

建築物の地震時挙動の把握に関する動向

A Trend of Investigation on Seismic Behavior of Buildings

鹿嶋 俊英*
Toshihide Kashima

The history of strong motion observation in Japan is reaching a half of a century. Building Research Institute (BRI) was a member of the committee that developed the prototype of strong motion accelerograph in the 1950s. BRI has been making endeavor at the improvement of observation network and the accumulation of precious records.

The 1995 Hyogo-ken-nanbu (Kobe) Earthquake radically changed the state of strong motion observation in Japan. Thousands of instruments have been deployed throughout Japan. These instruments are placed on the ground surface in order to monitor seismic intensities. On the other hand, instrumentation for building structures is still insufficient. Installations of strong motion equipments to low-rise buildings are relatively few in comparison with advanced structures, e.g. super-high-rise buildings, base-isolated buildings and seismic controlled buildings.

Severe damage was concentrated on residential houses and low-rise buildings in recent destructive earthquakes. Therefore investigation on seismic input mechanism and dynamic behavior of ordinary buildings is one of the most important research subjects.

This report introduces recent activities on strong motion observation of BRI and gives consideration to a trend of strong motion observation for buildings.

Keywords: strong motion observation, seismic response of building structures
強震観測、建物の地震時挙動

1. はじめに

兵庫県南部地震の調査とその後の調査研究は非常に多くの教訓を残している。文献 1)には兵庫県南部地震の 376 の記録が収録されている。その観測地点の分布は大阪の市街地に偏在しており、被害が甚大であった神戸市にはそれほど多くはない。また建物など構造物の記録の公開例は非常に限られている。

兵庫県南部地震以降、気象庁の震度計、防災科学技術研究所の K-Net、自治体震度情報ネットワークなど地表面上の地震動あるいは地震動強さを観測するネットワークは格段の密度の向上を果たした。しかしながら建物を対象とした強震観測事例はそれほど多増えたわけではない。

兵庫県南部地震の教訓から、建物を対象とした強震観測の充実が望まれている。一方で建物を対象とした観測は通常特定の目的を持って計画され、また相当に費用を要する。このため飛躍的な観測地点数の増加や早急な偏在の解消は望めない。本稿では建築研究所の強震観測を紹介し、新たな局面を迎えようとする建物を対象とした強震観測の動向を考える。

2. 建築研究所の強震観測

建築研究所では現在以下の 3 つの強震観測プロジェクトを実施している。

(1) 全国強震観測

1957年に始まった全国強震観測は、全国の主な都市に 47 箇所の観測地点を展開し、地盤や建物を対象

とした強震観測を行っている。全ての強震計は 16-bit 或いは 24-bit のデジタル式で、一般電話回線を使ったテレメータによって観測機器の管理を行っている。建物の場合は通常建物の頂部と基部に観測点があり、最近の観測地点で可能であれば地表上にも加速度計を設置している。図 1 に現有の観測地点の位置を示す。

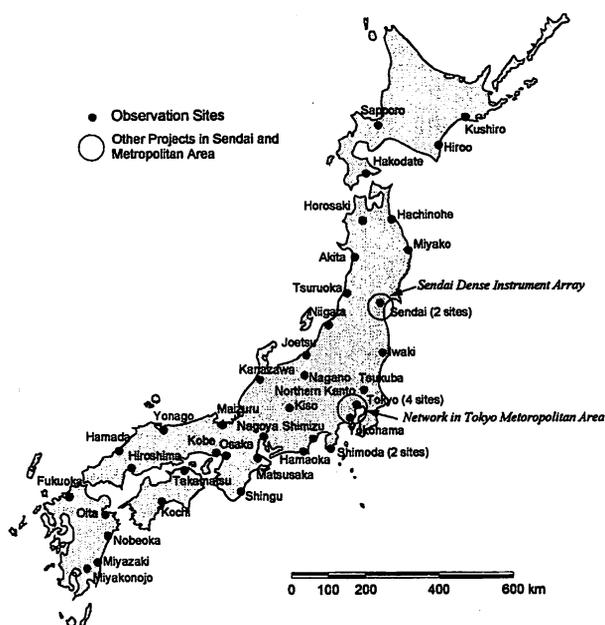


図 1 全国強震観測の観測地点

* 建設省建築研究所国際地震工学部主任研究員

* Senior Research Engineer, IISEE, Building Research Institute, Ministry of Construction

