

선반식 옹벽의 수평토압에 관한 모형시험과 수치해석 비교

유완규¹, 김병일^{1*}, 문인종¹, 박용석²
¹명지대학교 토목환경공학과, ²(주)주성엔지니어링

Comparison of the Lateral Earth Pressure on the Retaining Wall with the Relieving Platform by Model test and Numerical Analysis

Wan-Kyu Yoo¹, Byoung-Il Kim^{1*}, In-Jong Moon¹ and Yong-Seok Park²

¹Department of Civil and Environmental Engineering, Myongji University

²Jusung Engineering Co.

요 약 일반적으로 높이가 높아짐에 따라 옹벽의 안정성과 경제성은 작아지는데 이런 경우 선반식 옹벽이 효과적으로 사용될 수 있다. 선반식 옹벽의 선반은 전체 토압을 감소시켜주어 옹벽의 안정성을 향상시켜준다. 이 연구에서는 일반적으로 선반이 설치되는 위치인 지표면으로부터 0.4H지점에 선반을 설치한 선반식 옹벽과 캔틸레버식 옹벽에 작용하는 토압분포에 대한 모형시험 결과를 수치해석 프로그램과 이론해를 이용한 토압과 비교하여 선반식 옹벽에 발생하는 토압 경감효과를 확인하고자 하였다. 모형시험결과와 유한요소해석 프로그램 및 이론해에 의한 토압산정 결과를 종합해 볼 때 선반식 옹벽은 캔틸레버식 옹벽에 비해서 수평토압이 감소하는 것을 알 수 있고, 선반을 설치하여 발생하는 토압의 감소효과는 뚜렷한 것으로 나타났다.

Abstract The retaining wall with the relieving platform can be constructed as an alternative to the concrete retaining wall in which the economic and stability are decreased as height increases. The relieving platform has the advantage of decreasing the total lateral earth pressure on the retaining wall and increasing the overall stability of the structure. In this study, model tests were performed to determine the distribution of the earth pressure on the retaining wall with and without the relieving platform which located at a depth of 0.4H from the ground surface. And model tests results were compared with analyzed results by 2-D finite element method and values driven from theoretical equation. As the result of this study, comparing model test results with those of numerical analysis and theoretical equation show that the reduction of the lateral earth pressure on wall was indicated clearly on the retaining wall with a relieving platform.

Key Words : retaining wall, relieving platform, lateral earth pressure, model test, finite element method, theoretical equation

1. 서론

옹벽은 도로를 건설할 때 흔히 시공되는 구조물 중의 하나이며, 옹벽 종류에는 중력식 옹벽, 반중력식 옹벽, 캔틸레버식 옹벽, L형 옹벽, 선반식 옹벽, 부벽식 옹벽 등이 있다[1]. 이와 같은 다양한 옹벽들 중에 옹벽 상단 부근에 하나 또는 그 이상의 선반을 설치하는 선반식 옹벽은 옹벽높이가 높아도 옹벽에 작용하는 토압이 상대적으로

작아 옹벽이 안정한 것으로 알려져 있다. 선반식 옹벽의 선반은 옹벽에 작용하는 전체 수평토압의 크기를 줄여주며, 따라서 구조물의 전체적인 안정성이 향상된다[2].

선반식 옹벽의 토압분포에 대한 연구는 외국의 경우 Yakovlev[3, 4], Liu & Lin[5] 등에 의해 일부 진행된 바 있고 국내에서도 선반식 옹벽에 발생하는 토압의 경감효과에 대한 모형시험 연구[6, 7]가 진행된 바 있지만 많은 연구가 이루어진 것은 아니다. 선반식 옹벽에서 선반의

