

# 성능중심의 사회기반시설 유지관리체계 연구: 터널분야를 중심으로



**안재욱**  
한국시설안전공단  
시설성능연구소 연구원  
(jwan@kistec.or.kr)

## 1. 개요

우리나라의 사회기반시설(SOC)은 1970년대 경제성장과 함께 압축적으로 증가하여 40여년이 지난 현재, 시설물의 노후화가 급속히 진행되고 있다. ‘시설물의 안전관리에 관한 특별법’(이하 시특법)에 따라서 관리되고 있는 시설물을 대상으로 분석한 결과(14년 1월 기준), 준공 후 30년이 지난 시설물은 전체시설물의 9.6% 수준이며, 향후 10년간 2배 이상(21.5%)으로 급증할 것으로 예상되었다.

SOC는 국가의 경쟁력을 가늠하는 핵심척도로서 노후화된 SOC는 국민의 안전을 위협하며, 제때에 대응하지 않으면 대체 건설비용 및 국민들의 이용 불편 등 사회적 비용의 증가로 경제에 악영향을 미칠 수 있으므로 SOC 노후화에 대비한 사전대책 마련과 효율적인 예산의 투입이 필요하다.

미국에서는 Mianus River Bridge 붕괴, 뉴욕시 급수관 파손 및 지하철 붕괴 등 1980년대에 들어서 노후화된 시설물의 붕괴와 파손으로 인하여 시설물의 유지관리 문제가 큰 사회문제로 대두되었다. 이에 따라 1987년 미 연방정부는 국가 인프라 개선위원회(National Council on Public Works Improvement)를 신설하여 평가보고서(Report Card)를 작성하도록 하고 시설물의 유지관리 예산 분배에 참고자료로 활용하도록 하였다. 이에 따라 1990년대부터 현재까지 ASCE에서는 4년 주기로 Report Card를 발간하고 있다.

그러나 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.

이는 80년대부터 SOC 고령화에 대한 우려가 있었으나 이에 대한 미 연방정부의 인식부족으로 인해 유지관리 체계 마련과 예산투입이 지연됨에 따라 노후화가 심각한 수준으로 진행되었기 때문이며, 지속적인 유지관리 없이 SOC를 방치할 경우 감당할 수 없는 손실이 발생할 것을 경고하는 것이다.

앞서 언급한 바와 같이 우리나라의 SOC는 30년 이상을 지나 40~50년이 경과된 시설물이 주를 이루는 시점이 그



리 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 유지관리체계의로의 전환이 필요한 시점이다.

이에 따라 기존의 시설물 안전진단 이외에 안전성, 내구성 및 사용성 등의 종합적인 성능을 고려하는 시설물 안전 관리 체계를 도입하는 내용을 포함한 시특별 개정(17.1.17)에 따라서 하위지침 마련을 위한 시설물별 성능평가 세부항목을 연구·개발 중에 있다.

본고에서는 터널시설물의 성능중심 유지관리체계 마련을 초점으로 하여 터널시설물 성능평가를 위한 성능지표 도출방법과 성능지표별 가치치 산정방법에 대한 연구내용을 소개하고 향후 성능평가체계의 도입에 따른 기대효과를 예측해 봄으로써 SOC 성능중심 유지관리체계의로의 활용방안에 대해 고민해 보고자 한다.

## 2. 성능중심 평가지표 선정

최근 들어 국가의 경제성장을 위해서는 사회기반시설을 위한 투자가 이루어져야 한다는 발표가 이어지고 있으며, 미국과 캐나다, 호주를 비롯한 여러 국가에서 사회기반시설물의 성능을 평가하기 위한 연구가 지속적으로 수행되고 있다.

