

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BURSA ÇEVREYOLU YÜKSEK KAZI ŞEVLERİ
DURAYLILIĞININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ
ve
JEOMEKANİK AÇIDAN ARAŞTIRILMASI**

142925

-142925-

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Uğur CANTİMUR
(Enstitü No: 505991070)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 10 EKİM 2003
Tezin Savunulduğu Tarih: 17 EKİM 2003**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Mahir VARDAR
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Erdoğan YÜZER (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Mustafa YILDIRIM (Y.T.Ü.)**

[Handwritten signatures of Prof. Dr. Mahir Vardar, Prof. Dr. Erdoğan Yüzer, and Prof. Dr. Mustafa Yıldırım]

EKİM 2003

**Y.Ö. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ÖNSÖZ

Bu araştırma İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı Mühendislik Jeolojisi programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmanın kapsamı Bursa Otoyolu yüksek kazı şevlerindeki stabilite sorunlarının mühendislik jeolojisi ve jeomekanik açıdan araştırılmasıdır.

Araştırmacı, bu tez ile jeoteknik değerlendirme mühendisi olarak çalıştığı bu projede deneyim ve birikimlerinden bilimsel ve pratik katkı sağlamak üzere kalıcı ve seçkin bir örnek oluşturmayı amaçlamaktadır.

Bu kapsamda bilimsel, maddi ve manevi desteği sağlayan İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi Dekanı Sn. Prof. Dr. Mahir VARDAR' a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarım süresince desteklerini esirgemeyen Gülsan İnşaat A.Ş.'nin değerli sahipleri Sn. Mehmet GÜL ve Sn. Alper GÜL, Proje Müdürü Sn. Zafer DUDU ve diğer yöneticilerine teşekkürü bir borç bilirim.

Üzerimdeki maddi ve manevi emeklerinden dolayı sevgili aileme ve bu çalışmada yardım eden yakınlarıma teşekkür ederim.

Ekim 2003

Uğur CANTİMUR

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	V
TABLO LİSTESİ	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VII
SEMBOL LİSTESİ	X
ÖZET	XI
SUMMARY	XIII
1. GİRİŞ	1
1.1. İnceleme alanı ve Bursa Çevreyolu Projesinin Tanıtılması	1
1.2. Konum ve Ulaşım	3
2. YÜKSEK ŞEVLERDE OLASI STABİLİTE SORUNLARI	4
2.1. Şev Kayması (Heyelanı)	5
2.2. Topuk Kayması (Heyelanı)	5
2.3. Taban Kayması (Heyelanı)	6
3. KAYAÇLARIN DURAYLIĞINI YÖNLENDİREN ETMENLER	7
3.1. Dane Boyutunun Etkisi	7
3.2. Dane Dizilimi ve Biçiminin Etkisi	9
3.3. Kimyasal Bileşimin Etkisi	10
3.4. Jeolojik Yapının Etkisi	10
3.5. Yeraltı Suyu Etkisi	11
3.5.1. Suyun Teğetsel Kuvvete etkisi	12
3.5.2. Suyun Normal Kuvvete Etkisi	13
3.5.3. Boşluk Suyu Basıncının Gerilme Durumunu Değiştirici Etkisi	13
3.6. Heyelan Oluşumunda "ZAMAN" Etkisi	14
4. YAMAÇ VE ŞEVLERDE DURAYLIK (STABİLİTE) ANALİZ YÖNTEMLERİ	15
4.1. Bishop Yöntemi	15
4.2. Tabakalı Ortamlarda Yamaç ve Şev Stabilitesi	17
4.2.1. Ardalanmalı Yatay Tabakalı Ortam	17
4.2.2. Eğik Tabakalı Ardalanmalı Ortam	19
5. GENEL JEOLojİ	22
5.1. Önceki Çalışmalar	22
5.2. Bursa' nın Genel Jeolojisi	25
5.2.1. Uludağ Kompleksi	25
5.2.2. Karakaya Karmaşığı	26
5.2.2.1. Nilüfer Birimi	26
5.2.2.2. Orhanlar Grovağı	29
5.2.3. Bayırköy Formasyonu	29
5.2.4. Bilecik Kireçtaşı	31
5.2.5. Ovacık Melanjı	31
5.2.6. Topuk Granodiyorit : Granodiyorit, Monzonit-Diyoritporfir	32
5.2.7. Uludağ Graniti : Granodiyorit, Granit	33
5.2.8. Yolçatı Formasyonu	34

5.2.9. Alüvyon	34
5.2.10. Kolüvyon	34
5.3. Yapısal Jeoloji	35
5.4. Hidrojeoloji	36
6. BURSA OTOYOLU KM 106 YARMA ŞEVLERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ, JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİ VE JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMESİ	38
6.1. Giriş	38
6.2. Mühendislik Jeolojisi, Jeomekanik ve Jeoteknik Değerlendirme	38
7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	20
7.1. Önlem Bölgesi	47
7.1.1. Aktif Heyelanlı Kesim	47
7.1.2. Potansiyel Heyelanlı Kesim (Heyelana Yatkın)	49
7.1.3. Heyelan Olasılıklı Kesim (Zamana bağlı duraysızlıklar)	49
7.1.4. Yüzeysel Sökülmeli Kesim	50
KAYNAKLAR	51
EKLER	53
ÖZGEÇMİŞ	78

KISALTMALAR

km	: Kilometre
m	: Metre
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
İ.T.Ü.	: İstanbul Teknik Üniversitesi
F.B.E.	: Fen Bilimleri Enstitüsü
MTA	: Maden Tetkik Arama
TCK	: Türkiye Cumhuriyeti Karayolları
T.C	: Türkiye Cumhuriyeti
İnş.	: İnşaat
Nak.	: Nakliyat
Tur.	: Turizm
Taah.	: Taahhüt
San.	: Sanayi
Tic.	: Ticaret
Şti.	: Şirketi
Yay.	: Yayın
s.	: Sayfa
no.	: Numara
K	: Kuzey
G	: Güney
D	: Doğu
B	: Batı
YASS	: Yeraltı Su Seviyesi
A.Ş.	: Anonim Şirketi
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1 Bursa Otoyolunda kurulan ölçüm ağlarından elde edilen sonuçlara göre Heyelan - Zaman ilişkisi.....	46



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1 : Bursa Çevreyolu Yer Bulduru Haritası.....	3
Şekil 2.1 : Şev kaymasında duraysızlık şev yüzeyine kesecek şekilde gelişimi.....	5
Şekil 2.2 : Topuk kaymasında duraysızlık kazı alt ucundan geçerek toptan göçmeye neden oluşu.....	5
Şekil 2.3 : Taban kaymasında kayma dairesi ana kaya ile ayırık kayaç dokanağından geçişi.....	6
Şekil 3.1 : Denge durumu araştırılan herhangi bir dilim.....	11
Şekil 3.2 : Zeminin suya kısmen doygun olması durumu.....	12
Şekil 3.3 : Yeraltı suyunun neden olduğu boşluk suyu basıncı gerilme durumunu ($\Delta\sigma=\sigma_1-\sigma_3$) olumsuz yönde değiştirmesi.....	13
Şekil 3.4 : Kayaçların yenilme sürecinde karşılaşılan üç aşamalı akma davranışı.....	14
Şekil 4.1 : Kayma dairesi şev topuğundan geçen bir heyelan için analitik bağıntılarda kullanılan genel geometrik ve mekanik büyüklükler.....	16
Şekil 4.2 : Yüksekliği $H>10$ m olan farklı nitelikteki yatay katmanların ardalandığı istifte genelde düzenli bir kayma yüzeyi oluşmaz. Seçilen şev geometrisi ve eğim açısının yamacınkilere uyum göstermesi gerekir.....	18
Şekil 4.3 : Benzer nitelikteki yatay katmanların bulunduğu yamaçlar genelde düzgündür. Dolayısıyla şev geometrisi ve eğim açısı tüm katmanlar için geçerli olacak şekilde seçilir.....	18
Şekil 4.4 : Farklı nitelikteki yatay ve kalın katmanların bulunduğu yamaçlarda önce her katmanın ayrı ayrı ve sonra da hep birlikte irdelenmesi gerekir.....	19
Şekil 4.5 : Şev veya yamaç dışına eğimli katmanların bulunduğu ortamlarda yenilme tabaka içinde dairesel bir yüzeyle başlamakta ve daha sonra tabaka yüzeyini izlemektedir.....	20
Şekil 4.6 : Şev veya yamaç dışına eğimli katmanların bulunduğu ortamlarda kayma merkezlerinin belirlenmesi.....	21
Şekil 5.1 : Bursa ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.....	28
Şekil 5.2 : Marmara Bölgesinin diri fay haritası.....	35
Şekil 6.1 : Heyelanlı kesimlerin yapısal (tabakalaşma ve faylanma) etmenlerle ilişkisi.....	39
Şekil 6.2 : Heyelanın olduğu Doğu Yarmasına kuzeyden bakış.....	40
Şekil 6.3 : Heyelanlı kesimdeki kayan malzeme ve kabarma bölgesi altından su gelişine bağlı göllenme.....	40
Şekil 6.4 : Bursa'nın depremsellik haritası.....	41
Şekil 6.5 : Heyelanlı kesim taç bölgesi – 1. palye içinde ilerleyen çekme ve kesme çatlakları.....	42
Şekil 6.6 : Heyelanlı kesim – şişen killi siltler üzerinde kayarak sürüklenen killi marn katmanı ve sağda tabaka yönelimine uygun şekilde yayılan, su gelişine bağlı daha koyu renkli ıslak zon.....	42

Şekil 6.7	: Plan ve kesitte heyelanlı kesim.....	43
Şekil 6.8	: Heyelan Ölçer.....	44
Şekil 6.9	: Heyelan Ölçer Düzeneği.....	45
Şekil 6.10	: Heyelanın olduğu km:104+360–105+400 arası yarma.....	45
Şekil A1-1	: Güvenlik sayısı 1 olacak şekilde geri dönüşüm hesabı (GS=0,989).....	53
Şekil A1-2	: Topuk dolgulu , ve drenajlı koşullarda (imalat sonrası) analizi. (Topuk yüksekliği yol üst kotundan 4 m yukarıda olan 3/2 eğimli kaya dolgu şevi için).....	53
Şekil A2-1	: Km 105+760 – 105+900 arasında taş topuk duvarı kazısı tamamlanan ve drenaj kazısı devam etmekte olan anonun görünüşü.....	54
Şekil A2-2	: Km 105+560 – 105+760 arasında drenaj kazısı çalışmalarından görünüş.	54
Şekil A2-3	: Taş topuk yapısı, yer altı drenaj işlemi , taş drenlerin altına serilen jeotekstil malzemesi serimini gösteren kesitten görünüş.....	55
Şekil A2-3	: Yer altı drenaj işlemi tamamlanmış, taş drenlerin altına serilen, jeotekstil ve drenaj malzemesi serilmiş taş topuk yapısı imal edilmiş kesitten görünüş.....	55
Şekil A2-5	: Anayol gövdesi, taş topuk, düşey drenler ve yatay su drenlerinin imalatı.....	55
Şekil A2-6	: Yatay su drenleri yapılmış jeotekstil sargılı boruların görünüşü.....	56
Şekil A2-7	: Km 106 yarmasında peyzaj çalışmalarının km artımına göre soldan görünümü.....	57
Şekil A2-8	: Km 106 yarmasının duraylılık, peyzaj ve asfalt işlerinin tamamlanmış görünümü.....	57
Şekil A3-1	: Km 104 Nolu yarmanın Mühendislik jeolojisi haritası.....	58
Şekil A4-1	: Güvenlik sayısı 1 olacak şekilde geri dönüşüm hesabı (G. S = 1,044).....	59
Şekil A4-2	: Topuk dolgulu , ve drenajlı koşullarda (imalat sonrası) analizi. (Topuk yüksekliği yol üst kotundan 4 m yukarıda olan 3/2 eğimli kaya dolgu şevi için(G.S=1.587)).....	59
Şekil B-1	: Bursa Çevreyolu km 104+950 sağ, BH 1/17-1 numaralı sondaj logu.....	60
Şekil B-2	: Bursa Çevreyolu km 104+950 sağ, BH 1/17-2 numaralı sondaj logu.....	61
Şekil B-3	: Bursa Çevreyolu km 104+950 sağ, BH 1/17-3 numaralı sondaj logu.....	62
Şekil B-4	: Km 104+950 sağ yarmada açılan BH 1/ 17 sondası 1 nolu karot sandığı.....	63
Şekil B-5	: Km 104+950 sağ yarmada açılan BH 1/ 17 sondası 2 nolu karot sandığı.....	63
Şekil B-6	: Km 104+950 sağ yarmada açılan BH 1/ 17 sondası 3 nolu karot sandığı.....	63
Şekil B-7	: Bursa Çevreyolu km 105+900 sol, BH 1/18-1 numaralı sondaj logu.....	64
Şekil B-8	: Bursa Çevreyolu km 105+900 sol, BH 1/18-2 numaralı sondaj logu.....	65
Şekil B-9	: Bursa Çevreyolu km 105+900 sol, BH 1/18-3 numaralı sondaj logu.....	66
Şekil B-10	: Bursa Çevreyolu km 105+900 sol, BH 1/18-4 numaralı sondaj logu.....	67

Şekil B-11 : Km 105+900 sol yarmada açılan BH 1/ 18 sondası 1 nolu karot sandığı.....	68
Şekil B-12 : Km 105+900 sol yarmada açılan BH 1/ 18 sondası 2 nolu karot sandığı.....	68
Şekil B-13 : Km 105+900 sol yarmada açılan BH 1/ 18 sondası 3 nolu karot sandığı.....	68
Şekil B-14 : Bursa Çevreyolu km 106+250 sağ, BH 1/19-1 numaralı sondaj logu.....	69
Şekil B-15 : Bursa Çevreyolu km 106+250 sağ, BH 1/19-2 numaralı sondaj logu.....	70
Şekil B-16 : Bursa Çevreyolu km 106+250 sağ, BH 1/19-3 numaralı sondaj logu.....	71
Şekil B-17 : Km 106+250 sağ yarmada açılan BH 1/19 sondası 1 nolu karot sandığı.....	72
Şekil B-18 : Km 106+250 sağ yarmada açılan BH 1/19 sondası 1 nolu karot sandığı.....	72
Şekil C-1 : Bursa Çevreyolu km 104+770 sol, AÇ 1/19 araştırma çukuru logu.....	73
Şekil C-2 : Bursa Çevreyolu km 105+120 sağ, AÇ 1/20 araştırma çukuru logu.....	74
Şekil C-3 : Bursa Çevreyolu km 105+190 sağ, AÇ 1/21 araştırma çukuru logu.....	75
Şekil C-4 : Bursa Çevreyolu km 106+000 sol, AÇ 1/22 araştırma çukuru logu.....	76
Şekil C-5 : Bursa Çevreyolu km 106+200 sağ, AÇ 1/23 araştırma çukuru logu.....	77

SEMBOL LİSTESİ

φ	: Karotiyer çapı
σ_{lab}	: Basınç Dayanımı
Φ	: İçsel Sürtünme Açısı
c	: Kohezyon
$E_{deformasyon}$	: Elastik Deformasyon
θ	: Kırılma Açısı
E	: Permeabilite
N	: Normal Kuvvet
T	: Teğetsel Kuvvet
γ	: Ortamın Birim Hacim Ağırlığı
β	: Yamaç veya şevin eğim açısı
V	: Hacim



ÖZET

Yapımı Gülsan İnşaat Taah. Nak. Tur. San. A.Ş. tarafından üstlenilen İstanbul – Bursa – Balıkesir – İzmir otoyolunun Bursa Çevreyolu kesimi inşası sürmektedir. Otoyolda güzergah boyunca teknik girişimler sonucu hazırlanan yarmalarda duraysızlık problemleri ile karşılaşmıştır. Çalışmanın hedefi duraysızlıkların araştırılarak en uygun önlemlerin alınması için gerekli mühendislik jeolojisi ve jeoteknik çalışmaların yapılmasıdır. Bu kapsamda; karşılaşılan jeolojik birimlerin litolojileri, stratigrafi ve yapısal durumları belirlenmiş ayrıntılı mühendislik jeolojisi haritaları ve kesitleri hazırlanmış,ölçüm ağıları kurularak duraysızlıkların zamanla ilişkisi araştırılmıştır. Kayaç örnekleri üzerinde dayanım parametreleri saptanmıştır.

Çalışma alanında yapılan sondalarda kiltası- silttaşı marn ardalanması şeklinde adlandırılan birimlere girilmiştir. Bu bölgede bulunan marn ince tabakalı, silttaşı, kiltası ara tabakalı (5-10cm kalınlıklarda) üst düzeyler ayrışma nedeniyle zemin-kaya özellikli, düzensiz düzlemsel yüzlü, az kil sıvalı ve eklemli yapıdadır. Tabakalanmalar değişik litolojide, çimentolu, yer yer zemin-kaya özellikli, düzensiz düzlemsel yüzlü, kil dolgulu, eklemli bir yapıdadır. Zemin niteliğindeki arakatmanlar genelde kumlu-silt'den (CH) oluşmuştur.

Duraylılık sorunlarının irdelenmesi amacıyla ve örnek teşkil etmek üzere km.105+610 – km.106+450 arasında kalan yarma kütle hareketleri yönünden ayrıntılı şekilde çalışılmıştır. Bu yarma; 3:1 (yatay:düşey) eğimli, 10 ar metre yüksekliğindeki şevler ve 5 m genişliğindeki palyelerden oluşmaktadır.

Sondaj verileri ile teknik girişim sonrasında arazi gözlemleri birleştirildiğinde duraysızlıkların ortamdaki suya bağlı olduğu anlaşılmıştır. Tabaka yönelimleri ve ondülasyona bağlı olarak bu bölgede, şev gerisinde boşluk suyu basıncını oluşturabilecek yeraltı suyu birikmektedir. Heyelanı tetikleyen yeraltı suyunun varlığı yapılan sonda ve gözlemlerle tespit edilmiştir. Şev yüzeyleri incelendiğinde yolun her iki tarafındaki birimlerin çok ayrışmış, genelde zayıf ve çok zayıf dayanımlı ve sık-çok sık çatlaklı oldukları saptanmıştır.

Yapılan çalışmalarda tabakaların kayma düzlemine paralel olmaması nedeniyle tabaka kaymasının gerçekleşmeyeceği tespit edilmiştir.

Sonuçta; yarmalarda görülen duraysızlıkların, kazı sırası ve sonrasındaki konsolidasyon yükünün kalkmasına bağlı olarak kayacın çatlaklanması, gevşemesi ve sudan kolayca etkilenecek mekanik parametrelerini kolayca yitirmesi ile oluştuğu ve zamanla geliştiği anlaşılmıştır.

Şevlerde ve palyelerde yüzey sularının drene olmasını sağlayacak ve aynı zamanda duraysızlığı engelleme amaçlı H= 2X1.50 m boyutlarında düşey drenler yapılmıştır. Yeraltı suyunun alınması için yarma kenarları ve otoyol ekseninde yeraltı su drenajı, su gelişinin fazla olduğu şev kesimlerinde 5 derece eğimle yatay drenler uygulanmıştır. Duraysızlıkların meydana geldiği kesimlerde topuğa yük teşkil edecek kademeli kaya dolgu uygulaması yapılmıştır.



SUMMARY

The construction of the Bursa Ringway section of the Istanbul - Bursa - Balıkesir - İzmir motorway, whose construction has been undertaken by Gülsan İnşaat A.Ş., continues. Instability problems have been encountered in the cut-sections prepared through technical surveys carried out along the route on the motorway. The aim of the study is to conduct the necessary engineering geology and geotechnical studies in order to take the most suitable measures by exploring these instabilities. Within this scope, the lithologies as well as the stratigraphic and structural conditions of the geological units encountered have been identified and detailed engineering geology maps and sections have been prepared, and the relations of the instabilities with the time have been studied through setting up measurement networks. Strength parameters have been determined on the rock specimens.

During the earth boring operations carried out at the work site, the units called clay-stone/siltstone marl sequence were entered into. The marl found in this region is thin layered, has intermediate layer consisting of siltstone and clay-stone (with thicknesses ranging from 5 to 10 cm), its upper levels have ground-rock characteristics due to decompositions, has irregular plane surface, and has a little clay plastered and articulated structure. The beddings have a distinctive lithology and a clay-filled and articulated structure with cement and have characteristics of ground-stone in some places and an irregular plane surface. The intermediate layers of the nature of ground are generally composed of granular silt (CH).

In order to examine the instability problems and to form an example, the cut-section between km 105+610 and km 106+450 has been studied in details in terms of mass movements. This cut-section consists of slopes that have 3:1 (horizontal: vertical) inclination and a height of 10 meters as well as of bermes that have 5 meter width.

When the boring data are combined with the ground observations following the technical surveys, it has been found that the instability is due to the water in the surroundings.

Depending on the layer directions and undulations, underground water, which might form the pore water pressure behind the slope, accumulates in the region.

The existence of underground water that triggers landslides is verified through boring studies and surveys conducted.

When the slope surfaces were examined, it has been established that the units on both sides of the road are substantially decomposed, have generally weak-substantially weak resistance and frequent-very frequent cracks.

It has been determined as a result of the surveys conducted that layer slide will not occur due to the fact that the layers are not parallel to the sliding plane.

Consequently, it has been established that the instabilities observed in the cut-sections were due to cracking, loosening depending on the removal of the consolidation load during and after the excavations and thus losing its mechanical parameters easily by being easily affected by water and that it grows gradually.

Vertical drains having dimensions of $H=2 \times 1.50$ m have been constructed on the slopes and berms to drain the surface waters as well as to prevent the instability. For the purpose to remove the underground water, underground water drainages have been applied on the sides of the cut-sections and along the axis of the motorway, and horizontal drains with 5 degrees inclination have been applied on the slope section where the water flow is excessive. Stepped rock filling application has been done at sections where the instabilities are present in order to form a load on the bank.

1. GİRİŞ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın konusu “Bursa Otoyolu yüksek kazı şevlerindeki stabilite sorunlarının mühendislik jeolojisi ve jeomekanik açıdan araştırılmasıdır”.

Yapımı GÜLSAN İnş. Nak. Tur. San. A.Ş. tarafından sürdürülmekte olan Bursa Çevreyolu yüksek kazı şevlerinde stabilite sorunları ile karşılaşmıştır. Çoğunlukla hassas kil ve marn seviyelerinden oluşan otoyol güzergahında oluşturulan yüksek yarma şevlerinde zaman içerisinde gelişen duraysızlıklar ve kalıcı stabilitesinin sağlanmasına ilişkin yapılan çalışmalara bu tez kapsamı içerisinde yer verilmiştir.

