

# Top-Down 공법이 적용된 지중연속벽의 설계시 측방토압의 적합성 평가

## Suitability Evaluation of Lateral Earth Pressure for Design Diaphragm Walls applied to the Top-Down Construction Method

홍 원 표<sup>1</sup>            Hong, Won-Pyo  
강 철 중<sup>2</sup>            Kang, Chul-Joong  
윤 중 만<sup>3\*</sup>          Yun, Jung-Mann

### ABSTRACT

The Rankine(1857)'s earth pressure and the Hong and Yun(1995a)'s earth pressure was applied to analyze the lateral displacement of diaphragm wall applied to the Top-Down construction method using the computer program, which is a common design program for diaphragm wall. The lateral displacement estimated by the computer program was compared with the lateral displacement measured by inclinometer. The Rankine's earth pressure has been widely used to design the diaphragm wall in the analysis of computer program. As the result of comparison, the lateral displacement of diaphragm wall was predicted differently according to the applied earth pressures. The behavior of lateral displacement predicted by the Rankine's earth pressure was different with displacement measured by inclinometer and the lateral displacement at the bottom part was overestimated. However, the lateral displacement predicted by the Hong and Yun's earth pressure is similar to the behavior and maximum value of real displacement. Therefore, the Hong and Yun's earth pressure is more suitable than the Rankine' earth pressure to design the diaphragm walls applied to the Top-Down Construction Method.

### 요 지

본 연구에서는 지중연속벽 설계시 사용되는 범용 해석프로그램에 Rankin(1857)의 이론토압과 홍원표와 윤중만(1995a)의 경험 토압을 각각 적용하여 Top-Down 공법에 적용된 지중연속벽의 수평변위를 분석하였다. 그리고 이들 해석 프로그램에서 산정된 예측변위량과 지중경사계로 측정된 실측변위량을 비교 검토하였다. 현재 지중연속벽 설계에 적용되는 해석프로그램에는 Rankine의 토압이 주로 적용되고 있다. 검토결과, 지중연속벽의 예측수평변위는 적용되는 토압에 따라 상당히 큰 차이를 나타내고 있다. Rankine의 토압을 적용하여 산정된 예측수평변위 형상은 실측결과와 큰 차이를 보이고 있으며 벽체의 하부에서 예측치가 실측치보다 과다하게 산정되었다. 반면, 홍원표·윤중만의 토압을 적용하여 얻은 예측수평변위 형상과 최대수평변위량은 실측결과와 유사하게 나타났다. 따라서 Top-Down 공법이 적용된 지중연속벽의 설계시 Rankine의 토압보다는 홍원표·윤중만의 경험토압을 적용하는 것이 적합함을 알 수 있다.

**Keywords :** Top-Down construction method, Diaphragm wall, Excavation, Earth pressure, Lateral Displacement

## 1. 서 론

도심지에서 구조물 축조시 토지를 효율적으로 이용하기 위하여 주차시설, 저장시설, 생활편의시설 등이 지하공간에 설치되고 있다. 이와 같이 지하공간에 구조물을 설치

하기 위해서는 흙막이벽을 사용한 깊은굴착을 실시하게 된다. 도심지내에서 지하굴착공사는 대부분 근접시공으로, 지하매설물이나 인접구조물에 피해를 유발시키는 경우가 자주 발생하게 된다. 근접시공으로 인한 피해를 최소화 하기 위하여 주로 차수성이 양호하고 강성이 큰 지중연

1 정희원, 중앙대학교 공과대학 사회기반시스템공학부 교수 (Member, Professor, School of Civil & Environmental Engineering, Urban Design & Studies Chung-Ang Univ.)  
2 비회원, 중앙대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (Non-Member, Ph.D. Candidate, Dept. of Civil & Environmental Engineering, Chung-Ang Univ.)  
3\* 정희원, 신안산대학교 건설정보시스템과 부교수 (Member, Associate Professor, Dept. of Construction Information System., ShinAnsan Univ., E-mail: jmyun@sau.ac.kr)

속벽을 적용하여 굴착공사를 실시하고 있다.

최근에는 지중연속벽에 적용가능한 굴착공법으로 Top-Down 공법을 이용하여 지하굴착공사를 실시하는 시공사례가 급증하고 있다. Top-Down 공법은 순타공법에 비해 공기를 단축시킬 수 있는 장점이 있다. Top-Down 공법으로 지하굴착공사를 경우, 지중연속벽과 굴착지반의 변형거동은 기존의 순타공법을 적용한 경우와는 다른 변형거동을 보일 것이다. 따라서 지중연속벽의 변형거동을 정확하게 예측하기 위해서는 지중연속벽 설계시 적용하는 토압의 분포 및 크기가 중요한 요소 중에 하나가 될 것이다. 현재 지중연속벽 설계에 이용되고 있는 각종 해석프로그램에는 Rankine(1857)의 토압이 주로 적용되고 있다. 그러나 이들 프로그램 해석결과는 현장에서 측정된 실측결과와 차이가 있어 지중연속벽의 변형거동을 정확하게 예측하는데 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 Top-Down 공법이 적용된 지중연속벽의 변형거동을 정확히 예측하기 위하여 지중연속벽 설계시 적용하는 토압에 대하여 적합성을 평가하고자 한다. 이를 위하여 지중연속벽 설계시 사용되는 범용 해석프로그램에 Rankine(1857)의 토압과 홍원표와 윤중만(1995a)의 경험토압을 각각 적용하여 벽체의 수평변위를 산정하였다. 그리고 이들 해석 프로그램에서 산정된 예측변위량과 굴착현장에서 측정된 실측변위량을 비교 검토하였다.

## 2. 사례현장

### 2.1 현장개요

그림 1은 본 연구의 대상인 지하굴착현장의 개략적인

주변상황을 도시한 것이다. 본 연구에 활용된 사례현장은 서울시 강동구 천호동에 위치한 2개 현장으로, 대규모 건물을 축조하기 위하여 깊은 굴착공사를 실시한 현장이다.

