

콘크리트 옹벽에 대한 상태평가 항목과 결함지수와의 상관관계 분석

성주현 · 변요셉 · 이동울* · 오태근**

한국시설안전공단 시설안전연구소 · *인천대학교 안전공학과
(2015. 8. 20. 접수 / 2015. 9. 7. 수정 / 2015. 9. 10. 채택)

The Corelation Analysis between Condition Evaluation Factors and Defect Index on the Concrete Retaining Wall

Joo Hyun Seong · Yoseph Byun · Dong Yul Lee* · Tae Keun Oh**

Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation

*Department of Safety Engineering, Incheon National University

(Received August 20, 2015 / Revised September 7, 2015 / Accepted September 10, 2015)

Abstract : Although lots of safety inspection and precision safety diagnosis have been conducted on concrete retaining wall, there is no comprehensive analysis on the basis of the accumulated data associated with the statistic. Especially, the concentrated management is necessary on the evaluation items that cause critical damages for the efficient performance. In this regard, this study conducted a correlation analysis between the 18 condition evaluation items and defect index for the concrete retaining wall as well as how each item affects the final defect index as much as in the manual. As a result, correlation coefficient between sliding and overturning was 0.601, which means that they have a strong correlation, and the most influential item on defect index is the condition of drainage that scored the 0.750 correlation coefficient. In addition, as a result of regression analysis, the condition of drainage with the 0.683 correlation coefficient has a strong correlation with the defect index. If the condition evaluation items are integrated or readjusted based on the results of the statistical analysis in this study, the more efficient and accurate maintenance will be possible.

Key Words : concrete retaining wall, condition evaluation, statistical analysis, correlation analysis, regression analysis

1. 서론

우리 사회는 1994년 성수대교 붕괴와 1995년 삼풍백화점 붕괴사고를 겪으면서 시설물 유지관리에 뒤늦게 눈을 뜨기 시작했고 그 결과 “시설물의 안전관리에 관한 특별법(시특법)”이 제정되었다. 이후 시특법을 20년간 운용한 결과 주요 국가기반시설물인 1·2종 시설물의 안전성은 상당부분 확보됐고 이후 유지관리 차원의 대형 사고는 발생하지 않고 있다. 그러나 시특법 제정으로 실시되어 축적된 다수의 안전점검 및 정밀안전진단 결과에도 불구하고 이에 대한 종합적 분석이 없는 실정이다. 또한 이러한 육안점검을 통한 상태적·구조적 안전점검만으로는 최적의 상태를 최소의 비용으로 유지·발현하는 것이 어려우므로 최근 시설물 유지·관리 분야의 화두인 성능중심 관리체계로의 전환을 통해 효율적인 유지관리로 비용을 절감하고, 시설물 성

능저하에 따른 피해를 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다¹⁾.

따라서 본 연구에서는 콘크리트 옹벽 시설물에 대한 다수의 현장조사 자료를 기반으로 통계 분석을 실시하여 상태평가 항목간 및 결함지수와의 상관관계를 확인하고 상관관계가 높은 항목을 추출한 모델을 설정하여 회귀분석을 실시하였다. 이를 반영하여 상태평가 항목 중 상관성이 큰 것들에 대한 합리적인 통합 및 재구성을 통해 평가기준을 개선하고자 한다. 또한, 성능위주 평가가 가능하도록 현장점검의 정확성 및 효율성을 향상시키고자 하였다.

또한 시특법 기준으로 2종 구조물 중 1972년부터 2012년까지 준공된 302개소 콘크리트 옹벽에 대해 한국시설안전공단의 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(옹벽)”에 따라 실시된 현장점검 결과를 기반으로 상태평가항목의 상호간 및 결함지수와의 상관성

* Corresponding Author : Tae Keun Oh, Tel : +82-32-835-8294, E-mail : tkoh@inu.ac.kr

Department of Safety Engineering, Incheon National University, 119 Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon 22012, Korea

분석을 실시하였다. 또한, 상관계수가 높은 항목을 추출하여 손상모델을 설정하고 회귀분석을 실시하였다.

