

DOĞAL YAMAÇLARDA YAPAY YAMAÇ YÜKSEKLİĞİNİN AYARLANMASI

OPTIMIZATION OF MODE SLOPE HEIGHT ON SLOPING GROUNDS

İlyas YILMAZER ve Aziz ERTUNÇ

Çukurova Üniversitesi - ADANA

ÖZ: Eğim açısı 20 dereceyi geçen doğal yamaçlarda yarma ve dolgu yamaçları, "kaz-doldur" yöntemiyle yapıldığında kabul edilemez maliyet ve çevre sorunlarıyla karşılaşmaktadır. Özellikle, etken ve edilgen mühendislik yöntemlerini gerektiren yerlerde yapay yamaçlar kaz-doldur yöntemiyle yapıldığında teknikten uzak ilkel yapılar ortaya çıkmaktadır. Yamaç dışarı eğimli yerlerde, kazı sonrası oluşacak olan duraysızlığı gidermek için yamaç yatırma işlemi kaçınılmaz olur. Bunun doğal sonucu olarak da kabul edilemez yükseklikte yamaç ve ek toprak işleri gündeme gelir.

Aşağıda sunulan çözüm ve önlemlerden uygun olanlar seçilip kullanıldığında maliyet azaltılıp doğa tahribi en aza indirilebilmektedir. Bu çözüm ve önlemlerden en yaygın olanları; ankrajlama, blonlama, donatılı veya donatısız püskürtme beton, payandalı/ankrajlı konsol duvar, toprakarme duvar, donatılı-harçlı kaya duvar, aç-kapa tünel, taşıma yollarından yamaçyukarı tarafta olanın tünele alınması veya diğerinin kısa köprüyle sağlanması, basamak kenar çitleri ve akaçlama sistemleridir. Bu çözüm ve önerilerin yol yapımı ve işletme döneminde yadsınılamayacak derecede önem taşıdığı, büyük bölümü tamamlanan ~1000 km uzunluğundaki otoyol ağında gerçekleştirilen araştırmalarca da doğrulanmıştır.

ABSTRACT: Construction of cut and embankment slopes by implementing the ordinary method "cut and fill", over a hillside exceeding 20 degrees, costs beyond the acceptable limit and may cause a disaster to natural environment. However, this method is easy to be applied and does not necessitate any significant engineering measures. Reflattening is the common method which has to be used to stabilize slope failure following this kind of construction.

Implementation of the following engineering measures shall appreciably reduce cost and harm to the natural environment. Some of these are; anchoring, bolting, shotcrete with/without wire mesh, reinforced mortar stone wall, reinforced earth wall, comforted/anchored cantilever, cut & cover tunnel, to put uphillside carriageway into tunnel or downhillside one via a short bridge, berm edge fence, and drainage system. The significance of these measures in both construction and maintenance phases are also evidenced as a result of detailed studies carried out along motorways, ~1000 km in length. Greater portion of these motorways has already been completed.

GİRİŞ

1985'ten günümüze, toplam uzunluğu 1500 m'ye yaklaşan otoyol projeleri gerçekleştirildi ve ~650 km'lik bölümü işletmeye açıldı. Toprak işlerinin kolay ve büyük paralar kazandırması, yüklenici firmanın tasarımı üstlenmesi, kontrol sisteminin çoğu yerde güdümlü-danışıklı olması, çevre korumanın gözönünde bulundurulmaması (örnek: Ankara'nın 4 içme suyu barajının üzerinden geçen bir otoyolun yapılması) ve benzeri nedenlerden dolayı bu projelerde bilimsel değerler alt-üst edilmiştir.

Mısır Piramitlerini ve yer yer de dolgu barajlarını anımsatan yüksek dolgulara, gök yüzüne merdiven gibi görünen ve yüksekliği 70 m'yi aşan çıplak yapay yamaçlara, özellikle makina parkı toprak işlerine uygun yüklenici firmaların yaptıkları otoyollarda, sık sık rastlanılmaktadır.

Ana konusu köprü olan yüklenici firmalarda ise düşük yükseklikte dolgu yerine köprü'nün yapıldığı veya çok sayıda köprü yapılabilecek bir geçkinin seçildiği de gözlenebilmektedir (Merdol, 1992; Tümer, 1992). Sayısal yaklaşımla, en az 20 yıl otoyola gereksinme duyulmayacak yere otoyol diye dayatılması (sözlü görüşme, A. Merdol, 1988) ve tasarım hataları yüzünden 100 binlerce dönümlük çıplak yapay yamaçlarıyla görüntü kirliliğinin ana nedenlerinden birisi olan otoyollarının şehir içersine sokulması (örnek: Adana) ve çevre yolu diye şehir içi yollara benzer geçkilerin belirlenmesi bilinen mühendislik çözümlerinin ancak küçük bir bölümünün uygulanmasına olanak sağlamıştır. Tünel yapılması gereken yerlerde, dağlara tırmanıp yüksekliği 100 m'yi aşan yarma ve dolguların yapılması (Yılmaz, 1991a) veya çok köprülü bir geçkinin seçilmesi yüklü olan sorunlara başka bir boyut katmıştır. Yolun düz

alandan anlamsızca döndürülmesi, tarihi değerleri hiçe sayarcasına geçki ve otoyol bileşenlerinin seçimi, kış boyu en az 3 ay kar mücadelesi gerektiren dağlara geçkinin yerleştirilip kabul edilemez miktarda toprak işlerinin yüksek yarma ve dolgular için yapılması zorunluluğu (Sözlü görüşme, A. Merdol 1989; E. Erdem, 1989; Dawson, 1990) yadsınılamayacak boyutta bir sorun olarak kaçınılmaz olur. Yapılması gerekli toprak işler kabul edilebilir sınırın ötesinde gerçekleşir. Ayrıca, kesilerek yokedilen orman sahaları yol inşaat sahasına ulaşım yollarıyla birlikte 10'larca dönüm/km tül'ü aşar. Sorun çıkarmamak, soruna çözüm bulmaya çalışılmaktan daha mühendisce bir yaklaşımdır.

Yılmaz (1993a)'da verilen bir çalışmada; 114 m yüksekliğinde bir dolgu (10'larca dönüm arazinin katli) yerine iki orta ayaklı kısa bir köprüyle geçilebilir; % 6 eğimle çok sayıda yapı, yarma ve dolgu yerine 800 m uzunluğunda bir tünel sağlam kayaya yerleştirilip yol kısaltılabilir ve eğim, otoyollar için üst sınır olan % 4'ün çok altına indirilebilirdi. Yarma-dolgu, köprü, tünel, donatılı yamaçlar ve dayanma duvarları bir otoyolun vazgeçilemez bileşenleridir. Yüklenici firmanın arzusuna göre değil bilimsel verilere göre geçki belirlenip uygun olan yol bileşenleri seçilmelidir. Böylece Yüksek dolgu ve yarmalar yerine maliyeti düşürücü ve doğayı koruyucu teknik çözümler uygulamaya konmalıdır.

Yukarıda verilmeye çalışılan sorunlardan dolayı "doğal yamaçlarda yapay yamaç yüksekliğinin ayarlanması" konusu hemen her projede gündem dışı kalmıştır. Karamsar bir tablo gibi görünen bu gerçek sorunlara, kısa olarak yalnızca giriş bölümünde yer verilmiştir. Yapay yamaç yüksekliğinin ayarlanması konusu ise daha sonraki bölümlerde tablo ve şekillerle anlatılmaya çalışılacaktır. Tortul kayadan kor kayaya ve başkalaşmış kayadan toprak zeminlere kadar değişik zemin koşullarında yapılmış ve yapılmakta olan otoyolların yaklaşık 1000 km'lik bölümü bu amaçla incelenmiş varılan sonuçlar aynı konu başlığı altında Mühendislik Jeolojisi Bülteni'de verilmeye çalışılacaktır. Bu yazıda, yapılan yanlışlardan ders çıkarma çabalarının yanısıra, kazanılan deneyimlerin ilgili birimlere ulaştırılmasının "benzeri hataların tekrarını azaltacaktır" amacı güdülmüştür.

Türkiye otoyol projelerinde, özellikle 1993'e kadar tasarımı yapılanlarda, çok sayıda kasıt veya yanlışlarla dolu işler yapılmıştır. Yazılar, eleştiri ve özleştirme mekanizmasının işletilmesini bilimsel gelişmenin bir gereği olarak görmektedir. Amerika'da son yüz yılda mühendislik jeolojisinde yaşanan hataları konu olan bir kitap (The Heritage of Engineering Geology-The first hundred years, Special vol: 3) yazılarak ülke sınırlarını taşacak şekilde duyarak son 7 yıl içerisinde değişik bölgelerde tamamlanan Türkiye otoyollarından bazı örnekler seçilip sunulmuştur. Öneriden öteye gidemeyen geçki seçenekleri konunun daha iyi anlaşılabilmesi için karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

DOĞAL YAMAÇLAR

Konu içerisinde tekrardan kaçınmak için doğal yamaçlar eğimlerine göre sınıflandırılmış ve zemin koşullarında gözönünde bulundurularak önerilebilir yapay yamaç türleri, genel anlamda, Tablo 1'de sunulmuştur. Tabloda, doğal koşullarda düraysız yamaçlara ve kalınlığı 25 m'yi geçen güncel çökel (Qc)'li yamaçlara yer verilmemiştir. Ancak, yarma yamaç tasarımıyla çok büyük önem taşıyan ve kinematik incelemenin temelini oluşturan (Yılmaz ve diğ. 1992a) süreksizlik ve yeraltısuyu durumuna değinilmiştir. Doğal yamaç açısı (γ), etkin süreksizlik eğim açısı (α), sürtünme açısı (ϕ) ve birbirleriyle olan ilişkileri de anımsatılmaya çalışılmıştır.

