

7. 仙台における建物の強震観測と 2003 年十勝沖地震の記録

7.1 はじめに

政府の地震調査研究推進本部・地震調査委員会では、海溝域周辺で発生する地震の長期評価を実施している。これによれば、宮城県沖地震の 2005 年 1 月 1 日を起点とした 30 年以内の地震発生確率は 99%と、海溝型地震の中でも最も高い確率値となっている（地震調査委員会, 2005）。

また、地震発生以前の 30 年以内の地震発生確率が 60%程度であった十勝沖（地震調査委員会, 2003）では、2003 年に十勝沖地震が発生しており、地震観測網の拡充により、貴重な観測記録が豊富に得られている。ただし、建物や構造物で得られた観測記録は、地表の観測記録に比べて少ないのが現状である。

以上のような背景から、ここでは、戦略的強震観測という観点から、高い地震発生確率が評価されている宮城県沖地震を主な対象地震として、仙台市内の中低層建物の地震観測を実施することとした。以下で、その実施内容について説明すると共に、2003 年に十勝沖地震をはじめとして、これまでに得られた地震観測記録について簡単に紹介する。

7.2 対象建物の概要

7.2.1 観測地点

仙台市内の観測地点の位置を図 7.2.1 に示す。仙台の中心街は仙台駅の西側に広がっているが、観測地点は仙台駅の東約 1.5km に位置しており、国道 45 号線の北側に位置している。図には、長町一利府構造線断層帯の位置（中田・今泉, 2002）も示しており、観測地点がその断層帯のごく近傍に位置していることがわかる。また、観測地点の南西約 300m には、仙台管区気象台（JMA 仙台）のある仙台第三合同庁舎が位置している。ここで、宮城県の地質分布（宮城県防災会議地震対策等専門部会, 2004）を図 7.2.2 に示す。図より、観測地点と JMA 仙台は、長町一利府構造線の西側に位置しており、地質分類としては同じ段丘堆積物であることがわかる。後述するように、観測地点では地表面に地震計を設置していないが、JMA 仙台の観測記録が対象建物における地表面の波形として参考になると考えられる。

7.2.2 建物概要と地震計設置位置

表 7.2.1 に地震観測を行った建物概要を示す。対象建物は、地上 5 階建ての壁式鉄筋コンクリート造建物で、高さ（軒高）は約 15m、延床面積は約 2,000m²である。基礎は直接基礎で、1997 年に設計した居住施設である。また、図 7.2.3 に対象建物の外観の写真を、図 7.2.4 に概略の 1 階平面図を、図 7.2.5 に概略の基準階（2～5 階）平面図を示す。2～5 階は居室で L 字型、1 階は供用部が附属したやや不整形な平面となっている。

つぎに、地震計の設置位置を図 7.2.4 と図 7.2.5 の平面図に重ねて示す。地震計は 1 階と上階

(4階もしくは5階)の2箇所に設置した。1階の地震計は、北側に位置する倉庫の隅に設置した。上階の地震計は、始めは4階の東端の居室内に設置したが、その後、5階の建物の中心位置に近いパイプシャフト(PS)内にもり替えた。5階のPS内に設置した地震計の設置状況を図7.2.6に示す。

地震計の設置は、2003年8月31日に1階と4階にSMAC型地震計を設置し、2003年12月29日に1階と4階ともETNA地震計に変更した。そして、4階の地震計は、2004年3月27日～7月20日まで観測を一時中止し、2004年7月20日に5階にもり替えて観測を再開した。

7.2.3 建物の常時微動計測

2003年8月31日の地震計設置時に、建物の常時微動計測も行った。常時微動観測は、1階と5階のエレベータ前で同時観測を行った。常時微動観測波形の例を図7.2.7に、観測波形から計算した1階に対する5階の伝達関数を図7.2.8に示す。図より、常時微動レベルでは、建物の固有振動数がX方向、Y方向ともに約5Hz程度であることがわかる。なお、観測地点とJMA仙台の地盤特性が概ね同じであるかどうかを確かめるために、両地点の地表面での常時微動観測も行った。

7.3 地震観測

7.3.1 地震観測リスト

7.2.2項で述べたとおり、2003年8月31日～2003年12月29日まではSMAC型地震計で、2003年12月30日以降はETNA地震計で観測している。そのため、SMAC型地震計で観測された地震の諸元を表7.3.1に、ETNA地震計で観測された地震の諸元を表7.3.2に、それぞれ示す。表中、地震の諸元は気象庁一元化処理震源リストにより、JMA仙台での計測震度も示した。観測された地震の震央分布を図7.3.1に示す。

これらの図表より、2003年8月31日に地震観測を開始してから、2004年6月までに観測された地震数は、SMAC型地震計で9地震、ETNA地震計で13地震の、合計22地震で、宮城県沖や福島県沖で発生したプレート境界地震が多いことがわかる。また、観測記録には、2003年十勝沖地震の本震(M_{JMA} 8.0)と最大余震(2003年9月26日6時8分、 M_{JMA} 7.1)も含まれている。

7.3.2 2003年十勝沖地震の観測記録

2003年十勝沖地震の本震(EQ0301)時に観測された加速度波形を図7.3.2に示す。観測された加速度波形の最大値は、いずれもY成分で、1階で 3cm/s^2 、4階で 9cm/s^2 であった。

また、本震の加速度波形から計算した1階に対する4階の伝達関数を図7.3.3に、十勝沖地震の余震(EQ0302)の加速度波形から計算した1階に対する4階の伝達関数を図7.3.4に、それぞれ示す。これらの図より、地震観測記録から計算した建物の固有振動数は、X方向、Y方向ともに約5Hz程度であることがわかる。

