

特別講演—1 万国地震工学会議で発表された外国論文について

東京大学生産技術研究所 岡本舜三

発表された論文总数37篇のうち純学術的と見るべきもの25篇,所屬国別に分けると米国11篇,日本9篇の順である。この特別講演では外国論文の紹介を要請されているが内容が散漫になるのを避ける意味で特に米国の論文について紹介する。これは今日日本とともに世界の地震工学を指導している米国の地震工学の一端をうかがうことにもなるであろう。論文11篇は内容的に次の3部門に分けられると思う。

(I) 驗震学部門

P. Byerly: Seismicity of the Western United States.

W.K. Cloud and D.S. Garder: The Strong Motion Program of the USC & GS.

(II) 上部構造振動部門

D.E. Hudson: Response Spectrum Techniques in Engineering Seismology.

G.W. Housner: Limit Design of Structures to Resist Earthquakes.

R.S. Ayre: Methods for Calculating the Earthquake Response of Shear Buildings.

N.M. Newmark and T.P. Tung: Shear Distribution and Magnitude of Base Shear in Tall Buildings Subjected to Several Different Strong Motion Earthquakes:

L. Zeevaert and N.M. Newmark: Aseismic Design of 40-story Building in Mexico City.

J.A. Blume: Period Determinations, and Other Earthquakes of a 15-story Building.

(III) その他

W.W. Moor and R.D. Darragh: Some Considerations in the Design of Foundations for Earthquakes.

J.M. Raphael: Design of Dams for Earthquake Resistance.

M.A. Ewing and C.M. Herd: School and Industrial Design in California.

(I) 米国の地震及強震測定について述べている。強震測定計画はJ.R. Freeman等の努力により1931年以来実施され現在36地震64台の強震計が据えられている(図-1)。小被害を生ずる程度の中震から少なくとも0.2g以上の強震について周期, 変位, 加速度を記録している。将来計画として観測網を密にすること, 測定装置の簡易化, 普通の建築と同等の周期及減衰性をもつ振動子の設計及び配置, 地震動のみならず工学に必要な他の地震情報の記録をとること等を計画している。

(II) 図-2の構造にて地盤及び質量mの水平変位をy及びxとすればmの運動方程式は

$$m\ddot{x} + 2\pi(\dot{x} - \dot{y}) + \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2(x - y) = 0 \quad \text{----- (1)}$$

$$\therefore x - y = \frac{T}{2\pi\sqrt{1 - \pi^2}} \int_0^t \ddot{y}(\tau) e^{-\frac{2\pi}{T}\pi(t-\tau)} \sin \frac{2\pi}{T}\sqrt{1 - \pi^2}(t - \tau) d\tau \quad \text{----- (2)}$$

$$\text{いま } S_T = \left[\int_0^t \ddot{y}(\tau) e^{-\frac{2\pi}{T}\pi(t-\tau)} \sin \frac{2\pi}{T}\sqrt{1 - \pi^2}(t - \tau) d\tau \right]_{\max.} \quad \text{----- (3)}$$

$$\text{とあくと } (x - y)_{\max.} = \frac{T}{2\pi} S_T, \quad (\dot{x} - \dot{y})_{\max.} = S_T, \quad \ddot{x}_{\max.} = \frac{2\pi}{T} S_T \quad \text{----- (4)}$$



図-1

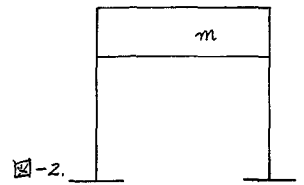


図-2.

よつて 最大歪エネルギー $= \frac{\rho}{2} (x-y)_{\max}^2 = \frac{\rho T^2}{8\pi^2} S_V^2$ ----- (5)

単位質量当り最大歪エネルギー $= \frac{\rho T^2}{8\pi^2 m} S_V^2 = \frac{1}{2} S_V^2$ ----- (6)

m に働く力の最大値 $F_{\max} = \rho (x-y)_{\max} = \frac{\rho T}{2\pi} S_V = Cmg$ ----- (7)

\therefore 減衰係数 $C = \frac{\rho T}{2\pi g m} S_V = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{S_V}{g}$ ----- (8)

S_V が種々の量の基礎となる。以上は *Maxwell, Biot, Housner*の展開した理論であるが *Hudson*は S_V を
 求める純電気的アナコンを製作した。過去の強震記録について S_V は減衰が相当ある場合は約
 0.4秒より長い周期に対しては周期に因らなく一定となる。これを $S_{V,n}$ とすると $S_{V,n}$ は地震
 の強さを示す指標となる。*Housner*は上記の結果も構造物の塑性変形域に拡張し終局強度を
 論じた。構造物が多数の振動モードをもつ場合にもし各モードの減衰率が等しい時は地震
 により全質量のうる最大歪エネルギーは(6)によりほゞ

$E_t = \frac{1}{2} M S_{V,n}^2$ (M = 全質量) ----- (9)

とわかる。この値は全質量と減衰係数にのみ関係し構造物の形剛性、大きさ等にはよらない
 構造物が弾性限内で包蔵しうるエネルギーを E_e とすれば E_t が E_e を超えれば破壊または塑性変
 形がおきる。いま塑性変形をおこしうる構造を考へ破壊に至るまでになしうる塑性変形に
 よるエネルギーを E_p とすれば $E_p - E_e$ が E_p より小ならば破壊はしない。よつて安全率を C とす
 ると次の如く設計すれば塑性変形はしても破壊は起こらない。

$E_b = C \left(\frac{w}{2g} S_{V,n}^2 - E_e \right)$, w = 全重量 ----- (10)

