

과재하중 재하에 따른 역 T형 옹벽의 활동거동에 관한 수치해석

A Numerical Study of Cantilever Retaining Wall Sliding Behavior due to Surcharge Loading Condition

유 남 재* 이 명 옥** 박 병 수*** 이 승 주****
Yoo, Nam-Jae Lee, Myung-Woog Park, Byung-Soo Lee, Seung-Joo

Abstracts

This paper is experimental and numerical research about the sliding behavior of cantilever retaining walls resisting surcharge loads. In experimental research, centrifuge model tests at the 1g and 40 g-level were performed by changing the location of model footing and its width. Bearing capacity of model footing and characteristics of load-settlement and load-lateral displacement of retaining wall were investigated.

Test results of bearing capacity were compared with modified jarquio method, based on the limit equilibrium method with elasticity theory. For the numerical analysis, the commercially available program of FLAC was used by implementing the hyperbolic constitutive relationships to compare with test result about load-settlement and load-displacement of retaining wall, bearing capacity of strip footing.

키워드 : 역 T형 옹벽, 활동거동, 과재하중, 원심모형실험

keywords : cantilever retaining wall, sliding behavior, surcharge loads, centrifuge model test

1. 서론

도로가 건설되거나 택지가 조성되는 경우에 절토와 성토가 실시된다. 이러한 절토사면 및 성토사면의 안정구배는 토질이나 기상조건 등 지형 및 환경조건에 따라서 변화하게 되며 때로는 대량의 절토나 성토가 수반된다. 이에 따라 거액의 공사비 뿐만 아니라 원지반의 안정을 손상시킬 우려가 있다. 옹벽의 설치는 토량의 경감뿐만 아니라 자연구배를 이룰 수 없는 배면의 흩을 지지하고 그의 붕괴를 방지하는 토목구조물로서 매우 광범위하게 사용되고 있는 토류구조물이다. 일반적으로 양호한 사질

토지반에 설치된 옹벽은 지지력과 전도에 대한 안정에 비해 기초지반과 옹벽저판 사이에 발생하는 마찰거동에 따라서 활동에 대한 안전율을 확보하는데 많은 문제점을 지니고 있다. 현재까지 옹벽의 활동거동에 관한 연구는 대부분 뒤채움재의 자중 효과에 고려하여 수행되어 왔으며, 부분적으로는 지표면상의 재하중이 옹벽배면에 무한한거리로 재하되는 경우에 대한 연구가 수행되어왔다. 그러나 옹벽배면에 도로나 철도등이 구조물로서 지표면상에 재하중이 있는 경우나 자동차나 열차등의 활하중등 제한된 폭의 상재하중이 작용하는 경우에 대한 실험적 수치적인 연구는 미비하며 그의 파괴메카니즘 및 활동거동에 대한 옹벽의 안전을 산정에 관한 연구가 많이 이루어지지 않은 상황이다.

과재하중에 인해 옹벽에 작용하는 수평옹벽력을 구하기 위하여 일반적인 방법으로는 탄성이론에 의한 해석적인 방법(Boussinesq, 1885)과 실험결과에 근거한 경험식(Terzaghi, 1954)등이 있다. 한편, 수정 Boussineque 방정식(Jarquio, 1981; Misra, 1981)에 기초한 탄성해석법의 사용이 추천되고 있

* 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사
** 동해대학교 토목공학과 전임강사, 공학박사
*** 강원대학교 토목공학과 연구원, 공학박사
**** 강원대학교 토목공학과 연구원 공학석사

으나(Motta,1994), 이러한 탄성해석법에 의한 추가 토압에 의한 토압의 계산방식은 뒤채움의 강도를 적절히 반영하지 못하고 뒤채움을 완전탄성체로 가정하는 근사적인 방법이라는 한계점을 지니고 있다(Clyton,1993). 한편, 유남재등(2000)은 Jarquio (1981)의 기존이론식을 수정보완하여 재하하중의 작용위치에 따라 지표면의 과재하중에 의해 옹벽 저판 상부에 전달되는 응력을 고려하는 새로운 이론식을 발표하였다. 따라서 본 연구에서는 상재 하중의 폭과 재하위치를 매개변수로 역T형 옹벽에 대한 1g, 40g의 원심모형실험을 수행하여 획득한 하중-침하 및 수평변위 특성 및 극한지지력을 결과를 기존의 Jarquio(1981)의 수정보완식과 FLAC을 사용한 수치해석결과와 비교 분석을 실시 하였다.

