

- 5 観測記録からみた建物と地盤の相互作用

Characteristics of Soil-Structure Interaction Estimated from Strong Motion Records

(研究期間 平成 11～13 年度)

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

鹿嶋俊英

Toshihide Kashima

Synopsis – The dynamic soil-structure interaction (SSI) is one of the most important factors for the accurate evaluation of seismic input motion to buildings. This study aims to investigate actual SSI phenomena from strong earthquake motion records. One of sites is the Urban Disaster Prevention Research Center building of Building Research Institute (BRI). It was constructed in 1998 and instrumented with up-to-date observation system. Twenty-two sensors are configured in the building and in the surrounding ground. The effect of SSI and three-dimensional behavior of the building during earthquakes can be grasped through the analyses of those records. In addition, we are operating some strong motion observation sites that have three accelerometers on the ground, at the basement of a building, and at the top of a building. This paper discusses general properties of SSI effects that can be detected in strong motion records.

【研究目的及び経過】

新しい建築基準で取り入れられた性能設計の観点からは、建物の耐震性能を的確に把握することが重要であり、そのためには地震入力を適切に評価することが不可欠である。建物と地盤の動的相互作用は建物への地震入力を考える上で影響の大きい要素のひとつであるが、地震動の持つ不確定性や地盤構造及び基礎構造の複雑さから、その影響を定量的に評価することは非常に困難である。本研究では建物と地盤の両者を対象とした強震観測記録から、地表で観測される地震動と建物の地震応答を分析し、動的相互作用効果の定性的な特性を分析し、将来の簡便な動的相互作用効果評価法の開発の資料とすることを目的としている。

【研究内容】

建築研究所が実施している強震観測の記録を用いて、地震による建物の実際の動的相互作用効果を分析する。まず、建築研究所都市防災研究センター棟で行っている高密度多点強震観測の記録から、この建物における動的相互作用特性を詳細に検討し、相互作用効果の定量的な評価を試みた¹⁾。次にこれに加え、日本工業大学、名古屋合同庁舎、高松国税局などの観測記録の分析を行い、建物の違いによる定性的な傾向を検討した。

【研究結果】

建築研究所は地上 8 階、地下 1 階の都市防災研究センター棟(通称新館)内に 11 台、周辺地盤内に 7 台、本館建物内に 4 台の計 22 台の加速度計を設置し、同時観測を行っている(図 1)。フーリエスペクトル分析から求めた結果、地盤と建物の動的相互作用の影響を含んだ新館建物の固有 1 次振動数は NS 方向、EW 方向とも 1.7Hz 付近と考えられる。

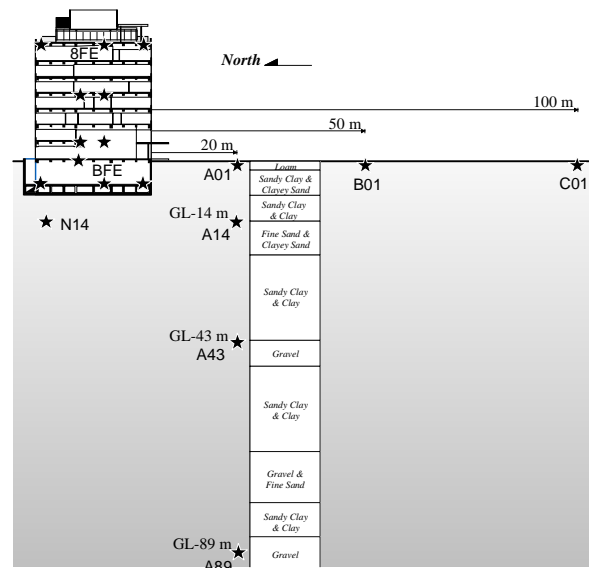


図 1 都市防災研究センター棟(新館)の強震観測

相互作用効果を検討するために建物基礎部にスウェイ及びロッキングの自由度を有する簡易なモデルを用いて、建物内及び地盤上で得られた 5 地点の加速度記録から、建物頂部の変位からスウェイ、ロッキング及び建物自体の変形成分の分離を行う。図 2 は 2000 年 7 月 21 日の地震時の建物 NS 方向についてスウェイ、ロッキング及び建物変形の比率を示したものである。この地震動は計測震度にして 3.6 程度の大きさで、この観測地点で最も大きな記録のひとつである。地震動の継続時間中に各比率に大きな変動はなく、スウェイ比は 2%、ロッキング比は 8% 程度である。EW 成分についても同様の傾向を示し、スウェイ比 3%、ロッキング比 11% 程度であった。

