

철로 주변의 지하굴착 영향권에 관한 연구

A Study on the Influence Area of Excavation around Railroads

박종수¹⁾, Jong-Su Park, 장정욱²⁾, Jeong-Wook Jang, 박춘식³⁾, Choon-Sik Park

¹⁾ 국립 창원대학교 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Changwon National Univ.

²⁾ 국립 창원대학교 토목공학과 부교수, Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Changwon National Univ.

³⁾ 국립 창원대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Changwon Nation Univ.

SYNOPSIS : This thesis studied effects of the excavation around railroads on the deformation of the lateral ground and neighboring railroads. The conclusions of the study are as follows.

1. When the depth of excavation is 10m, the influential area should be 35m for soft clay, 20m for normal clay, 15m for hard clay, 15m for loose sand, 12m for slightly dense sand, and 8m for dense sand.

2. When the influential area is 10m, the allowable excavation depth should be 2.5m for soft clay, 4.8m for normal clay, 7.5m for hard clay, 7.2m for loose sand, 8.8m for slightly dense sand, and 10m for dense sand.

3. When the influential area is 20m, the allowable excavation depth should be 4.5m for soft clay, and up to 10m for the other five kinds of soil.

4. When the influential area is 30m, the allowable excavation depth should be 7.5m for soft clay, and up to 10m for the other five kinds of soil.

5. When the influential area is 35m, the allowable excavation depth should be up to 10m for all kinds of soil.

Key words : Depth of excavation, Influential area

1. 서 론

토목공사에서 굴착이라고 하면 자연적이거나 인위적으로 조성된 지표면을 장비를 이용하여 파내는 것을 연상하게 된다. 주변에 지하 매설물, 지하 또는 지상 구조물이 있는 도심지에서의 깊은 굴착공사는 근접시공의 부류에 속한다. 근접시공에서 야기되는 소음, 진동, 분진 및 지반침하 등 소위 건설공해를 최소화하면서 안전한 공사를 수행하여야 하는데 이런 측면에서 볼 때 근접시공에 관한 연구는 필수 불가결한 새로운 분야임에 틀림없다.

인구밀도의 증가와 교통문제로 인한 굴착공사가 증가하고 있다. 특히 도심지에서의 굴착공사는 배면지반의 변위를 유발하고, 이로 인한 주변건물의 안정뿐만 아니라 구조물의 외관, 유용성 및 손상 등과 같은 문제가 발생한다.

주변 지반 변위의 원인이 되는 요소들은 다양하고 복잡하며 각 요소들이 복합적으로 작용하기 때문에 정확한 예측이 어렵다. 일반적으로 침하의 주요 원인은 토류벽의 변위, 지하수위의 저하에 따른 지반의 압축, 압밀 현상, 시공방법 및 진동충격을 들 수 있다.

주변 지반의 변위는 크게 수평변위와 지반의 침하로 구분할 수 있는데, 이러한 주변지반의 침하현상을 예측하기 위하여 침하영향거리와 침하량분포를 파악하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 철로 주변에서의 굴착이 배면 지반 및 인접 철로의 변형에 미치는 영향을 유한 요소 해석 프로그램을 이용하여 알아보고, 지반의 물성에 따른 영향거리를 산출하고 비교 분석하였다.

2. 해석방법

연구 대상 굴착 단면을 모델링하고 하부 지반의 특성을 변화시켜 탄소성해석을 수행하여, 철로 선로 정비규정의 허용침하량 7mm를 만족하는 이격 거리를 각 굴착단계별로 산출하였다. 그림 1.~그림 3.은 해석 시에 사용한 mesh의 일예를 나타낸 그림으로서 철로하중이 없는 경우에 단계 굴착 과정의 모델링이다.

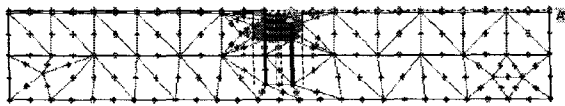


그림 1. mesh -1단계 굴착-

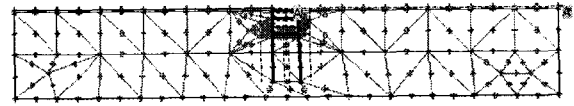


그림 2. mesh -3단계 굴착-

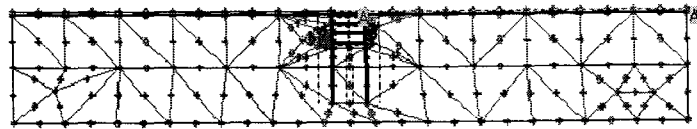


그림 3. mesh -최종단계 굴착-

그림 4.~6.은 철로하중이 있는 경우에 단계 굴착 과정의 모델링에 대한 예를 나타내고 있다.