2. 실내실험

실험은 본 연구에 사용된 공기 건조된 주문진 표준사의 기본물성실험, 삼축압축실험 및 마찰실험을 수행하였다. 한편, 모형재하실험은 모형옹벽 성형 후 모형을 가속시키지 않은 상태 즉, 1g 상태와 모형성형 후 원심모형시험기에서 40g 상태로 가속한 후 상재하중을 가한 40g 상태의 실험으로 구별하여 수행하였다.

2.1 주문진 표준사의 토질공학적 물성

공기 건조된 주문진 표준사의 기본물성은 표 1에 나타난 바와 같으며 모형지반의 내부마찰각은 삼축압축시험을 통해 획득한 자료로부터 Mohr-Coulomb의 파괴규준식과 응력경로를 이용하여 그림 1에 나타난 바와같이 할선법(Secant Method)을 사용하여 평균 내부마찰각을 결정하였다. 한편, 내부마찰각은 그림 2에 보인바와같이 각각의 실험조건에 해당되는 구속응력에 대한 내부마찰각을 결정하여 해석에 사용하였으며 그 결과는 표 2에 나타난 바와 같다. 한편, 옹벽저판과 모형지반 사이의 마찰계수를 획득하기 위해 수행된 마찰실험 결과는 표 3에 보인바와 같으며 옹벽저판과 모형지반 사이의 마찰각 역시 표 2에 보인바와 같이 각각의 실험조건에 해당되는 구속응력에 대한 마찰각을 결정하여 해석에 사용하였다.

표 1. 주문진 표준사의 물리적 성질

입경특성	건조밀도,		간극비,		비중, Gs
	g/cm ³		e		
	최대	최소	최대	최소	
D ₁₀ =0.21mm, Cu=1.19, Cc=1.01	1.682	1.384	0.879	0.546	2.6

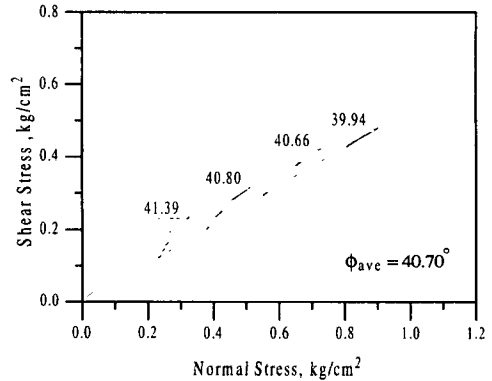


그림 3. 할선법에 의한 평균 내부마찰각의 결정

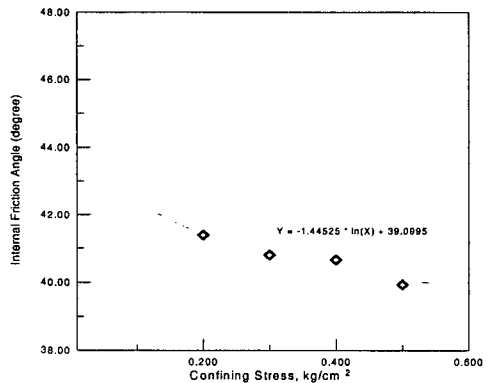


그림 4. 구속응력의 변화에 따른 내부마찰각

표 2. 증력수준의 변화에 따른 내부마찰각 및 콘크리트와의 마찰각

상대 밀도	증력 수준	구속응력, kg/cm ²	내부마찰각, φ	마찰각, δ
80%	1g	0.00463	46.87°	32.29°
	40g	0.18518	41.54°	29.46°

표 3. 콘크리트와의 마찰실험결과

재료	상대 밀도 (%)	연직응력(kg/cm ²)						마찰 계수, f	마찰각
		최대전단응력(kg/cm ²)							
		0.15	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0		
콘크리트	80	0.09	0.13	0.24	0.35	0.45	0.55	0.565	29.46.

2.2 모형실험

본 연구에서는 축소된 모형을 인위적으로 가속시켜 토립자의 자중을 증가시킴으로서 현장상태의 응력을 재현시켜 그의 거동을 관찰할 수 있는 원심모형실험기법을 사용하였다. 역 T형 옹벽의 뒤채움재 상부 지표면에 작용하는 상재하중에 대한 극한지지력, 하중-침하특성, 하중-수평변위특성을 분석하기 위하여 표 4에 보인바와 같이 상재하중의 폭과 재하위치, 중력수준을 매개변수로 변화시켜 총 19가지 경우의 모형실험을 수행하였다.