Yüksek yarma şevlerinde zamanla gelişen duraysızlıkların önlenmesi ve kalıcı stabilitenin sağlanması amacıyla öncelikle bölgenin genel jeolojisi ve literatür çalışması yapılmış, birimlerin jeolojisi ve yapısal durumları hakkında (tabakalanma ve faylar) bilgi edinilmiş, bölgenin hidrojeolojik durumu araştırılmıştır. Gelişen duraysızlıkların tespiti için yöntem geliştirilmiş sonra stabilite sorunlarıyla karşılaşılacak ve karşılanması olası olan yüksek kazı şevlerinin mühendislik jeolojisi haritaları hazırlanmış ve kayaçların özellikleri verilmiştir. Elde edilen bu bilgilerle deprem durumu da göz önüne alınarak stabilite analizleri yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar ise kalıcı stabilitenin sağlanabilmesi için yeniden projelendirmede kullanılmıştır.

Bölgede yüksek kazı şevleri gözlenen duraysızlıklarla ilgili olarak “Giriş” bölümünde tez konusu ve amacı ile proje kısaca tanıtılarak uygulanan yöntemlere kısaca değinilmiştir.

1.1 İnceleme alanı ve Bursa Çevreyolu Projesinin Tanıtılması

İstanbul – Bursa – Balıkesir – İzmir Otoyolu’nun bir parçası olan Bursa Çevreyolu Yalova ayrımı – Karacabey Kavşağı kesimi (KM:82+380 – 109+454 ve KM:0+000 - 2+000) yaklaşık 29 Km uzunluğundadır.

Otoyol 2x3 şerit olarak projelendirilmiş olup toprak ve tesviye işleri, büyük ve küçük sanat yapıları, güvenlik ve trafik işleri, peyzaj işleri ve diğer ikincil işleri kapsamaktadır.

Bursa Çevreyolu Bursa ili şehir içi trafiğine hizmet vereceği gibi, İstanbul – Bursa – Balıkesir – İzmir yönündeki trafiğin İzmir iline tam erişim kontrollü ve kesintisiz ulaşımını sağlayacaktır. Proje kapsamında ana imalat miktarları aşağıda verilmiştir.

Yarma ve Ariyet Kazısı: 11.000.000 m³

Ocak Ariyeti Kazısı: 4.850.000 m³

Zayıf Zemin Kazısı: 3.150.000 m³

Dolgu: 12.550.000 m³

Zayıf zemin altına taş dolgu: 2.825.000 m³

Beton: 220.000 m³

Betonarme Demiri: 23.500 ton

Fore Kazık: 25.000 m

Prekast Kiriş: 785 adet

Mekanik Stabilizasyon: 2.160.000 ton

Bitümlü Sıcak Karışım: 810.000 ton

Bitüm (AC 60/70): 27.850 ton



Şekil 1. Bursa Çevreyolu yer bulduru haritası.

1.2 Konum ve Ulaşım

Gülsan İnşaat A.Ş. Bursa Çevreyolu şantiyesi , Bursa – İzmir D 200 karayolunun 28. kilometresinde Akçalar - Başköy yol ayrımından 1 km sonra sol kısımda kurulmuştur. Şantiyede sabit tesis olarak prekast kiriş sahası, mekanik ve asfalt plenti, beton santrali bulunmaktadır. Aynı zamanda şantiye içersinde T.C Karayolları 14. bölge kontrol şefliği, müşavirlik binası (UBM), barınma ve diğer ihtiyaçları karşılamak üzere tesis edilmiş modern ve geniş olanaklara sahip sosyal tesis mevcuttur. Otoyol güzergahı Bursa ovasını kuzey-kuzeybatıdan sınırlayan tepelik alanlar ile Nilüfer nehrinin bulunduğu alüvyon ovasının içinden veya kenardaki tepelerden geçmektedir.

2. YÜKSEK ŞEVLERDE OLASI STABİLİTE SORUNLARI

Bu bölümde mühendislik amaçlı otoyol kazı şevlerinde olası stabilite sorunları ve bunların giderilmesine yönelik araştırma ve çalışmalar incelenecektir. Zemin (yerinde oluşmuş ve/veya taşınmış malzeme), geçiş kayacı veya çok kırıklı kaya ortamlarda bir kayma yüzeyi boyunca oluşan, değişik hızlı ve ani kütsel hareketlere ise heyelan denir. Bu harekette kütsenin ağırlık merkezi aşağı ve dışarı doğru hareket eder. Doğal oluşum ve şekilleriyle eğimli yüzeylere yamaç, teknik girişim sonucu yeryüzünde oluşturulan, genelde eğimli yüzeylere de şev adı verilir.

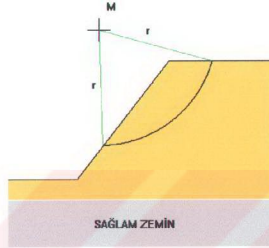
Şevler mühendislik amaçlı veya doğal şevler olmak üzere iki kısımda incelenir. Şevler bir kazı veya dolgu işlemi sırası ve/veya sonrasında meydana getirilmiş olabilirler. Yamaç ve şevler, jeoteknik mühendisliğinde heyelan olaylarının görüldüğü ve incelendiği alanlardır. Burada; yamaç veya şev yüzeyinin arkasında bulunan kütlede, değişik koşullar altında göçme, kayma ve yıkılma olasılığının bulunup bulunmadığı araştırılır.

Belirli özellik, nitelik ve davranıştaki kayalarda; bilinen veya olası iç etmenler, dış etmenler ve ortam koşullarına uygun ancak belirli bir eğim ve yükseklikte şev yapılabilir. Bu kritik yükseklik ve/veya eğim aşılabacak olursa; şev gerisindeki kayacın bir bölümü duraylılığını kaybederek ana kayaktan ayrılır ve çoğunlukla düzlem olmayan bir yüzey boyunca kayar.

Şevlerde genel ayrımıyla üç tür kayma (heyelan) izlenir. Bunlar; şev kayması, topuk heyelanı ve taban kaymasıdır.

2.1. Şev Kayması (Heyelanı)

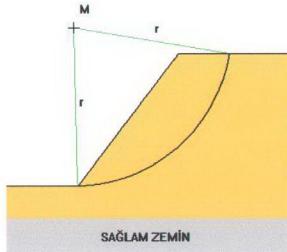
Burada kayma hareketi, yerli ve sağlam kayaçlar üzerinde yer alan, içinde şev kazısının yapıldığı daha dayanımsız ve niteliksiz ortam içinde ve şev yüzeyinden dışarı çıkacak şekildedir. Kayan kısım şevin bir parçasıdır.



Şekil 2.1 Şev kaymasında duraysızlık şev yüzeyine kesecek şekilde gelişimi. (VARDAR, 1999)

2.2. Topuk Kayması (Heyelanı)

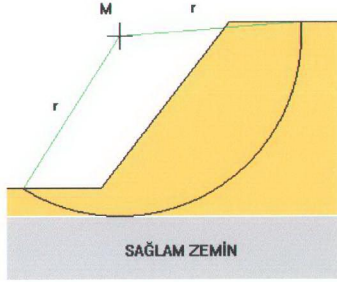
Topuk kayması, şev kaymasının çok özel bir durumu olup, kayan kısım burada şevin tamamını kaplamakta ve kayma yüzeyi kazı alt ucundan geçmektedir. Bu durumda şev toptan göçmeye maruz kalır.



Şekil 2.2 Topuk kaymasında duraysızlık kazı alt ucundan geçerek toptan göçmeye neden oluşu. (VARDAR, 1999)

2.3. Taban Kayması (Heyelanı)

Kaymanın daha derinlere inerek sağlam kayaç üzerine dayanan bir kayma dairesini izlemesi durumunda **taban heyelanı** oluşur.



Şekil 2.3 Taban kaymasında kayma dairesi ana kaya ile ayrık kayaç dokanağından geçişi. (VARDAR, 1999)

3. KAYAÇLARIN DURAYLIĞINI YÖNLENDİREN ETMENLER

Heyelanları, tür, hız, oluşum, gelişim ve sonuçlarıyla değerlendirebilmek için kayaçların dengesine etki eden etmenlerin en önemlileri; ortamın geometrisi, yapısı, bileşimi, yeraltı suyu, gerilme durumu ve dış kuvvetlerdir.

Dış kuvvetler ve gerilme durumu doğrudan doğruya, bileşim, dane çapı, biçimi, dizilişi, yeraltı suyu, geometrik durum ve yapı ise dolayısıyla etki eder. Bunların herhangi birindeki olumsuz değişme, dengenin bozulmasına neden olur.

Katı haldeki kayaçların davranışına doğrudan doğruya etki eden faktörlerin hepsine birden davranış belirleyici özellikler adı verilir. Bunlar; ayrık kayaç (zemin) niteliğindeki ortamlarda danelerin mineralojisi, boyutu, biçimi, dizilimi ve dağılımıdır. Benzer şekilde, kayalarda maddesel özellikler, süreksizlikler arasında kalan parçaların (birim kaya elemanlarının) boyutu, biçimi, dizilimi ve dağılımı da ortamın davranışını doğrudan yönlendirir. Maddesel (substanz) özellikler dışında kalan etmenler, doku adı altında toplanır.

3.1. Dane Boyutunun Etkisi

Danelerin boyutu, zeminin davranışını yönlendiren en önemli etmenlerdendir. Kil ve silt boyutundaki çok ince daneler ile kum, çakıl, blok ve moloz boyutundaki daha büyük ve çok iri daneler, davranış ve fiziksel kullanımları açısından, genel olarak iki ayrı grup şeklinde ele alınırlar.

Zemin mekaniğinde kil adını alan 0.002 mm den daha küçük danecikler, çoğu kez bu boyuta gelindiğinde gerçek kil minerallerine de ulaşıldığından, mineralojik anlamda da kil olurlar. Böylece killer; bir yandan daneli ortam davranışı gösterirken, diğer yandan da killerin kimyasal bileşimlerine bağlı olarak değişebilen ve birbirlerine göre çok farklı olabilen fiziksel ve kimyasal etkileşimlere girerler. Bunların başında; su ile etkileşim gelmektedir.

Kil mineralleri Na, K, Ca, Mg, Fe Alüminyum silikatlardır. Bu bileşimler yan yana dizilerek ince plakacıklar oluşturur. Bu plakacıkların her iki yüzündeki elektrik yükleri farklıdır. Sonuçta, karşılıklı yüzeyler birbirini çeker ve böylece elektrostatik bağ kuvvetleriyle kil mineralleri birbirlerine bağlanır. Kil katı, çok katı hale geçer.

Öte yandan su molekülü de, iyonlaşmamış olsa bile çift kutupluluk (dipol) özelliği gösterir. Bu nedenle; killi ortam su ile karşılaşınca, killeri birbirlerine bağlayan elektrostatik kuvvetin şiddetiyle orantılı olarak, az veya çok miktardaki su, hemen veya zamanla bu kil plakacıkları arasına girer ve onları birbirinden uzaklaştırmaya çalışır. Kil önce plastikleşir (Plastik Limit-PL), daha sonra akıcı duruma geçer (Likit Limit-LL).

Killerin su ile karşılıklı ilişkisi, fiziksel bağlanmadan ibarettir. Dolayısıyla, kil plakacıkları arasına giren su, yeterli basınç uygulandığında tekrar dışarıya atılabilir (Konsolidasyon). Bu olaylar sırasında değişik oranlarda hacimsel değişiklikler olur.

Killerin mineralojisi, çoğu kez geri dönüşümlü olan bu ilişkiyi önemli ölçüde değiştirebilmektedir. Bazı killer su ile karşılaşınca önemli hacim artışları göstermekte veya bu hacimsel artış engellenmeye çalışıldığında da, büyük şişme basınçları oluşabilmektedir. Bunlara örnek olmak üzere illit, montmorillonit, korensit verilebilir.

Bir başka durum ise, su ve kil mineralinin birbirine çok yakın dipol özelliği göstermesidir. Bu takdirde, en ufak bir hareket sonucunda kil mineralleri su içinde yüzmeğe başlar ve hareket durunca, sistem aldatici bir denge kazanarak sanki katılaşır. Bentonitik killerdeki bu davranış tiksotropi olarak bilinir.

Doğal veya yapay yollarla konsolidasyonu sağlanmış ve en büyük yoğunluğa ulaşıncaya kadar sıkıştırılmış killer, pratik olarak geçirimsizdir. Permeabiliteleri $10 - 7$ E cm/s gibi çok düşük değerler gösterir. Dolayısıyla; varolan veya teknik amaçla yapılan kil katmanları arasındaki geçirimli birimlerde basınçlı akiferler oluşabilir, üstlerinde yeraltı suyu taşınabilir, çanaklı yapılarda tünek akiferler şeklinde yeraltı suyu depolanabilir ve killi perdelemelerle, doğal veya yapay engeller (bariyerler) oluşturulabilir. Silt boyutundaki ($0.002 < d_{SILT} < 0.02$ mm) danelerin davranışı da, özellikle danelerin boyutu ufaldıkça killerdekine benzer. Ancak daneler büyüdükçe dış yüzey/hacim oranı küçüldüğünden, daneler arası tutunma-bağlanma kuvveti (kohezyon) azalır. Sonuçta, siltli ortamlarda danelerin bu ufalanma ve dağılma özelliğine bağlı olarak geçirimsizlik az da olsa, artmaya başlar.

Özetle; kil ve silt boyutundaki çok ince-ince daneli malzemenin, ortamdaki su durumuna (içerdikleri su miktarına) bağlı olarak, birbirinden çok farklı mekanik davranış biçimleri kazandığı görülür. Ortam çok yüksek kohezyonlu, sürtünmeli ve çok yoğun (katı-çok katı) olabileceği gibi, düşük kohezyonlu, fakat sürtünmesiz (yumuşak - çok yumuşak) veya kohezyonsuz ve sürtünmesiz (akıcı-viskoz) olabilir. Killi, siltli malzemenin adlandırılması ve davranışının tanımlanmasında Atterberg limitleri kavramı kullanılmaktadır. Plastiklik indisi ($I_p = LL - PL$) ise; şekil alabilen kohezyonlu bir kilin, su içeriğindeki hangi artışla akıcı hale geçebildiğini veya bu kilin hangi su kaybıyla akıcı durumdan plastik duruma geçeceğini göstermektedir. Atterberg limitlerinde her kil için farklı değerler elde edilmesinin nedeni, bir yandan kilin mineralojik bileşim ve yapısına, öte yandan da danelerin boyutuna bağlıdır. Killi ortamların katı halden plastik ve plastoviskoz duruma geçmeleri, su etkisi kadar zaman etkisinin de dikkate alınmasını gerektirir.

Heyelan etüdlerinde, kayaçların krip (akma) davranışlarının bilinmesi, olası hareketlerin denetimi ile önlemlerin ve yöntemlerin belirlenmesi açısından ayrı bir önem taşır. Danelerin boyutu arttıkça, kum ($0.02 < d_{KUM} < 2 \text{ mm}$), çakıl ($2 < d_{ÇAKIL} < 20 \text{ mm}$), blok ($20 < d_{BLOK} < 200 \text{ mm}$) ve moloz ($d_{MOLOZ} > 200 \text{ mm}$) olarak adlandırılan ve danelerin ağırlıkları nedeniyle yüzeysel çekim kuvvetleriyle bir arada tutulamadığı ortamlar oluşur. Kohezyon hemen hemen bütünüyle kaybolur. Daneler yalnızca birbirine sürtünür.

Diğer taraftan ince daneli ortamlarda su, kapiler (kılcal) etki nedeniyle, boşluklar arasında yükselir. Daneleri çevreleyen su görünür (zahiri) bir yapışma sağlar. Böylece nemli, ince daneler birbirine tutunarak çok düşük, bir teknik kohezyonun ölçülmesine neden olurlar. İri kumdan başlamak üzere, tüm iri daneli ortamlar prensip olarak; mekanik davranışları yönünden kohezyonsuz, sürtünmeli ve hidrojeolojik açıdan, çok iyi akifer niteliğindeki geçirimli-çok geçirimli ortamlardır.

3.2. Dane Dizilimi ve Biçiminin Etkisi

Kum ve daha iri boyutlu danelerden oluşan zeminlerde, parçacıkların birbirlerine göre aldıkları yerleşim durumları dizilim olarak adlandırılır. Dizilime bağlı olarak daneler arasında kalan boşluk en büyük ve en küçük değerler arasında değişir. Boşluk oranı (porozite) ve su emme yüzdeleri ile birim hacim ağırlıkları, bu açıdan zeminin değerlendirilmesine yardımcı olur. Zemin en az boşluk içerecek şekilde, daneler en küçük hacıma sığdırıldıklarında, en yüksek birim hacim ağırlığına ve en düşük su emme

yüzdelere ulaşılır. Bu durumda zeminde ulaşılan daneler arası dizilime kritik sıklık denir. Danelerin en küçük hacıma sığdırılabilmeleri için bunların dinamik kuvvetlerle sıkıştırılması gerekir. Bu olay, kompaksiyon olarak bilinir.

Kritik sıklığa ulaşmış ortamlarda, parçacıkların ötelenmeye zorlanması durumunda, hacim artar, ortam yeniden gevşer. Bu özellikleri dolayısıyla kum, çakıl ve bloklı zeminler için gevşek, sıkı, çok sıkı tanımlamaları yapılır.

Eş boyutlu daneler, o boyut için oluşabilecek en büyük boşluk oranlarını ve dolayısıyla en büyük geçirimliliği sağlarlar. Karma daneli bir karışımda ise, daneler arasındaki boşluklar daha küçükleriyle doldurulacağı için, daha düşük boşluk oranları ve geçirimlilik elde edilir. Yassı daneler, belirli düzlemler oluşturacak şekildeki dizilmelere neden olur.

Sonuçta; inhomojenlik ve anizotropi oluşur. Bir yönde sıralanma, içsel sürtünmeyi ve basınç direncini azaltır. Danelerin köşellilik derecesi arttıkça kompressibilite (sıkıştırılabilirlik) ve içsel sürtünme açısı da artar.

3.3. Kimyasal Bileşimin Etkisi

Suların ve su içinde çözünmüş asit oluşturucu (CO_2 , SO_2 v.b.,) gazların etkisi ile kalker, tuz ve jipsin erimesi ve magmatik minerallerin ayrışması, kayaç dokusunun ve dayanım parametrelerinin olumsuz yönde değişmesine neden olur. Erimiş halde kalker, tuz ve jips içeren sular, killi şistler ve kilaşları içine girdikleri takdirde, bu maddeler yüzeye yakın fissür ve çatlaklarda yeniden kristallenir. Bu sırada hacim artar ve geçirimsiz olan kayaçlar gevşeyerek geçirgen hale gelir. Oluşan yeni boşluk ve çatlaklara dolan su, killi-siltli ortamın dokusunu dağıtarak, kayacın dayanımını düşürür ve böylece duraysızlığa neden olur.

3.4. Jeolojik Yapının Etkisi

Tortul kayaçlarda, katmanların; gerek oluşumlarına bağlı, kökensel (jenetik) özellik ve nitelikleri (istiflenme, kalınlık, biçimlenme, yayılım ve yerleşim şekli ve miktarları) ile iç yapıları (dokuları), gerekse tektonik geçmişleri ve durumları (kıvrımınma, kırılma, psödoplastikleşmeye bağlı gevşeme, faylanma ve bindirme gibi ötelenme) sonucu kazandıkları konum ve süreksizlikler, ortamın stabilitesini, mekanik ve kinematik açıdan doğrudan yönlendirir. Eğimli tabakalar ve/veya kırık, çatlak ve fay düzlemleri üzerindeki kaymalar, bunlara en iyi örnektir.

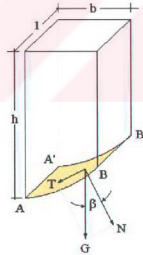
Yatay konumlu ve değişik litolojideki katmanlardan oluşmuş yamaç ve şevlerde, dış etkilerle, zayıf dirençli düzeyler aşınmakta, daha sert ve dirençli katmanlar ise konsol şeklindeki çıkıntılar oluşturarak askıda kalmakta ve belirli bir süre sonrasında da koparak düşmektedir.

Genelde kil ve silt boyutundaki danelerden oluşan bir kayaç içinde kum-çakıl düzeyleri gibi geçirimli ara katmanların veya mercekli yapıların bulunması, dokanak yüzeylerinin yıkanmasına veya yeraltı suyunun durumuna göre, buralarda önemli hidrostatik basınçların oluşmasına neden olur.

Sonuçta, ortam heyelana yatkın özellik ve nitelikler gösterir. Yamaç ve şev içerisinde aktif bir fayın veya fay zonunun geçmesi, ortamın kısa mesafeler içinde çok sık nitelik değiştirmesi, katmanların ve öteki süreksizlik öğelerinin sayıca ve konum olarak birdenbire büyük farklılıklar göstermesi, duraysızlıkların ve belirsizliklerin başlıca nedenleri arasındadır.

3.5. Yeraltı Suyu Etkisi

Heyelan kütlesi içinden, kayma yüzeyi üzerinde kalan ve denge durumu araştırılan herhangi bir dilim alınacak olursa, bu dilim için kuru (su etkisinin bulunmadığı) koşullarda aşağıdaki bağıntılar geçerli olur:



Şekil 3.1 Denge durumu araştırılan herhangi bir dilim. (VARDAR, 1999)

$$V = h * b * 1 * G = h * b * \gamma_0$$

$$N = h * b * \gamma_0 * \cos \beta$$

$$T = h * b * \gamma_0 * \sin \beta$$

Burada ABB'A' eğrisel yüzeyi, heyelanın kayma yüzeyi olup, incelenen dilim istenildiği kadar küçük tutulabilir. Bu durumda, birim kalınlık için hacim $V = h * b$ kabul edilebilir.

3.5.1. Suyun Teğetsel Kuvvete Etkisi

Suyun teğetsel kuvvete olan etkisi, iki ayrı durum göz önüne alınarak incelenir:

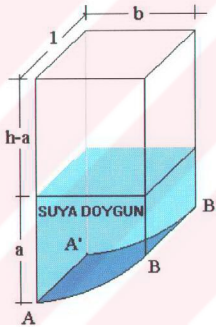
- Kayacın suya tam doymuş hali
- Kayacın suya kısmen doymuş hali

Tam doymuş durumda dilim en büyük özgül ağırlığına erişir.

Ulaşılan özgül ağırlık :

$$\gamma_{\max} = (\gamma_o + \gamma_{H_2O} n)$$

şeklinde olup “n” ortamın gözenekliliğidir (porozitesi). Özgül ağırlığın maksimum olması ile teğetsel kuvvet (T) de en büyük değerine ulaşır.



Şekil 3.2 Zeminin suya kısmen doymuş olması durumu. (VARDAR, 1999)

Zeminin suya kısmen doymuş olması halinde özgül ağırlık γ_o dan γ_t ye çıkar.

Şöyle ki: $b * (h - a)$ hacminde değişme olmamış, $b * a$ hacminde ise özgül ağırlık;

$$\gamma_{\max} = (\gamma_o + \gamma_{H_2O} n)$$

değerine ulaşmıştır. Bu durumda dilimin ortalama özgül ağırlığı:

$$\gamma_t = ((h - a) * \gamma_o + a * (\gamma_o + \gamma_{H_2O} * n)) / h$$

değerini alır. $\gamma_t > \gamma_o$ olduğu için teğetsel kuvvet de artar ve kayma kolaylaşır.

