

ma ile birlikte araştırma galerileri de kullanılmalıdır. Jeoloğa ait sorumluluğunun en önemli kısmı yukarıda nite-

likleri belirtilen değerlendirmenin etkin bir biçimde fakat çok dikkatli ve titiz olarak yapılmasıdır. Zaman ve para-

yokluğu bir özür olamaz; sorumluluktan kaçınılamaz.

# Kaya yamaç duraylığının çabuk analizi için geliştirilen bileşik ağ<sup>(1)</sup>

D.M. CRUDEN *Department of Civil Engineering University of Alberta Edmonton, Alberta, Canada.*

## ÖZET

Kutupsal eşit alan ağı (polar equal area net ile Schmidt ağının büyük dairelerinin bir araya getirilmesi ile oluşan bileşik ağ (composite net), Markland yönetimiyle kaya yamaç duraylığının çabuk analizinde kolaylık sağlamaktadır. Çeşitli saydam çizim kâğıdı (overlay) kullanımını tek bir saydam çizim kâğıdına indirgemekte ve grafik çizimler sırasında döndürme işlemi adedini bire düşürmektedir.

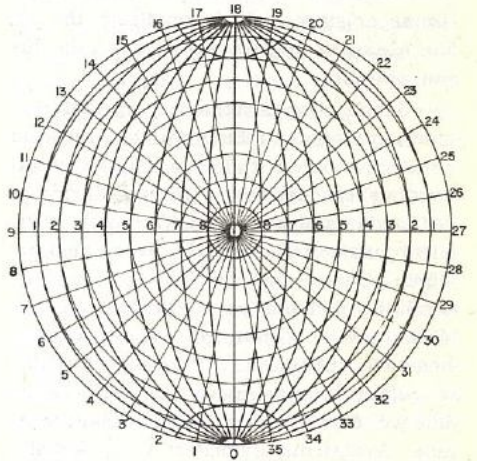
## GİRİŞ

Kaya yamaç duraylık analizinde küresel izdüşümlerin kullanımına inşaat mühendislerinin yaklaşımını sağlamadaki sorunlardan biri, kullanılmakta olan stereonetlerin başka amaçlar için yapılmış olmasıdır. Bu kısa yazım içinde en yaygın kullanım alanına sahip Schmidt ağının eksiklikleri özetlenmekte ve onun bir seçeneği olan en uygun ağ biçimi anlatılmaktadır.

## SCHMİDT AĞI

Hoek, Bray ve Boyd (1973) ve kaya mekaniğindeki diğer araştırmacılar tarafından kullanılan ağ, kürenin eşit alan, ekvatoryal (veya meridyonal) izdüşümü olan Schmidt ağıdır. İki cins daire içeren Schmidt ağında; büyük daireler kuzey-güney doğrultulu düzlemlerin izdüşümleri olup, yarı kürenin izdüşüm merkezinden geçerler; küçük daireler ise doğu-batı doğrultulu düşey düzlemlerin izdüşümleri olup yarıkürenin merkezinden geçmezler. Küçük dairelerin kaya yamaç duraylık sorunlarının çözümünde yararlılığı sınırlıdır.