Qc kalınlığı 25 m'yi aşarsa, yapısal yöntem (Yılmaz 1991b) göre belirlenmiş yeraltısuyu akaçlama havzası $>0.2 \text{ km}^2$ 'yse ve kil oranı $> \% 15$ 'se böyle bir alana otoyol gibi büyük ölçekli bir mühendislik yapısının yerleştirilmesi kabul edilemez maliyette bir iyileştirme çalışmalarını gerektirebilir (Yılmaz ve diğ. 1993). Örneği; >80 m'den uzun ankrajlı, 30 m'den derin bindirmeli, su geçirmez ve ~ 1.65 m çaplı kazık sisteminin (contiguus piling) veya bindirmeli kuyular açılarak yeraltısuyunun, yolun yamaçyukarısı bölümünde toparlanıp galeri veya tünellerle yolun dışında kalan bir alana akaçlanması gerekebilir.

Büyük bir bölümü güncel malzemeye örtülü bir yamaçta, gözlenebilen kaya yüzleklerinin birbirleriyle ve yerli olduğu kesin olan anakaya yüzlekleriyle litolojik, yapısal ve mühendislik jeolojisi verileri açısından karşılaştırılması oldukça önemlidir. Böylece, yamaçın oluşumu ve anakaya-güncel çökel sınırı belirlenir ve ayrıntılı jeoteknik araştırmalar buna göre yönlendirilir (Yılmaz, 1992b). Yılmaz (1993b) anakaya yüzleklerinin yanlışlıkla yüzen blok diye tanımlanmasının sonucu olarak, bir otoyol projesinde 3 yıllık gecikme ve gereksiz yere milyonlarca doların harcanmasına bir örnek çalışma sunmuştur. Başka bir otoyol projesinde ise, yüzen blokların anakaya diye yorumlanması yol kazısı ile birlikte başlayan kaymaların durdurulması için yapılan milyonlarca dolarlık iyileştirme çalışmaları ve 3 yıllık gecikmeye neden olmuştur (sözlü görüşme, Akduman, 1993). Yukarıda sunulan iki güncel örnekte verilmeye çalışıldığı gibi doğal yamaçların jeomorfolojisi ve jeolojisinin anlaşılması, otoyol geçkisinin zemin duraylılığı açısından doğru belirlenmesini sağlayabilir. Böylece zaman ve para kaybıda yadsınılamayacak oranda azalır.

Yamaççeri eğimli ve farklı aşınma özelliği gösteren tabakalardan oluşan yamaçlarda kaymayı andıran yüzey şekilleri gözlenebilir. Bu özelliğin yanlış yorumlanması geçkinin değiştirilmesine, başka bir anlatımla, çok daha pahalı ve uzun bir geçkinin seçilmesine neden olabilmektedir (Yılmaz, 1991b). Bu tür yamaçlarda güncel çökelin altındaki anakaya yüzeyi de oldukça engelli ve dalgalıdır. Bu nedenle kaymaya karşı daha dirençlidir-

Table 1. Zemin koşulları ve doğal yamaç eğimlerine göre belirlenen yaygın yamaç türleri.

Table 1. Common made slope types based upon prevailing ground conditions and natural slopes.

KÖŞE NO	KÖŞE ADI	EĞİM	SU TABANCI DERİNLİĞİ	ZEMİN DURUMU / GROUND CONDITION		KAYMA / R O C K		İŞLEMLİBİLİR YAPAY YAMAÇ TÜRLERİ	
				Yamaç Yüksekliği / Slope Height, (H) > 100 m	Yamaç Yüksekliği / Slope Height, (H) > 100 m	Yamaç Yüksekliği / Slope Height, (H) > 100 m	Yamaç Yüksekliği / Slope Height, (H) > 100 m	RECOMMENDABLE MADE SLOPE TYPE	RECOMMENDABLE MADE SLOPE TYPE
KÖŞE NO	KÖŞE ADI	EĞİM	SU TABANCI DERİNLİĞİ	ZEMİN DURUMU / GROUND CONDITION		KAYMA / R O C K		İŞLEMLİBİLİR YAPAY YAMAÇ TÜRLERİ	
				Yamaç Yüksekliği / Slope Height, (H) > 100 m	Yamaç Yüksekliği / Slope Height, (H) > 100 m	Yamaç Yüksekliği / Slope Height, (H) > 100 m	Yamaç Yüksekliği / Slope Height, (H) > 100 m	RECOMMENDABLE MADE SLOPE TYPE	RECOMMENDABLE MADE SLOPE TYPE
I	Çok yatık Very flat	1/10 - 1/5 (6 - 11)	> 5 > 5 > 1	Yumuşak / Soft Sıkı / Firm Gevşek / Loose	Dipslope	İnslope	Kütlesel	Yamaç	Dolgu
II	Yatık Flat	1/5 - 1/2 (11 - 18)	> 10 > 10 > 2	Katlı / Stiff Soft / Hard Yoğun / Dense	Dipslope	İnslope	Kütlesel	Yamaç	Dolgu
III	Çok az dik Very low steep	1/3 - 1/2 (18 - 27)	> 5	Çok Yoğun/Very Dense	Dipslope	İnslope	Kütlesel	Yamaç	Dolgu
IV	Az dik Low steep	1/2 - 2/3 (27 - 34)	> 5	Özellikle yamaç içleri eğimli alanlarda bir kaç metre kalınlığında güncel çökel (ÇC) olabilir. A few meter thick recent deposit (ÇC) may exist particularly over inslope areas.	Dipslope	İnslope	Kütlesel	Yamaç	Dolgu
V	Dik Steep	2/3 - 1/1 (34 - 45)	> 5	Çok Yoğun/Very Dense	Dipslope	İnslope	Kütlesel	Yamaç	Dolgu
VI	Çok dik Very steep	1/1 - 2/1 (45 - 63)	> 5	Çok Yoğun/Very Dense	Dipslope	İnslope	Kütlesel	Yamaç	Dolgu
VII	Uçurum Cliff	> 2/1 (> 63)	> 5	Çok Yoğun/Very Dense	Dipslope	İnslope	Kütlesel	Yamaç	Dolgu

ler. Güncel örtü, yamaç molozu (Qy) özelliği taşıyorsa kaymaya karşı koyma daha da artmaktadır. Benzer koşullarda, doğal yamaç eğiminin 30 dereceyi aştığı duraylı alanlar gözlenmiştir. Yüksek geçirirlik içeren Qy'nin, az geçirirlik güncel çökellerin tersine, anakayla olan dokanalarında ince malzeme birikmemektedir. Buna karşın, daha iyi paketlenmiş dokulu ve daha yoğun kaba katmanlaşma (stratification) gelişmektedir.

DOĞAL YAMAÇLARDA YARMA YAMAÇLARI

Yüzeysel ve yeraltı jeolojisi araştırmaları tamamlandıktan sonra ayrıntılı jeoteknik araştırmalara geçilir. Mühendislik jeolojisi yeri tutanaklarına işlenen bilgiler yerinde ve laboratuvar deneyleriyle denetlenir. Elde edilen jeoteknik değişirgeler süreksizlik araştırma sonuçlarıyla birlikte kullanılarak en uygun yarma yamaç eğimi bulunur (Yılmaz ve diğ. 1992a). Bu yöntemde, sürtünme açısı (ϕ) ve süreksizlik durumları esas alınır. Kohezyonun (C) kaymaya karşı koyma etkisi süreksizlik eğim açısının (α) <34 dereceden olduğu yamaçlarda azalan eğimle orantılı olarak artar. Bu olumlu etki, kinematik incelemede çoğu kez gözönünde bulundurulmayan deprenselliğin olumsuz etkisine karşı gelir. Ancak, yamaç eğimi >2D:3Y olan dik yamaçlarda, deprenselliğin etkisi olası kayma düzlemlerinde sayısal yöntemlerle araştırılmalıdır.

Genel anlamda bir kayma içermeyen ve yamaç dışarı eğimli etkin süreksizlikleri olan bir yamaçta (Şekil 1) yamaç yüksekliği arttıkça; kopmalar, devrilmeler, göçükler, kamalanmalar ve benzeri küçük ölçekli duraysızlık sorunlarının olasılığı da artar. Bu sorunlardan en çok etkilenen kesim basamak kenarlarıdır. Türkiye Otoyol Projelerinde basamak genişliği ve iki basamak arası yamaç yüksekliği sırasıyla 6-12 m veya 5-10 m olarak tasarlanmıştır. Bir yukarıki yamaç ve basamaktan aşınıp taşınan malzeme sözkonusu basamak üzerinde birikirken, bu basamağın kenarı da aşınmaya devam eder. Bir süre sonra basamaklar kaybolur. Basamaksız yüzeyli (genel eğimli) bir yamaçta, litolojiye ve iklim koşullarına göre blok yuvarlanması, çığ ve çamur akması gibi sorunlar kaçınılmaz olur. Bu sorunları azaltmak ve gidermek için uygun yol bileşenleri seçilir ve etken-edilgen mühendislik çözümleri uygulamaya konur (Şekil. 1). Bu tür teknik uygulamalarla, şekilde sunulan plan ve kesitlerden de anlaşılacağı gibi, toprak işleri ~ %80 ve doğal çevreye zarar ~ %90 azaltılabilir. Donatılı duvar ve/veya aç-kapa tünel az dik-dik doğal yamaçlarda en uygun çözümlerdir. Çok az dik doğal yamaçlarda, donatılı yamaç ve/veya dayanma duvarları önerilebilir çözümlerin başında gelmektedir. Dayanma duvarlarının kullanılması durumunda duvar içi (internal) ve duvar dışı (external) duraylılık incelemeleri yapıp payanda, donatı artırımı veya temel ankrajı gibi duraylılık artırıcı önlemler uygulamaya konmalıdır.

