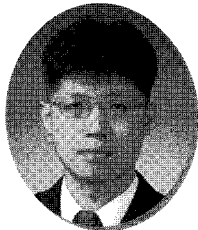
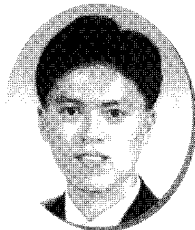


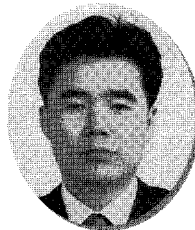
한반도 발생 지진에 대한 고찰



송 병 응
일본 와세다대학
외국인특별연구원
(soilsong@nate.com)



이 재 국
(주)에스코컨설턴트 부장



박 치 면
(주)에스코아이에스티 이사

1. 개요

역사적으로 거슬러 올라가면 우리나라도 오래전부터 지진이 발생하는 지역이었으며 현재까지도 여러 차례 지진이 감지되고 있음에도 불구하고 그 규모가 상대적으로 작다는 이유로 지금까지 그렇게 주목받지 못하고 있는 실정이다. 최근인 2007년 7월 일본 혼슈 니가타(Niigata) 남서쪽 63km 해역 니가타현에서 규모 6.8의 강진 및 70여 차례의 여진이 발생하여 다수의 인명 및 구조물 피해를 입었다는 뉴스를 접하였다. 피해당사자인 일본사람들에게는 직접적으로 피부에 와 닿는 심각한 사건이지만 이웃한 우리나라에서는 우리와는 크게 상관없는 먼 나라 얘기로 간주되어버리는 경향이 있는 것 같다. 일례를 들면 일본 니가타 지진 발생 5일후에 우리나라 충남 당진에서 규모 2.6의 지진이 감지되었는데 우리

나라 일반 국민 및 관련 분야 종사자는 지진규모의 크고 작음을 떠나서 불과 며칠 전에 발생하여 많은 피해를 입힌 니가타 지진과의 상관관계 등에 대해서는 크게 중요하지 않게 여기는 것 같다

그러나 우리나라에서도 올해 초 강릉지역에 규모 4.8의 지진(월정사지진)이 발생하는 등 발생 지진의 규모가 커지고 있으며 이로 인한 피해의 심각성이 대두되고 있을 뿐만 아니라 한반도도 지진 활동기에 접어들고 있다는 최근 연구결과가 발표됨에 따라 지진에 대한 관심과 연구가 활발히 이루어져야 할 시점이나닌가 하는 생각이 든다.

본 기술기사에서는 지금까지 관련분야에서 지속적으로 연구하신 분들의 논문 및 관련 자료를 바탕으로 한반도 지진 발생 빈도와 규모 등과 우리나라의 내진설계 동향에 대해서 정리해 보았다. 지반공학에 종사하는 우리 학회 회원 여러분의 우리나라

한반도 발생 지진에 대한 고찰

역사지진 및 계기지진 현황과 내진설계 동향을 이해하고 지진을 바라보는 관점을 다시 한 번 생각해보는 계기가 되길 바란다.

2. 한반도에서 지진 발생 현황(AD2 ~ 2006년)

그림 1은 지난 약 2000년간 한반도에서 발생된 지진을 나타내고 있으며, 본 기사에 사용한 자료는 역사 지진(문헌에 기록된 지진)과 계기 지진(계측기를 통해 관측된 지진) 자료를 이용하였다 (Kim, 1980; 기상청, 2007; Lee and Yang, 2006). Lee and Yang(2006)에 의하면 지난 2000년간 한반도에서 약 2100회 이상 지진이 발생한 것으로 알려져 있다.

그림 1(a)을 보면 한반도에서 지진에 대해서 안전한 지역은 함경남북도의 일부 지역이 아닐까라는 생각이 든다. 남한의 경우에는 거의 전국에 걸쳐서 크고 작은 지진이 발생한 것을 알 수 있으며, 북한 지역의 경우에도 개성에서 평양에 걸쳐서 수많은 지진이

발생한 것을 알 수 있다.