*Corresponding Author : Byoung-Il Kim

Tel: +82-10-2722-6415 email: bikim@mju.ac.kr

접수일 12년 03월 07일 수정일 12년 04월 12일

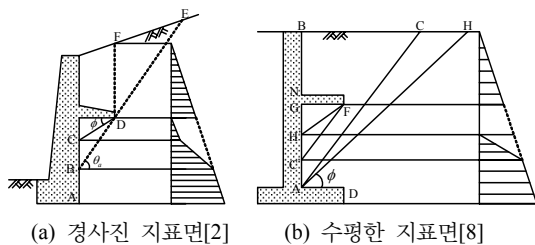
계재확정일 12년 05월 10일

위치가 옹벽의 상단부에 근접할수록 토압의 감소효과는 작아지고, 선반의 길이가 길어져 비경제적이 되며, 반면 선반이 옹벽 하단부에 근접할수록 선반의 길이가 짧아져 경제적이거나 토압의 감소효과는 크지 않다[7]. 따라서 선반을 옹벽의 중간 부분에 설치할 때 토압의 감소효과와 경제성에 유리하며[5], 일반적으로 지표면에서 0.4H(H=옹벽의 높이)의 높이에 선반을 설치한다[8]. 이 연구에서는 일반적으로 선반이 설치되는 위치인 지표면으로부터 0.4H지점에 선반을 설치한 선반식 옹벽과 캔틸레버식 옹벽에 작용하는 토압분포에 대한 모형시험 결과[7]를 수치해석 프로그램과 이론해를 이용한 토압과 비교하여 선반식 옹벽에 발생하는 토압 경감효과를 확인하고자 하였다. 또한 되메움 조건을 달리한 모형에 대해서도 토압산정결과를 비교함으로써 되메움 조건(아칭효과)이 캔틸레버식 옹벽 및 선반식 옹벽의 토압분포에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 옹벽에 작용하는 토압분포

2.1 선반식 옹벽의 토압분포

옹벽 상단 부근에 하나 또는 그 이상의 선반(relieving platform)을 설치하면 옹벽의 안정성이 크게 개선될 수 있다. 선반은 옹벽에 작용하는 전체 수평토압의 크기를 줄여주어(그림 1 참조) 구조물의 전체적인 안정성(overall stability)을 향상시켜 준다[2].

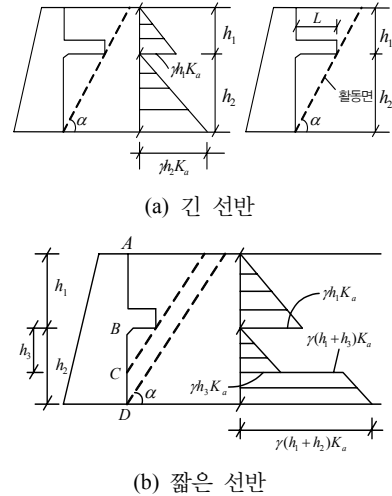


[그림 1] 선반식 옹벽의 토압분포
[Fig. 1] Earth pressure distribution of retaining wall with relieving platform

Liu & Lin[5]은 여러 종류의 선반에 대한 계산방법을 결정하기 위하여 짧은 선반과 긴 선반을 갖는 경우에 대한 판단기준 및 계산법을 제안하였다.

긴 선반과 짧은 선반의 판단은 선반의 위치가 결정되었을 경우에 그림 2(a)에서 $L < h_2 \cot \alpha$ 일 때는 짧은 선반이고 $L \geq h_2 \cot \alpha$ 일 때는 긴 선반이다. 그림 2(a)는 긴

선반을 갖는 경우의 주동토압계산 방법을 나타낸 것이고 그림 2(b)는 짧은 선반을 갖는 경우의 주동토압계산 방법을 나타낸 것이다.



[그림 2] 선반식 옹벽의 주동토압계산[5]
[Fig. 2] Calculation of active earth pressure by Liu & Lin methods[5]

2.2 아칭효과를 고려한 토압산정

벽마찰이 존재하는 경우 벽체에 작용하는 토압분포는 직선이 아닌 비선형 분포를 나타내며 이러한 형태는 아칭효과[9]에 기인하는 것으로 알려져 있다. Paik & Salgado[10]는 활동면이 수평면과 $45^\circ + \phi/2$ 를 이룬다는 가정 하에 아칭효과를 고려한 토압 산정식을 다음과 같이 제안하였다.

$$K_{awn} = \frac{\sigma_{ahw}}{\sigma_v} = \frac{3(N \cos^2 \theta + \sin^2 \theta)}{3N - (N-1) \cos^2 \theta} \quad (1)$$

$$\sigma_{ahw} = \frac{\gamma H K_{awn}}{1 - K_{awn} \tan \delta \tan \alpha} \times \left[\left(1 - \frac{z}{H}\right)^{K_{awn} \tan \delta \tan \alpha} - \left(1 - \frac{z}{H}\right) \right] \quad (2)$$

