

옹벽 시설물의 객관적인 상태평가 기준정립

The Standard Thesis of Objectivity Condition Evaluation for Infrastructure(Retaining Walls)

이 종 영¹⁾, Jong-Young Lee, 신 창 건²⁾, Chang-Gun Shin, 장 범 수³⁾, Bhum-Soo Chang

1) 한국시설안전기술공단, 기술개발실 연구원, Researcher, Korea Infrastructure Safety&Technology Corp.

2) 한국시설안전기술공단, 기술개발실 차장, Assistant Director, Korea Infrastructure Safety&Technology Corp.

3) 한국시설안전기술공단, 기술개발실 부장, Manager, Korea Infrastructure Safety&Technology Corp.

SYNOPSIS : Recently the problems related to the failure of the retaining wall structure has become great concern since the damage to the properties and human losses have occurred in the rainy season. However, a detail guideline on safety inspection and appropriate diagnosis on the retaining wall structure have not yet proposed and therefore, the inspection process and results are mainly dependant upon the engineers. The objective of this study is to propose objective and quantitative evaluation method for the condition based on the damage shapes and material types. In this purpose, composing materials of retaining wall are divided into concrete, gabion, stone and reinforced earth, and then the evaluation items and method are suggested on the basis of the materials and structural characteristics of the retaining wall.

주요어(Key words) : Retaining Walls, Earth Pressure, Management Systems, Condition Evaluation

1. 서론

산악지역이 많고 좁은 국토를 효율적으로 활용해야하는 우리나라는 토지이용의 극대화를 위한 방안중 하나로 옹벽을 주로 이용하고 있다. 그러나 최근 들어 집중호우에 따른 붕괴로 인한 인명피해와 경제적 손실이 증가하고 있어 옹벽시설에 대한 안전 및 내구성 확보를 위한 적극적인 유지관리가 필요하게 되었다. 이러한 요구를 충족시키고자 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」(이하 시특법)이 개정('02. 9. 6)되어, 지상으로부터 노출된 높이가 5m이상, 총연장 100m 이상의 옹벽시설물을 2종 대상시설물로 규정하여 안전점검 및 정밀안전진단 등을 정기적 또는 비정기적으로 수행하도록 규정하였다. 따라서 옹벽구조물의 노후화를 야기시키는 손상의 유형과 원인, 손상 및 노후화 정도를 평가할 수 있는 객관화된 평가기준과 평가결과에 따른 효율적인 보수·보강방안 등의 진단기술에 대한 향상이 필요하게 되었으나, 현재 옹벽 시설물에 대한 안전점검 및 정밀안전진단의 기준과 세부지침은 마련되어 있지 않아 안전진단 후 종합평가등급 산정시 기술자 및 평가기관마다 다르게 평가하는 등 주관적이고 일관되지 못한 판정을 야기하는 문제점이 발생되고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내·외의 상태평가 기준에 대한 현황분석을 통하여 점검 및 진단기술자로 하여금 일관된 평가가 수행될 수 있도록 손상유형 및 노후화 정도에 따른 객관적이고 정량화된 상태평가 기준을 수립하고자 하였다.

2. 시설물의 상태평가 체계

현재 시설물의 상태평가 체계는 표 1과 같이 건설교통부와 해양수산부의 평가기준으로 크게 분류된다. 건설교통부의 상태평가 체계는 「시특법」 제 13조 및 동법 시행령 제13조에서 위임된 안전점검 및 정밀안전진단의 실시에 관해 필요한 사항을 규정하고 있는 건설교통부 고시 제 1999-409호('99. 12. 27) 「시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침」(이하 지침)에 따르면 「상태평가」란 “노후화 및 결함의 정도를 포함한 시설물의 상태를 평가한 결과”로 정의하고 있으며, 시설물의 주요구조부에 대한 재료 및 육안 검사에서 조사된 상태에 대한 평가를 포함하도록 하고 있다. 책임기술자는 점검 및 진단결과 각 부채로부

터 발견된 결함을 근거로 하여 결함의 범위 및 정도에 따라 A, B, C, D 및 E의 5가지 단계로 상태등급을 부여한다. 해양수산부에서 발행한 「실시요령」에 따른 구조물 상태평가기준은 표 1과 같으며, 두 기관의 상태평가 기준은 크게 차이를 보이고 있지 않는 유사한 기준을 적용하고 있다.

