

암반의 구조적 및 공학적 특성을 고려한 가용절취량 산정

Estimation of Usable Cut-out Volume Considering the Structural and Engineering Properties of Rock Mass

이 창 섭 (Chang Seop Lee)

홍 관 석 (Kwan Suk Hong)

조 태 진 (Tae Chin Cho)

(주)동해기초

부경대학교 응용지질학과

부경대학교 환경탐사공학과

요약 / ABSTRACT

절취암의 물량산정과 사석의 절취 효율성을 판단하기 위한 목적으로 옥망산 인근지역의 지반조사를 실시하였다. 조사지역은 경상분지 동남부의 지질구조를 지배하는 양산단층대의 말단에 위치하여 안산암질암, 유문암질암 등의 화산암류와 이를 관입하고 있는 화강암으로 구성되어 있으며, 북북동-남남서 방향의 우수향 주향이동단층에 의해 규제되고 있다. 단층들은 분포된 절리의 간격과 빈도수 그리고 절리면 압축강도에 직접적인 영향을 끼치고 있다. 절리빈도는 단층면 인접지역에서 최대치를 나타내고 단층에서 멀어짐에 따라 감소된다. 지질조사를 기초로하여 구조도를 작성하고 이를 활용한 채취물량의 산정 결과 현장의 공사에 필요한 암편의 최소 크기를 고려할 때 채취 물량은 암반(기반암)체적의 61%인 4,018,000m³이며, 표토와 풍화암이 포함된 옥망산 체적의 48%에 해당된다.

주요어 : 단층, 절리간격, 방향성, 압축강도, 절취량

Structural and geological engineering properties of the rock mass distributed in the Yokmang mountain area were investigated to determine the usable cut-out volume and quarrying efficiency. The study area is located in the southern tip of the Yangsan fault system which controls the geological structure of the Kyungsang basin. As a result, the study area is mainly composed of andesitic, rhyolitic, and granitic rocks of the Cretaceous Kyungsang Supergroup and a series of right-handed strike-slip faults is developed along NNE-SSW direction. These regional faults significantly affect the spatial and mechanical characteristics of joints such as spacing, frequency, and compressive strength. The joint frequency is highest along the fault zones and decreases toward the remote region. Based on the geological information obtained from the field survey, the detailed structure of the Yokmang mountain

was analyzed and the volume of the rock mass was assessed. Considering the minimum rock block size required for the construction of a coastal dumping site, potential cut-out volume is then estimated to be 4,018,000m³ the volume % of which is 48% of Yokmang mountain including the soil and weathered rock and 61% of the unweathered rock mass.

Key Words : fault, joint spacing, orientation, compressive strength, cut-out volume

서 론

대규모의 SOC사업이나 토목공사가 진행됨에 따라 공사 현장과 인접한 지역에서 골재 등의 채취를 위해 석산, 채석장 등이 개발되고 있으며 필요한 규격의 물량을 사전에 조사하여 확보하는 것은 공거나 공사비용의 절감에 있어 중요한 사항이다. 이러한 목적을 위하여 현재 여러 현장에서 시행되고 있는 조사는 대체로 시추작업을 통하여 현지 암반을 강도에 따라 연암, 보통암, 경암 등으로 구분하고 각 암종별로 산출된 체적량에 일률적으로 일정한 손실율을 곱하여 물량을 산출하고 있다. 그러나 이 경우 단층, 절리, 층리 등의 불연속면의 발달상태나 변질상태 등의 지질학적인 영향에 의한 요소를 고려하지 않아 실제 공사시 사전에 조사, 예측된 결과와 상이하여 공사진행에 차질을 빚는 경우가 있다.

본 논문의 연구대상지역은 경상남도 진해시 안골동 옥망산 호안 (2공구) 지역이다. 부산 신항 준설토 투기장 호안 2공구 축조공사에서 옥망산 절취 계획과 관련한 조사 시추자료를 검토하고 추가로 지표지질조사를 실시하였다. 시추자료를 이용하여 조사대상지역의 표토와 상부풍화대 및 기반암의 심도를 파악하였으며, 조사지역과 주변의 광역선구조를 분석하여 지질구조의 형상과 연장성을 검토하여 조사의 기초자료로 활용하였다. 또한 호안 2공구 지역에 분포하는 암석의 종류와 암상, 변질상태 등을 조사하여 지질도를 작성하고, 불연속면에 대한 조사를 실시하여 구조도를 작성하였다. 현장에서 슈미트햄머를 이용하여 상대적인 암석의 강도를 측정하여 주단층으로부터의 이격거리에 따른 강도변화를 조사하였으며, 조사결과를 종합하여 현장에서 채취가능한 절취량을 산정하였다.

지형과 지질

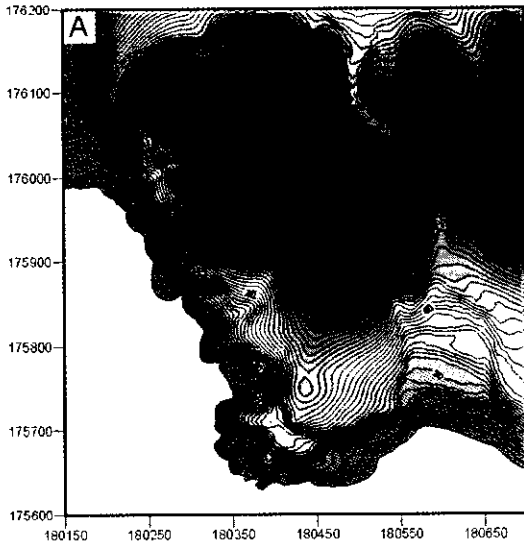
조사 지역의 지형은 이 지역에서 가장 높은 옥망산(해발 193.8m)의 남서측으로 연장된 능선으로, 옥망산을 중심으로 볼 때 동측으로 남서-북동 방향의 능선과 서측의 남북 방향의 능선, 그리고 두 능선을 동서로 잇는 하나의 능선이 H자 모양의 산계를 이루고 있다(Fig. 1-A). 이와 같은 산계를 골격으로 소규모의 지 능선들이 해안을 향하여 방사상 형태를 취하고 있으며, 이러한 형상을 따라 간헐천 형태의 단순한 수계가 형성되어 있다. 지형의 경사는 산지의 정상부와 연결되는 부분에서는 20~30°의 비교적 완만한 경사를, 해안선을 따라 형성된 지역은 30~40°의 가파른 지형경사를 나타내고 있다. 이러한 차별적인 지형 경사도는 본 지역에 분포하는 암석의 물성과 관련되어 있다. 상대적으로 급한 지형경사를 가지는 지역은 화강암이 우세하며 완만한 구릉지와 산지를 형성하는 부분은 화산암질암으로 구성되어 있다. 이와 같은 양상은 풍화에 대한 저항도의 상대적인 차이에 기인하는 것으로 화산암류는 후기 화강암 관입의 영향으로 변질되어 강도저하와 풍화작용이 진행된 결과로 해석된다.

