

2003 年 7 月 26 日に発生した宮城県北部地震 被害調査報告

**Reconnaissance Report on the July 26, 2003
NORTHERN MIYAGI EARTHQUAKE**

2004 年 4 月 30 日

(社) 土木学会・地盤工学会合同
宮城県北部地震調査団

**Joint Delegation Team with
Japan Society of Civil Engineers and The Japan Geotechnical Society**

目 次

	頁
第1章 調査の概要	1
第2章 地震	1
第3章 地震動・地盤震動	2
第3.1節 震源近傍の地震記録	2
第3.2節 地盤震動	3
第4章 被災地域の地質・地盤概要	8
第4.1節 旭山丘陵の地形	8
第4.2節 旭山丘陵の地質	8
第4.3節 旭山丘陵周辺の地盤	8
第5章 道路構造物の被害	10
第5.1節 道路橋の被害	10
第5.2節 道路斜面等の被害	12
第6章 河川構造物の被害	13
第6.1節 概要	13
第6.2節 降雨と河川水位	14
第6.3節 代表的な地点の被害状況	14
第6.4節 被害メカニズムの推定	15
第7章 自然斜面、造成斜面などの被害	18
第7.1節 概要	18
第7.2節 河南町北村西猿田地区	18
第8章 液状化などによる被害	22
第8.1節 液状化の発生状況	22
第8.2節 液状化被害の特徴	23
第8.3節 鳴瀬町の液状化	24
第9章 ライフラインの被害	25
第9.1節 上水道・ガスの被害	25
第9.2節 電力施設の被害	28
第10章 防災情報および緊急・復旧対応	28
第11章 被害全体の特徴とまとめ	31

執筆者

神山 眞	第1章, 第11章	市村 強	第2章
中村 晋	第3章1, 2節	片岡俊一	第3章1節
富岡伸芳	第4章	塩井幸武	第5章
佐々木康	第6章	岡田 進	第6章
風間基樹	第7章	渦岡良介	第8章1節
陶野郁雄	第8章2節	宮島昌克	第9章1節
磯山龍二	第10章		

執筆協力者

林康裕(京都大学防災研究所)	第3章2節	吉田 望(応用地質(株))	第8章3節
若松加寿江(東京工業大学)	第8章3節	笹川稔郎(東北電力(株))	第9章2節
石橋良信(東北学院大学)	第9章1節(社)土木学会・環境工学委員会		

編 集

神山眞, 中村晋

1. 調査の概要

2003 年 7 月 26 日の午前 0 時 13 分頃に気象庁マグニチュード M5.6、午前 7 時 13 分頃に M6.4、午後 4 時 56 分頃に M5.5 の地震が連続して宮城県北部の内陸地方に発生した。この連続地震により宮城県北部の鳴瀬町、矢本町、鹿島台町、南郷町、河南町の 5 町を中心として 5 月 26 日に宮城県沖で発生した地震を大幅に上回る被害が生じた。土木学会・地震工学委員会（委員長：後藤洋三・(独)防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター長）では直ちに被害調査団派遣に関する検討に入り、土木学会災害緊急対応部門と協議の上、派遣を決定した。調査は、(社)地盤工学会の災害連絡会議のメンバーと合同で、主に 8 月 2 日に実施した。土木学会および地盤工学会との合同調査団(8 月 2 日時点)のメンバーを表-1 に示す。この合同調査団に加え、土木学会では環境工学委員会が主に上下水道関連施設の被害調査のための調査団（団長：石橋良信教授）を派遣している。本報告書は上記二つの調査団の被害調査結果をまとめたものである。

表-1 土木学会(地震工学委員会)・地盤工学会調査団

区分	主調査分野	氏名	勤務先名称
団長	地盤動・全般	神山 眞	東北工業大学
副団長	構造・地盤	小長井 一男	東京大学生産技術研究所
団員	地盤震動	片岡 俊一	弘前大学
団員	地盤震動	中村 晋	日本大学
団員	地盤震動・ライフライン	清野 純史	京都大学大学院
団員	地盤	佐々木康	広島大学
団員	港湾・地盤	風間 基樹	東北大学
団員	地盤	渦岡 良介	東北大学
団員	地盤	仙頭 紀明	東北大学
団員	地盤	陶野郁雄	山形大学
団員	構造・地盤	塩井幸武	八戸工業大学
団員	港湾	菅野高弘	(独)港湾空港技術研究所
団員	宅地・斜面	橋本 隆雄	(株)千代田コンサルタント
団員	津波・緊急対応	今村 文彦	東北大学
団員	災害情報	山口直也	(独)防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター
団員	災害情報	小玉乃理子	(独)防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター
団員	ライフライン	宮島昌克	金沢大学
団員	ライフライン	磯山龍二	日本技術開発(株)
団員	地盤・斜面	大角恒雄	日本工営(株)
団員	地震動	市村 強	東北大学
団員	地盤・斜面	梅村 順	日本大学
団員	地盤	山口 晶	東北学院大学
団員	地質・地盤	富岡伸芳	ダイヤコンサルタンツ

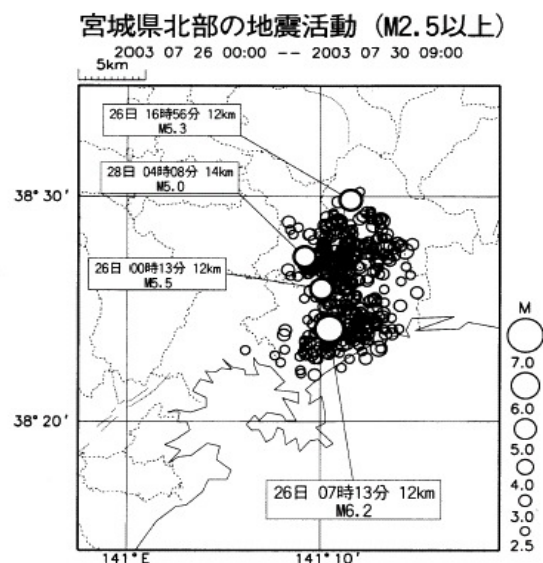


図 1.1 前震、本震、余震の分布（気象庁）

これらの地震は、いずれも内陸における典型的な直下型地震であり、ほぼ同じ規模の地震が 24 時間以内に連続して発生した極めて珍しい地震と言える。1978 年の宮城県沖地震の際に地震による死傷者を生じさせた原因として着目されたブロック塀の倒壊は今回も多数生じていたが、幸い人的被害は出ていない。被災地域は地震の発生する前の 5 日間、100—150mm 程度の降雨に見舞われおり、悪条件下の地震被害としても特筆される。一方、地震発生後の情報伝達手段として重要な携帯電話は、またもや地震後の輻輳により、重要な災害情報などの伝達手段となりえなかった。

2. 地震

1) 概説

2003 年 7 月 26 日の午前 0 時 13 分頃に気象庁マグニチュード M5.6、午前 7 時 13 分頃に M6.4、午後 4 時 56 分頃に M5.5 の地震が連続して宮城県北部地方に発生した。これらの三つの地震は気象庁によりそれぞれ前震、本震、最大余震と認定された。図 1.1 に前震、本震、余震の分布を示す。これらの地震により主に宮城県鳴瀬町、矢本町、鹿島台町、南郷町、河南町の 5 町を中心として 5.26 宮城県沖地震による被害を大幅に上回る被害が生じた。内陸における典型的な直下型地震であり、三つのほぼ同じ規模の地震が 24 時間以内に連続して発生した極めて珍しい地震といえる。2 番目に発生した最も大きな規模 M6.4 の地震により震源に近い上述の宮城県北部 5 町に大きな被害が発生している。幸いに、この地震による死者の報告はない。

2) 地震の特性

気象庁による震源パラメータ(暫定)を以下に示す¹⁾.

前震

発震時刻: 2003 年 7 月 26 日 00 時 13 分頃

震央: 北緯 38.43°, 東経 141.17°

震源深さ: 11km, マグニチュード: M5.6

本震

発震時刻: 2003 年 7 月 26 日 07 時 13 分頃

震央: 北緯 38.40°, 東経 141.20°

震源深さ: 12km, マグニチュード: M6.4

最大余震

発震時刻: 2003 年 7 月 26 日 16 時 56 分頃

震央: 北緯 38.50°, 東経 141.20°

震源深さ: 12km, マグニチュード: M5.5

また、東京大学地震研究所により公表されている断層モデルパラメータ(暫定)は以下の通りである²⁾.

前震

走向, 傾斜, すべり角 = (197, 49, 86)

地震モーメント $M_0 = 1.2 \times 10^{17}$ Nm ($M_w = 5.3$)

破壊継続時間(主破壊) $T = 5$ s, 深さ $H = 5$ km

断層面積 $S = 6$ km x 6 km, 食い違い $D_{max} = 0.07$ m

本震

走向, 傾斜, すべり角 = (201, 42, 102)

地震モーメント $M_0 = 1.4 \times 10^{18}$ Nm ($M_w = 6.0$)

破壊継続時間(主破壊) $T = 5$ s, 深さ $H = 5$ km

断層面積 $S = 12$ km x 9 km, 食い違い $D_{max} = 0.5$ m

平均食い違い $D_a = M_0 / \mu S = 0.4$ m

応力降下 $\Delta \sigma = 3.1$ MPa

最大余震

走向, 傾斜, すべり角 = (126, 27, 112)

地震モーメント $M_0 = 7.1 \times 10^{16}$ Nm ($M_w = 5.2$)

破壊継続時間(主破壊) $T = 5$ s, 深さ $H = 10$ km

断層面積 $S = 3$ km x 6 km, 食い違い $D_{max} = 0.2$ m

応力降下 $\Delta \sigma = 2.3$ MPa

走向は異なるもののいずれも逆断層型で総じて東西方向圧縮の傾向がみられる。八木等により前震・本震・最大余震の震源過程とそれぞれの関係について詳細な検討³⁾もなされている。これによれば本震は前震の破壊が停止した領域から破壊が始まり、最大余震は本震の破壊が停止した領域から破壊が始まっており、震源断層の形状や断層の強度分布の非一様性を反映して動的な破壊が妨げられ、不連続にこれらの地震が発生したと推測される。

3) 地震動に及ぼす震源特性

先の 5.26 宮城県沖地震は地震モーメントの割には破壊領域の寸法が小さく、応力降下量が大きかったた

め、短周期成分が卓越する震源特性であったが、本地震の震源特性はその規模に応じた標準的なものであったため、地震動は、既往のアテニュエーション式に大きく矛盾するものでなく、標準的な地震動を与えた地震であると指摘できる。

参考文献

- 1) 気象庁ホームページ: <http://www.jma.go.jp/>
- 2) 東京大学地震研究所ホームページ: <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/jhome.html>
- 3) 八木勇治他: 2003 年 7 月 26 日宮城県北部で発生した地震の前震・本震・最大余震の震源過程とそれぞれの関係について、地震学会秋季大会(2003)

3. 地震動・地盤震動

3.1 地震動全般

気象庁計測震度計ネットワーク、宮城県独自の震度情報ネットワーク、(独)防災科学技術研究所の強震ネットワーク K-NET をはじめ、東北工業大学強震観測網 Small-Titan などの多くの強震観測網により強震記録が得られている。最も震源に近い地震動を記録したのは主に宮城県震度情報ネットワークである。鳴瀬町の観測点などでこれまで世界で記録された最大加速度を上回る値 2005.1 cm/s^2 が得られている。なお、幾つかの観測点では、町役場庁舎内の 1 階フロア、庁舎基礎の上、地盤表面の法面の肩などに計測震度計が設置されている。計測震度計の加速度値の信頼性、さらに設置方法については、その役割の重要性から、早急な検討が今後必要となろう。各種震度計のネットワークによる震度に加え、K-NET、KIK-NET の強震記録から算定された本震に関する計測震度、さらに東西方向の最大加速度分布を整理し、図 3.1, 2 に示す。図中には旭山撓曲の概略位置も示しており、南北に走る旭山撓曲の西側で震度、加速度が大きくなっている。この分布の特徴は、今回の断層タイプである逆断層の上盤側で相対的に大きな地震動が生じたことを示唆し、さらに、後述の河川堤防などの盛土構造物の被害あるいは斜面崩壊などの被害程度と矛盾しない。

この地震では、宮城県が設置した計測震度計により大加速度が観測されたことがホームページや新聞により地震直後から報じられた。残念ながら、多くの記録は頻発した余震により記憶媒体上で上書きされ消えてしまったが、以下に紹介する 4 記録は残されていた。これらは、表 3.1 に示すように、震央距離数 km の地点で観測されたものであり、K-NET や KIK-NET が整備された現在としても、震源近傍の記録として意義は極

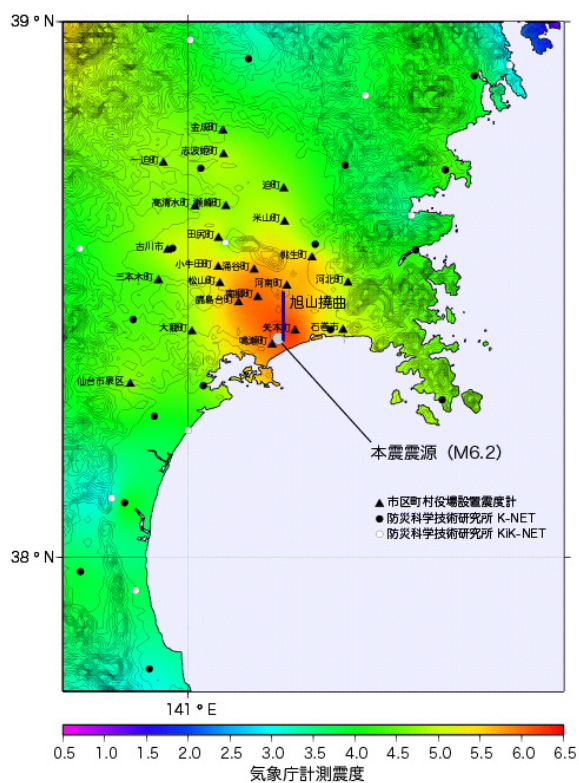


図 3.1 本震の震度分布

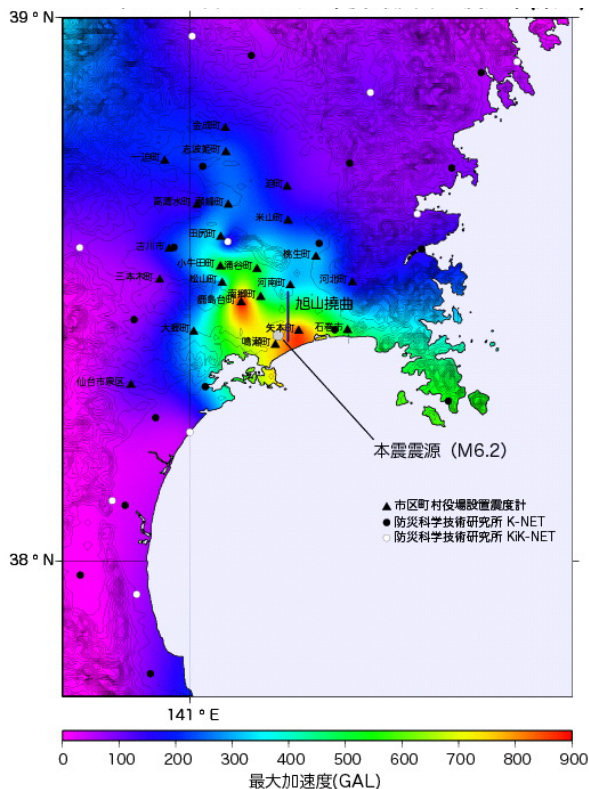


図 3.2 本震の最大加速度分布(EW 成分)

表 3.1 地震動の強さ指標の比較

観測点及び地震、震央距離	方向	計測震度	PGA [cm/s/s]	PGV [cm/s]	SI [sm/s]	(PGA/PGV)
鹿島台町 前震(MJ5.5) 7.6km	NS	5.4	516	26	36.5	19.8
	EW		489	25.5	33.7	19.2
	UD		183	4.8	4.5	38.1
鹿島台町 本震(MJ6.2) 10.5km	NS	5.9	1606	40	48.3	40.1
	EW		910	41.7	50.4	21.8
	UD		497	14.5	15	33.8
南郷町 余震(MJ5.3) 4.9km	NS	5.4	276	26.7	39.3	10.3
	EW		166	21.4	25.2	7.8
	UD		126	5	5.4	25.2
河南町 余震(MJ5.3) 1.1km	NS	5.7	649	56.5	61.3	11.5
	EW		255	39.8	42.9	6.4
	UD		499	26.3	23	19

