

## 역해석을 통한 소단굴착에 따른 흙막이 벽체변위의 매개변수 연구

### Parametric Study on Displacement of Earth Retaining Wall by the Bermed Excavation Using Back Analysis

이명환<sup>1</sup>, 김태형<sup>2\*</sup>

Myoung-Han Lee<sup>1</sup>, Tae-Hyung Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Nonmember, Graduate Student, Dept. of Civil and Environ. Engrg., Korea Maritime and Ocean Univ., 727 Taejong-ro, Yeongdo-gu, Busan 606-791, Republic of Korea

<sup>2</sup>Member, Professor, Dept. of Civil Engrg., Korea Maritime and Ocean Univ., 727 Taejong-ro, Yeongdo-gu, Busan 606-791, Republic of Korea

#### ABSTRACT

Together with the wall stiffness, a berm has the role of deciding the stability of a temporary retaining wall before structure installation after excavation. Especially in case of loose or soft soil excavated ground, the role of berm is very important. In this study, the measurement data obtained from the temporary retaining wall in the bermed excavation site in urban and numerical analysis are used to investigate the effects of berm's dimension (width and slope), excavation depth and ground property on the maximum horizontal displacement of the temporary retaining wall. The measurement data indicated that the wall displacement varied to the berm's width. That is, as the berm width decreased, the wall displacement increased. As a result of numerical analyses, the maximum wall displacement increased as slope increased and berm width decreased. This means that the berm is effectively restrained to the wall displacement. As excavation depth increased, the effect of berm's slope and width increased. In case of the same berm condition, the wall displacement restrained as ground property increased.

#### 요 지

소단은 굴착 후 지지구조물이 설치되기 전 벽체의 강성과 더불어 가설벽체의 안정성을 좌우하는 역할을 한다. 특히 굴착지반이 느슨하거나 연약한 경우 소단의 역할은 매우 중요하다. 본 연구에서는 소단을 이용한 도심지 버팀굴착현장의 계측결과와 수치해석을 사용하여 가설벽체의 최대수평변위에 미치는 소단의 규모(폭과 경사) 및 굴착깊이, 지반물성의 영향을 분석하였다. 계측결과 소단 폭이 좁아질수록 벽체의 수평변위는 증가하는 경향을 보였다. 수치해석 결과 소단의 경사가 급해질수록, 소단 폭이 좁아질수록 최대수평변위량은 크게 나타나 소단이 벽체의 변위를 억제하는데 효과가 있음을 알 수 있었다. 또한 굴착심도가 깊어질수록 소단폭과 경사의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 동일한 소단 조건에서 지반물성이 높을수록 벽체의 최대수평변위를 억제하는 것으로 나타났다.

**Keywords** : Berm, excavation, temporary retaining wall, maximum lateral displacement, soil property

## 1. 서 론

일반적으로 적용되는 흙막이 벽체 공법의 종류로는

H-pile+토류벽, CIP, SCW(Soil Cement Wall), 널말뚝, 지하연속벽 등이다. 흙막이 벽체 공법을 이용한 굴착공사에서 사고가 빈번하게 발생되고 있다. 이것은 지반이 갖는 불확실성 및 설계, 계측, 시공관리의 오류 등에 의해 발생된 것으로 알려져 있다(Seong et al., 2011; Liu et al., 2012).

Received 30 Sep. 2015, Revised 24 Oct. 2015, Accepted 26 Oct. 2015

\*Corresponding author

Tel: +82-51-410-4465; Fax: +82-51-410-4460

E-mail address: kth67399@kmou.ac.kr (T-H. Kim)

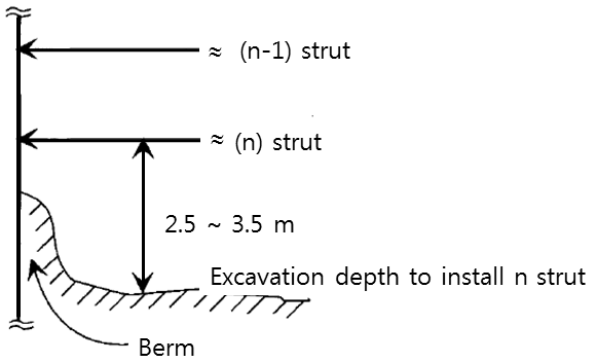


Fig. 1. A typical bermed excavation profile at the certain stage(Yang & Park, 1999)

흙막이 벽체를 설치하고 지반을 굴착하면 벽체에 변형이 발생된다(Hong et al., 2000). 특히 도심지 구조물 근접 과도한 굴착 시 배면 지반 및 흙막이벽체에는 큰 변형이 발생된다. 벽체의 과도한 변형을 억제하기 위해 실무에서는 굴착 측에 어느 정도의 소단(berm)을 두어 시공하고 있다. 국내 도심지 버팀굴착 공사 시에는 Fig. 1과 같이 버팀대 설치 예정 위치에서 2.5m~3.5m 정도 더 굴착된 상태에서 버팀대를 설치해가는 것이 일반적이다. 이는 현장에서 굴착 및 스트럿 설치 작업을 위해 중장비가 필요로 하는 작업공간을 확보하기 위함인데, 이러한 경우 과도한 굴착으로 인하여 발생하는 지반 및 흙막이 구조물의 큰 변형을 억제하기 위해서 소단이 현장의 여건에 적절하게 활용되고 있다(Yang & Park, 1999).

소단은 굴착 후 지지구조물이 설치되기 전 흙막이 벽체의 강성과 더불어 굴착벽체의 안정성을 좌우하는 역할을 한다. 특히 굴착지반이 느슨하거나 연약한 경우 소단의 역할은 상당히 중요한데 좋은 토사층에서는 1:1.5 이상, 나쁜 흙에서는 1:2 또는 1:2.5을 추천하는데, 일반적인 토사층에서 1:1 이상을 유지하는 것이 바람직한 것으로 알려져 있다. 굴토면적이 넓은 경우에는 소단을 설치할 수 있으나 이 경우에는 소단 상단의 폭은 과굴착 심도의 3배 이상이 필요한 것으로 알려져 있다(Korean Geotechnical Society, 2002).