그림 4. mesh -1단계 굴착-

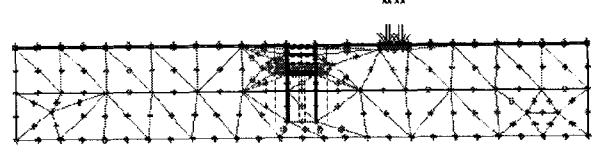


그림 5. mesh -3단계 굴착-

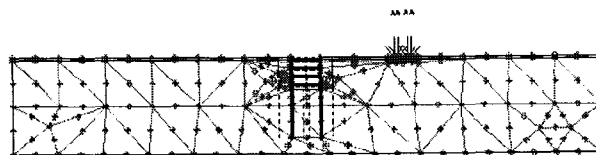


그림 6. mesh -최종단계 굴착-

3. 해석단면 및 가상지반조건

본 연구에서 지하굴착 가시설의 크기는 폭 10m, 굴착 깊이 10m로 가정하였다. Strut은 4단으로 배치하였으며, 시공 위치는 원 지반면으로부터 1m, 3.5m, 6m, 8.5m 심도이다. 굴착은 1단계 1.5m, 2단계 4m, 3단계 6.5m, 4단계 9m, 5단계 10m까지로 단계적으로 수행하는 것으로 해석하였다. 지반조건을 점성토 지반 3종류, 사질토 지반 3종류로 변화시켜 총 6가지의 경우에 대해서 해석하였다. 본 연구에 적용된 가시설의 물성 및 지반조건을 요약하면 표 1 및 표 2와 같다.

표 1. 프로그램에 적용된 토질정수

토 층 종류	점 착 력 (tf/m ²)	내부 마찰각 (°)	투수계수 (m/day)	포아송비 (ν)	탄 성 계 수 (tf/m ²)
연약한점성토	1.0	5	0.005	0.40	300
보통점성토	2.5	5	0.005	0.35	600
단단한점성토	4.0	5	0.005	0.30	1000
느슨한사질토	0.1	30	5.000	0.32	1500
중간사질토	0.1	35	1.000	0.30	2000
조밀한사질토	0.1	40	0.500	0.30	3000

표 2. 가시설의 정수값

종류	EA(t/m)	EI(tm ² /m)	d(m)	w(t/m/m)	ν
Sheet Pile	4.011× 10 ⁵	2373	0.266	0.149	0.2
Strut	8.386× 10 ⁴	1428	0.452	0.031	0.2

4. 해석 결과

4.1 지반의 종류에 따른 이격거리 비교

최종굴착단계(10m굴착)에서 지반종류별 이격거리를 비교하면 그림 7과 같다.

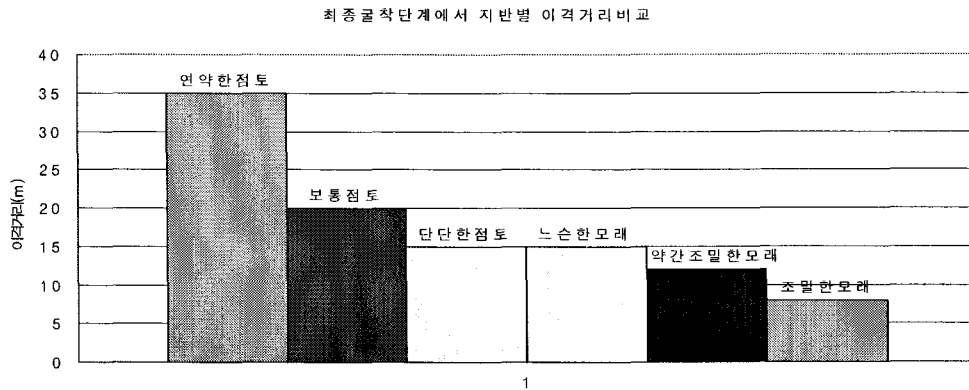


그림 7. 최종굴착 단계에서 지반종류별 이격거리 비교

그림 7의 결과에서 최종굴착단계에서 연약한 점토는 이격거리가 35m이상 되어야하고, 보통점토는 20m, 단단한 점토는 15m, 느슨한 모래는 15m, 약간 조밀한 모래는 12m, 조밀한 모래는 8m이다. 점토는 연약할수록 이격거리가 커지며, 모래는 느슨할수록 이격거리가 길어지는 것을 알 수 있다.

