

NENE HATUN TUNELİNDE (İZMİR) ‘Q’ KAYA KÜTLE SINIFLAMASININ UYGULANMASI (1+504.00-1+314.30KM)

Orhan ARKOÇ

Trakya Üniversitesi Kırklareli Meslek Yüksek Okulu 39100 KIRKLARELİ
e-mail: arkoc@trakya.edu.tr

Alınış Tarihi : 25.01.2002
Kabul Ediliş Tarihi : 15.11.2002

ÖZET: Bu çalışmada, İzmir şehir içi ulaşımına çözüm için yapılan İzmir Hafif Raylı Sistemi (İzray) kapsamında açılan Nene Hatun Tünelinin Konak şaftından - Üçyol'a kadar olan 197.00m lik kısmının jeolojisi ve jeolojik kesiti sunulmuştur. Tünelin açıldığı kayaçların mühendislik özellikleri araştırılmış, tünelin desteklenmesi için gerekli destekleme tipi önerilmiştir. Bu amaçlar için kullanılan kaya sınıflama yöntemleri araştırılmış, içlerinden Q-sistemi seçilerek, gerekli parametreler her ilerleme için saptanmıştır. Bu parametreler ışığında, Q-sisteminin öngördüğü destekleme sistemleri saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler Q-sistemi, Kaya kütle sınıflaması, Tünel, Destekleme

ROCK MASS CLASSIFICATION OF NENE HATUN TUNNEL (IZMIR) USING THE Q-SYSTEM (1+504.00-1+314.30km)

ABSTRACT: The geology and the geological section of the 197.00m part of Nene Hatun Tunnel, from Konak towards Üçyol, which is a part of Izmir Metro System (Izray) a solution for inner city communication are presented. Engineering properties of the rocks on the tunnel route are investigated; reinforcement types for the tunnel are advised. For these purposes, rock classification systems are investigated, Q-system is chosen and the parameters of for the application of the Q-system were determined for each advance. Later in the light of these studies, the reinforcement advised by the Q-system determined.

Keywords Q-system, Rock mass classification, Tunnel, Reinforcement

GİRİŞ

Hava kirliliği, yoğun trafik akımı tüm büyük şehirlerde olduğu gibi İzmir’de de yoğun olarak görülmektedir. İzray projesi, İzmir şehir içi ulaşımına çağdaş bir çözüm getirmek amacıyla planlanmış hafif raylı ulaşım sistemidir. Bu projenin ilk etabı Basmane-Üçyol arasındaki 9.3 km lik hattır. İzray projesi, 2010 yılında dört etap sonunda bitirilmesi planlanmıştır.2000 yılında birinci etap Basmane-Üçyol ve ikinci etap olan Basmane-Halkapınar-Bornova hattının bitirilmesi ile İzray Hafif raylı sistemi hizmete girmiştir.

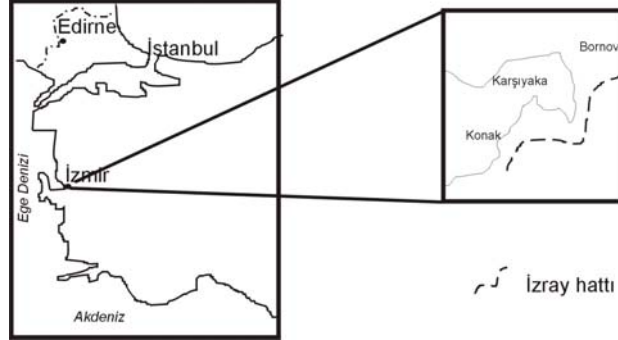
Bu çalışmada Basmane-Üçyol etabının ilk adımı olan Nene Hatun Tünelinin Bahribaba (Konak)-Üçyol kesiminin 197 m lik kısmının kaya kütle sınıflaması Q-sistemine göre yapılmıştır. Bu sınıflamaya göre uygun destekleme tipi önerilmiştir.

Q-sistemi kullanılarak teorik olarak 3000.000 değişik jeolojik durumu açıklayan kombinasyon tanımlanabilmektedir.

