

第2回世界地震工学会議発表論文の概要

建設省建築研究所 久田俊彦

第2回世界地震工学会議では総計120篇の論文が発表されたが、こゝでは主として建築関係の論文について部門別にその内容を簡単に記して展望を試みることにする。なお紙数の関係で各著者の国籍、称号、所属機関などを多くの場合省略したことについてあらかじめご諒承いたさきたい。

第1部門 地盤・基礎条件と耐震性

この分野で発表された10篇の論文の多くは橋脚・ケーソン(白石氏)、ウエル(田原・高田・福岡氏)、杭・基礎(篠原・立石氏)、岸壁(丹羽・松尾・石井氏・Murphy氏)の耐震性に関するものであり、そのほか粘土地盤の動的耐力(Seed氏、村山・芝田氏)、地盤と震害の関係に関するもの(東大震研)が発表された。

第2部門 構造物の振動と計器

この分野では50篇に及ぶ多数の論文が発表されたが、これらを内容別に分類して簡単に紹介する。

構造物の地震に対する反応を弾性的に取り扱つたものとしては、Skinner・Adams・Brown氏から地震に対する高層建物の曲げせん断振動、曲げ振動並びにせん断振動をアナログ電子計算機で解析した3論文が発表されそのうちせん断型建物(種々な質量、剛性分布をもつ10層建物)に対しては動的設計のためにせん断力、曲げモーメント、変位が多くの図表で示されている。L. Zeevaert氏は高層建物の基礎せん断力を高次の振動型を考えた解析法(Modal Analysis)と基礎にインパルスが加わるものとしての解析法によつて計算して、メキシコ市の地震時にLatino Americanaビル(43階)で測定された値と上記の解析値とを比較検討して、これらの方法の適用性を示している。又Hudson氏もサンフランシスコ地震時のAlexanderビル(15階)の振動観測値を速度反応スペクトルを用いたModal Analysisで検討し、Jenning・Newmark氏もModal Analysis並びに数値積分法によつて高層建物の反応を解析した結果を発表した。これらの3論文の結果によれば、高層建物の応力はModal Analysisによつて反応スペクトルから求めた各次の値の総和より小さく、自乗和の平方根より大きいことを示しており、注目してよい一つの収穫といえよう。またNewmann氏は建物と地盤との共振を考え、ある地震の強さに対して建物のうける最大加速度、速度並びに変形を求めることができる特殊の図表(4-way-log-chart)を提示した。小林啓美氏は電気的相似回路を利用して地震時の建物の振動観測値からその振動特性を求める方法を示しており、新しい試みとして注目される。

次に特殊の振動を取り扱つたものとして、Bustamante・Rosenbluth氏は強震に対する建物のねじれ振動をデジタル電子計算機を求め、設計にあつてその影響を十分考慮すべきことを指摘した。又武藤・梅村・園部氏はスレンダーな建物の転倒振動機構を模型実験と理論によつて追究してその結果を実際の建物に適用し、その転倒が起らないことを示した。田治米氏は質点系、せん断及び曲げ振動体の過渡振動を理論的に研究し最大変形、最大応力などに関する性状を明らかにした。

地盤と上部構造の両者をあわせて考えてこれらの振動的性質を追究したものとしてはThomson氏及びSandi氏の論文のほか、島海・佐藤氏の弾性地盤上の基礎並びにせん断振動体を取り扱つた理論が発表された。

次に構造物の反応を弾性をこえて塑性域までを含めた非線型振動として取り扱つた論文はアメリカ・日本及びニュージーランドから提出されたが、これらは電子計算機の利用によつてこの種の研究が近年著しく進んだことを示している。構造物の弾塑性的性質を表わす方法としては、多くが復元力と変形の関係を二つの直線で示すいわゆるBilinear Systemを用いており、完全塑性あるいは傾斜塑性の形に粘性減衰をあわせ考えている。

