

一般協力者との連携と旧型強震計の活用による地震観測体制の構築に関する研究

名古屋大学工学部社会環境工学科
建築学コース飛田研究室 高橋佳孝

1. 背景と目的

近い将来に発生が懸念される巨大地震では、広域にわたり甚大な被害が予測されている。このような災害に備え、耐震化対策を行い、また地震発生時に適切な対応をするために、広域で多様な対象をカバーした地震観測体制の果たす役割はきわめて大きい。

兵庫県南部地震以降、全国的な地盤の強震観測網は急速に整備された。気象庁や自治体の計測震度計が高密度で設置され、全国数千箇所の観測点からの震度情報は速やかに災害対応に活用されている。しかし、これらの観測網で波形記録の収集・公開はあまり行われていない。また、全国を均等にカバーし、高品質の波形データを一般公開している観測網も存在するが、詳細な検討には設置密度が十分とはいえない。さらに、建物の地震応答観測については、観測対象が特殊な建物に偏っており、継続的に公開・利用されている観測記録はごくわずかである。

また、地震防災においては国民一人ひとりの防災行動が不可欠であり、地震防災への興味を誘発するような防災教育の例は多数存在する。最近では、東大地震研ほかの首都圏小学校での地震観測や、京大防災研の満点地震計の活用など、強震観測と防災教育を結びつける試みも見られる。しかし、前者は高価・高性能な機材を使用した高密度観測網の構築が主目的であり、教育活動は副次的なものである。また、後者は強震計をツールとした防災教育という面が強く、観測記録の収集を重視したものではない。

以上の背景から、可能な限り多数の観測対象と波形観測記録を確保・活用するとともに、観測と結びついた継続的な防災教育を可能にする新たな枠組みが望まれる。このため、本研究では、非専門家との協働を誘導し、かつ極力安価な観測機材を用いた強震観測体制を提案する。そして、再利用強震計などを含む機材の開発・整備、設置例と観測結果、防災教育への展開などについてまとめ、本観測体制の可能性を明らかにする。

2. 一般協力者との連携による強震観測の基本体制

強震観測機材の更新などにより不要になった強震計等の再利用や安価な強震計の使用を前提とし、オフラインのスタンドアロン観測を基本とする。また、観測記録の回収とサーバへの転送、機材メンテナンスなどの作業を現地の観測協力者に依頼する。協力者には、インセンティブとして観測機材を無料で貸し出すとともに、それぞれの立場で強震観測を活用できるソフトウェア環境や教育プログラムを提供する。

観測の基本体制を図1に示す。強震計は建物の1階と上階などに個別に設置する。そして、地震発生時には、PCを直接接続して専用ソフトで記録を回収し、電子メールに添付して大学のサーバに送る。サーバでは記録のヘッダ等によりデータベース化し、結果はウェブGISにより利用できるようにする。観測地では、PCで回収した記録のオフライン分析や可視化ができるとともに、ネットワーク経由で広域の観測記録を参照することができる。

このように非専門家に観測の維持管理から記録回収まで任せ、

記録の精度、信頼性、即時性などに過度に期待しないことで、機材や設置、維持管理の費用・労力を抑えることができ、観測の展開が容易になる。また、大規模災害のインフラ障害時でも一定のレベルのデータ回収ができ、最終的に多数の建物の観測記録をデータベース化できる可能性がある。

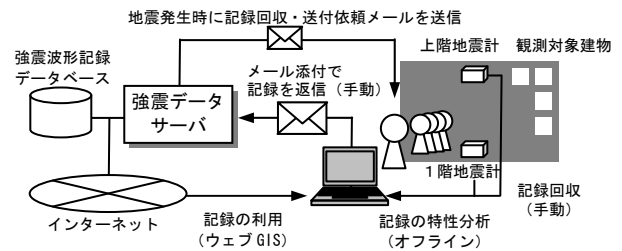


図1 観測協力者との連携による強震観測体制

3. 観測機材

本研究では、新型への更新により廃棄された K-NET95 地震計を主に用いる。内蔵バッテリーを廃止して安価な外付け UPS を用い、その他は本体と GPS アンテナのみからなる。K-NET95 をはじめ、旧型の強震計はインターフェイスが低速で、内蔵メモリも小容量である。

機器の特性確認として、E ディフェンスにおける振動実験で、普及型強震計や小型廉価型強震計と比較して特性試験を行った（写真1）。結果として K-NET95 地震計は、経年劣化と思われる不具合はあるものの、今回の目的には十分な性能を持つことを確認した。また、小型・廉価な半導体センサー強震計は、小地震の分解能の問題はあるものの、ある程度以上の振幅では良好な特性を示し、本観測体制で有効に活用できることを確認した。

強震計の記録回収等の方式は、機器の制約も考慮して新たな試みを行っている。小型の LinuxBox を用いたネットワークインターフェイスをあわせて用いることで、強震計の内蔵メモリ内の記録の読み取りや消去、NTP による時刻あわせ、記録を添付したメールの自動送信などが可能となる。これにより、強震計はネットワーク接続、インターフェイス速度、時刻同期、記憶容量などの制約にも対応できるため、旧式あるいは安価な機材の活用が可能となる。K-NET に続き、2009 年度からは自治体の計測震度計が全国一斉に更新されつつあり、大量に廃棄される観測機材を低コストで有効活用できる本手法の意義は高い。