3.5.2. Suyun Normal Kuvvete Etkisi

Mekanik etki aynı birim dilim üzerinde incelendiğinde, suyun normal kuvvet doğrultusunda, fakat ters yönde etkiyerek dilimi kaldırmağa çalıştığı görülür:

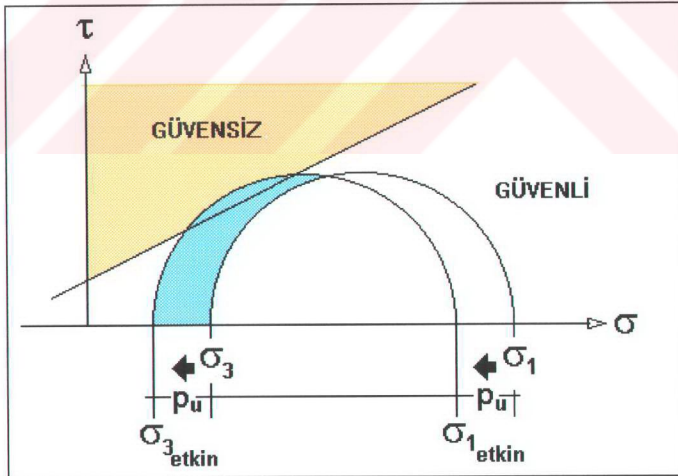
$$N' = h * b * (\gamma_{\max} - 1) * \cos \beta$$

Normal kuvvetteki bu azalma sonucunda da dilimi dengede tutan sürtünme kuvveti küçülür ve dolayısıyla kütlelin kayma hareketi kolaylaşır.

$$S' = N' * \tan \Phi = h * b * (\gamma_{\max} - 1) * \cos \beta \tan \Phi < S$$

3.5.3 Boşluk Suyu Basıncının Gerilme Durumunu Değiştirici Etkisi

Daneler arasındaki boşluklara giren su, danelerin yüzeylerine, su derinliğinin fonksiyonu olarak, şiddeti her yönde aynı olan bir hidrostatik basınç (p_u) uygular. Bu şekilde; kendi ağırlığı ve dış yüklere bağlı olarak kayaç içinde oluşmuş bulunan gerilme durumu ($\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_3$) suyun etkisiyle olumsuz yönde değişir. Gerilme çemberinin çapı ($\Delta\sigma$) değişmeksizin, merkezi (p_u) kadar τ -ekseni'ne doğru kayar. Bu durumda çember Mohr zarfı'na (yenilme koşuluna) yaklaşır ve sonuçta ortam güvensizleşir. Zarfa değmesi halinde ise kayaç kesilerek kırılır.



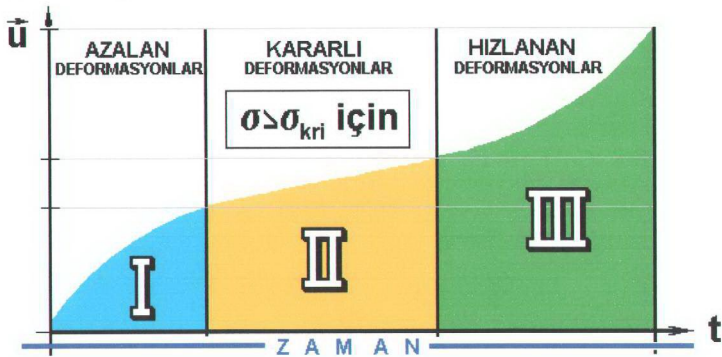
Şekil 3.3 Yeraltı suyunun neden olduğu boşluk suyu basıncı gerilme durumunu ($\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_3$) olumsuz yönde değiştirmesi. (VARDAR, 1999)

3.6. Heyelan Oluşumunda “ZAMAN” Etkisi

Heyelanların oluşumunun, gelişiminin, denetim ve önleme çalışmaları esnasında zaman faktörünün jeoteknik açıdan ayrı bir önemi vardır. Kayaçlar reolojik davranışlı ortamlardır. İster zemin, ister kaya niteliğinde olsun, ortam kendisine etkileyen gerilmelerinin düzeyine (şiddetine) göre, zamana bağlı gerilme-deformasyon davranışı gösterir. Kayaçların dokusunu bir arada tutan kuvvetlerin zaman içinde yenilmesine neden olan, her kayaç (ve bu kayacın içinde bulunduğu çevre koşulları) için belirli olan bir kritik gerilme düzeyi vardır. Ortama etkileyen gerilmeler bunun altında kalırsa ($\sigma_i < \sigma_{kri}$), deformasyonlar oluşsa bile, bunlar zamanla sorun yaratmaksızın sönümlenirler. Buna genelde pekleşme adı verilir.

Gerilmelerin kritik düzeyde kalması halinde ($\sigma_i = \sigma_{kri}$), ise, kayaç önce azalan deformasyonlar gösterse bile, bir süre sonra sabit hızla şekil değiştirmeye başlar ve bu akma kararlı bir şekilde devam eder. Ancak; etkileyen gerilmeler bu kritik gerilmelerin üstünde ($\sigma_i > \sigma_{kri}$) ise, genelde önce azalan, sonra sabit hızla devam eden ve nihayet giderek hızlanan deformasyonlar görülür. Hızlanan deformasyonlar sonunda da ortam dayanımını tümüyle yitirir, kayma veya göçmeler oluşur. Aşağıda ($\sigma_i > \sigma_{kri}$) için ilk aşamadaki elastik davranışa bağlı deformasyonların dikkate alınmadığı, yenilme akması sürecini yansıtan bu üç aşamalı (HÖFER) akma davranışı gösterilmiştir.

Dolayısıyla; deformasyonların zaman içinde izlenmesi ve değerlendirilmesi ile heyelan riskinin bulunup bulunmadığı veya varsa, bu riskin sürüp sürmediği yada heyelanın hangi aşamada bulunduğu hakkında doğru değerlendirmeler yapılabilir.



Şekil 3.4 Kayaçların yenilme sürecinde karşılaşılan üç aşamalı akma davranışı(VARDAR, 1999).

4. YAMAÇ ve ŞEVLERDE DURAYLIK (Stabilite) ANALİZ YÖNTEMLERİ

Yamaç ve şev duraylılık analizinde ve önlenmesinde kullanılan yöntemler;

- 1- Genelleştirilmiş Yöntem
- 2- İsveç Dilim Yöntemi
- 3- Bishop Yöntemi (Etkin Gerilme Analizi)
- 4- Janbu Yöntemi
- 5- Taylor Yöntemi
- 6- Rendulic Yöntemi
- 7- Fellenius Yöntemi
- 8- İsveç dilim yönteminde Çatlak Derinliği
- 9- Jumikis Yöntemi
- 10- Hoek ve Bray Yöntemi'dir.

Bu tez kapsamında tüm hesaplar ve önlemler Bishop hesap yöntemiyle yapılmıştır. Bu nedenle sadece "Etkin Gerilme Analizi Dilim Yöntemi" yada bilinen diğer adıyla "Bishop Hesap Yöntemi" tanıtılmıştır.

4.1. Bishop Yöntemi

Etkin gerilme analizli dilim yönteminde dairesel kayma yüzeyi üzerinde dilimler oluşturulmakta, önce her dilim ve daha sonra da tüm kütle için tutucu ve kaydırıcı etmenler birbiriyle oranlanarak güvenlik sayısı hesaplanmaktadır. Bu hesaplarda oluşturulan dilimlerin ortak kenarlarındaki dilimler arası kuvvetlerin etkili olmadığı varsayılmaktadır.

Yöntemin farklı ve ilgi çeken yanı, geçirgenliği düşük ve dolayısıyla çok uzun zamanda ve güçlükle drene olabilen zeminlerdeki boşluk suyu basıncını (p_u) dikkate alması ve etkin (efektif) gerilme analizlerinden yararlanmasıdır.

En büyük kesme gerilmesi hipotezine göre Coulomb yenilme koşulu için Mohr zarfının denklemi :

$$\tau = C' + (\sigma_n - p_u) \tan \phi'$$

olup, dilimin kayma yüzeyinde etkiyen

Normal Gerilme $\sigma_{ni} = \Delta N_i / \Delta L_i$ dir.

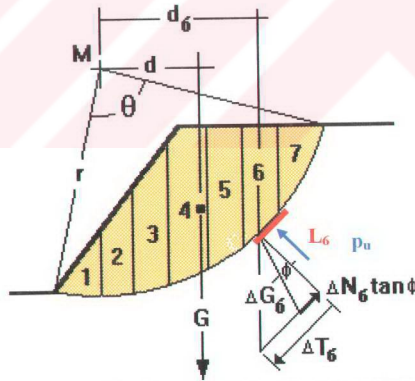
C = Kohezyon

L = Kayma dairesinin yay uzunluğu

ϕ = İçsel sürtünme açısı

β = Yamaç veya şevin eğim açısı

γ = Ortamın birim hacim ağırlığı olmak üzere;



Şekil 4.1 Kayma daresi şev topuğundan geçen bir heyelan için analitik bağıntılarda kullanılan genel geometrik ve mekanik büyüklükler. (VARDAR, 1999)

Güvenlik Sayısı ile birlikte yazıldığında herhangi bir dilim için

$$\tau_i = (C' + ((\Delta N_i / \Delta L_i) - p_u) \tan \phi') / G_s$$

elde edilir.

Dilimin tabanında etkili olan kesme kuvveti $T_i = \tau \Delta L_i$ olduğundan momentler dengesi

$$\sum G_i d_i = \sum T_i r = \sum \tau \Delta L_i \quad \text{ve genel denklem}$$

$$G_s = r \Sigma (C' \Delta L_i + ((\Delta N_i / \Delta L_i) - p_u) \tan \phi) / \Sigma G_i \sin \alpha_i \text{ olur.}$$

ΔL_i için l_i ;

Dilimlerdeki normal kuvvet için $N_i = G_i \cos \alpha_i$;

ve Moment kolu uzunluğu için $d_i = r \sin \alpha_i$ yazılırsa,

$$G_s = \Sigma (C' l_i + (G_i \cos \alpha_i - p_u l_i) \tan \phi) / \Sigma G_i \sin \alpha_i \text{ bulunur.}$$

Dilimin kalınlığı b ve eğim açısı α ise,

Boşluk Suyu Basıncı Oranı $r_u = p_u b / G_i$

ve $b = l_i \cos \alpha_i$ olduğundan $p_u = r_u G_i / l_i \cos \alpha_i$ dir. Eşitlikler genel denklemde yerine konursa

$$G_s = \Sigma (C' l_i + G_i (\cos \alpha_i - (r_u / \cos \alpha_i)) \tan \phi) / \Sigma G_i \sin \alpha_i$$

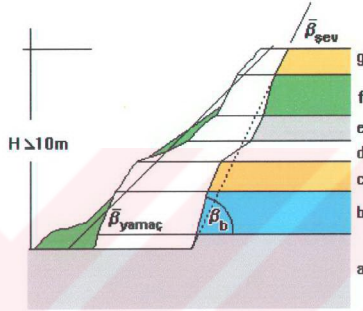
şeklindeki **Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi** denklemi elde edilmiş olur.

4.2. Tabakalı Ortamlarda Yamaç ve Şev Stabilitesi

4.2.1. Ardalanmalı Yatay Tabakalı Ortam

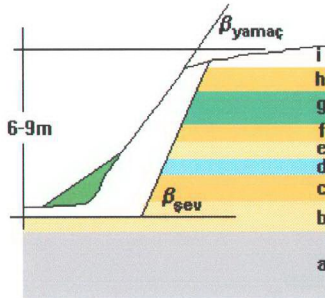
Kayacın üniform ayrışma karakterli, benzer özellik ve nitelikli tabakalardan oluşması ve süreklilik göstermesi halinde, genelde homojen ortamlar için geçerli olan kabuller yapılarak duraylılık analizleri yöntemleri kullanılır. Fakat; tabakaların dijitlikleri, jeolojik yapıları, dokuları ve yoğunlukları birbirinden çok farklı ise, katmanlardaki bu fiziksel ve mekanik değişimlerin dikkate alındığı daha başka yöntemlerden yararlanır.

Yamaç morfolojisi tabakaların mekanik davranışı ve özellikleri hakkında önemli ipuçları verir. Yamaçta tabakaların değişik eğimler alması, bunların kısa ve uzun vadede alabilecekleri kritik eğim açılarının belirlenmesi bakımından önemlidir. Yüksek şevlerin genel eğime uygun olarak basamaklandırılması sırasında, tabakaların mekanik ve fiziksel parametrelerinin sonucu olan bu açılardan yararlanmak gerekir. En zayıf tabakaya göre saptanmış olan eğim açısının kullanıldığı şev düzenlemeleri şevlerin aşırı yatmasına ve dolayısıyla kazı hacminin artmasına neden olur.



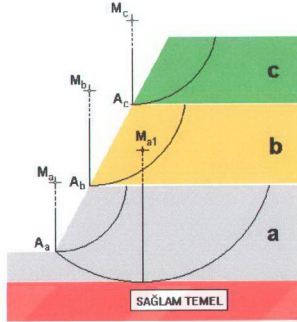
Şekil 4.2 Yüksekliği $H > 10$ m olan farklı nitelikteki yatay katmanların ardalandığı istifte genelde düzenli bir kayma yüzeyi oluşmaz. Seçilen şev geometrisi ve eğim açısının yamacınkilere uyum göstermesi gerekir (VARDAR, 1999).

Belirgin morfolojik bozukluk göstermeyen tabakalı yamaçlarda tüm katmanlar için geçerli olabilecek uygun bir şev açısının bulunması halinde 6 - 9 m' yi aşmayan alçak şevler oluşturulabilir.



Şekil 4.3 Benzer nitelikteki yatay katmanların bulunduğu yamaçlar genelde düzgündür. Dolayısıyla şev geometrisi ve eğim açısı tüm katmanlar için geçerli olacak şekilde seçilir (VARDAR, 1999).

Katmanların kalın ve yatay (veya şev dışına doğru çok az eğimli) olması halinde, her tabaka üzerine oturduğu tabakanın sınırladığı eğrisel bir yüzey boyunca kayar. Şevin dışına doğru gelişen bu harekette kayma çemberi tabaka yüzeyine teğettir. Bu nedenle dairenin merkezi tabakanın şevi kestiği noktadan çıkan dikme üzerindedir.



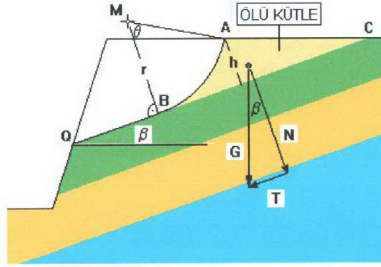
Şekil 4.4 Farklı nitelikteki yatay ve kalın katmanların bulunduğu yamaçlarda önce her katmanın ayrı ayrı ve sonra da hep birlikte irdelenmesi gerekir. (VARDAR, 1999)

4.2.2. Eğik Tabakalı Ardalanmalı Ortam

Tabakalar yatay olmaması durumunda iki farklı durumla karşılaşılabilir;

- a) tabakaların yamaç (şev) içine dalması b) yamaç (şev) dışına eğimli olmasıdır.

Yamaç içine dalan tabakalı yapılarda, tabaka yüzeylerine kinematik serbestlik getirilemeyeceği için, bu yüzeylerde mekanik yenilme gerçekleştirilemez. Dolayısıyla; duraysızlıklar ancak tabakaları oluşturan kayacın maddesel niteliklerinin aşılmasıyla oluşabilir. Bu nedenle de böyle durumlarda, genel olarak ortalama zemin parametrelerine göre irdelenen ve tüm tabakaları kesen tek bir kayma dairesi ile çalışılmaktadır. Tabakaların dışa doğru eğimli olması durumunda ise tabakalar arası sürtünmenin de aşılabileceği kinematik serbestlik sağlanmış olmaktadır. Yenilme tabaka içinde dairesel bir yüzeyle başlamakta ve daha sonra tabaka yüzeyini izlemektedir.



Şekil 4.5 Şev veya yamaç dışına eğimli katmanların bulunduğu ortamlarda yenilme tabaka içinde dairesel bir yüzeyle başlamakta ve daha sonra tabaka yüzeyini izlemektedir (VARDAR, 1999).

Bu durumda kayma dairesinin merkezi A dan çizilen dikme üzerinde bulunmakta ve BA yayına θ açısıyla bakmaktadır. Başka bir değişle M noktası, tabakaya B'de çizilen dikme ile BA doğru parçasının orta dikmesinin kesim noktasıdır. Ancak bilinmeyenler A ve B noktalarının yerleridir. Bu amaçla A noktasının QC tabaka yüzeyinden olan yüksekliğinden yararlanılır. Şekilde gösterilen ölü kütle dengede olduğuna göre, $\Sigma K = 0$ olmalıdır. Denge Denklemi:

Tutucu kuvvetler = Kaydırıcı Kuvvetler

$$C_k + S = K + (\text{su etkisi})$$

Kohezyon kuvveti : $C_k = C \cdot \underline{BC}$

Sürtünme Kuvveti : $S = G \cos \beta \tan \phi$

Kaydırıcı Kuvvet : $K = G \sin \beta$

Ölü kütlelerin Ağırlığı: $G \approx \gamma \cdot \underline{BC} \cdot d \cdot h / 2$ dir.

$d = 1$ için denge denkleminde G yerine konursa:

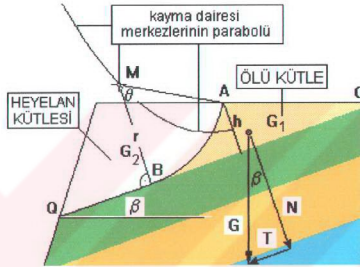
$$C \cdot \underline{BC} + \tan \phi \cdot \gamma \cdot \underline{BC} \cdot h \cos \beta / 2 = \gamma \cdot \underline{BC} \cdot h / 2$$

eşitliği ve buradan da :

$$h = 2 C \cos \beta / \gamma (\tan \beta - \tan \phi) \text{ elde edilir.}$$

Daha sonra tabaka yüzeyine çizilen h uzaklıktaki paralelin, topoğrafik yüzeyle kesiştiği A noktası bulunur.

B noktasının bulunması ise denge koşullarının araştırılması ile belirlenir. Çünkü; A dan geçen ve tabakaya teğet olan sonsuz çember vardır. Bunların merkezleri, tabaka yüzeyinden ve A noktasından eşit uzaklıkta olduğundan h parametrelili bir parabol üzerindedir. Dolayısıyla B, en olumsuz durum için saptanan nokta olmak zorundadır.



Şekil 4.6 Şev veya yamaç dışına eğimli katmanların bulunduğu ortamlarda kayma merkezlerinin belirlenmesi (VARDAR, 1999).

Heyelan kütlelerinin ölü kütlelerden ayrılması sonrasında ayrıca tabaka üstündeki kaymanın da genel kayma koşulları denklemi kullanılarak irdelenmesi gerekir. Burada kohezyonun bulunduğu hallerde QB kayma yüzeyindeki kohezyon kuvveti de dikkate alınır. Ancak genelde tabaka yüzeyinin mevcut kohezyonu ortadan kaldıracak şekilde sudan etkilenmiş, ayrılmış ve örselenmiş olduğu kabul edilebileceğinden $C = 0$ analizinin yapılması uygun olur. Böylece; kopma çatlağının da su ile dolmuş olacağı varsayılarak, kayan kütle için yaklaşık sonuç veren:

$$G_s = G_2 \cos \beta \tan \phi / (G_2 \sin \beta + h/2)$$

bağıntısının kullanılması yeterli olur.

5. GENEL JEOLJİ

5.1. Önceki Çalışmalar

Bu çalışma kapsamında incelenen Bursa ve civarında birçok çalışmacı incelemeler yapmıştır. Bu bölümde önceki çalışmacıların incelediği konular hakkında ayrı ayrı bilgi verilmektedir.

Brinkman (1971) Bursa ve civarında yüzeyleyen Orhanlar Grovağı ve Hodul Birimi, geçmişte aynı birim olarak değerlendirilmiş ve "Orhanlar Tabakaları" olarak isimlendirilmiştir. Bu birime ayrıca Kaya vd. tarafından "Dışkaya Formasyonu" adı da verilmiştir (1989). Daha sonra yapılan incelemelerde Orhanlar Grovağı ayrı bir birim olarak adlandırılmıştır (Okay vd., 1990).

Yörede yüzeyleyen Bilecik Kireçtaşı adı ilk defa (Granit ve Tintant, 1961) tarafından kullanılmıştır. Bu kireçtaşı, "bej veya açık gri renkli kriptokristalin kalkerler" adı altında ve Bayırköy Formasyonu'nda bulunan fosilli serinin en üst kısmı olarak açıklanmıştır (Akkuş, 1963). Bursa-Bilecik yöresinde yapılan bir çalışmada Bayırköy Formasyonu ile Bilecik Kireçtaşı arasında paralel uyumsuzluk bulunduğu bahsedilmiştir (Altınler vd., 1989). Bilecik Kireçtaşının Bayırköy Formasyonu ile olan dokanağı tartışmalı olmasına rağmen bu iki dokanak arasında uyumsuzluk olduğu bazı yazarlar tarafından kabul edilmiştir (Granit ve Tintant, 1960; Eroskay, 1965; Altınlı, 1975b). Bilecik Kireçtaşının, transgresyonlu tabanı ve regresyonlu tavanı ile tam bir çökme dönemi sergilediği kabul edilmiştir (Altınlı, 1975b; Saner, 1977). Bayırköy Formasyonu ile Bilecik Kireçtaşı arasındaki ilişkinin dereceli geçişli olduğundan söz edilmiş (Saner, 1978, 1980, 1989 ve Yılmaz, 1981a-b) ve Bayırköy Formasyonu ile Bilecik Kireçtaşının, aynı transgresyonun taban konglomerasından başladığı ve giderek platform karbonatlarına geçtiği kabul edilmiştir (Altınlı, 1975b; Saner, 1977). Bayırköy Formasyonu ile Bilecik Kireçtaşı arasındaki ilişkinin dereceli geçişli olduğundan söz edilmiş (Saner, 1978, 1980, 1989 ve Yılmaz, 1981a-b) ve Bayırköy Formasyonu ile Bilecik Kireçtaşının, aynı transgresyonun taban konglomerasından başladığı ve giderek platform karbonatlarına geçtiği savunulmuştur. (Şentürk ve Karaköse, 1981) iki birim arasındaki dokanağı açısız diskordans olarak açıklamıştır.