めて高いものと思われる。

地震記録は、鹿島台町において前震（00:13の地震）と本震（07:13の地震）が南郷町と河南町において最大余震（16:53の地震）が観測された。図3.3に3つの地震の震央と震度計の位置を示す。また、図3.4に主要動部分を示す。鹿島台町では最大加速度が1606cm/s/sと発表されているが、これは主要動の後半部に表れているパルスによりもたらされている。

図3.5は、加速度記録を振動数領域で積分して得られ

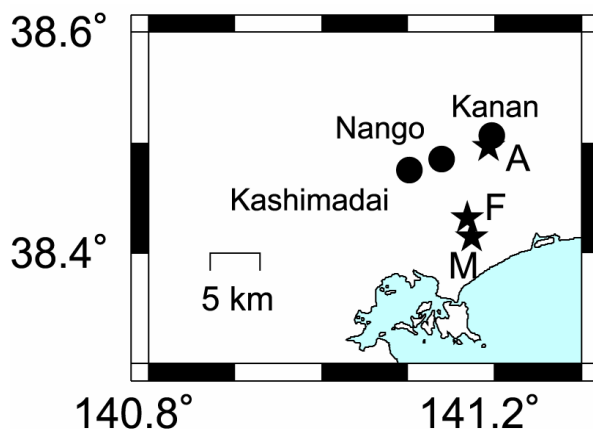


図 3.3 震央と震度計設置地点の位置

た速度波形（ローカット振動数は0.05Hz）の主要動部分の水平面内軌跡である。鹿島台町における本震記録以外は、卓越方向が明瞭なものになっている。なお、鹿島台町の本震記録に見られた1605cm/s²のピークは積分すると目立たなくなる。また、表3.1は地震動の最大値に加えてスペクトル強度を算出し、比較した結果である。最大速度も多くのが25cm/sを越し、SI値も30cm/sを越すなど強烈な地震動であったことが分かる。

図3.6は減衰定数5%の加速度応答スペクトルである。4つの記録とも加速度はNS成分の方が大きかったのでNS成分を用いた。これを見ると、鹿島台町の本震で

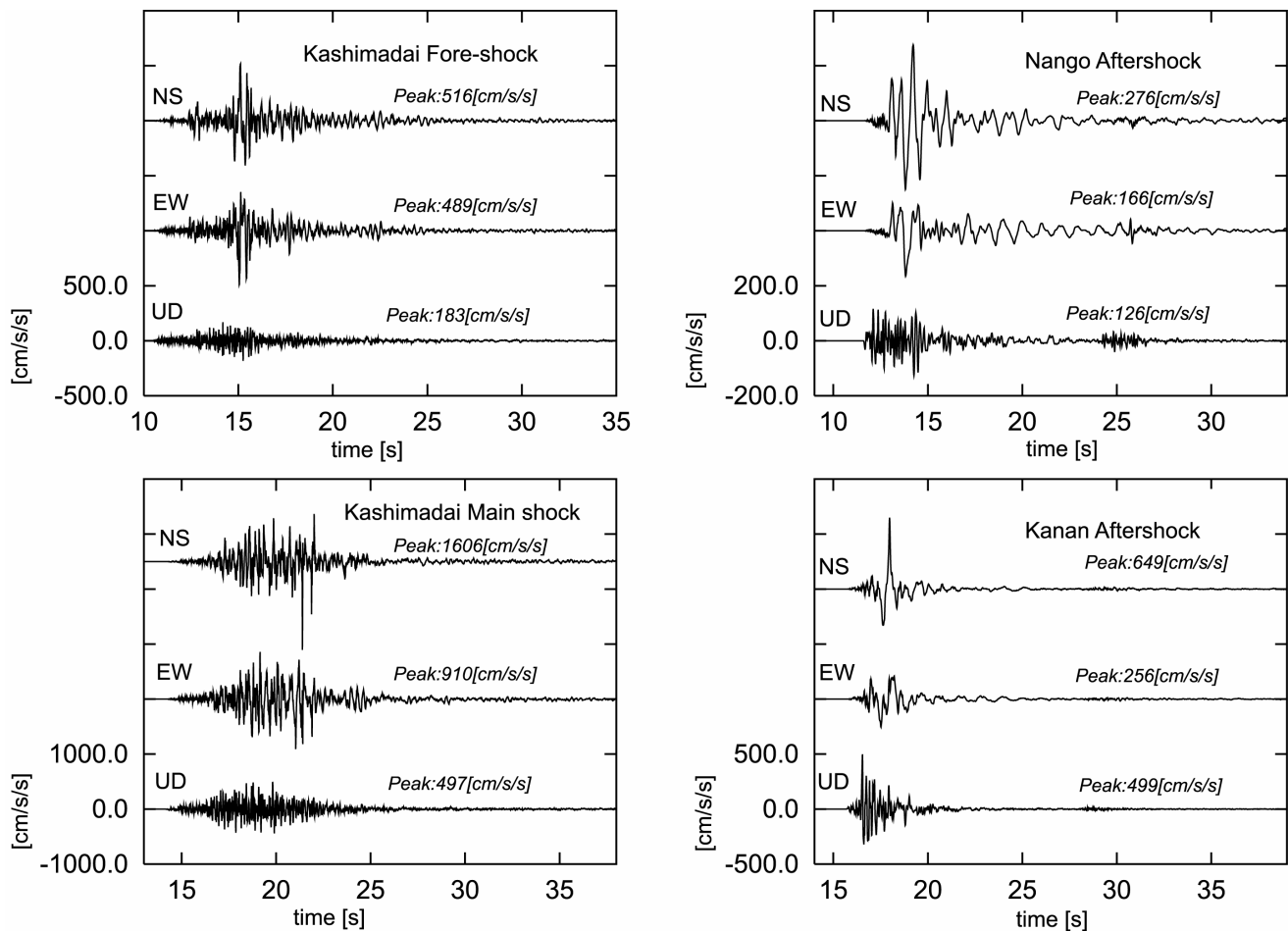


図 3.4 震度計による観測加速度記録. 左上：鹿島台余震，左下：鹿島台本震，右上：南郷町，右下：河南町

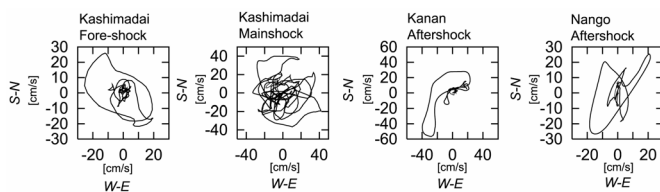


図 3.5 速度記録の主要動部分における水平面内軌跡

は最大加速度が大きいために短周期領域では，最大加速度と同程度の応答が見られるが，周期 0.5 秒程度からは他の地震動と同程度の大きさになる．ただし，周期 3 秒付近にピークを有しており，地震動の規模の違いに対応していることが伺われる．

ここでは東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター大都市圏強震動観測ネットワーク（宮城県，東北大学大学院工学研究科，災害制御研究センター）のデータを使用した．また，データの使用に当たっては，岡田知己氏のご協力を得た．関係各位に感謝する．

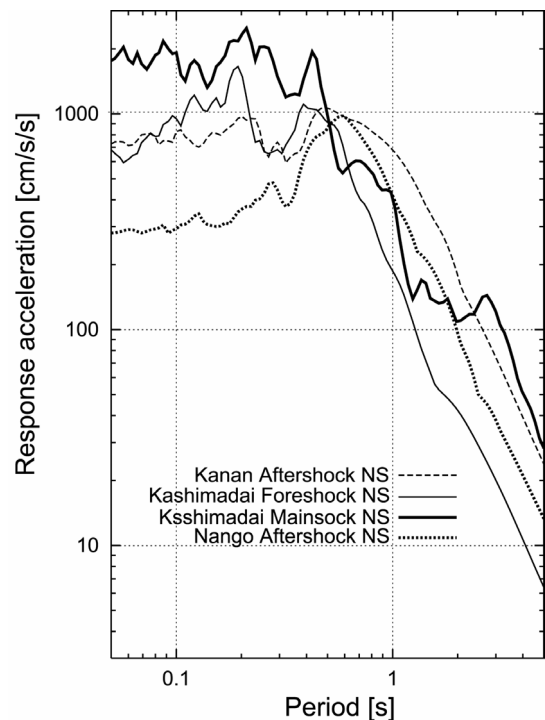


図 3.6 減衰定数 5 % の加速度応答スペクトル

3.2 地盤震動

1) 強震動と微動特性の関係

地震観測点における常時微動計測から得られたH/Vスペクトルを図3.7に示す。また、図3.7中の△印は地盤の常時微動計測地点で、そのH/Vスペクトルから得られたピーク振動数の分布をA-A'、B-B'、C-C'の各断面について図3.8に示す。ここで、常時微動計測は地表面上の1点で計測したものであるが、C-C'断面の県道243号線直交方向の常時微動計測は、GPSで時刻校正を行って8点の同時計測を行い、卓越振動数の確認を行っている。

まず、いずれの地震観測点においても、表層地盤構造に対応すると考えられるピークが明瞭に確認できる。ピーク振動数は、低湿地に位置する南郷町、涌谷町、河南町の3観測点で0.9～1.1Hzとなっており、石巻平野の砂堤上に位置する矢本町の2.6Hz、鳴瀬町と鹿島台町の3.8Hzと3.6Hzに比べて低振動数にあることが分かる。

次に、B-B'断面のピーク振動数の分布を見ると、自然堤防上に形成された南郷町では、鳴瀬川に沿った佐沼街道付近でピーク振動数が微増する傾向が見られるが、顕著な変化ではない。また、C-C'断面を見ると矢本町市街では2～3Hzであるが、旭山丘陵の周辺部より縁辺部にかけて徐々にピーク振動数が増加している。

A-A'、B-B'断面の分布からも、丘陵部で卓越振動数が3Hz以上と高くなっている事が分かる。

一方、図3.7中のパーセント表示された数値は、□印位置における墓石の転倒率を示している。旭山丘陵東縁部に位置する墓地では、墓石転倒率が60～75%程度に達している。ちなみに、墓石の平均的な寸法を用いて転倒率より最大地動速度を推定する¹⁾と、約85～100cm/sの値が推定される。前震・本震・最大余震を結ぶ線上から約5km離れた南郷町でも、転倒率が60～70%程度に達している。地盤の液状化によるお墓の傾斜や地震動の非線形増幅効果を含むサイト特性の影響によるものと考えられる。

最後に、図3.7に示した観測点における本震記録について、最大加速度Aと最大速度V(ただし、自治体計測震度観測点では、計測震度Iと最大加速度Aから、Vを逆算²⁾

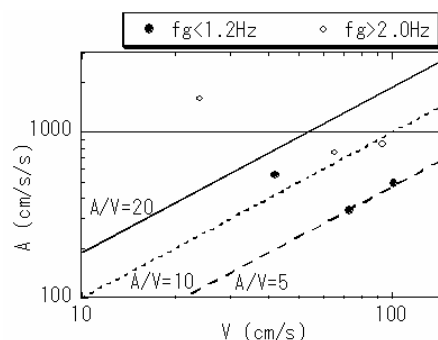


図3.9 最大速度Vと最大加速度Aの関係

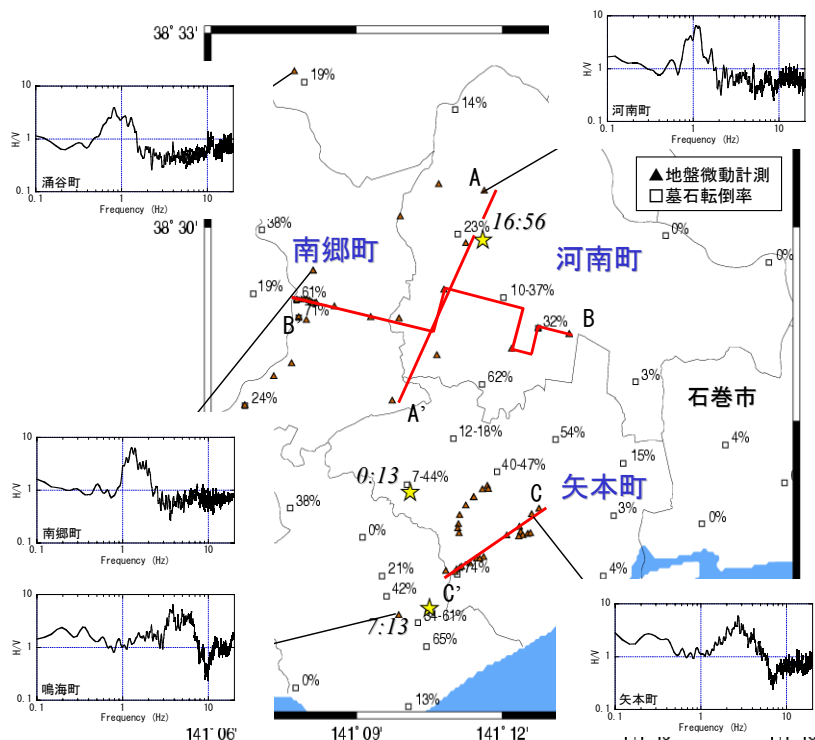


図3.7 地震観測点でのH/Vスペクトルと墓石転倒率(%で表した数字)

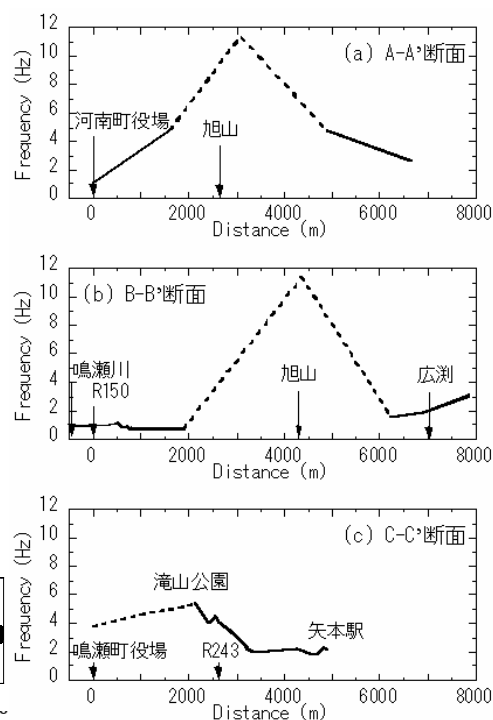


図3.8 地盤の卓越振動数の変化



図 3.10 検討に用いた強震記録の得られた堤防位置

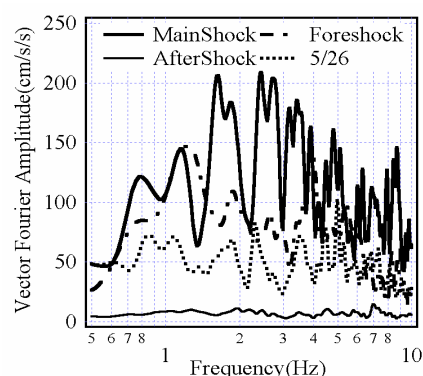


図 3.12 中下(GL-13m)における前震, 本震, 最大余震および5/26の地震によるベクトルフーリエスペクトルの比較

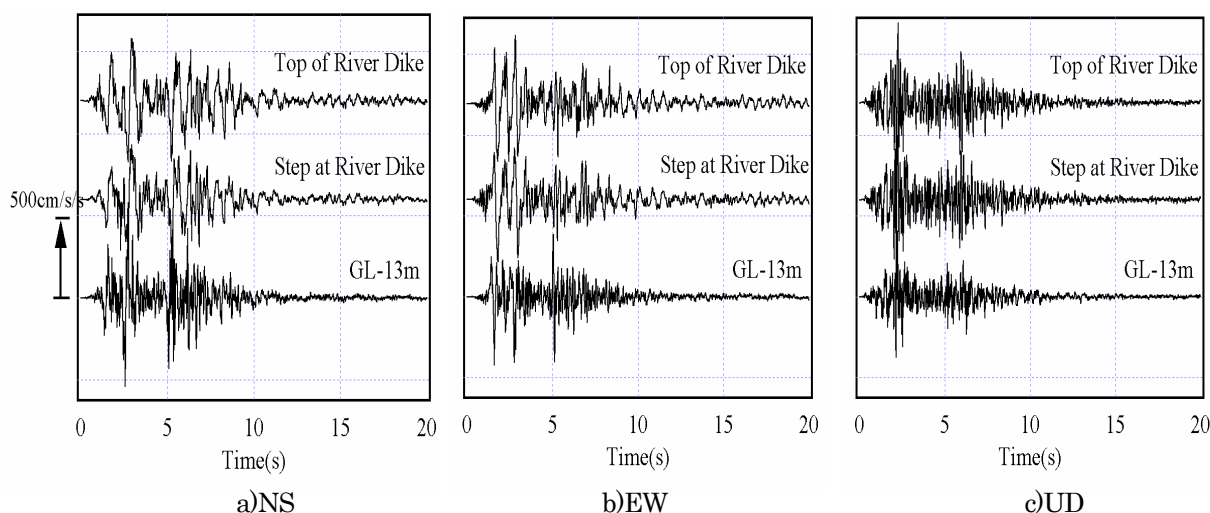


図 3.11 中下で観測された本震の加速度時刻歴

の関係を図3.9に示す。図より、地震動の卓越振動数に対応するA/Vは、H/Vスペクトルのピーク振動数 $f_g < 1.2\text{Hz}$ の場合に比べて $f_g > 2\text{Hz}$ の方が明らかに大きくなっており、地震動特性が地盤条件に大きく影響を受けている事が確認できる。