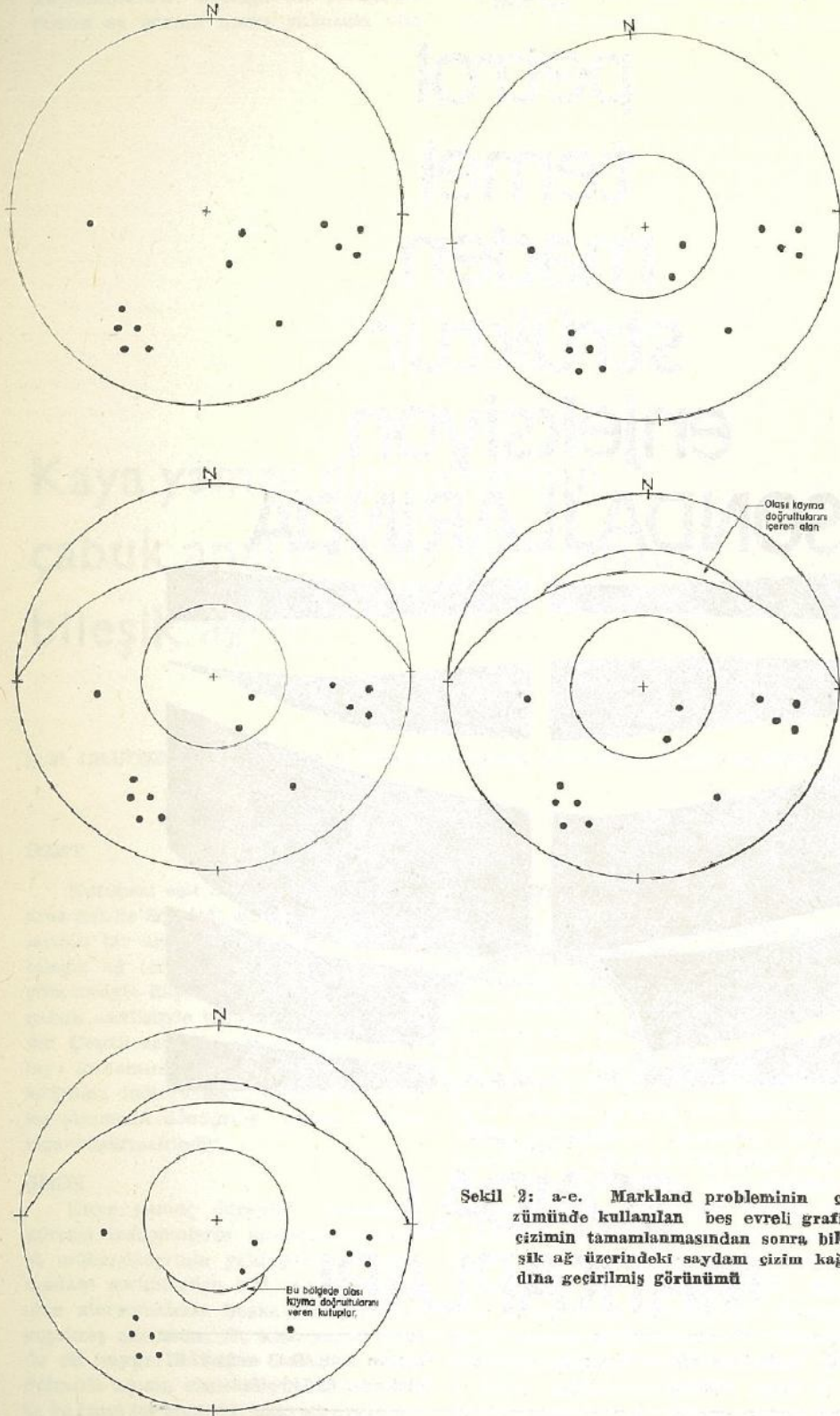
Schmidt ağı, süreksizliklerin fazlaca kutup çizme gerektirdiği durumlarda uygun görülmemektedir. Bir süreksizliğin yatayla arasındaki açısı yarı dalmı ağına kuzey-güney ve doğu-batı istikametlerinde uzanan çapları boyunca yalnızca iki düzlemde ölçülebilir.



Şekil 1: Bileşik ağ; kutupsal eşit alan ağı ince silik, Schmidt ağının büyük daireleri kalın koyu çizgilerle gösterilmiştir.

(1) The Quarterly Journal of Engineering Geology, Volume 9 No 2 1976. adlı derginin "A composite net for the rapid analysis of rock slope stability" başlıklı teknik nottan alınmıştır.

G. UNAY (E.İ.E., Ankara) tarafından çevrilmiştir.



Şekil 2: a-e. Markland probleminin çözümünde kullanılan beş evreli grafik çizimin tamamlanmasından sonra bileşik ağ üzerindeki saydam çizim kağıdına geçirilmiş görünümü

Saydam çizim kâğıdı üzerine çizilen süreksizliğin dalımını saptayabilmek için, açısal mesafe okunmadan önce saydam çizim kâğıdı döndürülerek iki çapından birinin üzerine getirilmesi gerekir.

Pincus (1965) bir kutupsal eşit alan yarıküre izdüşümünü kullanmak suretiyle kutupların en çabuk biçimde çizimini sağlayan bir yöntemi geliştirmiştir. Bu ağda da iki cins çizgi vardır, bunlardan biri iki derece aralıkla yarı kürenin merkezinden geçen düşey düzlem izdüşümleri olan ağ çaplarıdır.  $r = R\sqrt{2} \sin \alpha/2$  yarı çaplı konsantrik daireler düşeye göre  $\alpha$  açılı ( $R$  çapının izdüşümü için) çizgilerin yerini saptamaktadır. Ağ merkezinin çevresindeki konsantrik daireler iki derece aralıklarda çizilmiştir (Şekil 1).

Kutupsal eşit alan ağının saydam çizim kâğıdı üzerine bir çizgi çizilmesi saydam kâğıdı döndürmeksizin yapılabilir. Eğer bir çizginin  $t$  gidişi (veya ciheti) ve yataya göre eğimi  $p$  (veya dalımı) varsa, saydam çizim kâğıdı üzerinde  $t$  gidişi işaretlenir ve çizginin durumuna göre  $t$  den itibaren çap boyunca  $p$  açıları sayılır.

