

地震工學의 研究動向

— 國際會議參席 및 見學資料를 中心으로 —

都 德 鉉

(建國大學校 農科大學 副教授)

地球村은 地震의 被害로부터 벗어나려는 흔적을 많이 엿볼 수 있다. 이는 有史以前의 지진의 규모를 측정하였던 조형물이나 지진의 공포를 나타내는 조각들로부터 알 수 있으며 現在도 그 노력은 지속되고 있다.

Table-1은 1920년 이후 발생한 大規模의 地震에 관한 國內외의 기록이며 Fig.1은 世界의 地震帶를 나타낸 것이다.

世界的으로는 규모 7.0内外의 強震이 많이 발생하여 막대한 人命과 財産被害를 주었다.

Table-2는 지진 발생에 따른 대규모 Dam의

과괴현황을 나타낸 것이다.

우리나라 역시 Table-2의 최근 지진기록과 Fig. 2의 지진위험도에서 보는 바와 같이 白頭山 부근을 비롯한 一部 地域을 제외하고는 규모 5.0내외의 地震이 빈번히 발생되었는데 都心地나 主要土木構造物이 없는 地域으로서 그 被害는 크지 않았으나 1936. 7. 30 쌍계사 부근의 규모 5.3의 지진에 뒤이어 1978.9.16 俗離山 부근의 규모 5.2의 지진, 특히 同年 10.7의 洪城 地震은 삼교천 上流의 砂質地盤上에 建設된 市街地에 震源을 둔 巨

Table-1. Recent major earthquake of world(1920~현재).

No.	Case Identification	Location Evaluation Parameters*				Peo- ple Killed	House Destroyed
		Rerative Density	Accel. (g)	Fund. period sec.	Dura- tion sec		
1	KWANTO (1923)					99,331	1,740,000
2	SANTA BABBARA (1925. M=6.3)	0.40	0.20	0.50	15		
3	EL CENTRO (1940. M=7.0)	0.50	0.275	0.50	30		
4	TOHNANKAI (1944. M=8.3)	0.40	0.08	1.00	70		
5	FUKUI (1948. M=7.2)	0.40	0.30	1.00	30		
6	KERN COUNTY (1952. M=7.7)	0.58	0.25	0.25	30		
7	SAN FRANCISCO (1957. M=5.5)	0.53	0.18	0.50	18		
8	CHILE- VALDIVA (1960. M=8.4)	0.75	0.15	1.00	75		
9	ALASKA (1964. M=8.3)	0.50	0.15	2.00	180		
10	NIIGATA (1964. M=7.5)	0.53	0.16	0.80	40		
11	CARACAS-CARA BALLEDA (1967. M=6.3)	0.60	0.13	0.50	15		
12	TOKACHIOKI (1968. M=7.8)	0.58	0.21	1.00	45		
13	SAN FERNANDO (1971. M=6.61)	0.30	0.40	0.40	15		
14	MEXICO CITY (1985. M=8.1)					9,500	6,500
15	ARMENIA (1988. M=6.8)					55,000	

*ESTIMATED VALUE

모 5.0의 지진으로 現代式 建物을 포함해 많은 被害를 입게 됨에 따라 지진에 관한 관심이 고조된바 있다.

지진의 발생원인은 여러가지 學說이 있으나 지구내부의 맨틀 상층부에 대규모의 대류 현상에 기인된 지각 변형 즉 1960년도에서부터 발전된 板構造理論이 定說로 되어 있다. 대규모의 지각변형으로 지진이 많이 발생하는 지역은 남북미의 서해안, 캄차카, 일본, 필리핀, 인도네시아로 이어지는 환태평양 지진대와 지중해 연안지역에서 터키, 이란, 히말라야산맥, 버마, 인도네시아로 이어지는 橫아시아 지진대이다. 따라서 이와 같은 지진의 被害를 防止 또는 最少化를 위하여 國際的인 學門交流의 必要性을 인식하게 되었고

1956년에 미국과 일본의 학자가 주축이 되어 第1回 世界地震工學會議를 미국 California 주립대(Berkeley)에서 개최된 이래 가장 권위있는 국제회의로 발전하였으며 第9回 회의가 1988. 8. 3~8. 9에 걸쳐 日本의 東京과 京都에서 개최되었다.