여기서, $N = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{(N-1) \pm \sqrt{(N-1)^2 - 4N \tan^2 \delta}}{2 \tan \delta} \right]$$

$$\frac{\sigma_v}{\sigma_1} = \sigma_1 \left(1 - \frac{N-1}{3N} \cos^2 \theta\right)$$

$\alpha = 45^\circ + \phi/2$ (ϕ : 흙의 전단저항각)

H : 옹벽의 높이, δ : 흙과 벽체의 마찰각

z : 뒤채움 지반의 지표면으로부터 깊이

3. 모형시험

3.1 시험에 사용된 흙 및 장비

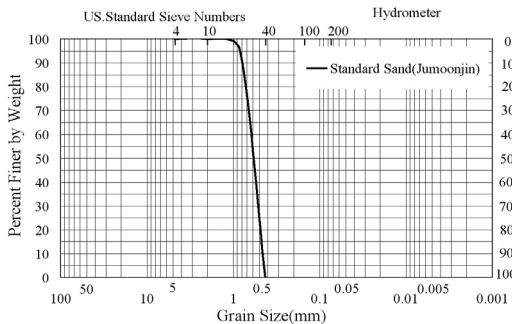
3.1.1 시험에 사용된 흙

이 연구에서는 반복적인 시험에 대하여 균질한 모형지반을 조성하기 위하여 주문진 표준사를 사용하였다. 표 1은 이 연구에 사용된 주문진 표준사의 물성값 및 역학적 특성치를 정리하여 나타낸 것이고 그림 3은 이 흙의 입도 분포 곡선을 나타낸 것이다.

[표 1] 모형시험에 사용된 흙의 물성값, 역학적 특성치
[Table 1] Soil properties

	비중, G_s	강도정수		γ_{dmax} (kN/m^3)	γ_{dmin} (kN/m^3)	USCS
		c (kPa)	ϕ (°)			
주문진 표준사	2.62	0	38.4	16.79	13.96	SP

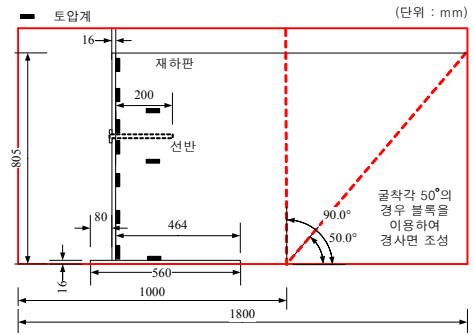
* 강도정수 c , ϕ 는 직접전단시험으로 구한 값임



[그림 3] 주문진 표준사의 입도분포곡선
[Fig. 3] Grain size distribution curves

3.1.2 시험에 사용된 장비

모형시험에는 폭 800mm를 갖는 그림 4와 같은 크기로 제작된 철제토조를 이용하였다. 이 토조는 길이 방향으로 분리가 가능하여 굴착각도 90°를 적용한 모형에서는 1000mm의 토조 길이를 적용한 후 강제 철판으로 굴착면을 모사하였다. 시험에 사용된 모형옹벽(높이 : 805mm, 폭 : 790mm)은 철에 비해 무게가 가벼우면서도 충분한 강도를 갖는 알루미늄합금(Duralumin)을 이용하여 제작하였다. 그림 4에서와 같이 모형시험에는 옹벽에 작용하는 수평토압을 측정하기 위한 7개의 토압계와 지반의 연직토압을 측정할 수 있는 3개의 토압계를 사용하였다.



[그림 4] 모형지반 단면 및 계측센서 배치도
[Fig. 4] Schematic profile of experimental setup

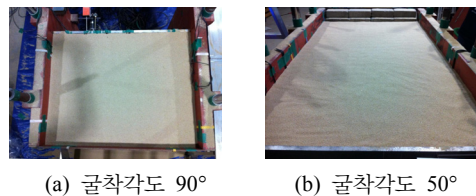
3.2 시험 조건 및 시험방법

이 연구에서는 기존 캔틸레버식 옹벽에 작용하는 토압과 선반식 옹벽에 작용하는 토압을 모형시험을 통하여 비교하였다. 또한 옹벽 배면의 굴착각도는 벽마찰에 의해서 아칭효과가 발생할 것으로 예상되는 90°(좁은 되메움)와 아칭효과가 고려되지 않는 50°(일반 되메움)로 달리하여, 되메움 조건에 의한 아칭현상이 캔틸레버식 옹벽과 선반식 옹벽에 작용하는 토압에 미치는 영향을 파악하였다. 표 2는 모형시험에 적용된 시험조건을 정리하여 나타낸 것이다.

