

GÜZERGAH SEÇİMİ VE BU SEÇİMDE JEOLJİNİN ÖNEMİ*

Route location and significance of geology on route selection

İlyas YILMAZER Spektra Jeotek A.Ş., ANKARA

ÖZ : Güzergah belirlenmesi yol mühendisliğinin önemli bir bölümüdür. İyi bir ulaşım planını takip eden güzergah seçimi yol projesine temel oluşturur. Bu çalışma çok-disiplinli bir iş olup genellikle ekonomist, mimar, şehir planlamacı, çevreci, toplum bilimci, jeomorfolog ve mühendislerin ortaklaşa çalışması ile gerçekleştirilir. Mühendislik açısından, jeolojik çalışma başlıca şunları içerir; jeolojik harita alımı, büyük ölçekli jeolojik yapıların belirlenmesi, hidrojeolojik ve jeomorfolojik özelliklerin açıklanması, doğal yamaç eğim ve kütle hareketlerinin incelenmesi, agrega (yol malzemesi) kaynaklarının belirlenmesi v.b. Bütün bunlar mali gelir-gider analizinde ve seçenek değerlendirilmesinde olduğu kadar proje özellikleri üzerinde de etkilidirler. Burada birincil erek, bu konulardaki bilimsel iletişime genel ölçütlerle katkı sağlayabilmektir. Fayların tip, uzanım ve büyüklüğü iyi anlaşıldığında gerek güzergah belirlenmesinde gerekse yol boyu ilgili duyarsızlık problemlerinin azaltılmasında önem taşımaktadır. Kıvrımlar, tabaka konuları, litolojik birim dokanakları ve eklem ve kırıklık yoğunluğu otoyol yapılarının duraylılığı üzerinde etki taşımaktadır. Yaygın birimlerin mühendislik özellikleri güzergah çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Drenaj sistemleri, kaynak ve sızıntılar, bataklık ve ıslak yumuşak zeminler, kütle hareketleri ve doğal yamaç eğimi ilişkisi, yüzey ve yeraltı durumu ve bu havzaların gelecekteki kullanım planlarının bilinmesi güzergah seçiminde yadsınamayacak önem taşımaktadır. Çakıl-kum ve kırma taş ancak yerinde değer taşıdığına nicel, nitel ve alansal dağılımları güzergah belirlenmesinde ve yol projesi üzerinde etkili olabilmektedir.

ABSTRACT : Route location is an important aspect of highway engineering. It proceeds a comprehensive transportation planning and forms basis to highway design. A route selection study is a multidisciplinary job. The common participated members are economist, architect, city planner, environmentalist, sociologist, geomorphologist, and engineers. In engineering sense, geological study includes geological mapping, identification of major geological structures, lithological properties, hydrogeological characteristics, geomorphological features, natural slopes, distribution and types of mass movements, distribution of aggregate sources (pit and quarries), and so forth. These items are effective on cost - benefit analysis and route evaluation as well as highway design characteristics. The main purpose here, is a scientific information spreading of general criteria of a route location study.

Type, trend, and extent of faults can control route location. If the situation is properly understood, it may help to locate route in order to minimize related stability problems along an alignment. Folds, bedding attitudes, lithological contacts, and intensity of joints and fractures have effect on stability of motorway structures. Engineering characteristics of the prevailing lithologies are quite important in the route location study. Recognition of drainage pattern, seeps and springs, swamps, and marshy soft grounds, interrelationships between natural slopes and mass movements, surface and groundwater conditions, and their basins future use (long term) plans have also significant role in route location. Gravel - sand and crushed rock have place value rather than unit vale. Therefore their analysis in terms of quantity, quality, and areal distribution may also have influence on route location and as well as highway design.

GİRİŞ

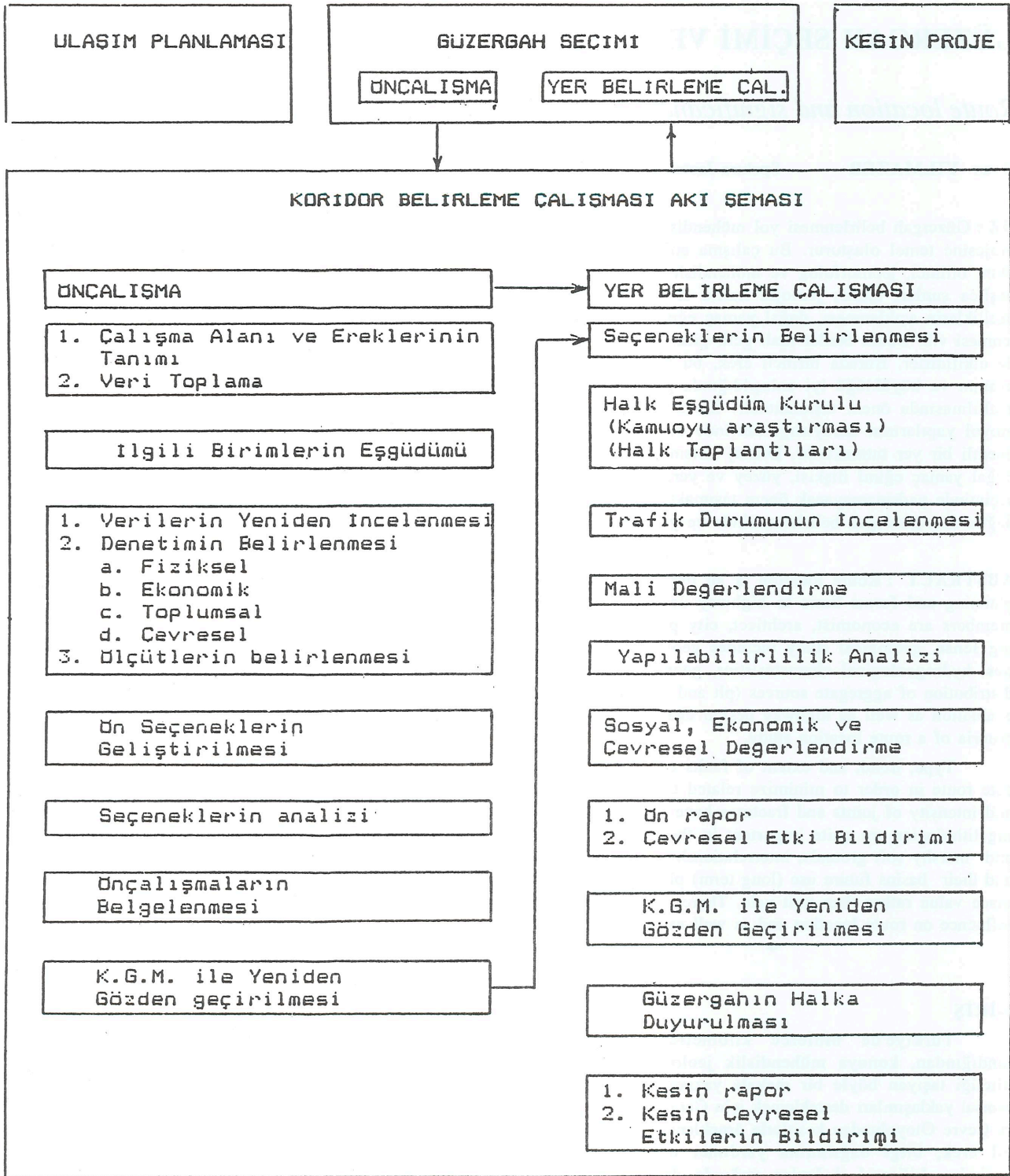
Türkiye'de binlerce kilometrelik otoyol planlandığından, konuya mühendislik jeolojisi açısından giriş niteliği taşıyan böyle bir makale yazımına gidilmiştir. Kuramsal yaklaşımları desteklemek için Cerede-Ankara ve Ankara Çevre Otoyolundan kesitlerle örneklenmiştir. Burada birincil erek, bilgi dağılımına yardımcı olmaktır. Güzergah seçimine bilimsel doğrular ışığında dünyada nasıl yaklaşıldığına bir göz atmak gereği de duyulmuştur. Bu anlamda konu yalnız güzergah seçiminde jeolojinin önemi olmasına karşın, diğer ilgili bilim dallarına da değinilmiştir. Özellikle