표 1 건설교통부, 해양수산부 상태평가 기준

상태등급	상 태	
	구조물 상태평가 기준(건설교통부)	구조물 상태평가 기준(해양수산부)
A	문제점이 없는 최상의 상태	문제점이 없는 최상의 상태
B	경미한 손상의 양호한 상태	구조물 주요부는 건전한 상태지만 보조부는 경미한 손상이 있는 양호한 상태
C	보조부재에 손상이 있는 보통의 상태	구조물에 손상이 있는 보통의 상태
D	주요부재에 진전된 노후화(강재의 피로균열, 콘크리트의 전단균열, 침하 등)로 긴급한 보수·보강이 필요한 상태로 사용제한 여부를 판단	구조물 주요부에 진전된 노후화(주부재의 파손, 심한 부식, 콘크리트 전단균열이나 본체의 침하, 활동, 전도 등)로 긴급한 보수·보강이 필요한 상태로 사용제한 여부를 판단
E	주요부재에 심각한 노후화 또는 단면손실이 발생하였거나 안전성에 위험이 있어 시설물을 즉각 사용금지하고 개축이 필요한 상태	구조물 주요부에 심각한 노후화 또는 단면 손실이나 본체의 안정성이 손실되어 안전성에 위험이 있는 상태로 시설물을 즉각 사용금지하고 보수·보강 또는 개축이 필요한 상태

2.1 용벽 시설물의 진단주기

지침에 의한 용벽의 안전관리와 관련한 전반적인 업무흐름은 다음 그림 1과 같이 정기점검, 정밀점검, 긴급점검 및 정밀안전진단으로 구분되며 정기점검은 반기별 1회 이상, 정밀점검은 2년에 1회 이상, 정밀안전진단은 정밀점검 및 긴급점검 결과의 분석을 통해 필요시 실시하도록 한다.

