

깎기 비탈면 설계에서의 지질조사 기법의 적용성 분석

이수곤¹⁾ · 최경침²⁾ · 김재현³⁾

¹⁾ 서울시립대학교 · ²⁾ 다우리엔지니어링 · ³⁾ 국립산림과학원

A Study on the Applicable Methods of Investigation for Cutting Slope Design

Lee, Su-Gon¹⁾ · Choi, Kyeong-Chim²⁾ and Kim, Jae-Heun³⁾

¹⁾ Department of Civil Engineering, Univ. of Seoul,

²⁾ Dauri Engineering co., Ltd.,

³⁾ Korea Forest Research Institute(KFRI).

ABSTRACT

This study was carried out to increase the efficiency of site investigation through the evaluation of the applicable methods of investigation for cutting slope design.

In an effort to find out the applicability of the method employed during the slope investigation, some tests were carried out on 6 subjects i.e location of weak zones, characteristics of discontinuities, distribution of strata, in situ tests for geo-technical properties, laboratory test and estimation of weathering.

The method was highly applicable and produced expected results during the test of weak zones, discontinuities and distribution of strata. In order to apply the method to in- situ test for geo-technical properties and laboratory test on soil and rock slope, a statistic analysis of the existing data were required in advance. However its design applicability on rock slope was good although actual cases of application were not many due to limitation of the cases for investigation. The method was frequently referenced but not actually applied for anti seismic design test and estimation of weathering.

Key Words : *Location of weak zones, Characteristics of discontinuities, Distribution of strata, Geo-technical properties, Weathering.*

Corresponding author : Choi, Kyeong-Chim, 402, DARI building, 795-15, Yeoksam-dong, Gangnam-gu, Seoul, Korea,
Tel : +82-2-554-5930, E-mail : dauri_ckc@naver.com

I. 서론

1. 연구목적

급격한 산업화와 이에 따른 인구의 도시집중은 주거지역 및 산업단지의 절대적 부족을 초래하고 있어 토지이용의 효율성을 증대시키기 위해 인위적으로 원지반을 절취하거나 매립하여 부지를 확보하는 과정에서 다양한 비탈면이 조성되고 있으며, 전국토의 대부분이 산지로 이루어진 우리나라에서는 국토의 균형있는 발전과 효율적 개발 목적으로 형성된 전국토를 연결하고 있는 도로망은 크고 작은 절토 및 성토사면을 형성시키고 있을 뿐 아니라 이상기후에 의한 집중호우와 더불어 발생한 절취사면 붕괴로 많은 인명과 재산상의 피해를 주고 있는 실정이다.

본 연구의 목적은 인위적인 절취사면 설치를 위해 현재 일반적으로 통용되고 있는 지질조사기법에 대한 설계 적용성 평가를 통해 각각의 지질조사기법별 적용성 및 제약성을 분석하여 설계요구 조건을 충족시키는 지질조사 및 지질조사 결과를 충분히 반영한 사면설계에 기여하여 인명과 재산상의 피해 저감은 물론 절취사면 붕괴로 인한 산림 파괴를 미연에 방지하는데 있다.

2. 연구 방법

비탈면의 높이 및 기존자료 분석을 통해 토사 및 풍화암 비탈면 구간과 암반 비탈면 구간으로 구분하여 조사단계에서는 각각의 조건에 맞는 적절한 지질조사 항목 선정 여부와 분석의 적절성

에 연구 주안점을 두었으며 비탈면 안정성 분석 단계에서는 지질조사 결과의 적용성에 주안점을 두었다. 조사단계에서는 선정된 지질조사 항목별 설계요구조건 충족 정도를 분석하였고 설계단계에서는 현장 조사 자료의 설계적용 정도를 대비하는 방법으로 본 연구를 진행하였다.

3. 최근의 사면 조사 및 설계 경향

근의 암반을 대상으로 하는 사면 설계는 표 1과 같은 Flow로 이루어지고 있으며 사면의 안정성 해석에서는 대상 주체를 연속체 모델과 불연속체 모델로 각각 평가하여 최적의 경우를 선정하는 것이 일반적인 설계 기법이다(한국도로공사, 2001).

표 1. 조사 및 설계 흐름.