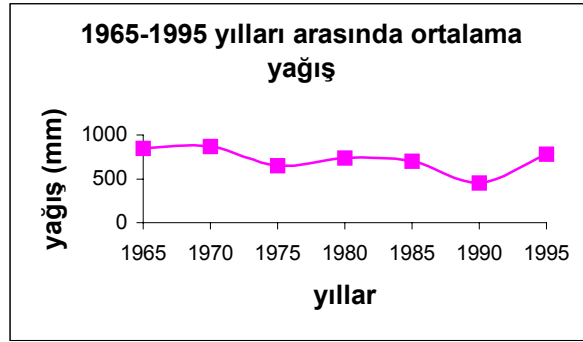
Coğrafya ve İklim

Çalışma alanı İzmir şehir merkezinde, Konak ilçesinde yer alır. 1/25000 lik topoğrafya haritasında İzmir L18-a2 paftasındadır (Şekil1).

İzmir ve çevresinde, uzun ve kurak yaz ayları, yağışlı ve serin kış ayları ile temsil edilen Akdeniz iklimi hakimdir. Yaz ve kış ayları ile karşılaştırıldığında bahar ayları daha kısadır. Ortalama sıcaklık kış aylarında 10°C iken yaz aylarında 28-35°C arasında değişir. 1964-1995 yılları arasındaki yıllık yağış ortalaması, Güzelyalı meteoroloji istasyonu verilerine göre 667 mm dir. En düşük yağış, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gözlenirken, en fazla yağış Aralık, Ocak, aylarında gözlenir, (Şekil 2).



Şekil 1. Çalışma alanı, yer bulduru haritası



Şekil 2. 1965-1995 yılları arasındaki ortalama yağış (veriler İzmir-Güzelyalı meteoroloji istasyonundan alınmıştır).

GENEL JEOLJİ

İzmir ve çevresinde üç farklı tektonik kuşak gözlenmektedir. Doğu kuşağı, altta kalın mikasistlerin yer aldığı, üstünde ise platform tipi karbonatların metamorfizması sonucu oluşan mermerler ile temsil edilen "Menderes Masifi" dir. Menderes masifinin batısında ise "İzmir-Ankara Zonu" olarak adlandırılan ikinci kuşak yer alır. Bu kuşak İzmir ve çevresinde filiş karakteri gösterir (Kaya, 1979).

Üçüncü kuşak Üst Kretase yaşlı İzmir-Ankara zonunda yer alan "Bornova karmaşığı" filiş matriks içerisinde yer alan Kireçtaşı bloklarından oluşur. Matriksin yaşı Kampaniyen-Daniyen olarak tanımlanır. Muhtemelen Bornova karmaşığı, metamorfizmasını Daniyen – Geç Eosen de sonlandırır ve Menderes masifi üzerine itilmiştir (Düzbastılar, 1978).

Tüm bu birimler bölgesel tabanı oluşturlar ve uyumsuz dokanak ile Neojen yaşlı sedimenter ve volkanik kayalar tarafından üstlenirler (Koca, 1995).

Senezoyik yaşlı sedimenter ve volkanik kayalardan çalışma alanında, sadece volkanik kayalar yüzlek verir. Çalışma alanını genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti şekil 3 de verilmiştir.

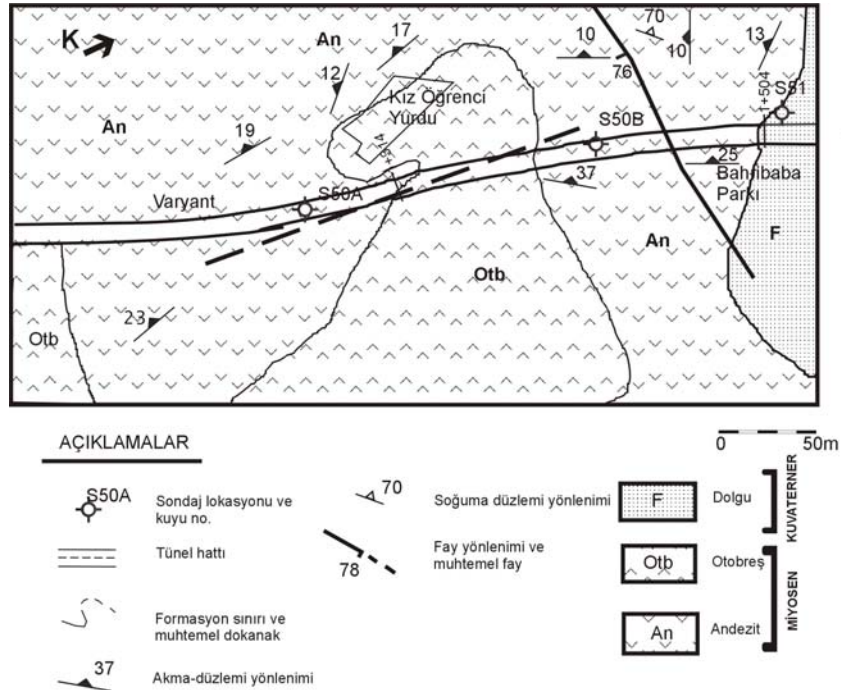
Sedimenter kayalar, konglomera ve kiltaşından oluşur ve volkanik kayaların altında gözlenirler. Bu kayalar Bahribaba şaftı açılırken kesilmiştirler. Alt dokanakları gözlenmez iken, üst dokanakları uyumsuzdur. Sedimenter kayaların genel litolojik dizilimi, konglomera, kiltaş ardalanması şeklindedir. Taze az ayrılmış kısımları, gri-beyaz, orta ayrılmış kısımları ise sarımsı-

