

채석장 절취공사시 합리적인 굴착방안에 대한 연구

이 수 곤 · 최 우 일
(서울시립대학교 토목공학과)

A study of rational excavation direction in a quarry

Lee, Su Gon · Choi, Woo Il

ABSTRACT

It is common that just boring is performed to design a quarry in Korea. But it is impossible for engineers to find out strike/dip of joint and engineering property by only boring investigation. So, when engineers design for a quarry, most engineers don't consider excavation direction.

While we are researching a collapsed quarry in Paju, we used detail geological survey, lineament analyses (by artificial satellite photograph) and 3-D modeling in order to present excavation direction in a quarry.

1. 서 론

현재 우리나라 대부분의 채석장은 채광계획시부터 채광허가, 실제 굴착시까지 단순히 시추조사만을 통해서 그 지역의 지질특성을 파악하는 것이 일반적이다. 그러나 이러한 시추조사 역시 골재의 매장량 산출을 위한 암종구별에만 국한되는 것이 보통이며 암반내 절리같은 불연속면에 대한 조사는 대부분 수행되지 않거나, 수행되더라도 형식적이기 때문에 실제 굴착방향결정과 관련되어서는 거의 고려되지 않는 것이 현실이다. 따라서 현재 채굴되고 있는 채석장 중 많은 곳에서 지질구조에 지배

된 절취면의 붕괴가 빈번하게 발생되고 있다. 토목공사에서 사용되는 쇄골재를 채취하는 채석장의 대부분이 석산으로써 고온 고압의 고변성암류이고 광역적으로 편리와 같은 불연속면의 발달이 매우 일정하게 발달하는 특징이 있으므로 굴착방향을 결정하기전에 기본적인 지표 지질조사만을 수행하여도 개략적으로 잠 재적인 사면문제를 파악할 수 있다. 본 연구는 파주지역 쇄골재용 석재를 채굴 하는 채석장에서 정밀지표지질조사, 위 성사진을 통한 선구조 분석, 굴착진행 방향의 3차원 모델링 등을 수행함으로써 채석장 절취공사시 합리적인 굴착방안

선정방법을 제시하고자 한다.

2. 지반조사

연구 지역의 지질은 선캠브리아기의 경기편마암 복합체에 속하며 채석장지역은 대부분 호상 흑운모 편마암이 주를 이루며 간혹 규암 및 석회암이 관찰되며 편리구조는 대체로 N10E~N20W/40-50 NW or SW의 방향성을 보인다

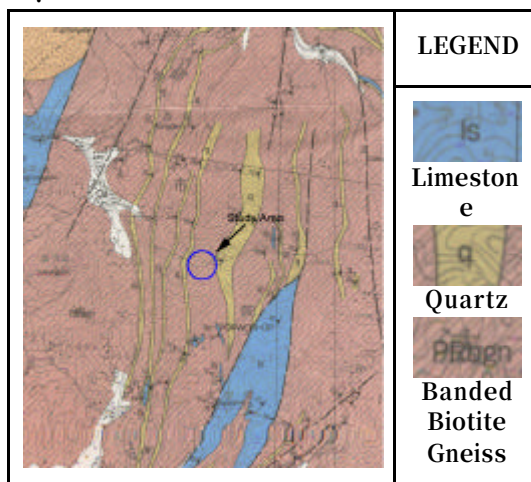


그림 1. 조사지역 지질도

조사지역내 주된 지질구조는 대체로 규칙적인 방향성을 보이고 있으며 조사 지역의 우측부에서는 중규모의 단층선들이 분포하는것으로 나타났으며, 그 선구조가 대체로 일정한 방향성을 보여주고 있다 (그림 1).

2.1 정밀지표지질조사

이 연구는 현재 도로 기층용 혼합골재를 채취하는 OO 채석장의 사면과 인접 지역에서 발파진동으로 인해 붕괴가 일

어난 구간을 대상으로 정밀지표지질조사를 실시하였다.

채석장 굴착면 위의 상부 자연사면은 절리의 이완 및 변위가 최고 5m 이상 발생하였고 굴착면의 좌측 자연사면의 경우 발파진동으로 인해 전도파괴가 일부구간에서 발생하였다.