지반조사 및 분석	1차 안정성검토
<ul style="list-style-type: none"> • 기존 조사 분석 • 지층분류 및 평가 • 암반분류 및 평가 • 불연속면 특성분석 • 설계지반정수 산정 	<ul style="list-style-type: none"> • 평사투영해석 • 한계평형해석 • 확률론적 해석 • 낙석 및 낙반해석
2차 안정성검토	녹화 및 유지관리
<ul style="list-style-type: none"> • 연속체 안정해석 • 불연속체 안정해석 • 3차원 안정해석 • 내진해석 	<ul style="list-style-type: none"> • 환경 친화적 비탈면 보호공 계획 수립 • 유지관리 및 계측계획 수립

II. 연구지역 현황

1. 연구지역의 선정

본 연구 지역은 인천광역시 서구 시천동 일원부터 계양구 굴현동 일원에 이르는 폭 20.0m의 굴포천 임시 방수로가 설치된 구간으로 상습 침수지역인 굴포천 유역의 항구적인 홍수 조절기능을 위해 기존의 방수로를 80.0m로 확폭하는 II단계 건설사업 구간 중 대규모 짜기 비탈면 구간을 연구 대상 지역으로 선정하였다.

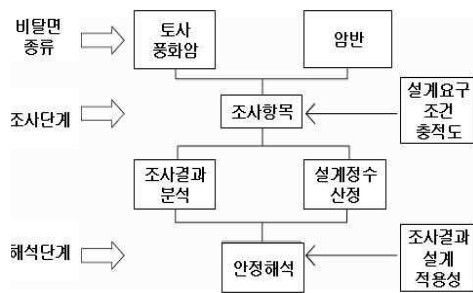


그림 1. 연구 진행 흐름도.

III. 지질조사 항목선정

요즈음은 조사장비 및 분석기법의 발달로 동일한 조건하에서 동일한 목적을 달성하기 위해 선택 할 수 있는 조사기법이 매우 다양하므로 세부적인 지질조사 기법 보다는 비탈면 설계 요구 조건을 아래와 같이 크게 6가지로 대별하여 각 군별 설계 적용성을 평가하였다.

- 1) 연약대 분포 파악을 위한 광역조사
- 2) 절리면 평가를 위한 조사
- 3) 지층분포 파악을 위한 조사
- 4) 공학적 특성 평가를 위한 조사
- 5) 실내 암석 및 토성 시험
- 6) 비탈면의 풍화도 예측을 위한 시험

1. 연약대 분포 파악을 위한 광역조사

현재 가장 보편적으로 적용되고 있으며 일반화된 인공위성 영상분석, DEM 분석 및 지표지질 조사를 조사항목으로 선정하였다. 조사 순서는 인공위성 영상 및 DEM 분석으로 추정된 광역적인 선 구조 결과를 지표지질조사에 의해 현장 확인하는 방법으로 시행하였다. 지표지질조사에서는 기 발간된 지질도폭을 기준으로 암종 분포 확

표 3. 광역조사 항목 선정.

조 사 항 목	수 량	선정 사유 및 설계 활용
인공위성 영상분석	1식	<ul style="list-style-type: none"> • 지질구조선 파악 • 단층대, 지반 연약대 파악
DEM 분석	1식	
지표지질 조사	1식	<ul style="list-style-type: none"> • 암종분포, 기반암 특성 파악 • 불연속면 특성 파악

표 4. 절리면 평가 조사 항목 선정.

조사항목	수 량	선정 사유 및 설계 활용
Scanline Survey	4측선	<ul style="list-style-type: none"> • 수평적인 불연속면 분포 파악 • Face Mapping 결과와 대비
BIPS	4개공	<ul style="list-style-type: none"> • 시추공을 이용한 수직적인 불연속면 분포 파악
Laser Scanning	4단면	<ul style="list-style-type: none"> • Window 조사 기법으로 선정 • Face Mapping 결과와 대비

인 및 상세한 불연속면의 분포 특성을 파악할 수 있도록 계획 하였다.

2. 절리면 평가를 위한 조사

심하게 변성된 편마암이 분포하고 있어 제한된 조사 기법의 단점을 보완할 목적으로 수평 측선 조사 기법으로는 Scanline Survey, 수직 측선 조사 기법으로는 시추공 영상촬영기법(BIPS)를 적용 하였으며, Window 조사기법으로 Laser Scanning 을 적용하여 불연속면 조사기법에 따른 조사결과 를 대비 분석할 수 있도록 하였다. (ISRM, 1978; ISRM, 1981; Priest and Hudson, 1978)또한 조사 결과의 신뢰도 확보를 최대로 하기위해 광역조사 결과에 의거 균질 절리영역을 4개소로(Domain A, D)구분하였으며 각 Domain 별 대표 구간을 (연장 L=50m) 선정하여 Domain 별로 평가할 수 있도록 하였다.

