

地震研究所総合強震観測システムの構築

坂 上 実^{*†}

Construction of the General Observation System for Strong Motion in Earthquake Research Institute

Minoru SAKAUE^{*†}

Abstract

The general observation system for strong motion on three-type buildings in Earthquake Research Institute has been constructed. This system consists of twelve accelerometers and a multi-channel data logger. The construction of a new building of Earthquake Research Institute was started at the end of 2004 fiscal year. The structure of the new building (Bldg.1) was designed to be a seven-storied reinforced concrete building of pile foundation with seismic isolation system. Division of Disaster Mitigation Science of Earthquake Research Institute. proposed a basic plan of strong motion observation with settled accelerometers. The main feature of this observation plan is the settlement of accelerometers ; two in pile, one on the base of isolation system, two at the eastern and western ends of first floor, one at seventh floor, and one on the ground, for the purpose of verification to the seismic isolation system when earthquakes occur. The recorded seismic data are to be gathered by the highly efficient multi-channel data logger AJE-8200 (MITUTOYO) placed at the room 1-512 of bldg.1 Three and two accelerometers were also settled in the old building (Bldgs.2, 3) respectively.

Key words : reinforced concrete building, seismic isolation system, strong motion observation, highly efficient multi-channel data logger

は じ め に

地震研究所旧本館（現 2 号館）は、1965 年に本郷地区より農学部構内の現在の場所に移転が行われた。その後、数回の増築を経て 1970 年に完工した。その後の研究規模の増大と構成員の増員に伴い、研究室や各種実験室などに不足が生じ 2 号館が手狭となり、研究活動に支障がきたすようになった。1997 年には、旧テレメーター棟（現 3 号館）が建設され、その後、新たに庁舎建設（1 号館）が 2002 年に計画された。

2004 年 2 月に東京大学地震研究所の総合研究棟新営工事が PFI^(*) 手法によって開始された。建屋は杭基礎免震構造の鉄筋コンクリート 7 階建てであり、後に地震研究所 1 号館と名づけられた。地震火山災害部門では、工事着工と同時に加速度計による強震観測設備の敷設を行った。地震

発生時の 1 号館の建屋の免震効果を検証するために、地表 1 カ所、鉄筋コンクリート製基礎杭中 2 カ所（接続部・底部）、基礎杭直上の免震装置取付け基礎台上 1 カ所に加速度計を設置した（壁谷澤・他、2006）。また、建屋内には 1 階の東西端部各 1 カ所と 7 階の西側端部 1 カ所に設置し、合計 7 カ所に加速度計を設置した。また、データ収録は、強震観測データ処理室（1-512）に設置した GPS 対応型の高性能多成分収録装置（ミツトヨ製：AJE-8200）を用いて行うこととした。なお、各観測点から収録装置までの配線は専用信号ケーブルを用いた。

一方、2006 年 3 月の 1 号館建屋の完工後に 2 号館の耐震補強工事が開始され、2007 年 4 月後半には補強工事が完了した。これにあわせ 2 号館 3 カ所及び 3 号館 2 カ所に異種構造物（免震・鉄筋コンクリート・鉄骨）の同時観測を実施する目的で観測点の増設を行った（図 1, 図 2）。これら増設された観測点のデータ収録を、既に 1 号館に既設の多成分収録装置に収録することにより 12 カ所 36 チャンネルの全観測点のデータ収集を同時に行う“地震研究所総合強震観測システム”が完成した。

2007 年 9 月 13 日受付, 2007 年 10 月 24 日受理

[†] sakaue@eri.u-tokyo.ac.jp

^{*} 東京大学地震研究所技術部技術開発室.

^{*} Technical Supporting Section for Observational Research, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo.



図 1. 地震研究所の現況
(手前 3 号館・中央 2 号館・右側 1 号館)



図 2. 耐震補強工事が完工した 2 号館

本技術報告では、地震研究所新庁舎建設に伴う強震計設置の基本計画と設置・運用に至るまでの経過を写真（付録 1, 2, 3, 4, 5）とともに報告する。

(*) PFI (Private Finance Initiative) 手法とは、公共施設等の建物、維持管理、運営等を民間の資金、経営能力及び技術的能力を活用して行う新しい手法。

1 号館の加速度計設置の基本計画

地震発生時における杭挙動の把握と建屋のねじれ、ロッキングなどを含む入力地震動に対する免震建物の応答を詳細に計測するために以下の建物内での強震観測の計画を立てた。また、強震時における建屋への安全確認と免震構造の効果を確認するために 1 号館の基礎台上、1 階東西端部 (2 カ所)、7 階および地表の 5 カ所に加速度計を設置した。これに加えて初期の土工事の基礎杭打設時に設置済みの杭中の 2 カ所と合せ、合計 7 カ所で強震観測を実施することとした。これらの地震データの収録は強震データ処理室に設置した多成分収録装置で同時収集することとした。建屋工事の進捗状況に応じ屋内の信号ケーブルの配線作業、加速度計、多成分収録装置及び時刻校正 GPS アンテナの設置を計画的に進めた (坂上, 2008)。

