



Su Yapılarında Gövde Tipi Optimizasyonu ve Doğal Yapı Malzemelerinin Mühendislik Parametrelerinin Belirlenmesi: Kışlademirli Göleti Örneği (Kütahya)

Body Type Optimization of Water Structures and Engineering Parameters Determination of Natural Structural Materials: An Example of Kışlademirli Dam (Kütahya)

Mustafa Can Canoğlu^{1*}, Bedri Kurtuluş²

¹Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Sinop, Türkiye

²Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Muğla, Türkiye

Öz

Bu çalışma, Kütahya ili, Tavşanlı İlçesi, Kışlademirli Göleti için gerekli doğal yapı malzemelerinin mühendislik özelliklerinin araştırılması, gölet gövde tipine karar verilmesini kapsamaktadır. Bu bağlamda, büro, arazi ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sahanın genel jeolojisi, gövdede kullanılabilir potansiyel geçirimli, geçirimsiz ve kaya malzeme alanları 1/25.000'lik harita üzerinden büro çalışmaları ile belirlenmiştir. Arazi çalışmaları kapsamında ise malzeme alanlarının kullanılabilirliği ve potansiyel malzeme miktarları gözlemsel olarak ortaya koyulmuştur. Daha sonra geçirimli ve geçirimsiz malzeme alanlarında araştırma çukurları açılmış ve ilgili malzeme alanındaki kullanılabilir derinlik yine gözlemsel olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda, Kışlademirli Göleti doğal yapı malzemesi ihtiyaçlarının belirlenmesi amacı ile 2 adet geçirimsiz malzeme alanında toplam 18 adet araştırma çukuru, 2 adet geçirimli malzeme alanında toplam 11 adet araştırma çukuru olmak üzere toplamda 29 adet malzeme araştırma çukuru açılmıştır. Sahada açılan araştırma çukurlarından ve 1 adet kaya malzeme alanından alınan temsil edici numuneler ise laboratuvar testlerine tabi tutulmuş ve ilgili malzeme alanının kullanılabilir olup olmadığı ortaya koyulmuştur. Buna bağlı olarak, kullanılabilir doğal yapı malzemelerinin, gölet aksına olan uzaklığı, malzeme miktarı ve niteliği göz önüne alınarak, gölet gövde tipine karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal yapı malzemeleri, Gölet gövde tipine karar verilmesi, Kışlademirli göleti, Malzeme araştırma çukuru

Abstract

This work enclose, natural structural materials investigations of Kışlademirli Dam (Kütahya, Tavşanlı) in terms of engineering properties and type of dam body decision. In this context, bureau, field and laboratory studies was realized. General geology of study area, potential permeable, impermeable and rock material sites which can be utilized for dam body were determined on 1/25.000 scaled map with bureau studies. Within the context of field studies, usability of material sites and potential material quantities were observed. Hereat, to determine the natural structural material need of Kışlademirli Dam, 18 trial pit in 2 impermeable material site, 11 trial pit in 2 permeable material site, total 29 trial pit were excavated. The soil samples handled form the trial pits and rock sample from rock material site were subjected to laboratory test to determine employability of material sites. Accordingly, considering the distance of natural structural materials to the dam body, material quantity and quality of usable natural structural materials, dam body type was decided.

Keywords: Natural structural materials, Decision of dam body type, Kışlademirli dam, Material investigation trial pit

1. Giriş

Ülke ekonomisine ciddi katkılar sağlayan baraj ve göletler, enerji ihtiyacı, içme suyu temini, tarımsal sulama, taşkından korunma, balıkçılık, rekreasyon ve daha birçok

amaca yönelik nüfus artışına bağlı olarak planlanmaktadır. Özellikle tarımsal sulama amaçlı planlanan göletlerde kullanılan doğal yapı malzemeleri bazen tarıma elverişli topraklar kullanılarak inşa edilmekte ve kullanılabilir tarım alanları tahrip edilebilmektedir. Bu nedenle bu tip göletlerde kullanılması planlanan doğal yapı malzemelerinin (DYM) optimizasyonu ekonomik, tarımsal ve inşaa aşaması açısından son derece büyük öneme sahiptir. Bu tip yapılarda, mevcut jeolojik malzemenin yapılarda doğal yapı malzemesi olarak

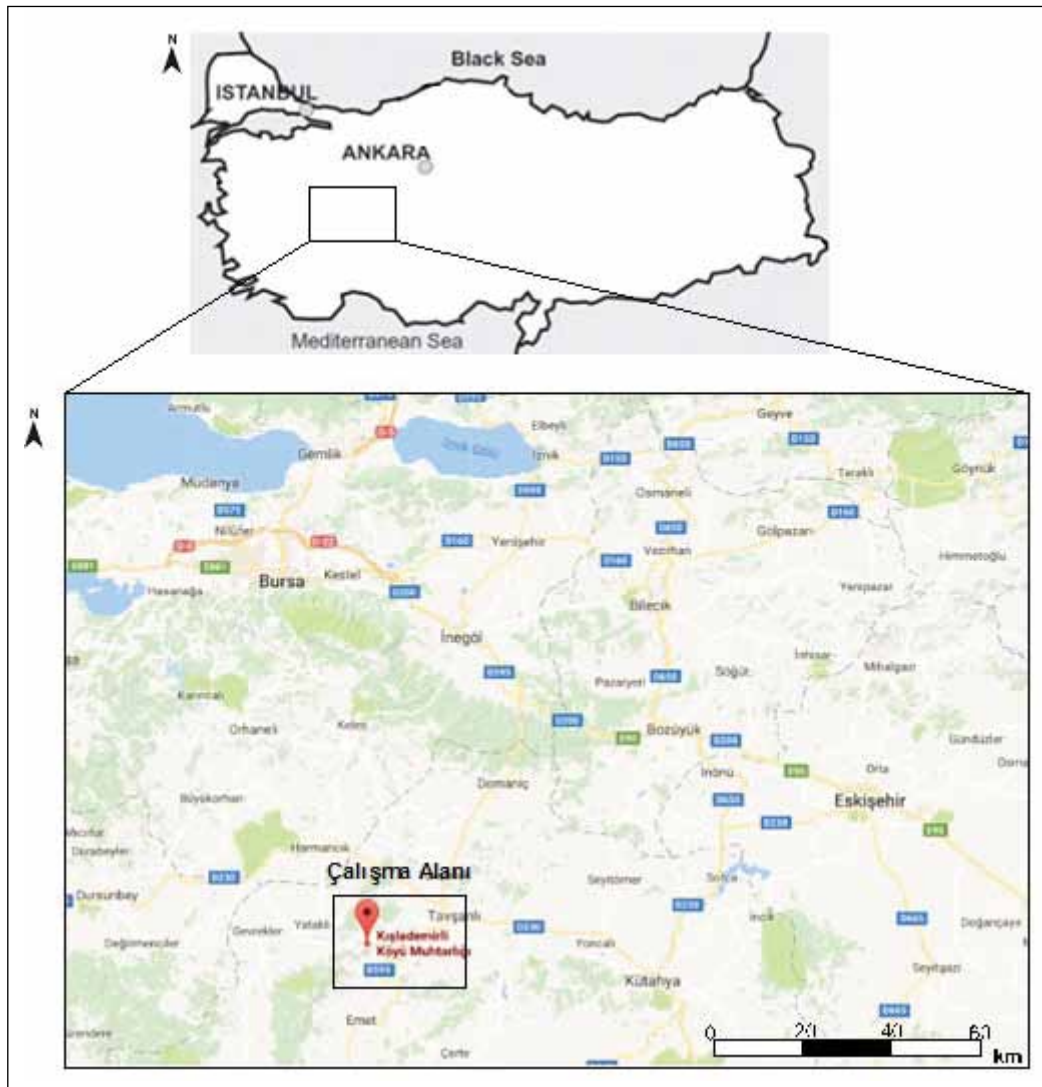
*Sorumlu yazarın e-posta adresi: mccanoglu@sinop.edu.tr

kullanılabilirliği çeşitli araştırmacılar tarafından farklı açılardan incelenmiştir (Aral 2004, Akçalı ve Arman 2008, Çelik ve Kavas 2001, Binal 2008, Binal ve Kasapoğlu 2003, Özer vd. 2012, Ulusay vd. 2010).

Proje alanı, Ege Bölgesi'nde, Kütahya ili, Tavşanlı ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Kışlademirli Göleti'nin, Kışlademirli Köyüne ait sulanamayan, yaklaşık 520 ha'lık tarım arazilerinin sulanabilmesi amacı ile Çınarlı Deresi üzerinde yapılması planlanmaktadır. Gölet yeri, Harita Genel Komutanlığı'nın 1/25 000 ölçekli Kütahya "İ22-c4" numaralı paftası içerisinde yer almaktadır. Ulaşım, Kütahya ilinden asfalt yol ile 51 km mesafede bulunan Tavşanlı ilçesine gelinir. Tavşanlı ilçesinden Tavşanlı – Simav yolundan yaklaşık 11 km Güneybatı yönünde gittikten sonra, Kışlademirli yoluna doğru Kuzeybatı yönüne dönülür ve 10.5 km'lik asfalt yol ile Kışlademirli köyüne ulaşılır.

Kışlademirli köyünden yaklaşık 500 m kadar asfalt yoldan Batı yönüne doğru gidildikten sonra yaklaşık 3,5 km Kuzey yönünde orman yolu ile aks yerine ulaşılmaktadır (Şekil 1). Yağış olması durumunda mevcut orman yolu ile aks yerine ulaşım aksamaktadır. Bu nedenle inşa aşamasında aks yerine yeni bir ulaşım yolu inşa edilmesi gerekmektedir.

