

I 構造研究グループ

I-1 地震時における建築物への実効入力地震動の評価に関する研究

Study on Evaluation of Effective Input Motion to Buildings during Earthquakes

(研究期間 平成 17～19 年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

国際地震工学センター
International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

大川 出
Izuru Okawa

鹿嶋俊英
Toshihide Kashima

飯場正紀
Masanori Iiba

小山 信
Shin Koyama

森田高市
Koichi Morita

It is very essential to acquire and accumulate the recorded motions to identify the effective input motions to the response of building structures. The volume of currently available data for that purposes are, however, quite limited. With those as background, we planned and conducted various types of investigations including strong motion recordings, arrayed aftershock recordings in a building at the affected regions with large earthquakes, and also microtremor measurements with densely instrumented sensors around the objective buildings. Various records were obtained during limited period. The evaluations of effective input motions to buildings were conducted in this research project.

【研究目的及び経過】

構造物に実際に入力した地震動を特定することは、遠い昔からの課題である。その定量的な検討は、多点（例えば、地盤-基礎-上部構造等）で振動を同時測定し、それらと比較することによって可能となる。しかしながら、最も重要な測定データに基づく地盤と構造物系の振動性状の評価は現状でも十分には行われていない。

2004 年中越地震では多くの大加速度記録が得られると共に、顕著な被害建物に関して詳細調査が実施された。

また、余震観測により建物基部、上部、地盤の 3 点での記録が得られている建物がある。これらを研究対象とし解析的検討も加えて、実効入力地震動の評価方法について検討した。さらに、同データベースの拡大のため、余震を対象とした建物内の強震観測を行った。さらには、常時微動測定による評価の可能性も探った。

【研究内容】

建築物への実効入力動の推定の問題について、平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震における K-NET 小千谷地点での観測記録の解釈と、観測点に近接する小学校校舎および周辺地盤の挙動などについて検討し、実効入力動の評価を行った。

同小学校校舎には強震計は設置されておらず、同地震時に校舎建物へ作用した地震動レベルは知ることができないが、本震直後から、校舎内外での余震観測、微動測定、地盤調査などが行われた。担当者等は、本震直後に校舎内での短期間の余震観測や、校舎周辺の地盤調査、さらに周辺地盤と校舎での余震観測、同時微動測定などを行った。

本研究での検討事項は以下のようにまとめられる。

1. 過去の地震時の被害や観測データから推定される実効入力地震動に関する検討

建築研究所が行う強震観測のうち、近傍地盤上での同時観測を実施している事例について、建築物基部（1 階、あるいは地下階）と地盤上での観測値の比較を行い、建築物による差を検討した。

2. 実効入力地震動評価を目的とした強震観測の実施

建築研究所に隣接する（独）教員研修センター（つくば市、7 階建て、RC 造、用途：寮）において、常時微動観測と強震計の設置（建物内には、強震計を 5 点、地盤上は 2 点）した。建築物の平面寸法が 10m x 54m であり、張間方向は基礎のスウェイ・ロッキングの影響が大きいと考えられる建物である。地震観測結果から、建物の短辺方向において、並進とねじれ振動を検出した。微動測定により、並進とねじれ振動の振動数が明確に区別されにくい振動であることが確認された。また、建物の長辺方向では、地震観測結果と微動観測結果における建物の卓越振動数が、ほぼ対応する結果が得られた。

3. 収集された地震動データの建物・基礎・地盤の各種条件に基づく分類

強震観測点である地下階を有する釧路合同庁舎及び八戸市庁舎において観測された建物最下階と周辺地盤での観測記録を用いて、建物に作用する入力地震動の検討を行った。検討には、いままでに観測された強震記録を用いた。地表面の最大加速度が小さい範囲では、地表面に対する地下階の応答は大きくばらつくが、地震動レベルが大きくなると、最大加速度の比は 0.7 程度となり、1995 年の兵庫県南部地震における観測記録から提案された結果と整合した。また、地下階により地震動の周期の

短い成分が大きく低減することが確認された。

4. 強震観測を実施の建物の地震応答解析の実施

建築研究所新館の簡易な振動モデルを作成し、観測記録のシミュレーションを実施し、解析より得られた建物への算出入力動と、建物近傍の観測点での記録との比較を行った。解析により得られた建物への有効入力である算出入力動と建物近傍の地表面での観測記録を比較した結果、1~5Hz付近で入力損失の効果がみられ、この帯域では振動数の増加と共にいわゆる入力損失の効果は大きくなる傾向にあることがわかった。