1. 基礎杭中への地中地震計の埋設

2005 年 3 月後半に基礎杭の打設工事が開始された。基礎杭中への地中加速度計検出器の埋設については、過去に事例のない特異な設営工法が必要となるため施工業者の清水建設と杭打設業者を交えて綿密な打合せを数回行った。通常検出器の埋設に用いられている保護管は 4 インチ径の塩ビ管が一般的である。しかし今回の検出器埋設仕様は、コンクリート杭中に生コンクリートが抽入され（後に既存杭と一体化する）、その中に塩ビ管を入れることは抽入後の曲がり及び変形などが生じるおそれがあり無理と判断された。そこで生コンクリート抽入後に検出器の埋設のためにコンクリート中へのボーリング掘削を提案したが、工期と

経費の問題で無理と判断された。これまで多くの地震計地中埋設を手掛けてきた著者にとって、今回の地震計の基礎杭埋設は、未経験であったため困難を極めた。そこで杭加工業者から杭の設計図の提供を受け、杭の両端部の形状を詳しく確認した。そして、杭両端部の孔口に接合用の鋼管リングが施されていることに着目し、その鋼管リングに保護管固定のための金属製十字形治具を取付けることを考えた。孔口、中間接合部 (2 カ所) 及び孔底の 4 カ所に治具を取付け、それぞれを溶接する方法について説明した概略図数枚を作成し施工業者に提案を行った。施工業者に概ね理解が得られたことから、この取付け方法を用いることに決定した。杭鋼管リング、金属製十字形治具、保護管をそれぞれ溶接することにより検出器保護管の強固な固定が可能になった (図 3)。

2. 地表観測点の設営

地表の観測点は、強震時に建屋の揺れの影響を極力受けずに地表の地震動を正確に計測するために 1 号館から建屋の高さ分の 30 m 分離した位置に選定した。そして 2 号館前の資料倉庫裏の地点に地中埋設用の加速度計を 1.5 m 埋設した (図 4)。埋設の理由は、今後の敷地再利用など考慮し地表上に地震計台及び局舎などは設けないようにするためである。地表観測点の設営作業は以下のように行った (工藤, 他, 1989)。

- 1) 埋設地点の掘削は、4 インチ (約 101φ) の塩ビ管が挿入可能な口径を持つハンドオーガーを用いて行い 1.5 m ほど掘削した。このうち深部の 90 cm 程度は、地中検出器の設置のため掘削孔を人為的に乱さないように注意した。
- 2) 地中検出器からの信号ケーブルは、配線保護管 (合成樹脂製可とう管: 内径 28 mm) に通し、埋設地点から 1 号館通用口前の地下の各種配管収納庫までテニスコートフェンス沿いに埋設配線した。埋設の深さは約 60 cm であり、ケーブル上には、赤いシートに「危険注意、この下にケーブルあり」と印刷され



図 6. 自作のステンレス製カバー（左）、保護カバー内部の検出器取付け状況（右）
（事務部庶務チーム隅に取付けた加速度計カバー・教材用に開発したアクリル製検出器カバー）



図 7. 基礎台の防水防滴型の検出器
（検出器後方：免震装置の角型積層ゴム）

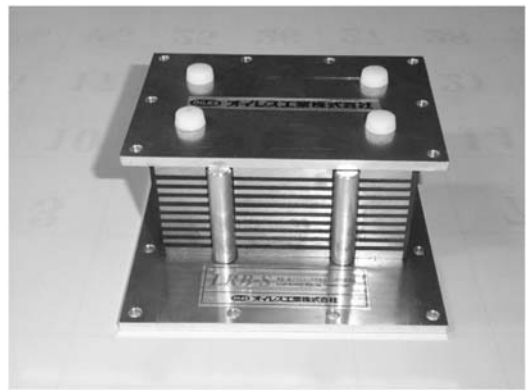


図 8. 免震装置の角型積層ゴムのミニチュア
（内部は 10 枚の金属板と間にゴム板が施されており、中心部の鉛のダンパーに棒が入っている）

にも同様の処置を施した。

- 4) 地中検出器の埋設とケーブル配線は、地震計設置を専門とする業者によって行われた。

3. 1号館建物内の加速度計の設置（4カ所）

別置き型の加速度検出器は、埋設杭直上にある免震基礎台上に1カ所、1階の東西端部に2カ所、7階に1カ所、合計4カ所に設置した。加速度検出器は現有のものを再利用し、保護ケースは検出器が外から目視できるように教材用として考案開発した自作のものを使用した（図6）（内田，2003）。免震基礎台上には防水防滴を施した市販の筐体（ミットヨ製：JEP-4A3型）の加速度計検出器を使用した（図7）。基礎台と建屋基部の間には、免震装置の角型積層ゴムが据え付けられており（大きさ約1200mm（W）×1200mm（D）×800mm（H））、地震発生時の建屋の揺れを減少させる働きがある。装置の外観は黒いゴムに被われ内部の仕組みは、企業ノウハウなどから公にはされていない。図8は、角型カットモデル（約1/12スケール）のミニチュアに模したものである。なお、加速度計の設置は以下のように行った。

