

# 델파이조사를 통한 암반비탈면 평가항목 도출 연구

석재욱\*

<sup>1</sup>한국시설안전공단 시설안전연구소

## A Study on deducting evaluation items for rock cut slope using delphi survey

Jae-Wook Suk<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Infrastructure Safety, Korea Infrastructure Safety Corporation

**요 약** 2종 시설물에 해당하는 국도 내 암반비탈면의 평가체계를 보완, 수정하기 위해 문헌자료를 바탕으로 평가항목 후보를 도출하고, 전문가를 대상으로 델파이 설문을 실시하여 암반비탈면의 최종 평가항목을 선정하였다. 단계별 다중회귀분석을 통해 평가 항목의 유의성을 검토한 결과 도출된 항목은 모두 유의확률 0.05이하로 유의미한 것으로 나타났고, 비교적 유사한 수준의 가중치를 나타내어 평가항목이 타당하게 선정되었다는 것을 확인하였다. 제안된 평가항목과 기존 평가항목에 대하여 내용타당도(CVR)와 신뢰도를 검토를 통해 기존 평가체계에서 제외될 수 있는 항목을 선정하고 기존 평가체계를 보완할 수 있는 항목을 추가하여 최종적으로 18개의 암반비탈면 평가항목을 도출하였다.

**Abstract** Evaluation items were deducted by based on literature materials to supplement the evaluation system of rock cut-slope in national road. Delphi survey of experts were conducted to review the final evaluation items. As a result of reviewing the significance through stepwise multiple linear regression, all of deducted items were statistically significant because these had lower P-value than 0.05. And It was confirmed that the items were selected appropriately as they had relatively similar levels of the weight. In consideration of CVR and reliability both suggested items and existing items, the exclusible items was selected and new items can complement existing evaluation system were added. Finally 18 rock cut-slope evaluation items was deducted.

**Key Words** : rock cut slope, delphi survey, stepwise multiple linear regression, evaluation items

### 1. 서론

일반국도에 부속되어 있는 비탈면은 국토교통부의 비탈면 관리시스템(CSMS)에 의해 정기적으로 유지관리 되고 있다. 특히 시설물의 안전관리에 관한 특별법령(이하 시특별)에 의해 지면으로부터 ‘연직높이 50미터 이상을 포함한 절토부로서 단일 수평연장 200미터 이상인 절토 사면’은 2종 시설물로 지정되어 1~3년 주기로 정밀점검을 수행하도록 되어 있다.

정밀점검 대상이 되는 비탈면은 토사, 파쇄암반, 절리 암반, 연약암반으로 구분하고 비탈면 종류에 따른 평가표를 활용하여 평가하게 된다[1].

이 평가체계는 국내·외 평가기법을 검토하여 비탈면의 손상상태와 파괴요인에 해당하는 항목으로 구성되어 있다[2]. 손상상태는 크게 파괴정후와 파괴현황으로 구분되고, 파괴요인은 외부 파괴요인과 내부 파괴요인으로 구분된다. 손상상태 항목 점수의 합은 24점, 파괴요인 항목 점수의 합은 52점으로 총 76점으로 비탈면의 상태를 평

본 논문은 국토교통과학기술진흥원에서 지원하는 “SOC 유지관리체계 선진화 방안 및 유형별 성능중심 평가기준 개발사업”(과제 번호 14SCIP-C079148-01-000000)의 지원으로 수행되었습니다.

\*Corresponding Author : Jae\_Wook Suk(KISTEC.)

Tel: +82-31-910-3648 email: stonely@kistec.or.kr

Received February 25, 2015

Revised April 3, 2015

Accepted April 9, 2015

Published April 30, 2015

가하도록 구성되어 있다.

여러 연구자에 의해 국도 비탈면 평가항목과 평가방법을 보완하기 위한 연구가 수행되어져 왔다. 이들 연구에서는 주로 다양한 관점에서 현재의 비탈면 평가체계를 수정·보완하는 시도가 진행되어져 왔다. 이종건[3]은 국도 비탈면 평가체계의 평가 항목과 상태평가 등급의 연관성을 분석하여 사면경사, 강우 및 지하수 등의 평가항목이 상태평가 등급과의 연관성이 낮음을 지적하고 개선될 필요성을 강조하였다. 이상수[4]는 계층화 분석(AHP)을 통해 기존의 절토사면 평가체계를 분석하여 기존의 평가체계가 부적합하다는 결과를 도출한 바 있다. 강태승[5]은 평가체계에 대해 독립성 검정을 실시하여 평가인자와 안전등급의 연관성을 분석을 통해 불필요한 평가인자를 도출하고, 다중회귀분석을 통해 예측 회귀모형을 제시하였다.