Bu araştırma kapsamında, büro çalışmaları, arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Büro çalışmaları, etüt alanı ile ilgili literatür taraması yapılmış, DSİ, MTA ve SUYAPI (Suyapı 2013a ve b) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiş, çalışma alanının jeolojisi ile ilgili literatür taraması gerçekleştirilmiş ve potansiyel DYM alanları harita üzerinden belirlenmiştir. Arazi çalışmalarında ise, büro ön çalışmalarında belirlenen DYM alanları incelenmiş ve içerdikleri malzeme nitelik ve nicelik yönünden gözlemsel olarak değerlendirilmiştir. En son aşama olan laboratuvar



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

çalışmaları ise, sahada açılan DYM araştırma çukurlarından alınan numuneler üzerinde, malzemenin mühendislik karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Geçirimsiz malzeme alanlarından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri kapsamında, su içeriği, özgül ağırlık, doğal birim hacim ağırlık, Atterberg limitleri, elek analizi ve zemin sınıfının birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre belirlenmesi, iğne deliği deneyi, standart proktor deneyi, serbest basınç deneyi, üç eksenli basınç deneyi, şişme yüzdesi ve şişme basıncı tayini gerçekleştirilmiştir. Geçirimli malzeme alanlarından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri kapsamında, bağıl yoğunluk, su emme, ince madde oranı, kil topakları tayini, Los Angeles aşınma kaybı deneyi, dona dayanıklılığın kimyasal yolla tayini deneyi, kesme kutusu deneyi, elek analizi ve zemin sınıfının birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre belirlenmesi, modifiye proktor deneyi, alkali silika reaksiyonu ve organik madde içeriği tayini gerçekleştirilmiştir. Geçirimli malzemenin hidrojeokimyasal süreçlerle alterasyonunun malzemenin mineralojik yapısını değiştirebilmektedir (Avşar vd. 2013). Bu durum, geçirimli malzemenin asiditesi değiştirebilmekte ve agrega malzemesi olarak kullanılmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle, Alkali silika reaksiyonu deneyi geçirimli malzemenin beton agregalarında kullanılabilmesinin test edilmesi açısından önemi büyüktür. Kaya malzeme alanından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri kapsamında ise, birim hacim kütle deneyleri, yoğunluk ve gözeneklilik tayini, tek eksenli basınç dayanımı tayini, don sonu basınç kaybı yüzdesi tayini ve dona dayanıklılığın sodyum sülfat ile tayini gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen laboratuvar deney sonuçları Akçalı ve Arman (2008)'in çalışmasında ortaya koyduğu kıstaslar ve limit aşımının getireceği riskler göz önüne alınarak değerlendirilmiştir.

2. Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Jeolojik Konumu

Ege Bölgesinde Tavşanlı'nın Batısında yer alan proje alanı ve çevresinde Mesozoyik ve Senozoyik üst sistemlerindeki jeolojik birimler yer almaktadır. Proje alanı ve çevresindeki birimler önceki çalışmalarda (MTA çalışmaları) tanımlanmış ve yaşları belirlenmiştir. Proje alanı ve çevresi için hazırlanmış genelleştirilmiş stratigrafik kesiti Şekil 2'de gösterilmiştir.

Proje alanı ve yakın çevresinde yer alan kaya birimleri Kretase'den Kuvaterner'e kadar olan zaman aralığındadır (Şekil 2). Proje alanı ve çevresinde altta, Kretase yaşlı

Dağardı Melanjı (Kdm) ve bu formasyonu transgresif olarak örten Alt - Orta Miyosen yaşlı filiş birimleri bulunmaktadır. Bu birimlerin üzerine uyumlu olarak Üst Miyosen filiş istif gelmektedir. Üst Miyosen yaşlı filiş birimleriyle geçişli ve eş yaşlı olarak Miyosen volkaniklerinin tüf, aglomera ve andezitlerden oluşan birimlerine rastlanmaktadır. Bu birimlerin yaşı, araştırmacılar tarafından Üst Miyosen olarak belirtilmiştir. Bu birimlerin üzerinde de yer yer Kuvaterner birimleri Alüvyon (Qal) ve Yamaç Molozu (Qym) uyumsuz olarak yer almaktadır. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası Şekil 3'de gösterilmiştir. Proje alanı ve çevresindeki jeolojik birimler aşağıda bölümler halinde açıklanmıştır.

2.1. Mesozoyik

2.1.1. Akçakoyun Formasyonu

Akçakoyun Formasyonu genel olarak oolitik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Alttaki Bayırköy formasyonu ile geçişli olup, daha yaşlı birimler üzerinde ise diskordan olarak bulunmaktadır. Beyaz, krem, pembe, koyu sarı renkli, orta-kalın tabakalı, genellikle ooliktir. Erime ve karstik olaylar neticesinde tabakalanma çoğunlukla görülmez. Kırık ve eklemler iyi gelişmiş olup kalsit damarları yaygındır (Kalafatçıoğlu, 1964). Sert, köşeli kırılmalıdır. Ercan vd., 1990'a göre bu formasyonun kalınlığının 130 metreye kadar ulaşabilmektedir.

2.1.2. Dağardı Melanjı (Kdm)

Dağardı melanjı olarak tanımlanan birim bölgede geniş bir yayılıma sahiptir. Bu birim daha önce çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiş olup, yaşı Kretase olarak belirtilmiştir. Birim genel olarak bünyesinde, dünit, harzburjit, serpantin barındırmakta olup çalışma alanı içerisinde peridotit türü kayaçlar hakimdir. Okay ve Kelley (1994) tarafından, ofiyolitik tektonik dilimlerden oluşan bu kayaçlar, okyanusal kabuğun üst tabakalarının yığışım prizmalarını içeren Kretase yaşlı bir "yığışım kompleksi" olarak yorumlanmış, mavi şistler, peridotit dilimleri ve volkaniklerden oluşan bu topluluk "Tavşanlı zonu" olarak adlandırılmıştır. Dağardı Melanjı kendisinden yaşlı tüm birimleri tektonik olarak üzerlemekle beraber üzerine gelen neojen yaşlı birimlerle uyumsuz bir ilişki göstermektedir (Bacak ve Uz, 2003).

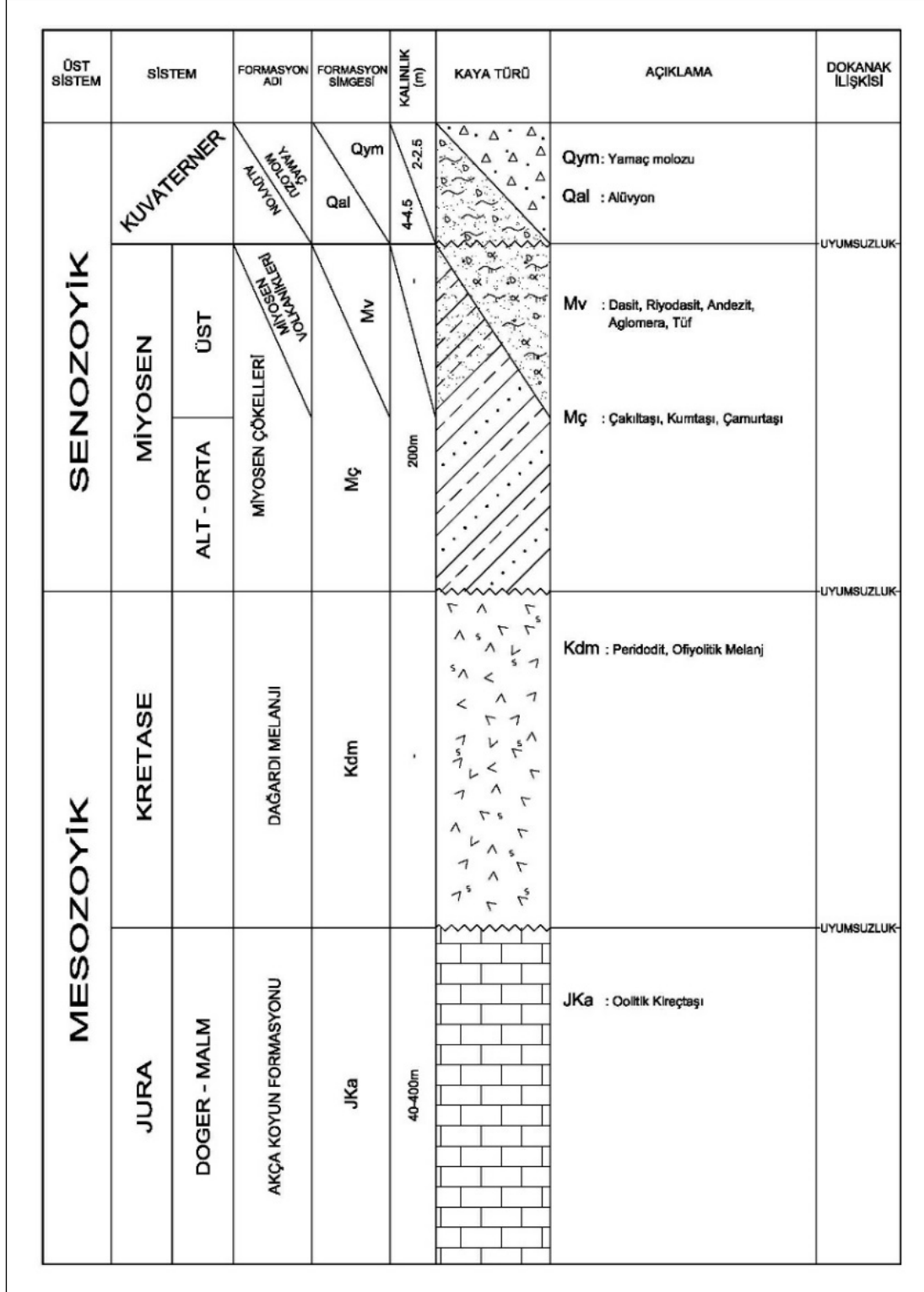
2.2. Senozoyik

2.2.1 Miyosen Çökelleri (Mç)

Miyosen birbirleriyle geçişli Çakıtaşı, Kumtaşı, Çamurtaşı ile beraber yer yer Marn ve Silisifiye Kireçtaşlarından oluşmuştur. Temele ait tüm çakılları içeren bir çakıtaşı ile başlar, Kumtaşı ile devam eder. Kumtaşında taneler

iyi yuvarlanmıştır. Marnlar ise gevşek dokudadır ve ince yapraklar halinde ayrılabilirler. Üste doğru ise çamurtaşı ve killi – silisifiye kireçtaşları kendini göstermektedir. Bu birimin Üst Miyosene dahil edilen kısmı

Üst Miyosen Volkanikleri ile geçişli olup Kuvaterner yaşlı örtü birimleri ile uyumsuzluk göstermektedir (Kalafatçıoğlu, 1964).



Şekil 2. Proje alanı ve çevresinin geliştirilmiş stratigrafik kesiti (Bacak ve Uz 2003'den değiştirilerek alınmıştır).

2.2.2. Miyosen Volkanikleri (Mv)

Batı Anadolu'da Tersiyer volkanizması andezitik ve dasitik lav akıntıları, tüf ve aglomeralar ile başlar. Miyosen volkanizması ise Alt Miyosen'de başlar ve Üst Miyosen sonlarına kadar devam eder. Bazalt, andezit, dasit, riyodasit ve riyolit türde lav, tüf ve aglomeralarla yaygın yüzlekleri görülen Miyosen volkanitlerinin Alt-Orta Miyosen yaşlı olanlarının genellikle kalkakalen nitelikte olmalarına karşın, çalışma alanı çevresinde gözlenen Üst Miyosen yaşlı olanları alkali nitelikli, çoğunlukla bazaltik, yer yer de riyolitik türdedirler (Gün vd., 1979). Çalışma alanı çevresindeki volkanikler Üst Miyosen yaşlı çökellerle geçişli olarak gözlemlenirken dolayı yaşları Üst Miyosen olarak kabul edilmiştir. Bu volkanikler üzerlerine gelen Kuvaterner yaşlı birimlerle uyumsuzluk gösterirler. Miyosen volkaniklerine ait birimler proje alanı yakın çevresinde gözlenemediğinden dolayı Şekil 2'de gözlenememektedir.