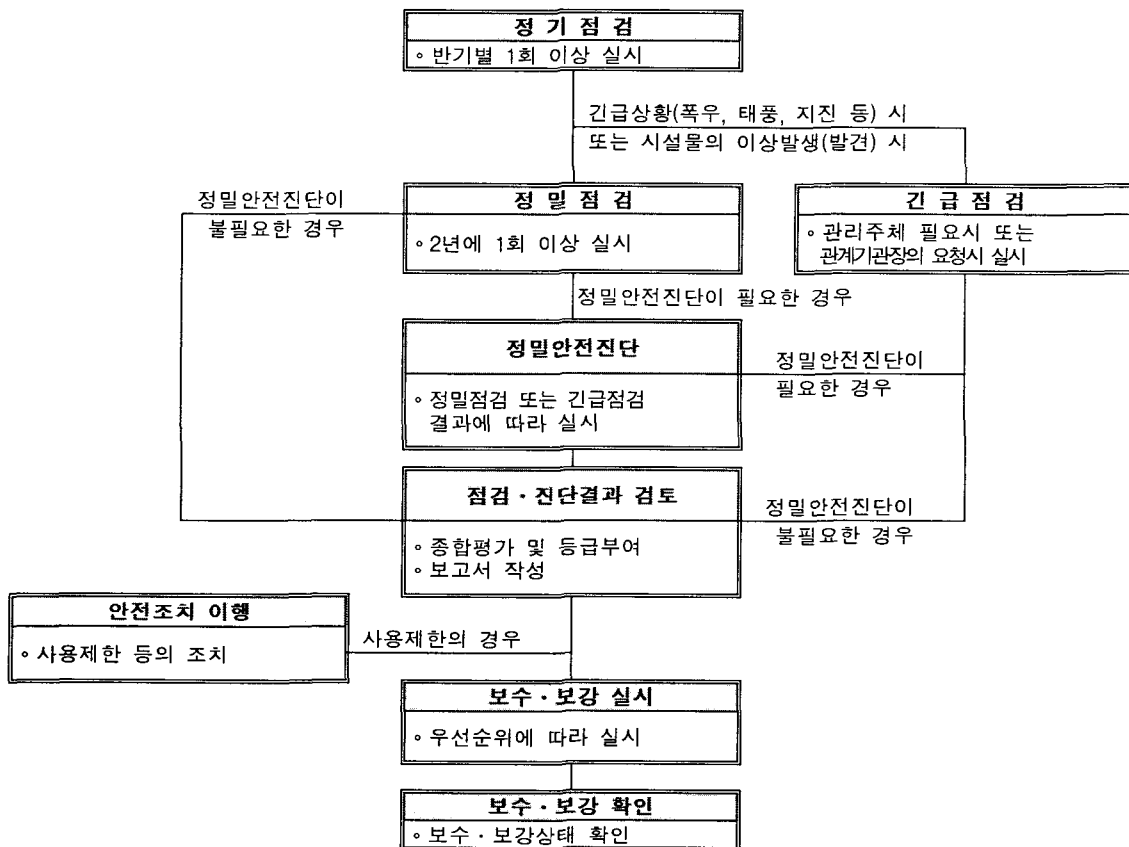


그림 1 안전관리업무 흐름도

3. 기존 상태평가 수행자료 분석

본 절에서는 진단기관에서 수행한 국내 용벽 시설물에 대한 점검 및 진단보고서상의 상태평가 적용기준, 적용 절차 및 상태평가의 요소를 정리·분석하고자 하였다. 용벽시설물의 관리주체와 진단기관을 통해 수집한 안전점검

및 정밀안전진단 보고서에 나타난 상태평가 적용기준을 정리하면 표 2와 같다. 현재까지 진단업체에서 실시한 옹벽시설물에 대한 상태평가는 기관 및 관리주체마다 적용방법, 절차 및 평가기법을 달리하고 있는 실정이고, 전체시설물의 대표등급 결정 또한 일관적이지 못하며 외관조사만을 고려한 평가가 대부분을 차지하고 있다. 또한 내구성조사 및 구조물의 안전성평가를 고려한 상태등급은 기술자의 판단에 따라 포괄적이고 주관적인 기준에 의해 결정되고 있어 평가방법의 정량적이고 일관성 있는 평가기법의 제시가 필요하다.

표 2 기존 점검 및 진단보고서의 상태평가 적용기준

연도	시설명	재료형식	상태평가기준	비고
'97	고덕동 ○○APT 옹벽	콘크리트	외관조사, 품질시험 및 안전성평가에 의한 검토	진단
'98	○○중학교 옹벽	콘크리트	외관조사, 품질시험 및 안전성평가에 의한 검토	"
'99	국도 ○○선 기존옹벽	콘크리트	외관조사, 품질시험 및 안전성평가에 의한 검토	"
'99	○○병원 신축현장 기존옹벽	콘크리트	품질시험 및 안전성평가에 의한 검토	"
'99	○○학원 옹벽	콘크리트	안전성평가에 의한 검토	"
'99	해남 ○○APT 옹벽	콘크리트	구조검토 및 안전성평가에 의한 검토	"
'99	○○지구 옹벽	콘크리트	안전성평가에 의한 검토	점검
'00	포천군 소재 옹벽	콘크리트	품질시험 및 안전성평가에 의한 검토	진단
'00	일산 ○○빌라 옹벽	콘크리트	외관조사, 품질시험 및 안전성평가에 의한 검토	"
'00	파주시 ○○신축공장 옹벽 및 석축	옹벽+석축	품질시험 및 안전성평가에 의한 검토	"
'00	포천군 소재 옹벽	콘크리트	품질시험 및 안전성평가에 의한 검토	"
'00	포천군 소재 옹벽	콘크리트	외관조사, 품질시험 및 안전성평가에 의한 검토	"
'00	○○APT 건물 및 석축	석축	안전성평가에 의한 검토	"
'01	파주시 ○○빌리지 진입로 옹벽	콘크리트	외관조사, 품질시험 및 안전성평가에 의한 검토	"
'01	동두천시 ○○지구 강변도로 옹벽	콘크리트	외관조사, 품질시험 및 안전성평가에 의한 검토	"
'01	안양 ○○APT 진입로 옹벽	보강토	외관조사 및 안전성평가에 의한 검토	"
'01	○○초등학교 외부옹벽	콘크리트	외관조사, 품질시험 및 안전성평가에 의한 검토	"
'02	분당 궁내동 ○○빌리지 옹벽	보강토	안전성평가에 의한 검토	"

4. 옹벽 시설물의 상태평가 기준 및 절차

4.1 개요

본 절에서는 상태평가결과와 안전성평가결과를 객관적이고 정량적으로 종합 평가하여 통일성 있는 종합평가가 이루어지고 종합상태등급이 결정될 수 있도록 종합평가기준을 설정코자 하였으며, 종합평가등급 결정을 위한 절차는 그림 2와 같다. 옹벽시설물의 상태평가 항목 및 평가기준의 결정에 앞서 그림 3과 같이 대상시설물의 형식과 규모를 고려하여 대표적 형식을 콘크리트 옹벽(중력식, 반중력식, 캔틸레버식 등), 보강토 옹벽, 석축 및 계비온 옹벽으로 분류하였다. 옹벽시설물의 상태평가를 위한 평가항목 및 기준은 항만시설물 중 구조형식이 유사한 중력식 안벽 및 행정자치부에서 발간한 「도심지 옹벽의 안정성 조사와 피해경감을 위한 기초연구」, 관계기관 및 해당분야 전문가와 협의를 통해 결정되었다.

