

유럽국가의 건축물 내진설계 기술현황 European Seismic Design Practices for Building Structures

이한선*
Lee, Han-Seon

허윤섭**
Heo, Yun-Sup

이주은***
Lee, Joo-Eun

ABSTRACT

In order to develop and enhance our methodology of seismic design in the next generation, there is a need to analyze the environment, chronicles and concept of the seismic design in foreign countries. For this purpose, we have researched the cases of U.S.A and Europe. In this paper, the emphasis was put on the european seismicity and seismic design practices for building structures. In this study the comparison of seismic design codes in some european countries regarding fundamental period and design base shears leads to the conclusion that there exists remarkable difference in the approaches. Particularly, the base shears used in european countries give larger values than the one proposed by UBC 97. Though each european country has established similar seismic design code, there are also still large difference in the level of construction technology and societal implementation of seismic codes.

1. 서론

매년 전 세계에서 발생하는 지진에너지의 4% 정도가 유럽에서 방출되며, 그 중 50% 이상은 그리스 지역에서 발생한다. 그리스를 포함한 지중해 지역 국가들은 판이 충돌하는 부근에 위치해 있으며, 오랜 기간동안 지진에 의한 피해를 경험하면서 각 국가의 실정에 맞는 내진설계규준을 발전시켜 왔다. 지중해를 제외한 나머지 지역의 지진에 의한 피해는 그리 크지 않으며, 대부분이 중·약진 지역에 해당한다. 우리나라와 상황이 비슷한 영국에서는 아직 내진설계규준을 일반 건축물에 적용하고 있지 않으나, 영국의 BSI(British Standards Institution)는 유럽 표준화 작업의 일환으로 구조물에 대한 내진규준인 Eurocode 8의 정립을 담당하고 있다. 본 논문에서는 유럽의 지진발생현황 및 지진관련 연구기관을 간략히 소개하였으며, 강진, 중진 및 약진지역으로 대표되는 유럽 주요 국가를 선정하여 각국의 내진설계규준의 변천과정과 주요특징에 대해서 정리하였다. 또한 10층 사무소 건물을 선정하여, 각국의 내진규준에 따라 산정된, 고유주기 및 밀면전단력을 비교하였다. 마지막으로, 그리스에서의 지진재해와 관련한 경제적, 사회적인 상황을 소개하였다.

* 고려대학교 건축공학과 부교수, 정회원
** 고려대학교 건축공학과 박사과정

*** 고려대학교 건축공학과 석사과정

최근 국내에서는 지진에 대한 관심이 고조되면서, 내진공학에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 이에 대한 자료가 충분하지 못한 실정이다. 이에 따라 이러한 외국의 내진공학에 관한 자료를 수집하고 정리함으로써, 이를 추후 국내 내진규준 작성의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

2. 유럽의 지진활동

앞에서 언급한 바와 같이, 유럽의 지진활동은 대부분 지중해 지역을 중심으로 발생한다(표 1). 이 지역에 속해 있는 국가로는 포르투갈, 스페인, 프랑스, 이태리, 그리스 및 발칸반도 국가 등이 있으며, 유럽에서 방출되는 지진 에너지의 50% 이상이 그리스에서 발생하며, 이태리 전 지역은 중진 및 강진 지역에 해당한다. 포르투갈은 전지역이 약·중진 지역으로, 판경계 및 판내 지진이 모두 발생하며, 지진 위험도가 가장 높은 지역은 1755년 규모 8.7의 리스본 대지진이 발생하였던 대서양 근해지역이다. 스페인 남부지역과 프랑스 및 알프스지역은 중진 지역에 해당한다^[1,2].

표 1. 1900년대 지중해 지역의 강진발생 목록^[3]

일시	위치	사망자(명)	규모(M_L)
1908-12-28	이태리(Messina)	85,000	7.5
1939-12-26	터키(Erzincan)	30,000	8.0
1977-05-06	루마니아	1,500	7.2
1980-11-23	이태리 남부	3,000	7.2
1988-12-07	터키-러시아 국경	25,000	7.0

대부분의 중·북부 유럽(표 2)은 중진 및 약진에 속하며 지진에 의한 피해는 거의 없으나, 프랑스 등과 같이, 내진규준이 적용되는 지역도 있다. 영국 대부분 지역은 0.04g에서 0.1g사이의 약진지역에 해당하며, 지진에 의한 연간 피해액은 기후에 의한 피해액의 10%이하 수준으로 지진에 의한 피해가 상당히 작다. 스칸디나비아 반도에서 최근 2년간 발생한 지진의 최대 규모는 3.0 정도이며, 노르웨이 서부해안과 핀란드는 상대적으로 지진활동이 활발하나 지진에 의한 피해는 거의 없다^[4,5,6,7].