2.3. Kuvaterner

2.3.1. Alüvyon (Qal)

Projenin yapılacağı Çınarlı deresi yatağında önemli boyutlarda alüvyon görülmektedir. Dere yatağında eğime bağlı olarak birikmiş olan çakıl, kum, silt ve kil boyutunda malzeme biriktiği gözlenmiştir. Ön inceleme

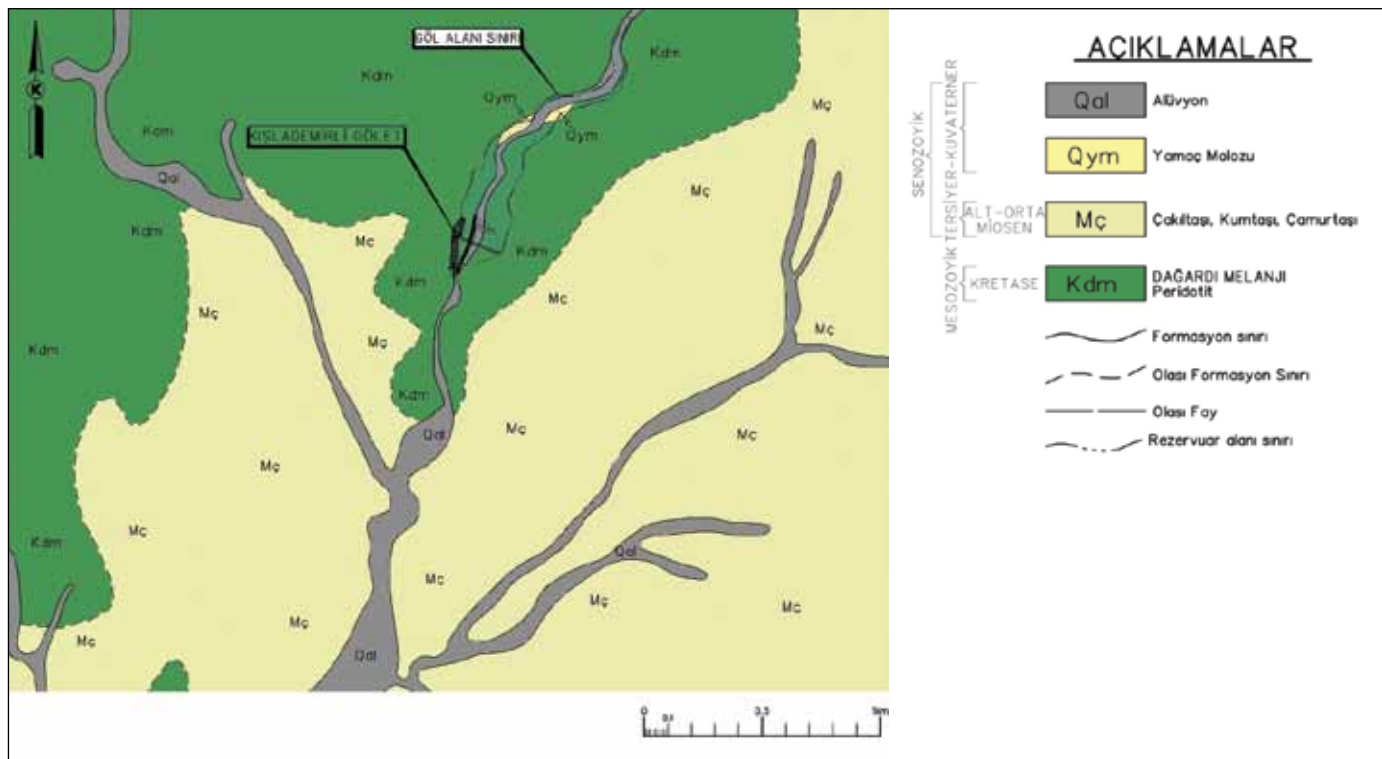
aşamasında gerçekleştirilen gözlemsel saha çalışmalarında bu malzemenin 4 – 4,5 m kalınlığa kadar ulaşabileceği, genişliğinin ise yer yer 4.5 m'ye ulaşabildiği gözlenmiştir.

2.3.2. Yamaç Molozu (Qym)

Yamaç eteklerinde ana kayanın ayrışması sonucu oluşmuş ağırlıklı olarak çakıl ve kil boyutunda malzemeden oluşan yamaç molozunun kalınlığının 2,5 m'ye ulaşabileceği düşünülmektedir.

3. Gereç ve Yöntem

DYM arazi araştırmaları bağlamında, gölet aks yerine yakınlık, malzeme kalitesi ve miktarı göz önüne alınarak 2 adet geçirimsiz (A ve B geçirimsiz malzeme alanları), 2 adet geçirimli (C ve D geçirimli malzeme alanları) ve 1 adet kaya malzeme alanı (Kaya-1 malzeme alanı) belirlenmiştir (Şekil 4). Gerçekleştirilen gözlemsel belirlemelere göre, yaklaşık 300.000 m³ geçirimsiz malzeme, yaklaşık 500.000 m³ geçirimli malzeme ve 1.000.000 m³'den fazla kaya malzeme gölet aks yerine yakın lokasyonlarda bulunmaktadır. Daha sonra söz konusu malzeme alanlarında malzeme araştırma çukurları açılmış ve mevcut malzemenin net miktarı belirlenmiş ve çukurlardan alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar testleriyle malzemenin gölet dolgusunda kullanılabilirliği mühendislik parametreleri



Şekil 3. Çalışma alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası.

açısından belirlenmiştir. Söz konusu malzeme alanlarında açılan araştırma çukur miktarları, A geçirimsiz malzeme alanında 13, B geçirimsiz malzeme alanında 5, C geçirimli malzeme alanında 7 ve D geçirimli malzeme alanında 4 adet olmak üzere toplamda 29 adettir. Bununla beraber, Kaya-1 malzeme alanından da gerekli laboratuvar deneylerinin gerçekleştirilebilmesi için temsil edici intakt kaya numuneleri alınmıştır.

Mevcut geçirimsiz, geçirimli ve kaya malzemesi miktarları yönünden en ekonomik ve uygun gövde tipinin “merkezi kil çekirdekli kaya dolgu” olduğuna karar verilmiştir. Bu bağlamda, söz konusu DYM alanlarının yol durumları, alanı (m²), buna bağlı malzeme miktarlarını ve malzemenin jeolojik kökeni Çizelge 1’de gösterilmektedir.

Merkezi kil çekirdekli kaya dolgu gövde tipine sahip olması öngörülen gölet gövdesi için gereken DYM ihtiyacı (batardo dahil olmak üzere), 75.400 m³ geçirimsiz malzeme, 38.150 m³ geçirimli malzeme ve 349 200 m³ kaya malzeme şeklindedir.

4. Bulgular ve Tartışma

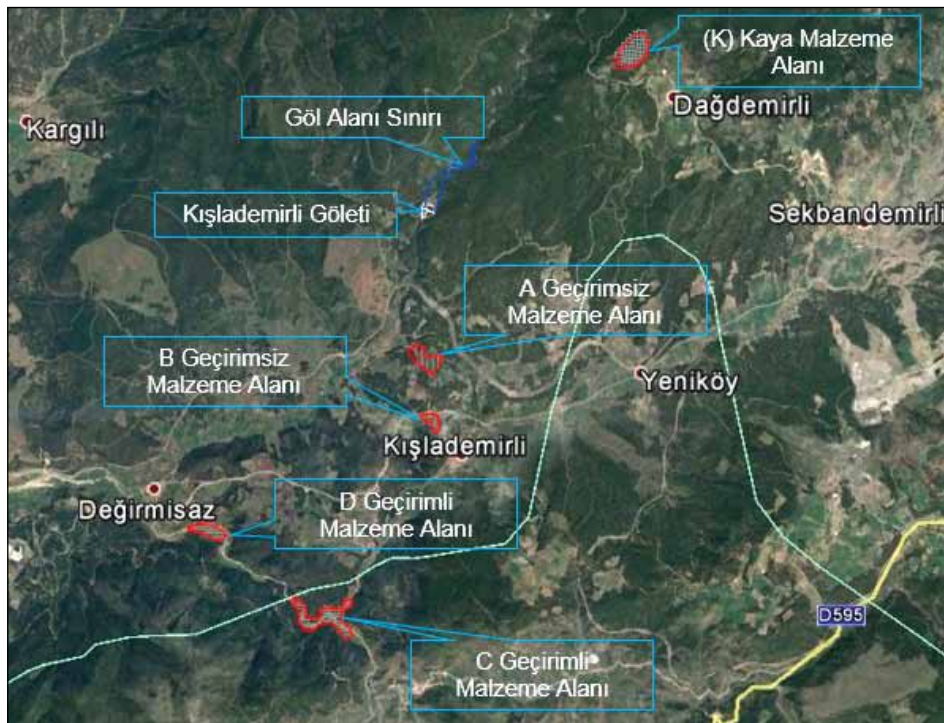
4.1. Geçirimsiz Malzeme Alanlarında Gerçekleştirilen Araştırmalar

4.1.1. A Geçirimsiz Malzeme Alanı

A geçirimsiz malzeme sahasında 13 adet araştırma çukurları

açılmıştır. Açılan A-102, A-105, A-106, A-107, A-109, A-112 nolu araştırma çukurlarından birer adet ve A-113 nolu araştırma çukurundan iki adet torba numune alınarak üzerlerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Malzeme alanında genel olarak Dağardı Melanjı’na ait birimlerin ayrışması sonucu oluşan malzeme bulunmaktadır. Araştırma çukuru derinlikleri 1.40 m ile 4.10 m arasında değişmektedir. A malzeme sahasındaki A-102, A-105, A-106 ve A-109 numaralı araştırma çukurlarından alınan numuneler CH (inorganik kil çok plastik, yağlı killer), A-107, A-112 ve A-113 numaralı araştırma çukurlarından alınan numuneler SC (killi kum, kötü dereceli kum-kil karışımları) özelliğindedir (Çizelge 2).

