

대전지역의 토목지질학적 조건을 고려한 암파쇄공법 선정에 관한 사례연구

A Case Study of Selecting Rock Excavation Method Considering the Geological Conditions in Daejon Area

윤 성현¹⁾, 이 광열¹⁾, 안 명석²⁾, 류 창하³⁾

Seong Hyun Yoon, Kwang Youl Lee, Myung-Seog Ahn, Chang-Ha Ryu

¹⁾동서대학교 건설공학부 ²⁾동서대학교 응용공학부

³⁾한국자원지질연구원

초 록

토목공사장에서 암파쇄 작업은 경제성과 안전성에 지대한 영향을 미치는 작업이다. 본 논문은 대전지역에서 수행된 암파쇄 공법 설계 및 시공사례로서, 현장암반의 특성을 고려한 적정 발파공법을 선정하기 위하여 대상 지역의 지질현황을 조사·분석하고, 또한 민원이 첨예한 도로개설 공사장에서 시험발파를 실시하여 이를 토대로 암절취 공법을 선정하여 시공한 사례보고이다. 대전지역의 지질은 선캄브리아기의 변성암류와 변성퇴적암류 및 이를 관입한 심성암류와 중생대 화강암으로 이루어져 있는 복잡한 분포를 이루고 있다. 사례연구 대상 현장은 편상구조가 현저한 관입 편상화강암 및 화강암질 편마암으로 구성되어 있었으며, 시험발파 및 분석 결과를 기초로 하여 25.5m 이내 지역은 HRS 등 무진동 파쇄공법의 적용을 제안하였고, 25.5~36m 범위의 대부분 지역은 진동제어를 할 수 있는 제어발파공법을 권장하였고, 기타 진동 영향권에서 비교적 안전한 것으로 나타난 지역은 소발파공법을 적용하도록 제안하였다. 제안된 안에 따라 설계를 보완하고 시공한 결과 문제의 발생없이 성공적으로 시공이 완료되었다.

핵심어 : 발파공법, 암파쇄, 대전, 지질

1. 서 론

토목공사 현장들은 굴착작업이 많고 암반을 대상으로 하는 공사가 대부분이기 때문에 공사 대상 암반의 분류와 시공을 위한 안정성 평가

는 절실하게 요구되고 있다. 암반과 지질 분류는 암석과 지질학적 분류와는 달리 대상암반을 공학적 특징에 의거하여 분류하는 방법으로서 암반이 같은 종류나 구조를 가지고 있어도 단층, 파쇄대, 풍화, 변질, 불연속면의 정도 등이 국부적으로 자주 변하며 이에 따라 암반의 자

체 성질도 변화되므로 이를 공학적인 개념에서 구분하고 표시하여 이 분류 결과가 설계와 시공에 반영되도록 하는 것은 필수작업이 되고 있다.

기초조사 단계의 경우 공사구역 전체에 대한 암반상황을 파악하고 향후 필요한 조사와 시험 계획에 활용하지만 구체적으로 공사시행을 위한 설계단계에서는 지질조사와 암반시험결과를 근거로 암반 분류를 실시하여 그 결과를 설계와 시공에 적절하게 활용해야 할 것이다.

이에, 본 논문에서는 대전 지역의 지질 분포 현황 및 구조 파악의 기초 자료를 바탕으로 이 지역에 분포하는 대표적인 암석 및 토목 지질학적 요인에 따른 적합한 암파쇄 공법을 검토하고자 한다.

2. 대전광역시 일대의 토목지질학적 요소 조사연구

2.1 대전광역시의 행정구역 변천 현황¹⁾

① 위치 및 행정구역

대전은 Fig. 1에서와 같이 동경 127° 14' 54" ~ 127° 33' 21", 북위 36° 10' 50" ~ 36° 29' 47" 에 걸쳐있다. 또한 동서의 길이는 27.7km이며, 남북의 길이는 35.1km로 남북이 긴 도시이다.

대전은 서남쪽으로는 호남지방, 동북쪽으로는 충청의 남부를 거쳐 영남지방, 남쪽으로는 한반도 남부의 중심부를 품고 남해 지방 등으로 통하는 삼남 지방이다.

② 행정구역 변천 진행사항

대전은 충청남도에 속한 도시였으나 인구가 늘어나고 발전을 거듭함 따라 여러 차례 행정구역을 넓혀, 1989년에는 직할시로, 1995년에는 광역시가 되었다.