- 1) 1階東西端部の加速度検出器の設置点は、東側の事務部庶務チーム北隅と西側の衛生機械室隅の支柱付近とし、7階の設置点は西側電気室隅の支柱付近とした（1階西側観測点の直上）。
- 2) 加速度計の設置はコンクリート床面にステンレスボルトで固定した（径10mm ネジ深さ20mm）。加速度計のステンレス製保護カバーは自作による。多成分収録装置の設置は、建屋工事の進捗状況にあわせ地震計設置の専門業者によって行われた（図9）。

4. 屋内配線とGPSアンテナの取付け

建屋の各加速度計から1号館5階の強震データ処理室までの信号ケーブルの配線は、1号館建屋の電気工事一式を請け負っていた東電通株式会社に、配線仕様を示し依頼した。仕様書では、信号ケーブルの保護は合成樹脂製の可とう管（内径16mm）を用いることと、配線は5階の強震データ処理室から1号館通用口前の地下の各種配管収納庫までが1本、免震ピット内の免震基礎杭台上の加速度計設置点までが1本、1階東西端部の加速度計の設置点までが2本、7階の加速度計の設置点までが1本であることを示



図 9. 1 号館 512 に設置した多成分収録装置
(多成分収録部本体 (左), データの自動収集 PC (右))



図 10. 屋上のアンテナ塔に設置した GPS
(中央部はアンテナ支持柱で横に GPS アンテナ)

した。近い将来の 2 号館の 3 観測点と 3 号館 2 観測点の同時観測を想定し、これとは別に 5 本の予備信号ケーブルの配線を地下免震ピットの配電ボックスまで行った。

信号ケーブルは通常用いている 18 芯複合専用ケーブル (径 18 mm) ではなく、安価な信号ケーブル (昭和電線製: LMPEV-SD 0.3sq-7P) を用い経費を極力抑えることにし、屋内配線用のケーブル 1600 m を電気工事業者に支給した。また、GPS アンテナ用の同軸信号ケーブル (8D-FB) も 100 m 支給した。加速度計の設置点と収録部設置点では、信号ケーブルの予長を 3 m ほど見込んで配線を行った。

時刻校正用の GPS アンテナは、屋上のアンテナ塔の下部に取付け (図 10)、信号ケーブルを 5 階データ処理室に引き込んだ。屋外のケーブル保護は鉄管で行い、室内では合成樹脂製可とう保護管の径 16 mm を用いた。

1 号館が 2006 年 3 月中旬に竣工し、完了と同時に強震観測システムが 3 月 17 日に計画どおりに完成した。観測開始後の 3 月 23 日 23 時 03 分頃に茨城県南部で発生した地震 (Mj 3.7) では、東京は無感であったが良好な地震記録を得ることに成功した。その後、2007 年 4 月 27 日の 1 号館、2 号館、3 号館の同時強震観測システムが完成するまでに 2006 年 4 月 21 日 02 時 51 分頃に発生した伊豆半島東方沖群発地震 (Mj 5.4) を含む、44 個の地震記録を得ている。

2 号館・3 号館の同時観測の基本計画

1 号館建屋の完工後に、2 号館の耐震補強工事が開始され、2007 年 4 月後半には工事が一通り完了した。そこで地表観測点を中心とした 1 号館・2 号館・3 号館の異種構造物 (免震・鉄筋コンクリート・鉄骨) の同時強震観測を目的とした観測点の増設を図った。そして、合計 12 か所 36 チャンネルのデータ収録を多成分収録装置で開始した。

これまで 2 号館では 1963 年の庁舎施設工事の終盤頃から 40 年以上にわたって強震観測が行われてきた。1963 年

11 月に SMAC-A 型強震計 (機械式: 1 号機 300 kg) を地下 1 階に設置し、また建設当時は 5 階建てであった最上階に小型化された SMAC-B 型の強震計 (100 kg) を設置した。1965 年には壁掛式タイプの SMAC-C 型を 2 階の第二会議室横の空調室に設置した。その後、建屋の増設を含め、現在の 2 号館が完工したのは 1970 年 3 月で、車庫 (旧計算機棟)、地下 1 階、2 階及びエレベータ機械室棟 (RF) の 4 か所で強震観測を継続してきた (坂上, 2005)。

今回の加速度計の設置に伴い、2 号館に設置している旧タイプの強震計 SMAD-MD 型の収録部本体 (記録媒体 4 Mb/16 bit/時刻校正ラジオ時報) は廃棄した。また、B1F、2F 及び RF の、3 ヶ所に設置している加速度計検出器 (JEP-4A3 型) は、現状で活用し、1 号館から地下地震計台室 (B24 号室) に信号ケーブルを施設することにより、B24 号室に集められた各加速度計からの信号ケーブルと接続した。また、3 号館には新たに 1 階 (蓄電池室) と屋上のエレベータ機械室に加速度計の設置を行った (図 11)。