A 현장은 지하 7층 지상 22층의 철근콘크리트 아파트를 건설한 현장이다. 지하굴착면적은 대략 8309m<sup>2</sup>이며, 최종 굴착깊이는 31.65m 이다. 한편 B 현장은 지하 6층 지상 20층의 철근콘크리트 주상복합건물을 건설한 현장이다. 지하굴착면적은 대략 5775m<sup>2</sup> 이며, 최종굴착깊이는 25.0m 이다. A, B 두 현장에서는 지중연속벽을 지중에 시공한 후, Top-Down 공법으로 지하굴착공사를 실시하였으며, A, B 현장의 지하구조물 단면도는 그림 2와 같다. A 현장의 흙막이벽의 두께는 800mm이며, 흙막이벽 근입깊이는 1.85m로, 흙막이벽 깊이는 총 33.5m 이다. 한편 B 현장의 흙막이벽의 두께 800mm이며, 흙막이벽 근입깊이는 2.7m로, 흙막이벽은 총 27.7m 깊이로 설치되어 있다.

### 2.2 지반특성

그림 3과 그림 4는 A, B 현장의 지층구조를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 우리나라 내륙지방의 전형적인 지층구조인 매립층, 퇴적층, 풍화대층, 연암의 순으로 이루어진 다층지반이다. 매립층은 대부분 실트질 모래, 모래질 실트, 자갈등이 혼재되어 이루어져 있다. 퇴적층은 매립층 하부에 분포하고 있는 층으로 실트섞인 점토, 모래, 모래자갈층으로 형성된 하상퇴적층 이다. 풍화대층은 모든 현장에 분포되어 있으며 풍화도가 매우 심한 풍화잔류토층과 모암조직이 존재하며 비교적 단단한 풍화암층으로 구분되어 있다. 한편, 풍화대 하부에는 기반암인 연암층이 분포하고 있으며 대부분 현장의 연암층은 균열과 절

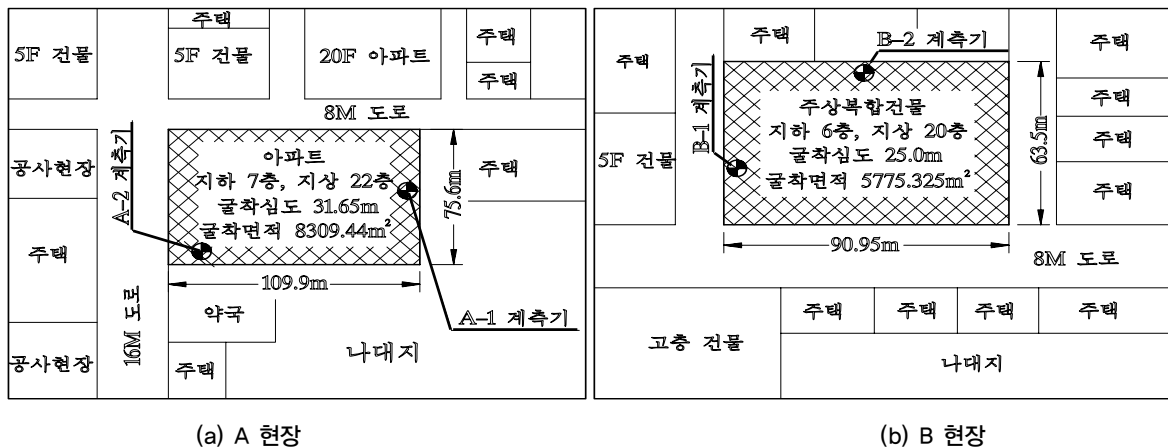
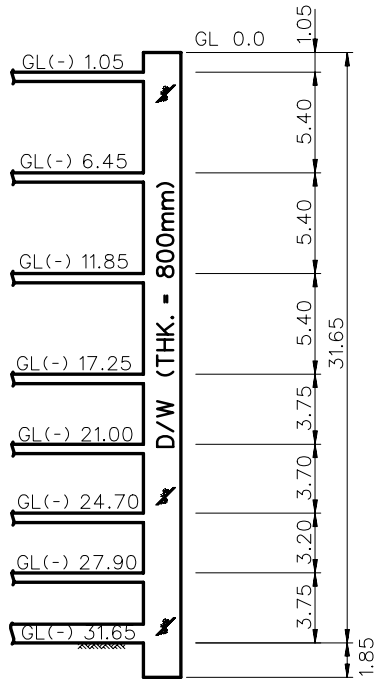
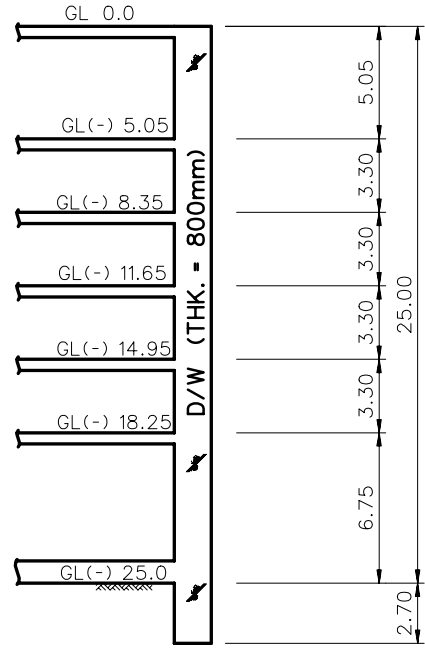