표 4. 모형실험내역

기초폭 B(cm)	중력수준 g	재 하 위 치	
		d(cm)	d/H
2	1	0, 2, 4, 6, ∞	0, 0.12, 0.24, 0.36, ∞
		0, 3, 6, ∞	0, 0.18, 0.36, ∞
3	40	0, 3, 6, ∞	0, 0.18, 0.36, ∞
		0, 2, 4, 6, ∞	0, 0.12, 0.24, 0.36, ∞

2.2.1 실험장치

본 실험에서는 강원대학교 지반공학연구소에 설치된 원심모형시험기를 사용하였다. 2차원 평면변형조건의 모형거동을 모사하기 위하여 사용한 모형토조는 그림 3에 보인바와 같다. 그림 3의 실험에 사용된 모형옹벽은 16.5cm 높이의 코크리트옹벽로 제작하여 40g 중력수준에서 6.6m 옹벽에 해당하도록 옹벽높이를 결정하였다.

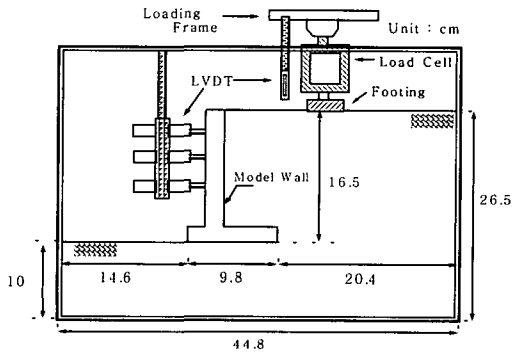


그림 3. 모형장치배치도

단면의 두께 및 저판길이 그리고 앞굽의 길이는 일반적인 옹벽의 설계기준을 고려하여 결정하였다. 모형기초는 길이 20cm, 두께 2.5cm, 폭 2cm, 3cm, 4cm 크기의 강성 알루미늄 모형기초를 사용하였으며 그림 3에 보인바와 같이 유압식 하중재하장치를 사용하여 상재하중을 재하하였다. 한편, 하중재하시 모형옹벽의 수평변위와 모형기초의 연직침하

량을 측정하기 위하여 LVDT를 사용하였으며, 상재하중의 크기를 측정하기 위하여 하중계(Load Cell)을 하중재하장치에 장착하여 하중을 측정하였다.

2.2.2 실험방법

상대밀도 80%의 균질한 상대밀도를 갖는 모형지반을 형성하기 위하여 강사장치(Raining Sand Device)를 제작하여 강사법을 이용하여 기초지반 및 뒤채움재를 조성하였으며 일정한 높이의 간격으로 염색사를 포설함으로써 실험 중 옹벽의 파괴에 따른 활동선의 형성양상을 관찰하였다. 실험은 모형토조를 조성한 뒤 모형토조를 원심모형시험기의 바스켓에 설치한뒤 1g 재하실험의 경우는 원심모형시험기를 가속하지 않고 하중을 재하하여 모형옹벽의 활동파괴를 유도하며, 원심모형실험의 경우 모형토조를 원심모형시험기에 장착한후 소정의 중력수준(40g)까지 원심력을 증가시켜 일정한 중력수준을 유지한 후 하중을 재하하여 모형옹벽의 활동파괴를 유도하였다.

3. 옹벽의 극한지지력

그림 4에 보인바와 같이 Jarquio(1981)가 제안한 띠하중 형태의 상재하중으로 인해 옹벽의 배면에 유발되는 단위길이당 힘 P는 식 1과 같다.

$$P = \frac{R q_s}{180} [H (\theta_2 - \theta_1)] \quad (1)$$

여기서, $\theta_1 = \tan^{-1}(\frac{d}{H})$, $\theta_2 = \tan^{-1}(\frac{d+B}{H})$.

R은 뒤채움재의 강성도를 고려하기 위한 강성계수로서 뒤채움재를 강제로 가정할 경우, R=2를 적용하고 압축성 재료로 가정할 경우에는, R=1을 적용하였다. 높이 H는 토압이 전달되는 벽체의 높이에 해당하고, B는 재하기초폭 그리고 d는 토압이 작용하는 가상배면으로부터 그에 가까운 재하판 연단까지의 수평거리를 나타낸다.

