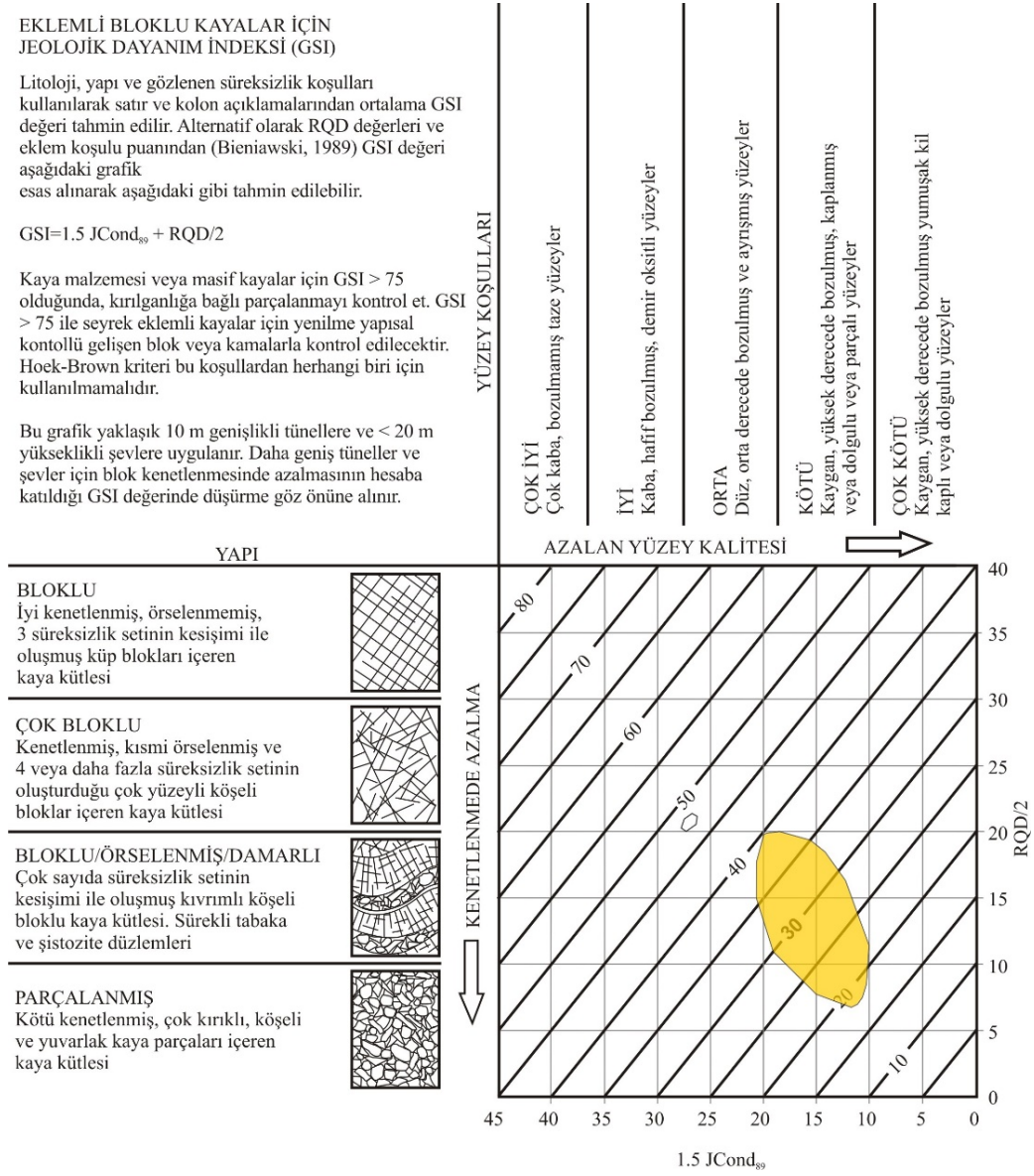
**EKLEMLİ BLOKLU KAYALAR İÇİN
JEOLojİK DAYANIM İNDEKSİ (GSI)**

Litoloji, yapı ve gözlenen süreksizlik koşulları kullanılarak satır ve kolon açıklamalarından ortalama GSI değeri tahmin edilir. Alternatif olarak RQD değerleri ve eklem koşulu puanından (Bieniawski, 1989) GSI değeri aşağıdaki grafik esas alınarak aşağıdaki gibi tahmin edilebilir.

$$GSI=1.5 JCond_{90} + RQD/2$$

Kaya malzemesi veya masif kayalar için $GSI > 75$ olduğunda, kırılma güçlüğüne bağlı parçalanmayı kontrol et. $GSI > 75$ ile seyrek eklemli kayalar için yenilme yapısal kontrollü gelişen blok veya kamalarla kontrol edilecektir. Hoek-Brown kriteri bu koşullardan herhangi biri için kullanılmamalıdır.

Bu grafik yaklaşık 10 m genişlikli tünellere ve < 20 m yükseklikli şevlere uygundur. Daha geniş tüneller ve şevler için blok kenetlenmesinde azalmanın hesaba katıldığı GSI değerinde düşürme göz önüne alınır.

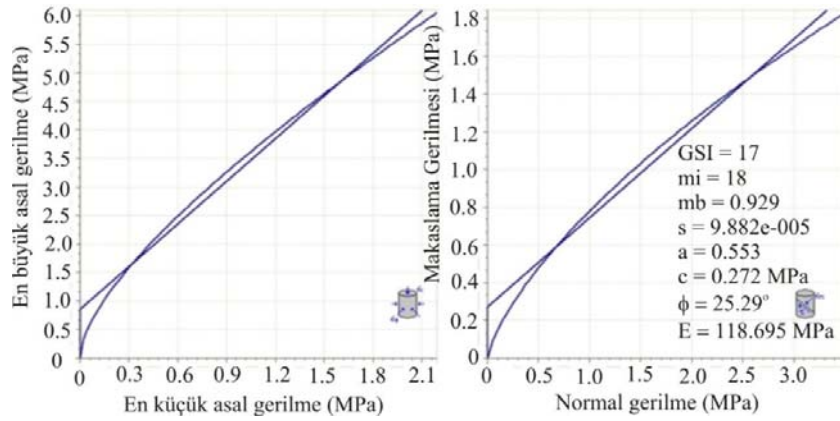


Şekil 7. Arazi gözlemleri ile belirlenmiş kaya kütle özelliklerine göre tanımlanmış GSI değerlerinin abak içerisindeki konumu. (GSI abağı Hoek vd. [38] kaynağından alınmıştır)

