

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007-2008
 課題番号：19560580
 研究課題名（和文） 建物—地盤系の地震観測と数値解析に基づく有効入力動の抽出と評価尺度の構築
 研究課題名（英文） EXTRACTION OF EFFECTIVE INPUT MOTIONS TO STRUCTURES AND THE EVALUATION MEASURE BASED ON EARTHQUAKE OBSERVATIONS AND NUMERICAL ANALYSES
 研究代表者
 井口 道雄（IGUCHI MICHIO）
 東京理科大学・理工学部・教授
 60084456

研究成果の概要：地震時に、建物に入力となって作用する地震動（有効入力動）は、建物周辺地盤で観測される地震動とは異なる。本課題では、地震観測記録から有効入力動を抽出・分析し、建物への入力動は地盤での地震動より小さくなり、その特性は地震動に含まれる振動数の成分によって大きく異なることを明らかにするとともに、有効入力動を量的に適切に評価するための尺度として地震動の累積2乗積分値の比が安定した評価尺度となることを、実観測記録に対して検証した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	900,000	270,000	1,170,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,500,000	450,000	1,950,000

研究分野：

科研費の分科・細目：建築学 建築構造・材料

キーワード：地震工学・地震動・有効入力動・建物と地盤の動的相互作用・評価尺度

1. 研究開始当初の背景

地震時における建物応答をシミュレーション解析によって照査する場合、地盤上で採録された地震動記録をそのまま建物上部構造への入力地震動とする想定では、建物の実挙動あるいは建物被害の実態を十分説明できないことが多い。その要因は、地震時に上部構造に入力となって作用する地震動（これを有効入力動あるいは実効入力動という）が適切に評価されていないことによる。

したがって、建物への有効入力動の特性を把握すること、さらには地盤上での地震動を基にそれを推定する手法を確立することは、

建物の耐震性能を適切に評価する上で、さらには建物の地震被害予測を行う上で極めて重要となる。

有効入力動に関する研究の重要性は比較的古くから指摘されていたが、それが実証記録を基に明確に認識されるようになったのは、兵庫県南部地震の地震記録の分析と1994年のノースリッジ地震で採録された地震記録の分析を通してであるが、有効入力動の特性は十分に把握されていない。

2. 研究の目的

本研究課題は、建物内部およびその周辺地

盤で同時観測された実地震動記録を数多く収集し、それらから上部構造への有効入力動を抽出して有効入力動の特性を実証的に把握するとともに、特に、地盤で観測された地震動と有効入力動の関係を量的に評価するための評価指標の構築を主目的としている。

3. 研究の方法

建物およびその周辺地盤における同時地震観測の事例はきわめて少なく、利用できる地震観測記録は限定されている。このような状況の下で、防災科学技術研究所の大型振動台基礎とその周辺地盤、さらに国土交通省建築研究所建物とその周辺地盤での高密度地震観測記録は、有効入力動を実証的に把握しそれを評価する上で貴重な資料となる。

本課題では、上記の両研究機関の協力を得て提供された、これらのサイトでの数多くの実地震観測記録を詳細に分析し、有効入力動の特性を把握するとともに、有効入力動を量的に評価するための評価尺度を提案し、その有効性を実観測記録に適用することによって検証した。

4. 研究成果

地盤—建物系の地震観測記録の分析によって得た主要な研究成果は以下の通りである。これらの中には、本研究課題の主要目的以外の副次的な内容を含むが、地震観測記録の分析を通して得た貴重な知見を含んでいることから、研究成果の一部に加えてある。

(1) 有効入力動の特性に関する知見

埋め込み基礎を有する建物では、上部構造への有効入力動として、水平成分に加えて回転成分の入力動も作用し、それらは地震動に含まれる振動数成分によって異なる性状を示すことがわかった。すなわち、水平成分の有効入力動は、地動に含まれる振動数成分が高くなるにしたがって小さくなるのに対し、回転成分の有効入力動は、地動に含まれる高振動数成分の増加に伴って逆に大きくなる傾向を示すことを明らかにした。

この知見は、これまでほとんど顧慮されることがなかった回転成分の有効入力動を実地震動記録から抽出し、その性質の一端を明らかにしたもので、その意義は大きい。

回転成分の入力動が建物の耐震設計に及ぼす影響についての検討は、今後の研究課題となる。

(2) 有効入力動の評価尺度に関する知見

①有効入力動の評価指標として、地表と基礎の地震動波形に対して、それぞれの2乗積分値の平方根の比（有効入力係数と呼ぶ）を提案し、これが地盤—基礎系の周波数伝達関数と関連することを理論的に明らかにした。さ