A geçirimsiz malzeme alanında açılan 13 adet malzeme araştırma çukurundan A-101, A-103, A-104, A-108, A-110 ve A-111 numaralı çukurlarda uygun malzeme çıkmamasından ve uygun malzeme kalınlığının az olmasından dolayı bu çukurların bulunduğu alanlar işletilmesi planlanan alanın dışında bırakılmıştır ve numune alınmamıştır. Malzeme alanından alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçlarına ve açılan çukurların profillerine göre, A geçirimsiz malzeme alanının geçirimsiz dolguda kullanılabilir özelliklerde olduğu belirlenmiştir. Numuneler üzerinde yapılan standart proktor deney sonuçlarına göre maksimum kuru birim ağırlıkları $\gamma_{kmax} = 1.510 \text{ t/m}^3$ ile 1.840 t/m^3 arasında değişmekte olup kullanılabilir limitler içerisinde yer



Şekil 4. Malzeme alanı lokasyonları uydu görüntüsü.

almaktadır. Optimum su muhtevası değerleri $W_{opt}=14.2 - 26.1$ arasında olup A-113 nolu numune hariç limitleri karşılamaktadır. Yapılan üç eksenli basınç deneyi sonucunda A-102 nolu araştırma çukurundan alınan numunede $c=0.75 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi=10^\circ$, A-107 nolu araştırma çukurundan alınan numunede $c=0.90 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi=11^\circ$ olarak bulunmuştur. İğne deliği sonuçlarına göre A-102 nolu çukurdan alınan numunelerin ara zemin olduğu, A-106, A-107 nolu çukurdan alınan numunelerin dispersif olmadığı belirlenmiştir. Alanda açılan araştırma çukurlarından alınan numunelerin tümünde konsolidasyon deneyi yapılmıştır. Bu deneye göre hesaplanan şişme yüzdesi değerleri % 0.075 ile % 1.200 arasında, şişme basıncı değerleri 0.11 kg/cm^2 ile 0.55 kg/cm^2 arasında olup kullanılabilir limitler içerisinde yer almaktadır.

Alanda likit limit değerleri ise 38.4 ile 52.2 arasında, plastiste indisi değerleri 18.5 ile 30.9 arasında değişmektedir. Plastiste indisi değerleri A-102, A-105, A-106, A-109 ve A-113 nolu araştırma çukurlarından alınan numunelerde sınır değerlerin bir miktar üzerinde olmasına rağmen diğer özellikleri açısından kullanılabilir olup, işletilebilir niteliğe sahiptir. Ancak dolgudaki sıkıştırma işlemi sırasında bu hususun dikkate alınması gerekmektedir. Kullanılması planlanan CL (inorganik kil çok plastik) ve SC (killi kum, kötü dereceli kum-kil karışımları) özelliğindeki A-102, A-105, A-106, A-107, A-109 ve A-113 nolu araştırma çukurlarının temsil ettiği alandan ortalama 0.30 m kalınlığındaki bitkisel toprağın kaldırılmasından sonra, işletme derinliği ortalama 3.00 m alındığında yaklaşık olarak $253\ 000 \text{ m}^3$ malzeme alı-

Çizelge 1. DYM alanları özellik tablosu.

Malzeme Alanı Adı	Yol Durumu	Yapı Yerine Uzaklık (m)	Malzeme Alanı (m ²)	Malzeme Miktarı (Tahmini) (m ³)			Malzemenin Jeolojik Kökeni
				Geçirimsiz Malzeme	Geçirimli Malzeme	Kaya Malzeme	
A Geçirimsiz Malzeme Alanı	Toprak yol (2700 m)	2 700	84 500	253000			Dağardı Melanjı'na ait birimlerin ayrışması sonucu oluşan malzeme.
B Geçirimsiz Malzeme Alanı	Toprak yol (3850 m)	3 850	32 360	113250			
C Geçirimli Malzeme Alanı	Toprak yol (3850 m) Asfalt Yol (3900 m)	7 750	178 300		481000		Emet Çayı yatağındaki alüvyonlardır.
D Geçirimli Malzeme Alanı	Toprak yol (4300 m) Asfalt Yol (4200 m)	8 500	75 300		188000		
Kaya-1 Kaya Malzeme Alanı	Toprak yol (3850 m) Asfalt Yol (13300 m)	16 150	148 500			1485000	Üst Miyosen yaşlı riyoitlerden oluşan malzeme.
TOPLAM				366250	669000	1485000	

Çizelge 2. A geçirimsiz malzeme sahasından numunelerin laboratuvar deneyleri sonuçları.

ÇUKUR NO	DERİNLİK (m)	NUMUNE NO	SU İÇERİĞİ (%)	ÖZGÜL AĞIRLIK (Gs)	DOĞAL BİRİM HACİM AĞIRLIK (kN/m ³)	ATTERBERG LİMLERİ			ELEK ANALİZİ				USCS ZEMİN SINIFI	Dispersibilite Deneyi	Permabilite Deneyi	PROKTOR		SERBEST BASINÇ DENEYİ	ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ (UU)		KONSOLIDASYON DENEYİ	
						LL	PL	PI	4 (%)	10 (%)	40 (%)	200 (%)				Max. Kuru Birim Hacim Ağırlık (t/m ³)	Wopt (%)		q _u (kg/cm ²)	c (kg/cm ²)	φ (°)	Şişme Yüzdesi %
A-102	0,30-4,10	TN-1	11.1	2.65	19.87	37.9	15.4	22.5	100	97.4	88.6	75.2	CL	ND3	2.20E-06	1.657	20.1	1.57	0.75	10	0.075	0.11
A-105	0,30-3,90	TN-1	17.1	2.67	20.34	41.7	17.1	24.6	99.4	96.9	86.1	67.8	CL			1.705	19.6	1.82			0.875	0.33
A-106	0,40-2,80	TN-1	15.0	2.69		49.5	18.6	30.9	98.6	96.4	88.4	77.1	CL			1.662	20.4				1.200	0.55
A-107	0,40-3,10	TN-1	10.0	2.66	21.15	39.6	21.1	18.5	77.0	66.4	43.0	23.9	SC	ND2	3.13E-06	1.840	14.2	2.18	0.90	11	0.625	0.245
A-109	0,30-1,80	TN-1	16.5	2.68		42.7	19.8	22.9	82.1	78.4	67.8	52.2	CL		2.23E-06	1.829	14.8				0.538	0.21
A-112	0,30-4,10	TN-1	14.1	2.65	20.62	38.4	21.9	16.5	76.5	67.4	49.2	35.5	SC		1.93E-06	1.762	18.1	1.51			0.740	0.30
A-113	0,30-2,10	TN-1	12.4	2.68		47.5	20.4	27.1	94.3	90.8	83.6	72.8	CL			1.694	20.7				0.928	0.40
A-113	2,10-3,70	TN-2	22.8	2.70		52.2	25.0	27.2	77.1	69.3	55.6	41.7	SC			1.510	26.1				0.688	0.28

nabilecektir. Alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinde $K=10^{-6}$ cm/s değerler (geçirimsiz) belirlenmiştir. Gerçekleştirilen arazi ve laboratuvar çalışmalarına göre A geçirimsiz malzeme sahasının nitelik ve nicelik yönünden Kışlademirli doğal yapı malzemesi olarak kullanılması uygun bulunmuştur. Kullanılması uygun görülen malzemenin ortalama granülometrik değerleri; % 11.8 çakıl, % 32.4 kum, %55.8 kil-silt'dir. A geçirimsiz malzeme alanından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen elek analizleri sonucu elde edilen tane boyu dağılımı grafiği sırasıyla Şekil 5'de sunulmuştur.

4.1.2. B Geçirimsiz Malzeme Alanı

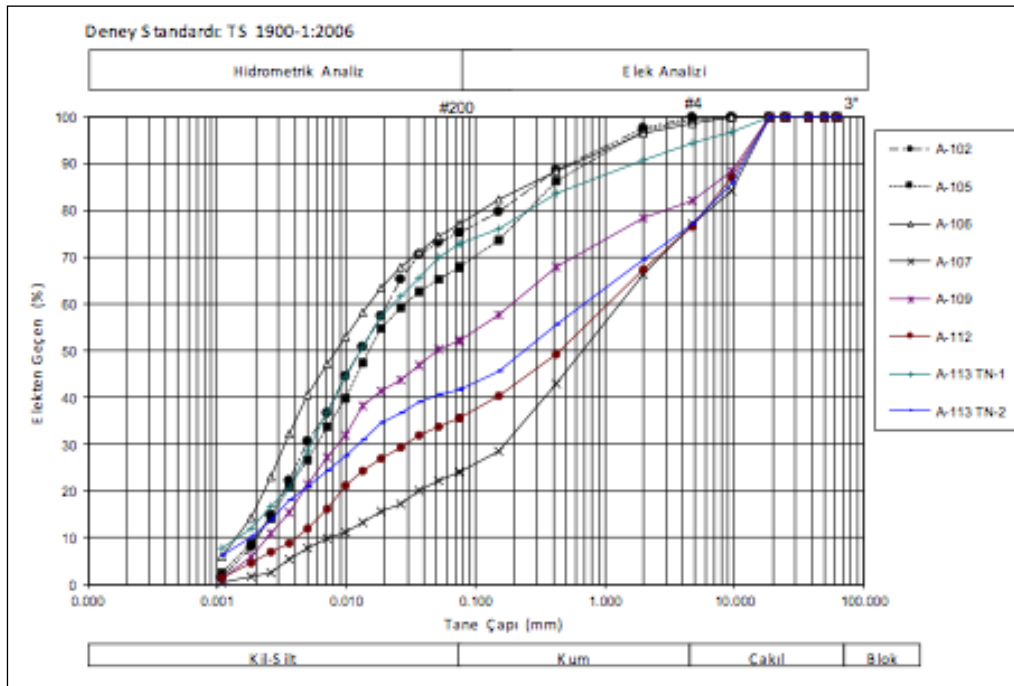
B geçirimsiz malzeme sahasında ise 5 adet araştırma çukuru açılmıştır. B-201, B-203, B-204 numaralı çukurlardan birer adet ve B-205 numaralı çukurdan iki adet torba numune

alınarak laboratuvar deneyleri yaptırılmıştır. B-202 numaralı çukurda uygun malzeme çıkmamasından ve uygun malzeme kalınlığının az olmasından dolayı bu çukurun bulunduğu alan işletilmesi planlanan alanın dışında bırakılmıştır. Malzeme alanında genel olarak Dağardı Melanjı'na ait birimlerin ayrışması sonucu oluşan malzeme bulunmaktadır. Araştırma çukur derinlikleri 1.80 m ile 4.00 m arasında değişmektedir. B-201 nolu araştırma çukurundan alınan numune CH (inorganik kil çok plastik, yağlı killer), B-203 ve B-205 nolu araştırma çukurlarından alınan numuneler CL (inorganik kil, çakıllı kumlu kil, siltli kil, az-orta plastik), B-204 nolu araştırma çukurundan alınan numune SC (killi kum, kötü dereceli kum-kil karışımları) özelliğindedir (Çizelge 3).

