

근접굴착시 건물 하부 지반의 거동

Behavior of the Ground under a Building due to Adjacent Ground Excavation

이 종 민¹ Lee, Jong-Min

Abstract

A pre-load of bracing was imposed to prevent the horizontal displacement on the strut of the braced wall adjacent to the building during the ground excavation. For this purpose, large scale model tests were conducted, without and with pre-load on braced wall. Adjacent building load was also imposed in different locations, that were 0 m, 1D, 2D on ground surface. In this study, model tests in 1:10 scale were performed in real construction sequences, and adjacent building was 12 m in width and the size of model test pit was 2 m in width, 6 m in height, and 4 m in length. As a result, it was found that the stability of the existing building adjacent to the braced wall within Rankine's active zone could be greatly enhanced when the horizontal displacement of the braced wall was reduced by applying a pre-load, which was larger than the designated axial force on the strut of the braced wall.

요 지

근접굴착 시 지반변위를 억제하여 기존건물의 안정성을 확보하기 위해 굴착공사 중 흙막이벽체의 버팀대에 선행하중을 가하고 그 효과를 확인하였다. 선행하중을 가한 경우와 가하지 않은 경우에 대해서도 대형모형실험을 하였다. 지표면에 건물하중이 없는 경우와 건물하중이 있는 경우 각각 0m, 1D, 2D 에 대해 대형모형실험을 실시하였다. 본 연구에서는 모형실험에는 12m 폭의 기존건물을 축척 1:10으로 사용하였고, 폭 2m, 높이 6m, 길이 4m를 가진 대형토조에서 흙막이벽체와 인접건물의 거동에 대하여 실험을 수행하였다. 그 결과, 흙막이벽체의 버팀대에 선행하중을 작용시켜 흙막이벽체의 수평변위를 억제시켰을때 벽체배면 가상주동활동영역 내에 있는 인접건물의 안정성이 크게 향상되는 것을 확인하였다.

Keywords : Braced wall, Pre-loading, Adjacent ground excavation, Large scale model test

1. 서 론

현대에는 산업이 발전함에 따른 경제가 성장하여 도심지가 개발되고 인구집중이 과도하여 도시가 과밀화되고 거대화되면서 도심 곳곳에 고층빌딩이 세워지고 재개발이 이루어져서 인접건물의 인접지역 및 하부가

지 깊은 심도의 굴착공사가 빈번해지고 있다. 그리고 도심지의 용지 부족현상까지 극심하여 최적의 토지활용과 인접건물에 인접한 근접굴착 흙막이공사가 증가하고 있는 현실이다. 이와 같이 밀집화된 도심지공사로 인접건물의 열화나 기능손상이 발생하고 지하매설물의 파괴와 시공 중 흙막이벽체의 붕괴로 인한 피해가 날로

¹ 정회원, 공학박사, STeng대표 (Member, Ph.D., STeng CEO, lee200jm@naver.com)

* 본 논문에 대한 토의를 원하는 회원은 2018년 10월 31일까지 그 내용을 확회로 보내주시기 바랍니다. 저자의 검토 내용과 함께 논문집에 게재하여 드립니다.

심각해지고 이에 따른 막대한 인적·경제적 손실을 초래하였다.

따라서 도심지에서 흙막이공사가 복잡하고 대형화되면서 공사장과 근접한 곳에서 장애물과 인접건물의 위험성을 가지고 흙막이공사를 빈번하게 행하고 있다. 건물하중과 흙막이벽체가 떨어진 거리와 같은 중요영향 요소들은 흙막이구조물뿐만 아니라 주변지반과 인접건물의 안정성 확보에도 매우 중요하다.

본 논문에서는 인접건물에 인접한 터파기 공사에서 인접건물과 각종 근접구조물(지하철, 건물, 상·하수도, 전력통신구, 각종 지하매설물 등)을 안전성을 확보할 목적으로 굴착 단계별로 버팀대에 선행하중을 가해서 굴착단계별 흙막이벽체의 변위를 “영(Zero)”에 근접하게 억제하여 흙막이벽체와 인접건물의 거동을 분석하고자 대형모형실험과 수치해석을 각각 수행하였다.