표 2. 중·북부 유럽의 최근 지진활동^[3]

일시	규모(M_L)	위치
92-04-13	5.8	네덜란드
94-12-14	5.1	프랑스
95-06-20	4.5	벨기에
95-06-25	4.0	독일
96-03-07	3.4	영국
96-07-15	5.3	프랑스
96-07-23	3.8	벨기에
96-11-10	3.8	영국

3. 유럽의 지진관련 연구기관

지진 연구와 관측에 관한 기관인 ESC(European Seismological Commission)는 1952년에 설립되었으며, 그리스, 이태리, 영국과 프랑스 외 15개국이 회원국으로 있다. ESC는 IASPEI(International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior)와도 긴밀한 관계를 유지하고 있으며, 지중해 연안 국가간의 협력을 도모하기 위해 CSEM/EMSC(European-Mediterranean Seismological Center)를 1976년에 설립하였다. 이 기관은 지진이 활발한 지중해지역의 지진재해도 작성과 잠재지진의 진원지를 추적하는 등의 목적을 갖고 있다. ORFEUS(Observatories and Research Facilities for European Seismology)는 유럽 12개국 주도로 설립되었으며, 유럽-지중해 지역에 위치한 여러 지진관측소에서 관측한 지진파를 수집하여, 지진연구에 관한 정보를 제공하고 있다. ESC, EMSC,

ORFEUS는 서로 긴밀한 협력관계를 유지하며, 유럽 지진연구에 많은 기여를 하고 있다.

1961년에 창설된 CEN(Comite Europeen de Normalisation)은 유럽 내 모든 분야에 걸쳐 표준화 작업을 수행하고 있다. 건축 및 토목공학 분야에 대한 Structural Eurocode의 정립은 영국의 BSI에서 관장하고 있다. 현재 실무 적용에 대한 타당성을 검토하기 위해 통합기준에 대한 표준안(European Prestandard : ENV)을 제시하고 있으며, 이러한 과정을 거쳐 각 국가에서 현재 시행중인 기준을 대체할 수 있는 "Structural Eurocode"를 제시하는 것을 목표로 하고 있다. 그 중 Eurocode 8은 구조물에 대한 내진기준으로 1988년에 초안이 작성되었다. 1989년 JRC(Joint Research Centre)에서 수행한 COST 프로젝트 이후로 내진공학 관련 기관들의 공동 연구가 활발하게 진행되었으며, 1991년에는 EC(European Commission)에서 내진 구조물에 대한 표준화 작업의 일환으로, HCM(Human Capital Mobility) 프로그램이 착수되어, 유럽내 수많은 대학과 연구소간의 합동연구가 활발히 수행되었다. 1992년에 이태리 Ispra에 ELSA(European Laboratory for Structural Assessment)가 개소되어, 내진공학 관련 실험이 활발하게 진행되었다. EC의 HCM 프로그램 산하 PREC8 프로젝트에는 유럽 19개 연구기관이 참여하고 있으며, 1995년에는 Eurocode의 정립을 위한 해석 및 실험 연구의 결과로 PREC8/ECOEST(Prenormative Research in Support of Eurocode 8/European Consortium of Earthquake Shaking Tables) 보고서가 발간되었다. 1995년에 EC는 HCM과 유사한 TMR(Training and Mobility of Researches) 프로젝트를 착수하였는데, 기존의 PREC8의 연구범위를 확대하여, 신축건물에 대한 경제적인 내진설계 및 기존건축물에 대한 내진 보수·보강기법 등을 연구하고 있다. 이 연구의 일환으로 수행되고 있는 ICONS(Innovative Seismic Design Concepts for New and Existing Structures) 프로젝트에는 12개의 유럽 연구기관이 참여하고 있다^[8,9].

