

성능중심의 사회기반시설 유지관리체계 연구 : 비탈면분야



허인영
한국시설안전공단
지반시설성능실 대리
(hiy04@kistec.or.kr)



이종건
한국시설안전공단
지반시설성능실 차장
(gun5f@kistec.or.kr)

1. 개요

1970년대 건설 산업의 부흥으로 구축된 국내의 다양한 사회기반시설은 시간이 경과하면서 노후화되고 있으며, 노후시설물을 30년 이상 된 것들로 본다면 2000년부터 노후시설물이 축적되고 있다고 볼 수 있다. 한국 시설안전공단에서는 2014년 노후시설물 비중은 10.6%였고, 2019년에 13.9%, 2029년엔 34.5%가 될 것으로 전망하고 있다. 15년 이내 3배 이상 급증하는 추세다. 그 이후로 노후시설물 증가 속도는 급속화될 것이다. 시설물이 고령화됨에 따라 제한적인 유지관리비용의 범위 내에서 최적의 관리를 통한 성능유지 및 기능향상 등의 적극적 관리에 대한 필요성이 증가하고 있다.

현재 국내 인프라 유지관리는 주로 설계·기술기준 등을 근거로 하는 사고예방형 안전성 관리중심의 유지관리방식으로 단일목표를 기준으로 평가·관리되고 있어 효율적이고 전략적인 유지관리를 실시하는데 한계를 나타내고 있다. 한편, 미국, 캐나다 등의 유지관리 선진국에서는 재정상태, 시설물의 용량, 용도 등 다양한 성능을 고려한 평가를 실시하여 정기적으로 인프라 평가보고서를 발간하고 있다. ASCE에서는 4년 주기로 Report Card를 발간하고 있으며, 2013년에 발표된 Report Card에 따르면 미국의 SOC는 위험수준(D등급)에 도달하여 현행 수준의 유지관리를 지속할 경우 SOC의 성능저하에 기인하여 2020년 까지 복구 및 개선에 약 3,830조원의 예산투자가 필요하다고 예측하였다.

앞서 언급한 바와 같이 우리나라의 SOC는 30년 이상을 지나 40~50년이 경과된 시설물이 주를 이루는 시점이 그리 머지않은 미래이다. 따라서 현재의 사후 보수·보강 중심의 대응적 유지관리체계를 통한 안전의 확보는 물론이며, SOC의 수명연장과 경제·사회적 비용을 절감하여 국민의 안전을 확보할 수 있는 “안전+성능”



중심의 유지관리체계로의 전환이 필요한 시점이다.

비탈면은 주로 도로, 철도, 건축물 등 주요시설물의 구축과 함께 필연적으로 생성되는 시설물로서 비탈면 자체의 피해가 사회기반시설의 기능저하에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 특히, 국토의 2/3가 산악지형으로 구성된 우리나라의 경우, 도로와 철도 등의 SOC 시설물이 필연적으로 산지에 인접하여 건설되고 있어 비탈면에서 발생하는 산사태는 국가기반시설의 안전에도 직접적 영향을 미칠 수 있다. 일반국도의 경우, 2000년 이후 연평균 약 50건(0.16%) 이상의 낙석·산사태가 발생하고 있으며, 도로이용자의 안전 확보를 위해 국토부에서는 매년 체계적인 조사와 정비를 수행하고 있다. 이와 같이 재난관리 책임기관은 관리대상 비탈면의 특성 및 환경적 요인을 고려하여 다양한 평가기준을 수립하여 적용하고 있지만 평가목표가 안정성이라는 단일성능에 국한되어 있어 사용성과 관리성 측면의 평가가 힘든 실정이다. 또한, 비탈면 자체의 평가만 이루어져 비탈면과 인접한 SOC 시설물에 미치는 영향을 고려하는데 한계를 보이고 있다.

이에 따라 안전성, 내구성 및 사용성 등의 종합적인 성능을 고려한 시설물 안전관리 체계를 도입하는 내용을 포함한 시책법이 올해 초 개정되면서 하위지침 마련을 위한 시설물별 성능평가 세부항목을 연구 중에 있다. 본고에서는 비탈면의 성능지표 도출방법에 대한 연구내용을 소개하고자 한다.

2. 국내외 평가기준

국내에서는 관리기관별로 비탈면 특성을 고려한 평가기준을 수립하여 활용하고 있다. 비탈면은 보통 암반 비탈면과 토사비탈면으로 구분하며, 특성에 따라 자연비탈면과 인공비탈면으로도 구분하여 평가한다.