Kang(2013) 등은 인프라 평가보고서(Report Card)를 발간하는 국가들을 대상으로 각 국가의 인프라 평가체계의 비교·분석을 실시하여 국내로의 도입방향을 제시하였으며, 해당 보고서에 따르면 각국마다의 목적 및 사용환경 등에 따라 성능을 평가하는 평가지표가 상이한 것을 확인할 수 있었다. 따라서 우리나라의 실정에 적합한 한국형 성능 평가지표를 도출하는 것이 바람직할 것이다.

성능평가를 실시하는 대상은 국가의 기반을 형성하기 위해 대규모로 투자하여 건설한 시설로서 국가 등 공공기관이 관리하는 사회기반시설물(도로, 철도, 항만, 댐, 공항, 하천, 상수도, 국기여항 등)로 구조적인 안전성뿐만 아니라 내구성, 서비스성능 등도 정기적으로 평가하여 ‘안전+성능’에 대한 종합적 성능등급을 부여하게 된다. 안전성은 ‘상태 안전성’과 ‘구조적 안전성’으로 구분되고 내구성은 ‘열화진전평가’와 ‘열화환경평가’로 구분되며, 서비스성능은 ‘사용성’과 ‘기능성’으로 구분된다.

각 성능항목을 평가하기 위한 성능평가지표를 도출하기 위하여 먼저 예비 성능평가지표를 도출하였다. 사회적인 이슈와 환경조건 변화에 따른 성능저하 및 수요·용량 등을 고려하였으며, 기존의 정밀안전진단의 평가지표 항목을 재배치하는 등 신규지표를 포함한 예비성능평가지표를 도출하였다.

터널의 성능항목별 평가지표를 선정하기 위하여 델파이 기법을 활용하였다. 델파이 기법은 동일한 패널을 대상으

표 1. Summary of Infrastructure Assessment Report by Country

Classification	U. S. A	Canada	Australia	U. K.	Republic of South Africa
Infrastructure	Aviation, Dam, Drinking Water, Wastewater, Energy, Hazardous Waste, Solid Waste, Inland Waterways, Levees, Ports, Rail, Roads, Bridges, Schools, Transit	Drinking Water, Wastewater, Rainwater, Roads	Roads, Rail, Aviation, Ports, Drinking Water, Wastewater, Rainwater, Irrigation, Electricity, Gas, Telecommunications	Energy, Transit, Regional Transit, Drinking Water, Wastewater, Flood, Waste, Resource	Water, Sanitation, Solid waste, Roads, Aviation, Ports, Rail, Electricity, Health facilities, Schools
Factors	Capacity, Condition, Funding, Future need, Operation & Maintenance, Public Safety, Resilience	Condition, Management Status, Capacity	Condition, Safety, Sustainability(Economic, Environmental, Social Issues), Resilience	Condition, Capacity, Resilience, Sustainability, Prediction next 5 years, Impact of fiscal cuts	Condition, Maintenance Level, Capacity, Preparation to the Emergencies

로 반복적인 설문을 실시하고 각 패널로부터 도출된 결과를 공유함으로써 설문의 횟수가 반복됨에 따라 분산된 의견의 합의를 도출하는 장점을 가지고 있다.

터널분야 전문가로 이루어진 패널의 합의를 도출하고자 총 3차례의 델파이 설문을 수행하였다. 전문가의 다양한 의견을 수렴하고자 개방형과 폐쇄형이 혼합된 형태의 1차 델파이 조사를 수행하였으며, 2,3차 델파이 조사에서는 폐쇄형 질문을 통해 각 성능지표간의 중요도에 대한 전문가 집단의 의견을 분석하여 최종 성능평가지표를 도출하였다.

국내의 경우 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」을 통해 터널의 안전성을 평가하고 있으며, 건설교통부(2001)에 따르면 일본의 「도로 및 철도터널기준」, 미국의 「콘크리트 구조물 유지관리기준」, 오스트리아의 「세그먼트 손상 분류 및 관리기준」등 여러 국가에서 다양한 평가지표를 통해 터널을 평가하고 있다.