gelişmekte olan ülkelerin bütçesini sarsacak nitelikte mali yükümlülük getiren ve gelişmiş ülkelerin yapımından hemen vazgeçtiği otoyol yapımında jeolojinin önemi yadsınamaz. Bu bağlamda aşağıda öz olarak verilecek jeolojik konular daha sonraki makalelerde kuramsal ve uygulamalı yöntemlerle açılacaktır.

GÜZERGAH SEÇİMİ

Güzergah belirlemesi ulaşım planı ve kesin proje arasında köprü görevi görür. Ön çalışma ve kesin yer belirleme çalışması olarak iki ana bölümden oluşur (Şekil 1). Ön

* TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası tarafından 14-17 Mayıs 1990 tarihleri arasında Ankara DSI salonlarında düzenlenen "Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu"nda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.



Şekil 1. Yol planlaması ve mühendislik alanına uzanımı (Preston, 1975'ten çevirilerek alınmıştır).
Figure 1. Highway planning and engineering continuum (after Preston, 1990).

çalışmada ulaşım planı ereği doğrultusunda çevresel, toplumsal ve ekonomik raporlar, haritalar, hava fotoğrafları ve ayrıntılı mühendislik raporları hazırlanır. Bilgisayar teknolojisinin yardımıyla tüm veriler ön değerlendirmeye sokulur. Seçilen güzergahlar tüm mühendislik ve diğer değerlendirme raporlarıyla birlikte halka etkili yöntemlerle duyurulur. Halkın katılımı sağlanan açık forumlarla tartışmalara açılır. Yeni eleştiri ve öneriler doğrultusunda son çalışmalar tamamlanır. Böylece belirlenmiş yapılabılır güzergahın kesin projelendirilmesine geçilir.

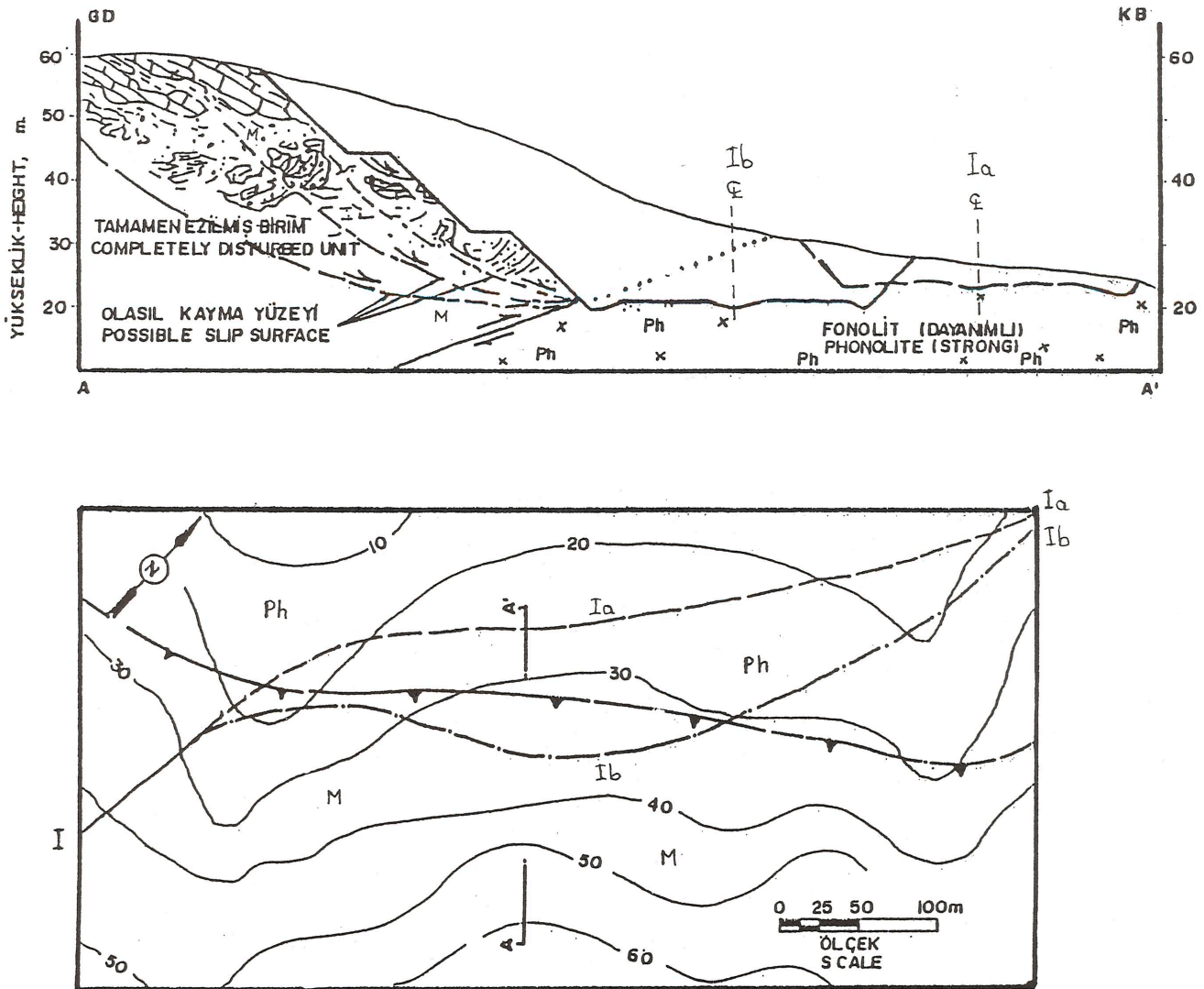
GÜZERGAH JEOLJİSİ

Bir otoyolun güzergah seçiminde, yapımında ve kullanımında mali açıdan çok büyük önem taşıyan jeolojik çalışmalar ana başlık ve kısa örneklerle verilmeye çalışılmıştır. Ulaşım planı ile belirlenen koridorda jeolojik çalışmalar, geniş

