TUNNEL & UNDERGROUND SPACE Vol. 26, No. 5, 2016, pp. 431-440
http://dx.doi.org/10.7474/TUS.2016.26.5.431
ISSN: 1225-1275(Print)
ISSN: 2287-1748(Online)

암반비탈면의 성능기반 평가기법 연구 : 가중치 도출 및 검증 - AHP 기법과 상관분석을 중심으로 -

이종건, 허인영*, 강창규, 류호상, 장범수

Study on Performance-based Evaluation Method for Rock Slopes : Deduction of Weight and Validation - Based on the AHP method and Correlation Analysis -

Jong Gun Lee, In Young Heo*, Chang Kyu Kang, Ho Sang Ryu, Buhm Soo Chang

Abstract This study aims to suggest the detailed evaluation criteria based on performances for rock slopes. Using the previous research result, final evaluation items are proposed considering characteristics and similarities of each evaluation item. Weight for each evaluation item is deducted using AHP method, verification for suggested evaluation criteria is conducted based on correlation analysis. The research results as follows. All evaluation items have a high statistical correlation with final evaluation result(safety rating). Especially, items of the “rockfall”, “ground deformation”, “discontinuity characteristic”, “instable lithology” were shown the highest in relative correlation coefficient(R), It is judged that items and weight presented in this study well reflect characteristics of rock slopes.

Key words Infrastructure (SOC), rock slopes, AHP method, correlation analysis

초 록 본 연구에서는 암반비탈면의 성능기반 평가기법을 제시하기 위해 이전 연구에서 도출된 평가 항목의 항목별 특성과 유사성 등을 검토하여 최종 평가항목을 도출하였다. 또한, 평가항목별로 상대적 중요도를 산출하여 평가항목의 가중치를 도출하였으며 암반비탈면에 대한 성능별 평가표를 제시하였다. 제시된 평가기준은 상관분석을 이용해 검증을 실시하였다. 주요 연구결과는 다음과 같다. 각 성능별로 제시된 평가표를 활용하여 실제 조사 자료를 적용한 상관분석 결과, 모든 평가항목에서 유의 확률이 0.05 이하로 나타나 통계적으로 유의미한 결과가 도출되었고, 전체적으로 높은 상관성을 보였다. 특히, ‘낙석’, ‘지반변형’, ‘불연속면 특성’, ‘불안정 지질’ 등의 항목에서 상대적 상관계수(R)가 가장 높게 나타나 본 논문에 제시된 평가표는 암반비탈면의 특성을 적절히 반영하고 있다고 판단된다.

핵심어 SOC시설물, 암반비탈면, 계층화 분석기법, 상관성분석

1. 서 론

다양한 시설물로 구성되어 있는 인프라(SOC) 시설물은 국가경쟁력을 가늠하는 핵심 척도이다. 인프라(SOC) 시설물의 고령화는 국가안전 및 경제성장의 저해요인으로 작용하므로, 사전 예방형 유지관리를 통해 성능유지 및 기능향상 등의 적극적인 관리가 요구되고 있다 (Lee et al., 2015).

국내에서도 시설물에서 발생 가능한 재난에 대비하고 피해를 최소화하기 위해「시설물의 안전관리에 관한 특별법」,「재난 및 안전관리 기본법」등의 법령에 사전예방과 사후복구체계의 개념으로 유지관리를 추진하고 있다(MOLIT, 2013). 더 나아가 유지관리 선진국인 미

Received: Oct. 5, 2016
Revised: Oct. 23, 2016
Accepted: Oct. 24, 2016
***Corresponding Author:** In Young Heo
Tel) +82557711619, Fax) +82557711575
E-Mail) hiy04@kistec.or.kr
16, 123 Beon-Gil, Sadeul-ro, Jinju-City, Gyongsangnam-Do 52852, Korea

국, 영국, 호주 등에서는 인프라(SOC) 시설물을 특성에 따라 분류하고 정기적으로 인프라 평가보고서를 발간하고 있으며, 인프라 평가보고서에는 시설물의 물리적 상태뿐만 아니라, 경제적, 사회적, 환경적 측면에서의 평가도 수행되어 국가차원의 정책방향 설정에도 도움을 주고 있다(CERIK, 2013).

비탈면의 경우 도로, 철도 등과 같은 시설물의 주요 부속시설물로써 인프라(SOC) 시설물의 안전에 직접적인 영향을 미치고 있다. 본 논문에서는 암반비탈면의 성능기반 평가체계를 구축하기 위한 기초연구로서 성능유형에 따른 평가항목의 세부 평가기준, 평가항목별 가중치, 종합평가방안을 제시하였으며, 제시된 평가기준은 통계분석을 활용하여 상관성을 검증하였다. 이를 위해 이전 연구(Lee et al., 2015)에서 Delphi method를 활용하여 암반비탈면의 성능유형별 평가항목을 도출하였다. 본 논문에서는 이전 연구에서 제시된 평가항목을 재검토·분류하여 안전성, 내구성, 사용성의 평가항목으로 유목화하고, 평가항목 및 성능의 가중치 도출 및 통계검증을 실시하였다.

