

단층운동에 따른 주변지반거동의 3차원 유한요소해석

서용석, 유영민, 김광염*

충북대학교, 충북 청주시 흥덕구 성봉로 410

*한국건설기술연구원, 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283

vsseo@cbu.ac.kr

1. 서론

단층의 전단운동과 관련된 지각변형 연구는 지진 예측분야에서 많이 연구되고 있으며, 지진에 의한 활동성 단층의 변위발생 및 이에 수반되는 국지 응력장의 변화를 연구하여 여진발생지역을 예측하는 연구도 진행되고 있다. 이러한 연구에는 USGS (United States Geological Survey)에서 개발한 Coulumb 3 프로그램을 이용하여 쿨롱 응력 전과 분석법을 적용한 사례가 많다(King et al., 1994; 고민석, 2009). 이 방법은 빠르고 간편하게 결과물을 얻을 수 있는 장점이 있지만, 상세한 지형, 지층 정보와 물성정보를 활용하지 못하는 문제점이 있다.

본 연구는 단층운동이 주변암반에 미치는 영향을 수치 해석적으로 평가하는 것을 목적으로 하며, 최종적으로 이러한 평가기법을 원자력발전소, 방사성 폐기물 처분장 등 원전 시설물을 비롯하여 도심지에 건설되고 있는 초고층 빌딩, 대규모 SOC 구조물 등의 안정성을 평가하는데 이용하고자 한다.

2. 본론

2.1 지진규모와 발생변위의 관계

松田는 일본의 지표지진단층발생의 통계적인 자료들을 종합하여 단층운동으로 발생한 지진의 규모(M)와 지진에 수반되는 최대변위량(D)과의 관계에 대한 경험식을 식 (1)과 같이 제시하였다(池田安隆, 1996).

$$\log D = 0.6M - 4 \quad (1)$$

본 연구에서 해석 시 적용되는 최대변위량은 지진규모를 식 (1)을 이용하여 구한 것이다.

2.2 수치해석 모델 및 적용인자

본 연구에서 사용한 수치해석 프로그램은 마이 다스아이티(MIDAS Information Technology Co.,

Ltd.)에서 2차원 및 3차원 형태의 지반 및 터널구조물의 해석을 목적으로 개발한 MIDAS GTS v.250이며, 유한요소해석법을 적용하였다. 해석모델은 등방성의 완전탄성체로 가정한다. 해석지반의 규모는 가로 1,000m × 세로 1,000m × 깊이 300m의 직육면체 형태이다. 단층은 지반모델의 중앙과 상부에 위치하는 형태로 구성되었으며, 지반은 II등급으로 설정하였다. 단층의 물성은 지반과 단층의 물성비 MC를 100으로 적용하였다. 해석은 지반등급, 단층의 폭과 길이, 이동감각, 경사, 이동 변위량, 지형요소를 변화시키면서 수행되었다. 수치해석시의 지반 및 단층의 물성과 역학적은 Table 1과 같다.

2.3 모델별 해석 결과

2.3.1 단층의 길이에 따른 변위발생

단층의 폭은 20m, 깊이는 150m, 방향성은 경사 방향/경사가 270/90, 이동방향은 좌수향, 변위량은 단층면에서 일정하게 39.81cm(M6.0)로 설정하고, 단층 길이를 50m, 200m, 300m로 변화시키면서 해석을 수행하였다(Fig. 1). 단층의 변위에 따라서 주변지반의 변위량 분포도 움직인 블록과 동일한 방향으로 확장되고 있으며, 고 변위대의 폭과 길이도 커짐을 알 수 있다.

2.3.2 지반등급에 따른 변위발생

지반 등급이 커질수록, 즉 암반의 강도가 약해

Table 1. Input parameters of rock mass properties for 3D analyses.

	Bed rock	Fault rock
Young modulus (tonf/m ²)	1,000,000	10,000
Poisson's ratio	0.25	0.30
Unit weight (tonf/m ³)	2.55	1.80
Unit weight(Sat. tonf/m ³)	2.55	2.00
Cohesion (tonf/m ²)	300	8.50
Friction angle (°)	35	15
Tensile strength (tonf/m ²)	300	100

질수록 변위발생범위가 넓어지며, 발생하는 위치도 달라진다. 이는 단층주변의 구조물 영향을 평가하기 위해서는 평가대상지 내에서의 지반등급 분포가 중요함을 의미한다(Fig. 2).