(yer yer 10 km yi geçen) bir alanın 1:25000 lik jeolojik haritasının hazırlanması ile başlayıp daha ayrıntılı 1 : 5000 ve daha sonra da 1 : 1000 lik jeolojik haritaların hazırlanması ile sürdürülür. Bu haritalar en genel anlamda litolojik özellikleri, yapısal elemanları, hidrojeolojik bulguları ve güncel kütle kaymalarını içerecektir.

Yapısal Jeoloji

Özellikle bindirme fay zonlarının zayıf zemin özelliği gösterdiği bilinmektedir. Ancak bu zonlarda çok iyi korunmuş dayanımlı kütlelerde bulunabilmektedir. Bu tür zonlarda yapılacak yüzey jeolojisi yeraltı jeoloji çalışmalarından daha da yararlı olabilmektedir. Dayanımlı kütlelerin boyutları çok değişken olduğundan ve zemin özelliği gösteren bozunmuş ezik malzemeye sarılmış olabileceğinden böyle bir zonu mühendislik özelliklerini belirlemek oldukça güçtür. Son-



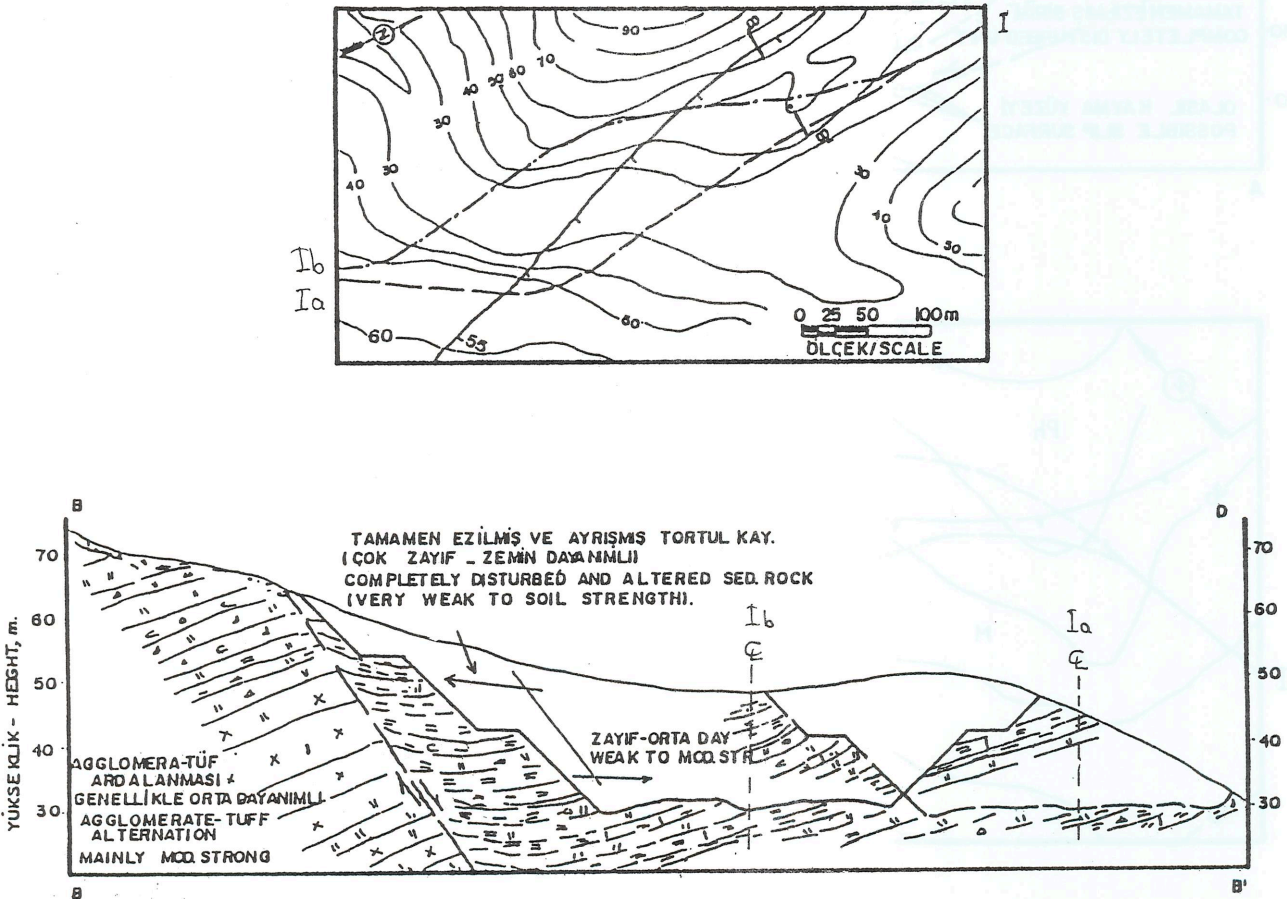
Şekil 2. Bir bindirme fay zonunda iki otoyol seçeneği.
Figure 2. Two alternative roads on a thrust fault zone.

daj verileri yüzey jeolojisi bulgularıyla birlikte değerlendirilmediğinde genellikle yanıltıcı olmaktadır. Bir bindirme fayında üst blokun genellikle daha fazla ezildiği dolayısıyla daha çok bozulduğu bilinmektedir. Yukarıdakilerin ışığında bu zonlar dik veya dike yakın kesilmelidir (Şekil. 2). Durumlar elverdiğince bu zonlarda yüksek dolgu ve yarma yapmaktan kaçınılmalıdır. Sanat yapılarının da sayısını ve büyüklüğünü az tutmak gereklidir. Olanaklar ölçüsünde bu yol yapıları alt blok üzerine oturtulmalıdır. Bu basit öneriler milyarlarca liralık harcamayı gerektirecek kayma, oturma ve göçüklerin önüne geçebilmektedir. Dikkate alınmadığında büyük boyutta harcamaların yapıldığını ülkemizdeki uygulamalardan gösterebilmeyiz.