그림 1(b)는 문헌에 기록된 지진피해 내용을 보고 지진 발생 위치를 역으로 추정한 그림이다(Kim, 1980; Lee and Yang, 2006). 역사지진의 경우에는 사람이 느낄 수 있는 정도의 진도(규모 3 이상)와 그 지진에 의한 피해를 입은 경우에 문헌에 남아 있으므로 사람이 느낄 수 없었던 지진까지 고려해 보면 그림 1(b) 이상의 지진이 발생했던 것을 짐작할 수 있다. 한편, 그림 1(b)에서 역사적으로 지진은 북한 보다 남한에 더 집중적으로 발생한 것을 알 수 있다.

그림 1(c)는 우리나라 기상청에서 지진을 계측하기 시작한 1905년부터 2006년까지 관측된 지진 발생 위치를 나타내고 있다. 그림 1(b)와 (c)를 비교하여 보면 역사지진과 계기지진 모두 북한 보다 남한에서 지진이 자주 발생하고 있는 것을 알 수 있다.

그림 2는 그림 1의 자료를 이용하여 규모별로 구분하여 나타내어 보았다. 그림 2에서 보는 바와 같이 한반도에서 발생하는 지진은 대체적으로 규모 4 이하가 대부분이지만 규모 4 이상의 지진도 적지 않음을 알 수 있다. 특히 함경도에서 지진이 자주 발생하

