

폐광 지역을 통과하는 신설 철도 노선 하부 노반 안정성 평가

Stability Assessment of Trackbed under New Railway Line Passing Abandoned Mine Region

최준혁*, 장승엽*†, 박만호**

Jun Hyuck Choi*, Seung Yup Jang*†, Man Ho Park**

초 록 이 연구에서는 폐광 지역을 통과하는 신설 철도 노선의 하부 지반에 채굴로 인해 형성된 채굴공동이 있는 경우 공동의 안전성을 전산해석을 이용하여 평가하고 평가방법의 적정성을 분석하였다. 해석 결과에 따르면 채굴공동 상부에 작용하는 열차 하중에 의한 변형과 응력은 표층에 가까운 상부노반에만 영향을 미칠 뿐 채굴공동 주변에서는 그 영향이 크지 않은 것으로 나타났다. 반면 자중에 의한 지중응력은 채굴공동 측면부에서 상당히 증가하고 이에 따라 파괴안전율이 낮은 것으로 평가되었다. 따라서, 철도 노반 상부에서의 변위를 기준으로 채굴공동에 따른 안정성을 평가하는 것보다는 지중응력을 기준으로 잠재적인 안정성을 평가하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

주요어 : 철도, 채굴공동, 전산해석, 지중응력, 파괴안전율

1. 서 론

지반 내부에 공동이 존재하는 경우 침하 및 붕락 등이 발생할 수 있으므로 철도를 건설할 때에는 지반 내부 공동의 유무와 안정성을 엄격하게 평가해야 한다. 채굴공동이 있는 경우 현재는 규정된 평가방법이 없어 대부분 전산해석을 통해 얻은 열차 하중에 의한 변위를 궤도틀림 기준[1]과 비교하여 안전성을 평가하고 있다. 그러나, 이러한 평가방법과 기준의 적정성에 대해서는 면밀한 검토가 필요하다. 이에 이 연구에서는 전산해석을 통한 폐광 지역을 통과하는 신설 철도 노선의 안전성 평가방법의 적정성을 분석한다.

2. 해석 모델

해석 대상 구간은 폐광 상부를 통과하는 지역에 신설 철도 노선을 계획하는 구간으로, 지반의 구성과 채굴 공동의 크기와 위치는 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. 해석은 상용 유한요소해석 프로그램인 Abaqus를 이용하였다. 해석 모델에서 지반은 3D 4

절점 사면체 Solid 요소로 구성하였으며, 지반 각 층의 물성은 지반조사 결과를 바탕으로 Table 1과 같이 가정하였다. 채굴 공동을 기준으로 공동 폭의 3배를 영향범위로 가정하여, 영향범위 이상이 포함되도록 모델링하고, 경계면에 수직인 방향의

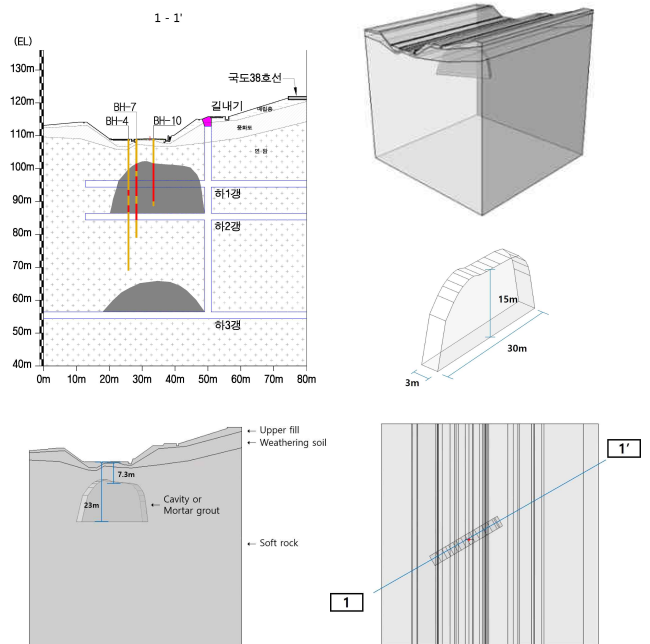


Fig. 1 Schematics of cavity under railway line and finite element model

† 교신저자: 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과(syjang@ut.ac.kr)

* 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과

** 한국철도시설공단 충청권 사업단 중부내륙사업소

변위를 구속하였다. 하중은 지반의 자중과 동적하중이 고려된 열차하중[2]을 적용하였다. 비교를 위해 채굴공동이 존재하지 않는 경우(No cavity), 채굴공동이 존재하는 경우(Cavity), 모래와 모르타르로 채굴공동을 채운 경우(Filled cavity)에 대해 각각 해석을 실시하였다.

