

Antalya Falezlerinde Gözlenen Stabilite Problemleri Stability Problems Observed in Antalya Tufa Sea Cliffs

Nihat DİPOVA

Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 07050 Antalya, Ndipova@akdeniz.edu.tr
Akdeniz University, Department of Civil Engineering, 07050 Antalya, ndipova@akdeniz.edu.tr

ÖZ

Antalya örneğinde olduğu gibi, falez üzerine kurulu kentlerde falez stabilite sorunları yaygın olarak gözlenmektedir. Falez duraysızlıklarının en önemli gerekçesi dalga aşındırmasıdır. Kıyı falezlerinde deniz seviyesinde dalga etkisi ile oluşan aşınma, ince tabakalı kayalarda, tabanda azaltmakta ve üstteki kaya tabakaları indirekt çekme yenilmesine maruz kalarak, kaya düşmesi şeklinde falez gerilemesine neden olmaktadır. Masif kayalarda ise deniz seviyesindeki aşınma sonucu çentikler oluşmaktadır. Çentik kaya içine doğru ilerledikçe falez üstünde çekme gerilmesi artmakta ve çekme yenilmesi sonrasında gerilme çatlakları oluşmaktadır. Bu aşamadan sonra "eğilme duraysızlığı" süreci başlamaktadır. Ayrılan kaya bloğu denize doğru eğildikçe çentik kapanma ve çentiğin arkasındaki kaya içinde "ufalanma zonu" oluşmaktadır. Kaya bloğunun ağırlık merkezinin öne doğru kayması ufalanmanın artmasına, ufalanma ise yeni bir ağırlık merkezi kaymasına neden olur. Bu duraysızlık süreci kayacın tümüyle denize devrilmesine kadar sürer. Falez şevinde gerilme çatlaklarının açılması ile bloğun tümüyle devrilmesi arasındaki proses ise bir tür "ikincil devrilme" dir. Kıyı erozyonu ve falez gerilemesi hızını etkileyen en önemli faktörler; sediman taşınımı, dalga yönü ve büyüklüğü, kaya malzemesi ve kütle özellikleri, yağış rejimi, kentleşme ve yapılaşmadır.

Bu çalışmada Antalya falezlerinde gözlenen erozyon ve kıyı gerileme mekanizmaları açıklandıktan sonra, Konyaaltı plajı doğusu, Atatürk Parkı, Sağlık Meslek Lisesi, Yat Limanı-İskele Caddesi, Eski Lara Caddesi kıyıları ve Bambus Plajı'ndaki kıyı falezlerindeki erozyon ve gerileme durumları vaka analizleri şeklinde açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Antalya, erozyon, falez, ikincil devrilme.

ABSTRACT

Cities, which are established on sea cliffs, like Antalya, suffer some instability problems. The most important reason of cliff instability is wave erosion. At the base of cliffs wave impacts results in erosion. In thinly bedded rocks, this removes the support at the base and above rock layers fail due to high tensional stress. Cliff retreat is observed as a result of rock fall. Instead, in massive rocks, notches are developed at the base of the cliff. As a result of undercutting tensional cracks occur above the cliff. This is the beginning of "tilt instability". As the rock block is tilting, notch tends to be closed and turn into a "crash zone". As centre of gravity shifts through the sea, deformation increases in the crash zone, and additional

* Not: Bu çalışma 13-15 Eylül 2004 tarihleri arasında TMMOB JMO tarafından düzenlenen Kıyı ve Deniz Jeolojisi Sempozyumunda bildirisi olarak sunulmuştur.

deformation in the crash zone result in a new shift of centre of gravity. This process continues until the toppling of rock block completely. The process between opening of tension crack and toppling is called "secondary toppling mechanism". Factors affecting rate of cliff erosion and retreat are; sediment transportation, wave direction and intensity, properties of rock material and rock mass, precipitation, urbanization and construction facilities.

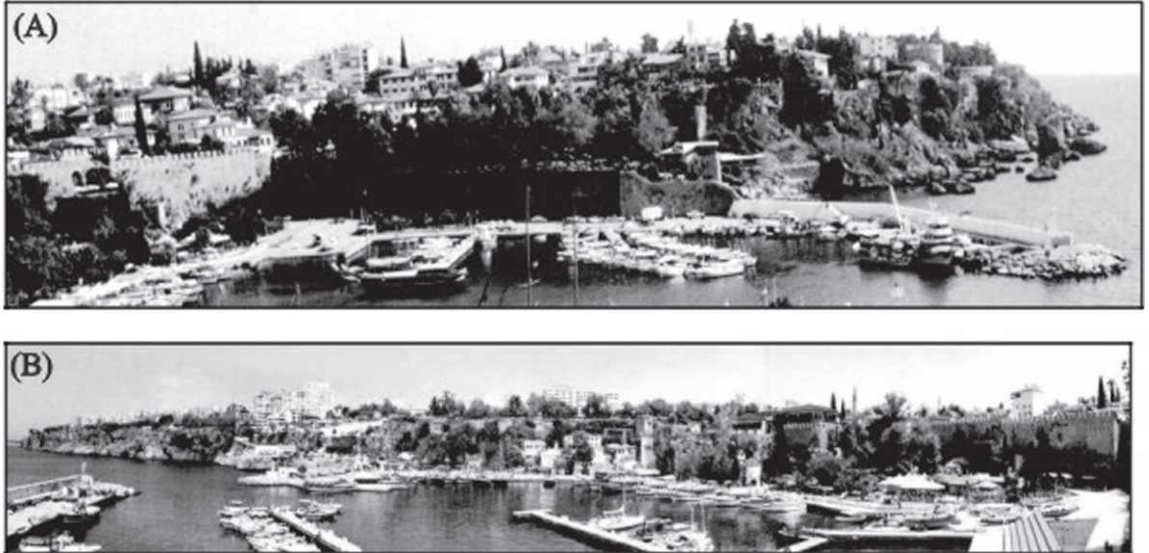
In this paper, erosion and retreat mechanism observed in Antalya sea cliffs will be explained. Erosion and retreat conditions of cliffs around Atatürk Park, School of health, Yacht harbour-Iskele Street, Old Lara Street and Bambus Beach will be explained as case studies.

Keywords: Antalya, erosion, sea cliff, secondary toppling.

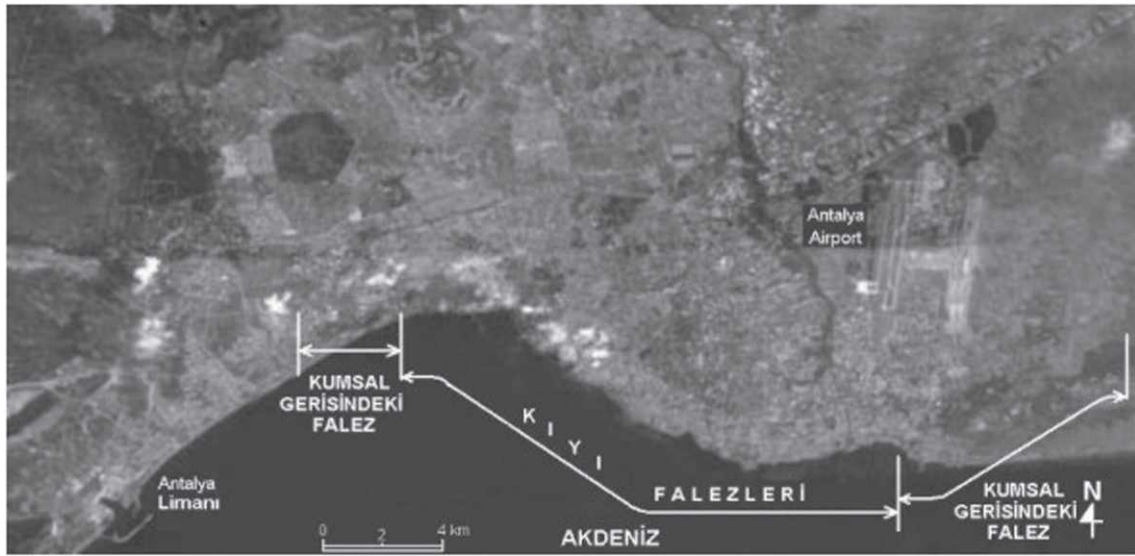
GİRİŞ

Kıta ile deniz arasında sınır teşkil eden dik yamaçlara "Falez" adı verilmektedir. Kıyı kentleri genellikle, kentin faaliyet alanlarına bağlı olmak üzere, kıyı ovaları, deltalar veya kıyı falezleri üzerine kurulmuştur. Antalya örneğinde olduğu gibi, falezler üzerine kurulu kentler için kıyı aşınması ve falez gerilemesi önemli sorunlar yaratmaktadır.