그림 1. 현장주변상황 개략도

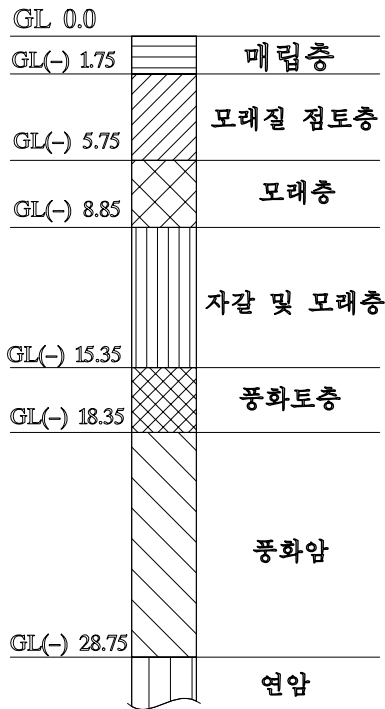


(a) A 현장

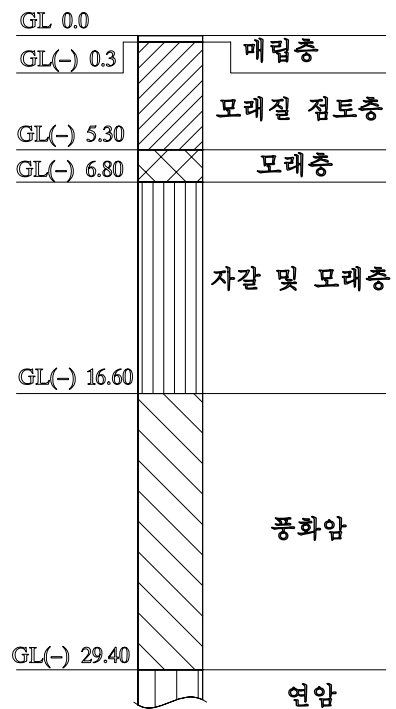


(b) B 현장

그림 2. 지하구조 단면도



(a) A-1 현장



(b) A-2 현장

그림 3. A 현장 시추주상도

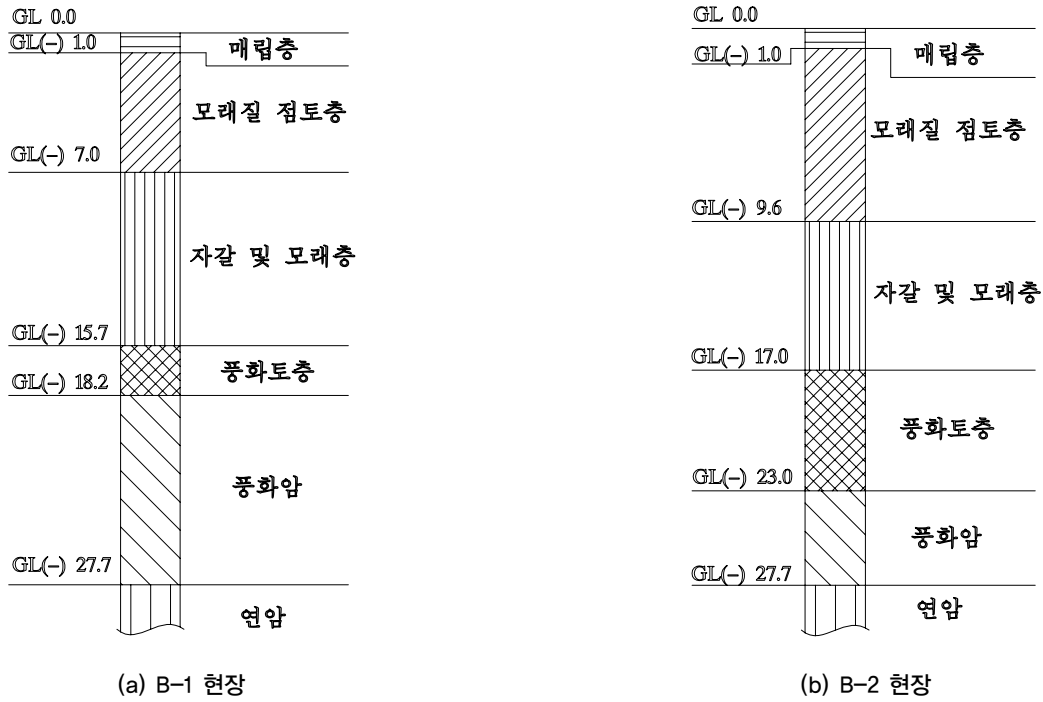


그림 4. B 현장 시추주상도

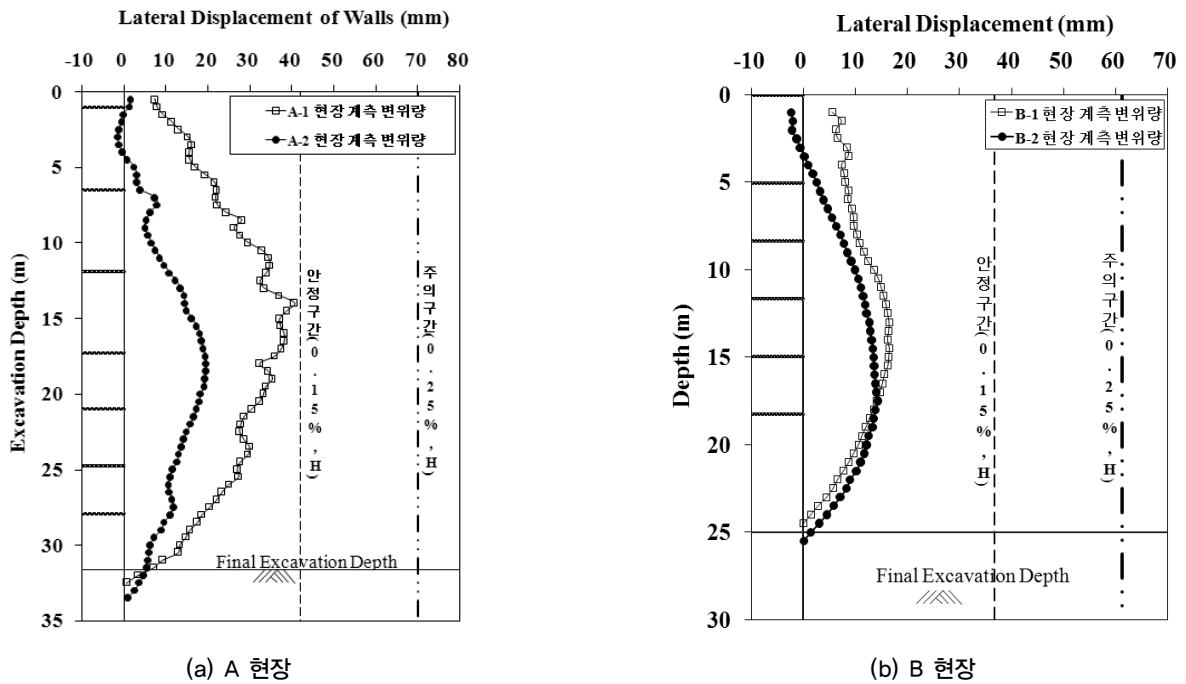


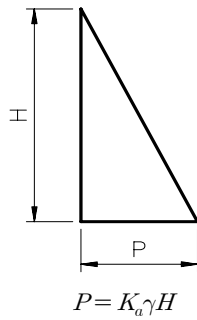
그림 5. 최종굴착단계에서의 지중연속벽의 수평변위

리가 발달되어 있다. 지하수위계로 측정된 지하수위는 A, B 현장 모두 GL(-) 15.4m로 동일한 위치에 형성되어 있다.

