

## 世界地震工学会議に出席して

——昭和31年9月29日、日本建築学会会議室において報告——

岡 本 舜 三\*

私は本年6月 Berkeley (米) で開かれた世界地震工学会議に日本代表団の一員として出席した。地震工学に関する会合が国際的規模で行われたのは今回が最初である。昨年米国の地震研究所 (Earthquake Engineering Research Institute) から 1906 年の California 地震を記念するとともに世界中の地震地帯の技術者や科学者が互いに理解を深め、耐震構造についての考え方や設計方法を語りあうために、会議を開きたいという招請状がきた。この招請に応じて日本からは土木、建築、地震三方面から 10 人の代表と 11 編の研究論文を送ることになった。代表団の構成は建築関係者 5 名、地球物理学者 1 名、土木関係者 4 名で、土木関係は運輸省港湾局長 天堃良吉氏、東大教授 平井 敦氏、九州電力社員 君島博次氏並びに私が出席することになった。

会議は6月12日から16日までが研究発表並びに討議、17日は断層地帯視察の6日間の日程で、研究発表は University of California, Berkeley の Dwinelle Hall で行われた。日本、アメリカ、コロンビア、チリ、アルジェリヤ、イタリヤ、ギリシャ、トルコ、パキスタン、ドイツ、ニュージーランド、フィリピン等、地震地帯の国々から会する者 339 名、なかには G.W. Housner, H. Marcus, L.S. Jacobsen, N.M. Newmark, G. Oberti 等の著名な学者も出席していた。

講演は次の session に分けて series に行われた。

1. 地震時の地盤の運動
2. 構造物の地震に対する応答の解析
3. 各国の耐震構造事情の紹介
4. 耐震構造の進歩
5. 上および地盤に対する地震の影響
6. 耐震構造設計方法

発表された学術論文は 37 編、うち日本より提出の論文 11 編でこれを分類すると次のごとくである (カッコ内は日本提出)。

- |                      |        |
|----------------------|--------|
| 1. 地震および地盤の振動性に関するもの | 4 (2)  |
| 2. 土圧論および基礎工に関するもの   | 3 (2)  |
| 3. 構造物振動の一般に関するもの    | 4      |
| 4. 建築物の耐震に関するもの      | 11 (4) |
| 5. 土木構造物の耐震に関するもの    | 3 (2)  |
| 6. 各国耐震構造事情の報告       | 11 (1) |

\* 正員 工博 東京大学教授、生産技術研究所兼地震研究所

### 7. 総合講演

1

地震および地盤の振動性に関するものとしては、米国の地震の状況、強震測定の実況、日本の強震計、地震動におよぼす地盤の影響、などが報告された。米国では、United States Coast and Geodetic Survey によつて約 10 年以前から西海岸部一帯に強震測定網がはられ多数の強震計が設置されており、これによつて得られた強震記録が強震の性質の研究にまた耐震構造の設計に非常に役立つている。このことは以前から文献で知つてはいたが、この席上で報告されたその現況と蓄積された記録は米国地震工学界がもつ誇りである。日本では強震計設置がはなはだしくおくれ、ようやく昨年から実施の段階にはいり、東京、大阪の建築物 10 数地点に SMAC 強震計が設置され、本年2月14日東京地方におきた軽震を記録したのが唯一のものであるが、強震についての正確な知識をもたずに耐震構造を設計することの無理は自明であり、国情もようやくおちついた今日では強震測定網を早急に張りめぐらさねばならないのである。米国のこの方面での先進はわれわれに対する大きな刺激であつた。

ある土地の地震動特性にその土地の地盤の構造が影響をもつということは日本ではもはや通念になつており、種々の構造物に対する設計示方書もこの思想によつて作られているが、米国には得られた強震記録を統計的に解析した結果によると有意な影響は見出しにくいという研究結果があり、一般にはこれが指導的な通念になつている。この点日米の見解は対立しているようにも見える。したがつて種々の観点から地盤構造と地震動特性との関係を論じた河角教授の論文は反響をよんだ。ただ日本と米国とでは地盤の様子がいちじるしく異なり、硬い、軟い等という表現の尺度もかなり違つているので一概に意見の対立とすることには問題がある。とにかくこの問題は今後の重要研究課題として残された。

