

# 지진이 사면안전성 및 인근 공동주택에 미치는 구조적 영향분석\*

이정준 · 강준석

서울대학교 조경 · 지역시스템공학부

## I. 서론

최근 우리나라는 지진 발생 빈도가 증가하고 있는 추세이며, 2017년 경주 지진 및 2018년 포항 지진 등 강력한 지진의 발생도 나타나고 있다.

우리나라는 산지가 많기 때문에 산사태가 발생하기 쉽다. 지진이 발생하면 사면에 추가적인 하중이 작용하기 때문에 산사태가 발생할 가능성은 더욱 높아지며, 크기와 방향이 일정하지 않고 변화하기 때문에 일반적인 상황과는 다른 양상의 산사태가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구를 통해 지진 시의 산사태의 발생 가능성 및 전반적인 거동특성을 파악하고자 하며, 추가로 사면인근에 위치한 공동주택에 미치는 영향을 추가적으로 분석하였다. 이를 통해 사면안전 설계 및 시공에 유의미한 정보를 제공할 수 있으며, 또한 사면인근 주거공간 계획시에 안전성 측면에서의 기본 가이드라인을 제공할 것으로 사료됨.

## II. 연구 방법

### 1. 이론적 배경

#### 1) 강도감소법(Strength Reduction Method)

강도감소법은 전단강도를 감소시키며, 해가 수렴하지 않을 때까지 해석을 실행하여 그 시점을 사면의 파괴로 보아 그 시점의 전단강도 감소율을 사면의 최소안전율로 본다.

비선형 해석을 여러 번 수행하므로 해석시간이 길어지나, 파괴면을 가정할 필요가 없다.

#### 2) 시간이력해석(Time History Analysis)

구조물에 동적하중이 작용할 경우, 구조물의 동적 특성과 동적 하중을 사용하여 임의의 시간에 대한 동적 평형방정식의 해

를 구한다.

### 2. Modeling Approach

#### 1) 기본 가정

지진 시 전반적인 사면의 안정성 변화를 살피기 위하여 임의의 사면을 생성하였다. 같은 절단면 모양의 사면이 이어져 있다고 가정하고, 2D면으로 구성하였다.

#### 2) 형상

사면 형상은 지반이 좌우 400m, 상하 100m로 하였으며, 사면은 높이 80m, 길이 240m이다. 또한, 건물의 영향을 확인하기 위해 사면 근처에 건물을 추가하였다(그림 1 참조).

지층의 구성은 표토 0.3m, 심토 1.2m, 풍화암 2m, 그 외의 층이 연암으로 모든 위치에서 동일하게 구성하였다.

건물은 철근콘크리트 재질로 지상 높이 50m, 지하로는 10m 깊이다.

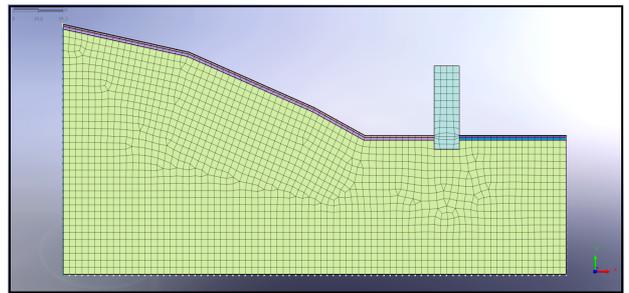


그림 1. 사면-구조물 시스템의 유한요소모델

#### 3) 물질

각 지층의 물성치는 국립농업과학원에서 측정한 값을 사용하였다. 표토, 심토, 풍화암, 연암은 mohr-coulomb 요소를 사용하였고, 콘크리트는 일반적인 요소를 사용하였다.

\* 본 연구는 국토부의 국토교통기술촉진연구사업(18CTAP-C144787-01)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

표 1. 사용된 물질의 물성치

	표토	심토	풍화암	연암	콘크리트
탄성계수(tonf/m <sup>3</sup> )	2,530	3,480	15,000	30,000	20,395,000
포아송비	0.3	0.4	0.3	0.27	0.18
단위중량(tonf/m <sup>3</sup> )	2.1	1.9	2.3	2.7	2.45
점착력(tonf/m <sup>2</sup> )	3.3	5.6	3.37	11.24	100
마찰각(°)	30	20	33	35	40

4) 지진하중

지진하중은 지반 가속도를 사용하였다. 지반 가속도는 2003년 일본 홋카이도 도카치 앞바다에서 발생한 규모 8.3의 지진의 측정치로 사용한 유한요소해석 소프트웨어에서 제공하는 값을 사용하였다. 해당 기록의 최대 가속도는 36.33초에서 0.6313g이다.