근접굴착시 주변지반과 기존구조물의 안정성을 확보할 목적으로 굴착단계별 버팀대에 선행하중을 작용시키는 방법은 전부터 연구되어 시공현장에 적용되어 왔다. 이때 발생하는 흙막이벽체의 변위를 억제하고 그 배면의 지반변형을 최소화 시켜 인접건물과 인접구조물의 안정성을 확보하는 방법이 다각도로 연구되고 있다.

2. 본 론

2.1 개요

본 연구에서는 건물하중(근접건물)에 인접한 터파기 공사에서 굴착단계별 흙막이벽체의 변위를 “영(Zero)”에 근접하게 억제하여 인접건물과 근접구조물을 보호할 목적으로 건물하중의 작용 여부와 흙막이벽체에서의 이격거리 0m, 1D, 2D(단, D는 건물의 폭)에 따라 각각의 굴착단계별 버팀대에 선행하중을 가해 흙막이벽체와 인접건물의 거동을 분석하였고, 이를 검증하기 위하여 대형모형실험을 실시하였고 수치해석을 수행하였다(Lee, 2011).

이론적으로는 지중응력 및 토압의 일반이론, 건물하중에 따른 지중응력 및 토압을 근거로 비교 분석하였다(Satyanarayana and Budi, 2015).

대형모형실험은 축척 1/10로 조성된 지반에 계측기기를 설치하고 수행하였다.

Table 1. Building load table

Type	Building load (270 kN)			
	No	0 m	1D	2D
Excavation	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
Pre-loading	CASE 5	CASE 6	CASE 7	CASE 8

* 1D ; building width (12 m)

수치해석에 사용한 범용해석프로그램은 유한요소법(F.E.M)을 적용한 PLAXIS를 사용하여 각 조건별로 8가지 경우에 대해 Table 1과 같이 수행하고 해석 결과를 분석하였다.

대형모형실험과 수치해석 결과를 비교 분석하고, 근접굴착에 따른 인접건물과 흙막이벽체, 배면지반의 지표침하 등에 대해 현장에서의 실용화에 적용할 수 있도록 그 효율성을 확인하였다(LEE, 1999).

따라서 본 연구에서는 선행하중의 적용과 건물하중의 위치에 따른 영향을 중점적으로 비교 분석하고자 하였다(Kim, 2008).

2.2 대형모형실험

2.2.1 실험 개요

본 연구에서는 근접시공시 굴착단계별 흙막이벽체의 변위와 단면력, 벽체배면의 인접건물과 지표침하 등을 파악하기 위해 대형모형실험을 수행하여 분석하였다.

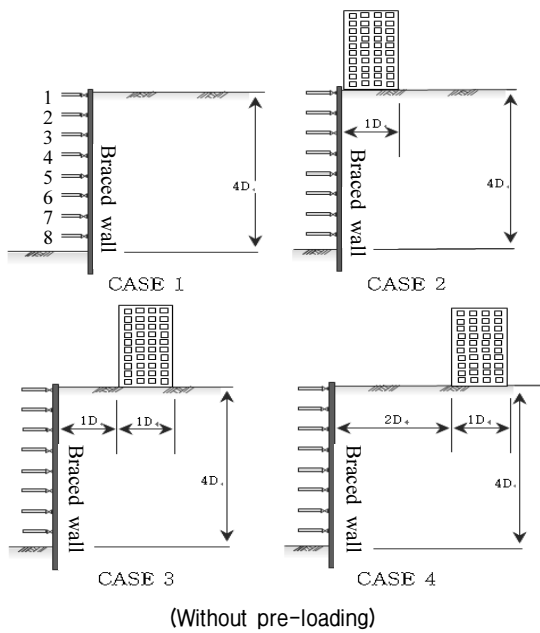
본 연구에서 폭 12m의 건물을 기준으로 모델화하여 적용하였으며, Fig. 1과 같다.

대형모형실험은 경계조건을 일반화하여 편리하게 실험결과를 얻을 수 있는 특성이 있다.