4. 유럽 각국의 내진설계기준

4.1 그리스

그리스의 내진기준은 1959년에 처음으로 도입되어 1984년과 1992년에 수정·보완되었다. 1959년 기준은 그 당시 지식 수준에 따라 매우 기본적인 내용으로 작성되었다. 그리스를 3개의 지진지역으로 나누었으며, 이에 따라 밀면 전단력 계수를 규정하였다. 공공 건물에 대한 중요도 계수는 사용되지 않았으며, 밀면 전단력은 건물 높이에 걸쳐 균일하게 분포하는 것으로 간주하였다. 건물의 고유 주기와 지반 특성 사이의 관계에 대해서 고려하지 않고 있다. 1984년 구조물에 대한 내진기준에서는 다음과 같은 개념을 도입하고 있다^[11].

- 공공 건물에 대한 중요도 계수(최대 1.50) 정의
- 기둥 및 기둥-보 접합부 상세에 대한 규정
- 기둥의 전단 보강근 간격 규정
- 1층이 개방된 건물 설계에 대한 요구조건
- 밀면전단력 계수의 증가

1992년에 새로운 설계기준이 도입되었으며, (1)약진이나 중진에 대해 구조적인 손상은 없고, 비구조 요소에는 약간의 피해만이 발생하며, (2)강진 발생시 비구조 요소 및 구조요소의 손상은 허용되나 구조물의 붕괴는 발생하지 않도록 규정하고 있다. 이 기준에서는 내진조항이 좀 더 보완되었는데, 이러한 사항으로는, 구조 비정형성에 대한 제약, 건물과 지반의 상호작용에 대한 규정, 5개로 세분화된 지반 분류, 연성에 대한 요구조건 및 설계스펙트럼에 관한 내용 등이 있다. 또한, 59년과 84년 기준에서는 지진지역에 따라 밀면 전단력 계수를 규정하였으나, 92년 기준에서는 지

반가속도 계수를 도입하고 있다(표 3)^[2,10,11].

표 3. 그리스의 지진지역에 따른 계수값의 변천^[11]

내진설계기준	지진 지역			
	I	II	III	IV
1959년 기준 (밀면전단력 계수)	0.02-0.06	0.04-0.08	0.06-0.12	-
1984년 기준 (밀면전단력 계수)	0.04-0.08	0.06-0.12	0.08-0.16	-
1992년 기준 (지반가속도 계수)	0.12	0.16	0.24	0.36

4.2 이태리

1783년 칼라브리아(Calabria) 지진으로 인해, 1786년에 내진설계 기준이 처음으로 제정되었다. 이 기준에서는 띠(ties) 철근의 사용을 포함하였다^[11]. 1908년 시실리 섬에서 8만여 명의 사망자가 발생하는 지진이 일어나, 다음 해인 1909년에 법령이 제정되었는데, 이 법령에는 지진지역에 위치한 기존건물의 보수보강 및 재축에 관한 내용과 신축 건물에 대한 설계조항이 포함되었다. 1915년 1만명의 인명피해가 발생한 아베짜노(Avezzano) 지진 이후에 내진기준이 좀 더 보완되었는데, 높이 12미터 이상의 건물에 대해서 밀면전단력의 크기를 전체 하중의 1/6로 간주하였다. 1909년부터 공식적으로 지진지역에 대한 분류 조항을 포함하였는데, 지진지역을 단순히 지진피해 발생 지역에만 국한하지 않고 인근 주변까지 포함시켰다. 1962년에 지진지역 분류 조항이 보완되었는데, 지진지역에서의 건물 붕괴를 방지하기 위함이 주목적이었다. 현재의 내진설계기준의 근간이 되는 1975년 기준에서는 조적조 건물, 골조 구조물과 구조 벽체를 가진 건물에 대한 일반적인 설계 지침 및 관련조항을 포함하고 있다. 이 기준에서는 두 가지 해석 방법 즉, (1)수평 및 수직 하중을 고려한 정적해석과 (2)설계 스펙트럼을 이용한 동적해석을 제시하였다. 현재의 내진설계기준은 1986년에 개정되었는데, 이태리 도시지역에서 많이 사용되고 있는 조적조에 대한 조항을 보완하였다. 이 기준의 특징은 설계자로 하여금 최적의 설계를 도출할 수 있는 설계 접근법을 선택할 수 있도록 융통성을 부여하고 있다는 점이다^[11,13].