Antalya kıyı falezleri, Bergama Krallığı tarafından Attelia adında ilk büyük yerleşimin kurulmasından sonra, Roma, Bizans ve Osmanlı dönemlerinde savunma yapıları, deniz feneri ve su değirmeni gibi yapılar için kullanılmıştır. Cumhuriyet dönemine kadar kent "kale içi" olarak bilinen koyak içinde sınırlı iken (Şekil 1-A), özellikle 1980 li yıllardan sonra turizmin gelişmesi ve şehir nüfusunun artması sonucu, kale içinin batısında ve doğusunda falezler boyunca yapılaşma artmıştır (Şekil 1-B).



Şekil 1. Antalya falezlerinden panoramik görüntü. A) Yatlimanı doğusu, B) Yatlimanı batısı.
Figure 1. Panoramic views from Antalya. A) East of Yacht Harbour. B) West of Yacht Harbour.



Şekil 2. Antalya kıyı şeridi uydu görüntüsü.

Figure 2. Satellite image of Antalya coastal zone.

Antalya kıyı falezleri, doğuda Karpuzkaldıran, batıda ise Konyaaltı plajı arasında yer alır ve uzunluğu yaklaşık 17 km dir. Konyaaltı Plajı'nın gerisinde falezler batıya doğru devam etmektedir, ancak günümüzde kumsalın gerisinde kalmıştır. Aynı şekilde doğuda da Lara plajı ve Yamansaz sulak alanının gerisinde falezler devam etmektedir (Şekil 2).

JEOLOJİ

Antalya kıyı falezleri tufa türü kayalardan oluşmaktadır. Tufa, fiziko-kimyasal ve biyojenik yolla oluşmuş kalsiyum karbonat çökelidir. Traverten terimi de benzer bir terim olmakla birlikte, son zamanlarda hidro-termal çökeller için sınırlı tutularak kullanılmaktadır (Ford ve Pedley, 1996). Diyajenez düzeyi önemsenmeksizin ılık su kalsiyum karbonat çökelleri için ise tufa terimi tercih edilmektedir. İncelemelerde Antalya tufasında hakim olarak biyojenik kökenin belirlenmesi ve ılık su çökeli olması nedeni ile tufa terimi uygun görülmektedir (Dipova, 2002-a).

Antalya tufası Orta Anadolu'nun yükselmesine bağlı olarak gelişen Aksu yarı

graben haseninde çökelmiştir (Glover and Robertson, 1998). Yüzey alanı olarak dünyanın en geniş tufa çökelidir (Pentecost, 1995). Yatay ve yataya yakın tabakalanma hakim çökelim mekanizmasının gösel çökelim olduğunu göstermektedir. Ancak tünnek kaynak yolu modeli tufa oluşumu için başlangıç teşkil etmektedir. Bu modele göre yamaç aşağı akımda kurna şeklinde küçük basenler oluşmakta, bu basenler çökellerle dolup birleşerek düzlük alanları oluşturmaktadır (Masadağı). Oluşan bu düzlüklerde daha sonra daha geniş basenler oluştuğundan kalın tabakalı gösel çökeller oluşabilmektedir. Oluşan düzlüklerde akarsu sistemleri geliştiğinde örgülü ve menderesli nehir çökelleri oluşmakta ve düzlemsel morfoloji güçlenmektedir.

Tufa oluşum modellerinden biri olan çağlayan modeli bir yüksek enerji ortamıdır. Falez üzerinden su türbülanslı olarak akar ve bu sırada falez üzerinde sucül bitkiler gelişir. Falezden sarkan yosunlar üzerinden su akarken, fiziko-kimyasal ve biyojenik mekanizmalarla yosunların üzeri kalsiyum karbonat ile kaplanır. Bu yolla perde şeklinde tufa kayacı oluşur. Perde şeklindeki kaya oluşumlarının arkasında düşey

kör mağaralar gelişir. Çağlayan oluşum modeli ürünü tufalar jeolojik kayıt içinde fazla yer tutmazlar. Bunun nedeni kıyı aşınması ile hızla yok edilmesidir. Ancak bu sırada falez gerilemesine karşı bir direnç oluştururlar (Şekil 3).

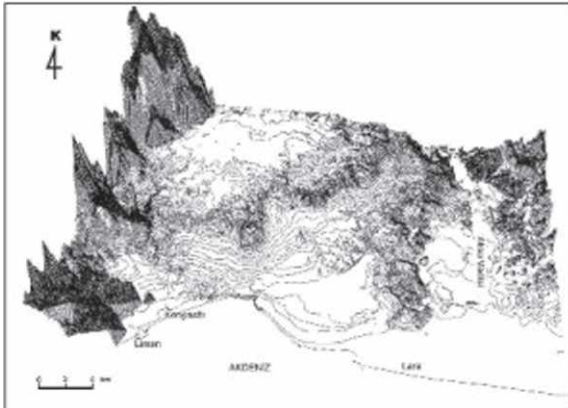


Şekil 3. Karpuzkaldıran'da çağlayan tipi tufa oluşumu.

Figure 3. Cascade model tufa precipitation around Karpuzkaldıran.

JEOMORFOLOJİ

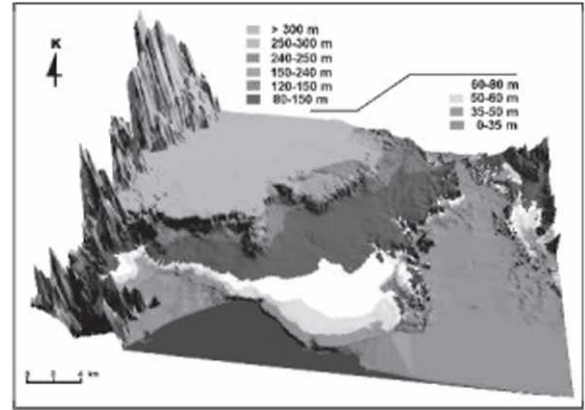
Antalya tufa birimi, batısı ve kuzeyi Beydağları ile, doğusu Aksu Nehri, güneyi ise Akdeniz ve Akdeniz kıyısında gelişen kıyı düzlükleri ile çevrilidir. Üzerine çökeltim imkanı bulunduğu Aksu yarı grabeni (Glover and Robertson, 1998) günümüzde batısı tufa ile sınırlanmış bir vadi niteliğindedir (Şekil 4).



Şekil 4. Antalya civarının 3 boyutlu modeli.

Figure 4. 3 dimensional model of Antalya area.

Birimin Akdeniz ile sınırı falezli bir yapı sunmaktadır. Ortalama 35 m yüksekliğinde dike yakın falezlerin arkasında basamaklı yapı kuzeye doğru yükselen platolar şeklinde kendini gösterir. Şekil 4 ve 5 de belirgin olarak 2 basamak kolayca ayırt edilmekle birlikte, ayrıntılı incelemede, bir tanesi deniz altında olmak üzere, 4 ayrı plato ve bunların alt seviyeleri belirlenebilmektedir (Dipova ve Yıldırım, 2004).



Şekil 5. Antalya platoları.

Figure 5. Antalya plateaus.