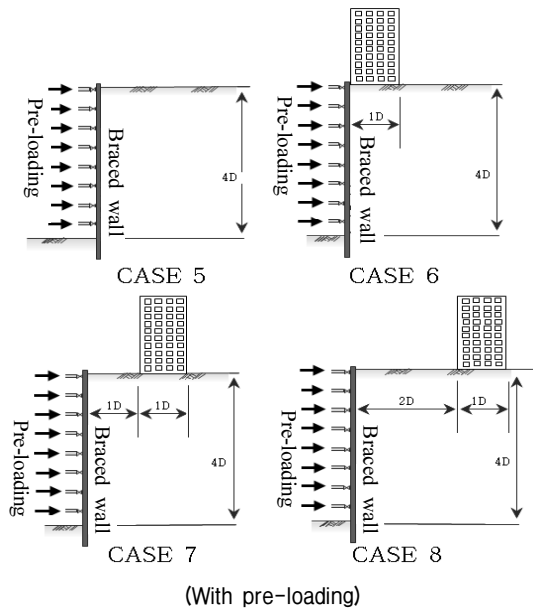
2.2.2 실험장치

본 논문에 사용된 대형모형 토조는 Fig. 2와 같이 크기가 폭 2.0m, 높이 6.0m, 길이 4.0m로 만들어 졌으며, 지반은 8개 단계별로 굴착을 하였다. 흙막이 벽체는 토조의 전면에 설치하고 굴착을 모사하기 위해 스크류잭을 이용하였고, 선행하중은 굴착단계별로 유압잭을 사용하여 재하 하였다.

대형모형 토조의 측벽과 바닥은 콘크리트로 만들어져 있고, 전면 벽체는 토압에 견딜수 있도록 I형강을 격자형으로 설치하였다. 모형 흙막이벽체는 철판두께(16mm)를 사용하여 만들었다. 본 대형모형실험의 토조는 높이 6m, 폭 2m, 길이 4m인 콘크리트로 만들었다. 또 대형모형



(Without pre-loading)



(With pre-loading)

Fig 1. Loading conditions

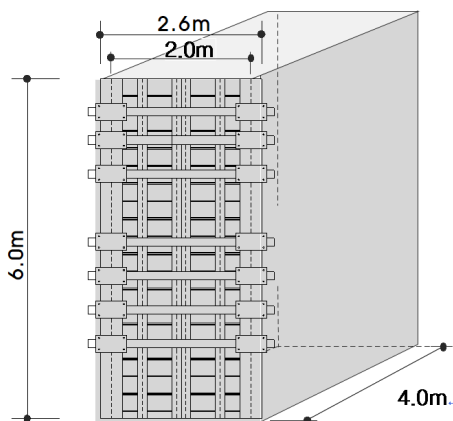


Fig 2. System for the model test

토조의 벽체와 모래지반 사이의 마찰을 최소화시키기 위해 토조 벽체에 벤토나이트를 도포하고 구리스를 바른 비닐을 씌워 최상의 경계조건을 만들었다.

굴착방법으로는 8단계 굴착에 적합하도록 C-형강 플렌지(flange)가 맞물리도록 2장씩 용접하여 총 8장으로 제작한 후에 흙막이판 전면에 설치하고 3개소의 반력장재를 설치하였다.

지반굴착은 전면의 반력장재에 고정 설치된 양쪽 스クリ작을 상단으로부터 한 장씩 푸는 방식으로 모사했다.

선행하중은 각 버팀대 위치에 유압잭을 설치하여 가할 수 있도록 하였다(Mana and Clough, 1981).

대형모형실험에 사용된 건물하중이 270kN 인접건물을 기준으로 모델링하였다. 실험모형 흙막이벽체의 두께는 상사율, 중력가속도, 탄성계수로 결정하였다.

1) 대형모형

대형모형실험은 실제 현장 크기를 1:10으로 축소한 것이다. 축소율에 따른 체적(V), 면적(A), 길이(L)이 있으며 대형시험모형 과 실제현장은 다음 관계가 성립된다.

$$\text{길이} = \frac{L_m}{L_p}, \text{면적} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^2, \text{체적} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^3$$

이므로 대형 모형실험에 사용된 모형 건물의 폭은 $12\text{m} \times \frac{1}{10} = 1.2\text{m}$ 이다(여기서, L_m =모형길이, L_p =실제길이).