4.3 스페인

지중해 서쪽에 위치한 스페인은 지진 활동이 활발한 지역은 아니나, 17,000여 건물과 1,000여명의 인명 피해를 낸 1884년 Andalusia 지진 등과 같이 큰 피해가 발생한 기록도 있다. 이에 따라 구조물에 대한 내진기준의 필요성이 인식되기 시작했다. 1963년에 최초로 건축물에 대한 기준인 Norma M.V. 101-1962가 제정되었으며, 건축물에 대한 지진하중 산정방법 및 건축물 설계에서 고려해야 하는 기타 하중을 정의하고 있다. 1962년에 일반적으로 적용할 수 있는 내진기준 개발을 착수하여 1969년에 P.G.S-1(1968)이 제정되었다. 이 기준에서는 건축물에 대한 내진조항을 주로 다루고 있으며, 그 외에도 고속도로, 터널, 댐, 및 핵발전소 등의 기타 구조물에 대한 특별 규정을 포함하고 있다. 가장 큰 특징으로는 스페인에 대한 지진재해도를 정의하고 있다는 점이다. 그 이후에 기준을 수정·보완하여 1974년에 P.D.S-1이 제정되었으며, 1991년에 새로운 내진기준에 대한 준비작업으로 P.D.S-1(DRAFT, 1991)이 작성되었다. 74년 기준과 91년 기준안을 서로 비교해 보면 몇 가지 중요한 개념상의 차이가 있음을 알 수 있다. 이러한 예로, 74년 기준에서는 MSK 진도에 근거하여 지진지역을 구분하였으나, 91년 기준안에서는 지반 최대 수평가속도를 직접 규정하고 있으며, 설계지진 가속도(a_c)를 식 (1)과 같이 정의하고 있다^[11].

$$a_c = \rho a_b = \left(\frac{t}{50}\right)^{0.37} a_b \quad [\text{P.D.S.-1 (Draft 1991)}] \quad (1)$$

여기서, ρ 는 지진 재현주기에 따른 위험도 계수이며, a_b 는 지진지역에 따른 최대 지반 가속도이다. 재현주기 t 는 보통건물에 대해 50년, 매우 중요한 건물에 대해 100년으로 정의하고 있다^[10,11].

4.4 프랑스

프랑스 대부분 지역에서 지진에 의한 피해는 거의 발생하지 않으나, 1201년부터의 기록에는 프랑스 남부와 동남부지역에 MSK 단위로 X의 지진이 발생한 기록이 있다. 1954년 지중해 남부에 위치한 알제리 북부에서 발생한 강진으로, 프랑스 남부지역에 큰 피해가 발생하였다^[1]. 그 영향으로, 다음 해인 1955년에 내진규준안이 작성되었다. 그 후 62년, 64년 및 69년에 내진규준이 제정되었다. 82년에 69년 내진규준을 수정하여 PS 69/82를 제정하였으며, 1987년부터는 지진발생지역에 시공되는 구조물에 대한 내진설계를 의무화하였다. 이 규준에 포함된 주요 사항으로는 지진하중의 산정, 내진설계에 대한 기본이론, 지진에 대한 구조물 설계의 전체규정, 그리고 콘크리트와 조적 구조물에 대한 최소한의 요구 사항 등이 포함되어 있다. 1990년 내진규준안은 지진하중에 대한 정의를 PS 69/82와는 다르게 규정하였으며, 구조형식 및 연성과 관련이 있는 거동계수를 새롭게 규정하였다. 규준에서는 거동계수에 대해, 비탄성 영역에서 구조물이 연성과 여유도에 의해 에너지를 흡수할 수 있는 능력을 측정할 값으로, 탄성 해석에 대해서는 1의 값을 가지나, 구조형식 및 사용재료에 따라 그 값이 변한다라고 기술하고 있다^[10,11].

4.5 영국

70년대 전반 지진하중을 핵발전소 설계에 적용하기 시작했으며, 그 이전에는 지진에 대한 고려를 하지 않았다. 80년대 초 영국의 지진재해에 대한 전반적인 연구가 수행됨으로써, 지진에 대한 관심이 고조되어, 핵발전소와 석유화학공장 등과 같은 주요시설물에 대한 연구가 활발히 이루어졌다. 80년대 후반 영국 환경청에서는 지진에 관한 자료 목록을 작성하였으며, 지진재해를 산정하는 주요 입력변수로 재현주기, 475년과 10,000년을 사용하였다^[4]. 영국 대부분 지역은 0.04g에서 0.10g 사이의 약진지역에 해당하며, 일반건축물에 대한 내진설계규준이 마련되어 있지 않다. 영국의 BSI에서는 지진 위험도가 높은 건물에 대한 내진설계규준을 제시하고 있으나, 이 규준은 독자적으로 개발된 내진설계 규준이라기 보다는 ATC와 일본규준 등을 참조하여 작성된 것이다^[4].