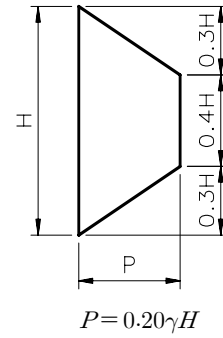
### 3. 지중연속벽의 최대수평변위

그림 5는 최종굴착단계에서 A 현장과 B 현장에 설치된

지중경사계로 측정된 지중연속벽의 수평변위를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 Top-Down 공법을 적용하여 지반굴착을 실시할 경우, 지중연속벽의 수평변위는 벽체의 중간 부근에서 가장 크게 발생하였으며, 지표면 부근과 벽체하부에서는 상대적으로 작게 발생하였다. 특히 지표면부근에서 측정된 지중연속벽의 수평변위는 A 현장



(a) Rankine(1857)의 토압



(b) 홍원표와 윤중만(1995a)의 토압

그림 6. 해석 프로그램에 적용된 측방토압

과 B 현장에서 대략 0~7mm 이내로 매우 작게 발생하고 있어 Top-Down 공법이 적용된 굴착공사에서, 지중연속벽은 벽체의 두부에서 수평변위의 구속효과가 상당히 큰 것을 알 수 있다. 또한 그림 5에는 흙막이벽의 안정성을 판단하는 시공관리기준(홍원표와 윤중만, 1995b)을 함께 도시하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 A, B 현장에서 측정된 지중연속벽의 최대수평변위는 안정구간 내에서 발생하고 있다. 즉, 지중연속벽의 최대수평변위량은 굴착깊이의 0.07% ~ 0.15% 범위내에서 발생하고 있어 홍원표·윤중만이 제안한 흙막이벽의 시공관리기준치인 굴착깊이의 0.15%, Clough and O'Rourke(1990)가 제안한 0.2% 보다 작으므로, Top-Down 공법이 적용된 지중연속벽의 안정성은 뛰어남을 알 수 있다.

#### 4. 해석 프로그램을 이용한 벽체의 수평변위 산정

##### 4.1 해석 프로그램 개요

현재 흙막이벽 설계시 사용되는 해석 프로그램으로 사용되고 있는 SUNEX 및 GeoX 두 종류의 프로그램을 이용하여 지중연속벽의 수평변위를 산정하였다.

SUNEX ver 5.1은 (주)지오그룹이엔지에서 개발한 프로그램으로 굴착단계별 흙막이벽 해석이 가능한 탄소성 프로그램이다. 이 프로그램은 탄소성 보-스프링 모델을 적용하여 흙막이벽의 변위, 전단력, 휨모멘트 및 지보공의 축력을 계산할 수 있게 구성되어 있다.

GeoX는 마이다스아이티에서 개발한 프로그램으로 탄소성해석과 FEM해석기법이 적용된 흙막이벽 해석 프로그램이다. 이 프로그램은 반단면 대칭모델만 고려할 수 있었던 종래 탄소성 프로그램의 문제점을 보완하여, 비대칭 전단면모델, 인접구조물의 영향평가, 인접구조물의 침하 등을 해석할 수 있다.

##### 4.2 해석에 적용된 측방토압 분포

그림 6은 해석 프로그램에 적용된 측방토압의 분포를 나타낸 것으로 이들 토압은 이론토압과 경험토압으로 구분된다. 그림 6(a)는 현재 지중연속벽 설계시 사용되는 프로그램에 적용되고 있는 Rankine(1857)의 이론토압으로 삼각형분포이다. 한편 그림 6(b)는 홍원표와 윤중만(1995a)의 경험토압으로 상하부 대칭의 사다리꼴 모양의 분포를 보이고 있다.

Rankine의 이론토압은 옹벽과 같이 벽체 하단을 중심으로 회전하여 상단의 변형은 크고 하단의 변형은 매우 작은 강성벽체를 대상으로 구한 토압이다. 그러나 흙막이벽의 변형은 옹벽과 달리 각 굴착단계별로 흙막이벽의 변형 형상이 달라지고 굴착깊이에 따라 증가하므로, 흙막이벽에 작용하는 토압분포는 Rankine의 삼각형 토압분포와는 다르게 된다. 따라서 흙막이벽에 작용하는 토압은 굴착현장에서 계측기로 측정된 버팀보나 앵커의 하중으로 경험적으로 구할 수 있다. 홍원표와 윤중만(1995a)의 토압은 본 연구의 사례현장과 지층구조가 유사한 암반층이 포함된 다층지반에 설치된 흙막이벽에서 측정된 앵커의 하중으로 구한 경험토압이다. 토압은 중점분할법을 이용하여 산정하였으며 각 단에 설치된 앵커의 축력을 하중분담원리에 근거하여 단위면적당 토압으로 환산하여 구하였다(Flaate, 1966).

##### 4.3 해석에 적용된 토질정수

표 1과 2는 A, B 현장에 대한 지중연속벽 설계시 프로그램에 적용된 각 지층별 토질정수를 나타낸 것이다. 매립층, 퇴적층 및 풍화대층에 대한 토질정수는 표준관입시험 N치를 이용한 각종 제안식의 평균값으로 적용하였다. 토

표 1. A 현장의 토질정수

구분	단위중량		점착력 c (kN/m <sup>2</sup> )	내부마찰각 Ø (°)	지반반력계수 Ks (kN/m <sup>2</sup> )
	$\gamma_t^*$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sub}^*$ (kN/m <sup>3</sup> )			
매립층	18	9	0.0	29°	25,100
실트질 점토층	17	8	30.0	0°	12,000
모래층	18	9	0.0	32°	23,300
모래질 자갈층	19	10	0.0	33°	27,100
풍화토층	19	10	0.0	34°	32,700
풍화암층	20	11	50.0	35°	40,000
연암층	21	12	70.0	38°	70,000

\*  $\gamma_t$  (kN/m<sup>3</sup>) : 습윤단위중량       $\gamma_{sub}$  (kN/m<sup>3</sup>) : 수중단위중량

표 2. B 현장의 토질정수

구분	단위중량		점착력 c (kN/m <sup>2</sup> )	내부마찰각 Ø (°)	지반반력계수 Ks(kN/m <sup>2</sup> )
	$\gamma_t^*$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sub}^*$ (kN/m <sup>3</sup> )			
매립층	18	10	0.0	25	17,500
상부퇴적층	17	10	30.0	0	9,000
하부퇴적층 (모래, 자갈)	19.5	10	0.0	30	40,000
풍화토층	19.5	10	20.0	33	35,000
풍화암층	20	10.5	50.0	35	55,000
연암층	20.5	11	90.0	40	70,000

\*  $\gamma_t$  (kN/m<sup>3</sup>) : 습윤단위중량       $\gamma_{sub}$  (kN/m<sup>3</sup>) : 수중단위중량

사층에 대한 지반반력계수는 국내 흙막이 설계시 주로 적용되고 있는 후꾸오까식으로 추정하였다. 연암은 시험자료 및 암질 등으로 토질 정수를 추정하 기존의 지반정수치를 사용하였다.