본 실험에서는 지반의 강성비(α)를 이용한 방법으로 (Duddeck and Erdmann, 1985) 모형 제원을 결정하였다.

실제 현장에 있는 인접건물 주변의 흙막이공사 현장의 지반은 연약한 암반에 해당되는 지반을 대상으로 하였으며, 대형모형실험에서는 지반을 모래로 상대밀도가 일정하도록 조성된 지반을 적용하였다.

2) 대형모형 흙막이벽체

실제 흙막이벽체 두께는 $t=0.80\text{m}$ 인 콘크리트 지하연속벽으로서, 대형모형실험에 사용된 모형 흙막이벽체 두께는 상사율, 중력가속도, 벽체 탄성계수를 적용하여 구하였다.

$$t_m = \frac{T}{C} \times \left[\frac{G_m}{G_R} \times \frac{1}{C} \times \frac{E_R}{E_m} \times \frac{B_R}{B_m} \right]^{\frac{1}{3}} \times 1000$$

모형 흙막이벽체는 두께 $t=16\text{mm}$ 인 철판을 사용하였다.

모형실험은 실제 현장의 조건을 축소율을 적용하여 현장 상태를 거의 유사하게 나타내었다.

2.2.3 모형지반

모형실험을 수행한 지반은 균질하고 등방성인 모래를 사용하여 조성하였으며 일정한 상대밀도를 유지하기 위하여 대형토조 바닥부터 습윤상태 모래를 두께 30cm 씩 진동기로 다짐하여 조성하였다. 수평·수직 토압계와 수평·수직 변위계는 수치해석 결과에 의한 주응력도(Lee, 1998)를 분석하여 필요한 지점에 위치별로 설치하였다.

2.2.4 계측

본 대형모형실험에서는 지표침하, 인접건물, 흙막이벽체의 거동을 분석하기 위해 각각의 위치에 Table 2와 같은 계측기를 설치하였으며, 모형실험이 진행시 30분 간격으로 자동계측과 컴퓨터에 저장되도록 하였다.

1) 흙막이벽체

변위계(LVDT)는 흙막이벽체의 수평변위를 측정하기 위해 Fig. 3과 같이 8개소에 설치하였다. 변형율계이

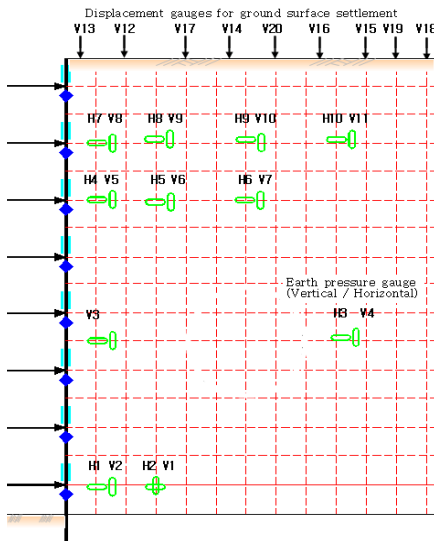


Fig. 3. Installation of measuring sensors

Table 2. Data acquisition system / Measuring sensors

Data acquisition system / Measuring sensors
UPC-601-u lap card
Switch box
TDS-302 data logger
Earth pressure
LVDT
Strain gauge
Ground displacement sensors

지(strain gauge)는 흙막이벽체의 양면에 각각 20개씩총 40개를 그림처럼 부착 설치하여 흙막이벽체의 단면력을 측정하였다.

2) 지표침하 및 지중변위

지표침하는 변위계를 9개소에 설치하여 측정하였다.

흙막이벽체 배면 지중에 수직·수평 토압계를 각각 12개씩 매설하여 측정하였고, 수직·수평 지중변위계를 매설하여 지중의 변위를 측정하였다.