Düzlemsel ve kama tipi kaymalar, "kaz-doldur" yöntemiyle yapılan yamaçlarda, çok sık rastlanan duray-

sızlık sorunlarıdır. Özellikle, yamaç dışarı eğimli yamaçlarda şekil 2'de gösterildiği basamak ve süreksizlik düzlemiyle sınırlanan blok, zamanla duraysızlaşır. Kazı sonrası, üzerinden yükün büyük ölçüde kalkması süreksizlikler içersinde ilerlemesi kolaylaşır. Birbirinin gelişmesine olanak sağlayan bu iki fiziksel olay, süreksizlik düzlemleri ve basamak yüzeyi ile belirlenen blokların kopmasını ve/veya kaymasını kolaylaştırır. Bu durumlarda, görevini yapamayacak olan basamakların korunması için kaya blonu/ankraj (çubuk/kablo) ve donatılı/donatısız püskürtme beton kullanılmaktadır. Ancak, çubuk ve kablolar için hazırlanan delgi ekseninin süreksizlik düzleminin normaliyile yapacağı en uygun açısının (α) bilinmesi gerekir. Çubuk ve kablolardan kaymaya karşı koyacak kuvvetin en yüksek düzeyde tutulabilmesi için ϕ ve süreksizlik düzleminin yatayla yaptığı açıya (γ) bağlı olarak belirlenecek ' α ' açısının delgi işlemi öncesi hesaplanması gerekmektedir. Şekil 2'de, sırasıyla, kamalanmış blok ve yamaç dışarı eğimli bir tortul birimde süreksizlik ve basamakla sınırlanmış bir blok gösterilmektedir. Şeklin orta bölümünde sağdan sola güvenlik katsayısı (GK) 2.6'dan 0.6'ya değişen kuvvet diyagramları verilmiştir. Soldan birincisi sadece duraysız bloğun ağırlığına (W), sürtünme açısına (ϕ) ve süreksizlik düzleminin eğimine dayalı olarak hazırlanmıştır. İkincisinde su basıncı üçüncüsünde ise deprenselliğin etkisi (0.2) hesaba katılırken sonuncusunda, yukarıda verilen koşulların tamamı hesaba katılmıştır. GK'nı 1'in üzerine çıkarabilmek için gerekli olan kaymaya karşı koyma kuvveti (F_R) blon, ankraj ve donatılarla sağlanabilir. Blon ve ankrajların yerleştirilmesinde gözönünde bulundurulması gereken ve olası hareket yüzeyinin normaliyile yapılan ' α ' açısının belirlenmesinde aşağıdaki denklemlerden yararlanılabilir. Ankraj kablosu ve blon üzerindeki gerilim (T) olası hareket yüzeyine paralel (T_t) ve dik (T_n) olan iki bileşenden oluşur. Kaymaya karşı koyan F_R kuvvet, T_n 'nin ϕ 'in bileşenden oluşur. Kaymaya karşı koyan F_R kuvvet, T_n 'nin ϕ 'in tanjantıyla çarpılıp T_t ile toplamına eşittir;

$$F_R = T_n \cdot \tan \phi + T_t \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$F_R = T \cos \alpha \cdot \tan \phi + T \sin \alpha \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$F_R = T [(\cos \alpha \cdot \tan \phi) + T \sin \alpha] \quad \dots \dots \dots (3)$$

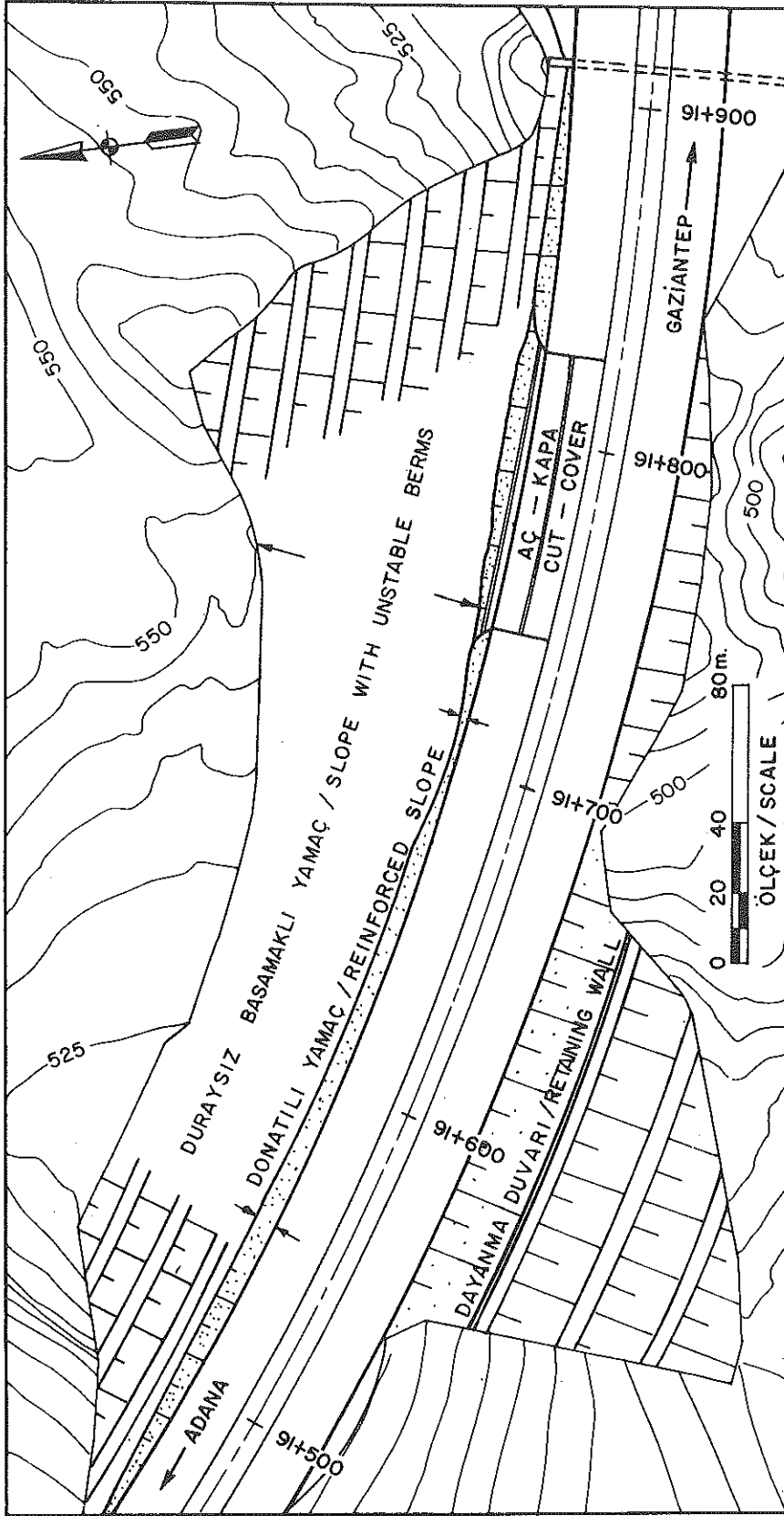
$$T = F_R / T (\cos \alpha \cdot \tan \phi + \sin \alpha) \quad \dots \dots \dots (4)$$

ϕ 'nin 0 - 45 derece arasında değiştiği bilinerek F_R 'ın en yüksek değerini bulabilmek için;