EROZYON VE GERİLEME MEKANİZMALARI

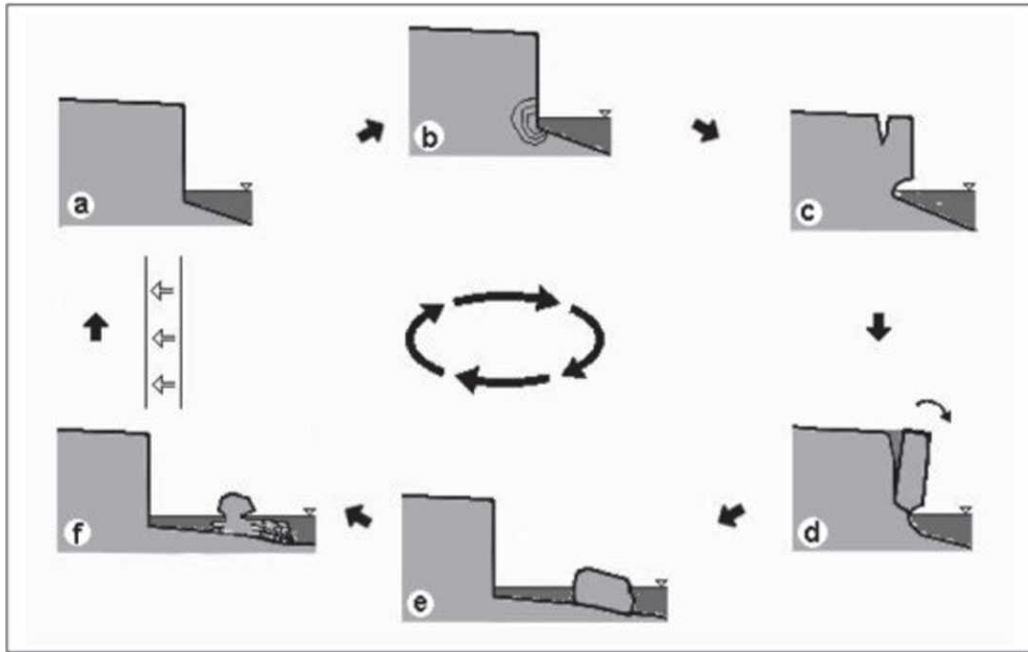
Falezli kıyıların oluşumunda dalga erozyonu ve buna bağlı gelişen kıyı gerilemesi etkili olmaktadır. Falezin geometrisi de, kaya kütlelerinin dayanım özelliklerine ek olarak, denizel ve karasal erozyonun görece şiddeti ile belirlenmektedir (Emery and Khun, 1982). Antalya örneğinde olduğu gibi deniz aşınması karasal yüzey erozyonundan daha etkin olduğunda dik ve dike yakın falezler ve bunun gerisinde yatay ve yataya yakın platolar oluşmaktadır. Antalya'da falez erozyonu ve gerilemesi için iki ana mekanizma gözlenmektedir. Bu mekanizmalar aşağıda açıklanmaktadır.

Çentik ve İkincil Devrilme

Görel olarak masif ve dayanımlı kaya kütlelerinde deniz seviyesinde dalganın aşındırıcı etkisi ve buna ilave olarak düşük oranlarda da olsa biyo-erozyon ve tuzluluğun çözücü etkisi ile kaya aşınmaktadır. Bu aşınma maksimum dalga yüksekliğinin üzerine çıkmamakta ancak kaya içine doğru ilerlemektedir. Bu yolla oluşan aşınma yapılarına çentik (veya kertik) denmektedir. Çentiklerin deniz seviyesinde oluşmasında burada aşındırıcı etkilerin en fazla bulunmasına ek olarak, falez tabanında kayada yanal doğrultuda gerilme azalması da etkili olmaktadır (Şekil 6-b).

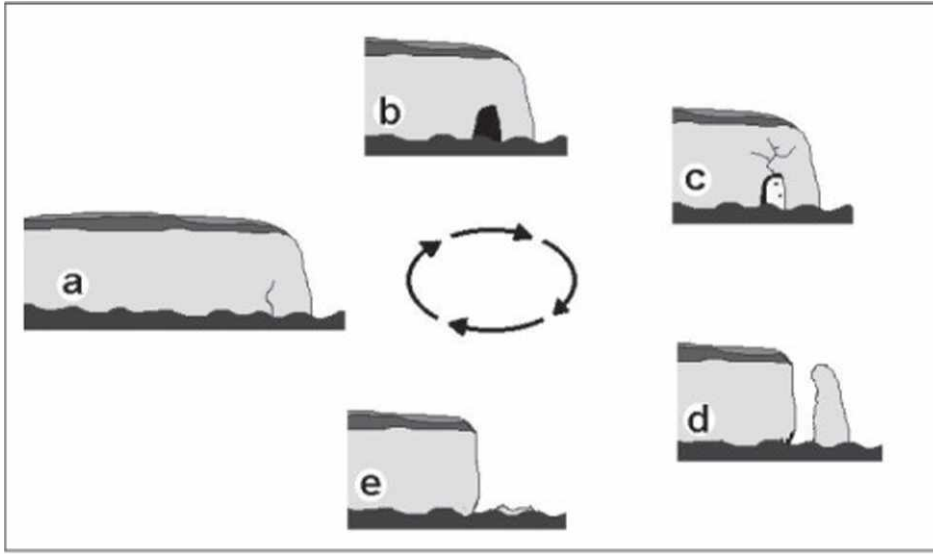
Çentiğin kaya içine doğru ilerlemesi, kaya kütlelerinin indirekt çekme dayanımı aşıldıkça sürer. Çekme dayanımı aşıldığında falez üzerinde gerilme çatlağı oluşur (Şekil 6-c). Alttan çentik üstten ise çatlak ile ana kütlede ayrılan kaya

bloğu öne doğru eğilme eğilimi gösterir. Bu sırada çentiğin bir kısmı kapanırken çentik arkasında ise "ufalanma zonu" oluşur (Şekil 6-d). Mekanizmanın bu aşaması "eğilme duraysızlığı" ile açıklanabilir. Gerilme çatlağı ve ufalanma zonu oluştuktan sonra devam eden erozyon, kaya bloğunun ağırlık merkezinin öne doğru ötelenmesine neden olmakta, bu da ufalanma zonundaki deformasyon için ilave gerilme anlamına gelmektedir. Ufalanma zonundaki deformasyon ise ağırlık merkezinin daha fazla öne ötelenmesine neden olmaktadır. Bu döngü bloğun tümüyle devrilmesine kadar sürer (Şekil 6-e). Bu mekanizma şev duraylılığındaki "devrilme"ye benzemektedir. Ancak mekanizmadaki farklılığı ayırmak için "ikincil devrilme" adı verilmiştir. Blok devrildiğinde geride kalan dik falez devrilen blok genişliği kadar gerilemiş olur (Şekil 6-f). Dalga aşındırması devam ettiği için "ikincil devrilme" mekanizması "döngü" halini almaktadır.



Şekil 6. Dalga aşındırması sonucu ikincil devrilme döngüsü.

Figure 6. Secondary toppling cycle due to wave erosion.