소단의 역할은 흙의 종류에 따라서도 그 기능에 차이가 있다. Clough & O'Rourke(1990)에 따르면 연약~중간 정도 굳기의 점토 지반보다는 사질토와 같은 단단한 지반에서 소단이 지보공을 보조하는 역할이 뚜렷한 것으로 알려져 있다. 본 연구의 대상 현장을 포함하여 국내외의 여러 현장에서도 소단을 이용함으로써 흙막이 벽체의 수평변위를 상당히 억제한 사례를 종종 찾아볼 수 있다(Ko et al.,

1997; Clough & Denby, 1977; Potts et al., 1993; Liao & Lin, 2009, Ying, 2010; Park & Sho, 2013). 그러나 소단의 역할을 과신하거나 효율적으로 적용하지 못하여 벽체에 과도한 변형이 발생된 사례도 존재한다(Ishii et al., 1994; Liao & Lin, 2009; Park & Kim, 2015). 특히 두터운 연약점토층이 존재하거나 굴착현장이 강과 근접하여 강수위에 영향을 받는 지역, 압밀이 더디고 압밀에 의한 강도증가를 기대하기 어려운 지층의 경우에 소단의 기능이 제대로 발휘되지 못하는 것으로 알려져 있다(Park & Kim, 2015).

지반에서 깊은 굴착을 수행 시, 소단의 기능은 흙막이벽체의 강성 및 단부조건, 버팀방법, 굴착깊이, 소단형성, 굴착속도, 시공순서, 지반물성 변화 등에 따라 변화된다. 예를 들어 소단형성의 경우, 함수비가 높은 연약퇴적층지반 이어서 소단의 경사를 1:1로 형성하게 되면 스스로 자립하기 어렵고 소단자체가 굴착영역 중앙 측으로 이동변위하게 되어 벽체를 지지하는 효과는 크게 떨어지게 된다. 지반물성의 경우, 만약 굴착영역 내의 토사에서 스며 나오는 물의 흐름 및 고임으로 인해 소단형성 지반의 물성이 약화되면 굴착 내부로의 벽체변위는 지속되는 현상이 발생된다(Park & Kim, 2015).

굴착공사 시 발생하는 과도한 변위를 억제하기 위해 소단이 많이 적용되고 있고 효율적이 소단에 대한 연구가 진행되고 있다(Cho, 1997; Yang, 2000). 실무에서는 소단의 벽체의 변형억제 효과를 가상 수동 붕괴선, 벽체내외의 힘의 평형, 소단 폭과 높이의 관계 등을 이용한 경험적 방법이 이용되고 있으나 현장 여건과 맞지 않아 잘 이용되지는 않고 있다. 대신 계측이나 수치해석(Youssef, 2003; Wu & Duan, 2014)법이 많이 이용되고 있다. 본 연구는 기존 연구의 연장으로 과도한 벽체 변위를 억제하기 위한 효율적인 소단에 대한 연구를 현장 계측자료와 수치해석을 통해 수행하였다. 수치해석에서는 소단형성, 지반물성 변화, 굴착깊이 이 세 가지 요소를 집중 연구 대상으로 한정하였다. 즉, 소단의 기능에 영향을 미치는 나머지 요소인 흙막이벽체의 강성 및 단부조건, 버팀방법, 굴착속도, 시공순서 등은 연구에서 제외하였다.

## 2. 현장 : 소단에 따른 계측결과

본 현장은 부산광역시 00동으로 주거지역으로 상가, 학교, 아파트가 밀집한 도심지 구간이다. 현장의 지질은 신



Fig. 2. Bermed excavation situation at the site

라퐁 안산암질암류를 기저부로 하고 동으로 화강섬록암 및 미문상화강암이 이를 관입하고, 서로 마산암류 아다멜라이트가 기저부를 관입하고 제 4기 충적층이 이들을 피복하고 있다. 지반조사 결과 지층은 매립층, 풍화토, 풍화암 순으로 형성되어 있다. 각 지층의 N값은 7/30~32/30(매립토), 32/30~50/14(풍화토, SM), 50/8~50/4(풍화암)로 나타났다(Kwanglim Engineering Co. Ltd., 2014).

이 현장의 소단을 이용한 5.2m 굴착에 대한 시공현황은 Fig. 2와 같고, 소단 시공단계는 Fig. 3과 같다. 실제 많은 현장에서는 소단의 경사를 문헌(Korean Geotechnical Engineering, 2002)에서 제시한 경사로 형성하지 않고 1:1 정

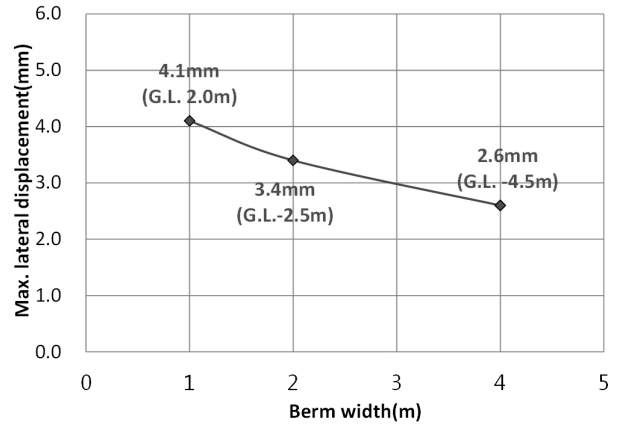


Fig. 4. Measured horizontal displacement to berm width in case of 5.2 m excavation

도 또는 이 보다 급한 경사로 소단을 형성한다. 본 현장은 상당히 경사가 급한 1:0.2의 소단을 2.5m 높이로 두고 시공이 진행되고 있다.