Newmark・Veletsos氏は完全塑性の1質点系がEl Centroなどの強震をうけたときの最大変形を電子計算機で計算し全変形が弾性変形の何倍になるかを研究し、又Berg・Thomaidis氏も同様の研究を行い更に全消費エ

エネルギーをも求めている。日本からは応答解析器委員会（高橋竜太郎氏）から電気機械的解析器及びそれを利用して傾斜塑性型1質点に強震を作用させたときの結果が発表された。これらの結果から共通的にいえることは弾塑性構造物の全変形量は降伏荷重に関係なく、最後まで弾性体と考えたときの変形量と大体同じであるということであり、この性質は今後更に研究を要するとしても動的塑性設計法に関する一つの収穫であろう。これらのほか後藤・金多氏は橋脚について、棚橋氏は各種の傾斜塑性をもつ1質点の反応についてアナログ電子計算機で求めた結果を発表した。以上は1質点系の反応を求めたものであるが、Penzien氏は各階が完全塑性をもつ6層建物が強震をうけたときの各階の相対変形をデジタル電子計算機で解析し、設計上最も妥当と考えられる基部せん断力係数を示しているが、これは今後高層建物の設計上に示唆を与える興味ある論文である。又Bycroft氏は強震の代りにWhite Noiseを用いることができることを示し、コールダーホール型原子炉をモデルにとつて5質点の非線型振動を解析し相対変位を算出している。次に非線型振動理論を取り扱った論文としては小堀・南井氏が上部構造をせん断弾性連続体、下部に対して並進及び回転に関してPoly-Linearの履歴特性と粘性減衰をもつ構造を考えたこの反応を理論的に追究し、又安藤氏は履歴特性をもつ1質点の定常振動と安定性、過渡振動並びに2質点系の過渡、振動の理論を発表した。尚棚橋氏は非線型ねじれ振動を図式解法で求め、石崎・島山氏はせん断弾性体の非線型振動の数値解析結果を発表した。興味ある論文としてはHousner氏が1層ないし多層骨組（弾塑性）の崩壊をエネルギー法（速度反応スペクトルを利用）を用いて解析し柱の軸力が重要なこと、塑性設計における安全率が弾性設計における安全率と全く異なることを指摘している。又Jacobson氏は各種の構造物及び接合部の履歴曲線を集めてこれを類産化して減衰を追究し、相当粘性減衰係数が多くの場合利用できることを示し、Blume氏はエネルギー吸収を考えた動的塑性解析法を提示しこれに基づく塑性域における構造物の分類法を示した。

次に構造物の振動特性に関する論文としてはBlume・Meehan氏のCaliforniaにおける多数の学校建築に関する実験並びに解析、Blume・Binder氏の15階建物の各建設段階における振動特性の測定と解析が発表された。又石崎・島山氏の発表は建物のベントハウス、地下室、床版などの振動性状、地盤の性質と建物の振動との関係などを取り扱っており、竹内氏は実在高層建物の実験結果に基づいて固有周期を高さや壁率の関数で表わす式を提示した。又中川氏は壁率と震害との関係を示し、建物の振動実験結果から日本においてはその振幅に地盤の変形が大きく影響し、基本振動が卓越して高次振動の影響が少ないことを指摘した。谷口忠氏は高層建物の固有周期を階数、スパン数、壁の開口比、スパンと階高比、壁体の弾性常数率などの関数として表わす式を模型実験の結果を考慮して理論的に提案した。土木構造物の振動特性に関する論文としてはつり橋（小西・山田氏、平井・奥村・伊藤・成田氏、久保氏）、岸壁（林・宮島氏）、ダム（岡本・高橋氏、Ambraseys氏特に水の影響については小坪氏、O'lough氏）についての発表があり、又Oberti・Lauletta氏は模型実験の理論について発表した。