선행적으로 실시한 국내·외 문헌자료 분석결과 총 47개의 예비 성능평가지표가 도출되었다. 성능항목은 안전성, 내구성, 서비스성능으로 분류되며 이 중 안전성 평가지표는 25개로 가장 많은 항목이 도출되었고 내구성과 서비스성능 평가지표는 11개로 각각 분석되었다.

총 14명의 패널이 설문에 응답하였으며, 그에 따른 내용타당도(CVR 값)는 0.51 이상을 기준으로 하였다. 앞서 설명한 대로 1차 델파이설문에서는 문헌분석을 통해 도출된 47개의 예비평가항목들에 대한 폐쇄형 설문과 개방형 설문을

표 2. Results of 1st Delphi-Survey

Performance	Primary Category	Subcategory	CVR	Performance	Primary Category	Subcategory	CVR
Safety	Tunnel Inside	(1) Crack	1.00	Durability	Concrete Lining	(1) Strength	0.86
		(2) Deterioration of a Sealing	1.00			(2) Carbonation	0.86
		(3) Leakage	1.00			(3) Chloride Content	0.86
		(4) Icicle	0.71		Timber	(4) Strength	0.29
		(5) Exfoliation	1.00			Ground	(5) Weathering
		(6) Spalling	1.00		(6) Rock Strength		0.29
		(7) Efflorescence	1.00		Circumstance	(7) Salt Stress Circumstance	0.86
		(8) Rebar Exposure	1.00			(8) Carbonation Circumstance	0.86
		(9) Breakage	1.00			(9) Freezing Damage Circumstance	0.86
		(10) Rear Side Cavity	0.86			(10) Quality of Water	0.29
		(11) Inner Section Reduction	0.86			(11) Carbon Dioxide Concent	0.57
	Tunnel Outside	(12) Weathering	0.43	Serviceability	(1) Construction Gauge	0.86	
		(13) Uniaxial Compressive Strength	0.14		(2) Subsidiary Facilities Condition	1.00	
		(14) R, Q, D	0.14		(3) Damage Prevention Facilities Condition	0.86	
		(15) Weathering Degeneration	0.14		(4) Maintainability	0.71	
		(16) Fragmental Zone of Fault	0.71		(5) Vibration & Noise Condition	1.00	
		(17) Drainage Condition	1.00		(6) Trafficability	0.71	
		(18) Sediment Condition	1.00		(7) Detour	0.86	
		(19) Pipe Utility Conduit Condition	1.00		(8) Linearity	0.43	
Safety	Structural Safety	Normal/Earthquake	(1) Factor of Safety		0.86	(9) Illumination	0.86
			(2) Displacement		1.00	(10) Quality of Air	1.00
			(3) Stress		1.00	(11) Degree of the ringing in Ears	0.71

표 3. Additional Index by Open Questions

Performance	Additional Index	Performance	Additional Index
Safety	(1) Invert Condition	Durability	(1) Reinforced Coating
	(2) Swelling of Roadbed		(2) Lining Thickness
	(3) Pavement Condition		(3) Timbering Standard
	(4) Sub-ballast		(4) Tunnel Portal Slope
	(5) Railway	Serviceability	(1) Trafficability
	(6) Track		(2) Road Surface Condition
	(7) RMR		(3) Pavement
	(8) Geological Characteristics		(4) Car-Clearance
	(9) Drainage Canal Condition		(5) Water Treatment
		(6) Luminance	



혼합하여 구성하였으며, 설문을 실시한 결과 표 2와 같이 총 38개 지표가 내용타당도를 만족하는 것으로 나타났다.

또한 개방형 설문결과에서는 표 3과 같이 19개의 추가적인 평가항목이 도출되어 2차 델파이 설문에서는 총 57개의 예비평가항목을 대상으로 폐쇄형 설문을 수행하였다.