국내의 각 비탈면 평가기준의 항목을 비교해보면 지형인자 및 지질지반인자의 항목수가 가장 많으며, 평가

표 1. 국내의 비탈면 평가항목 및 가중치 요약

분류 인자	평가항목	시책법(절토사면)				도로 공사	재난안전 연구원		건설기술 연구원		산림청	최경 (1986)	가중치 평가
		토사	연약 암반	파쇄 암반	절리 암반	암반 사면	토사	암반	토사	암반 /혼합	자연 /인공	자연 /인공	
지형	높이, 경사, 길이, 형태, 위치, 침수지형 등	15.79	10.53	10.53	5.26	22.86	27.27	18.18	29.41	25.00	44.55	75.28	25.86
지질 지반	토질조건, 토심, 암종, 풍화상태, 절리상태 등	21.05	26.31	31.58	34.22	62.86	36.36	49.99	30.6	27.79	24.68	17.35	33.01
자연적 인자	강우강도, 연간강우량, 지속강우일, 날씨	5.26	5.26	5.26	2.63	-	18.18	13.64	-	-	-	-	4.57
식생	임상	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.74	7.43	2.02
붕락 강후	붕괴이력, 인장균열, 지반변형, 구조물변형 등	31.58	31.58	31.58	31.58	5.71	-	-	18.83	22.22	6.42	-	16.31
인위적 인자	절취상태, 배수상태, 보호/보강상태 등	26.32	26.32	21.05	26.32	8.57	-	18.18	4.71	5.56	6.41	-	14.68
사회적 영향	주변환경, 이격거리, 도로교통현황 등	-	-	-	-	-	-	-	16.47	19.45	3.21	-	3.55

표 2. 국외의 비탈면 평가항목 및 가중치 요약

분류 인자	평가항목	호주	일본건설성	일본국철		SMR 방법	가중치 평가
		자연/인공	설도사면 (인공사면)	토사	암반	암반	
지형	높이, 경사, 길이, 형태, 위치, 집수지형 등	47.83	16.01	23.68	16.67	-	20.84
지질 지반	토질조건, 토심, 암종, 풍화상태, 절리상태 등	30.44	33.34	18.41	27.79	91.43	40.29
자연적 인자	강우강도, 연간강우량, 지속강우일, 날씨	-	-	-	-	-	0.00
식생	임상	13.04	2.67	-	-	-	3.14
붕락 징후	붕괴이력, 인장균열, 지반변형, 구조물변형 등	8.7	8	-	-	-	3.34
인위적 인자	절취상태, 배수상태, 보호/보강상태 등	-	40	57.9	55.55	8.57	32.4
사회적 영향	주변환경, 이격거리, 도로교통현황 등	-	-	-	-	-	0.00

가중치 또한 약 59%로 가장 크게 나타난다. 상대적으로 자연인자, 사회적 영향인자는 활용도 및 평가 가중치가 낮은 것으로 나타났으며, 식생인자는 자연비탈면의 평가기준에 국한되어 있는 특징을 보인다.

호주 및 일본 등의 평가기준도 지형인자 및 지질지반 인자가 약 61%로 가장 큰 평가 가중치를 보이고 있다. 반면, 자연인자와 사회적 영향인자는 평가항목에서 제외되어 있는 특징을 보인다. 호주의 경우에는 지형인자 및 지질지반 인자가 약 78%로 가장 중요한 평가항목으로 활용되고 있으나 일본은 절취상태, 배수상태 등이 인위적 인자에 해당되는 항목에도 큰 비중을 두고 평가하고 있다. 호주와 일본과 달리 홍콩은 산지의 인접지역에 시설물이 다수 존재하고 인구밀도가 높아 사회적 영향인자(예상 피해구조물 등)를 평가항목으로 활용하고 있다.

3. 평가지표 선정

성능이란 사전적으로 기계나 장비가 지니고 있는 성질이나 기능을 의미하지만, 공학 분야의 성능은 효율성의 의미를 포함하고 있다. 최근에는 생애주기를 고려한 효율적 관리와 최적의 예산집행 등을 위해 시설물의 유지관리 분야에도 다양한 성능의 개념이 도입되고 있다. 평가지표 선정을 위한 이번 연구에서는 비탈면의 성능을 상태건전성, 안전성 그리고 내구성으로 분류하였다. 비탈면은 도로, 철도 등의 부속시설로 주로 존재하여 교량, 터널 등과 같이 직접적으로 사용되는 시설물로 보기는 어려우므로 사용성은 포함하지 않았다.