조사지역은 경상분지 남단부에 위치하며 중생대 백악기의 화성활동에 의해 생성된 암석으로 구성된다. 일반 지질은 경상누층군의 유천층군에 속하는 화산암류인 안산암질암 및 유문암질암과 이를 후기에 관입한 불국사 심성암류인 화강암질암으로 이루어진다(Table 1). 화산암류는 후기 심성암류에 수반된 열과 열수의 영향으로 상당히 변질된 특징을 보인다. Fig. 1-B는 호안 2공구지역의 암석분포를 나타낸 것으로 산지와 능선부분에 화산암인 안산암과 유문암이 분포하며 해안을 따라 화강암이 상기의 암석을 관입하는 산상으로 분포하고 있다. Fig. 1-C는 선행된 조사결과(부산항 건설사무소, 1999)에서 Fig. 1-B에 제시한 축선을 따라 시행된 시추 단면도를 발췌하여 나타낸 것이다.

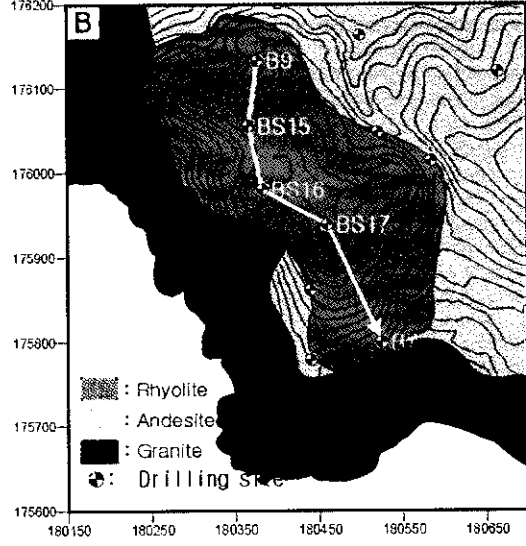
본 연구지역에 분포하는 대표적 암석들의 조성

암반의 구조적 및 공학적 특성을 고려한 가용질취량 산정

Topography



Geology



C

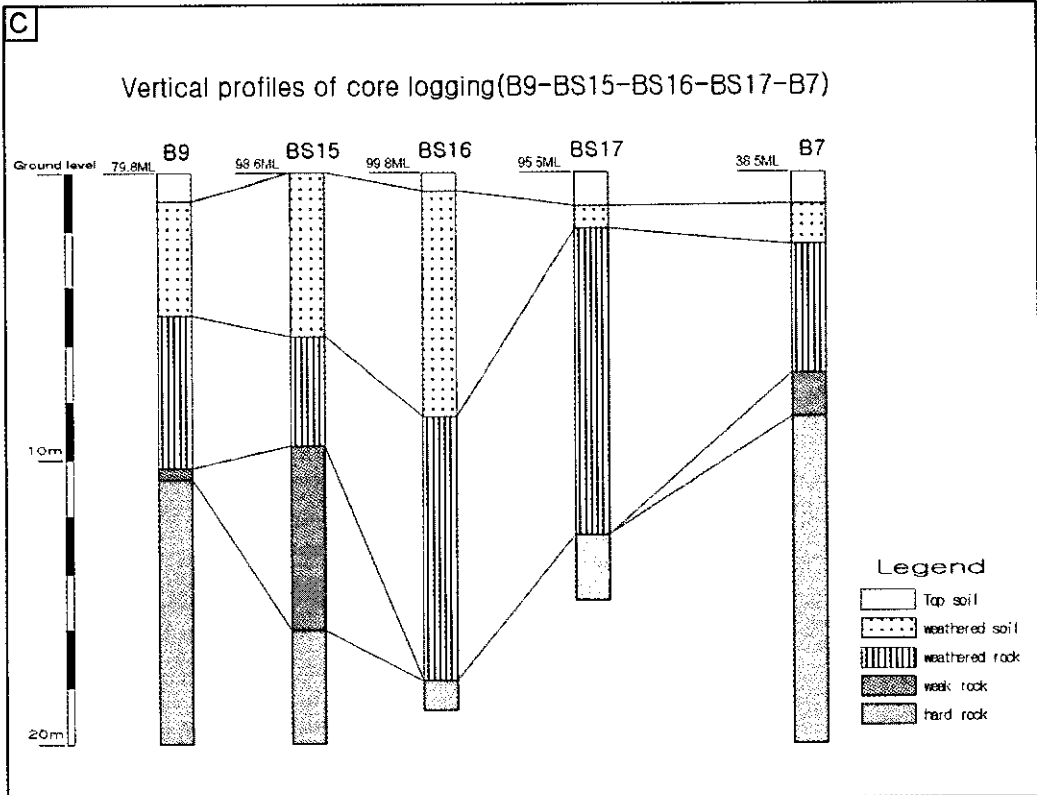


Fig. 1. Topography, geology and drilling profiles of study area.

Table 1. Geological setting of study area.

Quaternary		Alluvium
Unconformity		
Cretaceous	Bulguksa intrusive rock	Granitic rock
	Intrusion	
	Yucheon group	Rhyolitic rock Andesitic rock
	Extrusion	
	Hayang group	Sedimentary rock

은 다음과 같다(장태우 등, 1983).

안산암질암 : 조사 지역의 기저부에 주로 분포하며, 안산암(andesite)과 안산암질 용회암(andesitic tuff)으로 구성되나 이들은 서로 혼재되어 지질 경계 구분은 어려우며, 전반적으로 암회색 내지 암녹회색의 암색 계통이 주를 이룬다. 산출 상태는 세립 내지 치밀질 바탕(석기)에 담회색 사장석 반정이 발달되는 것, 직경 1cm 내외의 화산각력이 포함되어 있는 라필리용회암(Lapilli tuff) 등으로 다양하다. 주 성분 광물은 사장석, 흑운모, 각섬석이며 부 성분 광물로 녹염석, 녹니석, 석영, 저어콘 등이 수반된다. 이들 암석은 열변성작용에 의해 부분적으로 혼펠스화 되어 있으며 열수의 영향을 받은 암석은 녹회색, 담회색 내지 회백색의 변질대를 형성한다.