2. 콘크리트 옹벽의 상태평가

2.1. 옹벽의 종류 및 분포

옹벽은 본체를 구성하고 있는 재료에 따라 콘크리트 옹벽, 보강토 옹벽, 석축 및 돌망태 옹벽으로 구분할 수 있으며 그 중 콘크리트 옹벽은 축조 재료로서 콘크리트를 사용한 옹벽을 말하며 시트법 분류에 따르면 철근 콘크리트 옹벽은 전체 옹벽 분포율의 44.8%를 차지하며 (Table. 1) 국내에 분포하는 콘크리트 옹벽은 다시 구조물의 형태 및 작용원리에 따라 중력식, 반중력식, 블록쌓기식, 캔틸레버식, 부벽식 등으로 나뉜다²⁾.

또한 철근콘크리트 옹벽은 도로옹벽과 건축물옹벽에 많이 사용되고 있는 것으로 나타났으며, 무근콘크리트 옹벽과 보강토 옹벽은 도로옹벽에 많이 사용되고 있는 것으로 나타났다.

Table 1. Distribution of concrete retaining wall²⁾

	Road	Rail	Port	Dam	Structure
Reinforced concrete	219	94	0	0	293
Plain concrete	137	53	0	0	20

2.2. 상태평가항목 및 결함점수 기준

한국시설안전공단 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2012)”에 따르면 옹벽의 상태평가항목은 Table 2에서와 같이 총 18가지이며 대부분 평가항목의 결함점수 최대치는 4점이다. 한편, 배수공상태, 세굴, 균열 등은 12점, 16점, 8점으로 다른 항목에 비해 높은 점수 구분을 가지고 있다. 이는 위 3개 항목이 옹벽의 상태 안정성에 있어 치명적인 요인이 될 수 있음을 시사한다고 할 수 있다.

또한 동 지침에서는 현장에서 직관적으로 손상상태를 평가할 수 있는 방법을 상세히 제시하고 있다. 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하도록 하며, 여러 개소에서 나타날 경우에는 단계를 하향조정하도록 하였다.

또 진행여부를 판별하는 항목은 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용해 결함의 진행 여부를 판단하도록

Table 2. Condition evaluation criteria of retaining wall

Evaluation criteria	Evaluation result
A	$0.00 \leq F < 0.15$
B	$0.15 \leq F < 0.30$
C	$0.30 \leq F < 0.55$
D	$0.55 \leq F < 0.75$
E	$0.75 \leq F$

Table 3. Itemized condition evaluation criteria for concrete retaining wall

Item	a	b	c	d	e	
	$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
Settlement	0	1	2	3	4	
Sliding	0	1	2	3	4	
Condition of drainage	0	3	6	9	12	
Overturning	0	1	2	3	4	
Breakage and damage(Segregation)	0	1	2	3	4	
Crack	0	2	4	6	8	
Abrasion/Erosion	0	0	1	1	1	
Material degradation	Peeling off	0	0	1	1	2
	Exfoliation and delamination	0	1	2	3	4
	Efflorescence	0	0	1	1	1
	Carbonation	0	1	2	3	4
	Chloride	0	1	1	2	4
	Reinforcement exposing	0	1	2	3	4
Scour	0	4	8	12	16	
Influential factors	Drain system	if the drain system is proper: 0, if the drain system is improper or no: 1				
	Slope investigation	Slope gradient	Proper	0	Improper	1
		Rockfall trace	None	0	Occurrence	1
		Leachate	None	0	Occurrence	1
Defect index of reinforced concrete retaining wall(F)	①	Σ Defect score 76		②	Σ Defect score 60	
Defect index of gravity retaining wall(F)	①	Σ Defect score 64		②	Σ Defect score 48	

하였다. 각 상태평가항목별 단계와 결합점수는 최종 옹벽의 상태평가 결과와 구분하기 위하여 소문자 a~e 및 f로 표기하도록 했으며 측정된 항목별 결합점수를 통해 점점 대상 옹벽의 최종 결합지수(F)를 산정하고 산정된 결합지수에 따라 상태평가 기준을 다음의 Table 2에 따라 A~E까지 5단계 등급으로 구분하고 있다.