5. 각국의 내진규준 비교분석

유럽 각국의 내진규준을 살펴보기 위해, 설계 지진지역 0.15g에 위치한 지상 10층의 철근 콘크리트 사무실 건물을 예제로 선택하였다. 지진하중 산정에 사용되는 건물중량을 계산하기 위해, 사무소 건물에 대한 적재하중계수(0.33(이태리), 0.60(스페인), 0.40(그리스))를 적용하였으며, Eurocode 8에서는 최상층에 15%, 나머지 층에 30%의 적재하중을 건물중량에 포함시키고 있다. 계산 결과, 스페인-74 규준에 따라 설계하는 경우, 건물 중량이 기타 규준에 비해 약 3.7% 정도 크게 산정되었으나, 대체로 유사한 값을 보여주고 있다. 고유주기에 대해서는, Eurocode 8과 UBC는 서로 비슷한 값을 보여주고 있으나, 나머지 세 규준에 비해 크게 산정되고 있다. 밀면전단력 산정 결과, Eurocode 8의 경우 UBC에 비해 약 1.6배의 결과값을 보여주고 있으나, 이태리, 스페인 및 그리스와는 큰 차이가 없음을 알 수 있다. Jankovic^[14]은 EC8, ACI 318-95와 UBC-94 및 뉴질랜드 규준(NZS)에 따라 설계된 실물 8층 철근콘크리트 사무소 건물에 대한 해석을 통해 구조물의 응답을 서로 비교하였다. 이 연구에서, 고유주기는 UBC와 Eurocode 8이 동일하게 산정되었으며, Eurocode 8에 의해서 계산된 밀면 전단력은 UBC와 NZS에 비해 각각 1.8배 및 2.2배로 산정되었다. 이와 같이 Eurocode 8에 의해 밀면전단력이 크게 산정됨으로써, Eurocode 8에 따른 경우 설계가 다소 비

주고 있다.

그리스에서 가장 보편화되어 있는 구조 형식은 조적 채움벽을 갖는 철근 콘크리트골조로, 이는 남부 유럽에서도 많이 사용되고 있는 구조형식이다. 조적 채움골조는 중진지역인 스페인, 포르투갈, 프랑스 등의 국가와 중진에 해당하는 그리스 및 이태리 지역에서는 지진에 대해 상당한 저항능력을 가지고 있는 것으로 확인되고 있으나, 강진 발생시 부적절한 시공상태 및 골조 부재와의 부착상태 불량 등으로 지진시 면외 붕괴에 의한 인명 피해를 야기할 수 있다. 이에 따라 강진지역에서는 그 사용이 엄격히 규제되고 있다.

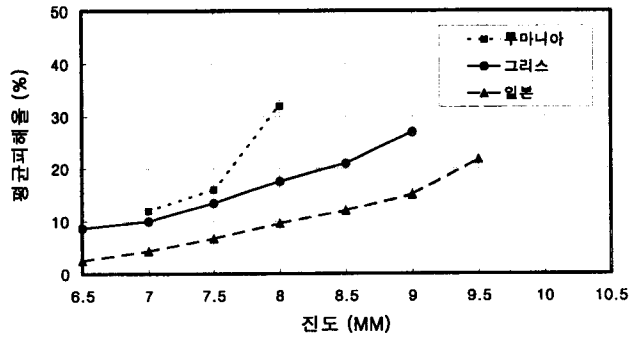


그림 1 기준에 따른 RC 건물의 내진성능 비교^[2]

바람직한 구조물 내진성능을 확보하기 위해서는, 무엇보다도 내진설계기준이 현장 시공시 잘 준수되는지 확인하는 것이 중요하다. 이에 대해, 그리스에서의 내진기준 집행과 관련하여 문제점으로 지적되고 있는 사항을 정리하면 다음과 같다.

- 건축공무원들은 현재 사용되고 있는 다양한 컴퓨터 프로그램에 능숙하지 못하다.
- 컴퓨터 계산결과를 검토하는 절차가 필요하나, 건축감독자가 그 결과를 검토하기란 매우 어렵다.
- 구조 설계자의 역할이 일반적으로 높지 않으며, 단지 설계 단계에만 고용되며, 현장을 방문하여 감리하는 경우가 매우 적다.
- 새로운 내진설계기준이 법률화 단계에 있으면서도, 기준집행에 관한 체계가 아직 만들어지지 않고 있다.

