지반응답해석 Round-Robin 해석결과
Discussion on Round-Robin Analytical Results of Ground Response Analysis

최재순[1], Jae-Soon, Choi

[1] 서경대학교 토목공학과 전임강사, Instructor, Dept. of Civil Engineering, Seokyeong Univ.

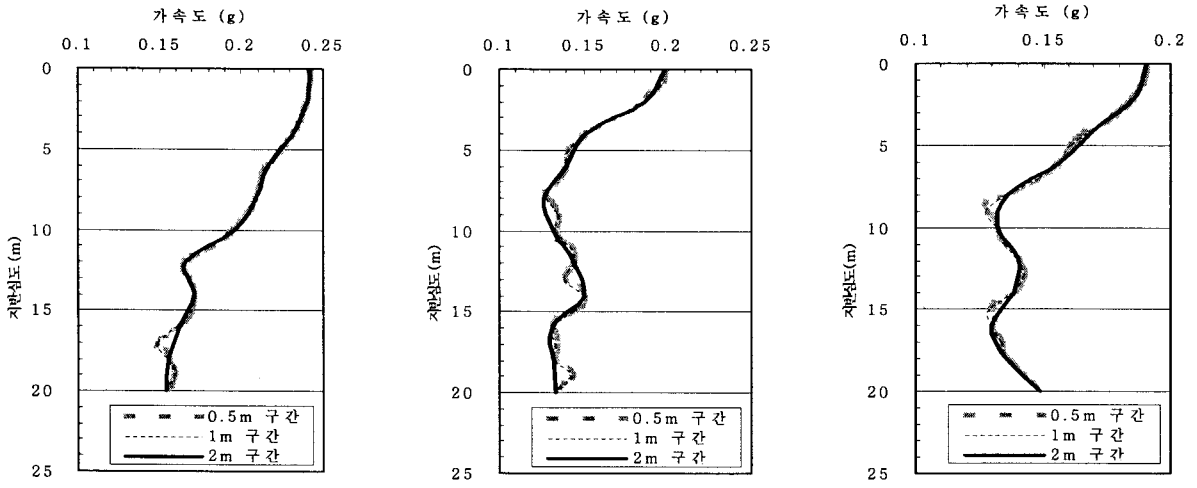
1. 종합토론

탄성파탐사 지반조사기법 및 실내진동시험에 대한 Round Robin Test에 이어 지반진동위원회 주관으로 금번 수행된 Round Robin 지반응답해석은 내진관련연구가 실제적으로 수행된 1997년 이후 실제 현재의 이용실태를 점검하고 이를 통해 국내 지반진동분야의 연구방향의 설정과 개선점 등을 함께 공유하고 토론할 수 있는 계기가 되었다는 점에서 큰 의의가 있다고 자평한다. 1997년 지진공학이 본격적으로 시작된 이후, 시설물별 내진기준 및 시방내용이 새롭게 개편되고 이에 준한 내진설계가 수행되고 있는 최근의 현황에 비춰볼때, 내진해석에서 가장 이용빈도가 높은 지반 응답 해석에 대한 Round Robin 식 연구는 매우 시기적절하다고 판단된다. 특히, 기 인준된 국내 지반진동관련 내진시방들이 요소기술과는 달리 지역적 특성을 충분히 고려해야 하는 지반공학의 특성을 충분히 반영하고 있지 않다는 지적이 많기 때문에 이러한 연구가 국내 지반특성을 충분히 고려할 수 있도록 향후 내진시방들을 개선해 나가는데 크게 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 금번 Round-Robin 지반응답해석에 있어서 주어진 조건이 평이하여 분산도가 심한 결과가 도출되어 이에 대해 최초 제공조건을 강화하여 분산을 다소 줄일 수 있을지 않았을까 하는 지적도 있지만, 사견으로는 금번 해석들이 지반조사자료만을 토대로 시작되는 지반응답해석의 일반사례를 기초로 발생가능한 모든 경우의 수를 담았다는데 그 의의가 있으며 다행히도 해석기법이 동일한 경우에도 각기 다른 접근들을 보여줌으로써 다양한 접근에 의한 해석결과의 차이를 분석할 수 있는 계기가 된 것 같아 금번 이후에도 후속적 연구가 계속될 수 있는 동기부여가 되었음은 물론이거니와, 향후 시방내용의 개선에도 크게 도움이 될 것으로 판단된다. 특히, 추가적으로 분석된 영향요소에 대한 연구결과는 해석시 User가 선택하는 기반암의 깊이 및 속도 등 민감한 부분을 검토함으로써 향후 후속연구의 한 예를 보여주어 금번 연구의 의의를 더욱 높여 준 것으로 생각된다.

다만, 금번 해석에 있어서 3가지 가속도 시간이력곡선이 주어졌는데, 항만 및 어항시설 내진설계표준서 작성에서 발생된 것 같이, 금번에 선택한 곡선이 마치 장주기, 단주기, 인공지진을 대표하는 지진으로 일반 기술자에 이해되어 이들만을 입력하는 사례가 계속될 가능성이 있으므로 이에 대해 이 지면을 빌어 국내 표준응답스펙트럼을 만족하는 가속도시간이력의 이용이 가능함을 알려드리며 금번 3가지 가속도 시간이력 전부가 표준응답스펙트럼을 완전하게는 만족시키지 못하고 있음도 함께 알립니다.