2.1.1 채석장굴착사면의 정밀지표지질조사

채석장사면의 경우 사면의 주향 및 경사방향과 절리면의 특성등을 고려하여 3 개의 Zone 으로 구별하여 조사를 실시하였다. 슈미트해머 타격결과 일부 풍화대를 제외한 모든 지역에서 연암 이상의 강도를 나타내고 있다. 또한 Zone I 구간의 경우 N5~17W/43~50SW, N78~88E/45SE, N10~20W/63~70NE 와 같은 3 방향의 절리패턴이 뚜렷하게 관찰되었으며, Zone II 구간은 NS~12E/30~40W~NW, N58~70W/58~80NE, N50~74E/55~60NW, N60~73E/60~65SE 와 같은 4 방향의 절리패턴이 관찰되었다. 그러나 Zone III 구간은 N8~40E/36~55NW, N8~20W/85SW~80NE 등 크게 2 방향의 절리군이 우세하게 분포하나 소규모 단층에 의해 일부 교란된 양상이 관찰되기도 한다. Zone 에 구별없이 모든 구간에서 절리틈은 발파진동에 의해 수 mm 에서 심하게는 1~2cm 이상 이완되어 있으며 지하수유출은 전반적으로 Wet~Dripping 정도이며 Zone III 에서 가장 지하수유출이 심한 것으로 조사 되었다 (그림 2).

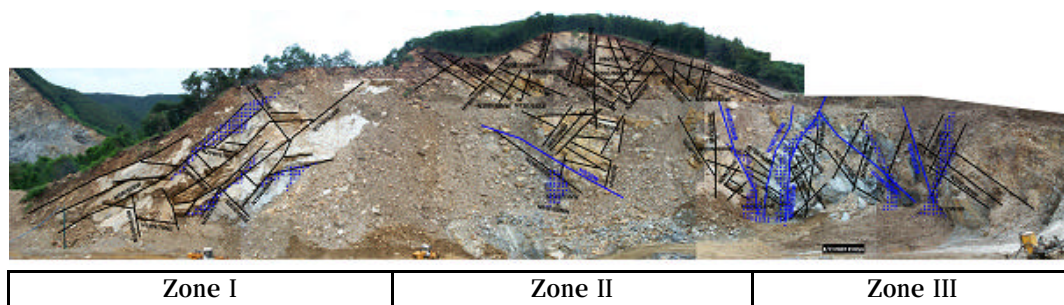


그림 2. 채석장 굴착사면 전경 및 불연속면 현황

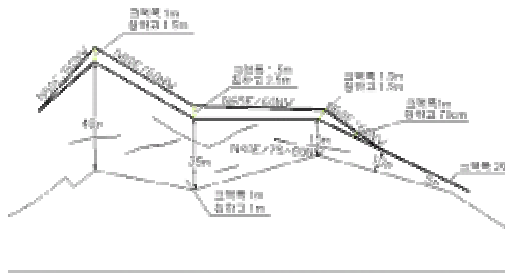


그림 3. 채석장 상부 자연사면 현황

2.1.2 채석장 인접지역 정밀지표 지질조사

1) 채석장 상부 자연사면

이 지역의 경우 채광지역에서부터 수평거리가 5~40m 이상으로 실제 채광허가가 없는 지역에까지 대규모 절리의 이완이 발생하였다.

이완된 절리들은 채광지사면의 Zone II 구간에 주절리군인 N60E/60NW, N80E/60NW의 절리군에 해당하며 그 밖에 발생한 균열들은 대체로 N80E/75~90NW의 방향성을 보인다 (그림 3A).

절리면의 이완크기는 최대 5m 내외이나 계속 진행중이며 점토가 2~4mm 내외로 충전되어 있는 것이 특징이다 (그림 3B).

2) 채석장 좌측 자연사면

채석장의 좌측 자연사면의 경우에는 굴착시 발파진동에 의한 소규모 붕락이 발생하였으며 이는 대개 전도파괴에 의한 것으로 관찰된다. 이 지역의 주절리군은 N10E/70NW, N10W/50SW, N80E/90 등의 방향성을 보이고 있다 (그림 4).

이는 채석장내에서의 절리패턴과 거의 유사하나 다양한 방향의 수직절리들이 채석장지역보다 우세하게 관찰되는 것이 특징이다. 자연사면의 특성상 지형이 고르지않고 암괴가 부분적으로 노출되어 전체적인 사면의 주향과 상관없이 발파

진동에 의해 다양한 방향의 수직절리들이 소규모 전도파괴를 일으키는 것으로 판단된다.



