

## 最近の耐震工学界の話題

土木学会耐震工学委員会

### はじめに

昭和46年2月アメリカ合衆国ロスアンゼルス市北方に起きたサンフェルナンド地震に際して、日本の学・官・民各界から多数の調査団が参加したことは、都市における地震災害に対する社会各層の関心の深さを示すものといえよう。

地震の多発地帯に属し、過密大都市を数多くかかえているわが国において、耐震問題の占める比重はきわめて大きく、鋭意調査研究につとめなければならない。

本文は会誌編集委員会の求めに応じて耐震工学分野の最近の動向を紹介したいと思う。

### 1. 最近の耐震工学分野の動き

耐震工学の分野における最近の動向として、強震観測体制の整備、最近開催された各種の国際・国内研究集会および最近の被害などを主として述べることにする。

#### (1) 強震観測体制の整備

被害を生ずるような強震の地震動および、構造物の応答を完全に記録することは耐震工学の基本的問題であるが、このような目的にそった工学的強震計が昭和28年に始めて試作され“SMAC型強震計”と名づけられ各所に設置され始めた。強震計の設置台数は昭和39年の新潟地震以後急激な増加を見たが、一方、一元的な強震観測ならびに記録の効率的活用のための体制整備の必要性も痛感され、昭和42年に“強震観測事業推進連絡会議(会長 岡本舜三教授)”が発足し、国立防災科学技術センターにその事務局が置かれるに至った。同会議の行なうおもな事業は、強震観測網の現状把握、強震計の全国的配置計画の策定、資料の収集配布、その他強震観測事業の推進に関する必要な事項と定められている。発足以来、同会議が実施している具体的な事業は強震速報・強震ニュースの発行、“全国強震観測地点台帳(昭和44年8月)”の刊行および強震観測記録(第1号、昭和44年10月)の発行などがあげられる。これは従来、東京大学地震研究所から発行されていたものと同形式で、今後

とも地震研究と交互に発行される予定である。また同会議内に設けられた小委員会によって、現在各地に設置されている、強震計の地盤別・構造物別の分布図が作成され、将来合理的な強震計配置計画策定の際の資料とする試みがなされている。

#### (2) 各種研究集会の開催状況

耐震工学分野における代表的な国際研究集会は国際地震工学会(IAEE)の主催する世界地震工学会議(WCEE)があるが、最近は昭和44年1月にその第4回会議がチリーのサンチャゴ市で開催された。この会議についての詳細は別に報文<sup>1,2)</sup>があるので、ここでは省略する。

国内における研究集会としては土木学会耐震工学委員会が主催する地震工学研究発表会がある。これは昭和32年以来原則として毎年1回(後述日本地震工学シンポジウム開催年を除く)開催されるもので、運営上の特徴としては、部門別に発表題目を整理し、十分に質疑応答の時間がとられていることであるが、年々発表題目・参加人員なども増加する傾向にある。最近は昭和44年7月に第10回研究発表会が開催され、28編の研究発表と2編の特別講演が行なわれ、またきたる昭和46年7月には第11回研究発表会が開催される予定で、34編の研究発表と2編の特別講演が行なわれる予定である。研究発表の内容・傾向などについては次章で述べることにする。

昭和37年に始まった日本地震工学シンポジウム(地震・土質・土木・建築各学会共催)は世界地震工学会議の中間年に開催され、最近では昭和45年11月に第3回シンポジウムが東京で開催された。これは本来国内シンポジウムであるが外国人の論文発表や参加も見られ、発表論文104編(うち外国より11編)、参加者総数763名(うち外国人14名)を数えた。

このほか非公開の会議ではあるが、日米両国政府間の耐震問題に係わる合同会議がここ数年にわたってもたれている。

これは天然資源の開発利用に関する日米会議(UJNR)耐風耐震構造専門部会で、第1回合同会議が昭和44年4月東京で、第2回が昭和45年5月ワシントンで、さらに第3回会議が昭和46年5月東京で開催された。第

3 回合同会議の開催に先立って、昭和 46 年 5 月 6 日、アメリカ合衆国側参加者の発表を主体としたサンフェルナンド地震と最近の合衆国における暴風被害に関する公開セミナーが日本学術会議の主催で開催されたのは記憶に新しいところである。