2) 強震動にみられる地盤材料の非線形性の影響

図3.10に示す鳴瀬川河口に近い中下(nakashita)、および北上川沿いの小塚(kozuka)、河南(Kanan)の河川堤防で実施されている地中基盤位置および堤防頂部位置での鉛直アレー観測により得られた強震記録の特性とそれに及ぼす地盤材料の非線形性の影響について示す。

ここで、中下での観測記録は、その観測位置が本震の震源に極めて近く、震度計で世界最大の加速度が観測された鳴瀬町役場にも近いという点で強震動としても興味深い。まず、地中基盤位置(GL-13m； V_s が500m/s程度以上の硬質地盤)、堤防小段及び頂部で観測された本震

における加速度時刻歴を図-3.11に示す。水平2成分は、いずれも堤防上の記録が地中に比べ、震幅が小さく、短周期成分の混入が少ないことや、震動周期の長周期化傾向が顕著に認められる。また、鉛直成分は、地中に対し堤防頂部にて増幅していることが分かる。

次に、基盤位置における前震、本震、最大余震および5月26日の宮城県沖の地震(以下、宮城県沖の地震と呼ぶ)で観測された記録の水平成分のベクトルフーリエスペクトル³⁾の比較を図3.12に示す。本震記録は1.5から3.0Hzにて卓越し、その周波数帯での振幅は宮城県沖の地震の記録に比べ4倍程度の大きさとなっている。図3.11に示した4つの地震について、地中基盤位置と堤防頂部位置における水平成分のベクトルスペクトル比つまり地震動の増幅率を図3.13に示す。図には河南及び小塚の基盤位置(河南：GL-77m、小塚：GL-13m)と堤防頂部のベクトルスペクトル比も合わせて示す。さらに、3地点の基盤位置における水平成分のベクトルスペクトル

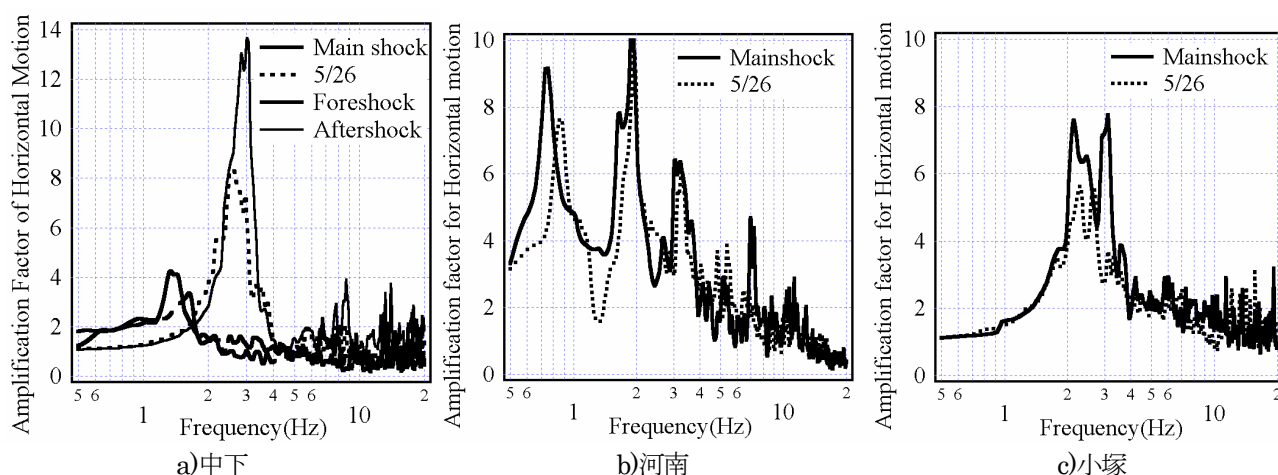


図 3.13 堤防頂部と基盤位置の水平成分に関ベクトルフーリエスペクトルの比較

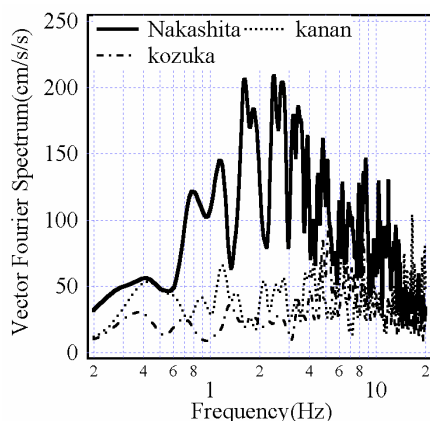


図 3.14 3 観測点における地中記録の水平成分のベクトルスペクトルの比較

の比較を図 3.14 に示す。中下では、堤防と支持地盤系の 1 次固有周波数が最大余震の 3 Hz 近傍から本震における 1.3 Hz に長周期化し、加速度時刻歴の地中と堤防位置の変化とあわせて、明らかに地盤の塑性化によるものであることを示している。河南及び小塚における基盤位置での地震動は中下より小さく、図 3.12 に示した中下における宮城県沖の地震と同程度のスペクトル振幅であり、堤防と支持地盤系の増幅率は地盤材料の塑性化の影響を受けず本震と宮城県沖の地震で同程度の値となっている。

ここでは国土交通省東北地方整備局北上下流事務所中下観測所で観測された記録を使用させていただきました。関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 金子美香, 林康裕 : 剛体の転倒率曲線の提案, 日本建築学会構造系論文集, No. 536, pp. 55-62, 2000. 10.

- 翠川三郎, 藤本一雄, 松村郁栄 : 計測震度と旧気象庁震度および地震動強さの指標との関係, 地域安全学会論文集 V o 1 . 1 , pp. 51-56, 1999. 11.
- 中村晋 : ベクトルスペクトルによる地震動の増幅特性評価とその適用, 土木学会論文集, No. 519/I- 32, pp. 161-173, 1995.

4. 被災地域の地質・地盤概要

4.1 旭山丘陵の地形

2003年7月26日宮城県北部の地震は、旭山丘陵を中心とした石巻平野地域に大きな被害をもたらした。

旭山丘陵は石巻平野の中央に位置し、標高174mの旭山を最高点とするほぼ南北に延びた丘陵である。丘陵の東方には北上川沿いの低地部が広がり、丘陵の西方には鳴瀬川を挟んで鹿島台丘陵及び松島丘陵が分布する。旭山丘陵は樹枝状に発達した沢による開析が進んだ丘陵であるが、標高30～60mで定高性を示す稜線が広く分布している(図-4.1)。また、丘陵中央部には旭山を初めとする標高100m前後の山頂部が南北に連なる。これらの山頂部の東側斜面は急斜面をなし、南部では滝山(標高91m)周辺の急崖へと連続する。定高性のある稜線の標高は、この南北に連なる山頂付近を境として東西で標高がやや異なり、東側で標高30～50mとやや低く、西側では標高50m前後である。石井他¹⁾は、これらの定高性がある丘陵の成因について、構成地質の層理面に支配された組織地形の要素以外に、高位の段丘面が開析されたことによると指摘している。

4.2 旭山丘陵の地質

旭山丘陵に関する地質は、石井他¹⁾や高浜・松野²⁾により報告されている。

旭山丘陵を構成する地質は、新第三紀中新世及び鮮新世の堆積岩類と第四紀の未固結堆積層から構成される(図-4.2, 4.3)。新第三紀中新世の地層(以下、中新統)は、下位より松島湾層群大塚層、追戸層、志田層群根古層及び志田層群三ツ谷層からなり、丘陵全体に広く分布する。新第三紀鮮新世の地層(鮮新統)は、下位より亀岡層、竜の口層、表沢層及び俵庭層から構成され、丘陵東部に分布して中新統を被覆する。

中新統及び鮮新統の構造は、概ね南北方向の軸を持つ緩やかな一対の褶曲構造(大塩背斜及び広淵向斜)に支配される。丘陵の西側には大塩背斜が分布し、中新統と鮮新統を変形させる。同背斜はごく緩いS字状を呈する南北方向の軸をもち、北へプランジしている¹⁾。なお、背斜軸が北へプランジしているため、丘陵中～南部の中新統は大局的に北側ほど新しい地層からなる。広淵向斜は丘陵の東側に位置し、軸の両側に分布する鮮新統は5°前後の傾斜を示す¹⁾。また、中新統は全体的には10°未満の緩やかな傾斜を示すが、東翼部の須江丘陵においては20°を超えて西傾斜を示す部分もある³⁾。

中新統と鮮新統の分布域境界付近では、両者が調和的に変形し周囲に比べ急傾斜となるゾーンがあり、旭山撓

曲と命名されている。撓曲北部では、一部で鮮新統が西へ70°傾斜(逆転)するほど変形し、また、中新統と接する西傾斜の逆断層も確認されるが¹⁾、中部から南部にかけての地域では傾斜が20°～15°と緩くなる。

旭山撓曲は、石井他¹⁾により高位段丘を変位させた活構造である可能性が指摘され、活断層研究会⁴⁾もこの考えを踏襲している。しかし、橋本・鳥越⁵⁾は本撓曲を対象に、詳細な空中写真判読・地表地質調査・ボーリング調査等を実施し、旭山撓曲の第四紀後期における活動性はないとしている。

7月26日の地震では震央が旭山丘陵に位置したため、各研機関の研究者が、地震直後に旭山丘陵からその東方の平野部まで広範囲に地震断層の有無を調査した。しかし、これらの調査では、地震断層の存在が確認されていない。

4.3 旭山丘陵周辺の地盤

旭山丘陵を構成する地盤は中新統及び鮮新統の堆積軟岩(北部の追戸層安山岩溶岩のみ中硬岩)から構成され、未固結堆積物は沢部及び丘陵縁辺に限定される。一方、平野部には浜堤堆積物や海岸平野堆積物、氾濫原平野堆積物からなる沖積層が分布する。宮城県⁶⁾によると、沖



図-4.1

旭山丘陵周辺の地形(石井他¹⁾の一部を転載)

1 河川 2 浜堤 3 自然堤防 4 沖積面(2～3を除く)

5 t_{ls}面 6 t_{ls}面 7 t_{ls}面 8 t_{mi}面 10 定高性を示す丘陵(鹿島台丘陵・下位) 11 定高性を示す丘陵(鹿島台丘陵・上位)

12 定高性を示す丘陵(松島丘陵) 13 定高性を示す丘陵(旭山丘陵・下位) 14 定高性を示す丘陵(旭山丘陵・上位)

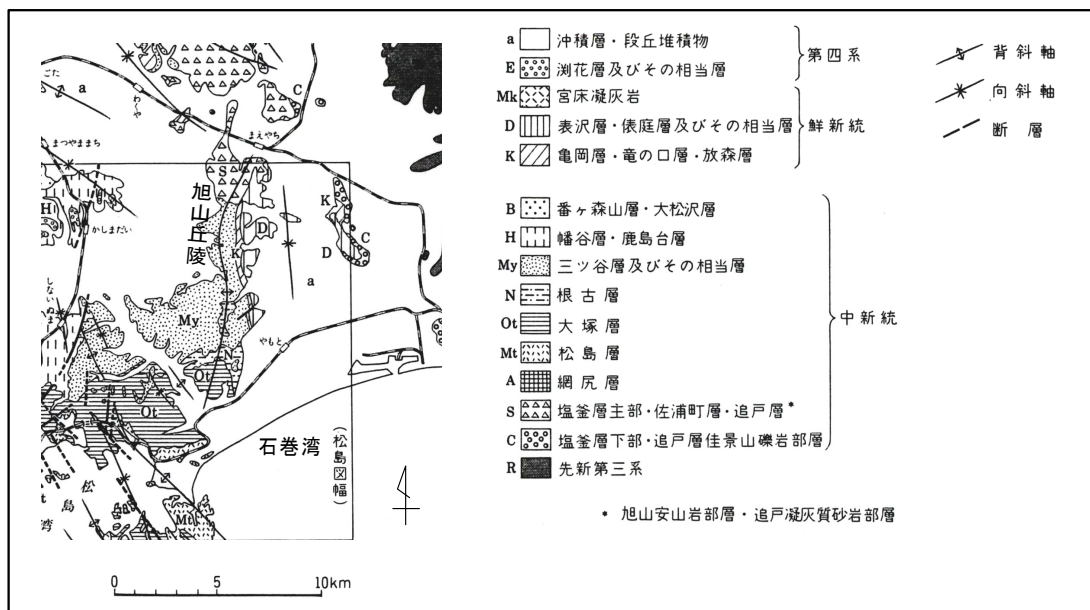


図-4.2 旭山丘陵周辺の地質概略 (石井他¹⁾ の一部を転載)

積層の土質構成は主として細粒砂と粘土からなり、最上部に後背湿地性のシルト・粘土を伴う。沖積層の層厚は40～50m 以上である。

丘陵部を構成する岩盤の性状は、構成地質の形成時代に調和して地域性が認められる。大局的には、旭山撓曲の西側に分布する中新統は、東側の鮮新統よりも固結度が高く、層理面に沿って割れやすい傾向がある。鮮新統からなる岩盤では層理が発達するものの、岩盤としては塊状であり、割れ目もほとんど認められない。また、中新統からなる岩盤でも、構成岩種の違いや地層の新旧に

より割れ目の発達程度が異なる。丘陵の中～南部に広く分布する三ツ谷層は丘陵を構成する中新統で最も新しく、他の中新統に較べてやや軟質である。同層は砂岩、凝灰岩及びシルト岩の互層からなり、岩相の境界で分離し易い傾向がある。一方、根古層や大塚層は三ツ谷層よりも古い地層であり、固結度が高い。露頭では層理面が密着しており、高角度の割れ目が50～100cm 間隔で発達する傾向がある。このような岩盤性状の差異は地形にも顕著に表れており、三ツ谷層の分布域が比較的緩い斜面で構成されることに對し、根古層や大塚層の分布域では、急崖が発達する傾向がある。なお、7月26日の地震では上記の岩盤性状の違いに調和して、斜面変状の様相に差異が認められた。

参考文献

- 1) 石井武政・柳沢幸夫・山口昇一・寒川旭・松野久也：松島地域の地質，地域地質研究報告(5 万分の1 地質図幅)，地質調査所，1982。
- 2) 高浜兵一・松野久也：涌谷地域の地質，地域地質研究報告(5 万分の1 図幅)，地質調査所，1969。
- 3) 東北電力株式会社：女川原子力発電所原子炉設置変更許可申請書(3号炉の増設)一部補正，1995。
- 4) 活断層研究会編：[新編]日本の活断層—分布図と資料一，東大出版会，1991。
- 5) 橋本修一・鳥越祐司：石巻平野西縁部・旭山撓曲の活動性評価，日本応用地質学会東北支部第6 回研究発表会発表講演集，pp. 7-12，1998。
- 6) 宮城県：宮城県地震地盤図，1985。