土圧論に関するものでは、私の振動時の砂の性質、圧力、支持力に関する実験的研究が唯一のもので、基礎工については南教授の円筒殻基礎工法の紹介や Moor 氏の地震時に載荷点が移動することによる基礎支持力の減少の計算が発表された。振動時の土圧論は土木構造物、ことに港湾構造物の設計では非常に重要な研究課題であるが、地震を対象としてこの問題を研究しているのはほ

とんど日本だけのものであつた。私はこの論文で日本におけるこの種の研究を総合的に紹介したのであるが、あとで君はわれわれの知らないことを話した、などといった人もあつた。この問題が特に日本でいちじるしい関心をもたれたのは、四面海をめぐるし、複雑な地盤をもち、きわめて軟弱な土地も利用せねばならない狭隘な国土で、しかも激しい地震に見舞われるという特殊事情が大いに関係があると思われ、チリの人達がこの種の問題に深い関心を示したのも日本と同じような事情にあるのであろう。

構造物振動の一般に関するものでは Housner 教授一派の研究は注目すべきものであつた。先にも述べたように米国では地震動特性に対する地盤の影響を一応考慮しないので地震というものがかかなり単純化される。この簡単なものの上に抽象化した構造物を考えているために、ものごとはすべて簡単に取扱える。したがつて問題のはるか先の方までを理論的に展望することが可能になり、幾多の指導的見解がそこから生れている。震害調査にゆくと日本の地震被害は全く惨憺たるものであるが、あまりの混乱にまどわされて抽象化して物を見ることを忘れがちになる自分をここで深く反省した。

建築物の耐震に関する研究は 11 編あり、最も多数であつたが、このことは諸外国では耐震上最も関心をもたれているのは建築物らしいとの感じをうけた。この点日本で土木構造物も建築物も同じようにその耐震性が深い関心をもたれているのとは、やや趣きが違ふように思えたが、何といつても建築物の崩壊の方が直接人命に関するからであらう。主要な問題は各階層に対する震力の分布の問題、破壊時に示さるべき建築物の非弾性時性質を考慮した耐震的考察等のものであつた。前者については示方書とも関連があり、各国それぞれに深い関心を示したが、私の興味をもつたのはこれら高次不静定ラーメンの計算に digital computer が駆使されていることであつた。米国における計算機の普及はわが国とは格段のようであつて、われわれは非能率的な努力をして、しかも不正確な結果しか持つてない未開人状態にあることを深く反省せねばならないと思つた。後者については期せずして 3 種の論文が提出された。棚橋教授のは数値計算による詳細な考察、Housner 教授のはエネルギーの出入に着目した大局的考察、Rodriguez 教授のは統計的考察であつて、同じ問題がそれぞれ三様の方法で攻撃されたことは興味あることであつた。またこれと関連して中川建設技官が持参した実物大のモデル建築物の大型起振機による破壊実験の映画は非常に興味をひいたようである。

土木構造物の論文として平井教授の橋梁、天竺局長の岸壁、Raphael 教授のダム の耐震性に関するものが提出された。平井教授のは今回制定された日本国有鉄道のコンクリート土木構造物の設計基準(案)第 19 条の紹

介であつた。岸壁の耐震については詳細な別刷が配布されたことは大いに歓迎され、後日私が Long Beach の港で会つた一技術者はこの別刷をかかえて今後僕はこれを勉強するのだといつて非常な関心を示していた。日本ほど港湾の耐震問題について豊富な経験をもち、熱心に研究している国はほかにないようであつた。ダムの講演は主として動水圧のことであつたが日本人たるわれわれには常識的なことのみで別に新しい内容はなかつた。このほか Oberti 教授がイタリアの耐震事情の説明として ISMES で行われている大型模型による薄肉アーチダムの実験的研究を映画を用いて紹介した。ここはダムの大型模型実験では世界的に著明な研究所があるが、ここではダムの静力学的試験のほかに建築やアーチダムについての模型による動的試験も行われていることがこれによつてわかつた。しかしそれは静力学的試験がすでに実用的段階に達しているのに比すれば、まだきわめて試験的な二次的な試みのように思えた。講演のあとで Oberti 教授にきいたところでも、動的試験にはまだ多くの困難があるとのことであつた。今度の会議では提出されなかつたがダムの振動試験を行つたり、地震による振動を測つたりして、その耐震性の究明に努力している点ではわが国が最も先進しているように思えた。

