

1956年アメリカ, 1960年日本, 1965年ニュージーランドに引き続いて, 1969年1月にチリーにおいて第4回世界地震工学会議が, 国際地震工学会に代ってチリー地震工学国内委員会(委員長R. Flores教授)によって開催されたことは周知のとおりである。この会議は1969年1月13日(月)~18日(土)の6日間, チリーの首都サンチャゴ市内の工科大学構内で開催された(ただし表-1に示した13日と18日午前は市内の劇場において)。

この会議の日程, 議題, 論文の数などを一括したのが表

表-1 会議の日程, 議題, 論文数

-1である。ここに示した議題および論文の数は会場で口頭発表されるものと口頭発表されずに論文集に収録されるものを加えて, 表-1にみるA-1~A-6, B-1~B-6の計12の議題におおの10余編が論文募集時に計画予定されたものである。このように12議題に細分され, そのいずれにも同数程度の論文数が期待され, かつ採択されたのは今回が初めてである。表-1最右欄の()内は当初に世界各国から応募された全部の論文(それぞれ要旨のみ)が各議題ごとにわけられた論

日付		議 題	論 文 数		
			発表	収録	(応募)
13日 (月)	午前	J-1 登録, 歓迎式			
	午後	J-2 最近の地震における観測	10	11	(17)
14日 (火)	午前	A-1 地震活動度と地震の模倣的扱い	14	14	(31)
		B-1 構造物の振動試験	11	13	(23)
	午後	A-2 地盤動と計測器械	9	13	(37)
		B-2 構造要素の挙動	14	14	(22)
15日(水)		見学旅行			
16日 (木)	午前	A-3 構造物の弾性応答	12	13	(33)
		B-3 大ビルディングと構造細目	12	12	(26)
	午後	A-4 構造物の非弾性応答	12	14	(26)
		B-4 ビルディング以外の構造物の設計	10	14	(28)
17日 (金)	午前	A-5 土と土構造物	8	11	(29)
		B-5 設計基準と研究	10	13	(24)
	午後	A-6 基礎および土-構造物の相互作用	13	13	(33)
		B-6 小ビルディング, 保険, 震害修繕	6	8	(16)
18日 (土)	午前	J-3 一般会議			
		J-4 特別講演	4	4	
	午後	解散パーティ			
合 計			145	167	(345) 以上

文数(1968. 1. 24付のRinne会長より論文選考委員に宛てられた手紙の写より)を参考までに示したものであって, これらの数字は各議題に対する世界的な関心の動向を直接に示すものとみてよからう。いずれにしても同表にみる145編の論文が会場での口頭発表の対象となり, これに22編を加えた合計167編の論文が後から刊行される論文集に収録されることになっている。口頭発表は13日と18日の議題Jが単一会場のほかは, 14, 16, 17の3日間はいずれも議題Aと議題Bとが相隣接する会場で行われて進められた。

次に国別の論文数と参加登録者数を一括したのが表-2である(同一論文が国籍の異なる連名著者による場合は適宜に判断, 参加者数は登録者名簿による)。結局17カ国よりの合計167論文が

採択され、29カ国よりの合計381人が参加したことになる。わが国からの論文数はこれまで首位で全体の約1/3程度（第1回：11/38，第2回：47/124，第3回：42/122）を占めていたが、数の上では表-2にみるとおり今回はアメリカに首位をゆずり全体の約1/4(44/167)となった。論文の数ではアメリカとソ連の大幅な進出（前回それぞれ23と7）が目立ち、参加者数でも特にアメリカの増加（前回47人）が目立っている。

上記したとおり議題AとBとは常に並行で開かれ、筆者はそのいずれかにも全出席できなかったので、ここでは主として会場で受け取った前刷集をもととして、土木のわれわれとして知っておくべき点、主なテーマなどに重点をおいて以下に略記する。ただし多方面にわたる167編もの論文をわずかの紙面と時間に筆者の微力でもってすることゆえ、御期待にとってもそえそうにないことを予め諒とされたい。