7.3.3 その他の観測記録

1階での最大加速度が比較的大きかったEQ0305（2003年10月31日の地震）の加速度波形を図7.3.5に示す。観測された加速度波形の最大値は、いずれもY成分で、1階で 7cm/s^2 、4階で 25cm/s^2 であった。

また、この加速度波形から計算した1階に対する4階の伝達関数を図7.3.6に示す。図より、地震観測記録から計算した建物の固有振動数は、X方向、Y方向ともに約5Hz程度であることがわかる。7.3.2で示した十勝沖地震の観測記録から計算した伝達関数と合わせると、1階で数 cm/s^2 程度の観測記録から得られた建物の固有振動数と、常時微動観測から得られた建物の固有振動数とがほぼ一致することが確かめられた。

7.4 まとめ

ここでは、戦略的強震観測という観点から実施した、仙台市内における中低層建物の地震観測の概要と、2003年十勝沖地震などで観測された波形に関する若干の分析を行った。これまでの観測では、1階で最大数 cm/s^2 程度、4階で最大 25cm/s^2 程度の記録が観測された。また、地震観測記録による建物の固有振動数が、地震計設置時に行った常時微動観測による建物の固有振動数とほぼ一致することが確認された。

今回は、建物応答が弾性範囲を越えるような観測記録は得られなかったが、中低層建物の真の耐震性能を把握するためには、振幅レベルの大きな観測記録を得られるように地震観測を継続的に行う体制を整えると同時に、これまでに得られた観測記録の分析を進めて、事前の準備を行う必要がある。また、建物の応答は、実建物の固有の特性の影響が大きく、また立地した地盤条件にも依存すると考えられる。そのため、中低層建物の全体的な耐震性能を把握するためには、仙台市の例でいえば、市街地の地盤との違いという観点では仙台駅の西側に、あるいは表層地盤の固さの違いという観点などから、様々な地盤に立地する建設年代や構造特性の異なる数多くの建物での地震観測を行うことが必要である。

参考文献

- 地震調査委員会 (2003): 千島海溝沿いの地震活動の長期評価について, 平成15年3月24日.
地震調査委員会 (2005): 長期評価における確率値の更新と活断層の地震規模の表記について, 平成17年1月12日.
宮城県防災会議地震対策等専門部会 (2004): 宮城県地震被害想定調査に関する報告書.
中田 高・今泉俊文 (2002): 活断層詳細デジタルマップ, 東京大学出版会.