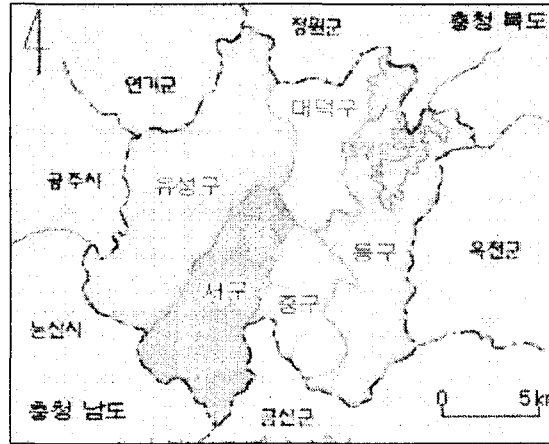


Fig. 1 대전의 행정구역 현황

대전은 동구, 중구, 서구, 유성구, 대덕구로 나누어져 있으며, 1998년 11월 현재 동구는 25개동, 중구는 25개동, 서구는 18개동, 유성구는 8개동, 대덕구는 11개동이 속해 있다. 대전의 행정 구역은 전체적으로는 산줄기와 금강의 물줄기로 구분하고 있으며, 동구와 중구는 대전천, 동구와 대덕구는 산줄기와 도로, 중구와 서구는 유등천, 서구와 유성구는 갑천으로 구분하고 있다.

③ 면 적

대전의 행정 구역별 면적은 Fig. 2에서와 같이 유성구가 177km²으로 가장 넓고, 동구, 서구, 대덕구, 중구 순으로 작아진다.

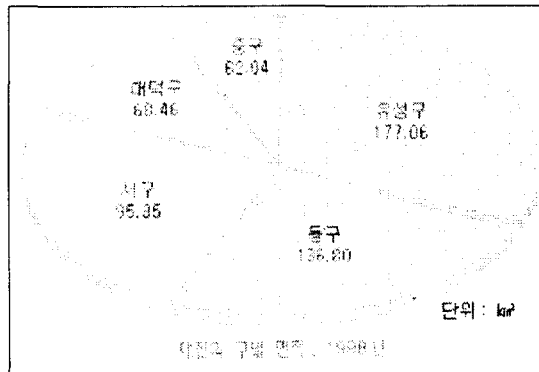


Fig. 2 대전의 행정구역 현황

2.2 지형 지질에 관한 조사연구²⁸⁾

① 지형조사

대전은 차령산맥과 소백산맥 사이에 위치하며, 비교적 평탄한 저지대를 이룬다. 분지의 북측은 금병산(344m)과 보덕봉(263m), 동측은 계족산(423m)과 식장산(597m), 서측은 관암산(525m), 금숙봉(532m), 빈계산(415m), 백운봉(535m), 도덕봉(534m), 감하산(469m) 그리고 남측은 보문산(457m), 명막산(330m) 등으로 둘러싸여 있다. 서부 산지는 관암산, 금숙봉, 빈계산, 백운봉, 도덕봉, 감하산 등 계룡산을 중심으로 형성된 산계는 남북 방향의 산능을 행성하여 논산군의 두마면까지 이어지고 있다.

차별침식에 의한 풍화 작용으로 풍화에 강한 반암류가 남북방향의 산계를 이룬것으로 보인다. 같은 반암에 의한 산계로는 남측의 구봉산을 중심으로 동서 방향으로 발달한 산계도 있다. 일반적으로, 반암류에 비해 풍화에 약한 화강암류들은 저지대를 이루나 남측의 보문산에서와 같이 높은 산능을 이루는 경우도 있다. 변성 퇴적암류가 발달하는 동측의 계족산, 식장산, 동남측의 만인산 등에서는 북동방향의 산능이 발달하는데 이는 이 지역 변성퇴적암류의 규암층이 주향방향과 대체로 일치하며, 또한 산능을 따라 규암층이 발달되어 있다. (유성도폭, 1977.) 변성암류가 포획 또는 루프웬던트로 남아 있는 지역에서는 변성 퇴적암의 편리방향에 일치하는 산계가 발달하는데, 북부의 금병산, 오봉산으로 발달하는 산계가 이에 속한다.

전반적으로 주로 화강암류로 되어 있는 중앙부는 저지대를, 규암층이 많은 동부와 그리고 반암류가 밀집되어 있는 서부는 고지대를 형성한다. 이는 지형이 지질, 특히 변성퇴적암류와 화강암류 그리고 반암류 사이의 암질에 따른 침식의 차이에 의하여 본역의 동측에서는 변성

퇴적암류 중의 규암층의 주향에 그리고 서측에서는 맥암류의 주향방향이 많이 지배되었기 때문이다.

② 지질

대전지역 지질은 Fig. 3에서와 같이 선캠브리아기의 변성암류와 옥천계로 알려진 변성퇴적암류 및 이를 관입하 시대 미상의 심성암류와 중생대 화강암류로 이루어 졌다. 이 지역 지질에 관해서는 1:50000 유성도폭(1977)과 대전도폭(1980), 그리고 1:25000 대전도폭(1995)이 발간되었다.

