

지반의 동적특성 및 두께 변화에 따른 지진파 증폭영향 연구

A Study on Seismic Wave Amplification Effect Considering Dynamic Properties and Thickness of Ground

안성노¹⁾ · 정종원²⁾

Ahn, Seongnoh · Jung, Jongwon

지진파 증폭 현상은 지표면으로 올라오면서 통과하는 지반층의 동적 특성 및 두께에 따라 크기가 변화한다. 증폭 현상의 크기 변화에 따라 구조물 및 기초 내진설계 시에 사용하는 지표면 최대지반가속도가 변화한다(Sun, 2014). 지표면 최대지반가속도가 큰 경우, 구조물을 설계하는 해당 지반의 동적 특성을 보강하기 위해서 보강재를 활용하여 지반을 개량할 수 있다. 개량 전후에 지진파 증폭 현상에 영향을 주는 지반의 동적 특성으로는 지반의 두께, 전단탄성계수, 감쇠비 등이 있기 때문에 이를 고려하여 지표면 최대지반가속도를 산정해야 한다(Kim, 2017). 본 연구에서는 공진주 시험을 수행하여 시멘트와 알긴산 나트륨(Sodium Alginate)을 활용하여 개량된 노상토의 동적 특성을 산정하고, 지반의 두께를 고려하여 지반의 증폭 현상 크기 변화를 평가하였다. 지반응답해석은 등가선형기법을 활용하였다.

Table 1은 공진주 시험을 수행한 시료를 정리하였다. 처리되지 않은 건조 흙 시료와 흙 중량 대비 시멘트 중량을 2.5%, 5.0%로 혼합하였다. 바이오폴리머인 알긴산 나트륨은 3.2wt% 농도의 수용액으로 만들어 건조 흙과 함수비 7.5%로 혼합하였다. 건조 흙 시료와 시멘트 혼합시료를 비교할 시 전단파 속도는 2.5% 혼합시료에서 약 23%, 5.0% 혼합시료에서 약 30% 증가하였다. 알긴산 나트륨 수용액 혼합시료의 경우 전단파 속도가 8.0% 증가한 것으로 나타났다.

Table 1. Resonant column test

Classification	Soil	Shear wave velocity (m/s)	Unit weight (kN/m ³)
Case 1	Pure soil	149.22	17.36
Case 2	Soil+Cement 2.5%	183.85	17.17
Case 3	Soil+Cement 5.0%	194.85	17.36
Case 4	Soil+SA solution	161.26	17.56

Fig. 1은 흙 시료의 공진주 시험 결과를 활용하여 등가선형 지반응답해석 시 지반 두께에 따른 지표면 최대지반가속도(PGA)를 나타내었다. 지반은 암반층 위 단층으로 묘사하였고, 입력 지진파로 2017년 포항 지진파를 사용하였다. 처리되지 않은 건조 흙 시료는 지반 두께가 10m일 때 지반 두께 5m의 최대지반가속도보다 약 10% 증가하였지만, 20m일 때는 지반 두께 5m보다 약 35% 감소하는 것으로 나타났다. 이는 지반의 두께가 증가함에 따라 지반의 고유주파수가 감소하게 되고, 10m 지반 두께의 경우 감소한 고유주파수와 포항 지진파의 특정 주파수 영역이 겹쳐지면서 증폭 현상이 크게 발생하였다. 하지만, 20m의 경우는 감소한 고유주파수가 포항 지진파의 특정 주파수 영역을 벗어나게 되면서 오히려 가속도가 감소한 것으로 판단된다.

지반의 두께가 5m 및 10m인 경우, 시멘트 및 알긴산 나트륨으로 보강된 지반의 지표면 최대 지반가속도는 원지반에 비해 감소하였다. 그 효과는 시멘트의 경우 알긴산 나트륨보다 크게 나타났다. 하지만, 지반의 두께가 20m인

1) 충북대학교 토목공학과 석사(copoi2212@chungbuk.ac.kr)

2) 충북대학교 토목공학과 부교수(jjung@chungbuk.ac.kr)

경우 알긴산 나트륨 보강 지반은 최대지반가속도가 감소하였지만, 시멘트 보강의 경우 최대지반가속도 감소 효과가 나타나지 않았다. 이는 두께가 증가함에 따라 작아진 고유주파수가 시멘트 보강에 의해 증가하여 지진파의 다른 특정 주파수 영역에서 증폭효과를 발생시켰기 때문이다. 하지만, 알긴산나트륨 수용액 혼합에 따른 고유주파수 변화폭이 크지 않았기 때문에, 보강에 따른 증폭이 발생하지 않은 것으로 판단된다.

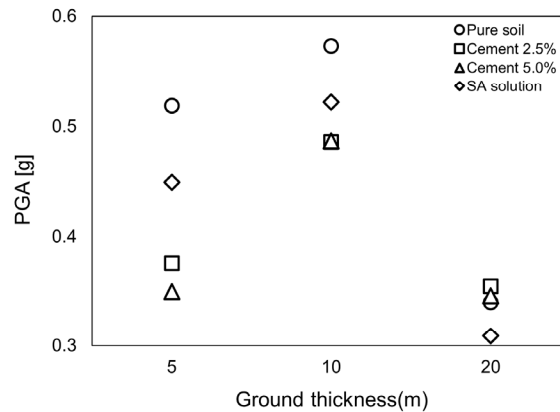


Fig. 1. Variation of PGA of reinforced soils by the ground thickness

결론

1. 지반의 두께가 지반 및 지진파의 고유주파수에 영향을 주어 지표면 최대지반가속도가 변화한다.
2. 5m 및 10m 두께 지반의 경우 시멘트를 활용한 지반 보강에 따라 지표면 최대가속도는 감소하지만, 20m 두께의 지반에서는 큰 효과를 발휘하지 못한다.
3. 알긴산 나트륨으로 보강된 지반의 경우 5m, 10m, 20m 두께 모두에서 원지반에 비해 지표면 최대 가속도가 감소하였다.
4. 본 연구의 결과 시멘트를 활용하여 지반을 보강할 경우, 보강에 따른 지반의 동적 특성 변화 및 두께를 고려해야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 “행정안전부 극한 재난대응 기반기술개발사업의 연구비 지원(2018-MOIS31-009) 및 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원(과제번호: 20CTAP-C153021-02)”으로 수행되었습니다. 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Kim, D. K. (2017), Dynamics of Structures, 4th Edition, ISBN: 9788982254581, goomi Book.
2. Sun, C. G. (2014), Earthquake engineering bedrock based on the shear wave velocities of rock strata in Korea, The Journal of Engineering geology, Vol. 24, No. 2, June, 2014, pp. 273~281.