$$\partial F_R / \partial \alpha = 0 \quad \dots \dots \dots (5)$$

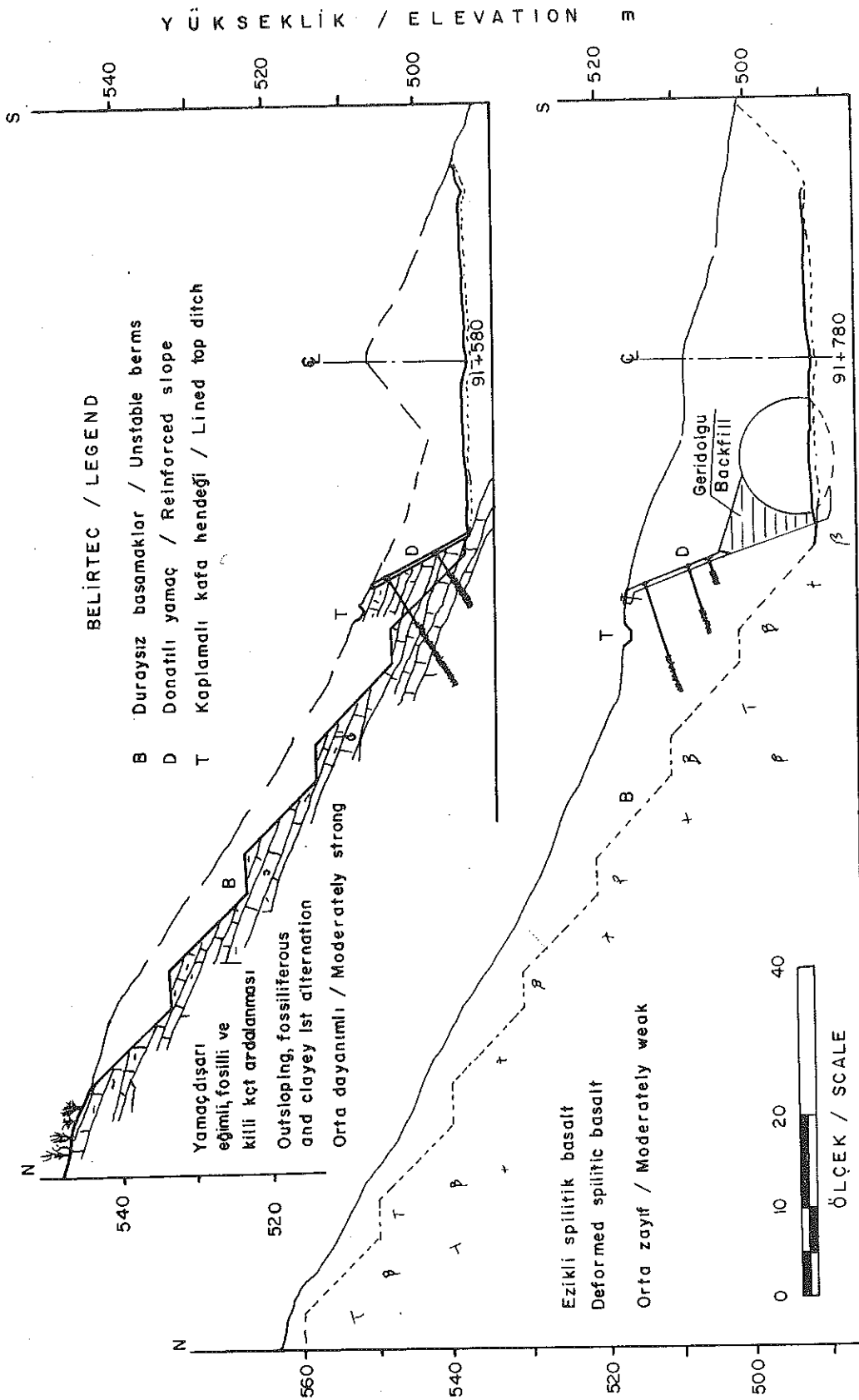
denkliği kullanılır. Denk. 5 yeniden düzenlendiğinde;

$$T (-\sin \alpha \cdot \tan \phi + \cos \alpha) = 0 \quad \dots \dots \dots (6)$$

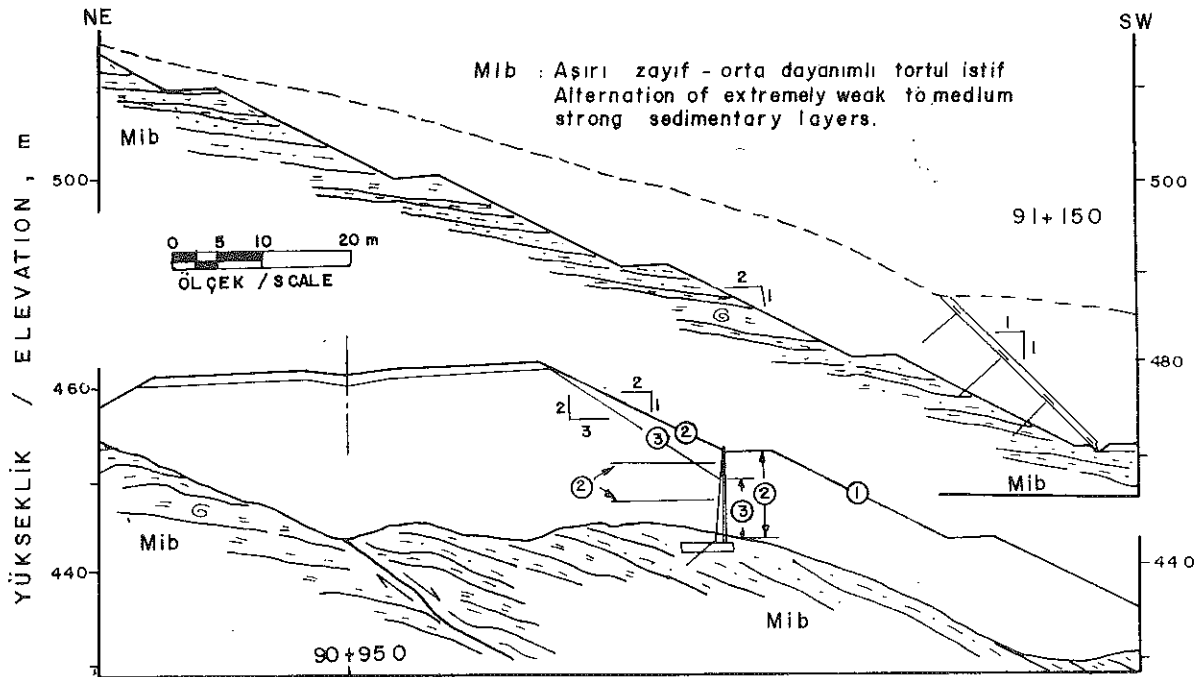
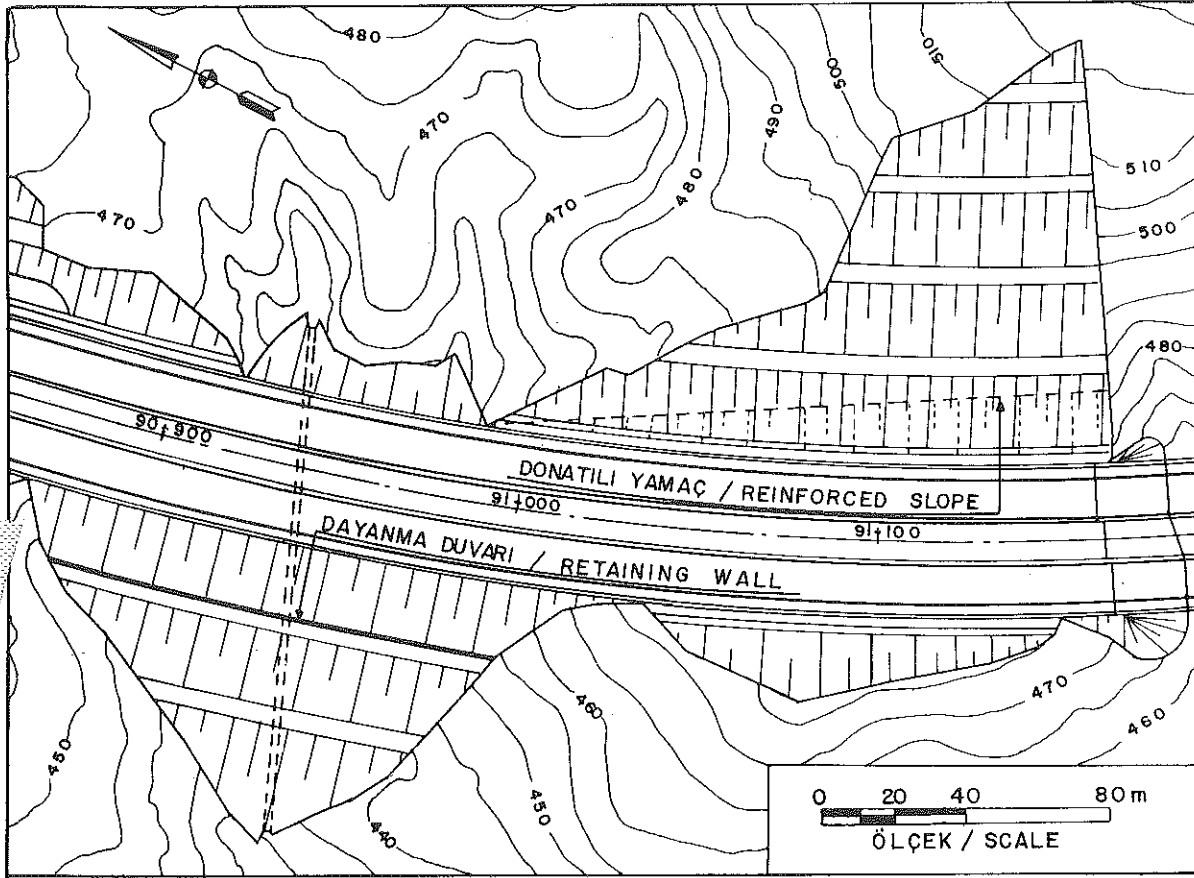


Şekil 1. Doğal yamaçlarda yüksek yarma ve dolgularla doğal çevre katlıamını azaltmak için donatı, aç-kapa tüneli, kısa köprü ve dayanma duvarı uygulamasını gösteren örnek plan ve kesitler.

Figure 1. Reinforcement, cut & cover, short bridge, and retaining wall over a sloping ground to minimize harm to natural environment.