(Region of studied rocks on the general chart for GSI estimates from the geological observations (GSI chart was taken from Hoek vd, [38])



Şekil 8. Konglomera temel kazılarında gözlenen yüzey koşulları ve tanesal dağılım özelliklerinin genel görünümü
(Typical surface conditions of the conglomerate unit observed in foundation excavations, and general view of the granular distributions)



Şekil 9. Kaya özelliklerine bağlı olarak RocData 3.0 programı kullanılarak elde edilmiş kaya kütle parametreleri (S-1 lokasyonu)

(Rock mass parameters obtained by using the RocData 3.0 program depending on the rock properties, S-1 location)

Tablo 7. Hoek–Brown sabitleri (mb, s and a), Eşdeğer Mohr-Coulomb parametreleri (c and φ) ve kaya kütle parametrelerinin incelenen lokasyonlar için değişimleri

(Hoek–Brown classification constants (mb, s and a), the Mohr-Coulomb parameters (c and φ) and rock mass parameters).

Lokasyon no	Hoek-Brown Kriteri			Mohr -Coulomb		Kaya Kütle Parametreleri			
	mb	s *(10 ⁻⁴)	a	c (MPa)	φ (°)	σ _t (MPa)*(10 ⁻²)	σ _c (MPa)	σ _{cm} (MPa)	E _m (MPa)
S-1	0,93	1,00	0,55	0,27	25,30	-0,10	0,05	0,86	118,70
S-2	0,96	1,00	0,55	0,29	25,64	-0,10	0,06	0,92	128,68
S-3	1,15	2,00	0,54	0,44	27,29	-0,20	0,12	1,46	222,06
S-4	1,33	3,00	0,53	0,53	28,56	-0,30	0,18	1,77	304,19
S-5	1,43	4,00	0,52	0,56	29,18	-0,30	0,21	1,90	351,13
S-6	1,77	7,00	0,52	0,76	31,03	-0,70	0,39	2,68	635,08
S-7	1,83	8,00	0,52	0,78	31,34	-0,70	0,42	2,77	687,46
S-8	2,04	1,10	0,51	0,87	32,25	-1,00	0,53	3,15	895,39
S-9	2,27	1,60	0,51	0,96	33,16	-1,30	0,68	3,56	1165,46

Tablo 8. Jeofizik ölçüm lokasyonları için elde edilmiş sismik hızlar ve zemin parametreleri (Seismic velocities and soil parameters obtained from geophysical measurements).

Lokasyon No	Tabaka Kalınlığı (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	G (MPa)	E (MPa)	V _{s(30)} (m/s)	Zemin Büyütmesi
G-1	0,00 – 3,00	1021	510	447,00	1192,29	513	1.61
	3,00 – 7,50	1377	517	494,96	1403,72		
	7,50 – 13,5	1488	520	510,55	1460,60		
	13,5 – 21,0	1602	514	508,10	1466,09		
	21,0 – 30,0	1734	506	502,31	1460,11		
G-2	0,00 – 1,90	1506	620	727,97	2035,37	621	1.44
	1,90 – 10,70	1764	623	764,75	2185,12		
	10,7 – 27,5	1849	621	768,77	2208,56		
G-3	0,00 – 3,30	1070	424	312,55	1573,87	582	1.63
	3,30 – 5,50	1189	434	336,28	2075,38		
	5,50 – 8,00	1248	465	390,71	2293,38		
	8,00 – 10,80	1307	545	542,92	2398,61		
G-4	10,80 – 30,0	1365	680	854,48	2303,68	568	1.52
	0,00 – 5,80	1184	566	571,26	1544,65		
	5,80 – 9,80	1500	563	599,70	1700,67		
G-5	9,80 – 28,5	1522	570	616,96	1750,19	522	1.59
	0,00 – 3,70	1010	522	467,01	1230,73		
	3,70 – 10,0	1377	527	514,38	1454,72		
	10,0 – 18,7	1494	526	522,91	1494,83		
	18,7 – 30,0	1677	517	519,97	1505,32		

4.6. Konglomera Çökellerinin Yeni Deprem Yönetmeliği Yerel Zemin Sınıfı Açısından Değerlendirilmesi
(Evaluation of Local Soil Classes of Conglomerate Deposits According to New Earthquake Regulation Code)

TBDY [2] tarafından güncellenmiş olan Yerel Zemin Sınıfı tablosu, yapı zeminini oluşturan jeolojik birimin SPT değerleri, $V_{S(30)}$ ve üst 30 metre için ortalama kohezyon değerlerine göre sınıflandırmaktadır (Tablo 9). Elastisite modülü (E) ve kayma modülü (G) değerleri sismik hızlar ve zemin birim hacim ağırlığı (d) parametreleri kullanılarak (12) numaralı eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir;

Bu çalışma kapsamında incelenen konglomera litolojisindeki birimler için herhangi bir arazi testi yapılması mümkün olmadığından değerlendirmelerin sadece $V_{S(30)}$ değerleri üzerinden yapılması gerekmektedir. Yapılan jeofizik ölçüm çalışmaları ile elde edilmiş $V_{S(30)}$ değerleri 513 m/s – 621 m/s değerleri arasında değişmektedir. Bu koşul için konglomeraların ZC yerel zemin sınıfında tanımlandıkları görülmektedir.