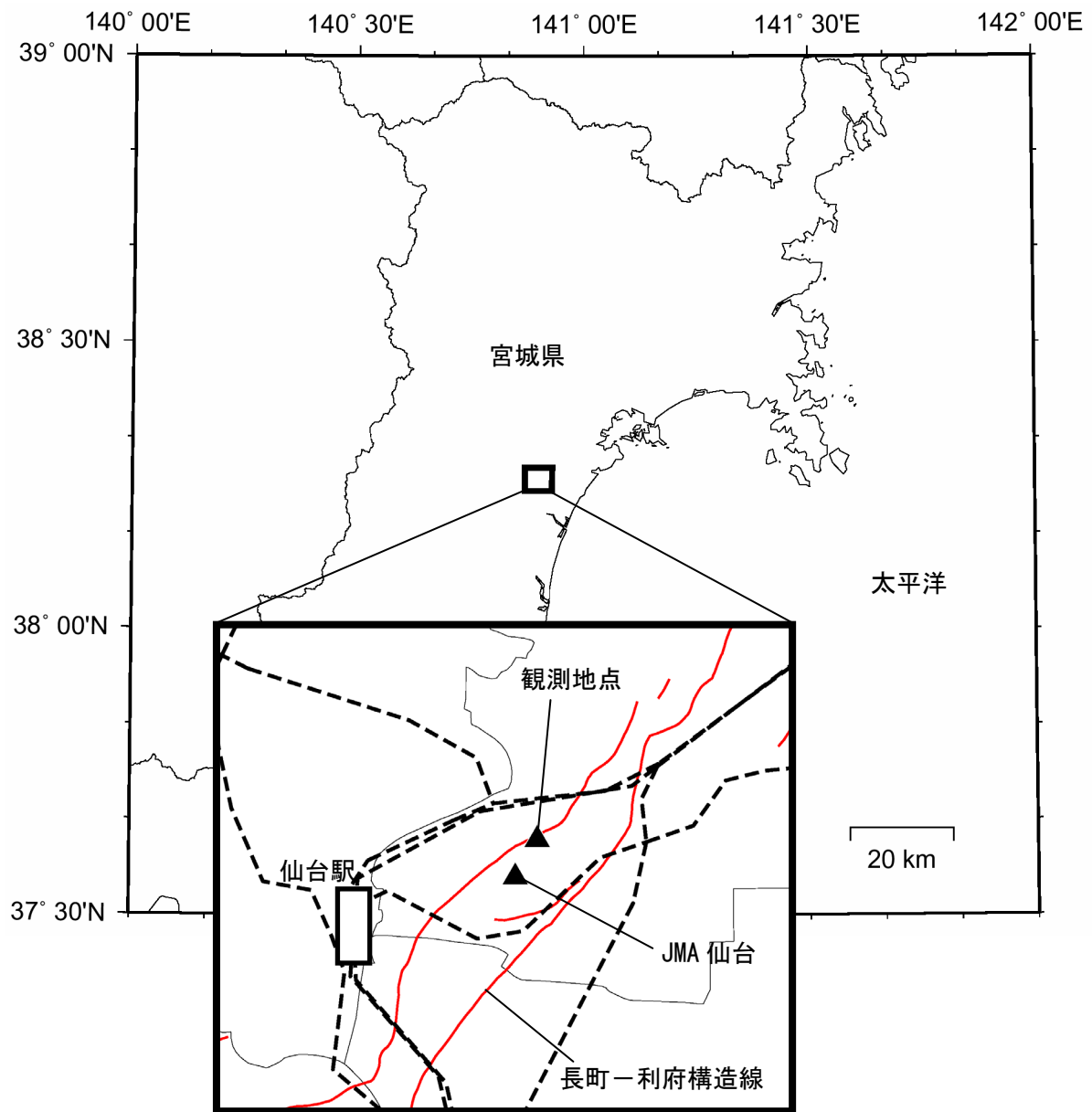


図 7.2.1 観測位置

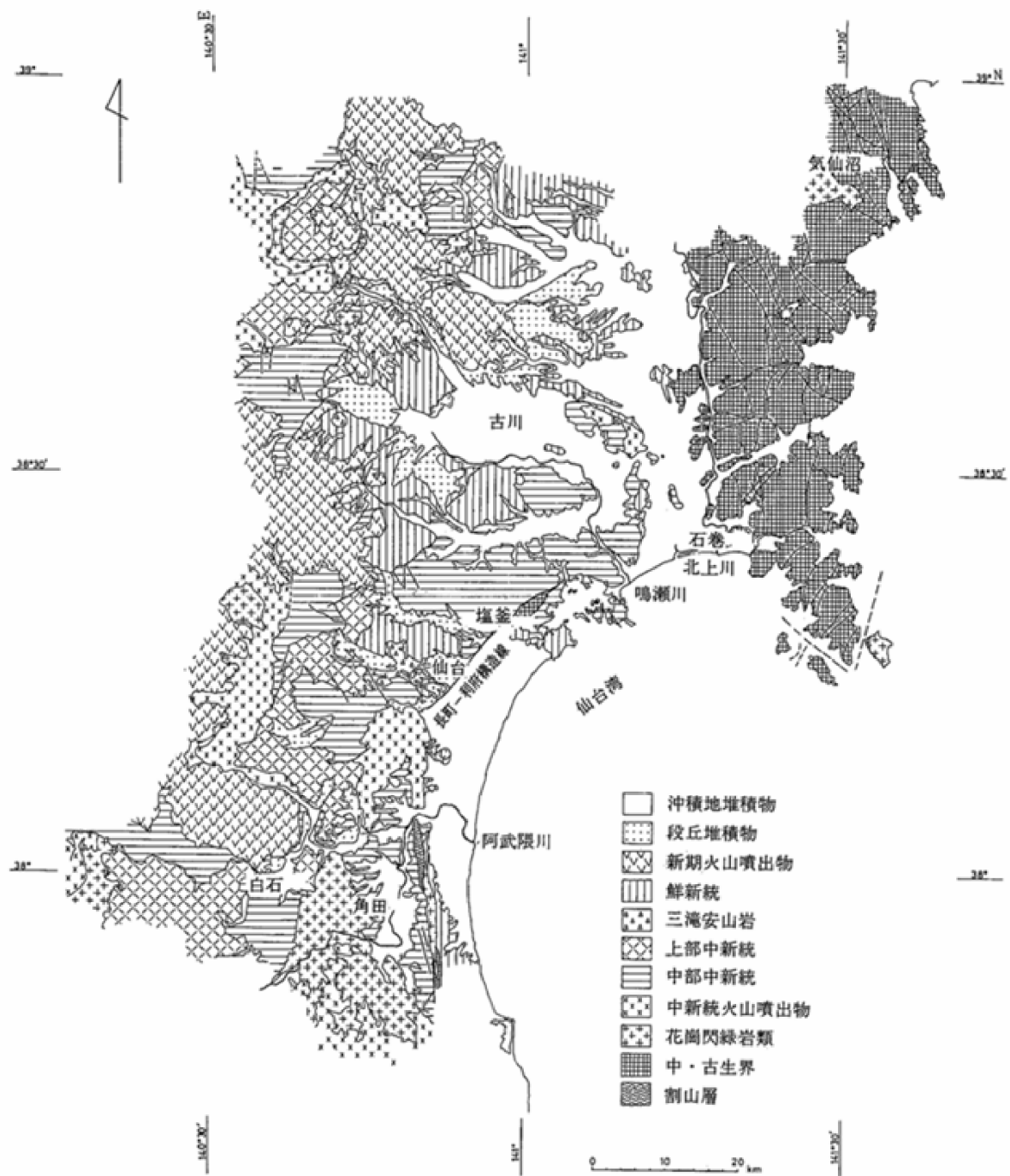


図 7.2.2 宮城県の地質分布 (宮城県防災会議地震対策等専門部会(2004)より引用)