## 5. 결과 및 고찰

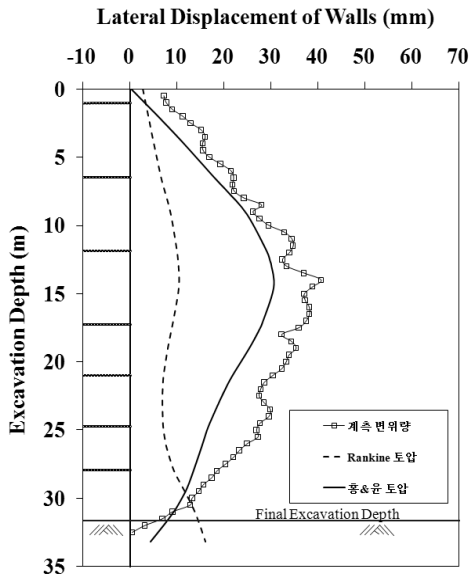
지하굴착현장에서 흙막이벽 배면에 설치된 지중경사계로부터 계측된 벽체의 실측수평변위를 현재 지중연속벽 설계에 주로 사용되고 있는 SUNEX 프로그램과 GeoX 프로그램으로 계산된 예측수평변위와 비교해 보도록 한다. 즉, Rankine(1857)의 토압과 홍원표와 윤중만(1995a)의 토압을 이들 두 해석프로그램에 적용하여 산정한 지중연속벽의 예측치와 실측치를 비교검토 한다.

### 5.1 SUNEX 프로그램에 의한 수평변위 비교

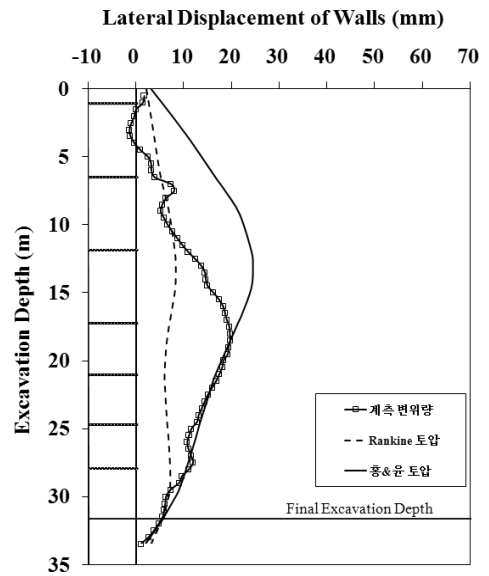
그림 7은 A 현장과 B 현장의 지중연속벽 배면에 설치된 지중경사계로 측정된 벽체의 실측수평변위와 SUNEX 프로그램을 사용하여 산정한 예측수평변위를 비교하여 나타낸 것이다.

그림 8에 나타나 바와 같이 Rankine의 토압 적용시, A 현장의 경우에는 지중연속벽의 예측수평변위는 전반적으로 실측치보다 작게 발생하고 있으며, 벽체의 최대수평변위량도 실측치보다 작게 발생하는 경향을 보이고 있다. 반면 B 현장의 경우에는 지중연속벽 상간부까지는 예측치와 실측치가 큰 차이를 보이지 않고 있으나 벽체 하부에서는 예측치가 실측치 보다 크게 발생하는 경향을 보이고 있다. 이는 Rankine의 토압이 삼각형 분포로 벽체 상부보다 하부에 큰 토압이 작용하고 있는 것이 원인이라 사료된다. 그리고 전체적인 수평변위 현상은 예측치와 실측치가 상당히 다른 현상을 보이고 있다.

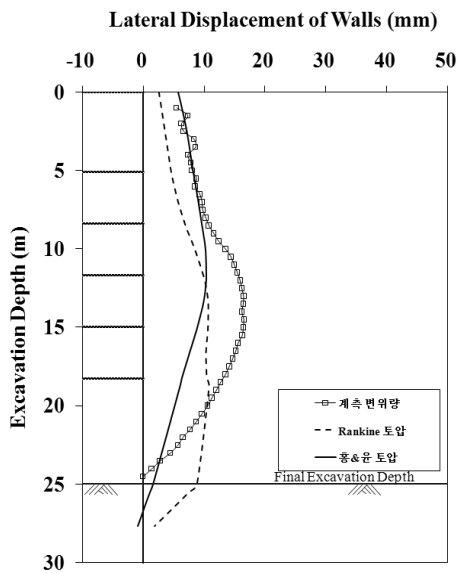
한편, 홍원표·윤중만의 토압을 적용할 경우에는 지중연속벽의 수평변위는 A-2 현장과 B-2 현장의 상부에서 예측치가 실측치 보다 크게 발생하고 있으나 전반적으로 A, B 현장 모두 예측치와 실측치가 거의 유사하게 발생하고 있다. 그리고 전체적인 수평변위 현상은 예측치와 실측치가 상당히 유사한 현상을 보이고 있으며 최대 수평변위량의 크기 및 발생위치도 예측치와 실측치가 거의 일치하는 있다. 이와 같이 홍원표·윤중만의 토압을 적용하여 산정된 예측치가 실측치와 비교적 일치하는 것은 홍원표·윤중만의 토압은 굴착현장에서 얻은 실측치를 역해석하여 산