유문암질암 : 조사지역 상부인 산정부에 분포하며 안산암질암을 피복하고 있다. 구성암석은 유문암, 석영안산암, 유문암질용회암 등으로 나눌 수 있으며, 이들은 서로 교호하거나 혼재되어 있다. 암색은 안산암질암이 짙은 암색인데 반해 담색 계통으로 담회색 내지 회색을 띠며 간혹 유문암의 특징인 유상구조가 발달되기도 한다. 주 성분 광물은 장석과 석영이며 부 성분 광물로 녹염석, 스피, 녹니석, 백운모 등이 수반된다.

화강암질암 : 화강암류는 주로 화강섬록암과 산성암맥으로 구성된다. 화강섬록암은 대체로 회색 내지 녹회색을 띠고 중립질의 입상조직을 나타낸다. 기존 화산암을 관입하거나 또는 단층 접촉하며, 주 성분 광물은 석영, 장석류, 각섬석 등이고 부 성분 광물로 흑운모, 인회석, 저어콘, 녹니석 등이 수반된다. 산성암맥은 화강섬록암 내에 맥상으로 발달

되고, 담회색 내지 담백색을 띠며 주로 화강 반암 또는 장석 반암으로 이루어진다. 암맥의 폭은 수 m를 넘지 않으며 연장성은 대체로 불량한 편이다. 화강암류는 비교적 신선한 형태로 조사지역의 기저 해안부를 따라 분포하지만, 부분적으로 핵석이 현저하게 발달된 곳도 있다.

조사지역의 경우 전술한 바와 같이 후기에 관입한 화강암류의 영향으로 화산암류인 안산암질암과 유문암질암은 다양한 변질 및 변형특징을 보여준다. 관련한 강도저하와 풍화에 대한 저항도의 차이는 암석분포와 지형경사의 관계에서 확인되며, 절취에 따른 암석의 효율성도 균질한 암석에 비해 상당히 저하될 것으로 예상된다.

암반구조해석

선구조

수치지형도로부터 작성한 음영기복도에서 선구조를 추출하였으며 조사지역의 선행된 연구 결과를 종합하여 광역적인 지질구조를 해석하였다. 선구조의 추출시 기 조사된 항공사진 판독자료 (부산항건설사무소, 1999)를 참고하였다. 조사지역은 경상분지 남동부의 주구조선인 양산단층대(모량단층)의 남동측 말단부에 위치하며 호안 2공구 지역의 선구조는 양산단층대의 방향인 북북동-남남서 방향과 연관되어 발달하고 있다(Fig. 2-A). 양산단층대는 자인단층, 밀양단층, 모량단층, 양산단층, 동래단층, 일광단층, 울산단층 등 일련의 단층군으로 구성되어 있다. 양산단층의 운동에 대해서는 주향이동(Sillitoe, 1977)과 경사이동(이민성과 강필중, 1964:

압반의 구조적 및 공학적 특성을 고려한 가용궤취량 산정

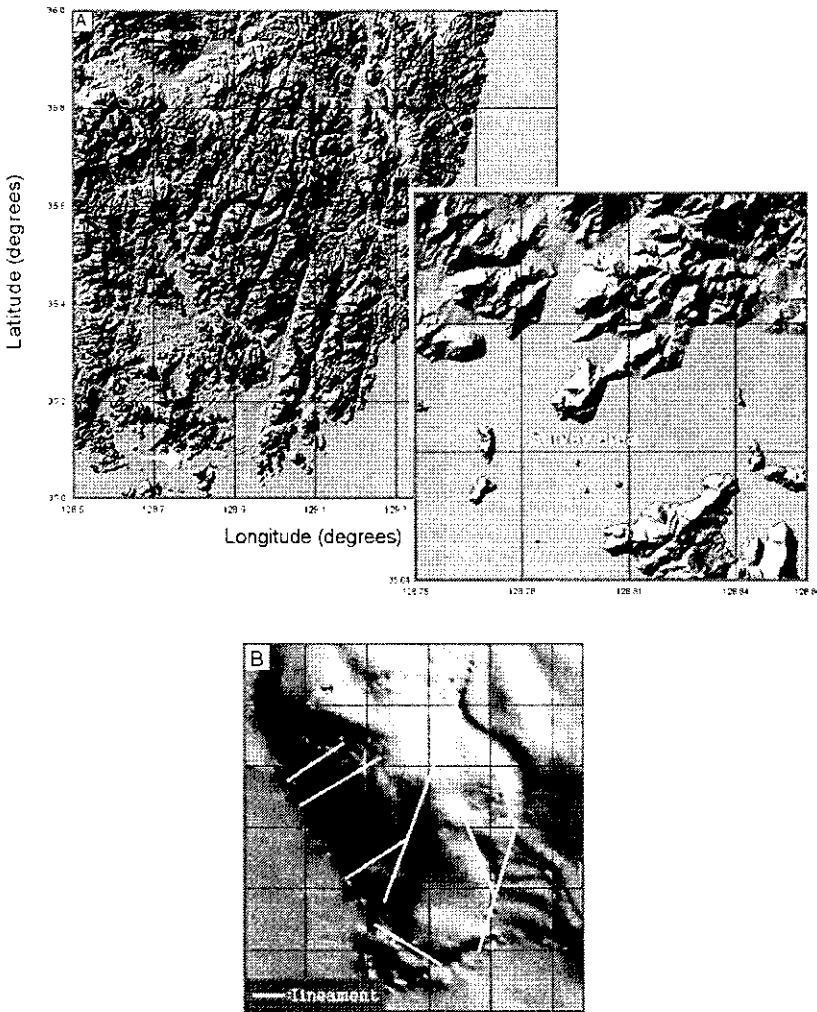


Fig. 2. Aerial view of (A) Yangsan fault system and (B) lineaments in the study area.