모형옹벽에 작용하는 토압의 측정을 위하여 주문진 표준사를 강사장치를 이용하여 120cm의 강사 높이를 유지하면서 지층 높이 10cm 단위로 모형지반에 고르게 강사하였다. 이와 같은 방법으로 조성된 모형지반(그림 5 참조)의 단위중량은 평균 15.62kN/m³로 나타났으며, 이때 지반의 상대밀도(D_r)는 약 63.1%로 결정되었다. 모형시험에 관한 자세한 내용은 Kim et al.[7]에 설명되어있다.

[표 2] 모형시험 조건
[Table 2] Model test conditions

구분	case	옹벽 종류	굴착각도
1	SC90	캔틸레버	90° (좁은 되메움)
2	SR90	선반식	
3	SC50	캔틸레버	50° (일반 되메움)
4	SR50	선반식	



(a) 굴착각도 90° (b) 굴착각도 50°
[그림 5] 모형지반 조성 완료
[Fig. 5] Finish of experimental setup

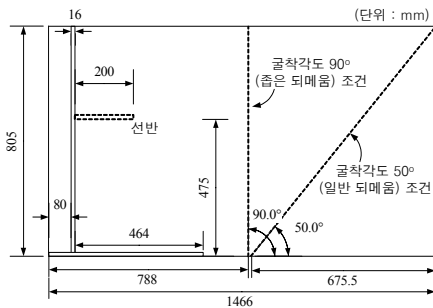
4. 수치해석 및 이론해를 이용한 토압산정

4.1 수치해석

이 연구에서는 모형시험 결과와 비교하기 위하여 Finite Element Method(FEM) 해석프로그램인 PLAXIS 2D를 이용하여 평면변형(plane strain)해석을 적용한 수치해석을 실시하였다. 수치해석은 각 시험조건에 따라 4단면의 해석을 실시하였으며, 시공단계 해석을 이용한 수치해석을 통해 뒤채움 종료 후 지반 및 옹벽에 작용하는 토압분포를 파악하였다.

4.1.1 해석단면

수치해석에 사용된 해석단면은 옹벽형태 및 되메움 조건에 따라 모형시험에 사용된 실제 모형크기를 이용하여 그림 6과 같이 결정하였다.



[그림 6] 해석 단면
[Fig. 6] Cross section for FEM analysis

4.1.2 해석에 사용된 물성치 및 지반 모델링

가. 수치해석에 사용된 물성치

수치해석에 사용된 뒤채움 흙과 옹벽의 물성치는 모형시험에 사용된 흙과 재료의 특성치를 적용하였다. 일반 되메움 조건을 모사하는 50° 굴착각 구성에 사용된 블록의 물성치는 콘크리트의 일반적인 물성치를 참고하여 해석에 적용하였다. 표 3은 수치해석에 사용된 물성치를 정리하여 나타낸 것이다. 또한, 다양한 값으로 표 3의 물성치를 변화시켜 수치해석을 실시한 결과 흙의 내부마찰각

[표 3] 수치해석에 사용된 구조물과 흙의 물성치
[Table 3] Structure and soil properties for numerical analysis

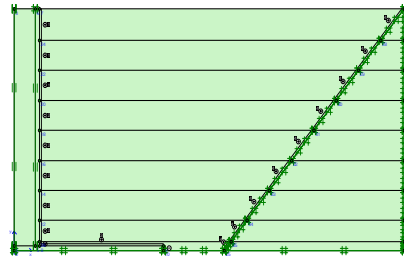
구분	해석모델	단위중량(kN/m ³)	점착절편(kPa)	내부마찰각(°)	탄성계수(MPa)	포아송비	R _{inter}
옹벽	선형탄성	26.3	-	-	70,300	0.33	-
경사블록	선형탄성	25.0	-	-	2,000	0.2	-
주문진 표준사	Mohr-Coulomb	15.62	1	38.4	40	0.3	0.3