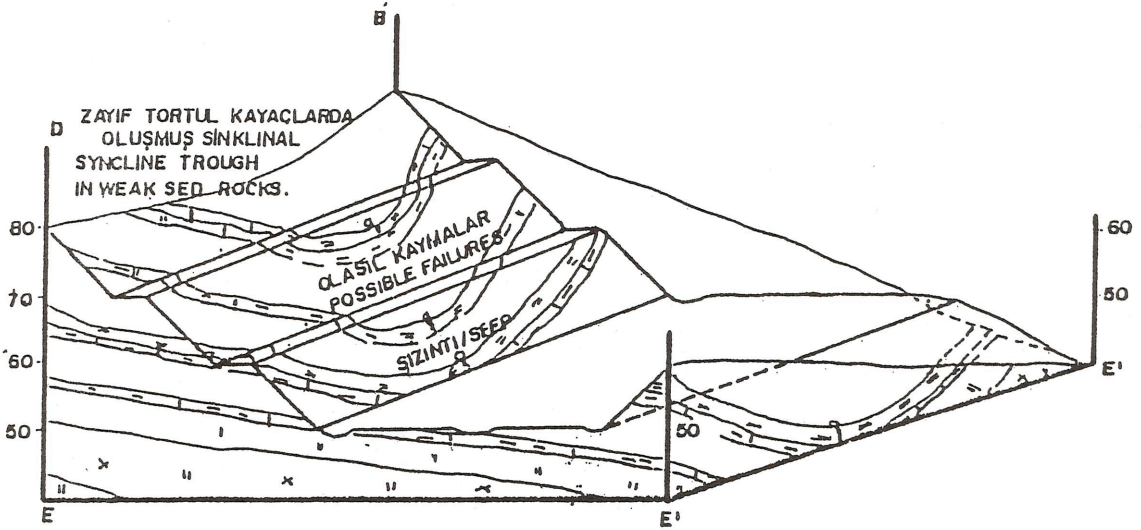
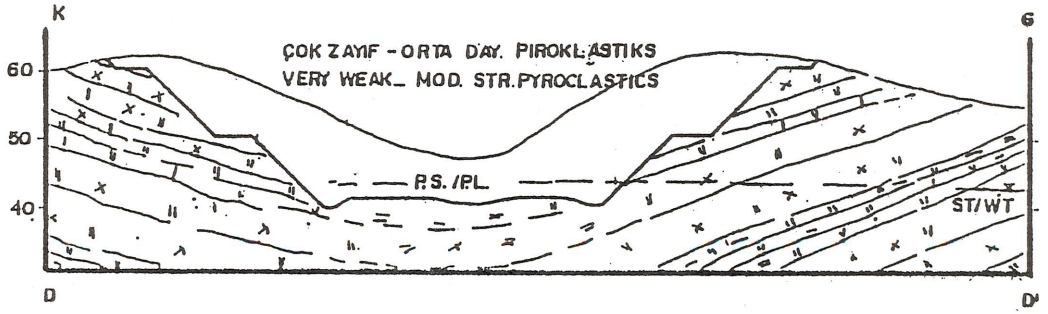
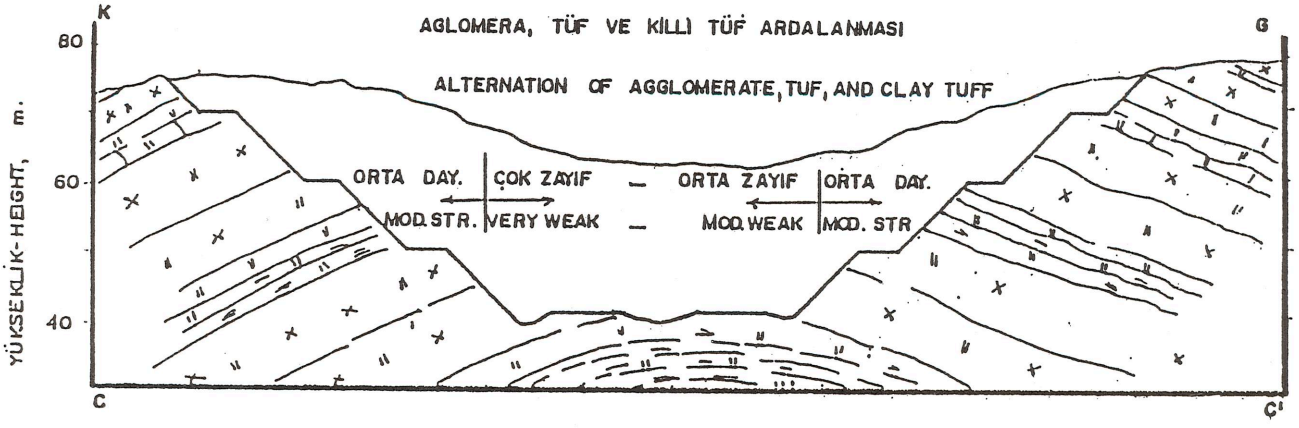
Normal faylarda da durum benzerdir. Genellikle düşen blok daha hareketli olduğundan daha düşük mühendislik parametreleri içerir. Ayrıca düşey atımın 100 m den daha fazla olduğu yerlerde ezilme zonunun kalınlığı, tamamına yakını düşen blokta olmak üzere, 50 m'ye ulaşabilmektedir. Bu zonlar dik veya dike yakın geçilmelidir. Yüksek yarma ve dolgu yapımından kaçınılmalıdır. Sanat yapıları olanaklı ise bu zonlardan uzak tutulmalı veya projelendirmede önemle gözönünde tutulmalıdır. Bunlara uyulmadığında büyük ölçekte harcamaları gerektiren kaymalar, oturmalar ve göçükler kaçınılmaz olmaktadır. Aşağıda verilen şematik örnekle duruma açıklama getirilmek istenmiştir (Şekil 3).

Büyük ölçekteki kıvrımların yanısıra yerel kıvrımların da yol yapılarının duraylılığında etkili olduğu gözlenebilmektedir. Bir kıvrımda kıvrım eksenlerinin en fazla kırıldığı, dolayısıyla mühendislik açısından zayıf zonlar oluşturduğu düşünülerek olanaklar ölçüsünde bu tür zonlardan uzak durmak gerekmektedir. Özellikle yüksek yarma gerektiren bir güzergahtan kaçınılmalıdır. Sinklinal ekseninin yamaç dışarı eğime sahip olduğu yerlerde, yeraltı suyu kıvrım yanakları aracılığıyla kıvrım eksenine yönlendirilir. Suyu doygun litolojilerde kayma direnci doğal olarak düşeceğinden bu durumlarda kaymalar çok sık gözlenmektedir. Bazı özel durumlar şekil 4'te şematik olarak gösterilmiştir.