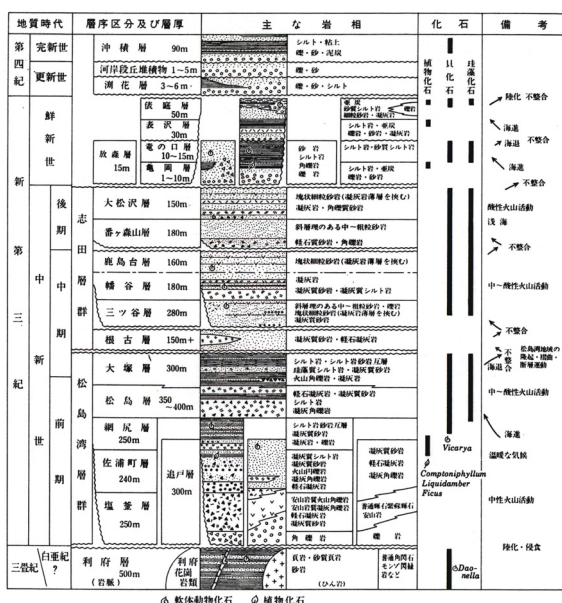


図-4.3 松島図幅地域の地質総括 (石井他¹⁾ より転載)

5. 道路構造物の被害

5.1 道路橋の被害

宮城県北部地震（2003 年）は珍しい 3 連続地震で、それによる道路や道路橋への被害はマグニチュードの大きさ（M5.5 震度 6 弱，M6.2 震度 6 強，M5.3 震度 6 弱）や内陸型地震の短い震央距離の割には損傷程度が軽いか、限定されていた。

その中で注目されるのは隣接する鳴瀬川と吉田川に架かる、県道河南鳴瀬線の小野橋（図 5.1）の被災である。小野橋（本橋）は昭和 11 年に完成した。鳴瀬川側（247.8m）は 13 径間の単純鋼板桁で、下部工はケーソン基礎上の R C のラーメン橋脚である。吉田川側（67.27m）は 6 径間の R C 単純桁で、岩盤上に直接基礎としている。幅員は共に 5.5m である。

小野橋には昭和 44 年に歩道橋が併設されている。鳴瀬川側（247.75m）が 7 径間単純鋼板桁で、基礎は杭基礎と直接基礎である。吉田川側（68.1m）は 3 径間単純鋼板桁の直接基礎で、幅員は共に 2m である。

被災は主に鳴瀬川の本橋に集中している。支沓の破損、伸縮装置での段差、桁の移動、橋脚コンクリートの亀裂、橋脚の傾斜などである。吉田川の本橋ではほとんど被害は見られなかった。歩道橋では支沓モルタルの損傷、一部橋脚での微少な亀裂、取付け盛土の沈下などである。

なお、鳴瀬川の本橋部分では 1978 年の宮城県沖地震でも支沓が破損し、桁が横断方向に 65cm 移動したが、落橋は免れた。

ここで問題になるのが架橋地点の地盤構成と基礎の実態である。小野橋では岩盤が南から北に（右岸から左岸に）傾斜している。その上に沖積粘土層が北に向かって 5~10 数 m で分布し、さらに、その上に砂礫層が 1~15m で北側に厚く堆積している。

そのために吉田川に架かる南側の本橋部分と歩道橋の基礎は岩盤上に直接基礎となっている。鳴瀬川に架かる歩道橋では右岸（南側）の 2 基は岩盤上の直接基礎で、他の 4 基と橋台基礎は鋼管杭基礎で、先端は岩盤に達している。

しかし、本橋の基礎はケーソン基礎で、右岸（南側）4 基の橋脚は岩盤上に床付けされているが、残り 8 基の橋脚基礎の先端は沖積粘土層に留まっている。その理由を調べると、当時は数少ない地盤調査の結果からケーソン基礎の寸法を統一化していたために、現場は設計図通りの根入れ長で施工していたことが判明した。

すなわち、岩盤に着底したケーソンの長さを標準に一律に 9.65m としたので、左岸側のケーソン先端は粘土地盤の中に留まる結果となったのである。それでも常時の上部工の荷重を支えるのに十分な支持力が得られ、実用上の支障を生じることはなかった。

以上の実態を考慮した上で、改めて地盤調査を行い、L1 地震に対するケーソンの安定計算をすると粘土層に根入れしているケーソンでは鉛直支持力度、水平変位、表層地盤の水平地盤反力度が許容値を超過している。さらに、ケーソンの傾斜角の実測値が計算値よりも大きくなっている橋脚も見られた（図 5.2）。すなわち、軟弱な粘土地盤に床付けしているために大きな回転を生じたことになる。この現象は 1978 年の宮城県沖地震における本橋の支沓の破損や桁の移動の原因でもある。

しかし、今回の地震では落橋防止装置を施工していたために被災を最小限に留めることができた。写真 5.1 は鳴瀬川の右岸側の橋台と端桁を示す。桁は橋座に 10cm の掛かり長で、辛うじて落橋を免れたのは下側に設置されている P C ストランドのおかげである。橋脚上でも、このような状況が桁同士の間で見られた（写真 5.2）。

上部工の移動は橋軸方向に卓越し、左岸側に最大で

小 野 橋 側 面 図

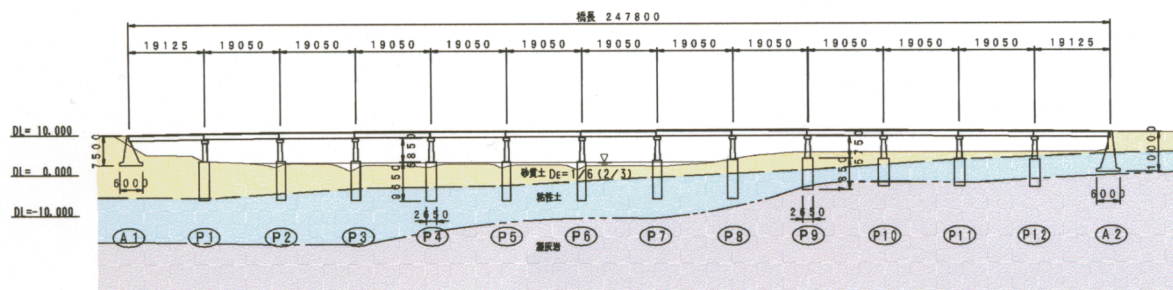


図 5.1 小野橋側面図

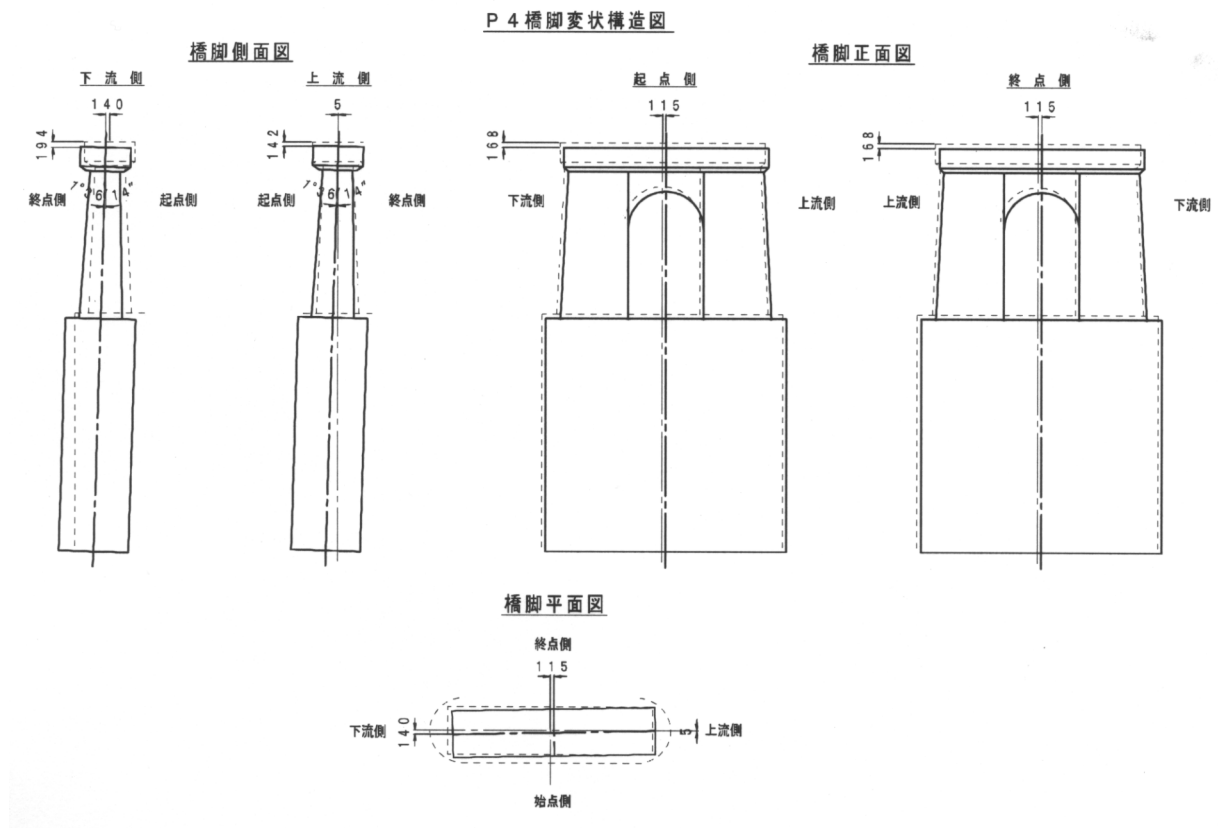


図 5.2 P 4 橋脚の変状



写真 5.1 小野橋南側橋台の桁掛かり



写真 5.2 橋脚上の被災例

約 20cm となり、橋全体に落橋防止装置が有効に働いた。しかし、支笮の破損とそれに伴う伸縮装置での段差は避けられなかったが、それによる通行人の被害は報告されていない。

小野橋は大きな被害となったが、近隣の道路橋では比較的軽微な被災に止まっている。下流 1.5km の国道 45 号の鳴瀬大橋では右岸側橋台の可動笮の移動制限のための突起が破損した程度である。宮城県沖地震（1978 年）に旧橋が落橋寸前の被害のあった、上流約 6km の県道

の木間塚橋でも背面盛土の沈下程度であった。

今回の地震では震度 VI の地震が 1 日に 3 回連続し、場所によっては 1000gal を超える加速度が記録されているが、永久構造物の被害はあまり見られなかった。橋梁の被害も小野橋を除くと県道、市町村道を含めて支笮の損傷や背面盛土の沈下等の軽微なものに終わっている。小野橋も震源から北西約 4km の位置にあるが、加速度というよりも速度ないしは変位による被災であった。主たる原因はケーソン基礎が支持層に達していないために



写真 5.3 国道 108 号河南町前谷地の被災地¹⁾

変形が大きく出たことである。現在、堆積地盤の地震応答を検討中で、基盤へ種々の地震波を入力して算定しても地表面の最大加速度は 500gal に達するものはないが、せん断歪みの最大値は $10^{-3} \sim 10^{-2}$ レベルとなるので液状化現象が生じてよい程度の地表面変形であったと想定される。実際の液状化現象は堤内地の一部に小さな噴砂が見つかっている程度であった。

5.2 道路斜面等の被害

道路の被害も大きな震度に対して比較的少なかった。主な被災は通常の地震で見られる舗装面や路肩の縦亀裂、構造物に隣接する盛土の沈下や路面の陥没、ブロック擁壁の亀裂、はらみだし、斜面の崩落等であったが、その被災箇所数は限られている。

高速道路は近くに三陸縦貫道、少し離れて東北縦貫道がある。三陸縦貫道では路面の亀裂、段差、橋梁の伸縮装置の破損等で、徐行すれば通行できない訳ではないが、通信施設や標識等の被災があり、鳴瀬奥松島～石巻河南間で3度にわたり通行止めがなされた。そのうちの本震による通行止めは約 24 時間に渡った。東北道でも約 2 時間弱の通行止めがなされた。

国道で交通規制を要した被災は 4 箇所、4 号 1 箇所、45 号 2 箇所、108 号 1 箇所、路面沈下、落石の危険性、路肩ブロック崩壊の危険性等によるものである。写真 5.3 に国道 108 号河南町前谷地の被災現場を示す。一般的に被災事例の多いのは写真のような岩盤と堆積地盤の境界や切土と盛土の境界付近に集中する傾向がある。

県道、市町村道の被災も小規模なものが多い。県道の被災箇所は 70 箇所、市町村道では 187 箇所であるが、被害の総額は 40 億円弱で、平均しても 15 百万円/箇所である。これらの被災では道路本体の損害額は小さいが、写真 5.4、5 に見るように道路敷地外からの法面崩



写真 5.4 道路に流出した法面崩壊¹⁾



写真 5.5 道路への落石の事例¹⁾

壊や落石による比較的大きな被害が散見された。

宮城県北部地震は震度 VI の連続 3 回の地震とそれに付随する比較的强大な余震が連続した割には道路の被災は少ないのが特徴である。過去に大地震を経験し、田園地帯と丘陵地が主体の地形で高盛土が少なく、年数の経った道路が多いことにもよると考えられる。

一方では、本地震は災害時の交通管理のあり方を検討するのに適当な地震と位置づけることができる。今回の地震では三陸縦貫道が被災日に通行止めになったために国道 45 号が大渋滞となり、緊急車の通行にも支障が生じた。

しかし、国土交通省が平成 15 年 6 月から始めたロード・セーフティ・ステーション (RSS) が有効に機能して道路利用者への情報提供が円滑に行われ、混乱を最小限に留めることが出来たことが注目される。この施策は国道沿いに点在するコンビニエンスストアを道路管理情報支援の拠点として活用するものである。また、この RSS は災害復旧体制を整える上でも大いに役立った。

他の県道などの幹線道路も通行止めになった箇所でも迂回路の確保ができ、救援や復旧活動に支障をきたさなかったことが特筆される。

これらの経験に基づいて国土交通省では更にガソリンスタンドを対象に“ドライブ・インフォメーション”を組織して道路利用者との間で情報の提供、交換を行うこ

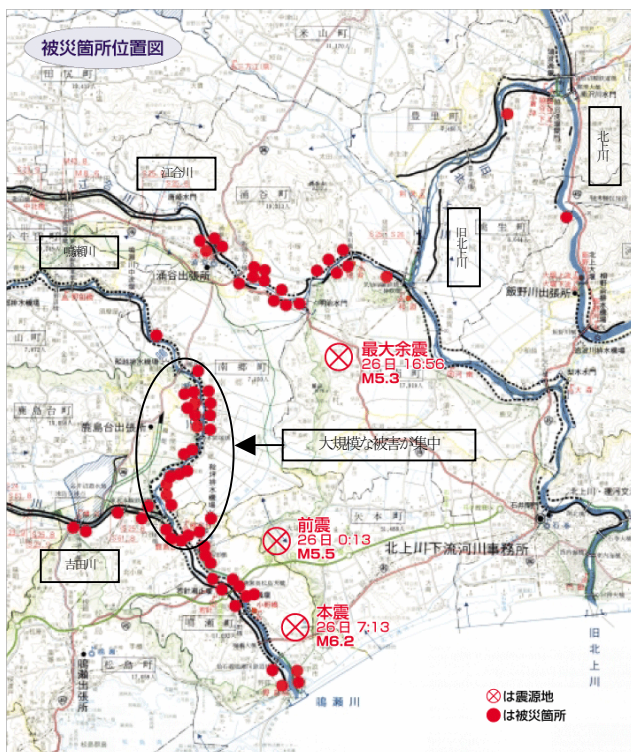


図-6.1 被害箇所位置図 1)に加筆

とを進めている。さらに、道路管理者間、すなわち国土交通省、東北6県、仙台市、日本道路公団の間で“5.26三陸南地震、7.26宮城県北部地震の教訓を踏まえた道路管理者間の情報共有に関する緊急行動計画(案)”を実施に動き出している³⁾。