表 7.2.1 建物概要

構造：	壁式鉄筋コンクリート造
規模：	地上5階
軒高：	15.2m
延床面積：	2,043m ²
基礎形式：	独立基礎
設計年代：	1997年



図 7.2.3 建物の外観

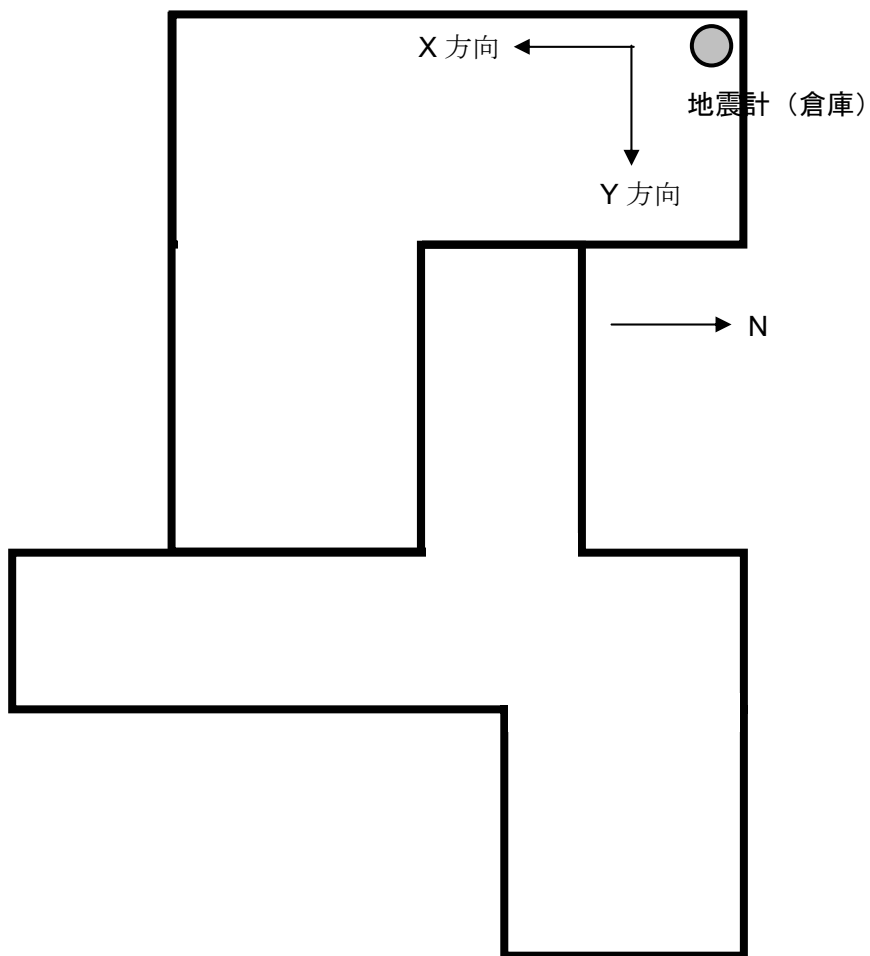


図 7.2.4 1 階平面図と地震計設置位置 (● 印)

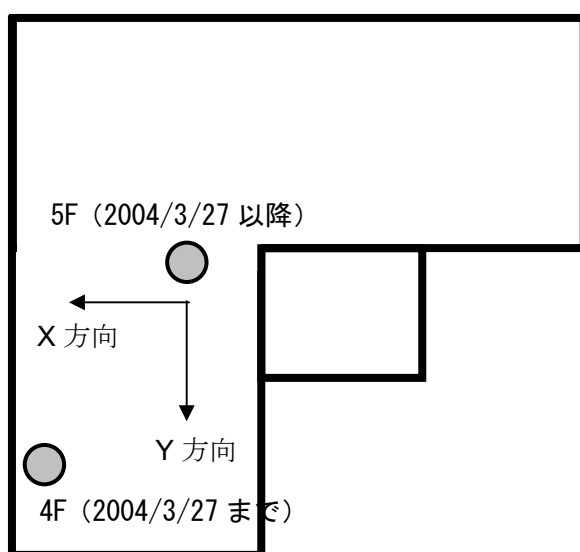


図 7.2.5 基準階 (2~5 階) 平面図と地震計設置位置 (● 印)