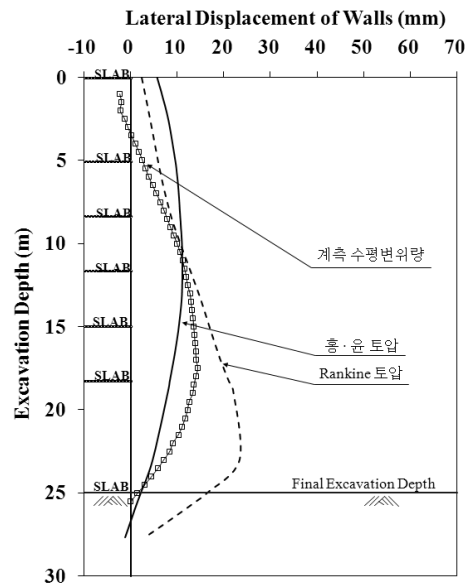
(a) A-1 현장



(b) A-2 현장



(c) B-1 현장



(d) B-2 현장

그림 7. SUNEX 프로그램으로 산정된 예측수평변위와 실측수평변위의 비교

정한 토압분포로, 굴착단계별 흙막이벽의 변형으로 인하여 발생하는 토압분포의 변화를 모두 고려한 토압이기 때문이라 사료된다. 따라서 SUNEX 프로그램을 이용하여 지중연속벽의 설계시, Rankine의 토압보다는 홍원표·윤중만의 토압을 적용하면 지중연속벽의 수평변위를 비교적 잘 예측할 수 있는 것으로 사료된다.

그림에 나타난 바와 같이 흙막이벽 설계프로그램으로 예측된 벽체의 수평변위와 지중경사계로 측정된 실측수평변위의 크기가 해석 단면에 따라 다르게 나타나는 경향을 보이는 있다. 이는 프로그램으로 지중연속벽 해석시 적용

된 굴착시공과정과 실제 현장에서의 굴착시공과정이 다소 차이가 있으며, 지중연속벽의 수평변위는 굴착현장의 시공조건(단계별 굴착깊이, 슬래브의 설치간격)과 지반조건(지층의 종류 및 두께, 지하수위의 위치)에 영향을 받기 때문이라 사료된다.

### 5.1.2 GeoX 프로그램에 의한 수평변위 비교

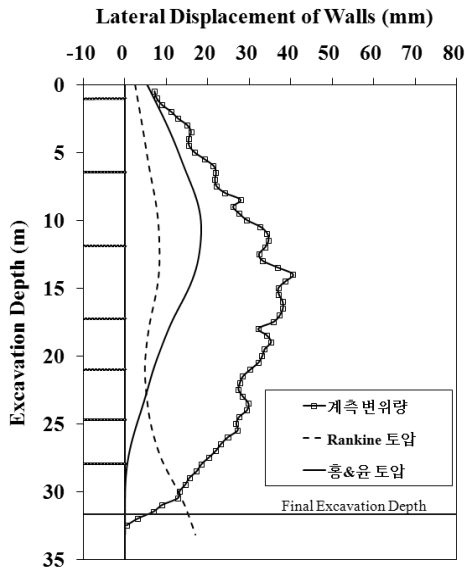
그림 8은 A 현장과 B 현장의 지중연속벽 배면에 설치된 지중경사계 측정된 벽체의 실측수평변위와 GeoX 프로그램을 사용하여 산정한 예측수평변위를 비교하여 나타난

것이다.

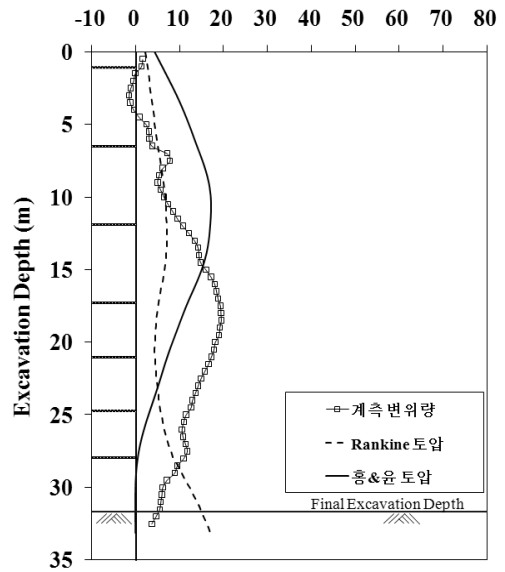
Rankine의 토압 적용시, 그림 8에 나타나 바와 같이 A-1 현장을 제외하고는 지중연속벽의 상부에서 중간부까지 벽체의 수평변위의 예측치와 실측치가 어느 정도 일치하고 있으나 벽체의 중간부에서 하부로 갈수록 예측치와 실측치는 큰 차이를 보이고 있다. 그리고 벽체의 수평변위 형상, 최대수평변위의 크기 및 발생위치도 예측치와 실측치는 상당히 다른 경향을 보이고 있다. 특히 B 현장의 경우는 벽체 하부에서 예측치가 실측치보다 매우 크게 발생하고 있다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 Rankine의 토압

은 하부로 갈수록 증가하는 삼각형 분포이기 때문이라고 사료된다.

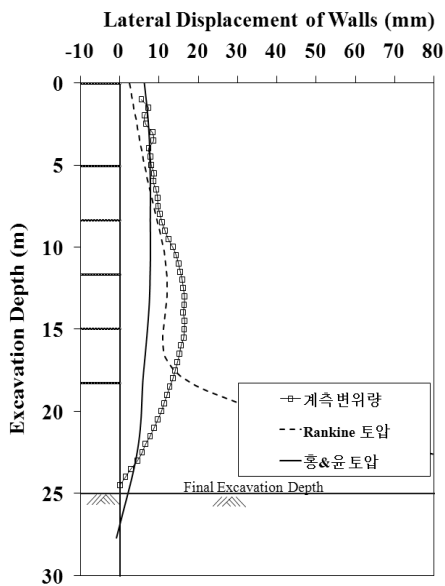
한편 홍원표·윤증만의 토압을 적용할 경우, 지중연속벽의 수평변위는 A, B 현장과 모두 벽체 상부에서는 예측치가 실측치와 비슷하거나 크게 발생하고 있으나 하부로 갈수록 예측치가 실측치 보다 작게 발생하고 있으며 전체적인 수평변위 형상은 예측치와 실측치가 다소 차이를 보이고 있다. 그리고 최대 수평변위량의 발생위치는 차이는 있지만 A-2 현장, B-2 현장의 경우에는 최대수평변위량은 예측치와 실측치가 거의 유사하게 발생하고 있다. 그러나