4.7. Kaya Taşıma Gücünün Belirlenmesi
(Determination of Rock Bearing Capacity)

4.7.1. Kaya malzeme özelliklerine göre taşıma gücünün belirlenmesi
(Rock bearing capacity calculations based on intact rock properties)

Kaya malzeme özelliklerine dayanan taşıma gücü hesaplamalarının temeli Terzaghi tarafından ortaya atılmıştır [36]. Sonradan geliştirilen ve farklı araştırmacılar tarafından önerilen taşıma gücü hesaplamalarının çoğu temelde bu teorik yöntemi esas almaktadır. Teorik modellerin bütünü malzemeye ait fiziksel ve mekanik parametrelerin kullanılmasını gerektirir. Bunun yanında planlanan yapı

temel boyutları ve kazı derinliği gibi yapı parametrelerine de gerek duyulmaktadır. Bu çalışmada bir yapı temeli model olarak alınmış ve belirlenmiş kaya malzeme parametreleri kullanılarak taşıma gücü değerleri belirlenmiştir (Şekil 10).

4.7.2. Kaya kütle özelliklerine göre taşıma gücünün belirlenmesi

(Determination of rock bearing capacity based on rock mass properties)

İncelenen çalışma alanı, halen yapılaşmanın hızla devam etmekte olduğu bir bölgedir. Yapılaşmaya esas jeoteknik çalışmalarda statik projelerin yapılabilmesi için gerekli olan zemin taşıma gücünün belirlenmesi önem taşımaktadır. Ancak çoğu kez kaya malzemesine ait dayanım parametreleri ile buna bağlı olarak elde edilmiş kayma dayanım parametrelerinin kullanıldığı görülmektedir. Yapılan hesaplamalarda, eski tarihlerde önerilmiş çeşitli ve ampirik eşitlikler kullanılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, kaya kütle özellikleri bütün olarak göz ardı edilmekte ve böylece mühendislik açısından da büyük hesaplama hatalarına neden olmaktadır. Büyük ölçüde süreksizlikler (zayıflık zonları) içermelerinden ötürü, kaya kütleleri için evrensel bir taşıma gücü eşitliğinin ortaya konulmasının da güç olduğu bildirilmektedir [39]. Kaya ortamları bozuşmaya uğramamış, aşırı derecede kırıklı-çatlaklı veya boşluklu olmadıkları sürece yapı temelleri için uygun ortamlar olarak değerlendirilir. Kaya temellerin taşıma gücünün belirlenmesinde birçok farklı yöntem kullanılmaktadır,

Peck vd. [40] yapmış oldukları çalışmada kaya ortamları ayırt edilebilir aşırı süreksizlik sistemleri içermiyorsa veya kaya kalite göstergesi (RQD) değeri %90'ın üzerinde ise, kayacın tek eksenli basınç dayanımının (σ_c) izin verilebilir taşıma gücü olarak alınabileceğini, süreksizlik içeren kayalarda ise izin verilebilir taşıma gücü, kaya kalite

Tablo 9. TBDY [2]'e göre tanımlanmış yerel zemin sınıfları ve konglomera biriminin zemin sınıfları içerisindeki yeri
(Local soil classes and status of conglomerates according to TBDY [2])

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \%40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			



Şekil 10. Taşıma gücü hesabı için oluşturulan örnek yapı temeli modeli
(Example foundation excavation model for bearing capacity calculations)

göstergesi (RQD) esas alınarak tahmini olarak hesaplanabileceğini belirtmiştir. Kulhawy ve Carter [41], eklem aralıklarının temel genişliğinde veya bir miktar küçük olması durumunda kayaca ait tek eksenli sıkışma dayanımının en büyük taşıma kapasitesi değeri olarak alınabileceğini ifade etmiştir. Bu yöntemlerin dışında kaya kütlelerinde gelişen eklem (çatlak) takımlarının aralığı temel genişliğinden az ve eklemlerin açıklığı az veya dolgu ihtiva ediyorsa, ileri derecede eklemli kaya kütlelerindeki benzer kama türü yenilme gelişeceği ve bu durumda taşıma kapasitesi için Bell [42, 43] çözümünden yararlanılabileceği belirtilmiştir [44]. Bu yöntemde aktif kamanın ağırlığının yanı sıra inşa edilen temeli çevreleyen kayacın neden olduğu yanar sıkıştırma da dikkate alınmaktadır. Az kırıklı zayıf kayalar üzerindeki temellerde kayalar için taşıma gücü değerinin hesaplanmasında Bell [42] aşağıdaki eşitliği (Eş, 7) önermiştir.

$$q_u = C_{f1} * c * N_c + C_{f2} * \frac{B * \gamma}{2} * N_\gamma + \gamma * D_f * N_q \quad (7)$$

Bu eşitlikte, B = Temel genişliği (10 m), γ = Sağlam kayacın birim hacim ağırlığı (21.0 - 24.6 kN/m³), D_f = Temel derinliği (3.0 m), c = Kaya kütlelerine ait kohezyon (0.27 – 0.96 MPa), ϕ = Kaya kütlelerine ait içsel sürtünme açısı (25.30° – 33.16°), C_{f1} ve C_{f2} boyutsuz düzeltme faktörleri olup, Tablo 10'dan temelin şekline göre seçilmektedir, N_c, N_γ, N_q boyutsuz taşıma gücü faktörleri değerleridir.

Kaya kütlelerine ait eklem (çatlak) aralıklarının temel genişliğinden daha fazla olması durumunda yenilmenin sadece temel altında kama oluşturacak şekilde geliştiği bilinmektedir. Bu tür ortamlar için izin verilebilir taşıma gücü Kulhawy ve Goodman [45]'ün önerdikleri eşitlikten (Eş, 8) hesaplanmaktadır.

$$q_a = J * c * N_{cr} \quad (8)$$

Burada, q_a = Kayacın sınır taşıma gücü, J = Düzeltme faktörü, N_{cr} = Taşıma kapasitesi faktörü, c = Kaya kütlelerinin kohezyonudur. Sık eklemli (çatlaklı) kaya kütlelerinin taşıma

kapasitesi hesabı, temel altındaki kayada gelişen aktif ve pasif kamalarda zemin mekaniğindeki benzer şekilde yapılır. İleri derecede eklemli (çatlaklı) kayalarda nihai taşıma gücü (q_u) Hoek-Brown yenilme ölçütüne göre, aşağıdaki eşitlikten (Eş, 9) hesaplanır [44].

$$q_u = \pi r^2 = C_{f1} * s^{0.5} * \sigma_{ci} [1 + (m * s^{-0.5} + 1)^{0.5}]$$

$$q_a = \text{izin verilebilir taşıma gücü} = q_u / FS \quad (9)$$

C_{f1} = Temel şekline bağlı boyutsuz düzeltme faktörü, m_b ve s = Eklemli kaya kütlelerinin kırıklılık derecesi (m_b) ve kaya tipine (s) bağlı sabit sayılar, σ_{ci} = Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımıdır.