1, 2, 3 号館の同時観測

2 号館の耐震補強後の強震観測では、補強効果の検証や将来の大地震時における建物の応答評価を適切に行うという目的から、地表記録との同期 (1, 2, 3 号館の同時観測) 観測が不可欠となる。また、隣接する異種構造物での同時強震観測は、3 構造の応答性状、耐震性能の比較はもとより、居住者の揺れに対する体感や、什器の移動、転倒などを比較する上でも、地震防災上極めて重要である (鷹野, 他, 2006)。特に、2 号館での強震観測は 1963 年に開始してから約 40 年以上にわたる長い歴史があり、この間に得られた強震観測データは 100 地震以上になるが、主だった強震データが数値化され刊行されている (吉澤, 1991)。また、SMAC 型強震計で得られた観測記録は、2005 年度より順次地震研究所古記録委員会により長期保存を目的とするマイクロフィルム化が行われている。今後、2 号館にお

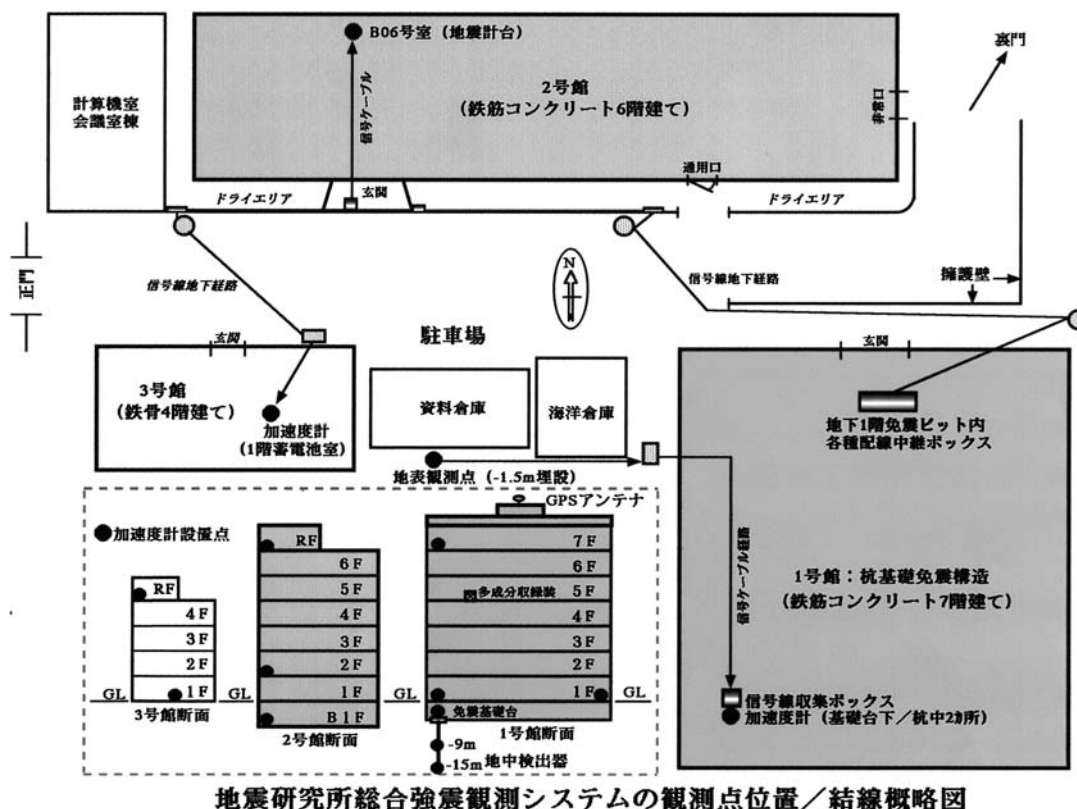


図 11. 地震研究所総合強震観測システムの観測点配置の概要



図 12. 基板収納ラック中に増設した A/D 基板 (左)・各検出器からの信号ケーブルの接続 (右)

ける強震観測を確実に提供するとともに耐震補強前後での応答の変化を調べることは研究上重要である。

同時観測のため、1号館の地下配線プールボックスから2号館の地下地震計台室(B24)までの配線と3号館の加速度計設置点までの信号ケーブルの延伸には、既設の地下共同配管を利用した。また、強震観測システムを構築するに当たっては、多成分収録装置の基板収納ラックに3チャンネル基板5枚のA/D基板の追加を行い、DSP(Digital Signal Processor)ボードを1枚追加した。また、多成分収

録の下段ラック内部には、各検出器から引き込まれた信号ケーブルの接続ターミナルを設けた。地表及び基礎杭中の2カ所からの信号ケーブルには、落雷など電源変動時に発生する破損防止対策を施した避雷基板を付加した(図12)。

表1、表2、表3は、総合強震観測システムにおける建屋ごとの観測点の設置場所、機器の種類、設置の方法、チャンネル及び観測成分を纏めたものである。

地中検出器、別置型加速度計及び多成分収録装置の主な仕様を以下に示す。

表 1. 1号館の加速度計設置状況

設置場所	機器の種類	設置の方法	チャンネル	成 分
地 表 部	地表用検出器	－1.5m埋設	1ch～3ch	NS/EW/UD
基礎杭底部	地表用検出器	－13m埋設	4ch～6ch	同
基礎杭接続部	地表用検出器	－ 7m埋設	7ch～9ch	同
免震基礎台上	地表用検出器	基礎台上固定	10ch～12ch	同
1F 東側端部	地表用検出器	庶務チーム隅床固定	13ch～15ch	同
1F 西側端部	地表用検出器	衛生機械室隅床固定	16ch～18ch	同
7F 西側端部	地表用検出器	電気室隅床固定	19ch～21ch	同