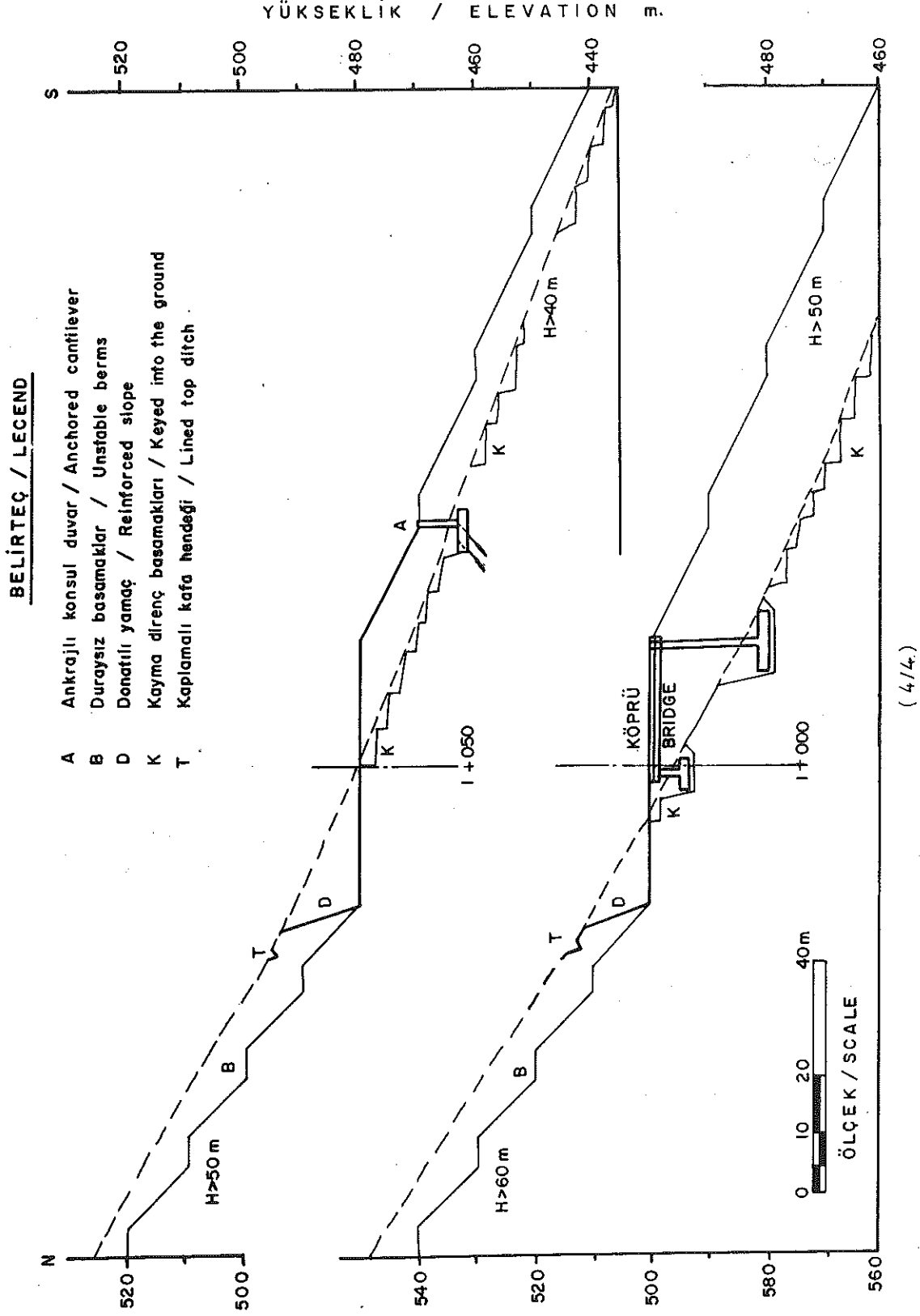
Şekil 1. Devamı.
Figure 1. Cont'd.



(3/4)

Şekil 1. Devamı.

Figure 1. Cont'd.



Şekil 1. Devamı.

Figure 1. Cont'd.

$$\sin \alpha / \cos \alpha = \tan \varnothing \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\tan \alpha = \tan \varnothing \quad \dots\dots\dots (8)$$

denklikleri elde edilir. Buradan;

$$\alpha = \tan^{-1} \tan \varnothing \quad \dots\dots\dots (9)$$

ilişkisi kurulur. Böylece, hareket yüzeyinin yatayla yaptığı açı (γ) ve \varnothing değerine bağlı olarak değişen ' α ' açısı Denk. 9 kullanılarak bulunabilir. Ancak, tutturucu olarak özellikle çimentolu harç kullanıldığında, T'nin yatayla yaptığı açının $>5^\circ$ olmasının uygulamada kolaylık sağlayacağı da gözönünde bulundurulmalıdır.

Yamaç dışarı eğimli yamaçlarda genel anlamda bir kayma sorunu beklenmediği durumlarda da, basamak kenarları kolayca aşınıp taşınma eğilimindedir (Şekil. 3, 1/3, I-III). Bu bağlamda, şekil 3'te sunulan "basamak kenar çiti" büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, dik yamaçlarda peyzaj çalışmaları açısından da büyük kolaylıklar sağlayan bu sistemin ayrıntıları şekil 3'te verilmeye çalışılmıştır. Şeklin ilk sayfasının orta sağ bölümünde basamak kenarının aşınması ve yamaç dibinde birikmesi 3 aşamada gösterilmiştir. Basamak, son aşamada (III) görevini yitirir. Yağışlı dönemlerde, yüzey yıkama (shee-wash) ve özellikle dik yamaçlarda taş yuvarlanması sorunları ortaya çıkmaktadır.

Basamak kenar çiti uygulamasında kullanılacak demir çubukların (a) kalınlığı ≥ 22 mm olması durumunda kesme ve bükülerek itilme sorunu beklenmemektedir. Şekildeki ölçüler, çubuğun zamanla oksitlenme sonucu incelediği ve gerekli peyzajın oluşturulmayacağı gözönünde bulundurularak ve genelleştirilerek verilmiştir. Bu ölçüler, ilgili alanın kendi özkoşullarına göre belirlenmelidir. Şeklin üçüncü sayfasında, değişik yamaç eğimlerinde, kesmeye çalışacak en yüksek kuvvet (Fd) değerleri verilmiştir. 1:1 yamaç durumunda, en yüksek değere (~84 kgf) ulaşan kesme kuvveti 12 mm'lik çubukta dahi bir kesme sorunu çıkarmayacaktır. Çitin arkasına doldurulacak bitkisel (humuslu-gübreli) toprak, çubuk üzerinde kesmeden çok bükerek itekleme sorunu yaratabilir. Ancak, humuslu toprak içerisinde hızlı kök geliştirebilecek sarıçil bitkiler bir kaç sene içerisinde çiti aşırı yapay yamaç ve basamak üzerine yayılıp köklerin ve zamanla basamak kenar çitinin görevini üstlenir.

Çubuğun yamaç yüzeyinden 50 cm yukarıdaki noktasında yatay itekleme (δ) büyüklüğünün bulunması, kısaca aşağıda anımsatılmaya çalışılmıştır.

Çeliğin elastik modülü (E) = $2 \cdot 10^6$ kgf/cm², 22 mm çaplı çubuğun inersiya momenti ($I = \pi \cdot d^4 / 2$) = 36.7 cm⁴. Çubuğun, dolguyla dokanaklı bölümünün uzunluğu (H) = 50 cm, Çubuklar arası aralık (L) = 50 cm, Bitkisel toprağın ıslak yoğunluğu (γ_w) = 1.5 grf/cm³ ve 1 : 1 yamaç eğiminde dolgu üst tabanı genişliği (W) = 50 cm alındığında yatay itki kuvveti ($P = K_a \cdot \gamma \cdot (H \cdot W / 2) \approx 31$ kgf olarak bulunur. P, L, E ve I'nin

değerleri aşağıdaki denklik gereğince

$$\delta = 11 \cdot P \cdot L / 120 \cdot E \cdot I \quad \dots\dots\dots (10)$$

yatay itekleme (δ) 0.3 cm gibi küçük bir değer bulunmuştur. Çubuk çapının paslanmayla 10 mm'ye düşmesi ve peyzajın olmaması (sarıçil bitkilerin yetiştirilmemesi) durumunda bu değer 6 cm'ye yükselmektedir. Bükülme sorununu azaltmak için, 2D: 3Y - 3D:2Y eğim durumlarında, çubuk yatayla 5 derecelik açı yapacak şekilde yerleştirilmelidir (Şekil 3, 3/3).