이 연구에서는 현재 사용되고 있는 비탈면 정밀점검 평가체계 중 국도비탈면에 가장 많이 분포하고 있는 암반비탈면에 대한 평가 항목의 적정성을 재검토하고자 하였다. 이를 위하여 국내·외 문헌자료를 검토하여 평가항목 후보를 선정하고 비탈면 전문가를 대상으로 델파이 설문조사를 실시하여 최종 평가항목을 도출하였다. 또한 도출된 평가항목으로 실제 암반비탈면을 재평가하고, 평가 결과에 대하여 단계별 다중회귀분석법(SMR: Stepwise Multiple Linear Regression)으로 평가항목의 유의성을 검토함으로써 최종적으로 타당성을 확보한 암반비탈면의 평가항목을 도출하였다.

## 2. 평가항목 도출

### 2.1 기존 평가항목 고찰

2중 비탈면은 식 1과 같이 토층심도율(soil depth ratio: SR)에 따라 토사비탈면 및 암반비탈면으로 구분되며, 암반비탈면은 지반강도특성 및 식 2의 블록크기비(block size ratio: BR)에 따라 절리암반비탈면, 파쇄암반비탈면, 연약암반비탈면으로 세분된다[1]. 블록크기비(BR)에서 블록크기지수(block size index: Ib)는 각 절리군에 대한 평균 간격(Si)의 산술평균으로 정의된다.

$$SR = \frac{\text{Soil depth}}{\text{Slope height}} \quad (1)$$

$$BR = \frac{\text{Block size index}(I_b)}{\text{Slope height}(H)} \quad (2)$$

$$I_b = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{3}$$

이 중 절리암반비탈면의 상태평가는 인장균열(①), 지반변형(②), 구조물 변형(③), 발생규모(④)의 항목을 포함하는 손상상태 평가와 절리주향(⑤), 절리경사(⑥), 절리상태(⑦), 비탈면 경사(⑧), 강우 및 지하수(⑨), 절취상태(⑩), 배수조건(⑪), 보호/보강상태(⑫)의 항목을 포함하는 파괴요인 평가로 이루어진다. 손상상태 평가와 파괴요인 평가를 통해 손상상태지수(f1) 및 파괴요인지수(f2)가 결정되며(식 3, 4), 식 5와 같이 이들의 종합적인 평가로 상태평가 결합지수(F)를 산정하고, 이에 근거하여 상태등급을 결정하게 된다(Table 1).

$$f1 = \frac{\sum(\text{①} \sim \text{④})}{24} \quad (3)$$

$$f2 = \frac{\sum(\text{⑤} \sim \text{⑫})}{52} \quad (4)$$

$$F = \frac{\sum(\text{①} \sim \text{⑫})}{76} \quad (5)$$

Table 1. Condition rating of cut slope

Condition rating	Defect index(F)	Slope condition
A	0 ≤ F < 0.15	Safety facilities
B	0.15 ≤ F < 0.30	Simple repair & maintenance required
C	0.30 ≤ F < 0.55	Prompt reinforcement or replacement of some facilities required
D	0.55 ≤ F < 0.75	Urgent reinforcement required & judgment needs to be made about whether to limit use
E	0.75 ≤ F	Prohibited use or reconstruction required

평가항목들의 대부분은 육안점검 및 간단한 측정을 통해 평가가 가능하나 일부 평가항목은 자료부족 및 현장여건 등으로 인해 파악하기 힘든 경우가 많고 대부분 점검자의 주관적인 판단에 따라 결정되어 비탈면의 결합상태가 객관적으로 평가되기에는 제약이 따른다.

이 연구에서는 국내·외 비탈면 상태평가 기준에서 제시하고 있는 평가항목의 주요 특징에 대하여 검토하고, 상태평가표를 구성하기 위한 평가항목 후보를 선정하였다. 검토된 평가기준은 다음과 같다[Table 2].