소단 폭의 변화에 따른 최대수평변위 계측결과는 Fig. 4와 같다(Kwanglim Engineering Co. Ltd., 2015). 지중경사계는 H-Pile 시공 후 굴착전 가시설벽체에서 약 2m 이격하여 설치되었으며, 주 2회의 빈도로 계측을 수행하였다. Fig. 4를 보면 계측값이 5.2m 굴착깊이에서 관리기준치 20.8mm 보다 훨씬 작은 4.1mm(소단폭 1m 조건에서)가

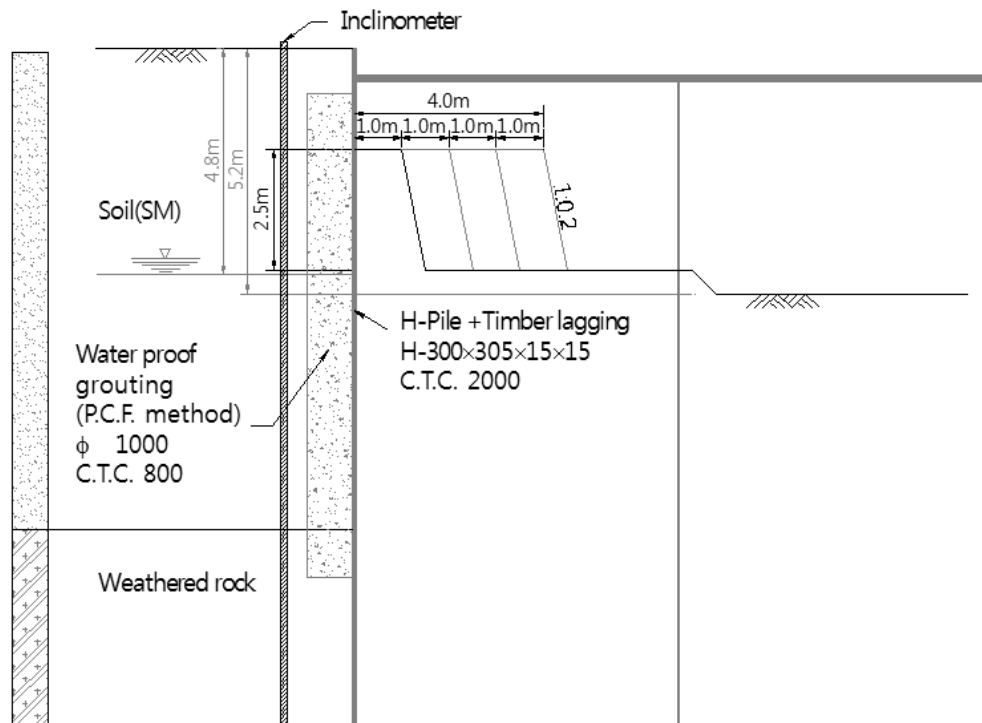


Fig. 3. Cross-sectional diagram of 5.2m bermed excavation at the site

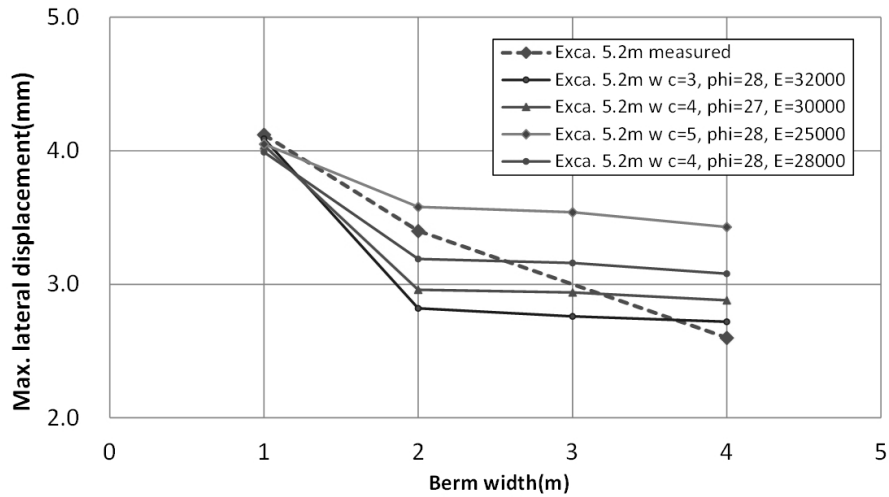


Fig. 5. Comparison of maximum lateral displacement between measured and back analysis with different soil parameters in case of bermed excavation 5.2 m

Table 1. Weathered soil (SM) parameters used in design and calculated by back analysis in case of 5.2 m bermed excavation

Item	Unit weight, $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesion, $c$ (kN/m <sup>2</sup> )	Friction angle, $\Phi$ (°)	Elastic modulus, $E$ (kN/m <sup>2</sup> )
Design	19	14.0	30	39,000
Back analysis	19	4.0	27	30,000

발생된 것을 알 수 있다. 이것은 이 현장의 풍화토 지반특성(32/30<N<50/14)과 굴착깊이가 G.L. -5.2m 정도로 낮은 편이기 때문에 판단된다. 전체적인 변위는 소단 폭이 짧아질수록 수평변위는 증가하는 경향을 보인다. 그림에서 괄호안의 숫자는 G.L. - 5.2m 굴착시 소단 폭에 따라 최대수평변위가 발생된 심도를 나타낸 것이다. 최대수평변위가 발생하는 위치는 소단 폭이 짧아짐에 따라 윗방향으로 이동하고 있다. 이러한 결과는 소단이 벽체 변위에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

