

최근 발생한 국내 지진의 지진원의 특성에 관한 연구

홍승민¹⁾, 권용정²⁾, 김준경³⁾

본 연구는 2003년 3월 30일 인천 백령도 서쪽 80Km 떨어진 지점에서 발생한 지진으로부터 관측된 9개의 지반진동 자료를 이용하여 지진원의 특성에 관련된 값들을 분석하였다. 구하고자 하는 모든 값을 동시에 비선형적으로 분석하기 위해 LM(Levenberg -Marquardt) 역산방법을 적용하였고 전단파 에너지를 이용하였다.

본 연구에서는 전통적으로 통계 및 확률적으로 지진 위험도가 낮다고 평가되어온 우리나라에서 규모 4~5에 속하는 중규모급 지진으로서 이러한 규모의 지진 발생이 빈번해 짐에 따라 우리나라 특성에 맞는 내진설계 기준이 되는 모델을 만들기 위한 기초자료로 제시하고자 한다. 본 연구에서는 Boore(1983)에 의해 제시된 다음의 식을 이용하였다.

$$a(f) = C \cdot \frac{f^2}{1 + (\frac{f}{f_0})^\gamma} \cdot \frac{M_0}{R} \cdot P(f) \cdot A(f) \cdot e^{\frac{-\pi f R}{\beta_0 Q(f)}} \quad (1)$$

여기에서

$$C = \left(\frac{1}{\rho_0 \beta^3}\right) \cdot (2) \cdot (0.55) \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) \cdot \pi$$

f = 주파수

M_0 = 지진모멘트(*seismic moment*),

R = 진원거리(*hypocentral distance*)

1) 세명대학교 환경안전시스템 공학과 석사과정 wwwreality@nate.com
2) 세명대학교 환경안전시스템 공학과 석사과정
3) 세명대학교 소방방재학과 교수

β_0 = 지진원 부근의 S파 속도,

ρ_0 = 지진원 부근의 밀도,

$Q(f) = Q_0 f^n$ (quality factor),

$A(f)$ = 부지증폭함수,

$P(f)$ = 고주파수 제거필터,

f_0 = 지진원 코너 주파수,

$\gamma = 1, 2, 3$ (f_0 이상에서 지진원 변위 스펙트럼 감쇠률)

웨에서 제시된 가속도의 푸리에스펙트럼을 나타내는 식에서 C는 상수로서 지진원 지역 지반의 밀도(ρ_0)와 S파 속도, 자유면 효과(2배수), 구면으로 방사하는 지진 에너지의 평균값(0.55), 2개의 수평방향으로의 에너지 분리($1/\sqrt{2}$)와 관련된 파의특성을 포함한다

본 연구에서 사용한 자료는 인천 백령도 서쪽방향 80Km 지점에서 2003년도 3월 30일 발생한 규모 4.8의 지진을 9개 Station에서 관측한 자료를 이용하였다. 지진에 이용한 스테이션은 BGD, BRD, HKU, HSB, KHD, KMC, KRA, SNU, TJN에서 관측된 자료를 이용하였다

| 날짜 | 진앙위도 | 진앙경도 | 규모(M _L) | 깊이(km) | Seismic Station |
|------------|--------|----------|---------------------|--------|--|
| 2003.03.30 | 37.976 | 123.7992 | 4.8 | 4.51 | BGD, BRD, HKU, HSB, KHD, KMC, KRA, SNU, TJN, |

Table 1. 사용된 자료의 날짜, 위치 및 관측소명

관측된 지반 진동을 LM 역산방법을 적용하여 지진원 및 지진파 전파 특성값과 같은 가속도 운동을 나타내는 식의 값을 비선형적으로 동시에 분석하였으며 그림1에서 제시된 방법 순서에 따라 수행하였다 LM 방법은 비선형 역산문제를 풀기 위해 자주 이용되는 일반적인 방법이다