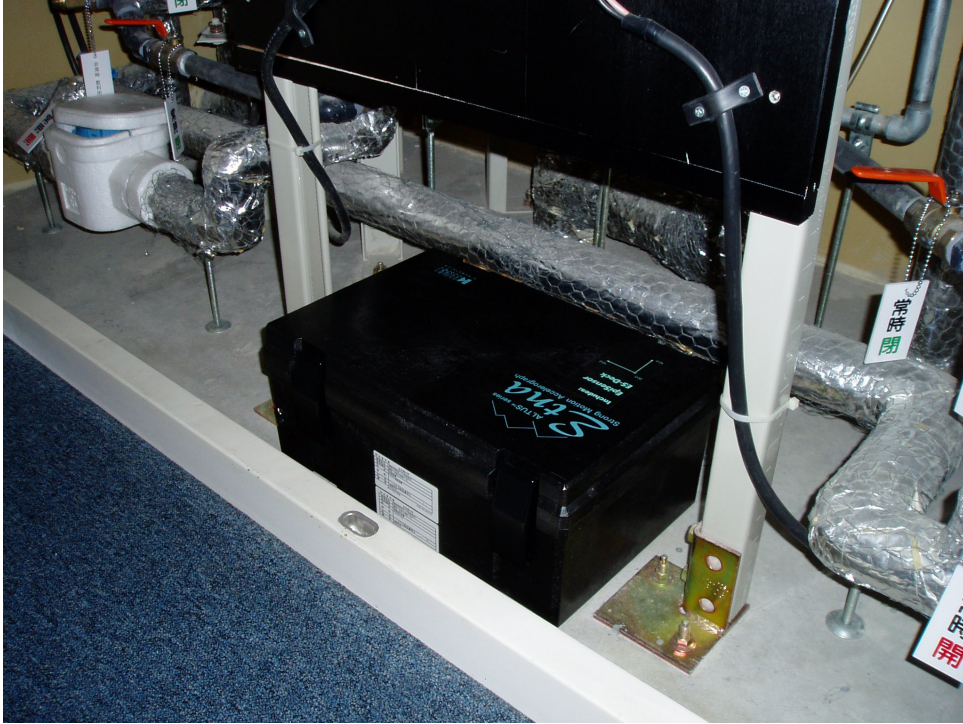
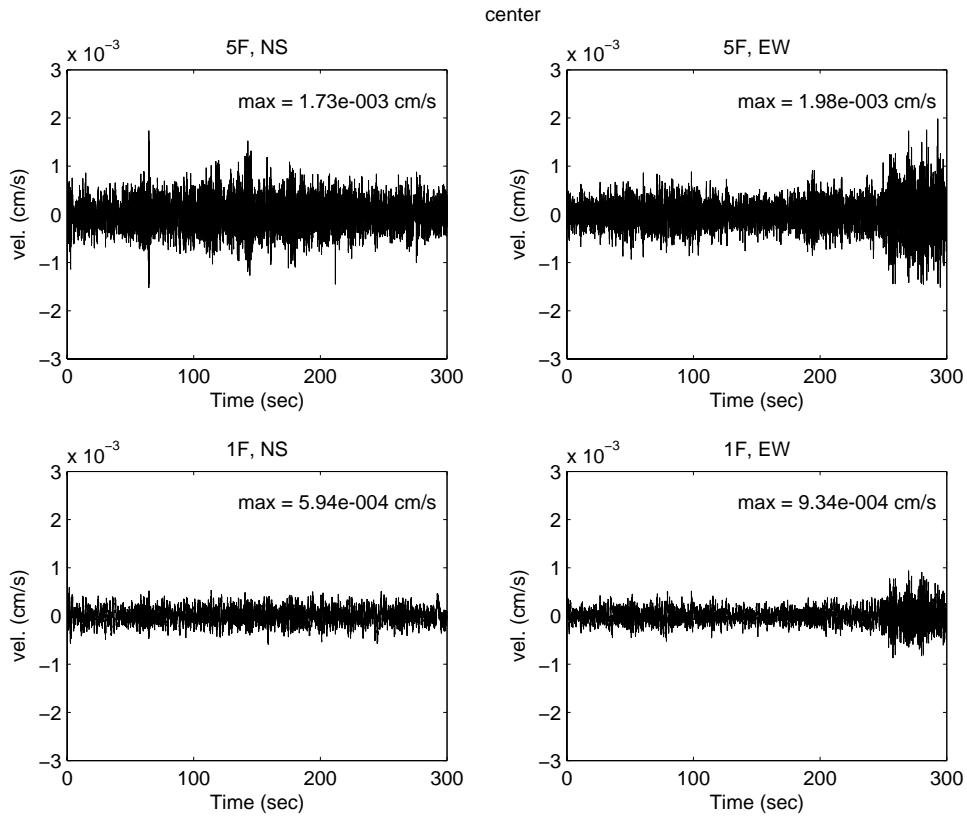
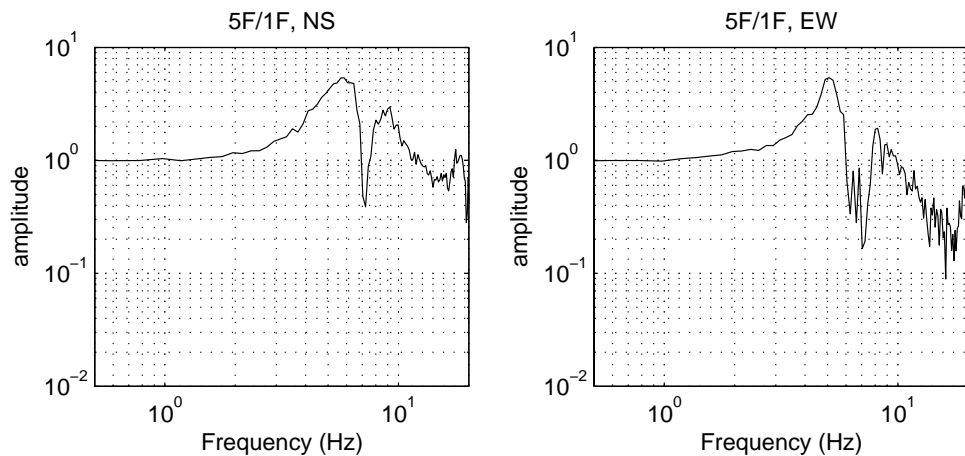


図 7.2.6 5 階の PS 内に設置した地震計設置状況



(a) X 方向 (b) Y 方向

図 7.2.7 建物の常時微動観測波形の例



(a) X 方向 (b) Y 方向

図 7.2.8 建物の常時微動観測による 1 階に対する 5 階の伝達関数

表 7.3.1 SMAC 型地震計で観測された地震の諸元と記録の有無

番号	震央位置	発震時	深さ km	M	計測 震度	記録の有無		
						1階	4階	5階
EQ0301	十勝沖(本震)	2003.09.26 04:50	45.1	8.0	2.0	○	○	—
EQ0302	十勝沖(余震)	2003.09.26 06:08	21.4	7.1	1.7	○	○	—
EQ0303	宮城県北部	2003.09.30 01:18	10.7	3.8	0.5	○	×	—
EQ0304	宮城県沖	2003.10.04 08:11	74.3	4.5	0.5	○	×	—
EQ0305	福島県沖	2003.10.31 10:06	33.4	6.8	2.6	○	○	—
EQ0306	福島県沖	2003.11.01 09:26	39.0	5.2	0.8	○	×	—
EQ0307	福島県沖	2003.11.01 22:10	46.0	6.2	1.0	○	×	—
EQ0308	福島県沖	2003.11.02 11:58	44.0	5.6	1.3	○	×	—
EQ0309	福島県沖	2003.11.03 16:11	20.7	5.2	0.6	○	○	—