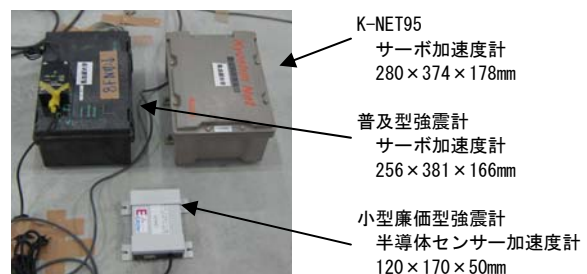


写真1 振動台実験における特性確認の状況

4. 高校における観測の運用例

提案する観測体制に基づいて、愛知県内の高校で、理科教員の協力により建物強震観測を実施している。写真2は鉄筋コンクリート造4階建校舎の外観と設置した強震計の状況である。観測記録の例を図2に示す。この高校は岡崎市にあり、これまでに6地震の記録が得られている。最大の記録は2009年8月11日駿河湾の地震で、地盤で震度3、建物4階では約50galの応答である。2台の強震計はトリガ運動しておらず、1階のGPSも受信していないが、上下動成分の0.5-3Hzの範囲で相互相関関数により十分な精度で時刻合わせが可能で、図2(d)(e)のように4階/1階の伝達関数が安定して求められた。以上より、本観測体制は、既存の地盤観測網の間を埋め、あるいは都市部の一般建物の観測を多数実現するために十分な観測精度を確保していることがわかる。



写真2 観測対象の高校校舎外観と強震計設置状況

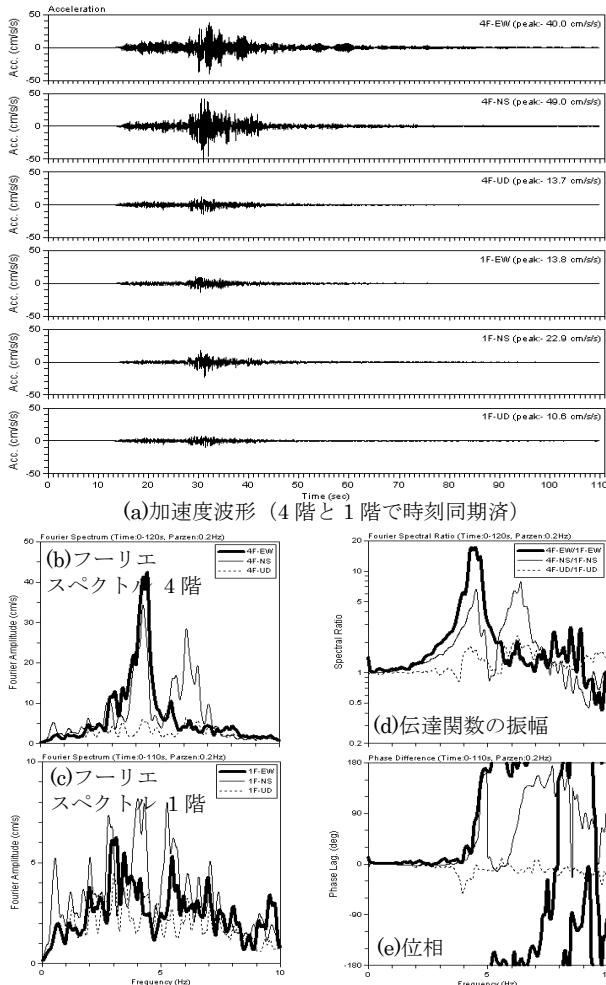


図2 高校校舎で観測された加速度記録の例とスペクトル・伝達関数 (2009.8.11 駿河湾の地震)

5. 防災教育ツール

強震計を用いた物理・環境・防災教育のために、関連ソフトウェアや観測記録の活用ウェブページの提供を行う。図3左は利用者に提供しているPC用ツールで、回収した記録の最大値、震度、波形、1自由度系の応答アニメーションや応答スペクトルが表示される。このソフトウェアにより強震計を振動の実験などにも活用できる。また、サーバに転送された観測記録は、図3右のようなウェブGIS環境で地学・地理の学習に活用できる。このように、高校の学習内容と関連付けたコンテンツを提供することで、防災意識を高め、高い教育普及啓発効果を望むことができる。



図3 学習用ソフト (左) とウェブGIS環境 (右) の例

6. 多様な対象への展開

観測網の拡大・観測密度の増大を進め、また防災教育の効果を高めるためには、関心の高い理科教員や一部の高校生だけでなく、より多くの生徒や小・中学生への展開が課題である。また、学校以外の観測協力者としては、強震観測を専門としない一般の建築技術者・研究者をはじめ、他分野の技術者・研究者、行政やメディア、さらには耐震・防災に興味を持つ個人や建物管理者などへの展開が考えられる。

たとえば、写真3のように一般家屋に強震計を設置する場合は、ウェブGISによる地盤状況や入力地震動を考慮した被害予測、観測対象建物の情報入力に基づく簡易耐震診断機能の実装、それらと観測記録の連携による建物のヘルスマonitoringと被災度判定などが可能なコンテンツの提供が考えられる。

このような展開を想定し、今後は教育対象者や観測協力者の地震・防災に関する知識・興味の段階、あるいは強震観測記録の利用用途等に合わせたコンテンツの開発を行う必要がある。



写真3 一般家屋の強震計設置状況

7. まとめ

本研究では、高校の教員などの非専門家との連携と旧型地震計の活用を前提とした観測体制をとることにより、システムの簡略化・ローコスト化と教育・啓発効果の両立を実現させるボトムアップ式の強震観測体制を提案し、その有効性を明らかにした。今後は多様な想定協力者や観測対象に合わせたコンテンツ開発を進め、高密度かつ広範囲に観測網を拡大していく必要がある。