1차 델파이설문을 통하여 선별된 57가지의 예비평가지표를 대상으로 2차 델파이 분석을 수행한 결과 42개 항목에서 내용타당도를 만족하였으며, 합의도의 경우 37개의 항목에서 패널의 의견이 합의되었다.

표 4. Results of 3<sup>rd</sup> Delphi-Survey

Performance Assessment									
Performance	Primary Category	Subcategory	CVR	aggrement (lessthan1)	Performance	Primary Category	Subcategory	CVR	aggrement (lessthan1)
Safety	Tunnel Inside	Crack	1,00	1,00	Durability	Concrete Lining	Strength	1,00	1,00
		Deterioration of a Sealing	0,71	1,00			Carbonation	1,00	1,00
		Leakage	1,00	1,00			Chloride Content	0,43	1,75
		Icicle	0,71	1,00			Cover Thickness	1,00	1,00
		Exfoliation	0,71	1,75			Lining Thickness	1,00	2,00
		Spalling	1,00	1,00		Timber	Timbering Standard	0,71	1,00
		Efflorescence	0,43	1,75			Ground	Tunnel Potal Slope	1,00
		Rebar Exposure	1,00	1,00		Circumstance	Salt Stress Circumstance	0,86	1,00
		Breakage	1,00	1,00			Carbonation Circumstance	1,00	1,00
		Rear Side Cavity	1,00	1,00			Freezing Damage Circumstance	1,00	1,00
		Invert Condition	0,43	1,50			Carbon Dioxide Concent	0,14	1,00
		Swelling of Roadbed	0,86	1,00		Serviceability	Construction Gauge	0,57	1,00
		Pavement	0,14	1,00			Subsidiary Facilities Condition	0,14	1,00
		Sub-ballast	0,14	1,00			Damage Prevention Facilities Condition	1,00	1,00
	Railway	0,43	1,50	Maintainability	0,71		1,00		
	Track	0,43	1,50	Vibration & Noise Condition	0,57		0,75		
	Inner Section Reduction	1,00	1,00	Detour	0,14		2,00		
	RMR	0,71	1,00	Trafficability	0,57		1,00		
	Geological Characteristics	1,00	1,00	Road Surface Condition	0,57		1,00		
	Fragmental Zone of Fault	1,00	0,75	Pavement Condition	0,86		1,75		
	Drainage Condition	1,00	1,75	Car-Clearance	0,00		1,00		
	Sediment Condition	0,86	1,00	Water Treatment	0,71		1,00		
	Drainage Canal Condition	-0,29	1,00	Illumination	0,86		1,00		
	Pipe Utility Conduit Condition	0,57	1,00	Luminance	0,86		1,00		
	Structural Safety	Normal/ Earthquake	Factor of Safety	1,00	1,00		Quality of Air	0,71	1,00
			Displacement	1,00	1,00		Degree of the ringing in Ears	0,71	1,00
			Stress	1,00	1,00				

표 5. Results of 3<sup>rd</sup> Delphi-Survey

Performance Assessment					
Performance	Primary Category	Subcategory	Performance	Primary Category	Subcategory
Safety	Tunnel Inside	Crack	Durability	Plain Concrete Lining	Strength
		Deterioration of a Sealing			Freezing Damage Circumstance
		Leakage		Reinforced Concrete Lining	Strength
		Exfoliation			Salt Stress Circumstance
		Spalling			Carbonation
		Rebar Exposure			Chloride Content
		Breakage			Freezing Damage Circumstance
		Segregation			Road Surface Condition
		Rear Side Cavity			Illumination
		Inner Section Reduction			Damage Prevention Facilities Condition
	Tunnel Outside	Ground Condition	Serviceability	Road Tunnel	Emergency evacuation time
		Drainage Condition			Mechanical and Electrical Equipment
		Pipe Utility Conduit Condition			Trafficability
		Special Conditions			Luminance
	Structural Safety	Normal/ Earthquake	Factor of Safety	Railway Tunnel	Damage Prevention Facilities Condition
			Displacement		Emergency evacuation time
			Stress		Mechanical and Electrical Equipment
					Trafficability