注) 観測期間は2003年8月31日～2003年12月27日である。計測震度はJMA 仙台での値である。

表 7.3.2 ETNA 地震計で観測された地震の諸元と記録の有無

番号	震央位置	発震時	深さ km	M	計測 震度	記録の有無		
						1階	4階	5階
EQ0401	福島県沖	2004.01.23 18:01	65.9	5.3	2.7	○	○	—
EQ0402	宮城県沖	2004.01.26 17:45	69.7	4.3	0.6	×	○	—
EQ0403	福島県沖	2004.01.27 15:10	84.3	4.4	1.1	○	○	—
EQ0404	岩手県沖	2004.02.04 15:08	63.4	5.3	1.3	○	○	—
EQ0405	福島県沖	2004.02.26 17:54	77.1	4.2	—	×	○	—
EQ0406	宮城県北部	2004.02.29 05:33	71.7	4.3	0.7	○	○	—
EQ0407	宮城県沖	2004.03.10 05:15	57.4	4.4	0.6	×	○	—
EQ0408	茨城県沖	2004.03.11 11:34	47.5	5.3	0.7	×	○	—
EQ0409	茨城県沖	2004.04.04 08:02	49.0	5.8	1.8	○	—	—
EQ0410	福島県沖	2004.05.16 00:37	44.0	4.6	0.5	○	—	—
EQ0411	宮城県北部	2004.05.23 05:06	12.5	3.7	0.7	○	—	—
EQ0412	福島県沖	2004.05.29 12:47	37.8	5.9	2.0	○	—	—
EQ0413	福島県沖	2004.06.27 04:43	44.9	4.8	0.8	○	—	—

注) 観測期間は2003年12月27日からである。計測震度はJMA 仙台での値である。

4階は2004年3月27日～2004年7月20日は計測していない。

5階は2004年7月20日に地震計を設置し計測を開始した。

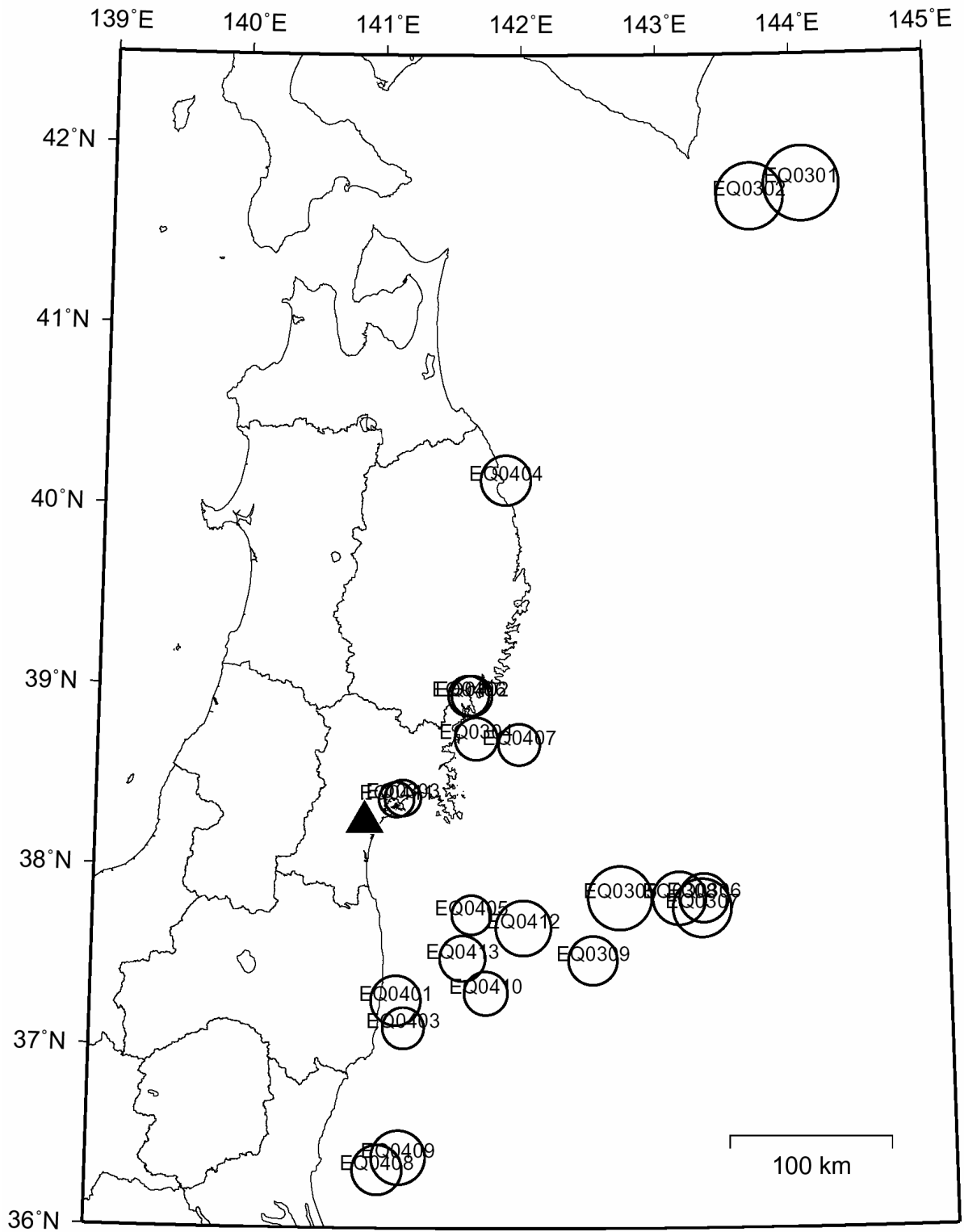
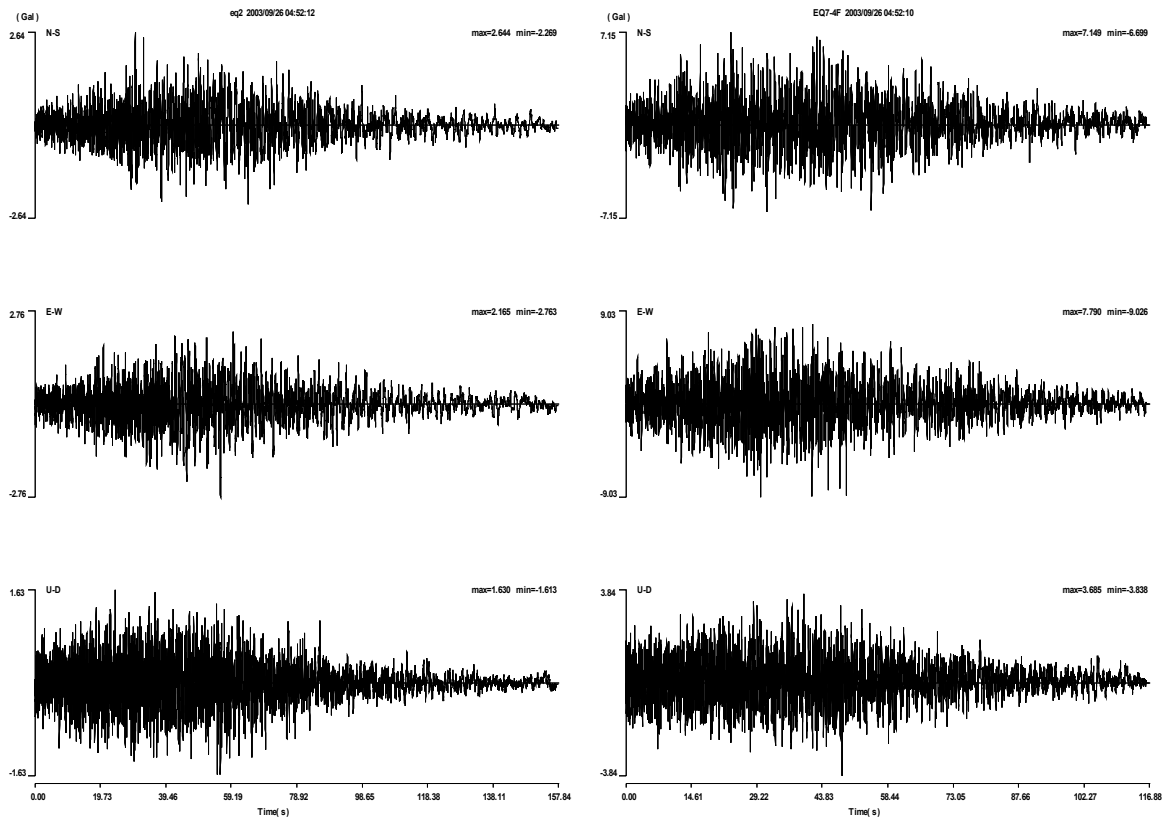