상태건전성은 외관상 관찰되는 시설물의 결함으로 정의하였으며, 비탈면의 구성 재료 및 형상 등에 기인하는 내적상태 건전성과 환경적 요인에 기인하는 외적상태 건전성으로 분류하였다. 안전성은 사용자 및 주변시설물의 안전을 보장하는 성능으로 정의하였으며, 공학적 관점에서 평가되는 위험수준인 위험도와 사용자의

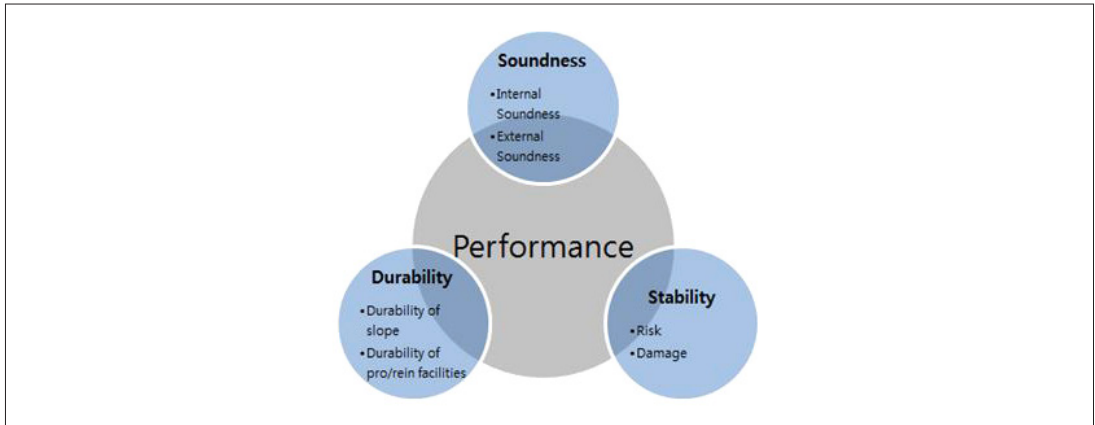


그림 1. 도로비탈면의 성능유형

관점에서 예상되는 피해수준인 피해도로 분류하였다. 내구성은 시간의 경과에 따라 변화하지 않고 오래 견디는 성능으로 정의하였으며, 지반의 내구성과 보호/보강시설의 내구성으로 분류하였다.

3.1 암반비탈면 평가요소 도출

암반비탈면의 평가 후보항목은 국·내외 비탈면 평가방법을 분석하여 총 59개 항목으로 선정하였다. 선정된 59개 항목에 대해 1차 델파이 조사(폐쇄형+개방형)를 실시하였으며, CVR 값이 0.51이하인 항목을 제외한 27개 항목과 개방형 설문에 따른 2개 항목(인명피해 규모, 우회도로 여부)을 포함하여 총 31개의 항목을 최종 평가 후보항목으로 선정하였다. 상태건전성에서는 집수지형, 단층유무, 절리면 간격, 부석의 크기 등 총 21개 항목이 선정되었으며, 안전성에는 안전율, 낙석발생 가능성, 인명피해 규모 등 5개 항목이 선정되었다. 내구성에서는 풍화상태, 암석강도 등 5개의 항목이 평가 후보항목으로 선정되었다. 29개 평가 후보항목에 대해 Likert 7점 척도를 이용해 2차, 3차 델파이 조사를 실시하였으며, 그 결과는 표 3과 같다.

3차에 걸쳐 수행된 델파이 조사결과, 29개 항목 중 횡단면 형상(상태건전성), 식생상태(상태건전성), 상부자연비탈면 경사(상태건전성), 일각우량(상태건전성) 그리고 지진시 안전율(안전성)을 제외한 24개 항목이 최종 평가항목으로 도출되었다. 3가지의 성능 중 안전성에 해당하는 항목들의 평균 CVR이 0.9로 가장 높아 다른 성능의 항목에 비해 상대적으로 중요항목으로 평가되었다. 항목별로는 집수지형, 불안정지질, 절리방향, 균열의 유무, 부석의 분포, 용수유무, 붕괴발생 규모 그리고 붕괴이력의 평가항목이 높은 CVR 값을 나타냈다.