3. 상태평가 항목 및 결합지수의 상관분석

콘크리트 구조물의 손상은 독립적이기보다는 여러 종류의 손상이 복합적으로 작용하여 진행속도를 촉진시켜 상태를 악화시킨다. 이들 간의 연관관계를 확인하고자 상태평가 항목간의 상관성 및 상태평가 항목과 결합지수간의 상관분석을 실시하였고 상관성 정도를 판단하기 위해 Pearson 상관계수를 사용하였다.

3.1. 상관분석

상관분석이란 변수들 간의 상관성이 있는지, 있다면 어느 정도인지를 분석하는 방법으로, 상관성분석의 주요 목적은 두 변수 사이의 관계가 있고 없음에 대한 추론이며, 변수들 사이에 구체적으로 어떠한 함수관계가 있는가를 파악하고자 하는 것은 아니다³⁾.

또한 상관분석에서는 상관관계의 정도를 수치로 나타내어 그 정도를 표현하는데, 이 때 사용되는 수치를 ‘상관계수(Correlation coefficient; r)’라 한다. 일반적으로 상관계수라고 하면 영국의 통계학자 K. Pearson이 개발한 피어슨 적률상관계수(product moment correlation)를 말하며⁴⁾ 이는 두 변수 x와 y의 선형적 관계를 통해 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$r_{(x,y)} = \frac{S_{(x,y)}}{S_x \cdot S_y} \quad (1)$$

그 밖의 상관계수의 종류에는 Kendall의 τ-b 상관계수, Spearman 상관계수 등이⁴⁾ 있으며(Table 3) 본 연구에서는 일반적으로 사용되는 유의확률 기준인 5%(0.05) 이하의 유의확률을 갖는 항목에 대해 Pearson 상관계수를 사용하여 분석을 수행하였다.

Pearson 상관계수란 두 변수가 각각 간격척도 혹은

Table 4. Types of correlation coefficient

Type	Scale
Pearson	Both scales interval(or ratio)
Spearman	Both scales ordinal
Kendall's tau-b	Both scales ordinal

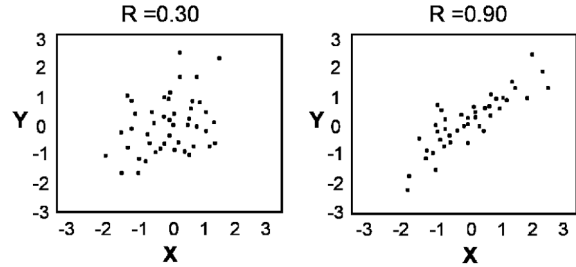


Fig. 1. Distribution chart according to correlation coefficient.

비율척도로 측정된 경우의 상관관계의 크기를 나타내는 값으로서, 변수들이 정규분포를 따른다는 가정하에 적용하는 상관계수이다. Pearson 상관계수 값의 범위는 -1부터 +1까지이며 계수의 부호는 관계의 방향을 나타내고, 절댓값은 관계의 강도를 나타낸다. 즉, +1 또는 -1에 가까울수록 상관관계가 있다고 말할 수 있다 (Fig. 1).

또한 상관관계에 따른 정도를 Rea & Parker(2005)⁵⁾가 제안한 Table 5의 표를 이용하였다.

3.2. 상태평가 항목간 상관분석

세부지침에서 정하고 있는 옹벽의 상태평가항목을 따라 콘크리트 옹벽 302개소에 대해 현장 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하고 각 항목의 결합점수를 이용해 조사대상 옹벽의 최종 결합지수를 산정하였다. 이를 이용하여 본 절에서는 상태평가항목들 간의 상관관계 정도를 분석하고 다시 각 항목별로 최종 결합지수와 어느 정도의 상관성이 있는지를 분석하였다.

먼저 상태평가 항목간 상관분석의 각 항목별 유의확률은 Table 6과 같이 나타났으며 상태항목 중에서 유의확률이 5%(0.05)이하로 나타나 통계적으로 유의한 의미를 갖는 항목들(Table 5의 굵은 글씨)에 대해서 Pearson 상관계수를 비교해 각 항목간의 상관성 정도를 확인하였다. 그 결과 총 34쌍의 상태평가 항목들이 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 그 중 ‘강한 상관관계’가 1쌍, ‘비교적 강한 상관관계’ 1쌍, ‘보통의 상관관계’ 10쌍, ‘약한 상관관계’가 22쌍으로 나타났다.