このように、今後の地震対策では二次災害といわれる震災直後の交通や、通信手段の途絶や混乱をいかに回避するかが重要になっている。そのために、道路等の社会基盤施設の損傷を防ぐだけでなく、被災時、被災後に各機能を円滑に回復、補完できるようにすることを真剣に考えていく必要がある。

調査報告を取りまとめるのにあたり、国土交通省東北地方整備局道路部、宮城県県土整備部道路課、復建技術コンサルタント(株)の関係各位のご協力をいただいたことを記し、深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 2003年三陸南地震・宮城県北部地震災害調査報告書、2003年三陸南地震および宮城県北部地震災害調査委員会、地盤工学会、2003年10月



堤防天端の縦断クラック

写真-6.1 鳴瀬川木間塚橋下流側堤防右岸 12.7k～13.5k (二郷地区)



堤防崩壊

写真-6.2 鳴瀬川木間塚橋下流側堤防右岸 12.9～13.5k (木間塚その1地区)

- 2) 2003年7月26日宮城県北部の地震緊急調査速報、国土技術政策総合研究所・土木研究所合同緊急調査団、土木技術資料45-9、2003年9月
- 3) 地震に備えた道路の情報化——安全・安心・快適な生活を送るための災害に強い道路を目指して——、国土交通省東北地方整備局、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、仙台市、日本道路公団東北支社、平成15年11月

6 河川構造物の被害(河川堤防などの被害)

6.1 概要

今回の地震で大規模な被害が生じた河川は、震源地の近傍を流れる鳴瀬川で、被害は河口から概ね8km～17km地点にある低地部の堤防に集中している。

被害は、主に堤防本体にみられ、被害形態としては堤防の崩壊および沈下、堤防天端およびり面の縦横断亀裂、はらみ出しを伴うすべり破壊等であった。また、堤外側のコンクリートのり枠工(護岸工)についても、一部に亀裂や目地の開き等がみられた。

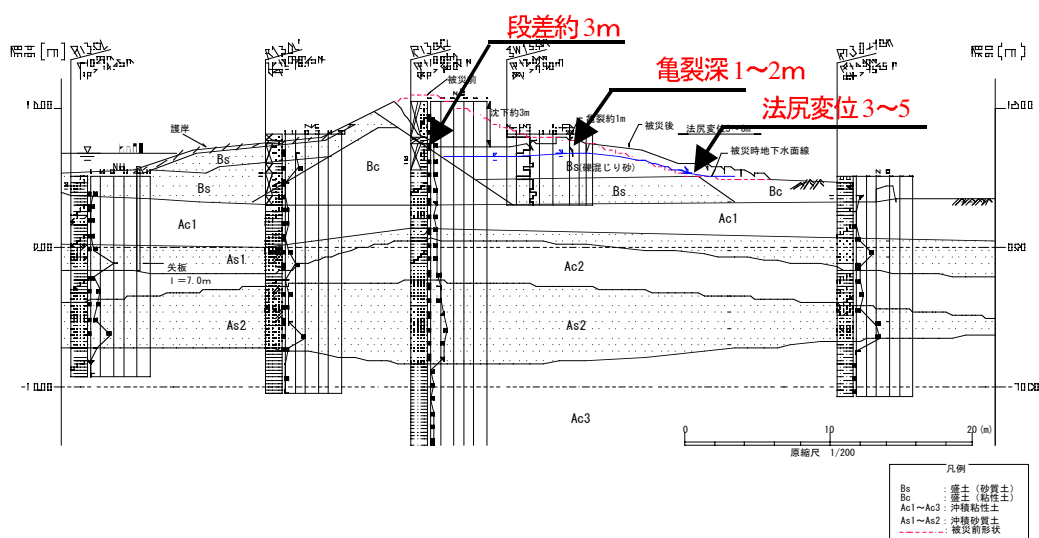


図 6.2 被害状況と地層構成（木間塚その 1 地区）

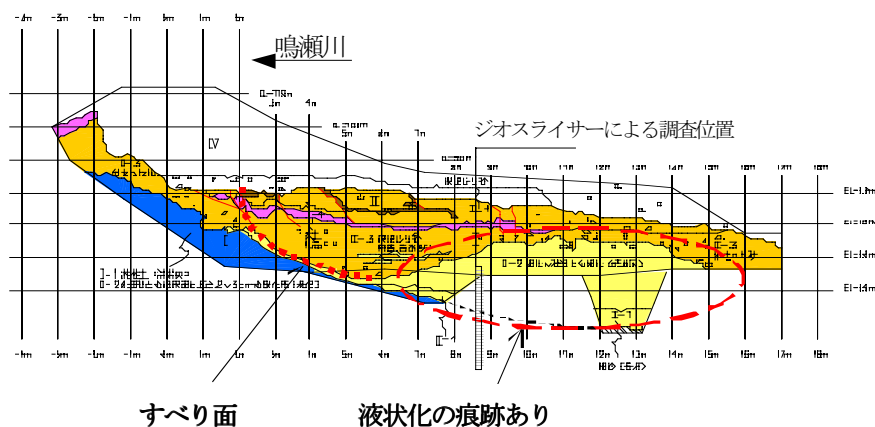


図 6.3 堤体の開削断面(木間塚その 1 地区)

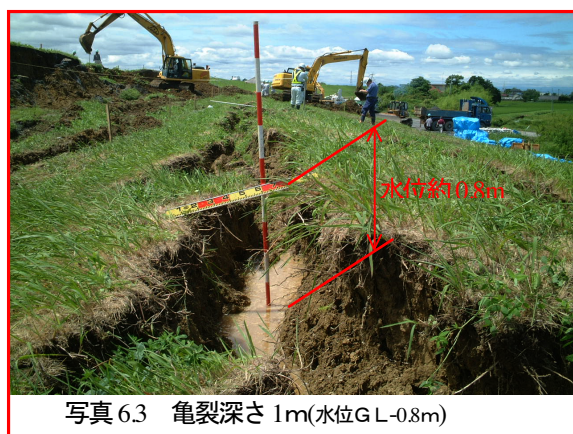


写真 6.3 亀裂深さ 1m(水位GL-0.8m)



写真 6.4 段差約 3m

図 6.1 に被災箇所的位置を示す。また、鳴瀬川の木間塚橋の下流に生じた河川堤防の被害を写真 6.1, 6.2 に示す。これらの図および写真はいずれも国土交通省東北地方整備局北上川下流河川事務所より提供を受けたものである。

6. 2 降雨と河川水位

被害地近傍では、7月上旬～中旬にかけて日雨量 20mm 程度の降雨が数日みられ、さらに地震発生前 1 週

間の間に連続雨量が 150mm を越える降雨が記録され、7月に入ってから累計雨量は、300mm に達している。この影響で、鳴瀬川の河川水位は地震発生前後で指定水位（1年で 5 から 10 回起こる程度の水位）を越えたことが明らかにされている。

6. 3 代表的な地点の被害状況

図 6.1 に示した鳴瀬川堤防における被害箇所のうち、特に被害の大きかった①木間塚その 1 地区 ②二郷地区

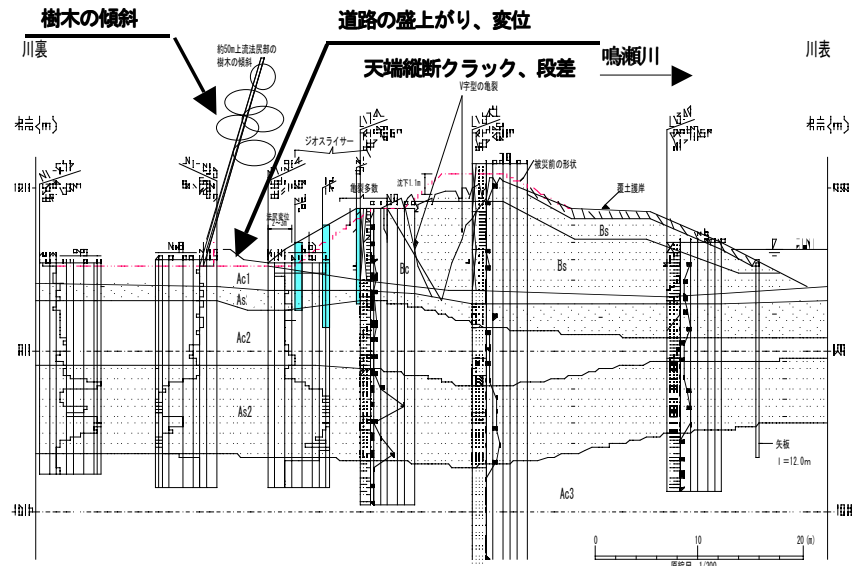


図 6.4 被害状況と地層構成（二郷地区）

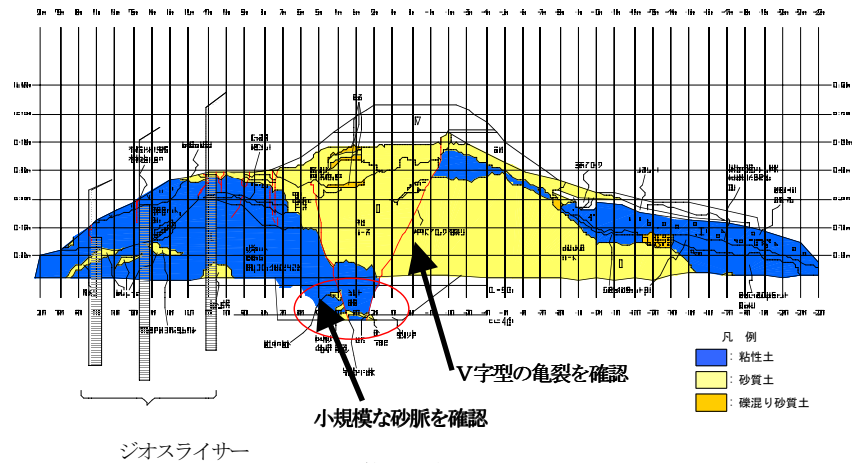


図 6.5 堤体の開削断面(二郷地区)



写真 6.5 法尻変位 3~5m

についての被害状況について以下に示す。

(1) 木間塚その1地区（鳴瀬川右岸 12.9k+60m~13.5k）

① 被害状況

図 6.2 に被害状況と地層構成について示す。

当該地区における被害の特徴は、以下の通りである。

- ・堤防天端および堤内外のり面に約 500m に亘って縦断亀裂（幅 20~70cm, 深さ 60~100cm, 段差 40~60cm）が発生している(写真 6.3)。
- ・堤体には、旧堤と新堤の境界に沿って 2~3m の段落

ちが見られる(写真 6.4)。

- ・盛土はのり尻付近の道路を覆うようにはらみ出している（変位量 3~5m）(写真 6.5)。

②堤防開削調査

堤防開削調査より得られた堤体の開削断面を図 6.3 に示す。これより、以下のことが明らかにされた。

- ・堤防構造は、粘性土主体の旧堤に砂質土主体の新堤が裏腹付けされている。
- ・基礎地盤は、堤体直下に粘性土、その下方に砂質土が分布している。
- ・旧地盤（粘性土）と盛土（砂質土）との境界付近にすべり破壊面が確認された。
- ・堤体下部の細砂から成る領域に液状化の痕跡が確認された。

(2) 二郷地区（鳴瀬川左岸 12.7k+270m~13.5k）

① 被害状況

図 6.4 に被害状況と地層構成について示す。

当該地区における被害の特徴は、以下の通りである。

- ・堤防天端および堤内、堤外側のり面に約 700mに亘って縦断亀裂（幅 40~80cm, 深さ 40~180cm, 段差 40~80cm）が発生している。（写真 6.6）。



写真 6.6 堤防天端縦断クラックおよび段差



写真 6.7 道路の盛上がりおよび水平変位



写真 6.8 法尻付近の樹木の傾斜

堤内側のり面のすべりに伴い道路が盛上がり民家近くにまで及んでいる。(写真 6. 7).

- ・堤防のり面のはらみ出しが見られた堤防天端は、全体的に大きく沈下している。
- ・川裏側の樹木が川方向に傾斜している (写真 6. 8)。

②堤防開削調査

堤防開削調査より得られた堤体の開削断面を図 6. 5 に示す。これより、以下のことが明らかにされた。

- ・堤防構造は、砂質シルトの旧堤に砂質土主体の新堤が表腹付けされている。
- ・基礎地盤は、堤体直下に粘性土が薄く堆積し、その下方に緩い砂質土が分布している。
- ・堤体天端直下に V 字型の亀裂が確認された。
- ・堤体内には、円弧すべり面等は確認されなかった。
- ・堤体下部および基礎地盤で小規模な砂脈が確認された。

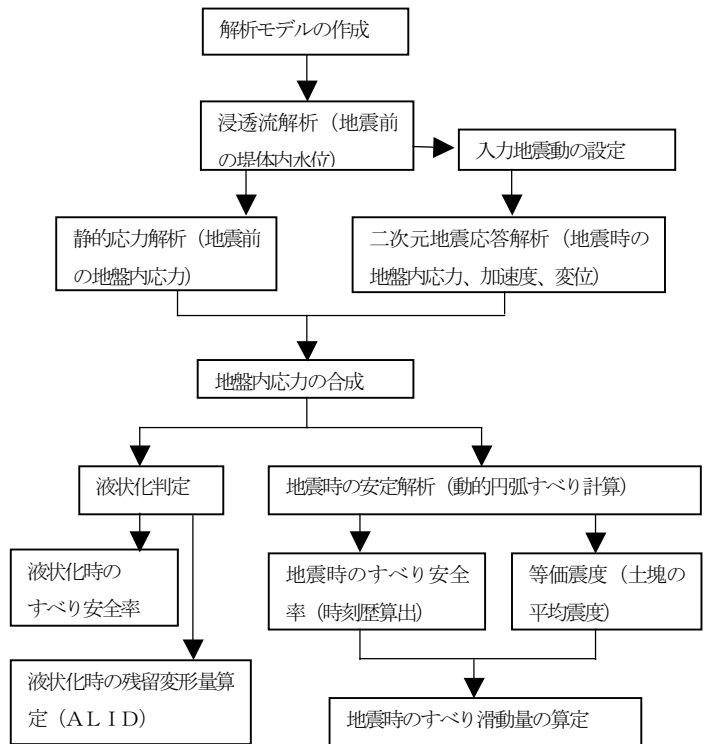


図 6.6 地震被害メカニズムの検討手順

6. 4 被害メカニズムの推定

被害メカニズムを明らかにするために、土質調査、土質試験の結果をもとに、浸透流解析、地震応答解析および残留変形解析等を実施した²⁾。

検討手順について図 6. 6 に示す。これらの結果より、各地点についての地震前、地震時の状況および被害要因について推定した。

①木間塚その 1 地区

地震前の状況

降雨により河川水は上昇していたが、矢板、護岸により河川水の堤体内への浸透はなかった。しかしながら、降雨浸透により堤体内の水位は上昇し、浸潤面以深の砂質土は飽和状態となって自重が増加するとともに、強度低下を引き起こしたものと考えられる。なお、堤体内の砂質土を用いたねじりせん断試験（単調載荷）の結果、強度特性に関しては、自然含水状態（ $w=25\%$ ）にある試料に対して、飽和状態では、内部摩擦角が 5 度程度小さくなるが示された。

地震時の状況

地震により、As 1 層の一部および地下水位以深にある堤体内の砂質土に液状化が発生し、間隙水圧の上昇や堤体強度の低下が生じたものと考えられる。

被害要因の推定

飽和度が高い状態にある堤体に、本震による強い地震力が作用したことにより、堤体は強度低下を引き起こし、安定を失い、旧堤体（粘性土）の境界に沿って堤内側（川裏側）へのすべり破壊が生じたものと考えられる。一方、川表側には、遮水矢板や護岸の設置により変状しなかつ

たものと思われる。

これらの状況を模式図として図 6.7 に示す。

② 二郷地区

地震前の状況

降雨により河川水は上昇していたが、矢板、護岸により河川水の堤体内への浸透はなかった。しかしながら、降雨浸透により堤体内の水位は上昇し、浸潤面以深の砂質土は飽和状態となって自重が増加するとともに、強度低下を引き起こしたものと考えられる。