* R_{inter} : 인터페이스를 위한 강도감소계수

과 옹벽의 탄성계수가 다른 물성치에 비해서 수치해석 결과에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 선반식 옹벽에 대한 해석결과에서는 흙의 탄성계수 변화에도 수평 토압이 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

나. 지반 모델링

수치해석에 사용된 지반 모델은 그림 6의 해석단면을 이용하여 옹벽형태와 되메움 조건에 따라 모델링하였다(그림 7 참조). 그림 7에서 옹벽과 굴착면에는 인터페이스 요소를 적용하여 흙과 옹벽 및 흙과 굴착면 사이에 발생하는 벽마찰 효과를 고려할 수 있도록 하였다. 또한, 굴착각도 50° 조건의 경우 굴착면 구성에 적용된 블록은 강성체로 고려하여 모델링 하였다. 또한 모형시험의 지반조성 방법을 모사하여 그림 7에 나타난 바와 같이 8단계로 뒤채움 흙을 단계 성토하여 해석을 실시하였다.



[그림 7] 해석단면 모델링 예(SC50)
[Fig. 7] Instance of Modelling for FEM analysis(SC50)

4.2 이론식을 이용한 토압산정

이 연구에서는 캔틸레버식 옹벽에 작용하는 토압의 산정을 위해서 일반적으로 옹벽의 토압산정에 사용되고 있는 Rankine의 이론식 및 Jaky의 공식을 이용한 정지토압 계수를 사용하였으며, 각각의 계산 식은 다음과 같다.

$$\text{Rankine} : K_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} \quad (3)$$

$$\text{Jaky} : K_0 = 1 - \sin\phi \quad (4)$$

여기서, K_a , K_0 : 주동 및 정지토압계수
 ϕ : 흙의 전단저항각

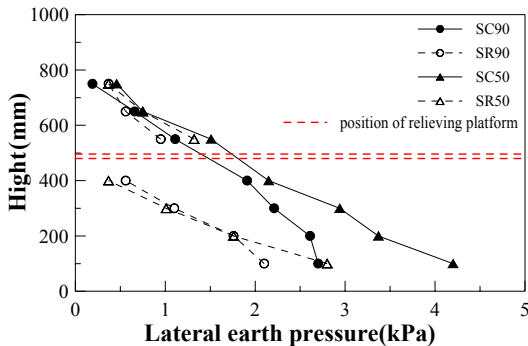
선반식 옹벽에 작용하는 토압의 경우에는 Liu & Lin[5]이 제안한 방법에서 긴 선반을 갖는 경우(그림 2(a)와 그림 1(b)의 도해법을 이용하여 옹벽에 작용하는 토압을 산정하였다. 한편 2.2절에서 설명한 바와 같이 Paik & Salgado[10]는 아칭효과를 고려한 토압산정식을 제안하였으며, 이 연구에서는 좁은 되메움조건(굴착각도 90°)에 대한 토압측정결과와 비교하기 위하여 식 (1)과 식 (2)를 사용하여 토압을 산정하였다. 토압의 산정에 필요한 벽마찰각 δ 는 McCarthy[11]가 제안한 벽마찰각의 대표값을 고려하여 25°를 적용하였다.

5. 모형시험 및 수치해석결과의 비교

5.1 모형시험결과

옹벽의 형식(캔틸레버식과 선반식 옹벽)과 되메움 조건(좁은 되메움(굴착각 90°)과 일반 되메움(굴착각 50°)을 달리하여 되채움한 후에 옹벽에 작용하는 수평토압 및 지반에 작용하는 연직응력을 측정하였고, 각 시점조건 별 되채움 종료 후 수평토압 분포는 그림 8과 같다. 그림 8에서 보는 바와 같이 수평토압은 선반의 상부위치(H \approx 500~805mm)에서는 옹벽의 종류와 되메움 조건에 상관없이 수평토압의 크기가 거의 유사한 것으로 나타났다.