2.2.5 실험 방법

본 대형실험은 토조 내부에 지반을 조성 한 후에 계측기 등을 설치하고 수행하였다. 실험은 건물하중이 없는 경우와 건물하중이 흙막이벽체로부터 이격거리에 따른 각각의 경우에 대해 수행하였다.

대형 토조에 설치된 모든 계측기 초기화는 굴착하기 전에 “영(Zero)”으로 하였다.

1단 굴착후 흙막이벽체에 변위가 발생된 상태에서 배면지반의 토압을 측정하여 배면지반이 안정된 것을 확인한 후 1단버팀대에 유압잭을 사용하여 발생한 수평변위를 흙막이벽체에 설치된 변위계(LVDT)의 변위가 “영(Zero)”에 최대 근접하도록 가압하여 1단 선행하중을 결정하였고, 지반의 안정을 확인 한 후 2단 굴착을 수행하여 1단에서와 같은 굴착작업과 안정, 선행하중의 가압등을 반복하여 8단 굴착까지 완료하여 각 굴착단계별 선행하중을 결정 하였다.

지반의 굴착시 흙막이벽체 수평변위를 억제시키기 위해 해당 버팀대의 수평변위가 “영(Zero)”에 최대 근접하여 유지되도록 선행하중을 재하하였다. 기존건물의 이격거리는 건물의 폭을 1D로 기준하였으며 건물하중을 작용시켜 위치별에 따른 결과를 비교 분석하였다(Lee, 2003).

2.3 수치해석

2.3.1 해석프로그램 및 경계조건

본 연구에서 대형모형실험은 8단계로 굴착하면서 버팀대를 설치하고 하중을 가하는 시스템으로 이루어져 있고, 흙막이벽체 배면의 토피는 건물 폭(D)의 두배로 하고, 흙막이벽체와 D 이격된 경우에 대해 적용하였으며, 흙막이벽체 배면 지표에는 건물하중을 위치별로 재하하였다. 이에 대해 유한요소법(F.E.M) 범용 수치해석

프로그램인 PLAXIS Ver. 8.2를 이용하여 2차원으로 모델링하여 건물과 흙막이벽체 및 배면지반의 거동을 파악하였다.

흙막이벽체는 Frame으로 하고, 버팀대는 Fixed anchor로 하여 탄성모델을 적용하였으며, 지반의 구성모델은 Mohr-Coulomb을 적용하여 유한요소해석(F.E.M)을 하였다.

본 수치해석에서의 흙막이벽체는 대칭(좌·우)으로 2차원 해석을 수행하였으며, 재료의 성질이 다른 흙막이벽체 와 건물, 그리고 모래 다짐으로 조성된 실험지반 사이에는 경계면을 두었다(Soliman et al., 1993).

2.3.2 해석방법 및 입력물성치

수치해석의 경계조건은 좌·우 측벽의 경계점들을 상·하로만 이동되는 가동지점으로 하였고, 하단부의 경계조건은 힌지로 하였다. 나머지 절점은 X, Y 방향으로 이동이 가능하지만 회전에는 구속되도록 하였다. 지반은 탄소성 구성식을 갖는 2차원 평면 변형률 요소로 적용하였다. 수치해석에 사용된 지반 과 재료 입력물성치는 Table 3과 같다.

3. 결과 분석

본 연구에서는 선형하중의 적용 여부에 따른 흙막이벽체의 부재력, 수평변위, 흙막이벽체 배면지반의 지표침하를 대형모형실험 결과와 수치해석 결과를 비교분석하였다. 근접굴착시 발생하는 흙막이벽체의 수평변위를 선형하중을 가해 억제시킴으로써 흙막이벽체 배면의 지표에 있는 기존 건물의 안전성을 확인하고자 하였다.

3.1 흙막이벽체의 수평변위

굴착 시 흙막이벽체의 수평변위는 버팀대에 선형하

Table 3. Analysis data

Soil	E	ν	γ	ϕ	C
	[kN/m ²]		[kN/m ³]		[kN/m ²]
	20,000	0.25	16.2	38	6.0
Wall	EA	EI	d	ν	
	[kN/m]	[kNm ² /m]	[m]		
	3,293,000	70.0	0.016	0.3	
Bracing	EA [kN]		L [m]		
	450,700		1.34		

중을 가했을 때와 가하지 않았을 때에 대해 대형모형실험 과 수치해석 결과를 각각 Fig. 4, 5와 같이 비교 분석하였다.