地震時の状況

地震により、As1 層の一部および水位以深にある堤体内の砂質土に液状化が発生し、間隙水圧の上昇や堤体強度の低下が生じたものと考えられる。

被害要因の推定

飽和度が高い状態にある堤体に、本震による強い地震力が作用したことにより、堤体の強度は大きく低下し、天端直下ではV字型に盛土塊が沈下した。これにより、堤体の旧堤部は盛土直下の緩い地盤とともに川裏側に押し出されたものと推定される。また、地盤の水平移動に伴い、盛土法尻部では盛り上がり、樹木は傾斜したことが伺える。一方、川表側は、遮水矢板や護岸の設置により変状しなかったものと思われる。

これらの状況を模式図として図 6.8 に示す。

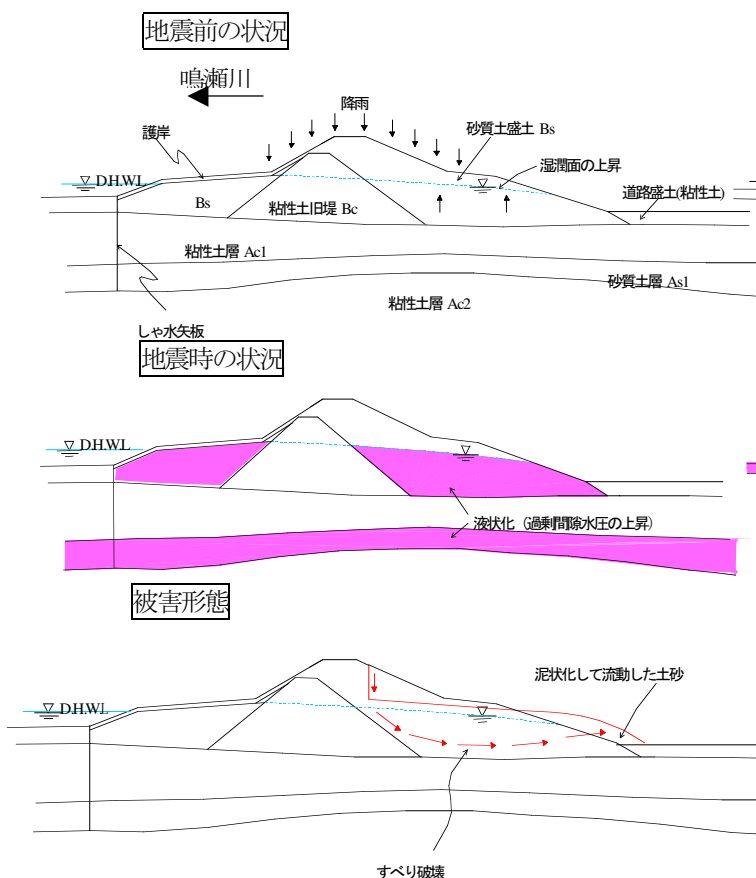


図 6.7 被害要因の推定模式図 (木間塚その 1 地区)

6. 5 被害の特徴と堤防強化に関する今後の課題

今回の地震被害の特徴は、震源に近く地震力が大きかったこと、降雨により堤体内の水位が上昇し、飽和度が高い状態で地震外力を受けたことにある。そして、特に大規模な被害の生じた区間では、堤体は緩い砂質土やシルト質砂で盛られていたこと、降雨による浸透水が抜けにくい堤防構造にあったことが明らかにされた。

これらのことから、堤防の強化を図る上で重要なことは、堤防の構造や堤体および基礎地盤の土質特性を調査し、その健全性を把握すること、降雨や河川水の浸透が懸念される堤防では、耐浸透機能や排水機能を向上させた対策を講じること等が考えられる。また、堤防高さ、幅の不足している堤防の強化も併せて実施することが望まれる。

さらに、堤防強化を実施した後も継続的に堤体内の水位測定や堤防の変状調査等のモニタリングを進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省東北地方整備局北上川下流河川事務所
: <http://www.thr.mlit.go.jp/kayuu/>
- 2) 平成 15 年度鳴瀬川堤防検討会、第 1 回～第 4 回委員会資料(委員長：山村和也)、国土交通省東北地方整備局北上川下流河川事務所、(財)国土技術センター

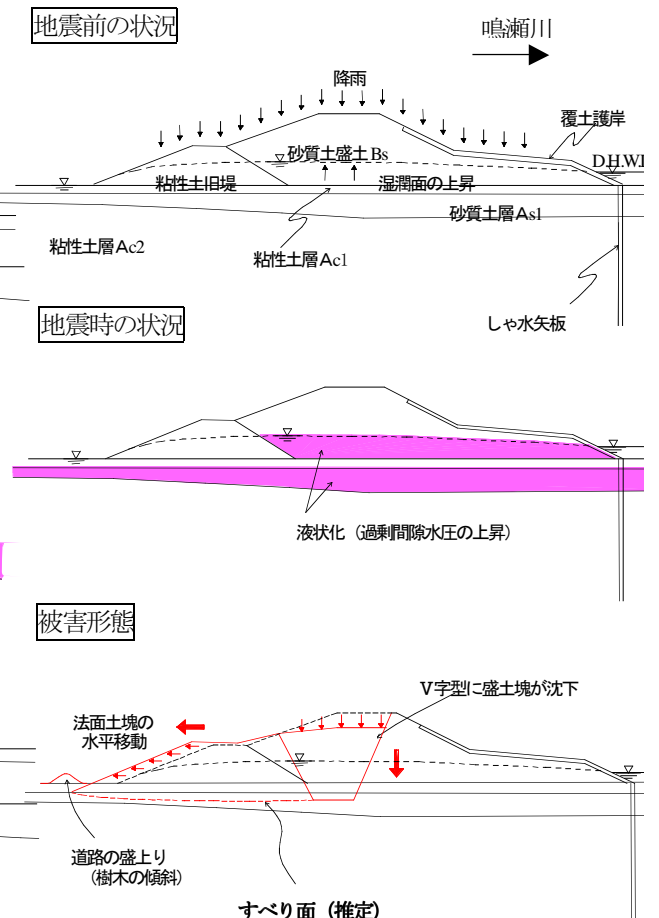


図 6.8 被害要因の推定模式図 (二郷地区)

7 自然斜面，造成斜面などの災害

7.1 概要

震源域直上では，人為的な地形改変によって出来た盛土や切土斜面にも多くの崩壊が認められた．このうち，この地域では土取りのための切土斜面が多く見られるが，その多くで表面の風化部分の崩落が見られる（写真 7.1）．



写真 7.1 矢本町大塩地区：風化した切土表層の崩落

一方，盛土斜面の崩壊は，より深刻な被害となっている．この中には，前震で崩壊したもの（写真 7.2），本震・余震で崩壊したもの（後述 河南町北村西猿田地区）など，降雨の影響や大きな前震で一旦強度が弱くなったことが影響した可能性もある．鹿島台測候所の降雨記録によれば，7 月 19 日から前日の 25 日までに累積 151mm，26 日当日も約 50mm の降雨が記録されている．



写真 7.2 矢本町大塩地区：この斜面は前震で崩壊した

震源直上域の住家の盛土擁壁は崩壊したもの，あるいは崩壊まで至らなかったが大きな変状を生じて危険と診断されたものが非常に多い（写真 7.3，写真 7.4 参照）．



写真 7.3 河南町北村地区：宅地盛土擁壁の被害



写真 7.4 矢本町緑ヶ丘団地：L型擁壁の被害

7.2 河南町北村西猿田地区

(1) 概要

河南町北村の西猿田地区では，5/26 の地震の際に築館町で見られた斜面崩壊と同様な泥流化した形態の土砂崩壊があった（写真 7.5）．崩壊部の幅約 30m，崩壊部の斜面方向長さ約 30～50m，崩壊部上端から下流最遠到達地点まで約 150m である．また，崩壊部の傾斜角度は上端から 30 度から 10 度と徐々に緩い傾斜となっている．翌日の調査時点では流水も確認されており，土砂はかなりの水分を含んでいた．崩壊部下端付近にあった竹や栗の木は土砂に押し流されて下流側に移動した．この斜面は，沢部を盛土し，田圃を造成したものであったが，1978 年宮城県沖地震や 5 月の地震でも被害を受けていない．



写真 7.5 河南町北村西猿田地区の斜面崩壊



写真 7.6 地滑り斜面の全景 (矢印が証言者の家屋)



写真 7.7 地滑り泥流の到達部

斜面の崩壊は、後述するように振動が終わってから数分して発生したことが目撃証言されている。また、本震に引き続き余震でも斜面に向かって右側部が崩壊したことも証言されている。

(2) 目撃者の聞き取り調査

調査団が行った聞き取り調査をまとめて文章にすると、住民の証言（地滑り下端家屋（写真 7.6）の住民（お母さん（50 代）、娘さん（20 代））

「夜中の地震（前震）であまり寝られなかったが、余震のとは違ったズンズン言う地鳴りが続いていたので、今考えて見れば地滑りの予兆ではないかと思う。朝の大きな地震（本震）は縦揺れが大きく（横揺れは揺れの後半のみ）、1～2 分継続して揺れていた様に思う。0 歳の子供を抱きながらおじいさんを連れ出してどこかに逃げようと、あわてて外にでて車に乗ろうとしている時に向こう側の山の左側（崩落面から見て右岸側）が一気に崩れてきた（二人ともそろって崩れるのを見た）。泥は門のところの巨石を並べた石垣で止まったが（写真 7.7）、もう少し速く車で道にでていたら巻き込まれていたようで



写真 7.8 地滑り下端の土砂の状況

ぞっとする。山の左に植えられていた栗と桜とケヤキの木はほとんど傾かず泥流と一緒に一気に流れてきた。地滑りの時間は 1～2 分ではないか。とても早くマラソン選手でも追いつけないほどだった。揺れが収まってから斜面が崩れるまで 2、3 分は時間があつたと思う。斜面が崩れてきたのを見てからは、怖くなって再び家に戻った。午後 5 時の地震（余震）では山の右側（崩落面から見て左岸側）がさらに崩れて田圃の苗が斜面一面に広がった。」となる。

この証言から、斜面崩壊が生じるまでは振動終了後 2～3 分後程度経過しており、その後築館と同様に比較的早い速度で土砂が移動したと推定される。また、土砂は崩壊斜面中腹部に植えられた栗や桜、ケヤキの木を巻き込みながら泥流状になって押し寄せてきたことも証言により明らかである。実際、写真 7.8 に示すとおり地滑り下端の土砂は多量の水を含んでおり、足を踏み入れられないほど緩く堆積していた。

この丘の上はもともと山林であったものを昭和 30 年頃から開田し、下からポンプ揚水した水での稲作を行っていた。今回地滑りを起こした斜面は開田で生じた土を沢部に重機で押しつけて造成したとのことで、崩壊前は竹林のすぐそばに栗、山桜、ケヤキの木がそれぞれ 1 本ずつ植えられていた以外は腰丈ぐらいの雑草が多い茂る斜面であったという。なお 20 年ほど前には丘の反対側の斜面が雨による滑りを起こし、下にあった家屋はその後別の場所に移転している。地震後、今回地滑りを起こした箇所だけでなく、丘の縁端部の多くで端部境界に平行に重複する亀裂・段差が連続的に見つかった。その中には水田の中を通過しているものも多く、丘中央部のわずかな田圃を除き、水が枯れた状態になっていた。

(3) 崩壊土砂の土質

複数の機関が実施した崩壊土砂の土質特性は以下のと

表 7.1 土質 物理試験結果

試料番号	上部 露頭	下部 露頭	崩積土	採取地点 A	
				①	②
土粒子の密度	2.700	2.752	2.699	2.709	
レキ分 (%)	0	0	4	12	12
砂 分 (%)	76	81	49	64	62
シルト分(%)	8	8	22	12	17
粘土分 (%)	16	11	25	12	9
最大粒径(mm)	4.75	4.75	19.0	—	—
土質分類 {記号}	細粒分質砂 {SF}			レキ混じり 細粒分質砂	
液性限界(%)	—	—	—	38.5	
塑性限界(%)	—	—	—	24.7	
塑性指数(%)	—	—	—	13.8	
自然含水比(%)	—	—	—	28.8	

注) 試料採取場所は図-7.1 を参照, 液性限界・塑性限界は475_m 通過分に対して実施,

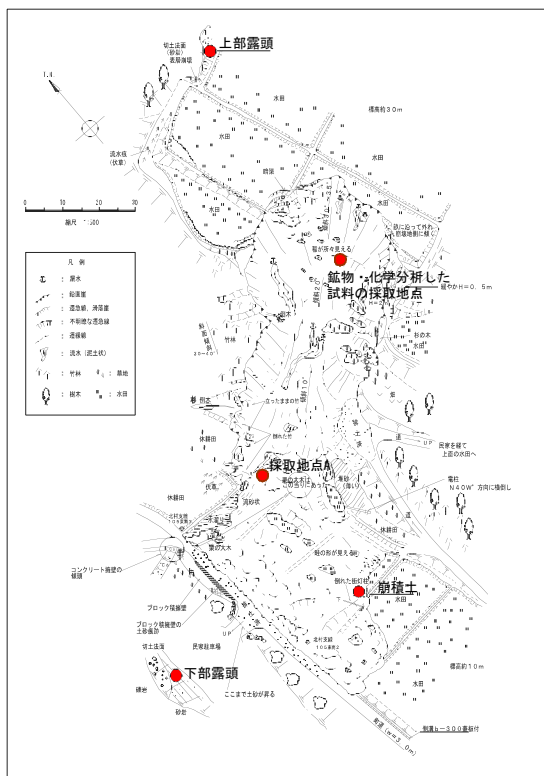


図 7.1 物理試験用試料採取位置²⁾

おりである。それぞれの試料の採取位置を図 7.1 に示す。

これによれば、土質は砂分を多く含む砂質土であるが、同時にシルトや粘土の細粒分を多く含み、細粒分含有率 20%以上であることが特徴である。表の 3 カラム目の遠方まで流下した崩積土においては、粘土分が多いこともわかる。また、粒子の比重は一般的な土の範囲である。

(4) 崩壊土砂の鉱物学的・化学的性質

崩壊面から採取した土砂試料に対して分析を行った。崩壊土砂は「礫混じり細粒分質砂」に分類されており、緑がかった暗灰黄色（標準土色帖では暗オリーブ色(Hue 5Y 4/3)）を呈している。全岩試料ならびに水簾試料(粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の粘土分)に対し、以下の実験を行った。

○X線回折分析

XRD 分析により試料の鉱物組成を調べた。分析は、全岩試料に対し不定方位法、水簾試料に対し定方位法によった。さらに、粘土鉱物の同定のため、水簾試料に対し、エチレングリコール蒸気飽和处理(EG 処理)、 K^+ 飽和处理(K 処理)、塩酸処理(HCl 処理)をし、同様に XRD 分析した。実験条件は、 $\text{CuK}\alpha$ を使い、管電圧/管電流 $40\text{KV}/20\text{mA}$ 、走査速度 $1^\circ/\text{min}$ 、スリット系 $0.5^\circ - 0.3\text{mm} - 0.5^\circ$ である。分析の結果、多量の石英、ならびに少量の斜長石と粘土鉱物が検出された。粘土鉱物は、薬品処理された水簾試料の X 線プロファイルからパーミキュライト、緑泥石、イライト、カオリン鉱物に同定された。

○化学的溶解法による非晶質成分の定性・定量分析

定性分析は、フッ化イオンによるアロフェンの簡易判定法¹⁾によった。定量分析は、SEGALIN 法により行い、定性・定量分析ともに全岩試料を用いた。

全岩試料の定性分析により、非晶質成分が存在することを示す結果が得られた。フッ化イオンを用いた簡易判定法は、遊離 OH 基の呈色反応を利用する方法であり、判定結果は、アロフェンやイモゴライトなどの非晶質粘土鉱物のほかに、鉱物の風化変質過程で生じるゲル状物質などの非晶質成分、さらに結晶性粘土鉱物の端面に存在する OH 基による影響を受けていることが考えられる。