**Table 2.** Assessment systems of cut-slope

sort	Assessment systems
domestic	Condition assessment by Special act of facilities
	Stability assessment by Korea Expressway Corporation
	Stability assessment by National Disaster Management Institute
	Stability assessment by Ministry of Land, Infrastructure and Transport
	Stability assessment by Korea Railroad Research Institute
	Stability assessment by Korea Forest Service
overseas	Stability assessment by Australia
	Stability assessment by Hong Kong
	Stability assessment by Japan Highway Public Corporation
	Stability assessment by Japan Ministry of Construction(1)
	Stability assessment by Japan Ministry of Construction(2)
	Stability assessment by Japanese National Railways

대부분의 평가기법은 평가항목에 대한 정성적·정량적인 평가를 통해 주어진 가중치와 점수로 등급화할 수 있도록 채점식 방법을 사용하고 있다. 각 평가기법은 동일한 평가항목에 대해서 가중치가 다르게 선정되어 있거나, 부분적으로 상이한 평가항목을 포함하고 있다.

시설물의 안전관리에 관한 특별법에 의한 비탈면의 평가기법을 포함하여 이 연구에서 검토한 모든 평가체계에서 평가항목 후보를 도출하였다.

평가항목 후보는 내적상태, 외적상태, 피해도 그리고 내구성으로 구분하였다. 비탈면의 형상, 암반의 기하학적 특성 및 지질적 특성과 관련된 항목은 내적상태로 분류하였다. 식생, 배수시설 및 비탈면 외부 요인과 관련된 항목은 외적상태로 분류하였다. 비탈면 주변 조건과 관련된 항목은 피해도로 분류하였다. 비탈면의 내구성은 암반의 풍화도와 보호/보강시설의 내구성으로 구분하였다. 분류된 항목 중 평가대상이 완전히 같거나, 중복되는 항목은 제외하였으며, 비슷한 항목 중 조사자에 따라 의견이 다를 수 있을 것으로 판단되는 항목은 유지하였다. 암반비탈면에 대한 기존 평가체계를 검토를 통해 총 55개의 평가항목 후보가 도출되었다[Table 3, 4].

**Table 3.** Assessment list of Conditions for rock cut-slope

Sort	Items	Sort	Items
internal condition of cut-slope	(1) Tomography of water catchment	External condition of cut-slope	(23) Distance between trees
	(2) Shape of longitudinal section		(23) Coating statement
	(3) Shape of cross section		(25) Condition of drainage
	(4) Special geological condition		(26) Drainage channel
	(5) Clay, Dyke		(27) Drainage method
	(6) Seam		(28) Position relationship between slope and road
	(7) Fault		(29) Combining state of the slopes and retaining walls
	(8) Direction of joint		(30) Inclination angle of the slope top
	(9) Space of joint		(31) Land use in the rear surface
	(10) Asperity of joint		(32) Vegetation status
	(11) Strength of joint		(33) Slope vegetation
	(12) Existence of crack		(34) Scale of failure
	(13) Distance of crack		(35) History of collapse
	(14) Freshness of crack		(36) History of rockfall
	(15) Trees invaded into crack		(37) Traces of past activities
	(16) Overhang		(38) Rainfall intensity
	(17) Distribution of separated rock		(39) Daily precipitation
	(18) Frequency of separated rock		(40) Disturbance state
	(19) Position of separated rock		
	(20) Size of separated rock		
	(21) Protrusion of separated rock		
	(22) Existence of water		

**Table 4.** Assessment list of Durability and Damage degree for rock cut-slope

Sort	Items
Durability of slope	(1) Weathering
	(2) Erosion
	(3) Color of rock
	(4) Permeability
	(5) Degree of weathering
	(6) Strength of rock
Durability of protection / reinforcement facilities	(7) Existence of protection method
	(8) Damage of protection method
	(9) Effect of protection method
	(10) Existence of reinforcement method
	(11) Damage of reinforcement method
	(12) Effect of reinforcement method
Damage Degree	(1) Investigators opinions
	(2) traffic volume
	(3) Lane, a bottom surface structures, distance, road width (including road shoulder)