대형모형실험 결과 흙막이벽체 최대변위는 선형하중을 가하지 않은 경우가 선형하중을 가한 경우보다 각각의 경우에서 78%, 95%, 78%, 81% 감소하였고, 수치해석에서도 각각 75%, 95%, 74%, 79%로 유사한 결과로 감소하였다.

3.2 흙막이벽체의 부재력

굴착시 선형하중을 가하지 않았을 경우와 선형하중을 가했을 경우 최종 굴착 완료 후 최대부재력 값에 대해 흙막이벽체의 부재력(모멘트,전단력)을 Fig. 6, 7과 같이 비교 분석하였다.

모멘트는 대형모형실험에서 선형하중을 가했을 경우에 134% 증가하였고, 전단력도 선형하중을 가했을 경우에서 202%로 증가하였다. 이는 수치해석에서도 유사한 결과로 나타났으며, 건물하중의 위치에 따라 미소한

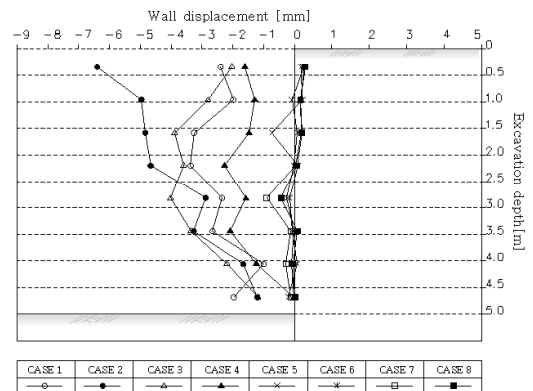


Fig. 4. Wall displacement (Model test)

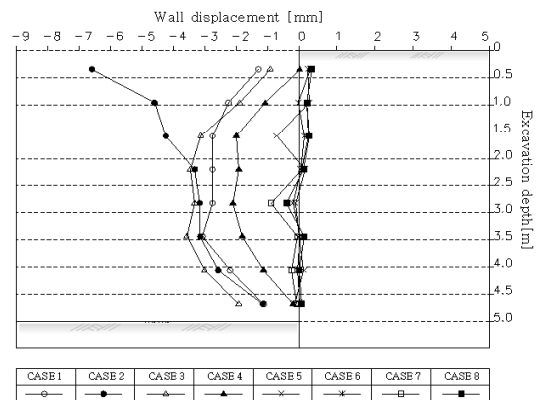


Fig. 5. Wall displacement (Analysis)

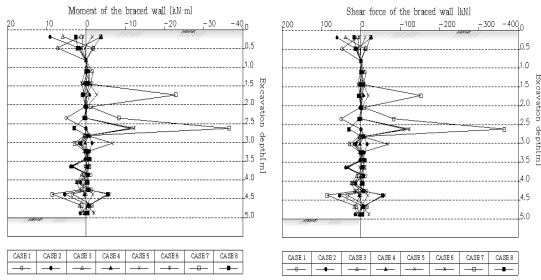


Fig. 6. Wall member force (Model test)

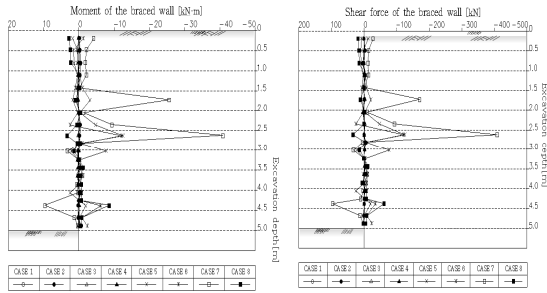


Fig. 7. Wall member force (Analysis)