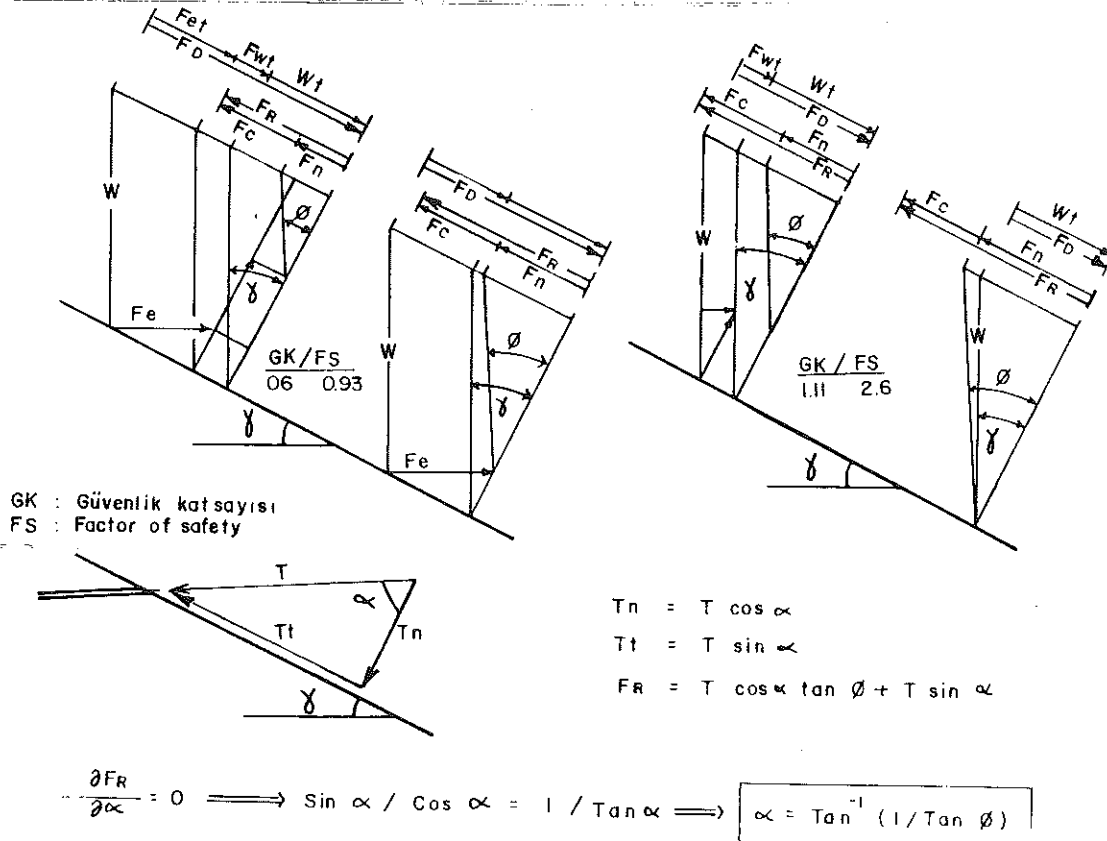
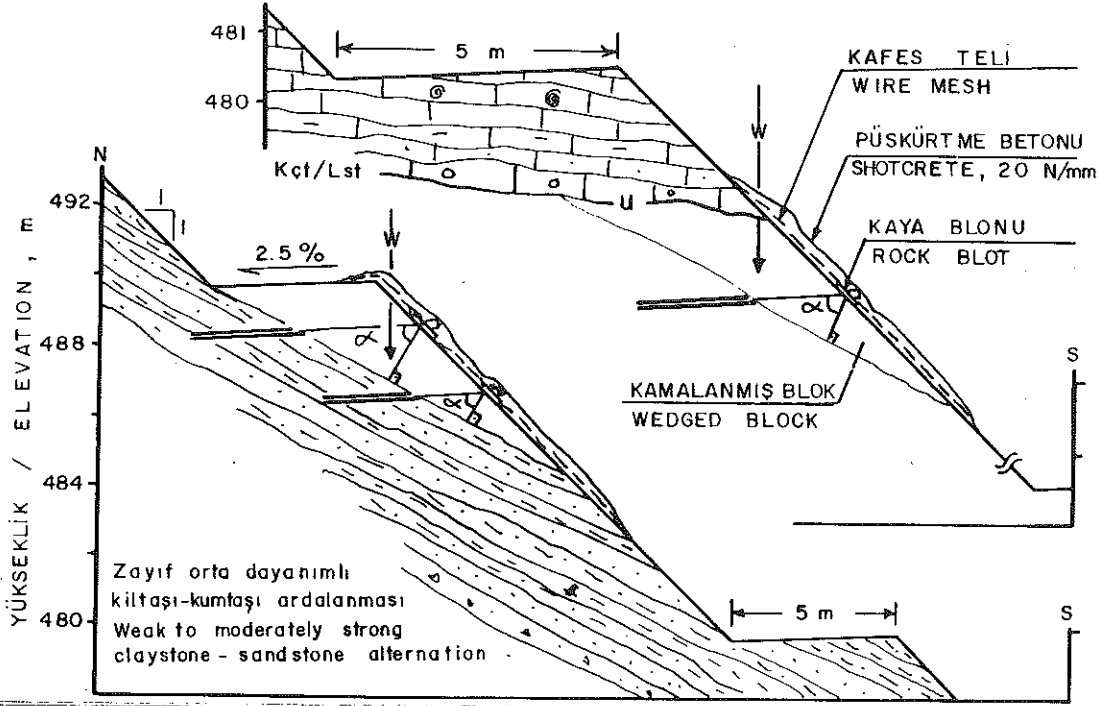
DOĞAL YAMAÇLARDA DOĞRU YAMAÇLARI

Yüksekliği > 30 m olan dolgularda deprensellik katsayısının > 0.1 olduğu yerlerde 2D:3Y'nin üzerinde eğimli dolgu yamaçları uzun dönemler için duraysızlaşır. Bu durumlarda yamaç eğimini düşürmek, dolgu yüksekliğinin aşırı derecede artmasına yolaçar (Örneğin Ankara-Gerede Otoyolunun 57. km'sinde dolgu yüksekliği 100 m'yi aşmıştır). Çözüm, öncelikle geçkinin, ve daha sonra otoyol bileşenlerinin bilimsel veriler tabanına göre belirlenmesinden geçmektedir (Yılmaz 1992). İklimin uygun ve sulama sisteminin var olduğu yerlerde, yatık yamaçlar bahçe (meyve) tarımı için en uygun yerlerdir. Örneğin, Çukurova otoyollarında, yapılmakta olan barajların da devreye girmesiyle sulu tarımın yapılabileceği alanların binlerce dönümünün dolgular altında kalması düşündürücüdür. Benzer ekolojik koşulları içeren başka alanlar yaratılmayacağına göre, götürdüğü getirdiğinden karşılaştırılmayacak kadar fazla olan bu bölgedeki otoyollarda gerekli özen gösterilmek zorunludur. Ancak, bu özen değişik meslek gruplarının girişimiyle sağlanabileceğinden, Türkiye Otoyol Projelerinin genel karakteri gereği başarı sağlanamamıştır. Dolgu altında kalan bu yamaçların verimli tarım alanlarına dönüştürülebileceği bilindiğinde olayın katliam boyutunda olduğu gözden kaçmamaktadır.

Yukarıda verilen şekil 1-2'deki plan ve kesitlerde, doğal yamaçlarda dolgu yamaçlarının yüksekliğinin düşürülmesi için değişik yöntemler gösterilmiştir. Şekil 1'in 4/4'ünde sunulan kesitlerde dolgunun etekteki dereye kadar tüm yamacı örttüğü görülmektedir. Yapımı, ilk bakışta kolay olan "kaz-doldur" yönteminin doğal sonucu olarak doğa katliamının yanısıra yeraltı suyuyla bağlı yadsınılamaz duraysızlık sorunları olasılığı da artmaktadır (Yılmaz 1990). Yamaç aşağı taşınma yolunun kısa köprüyle geçişi veya duvar içi ve duvar dışı duraylılığı sağlanmış dayanma (retaining) duvarıyla bu sorunlar çözülebilmektedir. Ancak, en geçerli yöntemlerin belirlenmesinin, geçkinin doğru yerleştirilmesiyle doğrudan ilgili olduğu sürekli gözönünde tutulmalıdır.

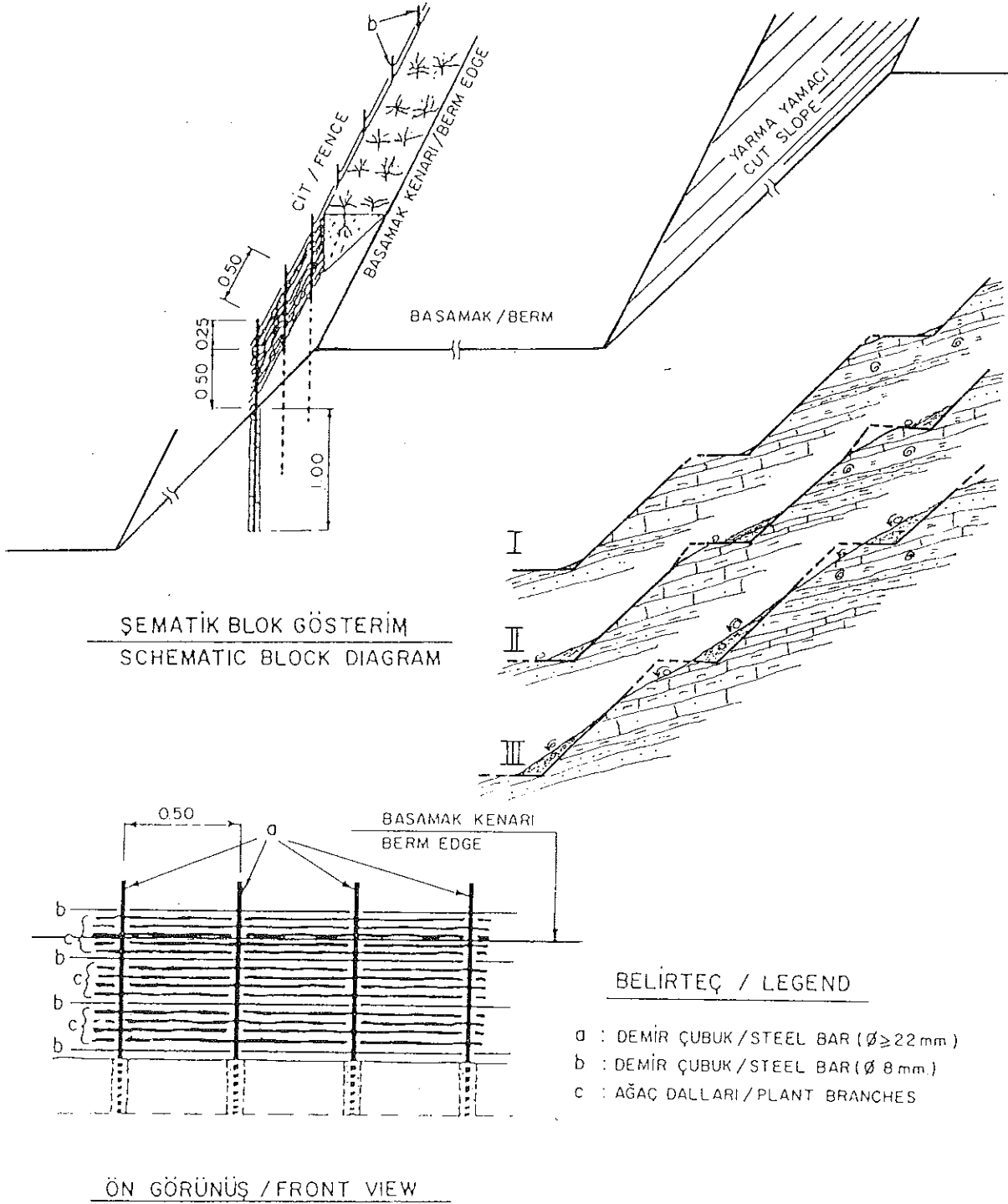
TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Türkiye Otoyol Projelerinde (TOP) kazanılan önemli deneyim, yüklenici firmaların tasarımı da üstlenmesinin büyük ölçekli ve geri dönüşü olmayan sorunlar