본 연구에서는 옹벽의 활동파괴를 유발하는 상재하중의 크기를 산정하기 위하여 Jarquio(1981)가 제안한 식을 보완하여 사용하였다[9]. 즉, 지표면의 상재하중 q_s 에 의하여 옹벽저판 상부에 전달되는 응력 q'_s 은 연직력으로 작용하여 활동저항력을 증가시키는 요소가 되므로 그림 5에 보인바와 같이 2:1 옹벽분포법을 사용하여 그 크기를 결정하였다. 한편, 뒤채움으로 인해 발생하는 주동토압은 Rankine토압을 사용하였다. 따라서 뒤채움의 강성도를 고려하여 옹벽의 활동파괴를 고려한 힘의 평형관계를 정리하면 다음의 식 2와 같다.

$$\frac{Rq_s}{180} [H(\theta_2 - \theta_1)] + P_a = (W_t + q_s' \cdot L) \tan \delta \quad (2)$$

여기서, W_t 는 옹벽무게(W_c)와 저판 상부의 흙무게(W_s)를 더한 무게이고 δ 는 옹벽저판과 기초지반 사이의 마찰각이며, L 은 연직력으로 작용하는 q_s' 가 옹벽저판 상부에 작용하는 길이를 나타낸다.

따라서 지표면의 상재하중, q_s 는 다음과 같이 산정된다.

$$q_s = \frac{W_t \tan \delta - P_a}{\frac{R}{180} H(\theta_2 - \theta_1) - s \cdot L \cdot \tan \delta} \quad (3)$$

여기서, $s = q_s / q_s'$.

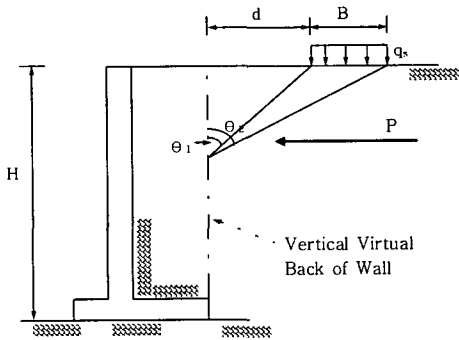


그림 4. 상재하중에 의한수평토압 (Jarquin 1981)

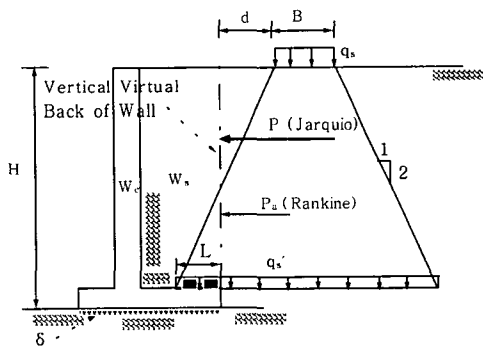


그림 5. 옹벽의 활동파괴에 대한 힘의 평형관계

4. 수치해석

수치해석에서는 지반의 거동 및 토목공학 전반

에 관하여 범용적으로 사용되고 있는 상용프로그램인 FLAC를 사용하였다. 해석시 Large Strain Mode 기법을 도입하여 구조물의 변위가 누적되도록 하여 뒤채움 지반과의 상호작용을 고려하였으며, 기초지반 및 뒤채움지반의 응력-변형구성관계를 탄소성모델인 쌍곡선모델을 사용하여 해석을 수행하였다. 한편, 콘크리트 옹벽과 모형토조는 강성의 매질을 갖는 강성체로 모델링하여 구조물 자체에 변위가 발생하지 않도록 하였으며 기초지반 및 뒤채움지반과 인접한 옹벽구조물과 모형토조 사이에는 경계요소(Interface Element)를 두어 이들 사이에 유발되는 마찰력을 고려함으로써 토조와 지반, 옹벽구조물과 기초지반 사이에서 발생하는 토압의 아칭에 의한 재분배를 고려하였다.

4.1 해석방법

본 해석에서 사용된 수채해석 격자망 및 경계조건은 그림 6, 7과 같으며 콘크리트옹벽과 모형토조에 대한 물리적인 특성을 표 6에 나타낸 바와 같다. 한편, 기초지반 및 뒤채움지반에 사용한 주문진 표준사의 응력-변형률의 구성관계의 쌍곡선 모델변수는 표 7과 같다.