2. 이론적 배경

2.1 AHP (Analytic Hierarchy Process) method

AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법은 계량적 접근이 어려운 분야의 의사결정을 하는 경우 경험을 조직화, 구조화 및 체계화하여 평가요소의 가중치를 설정하는 방법으로, 의사결정단계에서 수학적 모형으로 적합하도록 고안된 기법이다(Saaty & Vargas, 2001). 즉, 의사결정문제에 대해 대안 간의 상호비교를 통해 귀납적 방법과 연역적 방법을 조합한 통합적 방법으로 해결해 나갈 수 있도록 고안된 기법으로, 평가요소들을 계층화하고 쌍대비교(Paired comparison)를 실시하여 상대적 중요도를 결정하는 방법이라고 할 수 있다(Park, 2009).

AHP 분석을 위해 우선 의사결정체계로부터 계층 구조도를 작성하게 되며, 쌍대비교를 통해 자료를 수집하고 그 결과를 행렬로 나타낸다. 작성된 쌍대비교 행렬은 대각선을 중심으로 역수의 형태를 가지게 된다.

$$A=\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

여기서, $a_{ij} = 1/a_{ji}$, $a_{ii} = 1$, $\forall i$

또한, 쌍대비교 행렬 A를 통해 각 항목별 가중치를 구하기 위해서 행렬 A의 최대고유치(Maximim eigenvalue)에 대응하는 주고유벡터(Dominant eigenvector)의 요소를 가중치로 이용하는 고유벡터법(Eigenvector method)이 사용된다(Lee et al., 2007).

$$A\vec{u}=\lambda_{max}\vec{u} \quad (2)$$

여기서, λ_{max}는 최대고유치이며 이때의 고유벡터 $\vec{u}$를 주고유벡터라고 한다. 도출된 결과는 고유벡터법을 바탕으로한 불일치성을 측정함으로써 자료의 일관성을 검증할 수 있으며(Hyun et al., 2012), 이때는 일관성 지수(*CI*, Consistency Index)와 비일관성 비율(*CR*, (in) Consistency Ratio)을 사용하게 된다.

$$CI=(\lambda_{max}-n)/(n-1) \quad (3)$$

$$CR=(CI/RI)\times 100\% \quad (4)$$

수식의 *RI*는 난수지수(Random Index)를 의미하며, 이는 1에서 9까지의 수치를 임의로 설정하여 역수행렬을 만들고 이 행렬의 평균 일관성지수를 산출한 것으로 일관성의 허용한도를 나타내는 지수이며 다음과 같다(Kim & Jang, 2006).

2.2 상관분석

상관분석(Correlation analysis)은 연속형인 두 변수 간의 선형적 관계를 검정하는 통계기법이다. 본 논문에서는 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 활용하였는데, 이는 두 변수 간의 공분산(Covariance) 분석에서 시작한다. 공분산이란 두 개 변수의 개별 관측

Table 1. Random index

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

* N : Number, RI : Random Index.

값들이 평균으로부터 얼마나 산포되어 있는가를 나타내는 것으로 공분산의 값이 양의 값(+)이면 한 변수의 값이 증가할 때 다른 변수의 값도 증가함을 의미하며, 다음과 같이 계산된다.

$$S_{xy}=\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y}) \tag{5}$$

피어슨 상관계수(R)는 표준화된 공분산 값으로 공분산을 각 변량의 표준편차로 나누어 표준화한 값이다. 공분산과 마찬가지로 R의 값이 양의 값(+)이면 두 변수가 같은 방향으로 변화하고 있음을 의미하며 다음과 같이 계산된다.

$$r=\frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}} \tag{6}$$

$$S_{xx}=\sum_{i=1}^{n}x_i^2-\frac{\left(\sum_{i=1}^{n}x_i\right)^2}{n} \tag{7}$$

$$S_{yy}=\sum_{i=1}^{n}y_i^2-\frac{\left(\sum_{i=1}^{n}y_i\right)^2}{n} \tag{8}$$

$$S_{xy}=\sum_{i=1}^{n}x_iy_i-\frac{\left(\sum_{i=1}^{n}x_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n}y_i\right)}{n} \tag{9}$$

R값은 -1≤R≤+1의 범위를 가지며, R=1인 경우 완전한 상관관계를 의미하고 R=0이면 두 변수는 완전히 독립적임을 의미한다. 일반적으로 R값에 대한 선형관계는 다음과 같이 해석된다.