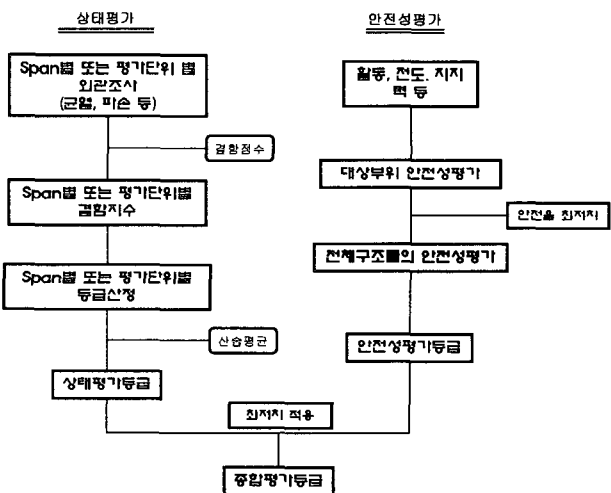


그림 2 종합평가등급 산정절차

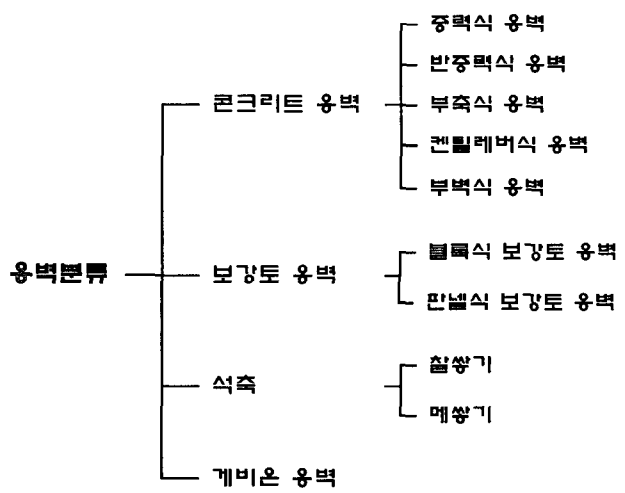


그림 3 재료형식에 따른 옹벽분류

4.2 상태평가 기준

평가항목은 기존의 국내기준과 같이 5등급으로 세분하였고, 평가항목별 등급은 옹벽 상태평가등급과 구분하기 위하여 a, b, c, d, e로 표기하도록 하였다. 또한 별도의 시험으로 구해야만 하는 정량적 수치를 지양하였으며, 외관조사를 통하여 얻을 수 있고 쉽게 판단할 수 있는 평가방법을 정하였다.

세부기준은 기존 국내기준 및 국외 기준을 참고하여 결정하였으며, 실무자들의 의견과 기 시행된 안전진단 자료를 반영하여 현실적인 여건을 고려하여 정하였다. 또한, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하도록 하며, 여러 개소에서 나타날 경우에는 등급을 하향조정하도록 하였다. 옹벽분류에 따른 옹벽별 상태평가를 위한 손상유형별 결합점수 세부기준은 표 3~표 5와 같다.