Tabaka konumları da yolun duyarlılığını etkilemektedir. Şekil 5'a da verilen örnekte, birim yüksek plastiseli tuf-palagonit, tuf, tüflü kiltası, kalkerli tuf ve silis-leşmiş tuf aralanmasından oluşmaktadır. Tuf-palagonit tabakaları geçirimsiz olup çok yüksek şişme özelliğine sahip simektit grubu kil mineraleri içermektedir. Özellikle ortamda suyun varlığında çok yüksek plastiseli yumuşak zemin özelliği taşımaktadır. Diğer ardışık kayaç türleri zayıftan dayanımlıya değişim göstermektedir. Tabaka eğimleri ise 6 ile 14 derece arasında değişmektedir. Bu istifin dayanımlı seviyelerinde eklemeler, doğal olarak, tabaka düzlemlerine dik olarak gelişmiştir. Bu durumlarda yarma duraylılığını klasik yöntemlerle, yani yamaç eğimini azaltarak sağlamak çok büyük harcamalara neden olmaktadır. Yamaca 18 derecelik eğim verildiğinde bile kaymaların olabileceği öngörülebildiğinden duraylılığı sağlayabilmek için yapılacak



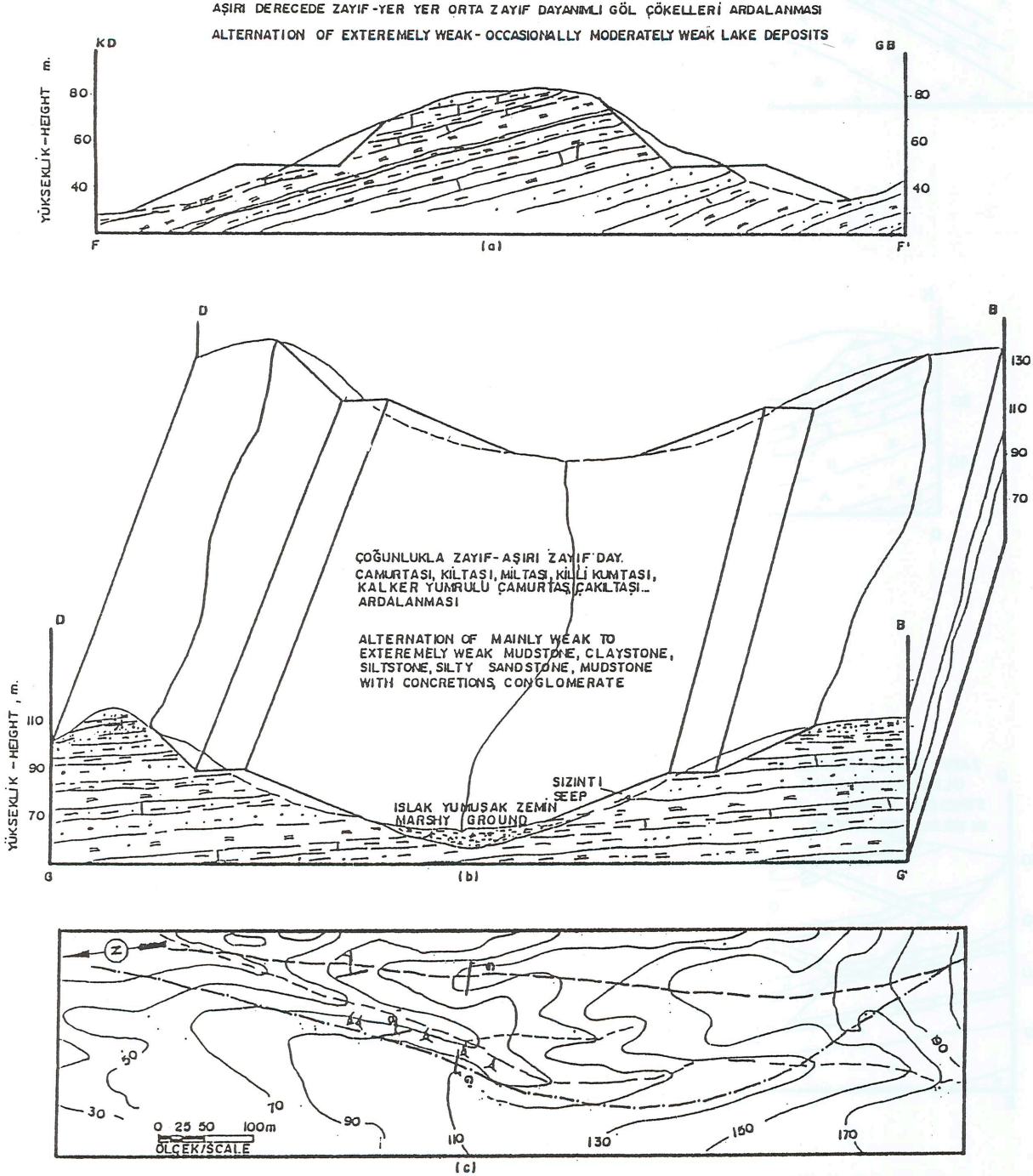
Şekil 3. Bir normal fay zonunda iki yol seçeneği.
Figure 3. Two alternative roads on a gravity fault zone.



Şekil 4. Kıvrım ve yol durumu ilişkisini gösterir şematik kesitler.
Figure 4. Sketch sections depicting fold and road conditions.

harcamaları doğru güzergah seçimiyle gidermek olasıdır. Şekil 5b de ise bir yanlış güzergah seçiminde yarma ve dolguların nasıl tehlikeye sokulduğu gösterilmektedir. Yanlış seçimde (Y.S.) su toplama havzasının genişlediği ve yeraltısuyunun yola doğru tabaka düzlemleri tarafından yönlendirildiği açıktır. Bu durum yol yapımı ve kullanımı sırasında kaymalara ve oturmalara neden olabilecektir. Yarmalarda düzlemsel kaymalar, toprak dolgularda ise boşluk su basıncından dolayı dairesel kaymalar kaçınılmaz olur.

