

## **Cyclic Load Testing of Concrete Expansion Anchors**

Gary L. Barnes      Bechtel International, Inc.  
Sang Myung Lee    Korea Electric Power Corporation

### Abstract

In order to ensure a concrete expansion anchor is suitable for a given application, the load resistance behavior of the anchor must be known. ASTM E488 provides a standard method of testing expansion anchors for static and dynamic loads. Due to the many types of anchors available commercially and the large variability of applications, the ASTM does not delineate all details or requirements necessary to comprehensively determine the dynamic load behavior of concrete expansion anchors.

A test program is presented in this paper which was developed and implemented to determine the cyclic load behavior of wedge-type concrete expansion anchors.

Test results are also presented along with a discussion of the behavior of anchors, and their suitability for use.

'96 춘계학술발표회 논문집  
한국원자력학회

## 확률론적 지진위험도의 불확실성 영향인자의 단계별 범위 영향 분석

김준경  
세명대학교

윤철호, 이성규, 임창복, 김문수  
한국원자력안전기술원

### 요 약

본 연구는 일정 지역의 확률론적 지진위험도 (Probabilistic Seismic Hazard) 평가와 관련하여 전문가가 제시한 제 1차 입력자료를 이용하여 제 2차 입력자료를 도출할 때 입력자료의 다단계화를 통하여 각 단계별 구간의 입력자료가 확률론적 지진위험도 불확실성에 미치는 상대적 영향을 분석하였다. 확률론적 지진위험도 분석을 위하여 미국지질조사연구소 (USGS) 및 미국 로렌스리버모어연구소(LLNL)가 개발한 전산코드를 각각 이용하였고 또한 전문가가 제시한 제 1차 입력자료는 기존 연구보고서에서 주어진 자료를 이용하였다. 분석결과 지진활동도 변수 특히 지진규모의 각 단계 및 감쇠특성함수의 진앙거리 단계에 따라서 확률론적 지진위험도의 절대값 및 불확실성에 미치는 영향의 차이가 상대적으로 크다는 것이 확인되었다. 또한 부지별로 이러한 분석을 함으로서 확률론적 지진위험도 곡선에 영향을 미치는 임의 부지에 고유한 임계 지진규모 및 임계 진앙거리에 대한 분석을 통하여 전반적으로 불확실성을 감소시킬 수 있다.

### 1. 서론

지진발생으로부터 야기되는 강지진동 및 지표균열 등으로부터 원자로의 건전성이 유지되어 방사성물질의 효율적인 격납용기내 차폐가 요구되는 원자력발전소와 같은 내진관련 국가 주요산업시설이나 중저준위 및 사용후핵연료 방사성폐

기물 처리 및 처분장 시설은 지진에 대한 잠재적 위험도를 반드시 고려하도록 되어 있다. 특히 최근 지진위험에 대비한 내진설계의 중요성이 증가함에 따라 미국 및 일본의 원전 관련 산업계에서는 임의 시설부지의 지진위험도값을 평가하는 방법으로 종래의 결정론적 방법 (Deterministic Method)의 적용으로부터 확률론적 방법 (Probabilistic Method)을 적용하는 방향으로 개정중이다. 특히 미국 원자력규제위원회는 10 CFR 100 Appendix A에서 지진위험도 평가방법 및 Target Probability of Exceedence 의 새로운 설정 등 관련 규정을 대폭 변경중에 있다.

우리나라의 경우 지진위험도평가를 수행하는 기관마다 평가방법론에 있어서 차이가 있으나 한국원자력안전센터(1983), 한국동력자원연구소 (1983)[1] 및 한국전력공사 (1993)[2]에 의해 확률론적 지진위험도에 대한 평가연구가 수행된 바 있다. 그러나, 양산단층의 활성여부, 최대잠재지진값 (Maximum Probable Earthquake), 지진지체구조구 (Seismotectonic Province), 강지진동기록 및 역사지진기록 등과 같이 자연과학 기초자료 및 관련 연구가 미비하기 때문에 관련 동일한 입력자료에 대해서 전문가들 의견이 다양하고 이러한 다양성이 지진위험도 평가시 불확실성의 주된 원인으로 지적되어 왔다[1, 2, & 3]. 또한, 지진위험도 평가시 전문가에 의해 주어진 입력자료를 평가하기 위한 수행방법론이 지진위험도의 불확실성에 미치는 영향에 대해서도 외국의 IAEA전문가에 의해 문제점으로 지적되어 왔다[4]. 따라서 보다 불확실성이 적은 지진위험도 평가를 통하여 최종적인 노심용융확률에 대한 불확실성을 줄이는 것이 급선무이다.

따라서 본 연구에서는 특히 지진활동도 변수 (Seismicity Parameter) 및 감쇠특성함수 (Attenuation Function) 의 다단계화를 통하여 지진위험도의 불확실성에 미치는 영향을 분석하였다. 지진위험도 평가를 위하여 전문가가 제시한 1차 입력자료의 자체의 불확실성은 이미 주어진 것으로 간주하였다. 지진위험도의 불확실성에 대한 분석결과와 기존 지진위험도 곡선 [1, 2, & 3]과 비교할 때 각 경우에 대한 지진위험도 곡선의 절대값 및 불확실성은 평가대상 부지의 위치에 따라서 서로 다른 특징을 보여주었다.