표 3 보강토 옹벽, 석축 상태평가 기준 및 결합점수

등급 종류	a		b		c		d		e	
	비진행성	진행성	비진행성	진행성	비진행성	진행성	비진행성	진행성	비진행성	진행성
1. 침하	5cm미만	2cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	16cm이상	12cm이상
	0		1		2		3		4	
2. 계획선형 오차 (기울기)	2%미만	1%미만	2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	6%이상	4%이상
	0		1		2		3		4	
3. 활동	5cm미만	2cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	16cm이상	12cm이상
	0		1		2		3		4	
4. 세굴	10cm미만 (세굴이 없는 상태)		10cm이상 ~ 30cm미만		30cm이상 ~ 50cm미만		50cm이상 ~ 70cm미만		70cm이상	
	0		4		8		12		16	
5. 파손, 손상 및 균열	부재의 파손이 발생하 지 않은 건전한 상태		파손이 경미하고 추가 적인 손상진행의 가능 성이 없는 양호한 상 태		파손이 경미하지만, 다른 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태		구조물 주요부에 부분 적인 파손이 발생하여 제체의 안전성이 저하되 거나, 손상의 진행에 따 라 손상규모가 확대될 위험이 있는 심각한 상 태		구조물 주요부에 큰 파손이 발생하여 구 조물의 기능상실, 안 전성 결여 또는 파괴 로 이어질 수 있는 위험한 상태	
	0		1		2		3		4	
6 이격	건전한 상태		평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태		평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태		평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태		평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태	
	0		1		2		3		4	
7. 유실	건전한 상태		평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태		평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태		평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태		평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태	
	0		2		4		6		8	
8. 전면부 진행성 배부름	건전한 비진행성 상태		경미하게 발생한 비진행성 상태		경미하게 발생한 진행성 상태		심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태		변형이 매우 심하여 경사가 발생하고 구조적 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태	
	0		2		4		6		8	
9. 채움 콘크리트상태 (석축)	건전한 상태		일부 미세한 균열이 발생한 상태		일부 미세한 균열이 발생하였으나 그 정도가 심각하지 않다고 판단되는 상태		채움콘크리트가 풍화된 상태(작은 충격 또는 문지름에 시멘트가 떨어져 나가는 상태)		채움콘크리트가 유실된 상태	
	0		1		2		3		4	
10. 배수공(석축)	배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한상태		배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태		배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태		배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태		배수공을 전혀 설치하지 않은 상태	
	0		3		6		9		12	
11. 암석의 풍화도 (석축)	신선함(F)				약한풍화(SW)				보통풍화(MW)	
	0~1				2~3				4	
12. 주변 영향인자	배수시설		배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1							
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1				
		낙석흔적	발생	0	미발생	1				
침출수 유무	유	0	무	1						

※ 12번 항목은 절토사면에만 해당됨

표 4 콘크리트옹벽의 상태평가 기준 및 결함점수

등급 종류	a		b		c		d		e	
	비진행성	진행성	비진행성	진행성	비진행성	진행성	비진행성	진행성	비진행성	진행성
1. 침하	5cm미만	2cm미만	5이상cm ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	16cm이상	12cm이상
	0		1		2		3		4	
2. 계획선형 오차 (기울기)	2%미만	1%미만	2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	6%이상	4%이상
	0		1		2		3		4	
3. 활동	5cm미만	2cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	16cm이상	12cm이상
	0		1		2		3		4	
4. 세굴	10cm미만 (세굴이 없는 상태)		10cm이상 ~ 30cm미만		30cm이상 ~ 50cm미만		50cm이상 ~ 70cm미만		70cm이상	
	0		4		8		12		16	
5. 파손 및 손상(재료분리)	없음		0mm~5mm		5mm~10mm		10mm~20mm		20mm이상	
	없음		손상깊이 25mm 미만, 손상면적 10%미만		손상깊이 25mm 미만, 손상면적 10%이상		손상깊이 25mm 이상, 손상면적 10%~20%		손상깊이 25mm 이상, 손상면적 20%이상	
0		1		2		3		4		
6. 균열	0.1mm 미만		0.1mm~0.2mm		0.2mm~0.3mm		0.3mm~0.5mm		0.5mm이상	
	0		2		4		6		8	
7. 마모/침식	마모/침식된 부위가 없는 건전한 상태		마모/침식이 경미한 상태		마모/침식이 다소 심한 상태		마모/침식이 심한 상태		마모/침식이 매우 심한 상태	
	0		0		1		1		1	
8. 박리	없음		0.5mm미만		0.5mm~1.0mm		1.0mm~25.0mm		25.0mm이상	
	0		0		1		1		2	
9. 박락 및 충분리	없음		15mm미만		15mm~20mm미만		20mm~25mm미만		25mm이상	
	0		1		2		3		4	
10. 백태	없음		국부적으로 발견		여러곳에서 발견		심한상태		매우 심하고 범위가 매우 넓은 상태	
	0		0		1		1		1	
11. 철근노출	없음		면적율 1%		면적율 1~3%		면적율 3~5%		면적율 5%이상	
	0		1		2		3		4	
12. 중성화	미진행		피복두께>2>중성화두께		피복두께>중성화깊이 ≥ 피복두께/2 피복두께>40mm인 경우		피복두께>중성화깊이 ≥ 피복두께/2 피복두께≤40mm인 경우		중성화깊이≥피복두께	
	0		1		2		3		4	
13. 염화물	염화물 ≤ 0.15kg/m³		0.15kg/m³ < 염화물 ≤ 0.3kg/m³		0.5kg/m³ < 염화물 ≤ 0.6kg/m³		0.6kg/m³ < 염화물 ≤ 1.2kg/m³		염화물 > 1.2kg/m³	
	0		1		1		2		4	
14. 배수공	배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태		배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태		배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태		배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태		배수공을 전혀 설치하지 않은 상태	
	0		3		6		9		12	
15. 주변 영향인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1								
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1				
		낙석흔적	발생	0	미발생	1				
침출수 유무	유	0	무	1						