3. 지층분포 파악을 위한 조사

현재 가장 보편적으로 적용되고 있는 굴절법 탄성과 탐사 및 시추조사를 시행하여 연속적인 지층 분포를 파악할 수 있도록 하였으며, 계획 노선 상에 분포하는 지질 구조 이상대 조사를 위해

표 5. 지층분포 파악 조사 항목 선정.

조 사 항 목	수 량	선정 사유 및 설계 활용
전기비저항 탐사	5.7km	• 지질구조대 및 이상대의 지하심부 연장성 파악
탄성과 굴절법탐사	4.7km	• 연속적인 지층분포도 작성
시추조사	29공	• 탐사 결과 확인 • 지층분포 확인 특성 파악

표 6. 공학적 특성 평가 조사 항목 선정.

조 사 항 목	수 량	선정 사유 및 설계 활용
표준관입 시험	1식	• 토사층의 강도정수 산정
시추공 진단 시험	6공	• 풍화암의 강도정수 산정
공내재하시험 (PMT)	15회	• 연암 및 파쇄대의 변형특성 파악
공내재하시험 (GMJ)	17회	• 연·경암의 변형특성 파악
Cross hole Test	2단면	• 단층대의 동적특성 파악

전기비저항 탐사를 병행 시행하였다(민경덕·서정희·권병두, 1987).

4. 공학적 특성 평가를 위한 조사

일반적으로 많이 적용하고 있는 표준관입시험, 시추공을 이용한 시추공 진단시험 과 공내재하시험을 계획하였으며, 내진설계를 위해서는 단층과 썰대 분포 위치에 대해 Cross Hole Test를 병행하였다.

5. 실내 암석 및 토성 시험

통상적으로 적용하는 토사층 및 암반에 대한 물

리적 역학적 특성 파악을 위한 실내시험 외에 단층대 분포로 인한 지반의 수직 수평 응력비를 파악하기 위해 DRA 시험 및 내진설계에 필요한 감쇄비 산정을 위해 공진주 및 충격반향시험을 조사 항목으로 추가 선정하였다(Brown, 1981; Head, 1980).

6. 풍화도 예측을 위한 시험

본 시험은 일반적인 추세는 아니나 연구단계의 한 가지 대안으로 장기암석물성변화 시험으로 장기간 노출에 따른 비탈면의 풍화도 예측을 시도하여 보았다.

표 7. 실내 암석 및 토성 시험.

조 사 항 목	수 량	선정 사유 및 설계 활용
토질물성 시험	73회	• 흙의 물리적 특성 파악
암석물성 시험	15회	• 암석의 물리적 특성 파악
직접전단 시험	3회	• 토사층 강도정수 산정
절리면전단 시험	2회	• 불연속면의 강도정수 산정
JRC 측정	2회	• 절리면 거칠기 측정
DRA 시험	4회	• 원지반의 초기측압계수 산정
공진주 시험	1회	• 토사층의 동적특성 파악
충격반향 시험	1회	• 암반지반의 동적특성 파악

표 8. 풍화도 예측을 위한 시험.

조사 항목	수 량	선정 사유 및 설계 활용
Slaking Test	4회	• 건조, 습윤 반복에 대한 암석 고결력 파악
Swelling Test	4회	• 암석의 체적 팽창량 파악
점하중 강도 시험	125회	• 암석의 일축압축강도 추정에 적용
장기암석물성변화시험	1식	• 비탈면의 풍화도 예측

IV. 지질조사 결과 및 설계 적용성 평가

1. 설계 적용성 평가 기준

지질조사 결과의 신뢰도 보다는 조사 결과가 설계에 반영되는 설계 적용성을 평가하므로 현 수준에서의 조사의 중요도에 대한 상대 평가를 시도하였다. 평가 항목은 비탈면 설계 요구조건에 따라 크게 6가지로 대별하여 선정 시행된 지질조사 결과에 대해 시행 하였으며 설계 적용성은 전적으로 조사결과에 의존하는 경우부터(A등급으로 구분) 설계 참고자료 정도로 적용되는 조사항목(E등급) 까지 5개 등급으로 조사결과와 설계 반영도를 상대적으로 대비 하였다. 아래 표 9 설계 적용성 평가 기준 참조.

2. 연약대 분포 파악을 위한 광역조사

1) 조사결과

광역조사 결과 3개조의 주단층대가 방수로 비탈면에 절대적인 영향을 미치며 이중1개조의 단층(F3)은 현재 건설되어 있는 남측 방수로 비탈면의 붕괴를 초래는 등 직접적인 영향을 주고 있

다(한국자원연구소, 1995). 단층대의 연장성을 확인을 위한 전기비저항탐사 계획을 수립토록하며, 암반 비탈면에 대한 균질절리 영역은 단층대를 기준으로 C-1 : 단층파쇄대 구간, C-2, 4 : 편마암 대표구간 및 C-3 : 관입암 혼재구간의 4개 구간으로 세분하여 적용토록 한다.