**2.2 델파이 조사**

암반비탈면의 상태평가를 위한 평가항목을 도출하기 위하여 델파이 설문기법을 활용하였다. 델파이 설문기법은 일반적으로 전문지식을 가진 패널을 대상으로 반복적인 설문을 실시하고 각 패널로 부터 도출된 결과를 함께 알려 줌으로써 설문이 반복됨에 따라 분산된 의견의 합의점을 도출하는 연구 방법론이다. 델파이기법에서 전문가 집단인 패널의 크기에 대한 명확한 규정은 없으나, 델파이 연구의 신뢰도와 델파이 위원 집단 크기 간에는 함수관계가 성립하며, 패널의 전문가 자질이 매우 중요한 요소이다[6, 7]. 그룹의 신뢰성을 최대화시키기 위해서는 최소한 10명 이상의 패널의 필요조건을 충족시켜야 한다 [8, 9]. 집단별 위원의 수가 13명 이상 일 때에는 전후 질문지 간의 과정 신뢰도(process reliability)는 전혀 문제가 되지 않으며, 평균 0.80이상의 높은 상관관계를 보이게 된다[10].

이 연구에서는 총 3회에 걸친 델파이 설문을 실시하였다. 델파이 설문을 위해 기존의 선행연구 및 문헌조사를 통해 도출된 비탈면 평가항목 후보를 바탕으로 1차 델파이 조사를 개방형과 폐쇄형이 혼합된 형태로 수행하여

전문가의 다양한 형태의 의견을 수렴하고자 하였다.

2, 3차 델파이 조사에서는 폐쇄형 질문을 통해 각 항목간의 필요성 및 중요도에 대해 전문가 패널의 의견을 수렴하고 그 결과를 제시하여 같은 설문내용에 대한 전문가의 합의를 도출하고자 하였다. 이 연구에서 수행된 델파이조사의 흐름은 Table 5와 같다.

**Table 5.** Delphi survey procedure

Procedure	Contents
Feasibility study	- literature review - Categorization or Classification of assessment lists
Target Selection	- Expert panel components
1st survey	- Consists of open, closed questions
1st result	- CVR calculation - Derived assessment items
2nd survey	- 1st research items reassessment - Additional items assessment
2nd result	- Median, quartiles (IQR) calculation, frequency analysis
3rd survey	- 2nd research items reassessment
3rd result	- Content Validity and Reliability Verification
Review	- Frequency Analysis(Priority, agreement etc.)

**2.3 평가지표 도출 결과**

1차 델파이 조사 중 폐쇄형 설문을 통한 평가항목은 내용타당도(content validity ratio : CVR)를 통해 선별하였다. 내용타당도는 식 (6)에 의해 산정된다.

$$CVR = \frac{n_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \tag{6}$$

여기서,  $n_e$ 는 중요하다고 응답한 사례 수, N은 전체 패널 수

내용타당도 비율은 패널 수에 따라 최소값을 제시하고 있으며, 최소값 이상이 되었을 때 문항에 대한 내용타당도가 있는 것으로 판단할 수 있다[9, 10]. 이 연구에서는 14명의 패널이 설문에 응답하였으며, 그에 따라 평가항목의 타당도는 CVR이 0.51 이상을 기준으로 하였다.

1차 델파이 설문조사시 개방형 설문을 통해 전문가가 제시한 평가항목 중 기존 항목과 중복되지 않는다고 판단한 항목을 추가하였다[Table 6].

Table 6. Additional items

Sort	Added items
Damage degree	Estimated scale of casualties
	Existence of detour

1차 델파이 설문에서 선별된 항목과 추가된 항목을 대상으로 2, 3차의 델파이 설문조사를 수행하였으며, 이 때 전문가의 의견은 리커트 7점 척도로 중요도를 표현하도록 하였다. 문헌연구를 통해 도출된 암반비탈면의 평가요소(총 55개)에 대하여 내용타당도를 검증한 결과 18개 항목이 타당도를 만족하는 것으로 나타났다[Table 7].