대전지역 북부에 분포한 변성암류는 대체로 호상의 흑운모 편마암이다. 이 암체와 접촉 경계를 갖은 화강암류에서는 변성암의 잔류물이 많이 관찰된다. 옥천계로 알려진 변성퇴적암류는 주로 동부와 남부에 국한되어 분포한다. 변성퇴적암류는 주로 규암과 천매암 그리고 소규모의 석회암으로 구성된다. 규암과 천매암은 규암대와 천매암으로만 구성된 천매암대로 구분할 수 있다. 이들 규암대와 천매암대는 습곡구조의 발달로 반목적으로 나타나기도 한다.

석회암은 남측에서 흑색 천매암층에 협재되어 발달한다. 이는 주로 결정질석회암으로 구성되며 곳에 따라서는 화강암과의 접촉부 부근에서 접촉 변성작용에 의해 생성된 석회 규산염암이 분포하기도 한다. 중생대 주라기의 화강암류는, 상기 변성암류와 변성퇴적암을 관입하였다. 주로 편상화강암, 흑운모화강암, 복운모화강암으로 구성된다. 이는 남측과 동측의 일부지역을 제외하고 전지역에 걸쳐 광범위하게 발달한다. 편상화강암은 서북부의 우술봉부근과 동부의 용운동, 편암동 부근에 분포하며 중립질이며 편상구조가 현저하다. 중립질의 흑운모 화강암은 남부 보문산 지역을 중심으로 남측과 서측으로 발달하며 변성퇴적암을 관입하였다. 백운모 화강암은 대전광역시 전역에 걸쳐 가장 넓

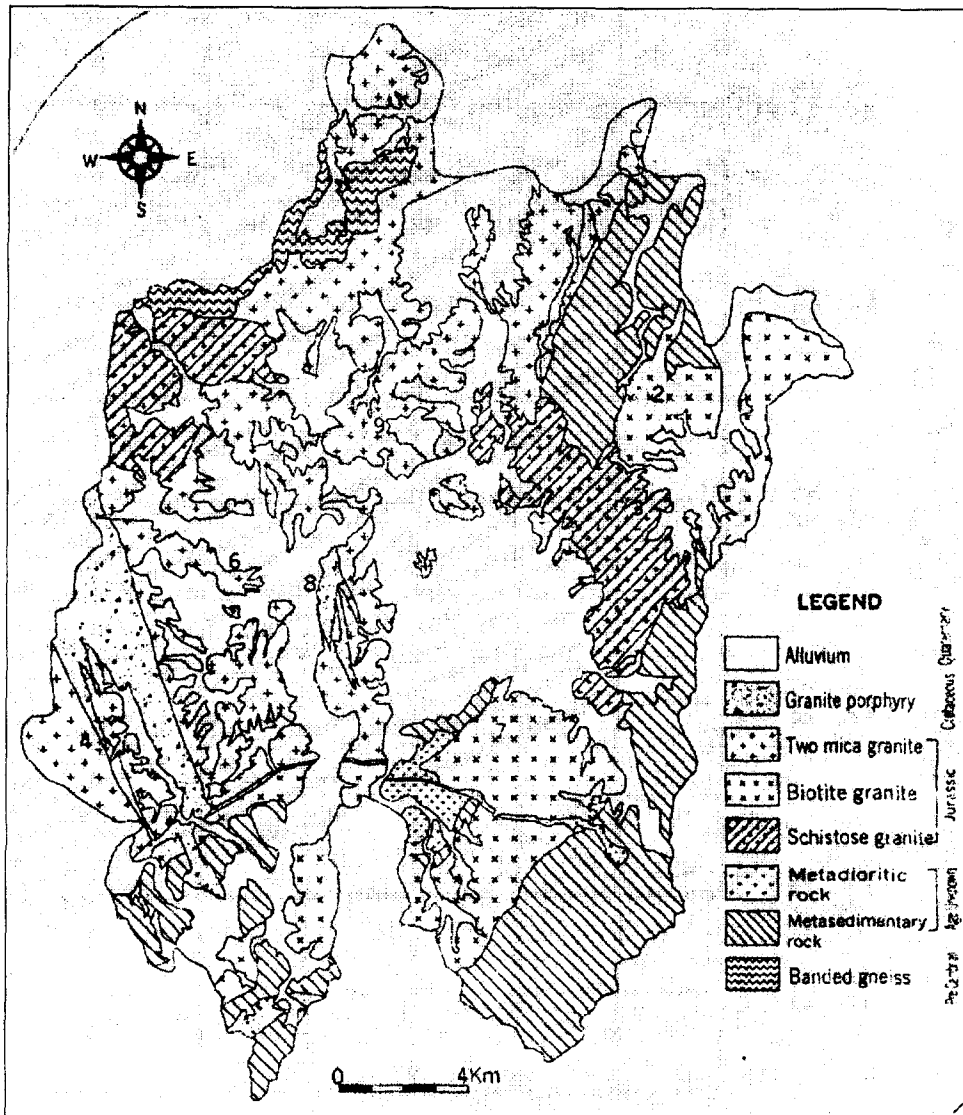


Fig. 3. 대전광역시 지질도

게 분포하며 상기 모든 암석들을 관입하였다. 암질은 중립 내지는 세립질이며 흑운모가 백운모에 비하여 압도적으로 많지만 페그마 타이트가 밀집한 지역에는 백운모의 함량이 증가하는 경향이 보인다.