3. 연구방법

3.1 가중치 산정

이전 연구(LEE at al., 2015)에서 도출된 평가항목을 토대로 항목별 특성, 항목 간 유사성 등을 검토하여 최종 평가항목을 도출하고, 평가항목별로 실 조사 자료와 문헌자료 등을 참고하여 세부 평가기준을 정립하였다. 또한, 이를 바탕으로 AHP분석을 실시하여 각 평가항목의 상대적 중요도를 도출하여 가중치를 부여하고자 하였다.

평가항목 및 각 성능의 중요도를 도출하기 위한 전문가 패널은 연구결과의 일관성을 확보하기 위해 이전 연구의 델파이 조사 패널을 포함하여 24명으로 구성하였

Table 2. Linear relationship of the R value

$\|R\|$	Linear relationship
$0.7 \leq \|R\| \leq 1.0$	Strong
$0.3 \leq \|R\| < 0.7$	Distinct
$0.1 \leq \|R\| < 0.3$	Weak
$0 \leq \|R\| < 0.1$	No

* R : R value.

Table 3. Performance evaluation items of rock slope

Stability	Durability	Serviceability
Water Catchment Terrain	Weathering Condition	Surrounding Terrain
Instable Lithology	Rock Strength	Distance to Road
Characteristic of Discontinuity	Protection Method	Traffic Volume
Ground Deformation	Reinforcement Method	Inspection Stair
Underground Water	-	-
Condition of Drainage	-	-
History of Collapse	-	-
Rockfall	-	-

Table 4. Status of AHP survey

Division	No. of expert panel	No. of AHP respondent	Response rate (%)
Researcher	12	10	83.3
Professor	7	7	100
Engineer	5	5	100
Total	24	22	92

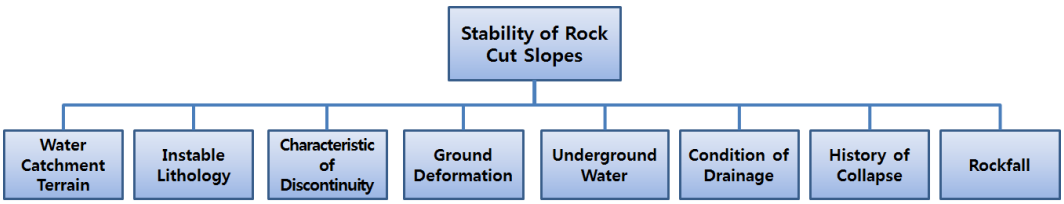


Fig. 1. Hierarchy diagram (example)

다. 그 후, 각 성능의 평가항목 및 성능 간 계층 구조도를 작성하여 분석을 실시하였다.

24명에 대한 AHP 설문에서 총 22부의 설문지가 회수되어 회수율은 약 92%로 나타났다. 또한, 회수된 22부의 설문지에 대해 비일관성 비율(C.R, inConsistency Ratio)을 분석하였으며, KDI(2001)에 따라 비일관성 비율(C.R, inConsistency Ratio)이 0.15 이상인 응답을 제외하고 0.15 이하인 설문·응답지를 최종 중요도 산출에 활용하였다.

3.2 상관분석

AHP 분석을 통해 도출된 각 성능별 평가항목의 가중치에 대해 일반국도에 분포하는 암반비탈면의 실제 조사 자료를 활용하여 상관분석을 실시하였다. 각 성능의 최종 평가결과는 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(MOLIT, 2010)에서 제시하고 있는 등급기준을 적용하였다.

상관분석에 활용된 암반비탈면은 총 58개소로 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」에 따라 정밀점검이 수행된 현장이 43개소(B, C, D등급)이며, 신설도로를 따라 새롭게 생성되어 상태가 양호하고 결함이 거의 없는 비탈면을 A등급으로, 집중호우 등에 따라 붕괴가 발생하여 도로에 피해를 야기한 현장을 E등급으로 가정하여 분석을 실시하였다.