2) 설계 적용성 평가

조사 결과에 의거 균질 절리 영역을 4개로 구분하여 각 영역별로 상세 조사 계획 수립은 물론 안정성 해석 구간 구분에 직접 반영하므로 전적으로 조사 결과에 의존하는 반영도(A)를 보여주고 있다.

3. 절리면 평가를 위한 조사

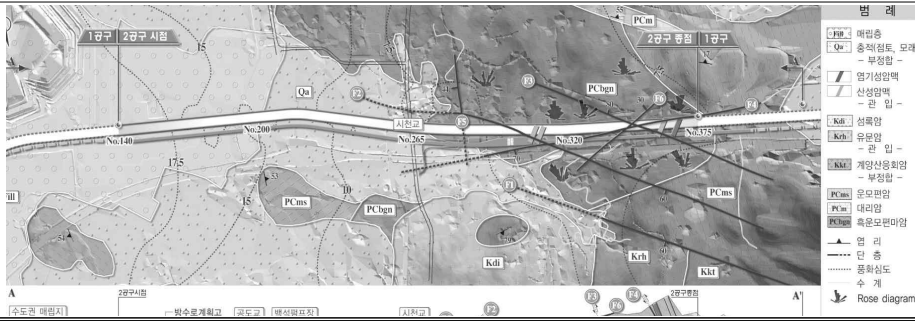
1) 조사결과

토사 및 풍화암 비탈면으로 구분한 단층 파쇄대 분포 구간(C-1)을 제외한 C-2, 3, 4 구간에 대한 Scanline Survey, 시추공영상촬영(BIPS) 및 Laser Scanning에 의한 절리면 분포도 조사를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

표 9. 설계 적용성 평가 기준.

구 분	설계 적용성
A	• 전적으로 조사 결과에 의존
B	• 조사 결과와 기존자료를 이용한 통계 분석 과정을 거쳐 설계적용
C	• 설계 적용성은 좋으나 조사수량 제약으로 반영도가 낮은 조사 항목
D	• 조사 결과를 참조하여 문헌 자료를 설계에 적용
E	• 설계 참고자료 정도로 적용되는 조사항목

• 광역 지질도



• Face Mapping

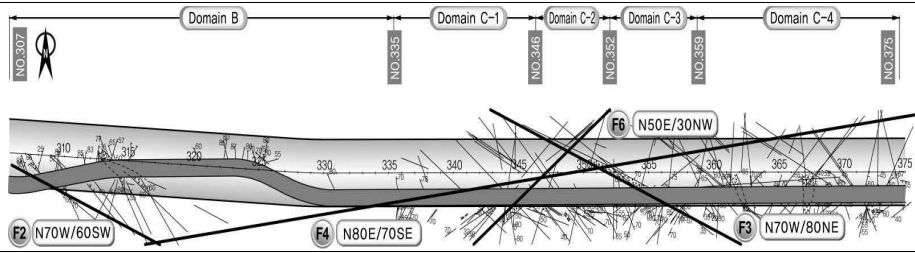


그림 5. 광역조사 결과.

• C-2 구간

총 125개의 불연속면(All discontinuity)이 관찰되었고, 주방향(Set 1)은 67/094이고 부방향(Set 2, 3)은 69/334, 14/216로 3조의 절리군이 우세하며, 불연속면들의 경사각은 60° 이상의 고경사각이 우세하게 분포하고 있다.

표 10. C-2 불연속면 방향성.

절리군	경사	방향	Fisher'K
Set 1	67	094	33
Set 2	69	334	68
Set 3	14	216	200

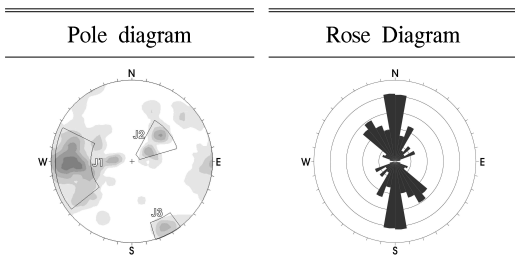


그림 6. C-2 불연속면 방향성.

• C-3 구간

총 125개의 불연속면(All discontinuity)이 관찰되었고, 주방향(Set 1)은 78/090이고 부방향(Set 2, 3)은 70/020, 70/155로 3조의 절리군이 우세하며, 불연속면들의 경사각은 70° 이상의 고경사각이 우세하게 분포하고 있다.

표 11. C-3 불연속면 방향성.