5. 基礎入力動の簡易評価式の妥当性の検証

原田の提案式¹⁾の妥当性を観測記録により検証した。すなわち、建築研究所内建物で観測された過去のすべての地震動(111波)について、地表面に対する地下1階の観測記録(NS方向)のフーリエスペクトル比を求めた。簡易評価結果と観測記録のフーリエスペクトル比の平均値を図1に比較する。0.2秒より低い周期域では、簡易評価結果がやや低めの値となっているが、その他の周期域ではほぼ包絡した形となっており、簡易式の適用性を確認することができた。

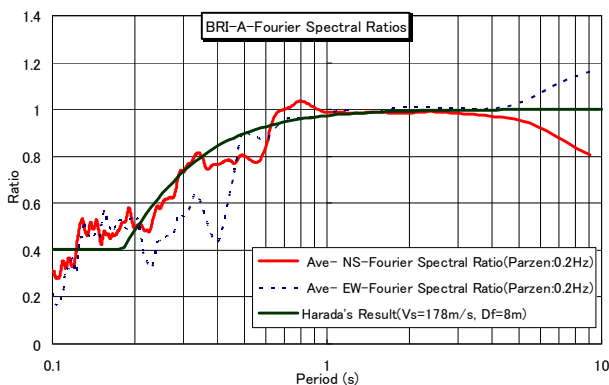


図1 観測におけるフーリエスペクトル比と原田の結果との比較(全観測地震動)

6. 小千谷小学校における地盤調査、余震観測、微動測定による実効入力動の検討

まず小千谷小学校で、ボーリング調査を行った。洪積層上面までの極表層部分の深さは、0.5~2.5mの範囲で変化に富むことから、地震動の短周期成分は一概ではないものと推察される。また、常時微動の多点同時測定を実施し、さらに地震計を1階に2台設置して近傍のK-NET観測地点と併せて3点アレイを構築し、観測を実施し、2007年7月16日中越沖地震における地震動を観測した。この観測記録を用いて、小千谷小学校建物の入力地震動と小千谷市街地の地震動特性を強震記録から検討した。小千谷市街地の4地点で得られた中越沖地震の強震記録を比較した結果、K-NETでは1.5Hzから3.5Hzの振動

数成分の増幅が、JMAでは5Hz以上振動数成分の卓越が観察された。学校建物の1階で観測された強震記録は、近傍の地盤上の観測地点であるK-NETの記録と比べて水平成分の最大加速度は半分程度の値、計測震度は0.9程小さい。この差は主に1.5Hzから3.5Hzの振動数領域の特性の違いに起因していることがわかった。

さらに、微小地震動の多点同時観測データの検討により、当該敷地へ到達する微小地震動は、振動数1~4Hzの範囲では振幅と位相は場所に依存せずに同程度であると推定することができた。

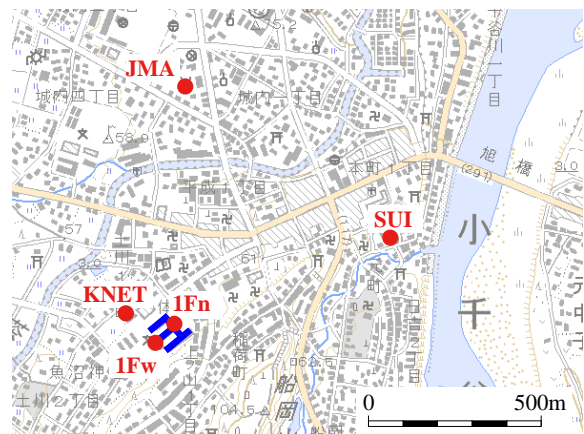


図2 小千谷市内の観測点および小学校校舎内2点への強震計の設置(1Fnと1Fw)

【研究結果】

本検討では、主として実測データを用いた実効入力動の評価に関する検討を行った。実測入力動としては、定常的に行われている地盤上、建物内の同時強震観測に加えて、期間を限定した余震観測、また微動測定の有効性についても検討を行った。特に今回対象とした小千谷小学校周辺地域は、地震活動度が高く、微小地震であれば、短期間強震計を設置するだけでも、有用なデータが取得できる。これらは、強震データを補完する資料として利用可能であることがわかった。建築物への地震動入力メカニズム解明のための強震記録、常時微動測定記録の蓄積が重要である。実測記録を用いた既往の簡易評価法の検証を行ない、それらの適用範囲などについての貴重なデータを得た。また、実効入力動の把握には、さまざまな特性による評価が重要であることがわかった。さまざまな条件での実測データの蓄積が今後不可欠である。

【参考文献】

- 1) 原田隆典他：有効地震動の計算式とその実測例による検討、土木学会論文集、No.362、pp.435-440、1985