이윤종과 이인기, 1972; Choi and Park, 1985; 김종열, 1988) 등의 견해가 있지만 단순 우수주향이동(Simple dextral strike-slip)이라는 견해가 지배적이며 한번의 운동으로 동시에 발달한 것이 아니라 공간적, 시기적으로 서로 달리하면서 복합운동을 한 다중변형(Multiple deformation)의 산물로 해석된다(김종열, 1988).

조사지역의 주단층인 모량단층은 울주군 소호리까지 대략 48km의 연장으로 북북동-남남서 방향으

로 발달한다. 이 단층이 발달하는 지역의 지형적 특징은 북북동-남남서 방향의 골짜기가 단층선을 따라 거의 일직선상으로 발달되며 동서방향의 골짜기도 발달한다. 지표의 노두에서 관찰할 수 있는 국지적 단층들 중에서 북동방향의 단층들은 우수향의 주향이동단층이며, 동서방향의 단층들은 대부분 정단층이다(최위찬 외, 1998). 호안 2공구 지역에서도 북북동-남남서 방향으로 조사지역을 2분하는 선구조가 관찰되며 이 선구조의 동측지역에는 북서-

남동방향의 선구조도 나타나는 반면 서측지역에는 북동-남서방향의 선구조가 우세하다. 구조선의 빈도수 및 연장성은 북동-남서 방향의 선구조에서 우세하게 나타난다(Fig. 2-B).

단층

호안 2공구지역에 발달하는 단층을 조사하여 상대적으로 규모가 큰 단층들의 분포를 Fig. 3-A에 도시하였으며, 소규모의 단층을 포함한 전체 단층의 방향성을 등면적 투영시켜 Fig. 3-B에 도시하였다. 단층의 출현 빈도는 북서서-남동동 방향과 북동동-남서서 방향이 우세하다. 일반적으로 두 단층은 이동방향이 서로 우수향과 좌수향으로 대칭되는 경우가 많다. 조사지역에서의 단층은 대규모 파쇄대를 수반하며 파쇄 규모에서 가장 주도적인 단층은 북북동-남남서 방향의 단층으로 현지조사 결과 주향이동단층(Fig. 4-A, 4-B, 4-C, 4-D)으로 확인되었다. 이는 모랑단층대에서의 단층들 중에서 북동방향의 단층들은 우수향의 주향이동단층이라는 기존의 조사결과(최위찬 외, 1998)와도 일치하는 결과를 보여준다. 이러한 주단층작용에 수반된 암석의 파쇄는 단층을 중심으로 양쪽 암반 모두에서 관찰되며(Fig. 4-B, 4-E, 4-F), 주향이동단층에서 나타나는 flower구조(Woodcock and Schubert, 1994)가 발견된다(Fig. 4-A, Fig. 5). 단층파쇄대의 규모가 15m 이상 되는 경우도 수 매가 발달하고 있으며(Fig. 4-B) 단층점토의 폭도 80cm 이상 되어(Fig. 4-D) 암반의 변형작용의 정도가 매우 심했음

을 알 수 있다. 또한 단층작용에 수반되어 단층대를 따라 암석의 변질대가 형성되어 있는 것을 쉽게 볼 수 있다(Fig. 4-E, 4-F).

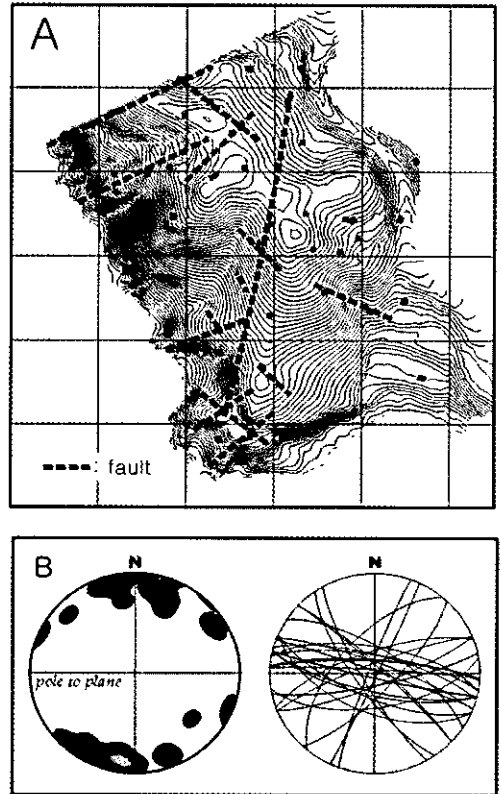


Fig. 3. Distribution of (A) major faults and (B) the equal area projection of fault orientations.

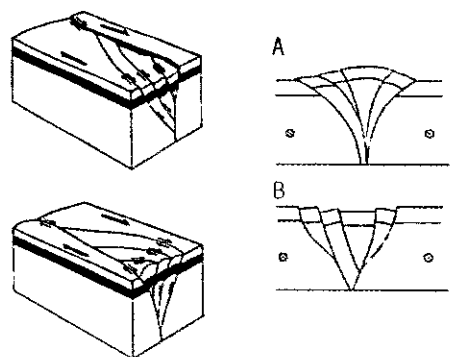
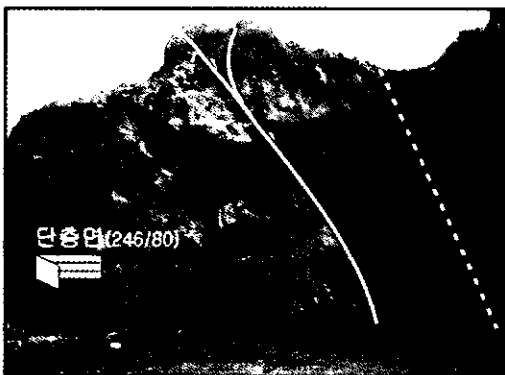


Fig. 5. The two main varieties of "flower structure" associated with strike-slip duplexes(after Woodcock and Schubert (1994)): (A) Palm tree structure, (B) Tulip structure.