### 3. 수치해석

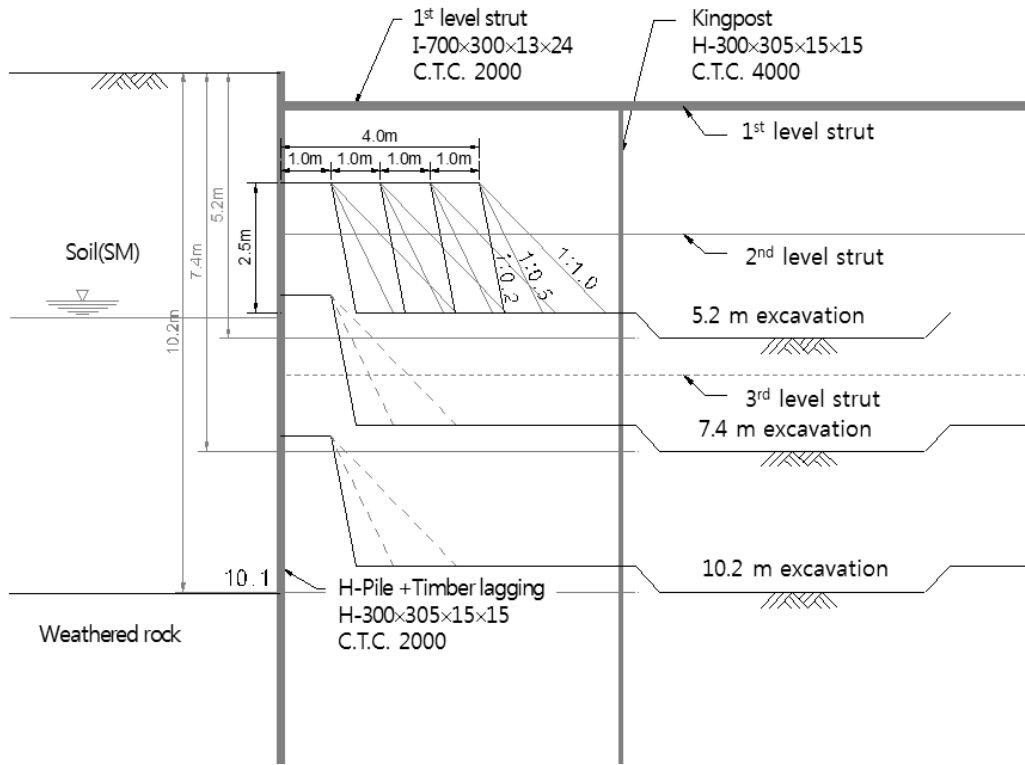
수치해석에 사용된 프로그램은 마이다스아이티에서 개발한 2차원 흙막이 가시성 해석 프로그램인 Geo-x(ver. 3.5.0)을 사용하였으며, Geo-x는 굴착면이 소단과 같이 단차진 경우와 비대칭단면에 대한 해석이 가능하다. 흙막이 벽체 및 버팀대와 중앙말뚝 등의 구조체는 beam요소로 시공간격을 고려하여 모델링하였으며, 시공단계는 흙막이 벽체 설치 후 단계별 굴착 및 지보재인 strut를 설치하는 것으로 설정하였다.

### 3.1 지반정수 산정을 위한 역해석

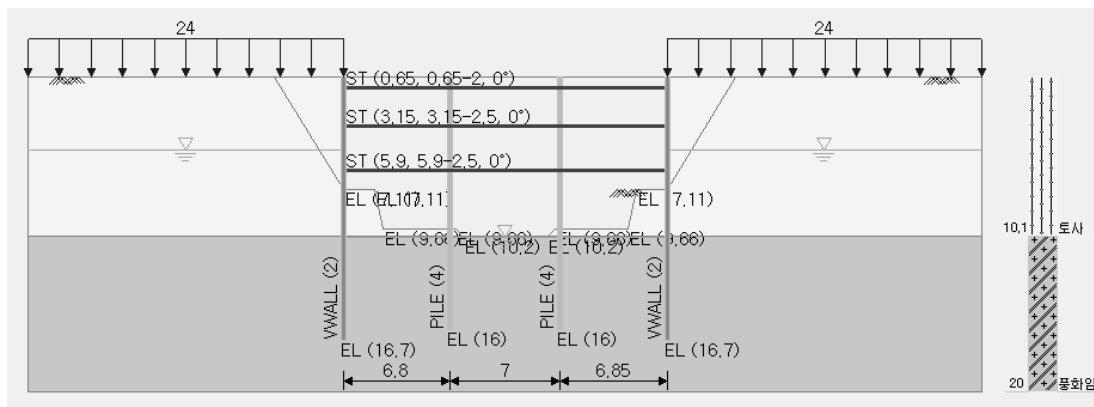
Fig. 5는 지반정수를 변화시키면서 소단 폭의 변화에 따른 수평변위를 역 해석한 결과이다. 점착력, 내부마찰각, 변형계수를 변화시켜 역 해석한 결과 실제 발생된 수평변위(Fig. 4)와 유사한 결과는 점착력 4.0kN/m<sup>2</sup>, 내부마찰각 27°, 변형계수 30,000kN/m<sup>2</sup>의 지반정수 조건에서 발생되는 것으로 나타났다(Table 1). 그림에서 측정값과 해석값이 다른 이유는 해석에서 지반정수를 구역별로 좀 더 세분화해서 적용하지 못했기 때문이다.

### 3.2 굴착 및 소단시공에 따른 수치해석

Table 1의 G.L. -5.2m 굴착시 역해석으로 산정된 지반정수를 가지고 본 현장에서 진행될 다음 단계 굴착(G.L. -7.4m, -10.2m)시 소단에 따른 벽체변위에 영향을 좀 더 구체적으로 검토하였다. Fig. 6은 수치해석에서 재현할 단계별 굴착과 소단의 모식도이다. 현장의 상황을 고려하여 소단높이 2.5m에 대해 소단 폭(1, 2, 3, 4m)과 경사(1:1, 1:0.5, 1:0.2)를 변화시켜 수치해석을 수행하여 최대수평변위를 산정하였다. 이때 나머지 해석에 필요한 지반정수는



(a)



(b)

Fig. 6. (a) Cross-sectional diagram of step-wise bermed excavation at the site and (b) numerical modeling in case of G.L. -10.2 m (excavation), 2 m (berm width), and 1:0.2 (berm slope)

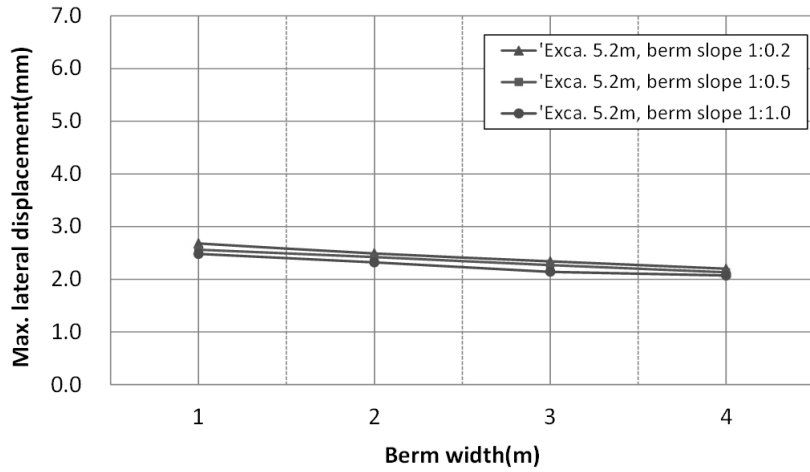
Table 1의 역해석 값을 적용하였다. 또한 지반정수의 변화가 소단 기능에 미치는 영향도 같이 검토하였다. 지반정수의 영향은 굴착 시 물의 유입과 기계장비 등에 의한 지반의 교란 및 이완의 영향을 알아보기 위함이다.