Table-4는 세계지진공학회의 개최지별 참석자 현황을 보인 것이다.

參席者 數의 증가추세와 발표논문의 質的量的인 면에서 볼때 지진에 대한 관심이 어느 정도인가를 짐작할 수 있다.

한편 금번 제9회 회의에는 55個國 총1,792명이 참석(일본: 1,169명, 미국: 186명, 이탈리아: 67명, 중국: 57명, 서독: 23명, 소련: 14명, 한국: 11명)하여 다음과 같은 分野로 나누어 500여편의 論文이 발표되었으며 Proceeding이 1989. 3에 發刊될 예정으로 있다.



Fig. 1. Seismicity of the earth.

1. Earthquake damage
2. Seismicity and seismic risk
3. Ground motion and local effects
4. Dynamic properties and stability of soils
5. Soil-structure interaction and foundations
6. Experimental methods and tests of structures and elements
7. Response of structures
8. Seismic design methodology and seismic codes of structures
9. Buildings, building elements and equipment
10. Civil engineering structures and industrial facilities
11. Lifeline systems
12. Seismic capacity assessment, repair, and strengthening of structures
13. Urban seismic risk mitigation, socio-economic aspects, and human behavior

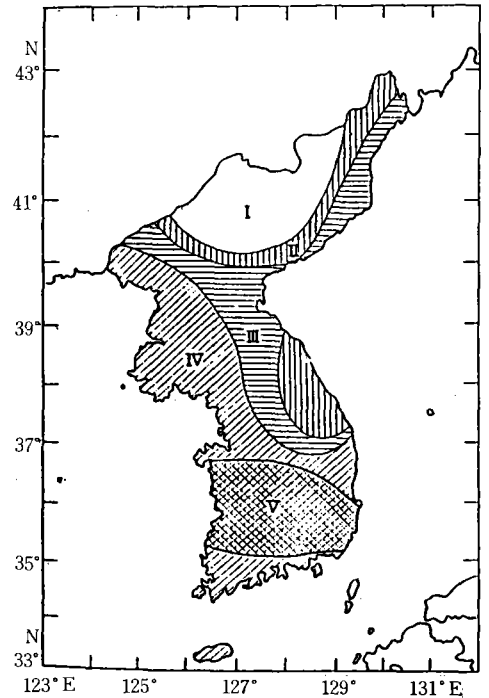


Fig. 2. The seismic risk map of the Korean Peninsula. (Scale intensity(JMA) is determined by frequency and return period of the earthquakes in each zone).

Table-2. Recent Significant dam Failure and Incidents.

Dam and Location	Height (m)	Type of Construction	Incident or Failure
Teton Dam Idaho, USA	90	Essentially homogeneous embankment, wide central core of wind blown silt	Complete failure from internal erosion
Fontenelle Dam	50	Zoned embankment	Internal erosion and piping, at full reservoir capacity. Rapid draw down prevented breaching.
La Escondida Dam San Luis Potosi Mexico (June 9, 1972)	10	Homogeneous embankment	Piping on first filling, failure in 12 hours
Euclides da Cunha Armando Salles de Oliveira Sao Paulo, Brazil (January 19, 1977)			Failure by over topping, 10,000 year flood.
Buffalo Creek Dam West Virginia (February 26, 1972)		Homogeneous embankment mine wastes	Failure by over topping, Inadequate spillway capacity.
Lower San Fernando Dam Los Angeles, California (February 9, 1971)	43	Semi hydraulic fill embankment	Earthquake shaking caused extensive upstream slide
Tailings Dams Japan		Hydraulic filled tailings embankment	Over topping did not occur because of low reservoir level. One dam failed immediately after an earthquake and a second dam failed 24 hours later.