### (3) 最近の地震被害

昭和 43 年 5 月の十勝沖地震以来、幸いにもわが国では大規模な被害を生じた地震は発生していない。しかしながら世界各国を通じて見ると、多くの死者を出した昭和 45 年 5 月のペルー地震など数多くの被害を生じた地震が発生している。この中では日本から調査団を派遣したものがいくつかあるが、われわれの記憶に新しいのは昭和 46 年 2 月のサンフェルナンド地震<sup>3),4)</sup>である。この地震は 2 月 9 日午前 6 時ロスアンゼルス市街北方約 40 マイルに震源をもつマグニチュード 6.6 の地震で、震源の南方サンフェルナンドバレーを中心に大きな被害を与え、建物・道路・ダムなどの被害総額は 1 900 億円を越し、死者 62 人を出した。近代的な大都市の地震災害であったためわが国各層の深い関心呼び、冒頭に述べたように、政府・東京都・土木学会などの調査団をはじめ多くの人員が調査に訪れ、単に構造物の被害調査のみならず、都市防災・救護活動・消防・治安維持・通信などの広範囲にわたって総括的な多くの教訓を得てきたが、アメリカ合衆国側においても調査結果の取りまとめは現在進行中であり、現在までに報じられているのは、いずれも中間報告ないしは速報的なものであるが、近く最終的な報告がなされることが期待される。アメリカ合衆国カリフォルニア州南部に設置された 250 台以上の強震計がこの地震を記録し、そのうち 200 台以上がロスアンゼルス地区に設置されており、また約 120 個の簡易地震計(サイスモスコープ)の記録が強震区域で得られたというほど強震記録が数多く得られた地震であるため、有用な資料が数多く得られるだろうという面からも期待が大きい。

## 2. 世界とわが国における耐震工学研究の動向

第 4 回世界地震工学会議に提出された論文の内容および、それからうかがえる研究の動向についての詳細は前述のように別途報文<sup>1),2)</sup>があるので、ここではくわしく触れることは避けるが、大まかな傾向としては前回会議と同様構造物の弾性・非弾性応答に関する研究が依然として盛んであり、大筋としては大きな変化は見られないが、若干の新しい特徴として疑似地震動とそれによる応答・土と土構造物の研究・土一基礎一構造系の相互作用の研究などが増加の傾向にあること、特に新しい解析手法として有限要素法が耐震工学の分野にも利用されはじ

めたことなどの傾向が見られる。いずれにしても同会議に提出された論文の過半数は日本およびアメリカ合衆国の論文であり、わが国以外の世界における耐震工学分野の研究の動向を知るにはアメリカ合衆国における研究の動向を知ることが重要である。

アメリカ合衆国における地震工学研究の動向を示す資料として National Academy of Engineering の地震工学研究委員会が National Science Foundation に提出した報告<sup>5)</sup>がある。これによるとアメリカ合衆国における地震工学研究の広範な諸分野のうち、地震の社会経済学的展望・地震動・土質力学と土構造・構造動力学・構造設計・海岸および内陸水路施設・公益事業施設・震害調査・海外協力ならびに教育研修などの多岐にわたって詳細な報告が寄せられている。さらにもう一つの資料として N.N. Nielsen 教授がまとめた地震工学研究のダイジェスト<sup>6)</sup>がある。これはアメリカ合衆国における 29 の大学研究機関、カナダの 12 の大学等およびメキシコの国立大学における地震工学研究の現況を機関別に取りまとめたもので、アメリカ合衆国を始めとするカナダ・メキシコなどの耐震工学分野の研究の動向を知るうえに貴重な資料になると思われる。

一方わが国における研究の動向を知る資料として土木学会耐震工学委員会が主催する地震工学研究発表会ならびに前述の日本地震工学シンポジウムに提出された論文などが参考になるであろう。

地震工学研究発表会は第 10 回が昭和 44 年 7 月に開かれ、第 11 回が昭和 46 年 7 月に開催される予定であるが、これに提出された発表論文は第 10 回が 28 編、第 11 回が 34 編となっている。第 10 回研究発表会で発表された内容の分類は、1) 土質および土構造物の耐震問題 7 編、2) 構造物の地震応答 9 編、3) 基礎の振動と土一基礎一構造物系の相互作用に関するもの 8 編、4) その他 4 編となっており、第 11 回研究発表会で発表される予定の内容は、1) 砂質土の液状化の問題 4 編、2) 沈埋トンネル、パイプラインの耐震問題 5 編、3) 土構造物の振動問題 3 編、4) 地震動の特性に関する研究 4 編、5) 構造物の弾性・非弾性応答の問題 4 編、6) 基礎構造の耐震問題 8 編、7) その他 6 編となっている。