Table 7. Final assessment items

Sort	Assessment items	Importance
Internal statement of cut-slope	Tomography of water catchment	5.79
	Special geological condition	6.00
	Direction of joint	6.43
	Space of joint	5.64
	Asperity of joint	5.00
	Strength of joint	5.21
	Existence of crack	6.07
	Distribution of separated rock	5.50
	Size of separated rock	5.43
External statement of cut-slope	Condition of drainage	6.14
	Scale of failure	5.64
	History of collapse	5.79
Damage Degree	Estimated scale of casualties	6.43
	Existence of detour	5.79
Durability of cut-slope	Weathering	6.00
	Damage of protection method	5.64
	Damage of reinforcement method	6.29

### 3. 평가항목 검토

#### 3.1 다중회귀분석

도출된 암반비탈면의 평가항목에 대하여 유의성을 검토하기 위해 다중회귀분석을 수행하였다. 다중회귀분석은 두 개 이상의 독립변수와 종속변수간의 선형적인 관계를 설명하는 통계적 기법으로, 산출될 결정계수( $R^2$ )로 회귀모형의 적합정도를 측정할 수 있으며 t-통계량 및 고유기여도(F값)을 토대로 개별회귀계수와 회귀모형에 대한 유의성을 각각 검정할 수 있다[5].

다중회귀분석 중 단계별 다중회귀분석법은 중요한 변수로서 설명력이 높은 변수, 통계적으로 유의도가 높은 변수 순으로 변수가 투입되다가 통계적으로 유의성이 없는 변수( $P\text{-value} > 0.05$ )만 남게되면 분석을 중단하는 방식이다. 단계별 다중회귀분석결과인 결정계수  $R^2$ 은 식 (1)과 같이 전체변동 중에서 회귀선에 의하여 설명되는 비율을 의미하는 것으로  $0 \leq R^2 \leq 1$ 의  $R^2$ 의 범위를 가진다.

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y}_i)^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2} \tag{7}$$

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

이 때  $R^2$ 가 1에 가까울수록 회귀선은 표본을 설명하는데 유용하다. 결정계수는 독립변수의 수가 많을수록 증가하는 성질이 있으며, 수정된 결정계수( $R_a^2$ )가 이러한 경향을 보정하기 위해 활용된다.

$$R_a^2 = 1 - \frac{n-1}{n-p-1}(1-R^2) \tag{8}$$

여기서,  $n$ = 표본 수,  $p$ =독립변수의 수

단계별 회귀분석을 위해 일반국도에 부속되어 있는 2종 시설물로 지정된 비탈면(높이 50m 이상, 연장 200m 이상) 중 2013년과 2014년에 정밀점검이 실시된 61개소에 대하여 이 연구에서 도출된 평가항목으로 채평가를 실시하였다. 기존의 정밀점검을 수행한 담당자가 이 연구에서 도출된 18개의 평가항목으로 기존 비탈면을 직접 채평가하였다. Table 7에 제시한 평가항목은 리커트 척도(7점), 즉 양호 1점 ~ 극히 위험(극히 불량) 7점으로 평가되었으며, 이 결과를 다중회귀분석에 적용하였다. 다중

회귀분석은 통계분석용 소프트웨어 PASW Statistics 18 을 사용하였으며 분석 결과는 Table 8과 같다.

단계별 회귀분석에서 비탈면의 내적상태, 외적상태, 피해도 및 내구성을 종속변수로 정의하고 각각에 대한 평가항목을 독립변수로 간주하였다. 종속변수인 비탈면의 내적 상태에 대하여 10개의 독립변수 중 종속변수와 의  $R_a^2$ 이 높은 항목순으로 순차적인 상관성을 검토한 결과 모든 항목의 유의확률(P-Value)이 0.05 이하로서 유의 미한 것으로 나타났다. 모형에 따라 투입되는 독립변수 가 증가할수록 결정계수  $R_a^2$ 가 증가하고 있으며, 전반적 인  $R_a^2$ 의 수준을 고려할 때 채택된 독립변수들의 종속변 수에 대한 설명력은 양호한 것으로 판단되며, 이는 델파 이조사를 통한 항목 선정이 타당하게 수행되었다는 것으 로 지지한다. 종속변수 외적상태, 피해도 및 내구성에 대 한 결과도 위와 유사한 결과를 나타내었다.

독립변수에 대한 가중치는 회귀계수를 표준화한  $\beta$ 를 식(9)와 같이 보정하여 산정하였다.

$$\text{가중치} = \frac{\beta_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i} \times 100 \quad (9)$$

여기서, n : 독립변수의 수

비탈면의 내적 상태에 대한 독립변수의 가중치는 비 교적 균등한 것으로 나타났다. 이 중 절리방향, 부석 분

포, 용수유무 등이 상대적으로 높은 가중치를 보이는 반 면 절리간격, 절리면 강도 등이 낮은 가중치를 가지는 것 으로 나타났다.