이런 문제점들은 그리스와 경제수준이 비슷한 나라에서도 행해지고 있는 관행으로, 합리적인 내진설계기준의 정립뿐만 아니라 이를 효과적으로 적용하기 위해서는 이러한 상황에 대한 검토가 반드시 수행되어야 한다.

7. 결론

전세계적에서 발생하는 지진에너지의 4% 정도가 유럽에서 방출되며, 그 중 판의 경계지역에 위치한 지중해 지역의 지진활동이 가장 활발하다. 강진 지역인 그리스와 이태리는 오래 전부터 내진기준을 사용하였는데, 이태리에서는 1786년에 처음으로 내진기준이 제정되었다^[11]. 중·북부 유럽 대부분의 국가들의 지진활동은 약진 및 중진에 해당한다. 약진 지역에 속하는 영국 등의 국가에서는 일반구조물에 대한 내진기준이 아직 마련되어 있지 않다. 그러나 이러한 지역의 지진 발생가능성을 무시할 수 없으며, 따라서 각 국가의 실정에 적합한 내진기준이 제시되어야 한다^[4].

각국의 내진기준을 비교한 결과, Eurocode 8과 UBC에서 거의 동일한 고유주기값이 계산되었다. 밀면전단력의 경우, Eurocode 8이 UBC보다 1.6배 정도 크게 산정되었으나, 이태리, 스페인 및 그리스와 유사한 결과를 제시하고 있음을 확인하였다.

마지막으로, 그리스의 지진재해에 대비한 경제·사회적인 상황을 소개하였다. 그리스에서 가장 문제가 되고 있는 것은 불법건축으로, 전체 건물의 약 25%가 이에 해당한다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 합리적인 내진규준 작성뿐만 아니라, 이를 효과적으로 적용할 수 있는 종합적이고 체계적인 규준 시행체계가 확립되어야 할 것으로 보인다. 또한, 지진발생에 따른 피해를 최소화하기 위해서는 시공기술 수준의 향상 및 적절한 현장 시공감리가 이루어져야 한다^[2].

감사의 글

이 연구는 과학기술부의 자연재해방재 기술개발사업의 소과제 일부로 수행되었으며, 이 연구지원에 대해서 감사드립니다.

참고문헌

1. Marcellini, M. et al. (1998), "Seismic Hazard of the Mediterranean Area", Proceedings of the 11th Earthquake Conference on Earthquake Engineering, pp.269-294.
2. David Key (1995), "Structures to Withstand Disaster", Institution of Civil Engineers, pp.153-170.
3. U.S. Geological Survey web site, <http://www.neic.cr.usgs.gov/neis/eqlists/eqsmajr.html>.
4. Booth, E.D. (1995) "Seismic Design Requirements for Structures in the United Kingdom", European Seismic Design Practice (Research and Application), pp.133-140.
5. Grunthal, G. (1996), "Seismic Hazard Related Representations of Seismic Action-New Approaches and their Application to Low Seismic Resigns of Central Europe", 11th World Conference on Earthquake Engineering.
6. Woo, G. (1996), "Northwest European Seismic Hazard : The Search for a Regional Perspective", 11th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No.2156.
7. Gudmestad, O.T. (1996), "Development of a Seismic Code for an Intraplate Area : Case Study : Norway", 11th World Conference on Earthquake Engineering.
8. Pinto, A.V. and Calvi, G.M. (1996), "Ongoing and Future in Support of Eurocode 8", 11th World Conference on Earthquake Engineering".
9. ECOEST/PREC8 (1998), "European Activities for the Development of Eurocode 8" - Summary of Recommendations for code improvement (PREC8 PROJECT), Report No. 9b.
10. Gakujutsu Bunken Fukyu-Kai (1996), "Regulations for Seismic Design a World List - 1996", International Association for Earthquake Engineering.
11. Mario Paz (1994), "International Handbook of Earthquake Engineering -Codes, Programs, and Examples, Chapman & Hall.
12. 이한선 외 21인 (1997), "세계주요국가 내진설계 기준요약", 구조물의 지진피해 및 보수보강에 관한 연구회.
13. Romeo, R. & Pugliese, A. (1998), "A Global Earthquake Hazard Assessment of Italy", 11th Earthquake Conference on Earthquake Engineering.
14. Jankovic, S. (1998), "Comparative Non-Linear Analysis of an R/C Frame Building Designed Following the EC8, NZS 3101 and ACI 318 Codes", 11th European Conference on Earthquake Engineering.