Tablo 10. Temel şekline at boyut düzeltme faktörlerinin tanımlanması [46]
(Dimensional correction factors for foundation types [45])

Temel şekli	C _{f1}	C _{f2}
Sürekli, L/B > 6	1,00	1,00
Dikdörtgen L/B = 2	1,12	0,90
L/B = 5	1,05	0,95
Kare	1,25	0,85
Dairesel	1,20	0,70

İnceleme alanındaki konglomera birimi “Çok Bloklular-Parçalanmış” kaya kütleleri olarak tanımlanmıştır. Yüzeyle yakın kısımlarda ise ileri derecede çatlaklı ve bozunmuş bir yapı sunmaktadır. Bundan dolayı ileri derecede eklemli (çatlaklı) kayalarda nihai taşıma gücü (q_u) Hoek-Brown yenilme ölçütüne göre, Wyllie [44] tarafından önerilen ilişkiyi yararlanılarak hesaplanmıştır. Kaya kütlelerine ait taşıma gücü hesaplamaları Bell [42] ve Wyllie [44] yöntemlerine göre ayrı ayrı elde edilmiş olup, sonuçlar ortalama değerleri de yansıtacak şekilde Tablo 11 ve Tablo 12’de sunulmuştur.

Kaya kütle özelliklerinin tanımlanması ile taşıma gücünün belirlenmesine yönelik bir başka yaklaşım Hoek vd. [47]

tarafından kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_{ci}) ve kaya kütle sabiti (s) değerine bağlı olarak nihai taşıma gücü şeklinde aşağıdaki eşitlikle önerilmiştir;

$$q_{ult} \text{ (MPa)} = \sigma_{ci} \times s^{0.5}$$

Çalışmada her lokasyon için elde edilen kaya malzeme ve kütle özellikleri dikkate alınarak nihai taşıma gücü değerleri ve isin verilebilir taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır. Elde

edilen sonuçlar Tablo 13’de sunulmuştur. İnceleme alanında 9 farklı örnek grubu lokasyonu için Bell [42] ve Wyllie [44] çözümleri arasında önemli farklılıkların bulunduğu dikkati çekmektedir. Bu durum, malzeme özelliklerinden yola çıkılarak belirlenmiş olan kayma dayanım parametrelerinin yüksek olması koşulunun taşıma gücündeki önemli artışlara neden olduğu şeklinde açıklanmıştır. Bell [42] çözümleri içerisinde yer alan taşıma gücü faktörleri (N_c , N_q ve N_γ) değerleri içsel sürtünme açısı değerlerindeki çok küçük

Tablo 11. Örneklem grupları için elde edilmiş ve farklı temel tipleri için hesaplanmış taşıma gücü değerleri, Bell [42] çözümü (Ultimate bearing capacity values obtained for sampling groups and calculated for different foundation types [42])

Lokasyon No	c (t/m ²)	φ (°)	γ (kN/m ³)	Nihai Taşıma Gücü Değeri q_u (kg/cm ²)			
				Şerit Temel	Dikdörtgen Temel	Kare Temel	Dairesel Temel
S-1	27	25,30	24,0	40,21	43,167	46,761	44,224
S-2	29	25,64	24,0	42,459	45,678	49,564	46,915
S-3	44	27,29	24,0	70,853	77,043	84,247	80,034
S-4	53	28,56	24,0	90,732	99,053	108,622	103,33
S-5	56	29,18	24,0	104,276	113,937	125,024	118,961
S-6	76	31,03	24,0	164,29	180,483	198,8	189,509
S-7	78	31,34	24,0	168133	184,787	203,603	194,12
S-8	87	32,25	24,0	204,072	224,644	247,795	236,38
S-9	96	33,16	24,0	245,876	271,022	299,231	285,574
Ortalama				125,656	137,757	151,516	144,339

Tablo 12. Örneklem grupları için elde edilmiş ve farklı temel tipleri için hesaplanmış nihai taşıma gücü değerleri ve kaya kütle sabitleri, Wyllie [44] çözümü (Ultimate bearing capacity values calculated for different foundation types and rock mass constants for sample groups [44])

Lokasyon No	m_b	s	σ_{ci} (MPa)	Nihai Taşıma Gücü Değeri, q_u (kg/cm ²)			
				Şerit Temel	Dikdörtgen Temel	Kare Temel	Dairesel Temel
S-1	0,93	0,0001	8,55	9,14	10,24	11,43	10,97
S-2	0,96	0,0001	8,86	9,61	10,77	12,02	11,53
S-3	1,15	0,0002	11,87	16,91	18,94	21,14	20,29
S-4	1,33	0,0003	12,89	21,92	2455	27,40	26,31
S-5	1,43	0,0004	13,14	25,00	28,01	31,26	30,01
S-6	1,77	0,0007	16,00	39,12	43,81	48,89	46,94
S-7	1,83	0,0008	16,18	41,67	46,67	52,09	50,00
S-8	2,04	0,00011	17,16	26,96	30,20	33,71	32,36
S-9	2,27	0,00016	18,20	33,23	37,22	41,53	39,87
Ortalama				24,84	27,82	31,05	29,81

Tablo 13. Hoek vd. [47] tarafından önerilen yöntem kullanılarak belirlenmiş nihai taşıma gücü değerlerinin lokasyonlara bağlı olarak değişimleri

(Variations of the final bearing capacity values determined using the method proposed by Hoek, depending on the locations)

Lokasyon No	σ_{ci} (MPa)	s	q_{ult} (kg/cm ²)
S-1	8,55	0,0001	0,855
S-2	8,86	0,0001	0,886
S-3	11,87	0,0002	1,678
S-4	12,89	0,0003	2,232
S-5	13,14	0,0004	2,628
S-6	16,00	0,0007	4,233
S-7	16,18	0,0008	4,576
S-8	17,16	0,0011	5,691
S-9	18,20	0,0016	7,280
Ortalama			3,340

değişikliklerden bile büyük oranda etkilenmektedir. Örneğin içsel sürtünme açısı değerinin 1 derece artışı kayaya ait nihai taşıma gücü değerinde yaklaşık %10'luk artış meydana getirmektedir. Hoek vd. [47] tarafından önerilen yöntem, kaya malzemesine ait tek eksenli sıkışma dayanımı değerini kullanırken kaya kütle parametresine bağlı olarak düşük taşıma gücü değerlerinin elde edilmesine neden olmaktadır.