암반의 구조적 및 공학적 특성을 고려한 가용절취량 산정

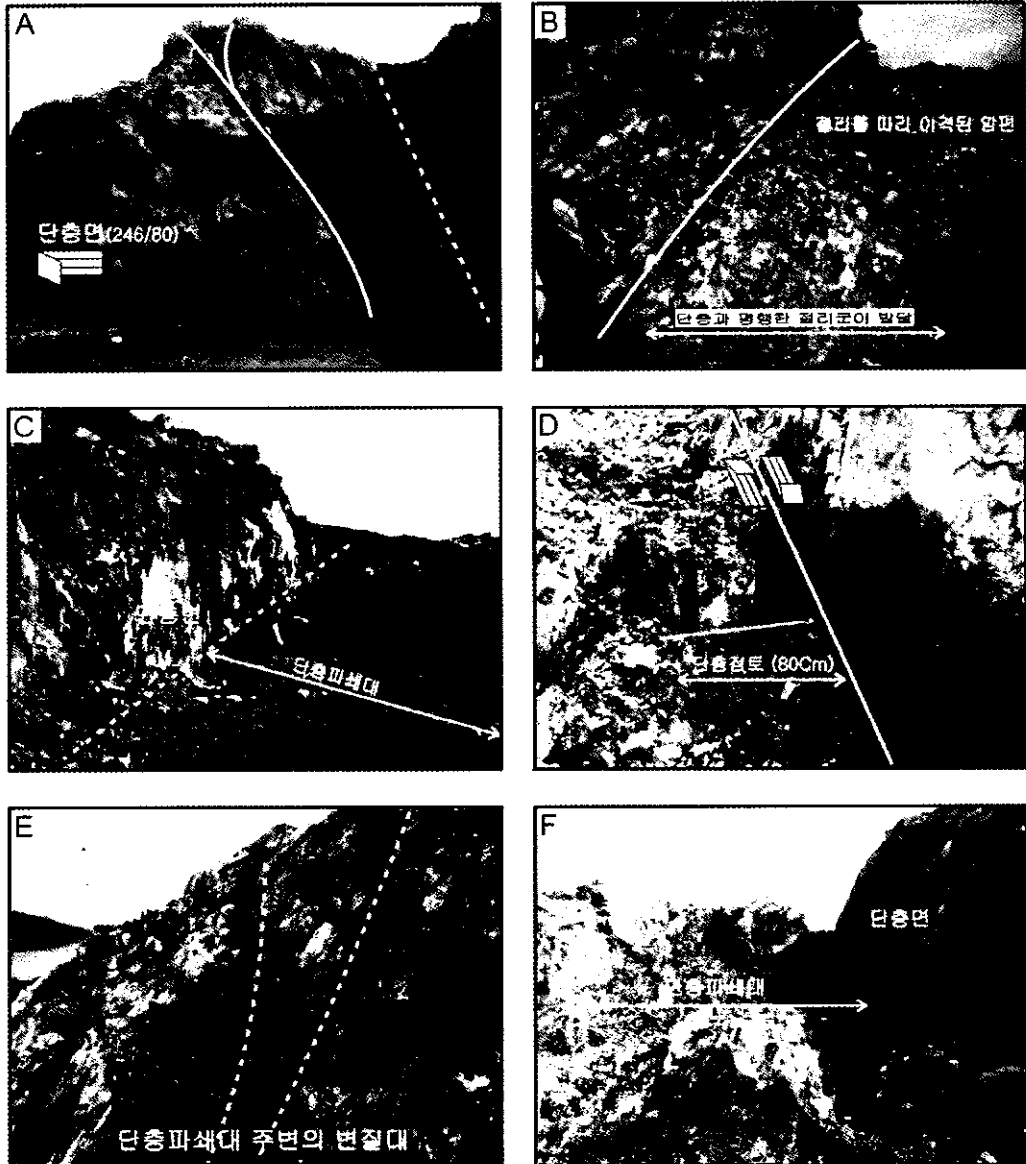


Fig. 4. Photos of faults and fractured zones.

절리

호안 2공구 27개 지점에서 절리를 측정하였으며, 측정지점에서의 절리방향성을 Fig. 6에 도시하였다. 조사지역에 발달하는 절리는 조사지역의 지체구조를 지배하는 우수향 주향이동과 연관되어 형성된 것으로 판단된다. 북북동-남남서 방향의 주향이동 단층을 야기시킨 최대 수평 주응력방향은 북동-남서방향으로 추정되며, 결과적으로 북북동-남남서 방향과 동북동-서남서 방향으로 공액되는 2개의 절리계가 형성된다. 한편 최소 수평 주응력방향인 북서-남동방향에 거의 수직된 동북동-서남서 방향으로 인장절리가 발달한다.

조사지역에서 주단층의 분포와 절리의 방향성과의 상관관계를 파악하기 위하여 주단층인 우수향 주향이동단층의 인접부와 좌우측부를 각각의 Domain으로 총 3개의 Domain을 설정하고 각 Domain에서의 절리방향성을 비교하였다. 주향이동 단층의 인접부인 Domain 2에서는 동북동-서남서 방향의 절리가 현저하게 발달하며 이는 인장절리방향과 대체로 일치한다. Domain 1 구역에서는 전단 절리의 방향과 대체로 일치하는 동북동-서남서 방향의 절리 이외에 북북동-남남서 방향과 서북서-동

남동 방향의 절리계가 발달한다. Domain 3 구역의 경우 Domain 1, 2 구역에 비해 단층의 발달이 미약하며 절리들은 인장절리를 형성하는 동북동-서남서 방향 주위에서 가장 우세하게 발달하는 것으로 나타났다.

조사지역 27개 지점에서 측정된 주절리군의 간격을 산정하여 Fig. 7-A에 도시하였다. 절리간격은 최소 5cm에서 최대 20cm까지의 변화를 나타내며, 간격분포 양상은 단층발달양상에 매우 밀접하게 연관되어 있다. Domain 2(Fig. 6 참조) 구역은 단층 작용이 가장 활발했던 지역이며 절리간격도 전체영역에서 매우 조밀하다. Domain 1 구역에서도 절리간격은 단층 인접지역에서 조밀하게 나타나며, 단층에서의 거리가 증가될수록 절리간격도 확대된다. Domain 3 구역의 경우에는 단층발달이 미약하여 절리간격도 진지역에서 크게 나타난다.