第 4 日目には各国の耐震事情の説明があつたが、各国ともその国に期待される地震を対象として必要な範囲の施策をし研究を進めているようであつた。それゆえ、おのおの地域にはその地域に適した耐震工学が進歩しているとみるべきで、その意味では各国を比較して地震工学の優劣を比したりすべきではない。くわしくは知り得なかつたがチリの事情は日本と類似しているように思われ、今後この国との技術交換はさかんになるのではないかと思われた。

総合講演は斯界の長老 L.S. Jacobsen 教授が行つた。教授は地震工学を土質力学、構造力学、観測および野外実験が三位一体となつて実際の設計方法が確立され、それが地震によつて検証された上で合理的示方書が作られるという図を画いて、各自の研究の全体の中で占める位置を示してみせた。そして構造物の非弾性領域における性質の研究、振動減衰に関する具体的研究、振動時の土質力学等は主要な今後の研究課題であらうという意見であつた。われわれもこの意見に賛成であるというより、会議を通じてあらわれた皆の意見を教授がまとめて述べられたといえるであらう。

会議の行われた Dwinelle Hall 内の講演は 400 名くらいはゆつくりとはいれる広さをもち、音響効果は非常に良好であつた。講演者はマイクを用いたが、マイクがなくとも聞きとれたし、反対に室の片隅で立上つて述べる聴講者の討議もマイクなしに容易にききとることができた。座席は階段状をしているので演壇はよく見え、ス

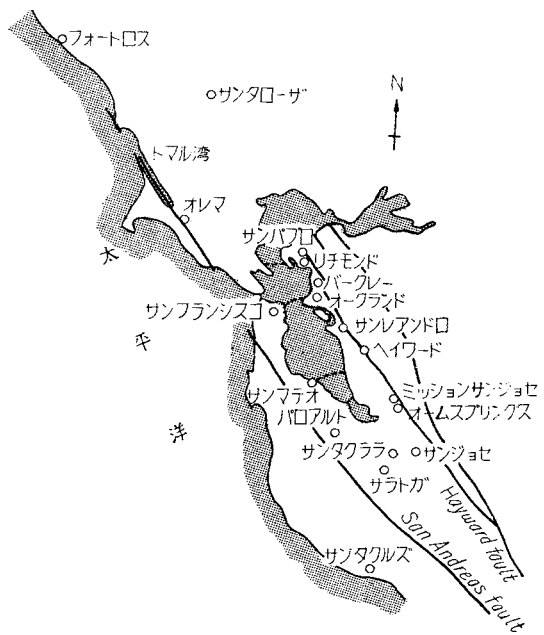
ライド、映画等は背後の映写室から写されるようになっており画面は大きくかつ鮮明であつた。講演者と照明係との連絡も押ボタン一つで完全にとれ、スライドのさしかえ、電灯の点滅も、順調にゆくように用意されていた。しかし講演者のうちには合図を間違えたりする人のあることはどこも同じで、妙なときに電灯が点滅したりする御愛嬌もあつて、かえつて会議の緊張をほぐした。司会をされたのは、大部分米国地震工学会の長老方であつた。単に講演者の経歴や論文を紹介するだけでなく、問題点を指適したり、ユーモアを交えて会議の空気を和らげたりするものであつたが、さすがに深い学識に裏づけられた品位はよく議場をひきしめ、会議は静かに滑らかに進められていつた。日本から行つた者は皆その司会ぶりに感心して、日本で開催するときにもこのように手際よくやれるかどうか少し心配になつたものである。