3.2 토사비탈면 평가요소 도출

토사비탈면의 평가 후보항목 또한 국·내외 비탈면 평가방법을 분석하여 총 35개 항목으로 선정하였다. 선정된 35개 항목에 대해 1차 델파이 조사(폐쇄형+개방형)를 실시하였으며, CVR 값이 0.51이하인 항목을 제외

표 3. 암반비탈면의 델파이 조사결과

Performance	Sort	Factors	Result of 2nd survey				Result of 3rd survey			
			CVR	Avr.	S	COV	CVR	Avr.	S	COV
Soundness	Internal Soundness	(1) Valley part	0.86	5.79	0.80	0.14	1.00	5.79	0.43	0.07
		(2) Shape of cross section(non-selected)	0.14	4.64	1.60	0.34	0.14	4.57	1.16	0.25
		(3) Special geological condition	1.00	6.00	0.68	0.11	1.00	6.00	0.55	0.09
		(4) Clay(filling material)	0.71	6.14	1.35	0.22	0.71	6.00	1.36	0.23
		(5) Fault	0.71	5.86	1.23	0.21	0.71	5.79	1.25	0.22
		(6) Joint orientation	1.00	6.43	0.65	0.10	1.00	6.43	0.65	0.10
		(7) Joint spacing	0.86	5.93	0.92	0.15	0.86	5.64	0.63	0.11
		(8) Joint roughness	0.43	5.14	1.35	0.26	0.57	5.00	0.88	0.18
		(9) Joint strength	0.57	5.29	1.33	0.25	0.71	5.21	0.89	0.17
		(10) Existence of crack	1.00	6.21	0.58	0.09	1.00	6.07	0.47	0.08
		(11) Distribution of floating rock	1.00	5.50	0.52	0.09	1.00	5.50	0.52	0.09
		(12) Size of floating rock	0.86	5.43	0.65	0.12	0.86	5.43	0.83	0.15
		(13) Water leakage	1.00	6.21	0.89	0.14	1.00	6.29	0.83	0.13
	External Soundness	(14) Vegetation state(non-selected)	0.29	4.21	1.37	0.32	0.29	4.29	1.07	0.25
		(15) Condition of drainage	0.86	5.93	1.07	0.18	0.86	6.14	1.03	0.17
		(16) Drainage channel	0.71	5.43	1.09	0.20	0.71	5.29	0.91	0.17
		(17) Drainage hole	0.71	5.43	1.09	0.20	0.71	5.29	0.91	0.17
		(18) Indination of upper natural slope (non-selected)	0.43	5.00	1.36	0.27	0.43	4.93	1.14	0.23
		(19) Scale of failure	0.71	5.64	1.01	0.18	1.00	5.64	0.63	0.11
		(20) History of collapse	0.71	5.86	1.03	0.18	1.00	5.79	0.58	0.10
		(21) Daily precipitation(non-selected)	0.43	4.86	1.83	0.38	0.43	5.07	1.49	0.29
Stability	Risk	(1) Factor of safety (during rainy season)	0.71	5.71	2.09	0.37	0.86	6.00	1.62	0.27
		(2) Factor of safety(during earthquake) (nonselected)	0.29	4.29	2.33	0.54	0.29	4.29	1.94	0.45
		(3) Rockfall	1.00	6.21	0.80	0.13	1.00	6.36	0.63	0.10
	Damage	(4) Expected casualties	1.00	6.50	0.65	0.10	0.86	6.43	0.94	0.15
		(5) Existence of detour	1.00	6.00	0.96	0.16	0.86	5.79	1.05	0.18
Durability	Durability of slope	(1) Weathering	1.00	6.14	0.66	0.11	1.00	6.00	0.55	0.09
	Durability of pro./rein. facilities	(2) Damage of protection method	0.86	5.71	1.20	0.21	0.86	5.64	1.15	0.20
		(3) Damage of reinforcement method	1.00	6.29	0.47	0.07	1.00	6.29	0.47	0.07

한 18개 항목과 개방형 설문에 따른 6개 항목(식생종류, 포행, 표층파괴/침식, 인명피해 규모, 우회도로 여부, 동결융해의 영향)을 포함하여 총 24개의 항목을 최종 평가 후보항목으로 선정하였다. 상태건전성에서는 집수지형, 인장균열, 배수조건, 세굴 등 총 15개 항목이 선정되었으며, 안전성에는 안전율, 표층붕괴/침식, 인명피해 규모 등 5개 항목이 선정되었다. 내구성에서는 지반상태, 동결융해의 영향 등 4개의 항목이 평가 후보항목으로 선정되었다. 24개 평가 후보항목에 대해 Likert 7점 척도를 이용해 2차, 3차 델파이 조사를 실시하였으며, 그 결과는 표 4와 같다.