Bazı araştırmacılar Bilecik Kireçtaşı ile Bayırköy Formasyonu arasındaki ilişkinin dereceli geçişli olduğunu ve Bilecik Kireçtaşının yaşının Dogger-Malm-Alt Kretase olduğunu ileri sürmüştür (Genç vd., 1986b). (Bargu, 1982), Bilecik Kireçtaşının açısız diskordanslı olduğunu belirtmiştir. Çalışma alanında bu birimin çok sınırlı bir alanda yüzeylenmesi alt dokanak ilişkisinin belirlenmesini güçleştirmiştir. Oldukça çok sayıda araştırmacıların çalıştığı birime, Orta-Üst Jura yaşı verilmiştir (Granit ve Tintant, 1960). Eroskay, 1965 yılındaki çalışmasıyla Kalloviyen-Titoniyen; Altınlı, 1973'de Kalloviyen-Alt Portlandiyen yaşlarını uygun bulmuşlardır. Birimde yapılan diğer çalışmalarda Orta, Üst Jura-Alt Kretase (Saner, 1977), Bajosiyen-Orta, Üst Portlandiyen yaşları ile Kalloviyen-Alt Kretase yaşları (Altınler, 1989) verilmiştir. Yenice-Havran bölgesinde ve Balya kuzeyinde yapmış olduğu çalışmalarda saptamış olduğu ammonito rosso fosilli kireçtaşı seviyesiyle, Bilecik Kireçtaşı'nın alt seviyeleri Geç Dogger-Erken Malm yaşı verilmektedir (Balnc, 1969). Ayrıca, Bilecik kireçtaşı tabanında yer alan Dogger-Malm sınırı için de karakteristik ammonit faunaları tanımlanmıştır (Aslaner, 1965; Krushensky ve diğ., 1980). Kalkım batısındaki Aşağı Çavuş Köyü çevresinde, Bilecik kireçtaşının tabanından toplanan ammonitlerle birime Kalloviyen-Oksfordiyen yaşı verilmiştir (Okay vd., 1990).

Bölgede litolojik birim olarak ayırtlanan serpantin ve peridotit birimleri Ovacık Melanjı" adı altında incelenmiştir (Lisenbee, 1971, 1972; Servais, 1982; Okay, 1982, 1985, 1986, 1990; Akyüz, 1995). Ovacık melanjının kuzeydoğuya doğru devamında, çörtlere ardalanmalı pelajik kireçtaşı içinde Pithonella ovalis fosili bulunmuş ve Ovacık melanjını oluşturan kayaların yaşının Senomaniyen-Mastrihtiyen' e kadar çıkartılması mümkün olmuştur (Okay ve Kelley, 1994).

İnceleme alanında yüzeylenen hakim formasyon olan karasal çökeller Soma Formasyonu adı altında önceki araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Akat vd., 1978; Ergül vd., 1980; Yalçınkaya ve Avşar, 1980; Özpeker, 1969; Akyüz, 1995). Birime "Miyosen-Pliyosen" yaşı verilmiştir (Özkoçak, 1969; Lisenbee, 1971-72). Bazı araştırmacılar ise "Neojen" yaşını daha uygun bulmuştur (Emre, 1986). Batı ve Kuzeybatı Anadolu' da geniş alanlara yayılan Yolçatı Formasyonunun içindeki kömür seviyelerinde yapılan polen analizleri "Orta Miyosen" yaşı vermiştir. Birimin üst kesimlerde ise Pliyosen fosillerine rastlanılmıştır (Ercan vd., 1990). Böylece, söz konusu kırıntılı çökellerin yaş aralığı olarak "Orta Miyosen - Pliyosen" kabul edilmiştir (Özkoçak, 1969; Lisenbee, 1971-72). Bazı araştırmacılar ise "Neojen" yaşını daha uygun bulmuştur (Emre, 1986).

Batı ve Kuzeybatı Anadolu'da geniş alanlara yayılan Soma Formasyonunun içindeki kömür seviyelerinde yapılan polen analizleri "Orta Miyosen" yaşı vermiştir.

Birimin üst kesimlerde ise Pliyosen fosillerine rastlanılmıştır (Ercan vd., 1990). Böylece, söz konusu kırıntılı çökellerin yaş aralığı olarak "Orta Miyosen - Pliyosen" kabul edilmiştir. Çevre yolunun birinci bölümündeki arazinin tamamı, Bursa bölgesinde önemli yayılıma sahip Neojen yaşlı bir sedimanter istif tarafından oluşturulmuştur. Bu yöreyle ilgili olarak değişik araştırmacılar tarafından yapılan jeolojik incelemeler (Erk 1942, Genç 1986, Eroskay 1991) sınırlı sayıdadır.

İ. Ketin, Türkiye jeolojisi ve Anadolu'nun tektonik evrimi ile ilgili çalışmalarında Batı Anadolu'nun tektoniği ve jeolojisi kapsamında bursa ve civarını inceleyerek yörede bulunan Uludağ Graniti ile ilgili gözlemlerini aktarmıştır (1985).

S. Dalkılıç vd. (1999) Bursa Nilüfer-Odunluk Alanının yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesine ilişkin çalışmalarında Bursa ve civarında yüzeylenen birimlerin jeolojilerine, bölgenin jeomorfolojisine ve yeraltı su durumu ile heyelan bölgelerine değinerek yöreyi yerleşime uygunluk açısından değerlendirmişlerdir.

N. Abacı vd. (2001) Bursa yöresinin depremselliği ve deprem tarihi incelemelerinde Bölgeyi jeolojik ve jeomorfolojik olarak değerlendirip tarihsel sırasıyla depremleri listelemiştir. bu kapsamda yörede yüzeylenen kayaların stratigrafik dizilimleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında farklı araştırmacılar tarafından yörenin yapısal jeolojisine değinilmiştir.

D.S.İ. tarafından hazırlanan Bursa ve Çayırköy ovalarına ait hidrojeolojik etüt raporunda anılan ovaların jeolojileri hidrojeolojileri incelenmiştir (1973).

M.T.A. tarafından gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda Bursa ve yöresinin 1/100.000 ve 1/500 000 ölçekli jeolojik haritaları hazırlanmıştır.

Proje firması olan Dar Mühendislik tarafından İstanbul – Bursa – Balıkesir – İzmir Otoyolu Bursa Çevre Yolu Kesimi Km 90+900 – Km 109+454.08 arasına ait kesin jeoteknik tasarıma yönelik jeoteknik raporu hazırlanmıştır (1998). Rapor kapsamında otoyol bağlantısının mühendislik jeolojisi ve jeoteknik tasarıma ait değerlendirmeler verilmiştir.

5.2. Bursa' nın Genel Jeolojisi

Bu bölümde, Bursa yöresinin jeolojik istifi tanıtılmıştır. Yörede yer alan birimler yaşlıdan gence doğru incelendiğinde, en altta Paleozoik yaşlı Uludağ Kompleksi, üzerinde Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığını oluşturan Nilüfer Birimi ve Orhanlar Grovağı, bu birimleri Erken Jura-Erken Kretase yaşlı Bayırköy formasyonu ve Bilecik Kireçtaşı uyumsuz olarak üzerler.

Geç Kretase'de Neotetis Okyanusu'nun kapanması sonucu yerleşmiş olan peridotit-serpantinit birimleri, Mesozoyik birimlerin üzerine uyumsuz olarak yerleşmiştir. Oligosen - Miyosen yaşlı Uludağ Graniti Mesozoyik birimlerin tümünü kesmektedir. Eosen yaşlı Topuk Granodiyoriti ise Geç Kretase yaşlı peridotit ve serpantinitlerin bulunduğu Ovacık Melanjıyla kuzeyde de Nilüfer Birimini kesmektedir. Bu birimleri Neojen çökelleri olarak bilinen Yolçatı Formasyonu örtmektedir (Dar Mühendislik, 1998). Jeolojik istifin en üstünde Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozları bulunmaktadır.

Yukarıda stratigrafik dizilimi verilen birimlerin litolojileri, yöre içindeki dağılımı, dokanak ilişkileri, stratigrafik ve petrografik ayrıca yapısal özellikleriyle yaşları aşağıda sırasıyla ele alınmıştır. Birimlerin birbirleriyle olan ilişkileri yer yer tektonik ve diskordanslıdır. Bu birimlere ait stratigrafik kesit Şekil 5.1' de verilmiştir.

5.2.1 Uludağ Kompleksi

Bölgede Paleozoyik yaşlı Uludağ Kompleksi temeli teşkil eder ve geniş alanları kapsamaktadır. Litolojik olarak birimler metamorfik şistler, yüksek derecelerde değişikliğe uğramış gnayslardan, amfibolit ve yassılaştırmış mermerler, yeşil şistler ve kristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşları beyaz-gri renkli bol kırıklı çatlaklıdır. Bursa ovasının güneyindeki birim metamorfik paleozoik şistler, gnays ve mikaşistlerden oluşmaktadır. Bunlar içinde yine ileri derecede metamorfizma geçirmiş mermerler mostra verir. Ovanın doğusunu sınırlayan Paleozoyik yaşlı şistler daha az metamorfizma geçirmiş ve killi şistlerle kuvarsitlerden oluşmaktadır. Bursa ovasının güneyini ve kuzeyini sınırlayan Paleozoyik birimlerde metamorfik şistler veya kuvarsitlerdir (Atalay vd., 1973)

Uludağ masifi bölgede yüzeylenen Kuzey Batı Anadolu'da geniş alanlarda yayılımı olan tektonik dokanaklı, Permo-Triyas yaşlı Nilüfer Birimi ve Orhanlar Grovağını kapsayan Karakaya Kompleksi içinde açılan bir tektonik pencere olarak bölgede görülür. (Okay vd., 1990).

Uludağ masifinin metamorfik olmayan Permiyen yaşlı örtü formasyonları, küçük taneli konglomera, kalker, kumtaşı, şeyl, marn gibi kırıntılı kayalarla; bunların üzerine gelen fosilli kireçtaşlarından oluşmuştur.

5.2.2 Karakaya Karmaşığı

Sakarya zonunda yer alan Karakaya Karmaşığının en alt birimini oluşturan Nilüfer Birimi, Geç Triyas'da yüksek basınç/yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş, yeşil, ince taneli, foliasyonlu ve deformasyonun etkisiyle kıvrımlı özellik kazanmış, çoğunlukla bazik kökenli metatüf ve metabazik kayalar ile daha az oranda metapelitik kuvars-klorit şist, mikaşist, kalkışist, fillat-sleyt, metasilttaşı ve metakarbonatlardan oluşmaktadır. Nilüfer Biriminin üzerinde çalışma alanında yer yer gözlenen ve tektonik dokanakla gelen (Okay vd., 1990) sarımsı-kahverengi, kahvemsî-yeşil renkli, çoğunlukla ufalanmış ve parçalanmış Orhanlar Grovağı bulunur. Orhanlar Grovağı killi matriks içinde kötü boylanmış mafik volkanik ve fillat parçaları içerir.

5.2.2.1. Nilüfer Birimi

Nilüfer Birimi Sakarya Zonunda yer alan Karakaya Karmaşığının en alt birimini oluşturur (Okay vd., 1990). Bursa-Doğancı Barajı Beslenme Alanında Nilüfer Çayı boyunca gözlenen birim, Kuzeybatı Anadolu'nun pek çok yöresinde de geniş yayımlıdır. Bursa'nın güneyinde (Özkoçak, 1969; Lisenbee, 1971,72; Şengör vd., 1988; Okay vd., 1990), Söğüt kuzeyinde (Yılmaz, 1977; Ayaroğlu, 1979; Servais, 1982), Ankara Bölgesi'nde (Akyürek vd., 1984; Koçyiğit, 1989), Tokat Masifi'nde (Blumenthal, 1950; Özcan vd., 1980), Ağvanis Masifi'nde (Okay, 1984a), İznik-İnegöl (Bursa) arasında (Genç, 1993) ve Manyas-Susurluk-Kepsut (Balıkesir) çevresinde (Akyüz, 1995) değişik isimler altında tanımlanmıştır.

Genelde yeşil, koyu yeşil renkli, ince taneli ve foliasyon gösteren yüksek basınç-yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan birim, bazik kökenli metatüf, metasilitik lav, albit-epidot-amfibol şist, sleyt-fillat, metasilttaşı, kalkışist, kuvars-klorit şist, amfibol şist, mikaşist ve metakarbonat litolojilerinden oluşur.

Nilüfer Çayı vadisi boyunca iyi izlenen Nilüfer Biriminin üzerine Orhanlar Grovağı, çalışma alanının batı bölümünde ve tektonik dokanaklı olarak yerleşmiştir. Birim, güneyde ise Üst Kretase kenet kuşağı birimleri ile tektonik dokanaklıdır. Nilüfer Birimi içindeki ince metakarbonat seviyeleri, Kirazlı Beldesi ve güneyinde daha yaygındır.

Birim, güneyde Yörükonağı mevkiinde, Bağlı Köyü, Koyunlاربeleni ve Macarlar Çiftliği mevkiinde Oligo-Miyosen yaşlı granit-granodiyorit birimi ile dokanaklıdır. Aynı birim, Seferişıklar Köyünün kuzeyinde Nilüfer barajının aksına kadar görülen birim peridotit-serpantinitlerle tektonik dokanaklıdır.

Birim içindeki albit-epidot-amfibol şistler, mikaşistler, kalkışist, kuvars-klorit şist ve amfibol şistler düzenli bir dizilim göstermezler. Şistler değişik kalınlıklarda ardalanmaktadır. Mermerler yer yer merceksi şekiller almıştır. Şistler arasında görülen mercek konumlu mermerler birincil ara seviyelerdir ve deformasyon etkisiyle budinaj yapısı kazanmışlardır.

İstifte oldukça sınırlı alanlarda mostra veren sleyt-fillatlar, deformasyonun da etkisi ile mikro ve makro ölçekte sık ve kapalı şekillerde kıvrımlanmışlar ve yer yer şevron tipi (kink) özellik kazanmıştır. Geçiş zonlarında sleytlerden kalkışistlere ve mermerlere geçilmektedir. Bu seriler içerisinde kuvars damarları yaygındır. Şistler yer yer sleyt ve fillatlarla yanıl ve düşey geçişli olarak izlenirler. Metapelitik kayalılarda karbonat oranının artması ile meta-kireçtaşlarına geçilmektedir. Kalkışistlerde gözlenen klorit, beyaz mika, kuvars ve amfiboller nedeniyle kayac bantlı bir görünüm kazanmıştır. Açık-koyu yeşil renk tonlarında gözlenen metatüflerde yapraklanma iyi gelişirken metaspilitik lavlarda seyrek yapraklanma özelliğı belirgindir.

Kalınlığı 3 km den fazla (Okay vd., 1996) olan Nilüfer Biriminin alt dokanak ilişkisi tektoniktir. Birimin üst dokanağı Orhanlar Grovağı ile tektonik dokanaklıdır (Okay vd., 1990).

Söğüt Metabazitinde yer alan blok konumundaki Permo-Triyas yaşlı karbonatların, metamorfizma sırasında içinde bulunduğı kayalılarda birlikte kıvrımlanarak yapısal uyumsuzluk kazandıkları ve inebileceğı alt yaş sınırının Permo-Triyas olabileceğı belirtilmiştir (Yılmaz, 1977, 1979). Nilüfer Biriminin Kozak çevresinde gözlenen üst kesimlerinde yer alan metabazitlerle ardalanmalı karbonat seviyelerinde Orta Triyas veya öncesi yaş veren konodontlar tanımlanmıştır (Kaya ve Mostler, 1992). Nilüfer Biriminin, Liyas kırıntıları ile uyumsuz olarak örtölmesi ve Liyas kırıntılarında metamorfizma etkilerine rastlanmaması, birimin metamorfizma yaşının Geç Triyas olduğunu göstermektedir (Okay ve diğ., 1990, 1996).

Nilüfer Biriminin büyük çoğunluğu derin denizel bir ortamın göstergesi olan volkano-klastik birimlerden (metaspilitik lav, metatüf, metasilttaş, çeşitli şistler, mermer ve kırmızı-kahverengi kalkışistler vb.) oluşmuştur. Birimde metatüflerin varlığı volkanizmanın göstergesidir (Okay ve diğ., 1990).

F A N E R O Z O Y İ K										ÜST ZAMAN
M E S O Z O Y İ K					S E N E Z O Y İ K					ZAMAN
PALEOZOYİK		ERKEN JURA ERKEN KRETASE			GEÇ KRETASE	NEOJEN ORTA MIYOSEN PLİYOSEN		KUVATERNER	DEVİR DEVRE	
ULUDAĞ KOMPLEKSİ		KARAKAYA KARMAŞIĞI NİLÜFER ORHANLAR BİRİMİ GROVAĞI			BAYIRKÖY FORMASYONU	BİLECİK KİREÇTAŞI	OVACIK MELANJİ	YOLÇATI FORMASYONU	ALÜVYON KOLÜVYON	FORMASYON
Pu	Pt1	Pt2	J	JKre	Kre	Ty	Qa	Qc	SEMBOL	
ULUDAĞ GRANİTİ										
> 150	> 3000	> 1000	0 - 500	800	150 - 250	2 - 10	5 - 40			KALINLIK (m)
										LİTOLOJİ
										AÇIKLAMALAR
										Kumlu, çakıllı kil özellikli olup matik, ultramatik, granit kayaç parçaları iç erir.
										İn blok ve çakıllı olup, diğer birimlerden matzemeler almış ve yer yer kum, silt, kil barındırır.
										Taban konglomerası (yer yer tuf ara tabakalı, kaba kum, marm. kil ve silt ardalanmalı).
										Serpentinit, peridotit (koyu yeşil ve genelde harzburgit bileşimi).
										Kireçtaşı, beyaz, krem, açık gri renkli (sert, kırılgan özellikli, yer yer karstik boşluğu).
										Kumtaşı, kıllı sarı kahverengi, kaba dokulu, sert, bazen çakıllı, kötü boyanmış.
										Samsa-kahverengi; kıllı matris içinde kötü boyanmış, köseli kuvars, plaj, matik volkanik ve filit parçaları içerir.
										Yölekak basing / yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş, yeşil, yeşilin tonlarında, ince taneli, foliasyonlu, lehimli, bakli kökenli metaklit, metaspilitik lav, az oranda albit-epidot-amfibol şist, kuvars-klorit şist, kalsijit, amfibol şist, mikasjit, metasiltit, filit-skyt ve meta karbonatlerden oluşur.
										Kristalin şistler, bu şistleri kesen granit, granodiyorit, baltolit. Grays, mikasjit, amfibolit.

Şekil 5.1 Bursa ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.

5.2.2.2. Orhanlar Grovağı

Genelde kahverengi, kahvemsı yeşil renkli, çok parçalanmış, seyrek tabakalanma gösteren ayrıışmış grovaplardan ve bunlarla ardalanmalı mavimsi - gri - koyu gri şeyl ve siltaşlarından oluşan Orhanlar Grovağı istif içinde çok sayıda kireçtaşı blokları ve yer yer yeşil, mor renkli spilit blokları yer almasına rağmen çalışma alanında sadece grovak türünden kayalara rastlanmıştır.

Orhanlar Grovağı, Nilüfer Çayı boyunca, bölgenin batı kesiminde yer yer Uluçam Köyü çevresi ile Dağakça Köyü kuzeydoğusu, Belenler tarlası Sırtı dolayında ve Bağlı Köyü'nün kuzeybatısında Nilüfer Birimi üzerinde tektonik dokanaklıdır (Okay vd., 1990, 1996).

Nilüfer Birimi makaslama tipi gerilmelerden yoğun bir şekilde etkilenmiş olup metamorfizma izlerine rastlanmamaktadır. Kırıntılı matrisin büyük kesiminin taze yüzeyleri kahverengi-kahvemsı yeşil renkli, altere olmuş bölümleri ise sarımsı kahverengi renkli, çoğunlukla ufalanmış ve parçalanmıştır. Genelde birimde tabakalanmanın yaygın değildir.

Orhanlar Grovağı içerisinde yer alan kireçtaşı olistolitlerinden elde edilen fosiller Erken Karbonifer yaşını verir (Okay vd., 1990). Manyas -Susurluk - Kepsut (Balıkesir) çevresinde aynı birim içinde Alt-Üst Permiyen yaşı veren fosiller Permo-Triyas yaşı verir (Akyüz, 1995).

Orhanlar Grovağı, Karakaya Karmaşığında yer alan Nilüfer Biriminin üzerine bindirmeyle yerleşmiştir (Okay vd., 1990-1996). Bölgenin batısında birim Liyas çökelleri (Bayırköy Formasyonu) ile uyumsuz olarak örtülmüştür.

Orhanlar Grovağı, yer yer Nilüfer Birimi'nin üzerinde tektonik dokanaklı olarak durur (Okay ve diğ., 1990). Bayırköy Formasyonu ile Bilecik Kireçtaşı (Erken Jura-Erken Kretase), batıda Dağakça Köyü çevresindeki alanda uyumsuz olarak Orhanlar Grovağını üzerler.

5.2.3. Bayırköy Formasyonu

Bayırköy Formasyonu kirlı sarı-kahve bazen kırmızı-yeşil renkli, kaba dokulu, sert, dayanımlı, yer yer çakıllı ve çoğunlukla kötü boylanmış bir kumtaşı görünümündedir. İstif Karakaya Karmaşığını uyumsuz olarak örtmektedir.

Kumtaşı istifinin tabanındaki konglomera, batıda Dağakça Köyünde oldukça iyi gözlenmektedir. Karakaya Karmaşığı ile olan ilişkisi toprakla örtülü olduğu için net olarak görülememektedir.

Taban konglomerası Karakaya Karmaşığı'ndan türemiş olan kuvars ve granit çakıllarından oluşur. Birim tavanına doğru yeşilimsi, sarımsı, beyazımsı olan çakılların boyu küçülür. Taban konglomerası üzerine dayanımlı ve kötü boylanmış kırmızımsı, yeşil renkli ve bazı yerlerde kirli sarı-kahve renkli kumtaşı gelir. Kapıkaya yamacının bazı kesimlerinde çapraz katmanlanma gösteren ve yüzeyde bozuşmuş olan kumtaşlarının üst seviyelerinde fazla kalın olmayan çamurtaşı ve silttaşı düzeyleri görülür.

Erken Jura yaşlı Bayırköy Formasyonu üzerinde mostra veren siğ denizel kireçtaşları gelir. Bayırköy formasyonunun kalınlığı yer yer 500 m' ye kadar ulaşır. Bilecik Bölgesinde saptanan ammonit faunasına göre Bayırköy formasyonu Orta Liyas yaşındadır (Granit, 1960). Dağakça Köyü'nün yaklaşık 500 m güneyinde Kapıkaya civarında birimin tabanındaki "konglomera-gre-marnlı seri" içinde ve aynı birimin Bursa-Orhaneli şosesine inen yol boyunca yer alan çamurtaşlı seviyelerinde saptanan çeşitli lamellibranche fosilleri Battoniye-Oksfordiye (Üst Jura) yaşı vermektedir (Akkuş, 1963). Taban konglomerası, kumtaşı, silttaşı, marn vb. farklı tipte litolojiler içeren kirli sarı-kahve renkli, dayanımlı, çoğu iyi boylanmış veya çakıllı bir kumtaşı görünümünde olan bu istif Bayırköy kumtaşı olarak adlandırılmaktadır (Eroskay, 1964). Temel üzerinde yer alan kırmızı çamurtaşı ve grovak topluluğu içinde çeşitli ammonit fosilleri saptanarak bu birimin yaşı Pliyensbahiye (Liyas-Alt Jura) olarak değerlendirilmiştir (Altınlı, 1975).