(2) 仙台高密度強震観測

1984年より1989年にかけて仙台市周辺に11箇所の観測地点を設け、表層地盤の増幅特性の解明を目指したアレー観測である。各観測地点には地表上、工学的基盤上、及びそれらの中間層に地中加速度計が埋設されている。観測地点の位置を図2に示す。1987年からは建設会社や設計事務所の参加を得て官民共同研究として10余年間の観測を行い、多くの貴重な記録を得ている²⁾。1999年に共同研究体制は解消したが、建築研究所は観測地点を6地点に縮小し(図中●)、老朽化した記録装置の更新を行って現在も観測を継続している。

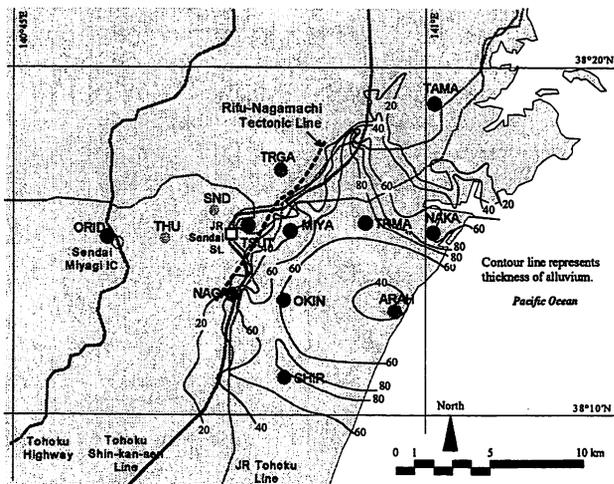


図2 仙台高密度強震観測

(3) 首都圏地震動観測網

1996年に設置したアレー観測網で、図3に示すように、首都圏に東京を中心として放射状に18の観測地点を有している。観測の目的は関東平野の大規模な地形の影響を観測記録から把握するとともに、地震発生時の地震動強さに関する情報を速やかに収集することにある。各観測地点での観測対象は主として建物で、建物の基部と頂部、可能であれば敷地地盤上にも加速度計を設置している。

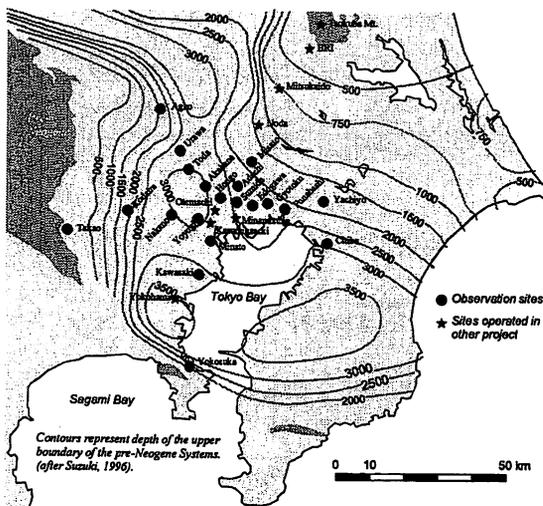


図3 首都圏強震観測網

3. 観測事例

前述したように建築研究所の強震観測の主な対象は建物である。一般的には建物の基部と頂部に加速度計を配置し、建物の応答を観測対象としている。最近の幾つかの例では地盤上の加速度計を加えて、3点の観測体制となっている。これは地表面上の地震動と建物の入力としての地震動を同時に観測し分析することにより、両者の溝を埋めることを意識している。また幾つかの観測地点ではより多くの加速度計を配置することによってより詳細な観測を行っている。ここでは全国強震観測の中からいくつかの多成分観測事例を紹介する。

(1) 建築研究所都市防災研究センター棟

1998年に竣工した建築研究所都市防災研究センター棟(新館)は地下1階地上8階建てのSRC造建物であり、新館内11点33成分、周辺地盤7点21成分、本館内4点12成分の計22点66成分の加速度計が設置されている。加速度計は図4に示すように、建物の立体的挙動、建物と地盤の相互作用、隣棟(本館)との連成振動、表層地盤の増幅など種々の現象が把握できるように配置されている。