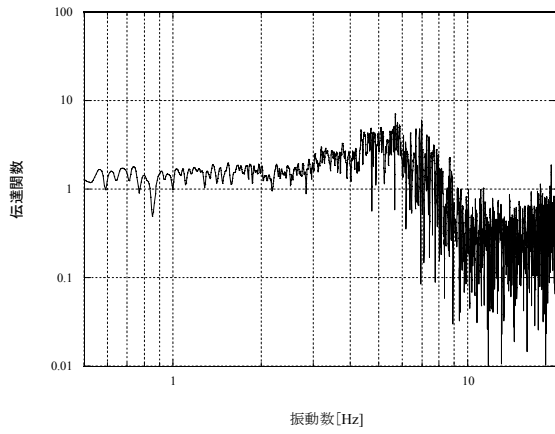
図 7.3.1 観測された地震の震央分布



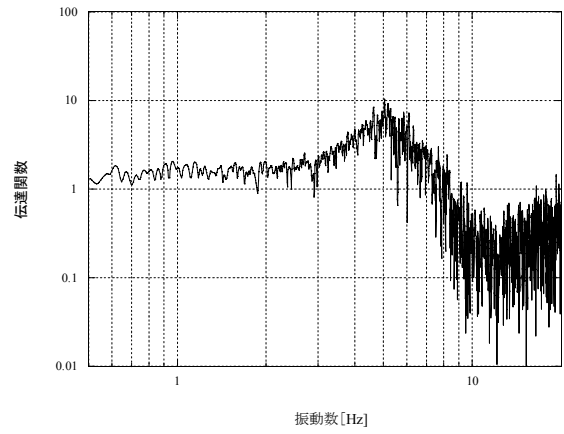
(a) 1階

(b) 4階

図 7.3.2 2003 年十勝沖地震の本震 (EQ0301) で観測された加速度波形

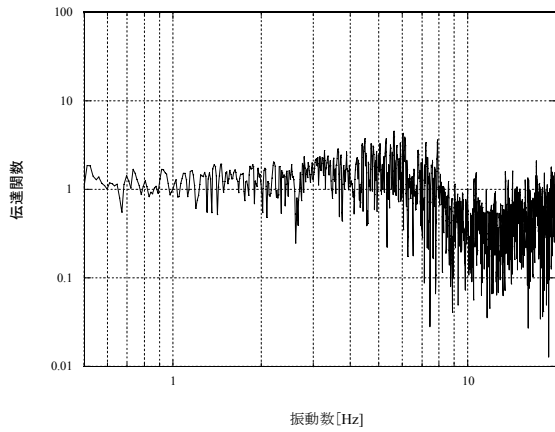


(a) X 方向

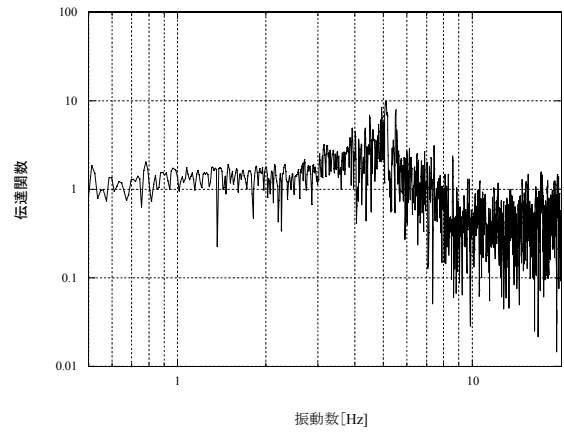


(b) Y 方向

図 7.3.3 2003 年十勝沖地震の本震 (EQ0301) で観測された加速度波形による伝達関数