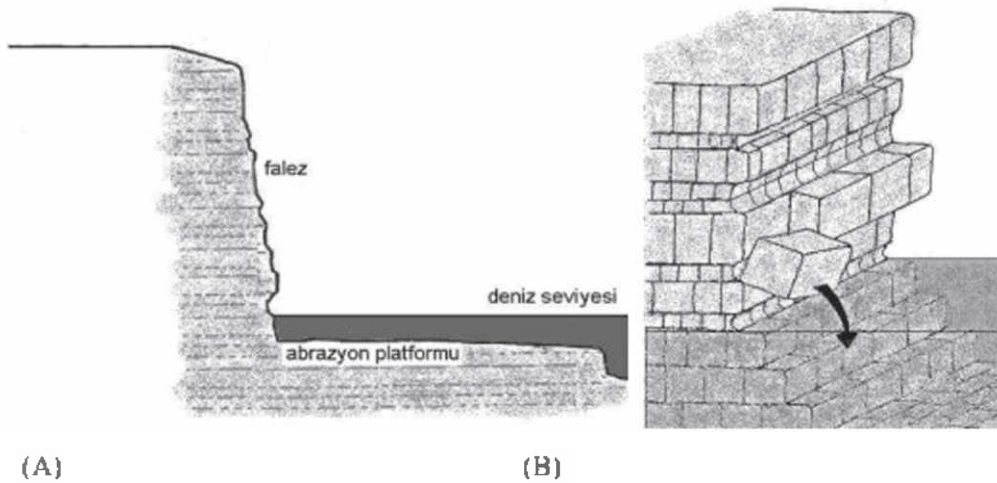


Şekil 7. Kıyı erozyonunda şahit kaya oluşumu.
Figure 7. Sea stack formation due to coastal erosion.

Belirgin Çentik Olmaksızın Kaya Düşmesi

Masif kayalarda çentik ve ikincil devrilme oluşurken, tabakalı kaya kütlelerinde belirgin çentik olmaksızın kaya düşmeleri şeklinde gerileme sürmektedir (Şekil 8-A). Dalga etkisi ile

deniz seviyesinde erozyon oluşmaktadır. Ancak tabakalı yapı, oluşan indirekt çekme gerilmesini tüm tabakalara paylaştırmakta ve kaya bloklarının düşmesi biçiminde erozyon sürmektedir (Şekil 8-B).



Şekil 8. Tabakalı kayalarda çentik gelişimi olmadan geri çekilme.
Figure 8. Cliff retreat on layered rocks without notch development.

FALEZ GERİ ÇEKİLMESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Sediman Taşınımı

Diğer kıyı erozyonu türlerinde olduğu gibi, falez erozyonunda da, sediman taşınımı erozyonu karşılama açısından geri çekilmeyi etkileyen önemli bir faktördür. Antalya falezlerinde de Konyaaltı-İskele (Yat Limanı) arası bölgenin, Düden Platosu falezlerine göre daha fazla geri çekilmiş olmasının gerçekçelerinden birisi bu olmalıdır. Çünkü Düden Çayı Düden platosundan denize dökülmektedir. Bu çayın klastik sediman taşıma kapasitesi düşük olmakla birlikte, sert (kireçli) suyu güncel tufa oluşumuna neden olmaktadır. 19. yüzyılın sonlarında yatak düzenlenmesi ile tek bir kanala alınmadan önce Düden çayı menderesli veya örgülü nehir biçiminde akardı. Böylece günümüzdeki Karpuzkaldıran mevkiinden, şehrin başladığı Paşakavaklar mevkiine kadar falezlerden sert su boşalımı, çağlayan tipi tufa oluşumunu sağlamıştır. Perde şeklindeki tufa oluşumu erozyona karşı kalkan görevi görmüştür. Yirminci yüzyılda süren erozyona rağmen bu perde tufa oluşumların bazı bölümleri Fener mevkiinde gözlenebilmektedir. 1930 lu yılların fotoğraflarında kayda giren Paşakavaklar'daki perde tufa oluşumları ise günümüzde gözlenmemektedir.

Dalga Yönü ve Büyüklüğü

Antalya'da hakim dalga yönü KKB dir. Atatürk Parkı'ndaki ve Eski Lara Yolu kıyı morfolojisi incelendiğinde eğilen blok yüzeylerinin dalga yönüne dike yakın açıyla geliştiği görülmektedir. Falez gerileme hızını etkileme açısından dalga kuvveti belirleyici etkindir. Sunamura (1977) masif kayalarda yaptığı araştırmada çentik büyümesi hızının dalga kuvveti ile doğru orantılı olduğunu belirlemiştir. Sunamura (1992), kayaç dayanımı

ve zaman parametrelerini bir arada değerlendirerek erozyon hızını eşitlik haline getirmiştir (Eşitlik 1).

$$R = K \cdot \ln(F_w/F_r) \quad (1)$$

$$F_w = A \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad (2)$$

$$F_r = B \cdot \sigma_c \quad (3)$$

Burada: R = Erozyon hızı, H = Dalga Yüksekliği, ρ = Deniz Suyu Yoğunluğu, g = Yerçekimi İvmesi, σ_c = Kayaç Serbest Basınç Dayanımı, A and B = Boyutsuz Sabitler, K = Hızın fiziksel büyüklüğü ile ilgili katsayı.

Kaya Malzemesi ve Kütle Özellikleri

Eşitlik 1 de görüleceği gibi erozyon ile dalga kuvveti doğru orantılı, kayaç mukavemeti ise ters orantılıdır. Kayaç mukavemeti serbest basınç dayanımı ile ifade edilmektedir. Antalya falezlerindeki erozyon ve gerileme hızının bu ilişki ile belirlenebilmesi için araştırılan bölgeler için karot örnekler üzerinde serbest basınç dayanımının belirlenmesi gerekecektir. Böyle bir araştırma başka bir çalışmaya konu olmakla birlikte, Dipova (2002-B) te Antalya tufa biriminden alınan farklı özellikteki karot örneklerde yapılan 310 adet deney sonucuna göre 1 ile 100 MPa gibi çok geniş bir aralıkta değişen serbest basınç dayanım değerleri rapor edilmiştir. Kayaç birim hacim ağırlığı ise 1,2-2,5 t/m³ arasında değişmektedir. Ortaya çıkan bu tablo, kayaç özelliği için genel kabullerle hareket edilemeyeceğini ve incelenecek her bir dar bölge için ayrıntılı deneysel çalışmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Kaya kütle özellikleri konusu daha fazla önem arz etmektedir. Tufanın kompleks oluşum modelleri ve buna bağlı gelişen birincil boşluklar ve karstik boşluklar hesaba katıldığı zaman eklemlili kayaçlar için türetilmiş kaya sınıflama sistemlerinin kullanımında problemler

yaşanmaktadır. Kaya kalitesi tanımlamasında yaygın olarak kullanılan RQD parametresi tufa için uygun görülmemektedir (Dipova, 2004). Bu nedenle falez erozyon hızı tahmin yöntemi oluşturulmadan önce tufaya uygun bir kaya sınıflama sistemi geliştirilmesi gerekmektedir.

Yağış

Yağışın dalga erozyonundan çok yüzeysel erozyonu artırıcı etki yapacağı açıktır. Ancak dalga erozyonu ile oluşan gerilme çatlakları yüzeylerinin ve çatlak arası dolguların erozyonunu hızlandırarak endirekt bir etki yaptığı da dikkate alınmalıdır.

Kentleşme ve Yapılaşma

Falezler üzerinde 10-15 kat arası yüksek yapılaşma söz konusudur. Bu yapıların temel tiplerine bağlı olmak üzere 10-15 t/m² zemine ilave gerilme aktarmalarına neden olur. Böylece falez tabanında, örtü basıncına ilave olarak % 10-15 arasında gerilme artışına neden olmaktadır. Bu

mantıkla düşünüldüğünde falezler üzerindeki ilave yüklemeler erozyon hızında artışa neden olabilecektir. Bir diğer konu da yapı yaklaşma sınırıdır. Kıyı kenar çizgisi dar kıyılarda şevin üst sınırı olarak alınmaktadır. Ancak özel mülkiyete izin veren bu uygulama yapıların stabilitesi için ayrıca değerlendirilmelidir. Çoklu blok ikincil devrilme mekanizmasından etkilenen duraysız bölge falez üst sınırından onlarca metre geriye kadar etkili olabilmektedir. Oysa Eski Lara Yolu'nun güncündeki yapılarda 10 m nin altına inen yaklaşımlar gözlenmektedir. Hatta Kadınyarı ile Yat Limanı arasındaki bölgede falez hizasında (0 m yaklaşma) yapılar bulunmaktadır.