그림 4. 채석장 좌측 자연사면 전경
및 불연속면 현황

2.1.3 채석장 전체 지역의 불연속면 의 방향성 및 평사투영 해석

현장지표지질조사와 평사투영해석결과, 이 지역은 전반적으로 N10~20E/30~40 NW, NS~N15W/40~50SW, 그리고 N78~88W/45SE 세방향의 우세한 절리군이 뚜렷하게 발달하고 있으며 이들 절리군에 의해 Zone I 구간은 평면파괴, Zone II 구간은 평면파괴 및 쉼기파괴, Zone III은 전도파괴가 굴착 중 빈번하게 발생되며 상부자연사면에서 이완된 절리군들도 이에 포함되는 것으로 해석되었다.

2.2 인공위성 사진을 이용한 선구조 분석

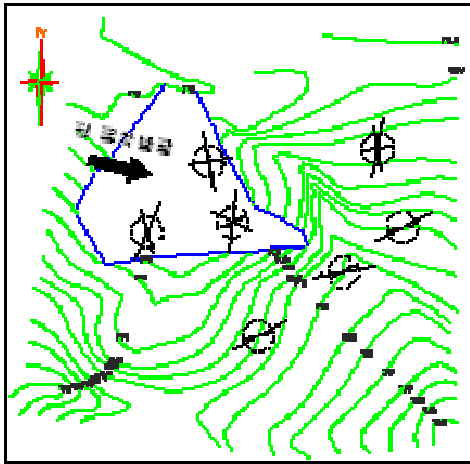


그림 5. 구간별 불연속면 발달양상

인공위성 사진을 분석한 결과 N10E, N30W 방향의 선구조가 가장 뚜렷하고 조사지역에 인접해서는 N80W~NS 내외의 방향을 나타내는 선구조가 관찰된다. 이 세방향의 선구조는 현장지표지질조사 결과 얻어진 불연속면의 방향과 거의 일치하는것으로 불연속면의 연장성 역시 선구조 판독결과와 현장조사가 일치하는 것으로 판단된다.

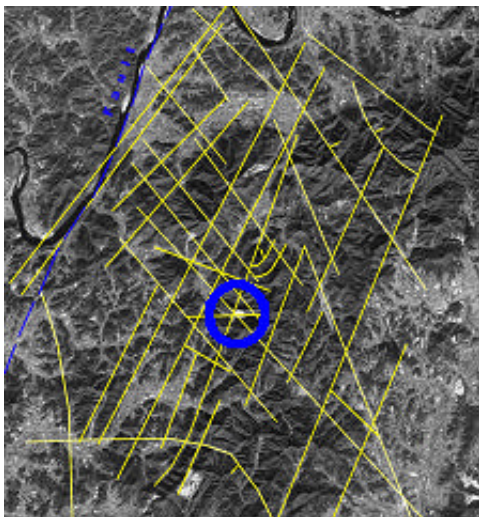
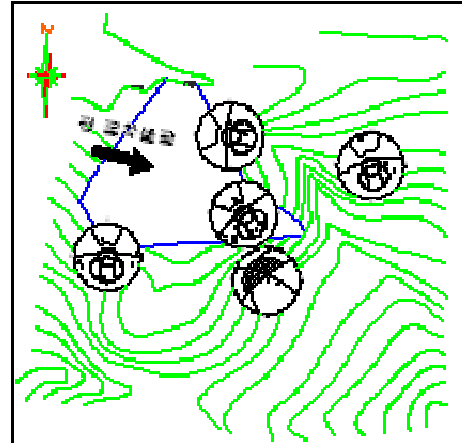


그림 6. 위성사진을 이용한 선구조 분석

가장 우세한 N10E 방향의 선구조는 암반내에 편리방향과 거의 일치하고 있으며, 이러한 지질구조는 인공위성 사진 (1:50,000) 내의 표시되는 지역 전체에서 광역적으로 규칙적인 방향성을