beyaz renktedir. İki birimde birbiri ile geçişli olarak gözlenmesine rağmen, genel olarak, kilttaşları altta, konglomeralar üstte yer alır (Koca, 1995).

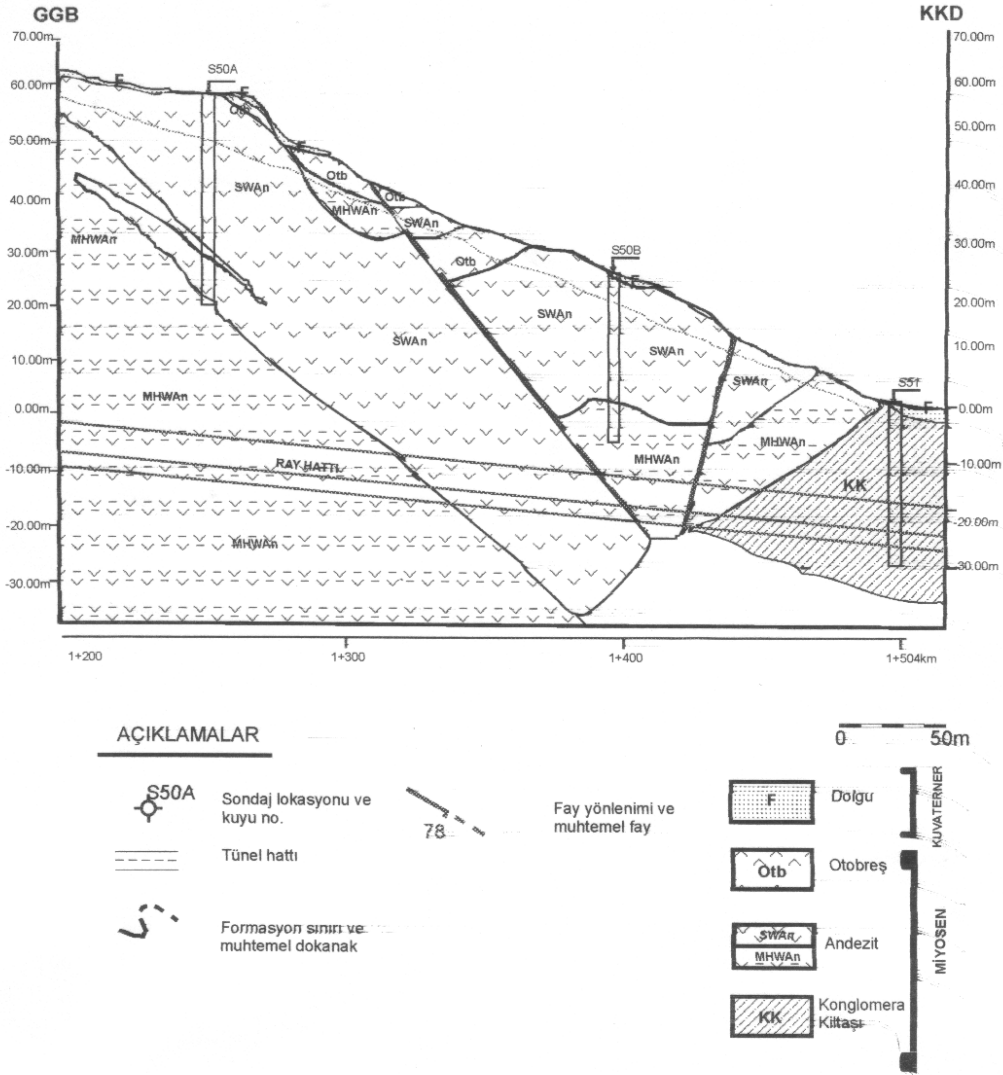
Volkanik kayaların ilk birimi andezitlerdir. Alt dokanakları gözlenmez iken, üst dokanakları, otobreşler ile uyumludur. Bazen andezitlerle otobreşler geçişli olarak gözlenir. Andezitler grimsi-pembe renkli olup değişik ayrışma derecelerine sahiptirler. Volcano-sedimenter yapıdan dolayı, akma düzlemleri, soğuma ve tektonizma çatlakları gözlenir. Otobreşler andezitlerle uyumlu, genellikle gri andezitik matriks içinde andezit parçacıkları ile temsil edilir. Çalışma alanının jeoloji haritası şekil 4 de ve jeoloji enine kesiti ise şekil 5 de verilmiştir.