第 3 回日本地震工学シンポジウムで発表された論文は 5 つの部門に分かれており、1) 地震時における地盤の挙動および、地盤と構造物との相互作用に関するものが 16 編、2) 土の動的性状と地震動に関するものが 23 編、3) 構造物の地震応答に関する研究が 21 編、4) 地下構造(基礎・くいなど)の動的性状・耐震実験・実測に関するものが 21 編、5) 構造物の振動性状・耐震設計・震害に関するもの 23 編となっているが、これらの全体を通じての傾向としては、依然として構造物の地震応答

の研究が盛んであり特に非弾性応答の研究が増加の傾向にある。とくに最近増加の傾向にある研究内容としては基礎構造の耐震問題・液状化現象を含む土の動的性質と土構造物の耐震性に関する研究、ことに最近著しいのは沈埋トンネル・パイプラインなどの地下埋設管体の耐震問題などをあげることができよう。このほか数はさほど多くないが、耐震計画などの社会経済的な面にも研究の範囲が拡大しつつある傾向も見られる。

### 3. 耐震工学委員会のこころ、二年間の活動状況

土木学会耐震工学委員会は研究者・技術者の連絡を密にし、耐震工学の進歩・向上をはかることを目的として昭和30年11月に設置され、地震工学研究発表会・日本地震工学シンポジウム開催・国際地震工学会および同国内委員会への協力・地震災害発生の際の調査研究・耐震工学に関する刊行物の編集ならびに各種講習会・見学会の実施などを通じて土木工学分野での耐震工学の進歩・発展に中心的役割を果たしてきたが、昭和44年6月から新しい組織・委員構成によって再出発した。

委員会組織としては本委員会と常任委員会に分け、本委員会は運営方針の大綱を定め、常任委員会は調査研究活動を主として行なうよう定められた。本委員会は年3回程度開催することとし、常任委員会は原則として毎月1回開催されている。本委員会に対しては、それまでに常任委員会で討議された調査研究活動などの経過報告が行なわれている。

こころ、二年間に常任委員会が行なった事業内容のおもなものは次のとおりである。

- 1) 研究会の開催
- 2) “構造物の地震応答解析と実例” (出版物)の編集
- 3) “地震工学に関する文献目録”の編集

研究会としては、本委員会の承認を得て、主として構造物の動的耐震設計法に関する研究ならびに耐震計画に関する研究について各常任委員(一部は部外者に依頼)が研究発表を行ない、十分な時間的余裕をもって質疑応答を行なって問題の解明整理にあたっている。中でも前者の動的設計に関する研究については、問題を入力地震波・土と構造物の相互作用・応答解析とその評価の3点にしぼり、興味深い数多くの研究成果・経過が報告され、実質的な討議が行なわれている。昭和44年7月以来昭和46年5月までに16回の常任委員会において32の研究発表が行なわれ、そのうち地震入力に関するもの10編、応答解析と評価に関するもの8編、土と構造物の相互作用に関するもの8編、耐震計画に関するもの1編、その他、北美濃地震・ペルー地震・最近のロスアンゼルス地震の被害報告など5編が報告討議された。これらの

課題についてはそれぞれ担当者を定め、きたる7月に開催される第11回地震工学研究発表会において研究会の成果について取まとめ報告される予定である。

“構造物の地震応答解析と実例”の編集は、最近の構造物の地震応答を考慮した動的設計もしくは解析の需要の増大に即応して、実務技術者の参考に資するため、各種構造物の動的解析事例を主体とし、計算の手法・考え方などの基礎的関連事項についてとりまとめるものであって、全編を基礎編および応用編に分け、A5判300ページ程度出版物となる予定で、現在原稿執筆が行なわれているが、内容的には応用編が主体をなすものと思われる。

一方“地震工学に関する文献目録”は地震工学に関する内外の文献リストを収集し、掲載誌別に集録し、別途9項目の分野別分類表を付した。耐震工学委員会としては当初土木学会誌にこれを掲載することを希望したが、会誌編集方針の都合で、これを第11回地震工学研究発表会講演概要の巻末に掲載することとした。この文献目録に集録する刊行物の範囲は、内外の出版物100種程度が考慮され、今後2年に一度の割合で編集される予定である。

以上のほか、耐震工学委員会が行なった事業としては次のようなものがある。

- 1) 地震工学研究発表会の開催
- 2) 見学会の開催
- 3) 座談会“関東大地震と都市防災”の開催
- 4) 第3回日本地震工学シンポジウム(1970)開催への協力

地震工学研究発表会の開催については、すでに述べたので省略するが、見学会は国鉄佐倉駅構内で実施されている大型ウエル模型振動実験を2回にわたって見学し、また電力中央研究所第2技術研究所の耐震実験施設の見学を行なった。