4.2 이격거리 10m 일 때 굴착 가능한 굴착깊이 비교

이격거리 10m 일 때 굴착 가능한 굴착깊이를 비교하면 그림 8과 같다.

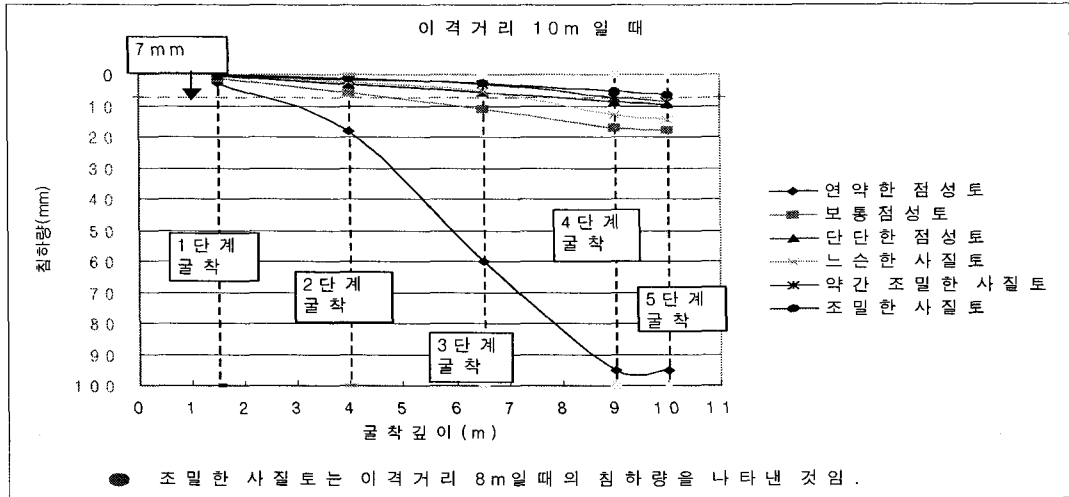


그림 8. 이격거리 10m일 때 가능한 굴착단계 비교

그림 8의 결과로부터 이격거리 10m인 경우, 연약한 점성토는 2.5m, 보통 점성토는 4.8m, 단단한 점성토는 7.5m까지 굴착이 가능함을 알 수 있다. 느슨한 사질토는 7.2m, 약간 조밀한 사질토는 8.8m, 조밀한 사질토는 10m까지 굴착이 가능함을 알 수 있다.

4.3 이격거리 20m일 때 굴착 가능한 굴착깊이 비교

이격거리 20m 일 때 굴착 가능한 굴착깊이를 비교하면 그림 9와 같다.