次に構造物の耐震設計に地震動をランダムとして統計的方法を適用した3論文が発表された。即ちソ連のBarstein氏並びにBolotin氏の論文及び田治見氏の論文であるが、田治見氏は最大応答の結果を従来の計算並びに実験結果と対比してその適用性を示した。

計測器械に関して発表された4論文のうちソ連のNazarov氏らのものは加速度反応スペクトルを直接定める多振り利用の計器でこれにより1954年以来各地で多くの記録がとられており、又Kats氏は構造物、地盤の動的歪測定装置（円環利用）を紹介した。Oaughey・Hudson氏らはアメリカの新しい反応スペクトル解析器について発表し、島・田中・田氏は地震研究所でつくられた電磁式振動計、自動周期頻度統計器（常時微動の周期頻度を自動的に算出）及び相関計（構造物の常時微動から固有周期、減衰を算出）について発表した。

第5部門 地震危険度と地動

この分野で地震危険度に関してはチリー、南千島についての発表があつたほか、広野氏は日本附近の地震の発生状況について特に最近約40年間の状況を小地震から破壊的地震に亘つてのべ、又過去の記録から大地震が再び同じ地

域に繰返されることを指摘している。

地動に関連する論文は6篇発表されたが、金井氏は強震のスペクトルに関する実験公式を発表したが、これは日立鉱山(地下300m)における多年の観測に基づいて基礎における地動振幅、速度、加速度を地震の大きさ、震央距離、地震波の周期の関数として表わす式を示し、更に地盤上の地層の卓越周期を考慮に入れて地表における振幅、速度、加速度を算出する式を提案したもので、日本及びアメリカにおける強震記録とよくあうことを示している。これはある地点の地動を推定する一方法として注目される。岸上氏は脈動(周期の長い土地の振動)と震害との関係を開べ、脈動の振幅の大きいところが震害も大きいことから地盤の判定に利用できることを示し、Figueroa氏はメキシコ市附近において地盤の種類によつて周期、振幅、継続時間などがちがうことを発表した。又White氏は建物の地盤におかれた強震計で得られた記録には地動のほか建物自体の振動が入っており、それは反応スペクトルのピークとして現われることをアメリカでの観測例で説明し強震計記録の適用について注意をかん起しているが、日本でも同様の結果が既に得られている。アメリカのCloud-Gardner氏は1957-58年Nevada実験場で行つた地下核爆発による地動について報告し、20000トンの高性能爆薬相当の核爆発によつて爆心から3000ftで2g、5000ftで0.5gの加速度が観測され、且その地動に基づく速度反応スペクトルが地震によるものとはちがわないことを示し、核爆発の地震工学への応用を示唆している。又Alford氏は火薬の爆発による建物の損傷について薬量と距離との関係を発表した。一般的な発表としては那須氏から四日市地区の地盤調査(常時微動などを利用)についての報告があつたが、これは今後この種の臨海工業都市の開発によい参考とならう。その他Buffinton氏からアメリカの地震保険について、地域と地震頻度、地震の強さと損害額との関係などを示し火災保険と対比した論文が提出された。

第4部門 耐震設計、構造並びに規定

この分野では7ヶ国から耐震規定の発表があつた。即ち現行の日本の土木構造物に関する規定(沼田氏)、Structural Engineers Association of Californiaの耐震建築規定1959(Binder・Wheeler氏)、メキシコのFederal Districtの耐震建築規定1959、(Rosenblueth氏)、ソ連の耐震規定1957(Bikhovsky氏ほか)、ポルトガルの耐震規定1958(Borges氏)、ルーマニアの耐震規定(Titaru・Oismigiu氏)、アルジェリアの耐震規定(Brenier氏)であり、これらのうちアメリカ、ソ連、メキシコ、ルーマニアの規定は構造物の周期を求めて加速度反応スペクトルから地震力を定めるいわゆる動的設計法の形式をとっており、又ポルトガルが終局強度設計法を採用していることは新しい耐震規定の動向を示すものといえよう。