ÖRNEK ALANLAR

Konyaaltı Varyantı-Kadınyarı Arası

Konyaaltı Varyantından başlayıp, Atatürk Parkı'nı, Vali Konağı'nı, DSİ lojmanlarını ve Sağlık Yüksek Okulunu içine alan bölge bu bölümde ele alınacaktır (Şekil 9).



Şekil 9. Konyaaltı varyantı ve İskele (Yat Limanı) arası için bulduru haritası.
Figure 9. Location map of area between Konyaaltı Variant and Yacht Harbour.



Şekil 10. Konyaaltı varyantında çoklu ikincil devrilme mekanizması (Dipova, 2003).

Figure 10. Multiple secondary toppling mechanism near to Konyaalti variant (Dipova, 2003).

Konyaaltı varyantının doğusunda bulunan erozyon yapıları çoklu ikincil devrilme mekanizması için güzel bir örnektir. Şekil 10 da sağdaki fotoğrafta deniz tarafından itibaren devrilen blok ve eğilme duraysızlığı aşamasındaki blok belirgin olarak gözlenmektedir. Fotoğrafın geri planında ise çoklu blok devrilmesinin geliştiği görülmektedir. Fotoğrafın sol kısmında geri plandaki dik kayalıkların üzerinde şehir tramvay hattı ring yapmaktadır. Bloklar arasındaki toprak dolgu kısımlar plaja inmek için geçiyolu olarak kullanılmaktadır.

Çoklu blok devrilmesi mekanizması falez gerisinde de gözlenebilmektedir. Atatürk Parkı içinde değişik boyutlarda çukurluklar bulunmaktadır. Bu çukurluklar çoğunlukla karstik çöküntü olarak algılanmaktadır. Ancak, bu boşlukların kıyıya paralel ovalimsi olmaları, özellikle deniz tarafındaki duvarlarının düze yakın olması, karstik çöküntüden çok, eğilen blokların arkasındaki açılmalar olduğunu ortaya koymaktadır. Konyaaltı caddesinin güncyi, başka bir deyişle, Atatürk Parkı'nın tamamı devrilme mekanizmasının etkisi altındadır. Park içinde ağır yapılar bulunmamakla birlikte mevcut lokanta, kahvehane gibi küçük, tek katlı yapılar, çoğunlukla gerilme çatlakları ile ayrılmış kaya blokları üzerinde bulunmaktadır.

Atatürk Parkı'nın falez kısımları büyük bir çoğunlukla eğilen bloklardan oluşmakta ve deniz seviyesinde dalga etkisi ile çentik oluşumu ve büyümesi devam etmektedir. Çentik önlerinde aşınma düzlükleri (abrazyon platformu) oluşmaktadır. Dalga kırılması sonucu doğal köprüler oluşmakta ve şahit kayalar gelişmektedir (Şekil 11).

Atatürk Parkı doğu sınırında deniz kenarında büyük bir çöküntü bulunmakla birlikte, parkın bitiminden sonra göreceli olarak daha stabil kayalar bulunmaktadır. Park ile Sağlık Yüksek Okulu arasındaki alan Vali Konutu, DSİ Sosyal Tesisleri ve apartmanlar bulunmaktadır. Bu alanda da deniz seviyesinde çentik (kertik) oluşumu sürmekte, ancak falez üzerinde gerilme çatlakları oluşmadığından çentik tavanı yukarı doğru göçerek mağara halini almaktadır (Şekil 12). Sağlık Yüksek Okulu'nun bahçesi ise devrilme mekanizmasının izleri ile doludur. En öndeki bloğun eğilmesi ile oluşan arkadaki gerilme çatlakları toprakla dolmuş ve 12 m genişliğinde bir koridor görünümü almıştır. Bu alan çocuk bahçesi olarak kullanılmıştır. 2004 bahar aylarında SYO zemin kat kolonlarında kırılmalar olmuş ve bina boşaltılmıştır. Bu konuda ayrıntılı araştırma gerçekleştirilmemekle birlikte, yapının da zemin hareketlerinin aktif olduğu bir bölgede bulunduğu da bir gerçektir.



Şekil 11. Atatürk Parkında kıyı erozyonu ile abrazyon platformu ve şahit kaya gelişimi.

Figure 11. Abrasion platform and sea stack development due to coastal erosion on Atatürk Park coasts.



Şekil 12. DSİ lojmanları ve Kadınyarı arasında erozyon izleri.
Figure 12. Erosion on coasts between DSİ and Kadınyarı.

Yat Limanı-İskele Caddesi

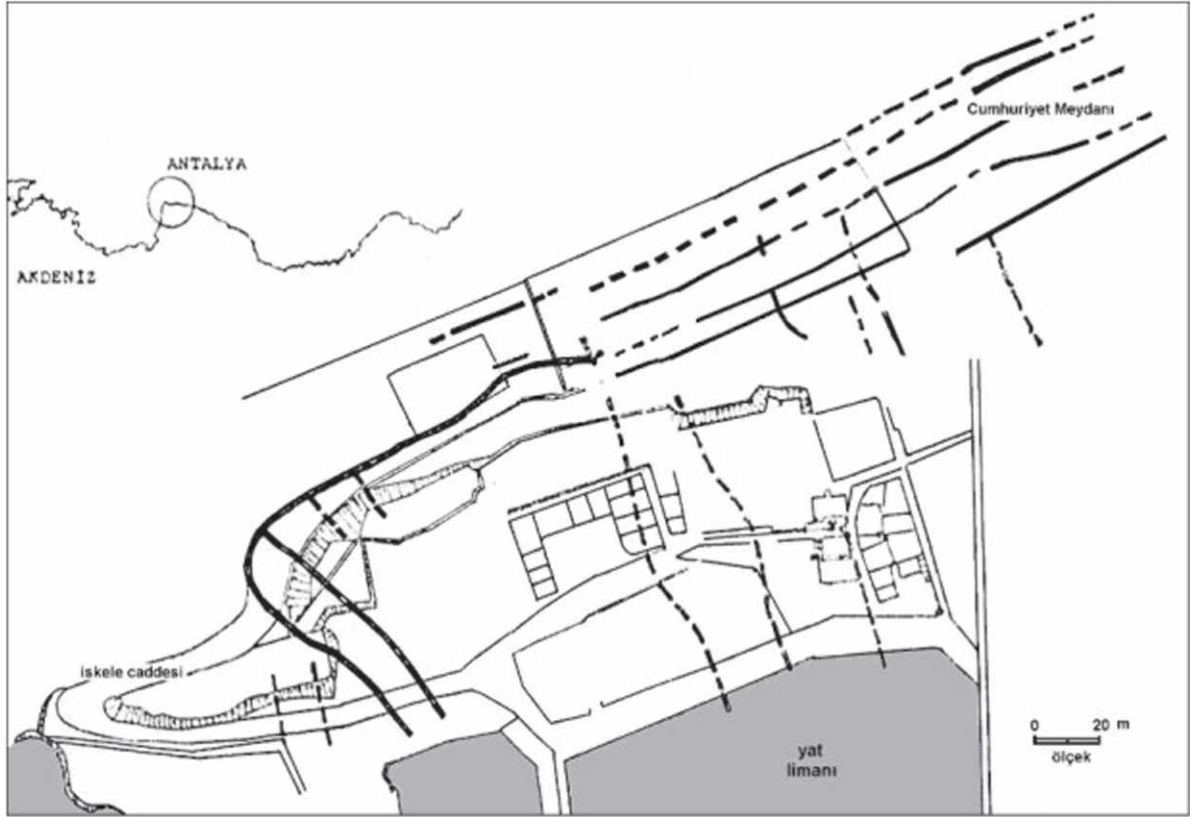
Günümüzde Yat Limanı olarak bilinen "İskele" Antalya'nın en eski yerleşim yeridir. Antalya Liman koyağı kenarları meyilli, önu denize açılan iki yarım daire şekilli bir yapıdadır. Alagöz (1973) bu yapıyı deniz erozyonu ile önu açılmış bir çökme dolini olarak yorumlamıştır.