2.3.3 지형의 영향

지형분포에 따라서 지반의 자중이 달라지므로 지반 내에서의 응력상태도 달라진다. 특히 산악지대가 많은 우리나라의 경우에는 지형이 지중응력 상태에 중요한 요소로 작용한다. Fig. 3과 4는 ○○지역의 지형을 반영했을 경우(real surface model)와 반영하지 않았을 경우(plane surface model)의 응력과 변위분포를 나타낸 것이다. 지형의 영향과 지반의 자중에 의하여 응력분포 및 변위분포도 달라지는 것을 확인할 수 있다.

2.3.4 주응력의 방향

단층 주변지반의 거동은 주응력의 방향에 의해 크게 좌우된다. 본 FEM 해석에서는 주응력의 방향을 임의로 조정하기가 어렵기 때문에, 단층면상에서의 변위방향과 영역별 분포를 설정함으로써 주응력방향을 고려할 수 있다.

3. 토의 및 결론

지진 등의 영향으로 단층에 변위가 발생하였을 때 주변지반에 분포하는 구조물의 안정성을 해석하기 위해서는 영향지반의 정확한 암질분포와 활동성 단층의 기하학적 특성, 예상단층변위, 지형 분포, 단층면 내에서의 asperity 등에 관한 정보가 필요하며, 이들을 해석모델에서 구현할 수 있어야 한다. 3차원 수치해석 모델에서는 이들 정보의 구현이 가능하다. 단층운동에 따른 구조물 영향범위는 그다지 광역적이지 않기 때문에 정확한 현장 조사와 실내시험을 통하여 지반 및 단층의 물성과 역학성을 도출하여 적용하면 구조물의 안정성 평가가 가능하다고 판단된다.

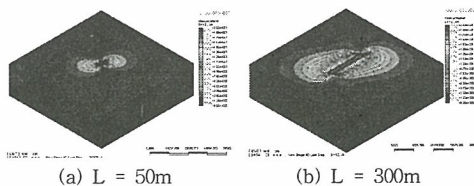


Fig. 1. Distribution of displacements with fault lengths (L).

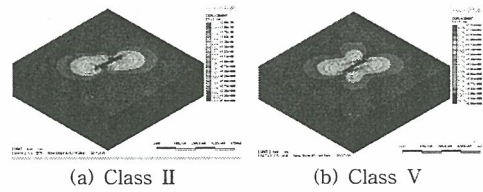


Fig. 2. Distribution of displacements with rock mass class

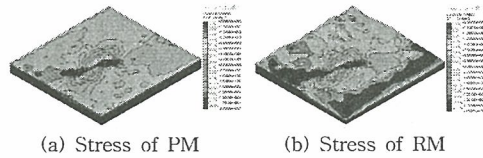


Fig. 3. Y-component of stress calculated for plane surface (PM) and real surface models (RM).

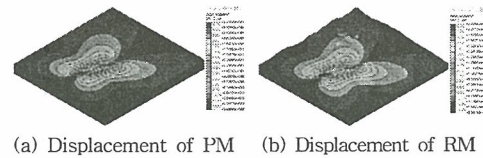


Fig. 4. Displacement calculated for plane surface (PM) and real surface models (RM).

4. 감사의 글

본 연구는 대한민국 교육과학기술부의 원자력기술개발사업, “지표변형평가 최적화 기반자료분석” 과제로 수행되었음을 밝히며, 이에 감사드립니다.

5. 참고문헌

[1] 고민석, 장찬동, 이준복, 심택모, 오대산 지진 및 여진 분포에 대한 쿨롱 응력 모델 적용 연구, 지질학회지 제45권 제6호, pp. 742-744, 2009.
 [2] King, G.C.P, Stein, R.S. and Lin, J., Static stress changes and the triggering of earthquakes, Bulletin of the Seismological Society of America, 84, pp. 936-938, 1994 .
 [3] 池田安隆, 活斷層とは何か, pp171-172, 1996.