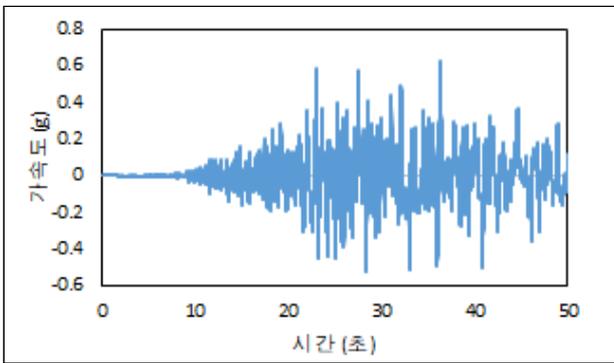


그림 2. 적용된 지진하중(2003 Tokachi-Ochi Earthquake)

5) 분석 방법

개발된 모델에 지진하중을 적용하지 않은 상태로 사면안정해석을 실시하고, 지진하중을 적용한 상태에서 사면안정해석을 한 결과와 비교하였다.

지진하중은 시간이력해석을 통해 실시하였으며, 시간 스텝은 0.1초 단위로 50초까지 해석하였다. 사면안정해석은 본격적으로 가속도가 커지는 10초부터 각 시간 스텝별로 실행하여 총 401회 실행하였다.

III. 결과

지진 하중이 없는 상태에서의 안전율은 2.48이며, 파괴면은

사면 중앙에 호 형태로 나타났다(그림 3 참조). 이는 일반적인 사면붕괴 형상과 일치하는 결과이다.

지진 하중을 준 상태에서의 최소 안전율은 20.5초 시점에서 1.03으로 나타났으며, 이 때 파괴면은 건물 측면 지반에 반원형으로 나타났다(그림 4 참조). 지진 발생 시에는 하중이 큰 사물이 미치는 영향이 크기 때문으로 보인다.

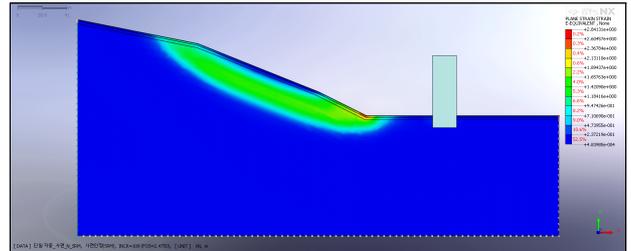


그림 3. 지진하중이 적용되지 않은 사면안정해석 파괴면

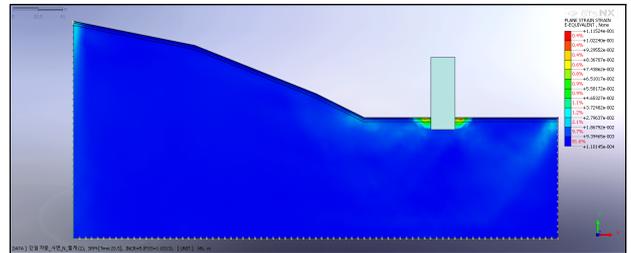


그림 4. 지진하중이 적용된 사면안정해석 파괴면

IV. 결론

지진이 발생할 경우, 사면 및 인근 건물의 안전성에 큰 영향을 끼치는 것을 유한요소해석을 통해 규명하였다. 0.1g 이상에서 최소 안전율이 건물이 있는 평지에서 나타났다. 지상부의 운동량이 지하의 접촉면에 전달되며, 지진 발생 시에 강력한 동하중으로 작용하여 사면보다 불안정한 모습을 보였다.

참고문헌

1. 농촌진흥청(2009) 한국토양정보시스템 홈페이지. <http://as.rda.go.kr/>.
2. 박홍근, 김동관 외(2010) 낮은 심도의 연약지반에 대한 비선형 지반응답 해석. 한국지진공학회 논문집 75: 12.
3. 마이다스 아이티. 사용자 지침서.