Table 5. Analysis of correlation coefficient

Correlation coefficient	Degree of correlation
0.0~0.1	Few or no
0.1~0.2	Weak correlation
0.2~0.4	Normal correlation
0.4~0.6	Relatively strong correlation
0.6~0.8	Strong correlation
0.8~1.0	Very strong correlation

Table 6. Significance probability between condition evaluation factors

	Settlement	Sliding	Condition of drainage	Overturning	Breakage and damage	Crack	Abrasion/Erosion	Peeling off	Exfoliation and delamination	Efflorescence	Carbonation	Chloride	Reinforcement exposing	Scour	Drain system	Slope investigation
Settlement	1															
Sliding	.001	1														
Condition of drainage	.587	.938	1													
Overturning	.000	.000	.796	1												
Breakage and damage	.000	.000	.671	.117	1											
Crack	.746	.694	.065	.225	.334	1										
Abrasion/Erosion	.000	.000	.905	.088	.027	.396	1									
Peeling off	.017	.001	.614	.112	.001	.431	.000	1								
Exfoliation and delamination	.202	.462	.024	.707	.000	.448	.000	.000	1							
Efflorescence	.453	.016	.585	.565	.200	.320	.226	.228	.426	1						
Carbonation	.784	.046	.023	.001	.375	.081	.019	.926	.859	.894	1					
Chloride	.827	.547	.638	.120	.773	.273	.745	.617	.485	.612	.381					
Reinforcement exposing	.191	.000	.046	.107	.000	.354	.091	.203	.011	.622	.240	.141	1			
Scour	.038	.560	.484	.694	.026	.762	.537	.861	.884	.769	.561	.804	.010	1		
Drain system	.200	.477	.001	.607	.954	.311	.530	.407	.877	.034	.208	.648	.064	.642	1	
Slope investigation	.030	.673	.459	.019	.305	.952	.722	.776	.564	.012	.401	.388	.332	.636	.016	1

Table 7. Correlation between condition evaluation factors

Correlated Items		Pearson correlation	Significance probability	Degree of correlation
Sliding	Overturning	0.601	0	Strong correlation
Peeling off	Exfoliation and delamination	0.490	0	Relatively strong correlation
Abrasion/Erosion	Exfoliation and delamination	0.344	0	Normal correlation
Abrasion/Erosion	Peeling off	0.336	0	Normal correlation
Settlement	Overturning	0.291	0	Normal correlation
Breakage and damage	Reinforcement exposing	0.260	0	Normal correlation
Sliding	Reinforcement exposing	0.256	0	Normal correlation
Sliding	Abrasion/Erosion	0.245	0	Normal correlation
Settlement	Abrasion/Erosion	0.236	0	Normal correlation
Settlement	Breakage and damage	0.222	0	Normal correlation
Breakage and damage	Exfoliation and delamination	0.216	0	Normal correlation
Sliding	Breakage and damage	0.208	0	Normal correlation

이들 중 Pearson 상관계수가 0.2 이상인 항목들 즉, 확실하게 상관관계를 갖고 있는 것들을 Table 7에 상관성 정도 순서로 나타내었다.

[활동과 전도]는 0.601의 상관계수를 보여 ‘강한 상관관계’를 갖는 것으로 분석되었다. 이는 옹벽이 움직이는 활동과 옹벽이 넘어가는 전도가 서로 유기적으로 묶여 있다는 점을 시사한다.

또한 [박리와 박락 및 층분리], [마모/침식과 박락 및 층분리], [마모/침식과 박리]는 각각 0.490, 0.344, 0.336의 비교적 높은 상관계수를 보였다. 이는 콘크리트 표면의 모르타르가 시간에 따라 점진적으로 손실되는 박

리와 내·외부 균열을 따라서 콘크리트 덩어리가 원형으로 떨어져 나가는 박락도 ‘비교적 강함’의 상관관계를 가지고 있었다.