각 평가지표의 중요도를 재평가하기 위하여 다른 패널들의 의견을 참고할 수 있도록 2차 설문결과에 대한 중앙값 및 사분범위를 표시하고, 자문의견이 다수의 의견과 다른 경우에는 그 의견을 제시할 것을 요청하였다. 그 결과 내용 타당도를 만족하는 평가지표는 44개 항목으로 2차 평가결과보다 2개의 항목이 증가하였다. 합의도의 경우에도 44가지 평가지표가 합의되어 2차 평가결과보다 7개의 항목이 증가하였다. 3차례의 평가결과는 표 4와 같다.

터널의 성능평가지표를 선정하기 위하여 총 3차례의 델파이 설문을 실시한 결과 안전성 평가지표 17개, 내구성 평가지표 5개, 서비스성능 평가지표 12개가 선정되었다. 선정된 성능평가지표는 연구기관 3인, 안전진단 실무자 4인, 산업계 2인의 전문가 합동회의를 거쳐 일부 중복성이 존재하는 지표와 현실적으로 조사가 불가능한 지표 등 수정 및 보완하는 과정을 거쳐 최종적인 성능평가지표를 선정하였다. 최종적으로 선정된 성능평가지표는 표 5와 같다.

### 3. 성능평가지표 가중치 선정

델파이 설문을 통하여 도출된 성능평가지표는 도로터널의 형식 및 특성에 알맞게 분류되었으며, 각 성능평가지표 별 가중치를 선정하기 위하여 도출된 성능평가지표를 대상으로 AHP(Analytic Hierarchy Process) 설문을 실시하였다. 도로 및 철도를 구성하고 있는 가장 중요한 부재는 라이닝이며 시공방법에 따라서 시공되는 라이닝에 차이가 있다. 터널의 용도와 시공방법 및 라이닝의 재질에 따라서 터널을 분류하면 그림 1과 같다.

AHP 분석의 특징은 복잡한 문제를 계층화 하고, 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교를 통하여 중요도를 도출하는데 있다. 관련문헌을 살펴보면, Sung(2013) 등은 쉐드 TBM 터널의 성능평가기준 및 유지관리 매뉴얼을 개발하기 위하여 기존 국내·외 터널의 유지관리 체계를 분석하고 AHP 분석을 활용하여 쉐드 TBM 터널의 평가항목별 평가점수를 제시하였다.

또한, Kimura et al.(2012)는 공용중인 철도터널을 대상으로 성능중심 평가방법을 제안하였으며, 제안된 평가방법은 터널과 관련된 성능을 총 7개(사용자 안전성, 사용성, 구조적 안전성, 내구성, 관리의 용이성, 유지관리성, 주변영향)의 카테고리로 분류하였으며, 각 성능의 평가요소의 가중치를 결정하기 위하여 AHP 기법을 활용하였다.

성능지표별 가중치는 기존 정밀점검 및 정밀안전진단 세부지침에 제시되어 있는 평가지표별 중요도 및 가중치를 참고하였으며 터널분야 전문가를 대상으로 AHP 분석 및 자문을 실시하고 운영위원회를 통한 의사결정을 실시하였다. AHP 분석을 통한 도로터널 및 철도터널의 가중치 산정결과는 아래의 표 6 및 표 7과 같다.