## 2. 본문

본 연구에서는 확률론적 지진위험도의 불확실성을 조사하기 위해 미국지질조사연구소 및 미국 로렌스리버모어 연구소가 개발한 전산코드를 이용하였다. 전문가에 의해 주어진 1차 입력자료는 기존 보고서[3]에서 주어진 자료를 이용하였다. 전문가에 의해 주어진 지진지체구조구, 역사 및 계기지진자료 등과 같은 1차 입력자료를 이용하여 지진활동도 관련 2차 입력자료인 a 값 및 b 값 등을 평가할 때 리히터지진 규모를 네 단계의 지진규모 범위 (3.5이하, 3.5-4.5, 4.5-5.5 및 5.5 이상) 로 구분하고 각각의 지진규모 단계가 확률론적 지진위험도에 미치는 영향을 정량적 및 정성적으로 분석하였다. 또한 확률론적 지진위험도를 평가하기 위해 고려되는 지진규모의 하한값( $M_1$ )의 변화를 통하여 확률론적 지진위험도에 미치는 영향을 분석하였다.

기존 지진위험도 곡선과 비교할 때 0.1g 부터 약 1.0g까지 지진위험도 레벨에 걸쳐서 각각의 입력자료 단계가 전체 지진위험도 곡선에 미치는 상대적인 영향의 정도를 정량적으로 분석이 가능하였다. 분석결과 각각의 지진규모 범위에 해당하는 지진위험도 곡선이 전체 지진위험도 곡선에 기여하는 비율에 있어서 부지 뿐만 아니라 지진위험도 레벨에 따라 서로 다른 특징을 보여주었다. 각각의 부지에 이러한 분석을 적용함으로써 확률론적 지진위험도 곡선에 영향을 미치는 임의 부지에 고유한 임계 지진규모에 대한 분석을 통하여 전반적으로 불확실성을 감소시킬 수 있다.

우리나라의 경우 실제 측정된 의미있는 강지진동이 없기 때문에 한반도에 적용가능한 강지진동 감쇠식은 한반도 지진지체구조특성을 고려하여 해당 전문가에 의해 제시되고 있다. 기존 연구보고서[1, 2]는 이러한 다양성 또한 지진위험도 곡선의 불확실성을 증가시키는 주요 영향인자로 제시하였다. 따라서 강지진동 감쇠식에 대한 정량적인 불확실성 분석을 위하여 전문가에 의해 주어진 지진지체구조구, 역사 및 계기지진자료 및 강지진동 감쇠식 등과 같은 1차 입력자료를 이용하여 평가할 때 진앙거리를 네 단계의 진앙거리 범위로 구분하였다. 각각의 진앙거리 단계가 확률론적 지진위험도에 미치는 영향을 정량적 및 정성적으로 분석하였다.

분석결과 각각의 진앙거리 범위에 해당하는 지진위험도 곡선이 전체 지진

위험도 곡선에 기여하는 비율을 비교할 때 지진규모별 분석과 마찬가지로 부지에 따라서 서로 다른 특징을 보여주었다. 부지별로 이러한 분석을 수행함으로써 확률론적 지진위험도 곡선에 영향을 미치는 임의 부지에 고유한 임계 진앙거리에 대한 분석을 통하여 전반적으로 불확실성에 대한 특징 및 생성 메카니즘을 평가 가능하다.

### 3. 결론

이미 다른 연구보고서에서 지적되었듯이 양산단층의 활성여부, 최대잠재지진값, 지진지체구조구, 강지진동 기록 및 역사지진 기록 등과 같이 지진위험도 평가에 필요한 전문가에 의해 주어진 입력자료에 대한 불확실성을 원천적으로 감소시키는 것도 지진위험도 평가에 대단히 중요하다. 따라서, 자연과학 기초자료 자체에 대한 충분한 연구가 선행되어야 하고, 전문가가 제시한 동일한 자연과학 기초자료의 각각이 불확실성에 영향을 미치는 메카니즘 및 정도에 대한 더욱 정량적인 분석이 필요하다.

본 연구는 전문가가 제시한 동일한 자연과학 기초자료의 각각이 불확실성에 영향을 미치는 메카니즘 및 정도에 대한 더욱 정량적인 분석을 수행하였고 분석결과 각각의 지진규모 및 진앙거리 범위에 해당하는 지진위험도 곡선이 전체 지진위험도 곡선에 기여하는 비율을 상호 비교할 때 부지에 따라서 서로 다른 특징을 보여주었다. 부지별로 이러한 분석을 수행함으로써 확률론적 지진위험도 곡선에 영향을 미치는 임의 부지에 고유한 임계 지진규모 및 임계 진앙거리에 대한 평가를 통하여 전반적으로 불확실성에 대한 생성 메카니즘 및 특성을 이해하고 또한 이를 감소시킬 수 있다.

### 참고문헌

1. 한반도의 지진위험도, 한국동력자원연구소, 1983.
2. 원자력발전소 안전성 점검연구(외부사건분야), 한국전력공사, 1993.
3. Issue on Seismic Hazard Analysis in Japan and an Approach to Better Estimation, Katsumi Ebisawa, The 2nd JP Workshop on

Probablistic Safety Assessment., Tokyo, Japan.

4. Peer Review Report, Korea Institute of Nuclear Safety, 1993.
5. 지진위험도 평가시 강지진동 감쇠함수가 불확실성에 미치는 영향에 관한 연구, 김준경, 한국자원공학회 발표논문집, 1994.
6. Measurement, Characterization, and Prediction of Strong Ground Motion, William, B. Joyner and David M. Boore, Recent Advances in Ground-Motion Evaluation, ASME, 1985.