Özellikle çok zayıf dayanımlı tortul birimlerde ve kuzey-güney uzanımlı vadilerde duraylılık açısından çok büyük önem taşımaktadır. Genellikle yapım öncesi buharlaşma yüksek olduğundan kaynak ve sızıntılar gözlenemiyebilir. Ancak yapım sonrası, toprak dolgu altında kalan kesimlerde, buharlaşma sıfıra yakın olacağından boşluk suyu basıncında kaçınılmaz bir artış olacaktır. Bu koşulların da maliyeti olumsuz yönde etkileyeceği açıktır.



Şekil 5. Bir tabakalanma durumunda iki değişik seçenек.
Figure 5. Two alternative on the same bedding attitude.

Litostratigrafi

Güzergah belirleme çalışmalarında, geçilecek birimlerin litolojik özellikleri ve bu birimler üzerindeki doğal yamaç eğim - kütle hareketleri ilişkisinin önemi yadsınamaz. Yüzey jeolojisi gözlemleriyle, birimlerin yaklaşık olarak zemin veya kaya özelliği taşıdığı ve bunların alansal dağılımı kolayca belirlenebilir. Varolan Pliyo-Kuvaterner kütle hareketlerinin hangi koşullarda gerçekleştiği incelenip mühendisli ve ekonomik açıdan genel ölçütlerle değerlendirmek zor değildir. Örneklemek gerekirse, bir otoyolun yüzde altmışından fazlasının yüksek plastisiteli zeminden geçmesi durumunda olası yarma, dolgu, ve sanat yapıların duraylılığını sağlamanın mali açıdan boyutu gösterilebilir. 15Y : 1D veya bir başka deyişle yaklaşık yüzde yedi (% 6.7) eğimli ve yüksek plastisiteli göl çökellerinden oluşan bir yamaçta, yaklaşık 2 km boyunca kaymalar gözlenebiliyorsa, böyle bir alandan otoyol geçirilemeyeceğini söylemek için ayrıntılı araştırmaya gerek yoktur. Şekil 6'da durum görsel olarak verilmeye çalışılmıştır. Şekildeki işaretlerin (sembollerin) kısa açıklaması aşağıda verilmeye çalışılmıştır.

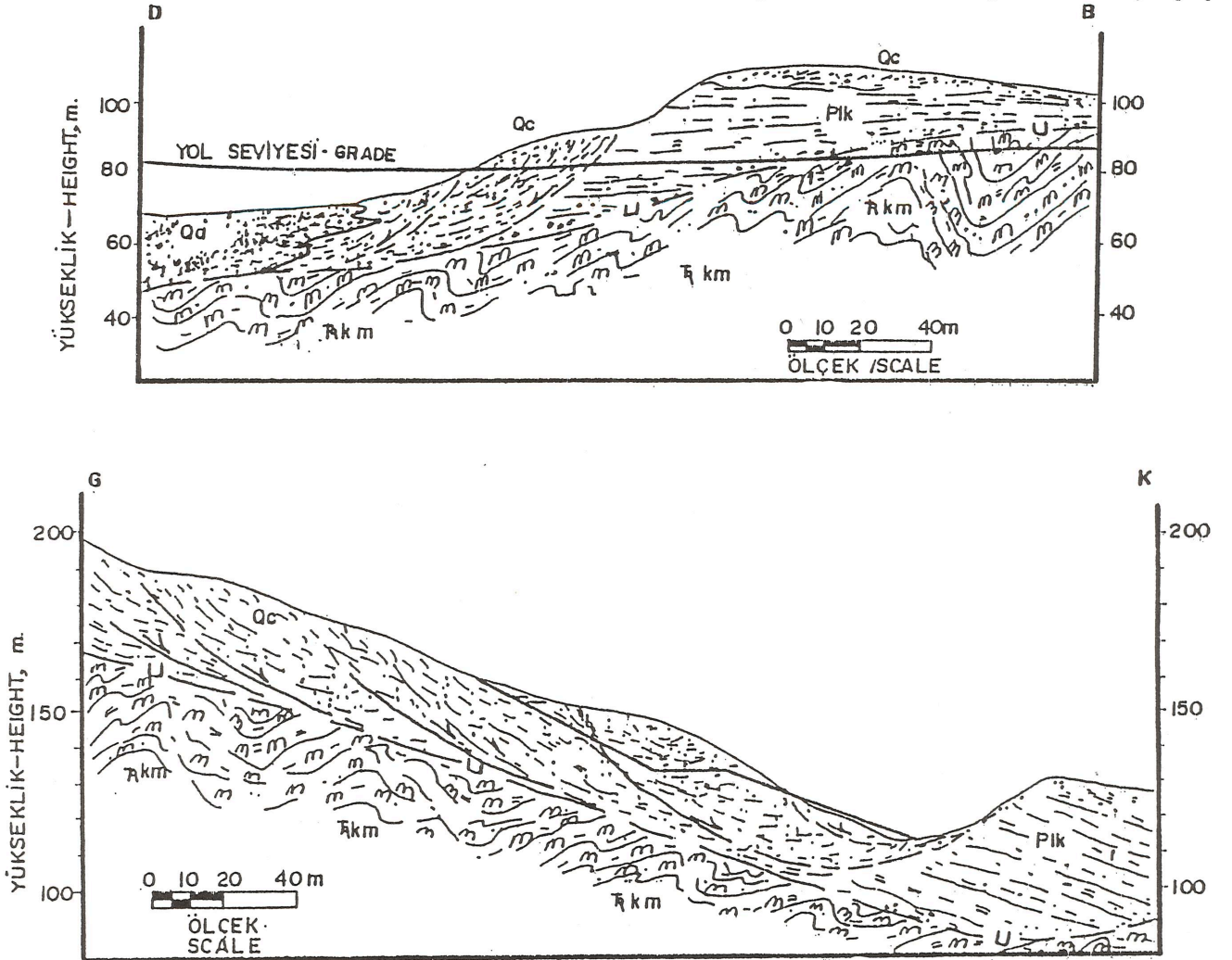
Qc : Yamaç ve yamaç eteklerinde yüzeysel yıkanma ve eğim aşağı yavaş hareketle biriken, çekimsel düşmeler ve kaymalar sonucu taşınan pekişmemiş güncel çökellerdir.

Qa : Genelde dereler tarafından vadi tabanına, sellenme düzlüklerine ve alüvyon yelpazelerine taşınmış değişken karakterli ve pekişmemiş güncel çökeltilerdir. Burada malzeme kaynağı özelliklerinin yansması olarak yumuşak ve plastik killi milden oluşmaktadır.