Temel birimlerinin üzerine transgresyonla yerleşen Bayırköy Formasyonuna ait kırıntılı çökelden uyumlu olarak Bilecik Kireçtaşına geçilmektedir. Bölgenin batı kesiminde oldukça sınırlı alanlarda mostra veren ve Bayırköy Formasyonu olarak adlanan kirli sarı-kahverengi, bazen kırmızımsı-yeşil renklerde olabilen; kaba dokulu, sert, bazen çakıllı; çoğunlukla kötü boylanmış kumtaşlarından oluşan birim, Erken Jura yaşlı olup Orhanlar Grovağının üzerinde uyumsuz olarak yerleşmiştir (Granit ve Tintant, 1970; Altınlı ve Saner, 1971; Altınlı ve Yetiş, 1972; Altınlı, 1975, 76, 77; Gürpınar, 1976; Saner, 1978; Genç, 1986; Okay vd., 1990). Bayırköy Formasyonunun üzerinde uyumlu olarak beyaz, krem, açık gri renkli, kırılğan özellikli, Orta Jura-Erken Kretase yaşlı Bilecik Kireçtaşı yerleşmiştir.

5.2.4. Bilecik Kireçtaşı

Bilecik Kireçtaşı olarak adlandırılan birim, altta grimsi, beyaz renkli, kalın tabakalı, fosilli, oolitli, yumrulu veya çakıllı kireçtaşı olarak başlayıp üste doğru 250 m. kalınlıkta, beyaz-pembe renkli, düzgün tabakalı, çok seyrek fosilli, ince kristalli, kırılğan olduğu belirtilmiştir (Eroskay, 1964). Fosilli seviye, birime Kalloviyen-Titoniye yaşı vererek formasyonun düşük enerjili veya az hareketli bir ortamda çökelediğini gösterir. Ancak birim içinde oolit ve intraklastların bulunduğu seviyeler daha yüksek enerjili bir çökme ortamının belirticidir.

Bilecik Kireçtaşı, beslenme havzası içindeki Dağakça Köyü'nün hemen batısından başlayarak daha da batıya doğru uzanır. Birim; beyaz, krem, açık gri renkte, sert, sıkı ve konkoidal kırılmalıdır. Taze yüzeyi açık gri, ayrılmış oksitli yüzeyi ise sarı renkli, orta-kalın tabakalı ve yerel olarak masif görünümlüdür. Pürüzlü, kırıklı çatlaklı, ikincil olarak gelişmiş kil ve kalsit dolgulu olan Bilecik Kireçtaşı, üst kesimlere doğru orta-kalın, seyrek olarak da ince katmanlıdır. Belirgin eklem ve çatlakların yer aldığı bu birimde, yüzeydeki kırık sistemlerine bağlı olarak karstik erime boşlukları gelişmiştir. Karstlaşmaya bağlı olarak yer yer mağaralar ve çukurluklar oluşmuştur. Kırıklar ise ikincil. Genelde mikritik dokuda kireçtaşlarından oluşan kalsit dolgulu Bilecik Kireçtaşı homojen bir karbonat istifidir. Bayırköy Formasyonu ile Bilecik Kireçtaşı arasındaki dokanak uyumludur (Saner, 1989, Yılmaz, 1981a-b ve Genç, 1995). Bilecik Kireçtaşı stratigrafik olarak tavanda Vezirhan Formasyonuna geçmesine rağmen bölgede, üst dokanak ilişkisi ayırt edilemez.

İzmit güney ve güneydoğusunda, Bilecik Kireçtaşları'dan alınan numunelerde fosil örnekleri bulunarak Geç Jura-Erken Kretase yaşı verilmiştir (Genç, 1993). Bilecik Kireçtaşı'nın yaşı Bursa-Bilecik yöresinde Erken Kretase'ye kadar uzanmaktadır. Genel kanı olarak da Orta Jura-Erken Kretase yaşı uygun bulunmaktadır.

Bilecik Kireçtaşının Orta-Geç Jura (Erken Kretase) zaman aralığında çok düşük eğimli bir kıta şelfinde çökelediği ve bu dönemde tipik bir karbonat platformu oluştuğuna işaret edilmektedir (Saner, 1980; Yılmaz, 1981a; Yılmaz vd., 1981, Görür vd., 1983; Altın vd., 1989).

5.2.5. Ovacık Melanji

Bursa Bölgesi'nden geçmekte olan ve Anatolitlerin Tavşanlı Zonundan Pontitler' in Sakarya Zonunu ayıran Tetis Süturunun Sakarya Zonu üzerinde bulunan bölge, Üst Kretase döneminde Neo-Tetis Okyanusunun Sakarya Zonu'nun altına dalması ve bunu izleyen kıta-kıta çarpışması sonucu yerleşmiş peridotit ve serpantinitletilojileri ile temsil edilmektedir. Bu litolojiler ise diğer çalışmalarda "Ovacık Melanji" adı altında incelenmiştir (Lisenbee, 1971, 1972; Servais, 1982; Okay, 1982, 1985, 1986, 1990; Akyüz, 1995).

Geniş alanlarda yayılım gösteren; koyu yeşil renkli, yoğun ve genellikle harzburjit bileşimli peridotitler tektonizma etkisiyle serpantinitle harzburjite dönüşmüşlerdir. Ovacık Melanji, Karakaya Karmaşığının en alt birimini oluşturan Nilüfer Biriminin metamorfik kayalarları üzerinde tektonik dokanaki olarak yerleşmiştir. Birimin Yolçatı formasyonu ile olan üst dokanağı bölgede mostra vermez.

Bursa ve dolayında peridotit-serpantinitletilojilerine karşılık gelen Ovacık Melanjında yapılan yaş tayini çalışmalarda Ovacık Melanji içindeki çört bloklarına "Geç Jura-Erken Kretase" yaşı verdiği görölmektedir (Servais, 1982). Okay (1990)' yın yaptığı çalışmada Ovacık Melanjını oluşturan kayalarların Triyas - Erken Kretase arası yaş verdiği belirtilmiştir. Ovacık melanjinin kuzeydoğuya doğru devamında, çörtlerle ardalanmalı pelajik kireçtaşı içinde Pithonella ovalis fosili bulunmuş ve Ovacık melanjinin oluşturan kayalarların yaşının Senomaniyen-Mastrihtiyen' e kadar çıkartılması mümkün olmuştur (Okay ve Kelley, 1994). Bahsedilen yaş verileri melanji oluşturan kayalarların oluşum yaşlarını vermektedir. Melanjin oluşumu ise daha sonradır. Bu nedenle, burada peridotit-serpantinitletiler için Üst Kretase yaşı uygun bulunmuştur.

5.2.6. Topuk Granodiyoriti : Granodiyorit, Monzonit-Diyoritporfir

Kuzeybatı Anadolu' da Tavşanlı-Sakarya Zonu ile gösterilen bölgede Neotetis Okyanusunun kapanması ve kıta-kıta çarpışmasını izleyen evrede biotit-hornblend granodiyorit, mavişist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan metasedimentlerin içine yerleşmiştir.

Çalışma alanında granodiyorit bileşimli magmatik kayalar, özellikle Seferişıklar Köyü çevresinde geniş alanlarda yayılım göstermekle birlikte Geç Kretase yaşlı peridotit ve serpantinitle birimlerini (Ovacık Melanji) ve kuzeyde de Nilüfer Birimini kesmiş olarak gözlenir.

Bursa civarında granodiyorit, alterasyon sonucu arena görünümündür. Açık gri ve grimsi beyaz renklerde gözlenen bu magmatik sokulum genelde yamaçları az eğimli morfolojik yapılar oluşturmuştur. İçerisinde ince aplit damarları ve anklavlar yaygınca izlenmektedir.

Kontaktlarında yer alan peridotit ve serpantin tütü kayaçlarda kırılmalar, parçalanmalar ve serpantinleşmenin yanı sıra talk ve manyezit oluşumlarına da sıkça rastlanmaktadır.

Topuk Granodiyoriti için 49-52 milyon yıl olarak verilen biotit-Rb-Sr yaşına (Ataman, 1972) kıyasla, 43-64 milyon yıl olarak K-Ar yaşı da verilmiştir (Bingöl vd., 1982). Diğer bir yaş tayini ise granodiyoritin kantağında yer alan hornferitsden alınan iri taneli biotit örneğinin 5 analizi $52,4 \pm 1,4$ milyon yıl olarak saptanmıştır. Topuk Granodiyoritinden alınan 2 hornblend ve 6 biotitin lazer-nokta yöntemiyle tespit edilmiş olan yaşları $47,8 \pm 0,4$ milyon yıl olmuştur (Harris vd., 1994).

Yer yer arena görünümü almış olan granodiyoritte görülen anklavlar (SeferişıklarKöyü Yolu, 1996) çoğunlukla FeS bileşimlidir. Limonitler amfibollerin ayrışması sonucu oluşur. İnce kesitlerde amfibol şekilleri de sıkça görülür. Bazı kayaç örneklerinde baklava dilimi şeklindeki tipik amfibollere yaygın olarak rastlanmaktadır. Epidotlar şekilsiz ve düzensiz dağılmaktadır. Sonuç olarak bu kayaç monzonit-diyoritporfir bileşimindedir.

Biyotit ve plajiyoklazlarda serisitleşme ve kloritleşme yaygındır. Plajiyoklazlar albit ve oligoklaz türünde olup ikizlilik özelliği sunar. Granodiyorit bileşimli bu örnek iri kristallidir.

5.2.7. Uludağ Graniti : Granodiyorit, Granit

Granit ve granodiyorit türünden magmatik kayaçlar, büyük kütleler halinde ve geniş alanlara yayılmış olarak, özellikle beslenme havzasının kuzey batısında ve Soğukpınar Beldesi' nin kuzeyinde dik ve sarp bir topografya görünümü sunar şekilde gözlenirler. Değişik yönlerde çatlak sistemleri içeren bu magmatik kayaçlar yer yer porfirik yapıda bulunmaktadırlar. Zaman zaman anklavlara ve pişme zonlarına da rastlanan kayaç yapısal olarak çoğunlukla sağlam görünümündür. Uludağ Graniti 250 milyon yıl yaşındadır(Abacı,2001).

5.2.8. Yolçatı Formasyonu

Bursa' nın doğusunda Soğukpınar çevresiyle kuzeybatı-güneydoğu uzanımında mostra veren genç karasal çökeller Orta Miyosen - Pliyosen Orta Miyosen - Pliyosen Yolçatı Formasyonu olarak adlandırılmaktadır (Dar Mühendislik, 1998). Geç Kretase yaşlı ultramafik kayalar üzerinde uyumsuz olarak yer alan birim, az eğimli ya da yataya yakın bir tabakalanma durumu sergiler.

Birim, blok ve çakıltaşı şeklindeki bir taban konglomerası üzerinde mafik ve ultramafik kayalar ile granit ve granodiyorit kayaç parçalarını içerir. Bu malzemenin üzerine yer yer tuf ara tabakalı kaba kum ve marn katmanları gelmektedir.

Batı ve Kuzeybatı Anadolu' da geniş alanlara yayılan Yolçatı Formasyonunun içindeki kömür seviyelerinde yapılan polen analizleri, Orta Miyosen yaşı vermiştir. Birimin üst kesimlerinde ise Pliyosen fosillerine rastlanılmıştır (Ercan vd., 1990). Bu nedenlerle söz konusu kırıntılı çökellerin yaş aralığı olarak Orta Miyosen – Pliyosen olarak kabul edilmiştir.

5.2.9. Alüvyon

Akarsu yatakları boyunca yaklaşık 400 m genişliğe kadar ulaşabilen alüvyon ortamı özellikle Nilüfer çayı boyunca ve çayın yan kollarında gözlenir. Alüvyon birimi iri bloklu ve çakıllı olup diğer litolojik birimlerden de bol miktarda malzeme almıştır. Esas olarak mafik, ultramafik birimler ile granit ve granodiyorit köken malzemeleri içeren birimde arada yer yer kalınca kum bantlarıyla ince silt ve kil bantları görülür. Nilüfer çayı vadisinin genişlediği kesimlerde alüvyon ortamın kalınlığında da artma görülür.

5.2.10. Kolüvyon

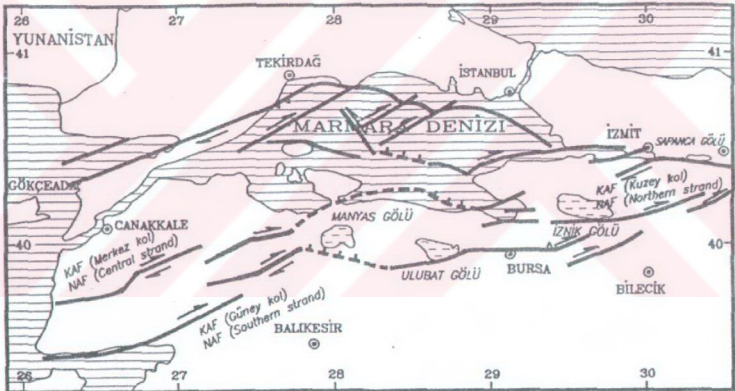
Nilüfer vadisi boyunca yer yer görülen yamaç molozlarına, özellikle Çaybaşı Köyü doğusunda ve Nilüfer Barajı aksı çevresinde rastlanmaktadır. Kumlu, çakıllı, kil özelliğinde olan birim, çakıllı ve bloklu ince yamaç döküntüleri halindedir. Mafik, ultramafik ve granitik kayaç parçaları içeren birimin 9 m derinliğe kadar ulaşan kesimleri bulunmaktadır.

5.3. Yapısal Jeoloji

Bölgesel açıdan inceleme alanı aktif bir sismo-tektonik I.kuşak içinde bulunmakta olup, yapılan tektonik birlik sınıflandırmalarına göre Bursa ile Marmara denizi arasındaki dağlık alan intrapontid kenet zonu olarak tanımlanmıştır (Şengör - Yılmaz 1981). Bölgedeki Paleozoik temel ve Mezozoik yaşlı formasyonların tamamı başlıca iki büyük yapısal deformasyon evresine maruz kalmıştır.

İlk deformasyon evresinde, pontidlerle - orta Sakarya kıtasının Geç Kretasede çarpışması sonucu ve onu izleyen evredeki K - G yönlü sıkışma rejimi altında kıvrımlı, bindirmeli, ve yer yer metamorfik özellikteki bir yapısal kuşak oluşmuştur.

İkinci deformasyon evresinde ise, Bursa ovasından geçen Kuzey Anadolu Fayı (Orta - Üst Miyosen) güney koluna ait doğrultu atımlar ve makaslama fayları önemli yatay ve düşey atımlara neden olmuştur. İnceleme alanının diri fay haritası Şekil 5.2 ' de verilmiştir.



Şekil 5.2 Marmara Bölgesinin diri fay haritası.(Mc Kenzie,1978; Barka ve Kadinsky-Cade,1988; Wong,1990)

Bursa Çevre Yolu'nun birinci kesimindeki Neojen ise, intrapontid zonunun güney kenarında bulunmakta olup, KAF sistemine ait morfolojik çizgisellikler içermektedir. Ayrıca bu birim Bursa ovası alüvyonlarının yan ve alt temellerini oluşturmaktadır.

Tektonik açıdan ileri derecede deformasyonlara maruz kalmamış olan bu genç çökeller, Pliyosen sonrası bölgesel yükselimden kaynaklanan eğimli tabakalanma ve küçük ölçekli faylar mevcuttur.

Genel tabakalanma yatay veya 5-25 derece arasında Güney-Güneydoğu yönündedir. Büyük ölçekli fay hatları içermeyen bu birim tabandaki Oligosen yaşlı sedimentleri diskordanslı olarak üzerlemektedir.

Neojen öncesinden başlayan tektonik hareketler neojen sonrasında da etkinliğini korumuş ve bunun sonucu olarak büyük tektonik hatlar meydana gelmiştir. Bu hatlar kuzeydoğu-Güneybatı doğrultulu yapısal elemanlarla kontrol edilmiş, tüm kıvrım ve kırıklar bu yönde gelişmiştir. Uluabat Gölü güneyinden geçen kuzeydoğu-kuzeybatı uzanımlı büyük bir fay hattı, neojen sonrası Alt kuvaternerde de devam eden bir aktivite sonucu meydana gelmiştir.

Uluabat gölünün oluşmasını sağlayan bu tektonik hareketler hala aktiftir. Hareket yönü güneydoğudan kuzeybatıya doğru olup fay diklikleri ortalama 30 derecedir.

Bursa ovası kalın alüvyon birikintileriyle kaplı tektonik çukurluktur. Eski bir deniz körfezi olarak gösterilen ova, tektonik hareketlerle, doğuda Yenişehir ve İnégöl havzasından, batıda ise Uluabat gölünden ayrılmıştır. Çöküntü, ovanın güney ve kuzeyinde oluşan iki büyük fay sistemi boyunca olmuştur (Şekil 5.2).

Uludağ Masifi'nin kuzey eteklerindeki ovaya eğimli mermer ve yarı mermerler ile bunun üzerinde uyumsuz olarak bulunan kolüvyon ve eski alüvyon taraçaları yeraltı suyu beslenmesi yönünden yardımcı rol oynar. Tektonik hareketlerle gelişen formasyonların kırık ve çatlak sistemi de, yeraltı suyunu beslemektedir.

5.4. Hidrojeoloji

İnceleme alanında görülen alüvyonal çökeller düşük geçirimli - geçirimli olup, proje firması tarafından yaptırılan sondajlarda statik yeraltı su seviyeleri 2 ile 10m arasında değişir. Bölgesel nitelikte yapılan derin sondaj kuyularında, kum, siltli kil - kil - çakıltı kum mercekleri içeren birimlerde yeraltı su verimi 1-3.5 lt/sn arasındadır.

Bursa Ovası ve Çayırköy Ovasında , paleozoik mermerler kireçtaşları, jura kireçtaşları, Neojen kırıntıları, kolüvyon, çakıl, travertenler, alüvyon ve konileri su taşıyan jeolojik birimlerdir. Ovaların kenar bölgeleri dışında geniş alanda bulunan kalın kil, alttaki alüvyon ve Neojene ait akiferler basınçlıdır. Ova ortasında çok sayıda akar artezyen bulunmaktadır. Yeraltı suyu akımı batıya doğrudur (Ünlü, 1990, s.1).

Neojen yaşı kil - marn - silt - kum ardalanmalarından oluşan litolojik birimler, düşük su taşıma kapasitesine sahip olup, geçirimli ve çatlaklı seviyeler boyunca pek çok asılı su seviyeleri içerir. Güney - güneydoğuya bakan şev yüzeylerinde ve şevlerin topuk kesimlerinde kuzey yöndeki beslenme nedeniyle yeraltı su sızıntıları mevcuttur. Birim içerisindeki kumlu seviyelerin geçirimsizliği yaklaşık olarak $10^{-3} - 10^{-5}$ cm/sn ölçülmüştür (Dar Müh, Kin Proje Jeoteknik Raporu, 1999). Geçirimsiz marnlı - killi seviyeler ise $10^{-5} - 10^{-8}$ cm/sn arası geçirimsizliğe sahiptir.

Güney Marmara bölümünün güneyinde $40^{\circ}30'$ enlem ve $27^{\circ}30' - 29^{\circ}40'$ boylamları arasında kalan alanda su ile örtülü kesim üzerinde inceleme yapılmıştır (Maktav, 1985, s.37-42). Su ile örtülü alanlar bu bölgenin yaklaşık %30'unu kaplamaktadır.

Ulubat Gölü'nün güney ve batı kesimlerinde, sığ ve bataklık bölgeler belirlenmiştir.

6. Bursa Otoyolu km 106 Yarma Şevlerinin Mühendislik Jeolojisi, Jeomekanik Özellikleri ve Jeoteknik Değerlendirmesi

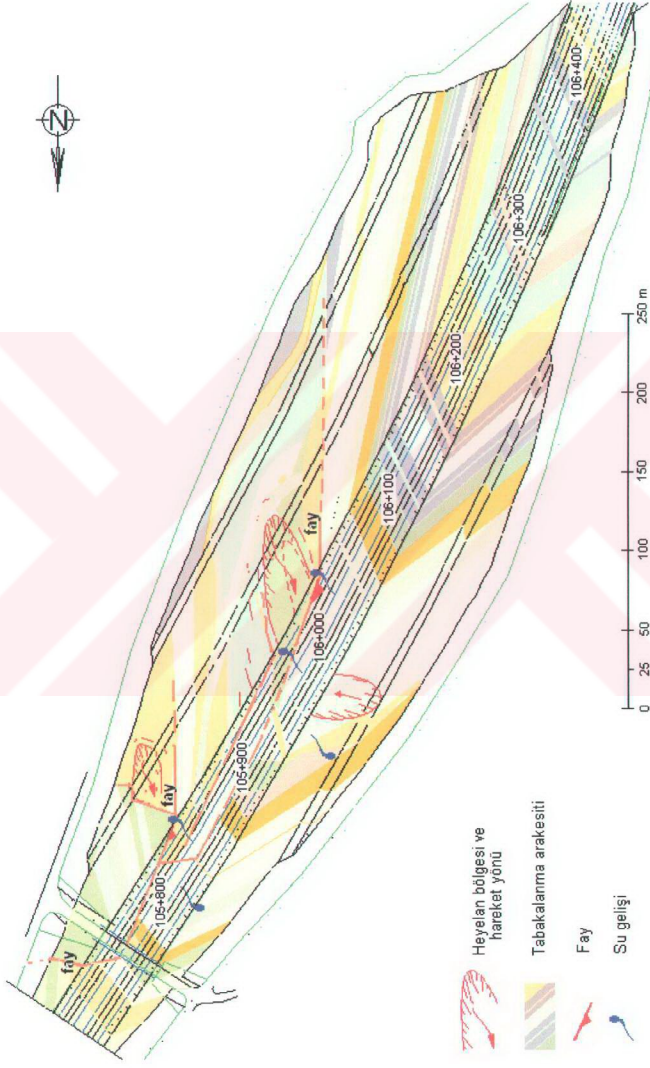
6.1. Giriş

Yapımı Gülsan İnş. A.Ş. tarafından sürdürülmekte olan İstanbul – Bursa – Balıkesir - İzmir Otoyolunun Bursa Çevreyolu kesimi – km106 yarmasında bozulmaları ve yüzeyel kaymalar oluşmuştur. Daha araştırma ve projelendirme aşamasında duraylık ve kazı malzemesinin dolguda kullanılabilirliği açısından sorunları bilinen ve çoğunlukla hassas kil ve marn seviyelerinden oluşan bu bölgede oluşturulan sandık yarma şevleri incelenmiştir. Km 106 yarma şevlerinde zaman içinde gelişen duraysızlıkların jeolojik ortam ile ilişkileri, yarmanın mühendislik jeolojisi, jeomekanik özellikleri, jeoteknik değerlendirme yapılmış ve şevlerin kalıcı stabilitesini sağlamaya yönelik yapılan proje ve çalışmalara yer verilmiştir.