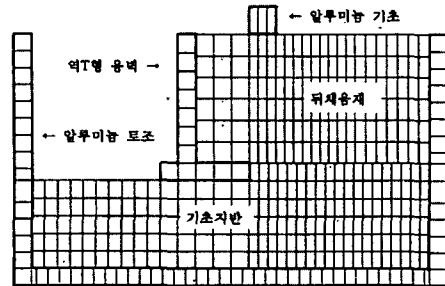


그림 8. 수치해석을 위한 격자망

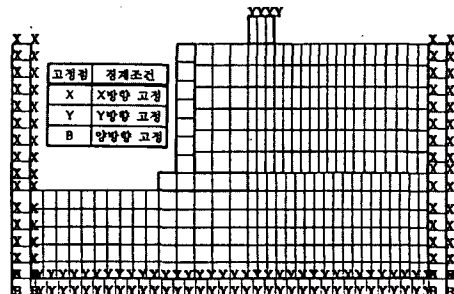


그림 9. 수치해석에 사용된 경계조건

표 6. 수치해석에 사용된 재료의 물성

물성	재료	콘크리트	알루미늄
탄성계수 (Mpa)		30	72
프와송비 (v)		0.35	0.35
단위중량 (KN/m ³)		20.58	23.52

표 7. 주문진표준사(80%)에 대한 쌍곡선 구성 관계 매개변수

매개변수	산정치	
Mohr - Coulomb 파괴규준	C (kg/cm ²)	0
	ϕ (°)	42
응력변형률 구성관계	K	1181
	n	0.722
	Rf	0.95
	Kur	2383.7
	Pa	1.033

4.2 경계요소

본 수치해석에서는 기초지반 및 뒷채움 지반과 인접한 옹벽구조물, 모형토조 사이에 경계요소 (Interface Element)는 그림 8에 나타낸 바와 같다. 두 접촉면 A, B사이의 경계요소는 마찰력, 점착력, 인장강도, 연직강성 및 전단강성의 성질을 갖는다. 이때 전단저항력은 $S = cL + \tan \phi F_n$ 의 Mohr - Coulomb 전단강도식을 따르며, C는 접촉면 사이의 점착력, ϕ 는 접촉면 사이의 마찰각, L은 접촉면의 길이, F_n 은 접촉면 사이의 연직력을 나타낸다. 아래의 식 4는 본 수치해석에서 적용된 연직강성(K_n)과 전단강성(K_s)을 산정하는 식이다.

$$K_n = K_s = \frac{B + \frac{4}{3}S}{\Delta z_{\min}} \times 10 \quad (4)$$

여기서, $B = \frac{E}{3(1-2\nu)}$, $S = \frac{E}{2(1+\nu)}$,

ν : 포아송 계수,

E : 지반의 탄성계수 (Kpa),

Δz_{\min} : 인접지반의 가장짧은 변의 Element 길이.

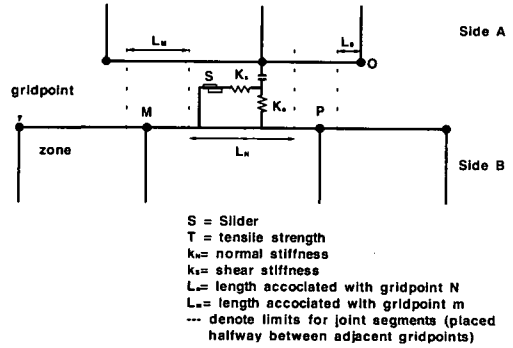


그림 10. 전단강성(K_n)과 연직강성(K_s)이 스프링으로 연결된 A와 B 사이의 경계모식도

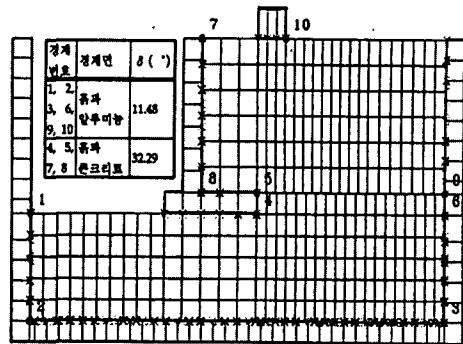


그림 11. 수치해석에 사용된 경계면요소

그림 9는 모형토조의 경계면과 경계면사이에서 적용된 마찰각을 나타내고 있다. 한편, 기초지반과 콘크리트 옹벽사이의 마찰각 역시 구속응력수준에 따라 비선형적 거동을 한다고 판단되어 낮은 구속응력하에서는 Dilatancy의 체적팽창효과를 고려하여 기초지반과 콘크리트옹벽 사이의 마찰각을 1g, 40g의 응력수준에 따라 마찰시험결과를 토대로 1g(= 32.29°), 40g(= 29.46°)로 구별하여 마찰각을 적용하였다.