※ 중력식 옹벽 등 철근이 포함되지 않은 구조물은 철근, 중성화 및 염화물 항목을 제외
 ※ 15번 항목은 절토사면에만 해당됨

표 5 계비온 웅벽 상태평가 기준 및 결함점수

종류	a		b		c		d		e	
	비진행성	진행성	비진행성	진행성	비진행성	진행성	비진행성	진행성	비진행성	진행성
1. 침하	5cm미만	2cm미만	5이상 ~ 8cm미만	2이상 ~ 5cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	16cm이상	12cm이상
	0		1		2		3		4	
2. 활동	5cm미만	2cm미만	5cm이상~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	16cm이상	12cm이상
	0		1		2		3		4	
3 세굴	10cm미만 (세굴이 없는 상태)		10cm이상 ~ 30cm미만		30cm이상 ~ 50cm미만		50cm이상 ~ 70cm미만		70cm이상	
	0		4		8		12		16	
4. Wire Mesh의 파손 및 손상	건전한 상태		파손이 경미하고 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 양호한 상태		파손이 경미하지만, 추가적인 손상이 진행될 수 있는 상태		파손이 진행되어 채움재 유실 발생이 진생된 상태		철망이 파손되어 채움재가 유실되어 구조적 안정에 영향이 미칠 정도	
	0		2		4		6		8	
5. 채움재 유실	건전한 상태		경미하게 발생한 상태		다소 크게 발생한 상태		채움재 유실로 인해 웅벽의 부등침하가 발생한 상태		대규모 유실로 인해 웅벽의 부등침하가 발행하여 구조물의 안정에 크게 영향을 줄 정도	
	0		1		2		3		4	
6. 결속 철망상태	가로, 세로 각각 2단 이상		가로, 세로 각각 2단		가로, 세로 각각 1단		가로 또는 세로 중 단방향 1단		결속철망이 설치되지 않은 경우	
	0		1		2		3		4	
7. 진행성 변형발생	건전한 비진행성 상태		경미하게 발생한 비진행성 상태		경미하게 발생한 진행성 상태		심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태		변형이 매우 심하여 경사가 발생하고 구조적 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태	
	0		1		2		3		4	
8. 주변 영향인자	배수시설		배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1							
	사면조사		사면구배	적절	0	부적절	1			
			낙석흔적	발생	0	미발생	1			
		침출수 유무	유	0	무	1				

※ 8번 항목은 절토사면에만 해당됨

4.3 웅벽상태평가 등급기준

각 평가단위에서 결정된 평가단위별 평가등급을 산술평균하여 대상시설물의 상태평가등급을 결정하며, 표 6은 결함지수에 따른 상태평가등급 기준을 보여주고 있다.

표 6 상태평가 등급기준

상태평가등급	결 함 지 수	비고
A	$0.00 \leq F < 0.15$	F = 웅벽결함지수
B	$0.15 \leq F < 0.30$	
C	$0.30 \leq F < 0.55$	
D	$0.55 \leq F < 0.75$	
E	$0.75 \leq F$	

5 안전성평가 기준 및 절차

5.1 안전성평가 기준

정밀점검(필요시)이나 정밀안전진단시에는 안전성 평가등급을 산정한다. 정밀점검시에는 옹벽의 안전성에 직접 관련된 주요 손상항목이 D급 이하로 판정되거나 혹은 전문가에 의해 안전성평가 요구가 있을 경우 원인분석을 위한 구조검토 결과에 따라 안전성 평가등급을 산정한다.