B geçirimsiz malzeme alanında açılan 5 adet malzeme araştırma çukurundan B-202 numaralı çukurda uygun malzeme

Çizelge 3. B geçirimsiz malzeme sahasından numunelerin laboratuvar deneyleri sonuçları.

ÇUKUR NO	DERİNLİK (m)	NUMUNE NO	SU İÇERİĞİ (%)	ÖZGÜL AĞIRLIK (Gs)	ATTERBERG LİMLERİ			ELEK ANALİZİ				USCS ZEMİN SINIFI	Dispersibilite Deneyi	İğne Deliği Deneyi	Permeabilite Deneyi (k20) (cm/sn)	PROKTOR		ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ		KONSOLIDASYON DENEYİ	
					LL	PL	PI	4 (%)	10 (%)	40 (%)	200 (%)					Max. Kuru Birim Hacim Ağırlık (t/m3)	Wopt (%)	C (kg/cm ²)	Φ (°)	Şişme Yüzdesi %	Şişme Basıncı (kgf/cm ²)
B-201	0,20-3,20	TN-1	22.1	2.73	79.2	21.8	57.4	95.8	91.8	83.3	72.9	CH				1.476	27.0			1.425	0.58
B-203	0,30-4,00	TN-1	24.5	2.66	37.3	18.1	19.2	93.6	91.2	77.9	65.3	CL	ND1			1.638	19.2				
B-204	0,20-2,00	TN-1	16.9	2.68	48.3	16.6	31.7	73.0	70.0	61.9	49.6	SC				1.693	16.3				
B-205	0,30-1,20	TN-1	8.2	2.69	48.7	18.6	30.1	94.9	92.2	89.0	82.5	CL	ND2			1.600	22.6				
B-205	1,20-3,20	TN-2	15.9	2.65	41.2	18.8	22.4	99.3	98.1	90.6	68.5	CL		1.08E-06		1.649	21.3	0.83	10	0.313	0.14



Şekil 5. A geçirimsiz malzeme alanı tane boyu dağılımı grafiği.

çıkmasından ve uygun malzeme kalınlığının az olmasından dolayı bu çukurun bulunduğu alan işletilmesi planlanan alanın dışında bırakılmış ve numune alınmamıştır. B-205 nolu malzeme araştırma çukurundan ise 2 farklı seviyeden numune alınmıştır. Malzeme alanında açılan araştırma çukurlarından alınan numuneler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre; B-201 nolu araştırma çukurundan alınan numune CH (inorganik kil çok plastik, yağlı killer), B-203 ve B-205 nolu araştırma çukurlarından alınan numuneler CL (inorganik kil, çakıllı kumlu kil, siltli kil, az-orta plastik), B-204 nolu araştırma çukurundan alınan numune SC (killi kum, kötü dereceli kum-kil karışımları) özelliğinde olup, geçirimsiz malzeme olarak kullanılabilir özelliklerde olduğu belirlenmiştir. Numuneler üzerinde yapılan standart proktor deney sonuçlarına göre maksimum kuru birim ağırlıkları $Y_{kmax}=1.476 t/m^3$ ile $1.693 t/m^3$ arasında değişmekte olup kullanılabilir limitler içerisinde yer almaktadır. Optimum su muhtevası değerleri $W_{opt}=16.3 - 27.0$ arasında olup B-201 nolu numune hariç limitleri karşılamaktadır. Yapılan üç eksenli basınç deneyi sonucunda B-205 nolu araştırma çukurundan alınan numunede $c=0.83 kg/cm^2$, $\Phi=10^\circ$ olarak bulunmuştur. İğne deliği deneyi sonuçlarına göre B-205 nolu çukurdan alınan numunelerin ara zemin olduğu, B-203 çukurdan alınan numunelerin dispersif olmadığı belirlenmiştir. B-201 ve B-205 nolu araştırma çukurlarından alınan numunelerde konsolidasyon deneyi yapılmıştır. Bu deneye göre hesaplanan şişme yüzdesi değerleri % 0.313 ve % 1.425, şişme basıncı değerleri $0.14 kg/cm^2$ ile $0.58 kg/cm^2$ olup kullanılabilir limitler içerisinde yer almaktadır. Alanda likit limit değerleri 37.3 ile 79.2 arasında, plastisite indisi değerleri 19.2 ile 57.4 arasında değişmektedir. B-201 nolu araştırma çukurundan alınan numunenin likit limit ve plastisite indisi değerleri limitlerin üzerindedir, B-204 ve B-205 nolu araştırma çukurlarından alınan numunelerde ise plastisite indisi limit değerlerin üzerinde olmasına rağmen diğer özellikleri açısından kullanılabilir olup, işletilebilir niteliğe sahiptir. Ancak dolgudaki sıkıştırma işlemi sırasında bu hususun dikkate alınması gerekmektedir. Kullanılması planlanan CH, CL ve SC özelliğindeki B-201, B-203, B-204 ve B-205 nolu araştırma çukurlarının temsil ettiği alandan ortalama 0.30 m kalınlığındaki bitkisel toprağın kaldırılmasından sonra, işletme derinliği ortalama 3.50 m alındığında yaklaşık olarak $113\ 250 m^3$ malzeme alınabilecektir. Alandaki malzeme geçirimsiz özelliklerde olmakla birlikte CH (inorganik kil çok plastik, yağlı killer) özelliğindeki malzemenin likit limit ve plastisite indisinin yüksek olması dolayısıyla sıkıştırmanın tam olarak sağlanması için sıkıştırılmış tabaka kalınlıklarının ince tutulması ve sıkıştırma işleminin

özel teçhizatlarla yapılması uygun olacaktır. Alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinde B-205 nolu çukurda geçirimsizlik değeri $K=10^{-6} cm/s$ (geçirimsiz) olarak belirlenmiştir. B geçirimsiz malzeme alanının Kışlademirli Göleti doğal yapı malzemesi olarak kullanılması uygun bulunmuştur ancak gerçekleştirilen arazi ve laboratuvar çalışmalarına göre A geçirimsiz malzeme alanındaki malzemenin herhangi bir sebepten kullanılamaması durumunda B geçirimsiz malzeme alandaki malzemenin kullanılması düşünülmelidir. Kullanılması uygun bulunan malzemenin ortalama granülometrik değerleri; % 8.6 çakıl, %23.6 kum, %67.8 kil-silt'dir. B geçirimsiz malzeme alanından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen elek analizleri sonucu elde edilen tane boyu dağılımı grafiği sırasıyla Şekil 6'da sunulmuştur.

4.2. Geçirimli Malzeme Alanlarında Gerçekleştirilen Araştırmalar

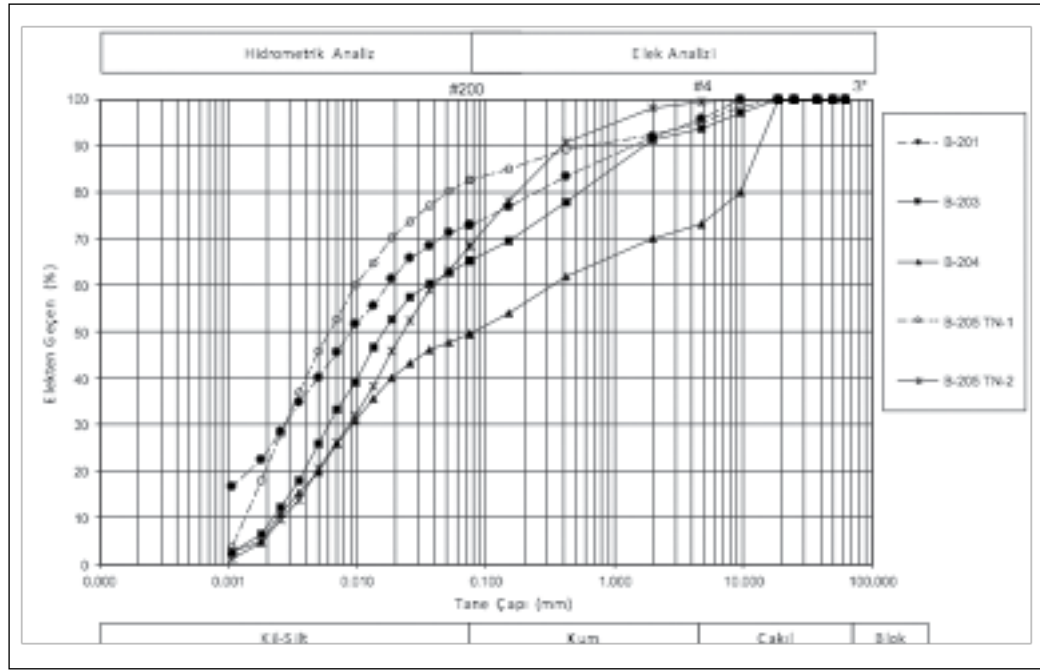
4.2.1. C Geçirimli Malzeme Alanı

C geçirimli malzeme sahasında 7 adet araştırma çukuru açılmıştır. Açılan çukurların her birinden birer adet torba numune alınarak üzerlerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Malzeme alanında genel olarak Emet Çayının oluşturduğu alüvyonlar yer almaktadır. Açılan araştırma çukurlarının derinlikleri 2.00 m ile 3.60 m arasında değişmektedir. Açılan çukurlardan alınan numunelere göre C-301 nolu araştırma çukurundan alınan numune GM (siltli çakıl, kötü dereceli çakıl-kum-silt karışımları), C-302 nolu araştırma çukurundan alınan numune SP-SM (kötü derecelenmiş kumlar, çakıllı kumlar, ufak taneleri az ve ya hiç olmayan malzemeler-siltli kum, kötü dereceli kum-silt karışımları), C-303 ve C-305 nolu araştırma çukurlarından alınan numuneler GP (kötü derecelenmiş çakıl, kum-çakıl karışımları, ufak taneleri az ve ya hiç olmayan malzemeler), C-304 nolu araştırma çukurundan alınan numune GW-GM (kötü derecelenmiş çakıl, kum-çakıl karışımları, ufak taneleri az ve ya hiç olmayan malzemeler-siltli çakıl, kötü dereceli çakıl-kum-silt karışımları), C-306 nolu araştırma çukurundan alınan numune GP-GM (kötü derecelenmiş çakıl, kum-çakıl karışımları, ufak taneleri az ve ya hiç olmayan malzemeler-siltli çakıl, kötü dereceli çakıl-kum-silt karışımları) ve C-307 nolu araştırma çukurundan alınan numune GW (iyi derecelenmiş çakıl, kum-çakıl karışımları, ufak taneleri az ve ya hiç olmayan malzemeler) özelliğindedir (Çizelge 4).