표 4. 토사비탈면의 델파이 조사결과

Performance	Sort	Factors	Result of 2nd survey				Result of 3rd survey			
			CVR	Avr.	S	COV	CVR	Avr.	S	COV
Soundness	Internal Soundness	(1) Valley part	1.00	5.93	0.73	0.12	1.00	5.86	0.53	0.09
		(2) Shape of cross section(non-selected)	0.00	4.50	1.51	0.33	0.00	4.29	1.14	0.27
		(3) Tension crack	1.00	7.00	0.00	0.00	1.00	7.00	0.00	0.00
		(4) Position of tension crack	0.43	5.43	1.16	0.21	0.57	5.43	1.02	0.19
		(5) Water leakage	1.00	6.07	0.62	0.10	1.00	5.86	0.36	0.06
	External Soundness	(6) Condition of drainage	0.86	6.00	0.88	0.15	0.86	5.86	0.66	0.11
		(7) Drainage channelg	0.71	5.64	1.15	0.20	1.00	5.71	0.61	0.11
		(8) Drainage hole(non-selected)	0.43	5.14	1.10	0.21	0.43	5.00	0.96	0.19
		(9) Combination condition slope and retaining wqll(non-selected)	0.14	4.71	0.91	0.19	0.14	4.57	0.76	0.17
		(10) Inclination of upper natural slope	0.43	5.00	1.57	0.31	0.57	5.14	1.46	0.28
		(11) Kind of Vegetation(non-selected)	0.14	4.29	1.20	0.28	0.14	4.29	1.07	0.25
		(12) Daily precipitation	0.71	5.50	1.56	0.28	0.86	5.57	0.51	0.09
		(13) Settlement	1.00	6.43	0.51	0.08	1.00	6.43	0.51	0.08
		(14) Scour	1.00	5.71	0.61	0.11	1.00	5.64	0.50	0.09
		(15) Creep	0.71	5.43	0.85	0.16	1.00	5.50	0.52	0.09
Stability	Risk	(1) Factor of safety (during rainy season)	0.86	6.00	1.57	0.26	0.86	6.00	1.57	0.26
		(2) Factor of safety(during earthquake) (non-selected)	0.29	4.36	2.06	0.47	0.00	3.71	1.73	0.47
		(3) Surface failure	0.71	5.50	1.65	0.30	0.86	5.71	0.73	0.13
	Damage	(4) Expected casualties	0.86	6.43	0.85	0.13	0.86	6.50	0.85	0.13
		(5) Existence of detour	0.71	5.43	1.16	0.21	0.86	5.43	0.76	0.14
Durability	Durability of slope	(1) Soil condition	0.86	5.93	0.92	0.15	1.00	5.79	0.58	0.10
		(2) freezing and thawing (non-selected)	0.00	3.93	1.59	0.41	0.00	3.93	1.44	0.37
	Durability of pro./rein. facilities	(3) Damage of protection method	1.00	5.93	0.62	0.10	0.00	3.93	1.44	0.37
		(4) Damage of reinforcement method	1.00	6.29	0.61	0.10	1.00	5.86	0.36	0.06

3차에 걸쳐 수행된 델파이 조사결과, 24개 항목 중 횡단형상(상태건전성), 배수공(상태건전성), 비탈면과 옹벽의 결합상태(상태건전성), 식생종류(상태건전성), 지진시 안전율(안전성) 그리고 동결융해의 영향(내구성)을 제외한 18개 항목이 최종 평가항목으로 도출되었다. 3가지의 성능 중 안전성에 해당하는 항목들의 평균 CVR이 0.9로 가장 높아 다른 성능의 항목에 비해 상대적으로 중요항목으로 평가되었다. 항목별로는 집수지형, 인장균열, 용수유무, 배수로, 침하, 세굴, 포행, 지반상태, 보호공 변형/변질 그리고 보강공 변형/변질의 평가항목이 높은 CVR 값을 나타냈다.

3.3 최종 평가지표 선정

비탈면의 성능은 시설물 고유의 목적 및 기능 등에 따라 보유하여야 하는 성능으로서 안전성과 내구성으로 구분하였다.