表 2. 2号館の加速度計設置状況 (EV:エレベーター)

設置場所	機器の種類	設置の方法	チャンネル	成 分
B1F 地震計台室	地表用検出器	地震計台上固定	22ch～24ch	NS/EW/UD
2F 掃除作業員室	地表用検出器	清掃作業員室隅床固定	25ch～27ch	同
RF・EV 機械室	地表用検出器	EV 機械室横床固定	28ch～30ch	同

表 3. 3号館の加速度計設置状況 (EV:エレベーター)

設置場所	機器の種類	設置の方法	チャンネル	成 分
1F 蓄電池室	地表用検出器	蓄電池室廊下側床固定	31ch～33ch	NS/EW/UD
RF・EV 機械室横	地表用検出器	EV 機械室隅床固定	34ch～36ch	同

- 1) 地中用検出器3台(ミットヨ製:JEP-4B3),測定範囲:±2000 Gal,感度:3 V/9.8 m/s²±3%,振動数範囲:DC～400 Hz,耐水圧:30 気圧,外形:90φ×540 mm×15 kg
- 2) 別置型加速度計9台(ミットヨ製:JEP-4A3),測定範囲:±2000 Gal,感度:3 V/9.8 m/s²±3% 振動数範囲:DC～400 Hz,外形寸法:192 (W)×192 (D)×150 (H) mm:5 kg (筐体教材用自作の5台含む).
- 3) 多成分地震収録装置(ミットヨ製(旧アカシ)AJE-8200)は,入力成分:最大99成分可能,記録範囲:±2097 Gal,振動数範囲:DC～30 Hz,A/D変換:24ビット,ダイナミックレンジ:114 dB,サンプリング:200 Hz,100 Hz,50 Hz,20 Hz,10 Hz,5 Hz,時刻校正:GPS,表示機能:震度表示付.

1, 2, 3号館同時観測で得られた強震記録

1, 2, 3号館の同時強震観測システムが2007年4月27日に完成し,その直後の29日07時33分頃に発生した地

震では,地表で3 gal程度の値を観測し,12カ所,36チャンネルの全観測点で良好な加速度記録を得た.なお,全観測点のトリガー地点は,基礎杭最底部の15mで3成分の何れかが0.5 galを上回った時点で全観測点の記録がスタートするように設定してある.2007年8月末までに23個の地震を観測しており,この間に3月25日の能登半島地震(Mj 6.9)や7月16日の新潟県中越沖地震(Mj 6.8)などの記録が得られている.

観測データの一例として,7月16日10時13分22秒に発生した新潟県中越沖地震(Mj 6.8)の加速度波形を図13,図14,図15に示す.この中越沖地震では,東京は震度3の揺れであったが,当日免震建屋でこの地震の揺れを体感した人によれば,一時船酔いのような気分になったとのことであった.地震研究所の全観測点12地点で観測された加速度波形を紹介する(図13:NS,図14:EW,図15:UD).P波の到達後の時刻100秒付近からゆっくりとした周期7秒前後の長周期の地震動が,300秒以上にわたって長く続いたことがわかる.

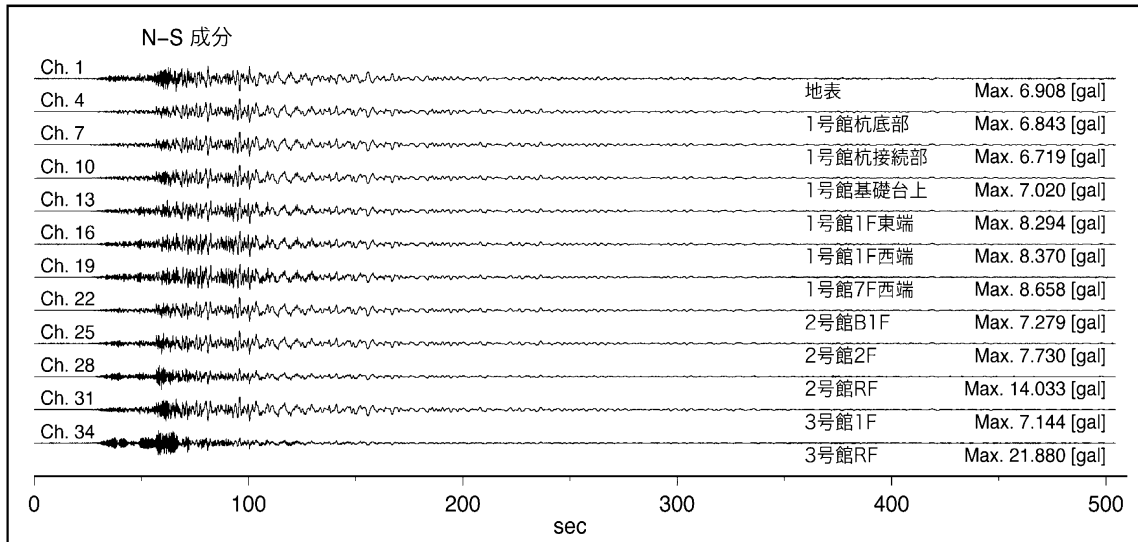


図 13. 地震研の N-S 成分観測点の加速度波形 (gal)