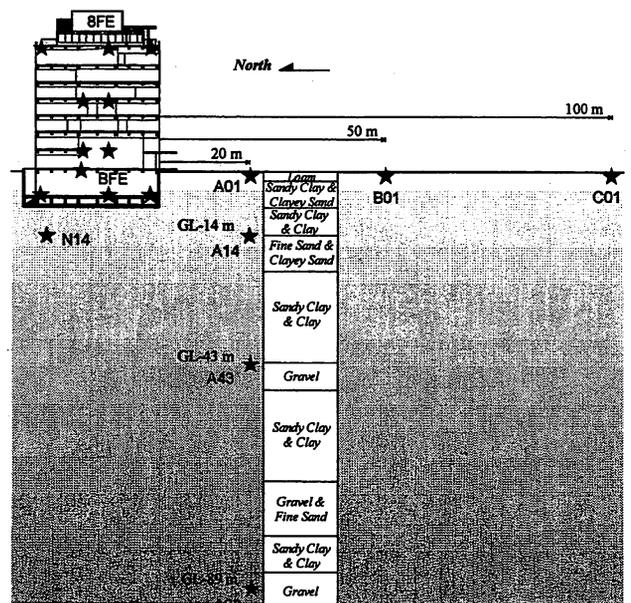


図4 建築研究所新館の観測

(2) 釧路気象台と釧路合同庁舎

釧路地方気象台で強震観測の歴史は1959年に遡る。以来1962年の広尾沖地震や1993年釧路沖地震など数々の強震記録と話題を提供してきた。気象台は2000年10月に釧路合同庁舎に移転し、旧気象台敷地での観測も終結を迎えることになる。釧路合同庁舎は気象台の北西1km程度に位置するが、気象台が段丘の厚さ20m程度の火山灰質堆積層上にあるのに対し、合同庁舎は低地の砂礫を主とした厚さ30m程の沖積層上にある。釧路における強震観測の歴史的意義と周辺の活発な地震活動、観測の継続性を勘案し、合同庁舎の工事段階より庁舎敷地に強震計を設置している。竣工時には免震構造である庁舎内に