Table 5. Classification of evaluation result depending on defect index(MOLIT, 2010)

Defect index (F)	Rating
$0.00 \leq F < 0.15$	A
$0.15 \leq F < 0.30$	B
$0.30 \leq F < 0.55$	C
$0.55 \leq F < 0.75$	D
$0.75 \leq F$	E

Table 6. Target of correlation analysis

Rating	No.
A	9
B	14
C	19
D	10
E	6
Total	58

4. 연구결과

4.1 가중치 도출

상태안전성의 가중치 도출을 위해 22명의 응답 중 비일관성 비율이 0.15이하인 15명의 응답을 중요도 분석에 활용하였다(Fig. 2). 분석결과, 비탈면의 붕괴를 직접적으로 지시하는 지반변형의 평가항목이 상대적 중요도가 가장 높은 것으로 나타났다. 두 번째로 중요도가 높은 것은 암반비탈면에서 평면파괴, 쐐기파괴, 전도파괴 그리고 낙석의 주요원인이 되는 불연속면 특성의 평가항목으로 나타났다. 특히, 낙석에 대한 평가항목이 높게 평가되었으며, 이는 기존의 평가체계에서 적용되지 않았던 낙석의 평가항목이 적절하게 도출된 것이라 할 수 있다.

내구성의 경우(Fig. 3), 22명의 응답에 대한 비일관성 비율이 모두 0.15 이하로 나타나 최종 분석 자료에서 22건의 응답을 중요도 분석에 활용하였다. 비일관성이 비율이 낮게 나타난 것은 평가항목의 수가 적고, 각 평가항목에 대한 정의나 중요도에 대한 인식이 명확하여 전문가 패널의 응답이 일관성을 가진 것이라 할 수 있다. 분석결과, 비탈면의 안정성 확보를 위해 적용되는 공법 중, 앵커, 옹벽 등 비탈면의 안전율을 상향시킬 수 있는 보강공법에 대한 평가항목이 상대적 중요도가 가장 높은 것으로 나타났다. 두 번째로 풍화도의 평가항목이 중요도가 높은 것으로 나타났으며, 암석강도와 보호공 변형/변질/파손의 평가항목은 유사한 중요도를 보이는 것으로 나타났다.

사용성에 대해서는 22명의 응답 중 비일관성 비율이 0.15이하인 19명의 응답을 중요도 분석에 활용하였다(Fig. 4). 분석결과, 도로이용자 측면에서 평가할 수 있는 비탈면과의 이격거리 항목이 상대적 중요도가 가장 높은 것으로 나타났다. 두 번째로 중요도가 높은 평가항목도 교통량으로 나타나, 관리자 측면보다는 일반이용자 측면에서의 평가항목이 상대적으로 중요한 것으로 분석되었다. 반면, 비탈면의 효율적인 유지관리를 위해 필요한 점검로의 설치유무 평가항목은 가장 낮은 중요도를 보였다.

4.1.1 평가표 제안

각 성능별 평가항목에 대한 AHP 분석결과를 적용하여 상태안전성(Table 7), 내구성(Table 8) 그리고 사용성(Table 9)에 대한 평가표를 작성하였다. 각 평가항목에 대한 세부 평가기준은 실제 조사자료를 분석하거나, 문헌자료 또는 기존 평가체계의 세부기준 등을 참고하여 제시하였다(MOLIT, 2010).

여기서, AHP를 통해 도출된 가중치는 각 평가항목의 최대가중치로 볼 수 있다. 또한, 평가체계에서 중요한 것은 각 평가항목의 지표(a~e)가 최종 평가결과(A~E)와 반드시 연계될 필요가 있다는 것이다. 예를 들어, 암

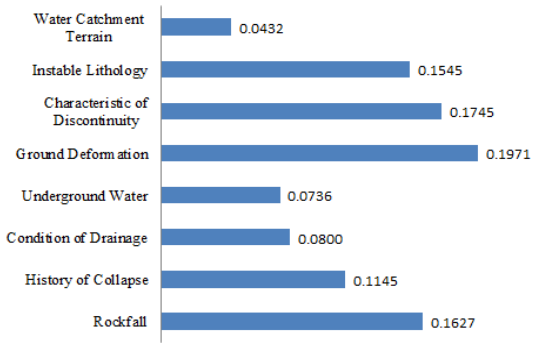


Fig. 2. Weight for the each evaluating item of rock slope (Stability)

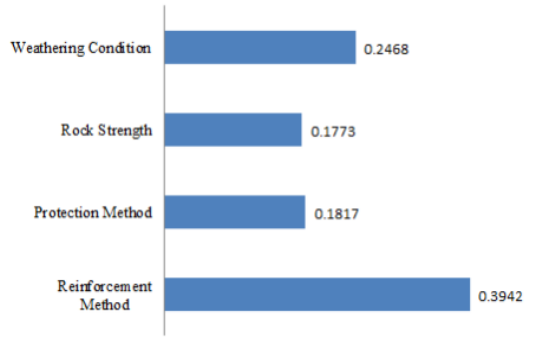


Fig. 3. Weight for the each evaluating item of rock slope (Durability)