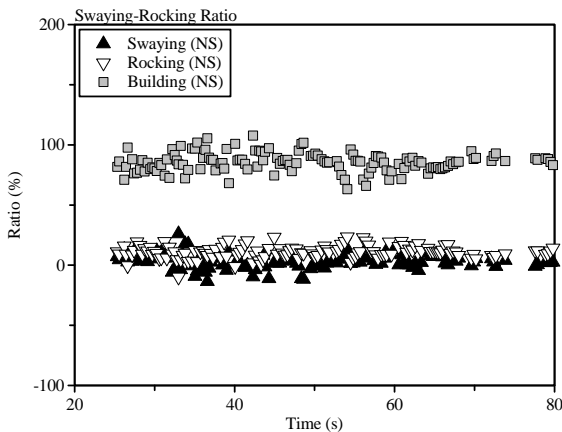


図2 スウェイ比、ロッキング比の時刻歴(NS成分)

同様の分析を計24組の強震記録に対して行ったが、最大で震度3.6の地震動強さの範囲内では地盤の非線形性の影響は明確には認められなかった。

建築研究所では近年強震観測地点を新設する場合、出来る限り地盤上の加速度計を設置し、建物の基部、頂部と加えた3点観測を目指している。3点観測であれば建物内の記録と地盤上の記録の比較から、相互作用系の振動特性の検討や入力損失の評価が可能となる。日本工業大学、名古屋合同庁舎、高松国税局などがこの例にあたり、ここ数年でいくつかの記録が得られている。そこでこの3箇所の観測地点に前述の新館建物を加えた表1の4地点について、各2組の強震記録を分析する。

表1 強震観測建物

記号	観測地点	建物概要
ANX	建築研究所新館	SRC8階、地下1階
NIT	日本工業大学	RC6階
NYG	名古屋合同庁舎	SRC11階、地下2階
TKM	高松国税局	SRC8階、地下1階

図3はスペクトル解析において頂部/基礎部(ロッキングを含んだ系)から得られる固有振動数とピーク高さに対する、頂部/地表(スウェイ及びロッキングを含んだ系)で得られる固有振動数とピーク高さの比をプロットしたものである。この比は建物応答に表れるスウェイの影響を表す。埋め込み(地下階)のある8階~11階建ての中高層建物(ANX、NYG、TKM)ではスウェイによる固有振動数の低下は数%と小さく、またスペクトル比のピーク高さの低下も数%から十数%程度である。これら3棟におけるスウェイ成分の影響は小さい。対して埋め込みのない6階建てのNITの場合は固有振動数が10~20%低下し、スペクトル比のピークの低下も著しい。スウェイの影響が顕著と判断できる。

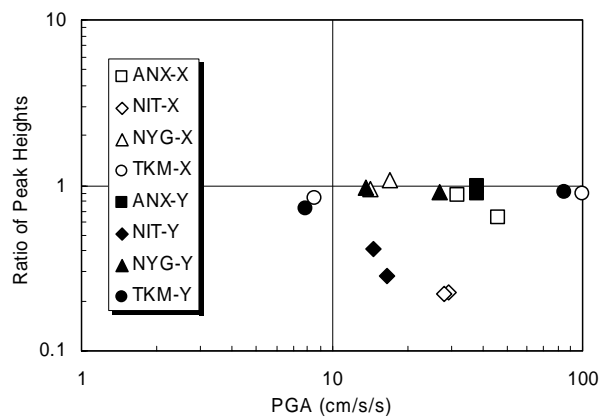
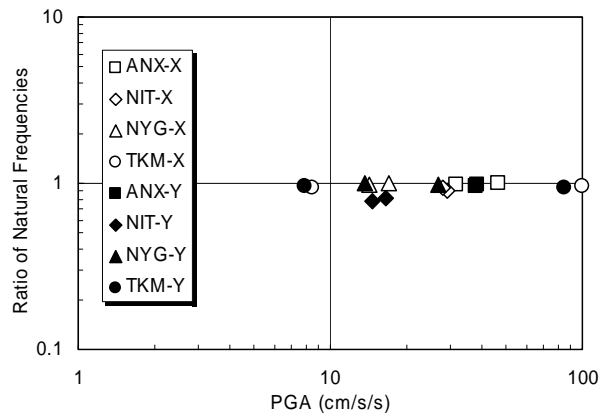


図3 固有振動数比(上)とピーク高さ比(下)

本来結果の解釈には埋め込みの有無や建物の規模だけではなく、地盤特性との関係や基礎形式の差異も考慮する必要があり、より詳細な検討が必要ではあるが、検討した範囲では建物が高く埋め込みのある場合はスウェイの影響が小さく、スウェイによる見かけ上の減衰の増加も小さいと指摘できる。一方で3点観測ではロッキングの影響を分離することが出来ないことに注意する必要がある。すなわち建物高さが高いほどアスペクト比も大きくなり、ロッキングの影響が増大することが十分に予想され、その評価も今後の検討課題である。

【参考文献】

1)Kashima T., et al.: Earthquake Motion Observation and SSI Characteristics of an 8-story Building in BRI, The 2nd UJNR Workshop on Soil-Structure Interaction, Building Research Institute, 2001.