절리군	경사	방향	Fisher'K
Set 1	78	090	35.9
Set 2	70	020	36.66
Set 3	70	155	41.38

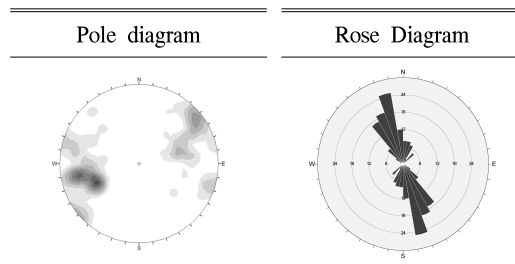


그림 7. C-3 불연속면 방향성.

• C-4 구간

총 165개의 불연속면(All discontinuity)이 관찰되었고, 주방향(Set 1)은 70/086이고 부방향(Set 2, 3)은 40/231, 84/333로 3조의 절리군이 우세하며, 불연속면들의 경사각은 60° 이상의 고경사각이 우세하게 분포하고 있다.

표 12. C-4 불연속면 방향성.

절리군	경사	방향	Fisher·K
Set 1	70	086	17
Set 2	40	231	28
Set 3	84	333	219

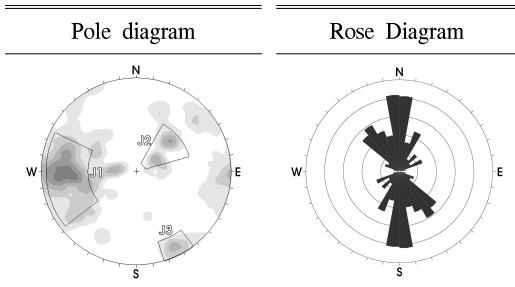


그림 8. C-4 불연속면 방향성.

2) 설계 적용성 평가

설계 적용으로는 균질절리 영역별로 분석된 불연속면 조사 결과를 평사투영해석 방법(Hoek and Bray, 1981)에 의해 1차적인 파괴가능성을 평가한 후 파괴 가능성이 있는 구간에 대해 한계평형 방법에 의한 상세한 해석을 시행하였다. 파괴가능성이 없는 경우는 본 단계에서 안전성 평가를 종결하는 등 설계 적용성이 매우 높은 전적으로 조사 결과에 의존하는 반영도(A)를 보여주고 있다. 본 해석에서는 위에 언급된 3가지 절리면 조사에서는 인지되지 않았으나 Face Mapping에 의해 확인된 소규모 단층면을 추가로 고려하여 평사투영해석에 반영하였는바 보다 정확한 조사를 시행할 수 있는 조사방법에 대한 추가적 연구가 필요한 것으로 나타났다.

• C-2 구간 해석 결과

Stereonet에 의한 평사투영해석 결과 평면파괴, 썩기파괴 및 전도파괴 및 모든 경우에서 안전한 것으로 해석되었으나 대상 구간이 편마암 분포지역으로 국부적인 전도파괴가능성을 내포하고 있으므로 Set 2(J2) 절리군에 대해 공사 중 Face Mapping에 의해 부분적인 보강 계획을 반영하였다.

표 13. C-2 구간 해석 결과.

비탈면 방향	45/177	
평면 파괴	썩기 파괴	전도 파괴
×	×	△
파괴 요인	• 전도파괴 : J2	

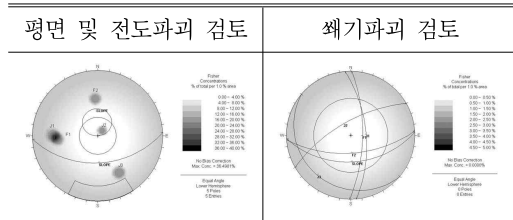


그림 9. C-2 구간 해석 결과.

• C-3 구간 해석 결과

Stereonet에 의한 평사투영해석 결과 평면파괴에 대해서는 안전한 것으로 해석 되었으나 Set

표 14. C-3 구간 해석 결과.

비탈면 방향	45/177	
평면 파괴	썩기 파괴	전도 파괴
×	○	△
파괴 요인	• 썩기파괴 : J1-F2 • 전도파괴 : J2	

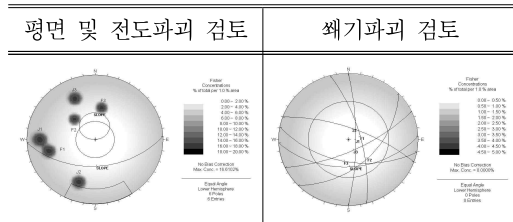


그림 10. C-3 구간 해석 결과.