### 3.2.1 소단폭, 소단경사 및 굴착깊이에 따른 벽체 변위

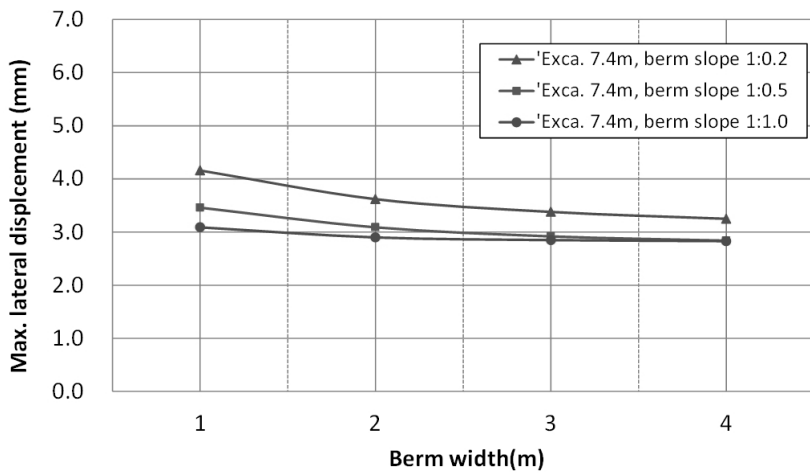
소단 폭, 경사 및 굴착깊이에 따른 수치해석결과(Fig. 7), 소단경사가 커질수록, 소단폭이 작아질수록 최대수평변위량은 크게 나타나 소단이 가시설 벽체의 수평변위를 억제

하는데 효과가 큰 것으로 확인되었다.

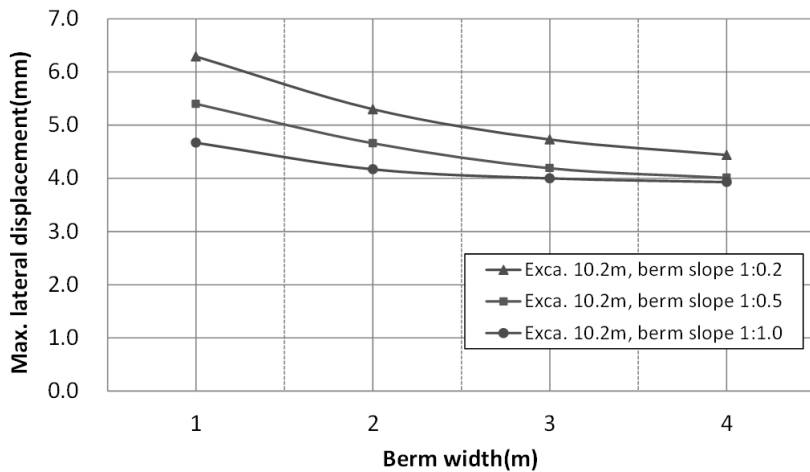
G.L. -5.2m 굴착시 소단경사가 1:0.5일 경우 1:1.0인 경우에 비해 수평변위가 0.06~0.13mm 정도 증가하였으며, 1:0.2인 경우 0.13~0.39mm가 증가하였다. 수평변위 증가율을 보면 1:1.0경사와 비교하여 1:0.5, 1:0.2로 변화 시 각각 104%, 109%로 증가한 것이다. 7.4m 굴착시 1:1.0경사와 비교하여 1:0.5, 1:0.2로 변화시 수평변위는 107%, 126%로 증가하며, 10.2m 굴착시 110%, 127%로 증가폭이 크게 나타나 굴착심도가 깊어질수록 경사에 대한 영향이 커지



(a)



(b)



(c)

Fig. 7. Results of maximum lateral displacement according to berm width, berm slope, and excavation depth

는 것으로 나타났다. 이 결과를 보면 소단의 경사가 벽체 수평변위에 영향을 미치는 것을 알 수 있으며 그 영향은 굴착깊이가 깊어짐에 따라 점점 더 증가하는 것을 알 수 있다. 즉 굴착깊이가 깊어질수록 소단의 경사를 완만하게

형성하는 것이 필요하다는 것을 의미한다. 소단의 경사는 굴착깊이와 지반조건에 따라 굴착 가능한 경사가 달라지므로, 설계 및 시공시는 이를 고려한 검토가 필요할 것이다. 소단폭 1m를 기준으로 굴착깊이 및 소단경사에 따른

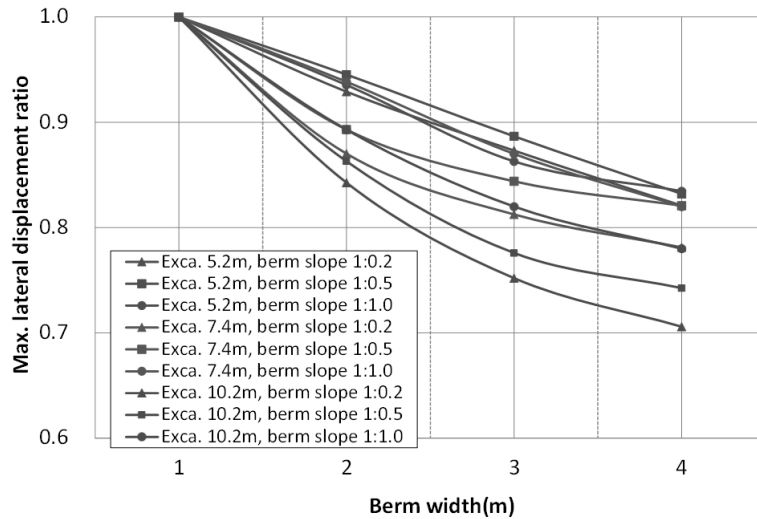


Fig. 8. Results of maximum lateral displacement ratio according to berm width, berm slope, and excavation depth

최대수평변위량의 비를 산정한 결과는 Fig. 8과 같다. G.L. -5.2m 굴착시 소단경사에 따라 소단상부폭이 1m일 때를 기준으로 1m 씩 증가시켜 4m의 소단폭을 둘 경우 0.82~0.95의 수평변위가 발생하고, 7.4m 굴착시 0.78~0.94, 10.2m 굴착시 0.71~0.89의 수평변위가 발생하는 것으로 나타나 굴착깊이가 깊어짐에 따라 수평변위가 소단으로 인해 억제되는 것을 알 수 있다. 또한, 소단 상부폭이 2m까지는 최대수평변위 억제 효과가 크고, 2m 이후는 변화가 완만하여 소단의 영향이 상대적으로 작은 것으로 나타났다. 굴착깊이가 10.2m로 깊고 경사가 급한 1:0.2인 경우에는 소단폭 3m까지 변위의 변화가 크고 이후에 변화가 완만한 것을 볼 수 있다. 그러므로 가급적 굴착깊이가 깊어질수록 소단 폭을 크게 하고 경사도 완만하게 할 필요가 있다.