議題J-2 最近の地震
における観測

11編のうち、6編までがCaracas地震（ベネズエ

ラ、1967.7）に関するもので、この地震はM=6.3~6.5であったが震源が首都Caracas市に近かったため、耐震設計された多くの近代的ビルディングが大きな被害を受けたことが注目され、ベネズエラ自国のみならず、他国の研究者・技術者によっても震害がかなり詳しく検討され、今後の耐震設計の教訓が示された。その他地中海北東地方およびラテンアメリカ地区に最近起った地震とそれによる被害が報告され、さらに新潟地震による工場施設の被害、Adapazari地震（トルコ、1967）による構造物の被害とその検討、地震来歴のほとんどなかった地区に起ったKoyuna地震（インド、1967）に重力式ダムの小被害、その他の検討などが報告された。これらはいずれも今後の耐震設計に貴重な教訓を与えるものであろう。

議題A-1 地震活動度と地震の模倣的扱い

14編のうち、サイズシシティ関係が8編で、シミュレーション関係が6編であった。サイズシシティ関係では確率論的手法によって地震活動の危険性を数式化して、特定地域（日本、アメリカ、カナダ、チリーなど）のサイズシシティ図へ結びつけたものが5編を占め、その他が3編であった。こ

表-2 国別の論文数と参加登録者数

国名	論文数														参加者数	
	議題A						議題B						J			合計
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	2	4		
アメリカ	6	3	7	5	4	5	1	3	5	3	5	1	2	1	51	92
日本	2	5	2	3	3	5	7	7	3	3	2		1	1	44	40
ソ連		2			1	1	2	2		3	1	2			14	7
チリー				1	1				1	1	2	3		1	10	125
インド				1	2	1	1		1				1	1	8	3
ニュージーランド			2	1				1	1				1	1	8	3
メキシコ	4								1	1				1	7	8
カナダ	1	1		2		1		1							6	13
ルーマニア							1			2	1				4	1
イギリス		1								1				1	3	2
ポルトガル											1			1	2	2
トルコ			1											1	2	3
ベネズエラ			1											2	3	28
ユーゴスラビア		1		1											2	1
アルゼンチン							1								1	13
フランス	1														1	3
イタリー											1				1	6
その他															0	31
合計	14	13	13	14	11	13	13	14	12	14	13	8	11	4	167	381

これらのサイスミシティ図は今後の耐震設計の有力な資料たりうるであろう。次にシミュレーション関係では、地震動の非予測性・非再現性・不規則性などから最近シミュレーションによる手法が重視され、これらの6編の論文は内容のすぐれたものが多いが、非定常な地震動入力による非弾性応答まで論及した Amin・Ts'ao・Aug 3 氏(アメリカ)による論文と、実地震記録を参照してマグニチュードによって非定常地震入力を4種にわけてその応答まで取り扱った Jennings・Housner・Tsai 3 氏(アメリカ)による論文が注目される。

議題 A-2 地盤動と計測器械

13編のうち、地震計と地震記録関係が5編であり、地盤動および地盤の振動特性関係を取り扱ったものが8編であり、その8編のうち2ないし3編は構造物の応答との関連にも言及している。前者の5編の中では Cloud・Perez 両氏(アメリカ)によるアメリカで最近えられた強震記録、後者の8編の中では Shteinberg 氏(ソ連)の近地地震による地盤の振動スペクトルの検討などが報告された。また秋野・太田・山原 3 氏が相異なる3種の地盤上にそれぞれ剛構造物を作って自然地震観測、起振機実験、理論計算などを実施してそれらの結果を対比検討することによって、地震-土-構造物系の相互作用について有益な資料を提供した。

議題 A-3 構造物の弾性応答

13編のうち、建築構造物関係が10編、土木構造物関係が3編である。前者の10編は高層ビルディング3編、特殊ビルディング5編、その他2編であり、地震応答の理論解析的なものと動的設計的なものとが相半ばしていた。理論解析では2, 3の近似解法も示され、シェルーフには有限要素法が適用されていた。土木関係の3編はつり橋上部構造2編とアーチダムが1編で、Tezcan (トルコ)・Cherr (カナダ)両氏は正切かたさ行列を用いてつり橋の大きな撓みを伴う場合の上下・水平ねじれ成分地動による振動解析を述べているのが注目される。一方 Szilard (アメリカ)がアーチダムの固有振動を弾性床上の板理論を適用して解析しているのはかなり実用的な取り扱いといえることができる。