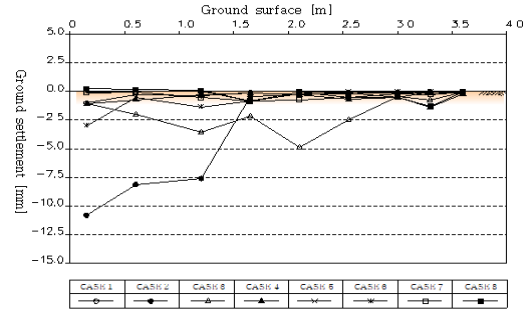


Fig. 8. Ground settlement (Model test)

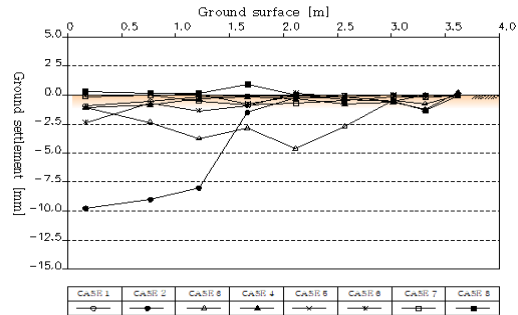


Fig. 9. Ground settlement (Analysis)

차이는 있었지만 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 선형 하중 가하여 흙막이벽체의 안정성이 확보된다는 것을 나타낸다.

3.3 지표침하

근접굴착시 흙막이벽체의 수평변위로 인해 흙막이벽체 배면 지반이 이완되고, 굴착이 계속 진행되는 동안에 배면지반의 지표침하가 서서히 발생된다. 이에 흙막이벽체 배면의 지표침하를 대형모형실험 결과와 수치해석 결과를 Fig. 8, 9와 같이 비교 분석하였다.

대형모형실험 결과 지표침하는 선형하중을 가했을 경우 18%, 70%, 83% 감소하였고, CASE 4에서만 17% 증가하였다. 수치해석 결과는 선형하중을 가했을 경우 20%, 76%, 82% 감소하였으나 CASE 4에서만 7% 증가하였다. 이는 하중으로 작용한 인접건물의 위치가 가상 주동활동면과 가까워 발생하는 전단변형의 영향으로 보이며, 추후 이에 대한 연구를 진행하고자 한다.

3.4 지중변위

굴착단계별 흙막이벽체 배면의 지중변위(수직, 수평)는 가상 주동활동면 내에서 선형하중을 가했을 경우 최대수직변위 95%, 82%, 73%, 98% 감소되었으며, 최대

수평변위 73%, 96%, 88%, 80% 감소되었다. 그러나 가상 주동활동면 밖에서는 선형하중을 가했을 경우 최대 수직변위 CASE 1,4에서는 14%씩 감소하였고, CASE 2,3에서는 32%, 31% 증가하였다. 또 최대수평변위는 0%, 1%, 45%, 1%처럼 변화 없거나 조금 증가하였다.

이는 인접건물 하부의 근접굴착시 안정성은 건물하중 재하 유무나 재하위치에 따른 영향보다 가상 주동활동면($45^\circ + \frac{\phi}{2}$)의 영향범위에 따라 지중변위를 감소시켜 배면지반의 안정성을 확보할 수 있다는 것을 나타낸다. 가상 주동활동면의 영향범위 밖에 있을 경우에는 지중변위가 배면지반 지표의 탄성침하량보다 작아 흙막이벽체 버팀대에 선형하중을 가하지 않아도 안정성을 확보할 수 있다는 것을 지중변위의 변화로 확인할 수 있었으며, 주동활동면 밖에 있을 경우에는 선형하중을 가하지 않아도 안정성을 확보할 수 있다는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 기존건물에 근접한 흙막이 공사에서 근접건물의 위치에 따라 흙막이벽체와 배면지반에 있는 인접건물, 배면지반의 지표침하와 안전성을 확보하기 위해서 선형하중을 가하지 않은 경우와 가한 경우에