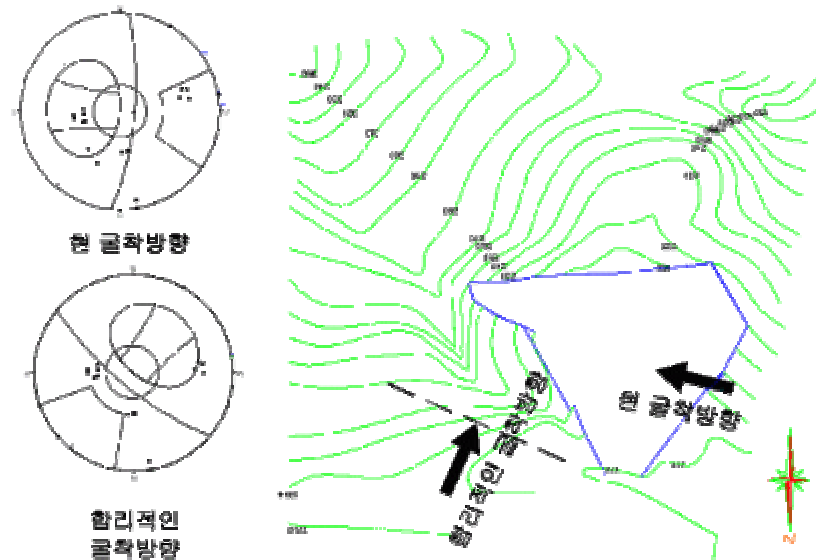
가지고 있는 것으로 확인되었다. 이러한 이유는 쇄골재로 많이 쓰이는 편마암이 흔히 광역변성작용을 받은 지역에서 널리 분포하기 때문인 것으로 판단된다.

3. 합리적인 굴착방향 설정

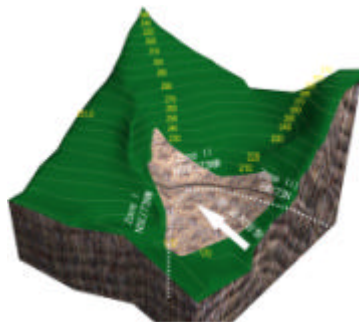
본 연구지역의 정밀 지표지질조사와 평사투영해석, 위성사진을 통한 선구조 분석결과, 이 지역에서는 광역적으로 크게 3 방향의 절리군이 존재하는것으로 나타났다. 이처럼 광역적으로 불연속면이 규칙적으로 분포하고 있는 채석장의 경우 굴착을 하기전에 지표에 노출된 노두조사와 지질도 또는 지형도, 그리고 항공사진 또는 위성사진을 통한 선구조 분석을 실시함으로서 굴착전 굴착진행 방향을 합리적으로 결정할 수 있다. 본 조사지역의 경우 현재 굴착진행방향에서 남쪽으로 35° 정도로 방향을 바꾸면 대부분의 파괴가능성을 배제할 수 있을 것으로 해석되었다 (그림 7).

4. 결 론

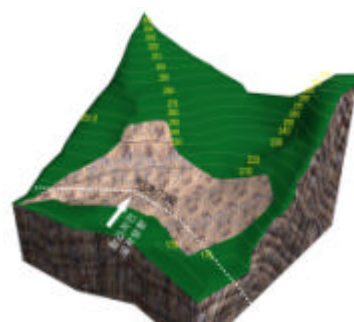
1. 본 연구지역의 지질은 호상흑운모 편마암으로 지표지질조사 및 평사투영해석, 인공위성사진을 통한 선구조 분석 결과 국지적과 광역적 모두 뚜렷한 세 방향의 절리군이 발달하고 있다.
2. 본 연구지역과 같이 광역적인 불연속면의 규칙적 방향성은 편마암이 광역적



(a) 지형도상의 굴착방향



(b) 현 굴착현황 3차원 모델링



(c) 합리적인 굴착방향 3차원 모델링

그림 7. 현 굴착방향과 합리적인 굴착방향의 2차원 및 3차원 지형비교

으로 동력변성, 특히 고압력을 받아 형성되는 성인적 특성과 관련이 있는 것으로 보인다.

3. 조사지역인 OO 채석장사면의 경우 굴착 중 소규모 내지는 중규모의 평면파괴 및 썩기파괴등 계획되지 않은 크고 작은 붕괴가 일어나고 있으며 인접한 자연사면에 대규모 절리이완과 붕락을 유발시키고 있다. 이는 굴착방향을 오른 쪽으로 125° 회전시켜서 굴착사면의 주향/경사를 N40E/73NW로 유지한다면 대 부분의 파괴가능성을 없앨 수 있을 것으로 판단된다.

London: Institution of Mining and Metallurgy

3. 김두영, 1996, 채석학. 중미출판사

Reference

1. 최성자, 1998, 한국지질도 문산도폭. 한국자원연구소
2. E.Hoek & J. W. Bray 1981, 3rd edn,