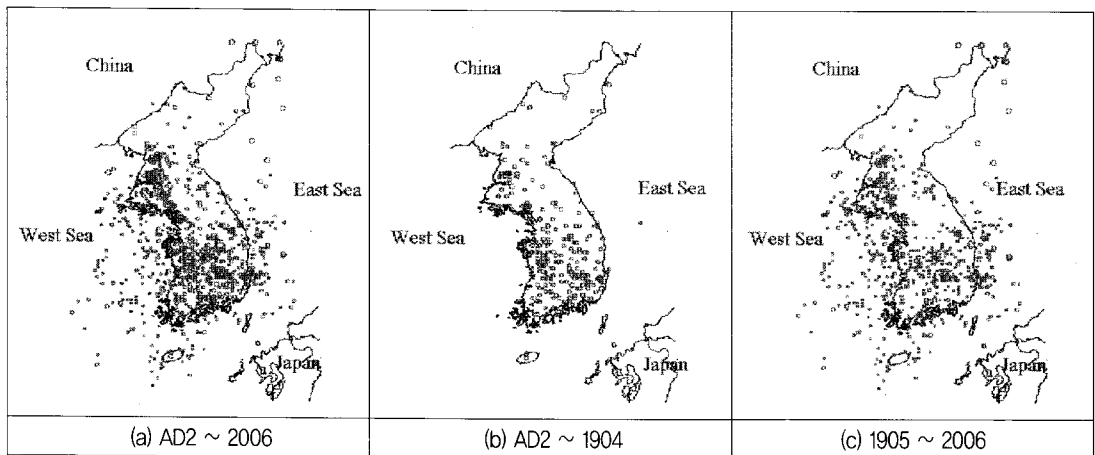


그림 1. 약 2000년간 한반도에서 발생한 지진 현황

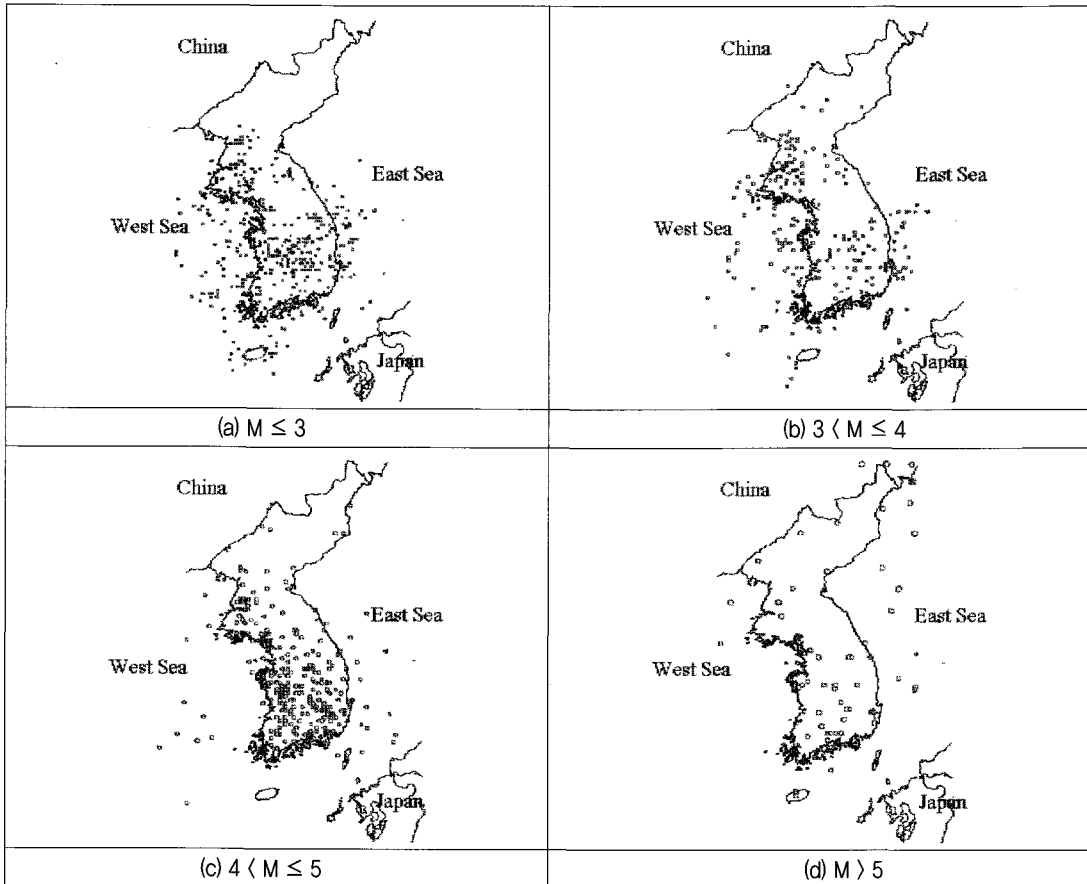


그림 2. 규모별 지진 발생 현황

지는 않지만 발생한 지진의 규모가 매우 큰 것을 알 수 있다.

3. 우리나라 지진 피해 상황(AD2 ~ 2006년)

이기화(1988)에 의하면 779년 경주에서 발생한 지진에 의하여 가옥이 무너지고 사망자 수가 100여 명에 달하였으며, 이 지진은 한반도에서 발생한 지