### 3.2.2 지반물성변화에 따른 벽체 변위

굴착 시 굴착하단면으로 부터 물의 유입과 기계장비 등에 의한 지반 교란의 영향으로 소단의 물성은 변화된다. 지반물성 변화 시 소단의 기능을 검토하기 위하여 굴착구

간에 해당하는 풍화토층의 강도정수와 변형계수를 변화시켜 가시설벽체의 수평 변위량을 해석하였다. 이때 소단의 높이와 경사는 현장의 상황을 고려해서 각각 2.5m와 1:0.2로 하였다.

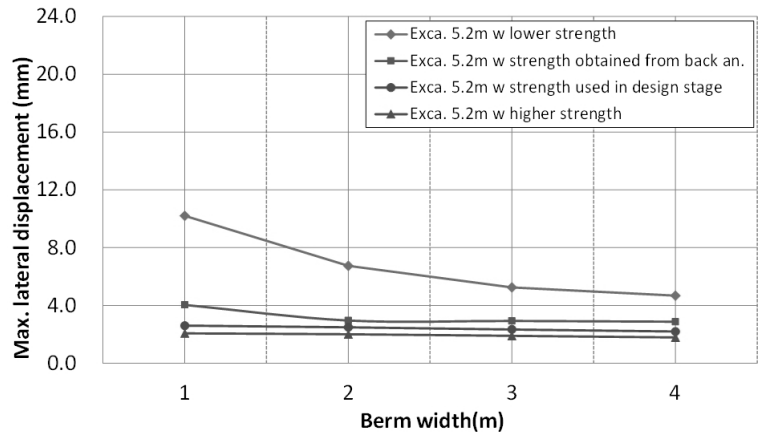
Fig. 9에서 볼 수 있듯이 소단을 1~4m까지 1m 간격으로 증가시키면서 역해석한 결과 최대 수평변위량은 2.88~4.04mm로 나타났다. 이것은 굴착 시 지반 이완 및 교란 등으로 지반이 연약화되어 물성치가 설계값 보다 작게 되면 지반의 강도정수가 저하되고 그로 인해 수평변위에 미치는 소단 폭의 영향을 더 크게 받는 것을 알 수 있다.

#### ① 강도정수 및 변형계수 변화에 따른 변위

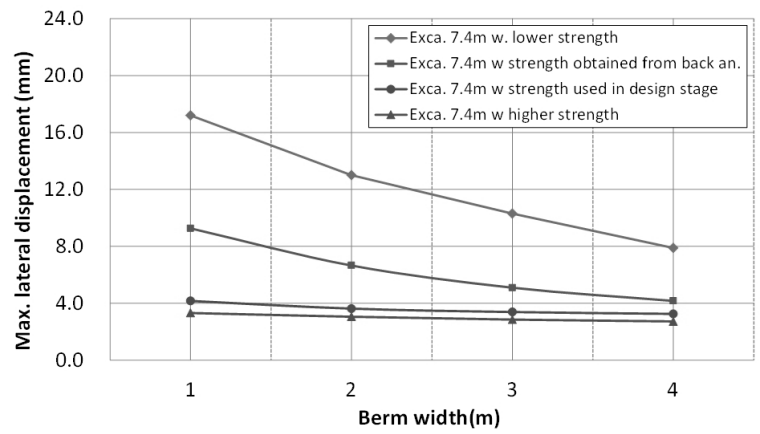
풍화토에 대하여 Table 2 지반물성 조건으로 해석한 결과 Fig. 9와 같이 강도정수 값과 변형계수 값이 작아질수록 최대수평변위 증가량이 크며, 지반정수가 높을수록 변위량이 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 Clough and O'Rourke(1990)의 연구 결과와 일치하는 것으로 단단한 지반일수록 소단이 지보공을 보조하는 역할이 뚜렷함을 의미한다. 지반정수가 설계값 보다 작은 역해석 및 낮은

Table 2. Considered soil properties of weathered soil layer(SM)

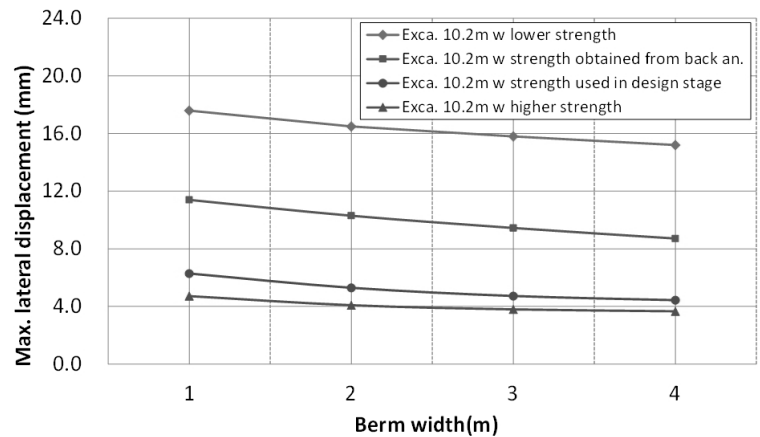
Item	Strength	Unit weight, $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesion, $c$ (kN/m <sup>2</sup> )	Internal friction angle, $\Phi$ (°)	Elastic modulus, $E$ (kN/m <sup>2</sup> )
Case 1	Low	19.0	2.0	24	21,000
Case 2	Used back analysis	19.0	4.0	27	30,000
Case 3	Used design stage	19.0	14.0	30	39,000
Case 4	High	19.0	24.0	33	48,000



(a)



(b)



(c)

Fig. 9. Results of maximum lateral displacement ratio according to soil parameters and excavation depth

물성의 경우 소단 상부쪽에 따라 변위가 변화되면 특히 2m이내의 기울기변화가 2m이후보다 더 큰 것으로 나타났다. 하지만 지반정수가 높은 물성인 경우 소단 쪽에 따른 변위의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다.