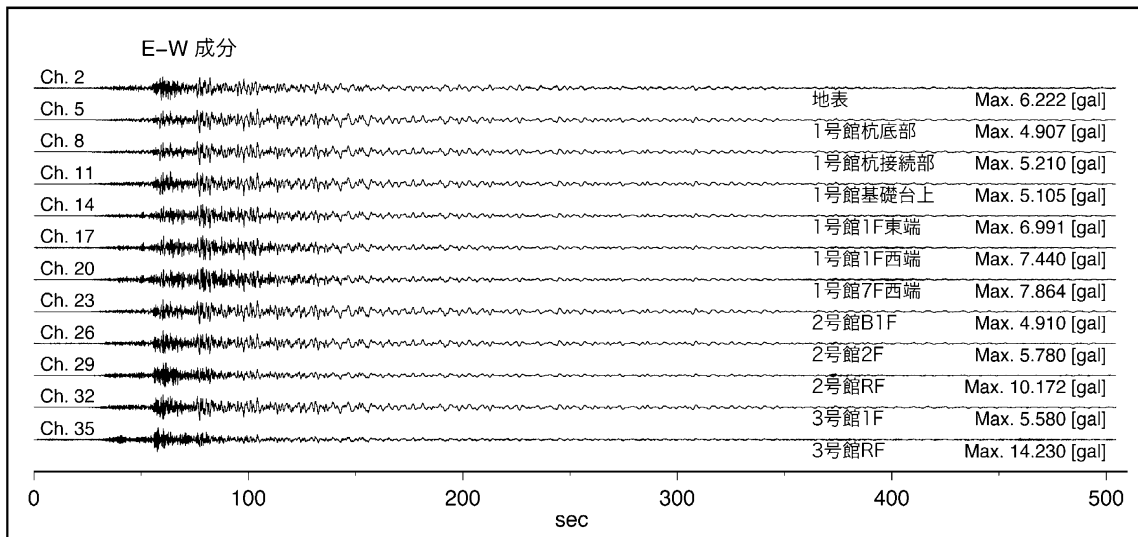


図 14. 地震研の E-W 成分観測点の加速度波形 (gal)

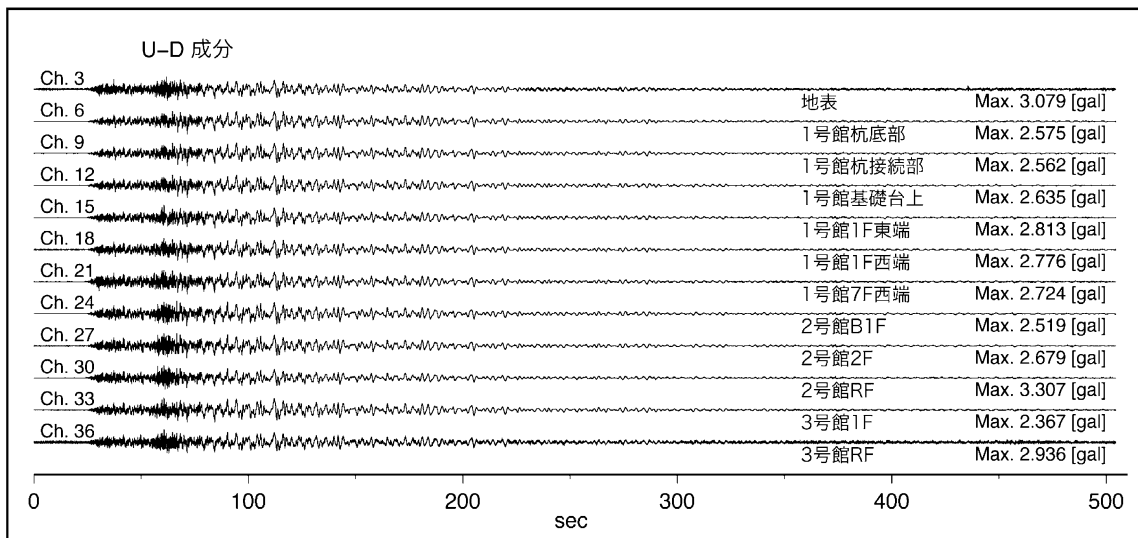


図 15. 地震研の U-D 成分観測点の加速度波形 (gal)

お わ り に

地震研究所総合強震観測システムの構築にあたり、東大施設部、地震研、PFI 事業者が集まる総合定例会議で加速度計の設置に関して説明を行い理解して頂いた。観測計画の提案が工事の開始直後であったため、関係者にご迷惑をかける結果になったことは反省点である。研究棟新営計画の早い段階に提案し調整を図って行っておれば経費の軽減も図られ、工事工程表に組み込まれスムーズに観測点設営計画が進捗したものと反省している。