次に耐震設計法に関する個人的な提案ないし見解が10篇発表された。そのうちMedvedev氏の発表はソ連の地震資料に基づくスペクトル、地震危険度及び地盤種別による震度修正係数などをのべたものであり、大築氏の論文は鉄筋コンクリート建物の設計用速度を地震危険度、建物と地盤の周期比、壁率、地盤の種類によつて与え、1次2次の振動型を考へて設計用せん断力を算出するものであり、又Rinne氏はSEAOC(Struc. Eng. Assoc. of Cal.)の規定に関連して高層建物の転倒モーメントについて動的解析結果を発表した。又谷氏は耐震要素の配置と建物の剛性、荷力分布の関係を弾塑性域に亘つて解析して均等分布配置形式が最も有効なことを示した。これらのほかKrishna氏、Menayas氏から動的設計法、Joshi氏から消震設計法の発表があつた。ダムの耐震設計を取り扱つたものとしては畑中、南(勲)、Raphael各氏の論文が発表された。

次に特定の構造の耐震設計に関しては8論文が発表された。即ちフラツトスラブ及びシェル構造について坪井・川口氏、鉄筋コンクリート特にシェル構造についてKorohinski氏、組積造の壁体をもつ鉄筋コンクリート骨組についてSachanski氏、ソ連で近年専ら開発されつゝあるプレカストコンクリート構造についてZabrev氏、わが国独自の鉄骨鉄筋コンクリート構造について仲・若林・高田氏、日本の木造建物について竹山・大崎氏及び筆者、アメリカの小規模建物についてDegenkolb氏がそれぞれ発表した。又メキシコ市の地震で問題となつたガラス窓サッシの変形限度についての実験がMeehan氏などから発表された。耐震設計の実施例を紹介した4論文のうちZeevaert氏のはメキシコ市地震のとき無被害で有名となつたLatino Americanaビルについて骨組と仕上げや壁など

を分離した巧な構造法を紹介したもので、日本における今後の考え方に対しても極めて示唆にとむものであつた。そのほかアメリカの高層建物 (Vergun氏等)、東海村に目下建設中の原子力発電所 (Hicks 氏等)、アッサム地方の精油所 (Titaru氏等) についての発表があつた。又地震力のような速い荷重をうけたときのコンクリートの動的強度と剛性について坂・六車氏及び畑野・堤氏から 2 論文が発表された。

第 5 部門 最近の強震と震害

この分野では 14 論文が提出された。これらをあげると Maipo Valley 地震 (チリー)、Kapkote 地震 (インド)、福井地震、花蓮港地震 (台湾)、メキシコ市地震、Coatzacoalcos 地震 (メキシコ)、Wellington 市地震 (ニュージーランド)、Agadir 市地震 (モロッコ) などについてであり、これらのうちメキシコ市の震害は近代建築の震害の性状を示すものとして注目される。このほか Steinbrugge 氏から北米大陸におけるこの 10 年間の震害、Duke 氏から主として土木建造物の震害に関しそれぞれ総括的な発表が行われた。

以上が発表論文の大要であるが、最後に総合的にみた地震工学の動向と収穫とを記せば次の如くである。

- (1) 地盤の耐震性に及ぼす影響が世界的に認められ、これを考慮した研究が各国ですゝめられている。
- (2) 地震危険度の地域別区分 (Seismic Zoning) が地震発生頻度の研究、都市の地盤調査に基づいて各国で行われている。
- (3) 電子計算機などを利用した建造物の地震に対する反応の研究が盛んに行われており、弾性 (線型) 振動については高層建物 (多質点系) に対してもかなり明かにされた。又弾塑性 (非線型) 振動についても相当の収穫が得られたが、尚今後の研究にまつものが多くあり今後この分野の研究がますます盛んになるであろう。又耐震設計の合理化はこれに期待しなければならない。
- (4) 新しい耐震規定はいづれも動的設計法を採用しており各国の法規もこれに向いつゝある。