백악기 반암류는 상기 모든 암석을 관입한다. 반암류들은 남부 혹은 $N10^{\circ}W$ 관입방향을 갖

는 유백색 혹은 담홍색 암석이다. 이 암석은 유성도폭과 대전도폭에서 그라오 피어로 기재되어 있지만 석영반암과 서로 접이적인 관계를 갖으며, 암질이 부분적으로 상당히 유사하다.

여기서, 대전광역시 지역의 가장 특징적인 지질대로서 옥천변성대를 상세 기술하면, 옥천 변성대는 한반도 남부에서 북북동-남남서 방향에

따라 발달되는 특징적인 지구조 방향인 지나방향(Pumpelly, 1866)에 지배되어 넓게 노출된 저반상 화강암이 관입한 띠 모양의 특이한 지체 구조를 가진다. 띠모양의 저반상 화강암을 기준으로 하여 서북 지역에는 선 캄브리아이언의 경기육괴의 기저 복합체, 그리고 동남 지역에는 소백산육괴(Kobayashi, 1931)의 기저 복합체가 대치 분포된다. 그리고 이들 대상 화강암체의 중앙부에 축을 이루듯이 퇴적기원의 변성암층인 옥천누층군이 역시 북동-서남방향으로 그의 분포방향과 동일한 방향을 보인다. 변성대 내에 위치한 지질로서 아직도 옥천 변성대에 대한 논란의 여지가 많이 있다.

3. 토목지질학적 요인에 따른 암파쇄공법 검토⁴⁾

3.1 리퍼(Ripper) 암절취공법

리퍼공법은 기계에 의한 암반굴착법으로서 불도우저에 칼날을 달아 유압으로 지반에 칼날을 박고 끌어당기면서 불도우저를 전진시켜 암석을 굴착하는 공법인데 리핑 작업의 경우 자연 상태의 탄성파속도가 1800 m/sec 이하의 암은 발파없이 리핑으로 할 수 있고, 탄성파속도가 1800 m/sec를 초과하는 암은 발파와 리핑 작업을 병행하여 시공할 수 있다.

리핑작업이 가능한 암반 분류의 기준은 Table 1과 같이 ISRM이 제안한 방법으로 암석재료의 강도, 풍화의 정도, 불연속면의 간격 등으로 구분할 때 II등급의 풍화암 이하의 암반과 토사작업에 적용할 수 있다.

Table 1. 리핑작업이 가능한 암반조건

| 등급 | 리핑(ripping)작업이 가능한 암반조건 | 분류 |
|----|--|-----|
| II | <ul style="list-style-type: none"> - 암석재료나 불연속면의 벽면강도가 약한 것(5~25 MPa) - 풍화는 상당히 진전되어 변색이 따르고 가벼운 타격에도 쉽게 깨어지는 것이다. - 불연속면의 간격이 20~60mm로 매우 좁고 접착강도가 손가락의 힘으로 깨질 정도보다 약간 큰 것 | 풍화암 |

3.2 브레이커(Breaker) 암절취공법

유압식 백호우(Back-hoe)와 브레이커를 조합하여 타격력에 의해서 파쇄하는 공법으로 이때 발생하는 진동치의 크기는 아직까지 구체적이고 통계적인 수치로 제시된 바는 없으나 10m 이상 떨어진 지점에서 수 차례 계측을 실시한 결과 대단히 미약한 수준으로 나타났다. 일반적으로 진동보다 소음 발생이 더욱 심각하여 민원의 대상이 되고 있기 때문에 소음의 영향에 더욱 유의할 필요가 있다.

1) 브레이커에 의한 소음도 계산

$SPL_1 = SPL - 20\log(r)$ (반월신도시 건설주거단지, 1992)

여기서,

SPL : 브레이커 1대의 발생소음(120dB)

r : 소음발생원과 측정지점간의 최단거리

2) 작업량

브레이커에 의한 작업량은 대상 암반의 등급과 작업조건 등에 따라 차이가 있다. 건설공사 표준품센에 의하면 대형 브레이커로 보통암을 굴착할 때 그 능률은 암파쇄의 경우 2.3~2.9

m²/hr로 대단히 낮으며 실제로 일일작업량이 60 m³/대 미만이기 때문에 대규모 공사에서는 비능률적이다.