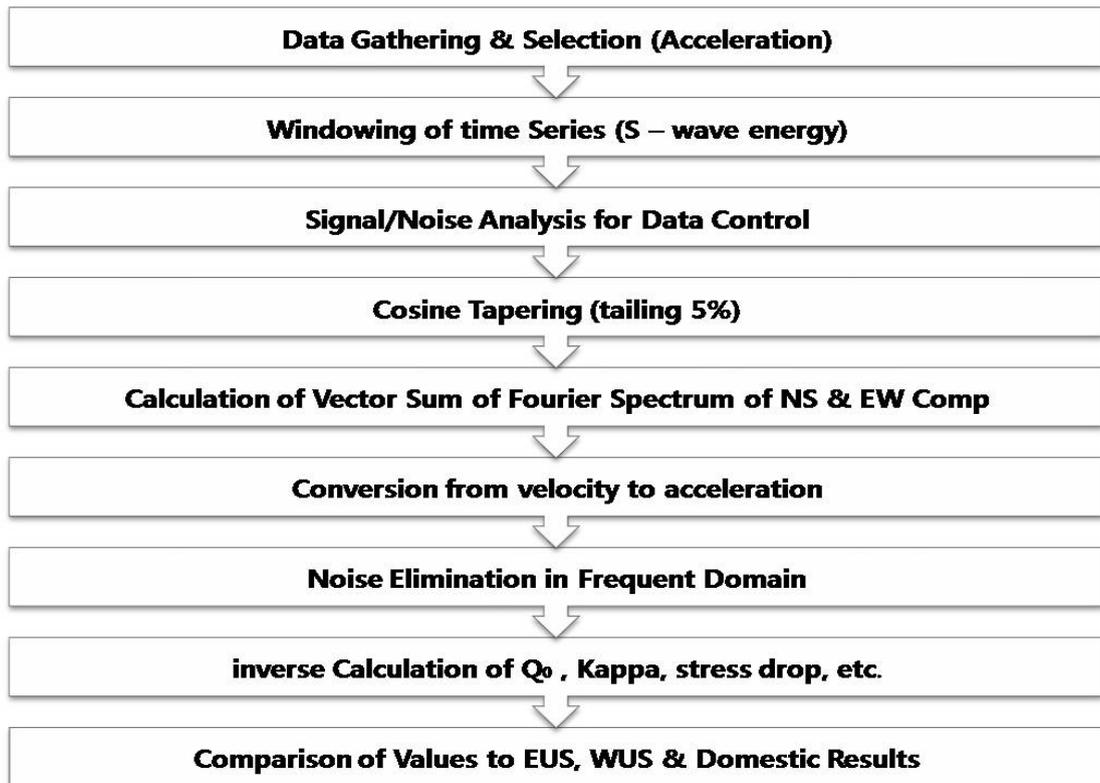


Fig 1. 자료처리 및 역산을 위한 순서도

향후 관측소의 부지증폭 특성을 고려한 연구를 이용하여 기존의 연구결과와 비교할 필요가 있고 또한 더욱 많은 지진자료의 분석을 통해 한반도 및 동해지역 지각 전체 및 관측소 부지하부의 지역적인 감쇠특성 등 내진설계에 중요한 기초자료로 활용할 가능성이 예상된다.

Gutenberg-Richter b값의 추정에 대한 검토

노명현

한국원자력안전기술원 원자력안전본부, mhnoh@kins.re.kr

Gutenberg-Richter b값(이하 b값)은 지진규모 분포함수의 매개변수로서, 해당 지역의 지진특성을 대변할 뿐만 아니라 그 지역의 지진재해도 평가에도 큰 영향을 미친다. 지역적 변화에도 불구하고 b 값의 전 지구적 평균값은 약 1이며, 이는 이론적 값과 일치한다.

전통적으로 최소제곱법(Least-Squares Method)이 b 값의 추정에 이용되어 왔으나, 1) 오차가 정규분포를 따르지 않을 수 있고 2) 지진의 누적빈도는 서로 독립적이지 않으며 3) 관측 자료가 빈약한 대규모 지진이 중복적으로 사용됨으로 인하여 왜곡된 b 값이 추정될 가능성이 다분하다(그림 1 참조). 또한, 최소제곱법이 최우도법(Maximum Likelihood Method)의 특수한 형태에 불과함을 고려할 때, 최소제곱법의 입지가 좁아질 수밖에 없으며, 결과적으로 b 값의 추정에 최우도법이 우선적으로 적용되는 추세이다. 최우도법 적용에 필요한 지진 규모의 확률밀도함수는 Gutenberg-Richter 관계식($\log N = a - bm$)으로 구해지며, 그 형태는 $f(m) = \beta e^{-\beta(m - m_{\min})} / [1 - e^{-\beta(m_{\max} - m_{\min})}]$ 으로 표현된다. 여기에서 $\beta = b \ln 10$ 이다. 한편, 실제 관측되는 지진의 규모가 연속적인 값이 아니고 유한한 구간으로 나누어진 이산 값이므로, 이를 보정한 추정식이 있으며, 지진의 규모별로 유효한 관측기간이 다른 것을 보정한 추정식도 제안된 바 있다.