Üst Sistem	Sistem	Seri	Kat	Formasyon	Litoloji	Açıklama
SENOZOYİK	Q	TERSİYER	NEOJEN	ORTA ÜST MİYOSEN	KADİFEKALE VOLKANİK BİRİMLERİ	Yapay dolgu/yamaç molozu
						Andezit çakılları ve bloklarından oluşan Otobreş seviyeleri içeren, Andezit
						Andezit seviyeleri içeren, andezit matriks içerisinde Andezit çakıllarından oluşan, Otobreş
				NEOJEN BİRİMLERİ	Kilttaş ara seviyeleri içeren, ince tabakalı Konglomera	

Şekil 3. Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti



Şekil 4. Varyant (Konak) civarının jeoloji haritası kesiti (MJKM, 1993 ten değiştirilerek).



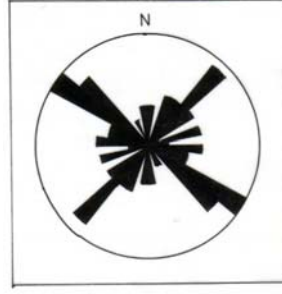
Şekil 5. Çalışma alanı Varyant(Konak) civarı İzray hattının jeoloji kesiti (MJKM, 1993 ten değiştirilerek).

YAPISAL JEOLJİ

Çalışma alanında gözlenen sedimenter kayalarda, temel yapısal özellikler, tabakalanma düzlemleri ve kıvrımlar iken, volkanik kayalarda ise akma düzlemleri, faylar ve soğuma çatlaklarıdır.

Çalışma alanında K65D/76GD yönlenimli olarak gözlenen fay, tünel açılması sırasında 1+421-1+419 km de gözlenmiştir. K16B doğrultulu, bir diğer fay ise, muhtemel fay olarak haritada işaretlenmiştir. Bu fay ise tünelin açılması sırasında 1+398-1+419 km de gözlenmiştir (Şekil 4).

Andezitlerde gözlenen akma düzlemleri, K20-40B doğrultulu, 23-10 derece eğimli gözlenirken, akma bantları yaklaşık 1,5-0,5 cm kalınlığındadır. Soğuma çatlakları ise K28D ve K50D doğrultulu olarak akma düzlemlerine dik gelişmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Aynalarda ölçülen süreksizliklerin doğrultuları (N=8)

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Bu çalışmada, İzray projesi Kapsamında, Nene Hatun tüneli hattında yer alan andezitik kayaların Q-sistemine göre sınıflaması yapılmıştır. Bu sınıflama sonucu, hazırlanan tip projelerden hangisinin tünel kayalarını desteklemek için kullanılacağına karar verilmiştir.

Q-sistemi, Barton vd. (1974) tarafından RSR ve RMR gibi sınıflama sistemlerinde kullanılan parametrelere bazı ilaveler yapılarak uygulanan tünel kayaları sınıflama ve destekleme türü önerisi getiren bir sınıflama sistemidir. Q-sistemine göre kaya sınıflaması, RQD değerine ek olarak beş parametrenin hesaplanıp, Q değeri eşitliğinde yerine konması ile yapılır.