C geçirimli malzeme alanında açılan 7 adet malzeme araştırma çukurlarının her birinden numune alınarak laboratuvar

Çizelge 4. C geçirimli malzeme sahasından numunelerin laboratuvar deneyleri sonuçları.

Çukur No	Derinlik (m)	Gevşek Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Bağlı Yoğunluk (g/cm ³)		Su Emme (%)		Su İçeriği (%)	İnce Madde Oranı (%)		Kil Topakları Tayini (%)		Aşınma Kaybı	
			İnce Agreg A	İri Agreg A	İnce Agreg A	İri Agreg A		İnce Agreg A	İri Agreg A	İnce Agreg A	İri Agreg A	100 Devir	500 Devir
C-301	0,10-2,50	1.59	2.69	2.65	1.40	1.00	4.1	3.79	7.02	0.25	0.06	3.90	21.62
C-302	0,20-3,00	1.6	2.68	2.65	1.60	1.40	17.1	13.00	2.59	0.34	0.09	4.20	22.02
C-303	0,10-2,50	1.58	2.7	2.67	1.50	0.90	4.2	3.66	1.06	0.23	0.10	4.82	23.50
C-304	0,10-2,00	1.59	2.66	2.66	2.10	1.30	7.8	3.44	0.64	0.51	0.12	3.70	21.42
C-305	0,10-3,00	1.6	2.71	2.69	2.50	1.60	5.5	4.33	0.87	0.19	0.09	4.12	22.40
C-306	0,10-3,00	1.61	2.67	2.65	3.00	1.90	7.6	4.20	0.58	0.55	0.25	4.52	23.12
C-307	0,10-3,60	1.59	2.67	2.67	2.70	1.70	7.2	2.34	0.47	0.14	0.09	4.00	22.70
Çukur No	Dona Dayanıklılığın Kimyasal Yolla Tayini (Na ₂ SO ₄)		Direk Kesme Deneyi (UU)		Elek.Analiz		USCS Zemin Simifi	Alkali Silika Reaksiyonu		Permabilite Deneyi		Modifiye Proktor	
	İnce Agreg A	İri Agreg A	c (kg/cm ²)	Φ (°)	kil silt (%)	Kum (%)		Çakıl (%)	(Sc) (mmol/l)	(Rc) (mmol/l)	(k ₂₀) (cm/sn)	Organik Madde (%)	Max. Kuru Birim Hacim Ağırlık (t/m ³)
C-301	3.05	2.77	0.347	23	13.20	24.30	62.5	112.40	154.0	1.17E-03	1.17	2.005	9.9
C-302	2.85	3.25			7.20	48.30	44.5					2.050	12.0
C-303	2.75	2.70			1.50	26.60	72.0					2.100	9.4
C-304	3.30	3.22			5.30	28.10	66.7					1.858	13.2
C-305	3.71	3.56	0.231	27	4.40	32.80	62.8	96.00	143.5	1.22E-03	1.54	2.049	10.5
C-306	3.86	3.87	0.283	25	5.80	32.90	61.3	103.20	145.0	1.15E-03	1.80	2.007	10.6
C-307	3.42	3.15	0.184	27	4.10	31.80	64.0	89.20	156.0	1.12E-03	1.65	2.116	11.7



Şekil 6. B geçirimsiz malzeme alanı tane boyu dağılımı grafiği.

deneyleri yapılmıştır. Modifiye proktor deney sonuçlarına göre maksimum kuru birim ağırlıkları $Y_{kmax}=1.858 \text{ t/m}^3$ ile 2.116 t/m^3 , optimum su muhtevası değerleri % 9.4 ile % 13.2 arasında belirlenmiştir. Laboratuvar deneylerinden direk kesme deneyi (UU) sonuçlarına göre C-301 ($c=0.347 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi=23^\circ$), C-305 ($c=0.231 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi=27^\circ$), C-306 ($c=0.283 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi=25^\circ$) ve C-307 ($c=0.184 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi=27^\circ$) olarak belirlenmiştir. Tuvenan agregada kil-silt miktarı yönünden, C-301, C-302, C-304 ve C-306 nolu çukurlarda elde edilen değerler limit değer olan %5'in üzerindedir (sırasıyla %13.2, %7.2, %5.3, %5.8), ancak çukurlardan alınan numunelerde elde edilen geçirimsizlik değeri 10^{-3} civarında olup, geçirimsiz kabul edildiğinden çukurlardan alınan geçirimsiz malzemenin yıkama-eleme işlemine tabi tutulması gerekebilecektir. Malzeme alanında Na_2SO_4 don kaybı deneyleri ve kil toprakları deneyleri, iri agregaya için de, ince agregaya için de tüm numunelerde uygun sonuçlar vermiştir. Los angeles aşınma kaybı 100 devir için de, 500 devir için de tüm numunelerde uygun sonuçlar vermiştir. Bununla beraber, organik madde içeriği ve su emme değerleri bazı çukurlarda limit değerlerin bir miktar üzerinde çıkmıştır. Ancak, yıkama eleme işlemine tabi tutulacak olan malzemenin ince malzemenin arınmasıyla, organik madde ve su emme yönünden uygun hale geleceği öngörülmektedir. Bu nedenle C geçirimsiz malzeme sahasından elde edilecek geçirimsiz malzemenin organik madde içeriği ve su emme yönünden yıkama-eleme yapılması durumunda gölet inşası için uygun olabileceği kanaatine varılmıştır. Agregaların

alkali silis reaktivitesinin kimyasal yöntemle tayini analiz sonuçlarına göre, C-301, C-305, C-306, C-307 numaralı malzeme araştırma çukurlarından alınan numuneler "A" değerlendirme bölgesinde olup zararsız olan agregalar sınıfında kabul edilmektedir. Beton agregaya malzemesi için 200 nolu elekten geçen malzeme değeri ince agregaya için ortalama %4.97, iri agregaya için %1.89'dur. Ancak C geçirimsiz malzeme alanının beton agregaya malzemesi olarak kullanılabilmesi açısından, ince madde oranı ince ve iri agregaya için, limit değerlerin üzerinde olan C-301, C-302, C-303 nolu çukurlarda yıkama eleme yapılarak kullanılması gerekebilecektir. Malzeme sahasında diğer kriterler yönünden sorun bulunmamaktadır. Malzeme alanında açılan araştırma çukurlarının derinlikleri, 2.00 m ile 3.60 m arasında değişmektedir. Malzeme alanı olarak kullanılması uygun bulunan alanda, işletme esnasında üstte bulunan ortalama 0.10 m'lik örtünün kaldırılmasından sonra ortalama malzeme kalınlığı 2.70 m alınarak yaklaşık olarak 481 000 m^3 geçirimsiz malzeme alınabilecektir. Gerçekleştirilen arazi ve laboratuvar çalışmalarına göre C geçirimsiz malzeme sahasının nitelik ve nicelik yönünden Kışlademirli Göleti doğal yapı malzemesi olarak kullanılması uygun bulunmuştur. Kullanılması önerilen malzemenin ortalama granülometrik değerleri; % 62.0 çakıl, % 32.1 kum, % 5.9 kil-silt'dir. C geçirimsiz malzeme alanından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen elek analizleri sonucu elde edilen tane boyu dağılımı grafiği sırasıyla Şekil 7'de sunulmuştur.

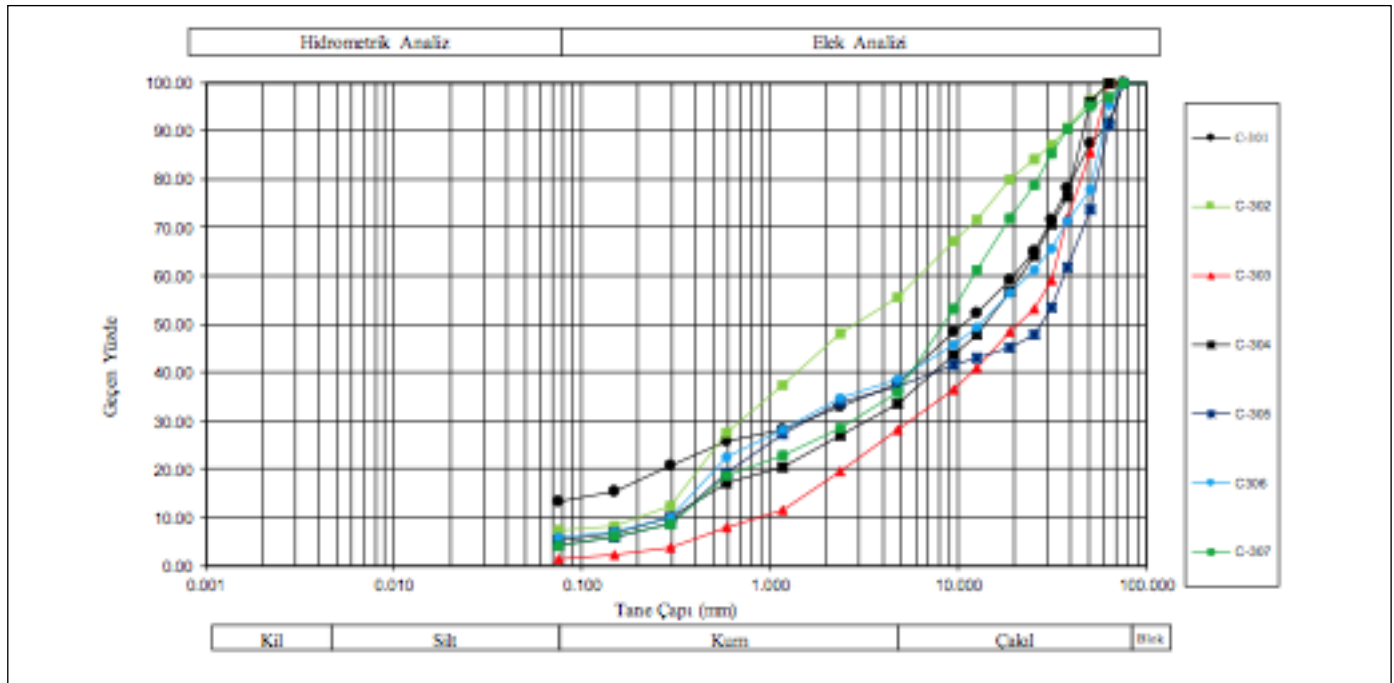
4.2.2. D Geçirimli Malzeme Alanı

D geçirimli malzeme sahasında 4 adet araştırma çukuru açılmıştır. Açılan çukurların her birinden birer adet torba numune alınarak üzerlerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Malzeme alanında genel olarak Emet Çayının oluşturduğu alüvyonlar yer almaktadır. Açılan araştırma çukurlarının derinlikleri 2.00 m ile 3.20 m arasında değişmektedir. Açılan çukurlardan alınan numunelere göre D-401 ve D-402 nolu

araştırma çukurlarından alınan numuneler GM (siltli çakıl, kötü dereceli çakıl-kum-silt karışımları), D-403 nolu araştırma çukurundan alınan numune GP (kötü derecelenmiş çakıl, kum-çakıl karışımları, ufak taneleri az ve ya hiç olmayan malzemeler), ve D-404 nolu araştırma çukurundan alınan numune SP-SM (kötü derecelenmiş kumlar, çakıllı kumlar, ufak taneleri az ve ya hiç olmayan malzemeler-siltli kum, kötü dereceli kum-silt karışımları) özelliğindedir (Çizelge 5).