5. 결과분석

역 T형 옹벽의 뒷채움재 상부지표면에 상재하중 재하폭, 재하위치, 증력수준을 매개변수로 원심모형실험을 수행하여 획득한 하중-침하특성, 하중-수평변위 결과는 FIAC을 사용한 수치해석결과와 극한지지력은 기존의 이론식을 수정보완한 식(유남재등, 2000)와 FLAC을 사용한 수치해석결과와 비교분석을 실시하였다.

5.1 하중-침하특성 비교

다음의 그림 10 ~ 12는 1g의 중력수준하에서 각각의 기초 2, 3, 4cm에 대해 d=0cm의 재하시험 결과 획득한 하중-침하특성 결과이다. 해석결과 FLAC을 사용한 수치해석결과와 실험치의 최대 하중강도값이 매우 일치하는 볼 수 있다. 그러나 FLAC을 사용한 수치해석결과는 본 해석에 적용된 탄소성 모델(Hyperbolic Model)이 갖고 있는 제약으로 인해 최대하중강도를 지난 이후의 변형을 연화현상은 모사할 수 없었다. 한편, 그림 13은 40g 중력수준에서 기초폭 3cm, d=3cm의 재하시험결과로 최대 하중강도값이 다소 차이를 보이기는 하나 대체로 일치하는 것을 볼 수 있다.

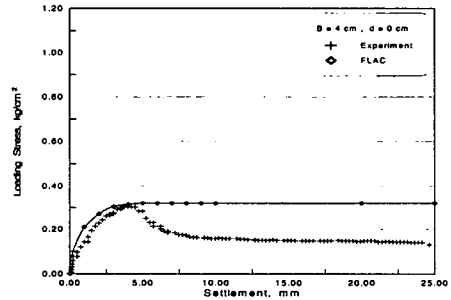


그림 12 하중-침하특성 (B=4cm, d=0cm, 1g)

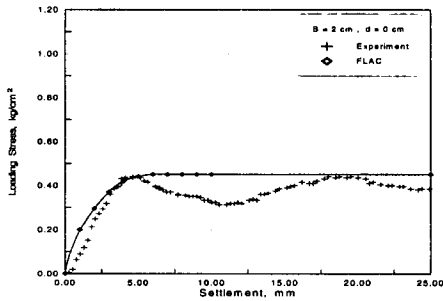


그림 10. 하중-침하특성 (B=2cm, d=0cm, 1g)

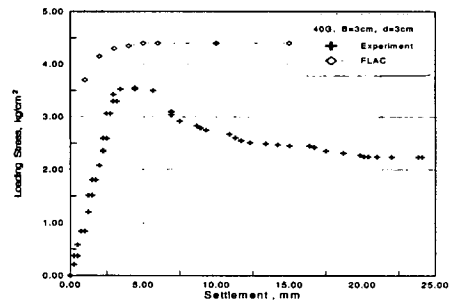


그림 13. 하중-침하특성 (B=3cm, d=3cm, 40g)

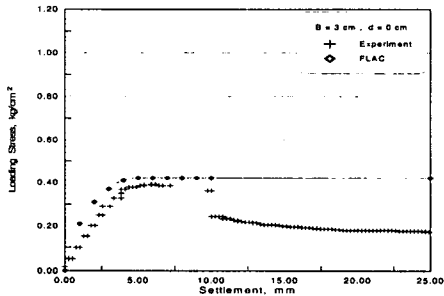


그림 11. 하중-침하특성 (B=3cm, d=0cm, 1g)

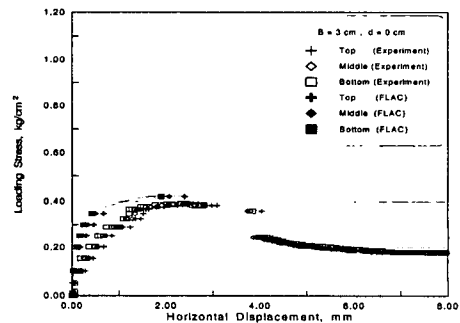


그림 14. 하중-수평변위에 대한 실험값과 수치해석 비교 (B=3cm, d=0cm, 1g)

5.2 하중-수평변위

그림 14는 기초폭 3cm, 재하위치 d=3cm의 1g 재하시험결과 획득한 하중-수평변위특성의 결과로 최대하중 강도에서의 수평변위가 실험결과와 수치해석결과가 매우 일치함을 볼 수 있다. 그러나 수치해석결과의 하중-수평변위 기울기가 실험값에 비해 크게 나타나는 이유는 쌍곡선 모델변수 산정시 실험에서의 구속응력조건보다 높은 구속응력수준의 삼축압축시험을 통해 모델변수를 산정한 것에 기인하는 것으로 판단된다.