Kullanılan parametreler

- 1- RQD(Rock Quality Designation)
- 2- Çatlak Takım Sayısı(Jn)
- 3- Çatlak Pürüzlülük Sayısı(Jr)
- 4- Çatlak Alterasyon(ayırışma) Sayısı(Ja)
- 5- Çatlak Suyu Azaltma Faktörü(Jw)
- 6- Gerilme Azaltma Faktörü(SRF)

Q değeri hesaplamada kullanılan eşitlik ise;

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} \quad \text{dir.}$$

Parametrelerin sayısal değerleri için tablolar düzenlenmiştir. Bu değerlere bağlı olarak kayalar, çok sıkışan zeminden, sağlam çatlaksız kayaya kadar sayısal olarak sınıflandırılmıştır. Q değerleri 0,001(son derece zayıf) ile 1000 (son derece sağlam) değerleri arasında değişir.

Q değerini tanımlayan terimler;

RQD/Jn = Blok Boyutunu,
 Jr/Ja = Bloklar arasındaki kayma direncini,
 Jw/SRF = Aktif gerilmeyi verir.

Q-SİSTEMİ PARAMETRELERİ

Boyutlar ve Derinlik

Çift hatlı, tek tüp tünel, genişlik 10m, yükseklik 7m (at nalı şekli) kazı derinliği 1+498.30 km de 24m iken, 1+314.30 km de 56m dir.

RQD

Sınıflama yapılacak ortamda, sondaj olmaması durumunda, RQD yüzdesi;

RQD=115-3,3Jv (Rawlings vd., 1995)

İfadesi ile bulunur. Burada J_v değeri 1m^3 kayadaki çatlak değerini ifade eder. Buna göre, RQD değerleri 1+314.30 km deki “Çok kötü” ile 1+411.30 km deki “çok iyi kaliteli” arasında değişmektedir.

Çatlak Takım Sayısı (Jn)

Çatlak takım sayısı tanımları çoğunlukla, üç çatlak sistemi ve üç çatlak sistemi ve gelişigüzel çatlaklar arasında değişmektedir. Süreksizlikler; çatlaklar, faylar, akma yapıları, soğuma çatlakları ve tektonik çatlaklar olarak gözlenmiştir. 1+421-1+419km ler ile 1+398-1+392 km lerin kazılması sırasında, iki fay saptanmıştır. Bu faylardan birincisinin yönlenimi K65B/76GD iken, diğerinin yönlenimi K16B/60GD dur. Akma yapılarının ve soğuma çatlaklarının yönlenimi, tünelin kazılması ve püskürtme beton atılması arasındaki kısa zaman bulunması nedeniyle çok detaylı ölçülemediği. Yapılan ölçümlerde, akma yapılarının K20-40B/23-10GD-KB yönlenimli olduğu gözlenmiştir. Andezitlerde gözlenen soğuma çatlakları K28D ve K50D doğrultulu, 55-90GD-KB eğimli olup, akma yapılarına paralel gelişmişlerdir. Tektonik çatlaklar, fay zonlarına yakın, 1+453.30 km ile 1+327.30km arasında gözlenmiştir (şekil 6).

Çatlak Pürüzlülük Sayısı(Jr)

Çatlak pürüzlülük sayısı genellikle 1(düz düzlemsel) ile 3 (pürüzlü yada düzensiz dalgalı) arasında değişmektedir. Çatlaklar genellikle, iki çatlak duvarı arasındaki teması engelleyecek kil dolgu içermektedirler.

Çatlak Alterasyon(Ayrışma) Sayısı(Ja)

Çatlak ayrışma sayısı, 3 (siltli veya kumlu kil kaplamaları, yumuşamayan düşük kil oranı) ile 10 (kalın, sürekli kil bölge veya bantları) arasında değişmektedir. Ayrışma sayısı tanımlaması, renk değişimi ve jeolog çekicine kayacın tepkisi ile yapılmıştır. Bazı durumlarda aynadaki su akışı, gerçek rengin tanımlanmasını zorlaştırmıştır. 1+359.70 km deki dolgu maddesinin x-ray analizi sonucu, malzemenin montmorillonit tipi kil olduğunu göstermiştir.

Çatlak Suyu Azaltma Faktörü(Jw)

Aynadaki su akışının debisi 2 lt/dak olarak ölçülmüştür. Çatlak suyu azaltma faktörü değeri, kuru kazılar yada <5 lt/dak. Su gelen kazıları gösteren , 1 olarak alınmıştır.