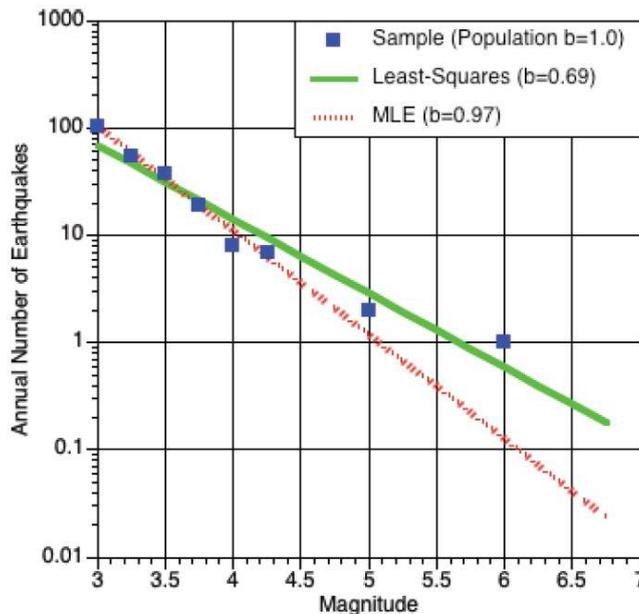


Fig. 1. Comparison of the least-squares method and the maximum likelihood method.

최소제곱법을 적용하던, 최우도법을 적용하던 2가지 전제조건을 공통으로 고려해야 한다. 첫째는 지진자료의 독립성에 대한 조건이다. 이 조건을 만족하기 위해서 전진 (fore-shock)과 여진(after-shock)이 지진자료에서 제거되어야 한다. 둘째는 지진자료의 완전성이다. 작은 지진은 관측에서 누락될 수 있고, 큰 지진은 관측 횟수가 작아 통계적으로 불완전 할 수 있으므로 이 2가지를 분석 전에 반드시 확인해야 한다. 그림 2는 작은 지진의 불완전한 관측한 관측으로 인한 b 값의 변화를 예시하고 있다.

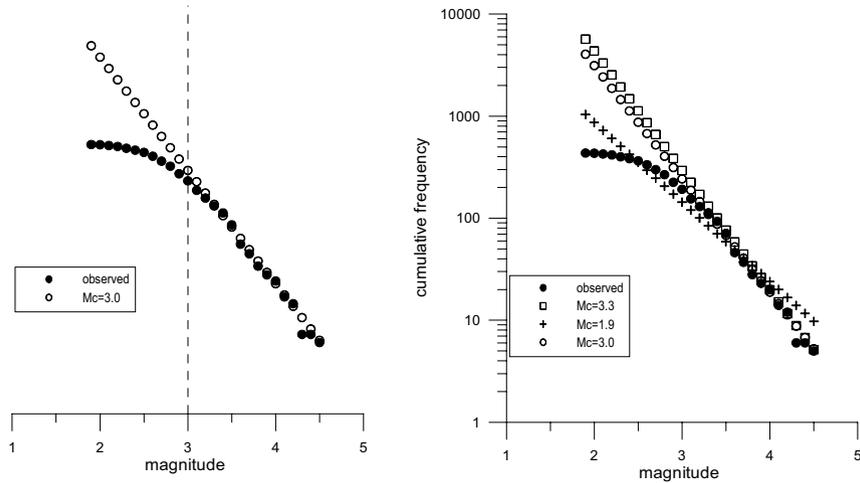


Fig. 2. Effect of incomplete earthquake data – missing small earthquakes.

지진의 특성에 따라 b 값의 대략적인 범위를 살펴보면 다음과 같다. 지각에서 발생하는 지진의 경우 $b=0.8\sim 1.2$ 이다. 섭입대에서 발생하는 지진의 경우 $b=0.5\sim 1.0$ 으로 다소 작은 값을 보인다. 화산지대 등에서 발생하는 군발지진의 경우 b 값은 2.5까지 큰 값을 가질 수 있다. 만일 분석결과가 위의 범위에서 벗어난다면 1) 사용된 지진자료가 상기 2가지 전제조건을 만족하는지, 2) 적용한 분석방법이 지진자료에 적합한지를 다시 한 번 확인할 필요가 있다.