옹벽의 안전성은 크게 내적·외적으로 구분하며, 콘크리트 구조물의 내적 안정 검토는 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 구조물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다. 상태평가결과 D급 이하로 판정된 시설물에 대해서는 결함요소를 고려할 수 있는 수치해석 프로그램(FEM 및 FDM)을 이용하여 구조물의 안전성 여부를 판단해야 하며, 여기서 사용되는 입력데이터는 현장조사 결과에서 얻은 자료를 사용하여 현상태의 시설물 상태를 최대한 고려하여 해석한다. 연약지반상에 축조된 구조물인 경우 옹벽구조물 뿐만 아니라 기초지반 및 배면지반이 포함된 전체안전성 해석이 필요하며, 전체안전성 해석에는 수정 Bishop법, Janbu의 간편법, Spencer방법 등이 사용될 수 있다.

옹벽의 내적·외적안전성 평가기준은 표 7~표 8과 같다. 외적안전성평가는 허용지지력, 침하를 제외하고 안전율을 도입하여 산정이 가능하며, 허용지지력의 검토는 각 시설물의 조건이 상이하므로 검토하고자 하는 구조물에 기준에 맞추어 산정한다. 각 항목별 허용안전율, 계산방법 및 기준은 구조물의 설계기준(1999, 건설교통부), 옹벽표준도 작성연구(1999, 건설교통부) 및 구조형식이 유사한 항만구조물의 중력식 안벽의 평가기준을 참고하였다.

표 7 외적 안전성평가 항목 및 평가기준(공통적용)

검토항목	등급	a	b	c	d	e
		활 동	평상시	1.5이상	※1.5이상	1.5~1.3미만
	지진시	1.2이상	※1.2이상	1.2~1.0미만	1.0~1.2미만	0.8이하
전 도	평상시	2.0이상	※2.0이상	2.0~1.8미만	1.8~1.6미만	1.6이하
허용지지력	평상시	1.2이상	※1.2이상	1.0~1.2미만	0.8~1.0미만	0.8이하
	지진시	1.0이상	※1.0이상	1.2~1.0미만	1.0~1.2미만	0.7이하
침 하	평상시	5cm미만	5~10cm미만	10~15cm미만	15~20cm미만	30cm이상

<해설>

- ※는 허용안전율 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우.
- 허용지지력은 (지반의 허용지지력/작용하중)의 비로 평가한다.

표 8 각 재료형식별 내적안정성 평가기준

검토항목	등급	a	b	c	d	e	비고
		콘크리트 옹벽	전단력 검토	1.0이하	※1.0이하	1.0~0.9미만	
	휨모멘트 검토						
보강토 옹벽	인발파괴에 대한 안정	1.0이하	※1.0이하	1.0~0.9미만	0.9~0.8미만	0.8이하	보강재적용길이 보강재소요길이
	보강재 파단에 대한 안정						
석축	벽체의 평균폭	1.0이상	※1.0이상	1.0~0.9미만	0.9~0.8미만	0.8이하	실제평균폭 평균폭산정값

<해설>

- 콘크리트 옹벽의 내적안정성 검토는 작용모멘트(또는 전단력)와 설계모멘트(또는 전단력)의 비로 평가한다.
- 콘크리트 옹벽의 내적안정성 검토는 각 구조부재별 전단력과 모멘트의 검토로 이루어지며, 검토결과의 최저값을 대표값으로 설정한다.
- 보강토 옹벽의 내적안정성 검토는 각각 항목에 대한 설계값과 현 조건에서의 산정값의 비로 평가한다.
- 석축의 벽체평균폭 검토는 한계비 검토에 따른 평균폭 산정과 현 상태의 평균폭에 대한 비로 평가한다.

5.2 안전성평가등급 산정절차

안전성평가는 조사범위의 대표단면을 설정하여 실시하는 것을 원칙으로 하며, 안전성등급 결정은 각 평가항목에 대한 안전율을 계산한 후 각 항목에 대한 안전율 중 최저치를 안전성등급으로 결정한다.

6. 종합평가 기준 및 보수·보강 우선순위 결정

시설물의 종합평가는 상태평가만 실시한 경우에는 상태평가결과에 의해 부여된 상태평가등급이 그 시설물에 대한 종합평가등급으로 결정되지만 상태평가와 안전성평가를 동시에 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가등급과 안전성평가등급을 종합적으로 비교 검토하여 그 시설물에 대한 종합평가등급을 결정하는 것이 필요함에 따라 상태평가 및 안전성평가 결과가 동시에 반영되는 내용으로 다음 표 9와 같이 종합평가기준을 설정하였다.