Gerilim İndirgeme Faktörü(SRF)

SRF değeri (kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya kapsayan tek zayıflık zonu) ve (kimyasal şişme ve fazla şişen kaya basıncı, tek zayıflık zonu) değerleri olan 2,5 ve 12 arasında değişmiştir.

Kazı Destek Oranı(ESR)

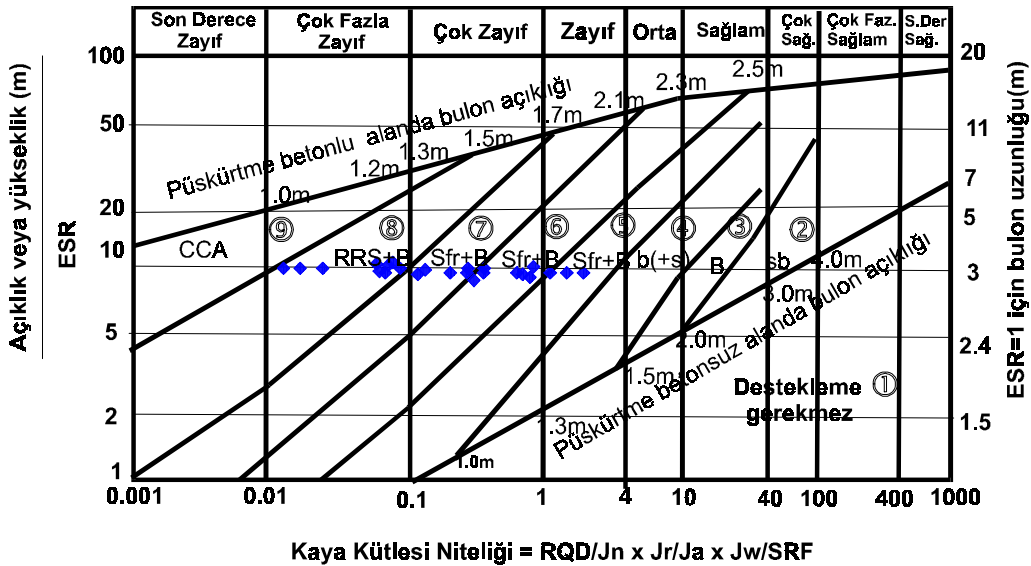
ESR değeri, santral binaları, büyük yol ve demiryolu tünelleri, sivil savunma sığınakları değeri olan 1 olarak seçilmiştir.

Ayrışma Değerleri

Aynalardaki ayrışma değerleri SW (az ayrılmış) ile CW (tamamen ayrılmış) arasında değişmektedir.

SONUÇLAR

- Bu çalışmada, İzmir şehir içi ulaşımına çözüm için yapılan İzmir Hafif Raylı Sistemi (İzray) kapsamında açılan Nene Hatun Tünelinin Konak şaftından - Üçyol'a kadar olan 197.00m lik kısmının jeolojisi ve jeolojik kesiti sunulmuştur(Şekil 4 - 5).
- Tünelin açıldığı kayaların mühendislik özellikleri araştırılmış, tünelin desteklenmesi için gerekli destekleme tipi önerilmiştir. Bu amaç için kullanılan kaya sınıflama yöntemlerinden Barton vd. (1974) tarafından geliştirilen Q-sistemi seçilmiş gerekli parametreler her ilerleme için saptanmıştır, (Şekil 7). Q değerleri, 1+408.10 km de 2,69 ile 1+314.30 km deki 0,01 arasında değiştiği görülmüştür(Tablo 1).
- Bu değerler doğrultusunda maksimum destekleme öngörülen kesim için CCA(sr)40-150cm+B(tg) 1m, minimum destekleme öngörülen kesim için, S2.5-7.7cm sonuçları bulunmuştur(Tablo 2).
- Tünelin açıldığı andezitlerdeki süreksizliklerin artması, buna bağlı olarak RQD değerinin düşmesi ve mevcut süreksizliklerin alterasyonu sonucu süreksizlik ara dolgusunun kil olarak gelişmesi, kayaların duraylılığını olumsuz olarak etkileyerek "Q" değerlerinin azalmasını sonuçlamıştır(Şekil 8).