반면 선반 하부위치(H \approx 0~500cm)에서는 옹벽 종류에 따라서 토압분포가 달라 캔틸레버식(SC90 및 SC50) 옹벽의 토압이 선반 하부위치에서도 연속적으로 증가하지만 선반식 옹벽(SR90 및 SR 50)에서는 선반 바로 아래 지점에서 수평토압이 급격하게 감소하고 깊이에 따라 다시 증가하는 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 선반식 옹벽에서는 선반의 설치로 인해서 수평토압감소효과가 뚜렷하게 발생했기 때문인 것으로 판단된다.

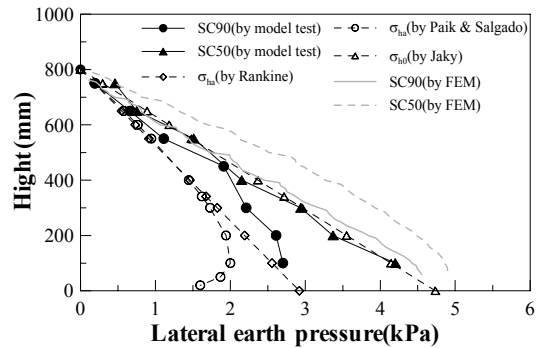


[그림 8] 수평토압 모형시험 측정결과
[Fig. 8] Measured lateral earth pressures by model tests

한편, 굴착각도 90°(좁은 되메움)를 적용한 캔틸레버식 옹벽(SC90)과 선반식 옹벽(SR90) 모두에서 벽마찰에 의한 아칭효과로 인하여 옹벽 바닥에 근접할수록 수평토압의 증가율이 감소하는 것으로 나타났으며 이러한 수평토압의 경향은 협소한 되채움과 아칭효과를 고려한 기존의 연구결과[10, 12]와 유사한 것으로 나타났다. 그러나 굴착각도 50°를 적용한 캔틸레버식 옹벽(SC50)과 선반식 옹벽(SR50)에서는 일반적인 옹벽에서의 토압분포 형태와 유사하게 수평토압이 거의 선형에 가깝게 증가하는 경향을 보였다. 그 밖의 자세한 모형시험 결과는 Kim et al.[7]을 참조하기 바란다.

5.2 캔틸레버식 옹벽의 수평토압 비교

그림 9는 모형시험과 수치해석 그리고 이론해를 이용하여 캔틸레버식 옹벽에 작용하는 수평토압 분포를 비교하여 나타낸 것이다. 그림 9에서 보는 바와 같이 모형시험으로 결정된 캔틸레버식 옹벽의 토압분포는 주동토압에 비해서 Jaky의 공식을 사용한 정지토압에 가까운 분포를 나타내었다. 특히 굴착각도 50°를 적용한 SC50의 경우에는 정지토압으로 계산한 토압분포와 거의 유사한 값을 나타내었다. 이러한 결과는 모형시험에서 모형옹벽의 변위가 거의 발생하지 않아서 지반조건이 정지토압에 가까운 상태를 유지했기 때문인 것으로 판단된다.



[그림 9] 캔틸레버식 옹벽의 수평토압 분포 비교
[Fig. 9] Comparison of lateral earth pressures : cantilever retaining wall

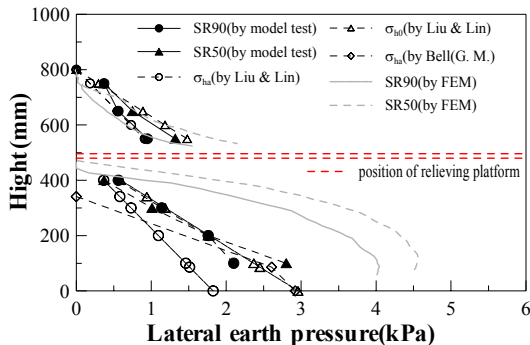
한편, 굴착각도 90°를 적용하여 좁은 되메움 조건을 적용한 SC90의 모형시험결과는 Paik & Salgado[10]가 제안한 식으로 산정된 주동토압에 비해 전반적으로 큰 값을 나타내었지만 옹벽하부에서 토압이 감소하는 경향은 거의 유사한 형태로 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 SC90의 모형시험 조건에서는 벽마찰에 의해서 지반에 아칭현상이 발생한 것으로 판단된다. 또한 각 모형시험 조건에

대한 수치해석결과는 모형시험결과와 이론해를 이용한 계산 값에 비해서 전반적으로 큰 값을 갖는 것으로 나타났고, 좁은 되메움 조건에서 모형시험과 이론해에서 고려된 아칭현상이 수치해석에서는 발생하지 않은 것으로 판단된다.