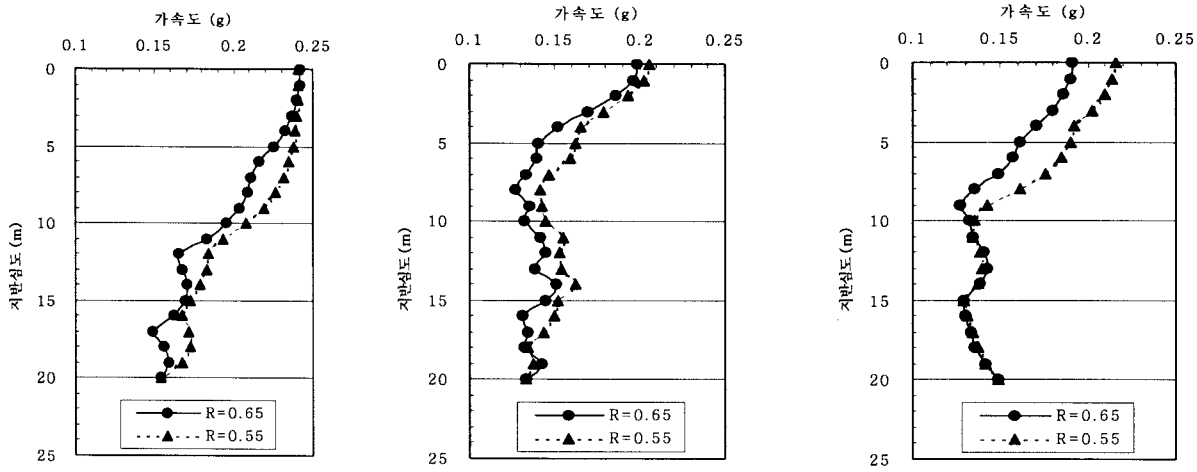
2. 지반응답해석에 대한 추가의견

추가적으로 수행한 영향분석은 해석대상지반을 어떤 간격으로 분할하는 것이 적절한 지 여부와 1차원 등가선형해석에서 대표적으로 사용되는 Shake 프로그램에 기초한 지반응답해석에서 지진규모 보정계수(R=0.1(M-1), M은 지진규모)의 값에 따른 해석결과의 차이를 조사하였다. 지반분할 및 보정계수의 영향평가에서는 Pro-Shake 프로그램을 사용하였으며 지층은 지반고 20m의 사질토 지반으로 단위중량 1.8t/m^{3}이고 탄성파속도는 200m/sec인 것으로 정하였으며 해석에 이용된 가속도 시간이력곡선은 타해석시와 동일하다. 지반분할에 있어서는 0.5m, 1m, 2m, 인 경우를 대상으로 하였으며 지진규모 보정계수는 지진규모 7.5와 6.5의 값을 대입하여 0.65와 0.55를 적용하였다.



(a) Hachinohe 항 지진 (b) Ofunato 항 지진 (c) 인공지진

그림 1. 지층분할에 관한 영향분석



(a) Hachinohe 항 지진 (b) Ofunato 항 지진 (c) 인공지진

그림 2. 지진규모 보정계수에 관한 영향분석

그림 1의 결과로부터, 0.5m와 1m로 지층분할한 경우는 큰 차이를 나타내지 않은 반면, 지층분할 2m의 경우, 0.5m 및 1m에서 포함치 못하는 부분을 생략할 수 있으며 이러한 결과가 다양한 지반조건에서는 더욱 크게 나타날 가능성이 있으므로 가능한 지양하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 이러한 결과로부터, 현 시방 및 일본 항만시방서에서 10m이내는 최소 1m간격으로 10m 이상에서는 최소 2m로 분할한다는 시방내용이 일정수준 이상 신뢰성이 있는 것으로 나타났다. 그림 2의 전단탄성계수 및 전단변형률에 관계되는 지진규모 보정계수(R)의 입력치의 차이가 해석결과에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 일반적으로 생각하면, 국내 설계지진규모를 입력하는 것이 바람직할 것으로 생각되지만, 지반응답해석결과를 이용하는 액상화 평가에 있어서 대부분의 연구결과가 65%(0.65), 지진규모 7.5를 기준으로 우선적인 저항강도를 산정하고 이에 대해 지진규모 수정계수(Magnitude Scaling Factor, MSF)를 적용하도록 하고 있는 점을 간과해서는 안 된다. 또한, 실제 지진규모 6.5에 대해 55%의 등가진폭을 가진 정현하중으로 고려할 수 있는지 여부에 대해서도 많은 검토가 필요할 것으로 판단되어 향후 이에 대한 국내 적용성 연구가 심도있게 진행될 필요가 있다고 판단된다. 끝으로, 금번 Round-Robin 지반응답해석이 초석이 되어 국내의 지반응답해석의 신뢰성을 높이는 후속연구로 이어지기를 기대합니다.