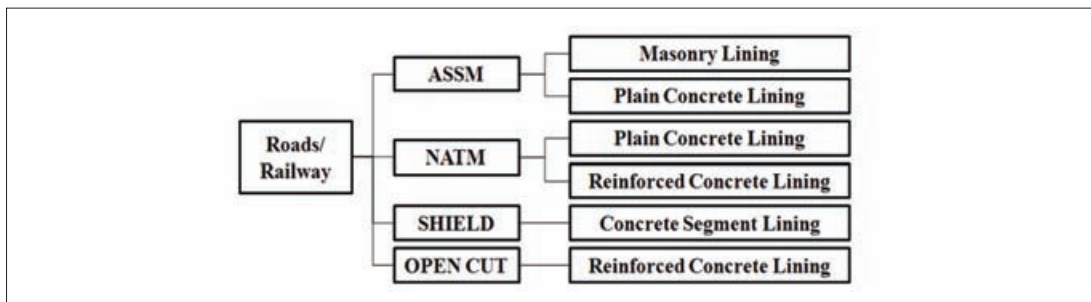


그림 1. Classification of the Tunnel by Material



### 6. Results of AHP Analysis (Road Tunnel)

Performance	Assesment Index		ASSM (Plain)		NATM (Plain)		NATM (Reinforced)		SHIELD (Reinforced)		OPEN CUT	
			Importance/Ranking									
Safety	Tunnel Inside	Crack	0,1201	2	0,1222	2	0,1022	2	0,1131	2	0,1332	2
		Leakage	0,1075	3	0,1115	3	0,0923	4	0,1000	3	0,1062	3
		Breakage	0,0828	6	0,0797	6	0,0718	7	0,0861	4	0,0809	5
		Exfoliation	0,0347	11	0,0333	10	0,0308	12	0,0357	11	0,0361	11
		Spalling	0,0560	9	0,0499	9	0,0525	9	0,0570	9	0,0553	8
		Segregation	0,0405	10	0,0315	12	0,0310	11	0,0343	12	0,0360	12
	Tunnel Outside	Rebar Exposure	--	--	--	--	0,0855	6	0,0832	6	0,0951	4
		Drainage Condition	0,0755	7	0,0755	7	0,0665	8	0,0640	8	0,0673	7
		Pipe Utility Conduit Condition	0,0313	12	0,0320	11	0,0272	13	0,0282	13	0,0315	13
		Ground Condition	0,1065	4	0,0898	5	0,0897	5	0,0853	5	0,0719	6
		Inner Section Reduction	0,1888	1	0,2125	1	0,2013	1	0,1921	1	0,1837	1
		Rear Side Cavity	0,0948	5	0,1049	4	0,1000	3	0,0723	7	0,0553	9
		Special Conditions	0,0615	8	0,0572	8	0,0492	10	0,0487	10	0,0475	10
Durability	Deterioration progress	Strength	Lowest Rating									
		Carbonation										
		Chloride Content										
	Deterioration Circumstance	Freezing Damage Circumstance	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Salt Stress Circumstance	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
Serviceability	Usability	Road Surface Condition	0,182	3	0,182	3	0,182	3	0,182	3	0,182	3
		Illumination	0,139	6	0,139	6	0,139	6	0,139	6	0,139	6
		Damage Prevention Facilities Condition	0,187	1	0,187	1	0,187	1	0,187	1	0,187	1
		Emergency evacuation time	0,184	2	0,184	2	0,184	2	0,184	2	0,184	2
	Functionality	Mechanical and Electrical Equipment	0,144	5	0,144	5	0,144	5	0,144	5	0,144	5
		Trafficability	0,164	4	0,164	4	0,164	4	0,164	4	0,164	4

