

국내 관측 지진파형을 이용한 지진파형 영향인자에 관한 연구

김준경, 이길호¹⁾

1. 서론

최근 국내에서 영월 지진 (1996년 12월), 경주지진 (1997년 6월)을 비롯하여 중규모의 지진이 다수 발생하였다. 1999년에 접어들어 현재까지 국내에서 발생한 지진은 약 40 여회 발생하였고 특히 강원도 태백지역에서 규모 2.2로부터 3.3 범위의 7 회 이상의 지진이 발생하여 발생 횟수면 에서 국내 총 지진발생 회수의 약 20퍼센트를 초과하여 집중되는 현상을 나타내고 있다. 계속되는 중소규모의 지진으로부터 다양한 스케일 범위의 지진동이 발생되었고 양산단층 주변에 설치되어 운용중인 지역 지진관측망 등에서 다수의 지진동이 관측되었다. 이들 발생한 지진 중에서 특히 영월 및 경주지진과 같은 지진은 중규모이고 이들 중규모의 지진은 주파수 대역이 보다 포괄적이기 때문에 미소지진과는 달리 지진이 발생한 지역의 지진원 특성, 지진파의 감쇄특성 등과 같은 지역 고유의 지진지체구조 특성을 연구할 때 중요한 의미를 가진다.

지진동의 특성을 결정하는 영향요소는 지진원 요소, 지진파전달 매체의 탄성적 특성 및 관측 부지에서의 감쇠와 같은 동탄성 특성으로 대별되며, 이들은 지진재해도 및 지진 응답스펙트럼을 분석하고 평가하기 위해 절대적으로 필요한 변수이다. 또한 임의 지역에 고유하게 예상되는 지진재해도 및 지진 응답스펙트럼은 각종 구조물 및 건축물에 대한 실제 내진설계를 위해 필요한 기초적 입력변수이다.

국내에서 관측된 의미있는 지진동이 아직 충분하게 축적되어 있지 않아서 이에 대한 연구가 미미하였으나 최근 국내에서 관측된 지진동의 자료가 점차 증가하고 있고, 또한 관측파형의 질이 점차 개선되고 있어 국내에서 관측된 파형을 적용한 관련 연구 등이 계속 발표되고 있다. 하지만 국내에서 관측되고 있는 전체 관측 파형 자료는 주파수 대역의 신뢰폭이 상대적으로 좁고 특히 중규모의 지진으로부터 관측된 관측 파형의 절대량에 있어서 한계가 있다. 따라서 이를 이용하여 얻어지는 지반지진동의 특성을 결정하는 인자의 변수값은 아직 높은 불확실성을 갖고 있는 실정이다.

일반적으로 임의 지반 진동원으로부터 임의 거리에서 예상되는 최대 지반진동 값, 코너주파수, Q값 및 지반진동의 지속시간 등과 같은 지반진동의 특성을 결정하는 기본적인 지배방정식은 관련 연구 상호간에 커다란 차이가 없다. 하지만 지구물리적인 효과 등을 고려하여 관측파형으로부터 효과적으로 변수를 분석하기 위한 수치해석 알고리즘은 각각의 관련 연구마다 다양하게 제시되어 있다. 지반진동의 특성을 결정하는 기본적인 지배방정식은 본 연구가 채택한 바와 타 연구의 모델과 거의 유사하며 본 발표논문 내용 중에 제시되어 있다. 본 연구는 다수의 관측된 지반진동의 푸리에 amplitude 스펙트럼 값을 제한된 주파수 대역에서 가장 잘 만족시키는 코너주파수, 지각구조의 전달매체 특성을 대표하는 Q값, Q값의 주파수

주요어 : 응답스펙트럼, 코너주파수

1) 세명대학교 자원환경공학과(kimjk1@unitel.co.kr)

의존성을 나타내는 변수인 η 값, 부지별 감쇠특성을 나타내는 변수인 κ 등을 수치해석 방법을 이용하여 분석하였다.

2. 자료분석

본 연구에서 적용한 지반지진동을 결정하는 지배방정식은 아래와 같고 관측된 지반지진동으로부터 여러 변수를 결정하는 수치해석 알고리즘은 Abrahamson이 이용한 알고리즘을 이용하였다.

본 연구가 사용하고 있는 수치해석 알고리즘은 다수의 지진으로부터 발생되어 다수의 관측소에서 관측된 지진파형의 푸리에 amplitude 스펙트럼 값을 만족시키도록 되어 있다. 또한 동일한 관측소에서 다수의 지진으로부터 발생된 지진파형을 중복이 될 경우도 있다. 따라서 단일 지진원으로부터 임의 부지에서 관측된 지진파형을 이용하는 것보다 임의 부지에서 서로 다른 지진에 의한 관측 지진파형이 중복되어 관측소의 부지특성 변수를 상대적으로 보다 잘 구할 수 있다.

지진원을 대표하는 모델로서 Brune의 지진원 모델인 지진원의 주파수영역에서의 진폭값이 각주파수의 자승에 비례하는 (ω^2) 지진원 모델을 이용하였다. 역산 모델링에서 가속도값과 변수들이 비선형으로 관련되어 있는 지배방정식으로 이루어져 있어 비선형 역산수치모델을 사용하였다. 보다 구체적으로 지배방정식의 값을 결정하는 변수들을 동시에 구하기 위해 Levenberg-Marquart 비선형 역산 수치모델을 이용하였다.

지진원의 규모와 각 지진원으로부터 각 관측소까지 거리를 초기 입력값으로 이용하였다. 우선 지진원 지역의 shear wave 속도는 3.5 km/sec, 지각물질의 밀도는 2.7로 가정하였다. 부지의 증폭 혹은 감폭 특성은 부지조건에 따라 2 가지로 분류하여 관측소에 부여하였다. 관측파형의 주파수 대역에서 각 지진파형마다 약간 상이하나 관측된 지진파형의 푸리에 amplitude 스펙트럼 값을 동시에 만족시키기 위해 모델링을 위한 주파수 대역은 최소 0.4 Hz 또는 0.5 Hz에서 최대 20 Hz까지의 푸리에 amplitude 스펙트럼 정보를 이용하였다.

관측된 지진파형의 푸리에 amplitude 스펙트럼 값을 동시에 만족시키기 위해 모델링한 결과 얻어지는 변수값은 우선 지각물질의 거시적인 damping 효과를 나타내는 변수인 Q값, 변수인 Q값의 주파수에 대한 지수 비례관계를 나타내는 변수인 η 값이 있다. 그리고 각 지진원에 고유한 코너주파수가 있다. 부지 특성을 나타내는 damping 값의 종류를 미국 기준에 의해 2가지 부지 특성으로 분류하여 κ_1 및 κ_2 로 표시하였다. 따라서 구하고자 하는 지진동 특성 변수는 7 가지이다. 또한 마지막으로 모델링한 결과 얻어지는 변수상호간의 covariance matrix를 구하였다.

3. 결과 및 결론

국내 지반진동을 이용하여 모델링한 결과 지반진동 특성을 나타내는 값들은 기존의 연구 결과 값들과 유사한 경향을 보이고 있으나 결과 값들의 안정성에 대한 지표가 예를 들면 mean값/ median값 등이 높게 나타나고 있다. 따라서 관측 지반진동 자료에 대한 스케일, 특히 스케일은 관측시기에 따라 당시의 관측조건을 최적화 하기 위해 자주 변하기 때문에 주의해야 할 것으로 보인다. 또한 부지특성 분류 등과 같은 점에서 향후 보다 많은 자료를 이용한 그리고 보다 정밀한 분석이 요구된다.