会議中に一回の昼食会と一回の晩餐会があつて講演者は招待をうけた。どちらも和氣に満ちたきわめて愉快的な会合であつたが決して贅沢なものではなかつた。近頃の国際会議はこうしたことにはあまり費用をかけないのが多いときくが、日本のような国には有難い傾向である。

17日は断層地帯の視察をかねた San Francisco Bay Area の観光であつた。Bay Area というのは太平洋岸から内陸へ深く湾入した San Francisco 湾その他の一帯の湾をかこむ地域をさす。その中の各都市は湾を通じて有機的な発達をとげており、特に San Francisco, Oakland, Berkeley の諸市はそのかなめをなしている。この付近のような整つた場所は米国内にもそう多くはない。San Francisco Oakland Bay Bridge, Golden Gate Bridge および竣工間近の San Quentin 岬と、Richmond を結ぶ橋梁や幾重にも層をなして交叉し、織るがごとき自動交通を円滑にさばっている無料の高速度自動車道路の完備（東部では立派な道路は有料が多い）、延々 155 マイルを Yosemite 渓谷からひいてきた水道等誇るべき土木施設が少なくないが、不幸なことにはこの Bay Area を狭んで 2 本の大きな断層がある。Bay の東側にあるのが Hayward 断層、西側にあるのが San Andreas 断層である。この 2 条の大断層のある地帯は多くの大小の地震の震源になつている。白人がこの付近に入つたのは約 200 年前で、1769 年には San Diego に 1808 年には San Francisco Bay Area に入つている。そのころ以降におきた大地震を調べてみると 5 回ある。1836 年 6 月 10 日 Hayward 断層地帯におきた地震は San Pablo から Mission San Jose に至るキレツを生じ Monterey と Santa Clara に被害を生ぜしめたが、この頃は住民の数もわずかであつた。1838 年 6 月の地震は San Andreas 断層地帯におきて San Francisco より Santa Clara までキレツを生じ、San Francisco, Santa Clara, Monterey 等に被害があつた。1865 年 10

月 8 日の地震は San Andreas 断層にそう Santa Cruz 山脈に震央があつたらしく San Francisco, San Jose, Santa Clara 等に被害があつた。1868 年 10 月 21 日の地震は Hayward 断層地帯におこり San Leandro から Warm Springs までキレツを生じ San Francisco, Hayward, Gilroy, Santa Cruz 等に被害があつた。1906 年 4 月 18 日 5 時 13 分におきた地震はいわゆるサンフランシスコ地震と呼ばれるもので、近頃では最大のものであつた。北は Fort Ross から San Francisco をへて南は Saratoga に至る 180 km におよぶ断層を生じ、その太平洋側は、大陸側に対して北に移動した。被害は Santa Rosa から San Jose に至る諸都市に生じ San Francisco はひどく破壊された。それ以後はこの地方にはあまり大きな地震はない。

図-1



われわれの行程は Oakland を出発し Berkeley, Richmond と湾の東側を進み挾搾部を渡船で San Quentin 岬にわたり、Bolinas ridge の丘陵を越えて太平洋岸にでて、Muir Woods 国立観光地を見て Golden Gate 橋をわたり San Francisco 市内をすぎ San Andreas 断層にそつて Stanford 大学のある Palo Alto まで南下し、ここで再び湾を渡つて Hayward 断層沿いに北上して出発地に帰る約 200 km のものであつた。すでに多くの人に紹介されているように米国の道路は非常によいので観光バスによる旅行は快適そのものであつた。この旅行では公式な会議上での会話と異なり、大胆なことも大いに活用されて、相互の親睦に非常に役立つた。San Andreas 断層の現地は幅数百 m の低地が直線状に走り、局部的には Tomales Bay や Crystal Springs

Reservoirのごとく細長い湾や湖水となっていた。1906年の地震でくい違った道などがあり、またこのとき地割れに牛が頭をはさまれたが、はずみに子牛が生れ、その名をボースンと名づけた等という他愛もない説明などもあつて一同爆笑した。会議の最後を飾るにふさわしい、快い行事であつた。

