

I - B244

仮想ゲレロ地震のメキシコ市の超軟弱地盤での3次元構造物-地盤系の非線形応答解析

東京大学地震研究所

正会員 飯田昌弘

住友重機械工業（株）総合技術研究所 正会員 古本吉倫

1. 序 1985年に太平洋で発生した大地震（ $M=8.1$ ）により、震央距離が400km近く離れていたメキシコ市の大被害は、Lakebed区域における中層（7階から15階建）の建物で発生した。被害地の地盤の卓越周期は1.5秒から2.5秒くらいであった。本研究では、入力地震動や超軟弱地盤を適切に評価し、3次元構造物-地盤系の非線形応答解析により、被害の原因を定量的に説明する。

2. 方法 石原・三浦¹⁾の、有限要素法を用いた3次元構造物-地盤系の非線形地震応答解析法に基づく（図-1）。他方、地盤データ・強震記録のあるボアホール観測点の適切な深さで、飯田・伯野²⁾の、経験的グリーン関数法を用いて入力地震動（加速度）を合成し、構造物-地盤系に下方から入力する。

3. 解析 1985年の地震による被害が大きく、地盤データ・強震記録が存在する、Lakebed区域のRoma-Cボアホール観測点で解析を実施する。同地点の地下構造は、4.4m以深が砂地盤、4.4m以浅が粘土地盤で、とりわけ3.3m以浅は超軟弱地盤である。仮想ゲレロ地震（ $M=8.1$ ）（図-2）を想定し、1995年9月の地震（ $M=7.3$ ）（図-2）の記録をグリーン関数として、強震計が設置されている102mの深さで地震動（水平2成分）を合成する。地表での強震記録の卓越周期は2.5秒である。

同地点において、低層（3階建・固有周期 $T=0.41$ 秒）、被害を受けた中層（9階建・ $T=0.95$ 秒、15階建・ $T=1.41$ 秒）、高層（25階建・ $T=2.05$ 秒、40階建・ $T=2.84$ 秒）、の5種類のビルの応答解析を実施する。比較のために、（1）構造物-地盤系の非線形（上部構造・杭・地盤とも）解析（地盤の圧密による応力も考慮する）、（2）構造物-地盤系の線形解析、（3）基礎固定の非線形（上部構造のみ）解析、（4）基礎固定の線形解析を実施する。

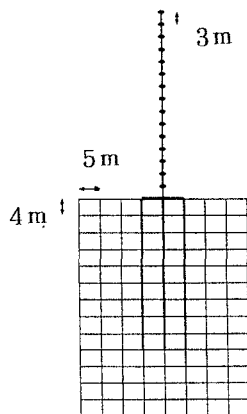


図-1 3次元構造物-地盤系解析のモデル
（15階建の例）

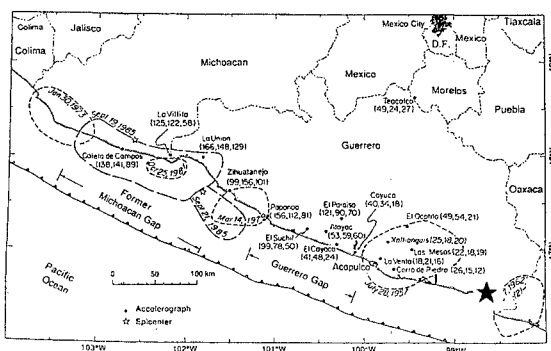


図-2 メキシコ太平洋岸における、1951年以来的大地震の余震域³⁾。1995年の地震の震央（星印）も表示されている。

キーワード： 3次元非線形応答解析、構造物-地盤系、超軟弱地盤、メキシコ市、仮想ゲレロ地震。

連絡先： 〒113 文京区弥生1-1-1 Phone: 03-3812-2111(5779) Fax: 03-5689-7265

4. 結果 図-3は、Roma-Cボアホール観測点の102mの深さにおいて合成された、1分間の加速度波形とそのフーリエスペクトル（EW成分）である。地表では、100ガル程度になる。

