

入力地震波動場に基づく、3次元建物―地盤相互作用解析法（2）

東京大学地震研究所 正会員 飯田昌弘

1. 序 表面波を適切に評価できる建物応答法を提案する (Iida, 2007)。軟弱地盤で重要な短周期表面波を適切に取り扱うために、入力地震波動場（波動が伝播している状態）に基づいて、3次元建物―地盤相互作用解析を実施する。本稿では、その概要を説明する。

第一歩として、水平地震動を受ける多層地盤において、線形相互作用解析を実施する。表面波が卓越するメキシコ市の Lakebed 区域において、大地震時の低層から高層の鉄筋コンクリート (RC) ビルの応答を評価する。入力地震動を使用する、従

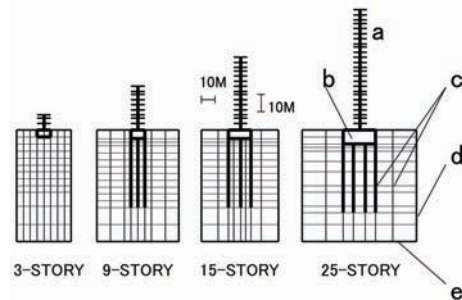


図1 3次元相互作用系。

来の応答法とも比較する。同じタイトルの (1) の研究 (飯田、2004) を改良している。

2. 波動 ビルの応答を評価する Lakebed 区域の Roma-C ボアホール観測点において、地震動の性質をすでに調べた (Iida and Kawase, 2004)。解析理論は、地盤応答の研究 (Iida, 2006) に示されている。約 2.5 秒の地盤の卓越周期での、地震動の振幅の大きな垂直増幅は、S 波では説明することができず、深い構造によって励起するラブ波が卓越することによって説明できる。

3. 相互作用解析法 図1の相互作用系を使用する。運動方程式と、外力としての入力波動場及び入力地震動（慣性力）の数式は、ここでは表示しない。参考として、地盤応答法の場合の数式を参照していただきたい (Iida, 2006)。上部構造は集中質量のせん断モデル、摩擦杭に支えられる基礎は剛体である。杭は円筒要素、土は直方体要素、でモデル化される。

4. 波動場と地盤応答 1985年のメキシコ地震に匹敵する、仮想ゲレロ地震 ($M=8.1$) を想定する。まず、S波と表面波の地表加速度波形を合成する。次に、弾性波動論により、S波と表面波の波動場を評価する。全体の波動場は、両者の和である (図2)。使用する地下構造モデルは、地震動の研究 (Iida and Kawase, 2004) の表2に示されている。入力波動場による地盤応答は、入力した波動場をよく再現する (図3) が、入力地震動による地盤応答は、地震動をかなり過小評価することがわかる (図4)。

5. 建物応答 Roma-C 観測点において、1985年以前の標準的な4種類（3、9、15、25階建）のRCビルを使用する。3階建のビルは、杭を持たない。図5に、2種類の入力によるこれらのビルの、最大せん断力の垂直分布を示す。入力波動場による応答は、5階建から15階建の中層ビルが大きな被害を受けた、メキシコ地震の建物被害とたいへんよく合う。また、杭応答は、ほぼ地盤震動によるものであり、上部構造の震動による寄与はたいへん小さい (図6)。建物が軟弱地盤とともに振動するからである。

6. 結論 入力波動場による建物応答は、実際の被害とよく整合する。入力地震動による建物応答は、表面波の振幅の大きな垂直増幅を表現することができないので、適切な応答結果を得ることができない。

謝辞 相互作用系に関しては、日本国土開発技術事業センターの石原哲哉氏にお世話になりました。建物の構造情報は、メキシコ国立防災センターの Lopez Oscar 氏と Duran Roberto 氏に提供いただきました。

参考文献 Iida and Kawase (2004). BSSA, 94, 598-618. 飯田 (2004). 建築学会学術講演梗概集 B2, 603-604. Iida (2006). Int. J. Geomechanics, ASCE, 6, 342-355. Iida (2007). Earthquake Spectra (submitted).

（キーワード） 相互作用解析法、入力波動場、表面波、弾性波動論、ビルの応答、メキシコ市。

（連絡先） 113-0032 文京区弥生 1-1-1, Phone: 03-5841-5779, Fax: 03-5689-7265.

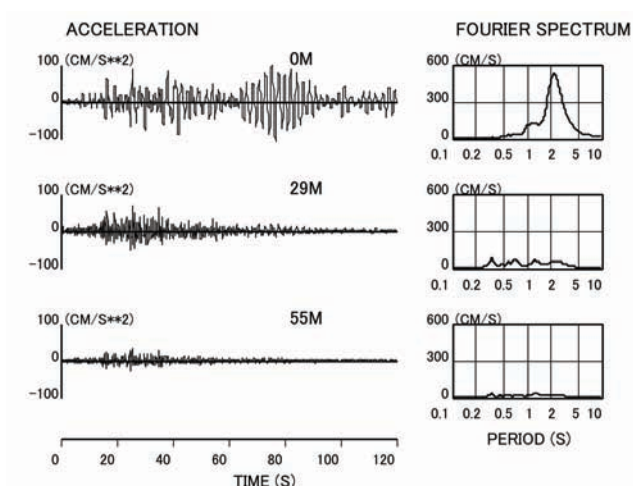


図2 波動場。(図面はすべて EW 成分を示す。)