2(J2)절리군은 전도파괴가 발생할 가능성이 있는 것으로 해석되었으며, Set 1(J1) 절리군과 F2 단층면은 썩기 파괴를 유발할 가능성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

• C-4 구간 해석 결과

Stereonet에 의한 평사투영해석 결과 평면파괴에 대해서는 안정한 것으로 해석 되었으나 Set 3(J3)절리군은 전도파괴가 발생할 가능성이 있는 것으로 해석되었으며, Set 1(J1) 절리군과 Set 2(J2) 절리군은 썩기 파괴를 유발할 가능성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

표 15. C-4 구간 해석 결과.

비탈면 방향	45/177	
평면 파괴	썩기 파괴	전도 파괴
×	○	○
파괴 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 썩기파괴 : J1-J2 • 전도파괴 : J3 	

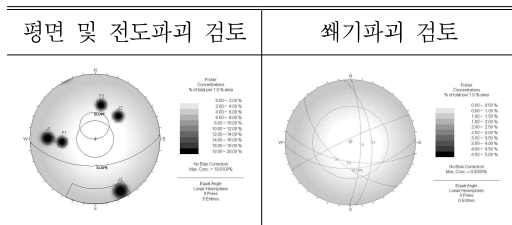


그림 11. C-4 구간 해석 결과.

표 16. 지층분포 파악을 위한 조사 결과.

지 층 명	두께(m)	탄성파속도 (km/s)	RMR	구 성 성 분
토 사	1.1 ~ 11.1	0.7 이하	-	SM, CL, ML, GC
풍 화 암	0.4 ~ 13.7	0.7 ~ 1.2	-	SM
연 암	0.4 ~ 13.8	1.2 ~ 1.9	14 ~ 35 (평균 23)	흑운모 편마암
경 암	-	1.9 이상	16 ~ 79 (평균 48)	흑운모 편마암

4. 지층분포 파악을 위한 조사

1) 조사결과

연속적인 토층 분포 파악을 위해 탄성과 굴절법 탐사 및 시추조사 결과는 표 16 지층분포 파악을 위한 조사 결과와 같으며 지질구조대의 지하 연장성을 파악하기 위해 전기 비저항 탐사결과는 그림 12와 같다.

토사층은 층후 1.1~11.1m로 0.7km/s 이하의 탄성파속도를 보이고 있다.

풍화암층은 층후 0.4~13.7m로 탄성파속도는 0.7~1.2 km/s 의 범위를 보이고 있다.

연암은 층후 0.4~13.8m로 1.2~1.9(km/s)의 탄성파속도를 보이고 있으며, 평균 RQD 10%, 평균 RMR 23%의 흑운모편마암으로 구성되어 있다.

경암의 탄성파속도는 1.9(km/s) 이상이고 평균 RQD 59%, 평균 RMR 48%의 흑운모편마암으로 구성되어 있다.

2) 설계 적용성 평가

설계 적용으로는 연속적인 지층 분포 파악 및 구간별 대표 단면 설정에 필요한 필수 조사항목으로 조사 결과를 기준으로 모든 비탈면의 표준구배 및 검토 단면을 결정하는데 적용하여 설계 적용성이 매우 높은 전적으로 조사 결과에 의존하는 반영도(A)를 보여주고 있다. 그러나 조사량의 적정성은 별도로 평가되어야 할 것이다.

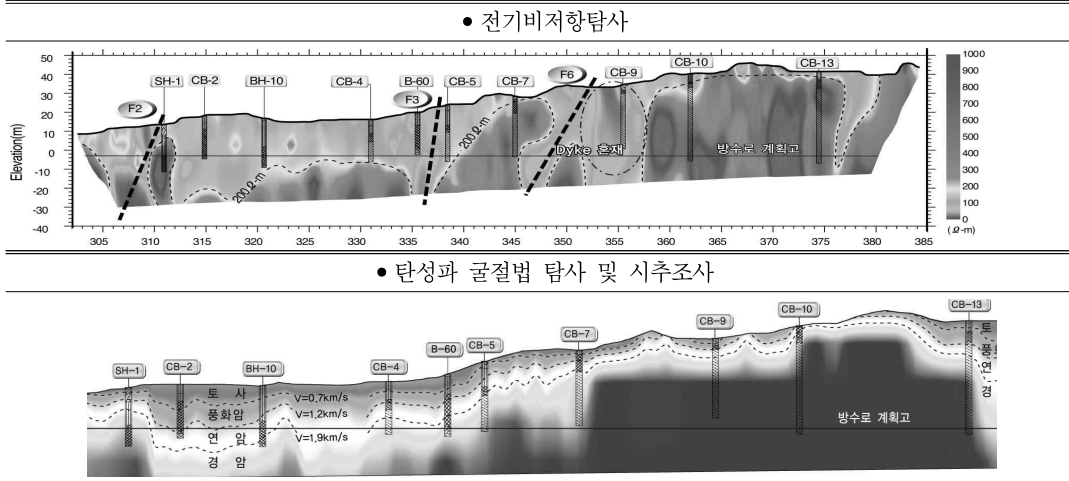


그림 12. 지층분포 파악을 위한 조사 결과.