図-4に、最上階での最大加速度と建物階数の関係（EW成分）を示す。基礎固定の解析（40階建以外は、上部構造は線形領域にある）では、高い建物ほど応答加速度が大きくなる。構造物-地盤系の線形解析では、動的相互作用によって固有周期が延びた25階建の建物が、地盤と共振して応答がきわめて大きくなる。被害の大きかった9階建の応答もやや大きい。構造物-地盤系の非線形解析では、9階建の応答が最も大きくなる。また、地盤の圧密により、杭が沈下して大きな力がかかる。振動により、地盤は少し非線形領域にはいり、杭は大きな力を受けて大いに非線形領域にはいるが、上部構造は線形領域にある。

5. まとめ 構造物-地盤系の非線形解析は、1985年の大地震による被害をよく説明する。上部構造や地盤は線形範囲にあるけれども、地盤の圧密や振動により、杭にはきわめて大きな力がかかる。

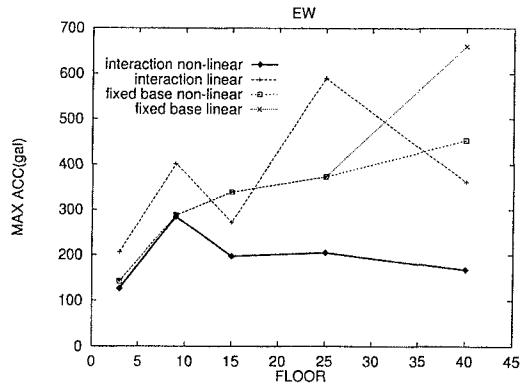


図-4 最上階での最大加速度と建物階数の関係（EW成分）。

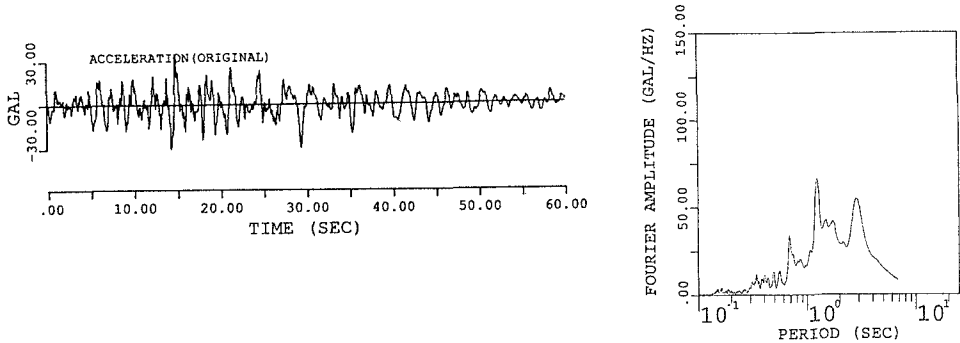


図-3 102mの深さにおいて合成された、加速度波形とそのフーリエスペクトル（EW成分）。

謝辞： 日本国土開発（株）・技術開発研究所の石原哲哉氏と国際連合・地域開発センターの谷口仁士氏には、お世話になりました。国際協力事業団とメキシコプロジェクト委員会観測部会には、ご支援いただきました。また、文部省国際学術研究及び鹿島学術振興財団（いずれも研究代表者・望月利男）より、ご援助いただきました。ここに謝意を表します。

参考文献： 1) 石原哲哉・三浦房紀（1993）。3次元構造物-地盤系の非線形地震応答解析、土木学会論文集、465（I-23）、144-154。
2) Iida, M. and M. Hakuno (1984). Study on complexity of large earthquakes, Proc. Japan Soc. Civil Engineering, 350(I-2), 47-57.
3) Anderson, J.G. et al. (1986). Strong ground motion from the Michoacan, Mexico, earthquake, Science, 233, 1043-1049.