6.2. Mühendislik Jeolojisi, Jeomekanik ve Jeoteknik Değerlendirme

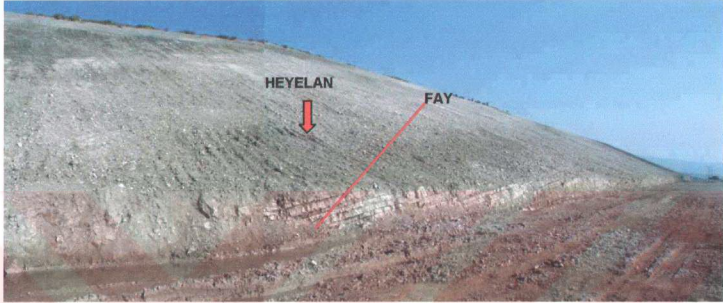
Bursa Çevreyolu – km 106 yarması içerisinde kalan şevlerin geometrisi; 3:1 (yatay:düşey) eğimli, 10 ar metre yüksekliğindeki şevler ve 5 m genişliğindeki palyelerden oluşmaktadır. Yarmada en yüksek yer 32 m' dir.

KGM tarafından yaptırılan "İstanbul-Bursa-Balıkesir-İzmir Otoyolu, Bursa Çevre Yolu Kesimi Kesin Proje Jeoteknik Raporu"nda BH-1/18 ve BH-1/19 (km 105+900 sol ve km 106+250 sağ) daki sondalarda kilaşı- silttaşı marn ar dalanması şeklinde adlandırılan birimlere girilmiştir (EK B). Yolçatı Formasyonu olarak isimlendirilen Neojen birimlerden oluşan bu formasyon; üstte siltli kil, siltli kum-marn, alta ise kilaşı-silttaşı, çamurtaşı- kireçtaşı-kumtaşı ve konglomera ar dalanmalarından oluşmaktadır. Bu sondajlarda sırasıyla 13.30 ve 4.50 m lerde yeraltı suyuna girilmiştir. Ayrıca Kesin Proje Jeoteknik Raporu' nda AÇ-1/22 ve AÇ-1/23 (km 106+000 sol ve km 106+200 sağ) olmak üzere iki adet araştırma çukuru açılmıştır (EK C). Km 104+600 – 106+450 arasında yapılan sondalar ve araştırma çukurlarının bulguları, EK B –EK C de verilmiştir.



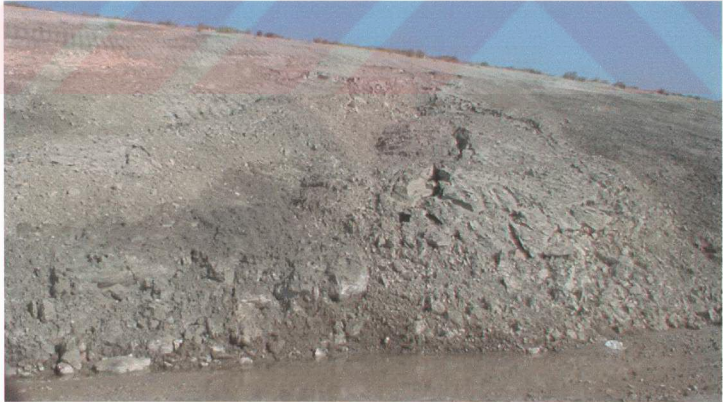
Şekil 6.1 Heyelanlı kesimlerin yapısal (tabakalaşma ve faylanma) etmenlerle ilişkisi (VARDAR, 1999) .

Şev yüzeyleri incelendiğinde yolun her iki tarafındaki birimlerin çok ayrıışmış, genelde zayıf ve çok zayıf dayanımlı ve sık-çok sık çatlaklı oldukları görülmektedir. Bu bölgede bulunan marn ince tabakalı, silttaşı, kiltası ara tabakalı (5-10cm kalınlıklarda) üst düzeyler ayrıışma nedeniyle zemin-kaya özellikli, düzensiz düzlemsel yüzölçü, az kil sıvalı ve eklemli yapıdadır. Tabakalanmalar değişik litolojide, çimentolu, yer yer zemin-kaya özellikli, düzensiz düzlemsel yüzölçü, kil dolgulu, eklemli bir yapıdadır.



Şekil 6.2 Heyelanın oluştuğu Doğu Yarmasına kuzeyden bakış.

Egemen litoloji killi siltli ince kumdur. Kil ve killi siltler genel olarak plastik ve yarı-plastik sedimanter kayaların farklı oranlardaki ayrıışma ürünü olarak oluşmaktadırlar. Kum ölçeğindeki malzemeler yer yer % 50'yi aşan oranlardadır...

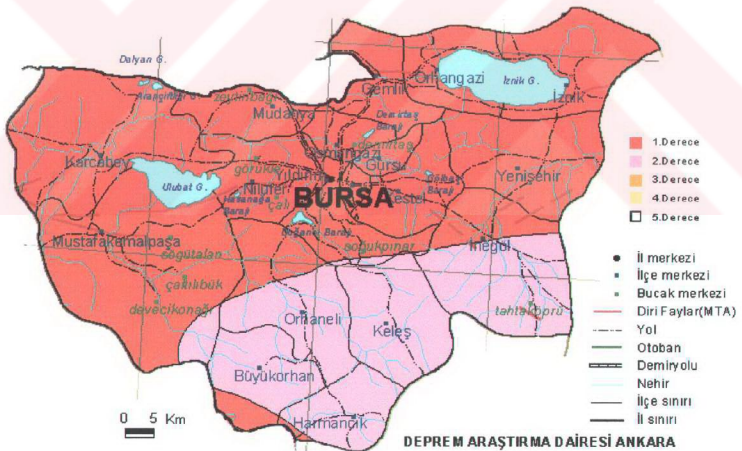


Şekil 6.3 Heyelanlı kesimdeki kayan malzeme ve kabarma bölgesi altından su gelişine bağlı göllenme.

İnce kumların arasında yüksek plastisiteli killer ve marnlar yer almakta ve bunlar yukarıda belirtilen fay, kırık ve kayma yüzeylerin yanı sıra, su birikimini ve akışını yönlendirmektedir. Bu suyun varlığını, yeşilimsi yüksek plastik kil dokanaklarından sızan su gelişleriyle kanıtlanmıştır. Heyelanı batıda bir kırık-fay, eski bir kayma zonu sınırlamaktadır (Şekil 6.1).

Zemin niteliğindeki arakatmanlar genelde kumlu-silt'ten (CH) oluşmuştur. Tabakaların kayma düzlemine paralel olmaması burada tabaka kaymasının bulunmadığını göstermektedir. Tabaka yönelimleri ve ondülasyona bağlı olarak bu bölgede, şev gerisinde boşluk suyu basıncını oluşturabilecek yeraltı suyu birikmektedir.

Şevlerde tabakalar genelde K-B doğrultulu olup, KD 10-20° eğimlidir. Özellikle yüksek plastisiteli killerin bu fay ve kayma düzlemleriyle kesiştiği bölgelerde bu yapısal ilişkinin yönlendirdiği su gelişi-akıntıları görülmüştür (Şekil 6.2 – 6.3). Şev tabanında akışa geçen 1,5 l/s'nin üzerinde su gelişi ölçülmüştür. Çalışılan bölge 1. derece deprem bölgesi içersinde kalmaktadır ve 1.derece deprem bölgelerinde yatay yer ivmesi deprem yönetmeliğine göre 0.4g alınmaktadır (Şekil 6.4).

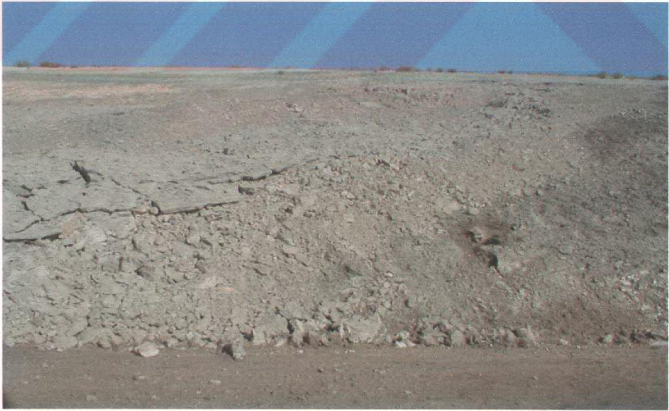


Şekil 6.4 Bursa'nın depremsellik haritası.

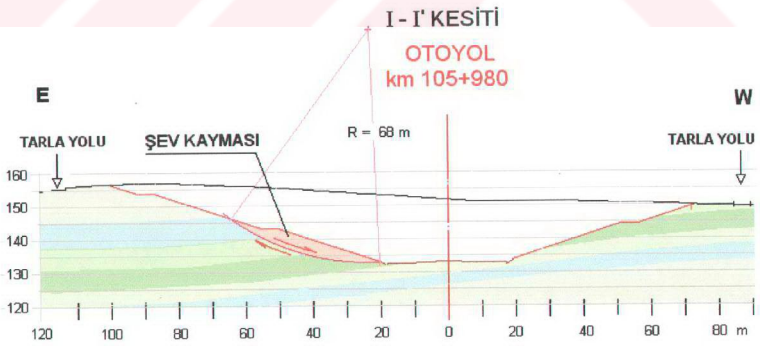
Kazı sırası ve sonrasında gözlemlenen duraysızlıkların yeraltı suyuna ve kazı sonrasındaki gerilme boşalmalarına bağlı olduğu anlaşılmıştır. Toplamda km 106 yarmasında 1.080.241 m³ kazı yapılmıştır. Kazı sırasında ve hemen sonrasında kiltaş ve silttaş niteliğinde olan bu kayaların üzerlerindeki yükün kalkmasına ve meteorolojik koşullara bağlı olarak kazı sonrasında ve zamanla ufalanarak kile ve silte dönüştüğü tespit edilmiştir. Konsolidasyon yükünün kalkmasına bağlı gerilme boşalmaları da çatlaklanma ve gevşemelere neden olarak stabiliteyi zamanla bozmaktadır (Şekil 6.5 – Şekil 6.6).



Şekil 6.5 Heyelanlı kesim taç bölgesi – 1. palye içinde ilerleyen çekme ve kesme çatlakları.



Şekil 6.6 Heyelanlı kesim – şişen killi siltler üzerinde kayarak sürüklenen killi marn katmanı ve sağda tabaka yönelimine uygun şekilde yayılan, su gelişine bağlı daha koyu renkli ıslak zon.



Şekil 6.7 Plan ve kesitte heyelanlı kesim(VARDAR-CANTİMUR, 2001)

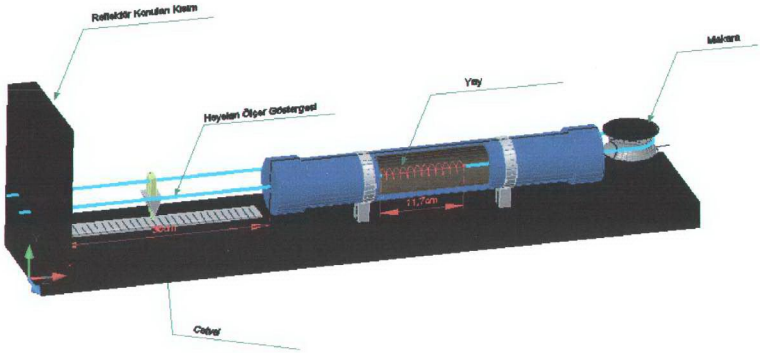
Taban (alt) ŧevi bütünüyle kesen ve orta ŧevin ilk 6 metresine kadar etkili olan duraysızlık, kaŧık ŧeklinde geliŧen ve zamanla ilerleyen tipik bir heyelan (Dönel Kayma) ŧeklinde-dir(ŧekil 6.7).

Heyelanın zamanla nasıl ilerlediğini izlemek amacıyla çevre koŧullarının etkisini minimize edecek ŧekilde heyelan ölçüm aygıtı geliŧtirilmiŧtir. Geliŧtirilen bu aygıt mekanik prensiplere dayanır. Heyelan ölçer adını verdiğimiz bu aygıttan okunan değerler, aygıtta yerleŧtirilen bir çıkmaya reflektör yerleŧtirilmek suretiyle elektronik prensiple çalışan ve X, Y, Z koordinat sistemini kullanan topoğrafik ölçümlerle de izleme süresince desteklenmiŧtir.



ŧekil 6.8 Heyelan ölçer.

Heyelan ölçer palıye ve ŧev diplerine konmuŧ sonrasında makara ve izole edilmiŧ ağırlığı önemslenmeyecek çelik tel aracılığıyla yine çevre etmenlerinden etkilenmeyecek ŧekilde PVC boruların içine konan bir yaya her iki ucundan bađlanmıŧtır. Tel üzerindeki klips ve aparat üzerindeki cetvel yardımıyla her gün düzenli ölçümler alınmıŧtır (ŧekil 6.8 – ŧekil 6.9). Ölçümlere 26.11.2001 tarihinde baŧlanmıŧ ve 15.01.2002 tarihine kadar düzenli ŧekilde okumalar yapılmıŧ bu okumalar topoğrafik ölçümlerle de desteklenmiŧtir. Bu ölçümler Çizelge 1' de grafiksel olarak gösterilmiŧtir.



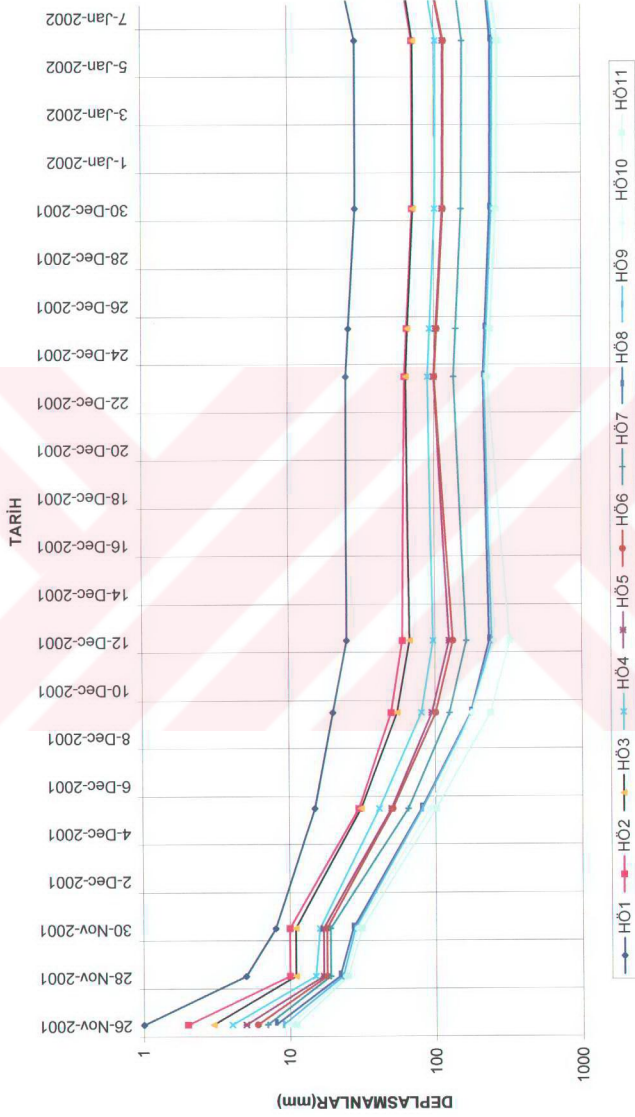
Şekil 6.9 Heyelan ölçer düzeneği.

Çizelge 1 de km:104+400 – 105+370 arasında heyelan başlangıçta hızlanarak ilerlemektedir. Hareket 26.11.2001-12.08.2001 tarihleri arasında $X_{ort}=15$ cm dir. Bu tarihler arasında $V_{ort}=1$ cm / gün dür. Heyelan 12.08.2001 tarihinden itibaren sabit hızla ilerleyerek devam etmiştir. Bu tarih aralığında $V_{ort}=2$ cm / gün sabit hızıyla devam etmiştir. Ölçümlerin kış döneminde yapılmış ve ölçünün alındığı gün ve hava koşulları ayrıca not edilmiştir. Yeraltı su seviyesinin kış döneminde yükselmesi heyelanı tetikleyen en büyük etmenlerden biridir(Şekil 6.10). Heyelanın olduğu km:104+360 – 105+400 arasında kalan yarmada mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmış ve duraylılık stabilite analizleri yapılmıştır. Sonuçları EK - A verilmiştir.



Şekil 6.10 Heyelanın olduğu km:104+360–105+400 arası yarma.

KM:104+400 - 105+370 YARMA KESİMİ ŞEV DENETİM OKUMALARI



Tablo 1. Bursa Otoyolunda kurulan ölçüm ağılarından elde edilen sonuçlara göre Heyelan - Zaman ilişkisi.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

- I. Şevlerin yeniden ve daha düşük açıyla düzenlenerek kalıcı stabilitenin sağlanması artan kazı hacimleri ve istismak sorunları dikkate alındığında önerilen çözümler arasına alınmamıştır.
- II. Bu durumda yapılacak olan yüzey drenajı, sızmanın denetlenmesi, mekanik içsel parametreleri (ϕ ve c) yüksek olan destekleyici dolguların kullanılması ve nihayet kinematik serbestliği sınırlandırıcı geometrilerin seçimi ile çözüm getirilmesidir.
- III. Bu amaçla km 105+560 – 106+460 arasında kalan yarma şevlerinin mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmıştır. Hazırlanan harita üzerinden jeolojik açıdan en kritik olan (km 105+980) kesimden en kesit alınarak jeolojik birimler ve su durumu en kesit üzerine işlenmiştir. Yapılan bu işlemler gerçek kot ve koordinatlar kullanılarak Slope adlı hesap programına aktarılmıştır. Geri analiz yapılarak, üzerinden konsolidasyon yükünün kalkması ve su gelişle heyelan eden zeminin içsel parametreleri (c , ϕ) hesaplanmıştır. Bulunan mekanik parametreler kullanılarak destekleme yapısı için tasarım aşamasına geçilmiş ve uygulama projesi hazırlanmıştır.
- IV. Yüzeyde biriken ve içlere sızan suların ortamdan uzaklaştırılması, ayrıca duraylılığın sağlanabilmesi için gerekli hesaplar ve uygulamaya ait resimler EK A1-A2-A3 de verilmiştir. Kalıcı duraylılığın sağlanmasına ilişkin uygulama projesinde EKE1-E2-E3 verilmiştir.

7.1. Önlem Bölgesi

7.1.1. Aktif Heyelanlı Kesim

- V. Km 105+820 ila 106+040 arasında km artımına göre sol yarma alt şevlerinde iki adet sağ yarma şevinin alt kesimlerinde bir adet heyelan gözlenmektedir. Bu heyelanlar hazırlanan mühendislik jeolojisi haritasında gösterilmiştir (EK D). Bu kesimde istif faylarla örselenmiş ve tektonik kuvvetlerle kıvrımlanmış olup düzensiz tabakalanma göstermektedir.

Egemen litoloji killi siltli ince kumdur. Bu birim yer yer suya doygun ve su muhtevası arttıkça zayıflamaktadır.

VI. Suya doygun ince kumların arasında ince katmanlar şeklinde yüksek plastisiteli killer ve marnlar yer almaktadır. Şev tabanından akışa geçecek kadar su gelişi bulunmaktadır. Bu kesimdeki alt şev heyelan etmiş, duraysızlıklar 1. palyeyi içine alacak şekilde gelişmiş ve orta şev topuğunda da kopmalar başlamıştır. Bu nedenle öncelikle alt kademedeki harekete geçen malzemenin sürtünmesi yüksek, drenajı kolay taş-kaya dolgu (5-100 kg) ile değiştirilmesi gerekmektedir. Drenajda kullanılacak dren borularının tıkanmaması ve sürtünmenin artırılması amacıyla jeotekstil malzemesinin kullanımı uygun olacaktır.

VII. Palye ve orta kademe ise payanda-kemer şeklinde çalışan yüksek sürtünmeli bir ağırlık ve drenaj dolgusu ile denetim altına alınmalı, yükler alt şev kaplamasına aktarılmalıdır.

Henüz harekete geçmemiş olan üst kademenin ise dikine çalışan drenaj kanal dolguları ile kontrol edilmelidir. Ayrıca şev topuğunda bir duvar ya da ağırlık yapısı şeklinde yerleştirilen bir dolgu stabiliteyi arttıracaktır.

VIII. Yol altındaki su nedeniyle oluşabilecek oturma-şişme olaylarının kontrolünün sağlanması için yolu enine geçen taş dren kanalların (en x derinlik) 3 x 2 oluşturulması ve bunların üzerinde 50 cm lik bir taş dolgu ile homojenleştirici örtü yerleştirilmesi uygun olacaktır.

IX. Alt kademedeki malzemenin sürtünmesi yüksek, drenajı kolay taş-kaya dolgu (5-100 kg) dan oluşan bir topuk ile desteklenmesi gerekmektedir.

X. 1. Palye ve orta kademe ise dikine ve çapraz kanallardan oluşan bir drenaj sistemi ile denetim altına alınmalı, yükler alt şev topuğuna aktarılmalıdır. Üst kademe ise çapraz ya da dikine çalışan payanda-kemer şeklindeki drenaj kanal dolguları ile kontrol edilmelidir.

XI. Kanalların içleri kaya-taş dolgu ve derecelendirilmiş kaba filtre malzemesi ile doldurulmuş ve drenlere ϕ 150 dren borularının yerleştirilmesi öngörülmüştür.

XII. Böylece bu kanallarla yüzey sularının toplanarak ana boruya ulaştırılması, ana borudan da şev topuğundaki enine toplayıcı kanallar ile civardaki yakın deşarja aktarılması hedeflenmiştir.

Otoyol tabanının 10 ar metre aralıklarla açılan enine kanallarla drene edilmesi gerekmektedir. Kanal kesitleri (en x derinlik) 3 x 2 olacak şekilde seçilmelidir.

7.1.2. Potansiyel Heyelanlı Kesim (Heyelana Yatkın)

- XIII. Bu kesimin genelinde tabakalar K10°B doğrultusunda yer almaktadır. İstif 0°-10° arasında değişen eğimlerle Kuzey Doğu yönüne dalmaktadır. Burada egemen litoloji killi siltli ince kumdur. Bu birim yer yer suya doygun ve su muhtevası arttıkça zayıflamaktadır. Şev yüzeylerinde su sızmaları gözlenmektedir.
- XIV. Km 105+920 – 105+860 arasındaki km artımına göre sağ yarma şevlerinde su gelişi ile birlikte akmalar oluşmuştur. Bu kesimdeki yarma şevlerindeki su gelişi 1.5 lt / sn dir. Suların uzaklaştırılması için şevlere jeotekstil sargılı borular (φ 100), yatay drenler yapılarak sular drenaj kanallarına alınmalıdır.
- XV. Alt kademedeki malzemenin sürtünmesi yüksek, drenajı kolay taş-kaya dolgu (5-100 kg) dan oluşan bir topuk ile desteklenmesi gerekmektedir.