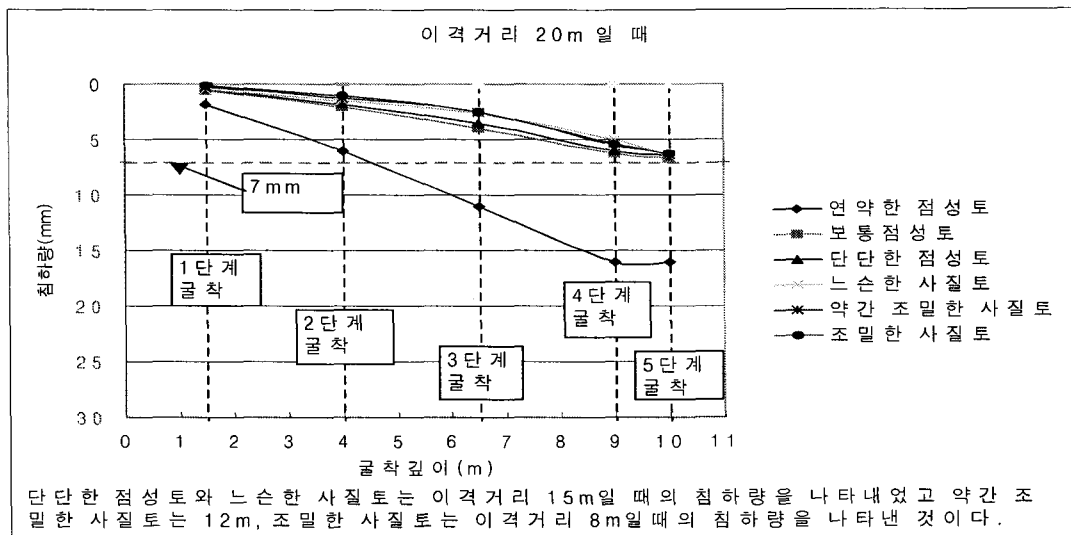


그림 9. 이격거리 20m일 때 가능한 굴착단계 비교

그림 9의 결과에서 이격거리가 20m인 경우에 연약한 점성토는 4.5m까지 굴착이 가능하고, 연약한 점성토를 제외한 나머지 5종류의 지반은 10m 굴착시 철로부의 허용침하량을 만족하는 것을 알 수 있다.

4.4 이격거리 30m일 때 굴착 가능한 굴착깊이 비교

이격거리 30m 일 때 굴착 가능한 굴착깊이를 비교하면 그림 10과 같다.

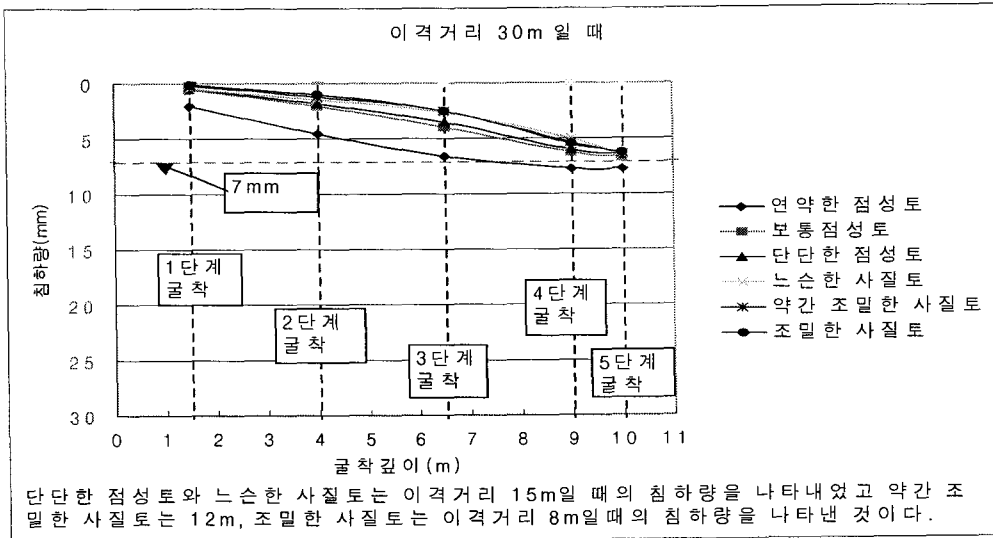


그림 10. 이격거리 30m일 때 가능한 굴착단계 비교

그림 10의 결과로부터 이격거리가 30m인 경우 연약한 점성토는 7.5m까지 굴착이 가능하고, 연약한 점성토를 제외한 나머지 5종류의 지반은 10m굴착시 철로부의 허용침하량을 만족하는 것을 알 수 있다.

4.5 이격거리 35m일 때 굴착 가능한 굴착깊이 비교

이격거리 35m 일 때 굴착 가능한 굴착깊이를 비교하면 그림 11과 같다.