4.7.3. Sismik hızlara göre kaya taşıma gücünün belirlenmesi
(Determination of rock bearing capacity by using seismic velocities)

Sismik hızlardan taşıma gücünün belirlenmesine yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [48-51] (Tablo 14). Bu çalışmada incelenen lokasyonlar (G-1, G-2, G-3, G-4 ve G-5) için P ve S dalga hızlarından faydalanarak elastisite modülü, yatak katsayısı ve izin verilebilir taşıma gücü değerleri belirlenmiştir. Hesaplamalarda Tezcan vd, [52] tarafından önerilen ilişkiler kullanılmıştır (Eş, 10-Eş. 12).

$$\gamma = \gamma_0 + 0,002 \times V_p ; q_f = 0,1 \times \gamma \times V_s ; q_a = q_f / n \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (10)}$$

$$\alpha = (V_p / V_s)^2 ; \nu = (\alpha - 2) / 2 \times (\alpha - 1) \text{ (11)}$$

$$G = \gamma \times V_s^2 / g ; E = 2 \times (1 + \nu) \times G ; k_s = 40 \times q_f \text{ (kN/m}^3\text{)} \text{ (12)}$$

Taşıma gücünün sismik hızlardan belirlenmesi amacıyla kullanılan bağıntı içerisinde yer alan n parametresi Tablo 14 kullanılarak belirlenmiştir.

Konglomera birimi içerisinde yapılan jeofizik ölçüm verileri ile elde edilen sismik hızlara ait ortalama değerler kullanılarak, kaya kütlesi için elastisite modülü (E), yatak katsayısı (k_s), nihai taşıma gücü (q_f) ve izin verilebilir taşıma gücü (q_a) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar inceleme lokasyonlarına bağlı olarak Tablo 15’de görülmektedir. Jeofizik ölçüm verileriyle elde edilen nihai taşıma gücü değerlerinin bu çalışma ile incelenen bütün taşıma gücü modelleri içerisinde en düşük değerleri verdiği

görülmektedir. Bu durumun, yöntemin ampirik olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği üzere taşıma gücü hesaplamalarında etkili olan temel türü ve boyutları jeofizik modellerde dikkate alınmamaktadır.

4.7.4. Konglomera çökellerine ait taşıma gücü değerlerinin yorumlanması
(Evaluations of bearing capacity values of conglomerate deposits)

Bu çalışma ile incelenen konglomera “zayıf kaya” olarak tanımlanmıştır. Bu tür çökellerden karot örneklerin alınmasının zor oluşu, mühendislik parametrelerinin belirlenmesini de zorlaştırmaktadır. Bu durum, yapı tasarım hesaplarında uygun ve doğru tasarım parametrelerinin kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Bu tür birimler için malzeme ölçeğinde belirlenmiş olan taşıma gücü değerlerinin teorik çözümlerinin oldukça yüksek değerler verdiğini göstermektedir. Özellikle iri taneli ve tutturulmuş olmaları içsel sürtünme açısı değerlerinin oldukça yüksek olmasını sağlamaktadır. Bu değerlerin doğrudan taşıma gücü hesaplamalarında kullanılması kayacın gerçek dayanım değerinin de oldukça üzerinde olan taşıma gücü değerlerinin elde edilmesini sağlamaktadır.

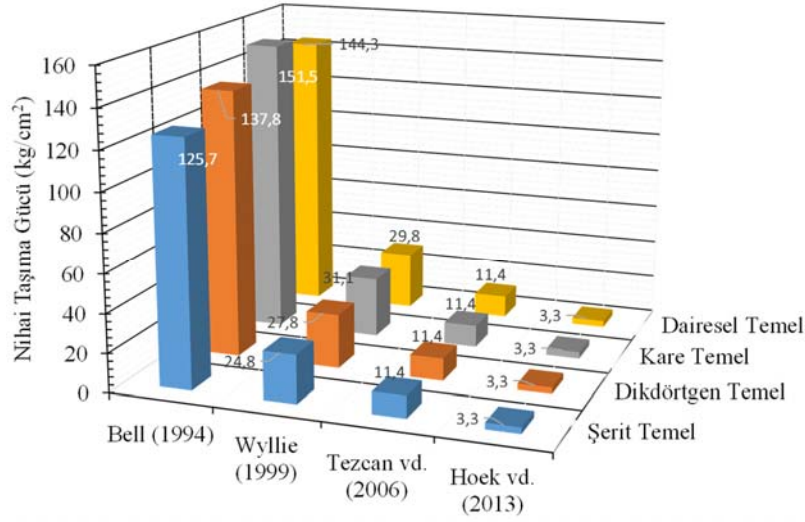
Burada yöntemlerin çalışma sahasına uygunluğu ve sonuçlar arasındaki farklılıkların gerekçeleri ön plana çıkmaktadır. Bell [42] yaklaşımında kütlenin kendi ağırlığı ve sürşarj etkisi dikkate alınır ve az çatlaklı zayıf kaya kütleleri için kullanılması önerilmiştir [44]. Buna karşılık Wyllie [44] yaklaşımında kütlenin kendi ağırlığı dikkate alınmamakta ve Hoek-Brown kriterine uyumlu kaya kütleleri için kullanılmaktadır. Sismik hız kullanılarak elde edilen taşıma gücü değerleri düşük (< 750 m/s) olduğundan zemin benzeri gibi kabul edilebilmektedir. Bu durumda Hoek-Brown tarafından malzeme özelliğine göre oldukça düşük sonuç vereceği açıktır. Bell [42] çözümleri kaya kütlelerine ait kayma dayanım parametrelerini ve ayrıca taşıma gücü katsayılarını kullandığından oldukça yüksek değerler vermiştir. Bu yöntemler içinde Hoek vd. [47] kullanılarak