3.3. 상태평가 항목 및 결합지수의 상관분석

상태평가 항목과 결합지수 사이의 상관관계를 분석한 결과가 Table 8과 같이 도출되었다. 배수공상태가 0.75로 강한 상관관계를 보이고 있으며 균열이 비교적 강한 상관관계를 갖는 것으로 나타났다.

배수공상태와 균열은 세부지침에서 결합점수가 높은 만큼 최종 결합지수에 영향을 가장 크게 미치는 것

Table 8. Correlation between condition evaluation factors and defect index

Factor	Pearson correlation coefficient	Significance probability
Condition of drainage	0.750	0
Crack	0.476	0
Reinforcement exposing	0.229	0
Exfoliation and delamination	0.210	0
Efflorescence	0.207	0
Breakage and damage	0.203	0
Drain system	0.202	0
Scour	0.167	0.015
Sliding	0.161	0.005
Peeling off	0.131	0.025
Abrasion/Erosion	0.115	0.047
Overturning	0.111	0.056
Settlement	0.093	0.106
Slope investigation	0.087	0.139
Carbonation	-0.054	0.349
Chloride	0.032	0.605

으로 나타났다. 배수공이 불량할 경우 강수로 유입된 지하수가 배출되지 않아 옹벽 설계 시 고려했던 토압보다 큰 토압이 작용할 우려가 있고 이는 활동이나 전도 등의 결함을 일으킬 가능성을 크게 한다.

균열은 0.476의 높은 결함지수와 상관성에도 불구하고 다른 평가항목 간의 상관성은 높게 나타나지 않았다. 이는 현장점검 시 균열이 많이 발견되었으나 균열이 많을 때 비례하여 증감하는 특정 손상항목이 없다는 것으로 사료된다. 따라서 균열은 다른 손상항목과 상호적 영향을 미치기보다는 전반적인 옹벽 성능 저하의 직접적인 원인이 될 수 있을 것으로 판단된다.

계속해서 철근노출, 박락 및 층분리, 백태, 파손 및 손상, 배수시설은 0.2 정도의 보통의 상관관계를 보였는데 특히 철근노출, 박락 및 층분리, 파손 및 손상은 콘크리트 열화의 연속된 과정으로서 동시에 콘크리트 옹벽의 한 부위에서 발견될 수 있는 서로 밀접한 관계의 손상항목이다.

반면에 일부 항목에 있어서는 유의확률이 기준인 5%를 넘어서 유의하지 않은 상관관계를 보였는데 전도, 침하, 사면조사, 탄산화, 염화물이 그러한 항목이다.

4. 손상모델의 회귀분석

회귀분석이란 하나 또는 둘 이상의 변수가 다른 변수에 미치는 영향의 정도와 방향을 파악할 수 있는 방

법으로 독립변수의 변화에 따라 종속변수가 어떠한 변화를 보이는지 예측하기 위한 통계적 분석방법이다. 상관관계분석과 비슷하지만 회귀분석에서는 두 변수 간 또는 둘 이상의 관계에 대한 $y = Bx + A$ 라는 직선의 방정식을 구함으로써 훨씬 더 정확한 예측을 할 수 있다⁶⁾. 본 연구에서는 다수의 독립변수를 다루는 다중 회귀분석을 이용하였다.

4.1. 분석모델의 선정

위의 상관분석 결과를 토대로 옹벽의 안전성에 영향력이 크다고 예상되는 항목들로 분석모델(독립변수)을 구성하였다. 종속변수는 18가지 항목에 대해 평가된 결함지수로 설정하였다.

독립변수 선택 시 유의확률 5%(0.05) 이상으로 관련성이 없는 것으로 나타난 침하, 전도, 탄산화 잔여 깊이, 전염화물 이온량, 낙석흔적 및 침출수를 제외하였다. 또한 결함점수 평가척도가 0과 1로만 나뉘는 백태와 사면구배의 경우 결함점수에 영향력이 크지 않을 것으로 판단해 제외했으며 박리, 마모/침식 경우 결함점수가 대부분 0~1점 사이에 분포하고 있어 결함점수가 등급의 변화에 미치는 영향을 판단하기에는 자료가 부족하다고 사료되어 제외하였다. 마지막으로 대부분의 옹벽에서 세굴이 발생하지 않은 것으로 판단되어 제외했으며 최종 분석모델은 다음과 같다(Table 9).