### 7. Results of AHP Analysis (Railway Tunnel)

Performance	Assesment Index		ASSM (Masonry)		ASSM (Plain)		NATM (Plain)		NATM (Reinforced)		SHIELD (Reinforced)		OPEN CUT	
			Importance/Ranking											
Safety	Tunnel Inside	Crack	0,1278	2	0,1281	2	0,1212	2	0,1065	2	0,1157	2	0,1262	2
		Leakage	0,0752	6	0,1068	3	0,1037	4	0,0975	3	0,1081	3	0,1063	3
		Breakage	0,1071	3	0,0819	6	0,0770	6	0,0711	7	0,0739	6	0,0710	6
		Exfoliation	0,0788	5	0,0421	11	0,0390	10	0,0342	12	0,0355	11	0,0385	12
		Spalling	0,0368	11	0,0631	9	0,0527	9	0,0481	10	0,0529	10	0,0540	9
		Segregation	0,0489	10	0,0429	10	0,0378	11	0,0349	11	0,0348	12	0,0387	11
	Tunnel Outside	Rebar Exposure	--	--	--	--	--	--	0,0867	5	0,0865	4	0,0924	4
		Drainage Condition	0,0677	8	0,0643	8	0,0692	7	0,0657	8	0,0666	8	0,0739	5
		Pipe Utility Conduit Condition	0,0312	12	0,0315	12	0,0355	12	0,0303	13	0,0314	13	0,0298	13
		Ground Condition	0,0910	4	0,0853	5	0,0875	5	0,0833	6	0,0796	5	0,0687	7
		Inner Section Reduction	0,2005	1	0,1970	1	0,2071	1	0,1964	1	0,1884	1	0,1927	1
		Rear Side Cavity	0,0707	7	0,0885	4	0,1048	3	0,0882	4	0,0720	7	0,0558	8
		Special Conditions	0,0643	9	0,0685	7	0,0645	8	0,0571	9	0,0546	9	0,0520	10
Durability	Deterioration progress	Strength	Lowest Rating											
		Carbonation												
		Chloride Content												
	Deterioration Circumstance	Freezing Damage Circumstance	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Salt Stress Circumstance	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Serviceability	Usability	Lumiance	0,141	5	0,141	5	0,141	5	0,141	5	0,141	5	0,141	5
		Damage Prevention Facilities Condition	0,228	2	0,228	2	0,228	2	0,228	2	0,228	2	0,228	2
		Emergency evacuation time	0,245	1	0,245	1	0,245	1	0,245	1	0,245	1	0,245	1
	Functionality	Mechanical and Electrical Equipment	0,208	3	0,208	3	0,208	3	0,208	3	0,208	3	0,208	3
		Trafficability	0,178	4	0,178	4	0,178	4	0,178	4	0,178	4	0,178	4

## 4. 터널의 성능중심 관리체계

시설물의 성능중심 관리체계를 마련하기 위하여 기존 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침의 상태 및 안전성평가 체계에서 안전성(상태적, 구조적), 내구성(열화진전, 열화환경평가) 및 서비스성능(사용성, 기능성) 평가체계로 확대·전환하고 각 성능항목에 대한 평가지표를 국내·외 문헌조사 및 국내 전문가들의 의견을 종합적으로 반영하여 합리적인 성능평가가 이루어질 수 있도록 하였다.

또한 도출된 성능평가지표별 각각의 중요도 평가를 위해 AHP 분석을 실시하였으며, 각 중요도는 평가지표별 평가 점수를 산정하는데 활용하여 터널의 성능을 정량적으로 평가하는데 활용할 수 있을 것이라고 판단된다.

성능중심의 관리체계는 경년변화에 따른 SOC 성능저하를 정기적으로 평가하고 그 결과를 유지관리계획에 반영하여 전략적인 투자가 가능하기 때문에 투자대비 효과를 극대화하여 예산절감 효과를 기대할 수 있을 것이다. 그림 2에서 현재의 유지관리체계와 성능중심의 유지관리체계의 흐름도를 도식화 하였다.

성능중심 관리체계 마련을 위한 이번 연구를 통해 도출된 성능평가지표와 지표별 중요도는 터널시설물의 성능중심 유지관리 체계 수립 시 합리적인 의사결정을 지원할 수 있도록 활용될 수 있을 것이다.

앞으로 성능중심 유지관리체계의 산·학·연 전문가들의 적극적인 관심과 의견 개진으로 수정 및 보완한다면 보다 합리적인 체계를 마련할 수 있을 것이다.