3) 브레이커 작업이 가능한 암반분류기준

토목공사장에서 브레이커 작업이 가능한 암반은 Table 2와 같이 III등급의 연암이하의 암파쇄작업에 적용할 수 있다.

Table 2. 브레이커 작업이 가능한 암반분류기준

| 등급 | 브레이커 작업이 가능한 암반조건 | 분류 |
|-----|--|----|
| III | <ul style="list-style-type: none"> - 암석재료나 불연속면의 벽면강도가 보통인 것(25~50 MPa) - 풍화는 불연속면을 따라서 상당히 진전되어 있다. - 불연속면의 간격이 60~200mm로 좁고 가벼운 타격에도 잘 깨어지는 정도의 접착강도. | 연암 |

3.3 일반발파공법

벤치발파는 대규모 채석장 발파와 도심지 터파기 발파로 대별할 수 있다. 또한 벤치 발파는 가장 일반적인 발파이며, 2개 이상의 자유면에 대해서 1열 또는 다열로 이루어진 종방향의 발파방법이다. 특히, 일반 채석형 벤치 발파공법은 자유면의 노천 발파에서 가장 많이 활용하고 있는 방법으로서 주 천공방향이 지상에서 하부방향인 수직 또는 경사방향이며 이 방법은 대량발파를 하기 위한 것으로써 Table 3과 같이 크로라 드릴을 사용하여 천공깊이 6m 이상을 천공하여 발파하는 경우를 말한다.

3.4 미진동(제어)발파공법

1) 미진동발파공법

도심지 및 중요한 구조물 부근에서 발파작업을 할 때 인근 구조물에 미치는 발파 진동을 최소한 억제하여 피해를 주지 않도록 하기 위해 CCR(Concrete Cracking Reagent)공법이 개발되었다. 이는 화약류 단속법에서 화공품에 속하며 약통과 점화구가 한 쌍으로 취급되는 이는 Polyethylene 약통에 들어간 입자 상태의 가연체에 소형 전기뇌관과 같은 점화관을 장착시켜 전기로 점화된다. 이 파쇄약은 밀폐중에서 약 40~60 m/sec 속도로 연소하고 또한 골열을 발생하여 이 가스압으로 대상물을 파쇄하는 것이다. 폭약에 비하여 완만한 반응을 이용하므로 진동, 폭발, 비석의 동등한 장약량에 비하여 각각 1/2~1/10 정도가 된다.

그러나 CCR은 뇌관에 시간차를 줄 수 없으므로 굴착량이 제한된다. 또한 모양에 균열만 발생되므로 2차 파쇄에 따른 작업시간 및 공사비가 증액되며 균열이 많은 암반에서는 발파효율이 저하되고 비석 발생이 우려되는 단점이 있다. 최근에는 약경 $\varnothing 17\sim 25\text{mm}$ 의 정밀폭약이나 에멀존 폭약을 사용하여 CCR과 동일한 효과를 얻을 수 있는 공법이 연구 개발되고 있다.

2) 제어안전발파공법

노천 및 터널 굴착시 굴착단면 인접부 암반의 손상을 가능한 한 억제하고 주변 구조물에 대한 안전성 보장 및 발파소음진동을 제어할 목적으로 채택하는 제어발파공법이다. 일반적으로 control safety blasting라고 표현하며, line drilling, smooth blasting, pre-splitting, cushion blasting 공법 등의 제어발파방법과 이들을 응용한 각종 방법으로 나눌 수 있다. 이들 각 공법은 공경에 따라 천공간격, 장약량, 패턴

Table 3. 발파공법 선정 일반기준

| | | | | | |
|---------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------|
| 발파원과의 거리(m) | 30m 이내 | 10~50m | 30~100m | 80~300m | 200m 이상 |
| 공법구분 | 무진동 파쇄 | 미진동발파 | 제어안전발파 | 소발파 | 일반발파 |
| 적용방법 | 팽창성파쇄제 +기계굴착 HRS, SRS | CCR혹은 정밀, 에멀선발파 | 소구경 진동제어발파 | 진동제어 채래식발파 | 채래식발파 |
| 천공장비 | SINKER DRILL+RIPPING | SINKER DRILL+RIPPING | SINKER or CRAWLER DRILL | CRAWLER DRILL | CRAWLER DRILL+소할 |
| 천공직경 | Ø40mm이내 | Ø45mm이내 | Ø45mm이내 | Ø45~75mm | Ø75mm이상 |
| 사용약제 | 팽창성파쇄제 | 미진동파쇄제, 정밀, 에멀선 폭약 | Ø17~32mm 정밀, 에멀선 폭약 | Ø25~50mm 에멀선폭약 | Ø50mm 고폭속폭약 |
| BENCH높이 (천공장) | 1.0m | 0.6~2.0m | 0.9~3.0m | 3.0~6.0m | 6.0~15m |
| 장단점 | 무소음, 무진동파쇄, 경암, 수공에 적용곤란. 2차파쇄필요 | 진동 양호 철포, 비산우려 | 소음,진동양호 시공단가가 높다 | 대체로 소음,진동양호 시공단가 적당함 | 소음, 진동, 비산에 불리 시공단가가 낮다. |