표 5. 최종 평가지표 및 조사항목

안전성		내구성	
평가지표	조사항목	평가지표	조사항목
집수지형	◦비탈면 내 집수지형 개수 ◦비탈면 외 집수지형 개수	지반상태	◦동적콘관입시험 (DCPT) Nd치
불안정 지질	◦단층 및 전단대, 습곡, 암맥 등의 분포 규모 및 상태		◦토양경도(정밀점검시 대체 시험법)
불연속면 특성	◦연장성, 틈새, 거칠기, 충전물, 풍화도, 간격		◦설계(초기)값 대비 슈미트해머 강도 추정 값의 비율
지반변형	◦포행, 단차, 배부름 등	표면보호공	◦식생 피복율
지하수	◦누수 발생 위치 및 유량		◦손상 면적율
배수조건	◦산마루배수구, 소단배수구, 종배수구, 비탈끝배수구 등	비탈면 보강공	◦보강공 두부와 지반의 밀착도 ◦보강공 두부의 균열 및 파손
붕괴이력	◦세굴 및 표층균열, 표층파괴, 심층파괴 등		
낙석	◦발생규모, 예상 낙석에너지		
비탈면상부 상태	◦상부자연비탈면의 경사		
비탈면상부 도로 상태	◦수평 및 수직 균열 ◦도로 침하 및 융기 등	절리상태 및 풍화도	◦풍화 진행도
인장균열	◦유/무 진행성 여부 등 ◦폭, 깊이, 길이, 위치 등		
안전율	◦평사투영해석(암반) ◦한계평형해석(토사, 암반)		

안전성은 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 평가하는 상태안전성과 공학적인 안전성을 평가하는 구조적 안전성으로 구분하였다. 상태안전성은 비탈면의 내적상태와 외적상태의 관찰을 통해 평가하며, 구조적 안전성은 공학적인 관점에서 평가할 수 있는 안전수준을 의미한다.

내구성은 외부환경 및 하중에 대해 원래의 비탈면 상태가 시간에 따라 변형되거나 변질되지 않고 안전성을 저하시키지 않도록 유지하는 성질을 의미한다.

3차에 걸친 델파이 조사결과 및 전문가자문을 통해 최종 도출된 비탈면의 평가지표와 조사항목은 표 5와 같다.

4. 평가지표의 가중치 선정

델파이 조사를 통해 도출된 지표의 항목 간 평가를 실시하기 위해 쌍대비교 형태의 설문항목을 구성하고 이를 토대로 AHP(Analytic Hierarchy Process)분석을 실시하였다.

AHP 분석은 안전성 항목에 대해 실시하였으며, 비탈면의 분류에 따라 계층 구조도를 작성하여 평가항목의 상대적 중요도를 도출하고 가중치를 부여하였다.

비탈면은 깎기비탈면(토사, 암반, 혼합)과 쌓기비탈면(토사)으로 분류하였으며, 분류된 각 비탈면의 하위

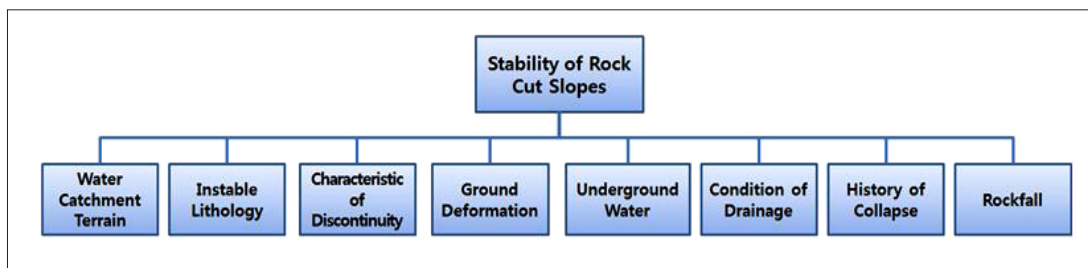


그림 2. 계층구조도 예(암반비탈면)