また、非晶質成分の含有量を求めたところ、非晶質成分の含有割合は 28.8wt.% であった。

○交換性陽イオン分析

水簾試料の交換性陽イオン分析を遠心分離法で実施した。交換性陽イオン (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) の合計量を陽イオン交換容量(CEC)とした。陽イオンの構成比は、 Mg^{2+} が 48.5% で最も高く、 Ca^{2+} が 39.3% とそれに次いでいる。 K^+ と Na^+ の構成比はそれぞれ 8.1%, 4.1% と低い。2 価陽イオンが約 88% を占めている。

Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} を合計した陽イオン交換容量は $\text{CEC}=31.9\text{meq}/100\text{g}$ であった。

○粒子表面の pH・電気伝導率測定

全岩試料の土粒子表面の水素イオン濃度 pH を測定した。さらに土懸濁液の電気伝導率 Ec を JGS 0212 に準拠して測定した。全岩試料の土粒子表面の水素イオン濃度は $\text{pH}=3.82$ 、電気伝導率は $\text{Ec}=1.8\text{mS}/\text{m}$ である。



写真 7.9 泥流化した斜面災害の航空写真
(左：5.26 地震の筑館町、右：7.26 地震の河南町) —国際航業（株）提供—

(5) メカニズムの考察³⁾

この斜面崩壊は、写真 7.9 に示すように 5 月の筑館の斜面崩壊と形態的な特徴が類似しているため、注目されている。これら二つの地点の相互対比すると、両地点とも人工的に沢部を埋めて造成（盛土、地山を押出し）された土地の斜面である。このような地震を引金にした泥流状の土砂崩壊が生じる地盤の土質の特徴として

- ① 細粒分を含む（20～30%）砂質土であること
- ② 土粒子の骨格構造がゆるいこと、すなわち造成盛土によって、よく締固められない状態のまま斜面を形成していること
- ③ 含水比が高いこと、例えば沢部など集水地形にあり、常時水を多く含むこと

があげられる。

写真 7.9 に示すように形態的な特徴は非常に類似している一方で、斜面を構成する土質は明らかに異なっている。筑館の土は、軽石混じり火山灰質シルト質砂であるが、河南町の土は砂質の崩積土である。

河南町の斜面災害で最も注目すべき特徴的な被害は、振動終了後数分してから斜面が動き出している点にある（崩れた土砂が崩壊し堆積するのに要した時間は 3 分から 4 分という見解もある。振動が斜面崩壊の引き金であり、しかも揺れによる慣性力が直接的な原因でないことから、繰返しせん断に起因する有効応力の低下（広い意味で液状化と言ってよいと思われる）が最も有力な

メカニズムの説明と考えられる。振動後に崩壊したのは、過剰間隙圧力の伝播に時間を要したか、余震の影響が考えられるが、現時点では後者の原因となった余震は報告されていない。さらに、前震によって過剰間隙水圧が生じていたところに強い本震が作用したことの影響や前震によって生じた亀裂に雨水が浸透して斜面をより不安定化させていたのではないかという見解もある。

以上のようなメカニズムを検討する上では、土の詳細な力学試験を初め、斜面の初期状態などを正確に把握する必要がある。また、土の鉱物組成や化学的性質が力学特性と関係している可能性もある。今後、多方面からの解析が望まれる。

参考文献

- 1) 日本粘土学会：粘土ハンドブック第二版，技報堂 pp.97,1987.
- 2) http://www.oyo.co.jp/saigai/miyagi_hoku/kitamura/hearing.html
- 3) 地盤工学会：2003 年三陸南地震・宮城県北部地震災害調査報告書

8. 液状化による被害

8.1 液状化の発生状況

調査において液状化の痕跡（噴砂跡）が確認された地点を図 8.1 にまとめて示す。ただし、ここで示している地点は、地表面に噴砂跡がみられた地点のみを示しており、地表面に痕跡の現れなかった液状化（鳴瀬川堤防の開削調査でみられたような砂脈など）は含まれていないことに注意されたい。図には、1978 年宮城県沖地震¹⁾および 5/26 に発生した三陸南地震（以下、5.26 地震）後に噴砂跡が見られた地点も示した。過去の地震と比較して、今回の地震では、宮城県石巻市、鳴瀬町、矢本町、河南町および南郷町の 1 市 4 町という比較的狭い範囲で、噴砂跡が確認された点に特徴がある。このことは、旭山撓曲周辺地域での建物被害分布、地震動分布とも整合的である。以下では、個々の噴砂確認地点について、概要を述べる。

鳴瀬町浜市地区および牛網地区は、5.26 地震の際にも液状化が確認された地区であり、特に浜市地区の水田では多数の噴砂跡がみられた。5.26 地震後および 7.26 地震後のほぼ同一アングルでの噴砂跡を写真 8.1 に示す。噴砂は図 8.2 に示すように均等係数が小さい中砂または細砂であり、5.26 地震後に採取した試料とは大きな違いはないことがわかる。用水路の U 字溝では液状化が原因と思われる沈下と浮上りの上下変動（高低差最大 60cm）が見られた。また、休耕田では最大 60cm の高低差が発生していた。

南郷町二郷慶半地区、二郷後袋地区および木間塚寺前地区はいずれも鳴瀬川河川堤防左岸の堤内地にあたる地域であり、図 8.2 に示すように噴砂は細砂を主体としており、細粒分の含有は少ない。このうち、二郷後袋地区では、鳴瀬川の旧河道に位置する共同墓地一帯に噴砂跡が認められ、墓石・基礎の不等沈下（最大傾斜 8 度）が生じている。二郷慶半地区、木間塚寺前地区では、住民により本震直後の噴水が目撃されている。

矢本町鷹の池地区では民家内や水田で噴砂跡がみられた。この地域では、昭和 20 年代に亜炭の採掘が行われており、その採掘坑跡が多く点在している。

鳴瀬町小野地区では町役場に隣接する中央公民館（昭和 57 年建設）の脇で、噴砂がみられた。建物周囲の地盤が最大 30cm 程度沈下したが、構造的な被害は軽微であった。

他にも鳴瀬町野蒜地区の保養センター敷地内、河南町北村地区の北村小学校グラウンド、石巻港日和埠頭近くの道路脇、河南町北和湊地区の江合川堤防背後の畑（ここでは 1978 年宮城県沖地震、5/26 および 7/26 の計 3 度

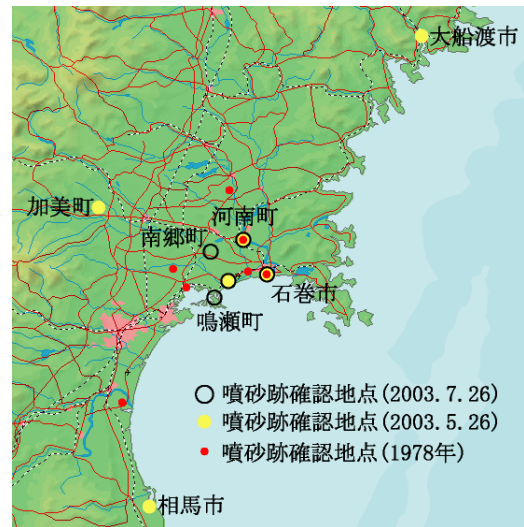


図 8.1 噴砂跡確認地点



写真 8.1 鳴瀬町浜市地区の噴砂跡
(左：5.26 地震後、右：7.26 地震後)

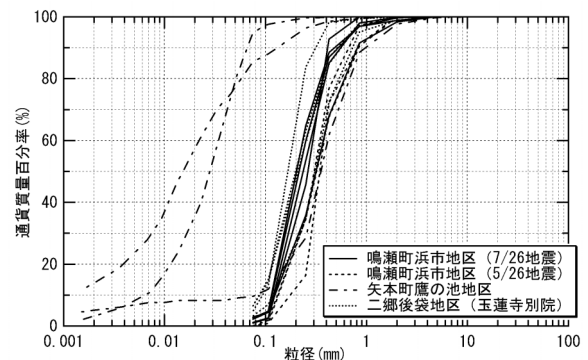


図 8.2 噴砂の粒径加積曲線

の地震で噴砂跡が確認された²⁾で噴砂跡が確認できた。

参考文献

- 1) 土木学会東北支部：1978 年宮城県沖地震調査報告書，pp.29-36，1980。
- 2) 基礎地盤コンサルタンツ株式会社：平成 15 年 7 月 26 日宮城県北部の地震調査報告書，2003。

8.2 液状化被害の特徴

三陸南地震と宮城県北部地震による液状化地点を（図 8.3）に示す。図中において震源を中心とする円は、栗林・龍岡(1975)に基づく液状化限界距離を示している。三陸南地震において液状化が見られた地点は、岩手県大船渡市、宮城県石巻市及び鳴瀬町であった。鳴瀬町で発生した液状化地点の一部が液状化限界距離のやや外にあるが、この程度は誤差の範囲と思われる。液状化したところは緩い状態を保っており、今回の一連の地震で少なくとも 3 回（7 月 26 日に 2 回）は同じところで液状化が生じていたところは何箇所もあった。また、宮城県北部地震においては、震源から半径 15km の中にある鳴瀬町、矢本町、南郷町および松山町で液状化が確認された。

1) 5 月 26 日三陸南地震による液状化

岩手県大船渡市では、大船渡港およびその周辺の埋立地で液状化が生じていた。野々田埠頭木材置場において、細粒分の多い噴砂がケーソン岸壁の背後地で見られた。岸壁と港湾道路との間で見られた噴砂は中央粒径 $D_{50}=0.302\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=2.99$ でやや粗めの細砂であった（図 8.4）。宮城県鳴瀬町では村松・平岡・浜市・樋場・洲崎・潜ヶ浦地区で液状化が生じていた。その大半は水田内で見られた。新鳴瀬川右岸の樋場地区では水田以外にも資材置場やその背後の荒れ地でも数多くの割れ目から噴砂が見られた。洲崎地区では住宅地の駐車場などで噴砂が見られ、コンクリート製の電柱が沈んでいた。潜ヶ浦地区は内湾を埋立て水田にしたところが液状化した。その他石巻港でも液状化が生じていた。

2) 7 月 26 日宮城県北部地震による液状化

宮城県鳴瀬町では、浜市・平岡・村松地区などで多くの水田に亀裂や噴砂が見られ、その多くは 5 月 26 日の地震で液状化したところであった。地割れに沿っていくつかの噴砂が並んでいるものも多く見られた。浜市地区で噴砂を採取していたところ 16 時 56 分の地震が発生し、3 回目の液状化が生じた。村松地区の松島基地北側に隣接した農道では、5 月には約 100m に渡って地割れが生じていたが、7 月には約 2km に達し、段差も最大約 50cm に拡大していた。浜市～平岡地区ほどではないが、新鳴瀬川右岸の樋場地区やさらに東側の洲崎・潜ヶ浦地区でも液状化が生じていた。 $D_{50}=0.181\sim0.323\text{mm}$ 、 $U_c=1.78\sim3.45$ の範囲にあった（図 8.5）。また、矢本町上浮足では、マンホールの周辺地盤が不同沈下し、噴砂も見られた。矢本町では至る所で埋設管の埋戻し土の沈下が見られたが、上述の地点以外では液状化した証拠を見つけることはできなかった。その他、松山町八軒や南郷

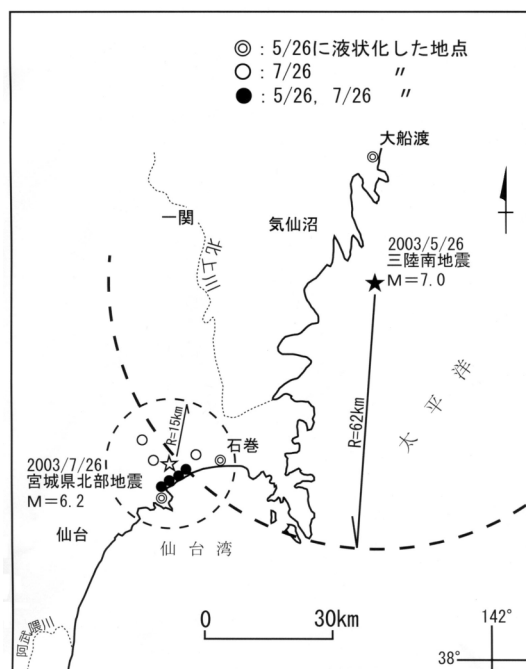


図 8.3 液状化地点分布

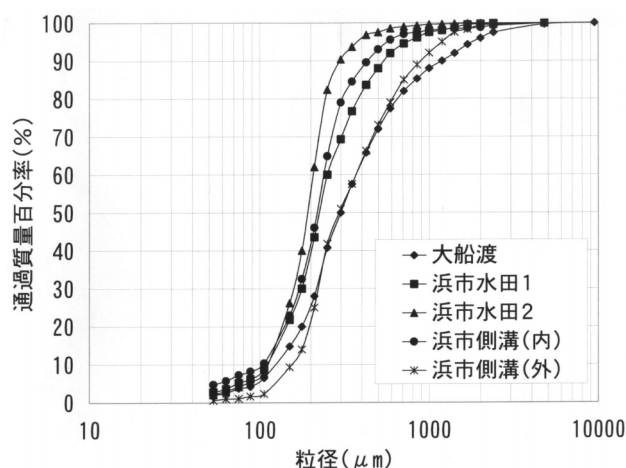


図 8.4 三陸南地震による噴砂の粒度組成

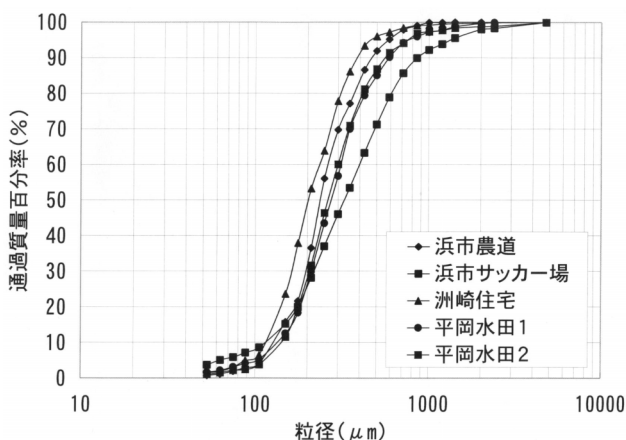


図 8.5 宮城県北部地震による噴砂の粒度組成

町並柳で噴砂が認められた。

8.3 鳴瀬町における液状化

ここでは、5月と7月の二つの地震において鳴瀬町で見られた液状化の特徴を示す。

鳴瀬町とその東の矢本町では海岸線とほぼ並行に数列の浜堤（砂州）が発達している。浜堤は海岸線から5km余り離れた内陸部まで数列みられるが、これらは約7000～5000年前のいわゆる縄文海進とそれに続く海退の際に、当時の海岸線に沿いに形成されたものと考えられる。

5月の地震では、牛網、浜市および野蒜地区の数カ所で噴砂が見られた。噴砂は主に水田に生じたが（例えば、写真8.2）、周辺の農道でも亀裂からの噴砂が数地点で観察された。

噴砂の見られたのは海岸に発達した浜堤間の低地である。また、鳴瀬町役場によると、海岸近くの一部の地域（海辺、須賀松）では、昭和40～50年頃砂を採取した所もあるが（採掘深さは2～5m程度）、噴砂はこれ以外の場所でも多く発生している。

水田の噴砂の表層を少し剥ぐと、噴砂は青灰色をしていた。これは、酸化されていない砂、すなわち、水中で堆積し現在に至るまで空気に触れることなく深い所にあった砂であることを示唆している。周辺地盤の柱状図を参考にすると、GL-5～10mの深さの砂と推定される。

また、異なる3カ所の水田中の噴砂地点で砂を取り除いて見えなくなっている苗を探したが、30～50cm掘っても苗は見付からなかった。このことから噴砂内部ではかなり規模の大きい土の移動が起こっている可能性がある。なお、地表に堆積した砂は緩く、地震後1月以上たっても、足で踏むなどして少し振動を与えれば再液状化した。これらの特徴は、調査した全地点で共通であった。

7月の地震では、5月の地震ほど大規模な噴砂は生じていなかった。河北新報(7/28朝刊)によれば、浜市地区の0.3ha、牛網地区の0.5haで液状化が確認されたと報じられたが、5月に液状化した場所での再液状化は浜市などの一部に限定されていた。再調査した全ての地点に5月の地震による噴砂の跡は残っていたが、締まっており少しの振動では再液状化しなかった。噴砂が多く見られたのは5月の地震で噴砂が見られなかった畑である（写真8.3）。地震直後の雨のため噴砂は流されたりしており、これらの噴砂から地震直後に噴き出した状況を推定することは困難であった。なお、地震時に野蒜地区採石場にいた鳴瀬町役場の職員が採石場で液状化に遭遇しており、その際、GL-5mより深い所にある赤色の砂が噴き出るのが目撃されている。