5.3 극한지지력 비교

그림 15 ~ 17은 1g 중력수준하에서 각각의 기초 2, 3, 4cm에 대해 재하위치를 변화시켜 수행한 실험결과 획득한 극한지지력값을 기존의 이론식[3]을 수정보완한 식[9]와 FLAC을 사용한 수치해석결과를 비교한 결과이며, 그림 18은 기초폭 3cm에 대

한 40g 원심모형실험결과 이다. 그림 15 ~ 18에서 보는 바와 같이 1g의 중력수준에서는 FLAC을 사용한 수치해석결과가 실험치와 매우 일치하는 값을 보였고, 기초폭 3cm의 40g의 중력수준에 대한 수치해석결과는 실험치보다 다소 큰 값을 나타냈다. 한편, 강성도에 대한 영향은 1g 실험의 경우 뒤채움재를 압축성재료(R=1)로 가정한 계산이 실험 및 수치해석결과에 근접한 반면에 40g 중력수준에서는 뒤채움재를 강체(R=2)로 가정하여 해석한 Jarquio의 제안식을 수정 보완한식[9]의 결과가 실험과 수치해석결과와 근접한 경향을 나타냈다. 이는 중력수준이 증가함에 따라 구속응력의 증가에 의해 뒤채움지반의 강성도가 커지기 때문으로 판단된다. Jarquio에 의한 제안식과 모형실험을 통한 실험값 그리고 수치해석결과를 통해 본 재하위치에 따른 극한지지력의 정성적 경향은 재하위치가 옹벽뒷굽의 연직배면으로부터 멀어질수록 극한지지력이 감소한 후, 소정의 거리 이후로는 증가하는 경향을 보인다. FLAC을 통한 수치해석 결과와 실험결과를 통해 볼 때 극한지지력이 가장 크게 감소하는 위치는 옹벽뒷굽으로부터 옹벽높이에 0.12~0.18배만큼 위치하였을 때로서 이는 본 실험에서 2~3cm의 거리에 해당한다. 이렇게 초기에 재하위치가 멀어짐에 따라 극한지지력이 감소하는 이유는 앞서 언급했듯이 상재하중의 2:1옹벽분포에 의한 연직응력이 옹벽저판 상부에 작용하여 옹벽의 활동에 대한 안정성 증진에 기여하는 것으로 판단된다. 한편, (0.12~0.18)H 이후의 재하거리부터는 극한지지력이 계속적으로 증가하는 경향을 보이는데 이러한 이유는 상재하중의 2:1옹벽분포에 의한 영향을 받지 않는 거리부터는 재하위치가 멀어질수록 옹벽에 작용하는 수평응력의 감소로 인해 지반의 극한지지력이 커지는 것으로 판단된다.

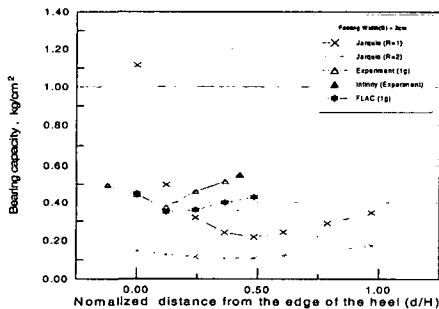


그림 15. 재하위치에 따른 극한지지력 (1g, B=2cm, 실험값, Jarquio, FLAC)

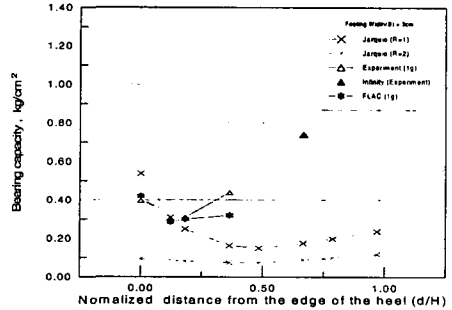


그림 16. 재하위치에 따른 극한지지력 (1g, B=3cm, 실험값, Jarquio, FLAC)

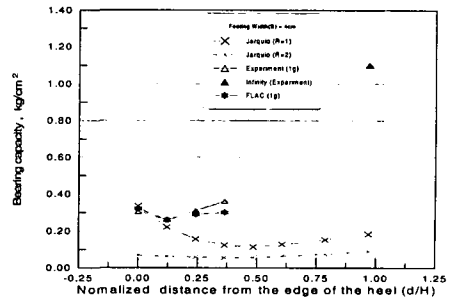


그림 17. 재하위치에 따른 극한지지력 (1g, B=4cm, 실험값, Jarquio, FLAC)