5.3 선반식 옹벽의 수평토압 비교

선반식 옹벽에 작용하는 수평토압의 분포를 모형시험, 수치해석 그리고 이론해를 이용하여 산정한 후 그림 10에 비교하여 나타내었다. 이론해를 이용한 수평토압은 앞서 2.1절에서 설명한 Liu & Lin[5]의 방법 중에 긴 선반의 조건에 대한 산정식을 적용하였으며, 정지토압과의 비교를 위해서 정지토압계수를 적용하여 정지토압 상태에서의 토압분포도 산정하였다. 또한, 그림 2(b)의 지표면이 수평인 조건에 대한 도해법을 적용하여 토압을 산정하였다.

선반식 옹벽에 작용하는 수평토압을 비교할 때에 선반 상부에서는 그 값이 거의 비슷하게 측정 또는 산정되었다. 하지만 선반 하부에서는 모형시험의 결과가 캔틸레버식 옹벽에서의 토압결과와 유사하게 주동토압보다는 정지토압에 가까운 결과를 나타내었다. 또한, 모형시험결과가 정지토압에 가까운 결과를 보이는 것을 고려할 때 그림 2(b)를 이용하여 도해법으로 산정된 주동토압의 경우에는 Liu & Lin[5]의 방법과 모형시험결과에 비해서 선반 하부에 작용하는 수평토압을 과다하게 산정하는 경향을 나타내었다.



[그림 10] 선반식 옹벽의 수평토압 분포 비교
 [Fig. 10] Comparison of lateral earth pressures : retaining wall with relieving platform

수치해석으로 산정된 수평토압은 선반 하부에서 다른 결과들에 비해서 과다한 값을 나타내었고, 수치해석결과가 다른 결과에 비해서 크게 나타났던 캔틸레버 옹벽의 조건에 비해서 더 큰 차이를 보였다. 이러한 결과는 모형

시험과 해석조건의 차이에서 나타난 결과로 판단되는데 모형시험의 경우에는 10cm 높이로 맞추어 강사를 한 반면에 수치해석에서는 10cm 높이로 단계성토를 하면서 성토 후 지반에 침하가 발생했기 때문이다. 특히, 선반식 옹벽은 선반이 연직토압의 대부분을 분담함으로 인해서 선반이 설치된 위치의 지반침하가 상대적으로 덜 발생하였다. 이러한 이유로 배후 지반 침하가 옹벽 하부 방향으로 회전하는 형태로 발생했기 때문에 수평토압의 증가가 크게 발생한 것으로 판단된다. 그러나 선반식 옹벽에 대한 수치해석에서 선반 하부에 발생한 수평토압이 다소 크게 산정되었지만 그 크기는 캔틸레버식 옹벽에 비해서는 작은 것으로 나타났다.

이와 같이 모형시험결과와 수치해석, 이론해에 의한 토압산정결과를 종합해 볼 때 되메움 조건에 따라서 그 경향이 조금 차이를 보이는 하지만 선반식 옹벽은 캔틸레버식 옹벽에 비해서 수평토압이 감소하는 것을 알 수 있고, 선반을 설치하여 발생하는 토압의 감소효과는 뚜렷한 것으로 판단된다.

6. 결론

이 연구에서는 되메움 조건을 달리하여 캔틸레버식 옹벽과 선반식 옹벽에 대한 모형시험을 실시하였다. 그 결과를 수치해석 및 이론해를 이용한 토압산정결과와 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