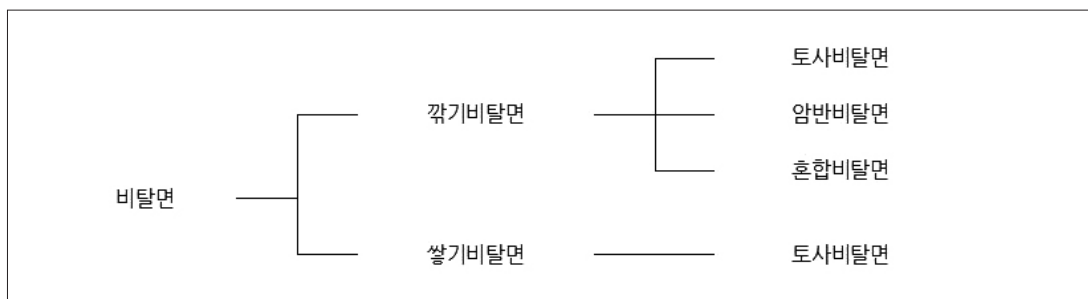


그림 3. 비탈면의 분류

속성(지표)들에 대해 중요도를 쌍대비교 하였다.

평가항목 및 각 성능의 중요도를 도출하기 위한 전문가 패널은 연구결과의 일관성을 확보하기 위해 이전 연구의 델파이 조사 패널을 포함하여 24명으로 구성하였다. 24명에 대한 AHP 설문에서 총 22부의 설문지가 회수되어 회수율은 약 92%로 나타났다.

22부의 설문지에 대해 비일관성 비율(C.R, in Consistency Ratio)을 분석하였으며, KDI(2001)에 따라 비일관성 비율(C.R, in Consistency Ratio)이 0.15 이상인 2명의 응답을 제외하고 0.15 이하인 설문-응답지를 최종 중요도 산출에 활용하였다.

각각의 분류된 비탈면에 대한 중요도 산출결과는 표 6과 같으며, 각 항목 중 인장균열, 지반변형 순으로 중요도가 높게 나타났다. 각 항목별 중요도에 따라 평가항목의 가중치를 산정하고 세부 평가지표의 평가점수를 결정하였다.

5. 성능중심 관리체계

시설물의 성능중심 관리체계를 마련하기 위하여 기존 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침의 상태 및 안전성평가 체계에서 내구성을 더한 평가체계로 확대·전환하였다. 성능항목에 대한 평가지표는 국내외 문헌조사

표 6. 상태안전성 중요도 분석결과

			꺾기비탈면						살기비탈면		
토사			암반			혼합			토사		
평가항목	중요도	순위	평가항목	중요도	순위	평가항목	중요도	순위	평가항목	중요도	순위
침수지형	0.05946	6	침수지형	0.03399	9	침수지형	0.03746	9	침수지형	0.06740	5
인장균열	0.31947	1	불안정지질	0.12147	5	불안정지질	0.10339	5	인장균열	0.38315	1
			불연속면특성	0.13722	3	불연속면특성	0.11090	3			
지반변형	0.21146	2	인장균열	0.21368	1	비탈면 상부상태	0.03571	10	지반변형	0.24195	2
지하수	0.11961	4	지반변형	0.15497	2	인장균열	0.22005	1			
			지하수	0.05784	8	지하수	0.06656	8	배수조건	0.10797	4
배수조건	0.09953	5	배수조건	0.06288	7	지반변형	0.16181	2			
비탈면의 상부상태	0.05136	7	붕괴이력	0.09003	6	배수조건	0.06863	7	상부 도로상태	0.05974	6
			낙석가능성	0.12789	4	붕괴이력	0.08528	6			
붕괴이력	0.13908	3	낙석가능성	0.11017	4	낙석가능성	0.11017	4	붕괴이력	0.13976	3

및 전문가들의 의견을 종합적으로 반영하여 합리적인 성능평가가 이루어질 수 있도록 하였다.

또한, 도출된 성능평가지표별 각각의 중요도 평가를 위해 AHP 분석을 실시하였으며, 각 중요도는 평가지표별 평가점수(가중치)를 산정하는데 활용하여 비탈면의 성능을 보다 정량적으로 평가하는데 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