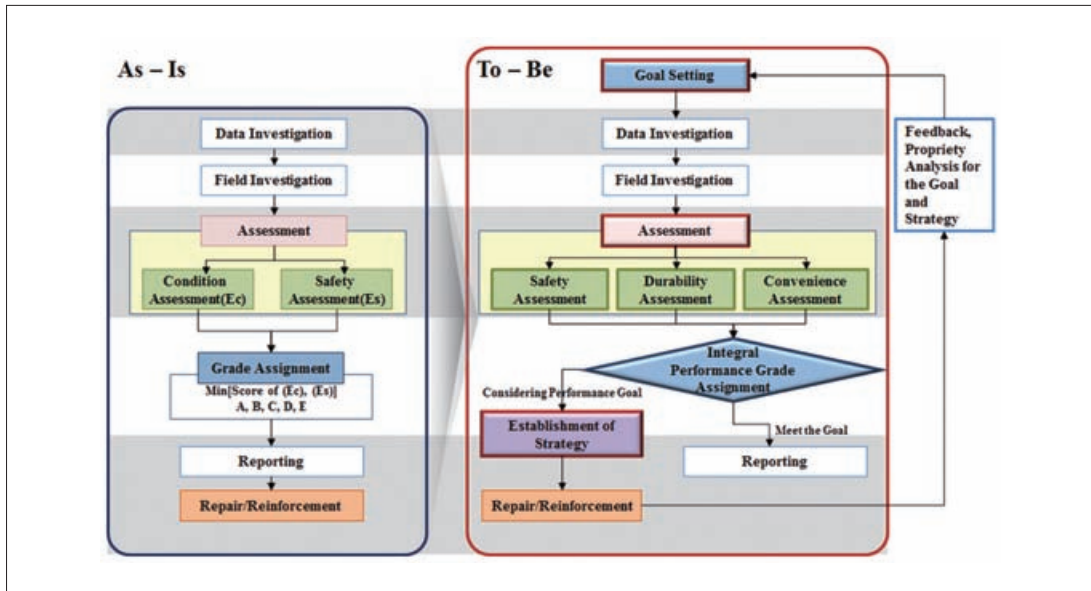


그림 2. The Flowchart of the Current Maintenance System and the Performance-Based Maintenance System



## 참고문헌

1. An, J.W. (2016), "Developments of performance-based assessment technique for existing tunnels", Journal of Korean Tunnel Underground Space Association.
2. American Society of Civil Engineers. (2013), "2013 Report Card for America's Infrastructure", American Society of Civil Engineers, pp. 113-128.
3. 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.
4. Na, S.I. (1999), "A Study on the Contents of General Agricultural Education for Elementary, Middle and High School Students in the Information Society", Daegu National University of Education.
5. Ewing, D.M. (1992), "Future Competencies Needed in the Preparation of Secretaries in the State of Illinois Using the Delphi Technique", Ph. D. Dissertatio, University of Iowa.
6. 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.
7. Kwon, T.I. (2008), "Study on Drawing Priority of the Influence Factors of Tourist Resort Remodeling Business: Delphi Technic & Analytic Hierarchy Process", Sejong University.
8. Lawshe. (1975), "A Quatitative approach to content validity. Personnel Psychology", Content Validity, pp. 563-575.
9. Upton, Graham (1996), "Understanding Statistics", Oxford Press.
10. Sung, J.H. (2013), "A special tunnel excavation (shield tunnel) performance criteria and maintenance manual development", Korea Infrastructure Safety and Health,
11. Sadao Kimura, Takashi Kitani, Atsushi Koizumi. (2012), "Development of Performance-Based Tunnel Evaluation", Journal of Transportation Technologies, pp. 119-128.
12. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2011), "Guideline of Safety and in-depth safety inspection".
13. Ministry of Construction and Transportation (2001), "Establishment of standards for evaluating the condition of facilities (Tunnels)".