비탈면의 외적 상태에 대한 가중치는 붕괴이력, 발생 규모, 배수조건 순으로 높게 나타났다. 피해도의 경우 피 해발생시 회피통행 가능여부(우회도로)가 64.4%의 높은 가중치를 보이는 것으로 나타났으며, 인명피해규모가 35.6%의 낮은 가중치를 보였다. 이는 일반국도에 부속되 어 있는 비탈면의 특성상 차량통행 가능 여부가 중요한 평가요소임을 나타내는 것이다. 상대적으로 인명피해 규 모가 낮은 것 또한 일반국도 내 비탈면의 환경적 요인에 기인한 것으로 판단된다.

내구성의 경우 보호공 내구성, 보강공 내구성 그리고 풍화상태 순으로 가중치가 높게 나타났다. 보호공과 보 강공의 내구성이 지반의 내구성인 풍화상태보다 높은 가 중치를 나타내는 것은 정밀점검 대상 비탈면에서 풍화의 진행에 의해 안정성에 영향을 미치는 암반의 대부분은 보호, 보강 공법이 적용되어 있기 때문에 유지관리의 관 점에서는 보호, 보강 공법의 내구성이 차지하는 가중치 가 상대적으로 더 높은 것으로 판단된다.

단계별 다중회귀분석 결과에 의한 가중치를 기준으로 평가항목을 계층화하여 Fig. 1에 나타내었다. 항목의 계 층화는 추후 가중치가 고려된 평가배점 산정시 참조할 수 있을 것으로 예상된다.

Table 8. The Results of multiple regression analysis

Dependent variables	model	R	R <sup>2</sup>	R <sub>a</sub> <sup>2</sup>	β	weighted value(%)	Step-by-step input independent variables
internal condition of cut-slope	1	.847	.717	.713	.130	9.1	Special geological condition
	2	.914	.835	.829	.119	8.4	Strength of joint
	3	.945	.894	.888	.156	11.0	Existence of water
	4	.963	.927	.922	.179	12.6	Direction of joint
	5	.981	.962	.959	.177	12.4	Distribution of separated rock
	6	.987	.974	.971	.142	10.0	Tomography of water catchment
	7	.991	.981	.979	.129	9.1	Size of separated
	8	.994	.988	.987	.140	9.8	Asperity of joint
	9	.998	.996	.995	.134	9.4	Existence of crack
	10	1.000	1.000	1.000	.116	8.2	Spacing of joint
External condition of cut-slope	1	.952	.906	.905	.371	34.0	Scale of failure
	2	.985	.970	.969	.335	30.7	Condition of drainage
	3	1.000	1.000	1.000	.386	35.3	History of collapse
Damage Degree	1	.984	.968	.967	.664	64.4	Existence of detour
	2	1.000	1.000	1.000	.367	35.6	Estimated scale of casualties
Durability of cut-slope	1	.936	.876	.874	.403	37.4	Damage of protection method
	2	.985	.970	.969	.355	33.0	Damage of reinforcement method
	3	1.000	1.000	1.000	.319	29.6	Weathering

Internal condition of cut-slope (100%)	External condition of cut-slope(100%)	Damage Degree (100%)	Durability (100%)
Direction of joint (12.6%)	History of collapse (35.3%)	Existence of detour(64.4%)	Damage of protection method(37.4%)
Distribution of floating rock (12.4%)	Scale of failure (34.0%)	Estimated scale of casualties (35.6%)	Damage of enforcement method (33.0%)
Existence of water (11.0%)	Condition of drainage (30.7%)		Weathering (29.6%)
Tomography of water catchment (10.0%)			
Asperity of joint (9.8%)			
Existence of crack (9.4%)			
Special geological condition (9.1%)			
Size of floating (9.1%)			
Strength of joint (8.4%)			
Space of joint (8.2%)			

Fig. 1. Stratification of assessment items

### 3.2 평가항목의 유효성

이 연구에서 도출된 평가항목과 기존 평가체계를 구성하고 있는 평가항목을 비교, 검토하였다[Table 9]. 인장균열, 발생규모, 풍화상태, 절리간격, 절리방향, 배수조건, 보호/보강상태 항목이 기존 평가항목 그대로 유지되었으며, 지반변형, 구조물 변형, 지반강도 특성, 저면경사, 비탈면 경사, 1일 강수량, 깎기상태 항목이 제외되었다. 또한 봉괴이력, 부석의 분포 및 크기, 용수유무, 특수지질,

집수지형, 인명피해규모, 회피통행 가능여부 등의 항목이 새롭게 추가되었다.