Çizelge 5. D geçirimli malzeme sahasından numunelerin laboratuvar deneyleri sonuçları.

ÇUKUR NO	DERİNLİK (m)	GEVŞEK BİRİM HACİM AĞIRLIK (g/cm ³)	BAĞIL YOĞUNLUK (g/cm ³)		SU EMME (%)		SU İÇERİĞİ (%)	İNCE MADDE ORANI (%)		KİL TOPAKLARI TAYINI (%)		AŞINMA KAYBI		DONA DAYANIKLILIĞIN KİMYASAL YOLLA	
			İNCE AGREGA	IRI AGREGA	İNCE AGREGA	IRI AGREGA		İNCE AGREGA	IRI AGREGA	İNCE AGREGA	IRI AGREGA	100 DEVİR	500 DEVİR	İNCE AGREGA	IRI AGREGA
D-401	0,10-3,20	1,61	2,67	2,64	1,9	1,2	5,9	11,56	2,35	0,17	0,07	4,7	25,12	3,37	3,23
D-402	0,10-2,00	1,62	2,7	2,68	1,5	1	4,9	4,45	0,88	0,27	0,15	5,62	24,12	3,24	3,06
D-403	0,30-2,80	1,59	2,69	2,7	1,6	0,9	15,4	4,21	0,84	0,51	0,07	4	21,64	2,82	2,79
D-404	0,30-2,50	1,62	2,68	2,67	2,6	1,5	10,8	11,83	2,89	0,22	0,13	5,92	24,92	3,36	3,73
ÇUKUR NO	DONA DAYANIKLILIĞIN KİMYASAL YOLLA TAYINI (N _a 2SO ₄)		DİREK KESME DENEYİ (UU)		ELEK ANALİZİ			USCS ZEMİN SINIFI	ALKALI SİLİKA REAKSİYONU		Permabilit e Deneysi	Organik Madde (%)	PROKTOR		
	İNCE AGREGA	IRI AGREGA	c (kg/cm ²)	φ (°)	Kil Silt (%)	Kum (%)	Çakıl (%)	(Sc) (mmol/l)	(Rc) (mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)	Max. Kuru Birim Hacim Ağırlık (t/m ³)	Wopt (%)	
D-401	3,37	3,23			14,94	38,09	46,97	GM					1,956	10,2	
D-402	3,24	3,06	0,231	23	12,53	28,71	58,75	GM	85,6	250	8,80E-04	1,76	1,926	14,1	
D-403	2,82	2,79			3,77	26,67	69,55	GP					2,141	8	
D-404	3,36	3,73			10,56	51,65	37,79	SP-SM					1,93	15,7	



Şekil 7. C geçirimli malzeme alanı tane boyu dağılımı grafiği.

D geçirimli malzeme alanında açılan 4 adet malzeme araştırma çukurunun her birinden numune alınarak

laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Tuvenan agregada kil-silt miktarı yönünden, D-401 nolu çukurda elde edilen değer limit değer olan %5'in çok üzerindedir (%14.94), bu nedenle D-401 nolu çukurun bulunduğu alan işletilmesi planlanan alanın dışında bırakılmıştır. Modifiye proktor deney sonuçlarına göre maksimum kuru birim ağırlıkları $\gamma_{kmax} = 1.926 \text{ t/m}^3$ ile 2.141 t/m^3 , optimum su muhtevası değerleri % 8.0 ile % 15.7 arasında belirlenmiştir. Laboratuvar deneylerinden direk kesme deneyi (UU) sonuçlarına göre D-402 ($c=0.231 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi=23^\circ$) olarak belirlenmiştir. Tuvenan agregada kil-silt miktarı yönünden, D-402 ve D-404 nolu çukurlarda elde edilen değerler limit değer olan %5'in bir miktar üzerindedir (sırasıyla %12.53, %10.56), ancak çukurlardan alınan numunelerde elde edilen geçirimsizlik değeri 10^{-4} civarında olup, geçirimli kabul edildiğinden çukurlardan alınan geçirimli malzemenin yıkama-eleme işlemine tabi tutulması gerekebilecektir. Malzeme alanında Na_2SO_4 don kaybı deneyleri ve kil topakları deneyleri, iri agrega için de, ince agrega için de tüm numunelerde uygun sonuçlar vermiştir. Los angeles aşınma kaybı 100 devir için de, 500 devir için de tüm numunelerde uygun sonuçlar vermiştir. Bununla beraber, organik madde içeriği ve su emme değerleri bazı çukurlarda limit değerlerin bir miktar üzerinde çıkmıştır. Ancak, yıkama eleme işlemine tabi tutulacak olan malzemenin ince malzemenin arınmasıyla, organik madde ve su emme yönünden uygun hale geleceği öngörülmektedir. Bu nedenle D geçirimli malzeme sahasından elde edilecek geçirimli malzemenin organik madde içeriği ve su emme yönünden yıkama-eleme yapılması durumunda gölet inşası için uygun olabileceği kanaatine varılmıştır. Agregaların alkali silis reaktivitesinin kimyasal yöntemle tayini analiz sonuçlarına göre, D-402 numaralı malzeme araştırma çukurundan alınan numune "A" değerlendirme bölgesinde olup zararsız olan agregalar sınıfında kabul edilmektedir. Beton agrega malzemesi için 200 nolu elekten geçen malzeme değeri ince agrega için ortalama %6.83, iri agrega için %2.68'dur. Ancak D geçirimli malzeme alanının beton agrega malzemesi olarak kullanılabilmesi açısından, ince madde oranı ince ve iri agrega için, limit değerlerin üzerinde olan D-404 nolu çukurda yıkama eleme yapılarak kullanılması gerekebilecektir. Malzeme sahasında diğer kriterler yönünden sorun bulunmamaktadır. Malzeme alanında açılan araştırma çukurlarının derinlikleri, 2.00 m ile 3.20 m arasında değişmektedir. Malzeme alanı olarak kullanılması uygun bulunana alanda, işletme esnasında üstte bulunan ortalama 0.20 m'lik örtünün kaldırılmasından sonra ortalama malzeme kalınlığı 2.50 m alınarak yaklaşık olarak

188 000 m³ geçirimli malzeme alınabilecektir. D geçirimli malzeme alanının Kışlademirli Göleti doğal yapı malzemesi olarak kullanılması uygun bulunmuştur ancak gerçekleştirilen arazi ve laboratuvar çalışmalarına göre C geçirimli malzeme alanındaki malzemenin herhangi bir sebepten kullanılmaması durumunda D geçirimli malzeme alandaki malzemenin kullanılması düşünülmelidir. Kullanılması önerilen malzemenin ortalama granülometrik değerleri; % 55.3 çakıl, % 35.7 kum, % 9.0 kil-silt'dir. C geçirimli malzeme alanından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen elek analizleri sonucu elde edilen tane boyu dağılımı grafiği sırasıyla Şekil 8'de sunulmuştur.

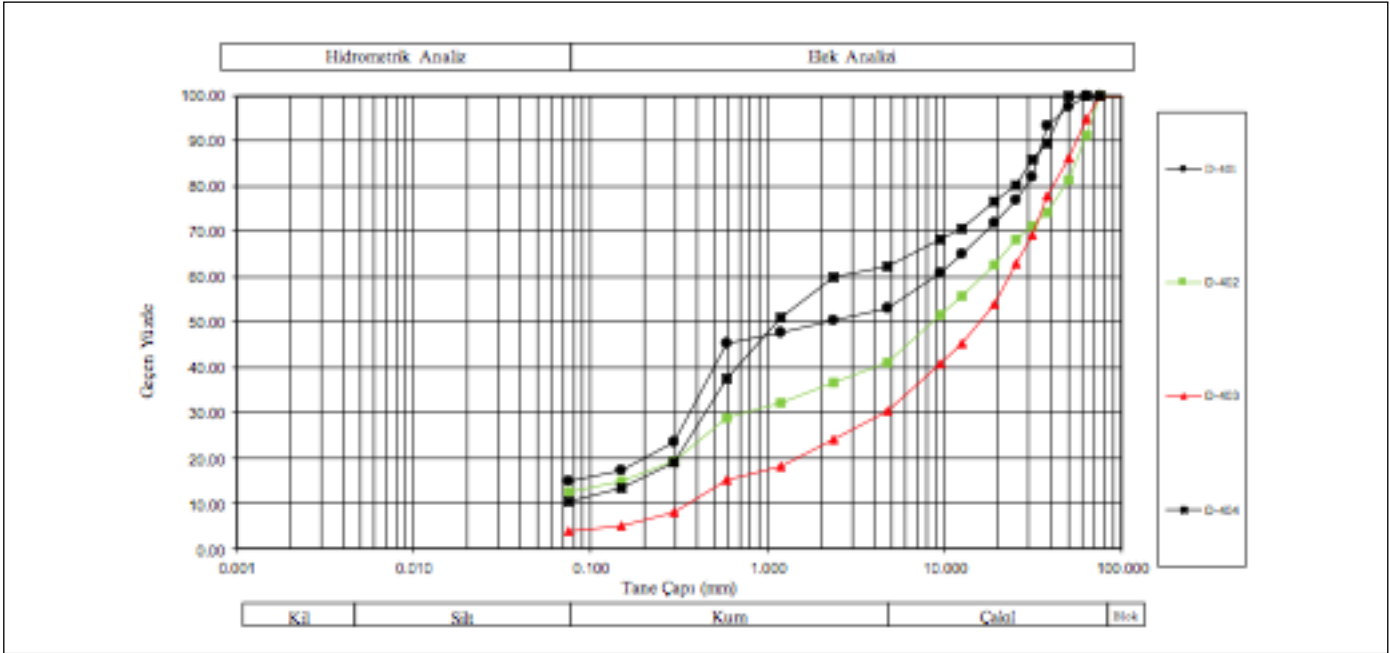
4.3. Kaya Malzeme Alanında Gerçekleştirilen Araştırmalar

Kışlademirli Göleti için kaya dolgu malzemesi için araştırmalar yapılan "Kaya - 1" malzeme alanından 1 adet numune alınarak üzerinde kaya malzeme deneyleri yapılmıştır. Yapılan bu laboratuvar deney sonuçlarına göre kaya malzeme için bütün deney sonuçları limitleri karşılamaktadır (Çizelge 6). Kaya -1 malzeme alanının yapılması planlanan yapının boyutları da dikkate alınarak kullanılmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır. Bu malzeme alanında 10 m işletme kalınlığı alınarak yaklaşık 1 485 000 m³ yapıda kullanılacak nitelikte kaya malzeme alınabilecektir. Aks yerinden Kaya-1 malzeme alanına 16 150 m'lik mevcut yol ile ulaşmak mümkündür.