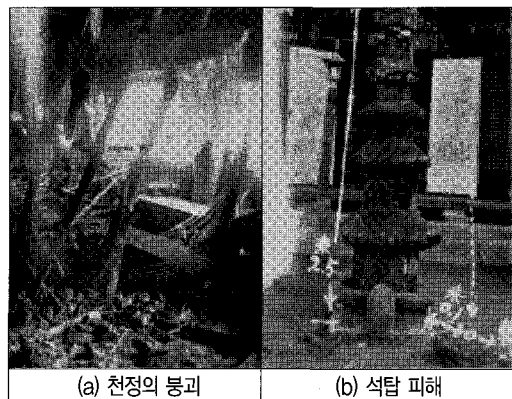
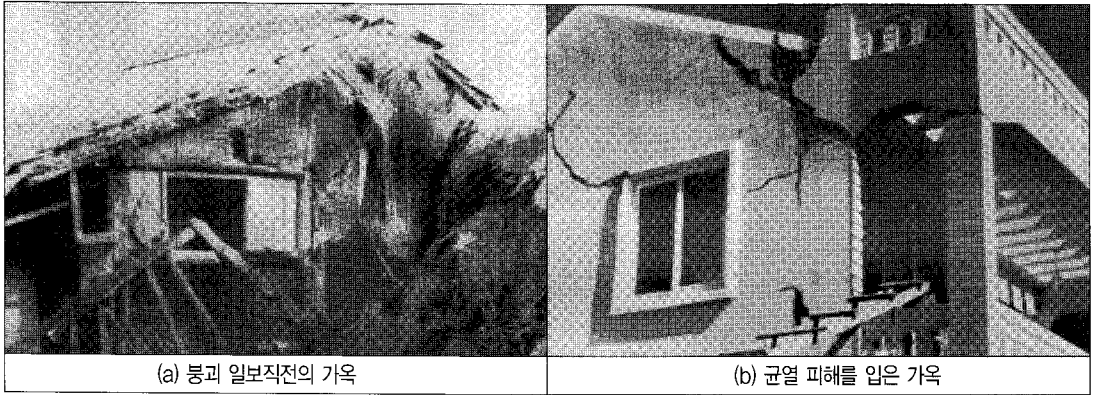


그림 3. 1936년 쌍계사 지진 피해(김재관 등, 1999)

한반도 발생 지진에 대한 고찰



(a) 붕괴 일보직전의 가옥

(b) 균열 피해를 입은 가옥

그림 4. 1978년 홍성 지진 피해(기상청, 2007)

진 피해중 가장 큰 것으로 알려져 있다.

우리나라에서 지진 관측 이후 1936년 쌍계사 지진의 경우에는 그림 3과 같이 쌍계사 천정의 붕괴 및 석탑의 석두 부분이 떨어져 나간 피해를 입었다(김재관 등, 1999). 그리고 그림 4와 같이 1978년 홍성 지진에 의하여 가옥의 피해를 입었다고 알려져 있다(기상청, 2007).

4. 한반도 발생 지진의 특성

그림 5는 한반도에서 발생한 지진의 주응력축 방향을 나타낸 그림이다(김선균 등, 2006). 그림 5에 의하면 한반도와 주변국에서 발생하는 지진과의 관련성을 알 수 있는데 우선 한반도의 주응력 축방향을 보면 지진의 방향이 전체적으로 서서남에서 동동북

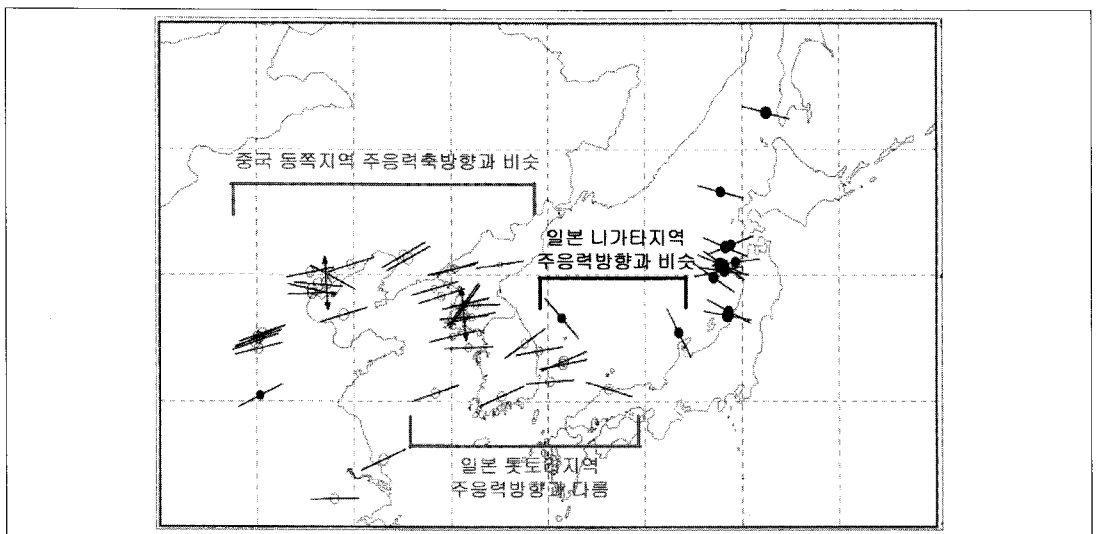


그림 5. 한반도에서 지진의 주응력축 방향 (김선균 등, 2006 加筆)