절리들의 교차성에 의거해 형성되는 암반블록의 규모를 추정하기 위하여 조사지점에 단위면적의 조사장을 설치하여 절리빈도수를 측정하였다. Fig. 7-B에 도시된 바와 같이 절리빈도는 주 단층 인접영역에서 가장 높게 나타나며, 단층에서 멀리 떨어진 지역에서 최소 빈도수를 보여준다. 한편, 단층활

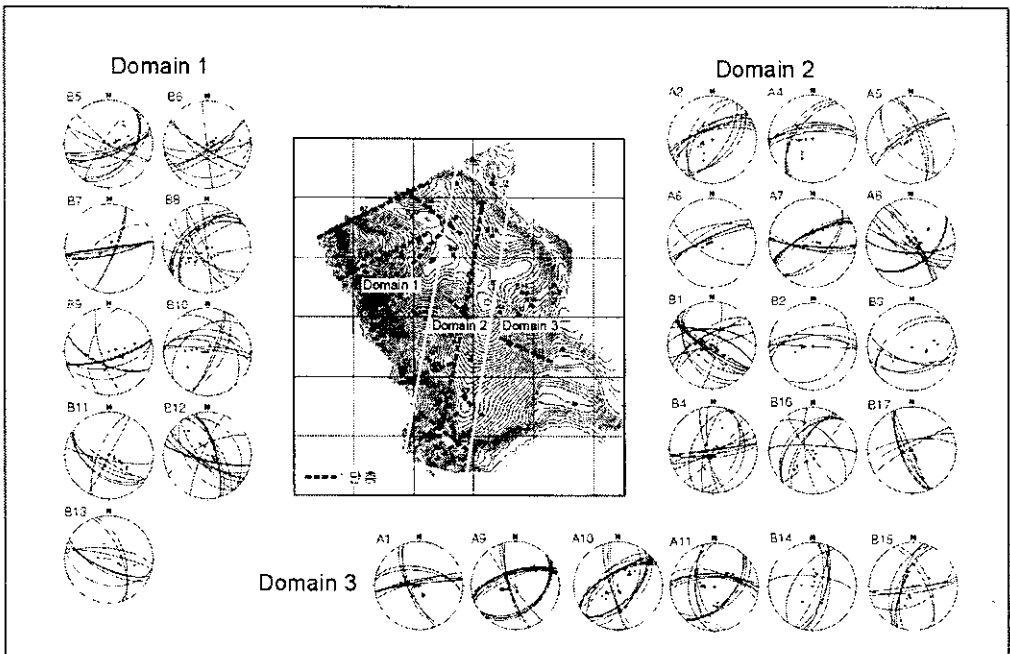


Fig. 6. Joint orientations in the study area.

암반의 구조적 및 공학적 특성을 고려한 가용절취량 산정

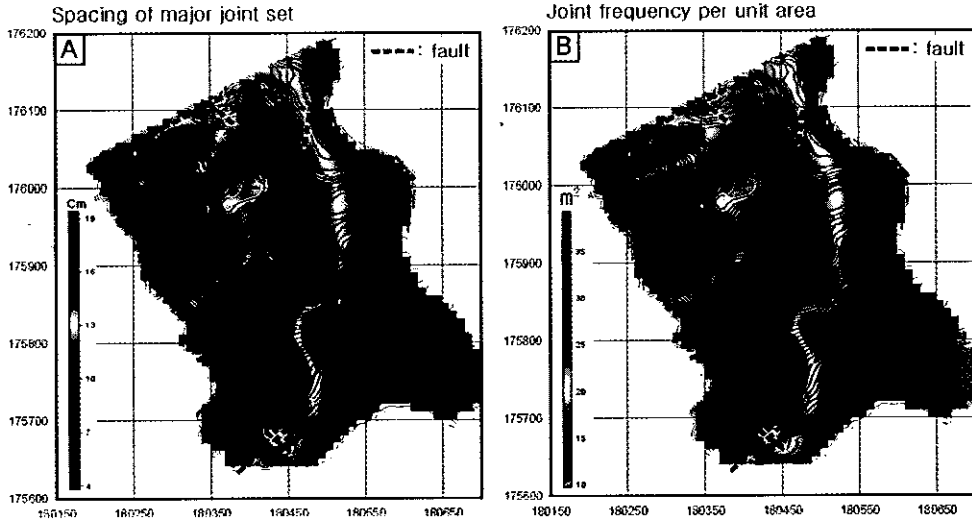


Fig. 7. Contour plots of (A) joint spacing and (B) frequency.

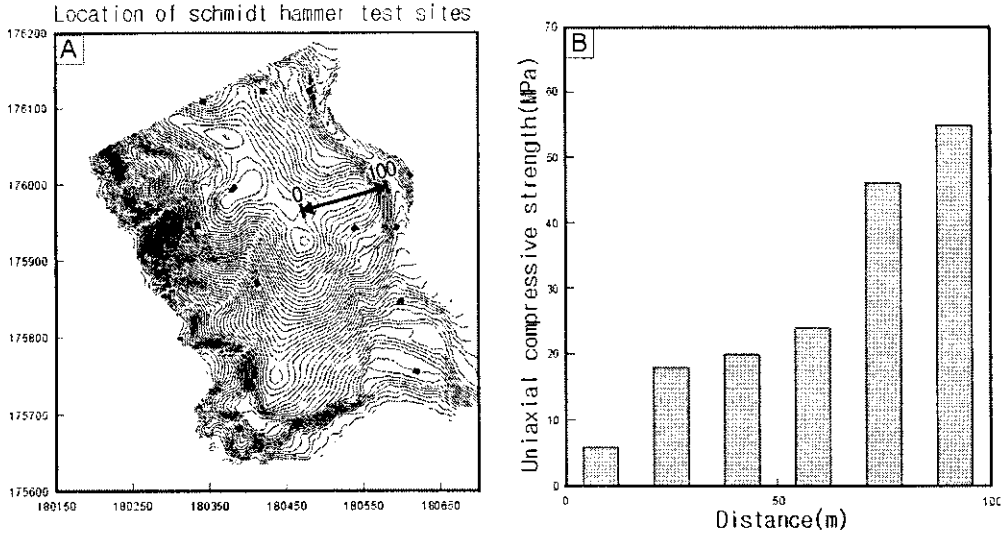


Fig. 8 Survey line of (A) Schmidt hammer test and (B) strength of joint wall.

동이 상대적으로 미약한 Domain 3 구역에서는 단층인접지역에서도 절리빈도가 상당히 낮게 조사되었다. 전반적으로 단위면적당 절리빈도 분포양상은 주절리군의 평균간격분포와 거의 일치하는 형태로 분석되었다.