Table-3. Recent major earthquake in Korea. (1900~)

data of occur	place	magnitude
1928. 12. 21		5.2
1929. 1. 1		5.4
1930. 2. 5		5.1
1933. 3. 25		5.0
1934. 1. 29		5.3
1936. 7. 3		5.3
1963. 9. 6		5.4
1967. 9. 7		5.3
1969. 11. 27		5.1
1973. 9. 10		5.57
1973. 9. 29		6.37
1975. 6. 29		5.89
1978. 9. 16	Sokni Mt.	5.2
1978. 10. 7	Hongseong-eup	5.0

Photo.1 은 東京 New Otani Hotel 에서 개최된 第9회 지진공학회의 개최식 모습이다.

제9회 세계지진회의 개최에 앞서 8월 2일에는 東京大 부설 지진연구소(Chiba Experimental Station)로 부터 지진에 관심이 있는 분 134명이 초청되어 見學을 한 바 있는데 시설의 우수성과 완벽한 견학준비에 참석자들의 찬사를 받았다 (Photo. 2). 이 중에는 지진이 발생하였을 때 진도에 따른 유류탱크의 變位學動, 흙Dam의 파괴거동, 耐震設計의 일환으로 建物の 分離基礎(Base Isolate) 模型施設 液狀化포텐셜 豫測 試驗機 등의 시설이 갖추어져 있었다.

이외에도 隔年으로 개최되는 Soil Dynamic

Table-4. Participants of World conference on Earthquake Engineering.

Item	1th	2th	3th	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
Years	1956	60	65	69	73	77	80	84	88	92
Nations	USA	Japan	NE	Chile	Italy	India	Turky	USA	Japan	Spain
Participats	86	500	420	400	800	700	750	1529	1792	

& Earthquake Engineering Intl. Conf 의 제 3 차 회의가 1987. 6. 22~ 6. 24에 미국 의 Princeton대학 土木工學科 주관하에 20개 국 169명이 참석하여 성황리에 마쳤는데 이곳에서는 ① Soil Dynamic & Liequefaction ② Soil Strauture Interaction ③ Ground Motjon & Engineering Seisomology ④ Structure & Stochastic Method 등 4 개 分野에 150여편의 論文 이 발표되었다.

또 ASCE 산하 Geotechnical Engineering Division 주관하에 Earehtquake Engineering & Soil Dynamic Intl. Conf 가 1978. 6. 19~6. 21에 Pasadena(LA)에서 개최된 이래 第4次 會議가 금년 여름에 美國에서 개최되었으며 EERI(Ear-ehquake Engineering Research Institute) 주관하에 4th U.S National Conference on Earthquake Engnt-neering 이 1990. 5. 20~5. 24에 Pasadena 에서 개최될 예정으로 현재 원고 접수 중에 있다.

유럽에서도 The 8th Europian Conferance on Earthquake Engineering 이 1986년에 개최된 바 있고 泰國의 AIT에서도 液狀化(Liquefaction) 를 주제로 한 국제회의를 개최한 바 있으며 지진공학회 이외의 각종 국제회의에서도 液狀化와 관련된 論文이 多數 발표되고 있다. 즉 分野는 다르지만 4th Intl Conf on Low Volume Road Intl. Conf 가 1987. 8. 16~8. 20사 이에 美國 Cornell大 農工學科 주관하에 개최되었는데(19개국 247명 참석) 여기에서도 Li-quefaction Risk Microzonation for Low-Volume Road Network 를 비롯한 Soil-Dynamic과 관련된 論文이 수 편 발표되었으며 미국 Clarkson 大 土木工學科 주관하에 1987. 6. 11~6. 13 에 개최된 4th Annual Joint meeting of Geot-



Photo. 1. Opening Ceremony of the 9th world conforenion on enrthquake Engineering (New Otani Hotel)



Photo. 2. Institute of Industrial science, univ. of Tokyo(Shaking table test on Honogeneous Dam).

chnical Engineering (Cornell, Syracuse, RPI, Univ. of Mass, McGill (Canada) : 碩·博士 課程生 대상)에서도 발표된 7 개 分野 27 편의 論文 중에서 液狀化分野 論文이 전체의 20% 정도 이었다. 1989. 8. 13~8. 18에 Rio de Janeiro (Brazil)에서 개최되는 ICSMFE 12th 에서는 Special Lecture 6 개分野와 Discussion-Session 30개 分野의 論文이 발표될 예정이며

이중에는 Earthquake Influence of Local Condition on Seismic Response 라는 주제가 포함되어 있다.