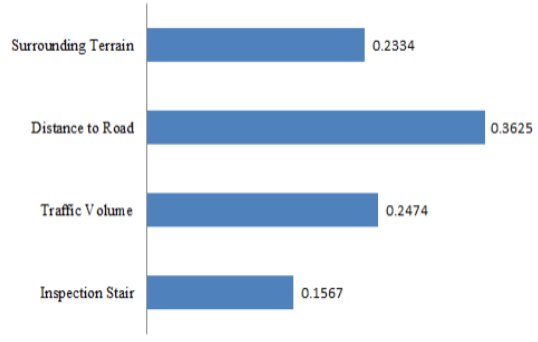


Fig. 4. Weight for the each evaluating item of rock slope (Serviceability)

Table 7. Evaluation table for Stability

Evaluation Items	Evaluation Indicators		Rating				
			a	b	c	d	e
Water Catchment Terrain	Count	Division	None	1	2	3	4 ~
		Score	0	1	2	3	4
Instable Lithology	Scale (Condition)	Division	None	Some distributions (Firmness)	Local distribution (Cataclastic)	Overall distribution (Cataclastic)	Overall distribution (Cataclastic, Loss, Leaks)
		Score	0~2	3~5	6~8	9~11	12~15
Characteristic of Discontinuity	Condition	Division	Very good	Good	Normal	Poor	Very poor
		Score	0~3	4~5	6~10	11~14	15~18
Ground Deformation	Creep, Steps, Bulging	Division	None	Slight deformation	Local deformation	Overall deformation	Overall deformation (In progress)
		Score	0~3	4~6	7~11	12~15	16~20
Underground Water	Leaks	Division	Dry	Wet (Lower slope)	Wet (Upper slope)	Flow (Lower slope)	Flow (Upper slope)
		Score	0	1~2	3~4	5~6	7
Condition of Drainage	Condition of drainage facility	Division	Very good	Good	Normal	Poor	Very poor
		Score	0	1~2	3~4	5~6	7~8
History of Collapse	Type	Division	None	Erosion (washed out)	Surface failure	Shallow failure	Deep failure
		Score	0~2	3~4	5~7	8~9	10~12
Rockfall	Rockfall energy	Division	None	~ 50kJ	50kJ ~ 70kJ	70kJ ~ 117kJ	117kJ ~
		Score	0~2	3~5	6~9	10~12	13~16

Table 8. Evaluation table for Durability

Evaluation Items	Evaluation Indicators			Rating				
				a	b	c	d	e
Weathering Condition	Weathering Degree	Division		Fresh	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Completely weathered
		Score		0~4	5~8	9~14	15~19	20~25
Rock Strength	The measured intensity in comparison design value	Division	Hard Rock	100% ~	95 ~ 100%	90 ~ 95%	85 ~ 90%	~ 85%
			Normal Rock	100% ~	90 ~ 100%	80 ~ 90%	70 ~ 80%	~ 70%
			Soft Rock	100% ~	86 ~ 100%	73 ~ 86%	60 ~ 73%	~ 60%
			Weathered Rock	100% ~	86 ~ 100%	73 ~ 86%	60 ~ 73%	~ 60%
		Score		0~3	4~5	6~10	11~14	15~18
Protection Method	Condition	Division		Very good	Good	Normal	Poor	Very poor
		Score		0~3	4~5	6~10	11~14	15~18
Reinforcement Method	Condition	Division		Very good	Good	Normal	Poor	Very poor
		Score		0~6	7~12	13~22	23~29	30~39

반비탈면에서 모든 평가항목에서 b의 지표에 해당하는 점수로 평가가 되었다면, 최종 평가결과가 B로 산출되는 것이 타당한 것이라고 할 수 있다.

따라서, 각 평가항목의 가중치(Weight)에 평가항목의 지표별(a~e) 결함지수 최댓값을 곱하여 평가항목의 지표별 배점을 산출하였다.

4.2 상관분석

본 논문에서 제안된 각 성능의 평가항목과 최종 평가결과와의 상관정도를 분석하기 위해 피어슨 상관계수

Table 9. Evaluation table for Serviceability

Evaluation Items	Evaluation Indicators		Rating				
			a	b	c	d	e
Surrounding Terrain	Terrain morphology	Division	Flatland	Hill	Semi-Mountainous	Mountains (both sides slopes)	Mountains (One side slopes)
		Score	04	5~7	8~13	14~17	18~23
Distance to Road	Distance	Division	10m ~	5m ~ 10m	3m ~ 5m	1m ~ 3m	1m ~
		Score	0~5	6~11	12~20	21~27	28~36
Traffic Volume	Average daily traffic volume	Division	5,000 ~	5,000 ~ 10,000	10,000 ~ 20,000	20,000 ~ 30,000	30,000 ~
		Score	0~4	5~8	9~14	15~19	20~25
Inspection Stair	Count/ Condition	Division	Over 2EA /Good	1EA /Good	1EA /Poor	None /Accessible to upper slope	None /Inaccessible to upper slope
		Score	0~2	3~5	6~9	10~12	13~16