この会議の結果、今後各国の情報をもちよるための委員会ができて武藤教授が日本の委員となつた。次会の開催はまだきまらない。しかしこうした同学の士の集りがいかにお互いを啓発し、斯学の進歩にひ益するかは出席者一同が身をもつて感じたところである。そして1960年には東京でお目にかかりましよう、という言葉が皆の希望として誰からともなく出された。そうなればわれわれもうれしい。はじめての海外旅行から帰つて私のいまの気持は、これから来るべき国際会議にはずかしくないだけの仕事を同好の諸氏とともに作り上げてゆきたいということで一杯である。

なお参考として発表された論文表題と著者名をかかげておく。

#### 参 考 文 献

- 1) P. Byerly: Seismicity of the Western United States.
- 2) W.K. Cloud and D.S. Carder: The Strong Motion Program of the Coast and Geodetic Survey.
- 3) R. Takahashi: The SMAC Strong Motion Accelerograph and the Latest Instruments for Measuring Earthquakes and Building Vibrations.
- 4) D.E. Hudson: Responce Spectrum Techniques in Engineering Seismology.
- 5) G.W. Housner: Limit Design of Structures to Resist Earthquakes.
- 6) R. Tanabashi: Studies of the Non-linear Vibrations of Structures subjected to destructive Earthquakes.
- 7) H. Kawasumi and K. Kanai: Vibrations of Buildings in Japan; Small Amplitude Vibrations in Actual Buildings.

- 8) T. Hisada and K. Nakagawa: Vibrations of Buildings in Japan; Vibration Tests on Various Types of Building Structures up to Failure.
- 9) E. Rosenblueth: Some Applications of Probability Theory in Aseismic Design.
- 10) M.J. Murphy, G.N. Bycroft and W.H. Harrison: Electrical Analog for Earthquake Shear Stresses in a Multi-story Building.
- 11) N.M. Newmark and T.P. Tung: Shear Distribution and Magnitude of Base Shear in a Tall Building Subjected to Several Different Strong Motion Earthquakes.
- 12) J.A. Blume: Period Determinations and Other Earthquakes of a 15-story Building.
- 13) R.S. Ayre: Methods for Calculating the Earthquake Response of Shear Buildings.
- 14) N.M. Isada: Design and Analyses of Tall Tapered Reinforced Concrete Chimneys Subjected to Earthquake.
- 15) M. Rodriguez C: Aseismic Design of Simple Plastic Steel Structures Founded on Firm Ground.
- 16-26) Development of Aseismic Construction Throughout the World.
- 27) S. Okamoto: Bearing Capacity of Sandy Soil and Lateral Earth Pressure during Earthquakes.
- 28) W.W. Moore and R.D. Darragh: Some Considerations in the Design of Foundations for Earthquakes.
- 29) J.K. Minami: Shell Type Foundation Construction for Earthquake Resistance.
- 30) A. Hirai: Earthquake Resistant Design of Bridge Substructures.
- 31) K. Kanai, R. Takahashi: Seismic Characteristics of Ground.
- 32) R. Amano, H. Azuma and Y. Ishii: Aseismic Design of Quay Walls in Japan.
- 33) J.M. Raphael: Design of Dams for Earthquake Resistance.
- 34) K. Muto: Seismic Analysis of Reinforced Concrete Buildings.
- 35) L. Zeevaert and N.M. Newmark: Aseismic Design of 40-story Building in Mexico City.
- 36) M.A. Ewing and C.M. Herd: School and Industrial Design in California.
- 37) L.S. Jacobsen: Summary of Present Knowledge of Earthquake Engineering and Some Thoughts on Future Research.

### 昭和 31 年度夏季講習会テキスト

B 5 判 240 ページ・上質紙使用・図版多数

高橋(喜)・高橋(龍)・福岡・谷口・共  
佐藤・傍島・黒田・岡本・天竺・石  
井・塩谷・竹下・西畑・浜田・高坂 著

災害とその対策 会員特価: 320 円(〒40円)

土-木-学-会-刊-行



# 使って安心!



## 三菱セメント

本店 東京丸の内1の4(新丸ビル) 電話(27) 1341~9・1441~9  
工場 八幡市黒崎 電 八幡 3750-2  
営業所 大阪・名古屋・広島・福岡