종합평가기준 결정에 따라 보수보강이 필요시 각 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수·보강은 보수보다 보강을 우선으로 하며, 결함사항 중 중대한 결함사항을 우선적으로 고려하여 실시한다. 복합시설물인 경우 전체시설물에 대한 우선순위 결정은 각 시설물이 가지는 중요도, 결함의 심각성 등을 종합검토 후 단기, 중기, 장기로 구분하여 우선순위를 결정한다.

표 9 시설물의 종합평가기준

종합평가등급	종합평가기준
A(최상)	문제점이 전혀 없는 상태
B(양호)	기능발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태
C(보통)	전체적으로 시설물의 안전에는 지장이 없으나 보통의 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 주요부재의 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(불량)	주요부재에 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내하력, 내구성 및 기능성 저하방지를 위한 대규모의 보수 또는 보강이 필요한 상태
E(위험)	주요부재에 심각한 손상, 결함, 열화 등의 발생으로 인해 시설물의 안전에 위험이 있어 사용제한이 시급한 경우로서 임시조치 후 사용하거나 즉각 사용금지 또는 보강·개축이 필요한 상태

7. 결론 및 토의

「시특법」의 개정(2002. 9. 6)으로 지면으로부터 노출된 높이가 5m이상, 총연장이 100m이상인 옹벽 시설물이 2종 대상시설물로 지정되었으나, 현행 유지관리 체계에서 일관적이고 합리적인 상태평가 체계가 제시되지 않아 객관적이고 정량적인 상태평가 기법 및 평가기준의 제시가 필요하게 되었다. 따라서 본 연구에서는 이러한 요구를 충족시키기 위해 과거의 관리주체나 진단업체에서 수행한 대상시설물에 대한 평가방법 및 기법을 분석하여 문제점을 도출하였으며, 외국의 사례 및 국내 타 시설물의 상태평가 기법을 분석하여 옹벽 시설물에 대한 상태평가 기준 및 평가방법을 제시하였다.

옹벽의 상태평가는 크게 외관조사 및 내구성조사를 통한 상태평가와 내적·외적안전성 평가를 통한 안전성평가로 나누어지며, 외관 및 내구성 평가시의 각 재료형식별 상태평가 항목은 콘크리트옹벽 18, 보강토 옹벽 12, 석축 15 및 계비온 옹벽 11개 항목을 제시하였으며, 정밀점검(필요시) 및 정밀안전진단시 실시하는 외적·내적안전성평가는 각각의 재료형식을 고려한 평가항목 및 방법을 제안하였다.

옹벽의 종합평가등급은 타 시설물과의 일관성을 유지하기 위하여 총 5단계(A, B, C, D, E)로 분류되며, 상태평가만 실시한 경우에는 상태평가 등급이 종합평가등급으로 결정되지만 상태평가와 안전성평가를 동시에 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가등급과 안전성평가등급 중 최저값을 종합평가등급으로 결정한다.

사체적으로 실시한 적용성 검토결과 조사시 콘크리트 노출면에 문양거푸집 등이 시공되었을 경우 조사

의 어려움이 있었으며, 설계도서의 보관 불량, 접근곤란 등의 문제점이 발생되어 이에 대한 대책 및 대안이 필요하다.

본 연구는 국내 옹벽시설물에 대한 기초적인 연구임을 감안할 때 추후 관계기관 및 일선 진단업체와의 연계를 통한 지속적인 검증 및 보완을 통하여 보다 현실적이고 합리화된 진단기법으로의 지속적인 발전의 노력이 필요하다고 사료된다.

참고문헌

1. 건설교통부(1997), “구조물기초 설계기준”, pp256~323.
2. 건설교통부(1998), “옹벽표준도 작성연구”
3. 한국시설안전기술공단(1999), “시설물의 객관적인 상태평가 기준정립(항만)연구”
4. 한국시설안전기술공단(1999), “시설물의 객관적인 상태평가 기준정립(터널)연구”
5. 해양수산부(1998), “항만시설물 안전점검 및 정밀안전진단 실시요령”, pp.47~85
6. 행정자치부, 국립방재연구소(1999), “도심지 옹벽의 안전성 조사와 피해경감을 위한 기초연구”
7. A.W. Malone(1993), “Guide to Retaining Wall Design”, Geotechnical Engineering Office Civil Engineering Department The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, pp. 123~160
8. Rupert E. Bullock, Stuart D. Foltz(1995), “Management System-Navigation and Reservoir Structures Condition Rating Procedures for Concrete in Gravity Dams, Retaining Walls, And Spillways”, U.S Army Technical Report, pp1~19.