Şekil 2. Donatı uygulamalarında blon ve ankrajlarda gerilme kuvvetinin ve ' α ' açısının belirlenmesini göstermektedir.

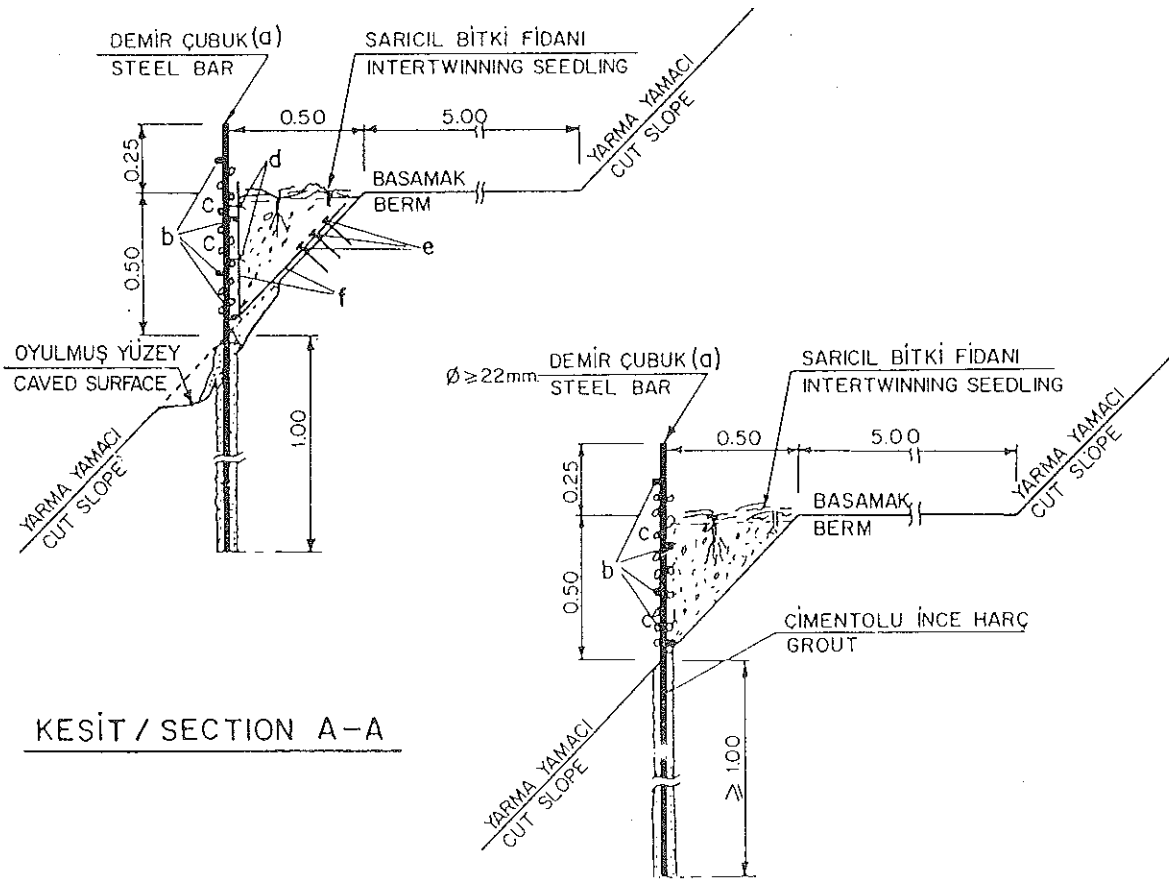
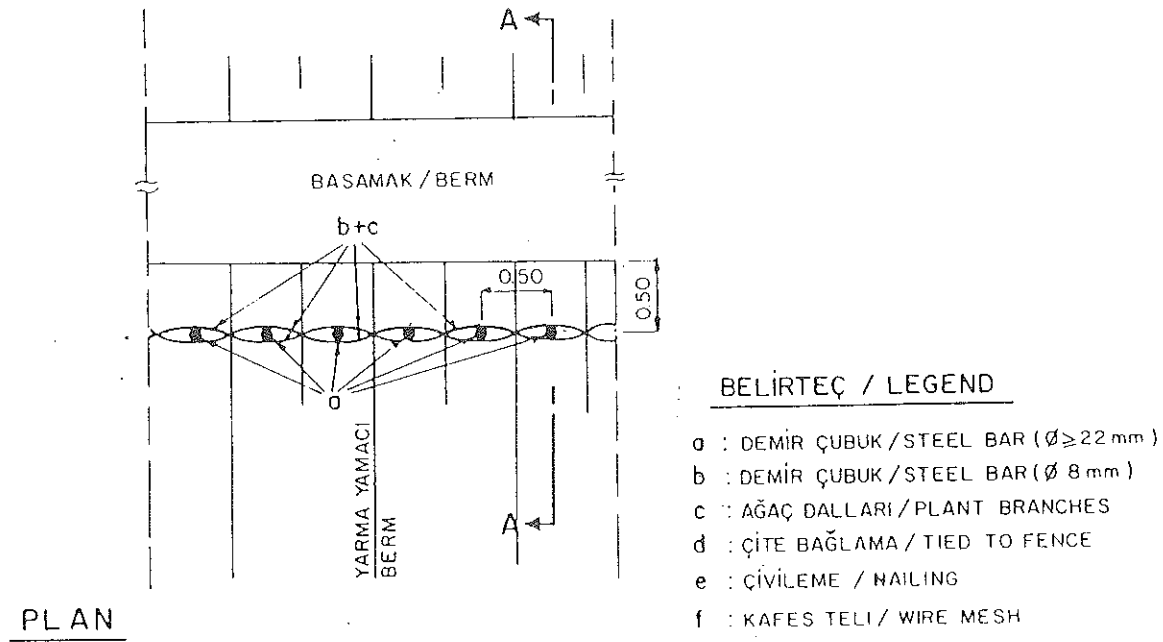
Figure 2. Illustrating the determination of tensional forces in bolts/anchor cables and angle ' α ' in reinforcement applications.



(1/3)

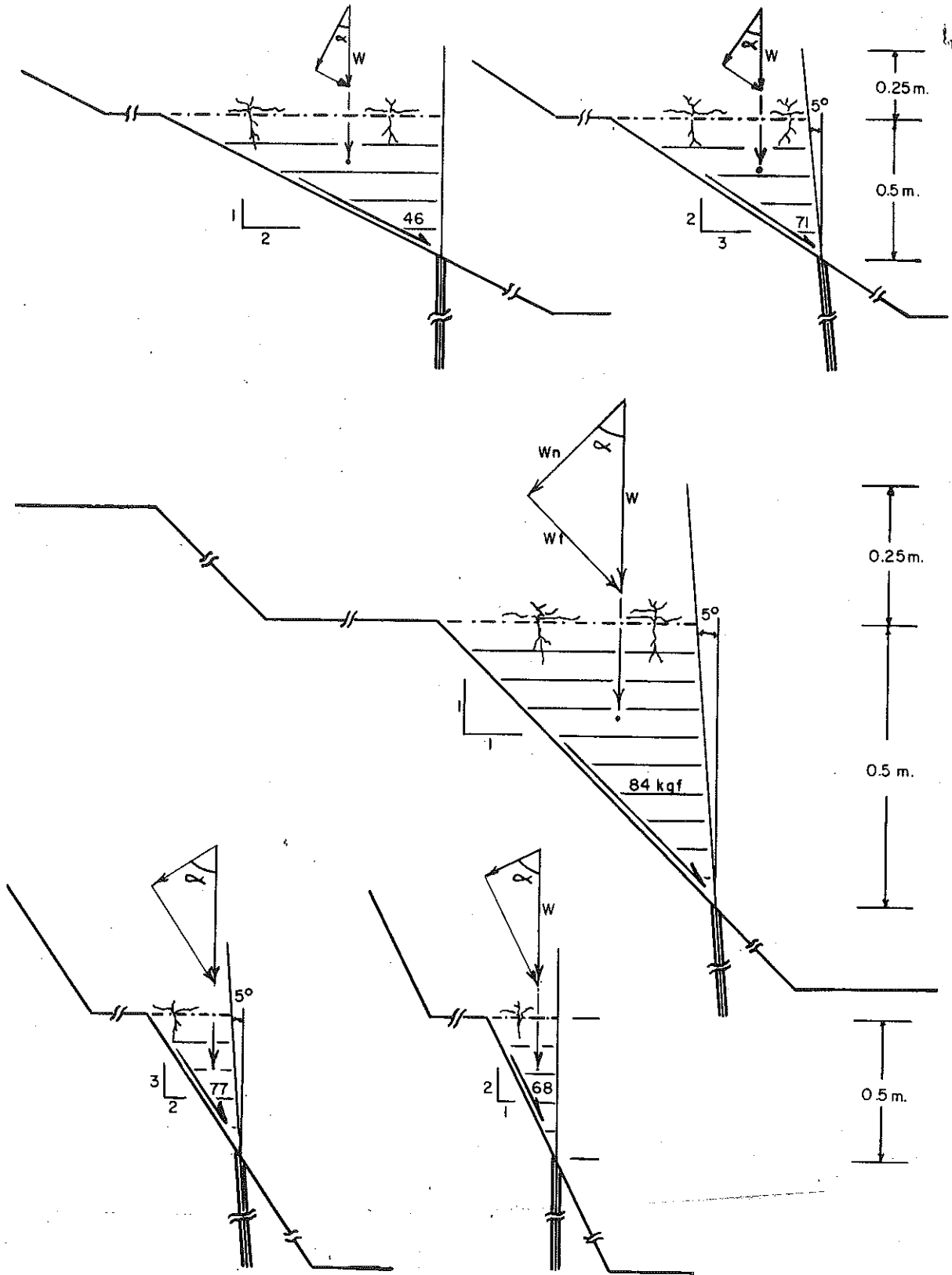
Şekil 3. "Basamak kenar çiti" uygulamasının ayrıntıları.