らに、有効入力係数と伝達関数が良好に対応していることを観測された実地震観測記録を用いて検証した。

②新たな指標として提案した有効入力係数は、建物への有効入力の評価指標として安定した指標となることを、実地震記録への適用を通して確認した。

従来、有効入力動の評価指標としては地表および建物基礎での地震動の最大値の比が一般に広く用いられてきたが、この指標は波形の最大値という瞬間の値を用いている点でその安定性に難があった。これに対して、新たに提案した有効入力係数は、従来の指標に代わる簡便で安定した指標として広く用いられることが期待される。

入力動としての地震動波形の2乗積分値は建物へのエネルギー入力にかかわることから、本提案の有効入力係数は、建物へのエネルギー入力を評価する評価指標として利用できる可能性を持っている。この点に関する研究は今後の課題となる。

(3) 建物動特性の経年変化に関する知見

国土交通省建築研究所建物およびその周辺地盤で観測された過去8年間の415地震記録を分析した結果、建物—地盤系の固有振動数は、建物の長辺及び短辺ともに、1.9Hzから1.4Hzに減少していき、建物の剛性に換算して約50%低下していることが分かった。この原因は、地盤の経年変化の影響と上部構造に依存する二つの要因が考えられるが、詳細な分析の結果、地盤の影響は小さく主に上部構造に起因することがわかった。

下図には、建物固有振動数の経年変化の結果の一部が示してある。

実構造物の動特性に関して、このような大きな経年変化が認められた例はこれまで無く、この事例がこの建物固有のものか、あるいは一般に認められるのかは今後の重要な検討課題となる。

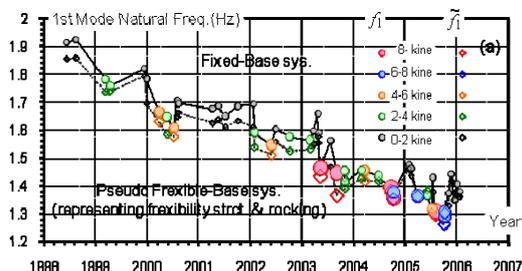


図 建物固有振動数の経年変化 (NS 方向)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 4件)

①川島学、井口道雄、箕輪親宏：地震観測に基づく基礎有効入力動の抽出とその評価指標に関する研究；日本建築学会構造系論文集、No.615、pp85－92、2007年5月、(査読有)。

② Kawashima, M., M.Iguchi and C. Minowa:A New Index for evaluation of Effective Input Motions to Superstructure, Proc. 9th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Ottawa Canada, June 2007, (査読有)。

③岡野創、永野正行、今村晃、徳永良一、土方勝一郎：応答スペクトルとエネルギースペクトルのスケーリング；日本建築学会構造系論文集、No.637、pp477－486、2009年3月、(査読有)。

④Nagano, M. and T. Watanabe: Theoretical Ground Motions Using Thin Layer Method and Numerical Improvement for Application ; 7-th General Assembly of Asian Seismological Society of Japan, 2008 Fall Meeting、ppX4－079、2009年、(査読有)。

〔学会発表〕(計 3件)

①川島学、大川出、鹿嶋俊英、井口道雄：建物－地盤系動特性の総合評価に関する研究 その5 建築研究所建物における基礎入力動の評価；日本建築学会、福岡大学、2007年8月。

②川島学、大川出、鹿嶋俊英、井口道雄：建物－地盤系動特性の総合評価に関する研究 その6 建築研究所建物における動特性の変化に関する一考察；日本建築学会、広島大学、2008年9月。

③永野正行、土方勝一郎、岡野創、今村晃、徳永良一：地震動の応答スペクトルとエネルギースペクトルに関する基礎的研究(その1)；日本建築学会、広島大学、2008年9月。

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1)研究代表者

井口 道雄 (IGUCHI MICHIO)
東京理科大学・理工学部・教授
研究者番号：60084456

(2)研究分担者(2008年度)

永野 正行 (NAGANO MASAYUKI)
東京理科大学・理工学部・教授
研究者番号：60416865

(3)連携研究者

なし