유지된 항목의 CVR과 중요도의 평균은 각각 0.87, 5.98로 분석되었으며, 신규로 추가된 항목은 각각 0.94 및 5.89로 매우 높은 타당도와 중요도를 보였다. 3차 델파이 설문조사에서 CVR 0.51 미만인 항목은 평가항목으로서의 타당성이 없는 것으로 판단되어 제외하였으며, 제외된 항목의 CVR은 평균 0.41의 매우 낮은 내용타당도를 나타내었다.

델파이기법 설문조사에 의한 평가항목의 중요도와 회귀분석 결과에 의한 가중치의 순위를 비교, 검토하였다 [Table 10]. 절리방향, 용수유무, 집수지형 등의 평가항목이 일부 유사하나 대부분의 항목 순위는 일치하지 않는 것으로 나타났다. 이는 델파이기법과 다중회귀분석을 위한 설문조사의 모집단이 다르기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 델파이 설문조사에 참여한 전문가 패널은 주로 암반비탈면에서 나타날 수 있는 모든 상태 및 현상을 고려하여 항목을 선정하고 항목으로서의 중요도를 평가한 반면, 다중회귀분석을 위한 설문결과는 실제 2중 비탈면 현장에서 관찰되는 평가항목의 상태 정도를 기재했기 때

Table 9. Comparison of assessment for rock cut slopes

Suggested items	Existing items	CVR	note
Existence of crack	Tension crack	1.00	
-	Deformation of ground	0.43	excluded
-	Deformation of building	0.43	excluded
Scale of failure, History of collapse	Scale of failure	1.00	
Distribution of separated rock, Size of separated	-	1.00, 0.86	added
-	Characteristic of ground strenght	0.43	excluded
Weathering	Weathering	1.00	
Distance of joint	Distance of joint	0.86	
-	Degree of slope toe	0.43	excluded
Asperity of joint, Strength of joint	Condition of joint	0.57, 0.71	
Direction of joint	Direction of joint-Direction of slope	1.00	
Water	-	1.00	added
Special geological condition	-	1.00	added
Tomography of water catchment	-	1.00	added
-	Degree of slope	0.43	excluded
-	Precipitation	0.43	excluded
-	Condition of cut	0.29	excluded
Condition of drainage	Condition of drainage	0.86	
Damage of reinforcement and protection method	Damage of reinforcement and protection method	0.86, 1.00	
Estimated scale of casualties	-	0.86	added
Existence of detour	-	0.86	added

Table 10. Comparison of order of priority for assessment items

Dependent variables	Assessment items	order of priority(delphi)/importance	order/ weighting(%)
internal condition of cut-slope	Direction of joint	1 / 6.4	1 / 12.6
	Existence of water	2 / 6.3	3 / 11.0
	Existence of crack	3 / 6.1	6 / 9.4
	Special geological condition	4 / 6.0	7 / 9.1
	Tomography of water catchment	5 / 5.8	4 / 10.0
	Spacing of joint	6 / 5.6	10 / 8.2
	Distribution of separated rock	7 / 5.5	2 / 12.4
	Size of separated rock	8 / 5.4	8 / 9.1
	Strength of joint	9 / 5.2	9 / 8.4
External condition of cut-slope	Asperity of joint	10 / 5.0	5 / 9.8
	Condition of drainage	1 / 6.14	2 / 30.7
	History of collapse	2 / 5.79	1 / 35.3
Damage Degree	Scale of failure	3 / 5.64	3 / 34.0
	Estimated scale of casualties	1 / 6.43	2 / 35.6
Durability of cut-slope	Existence of detour	2 / 5.79	1 / 64.4
	Damage of reinforcement method	1 / 6.29	2 / 33.0
	Weathering	2 / 6.00	3 / 29.6
	Damage of protection method	3 / 5.64	1 / 37.4