Figure 3. Details of "Berm edge fence" implementation.



Şekil 3. Devamı.

Figure 3. Cont'd.



(3/3)

Şekil 3. Devam.

Figure 3. Cont'd.

yarattığıdır. "Amerika'yı yeniden keşfetmek" benzetmesi yapanların eleştirisi tutarsız değildir. Mısır Piramidlerini ve gökyüzüne merdiveni anumsatan yüksek (>30 katlı gökdelen) dolgu ve yarmalar çoğu yerde bu sistemin ürünü olarak ortaya çıkmıştır. Bilimsel verilerden çok politik ve siyasi güçlerin plansız ve programsız dayatmaları esas alınmıştır. Yüklenici firmanın tünel makina parkı olmadığı için; % 3 eğimli, geniş bükümlü (curvature) ve dayanımlı andezit kayasında ~800 m'lik bir tünel yerine % 6 eğimli, dar bükümlü, yüksekliği 100 m'yi aşan dolgu ve yarmalar ve çok sayıda sanat yapılarının olduğu bir geçkinin seçilmesi yine yukarıda verilen çağdışı ihale sisteminin bir ürünüdür. İzmir çevre otoyolunda veya çağdışı ihale sisteminin bir ürünüdür. İzmir çevre otoyolunda veya Ankara-Gerede otoyolunun 43. km'sinde kayan yüksek dolgular yerbilimlerini yok sayan ancak karar verici konumunda bulunan bir kişi ve dar grubunun isteğiyle gerçekleştirilmiştir. Bu ve benzeri büyük ölçekli pek çok duraysızlık sorunu, plan hiçe sayan bir önceki dönemin ilgili siyasi yetkilileri ve Amerika, İngiltere, Japonya ve İtalya anaparasının dayatması olarak belirlenen Türkiye Otoyol Politikasının kaçınılmaz bir sonucu olarak yaşanmış ve yaşanmaktadır.

Tarsus-Adana-Gaziantep Otoyolu (TAG)'nın 206. km'sinde yerbilimleriyle uzaktan ilgisi olan bir teknisyenin dahi gözünden kaçmayacak, kalınlığı 60 m'yi bulan ve topoğundaki dereyi ~300 m öteleyen dev kaymanın ortasına 25 m yüksekliğinde sadık yarması olan bir geçkinin yerleştirilmesi, Pozantı-Tarsus Otoyolunun 38. km'sinde benzer özellikler taşıyan bir kaymanın topoğu üzerine dolgunun konması, yamaç duraysızlığının yanısıra yolun kendisinde duraysızlaştırmıştır. Bunlar, çok sayıda sorunlardan sadece ikisidir. Yapılabilirliği çok daha yüksek, dolgu ve yarması karşılaştırılamayacak kadar az geometrisi daha uygun olan başka seçeneklerin varlığını, her türlü yetkiyi kendisinde toplayan ve bir otoyol projesinin değişik disiplinlerin katılımıyla ortaya konmasının gereğini kabullenemeyen bir anlayışın görmesi olanaksızdır. Yerbilimleri tekniğini (Jeotekniği) geometrik bir teknik gibi görmeye çalışan ve bu düşüncelerini, JEOTEKNİK yerine "GEOTEKNİK" sözcüğünü ileri sürerek, somutlaştıran bir grup, TOP'nin çoğunda etken görevler üstlenmiştir. Yerbilimlerini ilgilendiren konularda giderilmesi güç sorunların ortaya çıkmasına doğrudan veya dolaylı olarak neden olmuşlardır. Amerika'da 2 milyon \$/km'ye yapılan otoyolun Türkiye'de 15 milyon \$/km'yi aşması hiç şaşırtıcı değildir. Bu ülkelerde geçki belirlenmesi 3 yıldan fazla sürerken TOP'inde geçki belirlenmesi dönemi yaşanmadan yol yapım şantiyelerinin kurulduğuna ve tasarımdan önce yol yapımına geçildiğine tanık olunmuştur.

Bu bölümde, konu başlığından uzaklaşırca geçkinin doğru belirlenmesi konusuna yer verilmiştir. Ancak, yazarların TOP'ndeki gözlemleri, büyük ölçekli yapay yamaç sorunlarının geçki belirlenmesinden kaynaklandığı doğrudur. Bir geçkinin belirlenmesi değişik disiplinlerin eşgüdümüyle yapılırken, uygun otoyol

bileşeninin seçimi, genellikle jeoteknik ve yol mühendisleri tarafından gerçekleştirilir. Ayrıca, geçki kesinleşip yapımına geçildikten sonra önemli değişimler yapmak olanaksızlaşır. Doğal yamaçlarda yapay yamaçların duraylılığını yamaç eğimini düşürerek sağlamak, otoyol standartlarını aşan yükseklikte dolgu ve yarmaların doğmasına yolaçmaktadır. Duraylılığı sağlamak için, konu içerisinde şekillerle verilmeye çalışılan etken ve edilgen mühendislik yöntemlerinin, duraysızlık sorunu ortaya çıktığında değil geçki belirlenmesi döneminde ve tasarımın ilk aşamasında sürekli gözönünde bulundurulması gerekmektedir.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, Türkiye Otoyol Projelerinde elde edilen bilgi ve deneyimlerin ilgili meslek dalları arasında yayılmasına olanak sağlayan kişi ve kuruluşlara teşekkür eder. Ayrıca, bilmeyerek de olsa bu projelerin tamamlanmasına üzgüce (cevakârca) maddi olanak sağlayan Türk Halkına minnettardır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Merdol, A., (1992), Otoyollar paneli. Jeoloji Mühendisleri Odası.
- Tümer, H., (1992), Otoyollar paneli. Jeoloji Mühendisleri Odası.
- Yilmazer, İ., (1990), Güzergah seçimi ve bu seçimde jeolojinin önemi. Jeoloji Mühendisliği, s. 36, 37-45.
- Yilmazer, İ., (1991a), Gerede-Ankara ve Ankara Çevre Otoyoluna genel ve jeoteknik açıdan bakış. Jeoloji Mühendisliği, s. 38, 43-50.
- Yilmazer, İ., (1991b), Katmanlı ve eğimli bir jeolojik birimde yeraltısuyu beslenme havzası sınırının belirlenmesi üzerine bir yaklaşım. Yağış-Sel-Heyelan Sempozyumu, 205-218.
- Yilmazer, İ., (1991c), Bir tortul istifeki farklı aşınma özelliğinin jeoteknik araştırmalarda önemi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, s. 6, 335-344.
- Yilmazer, İ., (1992), Türkiye Otoyol Projelerinde jeolojik araştırma ve bilgi iletişimde karşılaşılan zorluklar. Jeol. Müh., s. 40, 46-49.
- Yilmazer, İ., Ertunç, A., Kaya, Ş., (1992a), Yarma yamaç tasarımı ve kinematik inceleme. 3. Ulusal Müh. Jeol. Semp., Çukurova Üniversitesi.
- Yilmazer, İ., Ertunç, A., Erhan, F., (1992b), Süreksizlik araştırmalarının mühendislik jeolojisi çalışmalarında önemi. 3. Ulusal Müh. Jeol. Semp., Çukurova Üniversitesi.
- Yilmazer, İ., (1993a), Problems associated with a fast tract motorway project. case study I. (International Association of Engineering Geology'de yayımlanmak üzere gönderilmiştir.
- Yilmazer, İ., (1993b), Discontinuity survey-route location. a case study. Quarterly Journal of Engineering'de yayımlanmak üzere gönderilmiştir.
- Yilmazer, İ., Hoş, T., Erhan, F., (1993), Mersin-Tarsus-Pozantı arasının mühendislik jeolojisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 8.