Table 10. Result of correlation analysis

Independent Variable		Pearson Coefficient of Correlation (R)	p-value	Correlation Analysis
Stability	Water Catchment Terrain	0.716	<0.0001	Strong
	Instable Lithology	0.802	<0.0001	Strong
	Characteristic of Discontinuity	0.827	<0.0001	Strong
	Ground Deformation	0.853	<0.0001	Strong
	Underground Water	0.313	0.017	Distinct
	Condition of Drainage	0.898	<0.0001	Strong
	History of Collapse	0.806	<0.0001	Strong
	Rockfall	0.856	<0.0001	Strong
Durability	Weathering Condition	0.618	<0.0001	Distinct
	Protection Method	0.765	<0.0001	Strong
	Reinforcement Method	0.785	<0.0001	Strong

(R)를 이용한 통계분석을 실시하였다. 여기서, 각 성능의 평가항목을 독립변수(Independent variable)로, 최종적으로 평가된 각 성능의 결함지수를 종속변수(Dependent variable)로 설정하였다. 그 후, 암반비탈면의 실제 조사 자료 58개소에 대해 본 논문에서 제시한 평가표를 활용하여 각 성능별로 평가를 실시한 후 피어슨 상관계수(R) 및 유의확률(P-value)을 도출하였다. 단, 사용성 평가항목의 경우, 검증대상 자료의 한계로 이번 분석에서는 제외하였다.

분석결과, 모든 상관계수(R)에 대한 유의확률(P-value)이 0.05이하로 산출되어 통계적으로 유의미한 결과로 나타났으며 각 성능의 평가항목들은 최종 평가결과와 높은 상관도를 보이는 것으로 분석되었다(Table 10). 특히, Fig. 5의 (b), (c), (d), (h)와 같이 '낙석', '지반변형', '불연속면 특성', '불안정 지질' 등의 항목은 상대적으로 상관도가 더욱 높게 나타나 제시된 평가표가 암반비탈면의 상태를 적절히 반영한다고 할 수 있을 것이다. '배수조건'의 경우에는 배수상태가 불량함에 따라 발생되는 국부적 세굴, 침식 등이 '붕괴이력' 이나 '지반변형'의 항목과 연계되어 평가됨으로써 높은 상관도를 보이는 것으로 판단된다(Fig. 5(f)). 단, '지하수'의 경우에는 상대적 상관도가 낮게 분석되었는데(Fig. 5(e)), 이는 암반비탈면에서 지하수의 영향이 상대적으로 적거나, 또는 상관분석에 활용된 조사 자료의 평가가 건기에 이루어져 실제 현상을 정확히 반영하지 못한 것일 수도 있다. 따라서, 본 상관분석에서 '뚜렷한 상관관계'로 나타났으나, 추후 우기 시에 평가를 실시한 조사 자료를 활용하여 추가분석이 필요한 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 논문에서는 암반비탈면의 성능기반 평가기법을 제시하기 위해 이전 연구결과를 활용하여 각 성능의 평가항목별 가중치를 도출하고 각 평가항목과 최종 평가결