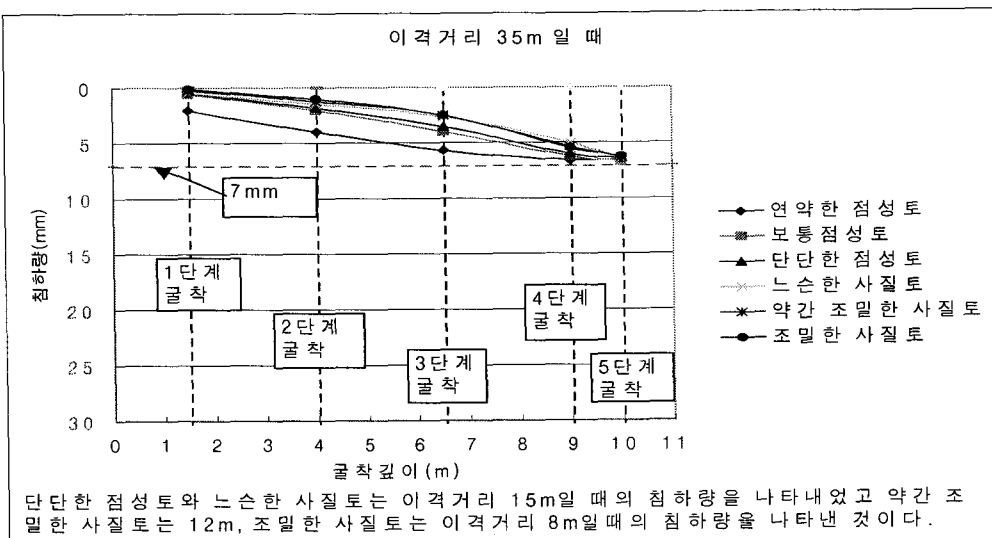


그림 11. 이격거리 35m일 때 가능한 굴착단계 비교

그림 11의 결과로부터 이격거리가 35m인 경우에는 6종류의 지반 모두 10m 굴착시 철로부의 허용침하량을 만족함을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 철로 주변에서의 굴착이 배면 지반 및 인접 철로의 변형에 미치는 영향을 유한 요소 해석 프로그램을 이용하여 알아보고, 지반 특성에 따른 영향거리를 산출하고 비교 분석하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 철로 주변의 지하굴착 영향권에 대한 해석결과, 굴착깊이 10m인 경우 허용할 수 있는 이격거리는 연약한 점성토는 이격거리가 35m, 보통 점성토는 20m, 단단한 점성토는 15m, 느슨한 사질토는 15m, 약간 조밀한 사질토는 12m, 조밀한 사질토는 8m이상 되어야 함을 알 수 있었다.
2. 이격거리가 10m일 때 허용 가능한 굴착 깊이는 연약한 점성토는 2.5m, 보통 점성토는 4.8m, 단단한 점성토는 7.5m, 느슨한 사질토는 7.2m, 약간 조밀한 사질토는 8.8m, 조밀한 사질토는 10m까지 굴착이 가능하다는 것을 알 수 있었다.
3. 이격거리가 20m일 때 허용 가능한 굴착 깊이는 연약한 점성토는 4.5m이고, 나머지 5종류의 지반은 10m까지 굴착이 가능하다는 것을 알 수 있었다.
4. 이격거리가 30m일 때 허용 가능한 굴착 깊이는 연약한 점성토 7.5m이고, 나머지 5종류의 지반은 10m까지 굴착이 가능하다는 것을 알 수 있었다.
5. 이격거리가 35m일 때 허용 가능한 굴착 깊이는 검토한 6종류의 지반 모두 최종굴착(10m)까지 굴착이 가능하다는 것을 알 수 있었다.
6. 따라서 허용 이격거리는 점성토지반은 연약할수록, 사질토지반은 느슨할수록 길어지고 동일한 이격거리일 때 굴착깊이는 작음을 알 수 있었다. 또한, 점성토 지반이 사질토 지반보다 상대적으로 허용 이격거리가 큰 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

1. 김동수 (2001), “대규모 굴착공사에 따른 지중연속벽체의 변형특성(1)”, 지반공학회 논문집 Vol.17~No.4, pp. 93~115.
2. 강남욱 (2004), “도심지 내 대심도 굴착이 인접구조물 및 주변지반에 미치는 영향에 대한 선형·비선형 탄소성 해석 pp.1~16.
3. 임희대 (2001), “도심지 지반굴착으로 인한 주변 지반의 침하예측”, 대한토목학회논문집 Vol. 21~No.1c, pp. 39~47.
4. 석정우 외 (1999), “모형실험을 통한 굴착시 인접구조물의 침하량 평가”, 한국지반공학논문집 Vol.15~No.2, pp.17~27.
5. 정성교 외3인 (1999), “연약점성토지반에서의 깊은굴착에 따른 지반거동의 예측과 현장계측”, 한국지반공학회논문집 pp.111~124.
6. 정철호 저 (1999), “지반 굴착 기술”, 구미서관, pp.326~341.
7. 한국지반공학회 저 (2002), “굴착 및 흩막이 공법”, 구미서관, pp.235~263.