우리나라의 土質工學者들이 수행해야될 이 분야의 연구과제는 지진발생 후 斜面崩壞, 構成式(Constitutive Equation)의 開發, 推計學的方法(Stochastic method), 分離基礎(Base Isolate)理論, 지진발생후 地盤變位의 圖式化와 被害度 작성 방법등으로 생각된다.

Liquefaction 포텐셜과 관련된 研究를 위하여 사용되는 主要 試驗機로서는 Cyclic Shear, Cyclic triaxial, Cyclic torsion 비롯하여 Centrifuge, Shaking table 등이며 地震計測機와 免震 또

는 耐震設計를 위한 각종 建築資料가 다수 개발되어 이용되고 있다.

미국의 경우 완벽한 施設을 갖춘 California 주립大의 EERI는 西部지역에서 발생하는 지진에 관한 研究의 中心地이다. 또 1983년부터 시설 확장중인 뉴욕주립大(Buffalo)의 지진연구센터(National Center for Earthquake Engineering Research)는 미국 中東部지역의 지진연구에 집중하고 있으며 이곳은 EERI의 규모보다 약간 작으나 Shaking table (Photo 3)을 비롯한 각종 研究施設이 갖추어져 있고 제휴기관인 Rensselaer Polytechnic Institute에는 cyclic torsion (Photo. 4) 施設은 물론이고 Centrifuge 施設을 제작중에 있다. 또한 미국 中部지역의 地震研究 중심지는 Missouri大(Rolla)로서 Recent Advance in Geotechnical Earthquake Eng. & Soil Dynamic 을 主題로 한 國際會議를 定期的으로 개최하고 있다.

이외에도 MIT (Stochastic method), Syracuse大 (Constitutive equation), British Columbia大 (Seismic Risk Map) 등에서 이 분야의 연구가 활발히 진행되고 있다.

한편 주요 雜誌로서는 국제회의시에 발간 배부되는 Proceeding 외에 ① 年 8 회 발간되는 Earthquake Eng. & Structural Dynamics (The Journal of the Intl. Association for Earthquake Eng. (Vol. 16, 1988)) ② 年 6 회 발간되는 Soil Dynamics & Earthquake Eng. (Vol. 7 1988) ③ EERI에서 月 1 회 발간되는 Earthquake Spectra (Vol. 4 1988) ④ NCEER에서 年 4 회 발간되는 Bulletin (Vol. 2, 1988) ⑤ 東京大의 Institute of Industrial Science에서 年 4 회 발간되는 Bulletin of Earthquake Resistant Structural Research Center (No, 21, 1988) 등이 있다.

각국마다 原子力 發電所와 같은 主要構造物에 엄격한 耐震規定이 있으며 미국에는 빌딩코드(UBC 및 SEAOC Code)가 州 또는 지역별로 특색있게 규정되어 있으며 일본도 그러하다.

우리나라에서는 有史以來 규모 5.0 내외의



Photo. 3. Shaking table equipment at NCEER.



Photo. 4. Cyclic torsion equipment at RPI.

지진이 100여회 발생하였으며 최근에는 耐震設計에 대한 研究가 극소수 학자에 의해서 수행되고 있으나 歷史的으로 발생된 우리나라 지진의 發生頻度와 規模를 統計的으로 分析하

고 지진이 발생하였을때의 地盤條件에 따른 液狀化포텐셜의 豫測과 이에 對應하는 빌딩 코드를 규정하여 主要構造物에 대한 耐震設計가 실현되어야 할 것으로 생각된다.