② c, φ의 영향성

소단을 형성하는 지반의 점착력과 내부마찰각 변화가 벽체 수평변위량에 미치는 영향을 평가하기 위해서 변형계수는 30,000kN/m<sup>2</sup>로 고정하고 Table 3과 같은 조건에서 해석을 실시하였다. 소단의 높이와 폭은 각각 2.5m와



Table 3. Considered shear strength parameters of weathered soil layer (SM)

Case	Cohesion, $c$ ( $\text{kN/m}^2$ )	Internal friction angle, $\Phi$ ( $^\circ$ )
Cohesion ( $c$ )	20	0
	30	0
	40	0
	50	0
Internal friction angle ( $\Phi$ )	0	23
	0	25
	0	27
	0	29

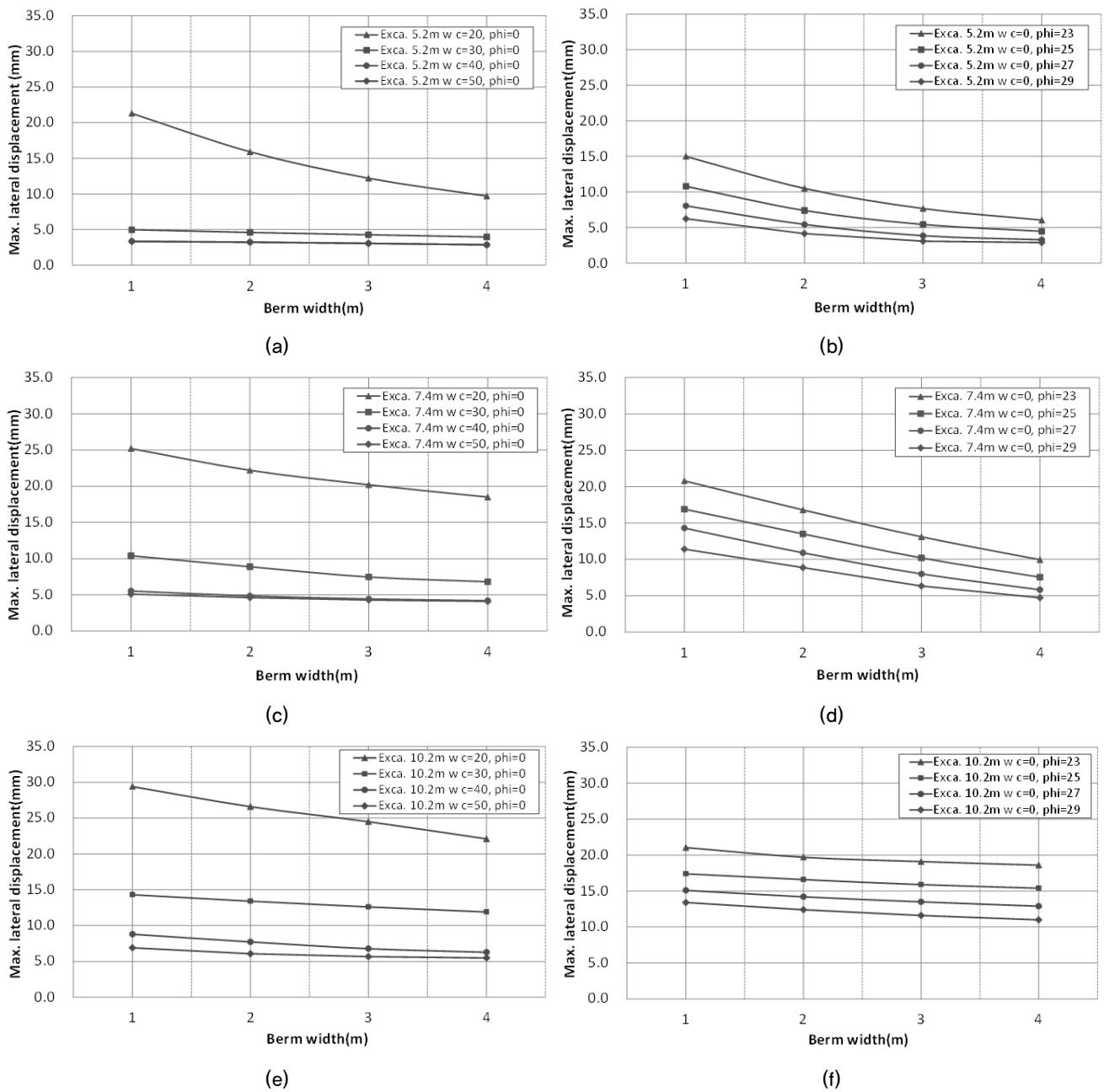


Fig. 10. Effect of cohesion  $c$  and internal friction angle  $\phi$  on the maximum lateral displacement

1;0.2이다. 이 연구는 점토지반과 사질지반에서 지반물성 변화에 따른 소단의 기능을 알아보기 위함이다. 먼저 점토 지반의 경우 내부마찰각을 0으로 두고 점착력 20~50kN/m<sup>2</sup>으로 변화시켰으며, 사질지반의 경우 점착력을 0으로 두고 내부마찰각을 23~29°로 변화시키는 경우에 대하여 소단의 상부폭과 굴착깊이를 변화시켜 해석한 결과는 Fig. 10과 같다.

해석결과 점착력 변화 시(Fig. 10(a)) 점착력이 20kN/m<sup>2</sup>일 경우 소단의 영향을 크게 받는 것으로 나타났으며, 점착력이 증가함에 따라 소단의 영향을 작게 받는 것으로 나타났다. 점착력이 40kN/m<sup>2</sup>이상일 경우 소단의 영향이 미미하였다. 굴착깊이가 깊어짐에 따라 소단의 영향이 작아지는 것으로 나타났다.