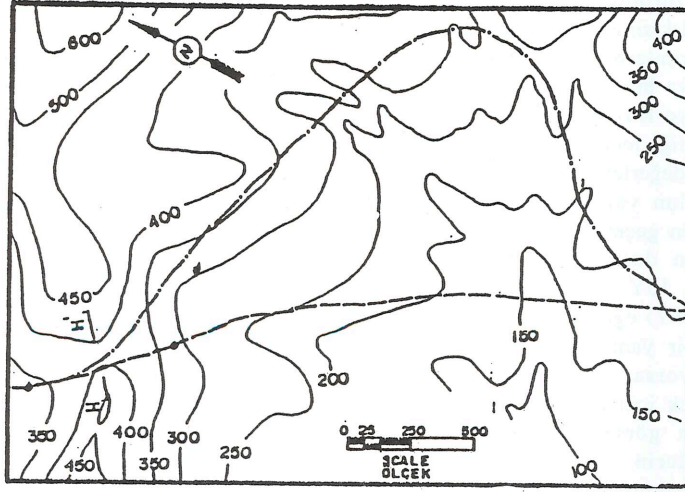
Plk : Pliyosen yaşlı göl çökelleri olup genelde iyi çimentolanmamış, kötü derecelenmiş, çok zayıf - orta zayıf dayanımlı kıltaşı, çamurtaşı, kumlu çamurtaşı ve yer yerde kalkerli seviyeleri içeren bir istiftan oluşmaktadır. Burada yapısal dokanak ilişkisinden dolayı birim, yüksek plastisiteli ve ileri derecede bozmuş zemin özelliği göstermektedir.

Tkm : Karakaya Karmaşığının Metadetritik üyesi olup zayıftan dayanımlıya değişim gösteren başkalaşmış tortul kayaları içerir. Grafitik fillit, fillit, sleyt, metagrovak, metakonglomera ve metakuarsit türü kayalar biminin esasını oluşturmaktadır.

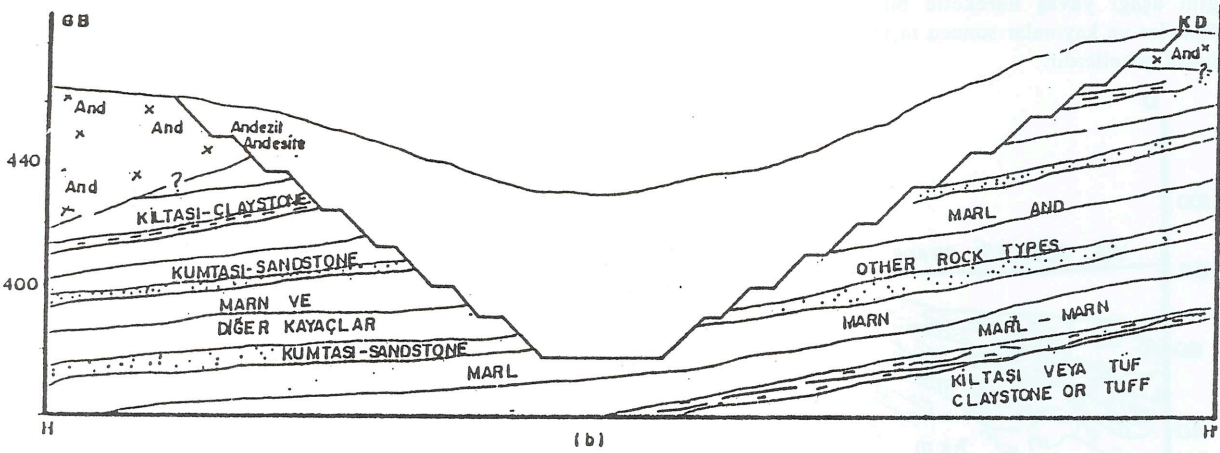
Kayaç veya zemin özelliği gösteren birimlerin mühendislik parametrelerinin farklılığı ve bunların yol proje-



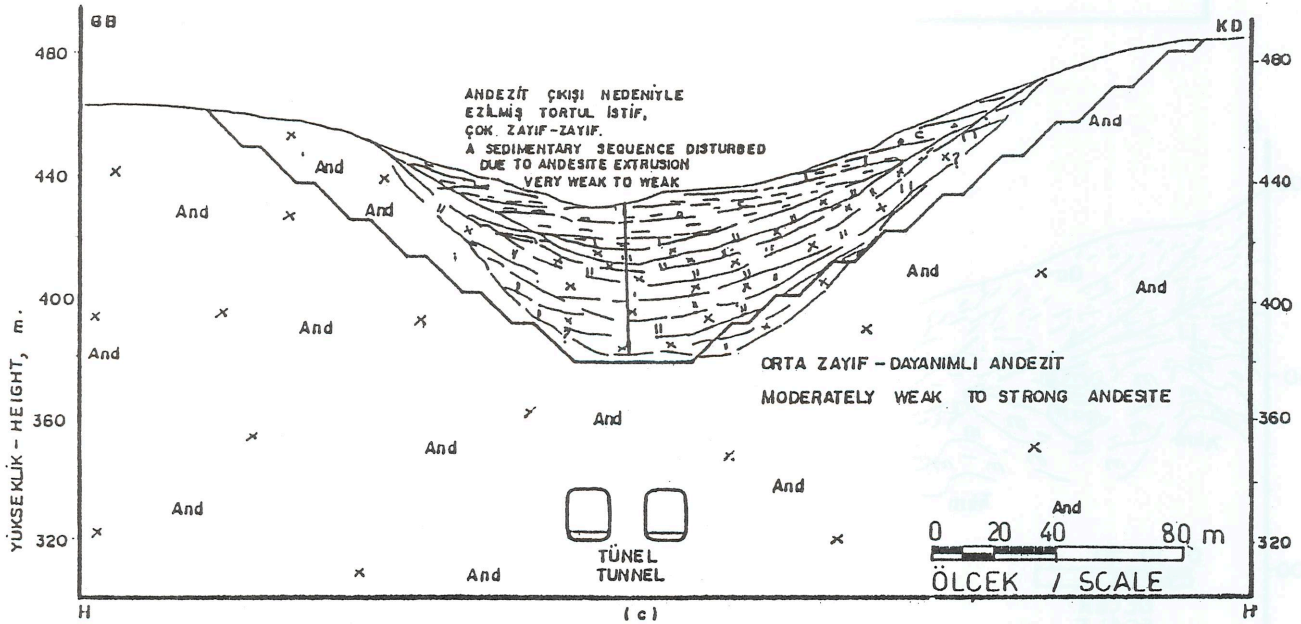
Şekil 6. Litolojik yapısal ve kayma ilişkilerini gösterir şematik kesitler.
Figure 6. Sketch cross sections showing relations between lithology, structure and slides.