5. Sonuç ve Öneriler

Hızla artan dünya nüfusuna bağlı olarak tarımsal - kırsal projeler önem kazanmıştır. Türkiye'de birçok bölgede tarıma elverişli toprak bulunmasına rağmen yeterli miktarda sulama yapılamadığı için zirai faaliyetler ekonomik olamamaktadır. Tarımsal sulama amaçlı inşa edilen göletlerin zirai ekonomiye katkıları çok büyüktür.

Kışlademirli Göleti'nin planlama aşamasında gövde tipine karar verilmesindeki en önemli etkenin DYM olanakları olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle ön arazi çalışmalarıyla, yapılması planlanan gölet gövdesine yakın alanlardaki DYM olanakları değerlendirilmiş ve uygun gövde tipi optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, Kışlademirli Göleti'nin talvegten 40.30 m yüksekliğinde merkezi kil çekirdekli kaya dolgu olarak inşa edilmesine karar verilmiştir. Daha sonra, DYM alanlarında araştırma çukurları açılarak uygun miktarda malzeme bulunan çukurlardan numuneler alınmış ve bu numuneler üzerinde laboratuvar testleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8. D geçirimli malzeme alanı tane boyu dağılımı grafiği.

Çizelge 6. Kaya-1 kaya malzeme sahasından numunelerin laboratuvar deneyleri sonuçları.

KAYA MALZEME ALANINDAN ALINAN NUMUNE	LABORATUVAR DENEYLERİ																
	BİRİM HACİM KÜTLE VE BOŞLUK ORANI							YOĞUNLUK VE GÖZENKLİLİK				DOĞAL BİRİM AĞIRLIK (g/cm ³)	SERBEST BASINÇ DAYANIMI (qu) (kg/cm ²)	DON SONU BASINÇ KAYBI (%)	DONA DAYANIKLILIĞIN SODYUM SÜLFAT İLE TAYİNİ (% agrega kaybı)	LOS ANGELES AŞINMA KAYBI (%)	
	BİRİM KÜTLE (g/cm ³)		BOŞLUK ORANI (e)	DOĞAL SU İÇERİĞİ (%)	SU EMME DENEYİ (%)		ÖZGÜL AĞIRLIK (GS)	YOĞUNLUK DEREJESİ - DOLULUK ORANI (%)	POROZİTE (%)								
	DOĞAL	KURU			KÜTLECE	HACİMCE			GÖRÜNÜR POROZİTE (%)	GERÇEK POROZİTE (%)	100 DEVİR	500 DEVİR					
T-1	2.61	2.61	2.62	0.014	0.25	0.52	1.39	2.71	98.10	1.39	6.11	2.61	561.0	2.20	3.03	5.20	20.80

Arazi ve laboratuvar çalışmaları ile uygunluğu test edilen DYM alanlarındaki net malzeme miktarı ile merkezi kil çekirdekli kaya dolgu olarak inşa edilmesi planlanan Kışlademirli Göleti'ne gereken malzeme miktarı ile DYM alanlarının gölet yerine uzaklıkları Çizelge 7'de gösterilmektedir.

Buna göre, Kışlademirli Gölet gövdesinde kullanılacak uygun nicelik ve nitelikte doğal yapı malzemesi bulunmaktadır. Bununla beraber, Gölet beton yapılarının inşaatında gerekli olacak beton agrega malzemesi gereksinimi öncelikle C geçirimli malzeme alanından olmak üzere D geçirimli malzeme alanından da temin edilebileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, beton agrega malzemesi Kaya-1 kaya malzeme alanından, kırmataş yoluyla da elde edilmesinin mümkün olduğu gerçekleştirilen Los Angeles aşınma kaybı deneyiyle ortaya konulmuştur. Gölet kazı

malzemelerinden uygun olanlar kil çekirdek için ve servis yolları dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Servis yolları için ilave malzemeye ihtiyaç duyulması halinde öncelikle C geçirimli malzeme alanından olmak üzere D geçirimli malzeme alanından da temin edilebilir.

6. Teşekkür

Bu çalışma, TC. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ Eskişehir 3. Bölge Müdürlüğü'ne ait "Sakarya ili: Pamukova-Çilekli, Kemaliye (Deveboynu) ve Turgutlu, Merkez-Beşevler, Kütahya ili: Pazarlar-Orhanlar, Tavşanlı-Kışlademirli, Bilecik ili: Söğüt-Savcıbey Göletleri Planlama Mühendislik Hizmetleri" projesi kapsamında, Suyapı Mühendislik ve Müşavirlik AŞ'nin katkılarıyla gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 7. DYM alanlarındaki net malzeme miktarı ve aks yerine uzaklıkları.

Malzeme	Malzeme Alanı Adı	Gölet Yerine Uzaklığı (Malzeme Yolu Mesafesi) (m)	Malzeme Miktarı (A) (m ³)	Gölet Malzeme İhtiyacı (B) (m ³)	Oran (A/B)
Geçirimsiz Malzeme	A	2700 m toprak yol	253 000	75 390	3.4
	B	3850 m toprak yol	113 250		1.5
Geçirimli Malzeme	C	3850 m toprak yol, 3900 m asfalt yol	481 000	38 119	12.6
	D	4300 m toprak yol, 4200 m asfalt yol	188 000		4.9
Kaya Malzemesi	Kaya -1	3850 m toprak yol, 13300 m asfalt yol	1 485 000	349 192	4.25
Toplam			2 520 250	462 701	5.4

Bu makalenin geliştirilmesinde, bilgi paylaşımı ve eleştirileri ile katkı koyan DSİ3. Bölge Müdürlüğü, Bölge Müdürü Sn Hayrettin Baysal'a, Bölge Md. Yrd. Sn Şeref Dağdelen'e, Jeoteknik Hiz. Ve YAS Şb. Md. Jeo Müh. Sn. Feridun İnce'ye, Jeo. Müh. Sn. Osman Çakır'a, Jeo Müh. Sn. Engin Kaplan'a ve Jeo Yük. Müh. Sn Hüseyin Yavuz'a teşekkür ederiz.

Ayrıca, yazarlar makale ile ilgili finansman sağlayan ve bilimsel destekleri ile mühendislik tecrübelerini paylaşan tüm Suyapı Mühendislik ve Müşavirlik AŞ ailesine, özellikle de Jeoloji ve Jeoteknik Bölümü'ne teşekkür eder.

7. Kaynaklar

- Akçalı, E., Arman, H. 2008.** Baraj dolgularında kullanılan doğal malzemenin seçim kriterleri ve limit aşımının doğuracağı tehlikeler. *DSİ Tek. Bül.*, 103, 1-9.
- Aral, İ. F. 2004.** Karatepe bazaltlarının (Çorlu-Tekirdağ) yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği. *İÜ Müh. Fak. Yer Bil. Derg.*, 17(2), 69-76.
- Avşar, Ö., Güleç, N., Parlaktuna, M. 2013.** Hydrogeochemical characterization and conceptual modeling of the Edremit geothermal field (NW Turkey). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 262: 68-79.
- Bacak, G., Uz, B. 2003.** Dağardı güneyi (Kütahya) ofiyolitinin jeolojisi ve jeokimyasal özellikleri. *İtüdergisi/d.*, 2-4: 86-98.
- Binal, A. 2008.** The Determination of Gel Swelling Pressure of Reactive Aggregates by ASGPM Device and A New Reactive-Innocuous Aggregate Decision Chart. *Constr. Build. Mater.*, 22(1): 1218-1228.
- Binal, A., Kasapoğlu, KE. 2003.** Design and Application of the Mortar Cylinder Test for Determination of Effect of the Alkali Silica Reaction Concrete Aggregates. *Int. Symp. Indust. Min. Build. Ston. (IMBS'2003)*, Istanbul, 625-632.

- Çelik, MY., Kavas, T. 2001.** Elvanpaşa (Afyon) trakiandezitlerinin jeolojisi ve yapı taşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. *OÜ. Müh. Mim. Fak. Derg.*, 14(2), 24-36.
- Ercan, T., Ergül, E., Akçören, F., Çetin, A., Granit, S., Asutay, J. 1990.** Balıkesir – Bandırma arasının jeolojisi, tersiyer volkanizm aşımının petrolojisi ve bölgesel yayılımı. *MTA Derg.*, 110: 113-130.
- Gün, HL., Akdeniz, N., Günay, E. 1979.** Gediz ve Emet güneyi Neojen havzalarının jeolojisi ve yaş sorunları. *Jeo. Müh.*, 8: 3-14.
- Kalafatçıoğlu, A. 1962.** Tavşanlı-Dağardı arasındaki bölgenin jeolojisi ve serpantin ile kalkerlerin yaşı hakkında not. *MTA Derg.*, 38-46.
- Kalafatçıoğlu, A. 1964.** Balıkesir – Kütahya Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. *MTA Derg.*, 46-62,
- Okay, Aİ., Kelley, SP. 1994.** Tectonic setting, petrology and geochronology of jadeit+ glaucophane and chlorite+glaucophane schists from NW Turkey. *J. Metamorph. Geol.*, 12: 455-466.
- Özer, M., Ulusay, R., and Işık, NS. 2012.** Evaluation of damages to light structures erected on a fill material rich in expansive soil. *Bull. Eng. Geol. Environ.*, 71: 21-36.
- Suyapı, 2013a.** Kışlademirli Göleti, mühendislik jeolojisi planlama raporu rev.1. DSİ 3. Bölge Müdürlüğü, Eskişehir.
- Suyapı, 2013b.** Kışlademirli Göleti, Doğal Yapı Malzemeleri planlama raporu rev.1. DSİ 3. Bölge Müdürlüğü, Eskişehir.
- Ulusay, R., Tuncay, E., Hasançebi, N. 2010.** Preliminary assessments on geo-engineering properties of peaty soils and consolidation settlement at an organized industrial district (Turkey). *Bull. Eng. Geol. Environ.*, 69 (3): 397-410.