방향임을 알 수 있다. 중국 동쪽지역의 주응력축 방향과 비교하여 보면 한반도의 그것과 비슷함을 알 수 있다. 일본 니가타 지역과 비교하여 보면 우리나라 동해쪽과 비슷함을 알 수 있다. 한편, 우리나라 남부지역의 주응력축 방향은 일본 토티리(Tottori)지역의 주응력축 방향과 다름을 알 수 있다.

이에 대한 원인은 그림 6에 나타나 있다. Lee and Jung(1980)은 한반도 주변 지각의 움직임이 그림 6과 같다고 하였으며, 이에 따라 한반도는 유라시아 판에 소속되어 있고 태평양판과 필리핀판에 가까이 있는 것을 알 수 있다. Lee and Jung(1980)에 의하면 한반도는 태평양판과 필리핀판의 영향을 크게 받을 것으로 판단되지만, 그림 5와 같은 주응력축방향

이 나타남에 따라 인도판의 영향이 가장 큰 것으로 판단되며, 우리나라 동해쪽에서는 태평양판의 영향도 받고 있다고 한다.

한편, 김선균 등(2006)과 Lee and Jung(1980)에 의하면 한반도에서 발생하는 지진은 주변국과 관계가 있다고 한다. 예를 들어 그림 7에서와 같이 1975년 중국 Haicheng 지진(M7.3)과 1976년 중국 Tangshan 지진(M7.8)이 발생한 이후 1978년 홍성 지진(M5.0)과 속리산 지진(M5.2)이 발생하였으며, 1995년 일본 효고현 남부지진(코베지진, M7.3)이 발생한 다음해 1996년 영월지진(4.7)이 발생하였다고 한다. 이러한 사례에 비추어 보면 2004년 일본 니가타 지진이 발생하고 3년 뒤인 올해 초에 월경사 지진(M4.8)이 발생한 것은 주변국가에서 발생하고 있는 지진과 어떤 관계가 있지 않을까하는 생각이 든다.

그림 8은 그림 1과 2에서 사용된 자료 중 1978년에서 2006년까지 관측된 계기지진을 이용하여 규모와 발생빈도의 관계를 분석하여 나타낸 것이다(Kim, 1980; 기상청, 2007; Lee and Yang, 2006). 그 결과 최대 규모 7.5정도의 크기까지 발생한 것을 알 수 있으며, 평균적으로 규모 3.6전후의 지진이 발생한 것을 알 수 있다. 여기서 규모 7.5는 관측된 값이 아니라 외국에서 관측된 지진가속도를 이용하여 역추정한 값으로 다소 크게 구해진 것으로 사료된다(Kim, 1980).

그림 9는 역사지진과 계기지진 자료 중에서 규모가 5이상인 자료를 정리하여 보았다(Kim and Hyun, 1978; 서울대학교 지진연구센터, 2005). 그림 9에 의하면 역사지진의 경우 기록되지 않은 경우를 고려하여도, 추정된 규모의 특성을 보면 16세기 이후 발생 빈도가 커지고 있음을 알 수 있다.