Liman çıkışında deniz derinliği 40 m civarında iken, liman içinde en fazla 10 m dir. Ayrıca liman içinden tatlı su çıkışı vardır. İskele Caminin altındaki kaynak içme suyu olarak kullanılmıştır. Bunlar Alagöz (1973) ün savını destekleyen bulgulardır. Ayrıca, falez gerilemesi ile koyağın önünün denize açılması dışında, relatif deniz

seviyesi yükselmesi sonucunda koyak tabanı sular altında kalmış ve doğal liman halini almıştır.

İskeleden falez üstüne "İskele Caddesi" üzerinden çıkılır. İskele Caddesi'nin çıkışında ise doğuda Tophane Çay Bahçesi, batıda ise eskiden Orduevi'nin bulunduğu yerde çay bahçesi bulunmaktadır. 1980 li yılların başında eski Orduevi binasında, İskele Caddesi üzerinde ve Tophane Çay Bahçesi'nde çatlaklar ve yarılmalar gözlenmiştir. 1982 yılında Tophane Çay bahçesinin falezinden bir kaya parçası düşmüştür. Bu gelişmeler sonucu, aynı dönemde turizm amaçlı yat limanı olarak kullanılmak üzere

yeniden düzenlenen iskele için tehlike olup olmadığına yanıtlanması amacı ile jeoteknik ve jeofizik araştırmalar yapılmıştır. Ercan vd. (1985) yapılan araştırmalar sonucunda şekil 13 te verilen süreksizlik hatlarını belirlemişlerdir. Süreksizlik hatları iki set halindedir ve birbirini kesmektedir. Tophane çay bahçesi civarında K-G doğrultulu kırık hatları belirlenmiş ve bahçe duvarında 2 cm ye yakın ötelenmeler rapor edilmiştir. D-B doğrultulu çatlaklar "yerçekimsel kayma hazırlığını gösteren yırtılmalar" olarak yorumlanmakta, yenilme mekanizması ise "blok kayması" ile açıklanmaktadır.



Şekil 13. Yat limanı-Cumhuriyet Meydanı arasında belirlenen süreksizlik hatları. (Ercan vd. 1985).

Figure 13. Discontinuities between Yacht Harbour and Cumhuriyet Square (Ercan et al. 1985).

Ercan vd (1985) tarafından önerilen "kayma mekanizması" nın arazideki yenilmeleri açıklamadığı düşünölmektedir. Özellikle Tophane çay bahçesinin orta bölümündeki "U" biçimli çıkıntının her iki yanında K-G doğrultulu kırık hatlarının olması ve bunlara dik doğrultuda D-B doğrultulu gerilme çatlaklarının varlığı, kayma dan çok "blok devrilmesi" olma olasılığını artırmaktadır. İskele Caddesi'nin kuzey kaldırımındaki arkadaki kayadan ayrılmalar da devrilme mekanizmasını kanıtlar niteliktedir. Bir heyelan aynasına yaslı bir şekilde kayma yerine, deniz tarafına doğru açılma gözlenmektedir. Yat limanına inilen merdiven kenarındaki kesitte de bu devrilme mekanizması belirgin olarak görölmektedir.

Devrilme mekanizması için gerekli olan çentik veya ufalanma zonu, falez topuğu örtölü olduğu için görölememektedir. Falez önünde yapılan SK-6 nolu sondajda (Ercan vd, 1985) 6,5 m dolgu zemin belirlenmiştir. Limanda yerleşim kurulmadan önce büyük olasılıkla buradaki falezler dalga etkisine açıktı. Bu dönemde oluşan çentik veya ufalanma zonu nedeni ile blok devrilme mekanizması başlamış ve eğilme duraysızlığı aşamasına gelmiş olabilir. Sonraları falez topuğu dolgu ile örtöldükten sonra da bloklardaki eğilmenin sürmesi bu durumda doğal olacaktır. Yeraltısuyu hareketleri, yüzey suyu sızmaları da bazı dönemlerde bu hareketin ivmelenmesine neden olabilecektir.

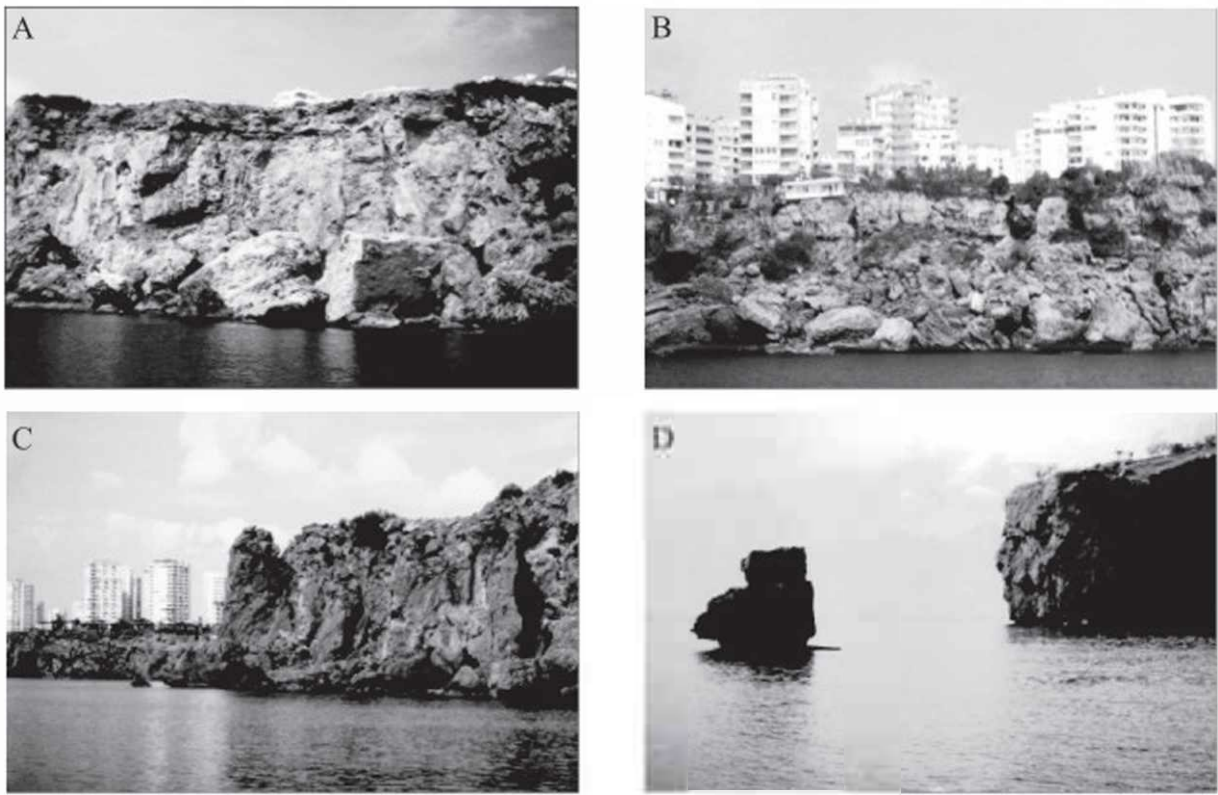
Eski Lara Yolu Kıyıları ve Bambus Plajı

Şehir merkezinden başlayıp Düden platosunu kat ederek doğuya doğru giden Eski Lara Yolu boyunca falezlerde erozyon izleri gözlenmektedir. Falez önündeki kaya blokları falez üzerinden koparak düşmüşlerdir. Bazı kaya bloklarının falez üzerinden koştukları yer ayırt edilebilmektedir. Şekil 14-A da devrilen blok üzerinde terra rosa tabakasının henüz yıkanmamış olması, bloğun yakın bir dönemde düşüğünü göstermektedir. Kaya kopmaları olan