*Housner*は貯油槽のアンカーボルトの震害にこの理論も適用しその妥当性を確かめている。*Agre*
 の研究は *Maxwell-Biot*の考へ方も多自由度の系に適用したもので入力地震波形を近似的に階
 段状におきかえたものである。このために各段階については振動系の運動は単弦運動とな
 りその位相曲線は円弧となる。したがつて円弧を連続して置くことにより円式の解もいう
 ことができこれにより数層の建築の地震時の運動を求めうるのである。非常に階層の多い
 場合はこの方法も煩雑で使えず電気計算機によらねばならない。*Tung*の論文は2種の条件
 の果る10層建築に過去の12種の強震を加えた時の各階の響動も計算し、これも従来の示方書
 による計算結果と比較しその相違点も指摘している。計算はILLIACによつていゝが
 複雑な精密計算は電子計算機によりはじめて可能となつたものである。*Newmark*の論文は
 同様の43階の建築の耐震計算もILLIACで行いその動的計算結果も考慮して設計施工された
*Tower Latino Americano*について述べたものである。以上の諸論文は一貫してみるとき強震測
 定記録と電子計算機を基として発展したアメリカ高層建築耐震の理論と実際の解説でもあ
 る。最後に *Blume*の論文は在港の15階建の一ビルにつき1931年末徹底的に研究した経過
 の報告である。すなわち自己振動週期の測定(1931), 教理解析(1933~34), 風による振動
 測定(1934), 地震による振動測定(1934~56), 模型実験(1934~39), 起振機による振動試験(1935),
 電気計算機による精密解析(1952~55), 1次及び高次振動の測定(1956)等を同一ビルにつ
 いて行い、計算と実測の差を追及して種々の新知見を得ている。その不撓の努力と研究の計
 画性は感歎される。

(III) 基礎の支持力, 土の耐震, 学校建築の耐震について論じているが吾々に関心深いのは前
 二者である。所謂土木構造に関する論文が建築構造の論文に比し少ないのはそのまゝ耐震

に関する米人の関心及び研究の必要性の尺度を表わしていると思われる。Moorは基礎工の場合沈下が問題であるとし主として地震時の沈下を論じている。多数の柱よりなる構造の基礎では地震水平力を考えますと中側のFootlingより外側のFootlingに大きな荷がかかりこのために外側のFootlingを大にすると却って平時の不等圧密沈下を誘発する虞が生ずる。この複雑な問題の解決は土の動的性質を考慮して決定すべきである。またマツト基礎の場合積載荷重が中央に鉛直にかゝる時は最大圧力は基礎中央に生じこのときは側面の土の拘束のため土は流出しないが地震力により偏心荷重になると最大圧力は基礎の縁部に生じ、側面の拘束が弱いので土が流出し端部から破壊する。それで砂地盤では許容支持力を上げねばならないが支持力の主原因が粘性にある粘土ではその必要はない。また軟弱地盤には杭を用いるがその耐震には2様り考へ方がある。一つは上部構造に働らく地震力が杭の曲げ抵抗を通じて地盤に伝わるという仮定である。他の一つは地震力は基礎部に対し地面の運動によつて伝えられるとするものである。後者の場合には杭にかゝる力は上部構造の地震剪断力より厚々非常に小さくなりこのときは斜杭をうつことは全く無意味である。Moorは理段階では経験と判断で設計するのほかはないが将来は現場に即した合理的耐震設計ができるようになるであろうと結んでいる。

Raphaelはタムの耐震につき考へべき3個條として1)予想すべき最大地震力の大きさ、2)この地震により生ずる外力、3)これらの外力がタムの安定及応力に及ぼす影響をあげ項別に論じているが内容は現在のアメリカのPracticeの紹介でありそれはまた日本のPracticeと同じである。これはタムの耐震設計が極めて保守的であり新しい学説が容易にはPractice化されないことの原因があると思われる。1)タムは通常僻遠の地にあり過去の資料も少ないので設計震度も公式的にはきめられぬので地震学の根元に戻つて考察せねばならぬとし地震原因諸説、世界の地震帯、過去の地震の強さから震度期待値を推定するHousnerの方法、断層帯との関係及地盤の影響を述べている。そして地質学者の協力が重要なこと、貯水による地殻の変動及地震の誘発現象があること、タムには最少0.1gの震度を考へべしとしている。(2)タム体に働らく慣性力の他に動水圧のあること、それについてのWestergaardの説、前面垂直ならざる時のZangarの研究、及びタムの平面形による動水圧の変化について僅か言及している。

(3)重カダム：重カダムの大体の形状、滑動安定と内部応力が重要なこと、応力の3次元解析、滑動安定に関するShear Friction Factor、等に言及している。拱カダム：拱カダムの応力解析は近年進歩したもので模型による方法、荷重試算法がある。計算機の進歩により荷重試算法は非常に早くなつた。その振動周期は4~8cpsであるから地震に共鳴する虞はない。バツトレスダム：ダム様式の大型耐震のためにダム軸方向の安定が必要なこと、現場に断層のある場合にも作りうることを述べている。エダム：エダムの一般説明をなし地震震度は底部から頂部まで一様にとることを普通としているが建築物の如く頂部を大にする畑中博士の学説も引用している。法面字定は瑞典式円形滑り論を用いること、その際土の剪断抵抗が動的外力に対し増加するがこれが地震時の増加外力に対しダムの抵抗を増していること、最後に1906年地震の経験からして適当に設計すればエダムは耐震的に築造できると結論している。要するに本論文は特に耐震についての詳論ではなく堰堤一般論である。