Tablo 14. Taşıma gücü hesaplamalarında kullanılan eşitlikler ve güvenlik katsayısı değerlerinin sismik hızlara göre değerleri [53] (The equations used in seismic bearing capacity calculations [53])

Zemin Türü	V _s (m/s)	n	q _u (kPa)
Sert Kayalar	≥ 4000	1,4	0,071*γ* V _s
Yumuşak-Zayıf Kayalar	750 - 4000	4,6 – 0,0008- V _s	0,1* γ* V _s /n
Zeminler	≤ 750	4,0	0,1* γ* V _s /n

Tablo 15. Sismik hız verileri kullanılarak elde edilmiş kaya kütlelerine ait elastik parametreler ve taşıma gücü değerleri (Elastic parameters and bearing capacity values for rock mass by calculated by using seismic velocities)

Lokasyon no	İnceleme derinliği (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	E (MPa)	k _s (kN/m ³)	q _u (kg/cm ²)	q _a (kg/cm ²)
G-1	30,0	1444	513	1600	42862	10,715	2,679
G-2	27,5	1706	621	2396	53187	13,297	3,324
G-3	30,0	1236	510	1517	41762	10,441	2,610
G-4	28,5	1402	566	1905	47100	11,775	2,944
G-5	30,0	1390	523	1642	43467	10,867	2,716
Ortalama				1812	45675	11,419	2,584



Şekil 11. Konglomera birimi için farklı yöntemler kullanılarak elde edilen nihai taşıma gücü değerinin değişimleri
(Variations of ultimate bearing capacity values calculated for the conglomerate unit by different methods)

elde edilen taşıma gücü değerlerinin en düşük sayısal değerleri vermekte olduğu belirlenmiştir (Şekil 11).

5. SONUÇLAR (RESULTS)

Heterojen malzeme özellikleri gösteren kolüvyal çökeller, tutturulmuş olmaları durumunda litolojik olarak konglomera birimi şeklinde geniş yayımlı kalın istifler sunmaktadırlar. Bu çalışma, Türkiye'nin batısında yer alan ve kentsel yerleşim açısından temel malzemesi özelliği taşıyan konglomera çökellerinin jeomekanik özelliklerinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, kaya kütle özelliklerinin belirlenmesine yönelik arazi çalışmaları, fiziksel ve mekanik parametrelerin belirlenmesine yönelik laboratuvar çalışmaları birlikte yürütülerek tasarımda kullanılacak mühendislik parametrelerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Konglomera türü polimineralli ve sekonder çökelim ürünü birimlerdeki genel problem, örneklemelerin yetersiz veya temsil edici olmaması nedeniyle yapı tasarımına esas mühendislik parametrelerinin doğru elde edilememesidir. Bu anlamda kaya taşıma gücü kavramı da zemin taşıma gücü kavramından büyük ölçüde farklılıklar sunmaktadır. İnceleme alanındaki konglomeranın petrografik incelemeleri, birimi oluşturan tanelerin farklı renkli mermerler, kuvars kumtaşı, kuvars mikaşist, fillit, dolomit ve kuvarsit tanelerinden oluştuğunu ortaya koymuştur. Konglomera birimini oluşturan tanelerin, mikritik özellikte karbonat bileşenler ile çimentolanarak tutturulduğu gözlenmektedir. Çimento destekli taneseli yapıya sahip olmaları nedeniyle yükleme koşullarına ait deneylerde yenilmelerin belirgin bir şekilde tane ile bağlayıcı sınırları boyunca olduğu görülmektedir. Bu durum konglomera çökelleri için bağlayıcı malzeme özelliklerinin de önemini ortaya koymaktadır.

Konglomera gibi taneli ve tutturulmuş heterojen çökeller için örnekleme zorlukları, mühendislik tasarımları için gerekli parametrelerin elde edilmesini de güçleştirmektedir. Bu

özellikleri ile zemin araştırmaları açısından da problem teşkil eden kaya türü olarak değerlendirilmektedir. İncelenen konglomera birimlerinin kuru ve doymuş koşullardaki tek eksenli sıkışma dayanım değerleri sırasıyla 8,55 – 18,20 MPa ve 5,57 – 19,64 MPa aralığında değişmekte olup “Çok Zayıf Dayanımlı Kaya” sınıfında yer almaktadırlar. Tanesel yayımlıların bir matris ile birlikte bulunması, kayacın üç eksenli sıkışma testlerinde oldukça yüksek içsel sürtünme açısı değerleri vermesine neden olmaktadır. Bu durum, taşıma gücü analizlerinde de olması gerekenden daha yüksek taşıma gücü değerlerinin elde edilmesine neden olmaktadır. Kaya malzeme özellikleri kullanılarak hesaplanan teorik taşıma gücü bağıntıları bu tür birimler için doğru değerler vermemektedir. Bununla birlikte kaya kütle özellikleri incelendiğinde konglomera birimine ait GSI değerinin, süreksizlik yüzey koşulu ve kayaç kütle yapısı göz önüne alınarak 17- 40 aralığında olduğu belirlenmiştir. GSI değerine bağlı hesaplamalarda elde edilen verilerin tutarlılığı yapılacak tasarımların doğruluğu açısından büyük önem teşkil etmektedir. Bu açıdan çalışılan mühendislik projesine ait araştırma aşaması ve jeolojik özellikleri ön plana çıkarmaktadır. Heterojen ve tektonik olarak örselenmiş kaya kütleleri için orijinal GSI abağının ön değerlendirme ve tasarımlar için kullanılması önerilirken [54] detay tasarım aşamaları ve önemli mühendislik projeleri için farklı araştırmacılar tarafından revize edilmiş [55- 59] GSI abaklarının kullanılması gerekmektedir. GSI değerine bağlı olarak ve kaya kütle özellikleri dikkate alınarak yapılan taşıma gücü analizleri de daha tutarlı sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. İnceleme alanında yapılan jeofizik ölçüm çalışmaları ile elde edilen sismik hızların 1010 – 1849 m/s (V_p) ve 524 – 680 m/s (V_s) değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Sismik hızlar yardımıyla belirlenen taşıma gücü değerleri ise daha düşük değerler vermiştir. Yapılan analizler, Bell [43] yöntemi ile belirlenmiş taşıma gücü değerlerinin Wyllie [46], Tezcan [52] ve Hoek vd. [47] yöntemlerinden daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bunda zemin taşıma gücü hesaplamalarında olduğu gibi