그림 10은 기상청 자료(2007)를 이용하여 진도 4

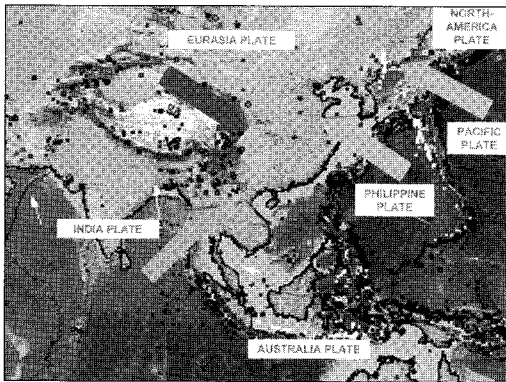


그림 6. 지각운동 방향(USGS, 2007 加筆)

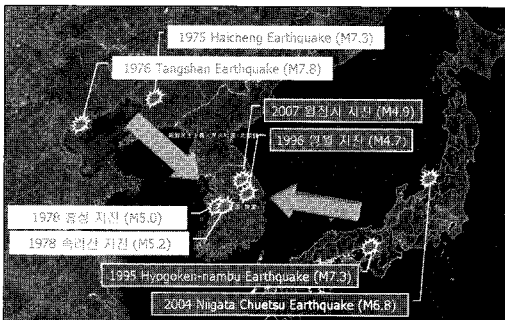


그림 7. 주변국과의 관련성

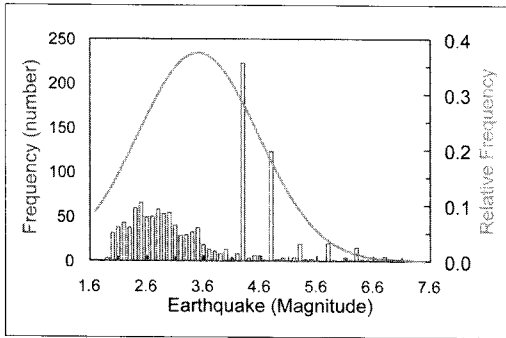


그림 8. 지진 규모와 발생빈도(1978 ~ 2006)

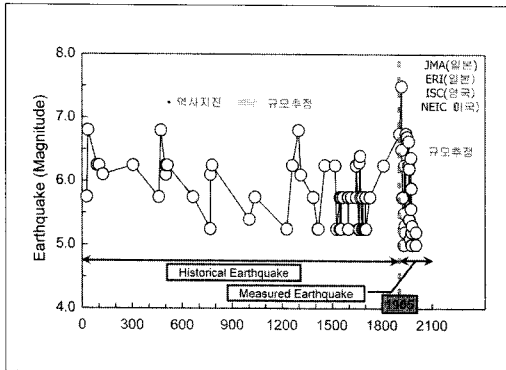


그림 9. 진도 5 이상 발생 빈도(AD2 ~ 2006)

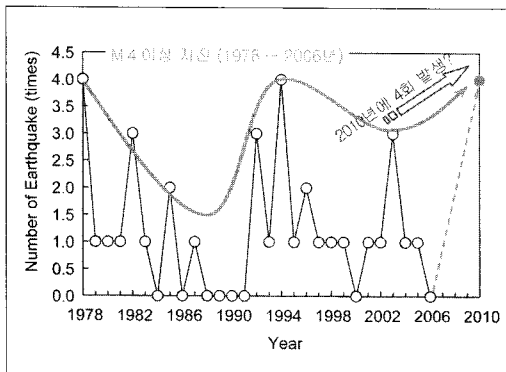


그림 10. 진도 4 이상 발생 경향(1978 ~ 2006년)

이상 지진의 발생횟수를 조사하여 보았다. 그림 10에 의하면 약 15년 주기로 발생 빈도가 커지고 있는 경향이 있다.

5. 국내 내진설계 동향에 대한 고찰

지진의 안전지대라고 생각하여 내진설계 어휘조차 어느 시방서에서도 찾아 볼 수 없었던 때에 1979년에 발생한 홍성지진은 기술자에게 큰 충격파로 전달되었다. 그러나 그 후에도 내진설계의 필요성만 거론되다가 내진설계 기준이 마련되지 못하고 일부 구조물은 외국 기준에 대해 충분한 검토 작업도 거치지 않고 검증없이 설계했다. 1986년부터는 20층 이상의 고층 아파트에 대하여 미국의 UBC(United Building Code)를 근거로 하여 내진설계를 수행하기 시작하였다.