5. 공학적 특성 평가를 위한 현장 및 실내시험

공학적 특성 평가를 위한 조사 결과와 실내 암석 및 토성 시험 결과는 상호 대비 또는 일련의 통계과정을 거치는 동일한 방법으로 설계에 적용되고 있을 뿐 아니라 설계 입력 정수와 직접적인 관계가 있어 지층별 및 해석 기법 별로 구분하여 아래와 같이 적용성 평가 시도 하였다.

1) 토사층 및 풍화토 조사결과 적용성 평가
 기존 설계사례 및 기존 자료(한국도로공사, 2001)분석 결과와 표준관입시험(N값)을 이용한 경험식 및 NAVFAC의 사질토의 강도 특성 상관도 검토와 현장시험 결과를 이용하여 설계정수를 산정하였다. 시추조사 결과를 검토 결과 실트질이 많이 함유된 것으로 조사 되어 점착력은 크나 내부마찰각은 다소 작게 나타났다. 설계적용성은 조사 결과와 기존자료를 이용한 통계 분석 과정

표 17. 토사 및 풍화토 설계정수 산정.

구분	시험 성과	도로 설계 요령	N값 이용	NAVFAC	설계 사례	설계 적용
rt	1.81	1.9	-	-	1.9	1.81
C	3.0	0	0	0	-	3.0
Φ	27.3	30	-	-	29	27.3

을 거쳐 설계에 적용하는 B 정도의 반영도를 보이고 있다.

2) 풍화암 조사결과 적용성 평가

풍화암은 모암의 조직 및 구조를 대부분 보유하고 있으므로, 현장분포 암반의 특성을 가장 효과적으로 반영할 수 있는 현장시험 성과를 적용하는 것이 합리적인 것으로 판단하였다. 이 구간의 풍화암은 흑운모 편마암이 풍화된 암반으로서

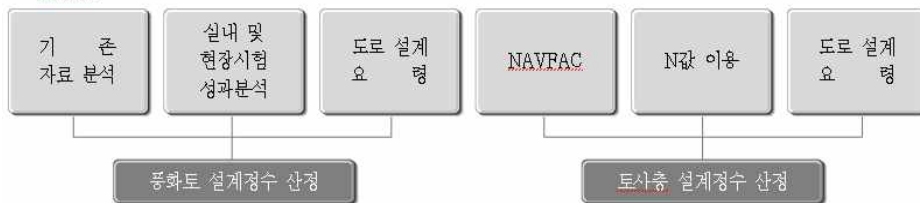


그림 13. 토사 및 풍화토 설계정수 산정 흐름도.

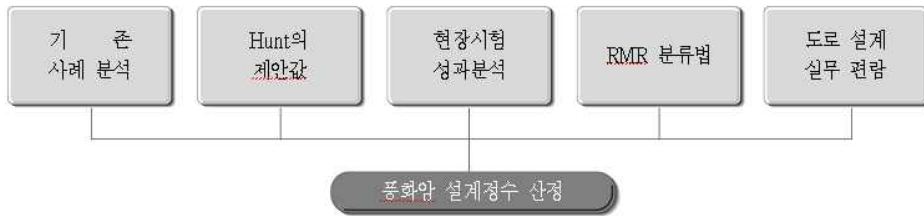


그림 14. 풍화암 설계정수 산정 흐름도.

실트질을 다소 많이 함유하고 있는 것으로 나타나 투수계수가 다소 적고 점착력이 크게 나타났다. 설계적용성은 조사 결과와 기존자료를 이용한 통계 분석 과정을 거쳐 설계에 적용하는 B 정도의 반영도를 보이고 있다.

표 18. 풍화암 설계정수 산정.