7.1.3. Heyelan Olasılıklı Kesim (Zamana bağlı duraysızlıklar)

- XVI. Düzenli tabakalanmış marn ve kil istifin kalınlığı yaklaşık 90 metredir. Tabakalar kesimin genelinde K10°B doğrultusunda yer almaktadır. İstif 0°-10° arasında değişen eğimlerle Kuzey Doğu yönüne dalmaktadır.

İstif altta İnce tabakalı beyaz marn , gri kil ve killi siltli kum ardalanmasıyla başlamakta orta seviyelerde gri kil egemen olmaktadır. İstifin üst seviyelerinde ise beyaz marnların egemen olduğu ardalanma gözlenmektedir. Yer yer üst seviyelerde killi siltli ince kum düzeylerine de rastlanmaktadır. Bu kesimin yüzeyi tamamen kuru olmakla beraber tabakaların konumu nedeniyle heyelanlı kesimlere suyu taşımakta ve kumlu-siltli katmanları beslemektedir. Buradaki ana hedef, suyun yeraltına sızmasını kontrol altına almak ve bölgeden uzaklaştırmaktır. Dolayısıyla burada düşey dren kanalları yeterli olacaktır.

- XVII. Alt şev topoğrafyasının ilk 10 m sinin kaya dolgu topuk ile desteklenmesi kalıcı stabilitenin sağlanmasına yardımcı olacaktır.

Otoyol tabanının enine kanallarla drene edilmesi gerekmemektedir. Ayrıca 50 cm lik taş örtünün yol temeli altına yerleştirilmesi yararlı olacaktır.

7.1.4. Yüzeysel Sökülmeli Kesim

XVIII. Bu kesimde istif beyaz marn, gri kil ve killi siltli kum ardalanmasından oluşmaktadır. Tabakalar kesimin genelinde K10°B doğrultusunda yer almaktadır. İstif 0°-10° arasında değişen eğimlerle Kuzey Doğu yönüne dalmaktadır.

Bu kesimde de yüzeyde su gözlenmemiştir. Ancak alt şev topuğunun drenaj ve diğer kesimlerin devamını oluşturacak şekilde taş-kaya dolgusu ile desteklenmesi gereklidir.

XIX. Özellikle yol kenarındaki hareketlerin durdurulması ve dökülmelere karşı emniyetin sağlanması için taban şevi önünde diğer bir alternatif olarak destekleme duvarı önerilmiştir. Bu işlemler sırasında ve en kısa sürede yüzey sularının erozyonunu engellemek ve yüzey sularının aşağıya sızmasını denetlemek için şevlerin yeşillendirilmesi de alınacak önlemler arasında düşünülmelidir.

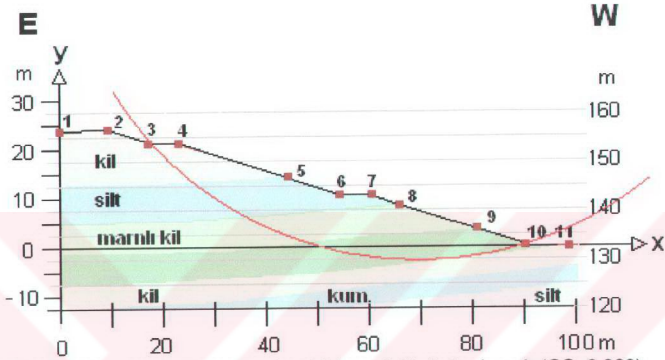
KAYNAKLAR

1. ABACI, N., (2001), Bursa Yöresi'nin Depremselliği ve Deprem Tarihi, Uludağ Üniversitesi Rektörlüğü, Bursa.
2. ATALAY, E., ALTUĞ, A., (1973), Bursa ve Çayırköy Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu, Ankara.
3. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, KGM 14. Bölge Kesin Proje Jeoteknik Raporu, (1998), Ankara.
4. BİNGÖL, E., AKYÜREK, B., KORKMAZER, B., (1973), Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri, Cumhuriyetin 50. yılı yerbilimleri Kongresi, Tebliğler, 70-76, İstanbul.
5. BOYDAŞ, M., (1993), Efektif gerilmelerle şev stabilitesi analizi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
6. BROMHEAD, N., (1986), The Stability of Slopes.
7. BUDHU, M., (2000), Soil Mechanics&Foundation, Chapter 10..
8. DALGIÇ, S., TURGUT, M., (1998), Bursa Nilüfer-Odunluk alanının yerleşim amaçlı jeoteknik etüt raporu, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Döner Sermaye Müdürlüğü, Proje No:17/98, s.63, İstanbul.
9. KETİN, İ., (1984), Türkiye'nin Bindirmeli-Naplı Yapısında Yeni Gelişmeler ve Bir Örnek:Uludağ Masifi, Türkiye Jeoloji Kurumu, KETİN SEMPOZYUMU 20-21 Şubat, ANKARA
10. LAMBE, W., WHITMAN, R., (1969), Soil Mechanics, Part IV.
11. OKAY, A., HARRIS, N., KELLEY, S., (1996), Exhumation of blueschists along a Tehtyan suture in northwest Turkey, Tectonophysics International Journal of Geotectonics and the Geology and Physics of Interior of the Earth, no 285(1998)275 – 299.
12. THOMAS, E., (1995), The thermal springs of the Armutlu peninsula (NW TURKEY) and their relationship to geology and tectonic.
13. Question di geotechnica, Eurocodice Ec7 per L'ingegneria geotecnica, (1988).
14. VARDAR, M., (1987), Kaya Şevlerinin Projelendirme Esasları , DSİ Dayanma Yapıları Sem., Cilt 2 Konu 24. 1-25, Samsun.
15. VARDAR, M., 1987. Kaya Şevlerinin Hesaplanmasında Başlıca Yöntemler DSİ Dayanma Yapıları Semineri ., Cilt 2, Konu 25. 1-26, Samsun.

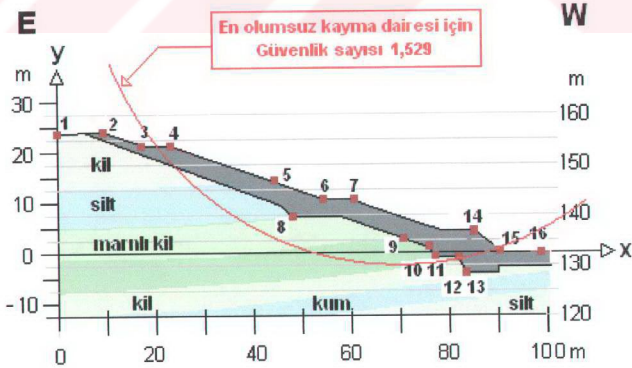
16. VARDAR, M. ERDOĞAN M., 1987, Geçiş Kayaçlarında Stabilité Sorunları, DSI Dayanma Yapıları Semineri ., Cilt 2, Konu 32. 1-12
17. VARDAR, M., 1987. Heyelanların Önceden Kestirilmesi, Müh.Jeo. Türk Milli Komitesi Bülteni , 9, 25-28.
18. VARDAR, M., (1999), Jeomekanik Ders Notları, Heyelanlar 1,2,3, İstanbul.



EK-A1. Km 106 Yarmasında Yapılan Stabilité Hesapları



Şekil A1-1. Güvenlik sayısı 1 olacak şekilde geri dönüşüm hesabı (GS=0,989). (Deprem yükü 0.2g)



Şekil A1-2. Topuk dolgulu , ve drenajlı koşullarda (imalat sonrası) analizi. (Topuk yüksekliği yol üst kotundan 4 m yukarıda olan 3/2 eğimli kaya dolgu şevi için) (Deprem yükü 0.2g)

EK-A2. Km 106 Yarmasında Yapılan Stabilite Çalışmaları



Şekil A2-1. Km 105+760 – 105+900 arasında taş topuk duvarı kazısı tamamlanan ve drenaj kazısı devam etmekte olan anın görünüşü.



Şekil A2-2. Km 105+560 – 105+760 arasında drenaj kazısı çalışmalarından görünüş.



Şekil A2 – 3. Taş topuk yapısı, yer altı drenaj işlemi , taş drenlerin altına serilen jeotekstil malzemesi serimini gösteren kesitten görünüş.



Şekil A2 – 4. Yer altı drenaj işlemi tamamlanmış, taş drenlerin altına serilen, jeotekstil ve drenaj malzemesi serilmiş taş topuk yapısı imal edilmiş kesitten görünüş.



Şekil A2-5. Anayol gövdesi, taş topuk, düşey drenler ve yatay su drenlerinin imalatı.



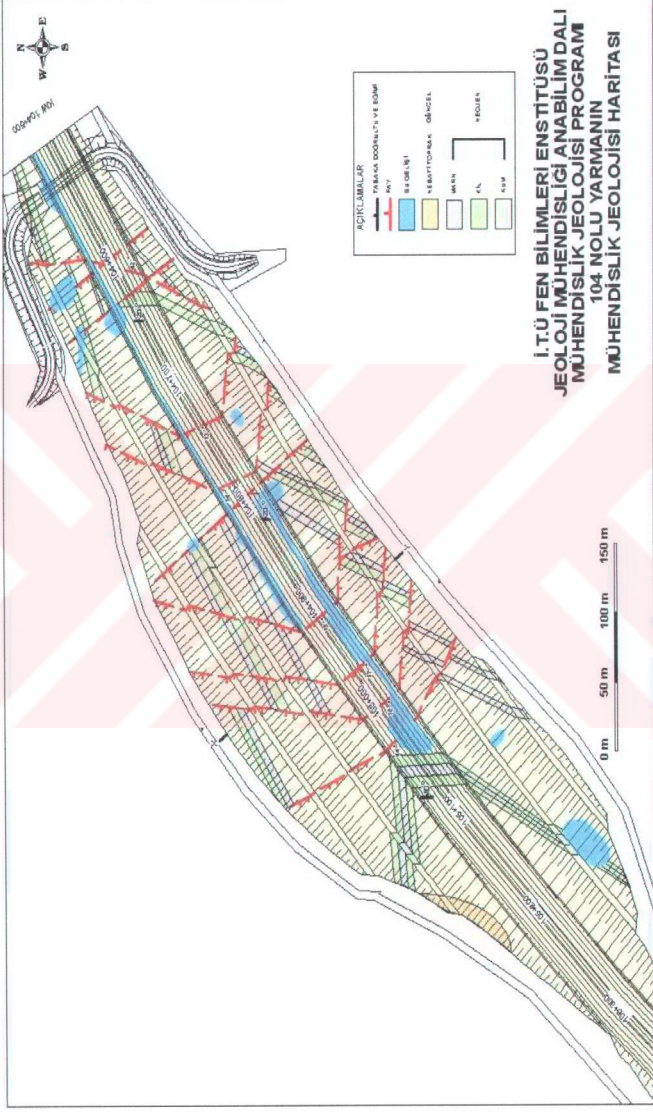
Şekil A2-6. Yatay su drenleri yapılmış jeotekstil sargılı boruların görünüşü.



Şekil A2-7. Km 106 yarmasında peyzaj çalışmalarının km artımına göre soldan görünümü.

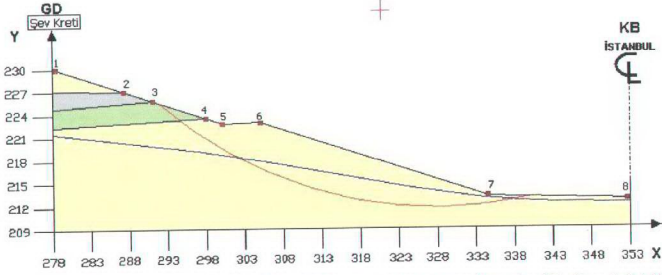


Şekil A2-8. Km 106 yarmasının duraylılık, peyzaj ve asfalt işlerinin tamamlanmış görünümü.

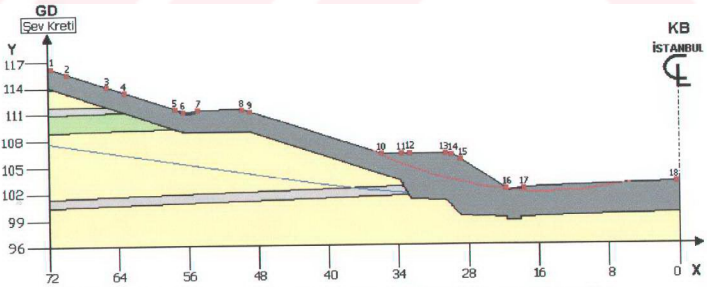


Şekil A3-1.Km 104 Nolu yarmanın Mühendislik jeolojisi haritası

EK A4. Km 104 Yarmasının Stabilite Hesapları



Şekil A4-1. Güvenlik sayısı 1 olacak şekilde geri dönüşüm hesabı (G. S = 1,044)



Şekil A4-2. Topuk dolgulu , ve drenajlı koşullarda (imalat sonrası) analizi.
(Topuk yüksekliği yol üst kotundan 4 m yukarıda olan 3/2 eğimli kaya dolgu şevi için (G.S=1.587))

EK B. Km 104+600-106+450 arasında yapılan sondajlar ve karot sandıkları.

İN SİTÜ		SONDAJ KUYU LOGU		KUYU NO: BH-1/17		SAYFA NO: 1			
JEOLJİ VE TEKNIK SONDAJCILIK LTD ŞTİ		BOREHOLE LOG		KUYU DERİNLİĞİ		DÜŞEYDEN EĞİM			
GEOLGY & GEOTECHNICS & DRILLING CO.LTD				DEPTH OF BOREHOLE		ANGLE FROM VERT.			
PROJE		İSTANBUL-BURSA-HAİ İKİSİR-17NİR OTOTOLU		KOT					
PROJECT		BURSA ÇEVRE YOLU KESİMİ		ELEVATION		133.35			
KUYU YERİ		Km. 104+950 50 m. SAĞ		KORDİNATLAR - COORDINATES		X: 449.033 Y: 397.230			
LOCATION OF BOREHOLE									
EKİPMAN VE YÖNTEMLER		XC-90 II model rotarı sondaj makinesi, T-76 Karotiyer ve Filmas kısıcı.		MUHAFAZA BORUSU DERİNLİĞİ-DEPTH OF CASING		82 m. 74 mm m. 84 mm HX m 58 mm m			
EQUIPMENT & METHODS									
Derinlik Depth (m)	Y.S.S. Seviyesi Ground Water Level	TANIMLAMA DESCRIPTION	Legend Legend	Derinlik Run (m)	CR (%)	RQD (%)	Ayrışma Weathering	Diraiç Strength	
	0.40 m.	NEHATİ TOHAK 0.30 m.							
1		KİLTAŞI-KUHTAŞI-SİLTİTAŞI ANALİZİ: Kıyır gr. renkli, orta taneli, kuhtaşı ve silttaşı zayıf çimentolu, yer yer yüksek ayrışma ile çok düşük diraiçli, düzensiz oklom yüzü, yer yer kil tavaşı.		1.50	58				
2				1.50	70				
3				1.20	43		0	IV	VI-W VCS
4				2.10	95				
5				2.40	96	30	II-III	W	CS
6									
7		6.30 m. HARİ: Bey renkli, ince-orata az taneli tabakalı, düzgün düzensiz oklom yüzü.							
AYRIŞMA WEATHERING (BS 5930)		DİRENCİ STRENGTH (BS 5930)		KIRIK ARALIĞI JOINT SPACING (BS					
DEĞİŞİCİLİK R. S. P.	TERİM TERM	SEMBOİL SYMBOL	TERİM TERM	SEMBOİL SYMBOL	TERİM TERM				
I	Ayrışmamış - Fresh	VW	Çok zayıf - Very weak	VWS	Çok geniş aralık -				
II	Hafif ayrışmış - Slightly weathered	W	Zayıf - weak	WS	Orta geniş aralık -				
III	Orta ayrışmış - Moderately weathered	HW	Orta zayıf - Moderately weak	HS	Orta sık aralık - Medium spaced				
IV	Çok ayrışmış - Highly weathered	HS	Orta dirençli - Moderately strong	CS	Sık aralık - Closely spaced				
V	Tamamen ayrışmış - Completely weather	S	Diraiçli - Strong	VCS	Çok sık aralık - Very closely spaced				
VI	Residüel zemin - Residual soil	VS	Çok dirençli - Very strong	ECS	Son derece sık aralık -				
		ES	Son derece dirençli - Extremely		Extremely closely spaced				
T	En yüksek su seviyesi Highest recorded water level	SONDÖR : NEHMET ŞAHİN DRILLER		LOGU YAPAN : ADEM TIRPANCI LOGGED BY: Jeol. Müh.					
Y	En düşük su seviyesi Lowest recorded water level	BAŞLANGIÇ TARİHİ BORING STARTED : 28.02.1998		KONTROL EDEN CHECKED BY :					
CR	Core Recovery	BİTİŞ TARİHİ BORING COMPLETED : 03.03.1998							
RG	Kayın kalite sınıfı Rock Quality Designation								

Şekil B-1. Bursa Çevreyolu km 104+950 sağ, BH 1/17-1 numaralı sondaj logu.

İNSİTÜ JEOLÖJİ JEOTEKNİK SONDAJCILIK LTD.ŞTİ GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO.LTD			SONDAJ KUYU LOGU BOREHOLE LOG			KUYU NO. : BH-1/17 BOREHOLE NO.		SAYFA NO. : 2 PAGE NO.		
Derinlik Depth (m)	Yüzey Su Ground water level	TANIMLAMA DESCRIPTION	Leşim Lapide	İnç Inch	GR (%)	RQD (%)	Azalış Weakening	Direnç Strength	Kirik aralığı Joint Spacing	Lümen diğeri Loghole size
8		MARİN: Tanımlama 1. sayfası.		2.40	80	30	11- 11	8		
9				1.20	100	25	11	7- 10		
10		10.00 m.								
11		KUMTAŞI: Koyu gri renkli, zayıf çimentolu, orta taneli, porözite düşüncesi olan yığılır.		1.20	100	5	11	8		
12		11.70 m.								
13		KİLTAŞI-SİLİTAŞI: AĞIR AĞIR: Güçlü gri çamk, düz pin düzlemci, ekstra yığılır, kumun marm ordan-baki, orta dencili, kiltaşı zayıf çimentolu.		1.00	50	32			65	
14										
15							11			
16				1.00	50	34		11- 12		
17										
18										
19				1.00	50	68			115	
20										

Şekil B-2. Bursa Çevreyolu km 104+950 sağ, BH 1/17-2 numaralı sondaj logu.

İNSİTÜ JEOLOJİ JEOTEKNİK SONDAJÇILIK LTD.ŞTİ. GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO.LTD.		SONDAJ KUYU LOGU BOREHOLE LOG		KUYU NO. : 011-1/17 BOREHOLE NO.		SAYFA NO. : 3 PAGE NO.			
Derinlik (m) Depth	Y.A.S. Sıvılığı Ground water level	TANIMLAMA DESCRIPTION	İnçileme Run	CR (%)	ROD (%)	Ayrışma Weathering	Dinçlik Strength	Kirik aralığı veer Spacing	Lüjyon değeri Lugage Value
20		KİLTAŞI-SİLT TAŞI: Tanımlama 2. sayfa da.	5.00	50	60	II	W- IW	HS	
21									
22			5.00	47	18	III- IV	VM		
23								HS	
24			0.80	43	0	III			
25			1.20	43	40	IV- V		HS	
26									
27			2.30	50	48	IV		CS- VCS	
28							W		
29			2.00	75	27	III- IV		HS	
30		30.00 m. KUYU SONU							

Şekil B-3. Bursa Çevreyolu km 104+950 sağ, BH 1/17-3 numaralı sondaj logu.

İN SİTÜ JEOLJİ JEOTEKNİK SONDAJCILIK LTD.ŞTİ. GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO. LTD.		SONDAJ KUYU LOGU BOREHOLE LOG		KUYU NO BOREHOLE NO : BH-1/18	SAYFA NO : 1 PAGE NO : 1					
PROJE PROJECT : İSTANBUL-BURSA-BALIKESİR-İZMİR OTODOLU		KUYU DERİNLİĞİ DEPTH OF BOREHOLE : 80.00 m		DÜŞEYDEN EĞİM ANGLE FROM VERTICAL :						
KUYU YERİ LOCATION OF BOREHOLE : Km. 105+900 85 m. Sol.		KOT ELEVATION : 52.30 m		KOORDİNATLAR - COORDINATES X : 45.7338 Y : 395.744						
EKİPMAN VE YÖNTEMLER EQUIPMENT & METHODS : D-500 model rotari sondaj makinesi, T-76 ölçme ve kareliyer.		MUHAFAZA BORUSU DERİNLİĞİ-DEPTH OF CASING B.K. m. 74 mm. m. 84 mm. m. K.C. m. 58 mm. m.								
Derinlik Depth (m)	V.S. Sıvıya Ekimeler (level)	TANIMLAMA DESCRIPTION	Lajör Log	İtme Pen (m)	CR (%)	RQD (%)	Açıklık Weathering	Direnci Strength	Kırık Joint Spacing	Kırık Joint Spacing
1		MAKİNE GÜÇLÜ BİRİ, İNCE MAMURLU, YILLIŞTIR, KIRILMIŞ 200 TANEKALİ (5-10 cm - sınırlı) ve 1000 TANEKALİ 10-15 cm - sınırlı, düzensiz, kırık ve parçalanmış, az kıl sıvıya ekimeli,		1.00	39	0	III-IV	W	CS-VC5	
2				1.50	57	0	IV	W-VW		
3				2.00	65	7				
4										
5				2.50	74	14	III-IV	W	CS	
6										
7				2.70	48	0	IV			
AYRILMA WEATHERING (S.S. 5930)		DİRENCİ STRENGTH (S.S. 5930)		KIRIK SPACING (S.S. 5930)						
DERECE GRADE	TERİM TERM	SEMBOLE SYMBOL	TERİM TERM	SEMBOLE SYMBOL	TERİM TERM					
I	Ayrışmamış - Fresh		VW	Cok zayıf - Very weak	VWS	Cok gusle aralıklı - Very closely spaced				
II	Hafif ayırışma - Slightly weathered	W	W	Zayıf - Weak	WS	Geniş aralıklı - Widely spaced				
III	Orta ayırışma - Moderately weathered	W	W	Orta ayırışma - Moderately weak	MS	Orta sık aralıklı - Medium spaced				
IV	Cok ayırışma - Highly weathered	MS	MS	Orta güç - Moderately strong	CS	Sık aralıklı - Closely spaced				
V	Tamamen ayırışma - Completely weathered	S	S	Dirençli - Strong	VS	Cok sık aralıklı - Very closely spaced				
VI	Bezildiyel zemin - Bedded soil	VS	VS	Cok dirençli - Very strong	CS	Son derece sık aralıklı - Extremely closely spaced				
ES		ES	ES	300 derince dirençli - Extreme						
V : En yüksek su seviyesi Highest recorded water level		SONDAR : MONTHEREN KILIÇ		LOGU YAPAN : ADİL TÜRANCI						
W : En suya ulaşmış Lowest recorded water level		BAŞLANGIÇ TARİHİ : 24.02.1998		KONTROL EDEN : JENİ, M.						
CR : Kırık sızdırtı Core Recovery		BİTİŞ TARİHİ : 05.03.1998		KONTROL EDEN :						
HQD : Kaya kalitesi atlatığı Rock Quality Designation		BURNİŞ TARİHİ :		KONTROL EDEN :						

Şekil B-7. Bursa Çevreyolu km 105+900 sol, BH 1/18-1 numaralı sondaj logu.