議題 A-4 構造物の非弾性応答

14編のうち、6編が高層または多階ビルディング、3編が一般ビルディング、2編が少自由度の簡易構造またはモデル、残りの3編が1自由度系としての基礎的取り扱いとなっている。全般的にバイリニア履歴形の復元力特性を対象としたものが多く、構成部材の影響、ねじれ振動、3次元解析、基礎の影響、その他が個々に取り扱われており、またこれまでの逐次数値解析法などをそのまま適用したものもある。Husid 氏(チリー)は自重の考慮は降伏形構造物の崩壊を助長しやすい傾向にあることを1自由度系で示し、Iwan 氏(アメリカ)はばねとスライダーによる並-直列、直-並列に支えられた1自由度モデルとその適用を述べ、Veletsos 氏(アメリカ)は1~3自由度系の非弾性地震応答の計算結果を取りまとめて報告したが、これらは土木耐震学方面にもほとんどそのまま共通的であろうと解してよからう。

議題 A-5 土と土構造物

11編のうち、アースダム4編、沈下2編、間隙水圧、弾性波測定、壁体背面土圧、盛土および斜面、フィルダム各1編ずつで、実験的な研究と理論的な研究とが相半ばしている。Chopra ほか4氏(アメリカ)による有限要素法によるアースダムの地震解析、畑野・渡辺両氏による有限階差法によ

るアースダムの非線形地震解析，Prakash・Basavanna 両氏（インド）による壁体背面の地震時土圧計算は理論的に取り扱ったものとして着目される。また両氏によるフィルダムの振動特性，Larrov ほか 2 氏（ソ連）による地震時のアースダムの振動などは理論と実験・実測の両面より研究された。上記以外の 6 編は実験・実測的研究の結果を述べたものである。

議題 A - 6 基礎および土-構造物の相互作用

13 編のうち，ビルディングの場合を対象としたもの 5 編，ビルディングにとらわれないものまたはその他の構造物の場合を対象としたもの 6 編で，ダムおよび土のみを対象としたものが各 1 編となっている。本議題は一般に関心をもたれているだけに内容の充実した論文が数多く見受けられた。地盤を弾性体とみて波動理論的に取り扱ったもの（田治見氏，小堀氏ほか），有限要素法を適用したものの（Chopra 氏ほか，Wilson 氏，Khanna 氏），等価質量-ばね系に置換したもの（南氏ほか，Whitman 氏，Korenev 氏），実験・実測を主としたもの（久保氏，岸田氏ほか）等に大別できよう。これらの研究では土-基礎間の波動伝播機構と土の減衰性が最も注目されており，こうした土-基礎系の相互作用は今後引き続いて研究すべき課題であろう。

議題 B - 1 構造物の振動試験

13 編のうち，ビルディングを主とした建築構造物関係が 9 編を占め，その他アーチダム 3 編，橋りょう 1 編であった。建物関係では振動性状と地震応答が対象となっているが，同時に周辺地盤中の地震動をも計測して考察を進めた大沢・田中両氏らの報告が目立つ。アーチダムでは，模型実験の相似律に主眼点をおいた岡本・加藤両氏，実物振動試験結果を考察した高橋氏，各モードに着眼した耐震実験について述べた Napetvaridze・Gutidze 両氏（ソ連）による論文の 3 件である。また橋りょう関係では栗林・岩崎両氏が多数の地震観測結果から地盤と橋脚頂部の両最大加速度の関係を示し，また橋脚を非線形 1 自由度系とした意義ある解析結果を示している。

議題 B - 2 構造要素の挙動

14 編のうち，鉄筋コンクリート関係 7 編，鋼材関係 5 編，それらの両者 2 編となっていて，構造物を構成する部材，一部分，骨組などの原寸および模型についての耐震性を目的とした静・動繰返試験などと，それらの結果に対する考察が述べられている。

議題 B - 3 大ビルディングと構造細目

12 編のうち，はりと柱の連結を対象としたもの 5 編，特殊形式のビルディング関係 4 編，耐震壁，揺れ支承機構，減衰機構関係各 1 編で，いずれも耐震性ないしは減震が目的とされたものである。

議題 B - 4 ビルディング以外の構造物の設計

14 編のうち，ダムの動水圧関係 4 編，高架水槽，長大構造物，原子炉施設各 2 編，つり橋，地下埋設管，円形タンク，ボイラー各 1 編で，地震応答より耐震設計を狙っているものが多い。有限要素法を適用した Chopra・Wilson・Farhoomand 3 氏（アメリカ）および feed-back 系として取り扱った Sandi 氏（ルーマニア）による水-ダム系の地震時の相互作用解析の 2 論文が着目される。