も加速度計を増設し、計6点18成分の観測体制となっている。図5に旧気象台及び合同庁舎の位置を、図6に合同庁舎の観測体制を示す。

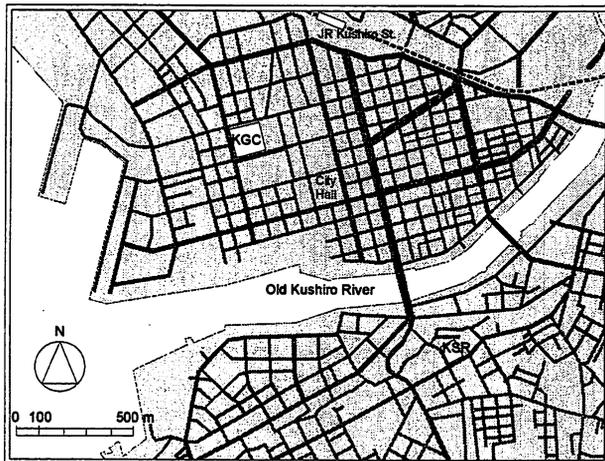


図5 釧路地方気象台と釧路合同庁舎の位置

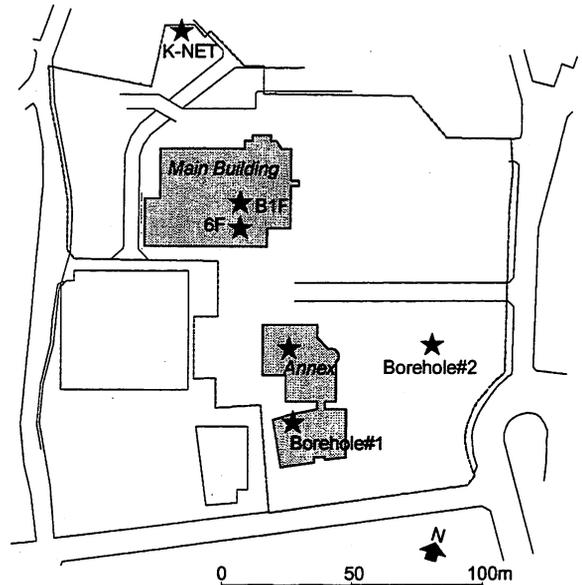


図7 八戸市庁舎配置図

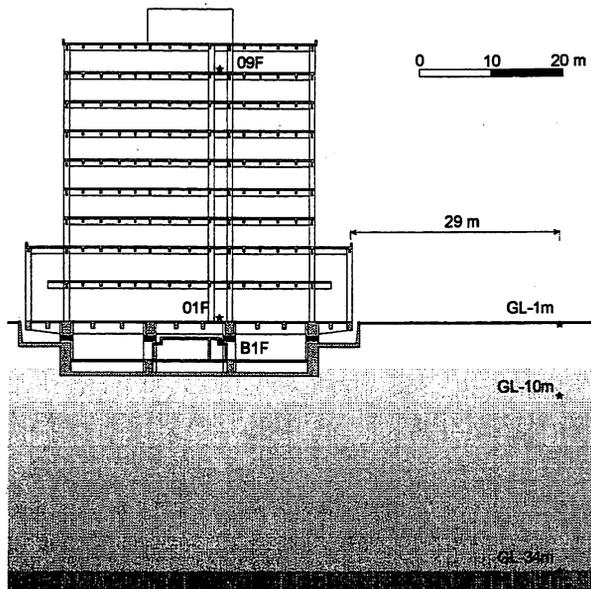


図6 加速度計配置

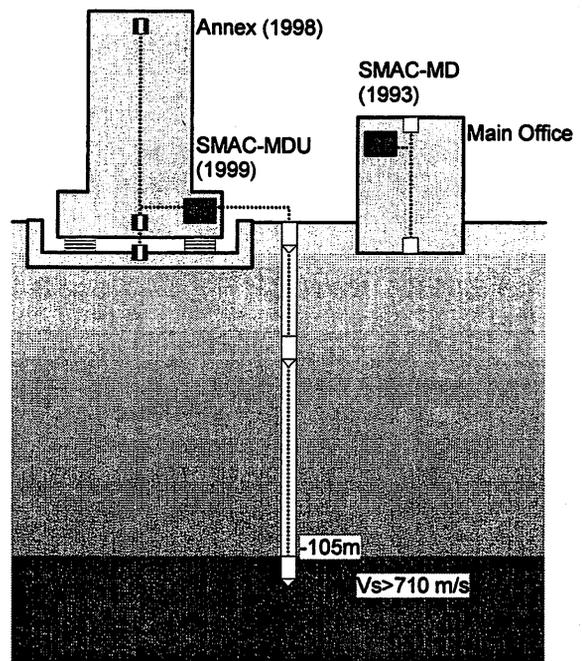


図8 加速度計配置

(3) 八戸市庁舎

八戸市庁舎は1968年十勝沖地震や1994年三陸はるか沖地震など、大きな地震動を度々経験し、少なからぬ被害を受けている。建築研究所は1979年にSMAC-M型強震計を市庁舎旧館(当時)に設置して以来観測を続けている。1993年の強震計の更新時に観測対象を旧館から新館(当時、現在の本館)へ変更したが、旧館はその後1994年三陸はるか沖地震で被災し、免震庁舎(現在の新館)に改築されている。建築研究所は1999年に竣工した新館にも強震計を加え、現在本館、新館及び地盤を対象に、計8台の加速度計を設置している。なお市庁舎敷地内にはK-Netの観測地点も設けられている。観測概要を図7及び図8に示す。

4. 建物を対象とした強震観測の動向

Watanabeによれば、1990年現在で強震観測事業推進連絡会議に登録されている強震計は1910台で、半数近くが建物に設置されている⁶⁾。その後被害地震が頻発し、強震観測の推進が図られたと考えても、その数は倍増には至らないであろう。当時登録されていない機器も多数あったと考えられる反面、登録されている観測地点でも機器の老朽化や保守体制の問題から機能していない場合も少なからずあり得る。このように数的な実態の把握は非常に困難であるが1000を超える程度の建物に強震計が設置されていると考えられる。

観測の対象建物は、超高層や大規模建物、免震や制振、その他新しい技術を採用した建物などが多い

ようである。その他中小規模の建物での観測は、観測を実施している機関の保有あるいは関連する物件が多くなり、相対的には数が少なくなる。

観測を行っている機関は大学や建築研究所など研究機関、都市基盤整備公団、NTT、JR等の公的機関、そして建設会社など多岐に渡る。いずれにしろ建物で得られた強震記録の全てが、積極的に公開されることは少ない。

この結果全体的に見ると地域的、質的偏りが生じることになる。高層建物や新技術を使った建物は大都市、特に首都圏に多くなる。その上観測を行っている機関の多くはやはり首都圏周辺に存在する。また数的に圧倒的に多い中小規模の建物での観測例は相対的に非常に少ないものとなる。