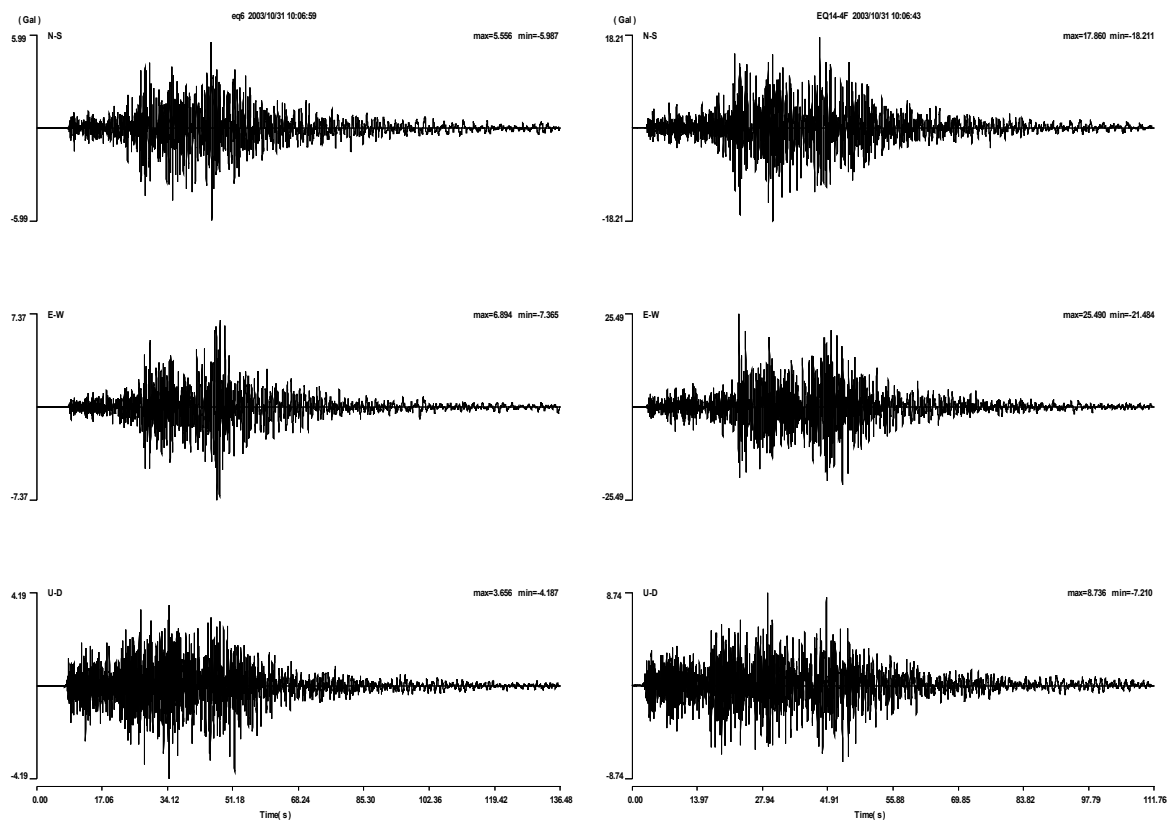


(a) X 方向



(b) Y 方向

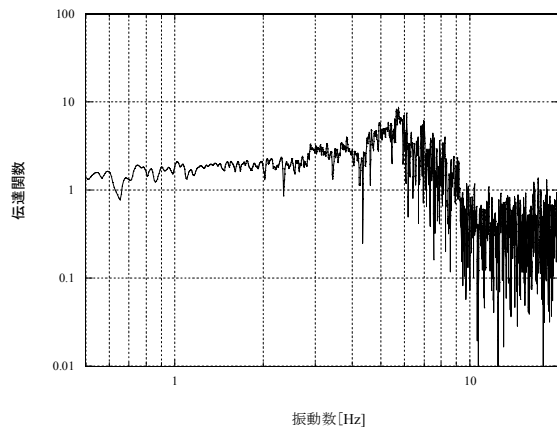
図 7.3.4 2003 年十勝沖地震の余震 (EQ0302) で観測された加速度波形による伝達関数



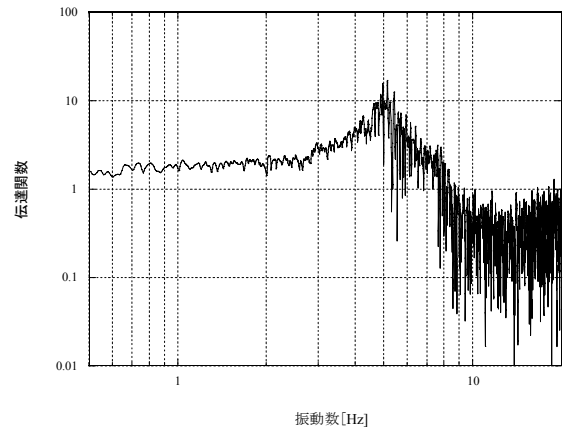
(a) 1階

(b) 4階

図 7.3.5 EQ0305 (2003 年 10 月 31 日の地震) で観測された加速度波形



(a) X方向



(b) Y方向

図 7.3.6 EQ0305 (2003年10月31日の地震) で観測された加速度波形による伝達関数