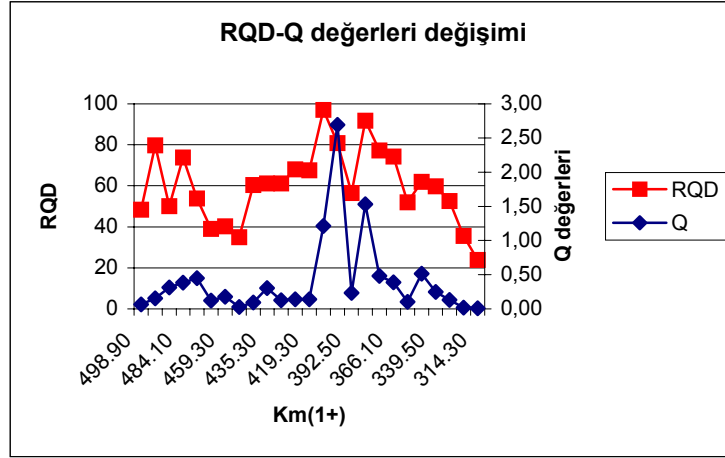


◆ Aynalardan elde edilen veri

DESTEKLEME KATEGORİLERİ

- | | |
|--|--|
| (1): Tahkimatsız | (6): Lifli Püskürtme Beton (12-15cm) ve Kaya Civatası, Sfr+B |
| (2): Noktasal Kaya Civatası, sb | (7): Lifli Püskürtme Beton (9-12cm) ve Kaya Civatası, Sfr+B |
| (3): Sistematik Kaya Civatası, B | (8): Lifli Püskürtme Beton (>12cm) ve Kaya Civatası, ve çelik İksa Sfr,RSS+B |
| (4): Sistematik Kaya Civatası, (ve Donatsız Püskürtme Beton), 4-10cm, B(+sm) | (9): Yerde Dökme Beton Kaplama, CCA |
| (5): Lifli Püskürtme Beton (5-9cm) ve Kaya Civatası, Sfr+B | |

Şekil 7. Q-sistemine göre önerilen destekleme kategorileri(Grimstad, Barton 1993)



Şekil 8. RQD-Q-değerlerinin hat boyunca değişimi

Tablo 1. Aynalardan elde edilen Q-sistemi parametreleri

<i>Km (1+)</i>	<i>RQD</i>	<i>Jn</i>	<i>Jr</i>	<i>Ja</i>	<i>Jw</i>	<i>SRF</i>	<i>Q</i>
498.90	48,3	12	1	8	1	7,5	0,07
492.01	79,7	12	1,5	8	1	8	0,16
488.11	50,1	15	3	4	1	8	0,31
484.10	73,8	12	3	6	1	8	0,38
473.10	53,8	12	3	6	1	5	0,45
466.10	39	15	3	8	1	8	0,12
459.30	40,3	9	3	10	1	7,5	0,18
453.30	35	20	1,5	8	1	12	0,03
445.30	60,3	12	1,5	8	1	10	0,09
435.30	61,2	12	1,5	5	1	5	0,31
432.30	61,1	12	1,5	8	1	7,5	0,13
425.30	68	12	1,5	8	1	7,5	0,14
419.30	67,5	12	1,5	8	1	7,5	0,14
411.30	97	12	3	4	1	5	1,21
408.10	80,8	12	3	3	1	2,5	2,69
392.50	56,4	12	1,5	6	1	5	0,24
382.70	91,7	12	1,5	3	1	2,5	1,53
372.30	77,3	12	1,5	8	1	2,5	0,48
366.10	74,2	12	1,5	3	1	8	0,39
359.70	52	12	1,5	8	1	8	0,10
352.60	61,9	15	3	4	1	6	0,52
339.50	59,8	15	3	6	1	8	0,25
327.30	52,5	15	3	8	1	10	0,13
320.30	35,5	20	1	10	1	10	0,02
314.30	23,9	23,9	1	10	1	10	0,01

Tablo 2. Q-sistemi parametrelerine göre önerilen ve uygulanan destekleme, geçilen formasyon.