다중회귀분석 결과, 수정된 결정계수(R^2)는 설명력이 약 76%로서 독립변수가 종속변수인 결함지수에 대한 회귀모델이 적합하다는 것을 나타낸다. 독립변수와 종속변수 간의 상관관계는 0.872으로 높은 상관관계를 보이는데, 이는 상태평가항목들인 독립변수가 종속변수인 결함지수에 대한 전체 설명력을 보여준다(Table 10).

Durbin-watson은 1에서 3사이의 값을 보이면 잔차의 독립성에 큰 문제가 없다고 할 수 있는데, 위 모델의 회귀분석의 경우 Durbin-watson이 1.745로 나타나 잔차

Table 9. Model for multiple regression analysis

	Variable
Model(1)	Drain system, Exfoliation and delamination, Sliding, Crack, Condition of drainage, Breakage and damage, Reinforcement exposing

Table 10. Result of multiple regression analysis for the model(1)

R	R ²	Adjusted R ²	Std. error of the estimate	Durbin-watson
0.872	0.760	0.754	0.0343118	1.745

Table 11. Result of variance analysis for the model(1)

	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F	Significance probability
Regression	1.057	7	0.151	128.289	0.000
Residual	0.333	283	0.001		
Total	1.390	290			

의 독립성은 충족된 것으로 판단된다(Table 10).

분산분석을 실시한 결과, F검정 통계량이 128.289이고, 이에 대한 유의확률(p값)이 5%(0.05)보다 작은 0이므로 회귀모형이 적합하다고 할 수 있다(Table 11).

4.2. 회귀분석 결과

또한 다중공선성을 확인해야 하는데, 다중공선성이란 비슷한 변수가 독립변수에 포함된 경우를 말하며 독립변수는 상호간에 독립이어야 하는 것이 기본 전제로서 모형 내에 포함된 독립변수 간에 다중공선성이 존재할 경우 추정된 회귀계수의 분산이 매우 커지게 된다. 따라서 정확한 모수추정 및 검정에 어려움이 있으므로 다중회귀분석에서 매우 중요하다. 공선성 통계량의 공차한계(tolerance)와 분산팽창계수(Variance inflation factor, VIF)는 독립변수들간의 공선성을 판단하기 위한 지표로서 독립변수 사이에 발생하는 다중공선성으로 인한 분산의 증가를 의미하는 VIF는 일반적으로 10을 넘으면 다중공선성이 있다고 할 수 있다⁷⁾.

입력선택 방식에 대해 다중공선성의 정보를 알아볼 수 있는 VIF값을 확인해본 결과, VIF값이 최저 1.017에서 최대 1.150으로 각각의 독립변수에 대해 1점대의 낮은 값을 나타내 다중공선성에는 문제가 없는 것으로 보인다(Table 12). 그러나 변수의 유의성을 확인하기 위해 유의확률을 살펴보면, 대부분 독립변수들의 유의확률이 일반적인 유의수준인 5%(0.05)보다 작은 값을 보이고 있으나 철근노출, 배수시설 변수에 대해서는

5% 이상의 값을 나타내고 있으므로 귀무가설(상관관계가 없다)을 참으로 인정해야 한다고 할 수 있다. 따라서 종속변수인 결함지수에 유의한 영향을 미치지 못하는 것으로 보인다.

마지막으로 표준화된 회귀계수는 입력자료를 포함시켜(평균=0, 표준편차=1) 분석한 것이며 다음 표에 나타난 표준화 계수(Beta)의 절대값을 비교하면 7개의 독립변수 중 결함지수 평가에 가장 영향력이 큰 변수는 ‘배수공상태’이고 뒤를 이어 균열, 활동, 파손 및 손상, 박락 및 층분리 순으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 시트법 제정 이후 실시된 다수의 안전점검을 통해 축적된 데이터에도 불구하고 통계적 기법 기반의 종합분석이 실시되지 않았던 점에 착안하여 1972년부터 2012년까지 준공된 302개소 콘크리트 응벽에 대한 현장점검 결과를 바탕으로 상태평가 항목간 상관분석 및 상태평가 항목과 결함지수와의 상관분석을 실시하고 손상모형을 추출하여 다중회귀분석을 실시하여 다음의 결론을 도출하였다.