단층작용에 수반된 암반변질 및 풍화상태에 따른 강도변화를 조사하기 위하여 주단층 동측 지역에 100m의 선형조사선을 설정하고 일정간격으로 슈미트햄머(Schmidt hammer) 시험을 실시하였다

(Fig. 8). 동일 지점에서 4~6회 측정된 슈미트햄머 반발계수들의 평균값을 산정하고 이에 따라 절리면의 압축강도를 다음의 관계식을 이용하여 추정하였다(배현철 외, 2000).

$$\begin{aligned}
 JCS_0 = & -0.00005r^3 + 0.00002r^2\alpha + 0.01078r^2 \\
 & - 0.00090r\alpha - 0.00020\alpha^2 + 1.10065r \\
 & - 0.09598\alpha - 8.41941
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서, JCS_0 : 절리압축강도

r : 슈미트헤머 반발계수
 α : 타격각도

Fig. 8-B 및 Table 2에 기술된 절리면의 압축강도 추정결과는 주 단층에서 멀어질수록 증가하는 추세를 나타낸다. 이격거리 8.5m에서는 일축압축강도가 5MPa로 매우 저하되어 있어서 단층 인접지역에서의 암반변질 및 풍화작용이 상당한 수준으로 진행된 상태를 지시한다. 동일암질구역인 이격거리 92.0m에서는 절리면 강도가 55 MPa로 추정되었으며 단층인접지역에서의 강도보다 약 10배 정도 증가되어 있다. 이와 같은 측정결과에 의거할 때 조사지역에서의 단층작용은 절리분포상태 및 암반강도 변화에 결정적인 요인으로 작용했을 것으로 사료된다.

Table 2. Uniaxial compressive strength of joint wall with respect to the distance from major fault.

Distance (m)	Uniaxial compressive strength (MPa)
8.5	5
25.0	18
42.0	20
58.0	24
68.0	46
92.0	55

절취량 산정

절취예상물량의 산정을 위하여 일차적으로 계획된 절취심도인 해발고도 4m 이상의 암반체적을 계산하였다. 우선 조사지역인 호안 2공구의 측지자료로부터 수치지형도를 제작하였으며, 이를 이용하여 3차원 기복도를 형성하였다. 3차원 기복도에 5m 간격으로 단면선을 설정하고, 각 단면의 면적을 다음에 제시된 3개 식(Flannery et al., 1988)을 이용하여 산출하였다. 3가지 방법에 의거하여 산정된 단면적들에 인접한 단면간의 거리를 곱하여 전체 체적을 산정하였다. Table 3에 수록된 결과들 중에서 Trapezoidal rule 및 Simpson's 3/8 rule에 의해 산정된 암반체적은 유사하며, Simpson's rule에 의해

산정된 암반체적이 최소값을 나타낸다.

Trapezoidal rule

$$\int_a^b f(x)dx \approx h \left[\frac{1}{2} f(a) + f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{n-1}) + \frac{1}{2} f(b) \right] \quad (2)$$

여기서, $h = (b - a)/n$.

Simpson's rule

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{h}{3} (f_0 + 4f_1 + 2f_2 + 4f_3 + \dots + 2f_{2n-2} + 4f_{2n-1} + f_{2n}) \quad (3)$$

여기서, $h = (b - a)/2n$, $f_j = f(x_j)$.

Simpson's 3/8 rule

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{h}{3/8} (f_0 + 3f_1 + 3f_2 + 2f_3 + \dots + 2f_{2n-2} + 2f_{2n-1} + f_{2n}) \quad (4)$$

여기서, $h = (b - a)/2n$, $f_j = f(x_j)$.

절취량 산출은 다음의 과정으로 수행하였다. 표토 및 풍화대를 포함한 호안2공구 전체 체적을 산출한 방법으로 산출한 후(Fig. 9-A), 2차로 기반암 상부의 표토 및 풍화대를 제외한 암반의 체적을 산출하였다(Fig. 9-B). 풍화대의 체적계산은 선행된 시추조사결과로부터 확인된 평균심도(11.44m)를 이용하여 구하였으며 전체 체적에서 풍화대의 체적을 제거함으로써 기반암의 체적을 계산하였다. 다음으로 절취암으로 부적합할 것으로 판단되는 단층파쇄대 부분을 제외시킨 후(Fig. 9-C) 마지막으로 소규모 파쇄대와 변질대 및 풍화대를 제거한 부분의 체적을 구하였다(Fig. 9-D). 단층파쇄대 구간의 제거시 현장 공사에 필요한 암반의 최소 크기를 고려하여 주절리 간격이 5cm 이하의 단층파쇄대 부분은 채취가능한 물량에서 제외하였다. 현장조사시 이러한 구간의 폭은 5~10m 사이에서 국지적으로 변화되었다. 또한, 조사지역의 변질대, 광화대 및 산재된 소규모 단층군에 인접된 부분은 암반의 파쇄 및 암반강도의 약화 등으로 사용 목적에 부적합한 것으로 예상되며, 단층대를 제외한 암반 면적의 약 20% 정도에 해당되는 것으로 산정되었다(Table 3).