점착력을 0으로 두고 내부마찰각을 변화시킨 경우(Fig. 10(b)) 굴착심도가 낮아질수록 소단폭에 따른 최대수평변위량의 변화가 크게 나타났으며, 굴착깊이가 깊어질수록 소단폭에 따른 변위량차이는 감소하였다. 점착력만을 고려한 경우에 비해 소단폭에 따른 변위량의 변화가 작게 나타나 민감도 측면에서 점착력이 내부마찰각보다 큰 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 도심지 버팀굴착현장의 계측결과를 이용하여 역해석에 의한 방법으로 가시설 벽체의 수평변위를 분석하였으며, 추가적인 수치해석을 통하여 소단의 규격 및 굴착깊이, 지반물성 변화에 따른 소단 폭과 벽체의 수평변위 관계를 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 계측결과 소단 폭에 따라 벽체의 변위가 변화됨을 알 수 있다. 즉 소단 폭이 짧아질수록 벽체의 수평변위는 증가하는 경향을 보였다. 계측된 수평변위값은 관리 기준(20.8mm) 이하로 이것은 연구 대상 현장의 지반이 N값 (32/30<N<50/14) 풍화토(SM)이고 굴착이 5.2m로 낮은 편이기 때문이다.
- (2) 소단 폭, 경사 및 굴착깊이에 따른 수치해석결과 소단 경사가 급해질수록, 소단폭이 짧아질수록 최대수평변위량은 크게 나타나 소단이 가시설 벽체의 수평변위를 억제하는데 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한, 굴착심도가 깊어질수록 소단폭과 경사에 의한 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

- (3) 굴착 시 지반교란 및 이완으로 지반물성은 변화될 수 있다. 똑 같은 소단 조건에서 지반물성이 높을수록 벽체의 최대수평변위를 억제하는 것으로 나타났다. 이것은 Clough and O'Rourke(1990)의 연구 결과처럼 단단한 지반일수록 소단이 지보공을 보조하는 역할을 하기 때문이다.
- (4) 현장계측 및 수치해석 결과, 소단이 가시설 변위 억제 효과가 있으므로 굴착 시 계측결과를 분석하고 현장의 지반특성 및 굴착깊이를 고려하여 적절한 소단 단면을 적용하면 경제적이고 효율적인 시공관리가 가능할 것으로 판단된다.

#### References

1. Cho, H. R. (1997), *Effect of Berm Size on Displacement of Retention Wall*, Master Thesis, Dankook University, pp.49.
2. Clough, G.W. and Denby, G.M. (1977), "Stabilizing Berm Design for Temporary Walls in Clay", *J. of Geotech. Eng. Div.*, ASCE, Vol.103, No.G2, pp.75-90.
3. Clough, G.W. and O'Rourke, T.D. (1990), "Construction Induced Movements of Insitu Walls, Design and Performance of Earth Retaining Structures", *Geotechnical Special Publication No.25*, ASCE, pp.455-456.
4. Hong, W.-P., Yun, J.-M. and Song, Y.-S. (2000), "Earth Retaining Structure Using a Row of piles during Shallow Excavation in Soft Clay", *Journal of The Korean Geotechnical Society*, Vol.16, No.1, pp.191-201.
5. Ishii, Y., Miyazaki, K. and Mori, M. (1994), "Effect of Remained Slope on the Behavior of Earth Retaining Structure", *29th Conference of Geotechnical Engineering Research in Japan*, pp.1699-1700.
6. Ko, Y.I., Kwon, Y.H. and Park, S.Y. (1997), "Effective Use of Stabilizing Berm for Excavation in Urban Area", *Spring conference of Korean Geotechnical Society*, pp.81-89.
7. Korean Geotechnical Society (2002), *Excavation and Retaining Wall Methods*, Goomibook, pp.608-628.
8. Kwanglim Engineering Co. Ltd. (2014), *1st Construction Site of Sanseong Tunnel Access Road(Gumjeong side)*, Soil Investigation Report, pp.1-30.
9. Kwanglim Engineering Co. Ltd. (2015), *1st Construction Site of Sanseong Tunnel Access Road(Gumjeong side)*, Monthly Measurement Report, pp.34-36.
10. Liao, H.J. and Lin, C.C. (2009), "Case Studies on Bermed Excavation in Taipei Silty Soil", *Canadian Geotechnical Journal*, Vol.46, No.8, pp.889-902.
11. Liu, S.J., Wan, D.Y. and Liu, J. (2012), "Study on the Environmental Effects of Earth Berm in Deep Excavation", *Advanced Materials Research*, Vol.485, pp.177-180.

12. Park, E.K. and Kim, T.-H. (2015), “*Report of the Causes of Tensile Crack near Centum Sky Biz Building Construction Site and Countermeasure*”, Korean Society of Civil Engineers-Busan, Ulsan, Kyounghnam Branch, pp.47.
13. Park, S.J. and Sho, K.H. (2013), “Study on Top-Down Method Applied with the Independence of Slurry Wall and Berm”, *Journal of the architectural institute of Korea : Structure & construction*, Vol.29 No.6, pp.105-112.
14. Potts, D.M., Addenbrooke, T.I. and Day, R.A. (1993), “The Use of Soil Berms for Temporary Support of Retaining Walls”, Conference on Retaining Structures, Thomas Telford, pp.440-447.
15. Seong, J. H., Jung, S. H. and Shin, J.Y. (2011), “A Study for Safety Management on Ground Excavation by Analysis of Accident Events”, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance Inspection*, Vol.15, No.6, pp.175-183.
16. Wu, Z.Y. and Duan, Z.Y. (2014), “Analysis of Earth Berm on the Impact of Cantilever Retaining Structure Based on ABAQUS”, *Advanced Materials Research*, Vol.1065-1069, pp.3-6.
17. Yang, K.-S. and Park, K.-T. (1999). “The Efficient Berms for Restraining Excessive Deformation Caused by Deep Excavation in Urban Area”, *Journal of The Korean Geotechnical Society*, Vol.15, No.4, pp.43-56.
18. Yang, S.I.(2000), *Numerical Study on the Berm Effects to the Displacement of Earth Wall during Deep Excavation*, Master Thesis, Yensei University, pp.68
19. Ying, S.B. (2010), “Research of Earth Berm and the Simplified Analysis”, *Advanced Materials Research*, Vol.129-131, pp. 1415-1420.
20. Youssef, Y. G. (2003), *Stabilizing Berm for Earth Retaining Structures*, MSC. Thesis, Cairo University, pp.211.