taşıma gücü katsayılarının etkisinin olduğu düşünülmektedir. Zira benzer çözümler zemin taşıma gücü hesaplama yöntemleriyle de yapıldığında yüksek değerler elde edilmektedir. Konglomera türü taneli çökellerde, sondajlarla örneklemeler sırasında taneden daha zayıf olan bağlayıcının su ile yıkanarak ortamdaki taşınması sağlıklı karot numunelerin elde edilmesini imkansız hale getirmektedir. Bu yüzden bu tür birimlerin taşıma gücü hesaplamalarında uygun koşulların olması durumunda kaya kütle özelliklerinin belirlenmesi ve uygun analiz yönteminin seçilmesi ile daha doğru tasarım değerlerinin elde edilmesi mümkün olabilecektir.

Yapı tasarımı açısından da büyük önem arz eden taşıma gücü kavramı, zeminler için olduğu kadar kayalar için de karmaşık bir konu olma özelliğini taşımaya devam etmektedir. Ancak bu çalışmaya konu olan konglomera türü çökeller de dahil olmak üzere zayıf kayalar için yüksek taşıma gücü değerleri veren teorik yöntemler yerine kaya kütle özelliklerini tanımlamaya yönelik olan taşıma gücü yaklaşımlarının tercih edilmesinin daha tutarlı olacağı öngörülmüştür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Hoek E. ve Brown E.T., Underground excavations in rock, Institution of Mining and Metallurgy, London, 1980.
2. TBDY., Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Resmi Gazete, Sayı: 30364, 417 s, Ankara, 2018.
3. Van Burkalow A., Angle of repose and angle of sliding friction: An experimental study, Geol Soc Am Bull, 56, 669–707, 1945.
4. Dvorak A., Peter P., Field tests on soils and rocks, In Proceedings of the 5th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris, 1, 453-460, 1961.
5. Savely J.P., Determination of shear strength of conglomerates using a caterpillar D9 ripper and comparison with alternative methods, Geotech Geol Eng, 8 (3), 203-225, 1990.
6. Karzulovic L, Diaz A.J., Comprehensive approach to rock mechanics applied - Integral approach to applied mechanics rocks, Assessment of geomechanical properties Gap in El Teniente mine Braden, 2v, 1994.
7. Hoek E., Practical rock engineering: RocScience, (Available from the publisher at <http://www.rocscience.com/hoek/PracticalRockEngineering.asp>), 2007.
8. Santi P.M., Field Methods for Characterizing Weak Rock for Engineering, The Geological Society of America, XII (1), 1–11, 2006.
9. Shafiei A., Dusseault M.B., Geomechanical properties of a conglomerates from Iran, 42th US Rock Mechanics Symposium, San Francisco, ARMA 08-053, 2008.
10. Tsiambaos G., Engineering geological behavior of heterogeneous and chaotic rock masses, Bulletin of the Geological Society of Greece, 43 (1), 183 – 195, 2010.
11. Khanlari G.R., Heidari M., Noori M., Momeni A., The Effect of petrographic characteristics on engineering properties of conglomerates from Famenin region, Northeast of Hamedan Iran, Rock Mech Rock Eng, 49, 2609 – 2621, 2016.
12. Bonetto S., Comina C., Colombero C., Pierre F.D., Ferrero A.M., Giordano N., Rispoli A., Vagnon F., Study of the mechanical properties of conglomerate, Procedia Engineering, 158, 248–253, 2016.
13. Pradhananga S.S., Tamrakar N.K., Evaluation of aggregates from conglomerates beds of the Upper Siwalik Subgroup, Chure Khole Area, Central Nepal Sub-Himalaya, Bulletin of the Department of Geology, Tribhuvan University, 19, 1 – 14, 2016.
14. Berkman D.A., Field Geologist Manuel, 4th Edition, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy No, 9, Victoria, 2001.
15. Santi P.M., Doyle B.C., The locations and engineering characteristics of weak rock in the U.S, In Santi PM and Shakoor A (Editors), Characterization of Weak and Weathered Rock Masses, Association of Engineering Geologists Special Publication #9: Association of Engineering Geologists, Denver, CO, 1–22, 1997.
16. Ercan T., Dinçel A., Günay E., Türkecan A., Geology and petrology of volcanics of Uşak region, MTA Report No: 6354, Ankara, 1977 (In Turkish).
17. Afrouz A., Practical Handbook of Rock Mass Classification Systems And Modes Of Ground Failure, London, CRC Press, 208 p., 1992.
18. ISSMFE, Undisturbed sampling and laboratory testing of soft rocks and indurated soils, Technical Committee Report, International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1985.
19. Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, A CAT Publication, 11th Edition, Caterpillar Tractor Co., Peoria, Illinois, 1980.
20. ASTM D4644-87., Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks, ASTM International, West Conshohocken, PA, 1998.
21. Santi P.M., Classification and testing of weak and weathered rock materials: A model based on Colorado shales, Golden, Colorado, Ph. D. Thesis, Colorado School of Mines, USA, 1995.
22. Bieniawski Z.T., Rock mass classification in rock engineering, In Bieniawski, Z.T., ed., Proceedings of the Symposium on Exploration for Rock Engineering: Johannesburg, South Africa, Vol:1, 97–106, 1976.
23. Topal S., Özkul M., Soft-sediment deformation structures interpreted as seismites in the Kolankaya formation, Denizli basin (SW Turkey), The Scientific World Journal, Article ID: 352654, 13p, 2014.
24. Hoek E., Brown E.T., Practical estimates of rock mass strength, Int J Rock Mech Min Sci, 34(8), 1165-1186, 1997.
25. Terry R.D., Chilingar G.V., Summary of Concerning some additional aids in studying sedimentary formations, Journal of Sedimentary Petrology, 25(3), Los Angeles, 1955.
26. ISRM, The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006, In: Ulusay, R., Hudson, J.A, (Eds.), Suggested methods