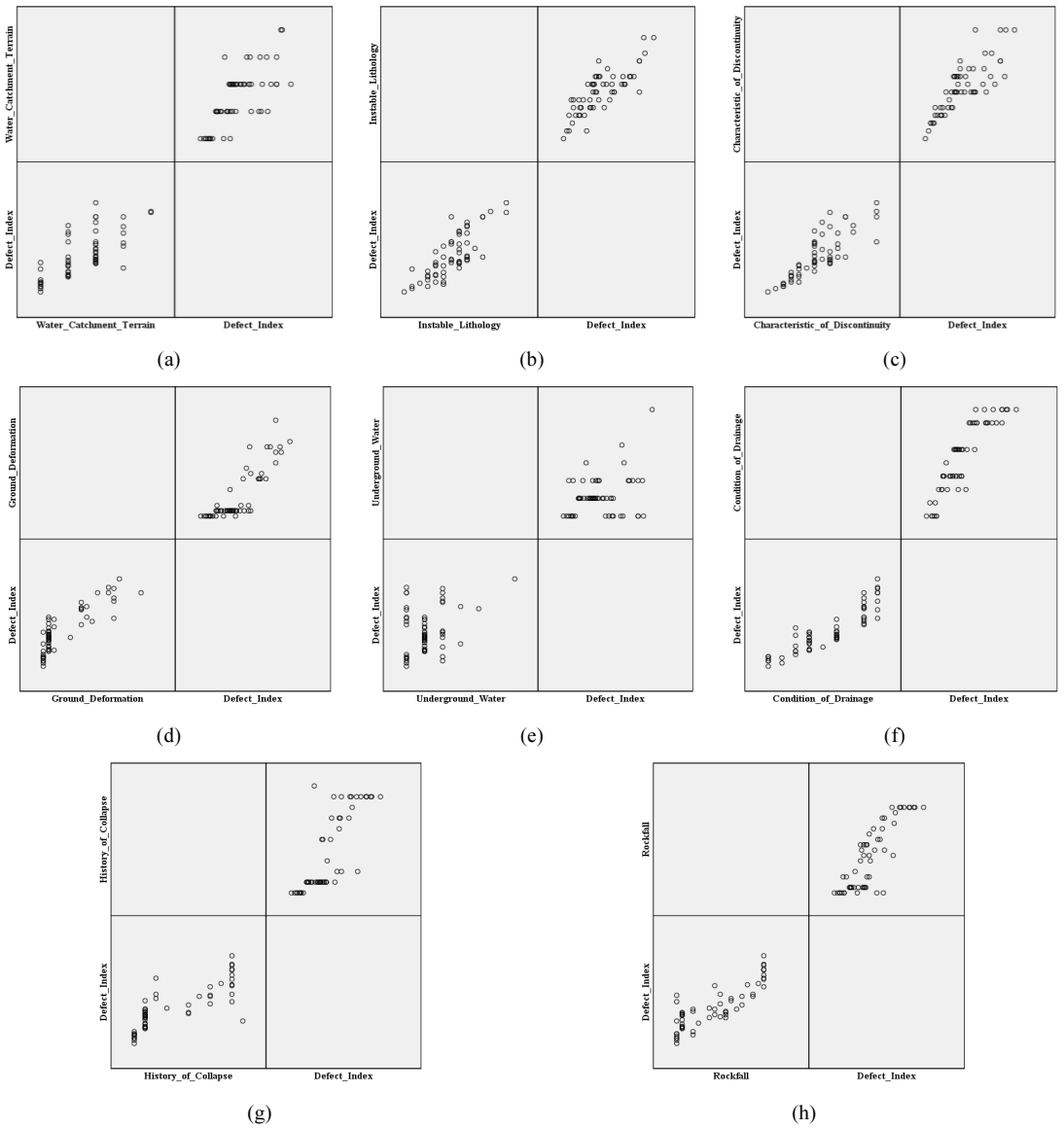
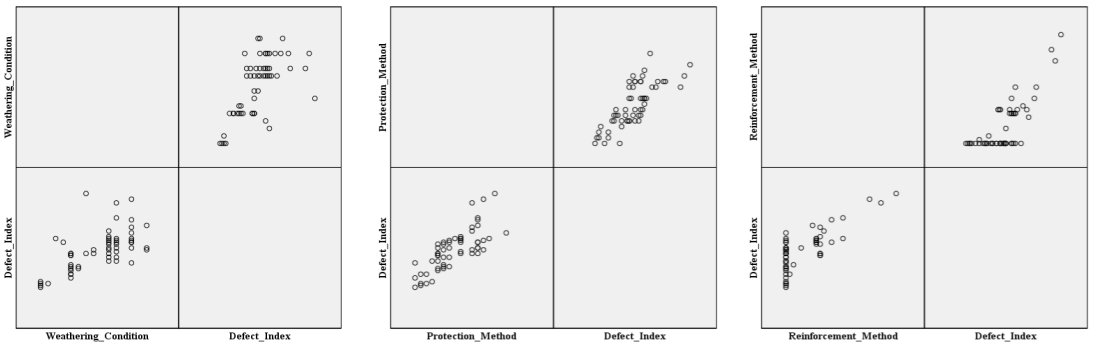


Fig. 5. Scatter plot matrix for Stability (a : Water catchment terrain, b : Instable lithology, c : Characteristic of discontinuity, d : Ground deformation, e : Underground water, f : Condition of drainage, g : History of collapse, h : Rockfall)

과와의 상관분석을 실시하였다. 각 성능의 평가항목별 가중치 분석은 AHP기법을 활용하였으며, 각 성능의 평가항목이 최종 평가결과에 미치는 영향을 알아보기 위해 피어슨 상관계수(R)를 활용하여 통계분석을 실시하였다. 주요 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. AHP를 이용한 상대적 중요도 분석결과, 상태안전성에서는 '지반변형', '낙석', '불연속면 특성' 등의 평가항목이 상대적 중요도가 높은 것으로 나타났다. 내구성의 경우, '보강공의 변형/변질/파손' 평가항목이 중요도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 사용성에서는 도로와 비탈면의 거리를 평가하는 '이격거리'의 평가항목이 상대적 중요도가 가장 높은 것으로 분석되었다.