“関東大地震と都市防災”と題する座談会は学会誌編集委員会と共催で、昭和45年9月8日土木学会5号会議室で岡本委員長司会のもとに開かれ、大震災当時第一線技術者として地震を体験し復興に努力された先輩方の貴重な体験談と、現在都市防災の第一線で活躍中の方々の有益な話をうかがうことができ当委員会のメンバーも多数参加して質疑が活発に行なわれた。

昭和45年11月に開催された第3回日本地震工学シンポジウムに対して、約1年前頃より運営委員会が組織され準備作業が始まったが、耐震工学委員会から5名の運営委員がこれに参加し、準備・運営に協力した。

## あとがき

最近の耐震工学界の話題と題して、最近の耐震工学界の全般的な動き、世界とわが国における当該分野の研究の動向および最近の数年間の耐震工学委員会の活動状況の順に述べてきたが十分意をつくせぬ部分もあり、また筆者の独断による偏向箇所もあるかも知れず不明をおおびしたい。近い将来に大地震の危険も叫ばれている今日、耐震工学研究の重要性はますます増大し、個々の構造物の合理的な耐震設計法の確立はもちろん、トータルシステムとしての社会的配慮、とくに都市防災の重要性が痛感される。

## 参考文献

- 1) わが国における最近の耐震工学の諸問題、土木学会耐震工学委員会：土木学会誌 Vol. 54, No. 5, 昭和44年5月
- 2) 後藤尚男：第4回世界地震工学会議報告、第10回地震工学研究発表会講演概要、昭和44年7月
- 3) 1971年2月9日ロスアンゼルス地震に関する政府合同調査団報告(中間報告)：中央防災会議事務局、昭和46年3月
- 4) The San Fernando, California, Earthquake of February 9, 1971, Geological Survey Professional Paper 733, 1971
- 5) Earthquake Engineering Research, National Academy of Engineering, 1969
- 6) Nielsen, N. N.: Earthquake Engineering Research Digest June 970
- 7) 関東大地震と都市防災(座談会)、土木学会誌 Vol. 55, No. 12, 昭和45年12月

(委員長 岡本舜三/常任委員 林 聡)

岩盤力学委員会編集小委員会編 **岩盤力学** B5 490頁 定 価 3600 円  
土木技術者のための 箱入・上製本 会員特価 3000 円(〒200 円)

第1章 地質 第2章 岩石の性質 第3章 岩盤の試験 第4章 水と岩盤 第5章 岩盤力学における理論計算 第6章 すべり安定の計算 第7章 模型実験 第8章 掘削 第9章 ダムへの応用 第10章 トンネルへの応用 第11章 施工中および施工後の測定 第12章 最近の基礎的研究のすう勢  
＜岩盤力学のすべりを基礎と応用の二面から詳述した好著＞

●申込先 土木学会刊行物係 〒160 東京都新宿区四谷1丁目・電351-5138(代) 振替 東京16828

# 土木構造物設計シリーズ

**オーム社**

東京都千代田区神田錦町3  
振替東京20018  
電話(291)0912



## くい基礎の設計

中田重夫著 ¥1,100

## 橋台・橋脚の設計(1)

藤森 哲・栗原利栄共著 ¥1,000

## 橋台・橋脚の設計(2)

森重龍馬著 ¥1,000

## プレートガーダーの設計

多田安夫・笹沼充弘共著 ¥700

## 擁壁の設計

栗原利栄ほか著 ¥1,100

## 合成桁の設計(2)

細川弥重・田島二郎共著 ¥1,600

## P C 橋の設計

木村公道ほか編 ¥1,200

## ラーメン(地下)の設計

清水 力ほか著 ¥800

## ラーメン(地上)の設計

松崎彬麿・手塚民之祐共著 ¥1,000

## スラブ橋の設計

松崎彬麿ほか著 ¥750

## 道路舗装の設計

高橋国一郎著 ¥700

## 水門・樋門・閘門の設計

西畑勇夫著 ¥1,100

## 土木構造物設計データ(1)

土本義雄著 ¥1,800

## 土木構造物設計データ(2)

清野茂次・佐藤正昭共著 ¥1,800

## 型枠支保工の設計

森 宜制著 ¥900

## 軟弱地盤改良設計(1)

渡辺 隆著 ¥800

## 軟弱地盤改良設計(2)

瀬古新助著 ¥880

## トラス橋の設計

田中五郎ほか著 ¥1,600

## T 桁橋の設計

清野茂次・中島五雄共著 ¥1,000

## 井筒・ケーソンの設計

志関秀雄著 ¥1,100