- 한국시설안전공단의 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침”에 지정된 상태평가 항목간의 상관분석 결과 [활동과 전도]의 Pearson 상관계수가 0.601로 강한 선형 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 이는 활동과 전도가 상호 유기적으로 발생하는 현상이므로 통합하여 관리하는 것이 더욱 효과적일 것으로 판단된다.
- 상태평가 항목과 결함지수와의 상관분석 결과 배수공상태와 균열이 Pearson 상관계수 강한 상관관계의 기준인 0.4 이상으로 나타났으며 이 항목들은 현행 세부지침 기준에서도 결함지수의 가장 높은 점수를 부여하고 있어 합리적인 것으로 판단된다.

Table 12. Result of statistics of model(3)

Model	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	Significance probability	Collinearity statistics	
	B	Std. error	Beta			Tolerance	VIF
Sliding	0.036	0.010	0.115	3.779	0.000	0.912	1.096
Condition of drainage	0.014	0.001	0.683	22.699	0.000	0.936	1.069
Breakage and damage	0.012	0.003	0.114	3.680	0.000	0.879	1.138
Crack	0.013	0.001	0.379	12.912	0.000	0.983	1.017
Exfoliation and delamination	0.012	0.005	0.067	2.211	0.028	0.931	1.075
Reinforcement exposing	0.013	0.008	0.054	1.718	0.087	0.870	1.150
Drain system	0.007	0.004	0.046	1.555	0.121	0.950	1.053

- 세굴의 경우 세부지침 기준에서 차지하는 결함점수는 16점으로 상당히 높은 편이나 현장점검 데이터를 분석한 결과 Pearson 상관계수가 0.167로 약한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 결함점수의 재조정이 필요할 것으로 판단된다.

- 상관분석 결과와 유사하게 회귀분석에서도 배수공상태와 균열이 결함지수에 가장 치명적인 손상항목인 것으로 나타났으며 철근노출과 배수시설은 유의확률이 5%(0.05)이상으로, 결함지수에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

- 본 연구에서 실시한 통계분석 결과는 현재 실시 중인 옹벽의 상태적·구조적 안전성 평가에서 성능위주평가로의 전환에 대비하고자 그에 적합하도록 평가 기준을 재정비하는데 유용한 기초자료가 될 것으로 사료된다.

감사의 글: 본 연구는 한국시설안전공단 기본연구사업 “비탈면 및 옹벽의 점검 및 진단결과 분석을 통한 취약요소 발굴 및 개선방안 연구”의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

References

- 1) J. -H. Seong, Y. -S. Byun and T. -K. Oh, “A Study on the Performance Based Evaluation Items of Concrete Retaining Wall Using Delphi Technique”, Proceedings of Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol. 19, No. 1, pp. 648-650, 2015.
- 2) Korea Infrastructure Safety Corporation, “Detailed Instructions Commentary of Safety Inspection and In-Depth Inspection(Retaining Walls)”, 2010.
- 3) Korean Society for Educational Evaluation “Educational Evaluation Terminology Dictionary”, Hakjisa, 2004.
- 4) S.-I. Kim, H.-S. Seo, B. -J. Ahn, S. -c. Yeo and S. -G. Lee, “Understand and Application of Statistics Using Minitab”, Minyoungsa, pp. 68-72, 2010.
- 5) E. -J. Song, “Correlation Analysis between Level of Service and Intersection Gaps in Urban Areas”, Master’s Thesis, University of Incheon, pp. 35, 2013.
- 6) G. -D. Kwon, H. -J. Son, S. -H. Yoo and M. -Y. Lee, “Statistical Analysis of Social Science and SPSS Utilization”, Asia Media Research, pp. 12-46, 2004.
- 7) C. -H. Jeon, “Engineering Applied Statistics”, Hongrung Publishing Company, 2004.