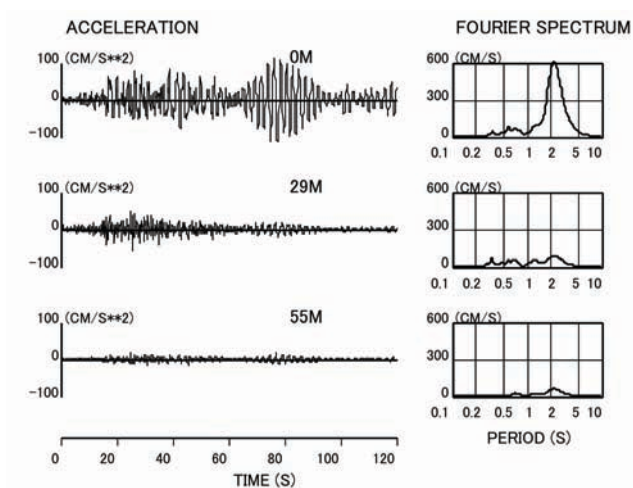


図3 入力波動場による地盤応答。

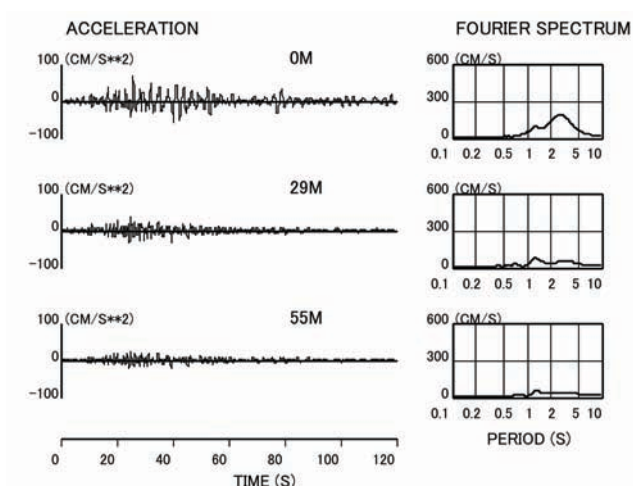


図4 入力地震動による地盤応答。

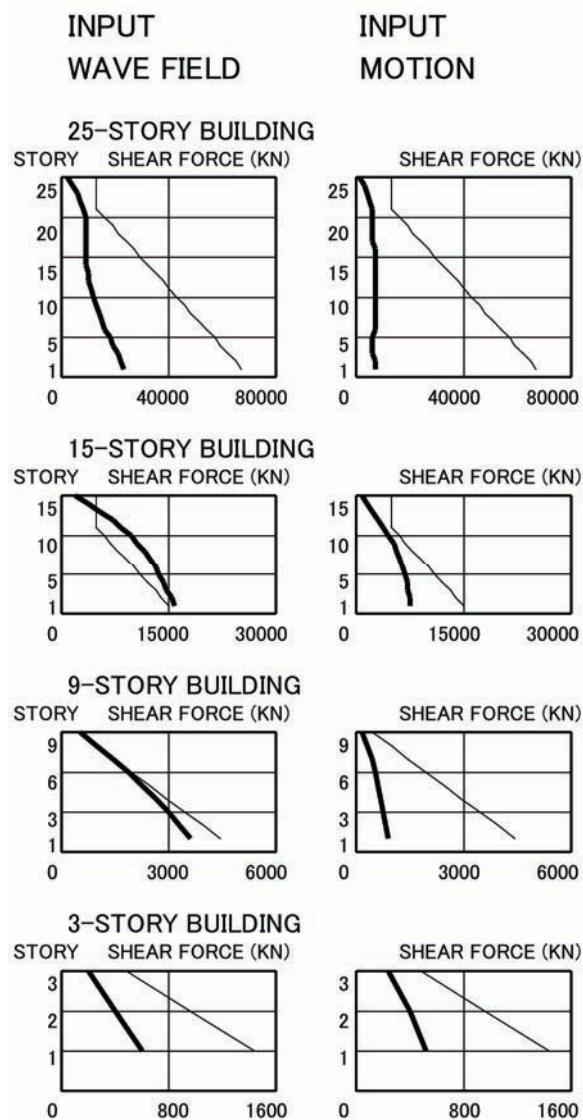


図5 最大せん断力の垂直分布。細い線は、降伏強度を示す。

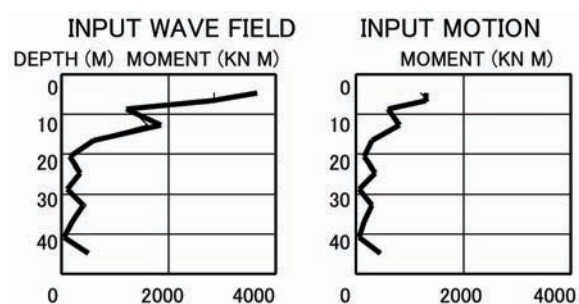


図6 9階建のビルの、角杭の最大曲げモーメントの垂直分布。細い線は、相互作用系から上部構造を除去した場合を示す。