암반의 구조적 및 공학적 특성을 고려한 가용절취량 산정

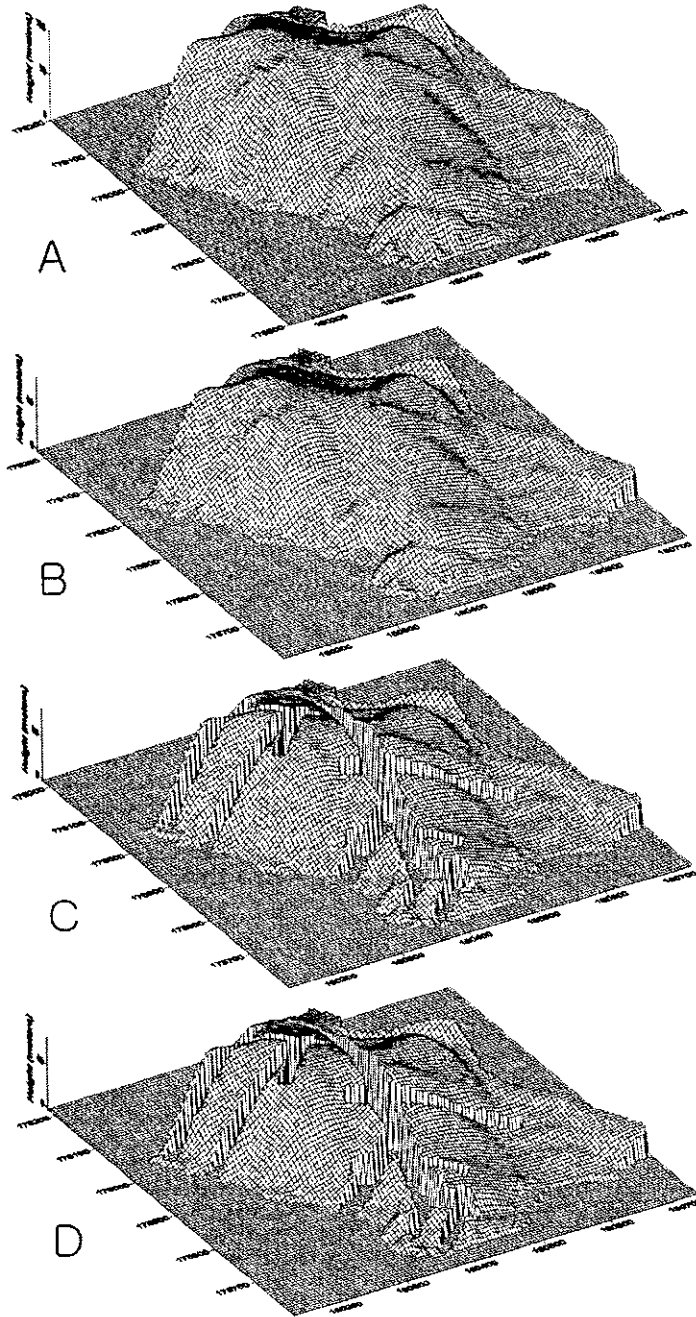


Fig. 9. Three dimensional topographic map of the study area.

- A : Volume of whole area (8,292,000m³).
- B : Volume of whole area (6,548,000m³).
- C : Volume of whole area (5,023,000m³).
- D : Volume of whole area (4,018,00 m³).

Table 3. Estimated volume of rock mass.

	Estimation method	Volume(m ³)	Average	Ratio(%)
Total	Trapezoidal rule	8,295,127	8,292,000	100
	Simpson's rule	8,288,535		
	Simpson's 3/8 rule	8,294,499		
Rock mass	Trapezoidal rule	6,550,811	6,548,000	79
	Simpson's rule	6,547,307		
	Simpson's 3/8 rule	6,548,841		
Rock mass excluding fault zone	Trapezoidal rule	5,026,182	5,023,000	61
	Simpson's rule	5,023,322		
	Simpson's 3/8 rule	5,019,768		
Rock mass excluding fault and altered zone		4,018,000		48

결 론

부산 신항 준설토 투기장의 호안 2공구 지역에 대한 지표지질조사 및 암반의 지질공학적 특성분석을 수행하였다. 조사지역은 경상분지 동남부의 지질구조를 지배하는 양산단층대의 말단에 위치하며 안산암질암, 유문암질암 및 이를 관입한 화강암질암으로 구성되어 있다. 북북동-남남서 방향의 우수향 주향이동단층으로 판단되는 주 단층 및 이에 수반되는 국지적 단층작용이 활발하게 진행되었으며, 절리 발달 양산도 단층활동에 직접적인 영향을 받은 것으로 고찰된다. 주 절리군 간격, 빈도수 및 절리면 압축강도도 단층분포와 밀접하게 관련되어 있다. 단층면에서의 이격거리가 증가할수록 절리간격 및 빈도수가 감소하며 압축강도는 증가하는 양호한 암반 산출상태를 나타낸다. 현장공사여건을 충족시키는 암편의 최소크기를 고려할 때 암반채취량은 전체 체적의 약 60% 정도이며, 전지역에 걸쳐 진행된 암반변질 및 파쇄작용을 고려할 때 실제 활용가능한 암반체적은 50% 이하로 저하될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

김중열, 1988, "양산단층의 산상 및 운동사에 관한

연구", 부산대학교 대학원, 박사학위논문, 97.

배현철, 문상기, 이영훈, 2000, "지구정보시스템을 이용한 금수산 일대의 암반사면 안정성 평가", 대한자원환경지질학회, 제 33권 1호, 77-88.

부산항건설사무소, 1999, "부산신항 준설토투기장(2차) 실시설계보고서(육방산 개발계획서)", 부산항 건설사무소.

이민성, 강필중, 1964, "양산도폭 (1:50,000) 및 설명서", 국립지질조사소, 1-21.

이운중, 이인기, 1972, "연양도폭 (1:50,000) 및 설명서", 국립지질조사소, 1-22.

장태우, 강필중, 박석환, 황상구, 이동우, 1983, "부산·가덕도폭 (1:50,000) 및 설명서", 한국동력자원연구소, 1-22.

최위찬, 류충렬, 기원서, 이봉주, 이병주, 황재하, 박기화, 최영섭, 최성자, 최범영, 조동룡, 김복철, 송교영, 채병곤, 김원영, 1998, "양산단층을 고려한 설계기준지진의 재평가 최종보고서", 한국자원연구소, 22-161.

Choi, H. I. and Park, K. S.(1985), "Cretaceous/Neogene stratigraphic transition and Post-Kyeongsang tectonic evolution along and off the southeast coast", Korea, Jour. Geol. Soc. Korea, Vol. 21, 281-296.

Flannery, W.H., Teukolsky, B.P., and Vetterling,

- W.T.(1988), "Numerical Recipes in C",
Cambridge University Press
- Sillitoe, R. H., 1977, "Metallogeny of Andean-type
continental margin in South Korea :
Implication for opening of the Japan sea, In:
Talwani, M & Pitman, W,c,(eds.), Island
a arcs, deep sea, deep sea trenches and
back-arc basins", Maurice Ewing series, 1,
Amer. Geophys. Union, 303-310.
- Woodcock, N. J., and Schubert, C., 1994,
"Continental strike slip tectonics, in Hancock",
P. L. (ed), Continental deformation, 251-263.
-

이창섭

(주)동해기초

경상남도 김해시 어방동 357-3번지

Tel : 055-332-6511

Fax : 055-322-9408

E-mail : donglcs@chollian.net

홍관석

부경대학교 응용지질학과

부산시 남구 대연3동 599-1번지

Tel : 051-620-6230

E-mail : kshong@netsgo.com

조태진

부경대학교 환경탐사공학과

부산시 남구 대연3동 599-1번지

Tel : 051-620-6238

E-mail : chotc@dolphin.pknu.ac.kr