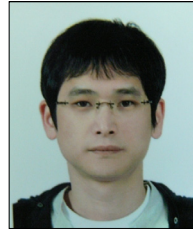
- 1) 선반식 옹벽에서는 캔틸레버식 옹벽에 비해서 수평 토압이 감소하는 것으로 나타났고, 선반을 설치하여 발생하는 토압의 감소효과는 뚜렷한 것으로 판단된다.
- 2) 옹벽의 변위가 거의 발생하지 않은 모형시험의 조건으로 인해서 캔틸레버식 옹벽과 선반식 옹벽 모두에서 토압분포는 주동토압보다는 정지토압에 가까운 결과를 나타내었다.
- 3) 선반식 옹벽에서는 도해법으로 산정한 토압에 비해서 Liu & Lin 방법으로 산정한 토압이 실제 측정결과와 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다.
- 4) 좁은 되메움 조건에서는 지반에 발생한 아칭현상으로 인해서 옹벽 하부로 내려갈수록 토압감소효과가 발생하는 것으로 나타났다.
- 5) 모형시험결과와 이론해에 비해서 수치해석의 결과가 다소 크게 산정되는 결과가 나타났으며 그 이유는 모형시험과 해석조건의 차이 때문인 것으로 판단된다.

References

- [1] B. I. Kim, S. H. Lee, O. S. Kwon and J. H. Kim, "Geotechnical Structure Design Theories and Practice", Saeron Publishing Company, 2009.
- [2] F. G. Bell, "Ground Engineer's Reference Book", Butterworths, London, 1987.
- [3] P. I. Yakovlev, "Investigation of the Behavior of Relieving Platforms of Rretaining Walls", in: Scientific Papers Hydraulic Engineering, Russian, No.3, Morskoi Transport, 1964.
- [4] P. I. Yakovlev, "Experimental Investigation of Earth Pressure on Walls with Two Relieving Platforms in the Case of Breaking Loads on the Backfill", Odessa Institute of Naval Engineers, Translated from Osnovaniya, Fundamenti Mekhanika Gruntov, No.3, pp. 7~9, 1974.
- [5] Liu Fuchen and Lin Shile, "Earth Pressure Calculation for Retaining Structure with Relieving Platform", Port Engineering Technology, Aug. 2008, Total 182, No.4, 2008.
- [6] M. R. Yang, M. Piao, W. K. Yoo, B. I. Kim, C. Y. Park and Y. S. Park, "An Experimental Study on the Earth Pressure of the Retaining Wall with the Relieving Platform", KGS Fall National Conference 2011, pp. 656~665, 2011.
- [7] B. I. Kim, W. K. Yoo, M. R. Yang and Y. S. Park, "Model Test Study on the Earth Pressure of the Retaining Wall with the Relieving Platform", Journal of Korean Society of Civil Engineers, Vol.32, No.1C, pp. 27~35, 2012.
- [8] H. W. Jang, "Soil · Foundation Design and Example", Research-culture Publishing Company, 1998.
- [9] R. L. Handy, "The Arch in Soil Arching", Journal of Geotech. Eng, ASCE 111, No. 3, pp. 302~318, 1985.
- [10] K. H. Paik and R. Salgado, "Estimation of Active Earth Pressure against Rigid Retaining Walls Considering Arching Effects", Geotechnique, 53(7), pp. 643~653, 2003.
- [11] D. F. McCarthy, "Essentials for Soil Mechanics and Foundations", 2nd ed., Reston Publishing Company, Inc., Reston, Virginia, 1982.
- [12] N. S. Yoon, "The Earth Pressure on a Cut-Slope Protection Wall", Ph.D. thesis, Dept. of Civil & Environmental Eng., Myongji Univ., 2007.

유 완 규(Wan-Kyu Yoo)

[정회원]



- 2006년 2월 : 명지대학교 토목환경공학과 (공학석사)
- 2011년 8월 : 명지대학교 토목환경공학과 (공학박사)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 명지대학교 BK21 토목 고등설계 교육원 박사 후 연구원

<관심분야>
토질역학, 기초공학

김 병 일(Byoung-Il Kim)

[정회원]



- 1989년 2월 : 서울대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1994년 2월 : 서울대학교 토목공학과 (공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 명지대학교 토목환경공학과 교수

<관심분야>
토질역학, 기초공학

문 인 종(In-Jong Moon)

[정회원]



- 2012년 2월 : 명지대학교 토목환경공학과 (공학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 명지대학교 토목환경공학과 석사과정

<관심분야>
토질역학, 기초공학

박 용 석(Yong-Seok Park)

[정회원]



- 1988년 2월 : 중앙대학교 토목공학과 (공학사)
- 2000년 12월 : 토목구조기술사 자격 취득
- 2003년 ~ 현재 : 주식회사 주성엔지니어링 대표이사

<관심분야>

토질역학, 구조역학