- prepared by the commission on testing methods, ISRM, Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group, Kozan Ofset, Ankara, 2007.
27. Deere D.U., Miller R.P., Engineering classification and index properties for intact rock, Tech Report No AFWL-TR-65-116, New Mexico, 1966.
 28. Hoek E., Brown E.T., Empirical strength criterion for rock masses, *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 106 (GT9), 1013-1035, 1980.
 29. Hoek E., Kaiser P.K., Bawden W.F., *Support of Underground Excavations In Hard Rock*, A,A, Balkema, Rotterdam, 1995.
 30. Hoek E., Marinos P., Benissi M., Applicability of the Geological Strength Index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses, The case of the Athens schist formation, *Bull Eng Geol Environ*, 57(2), 151-160, 1998.
 31. Marinos P., Hoek E., Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as flysch, *Bull Eng Geol Environ*, 60(2), 85-92, 2001.
 32. Hoek E., Carranza-Torres C., Corkum B., Mining and tunnelling innovation and opportunity, *Proceedings of the 5th North American rock mechanics symposium and 17th tunnelling association of Canada conference*, University of Toronto, 267-273, 2002.
 33. Sönmez H., Ulusay R., A discussion on the Hoek-Brown failure criterion and suggested modifications to the criterion verified by slope stability case studies, *Yerbilimleri*, 26, 77-99, 2002.
 34. Hoek E., Diederichs M.S., Empirical estimation of rock mass modulus, *Int J Rock Mech Min Sci*, 43(2), 203-215, 2006.
 35. Hoek E., Reliability of Hoek-Brown estimates of rock mass properties and their impact on design, *Int J Rock Mech Min Sci*, 35(1), 63-68, 1998.
 36. Bieniawski Z. T. *Engineering Rock Mass Classifications*. John Wiley and Sons, USA, 1989.
 37. Rocscience, RocData 3.0 software, Rocscience Inc. (www.rocscience.com), 2011.
 38. Hoek E., Carter T.G., Diederichs M.S., Quantification of the Geological Strength Index Chart, *American Rock Mechanics Association (ARMA), 47th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium*, San Francisco, CA, USA, 2013.
 39. Goodman R.E., *Introduction to Rock Mechanics*, 2nd Edition, John Wiley & Sons Ltd, New York, 1989.
 40. Peck R.B., Hanson W.E., Thornburn T.H., *Foundation Engineering*, 2nd ed., John Wiley and Sons, New York, 1974.
 41. Kulhawy F., Carter J.P., *Settlement and Bearing Capacity of Foundations on Rock Masses*, Cornell University, Sydney, 230-245, 1988.
 42. Bell F., *Engineering in Rock Masses*, London, Heinemann, 1992.
 43. Bell F.G., *Engineering in Rock Masses*, Oxford, Butterworth-Heinemann Ltd, 1994.
 44. Wyllie D.C., *Foundations on Rock*, E&FN Spon, USA, 1992.
 45. Kulhawy F.H., Goodman R.E., Design of foundations on discontinuous rock, In *Proc, Intl, Conf, Structural Foundations on Rock*, Sydney, 209-220, 1980.
 46. Wyllie D.C., *Foundations on Rock*, 2nd Edn, E&FN Spon, London, 1999.
 47. Hoek E., Carranza-Torres C.T., Corkum B., Hoek-Brown failure criterion-2002 edition. *Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium*, Toronto, Canada. 1: 267-273, 2002.
 48. Imai T., Yoshimura M., The relation of mechanical properties of soils to P- and S-waves velocities for soil in Japan, *Urana Research Institute, OYO Corporation*, Tokyo, 1976.
 49. Soubra A.H., Seismic bearing capacity of shallow strip footings in seismic conditions, *Proceedings of the ICE - Geotechnical Engineering*, Thomas Telford, 125(4), 230 - 241, 1997.
 50. Ambassa Z., Chills A.J., A new calculation method for the bearing capacity of shallow foundations from the shear waves velocity, *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(5), 83-94, 2018.
 51. Türker E., Computation of ground bearing capacity from shear wave velocity, In: Bergman, D, and İnan, E, (Ed.), *Proceedings, Tenth International Symposium on Continuous Models and Discrete Systems 10*, Kluwer, Netherlands, 173-180, 2004.
 52. Tezcan S.S., Özdemir Z., Keçeli A., Allowable bearing capacity of shallow foundations based on shear wave velocity, *J Geotech Geol Eng*, 24, 203-218, 2006.
 53. Tezcan S.S., Özdemir Z., Keçeli A., Seismic technique to determine the allowable bearing pressure for shallow foundations in soils and rocks, *Acta Geophysica*, 57(2), 400-412, 2009.
 54. Hoek E., Brown E.T., The Hoek - Brown failure criterion and GSI - 2018 edition, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 11, 445 - 463, 2019.
 55. Marinos P, Hoek E., Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as flysch. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 60 (2), 85 - 92, 2001.
 56. Marinos V. A revised geotechnical classification GSI system for tectonically disturbed rock masses, such as flysch, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 19, 1 - 14, 2017.
 57. Marinos V, Carter TG. Maintaining geological reality in application of GSI for design of engineering structures in rock. *Journal of Engineering Geology*, 239, 282 - 297, 2018.
 58. Marinos V, Marinos P, Hoek E. The geological strength index: applications and limitations, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 64 (1), 55 - 65, 2005.
 59. Hoek E, Marinos P, Marinos V., Characterization and engineering properties of tectonically undisturbed but lithologically varied sedimentary rock masses, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 42 (2), 277 - 285, 2005.