등을 구분하여 현장에 적합한 설계를 할 수 있다. 제어발파공법은 주로 소구경 정밀폭약이나 저폭속의 에멀선 폭약을 사용하여 발파하며, 특히 사면을 형성하게 되는 경우 반드시 사면보호를 위한 제어발파공법을 채택함으로써 원압반이 갖는 고유강도를 훼손하지 않도록 유념하여야 한다. 각종 암파쇄 공법 적용을 위한 일반적인 기준을 Table 3에 나타내었다.

4. 발파 공법 적용 사례*

Y건설 현장에서 시공한 동부순환도로 개설공사장은 대전광역시 동구 Y동에 위치하며 3.2절에서와 같이 편상구조가 현저한 관입 편상화강암 및 화강암질 편마암(Igneous Gneiss)으로 구성되어 있으며, 차별풍화가 심하여, 주변 암반

보다 강도가 매우 강한 특성을 보이며 상부는 풍화와 절리가 많고 하부는 균열이 적은 괴상 암질로써 암석의 강도는 Deer & Miller의 암석 분류법에 의하면 일축압축강도 750~1164 g/cm²로서 보통암 내지 경암으로 분류되었다. 또한 절취면에는 차별풍화로 인해 핵석과 화강암질 편마암으로 이루어져 주변 지반보다 강도가 크므로 발파가 불가피한 지역으로서 주변에는 주택, 상가 등의 건물이 공사장 12~110m 지점에 위치해 있고 도로폭 20m의 이면도로 등이 공사장에 인접해 있다. 그러므로 만약의 사고가 발생시 사외적 물의가 예상되므로 이들 주변건물 등에 피해를 입히지 않는 안전한 발파가 될 수 있는 발파설계를 하기 위해서 시험 발파를 실시하고 회귀분석을 시행하여 구역별 발파공법을 설정하였다.

4.1 당 현장에 적용한 진동·소음기준

가) 발파진동 기준치

우리나라의 노동부고시 제94-26호로 공포된 발파작업 표준안전 작업지침에서 실금이 나타나 있는 정도의 주택, 아파트에 적용 수준으로 제안된 0.5 cm/sec를 채택하고 이에 안전율(60%)을 고려한 0.3 cm/sec를 안전기준으로 설정하여 발파작업에 적용하였다.

나) 발파소음(Sound Level)기준치

우리나라의 경우 소음·진동규제법에 의하면 지역별, 시간대별, 소음발생원에 따라 규제기준을 정하고 있으며 건설소음 규제기준의 경우 55~75 dB(A)로 허용기준치가 설정되어있다.

소음·진동규제법의 주거지역에 대한 건설소음규제기준의 경우 아침 65 dB(A), 낮 70 dB(A)를 허용기준으로 하고 있으므로 일상작업 시간대인 낮에는 70 dB(A)를 안전기준으로 적용하여야 한다.

4.2 시험발파 데이터 분석결과

대상 지역에서 실시한 시험발파의 제원은 Table 4와 같다. 시험발파를 통하여 측정된 진동치를 미광무국에서 제안한 진동전파식을 적용하여 회귀분석한 결과는 Table 5와 같다.

4.3 구역별 발파공법 적용기준

시험발파 및 분석결과를 토대로 본 공사현장에 적용한 공법은 다음과 같이 구역별로 구분하여 적용하였고 이를 그림으로 나타내면 Fig. 5와 같다.

Table 4. 시험발파 제원

| | |
|--------------------|-------------------------------------|
| Drill Type | Sinker Drill |
| Hole Diameter | 36mm |
| Cartridge Diameter | Himite 5000 28mm |
| Detonator | Electric 2.5m, Non-Electric 2.5m |
| Hole Depth | 1.1~1.3m |
| Space (S) | 0.5~0.7m |
| Burden (W) | 0.5~0.7m |
| Stemming | 0.7~0.9m |
| Cartridge Length | 0.4m |
| Hole Angle | 90 Degree |
| Charge Type | Single Charge |
| Charge Weight | 0.3 kg/Delay |