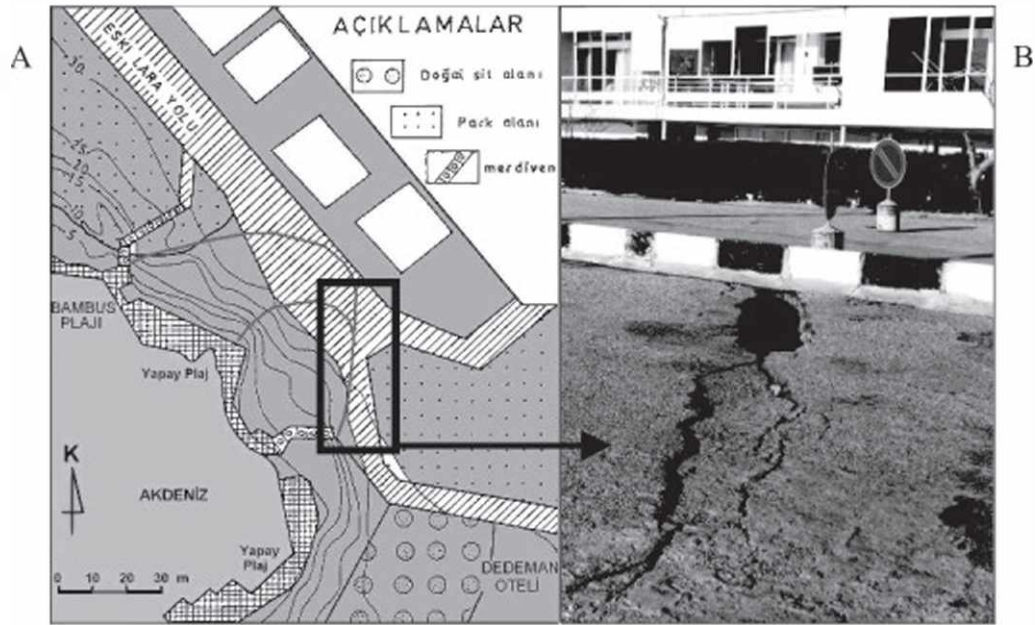
bölgelerde yapı olduğunda risk artmaktadır. Şekil 14-B de kopup düşen kaya bloklarının üzerindeki tek katlı bir yapıdaki deformasyon açıkça görölmektedir. Geri plandaki yapıların yatayı ile karşılaştırıldığında sola doğru yaklaşık 2 derece dönme görölmektedir. Masif karakterdeki kaya kütlelerinde deniz seviyesindeki çentik sonucu falez üstünde gerilme çatlakları oluşur (Şekil 14-C). Bazı dayanımlı kaya blokları gerileyen falezin önünde deniz içinde kalır ve şahit kaya ya da baston biçiminde gözlenir (Şekil 14-D).

Eski Lara Yolu'nun Bambus Plajı ile Dedeman Oteli arasında kalan bölümünde Aralık 2001 de derin yarıklar ve yol üzerinde deformasyonlar gözlenmiştir. Asfalt üzerinde 3 ayrı hat üzerinde yarıklar oluşmuştur (Şekil 15). Yer yer genişliği 1 m ye, derinliği 5 m ulaşan bu yarıkların yolun kuzeyindeki apartmanlara uzaklığı Koçak (2002) tarafından 13 m olarak ölçölmüştür. İl trafik komisyonunun kararı ile yolun bu bölümü araç trafiğine kapatılmıştır. Ancak yayaların bu bölgeye girişleri ve bloklar arasındaki merdivenlerden denize inmeleri konusunda bir önlem alınmamıştır.

Göçmeyi takip eden günlerde bölgede yapılan incelemelerde, Bambus Plajı ve apartmanlar arasında kalan bölgede basamaklı bir yapı gözlenmiştir. Deniz tarafından incelendiğinde bu basamakların kaya bloklarının denize doğru hareketleri ile oluşan relatif seviye farkından kaynaklandığı görölmüştür. Kaya içindeki yatay tabakalanmanın bu bloklar üzerinde denize doğru dalımlı olarak gözlenmesi ve falez üstündeki yarıkların açıklığı dikkate alındığında yenilme mekanizmasının kayma yerine, ikincil devrilme olduğu anlaşılmaktadır. Koçak (2002) de belirtildiği gibi bir kayma (slump) olsa idi tabakalar kara tarafına doğru eğilecek ve yenilme yerinde bir tansiyon açılması yerine kayma aynası ortaya çıkacaktı. Deniz seviyesinde yapılan incelemelerde belirgin bir çentik gözlenememiştir.



Şekil 14. Eski Lara Yolu boyunca erozyon izleri.
Figure 14. Erosion on the coasts through the Old Lara Street.



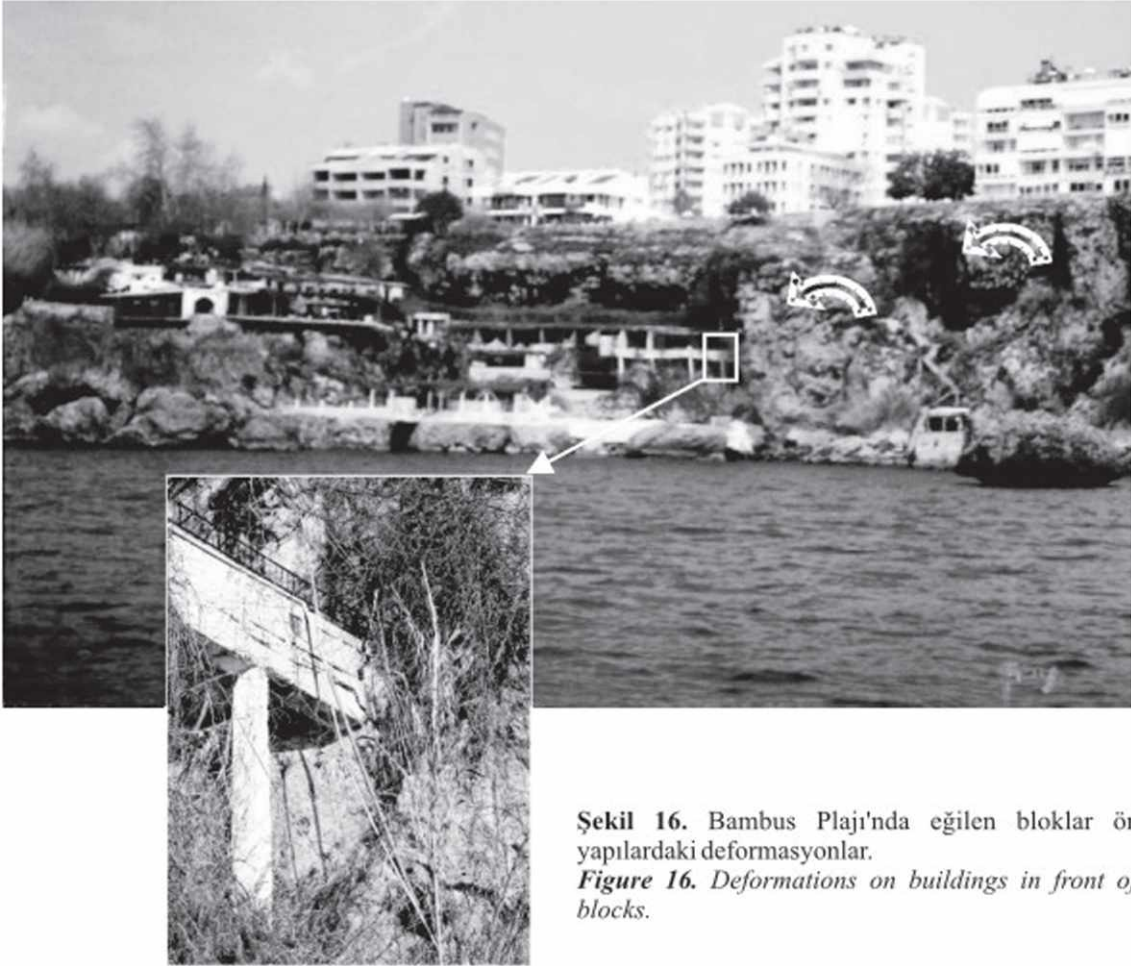
Şekil 15. A) Bambus Plajı'nda göçmelerin olduğu bölgenin haritası ve göçen blokların konumu, B) Kırığın fotoğrafı.
Figure 15. A) Plan view of failed area and locations of failed blocks, B) Photograph of crack.