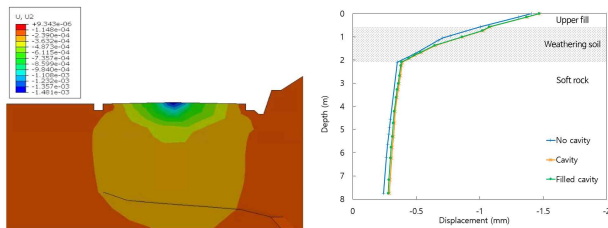
Table 1 Properties of materials

Materials	Unit weight (kN/m ³)	Young's modulus (kPa)	Poisson's ratio	Cohesion (kPa)	Friction angle (°)
Upper fill	18	40,000	0.35	5	25
Weathered soil	19	50,000	0.33	10	30
Soft rock	23	600,000	0.28	100	36
Mortar grout	19	90,000	0.3	35	33

3. 결과 및 분석

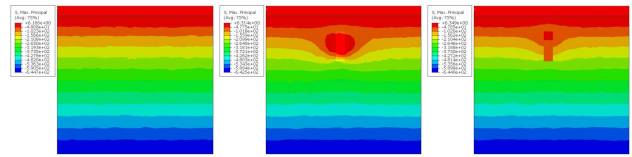
Fig. 2는 열차하중이 작용하였을 때 발생하는 변위를 보여주고 있다. 대부분의 변위는 표층부에서 발생되며 채굴공동이 존재하는 경우 최대 변위량이 1.481 mm로 채굴공동이 존재하지 않는 경우 1.477 mm, 모래와 모르타르로 채굴공동을 채운 경우 1.478 mm와 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

Fig. 3은 각 조건의 지중 최대주응력을 비교한 결과이고, Fig. 4(a)와 (b)는 최대주응력과 최소주응력의 차인 축차응력(deviator stress)을 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 응력은 표층에 가까운 상부노반에만 영향을 미칠 뿐 채굴공동 주변에서는 그 영향이 크지 않은 것으로 나타났다. 반면, 자중에 의한 지중응력은 채굴공동 측면부에서 급격하게 증가하는 것을 알 수 있다. 모래와 모르타르로 공동을 채우면 채굴공동 측면의 응력이 감소하는 것으로 나타났다.



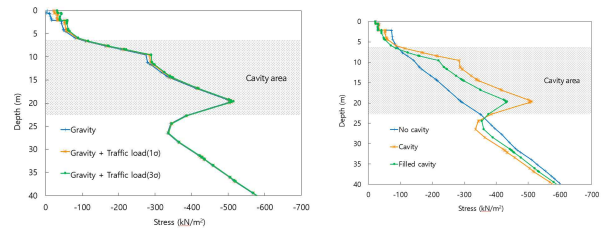
(a) Displacement contour in the case with cavity (b) Case comparison of displacement along depth

Fig. 2 Vertical displacement under train load



(a) Without cavity (b) With cavity (c) With cavity filled

Fig. 3 Maximum principal stress contour



(a) With increasing train load (b) Case comparison

Fig. 4 Deviator stress distribution along depth

4. 결론

이 연구에서는 폐광 지역을 통과하는 신설 철도 노선의 하부 지반에 채굴로 인해 형성된 채굴공동이 있는 경우 공동의 안전성을 전산해석을 이용하여 평가하고 평가방법의 적정성을 분석하였다.

해석 결과에 따르면 열차하중에 의한 변위는 채굴공동의 유무에 영향을 받지 않으므로 철도 노반 상부에서의 변위를 기준으로 채굴공동에 따른 안정성을 평가하는 것은 적절하지 못하며, 채굴공동 주변을 포함한 지중응력을 기준으로 잠재적인 안정성을 평가하는 것이 더 적절할 것으로 판단된다.

후기

이 연구는 2021년 한국교통대학교의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Guidelines of track maintenance (2016) Korea Rail Network Authority, p. 126
- [2] KR C-14030 (2016) Ballasted track structure, Korea Rail Network Authority, pp. 22-23