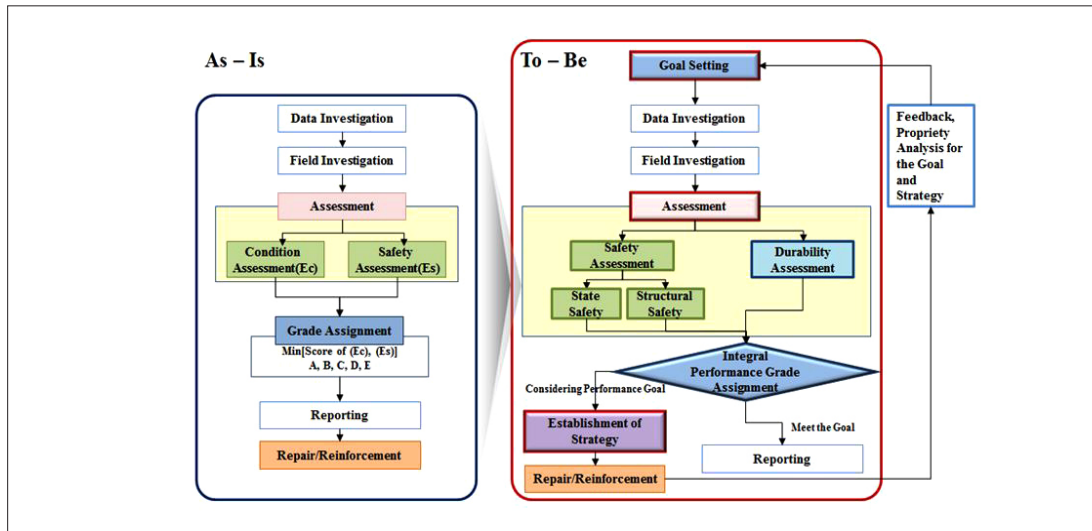


그림 4. 성능중심의 유지관리체계 흐름도



성능중심의 관리체계는 SOC의 수명 연장을 통해 경제·사회적 비용을 절감하고 국민안전을 확보하는 유지관리체계로의 패러다임을 전환할 것이다. 경년변화에 따른 SOC 성능저하를 정기적으로 평가하고 그 결과를 유지관리계획에 반영하여 전략적인 투자가 가능하기 때문에 투자대비 효과의 극대화를 기대할 수 있다.

그림 4는 성능중심의 유지관리체계의 흐름을 도식화 하였다.

사람의 몸처럼 교량, 터널, 댐 등 국가 주요 기간시설들도 40~50년이 넘어서면 본래의 기능을 유지하기 힘들다. 우리나라가 1970년대부터 본격적으로 경제 발전을 하면서 사회기반시설들도 함께 노후화되고 있다. 이런 시설을 잘 관리하면 100년 동안 사용할 수 있지만 구조나 성능에 대한 유지관리가 소홀하면 시설 철거, 재건설 등 쓰나미 같은 비용 증대 상황에 맞닥뜨릴 수 있을 것이다. 그 사회적 비용은 천문학적일 수 있기 때문에 지금부터라도 안전에 대한 특별한 조직적 관리가 더욱 필요하다.

이번 연구를 통해 도출된 비탈면의 성능중심 평가방안을 현장에 적용하여 실무자의 의견을 적극 개진하고 산·학·연 전문가들의 적극적인 관심으로 성능중심 유지관리체계를 앞으로 보완한다면 보다 합리적인 체계를 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Lee, J. G. (2015), "A Study on Performance-based Evaluation Method for Rock Slopes : Deduction of Evaluation Factors", TUNNEL & UNDERGROUND SPACE Vol. 25, No. 1, 2015, pp. 86-96
2. Lee, J. G. (2015), "A Study on Performance-based Evaluation Factors for Road Slopes", KGS Spring National Conference
3. Kim, H. K. (2014), "Development of Performance-Based Evaluation Methodology for Tunnels in use", Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection Vol. 18, No. 2, 2014, pp. 78-80
4. Lee, J. G. (2014), "A Study on Performance-based Evaluation for Road and Railroad Slopes", Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection Vol. 18, No. 2, 2014, pp. 93-96
5. Jeong, I. H. (2009), "The disaster risk evaluation of the steep slope and the field application", Graduate School, Kyungpook National University, pp. 99-121
6. American Society of Civil Engineers. (2013), "2013 Report Card for America's Infrastructure", American Society of Civil Engineers, pp. 113-128
7. Kang, S. H., Lee, Y. H., (2013), "Understanding the Infrastructure Assessment System in Developed Countries and Introduction Plan", Construction & Economy Research Institute of Korea, pp.49
8. Ewing, D. M. (1992), "Future Competencies Needed in the Preparation of Secretaries in the State of Illinois Using the Delphi Technique", Ph. D. Dissertation, University of Iowa
9. Ziglio. (1996), "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", Jessica Kingsley Publishers
10. Kwon, T. I. (2008), "Study on Drawing Priority of the Influence Factors of Tourist Resort Remodeling Business: Delphi Technic & Analytic Hierarchy Process", Sejong University