建築研究所でも社会情勢の変化と2001年4月からの独立行政法人化を踏まえ、強震観測のあり方を議論している。以下にその議論の内容を紹介する。

(1) 背景・目的及び方針

建物の地震時の挙動を把握することは、その耐震性能の向上のために必要なことである。特に地盤と建物の動的相互作用や表層地盤の増幅は建物の地震応答、すなわち地震被害に直接影響を及ぼす。強震観測は実現象の観測と分析の立場から、地震動の特性、地盤と建物の相互作用、及び建物の動的挙動の解明と定量的評価を目指す。

具体的には建物を対象とした観測を通じて、建物の大地震動に対する性能を評価するために必要な情報を提供し、耐震設計の改善(特に性能設計)に寄与する。また広域の観測網や地盤を対象とした観測は大地震時のマグニチュード、震源距離、及び地盤条件(地形を含む)と地震動の関係の定量化に役立ち、これらの関係は地震危険度評価に不可欠な情報となる。建築研究所の観測は主に前者の目的の下で推進する。

上記の目的のためには建物だけではなく地盤も含めた総合的な観測と多面的な研究が必要である。強震観測も建物系、地盤系、及びその両者を対象として、明確な目的を持って展開する。

近年大規模な観測網を展開している K-Net や気象庁の震度計、地方自治体の震度情報ネットワークは地表の地震動を対象としている。建物の検討で対象となる周期領域から考えると密度が粗い。建築研究所の強震観測はあくまでも建物が対象で、建物の挙動に影響を与える地盤や地形の効果、地震動の建物への入力機構、建物の動的な地震応答を解明するための観測である。

(2) 組織の整備と予算の確保

強震観測の実施には、計画立案、周辺情報の収集、交渉と諸手続き、機器の設置と維持管理、記録処理、記録の保管と管理、記録の分析、記録を使った研究と、多大な時間、費用及び労力を要する。また強震観測では記録のみならず、観測対象の地盤や建物の情報が重要であり、現有資料は様々かつ膨大で、整理と管理も重要な課題である。このために必要は組

織と予算が確保される必要がある。

(3) 中低層建物の観測強化

兵庫県南部地震で膨大な数の被害を受けた建物は木造住宅や中低層建物である(例えば7)。しかしながら戸建住宅や中低層建物の強震観測事例は少なく、また観測記録が得られてもその特性は複雑で、解析的に扱いが困難な場合が多々ある。現実に中低層建物の数は圧倒的に多く、早急に観測事例を増やして、その地震入力機構や地震時挙動の検討を行う必要がある。

(4) 強震観測の普及

強震観測の一層の普及を図るためには、広報の強化と制度的な支援が必要である。まずは施主、設計者、施工者そして利用者**に強震観測の意義を理解してもらうことが不可欠であろう。**一方で建物を利用する人全てに何らかの利益を供するような付加価値の創造も追求する必要がある。また蓄積された観測記録と研究成果は広く一般に還元されなければならない。これが更なる強震観測への理解を誘うこととなる。

5. おわりに

本稿では建築研究所の強震観測を紹介し、現状と今後の展開について考察を試みた。その開始以来半世紀が経過しようとしている強震観測は、21世紀を迎える今新たな局面に向き合っている。今後とも着実な進展を続けるためには、時代に適応した観測体制を模索する姿勢が必要である。一方で強震観測は継続である。数十年ひとつの地点で測り続けて判ることもある。強震観測はその様なバランスの上で発展してゆくのであろう。

参考文献

- 1) 日本建築学会兵庫県南部地震特別研究委員会: 1995年兵庫県南部地震強震記録資料集、日本建築学会、1996年1月
- 2) 建設省建築研究所、(社)建築研究振興協会: 仙台高密度強震観測総合報告書、1999年12月
- 3) 鹿嶋俊英他: 首都圏地震動観測網、日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)、1996年9月
- 4) 鹿嶋俊英他: 8層SRC建物と周辺地盤におけるアレー観測、日本建築学会大会学術講演梗概集(九州)、1998年9月
- 5) Kashima, T. et al.: "Characteristics of Strong Earthquake Motions Observed at Hachinohe City Hall", Proceedings of 12th World Conference on Earthquake Engineering (12WCEE), January 2000, New Zealand
- 6) Watanabe, T.: "Accumulation of strong ground motion records in Japan", Earthquake Motion and Ground Conditions, Architectural Institute of Japan, 1993
- 7) 平成7年兵庫県南部地震被害調査中間報告書、建設省建築研究所、1995年8月