今回の総合強震観測システムの構築は、多くの関係者の理解と協力を得て完成したものである。また、他に例を見ない異種構造物（免震・鉄筋コンクリート・鉄骨）の同時強震観測システムは、大地震発生時における3建屋の耐震性の検証など、今後の地震防災対策を考える上で画期的な強震観測システムであると自負している。また、基礎杭中への地中検出器の埋設状況は、免震基礎台下部の基礎杭中にコンクリート詰め状態での埋設のため、今後、検出器に不具合が生じた場合は、修理は不可能である。そこで、電源変動や落雷対策など可能な限りの不具合防止策を施した。また、構築した総合強震観測システムが長期間に渡って正常に観測が継続できることを願っている。

謝 辞：1号館の強震観測システムは、2005年度所長裁量経費に「地表用地中検出器・多成分収録装置21チャンネル対応・信号ケーブル・屋外及び屋内の配線経費・他」は、「地震研究所新庁舎への強震計設置計画の提案書」を提出させて頂き実施いたしました。また、杭中への地中検出器2台と埋設は、2004年度末の所内予備費により行われました。2006年度には、3建屋の異種構造物の12観測点で同時観測（12カ所）を行う目的で所内予備費を認めて頂き、多成分収録装置のA/D基板の追加、2号館3号館への信号ケーブルの延伸と3号館に新たに加速度計を設置させて頂きました。

地震研究所総合強震観測システムの構築には、東京大学施設部、地震研究所事務部とPFI会社のエヌ・ティ・ティファシリティーズ株式会社及び清水建設株式会社の関係者の皆様に大変お世話になりました。とくに、施工業者の清水建設には、基礎工事の杭打設中にもかかわらず、一時、杭打設作業を中断していただき基礎杭中に地中検出器埋設用の保護管取付け工事を行って頂いた。また、地表観測点からの信号ケーブル配線用のプールボックスも通用口横に設けて頂くなど、庁舎工事の最終段階には各種ケーブル配線を行う時に併せて強震計の信号ケーブルの配線も行っておくなど大変お世話になりました。また、地中検出器の埋

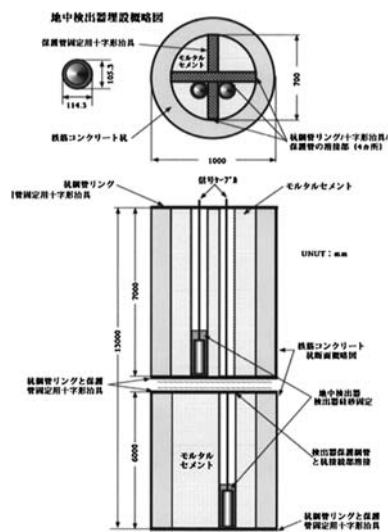
設、加速度計の設置及び多成分収録装置の設置には、株式会社サイスミックの多大な協力を得ました。また、1号館から2号館・3号館への埋設配管経路の確認と信号ケーブル延伸作業は、株式会社吉川により行われました。また、1号館から2号館・3号館への既存打設予備配管の使用には、地震研究所管理係長の高島悟史氏に全面的な協力を頂きました。また、3号館への加速度計の設置は、海半球観測研究センター長の川勝均教授に許可を頂きました。別置き型地震計台は、技術開発室の内田正之氏、松本繁樹氏によって10セット製作して頂きました。

総合観測システムの完成に至るまでには、強震計設置計画の提案書作成時から所内予備費の要求申請など地震火山災害部門の壁谷澤寿海教授、額田一起教授、古村孝志准教授の皆様には、適切なお助言と多くのご指導を頂きました。また、2005年度に退職されました工藤一嘉先生（現日本大学生産工学部教授）には、1号館の建設計画の初期段階から強震観測の重要性を指摘して頂き、退職後も適切なアドバイスとご支援を頂きました。深く感謝とお礼を申し上げます。また、本報告を纏めるにあたっては、地震火山災害部門の古村孝志准教授より多くの貴重なお助言を頂きました。感謝とお礼を申し上げます。また、災害部門の三宅弘恵助教、金裕錫助教には、適切なお助言とご協力を頂きました。また、産学官連携研究員の木村武志氏、大学院生の田中康久氏（理学系D3）、壁谷澤寿一氏（工学系D3）にもご協力を頂きました。この観測システムの構築は、多くの皆様方のご協力とご支援を頂いて完成できたものと感謝しております。

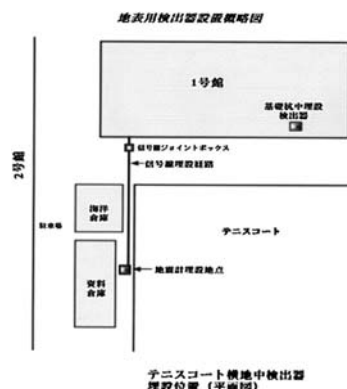
文 献

- 内田正之，2003，観測機器の製作について，東京大学総合技術研究会—技術報告集—，8-63-64。
- 壁谷澤寿海・坂上 実・額田一起・古村孝志・壁谷澤寿一，2006，新館免震建屋地盤系の強震観測計画，第839回地震研究所談話会。
- 工藤一嘉・坂上 実・南 忠夫・嶋 悦三，1989，足柄平野に於ける強震観測網—新システムの導入—，日本建築学会1990年度大会学術講演梗概集（構造I），753-754。
- 坂上 実，2005，東京大学地震研究所における強震観測の変遷と現状，記念シンポジウム「日本の強震観測50年」—歴史と展望—講演集，防災科学技術研究所資料，264，21-28。
- 坂上 実，2008，小田原市西湘総合観測施設の概要，神奈川県立西湘高等学校講演会資料。
- 鷹野 澄・伊藤貴盛（応用地震計測）・壁谷澤寿海・坂上 実・額田一起・古村孝志，2006，新館免震建屋と旧館建屋の揺れモニタリング計画，第840回地震研究所談話会。
- 吉澤静代，1991，強震記録のデジタル・データ，—強震観測資料—，東京大学地震研究所，91頁。