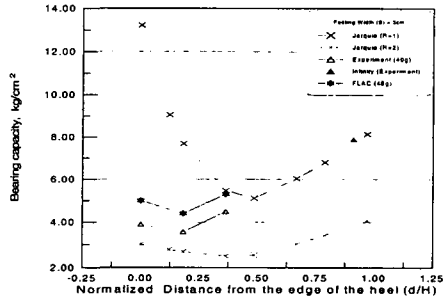


그림 18. 재하위치에 따른 극한지지력 (40g, B=3cm, 실험값, Jarquio, FLAC)

6. 결론

역 T형 옹벽의 뒤채움재 상부 지표면에 작용하는 강성기초에 대하여 상재하중의 폭과 재하위치, 그리고 원심모형실험에 의한 중력수준을 매개변수로 변화시켜 실험을 수행하였다. 그 결과, 각각의

매개변수들의 변화에 따른 역T형 옹벽의 활동과피에 미치는 영향을 검토하는 한편, 기존의 이론식(Jarquio, 1981)을 수정보완한 식[9] 및 FLAC을 사용한 유한차분의 수치해석결과와 비교분석하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 탄소성 응력-변형률 구성관계식을 사용한 유한차분 수치해석결과, 하중-침하 특성은 실험치와 매우 일치함을 확인하였으며 극한하중 이후의 변형률 연화현상은 쌍곡선모델의 제한성에 따라 묘사하지 못하였다.

둘째, 탄소성 응력-변형률 구성관계식을 사용한 유한차분 수치해석결과, 하중-수평변위 특성은 파괴시 수평변위는 실험값과 대체로 일치함을 보이거나 하중 수평변위 기울기가 실험치에 비해 수치해석결과가 크게 산정되었다. 이는 쌍곡선 모델변수 산정시 실험에서의 구속응력조건보다 높은 구속응력수준의 삼축압축시험에 기인하는 것으로 판단된다.

셋째, 실험결과 및 Jarquio의 수정식, FLAC의 수치해석결과를 비교한 극한지지력값은 1g 시험의 경우 실험치와 FLA, 그리고 R=1의 Jarquio의 계산결과와 비교적 일치함을 보이며 40g 실험의 경우 실험치와 Flac, 그리고 R=2의 Jarquio의 계산결과와 비교적 일치함을 보이는데 이는 중력수준이 증가함에 따라 구속응력 증가에 의해 뒤채움 지반의 강성도가 커지기 때문으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] Boussinesq, J.(1985), "Application des potentials a l'etude de l'equilibre et du mouvement des solides elastiques", Gauthier-Villars, Paris.
- [2] Clyton, C. I., Militisky, J., Woods, R. I.(1993), "Earth Pressure and Earth-Retaining Structures", Blackie Academic & Professional, pp. 60-66.
- [3] Jarquio, R.(1981), "Total lateral surcharge pressure due to strip load", Jour. of Geotechnical Engrg. Div., ASCE, Vol. 107, No. 10, pp. 1424-1428.
- [4] Misra, B.(1981), " Lateral Pressures on Retaining Wall Due to Loads on Surfaces of Granular Backfill", Soils and Foundation, Vol. 20, No.2, pp. 31-44.
- [5] Motta, E.(1994), "Generalized Coulomb Active- Earth Pressure for Distanced Surcharge", Jour. of Geotechnical Engrg. Div., ASCE, Vol. 120, No. 6, pp. 1072~1079.
- [6] Potyond, J. G.(1961), " Skin Friction between Various Soil and Construction Material", Geotechnique, Vol. 11, No. 4, pp. 339-353.
- [7] Spangler, M., Mickle, J. L.(1956), " Lateral Pressure on Retaining Walls due to Backfill Surfaces Loads", Bull. Highway Res. Board 141, pp. 1-18.
- [8] Terzaghi, K.(1954), " Anchored Bulkhead", Transaction ASCE., Vol. 119, pp. 1243-1342.
- [9] 유남재, 유건선, 이명옥, 이종호.(2000), " 과재하중에 의한 역 T형 옹벽의 활동거동에 관한 원심모형실험", 한국지반공학회 논문집, 제 16 권, 제 6호, pp. 153-160.
- [10] 이승주(1999), " 상재하중에 의한 역 T형 옹벽의 활동거동특성", 석사학위논문, 강원대학교.