(a)



(b)



(c)

Şekil 7. Aynı yerdeki (a) iki değişik jeolojik yorum ve (b, c) bunlara bağlı yol seçenekleri
Figure 7. Two different geological explanations (b, c) for the same locality (a)

lendirme ölçütlerini doğrudan belirlediği bilindiğinden ana sınıflamanın bile doğru tesbite yararı büyük olacaktır. Birimlerin yayılımları, tipleri, kalınlıkları ve oluşum koşullarının genel anlamda ortaya çıkarılması güzergahın doğru belirlenmesine olduğu kadar gerekli önlemlerin alınmasına da katkı sağlayacaktır.

Şekil 7'de taban tabana zıt iki jeolojik kesit verilmiştir. Yüzeysel jeolojisinin böyle yanlış yorumlanması durumunda; standart eğimi tutturabilmek için şekilde görüldüğü gibi yolun uzatılarak maliyet artması, ortaya kayma tehlikelerine açık yükseklikleri 100 m'yi aşan yarma ve dolgunun yapılması ve bazı sosyal ve çevresel sorunları da olan bir yol seçilebilir. Şekil 7a'daki jeolojik durumda bu sırtı aşmak için tünel seçilmeyebilir. Ancak şekil 7b'de ise tünelle geçmenin seçilmesi için her türlü mühendislik ölçütlerinin zorlayıcılığı ortadadır. Tünel kazısında elde edilecek malzemenin kırmataş olarak yol yapımında kullanılacağı da bilindiğinde, doğru yorumun ve buna bağlı doğru seçimin mühendislik açısından yararı da ortadadır.

Hidrojeoloji

Yeraltısı seviyesinin konumu, akifer parametreleri, kaynak ve sızıntıların tip ve dağılımı, bataklık ve sazlık alanların genel durumu, yüzeysel suları ve yüzeysel suyu - yeraltısuyu ilişkisinin ana hatlarıyla ortaya çıkarılmasının doğru güzergah belirlenmesine katkısı bilinmektedir. Bataklıkların yanısıra yeraltısuyunun yüzeyle çıktığı ve otoyol sınırları içerisinde kalan yerlerde etkili drenaj yapmak zorunludur. Yan yamaç dolguların mevsimlik derelerle kesişim yerlerinde dahi kaya dolgu yapmak kaçınılmazdır. Bu tür hidrojeolojik sorunların çözümünde birinci derecede kaya dolgu ve granüle malzeme kaynaklarına gereksinme vardır. Hacimsal olarak milyonlarca metreküplere ulaşan bu tür malzeme gereksinimi için, kaynak uzaklığı 5 km ile sınırlandırılmışken, bu kaynakların 20 km den daha uzakta olduğu sorunlu alanlardan otoyol geçirilmesi dayanılmaz maliyet artışına neden olabilmektedir. Bir otoyolun sadece 1 km lik kesiminde bile yaklaşık 3 milyon metreküp malzemeye gereksinme duyulduğu, güncel uygulamalardan örneklenmektedir. Bütün bunlar doğru ve doğruya yakın güzergah seçiminin önemini açık olarak ortaya koymaktadır.

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Türkiye otoyollar yapmış ve yapmakta olan diğer ülkelerden soyutlanamayacağına göre, bu ülkelerin uyguladığı ve bağlı kaldığı ilkeler burada da geçerlidir. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde otoyollar yapımı büyük mali sorunlara yol açabilmektedir. Ekonomik bir otoyol yapımını belirleyen önemli etkenlerden biri de doğru güzergah seçimidir. Bu iş çok-disiplinli bir çalışma olup ülkenin

gerçeklerini doğal olarak daha iyi bilecek olan yerli uzmanların çoğunlukta bulunduğu ekiplerce (kurullarca) gerçekleştirilmelidir. Güzergah seçiminde, çok önemli ilkelere birisi de, güzergah seçimi çalışmalarının en etkin bir biçimde halka duyurulmasıdır. Bu ilkeye uyulmadığında, yani ilgili halk topluluğunun güzergahı ancak dozerler geldiğinde öğrenmesi durumunda, sonucun demokratik bir ülkede nasıl sonuçlar doğurabileceği açıktır. Bu tür olumsuzluklar yol çalışmalarının uzamasını dolayısıyla maliyet artışını kamçılar. Güzergah seçiminde çevresel ve ekonomik etkenler çeşitli mühendislik bilim dallarının ilgi alanı içersindedir. Örnek olarak çevre, inşaat, orman, jeoloji, jeomorfoloji, jeofizik, şehir planlama, yol ve ziraat mühendislikleri ve mimarlık verilebilir. Bu bilim dallarından biri olan jeoloji mühendisliği özellikle güzergahın ekonomisi üzerinde etkili görev almaktadır. Otoyoldan kaynaklanacak olan yeraltısuyunun kirlenmesi ve rejiminin değişmesi gibi çevresel konularda, jeoloji mühendisliğinin direk ilgi alanındadır. Küçük ölçekli (genellikle 1 : 25000) ve daha sonrada büyük ölçekli (1 : 5000 ve 1 : 1000) haritalara olmak üzere genel jeoloji ve mühendislik jeolojisi işlenmelidir. Fayların, kıvrımların, yapısal dokanaların ve süreksizliklerin konumları ayrıntılı olarak incelenmeli ve bölgenin hidrojeolojik haritası yapıp hidrojeolojik özellikleri ayrıntılı olarak çalışılmalıdır. Bütün bu çalışmalar yapılırken, diğer bilim dallarının özgün çalışmalarını da özümlemeye çalışmak, güzergah seçiminde jeolojinin daha etkin karar vermesini sağlayacağı da iyi bilinmelidir. Elde edilen jeolojik bilgilerin hazırlanmasından çok değerlendirilmesinde, jeoloji mühendisliğinin değişik dallarından uzmanlara şiddetle gereksinme vardır. Kaya mekaniğinde uzmanlaşmış bir jeoloji mühendisinin yapısal jeolojide yaptığı veya bir yapısal jeoloji uzmanının hidrojeolojide yaptığı hataların büyük harcamalara yolaçabildiğine de örnek bulmak zor değildir.

KATKI BELİRLEME

Böyle bir çalışmanın ortaya çıkmasında Gerede-Ankara ve Ankara Çevre Otoyolu projesinde yazara görev veren PB-TSB ve çalışanların katkısı sınırsızdır. Yazar bu yazının çeşitli safhalarında, Spektra Jeotek ve çalışanlarının değerli yardımlarına teşekkür eder. Ayrıca yazmaya teşvik eden değerli meslektaşlarına minnettardır. Bu tür yatırımlara cefakarca olanak sağlayan Türk Milletine sonsuz şükranlarını sunar.

DEĞİNİLEN BİLGİLER

Preston, E.S., 1975, Route Location: Handbook of Highway Engineering, 187-216.