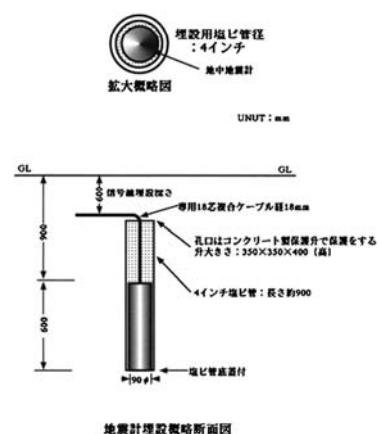
付録-1 強震観測点の設営開始から完成までの設営写真



2005.2 基礎杭中の検出器設置概要



2005.3 地表観測点の配置図概要



2005.4 地表観測点の検出器埋設概要



2005.3 基礎杭搬入状況と接続面



2005.3 杭打設開始状況



2005.3 基礎杭の埋設と保護管抽入



2005.3 検出器保護管の溶接接続状況



2005.3 保護管の溶接接続部の補強



2005.3.検出器保護管の接続完成



2005.3 基礎杭の接続状況と保護管



2005.3 杭接続状況と立会検査



2005.3 基礎杭の接続完成状況

付録-2 強震観測点の設営開始から竣工までの設営写真



2005.4 地中検出器埋設前の作動確認



2005.4 埋設完了した基礎杭と保護管



2005.4 検出器埋設前に神酒でお祓い



2005.4 作動確認後の検出器埋設開始



2005.4 埋設専用ロッドで埋設中



2005.4 埋設完了後の検出器硅砂固定



2005.4 検出器埋設完了と信号線



2005.4 埋設完了と信号線の保護箱



2005.4 埋設後の検出器最終作動確認



2005.9 地表観測点設営の掘削状況

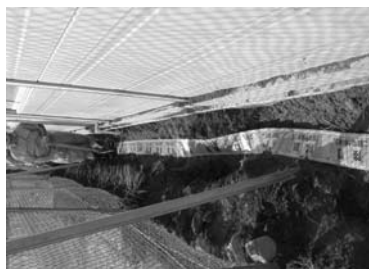


2005.9 検出器設置の小径 120φ 掘削



2005.9 観測点から新館まで信号線埋設

付録-3 強震観測点の設営開始から竣工までの設営写真



2005.9 信号線埋設経路に切断防止札



2005.9 検出器埋設用塩ビ管径 100φ



2005.9 地中検出器と埋設専用ロッド



2005.9 検出器作動確認後の埋設準備



2005.9 検出器埋設後の方位確認



2005.9 検出器珪砂固定後の保護管内



2005.9 検出器埋設塩ビ管の孔口保護



2005.9 孔口保護用のコンクリート升



2005.9 埋設後の埋め戻し地上に目印



2006.3 検出器設置と後方免震装置



2006.3 基礎台上に設置した検出器



2006.3 免震地下ピットの信号線接続

付録-4 強震観測点の設営開始から竣工までの設営写真



2006.3 1階庶務チーム隅検出器設置



2006.3 検出器の設置と保護ケース



2006.3 ステンレス製保護ケース外観



2006.3 1階西側衛生機械室隅検出器



2006.3 7階西側電気室隅検出器設置



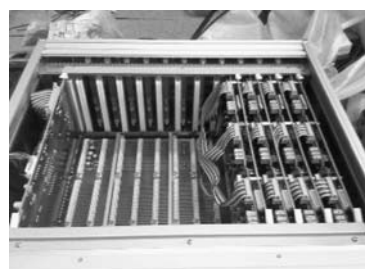
2006.3 検出器のステンレス保護カバー



2006.3 多成分収録装置の収納ラック



2006.3 収録装置と自動収集パソコン



2006.3 収録装置に増設した A/D 基板



2006.3 データ自動収集装置一部更新



2006.3 屋上アンテナ塔に GPS 設置



2006.3 GPS アンテナ設置状況

付録-5 強震観測点の設営開始から竣工までの設営写真



2号館地下地震計台室の検出器（1990）



2号館清掃作業員室の検出器（1990）



2号館 RF 検出器と旧地震計台（1990）



2007.4 老朽化した強震計（MD）の撤去



2007.4 2号館地下廊下上の信号線接続



2007.4 2号館屋上（RF）建屋の外観



2007.4 3号館1階蓄電室隅（廊下側）



2007.3 3号館エレベーター機械室



2007.3 3号館エレベーター建屋