대한 영향성을 검토하였다. 이를 위해서 굴착단계별 각각의 변위가 “영(Zero)”에 최대 근접하도록 선행하중을 가하는 방법으로 모형실험을 수행하였고, 각각의 단계별로 수치해석을 통하여 모형실험을 검증하였다. 그리고 흙막이벽체와 배면지반의 인접건물, 지표침하 등의 거동 및 단면력을 비교 분석하였다. 본 연구에서는 근접 건물의 위치에 따른 경우와 선행하중의 적용 여부 따른 경우를 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 흙막이벽체의 수평변위는 선행하중을 가했을 경우 각 건물하중 재하위치에 따라 78~95% 감소하였다. 따라서 건물하중의 재하위치에 따라 미소한 차이는 있었으나 흙막이벽체의 수평변위는 감소하였다.
- (2) 흙막이벽체의 단면력은 대형모형실험에서 선행하중을 가했을 경우 모두 증가하였고 수치해석에서도 유사한 결과로 나타났으며, 건물하중의 재하위치에 따라 조금씩의 차이는 있었지만 대체로 증가하는 것으로 나타났다.
- (3) 굴착단계별로 선행하중을 가할 경우 각 건물하중의 재하위치에 관계없이 흙막이벽체의 수평변위를 감소시킬 수 있었으며, 굴착단계별로 흙막이벽체의 수평변위가 최대“영(Zero)”에 가깝도록 선행하중을 가하였을 경우 흙막이벽체 배면지반의 변형이 최소화 할 수 있는 것으로 나타났다.
- (4) 흙막이벽체 배면지반의 지표침하는 굴착단계별로 선행하중을 가한 경우 선행하중을 가하지않은 경우에 비하여 최종굴착단계에서 CASE 1~3에서 20~82% 감소한 반면, CASE 4에서 7% 증가하였다.
- (5) 흙막이벽체 배면지반의 지중변위를 굴착단계별로 비교 분석한 결과, 주동활동면의 영향범위 안에서 선행하중을 가해 배면지반의 수평변위를 감소시키면 인접건물이나 인접구조물의 안정성을 확보할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 주동활동면 밖에 있

을 경우에는 선행하중을 가하지 않아도 안정성을 확보할 수 있었다.

이상과 같이 대형모형실험과 수치해석 결과를 분석한 결과 굴착단계별 선행하중을 가하였을 경우와 건물하중의 재하위치에 따라서도 흙막이벽체와 인접건물의 안정성을 향상시킬 수 있었다.

참고문헌 (References)

1. Duddeck, H. and Erdmann, J. (1985), “On Structural Design Models for Tunnels in Soft Soil”, *Underground Space*, Vol.9, Pergamon Press, pp.246-259.
2. Kim, I. (2008), Behavior of Tunnel to Pre-loading on the Wall in due to Adjacent Ground Excavation Excavation, Ph.D., Ajou University.
3. LEE, S.D. (1998), “Soil Mechanics Second Edition”, Book Salon, pp.353, 354, 388-396.
4. LEE, S.D. (1999), “Fundamental Engineering”, Book Salon, pp. 252-254.
5. LEE, S.D. (2003), Understanding of the latest tunnel technology, Ajou University ground engineerin Laboratory, pp.1-22.
6. LEE, J.M. (2011), Behavior of the Tunnel below a Building depending on the Pre-loading on Braced Wall during the Adjacent Ground Excavation, Ph.D., Ajou University.
7. Mana, A.I. and Clough, G.H. (1981), “Prediction of Movement for Braced Cuts in Clay”, *J. Geotech. Engrg. Div.*, ASCE, Vol.107, No.6, pp.759-778.
8. Soliman E., Duddeck, H., and Ahrens, H. (1993), “Two- and Three-dimensional Analysis of Closely Spaced Double-tube Tunnels”, *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol.8, No.1, pp. 13-18.
9. Satyanarayana, I. and Budi, G. (2015), “Evaluation of Induced Vertical Stress during Depillaring in Blasting Gallery Panel Workings”, *International Journal of Geo-Engineering*, Volume 6, Paper no. 2, DOI 10.1186/s40703-014-0002-z

Received : March 30th, 2018

Revised : April 12th, 2018

Accepted : April 17th, 2018