Table 5. 시험발파 회귀분석결과

Aug 6/1996

LIGHT vs DISTANCE FOR YOUNGJIN.mdf

95% LINE EQUATION: $V = 17722.5078 * (SD)^{-(-2.262)}$

FOR MAXIMUM PEAK PARTICLE VELOCITY OF 3.00 (mm/sec)
THE SQUARE ROOT SCALED DISTANCE IS 46.49 (m/kg^{1/2})

| DISTANCE (m) | MAXIMUM WEIGHT (kg) |
|--------------|---------------------|
| 10.00 | 0.046 |
| 11.00 | 0.056 |
| 12.00 | 0.067 |
| 13.00 | 0.078 |
| 14.00 | 0.091 |
| 15.00 | 0.104 |
| 16.00 | 0.118 |
| 17.00 | 0.134 |
| 18.00 | 0.150 |
| 19.00 | 0.167 |
| 20.00 | 0.185 |
| 21.00 | 0.204 |
| 22.00 | 0.224 |
| 23.00 | 0.245 |
| 24.00 | 0.266 |
| 25.00 | 0.289 |
| 26.00 | 0.313 |
| 27.00 | 0.337 |
| 28.00 | 0.363 |
| 29.00 | 0.389 |
| 30.00 | 0.416 |
| 31.00 | 0.445 |
| 32.00 | 0.474 |
| 33.00 | 0.504 |
| 34.00 | 0.535 |
| 35.00 | 0.567 |
| 36.00 | 0.600 |
| 37.00 | 0.633 |
| 38.00 | 0.668 |
| 39.00 | 0.704 |
| 40.00 | 0.740 |

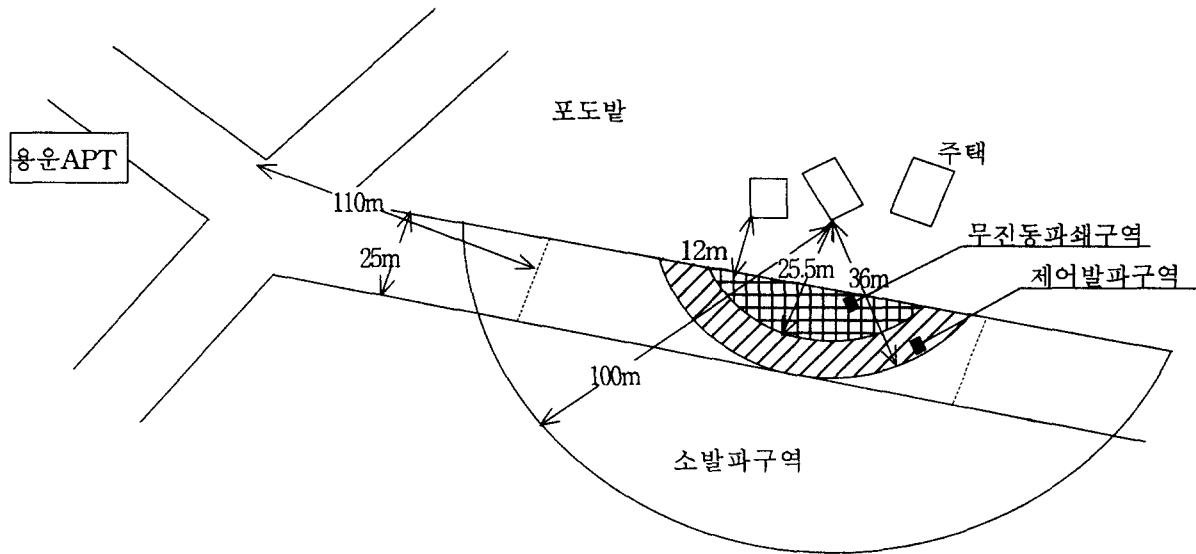


Fig. 5. 공사구역별 적용 공법

(가) 무진동 파쇄공법 적용지역 : 25.5m 이내
 보안물건(인근 주택 및 상가)으로부터 25.5m 이내 지역은 당 현장의 발파가능 최소장약량 0.3 kg 이내에 해당하므로 폭약으로 암반파쇄가 매우 어려운 것으로 판단하였고, 급속유압 암절취공법(HRS)이나 브레이커 절취공법 등의 무진동파쇄공법을 적용해야 할 구역으로 구분하였다.

(나) 제어발파공법 적용지역 : 25.5~36m
 분석결과 보안물건으로부터 25.5m 이상 떨어진 지역은 지발당 장약량 0.3 kg (GD 28mm 1.5개, 0.3 kg)이상 0.6 kg(GD 28mm 3개, 0.6 kg) 이내의 폭약을 사용할 때 발파진동 안전기준치로 설정한 0.3 cm/sec 이내의 준수가 가능한 것으로 계산되어 발파 패턴도에 의한 정밀 제어발파공법의 적용이 가능한 것으로 판단하였다.