1995년 효고현 남부에서 발생한 지진은 그동안 내진설계에 대해서 자신한 일본인들에게 초자연적인 힘을 그들을 무력화시키고 다시 한번 인간의 한계를 느끼게 해 준 사건이었다. 홍성지진과 고베 지진이 있은 후 우리나라에서는 1988년 처음으로 내진설계기준이 건축법에 도입되었고 1992년에 도로교표준시방서에 드디어 내진설계편이 포함되기에 이르렀다.

1996년 건교부에서 국가기반시설 등 주요시설물에 대한 내진설계기준 보강을 위한 「내진설계기준(안)」 연구용역을 실시하여 1998년 2월에 「내진설계 성능기준 작성 준칙」을 마련 시행하므로써 내진설계의 기본 틀을 마련하는 계기가 되었다. 사실 건교부 내진설계기준연구에서 제시된 기준도 미국 UBC를 많은 부분 인용하여 적용한 것이다.

내진설계기준 연구를 시작으로 하여 도로교시방서, 지중구조물 내진설계기준, 항만 및 여항설계기준, 댐설계기준, 철도설계기준, 고속철도 설계기준 등 각종 발주기관별로 설계기준이 작성되어 현재 내진설계에 반영하고 있다.

등가정적해석, 응답변위해석, 2차원 및 3차원 동적 해석 등 컴퓨터의 발달로 다양한 해석방법이 개발되어 적용하는 상황에 이르고 있으나 그 기본이 되는 지반과 구조물의 거동이해, 동적지반 특성 평가, 지진해석 결과 분석 및 활용에 있어서는 과연 얼마만큼 수준에 있는지 다시 한번 생각해 보게 한다.

또한, 동해안이나 기타 다른 지역에서 소규모의 지진이 발생했다는 기상청의 발표가 있으면 늘 반복적으로 언론에서 우리나라는 절대 지진에 안전한 나라가 아니라고 발표하게 된다. 그 일이 있으면 언론에서 발주처에 대해 시공된 구조물은 과연 안전한가라고 묻게 되고 곧바로 발주처에서는 각 현장마다 답변을 요구하고 각 현장은 설계사에 요구하는 등 한동안 부산을 떨게 된다. 우리나라에서 지진을 바라보는 시각과 내진설계의 쓸쓸한 한 단면을 보여주고 있다.

따라서 지금이야말로 국내 지반의 거동특성에 적합한 수준의 내진설계 기준을 정립하고 필요한 구조물에 대해서만 집중적인 검토와 함께 내진설계 개념을 도입할 필요가 있는 시점이 아닌가 한다. 또한, 각종 발주처별로 산재되어 있는 내진설계 기준을 통합하고 현재 적용하고 있는 내진설계 기준에 대한 중간 평가 정도는 해 볼 필요가 있다고 본다. 1996년에 수행된 내진설계기준연구가 내진설계기준이 기초를 다졌다고 한다면 이제는 더욱 체계화하고 통합하여 발전시켜 제2의 내진설계기준의 정립이 필요할 시기라고 본다.

무조건 강화하고 엄격하게 적용하여 어떤 지진이 발생하더라도 안전한 구조물이라고 얘기하기 보다는 구조물 현황, 경제적인 여건, 중요도를 종합적으로 판단하여 내진설계기준에서 제시한 가이드라인을 토대로 구조물별로 적합한 그 기준을 선정하는

것이 바람직하다고 본다.

우리나라의 실정에 맞는 정량적인 내진설계 규정에 대한 심도 있는 연구와 토론을 통해 체계화된 상위의 내진설계기준이 정립되고 이 기준을 토대로 각종 시설물에 적합하게 적용될 수 있기를 기대해 본다.