구분	현장 시험	도로 설계 요령	RMR	Hunt	설계 사례	설계 적용
rt	2.0	-	-	-	2.0	2.0
C	4.30	10	10이하	40~85	5.0	4.30
Φ	31.5	30	30이하	29~35	33.0	31.5
Em	29,000	-	-	-	32,500	30,000

3) 암반 연속체 조사결과 적용성 평가

시험 수량 제약으로 인한 대표값 산정을 위해 RMR 경험식(Bieniawski, 1979)과 기존 설계 자료를 초기 추정값 (Prior)으로, 삼축실험결과를 토대로 분석한 MCS결과와 공내 재하 시험 결과를 최우도값(Likelihood)으로 설정하여 Bayesian Approach를 통한 최후도값(Posterior)인 연암 및 경암의 설계정수인 Em, c, φ 산정하였다.

반영도 평가는 설계 적용성은 좋으나 조사수량 제약으로 반영도가 낮은 C 로 평가되었다.

4) 암반 불연속체 조사결과 적용성 평가

시험 수량 제약으로 인한 대표값 산정을 위해 실험값, MCS 및 기존 설계 자료를 이용하여 Bayesian Approach를 수행, 암반 절리면의 설계

정수 산정하였으며, 암반 불연속면의 설계정수는 Bayesian Approach 평균값 적용하였다.

반영도 평가는 설계 적용성은 좋으나 조사수량 제약으로 반영도가 낮은 C 로 평가되었다.

5) 내진 설계를 위한 조사결과 적용성 평가

시험 결과의 활용도는 특별 이상대 존재 유무 확인 정도로 안정성 해석에 필요한 입력 자료는 조사 지역의 지진가속도로 문헌 자료를 활용하였으며, 현장 시험 결과를 설계에 직접 적용하지는 못하였으므로 D 정도의 설계 반영도를 보였다.

6. 비탈면의 풍화도 예측을 위한 시험 조사결과 적용성 평가

장기간 노출에 따른 비탈면의 풍화도 예측 목적으로 Slaking Test, Swelling Test, 점하중 강도 시험 및 장기암석물성변화 시험을 시행하였으나 정량적인 설계정수 산정이 어려워 정성적인 참고 자료 제공에 만족하여 E 정도의 설계 반영도를 보였다.

V. 결론 및 고찰

비탈면에 대한 조사 결과의 적용성 평가를 위해 설계요구조건을 기준으로 연약대 분포 여부를 파악하기위한 광역조사, 절리면 평가를 위한 조사, 지층분포 파악을 위한 조사, 지반의 공학적 특성 평가를 위한 조사, 지반 물성 및 역학적 특성 평가를 위한 실내시험 및 비탈면의 풍화도 예

측을 위한 시험을 시행하였다.

지질조사 항목별 설계 적용성을 대비 분석한 결과 광역조사와 절리면 평가를 위한 조사, 지층 분포 파악을 위한 조사는 설계 적용성이 매우 높은 전적으로 조사 결과에 의존하는 반영도(A)를 보이는 것으로 나타났다.

지반의 공학적 특성 평가를 위한 조사 및 실내 시험은 토사 및 풍화암 비탈면에서는 조사 결과와 기존자료를 이용한 통계 분석 과정을 거쳐 설계에 적용하는 B 정도의 반영도를 보이는 것으로 나타났으나 암반 비탈면에서는 설계 적용성은 좋으나 조사수량 제약으로 반영도가 낮은 C 정도의 반영도를 보이는 것으로 나타났다.

내진설계를 위한 시험 결과 및 비탈면의 풍화도 예측을 위한 시험은 정성적인 참고자료 제공에 만족하여 조사 결과를 참조하여 문헌 자료를 설계에 적용하는 D 또는 E 정도의 반영도를 보였다.

금번 연구에서 지질조사의 양적인 적절성 및 조사 기법의 한계성 극복 방안에 대해서는 배제하였으므로 향후 연구 지역 및 대상 자료의 다변화로 또 다른 관점에서의 평가가 이루어져 상호 보완될 수 있기를 바란다.

인 용 문 헌

민병덕 · 서정희 · 권병두. 1987. 응용지구물리학. 우성문화사 516-545.

한국도로공사. 2001. 도로설계요령 663.

한국자원연구소. 1995. 김포 지질도(1/50,000축척).

Bieniawski, Z. T. 1979. The geomechanics classification in rock engineering application. Proc. 4th Int. Cong. Rock Mech., ISRM, Montreux 2 : 41-48.

ISRM. 1978. Suggested methods quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. Rock Mech. Sci. & Geomech, Abstr. 15 : 319-368.

ISRM. 1981. Basic geotechnical description of rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., & Geomech. Abstr. 18 : 85-110.

Priest, S. D., and Hudson, J. A. 1978. Discontinuity spacing in rock. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech, Abstr. 13 : 134-153.

Hoek, E. and J. W. Bray. 1981. Rock slope engineering. The Institution of Mining and Metallurgy, London, 358.

接受 2005年 12月 30日