(다) 소발파공법 적용지역 : 36~100m
 보안물건으로부터 36m 이상 100m 이내의 지역은 지발당 장약량 0.6 kg(GD 28mm 3개, 0.6 kg) 이상 4.627 kg(GD 28mm 23개, 4.6 kg; GD 50mm 4.5개, 4.5 kg)이하의 폭약을 사용할 때 발파진동 안전기준치로 설정한 0.3 cm/sec 이내의 준수가 가능한 것으로 계산되므로 시공시 계측을 통해 시험발파단계에서 예측한 수준인가를 확인한 후 소발파공법을 적용하는 지역 구분하였다.

(라) 기타공법 적용지역
 진동안전기준으로 설정한 기준치 이내의 준수가 어려울 때에는 공당 장약량과 지발당 장약량을 축소하여 조절하거나 비전기식 뇌관의 사용 또는 저폭속의 폭약(슬러리 폭약, 에멀션 폭약, 초안폭약 등)으로 교체 사용하는 등의 조

치와 보조공법인 라인드릴링(Line-Drilling)공법, 방진구(Trench) 설치공법 등을 추가로 병행하도록 하였다.

5. 결 론

대전지역의 Y현장에 대한 토목지질학적 요인 조사 및 암반파쇄공법 적용 연구 결과 본 현장에 가장 적합한 암파쇄공법을 요약정리하면 다음과 같다.

(1) 대전지역에 분포하는 암질은 선캠브리아기의 변성암류와 변성퇴적암류 및 이를 관입한 심성암류와 중생대 화강암으로 이루어져 있다. 사례연구 대상지역은 동구 Y동으로서 관입 편상화강암 및 화강암질 편마암으로 구성되어 있고 핵석과 차별풍화가 심하고 주변암반보다 매우 강한 강도특성을 보이며 상부는 풍화와 절리가 많고 하부는 균열이 적은 괴상암질로 조사되었다. 암석의 강도는 Deere & Miller의 암석분류법에 의하면 일축압축강도 750 ~ 1164 kg/cm² 정도의 보통암 내지 경암으로 분류되었다.

(2) 토목공사장에서 암반굴착공법을 적용할 때 자연상태의 현지암반 탄성파속도 측정치는 1800 m/sec 이하인 경우 II등급의 풍화암 이하로서 리핑등 기계굴착이 가능하며, III등급의 연암 이하인 경우는 브레이커 굴착이 가능한 것으로 구분하고 있지만 일일작업량이 소량임으로 대규모공사에는 비능률적이기 때문에 적용이 곤란하고, 소음공해로 인해 민원이 예상되는 지역에서는 시공이 더욱 불가능하다.

(3) 본 사례연구 대상지역의 경우 진동·소음 안전기준치를 설정하고, 시험발파를 실시하였으며, 측정된 자료를 미광무국에서 제안한 환산거

리식에 의해 회귀분석한 결과 K는 17722.5이었고, 감쇠지수 n은 -2.262으로 나타났다. 이 결과를 토대로 공사장 인근의 주택 등 보안물건으로부터 25.5m 이내 지역은 HRS, Breaker 등 무진동 파쇄공법을 적용하고 25.5~36m 지역은 미진동 제어발파공법, 36~100m 지역은 소발파공법을 적용해야 하는 것으로 나타났으며 기준 설계지침의 일반발파공법(크로라드릴을 사용한 천공장 6m 이상의 일반 발파공법)은 적용할 수 없는 현장으로 판단되었다.

(4) 현재 우리나라의 경우 발파공법 선정에 대한 근거 및 지침이 미비하고, 설계단계에서 발파 전문기술자의 관여가 부족하여 설계된 내용이 시공현장에 그대로 적용할 수 있는 경우는 거의 없는 것으로 파악되고 있다. 앞으로 실제 현장에서의 많은 사례들이 수집되고 보고되어, 이러한 기초 자료들을 토대로 현재 적용되고 있는 공법선정의 문제점들이 분석되고 암반의 특성이 공법선정에 합리적으로 반영되는 표준설계 지침이 마련되어야 할 필요가 있다. 특히 약 30년 전에 설정된 것으로 추정되는 CCR을 사용하는 미진동 발파공법은 소음·비산에 대한 문제가 자주 발생하는 것으로 나타나는 등 공법에 대한 적용성과 현장 여건을 고려한 시공 방법들이 분석되고 적용되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) 박충화 외, 2000. "지하수관리 중·장기 계획 수립", 대전광역시
- 2) 이상안 외, 1980. "대전지질도폭", 자원개발 연구소
- 3) 박희인 외, 1977, "유성지질도폭", 자원개발연

구소

- 4) 영남 건설기술교육원, 1996 암반분류·파쇄 공법과 계층관리
- 5) 안명석, 1996, “동부순환도로 개설공사장(2공구)의 발파설계도”
- 6) 정동호 외 4인, “지중변전실 하부통과를 위한 발파설계 및 시공사례”, 화약·발파, 대한 화약기술학회, 19, no.1, 2001. 3. 31, p.17.