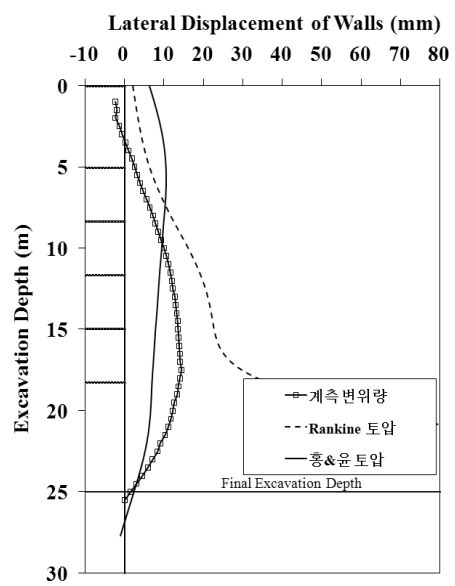
(a) A-1 현장



(b) A-2 현장



(c) B-1 현장



(d) B-2 현장

그림 8. GeoX 프로그램으로 산정된 예측수평변위와 실측수평변위의 비교



전반적으로는 GeoX 프로그램을 적용시 홍원표·윤중만의 토압을 적용하여 산정된 수평변위형상 및 최대수평변위의 크기는 실측치와는 다소 차이는 있지만 Rankine의 토압에 의한 것보다 실측치와 유사한 경향을 보이고 있다.

## 5.2 굴착단계별 수평변위의 비교

앞 절에서 Top-Down 공법이 적용된 굴착현장에서, 흙막이벽 해석프로그램을 이용하여 지중연속벽의 수평변위를 예측하여 실측치와 비교분석한 결과, Rankine의 토압

보다는 홍원표·윤중만의 토압을 적용하여 산정된 예측치가 실측치와 더 잘 일치한다는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 절에서는 A-1 현장을 대상으로, 해석프로그램에 홍원표·윤중만의 토압만을 적용하여 산정된 굴착단계별 지중연속벽의 예측수평변위를 실측수평변위와 비교하여 굴착단계별 홍원표·윤중만 토압의 적용성을 검토해 보고자 한다.

그림 9는 굴착단계별 SUNEX 및 GeoX 해석프로그램으로 산정된 지중연속벽의 예측수평변위와 현장에서 계측된 실측수평변위를 비교하여 나타낸 것이다. 그림 9(a)에서 보는 바와 같이 굴착깊이가 7.45m인 초기굴착단계에

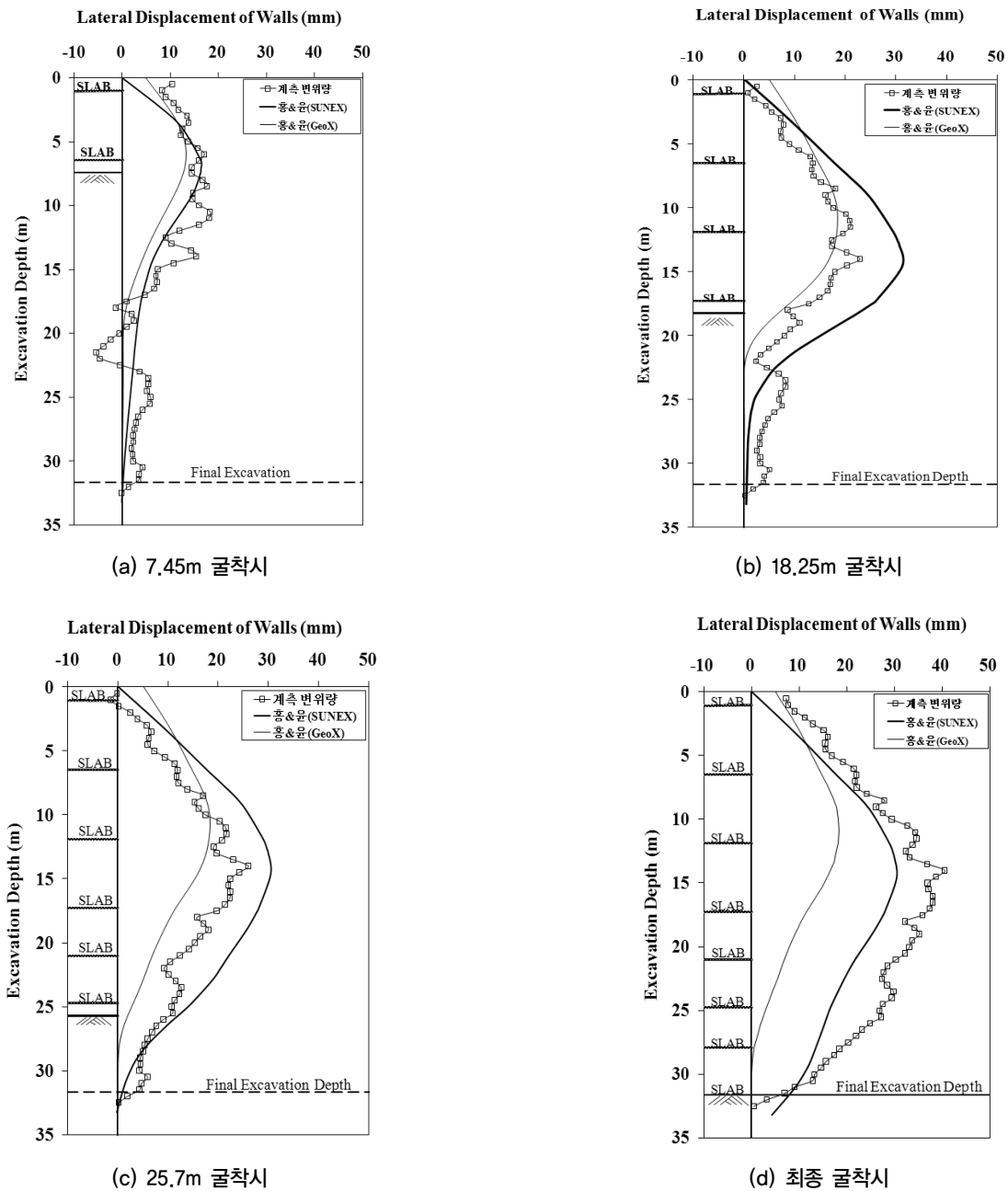


그림 9. 굴착단계별 지중연속벽의 예측수평변위와 실측수평변위 비교

서 지중연속벽의 수평변위는 SUNEX 및 GeoX 프로그램으로 산정된 예측치가 실측치와 비교적 잘 일치하고 있으며, 특히 SUNEX 프로그램으로 산정된 예측치가 실측치에 더 근접한 것으로 나타났다. 굴착깊이가 18.25m인 중간굴착단계에서는 그림 9(b)에서 보는 바와 같이 GeoX 프로그램으로 산정된 예측수평변위가 실측수평변위와 잘 일치하고 있다. 반면에 SUNEX 프로그램에 의한 예측치는 실측치를 다소 과다하게 산정되고 있다.