6. 맺음말

지금까지 한반도에서 발생한 지진자료(역사지진과 계기지진)에 대한 문헌을 바탕으로 한반도에서의 지진 및 국내 내진설계 동향에 대해서 정리 해보았다. 우리나라는 아직까지는 지진으로 인한 심각한 피해는 없었다고 할 수 있으며 비교적 지진에 안전한 지역으로 인식되어 오면서 지진 피해에 관한 대책 수립에 소홀해 왔던 것이 사실이다. 그러나 재해에 취약한 구조물이 증가하고 있으며 각종 사회기반 시설 및 건축물의 대형화 및 다양화로 지진에 대한 위험성은 상대적으로 높아지는 경향을 보이고 있으므로 이제는 발생 가능성을 무시할 수 없는 지진에 대한 종합적인 대책 수립이 필요한 시점이 아닌가 한다.

현재 우리나라에서는 내진설계, 지진방재, 성능설계 등과 같이 지진에 관련하여 여러 가지 설계법 제정 및 개정과 대책 마련을 하고 있는 것으로 알고 있고, 이러한 일들은 우리나라에서 발생한 지진 특성에 대한 분석이 완료된 후에 수행하고 있으리라 판단한다.

우리나라에서 수행되고 있는 토목구조물 보고서를 보면 모든 토목 기술자들은 내진설계를 수행하고 있는 것으로 알고 있다. 비록 한반도에서 발생한

한반도 발생 지진에 대한 고찰

지진의 크기는 주변국에 비하여 상대적으로 작은 편이지만 많은 기술자들의 마음속에 우리나라에서도 이렇게 많은 지진이 발생되었고 지금도 발생하고 있음을 염두에 두고 설계에 암해주기를 바라는 마음이다.

또한, 토목분야의 전문가가 아니더라도 우리나라에서 역사지진과 계기지진에 대한 전문가 분들과 지질, 지구물리 등의 분야에서 지진을 연구하시는 분들의 많은 조언을 기대한다.

참고 문헌

1. 기상청, 2007, <http://www.kma.go.kr/intro.htm>.
2. 김선균, 전명순, 전정수, 2006, 국내 지진활동 및 지각구조 연구 동향, 자원환경지질, 39(4), pp. 369-384.
3. 김재관, 박창업, 정충기, 류혁, 1999, 쌍계사 오층석탑 실물 크기 실험의 지진 시험, 99년 추계학술발표회 논문집, 한국원자력학회.
4. 서울대학교 지진연구소, 2005, <http://keerc.snu.ac.kr/keerc.html>.
5. 이기화, 1988, 한반도의 역사지진자료, 지구물리, 1(1), pp.3-22.
6. 건교부, 1996, 내진설계기준 연구, 건설기술연구원외 pp. 23-35
7. 장승필, 김재관, 2000, 우리나라 지진공학 현황, 한국지진공학회 2000년도 춘계학술대회 논문집 pp. 9-23
8. Kim, S. G. 1980 Seismicity of the Korean Peninsula and Its Vicinity, Jour. Kor. Inst. Mining Geol., Vol. 13, No. 1, pp. 51-63.
9. Kim, S. G. and Hyun, B. G. 1978. Seismicity of the Korean Peninsula and Its relation with plate tectonics, Jour. Kor. Inst. Mining Geol., Vol. 11, No. 2, pp. 69-80.
10. Lee, K. and Jung, H. 1980, "A study of instrumental earthquake data of the Korean peninsula", The Jour. of the Geological Society of Korea, 16(1), pp.32-45.
11. Lee, K. and Yang, W. 2006, "Historical Seismicity of Korea", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 96, No. 3, pp. 846-855.
12. Song, B.-W., Han, W.-S., Sim, Y.-J., and Park, I.-J. 2007. State of earthquake events in Korea, The 42th Japan national Conference on Geotechnical Engineering, JGS. JUL. 4-7, 2007, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan, 1767-1768 (CD).
13. USGS, <http://www.minerals.si.edu/tdpmap/>.