İNSİTÜ JEOLOJİ JEOTEKNİK SONDAJCILIK LTD.ŞTİ GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO.LTD			SONDAJ KUYU LOGU BOREHOLE LOG			KUYU NO. : BH-1/18 BOREHOLE NO. :		SAYFA NO : 2 PAGE NO. :		
Derinlik Depth (m)	YAS Seviyesi Ground water level	TANIMLAMA DESCRIPTION	Leged Legend	Uzunluk Run (m)	CR (%)	ROD (%)	Ayrışma Weathering	Direnç Strength	Kirik aralığı Joint Spacing	Lüjyon değeri Lugger Value
8		Havuz Tanımlama izi görülmüştür.		2,00	48	0				
9				1,50	56	12				
10				1,50	60	0				
11				1,50	60	0				
12				2,00	47	0				
13	13,30m			2,00	47	0	14		25	
14				2,00	47	0				
15				3,00	61	6				
16				1,50	60	9		4- M ₂		
17				1,50	60	0		4		
18				1,50	60	0				
19				1,50	60	0				
20				1,50	60	0				

Şekil B-8. Bursa Çevreyolu km 105+900 sol, BH 1/18-2 numaralı sondaj logu.

İNSİTÜ JEOLOJİ JEOTEKNİK SONDAJCILIK LTD.ŞTİ. GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO.LTD.		SONDAJ KUYU LOGU BOREHOLE LOG		KUYU NO. : NH-1/18 BOREHOLE NO. :		SAYFA NO. : 3 PAGE NO. :				
Derinlik Depth (m.)	Yüzey Seviyesi Ground water level (m)	TANIMLAMA DESCRIPTION	Layın Lined	İzlenim Run (m.)	CR (%)	ROD (%)	Drift Weathering	Drift Strength	Kirik aralığı Joint Spacing	Lujlon değeri Lugeon Value
20		MAZRA: Tarım için 1. sınıf toprak								
21				2,00	47	0				
22										
23				2,00	45	0				
24										
25				2,00	47	0				
26										
27				2,00	45	0				
28										
29				1,50	56	0				
30				1,00	82	0				
31				1,50	63	0	III-IV			
32				3,00	58	0				

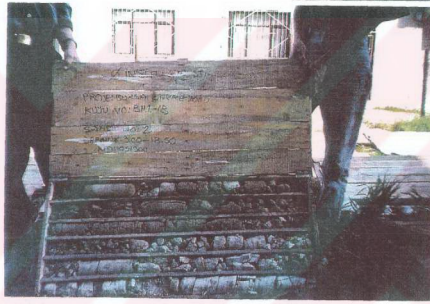
Şekil B-9. Bursa Çevreyolu km 105+900 sol, BH 1/18-3 numaralı sondaj logu.

İNSİTÜ JEOLUŞ JEOTERİKNİK SONDAJCILIK LTD.ŞTİ GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO.LTD.			SONDAJ KUYU LOGU BOREHOLE LOG			KUYU NO. : BH-1/18 BOREHOLE NO. :		SAYFA NO. : 4 PAGE NO. :		
Derin Depth (m)	YAS Sinyali Gravel Signal Level	TANIMLAMA DESCRIPTION	Lejant Legend	Derinlik Depth (m)	CR (%)	RCD (%)	Ayrıştırma Weathering	Diriçlik Strength	Kiriş oranları Joint Ratios	Lüğe açıklığı Log Hole Width
33		HAZIR: Tanımlama 1. sayfası.		5.00	55	0	III-IV			
34										
35										
36				2.00	55	0	IV		CS	
37										
38				1.00	80	0	III-IV			
39		38.50 m. HAZIR: Ağır taş, ince sabondu, hafiften orta tene.		2.00	65	0	IV			
40		40.00 m. KUYU SONU								

Şekil B-10. Bursa Çevreyolu km 105+900 sol, BH 1/18-4 numaralı sondaj logu.



Şekil B-11. Km 105+900 sol yarmada açılan BH 1/ 18 sondası 1 nolu karot sandığı.



Şekil B-12. Km 105+900 sol yarmada açılan BH 1/ 18 sondası 2 nolu karot sandığı.



Şekil B-13. Km 105+900 sol yarmada açılan BH 1/ 18 sondası 3 nolu karot sandığı.

İN SİTÜ JEOLÖJİ JEOTEKNİK SONDAJCILIK LTD.ŞTİ. GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO. LTD.		SONDAJ KUYU LOGU BOREHOLE LOG		KUYU NO. BOREHOLE NO. : BH-1/19	SAYFA NO. : 1 PAGE NO. : 1				
PROJE PROJECT : İSTANBUL-MURSA-İMALIKLI-İZİR OTOKOLU DÜŞA ÇEVRE YOLU KİŞİMİ		KUYU DERİNLİĞİ DEPTH OF BOREHOLE : 30,00 m		DÜŞEYDEN EĞİM ANGLE FROM VERTICAL : 0°					
KUYU YERİ LOCATION OF BOREHOLE : Km. 106+250 SO. N. SAĞ		KOT ELEVATION : 143,50 m		KOORDİNATLAR - COORDINATES X : 445 7087 Y : 396 465					
EKİPMAN VE YÖNTEMLER EQUIPMENT & METHODS : XC-90 H model rulari sondaj makinesi, T-76 Karatiyer ve elmas kesici.		MUHAFAZA BORUSU DERİNLİĞİ-DEPTH OF CASING BX : 0 m. 74 mm. 84 mm. 84 mm.		RX : 0 m. 58 mm. 58 mm.					
Derinlik Depth (m)	Y.S.S. Suyu Yeri Ground water level	TANIMLAMA DESCRIPTION	Leşed Logged	İzlenim Flow	CR (%)	RQD (%)	Ayırışma Weathering	Direnç Strength	Kırılganlık Brittleness
1		HEDATİ TOPRAK. 0,50 m. KİL: Yıgılı, yüksek-orde plastisite- telli, sert, nemli.							
2		2,00 m. KİLİTAŞI-SİLTİTAŞI-MARİİ ABDALANMAŞI İst seviyesi yığılı, açık boy, ince-orde taşakata, değişik litolojiler 3-6cm, kalınlıktaki seviyelerin aralanması, klastik, her yöreli çimnolun, yon yer zemin-saygırlı, dizenin düzeninle yığılı kil dolgu ekimeli.		2,00	50	0	IV	W	
3									
4									
5	4,50 m.								
6					3,00	70	0	III	VCS
7								W	
					2,00	33	0	IV	
AYIRIŞMA WEATHERING (BS 5930)		DİRENÇ STRENGTH (BS 5930)		KIRIK ARALIĞI JOINT SPACING (BS 593)					
DEĞİTİ GRADE	TERİM TERM	SEMOL SYMBOL	TERİM TERM	SEMOL SYMBOL	TERİM TERM				
I	Ayırışma - Fresh	VW	Çok zayıf - Very weak	VWS	Çok geniş aralık - Very				
II	Hafif ayırışma - Slightly weathered	W	Zayıf - weak	WS	Orta geniş aralık - Medium				
III	Orta ayırışma - Moderatly weathered	HW	Orta zayıf - Moderatly weak	MS	Orta sık aralık - Medium spaced				
IV	Çok ayırışma - Highly weathered	WS	Orta dirençli - Moderatly strong	CS	Sık aralık - Closely spaced				
V	Tamamen ayırışma - Completely weather	S	Dirençli - Strong	VCS	Çok sık aralık - Very closely spaced				
VI	Residual zemin - Residual soil	ES	Çok dirençli - Very strong	ECS	Son derece sık aralık -				
		Son derece dirençli - Extremek		Extremely closely spaced					
∇ En yüksek su seviyesi Highest recorded water level ∇ En düşük su seviyesi Lowest recorded water level		SONDAR DRILLER : MEHMET ŞAHİN		LOGU YAPAN LOGGED BY : ADEM TIRPANDI					
CR En iyi yığılı Core Recovery RQD En iyi kalite adanış Rock Quality Designation		BAŞLANGIÇ TARİHİ BORING STARTED : 21.02.1994		KONTROL EDEN CHECKED BY :					
		BİTİŞ TARİHİ BORING COMPLETED : 26.02.1994							

Şekil B-14. Bursa Çevreyolu km 106+250 sağ, BH 1/19-1 numaralı sondaj logu.

BİNGİTÜ JEOLÖJİ JEOTEKNİK SONDAJCILIK LTD.ŞTİ. GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO.LTD.		SONDAJ KUYU LOGU BOREHOLE LOG		KUYU NO. : BH-1/19 BOREHOLE NO.		SAYFA NO. : 2 PAGE NO.				
Derinlik Depth (m.)	Y.A.S. Seviyesi Ground water level	TANIMLAMA DESCRIPTION	Lejant Legend	İstisna Exc. (m.)	CR (%)	MOD (%)	Ayrışma Weathering	Direnç Strength	Kirik aralığı Joint Spacing	Lütfen değeri Lütfen Value
8		KİLİTAŞI-SİLTİTAŞI-MAHİR AİRMALANMAÇI Tanımlama 1. sayfa.		2.00	50		III	M		
9									VCS	
10				3.00	33	0	IV	M		
11										
12										
13				5.00	33		II		CS- VCS	
14										
15										
16				3.00	33	10	III	VM	CS	
17										
18										
19				2.00	16	0	III- IV		CS- VCS	
20										

Şekil B-15. Bursa Çevreyolu km 106+250 sağ, BH 1/19-2 numaralı sondaj logu.

İNSİTÜ JEOLOJİ JEOTEKNİK SONDAJCILIK LTD. STİ. GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO. LTD.			SONDAJ KUYU LOGU BOREHOLE LOG			KUYU NO. : BH-1/19 BOREHOLE NO.		SAYFA NO. : 3 PAGE NO. : 3		
Derinlik Depth (m)	Yatay Kesit Stratigraphic Level	TANIMLAMA DESCRIPTION	Legend Legend	Derinlik Run (m)	GR (%)	RQD (%)	Ayrılma Weathering	Diriqlik Strength	Kirikilme Joint Spacing	Lümen Değeri Lugan Value
20		KİLİTAŞI-SİLTİTAŞI-MARMARİTANİTİ Tanımlama 1. sayfa.								
21				5.00	16	0				
22										
23										
24				5.00	33	0	III- IV	W	CS- VCS	
25										
26				1.00	25	0				
27										
28				5.00	30	0				
29										
30		30.00 m. KUYU SONU								

Şekil B-16. Bursa Çevreyolu km 106+250 sağ, BH 1/19-3 numaralı sondaj logu.

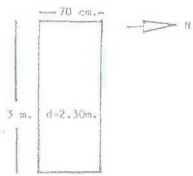


Şekil B-17. Km 106+250 sağ yarmada açılan BH 1/19 sondası 1 nolu karot sandığı.

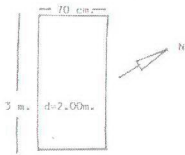


Şekil B-18. Km 106+250 sağ yarmada açılan BH 1/19 sondası 1 nolu karot sandığı.

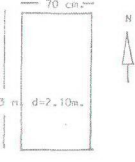
EK C. Km 104+600-106+450 arasında araştırma çukuru logları.

				ÇUKUR NO TP-1/19 TARİH/DATE 05.06.1998	
JEOLÖJİ JEOTEKNİK SONDAJCILIK LTD.ŞTİ. GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO.LTD				ÇUKUR DERİNLİĞİ DEPTH OF PIT 2.30 m.	
PROJE İSTANBUL-BURSA-BALIKESİR- PROJECT İZMİR OTOTOLU BURSA ÇEVRE YOLU KESİMLİ				KOORDİNATLAR COORDINATES X 445 0170 Y 397 454	
ÇUKUR YERİ Km 104+770 PIT LOCATION				KAZI YÖNTEMİ EXCAVATION METHOD DERO KEPEÇE	
İSTASYON 50 m. SOL. STATION				ARAŞTIRMA ÇUKURU LOGU TRIAL PIT LOG	
Derinlik Depth (m)	Katman Thickness (m)	Özellik Sample (m)	Renk durumu/YAS Sınıfları Acidure color/bed/ Consolidated item	Legend	TANIMLAMA DESCRIPTION
					Neoli Toprak. 0.30 m.
1		C	H		Kumlu Kıl: Açık katve, orta plastisiteli, neoli, kili.
2					
3					2.30 m. ÇUKUR TADANI
4					
5					
ÇUKUR PLANI PLAN OF PIT				AÇIKLAMA EXPLANATION	
				D : Kuru/Dry N : Nemli/Wet K : İstok/Wet S : Doymuş/Saturated UD : Örslenmemiş/Undisturbed DI : Örslenmiş/Disturbed C : Katışık/Composite	
				NOTLAR : Hava A. REMARKS 0.30-2.30 m. arası numune alındı. YAS YOK.	
				LOGU YAPAN : H.İMER YERİ LOGGED BY : Jemil, Kılıç.	
				KONTROL CHECKED BY :	

Şekil C-1. Bursa Çevreyolu km 104+770 sol, AÇ 1/19 araştırma çukuru logu.

İNSİTU JEOLJİ JEOTEKNİK SONDAJCILIK LTD.ŞTİ GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO.LTD				ÇUKUR NO TP-1/20 PIT NO		TARİH/DATE 03.06.1998
PROJE İSTANBUL-BURSA-BALIKESİR- PROJETAZMIR OTOYOLU BURSA ÇEVRE YOLU KESİMİ ÇUKUR YERİ PIT LOCATION Km 105+120				ARAŞTIRMA ÇUKURU LOGU TRIAL PIT LOG		ÇUKUR DERİNLİĞİ DEPTH OF PIT 2.00 m. KOORDİNATLAR COORDINATES X 445 8033 Y 397 112 KAZI YÖNTEMİ EXCAVATION METHOD BEKD KEPEÇ
İSTASYON STATION 65 m. SAĞ.						
Derinlik Depth (m.)	Yüzölçümü Plan Area (m ²)	Çukur Depth (m.)	Yüzölçümü/Çukur Plan Area/Depth (m ² /m)	Legende Legend	Sembol Symbol	TANIMLAMA DESCRIPTION
1		D	M		XXXX	Nöbeti Toprak. 0.25 m. Siltli Kumlu KİL: Kötübeji, düşük plastisiteli, az çakıllı, maksimum çakıl boyutu 4 cm, nemli-halı.
2						2.00 m. ÇUKUR TABANI
3						
4						
5						
ÇUKUR PLANI PLAN OF PIT 				AÇIKLAMA EXPLANATION D : Kuru/Dry M : Nemli/Wet W : Islak/Wet S : Doymuş/Saturated UD : Özensizlenmiş/Undisturbed DI : Özensizlenmiş/Disturbed C : Karışık/Composite		NOTLAR REMARKS Hava Açık 0.25-2.00 m. arası Kapat Örnek alındı. YAS YOK. LOGU YAPAN : M.ÖNER YENİ LOGGED BY : Jeol. Müh. KONTROL : CHECKED BY :

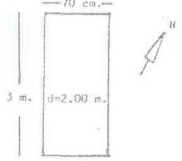
Şekil C-2. Bursa Çevreyolu km 105+120 sağ, AÇ 1/20 araştırma çukuru logu.

İNSİTÜ JEOLOJİ JEOTEKNİK SONDAJCILIK LTD.ŞTİ GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO. LTD.				ÇUKUR NO PIT NO: TP-1/21		TARİH/DATE 03.06.1998	
PROJE İSTANBUL-BURSA-BALIKESİR PROJECT İZMİR OTYOLU BURSA ÇEVRE YOLU KEŞİMİ				ARAŞTIRMA ÇUKURU LOGU TRIAL PIT LOG		ÇUKUR DERİNLİĞİ DEPTH OF PIT: 2.10 m.	
ÇUKUR YERİ PIT LOCATION: Km 105+190				KORDİNATLAR COORDINATES: x 445 7895 y 397 148		ZEMİN KOTU ELEVATION (m.):	
İSTASYON STATION: 60 m. SOL.				KAZI YÖNTEMİ EXCAVATION METHOD: BEKO KİPÇE			
Derinlik Depth (m.)	Küçük TIN/Press (m.)	Ortak Sample (m.)	İsm/Güvenli/Yas Savışma Name/Secure/Yas Groundwater level	Legend Legend	Sembol Symbol	TANIMLAMA DESCRIPTION	
1		D	M		 Doğal Toprak 0.30 m.	Siltli Kumlu KİL: Açık kahve-bey renkli, düşük plastisiteli, nemli-katı.	
2							
3						2.10 m. ÇUKUR TABANI	
4							
5							
ÇUKUR PLANI PLAN OF PIT				AÇIKLAMA EXPLANATION		NOTLAR REMARKS	
				D : Kuru/Dry M : Nemli/Moist K : Isık/Wet S : Doymuş/Saturated UD : Ürşlenmemiş /Undisturbed DI : Ürşlenmiş /Disturbed C : Karışık /Composite		0.30-2.10 m. arası Kırıl Break alınıdır. YAS YOK. LOGU YAPAN : H.ÖMER YENİ LOGGED BY : Jeol. Mjn. KONTROL : CHECKED BY :	

Şekil C-3. Bursa Çevreyolu km 105+190 sağ, AÇ 1/21 araştırma çukuru logu.

İNSİTÜ JEOLJİ JEOTEKNİK SONDAJÇILIK LTD.ŞTİ. GEOLGY GEOTECHNICS B DRILLING CO.LTD				ÇUKUR NO: 1P-1/22 TARİH/DATE: 03.06.1998		
PROJE: İSTANBUL-BURSA-BALIKESİR- PROJESİZMİR OTOYOLU BURSA ÇEVRE				ÇUKUR DERİNLİĞİ DEPTH OF PIT: 2.90 m.		
ÇUKUR YERİ/RESİMİ PIT LOCATION: Km 106+000				ZEMİN KOTU ELEVATION (m.):		
İSTASYON STATION: 90 m. SOL.				KOORDİNATLAR COORDINATES: x 445 7249 y 396 700		
ARAŞTIRMA ÇUKURU LOGU TRIAL PIT LOG				KAZI YÖNTEMİ EXCAVATION METHOD: BEKO KEPÇE		
Derinlik Depth (m.)	Kalınlık Thickness (m.)	Örnek Sample (m.)	Yas derinliği/AS Switçisi Groundwater level	Legende Legend	Sembol Symbol	TANIMLAMA DESCRIPTION
						Mebatli Toprak.
1						0.60 m. Siltli KİL: Koyu kahve, yüksek plastisiteli, kati, sert.
2		C	D			
3						2.90 m. ÇUKUR TABANI
4						
5						
ÇUKUR PLANI PLAN OF PIT				AÇIKLAMA EXPLANATION		
				D : Kuru/Dry M : Nemli/Wet K : Islak/Wet S : Doymuş/Saturated UD : Örselememiş /Undisturbed DI : Örselemiş /Disturbed C : Karışık /Composite		
				NOTLAR : Hava Ağık REMARKS 0.60-2.90m. arası Karışı Örnek Alındı. YAS YOK.		
				LOGU YAPAN : HÜMER YENİ LOGGED BY : Jeol. Müh.		
				KONTROL : CHECKED BY		

Şekil C-4. Bursa Çevreyolu km 106+000 sol, AÇ 1/22 araştırma çukuru logu.

 İNSITU JEOLÖJİ JEOTEKNİK SONDAJÇILIK LTD.ŞTİ. GEOLOGY GEOTECHNICS & DRILLING CO.LTD.				ÇUKUR NO: TP-1/23 PIT NO:		TARİH/DATE 03.06.1999	
PROJESİ: İSTANBUL-BURSA-GALİKESTİR-İZMİR OTODOLU BURSA ÇEVRE YOLU KESTİRİ PROJESİ:				ARAŞTIRMA ÇUKURU LOGU TRIAL PIT LOG		ÇUKUR DERİNLİĞİ DEPTH OF PIT 2.00 m.	
ÇUKUR YERİ PIT LOCATION Km 106+200				KORDİNATLAR COORDINATES X 445 7138 Y 396 477		ZEMİN KOTU ELEVATION (m.)	
STASYON STATION 60 m. SAĞ.				KAZI YÖNTEMİ EXCAVATION METHOD BEKO KEPÇE			
Derinlik Depth (m.)	Kesitler Falicparts (m.)	Örnek Sample (m.)	Deni derinliği / YAS Seviyesi Groundwater level Groundwater level	Legende Legend	Sembol Symbol	TANIMLAMA DESCRIPTION	
					XXXX	Nohatlı Toprak.	
						0.50 m.	
-1		C	D			SİLİMLİ KİL: Açık kahve, yüksek plastisiteli, kuru, sert.	
-2						2.00 m. ÇUKUR TABANI	
-3							
-4							
-5							
ÇUKUR PLANI PLAN OF PIT 				AÇIKLAMA EXPLANATION D : Kuru / Dry M : Nemli / Moist W : Islak / Wet S : Doymuş / Saturated UD : Özensiz / Undisturbed DI : Özensiz / Disturbed C : Karışık / Composite		NOTLAR : Hava Açık REMARKS 0.50-2.00 m. Karışık örnek alındı. YAS YOK. LOGU YAPAN : H.ÖNER YENİ LOGGED BY : Jeol. MCH. KONTROL : CHECKED BY :	

Şekil C-5. Bursa Çevreyolu km 106+200 sağ, AÇ 1/23 araştırma çukuru logu.

ÖZGEÇMİŞ

Uğur CANTİMUR, 1973 yılında Kars'ta doğdu. İlkokulu Kocaeli Beylikbağı İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra orta öğrenimini İstanbul Avni Yukarıuç İlköğretim Okulu ve lise öğrenimini Tuzla Lisesi'n de tamamladı. 1995 yılında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği'nden 1999 yılında mezun oldu. Aynı yılda girmeyi hak kazandığı İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Mühendislik Jeolojisi Bölümü Yüksek Lisans Programında önce İngilizce Hazırlık Programı'nı bitirdi. 2001 senesi yaz yarı yılı eğitim dönemi bittikten sonra 26 ay, İstanbul – Bursa – Balıkesir – İzmir Otoyolu, Bursa Çevreyolu Batı Kesimi Projesi' nde Gülsan İnşaat A.Ş. firmasında jeoteknik değerlendirme mühendisi olarak çalıştı. Bursa Otoyolu güzergahı boyunca mevcut yarmaların neredeyse tamamının heyelan riski taşınması nedeniyle, güzergah boyunca tüm yarmaların mühendislik jeolojisi haritalarının hazırlanması ve bunların duraylılık hesaplarını yaptı. Ayrıca kritik dolgu ve yamaç kesimlerinde duraylılık hesap ve çalışmalarını yaptı. Duraylılık çalışmalarını yaptığı yarma, dolgu ve yamaç kesimlerine ait uygulama projelerini hazırlayarak imalatları sırasında çalıştı.