#### BİLEŞİK AĞ

Schmidt ağının büyük dairelerini kutupsal eşit alan ağı üzerine bindirmek suretiyle elde edilen ağ basitlik ve kolaylık getirmektedir. (Şekil 1). İki ağı zıt, örneğin kırmızı ve kara renklerde basmak saydam çizim kâğıdının altında, ayırırda kolaylık sağlayacaktır.

Şekil 1'deki ağ bir ressam tarafından olağan çizim gereçleri ile yaklaşık bir günde çizilebilir. İki renkli standart 20 cm çapında ağ "Department of Civil Engineering, University of Alberta" dan sağlanabilir.

Ağın kullanılması, Markland (1973) tarafından bir problemin değişik bir biçimde çözülmesiyle anlatılmaktadır. Bu çözüm kaya yamaç duraylılık problemlerindeki grafik çözümlerin alışılmamış varsayımlarına, süreksizlik düzlemlerinde kohezyonun sıfır oluşuna ihmal edilebilir su basınçları ve sismik yüklere göre yapılmaktadır.

#### BİR ÖRNEK-MARKLAND PROBLEMİ

Bir kaya kütlesi aşağıdaki eğim ve eğim yönlü eklemleri içermektedir.

50°/082, 57°/038, 65°/035, 60°/028, 73°/028, 67°/022, 18°/302,

25°/336, 50°/276, 60°/284, 68°/276, 70°/286, 59°/326.

40 derece ile kuzeye dalan bir yamaçtaki eklemelerin 30 derecelik bir sürtünme açısına sahip olduğu anda kayabileceğini gösteriniz.

### ÇÖZÜM

Yeni diyagram üzerinde bir tek saydam çizim kâğıt kullanmak suretiyle grafik çözüme gidilebilir. Bu işlem için gerekli evreler aşağıdaki gibidir:

(1) Noktaların kutuplarını çizmek için kutupsal eşit alan ağı kullanılır (Şekil 2 a).

(2) Saydam çizim kâğıdı üzerine 30 derecelik sürtünme konisini çizmek için kutupsal eşit alan ağının 30 derecelik ortak merkezli daireleri kullanılır (Şekil 2 b).

İlk iki evrede saydam çizim kâğıdının döndürülmesine gerek olmadığı kolaylıkla görülmektedir.

(3) Yamaç eğim yönü ağır doğu-batı istikametli çapı üzerinde bulunacak biçimde saydam çizim kâğıdı döndürülerek yamaç izi ve 40 derece eğimli büyük daire çizilir (Şekil 2 c).

(4) Yamaç üzerinde kaymanın olası yönünü içeren bölge çevrelenir. Yönler yamaç eğiminden daha az, ancak sürtünme açısından daha diktir. Bölge 30 derece veya 30 dereceyi aşkın eğim gösteren ölçüleri kapsayan yamaç izinin bulunduğu kesimi ve yamaçtan daha düşük eğimli kutupsal eşit alan ağının 60 derecelik ortak merkezli daire kesimini içermektedir. Bölge doğrudan doğruya çizilebilir (Şekil 2 d).

(5) Olası kayma yönlerini içeren

bölgeden kutupsal ağın çapları boyunca 90 derece kaydırmak suretiyle olası kayma yönlerinin kutup alanları çizilir. (Şekil 2 e).

Beşinci evre gerekli çizim işlemi kapsamaktadır. Görüldüğü gibi 4 ncü ve 5 nci evrede saydam çizim kâğıdının döndürülmesi gerekmektedir.

(6) Tek bir süreksizlik düzlemi üzerindeki kayma, olası bir kayma biçimi değildir. Süreksizlik kutupları olası kayma yönlerini içeren bölgede bulunmaz.

(7) İki süreksizlik düzleminin keşim yönünden aşağıya doğru kayma, olası bir kayma biçimi değildir. Herhangi iki süreksizliğin büyük dairesine dikey kayma yönünü içeren bölgede bulunmaz. Bu durum saydam çizim kâğıdının döndürülmesiyle denetlenebilir.

### DEĞİNİLEN BELGELER

Hoek, E., Bray, W. T., ve Boyd, J. M. 1973. stability of a rock slope containing a wedge resting on 2 intersecting discontinuities Q. J.L. Engng Geol., 6, 1-58.

Markland, J. 1972. A Useful technique for estimating the stability of a slope when the rigid wedge slide type of failure is expected Imperial College Res. Report, 19, 10 pp.

Pincus, H. J. 1965. A procedure for rapid plotting of point diagrams J1 Geol. Education, 13, 7-8.