İkincil devrilme mekanizmasının başlangıcı olan çentik oluşumu, eğilme duraysızlığı aşamasına geçildiğinde çoğunlukla kapanmakta ve ufalanma zonu (crash zone) halini almaktadır. Bu örnekte de duraysızlığı devam ettiren deformasyonlar büyük bir olasılıkla ufalanma zonunda gerçekleşmektedir.

Bambus Plajının yapıları da hareketli bloklar üzerindedir. Özellikle eskiden motel odaları olarak kullanılan odaların pencereleri eğilme sonucu dikdörtgen yerine paralelkenar halini almıştır. Şekil 16 da kaya bloklarının denize doğru eğilmeleri ve bir bloğunun itmesi sonucu betonarme çerçevedeki deformasyon açıkça görülmektedir.

SONUÇLAR

Antalya kıyı falezleri kıyı erozyonu ile karşı karşıyadır. Erozyon miktarı ve hızı dalga yönü ve büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Erozyona etki eden diğer etmenler ise; sediman taşınımı, kaya malzemesi ve kütle özellikleri, yağış rejimi, kentleşme ve yapılaşmadır. Deniz seviyesinde dalga etkisi ile çentikler açılmaktadır. Bu çentiklerin açılmasında biyo-erozyon ve tuzluluğun da küçük etkileri olduğu bilinmektedir. Falez üzerinde gerilme çatlakları açıldıktan sonra, falezlerde blok eğilmesi ve sonucunda blok devrilmesi ya da kaya düşmesi riski ortaya çıkmaktadır.



Şekil 16. Bambus Plajı'nda eğilen bloklar önündeki yapılarıdaki deformasyonlar.

Figure 16. Deformations on buildings in front of tilting blocks.

Kaya mukavemeti erozyona direnç sağlama açısından önemlidir. Falezleri oluşturan tufa kayacı çok değişken ve karmaşık yapıdadır. Bu durum 17 km uzunluktaki falezler için genel ifadeleri zorlaştırmaktadır. Falezlerin güvenlik incelemesi için hassas bir çalışma programı planlaması zorunlu hale gelmektedir. Yüksek risk taşıyan bölümler hassas ölçüm aletleri ile sürekli gözlem altına alınmalıdır. Bu bilgiler ışığında imar planında gerekli revizyonlar yapılmalıdır.

Falezler çoğunlukla yeşil alan olarak kullanılmaktadır. Ancak bazı bölgelerde yapıların tehlikeli biçimde falezle yaklaştığı görülmektedir. Bu bölümler için ayrıntılı inceleme yapılarak gerekli önlemler alınmalıdır. Yeşil alan olarak kullanımda yapılaşma olmamaktadır, ancak özellikle Atatürk Parkı'nda lokanta ve kahvehaneler bulunmaktadır. Bu küçük yapıların bazıları gerilme çatlakları ile ayrılmış bloklar üzerindedir. Bu yapılarda çalışan ve ziyaret eden kişilerin doğanın bu gerçeği hakkında bilgilendirilmesi gerekmektedir.

EXTENDED SUMMARY

Erosion of sea-cliffs presents significant risk to cities develop behind the cliffs like Antalya (SW Turkey). After establishment of historical Attelia, Antalya sea cliffs were used for construction of defense buildings, lighthouses and residential purposes. After 1980's as tourism activities has grown, tufa cliffs have increasingly become sites for houses and hotels, with attendant risks.

Antalya sea cliffs are located between Karpuzkaldıran and Konyaaltı Beach and are approximately 17 km. In the west behind Konyaaltı Beach and in the east behind Lara Beach cliffs are continuing. Antalya coastal cliffs are active cliffs on which marine erosion is much more effective than subaerial erosion.

The most important reason of cliff instability

is wave erosion. At the base of cliffs wave impacts results in erosion. In thinly bedded rocks, this removes the support at the base and above rock layers fail due to high tensional stress. Cliff retreat is observed as a result of rock fall. Instead, in massive rocks, notches are developed at the base of the cliff. As a result of undercutting tensional cracks occur above the cliff. This is the start of "tilt instability". As the rock block is tilting, notch tends to be closed and turn into a "crash zone". As centre of gravity shifts through the sea, deformation increases in the crash zone, and additional deformation in the crash zone result in a new shift of centre of gravity. This process continues until the toppling of rock block completely. The process between opening of tension crack and toppling is called "secondary toppling mechanism". Factors affecting rate of cliff erosion and retreat are; sediment transportation, wave direction and intensity, properties of rock material and rock mass, precipitation, urbanization and construction facilities.

In this paper, erosion and retreat mechanism observed in Antalya sea cliffs will be explained. Erosion and retreat conditions of cliffs around Atatürk Park, School of health, Yacht harbour-Iskele Street, Old Lara Street and Bambus Beach will be explained as case studies.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Alagöz, C.A., 1973, Karst olayları üzerine yeni bir müşahade "Antalya Liman Koyağı", Jeomorfoloji Dergisi, Sayı 5, Sayfa 33-41, Ankara.
- Dipova, N., 2002-a, Collapse mechanism of the Antalya tufa deposits, PhD. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Dipova, N., 2002-b, Antalya tufa falezleri üzerinde yapılaşmada geoteknik sorunlar, IV. Kıyı Müh. Ulusal Semp., 24-27 Ekim

- 2002, Antalya, Bildiriler Kitabı, sayfa 443-456.
- Dipova, N., 2003, Erosion and retreat of Antalya coastal cliffs, Proceedings of the Sixth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 03, Ravenna, Italy.
 - Dipova, N., 2004, Antalya tufasının temel zemini olarak genel özelliklerinin değerlendirilmesi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi, 16-17 Eylül 2004, İTÜ, Tebliğler Kitabı, İstanbul, Sayfa 161-170.
 - Dipova, N., ve Yıldırım, M., 2004, Antalya kıyı taraçalarının oluşumu ve morfolojik özellikleri, Kıyı ve Deniz Jeolojisi Sempozyumu, 13-15 Eylül 2004, YTÜ, İstanbul, Bildiri Özleri Kitabı, Sayfa 33.
 - Emery, K. and Kuhn, G., 1982, Sea cliffs: their processes, profiles and classification. Geol.Soc.Am.Bull. 93, 644-654.
 - Ford, T.D., and Pedley, H.M., 1996, A review of tufa and travertine deposits of the world, Earth Science Reviews, vol. 41, p. 117-175.
 - Ercan, A.,Özer, İ., Atılgan, İ., İbrahimiye, M., 1985, Eriyebilir kayalarda yerkaymaları, Yer altı kırıklarının jeoteknik ve birleşik jeofizik yöntemlerle belirlenmesi: Yat Limanı Antalya, Jeoloji Mühendisliği, Sayı 25, s. 55-63, Ankara.
 - Glover, C.P. and Robertson, A.H.F., 1998, Role of regional extension and uplift in the Plio-Pleistocene evolution of the Aksu Basin, SW Turkey, Journal of Geological Society, London, vol.155, p. 365-387.
 - Koçak, İ., 2002, Bambus plajının doğusundaki falezlerde (Antalya) 2001 yılında oluşan göçmeler, Doğu Coğrafya Dergisi, Yıl 7, Sayı 8, Konya.
 - Pentecost, A., 1995, The Quaternary Travertine deposits of Europe and Asia Minor. Quaternary Science Reviews, Vol.14, p. 1005-1028.
 - Sunamura, T., 1977, A relationship between wave-induced cliff erosion and erosive force of waves, J. Geology 85: 613-618.
 - Sunamura, T., 1992, The geomorphology of rock coast. Wiley, Chichester.