(a) (b) (c)

Fig. 6. Scatter plot matrix for Durability (a: Weathering condition, b: Protection method, c: Reinforcement method)

2. 각 성능별로 제시된 평가표를 활용하여 실제 조사 자료를 적용한 상관분석 결과, 모든 평가항목에서 유의확률이 0.05이하로 나타나 통계적으로 유의미한 결과가 도출되었으며, 전체적으로 높은 상관성을 보였다. 특히, '낙석', '지반변형', '불연속면 특성', '불안정 지질' 등의 항목에서 상대적 상관계수(R)가 가장 높게 나타나 본 논문에서 제시된 평가표는 암반 비탈면의 특성을 적절히 반영하고 있다고 판단된다.

본 연구는 일반국도에 비탈면을 대상으로 실시되었으므로, 향후 고속도로나 지방도 비탈면 등과 같은 다양한 자료를 적용하여 검토하고 우기 시 평가된 비탈면 등을 활용한 추가검증을 실시할 필요가 있을 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 국토교통과학기술진흥원에서 지원하는 "시설물 유형별 한국형 성능중심 종합 성능평가 기술 개발 사업(과제번호 16SCIP-C079148-03-000000)"의 지원으로 수행되었음.

References

1. Construction & Economy Research Institute of Korea. 2013. An Understanding of an Infrastructure Report Card of the Advanced Countries and its Implication in Korean Infrastructure Policies.
2. Hyun, Ki Chang, Min Sang Yoon, Moon Joon Bai, Jeong Gyeong Hwan and Lee In Mo. 2012. Risk management applicable to shield TBM tunnel: II. Risk analysis methodology. Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association. Vol. 14 No. 6.
3. Korea Development Institute. 2001. A Study on general guidelines for pre-feasibility study.
4. Kim, Kwan Joong. and Jang, Myung Soon. 2006. The method of results of decision reflections between PI project valuation groups using AHP. Jounal of Korean Society of Road Engineers, Vol. 8, No. 4, pp. 145-157.
5. Lee, Hueng Chol, Woo Sung Kwong, Kim Ok Ki. 2007. Development of decision making model for selecting thesoft foundation improvement method using AHP technique. Journal of Korean Society of Civil Engineers, Vol. 27, No. 4, pp. 499-506.
6. Lee, Jong Gun, Suk Jae Wook, Kim Hong Kyoon, Kim yong soo and Moon Joon Shik. 2015. A Study on Performance-based Evaluation Method for Rock Slopes : Deduction of Evaluation Factors. Korean Society for Rock Mechanics. Tunnel & Underground Space Vol. 25, No. 1, 2015, pp. 86-96.
7. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2013. The development planning report of techniques to performance evaluation for SOC Infrastructure.
8. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2010. The safety inspection and precise safety diagnosis detail guideline.
9. Park, Yong Sung. 2009. Decisions by AHP : Theory and Practice. Seoul. kyo-woo-sa.
10. Thomas L. Saaty and Luis. G. Vargas. 2001. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. International Series in Operations Research and Management Science. Vol.- No.34.

이 종 건

2005년 경북대학교 자연과학대학 지질학과 이학사
2007년 경북대학교 대학원 지질학과 이학석사

Tel: 055-771-1605
E-mail: gun5f@kistec.or.kr
현재 한국시설안전공단 국도시설성능관리실 차장

강 창 규

2008년 한남대학교 토목환경공학과 공학사
2011년 경북대학교 대학원 건축·토목공학부 지반공학과 공학석사

Tel: 055-771-1570
E-mail: kck0811@kistec.or.kr
현재 한국시설안전공단 국도시설성능관리실 위촉직

장 범 수

1992년 연세대학교 토목공학과 공학사
1994년 연세대학교 대학원 토목공학과 공학석사
1998년 연세대학교 대학원 토목공학과 공학박사

Tel: 031-910-4154
E-mail: orpheus@kistec.or.kr
현재 한국시설안전공단 경영혁신실 실장

허 인 영

2010년 상지대학교 토목공학과 공학사
2012년 상지대학교 대학원 토목공학과 공학석사

Tel: 055-771-1619
E-mail: hiy04@kistec.or.kr
현재 한국시설안전공단 국도시설성능관리실 대리

류 호 상

1992년 홍익대학교 토목공학과 공학사
2007년 서울시립대학교 대학원 토목공학과 공학석사

Tel: 055-771-1561
E-mail: sang4091@kistec.or.kr
현재 한국시설안전공단 국도시설성능관리실 실장