<i>Km(1+)</i>	<i>Q-Sistemi tarafından önerilen destekleme</i>	<i>Uygulanan Destekleme</i>	<i>Formasyon</i>	<i>Ayrışma derecesi</i>
498.90	CCA(sr)40-150cm+B(tg)0.5-1.0m	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	CW-HW-MW
492.10	B(tg) 1m+S(mr)5-12.5cm	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	MW -SW
488.10	B(tg) 1m+S(mr)7.5-25cm	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	SW
484.10	B(tg) 1m+S(mr)5-12.5cm	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	SW - MW
473.10	B(tg) 1m+S(mr)10-20cm	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	SW -HW
466.10	B(tg) 1m+S(mr)7.5-25cm	S(mr)25cm/1 ply+B(tg)7/8 1m	Andezit	HW-CW -SW
459.30	B(tg) 1m+S(mr)5-12.5cm	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	HW -SW- MW
453.30	CCA(sr)40-150cm+B(tg) 1m	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	MW - CW
445.30	B(tg) 1m+S(mr)5-12.5cm	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	SW -MW -CW
435.30	B(tg) 1m+S(mr)10-20cm	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	MW -CW -SW
432.30	B(tg) 1m+S(mr)5-12.5cm	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	SW
425.30	B(tg) 1m+S(mr)5-12.5cm	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	CW - HW -MW
419.30	B(tg) 1m+S(mr)5-12.5cm	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	CW - HW - SW
411.30	B(utg)1-1.5m+S(mr)10-15cm	S(mr)25cm/2 plies+B(tg)11/12 1m	Andezit	HW - MW
408.10	S 2.5-7.5 cm	S(mr)25cm/1 ply+B(tg)7/8 1m	Andezit	SW
392.50	B(tg) 1m+S(mr)5-12.5cm	S(mr)25cm/1 ply+B(tg)7/8 1m	Andezit	HW - MW
382.70	B(tg)1-1.5m S(mr)10-15cm	S(mr)25cm/1 ply+B(tg)7/8 1m	Andezit	SW
372.80	B(tg) 1m+S(mr)10-20cm	S(mr)25cm/1 ply+B(tg)7/8 1m	Andezit	MW - SW
366.10	B(tg) 1m+S(mr)10-20cm	S(mr)25cm/1 ply+B(tg)7/8 1m	Andezit	CW -CW

Tablo 2 devam.

359.70	B(tg) 1m+S(mr)5-12.5cm	S(mr)25cm/1ply+B(tg)7/8 1m	Andezit	CW- HW - MW
352.60	B(tg) 1m+S(mr)10-20cm	S(mr)25cm/1ply+B(tg)7/8 1m	Andezit	HW -MW- SW
339.30	B(tg) 1m+S(mr)7.5-25cm	S(mr)25cm/1ply+B(tg)7/8 1m	Andezit	HW - MW - SW
327.30	B(tg) 1m+S(mr)7.5-25cm	S(mr)25cm/1ply+B(tg)7/8 1m	Andezit	CW -HW -MW
320.30	CCA(sr)40-150cm+B(tg)1m	S(mr)25cm/1ply+B(tg)7/8 1m	Andezit	CW
314.30	CCA(sr)40-150cm+B(tg)1m	S(mr)25cm/1ply+B(tg)7/8 1m	Andezit	CW

Sb : noktasal kaya civatası; B : Sistematik kaya civatası; (tg) : öngermeli; S : Püskürtme beton; (mr) Lifli püskürtme beton; CCA : Yerinde dökme beton kaplama

KAYNAKLAR

- AKARTUNA, M. On the geology of Izmir, Torbalı, Seferihisar, Urla district. *M.T.A. Bull. no. 5, 1-9.* 1962.
- ANONİM, 1993. İzmir belediyesi, İzmir metro sistemi (İzray), Fahrettin Altay- Basmane güzergahının (1. aşama) mühendislik jeolojisi. *MJKM, İTÜ, İstanbul.* 1962.
- BARTON, N. L. & LUNDE, R. J. Enginering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock mechanics Vol.6 Oslo-Norway.* 1974.
- DÜZBASTILAR, M. K. Yamanlar bölgesi batı kısmının jeoljisi hakkında. *E.Ü.F.F. no. 186. Bornova, İzmir.* 1978.
- GRIMSTAD, E AND BARTON, N. Updating of the Q-system for NMT. *In: Proceedings of the international symposium on sprayed concrete – modern use of wet mix sprayed concrete for underground support, Fagernes.* 1993.
- KOCA, M. Y. Slope stability assesment of the abandoned andesite quarries in and around the İzmir city center (*Doktora tezi*), İzmir. 1995.
- RAWLINGS, W. S., BARTON, N., SMALLWOOD, A., DAVIES, N. Rock Mass Classification Usin The ‘Q’ and RMR Systems. 8. *Int. Congres on Rock Mechanics. Vol.1.Tokyo, Japan* 1995.