그림 9(c)에서 보는 바와 같이 굴착깊이가 25.7m인 후기굴착단계에서는 SUNEX 프로그램으로 산정된 예측치가 실측치보다 약간 크게 발생하고 있으나, GeoX 프로그램으로 산정된 예측치는 실측치보다 약간 작게 발생하고 있다. 즉, 실측수평변위는 이들 두 예측수평변위 사이에 분포하고 있다. 지중연속벽 상부에서는 두 프로그램으로 산정된 예측수평변위가 실측수평변위 보다 약간 크게 발생하고 있다. 한편, 그림 9(d)에서 보는 바와 같이 굴착깊이가 31.65m인 최종굴착단계에서는 두 프로그램에 의해 산정된 해석치는 실측치 보다 모두 작게 발생하고 있다. 본 단계에서는 SUNEX 프로그램으로 산정된 예측치가 GeoX 프로그램에 의한 해석치보다 실측치에 근접하고 있다. 특히, GeoX 프로그램으로 산정된 예측치는 실측치보다 상당히 작게 발생하고 있다.

각 굴착단계별로 프로그램으로 산정된 벽체의 예측수평변위와 현장에서 지중경사계로 측정된 실측수평변위를 비교검토한 결과, 중간굴착단계까지는 GeoX 프로그램으로 예측된 지중연속벽의 수평변위가 실측치와 잘 일치하고 있으나 굴착깊이가 깊어져 최종굴착단계로 이르게 되면 SUNEX 프로그램으로 예측된 지중연속벽의 수평변위가 실측수평변위와 잘 일치하는 경향을 보이고 있다. 굴착단계별로 다소 차이는 있지만 전반적으로 SUNEX 프로그램과 GeoX 프로그램으로 예측된 수평변위 형상은 실측변위형상과 매우 유사한 경향을 보이고 있으며, 예측된 최대수평변위의 크기도 실측치와 비슷한 것을 알 수 있다. 따라서 현재 실무에서 흙막이벽 설계시 사용되고 있는 SUNEX 프로그램과 GeoX 프로그램에 홍원표·윤중만 토압을 적용하는 것이 지중연속벽의 변형거동을 예측하는데 적합하다고 사료된다. 한편 SUNEX 프로그램과 GeoX 프로그램으로 산정된 지중연속벽의 수평변위가 다르게 예측된 것은 두 프로그램의 구성모델, 알고리즘 및 경계조건의 차이로 인한 것으로 사료된다.

## 6. 결론

본 연구에서는 Top-Down 공법을 적용한 지하굴착 현장을 대상으로 하여, 현재 실무에서 흙막이벽 설계시 사용되는 해석프로그램에 적용하는 토압에 대하여 적합성을 평가해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 해석프로그램에 의해 예측된 Top-Down 공법이 적용된 지중연속벽의 수평변위 형상은 적용되는 토압의 종류에 따라 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 즉, Rankine의 토압은 벽체상부에서 수평변위가 작게 발생하고 벽체하부에서 크게 발생하는 삼각형 분포에 가까운 형상을 보이고 있지만, 홍원표·윤중만의 토압은 벽체 상·하부에서 작게 발생하고, 벽체의 중앙부에서 크게 발생하는 활모양에 가까운 분포형상을 보이고 있다.
- (2) 흙막이벽을 설계할 때 주로 사용되고 있는 SUNEX 프로그램과 GeoX 프로그램으로 산정된 지중연속벽의 예측수평변위는 Rankine의 토압보다는 홍원표, 윤중만의 토압을 적용한 경우에 실측수평변위와 비교적 잘 일치하고 있다. 그리고 굴착단계별로 다소 차이는 있지만 SUNEX 프로그램과 GeoX 프로그램으로 예측된 수평변위형상은 실측변위형상과 매우 유사한 경향을 보이고 있다. 그러므로 SUNEX 프로그램과 GeoX 프로그램에 홍원표·윤중만 토압을 적용하면 지중연속벽의 변형거동을 정확히 예측할 수 있다.
- (3) Top-Down 공법이 적용된 지중연속벽의 변형거동은 옹벽의 변형거동과는 상당한 차이가 있다. 따라서 Top-Down 공법을 적용한 지중연속벽 설계시, 강성벽체에 작용하는 Rankine의 이론토압보다는 굴착단계별 흙막이벽의 변형으로 인하여 발생하는 토압의 변화가 고려한 홍원표·윤중만의 토압이 적합하다.

## 참고문헌

1. 홍원표, 윤중만 (1995a), “지하굴착시 앵커지지 흙막이벽에 작용하는 측방토압”, *한국지반공학회지*, Vol.11, No.1, pp.63-77.
2. 홍원표, 윤중만 (1995b), “지하굴착시 앵커지지 흙막이벽 안정성에 관한 연구”, *대한토목학회논문집*, Vol.15, No.4, pp.991-1002.
3. Clough, G. W. and O'Rourke, T. D. (1990), “Construction

- induced movements of in situ walls”, *Proc. ASCE Conf. on Des. and Perf. of Earth Retaining Struct.*, Geotech. Spec. Publ. No.25, ASCE, New York, pp.439-470.
4. Flaate, K. S. (1966), *Stresses and Movements in Connection with Braced Cuts in Sand and Clay*, Ph. D. thesis, Univ. of Illinois.
5. Rankine, W. M. J. (1857), “On Stability on Loose Earth”, *Philosophic Transactions of Royal Society*, Part I, London, pp.9-27.
- (논문접수일 2012. 2. 9, 심사완료일 2012. 3. 10)