議題 B - 5 設計基準と研究

13 編のうち，耐震設計の基準・規定を述べたもの 4 編，設計指針の考え方について述べたもの 3 編，研究計画を概要したもの 2 編，研究施設を記述したもの 4 編であった。研究施設ではアメリカの

カリフォルニア大学の超大型(台:約30m×30m,積載荷重:約1800t),大型(約6m×6m,約55t),イリノイ大学の中型(約3.6m×3.6m,約4.5t)のそれぞれ地震シミュレーター装置(振動台)が紹介され,またわが国建研の大型寸法構造物試験室(せん断1000t,曲げ10,000t・m)とそこにおける実験結果も報告された。

議題B-6 小ビルディング,保険,震害修繕

8編のうち,小ビルディング4編,震害修繕3編,保険関係1件で,小ビルディングおよび修繕関係ではれんが造,石造り,古いビルディング等を対象としたものが多かった。

以上の各議題はそれぞれのChairmanによって司会され,議題によって若干の差はあったが,初めにChairmanによる一般報告が30分間程度あり,引き続いて各著者ごとの講演発表が各10~15分間行なわれ,質問討議は各5分間程度という形で進められたところが多かったようである。

議題J-2 特別講演

下記の4題が一堂に会した参加者に対して講演された。

Flores 国内委員長:開発国のための地震保安基準の概要

武藤前会長:36階建震害関ビルディングの耐震設計

Degenkolb氏:横力抵抗のための現構造設計法の制限と不安

Turner 副会長:共通の脅威-地震

いずれも世界的な権威者による講演であり,参加者一同にそれぞれ深い感銘を与えたように受け取られた。

また最終日の会議において,G.W.Housner 教授が次期新会長に選ばれ,J.E.Rinne 現会長,N.M.Newmark 教授および内藤多伸先生の3者が名誉員に推され,岡本舜三教授が理事に引き続いて再選され,中央事務局は引き続き日本に置かれて事務局長は南和夫教授が留任された。なお次期第5回の会議開催国としてはインド,トルコ,イタリーが候補にのぼったが決定に至らなかった。

ここで再びA-1~A-6,B-1~B-6を全般的に概観して,研究の動向などについて概記すれば次のようである。もとより非力な筆者の独断,私見それに誤解もあろうことはいうまでもない。

(1) 世界的に関心の多い研究題目としては表-1の()内の数字からして,A-1:サイスミシティと地震のシミュレーション,A-2:地震動と地震計測器械,A-3:構造物の弾性応答,A-6:土-基礎-構造物の相互作用,さらにA-4,A-5,B-3,B-4などであろう。

(2) 内容的な盛り上がりとしては,地震動のシミュレーションとそれによる構造物の応答解析,バイリニャー履歴型復元力を考慮した構造物の非弾性応答解析,土-基礎-構造物系の相互作用の研究などに,勝れた論文が多く見られたように思われ,当然のことながら電子計算機が多く利用されていた。

(3) また傾向的には,第3回地震工学会議に引き続いて構造物の応答に及ぼす地盤の影響が重視されていること,建物・ダム・地盤などに有限要素法を適用した応答解析が散見されたこと,実験・実測などに基礎を置こうとする研究も多く見受けられ,一般的に個々の問題よりも基礎的な研究が重視されるようであった。

(4) 一方耐震設計的な分野もかなり広範囲にわたって活発に報告され,世界的な関心が高まっていることは事実のようであり,特にアメリカにおけるコンサルタント技術者による意欲的な進出は,わ

が国としても大いに参考にすべきであろう。

最後に本会議に関する個人としての感想を付記しておく。1) 表-1のような議題わけと、今回のような論文の選考採択法には検討の余地があるのではなかろうか。2) 南米チリー国ののんびりムードは会議をなごやかに進めるのに効果的であったが、会議開催前における各著者への情報不足はものたりなかった。3) 英語を会議語とすることによるわれわれ日本人の不利は今回もある程度はまぬかれず、今後も一段の努力が望まれる。4) 論文は質・量ともに日本とアメリカの優位は動きそうにないが、他国からも注目すべき論文が提出されており、わが国としてはますます研究努力を継続すべきであろう。5) 日本よりの参加者約40名のうち土木分野からの参加者は6名に過ぎなかったので、次回にはさらに多くの土木分野からの参加出席が期待される。