문에 결과적으로 평가항목으로서의 중요도와 가중치가 일치하지 않는 것으로 나타났다. 중요도는 비탈면 안정성에 민감한 요소와 관련이 있으며, 가중치는 현장에서 관찰된 상태의 정도와 빈도에 의해 결정될 수 있을 것으로 판단된다. 이 연구는 암반비탈면의 새로운 평가체계를 제안하기 위한 사전연구로서, 체계적인 과정을 통한 평가항목 도출을 주목적으로 하였다. 평가항목에 대한 델파이 설문조사에 의한 중요도와 다중회귀분석에 의한 가중치의 순위검토 결과가 다소 상이하게 나타남에 따라 중요도와 가중치에 대한 추가적인 연구가 필요하며, 향후 평가항목의 지표 및 배점 산정 시 이 결과가 반영되어 할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

2중 시설물에 해당하는 국도 내 비탈면의 평가체계를 보완, 수정하기 위해 문헌자료를 바탕으로 평가항목 후보를 도출하고, 전문가를 대상으로 한 델파이 설문을 수행하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 델파이 설문을 통해 총 55개의 평가항목 후보를 평가한 결과 CVR 0.51 이상의 내용타당성을 확보한 평가항목은 18개로 나타났으며, Likert 7점 척도에

의한 중요도는 평균 5.84로 나타났다. 또한 도출된 평가항목을 통해 실제 2중 비탈면을 재평가한 결과 모두 유의확률 0.05이하로 유의미하고, 비교적 유사한 수준의 가중치를 나타내어 평가항목이 타당하게 선정되었다는 것을 확인하였다.

2. 기존의 평가항목과 제안된 평가항목을 비교 검토한 결과 기존 평가항목 중 지반변형, 구조물 변형, 지반강도특성, 저면 경사, 비탈면경사, 1일 강수량, 깎기상태는 낮은 내용타당성을 나타내어 제외될 수 있으며, 부석의 크기, 분포, 지하수, 특수지질, 집수지형, 예상 인명피해규모, 우회도로 여부 등이 기존 평가체계를 보완하기 위한 평가항목이 될 수 있을 것으로 판단된다.

#### References

- [1] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs., Standard for Safety Inspection and Precision Safety Inspection, pp12-1-52, 2010
- [2] KISTEC, The Study on the Objective Evaluation of the Facilities, The Ministry of Construction and Transportation, KISTEC, pp. 12-48, 2003.
- [3] Lee, J. G., Jang, B. S. and Kim, Y. S., Risk Assessment

for Large-scale Slopes Using Multiple Regression Analysis, Journal of the Korean geotechnical society, Vol. 29, No.11, pp. 99-106, 2011.

DOI: <http://dx.doi.org/10.7843/kgs.2013.29.11.99>

- [4] Lee, S.S., A standard to evaluate objective condition of cut-slope with application of AHP technique, M.D Thesis, Chungang Univ., 2011
- [5] Kang, T. S. Statistical Analysis on Slope Instability Parameters in Risk Assessment, M.D Thesis, Pukyong National Univ, pp. 53-75, 2006
- [6] Kwon., T.I., Study on Drawing Priority of the Influence Factors of Tourist Resort Remodeling Business: Delphi Technic & Analytic Hierarchy Process, Ph.D Thesis, Sejong Univ., 2008
- [7] Kim C., S. and Cho K., K, A Study on the Development of Evaluation Indicators for the Proposals of National Defense Core-Technology R&D Projects, IE Interfaces, Vol. 21. pp. 96-108, 2008
- [8] Ewing, D.M, Future Competencies Needed in the Preparation of Secretaries in the State of Illinois Using the Delphi Technique, Ph. D. Dissertatio, University of Iowa, 1992.
- [9] Ziglio, The Delphi method and its contribution to decision-making. M. Adler & E. Ziglio(Eds). Gazing into the oracle: the Delphi method and its application to social policy and public health, 3-33. London, Jessica Kingsley Publishers. 1996.
- [10] Na, S.I., A Study on the Contents of General Agricultural Education for Elementary", Middle and High School Students in the Information Society, DaeGu National Univ. of Education, 1999.

---

## 석재욱(Jae-Wook Suk)

[정회원]



- 2008년 2월 : 부경대학교 에너지 자원공학과 공학석사
- 2013년 2월 : 부경대학교 에너지 자원공학과 공학박사, 2013
- 2013년 4월 ~ 현재 : 한국시설안전공단 시설안전연구소 선임연구원

<관심분야>

지반공학, 지질공학, R&D 기획