7月の地震では、写真8.4に示すような農道の大規模な被害も数カ所で発生した。5月の地震では農道に小亀裂が見えた程度であるのと比べると大きな違いといえる。



写真8.2 5月の地震で牛ノ浜地区で見られた噴砂



写真8.3 7月の地震で牛ノ浜地区で見られた噴砂



写真8.4 7月の地震による農道の被害

以上に述べたように、噴砂など地盤変状の発生場所や形態に5月と7月の地震に違いが見られる。この原因は明確ではないが、鳴瀬町は7月の地震の断層の直上で上下動が大きいと推定され、これが差異を発生させた可能性がある。また、噴砂の色などから液状化したのは主にGL-5m以深の海成砂層であると推定されるが、自然堆積の海成砂の大規模な液状化は珍しい事例といえる。

9. ライフラインの被害

9.1 上水道・ガスの被害

1) 調査概要

7月26日未明から、仙台市の東北部で震度6強、震度6弱の強い地震が連続し、1日に3度の前震、本震、余震が生じた稀有の地震となった。宮城県北部（連続）地震はいわゆる都市圏での地震はなく、一部地方都市は含まれているものの、主に農村地帯での被災であった。ここでは、被害状況のみならず地方の中小水道事業体を対象とした地震後の対応と問題点等について記述する。

2) 被害状況の概要と調査により経験した事項

今回の地震は大崎平野の一部の農村地帯と鳴瀬川沿いに被害が集中した。特に、矢本町、鳴瀬町、鹿島台町、南郷町、河南町の5町は災害救助法適用町に指定されるほどの災害に見舞われた。

宮城県災害対策本部事務局発表の被害状況によれば、断水戸数は1市7町13,721戸、内訳は矢本町1,938戸、鳴瀬町610戸、南郷町1,887戸、鹿島台町4,066戸、河南町5,035戸、松島町118戸、仙台市40戸、岩出山町27戸となっている。断水がほぼ解消したのは7月30日4時頃（日本水道協会東北地方支部宮城県本部：石巻地方広域水道企業団の調べでは7月30日14時頃）である。

水道施設で復旧を遅らせた特徴的な原因の例を2、3紹介する。鹿島台町では給水を受けている宮城県大崎広域水道の町への流入部（船越地区）で送水管が破損し、給水が遮断された。道路の復旧までのホースによる仮復旧が長時間続き、送水管1本に頼る怖さを痛感させられた（写真9.1）。

配水池に起因する障害も多く見受けられた。上記船越地区の破損部の下流高台にある狸沢配水池では上りで空気が絡む現象が起き、空気抜きに時間を要した他、修理した配水管を確認できないままに水を流しウォーター・ハンマーの発生が心配された。その他、石巻地方広域水道企業団管轄の大塩配水池（1,200 m³、PC製）では配水池の流入管と流出管が破損し、修理後流出弁を開けて通水を開始したが、これにより漏水箇所が判明し、断水戸数の割には解消に時間がかかった。水圧が低いために水が吹き上がらず、破損箇所の特定が困難であった。写真9.2は高台の大塩配水池を示す。同様の現象は鳴瀬町の配水池でもみられている。小野配水池は野蒜配水池（790 m³）、さらに松島の島々に配水する宮戸配水池に送水している。それぞれの配水池の給水区域で多くの破損があり、水量を絞って送水した。なお、小野配水池は1978年の宮城県沖地震で崩壊したが、強固に建て直し今回は被害がなかった。

地震前には150 mmの降雨が5日間続き、地盤はかな



写真9.1 船越地区配水管の仮復旧



写真9.2 道路の陥没と高台の大塩配水池（右上）

（日水協宮城県本部提供）

り緩んだ状況であり、雨の影響で漏水箇所とは別のところから水が噴出していたり、漏水と雨水の区別ができず破損箇所の特定に手間取った所も多々見受けられた。

地震直後および3ヶ月を経て落ち着いた頃に被害の大きかった事業体を訪ねた際の意見および住民の面接調査を通して得た宮城県北部地震での特筆すべき事項を以下に羅列する。

- (1) 水道水に対する利用形態と考え方に変化がみられ、宮城県沖地震では“飲み水としての水道”が重要視されたが、宮城県北部地震では“生活用水（トイレなど）としての水道”が重要視された。ペットボトルの普及や農村ならではの親戚による援助が飲料水

表9.1 水道施設被害の概要¹⁾

事業体名	震度			被害の概要	断水戸数	復旧日時
	0:13	7:13	16:56			
矢本町 (石巻企業団)	6-	6+	4	大塩配水場送配水管被害 小松配水場送水管被害 配水管被害12箇所	1,93戸 (6,58人)	29日 17:00
鳴瀬町 (石巻企業団)	6-	6+	4	大塩配水場送配水管被害 水管橋配水管漏水 配水管被害29箇所	61戸 (2,08人)	27日 18:00
鹿島台町	5+	5-	4	送水管ジョイント部漏水 配水管被害5箇所以上	4,06戸 (13,51人)	30日 4:00
南郷町	5+	6+	5+	配電盤破損 配水管被害2箇所	1,85戸 (6,81人)	28日 21:00
河南町	5-	6-	6-	送水管漏水および停電 配水管被害23箇所	5,03戸 (17,90人)	29日 15:20

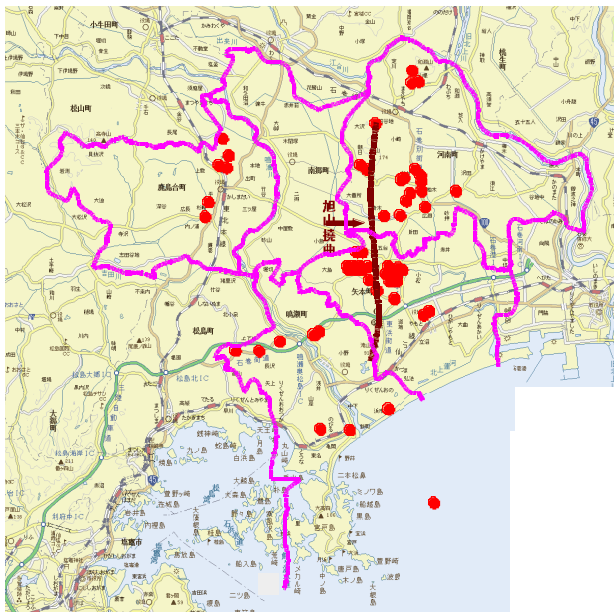


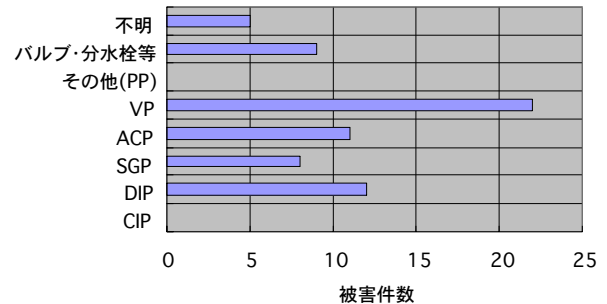
図9.1 管路被害位置と旭山撓曲との関係

に対してあまり深刻にさせない傾向がみられた。新興団地ではコンビニエンス・ストアや郊外型のスーパー・マーケットも有用であった。

- (2) 復旧が遅れた地区では、飲用には使えないが、手洗いや風呂、洗濯に井戸が利用できた。風呂に2～4日入れない人もいたが、10 km 圏内に温泉があったことも風呂で苦慮することから免れた。
- (3) 宮城県沖地震では石綿管が多用されていた地区（団地）があったが、ダクトイル管や耐震性の管に敷設替えされており、被害も少なく改善がみられた。宮城県沖地震の教訓が活かされた結果と思われる。
- (4) 広域化が推進されているが、管網を形成しておらず、本管が破損すると復旧が長期化する。
- (5) 一般に、水道技術者が極端に少ない自治体が目立った。担当職員が少なく水撃圧や空気の析出等の技術的対応が困難になり、危険やさらなる被害の拡大につながる可能性がある。部署を変更せず、長期

表9.2 管路延長距離 (m) と管種構成¹⁾

事業体名	CIP	DIP	SGP	ACP	VP	その他	合計
矢本町	3,040	109,698	1,787	22,580	59,784	519	197,408
(%)	2	56	1	11	30	0	100
鳴瀬町		64,529	1,439	21,986	26,755	649	115,358
(%)		56	1	19	23	1	100
鹿島台町	14,803		2,587	4,075	57,853	46,603	125,921
(%)	12		2	3	46	37	100
南郷町	15	31,280	331	3,149	13,045	2,540	50,360
(%)	0	62	1	6	26	5	100
河南町		44,224	176		106,075	3,068	153,543
(%)		29	0		69	2	100

図9.2 矢本町の配水管路被害件数¹⁾

的に水道の専門技術者をおく必要がある。施設台帳や管路台帳の整理ができていない自治体もあり、退職者の応援を乞う必要があった。一方、水道担当者の災害に対する行動意識はひじょうに高かった。

- (6) 支援は「応援要請連絡体制」と「災害時相互応援計画（ブロック組織）」のもとになされている。災害支援は機能していたが、人の少なさ、経験のなさから、小さい自治体では指揮系統に支障があり、人的支援もなされた。また、支援組織は確立されていても自らが被害を受けている中での支援の難しさを感じさせられた。昨今、市町村の合併が促進され、民営化の動きもみられる。これらを考慮した支援ブロック化と体制の見直しが必要である。
- (7) 管の被害は継手部分の破損・離脱が多くみられた。管のストックに不足はなく、市町・業者協力のもとで供給、融通できる体制が整っていたが、多くの大口の管をストックすることになれば経費に係わる。
- (8) 病院でも弊害があった。病院に限らず、高置タンクは屋上に設置されており、加圧式のタンク車の常備を増やす必要がある。

最後に、地震に対応する際の技術や心構えから“何事も人”と話されたある事業体の所長さんの言葉と、宮城県沖地震時は“飲料水給水”が要求事項であったが、今回の地震では“生活用水の要求”へ考え方の変化していたことが強く印象付けられた。

3) 管路の被害状況

上水道は1市7町で断水となり、断水戸数は最大13,925戸を数えた。中でも被害が大きかったのは、河南

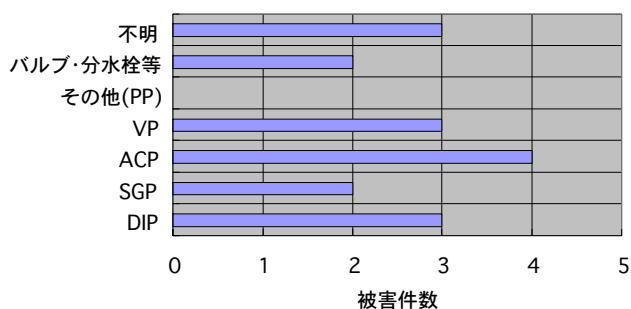


図 9.3 鳴瀬町の配水管路被害件数¹⁾

町の 5,035 戸、鹿島台町 4,066 戸である。しかし、7 月 30 日 4 時に全て復旧した。ガスについては、製造設備、供給施設ともに被害は生じなかった。

表 9.1 に水道管路被害の概要¹⁾を示す。1 日のうちに最大震度 6 級の地震が 3 回起こったので、どの地震による被害なのかは明らかではないものもある。表 9.2 に、各町の管路延長距離¹⁾と管種の構成比を示す。同表によれば、ほとんどの管路がダクタイル鋳鉄管(DIP)とビニル管(VP)からなっているが、耐震強度の低い石綿セメント管(ACP)もまだ一部では使われていることがわかる。図 9.1 に口径 75mm 以上の管路の被害位置と旭山撓曲との関係を示す。同図によると、管路被害は旭山撓曲付近に多く見られる。旭山撓曲の東側が逆断層の上盤側であり、建物被害については一般に上盤側の方が下盤側に比べて顕著であるといわれている。しかし、今回の水道被害についてはそのような傾向は特に見られなかった。これは、建物被害は主として地盤振動に起因するのに対して、管路被害は地盤変形によるものが多いことと関係していると考えられる。また、旭山撓曲から離れた地点でも被害が発生している。

まず、矢本町、鳴瀬町に水を供給している石巻地方広域水道企業団の被害について述べる。石巻地方広域水道企業団は石巻市、矢本町、鳴瀬町の 1 市 2 町で構成されており、給水人口 162,050 人（給水栓数 60,414 栓）である。矢本町の大塩配水場で流入管と流出管の両方が破損し、矢本町の断水に大きな影響を与えた。図 9.2¹⁾に管種別の被害件数を示す。耐震強度の低い ACP の被害は小松台団地に集中した。また、新しい宅造地である矢本グリーンタウンでは盛土の変形により道路に亀裂や段差が生じ、DIP の離脱被害が多発した。鳴瀬町の管種別の被害件数を。図 9.3¹⁾に示す。被害箇所は比較的少なかったが、前述した矢本町の大塩配水場における被害の影響を受けた。大塩配水場は旭山撓曲の近くに位置するので、流入管と流出管の破損が地盤震動によるものか地盤変形によるものであるのか、詳細な検討が必要である。

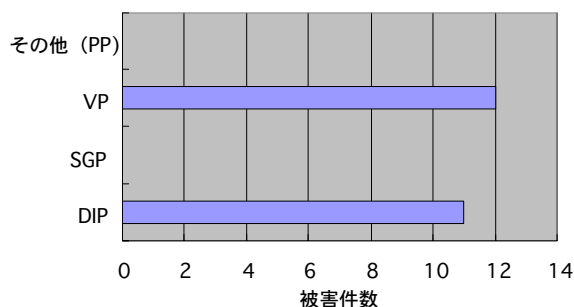


図 9.4 河南町の配水管路被害件数¹⁾

鹿島台町は大崎広域水道の末端に位置しており、県水からの受水管が 1 箇所、配水場内の管路が 1 箇所被害を受けたことにより、断水規模が拡大した。口径 75mm 以上の管路の被害は 6 箇所であり、VP と DIP に生じた。近年、使用され始めたポリエチレン管(PP)には被害が生じなかった。また、応急復旧にも一部 PP が用いられた。

南郷町においては配水管路の被害は生じていない。平成 14 年度から行われている ACP から DIP への老朽管路の更新事業が効果を表したとも考えられる。また、一部に耐震型 DIP (NS 型) が採用されており、耐震効果を発揮した。

河南町の管種別の被害件数を。図 9.4¹⁾に示す。ACP、CIP は使われていないので、被害は少なく抑えられている。

水道被害の特長についてまとめると以下のようなものである。被害原因は地盤変形に伴うものが多かった。特に宅地盛土の変形に伴う地盤変形によるものが多く、道路亀裂の位置と管路被害位置が対応しているものが多く見られた。旭山撓曲による地形変化と被害との関係についてはさらに検討を要する。老朽管路の更新事業は効果を表しており、ACP では相変わらず被害が多発したが、PP には被害が生じなかった。

断水が比較的長期にわたった理由は以下のように考えられる。配水管路が管網を形成しておらず直線的である場合が多いので、上流から順次修理していくしかないこと、水圧が低いために漏水箇所の発見が困難な場合があったこと、大雨により復旧作業が遅延したことと漏水箇所の発見にも困難をきたしたこと、などである。

4) ガス施設の被害

ガスについては被害が生じなかったが、以下のような対応であった。最大震度が震度 5 弱以上のガス事業者は、石巻ガス（震度 5 強）、古川ガス（震度 5 強）、仙台市ガス局（震度 5 弱）であり、それぞれの需要件数は石巻ガスが 14,055 件、古川ガスが 5,466 件、仙台市ガス局が 352,095 件である。石巻ガスにおいては、地震直後は停

電のため自家発電で製造作業を行っていたが、7月26日午前10時過ぎに電気が復旧したので通常運転に戻った。その他の事業体については、製造設備、供給施設ともに異常は生じなかった。

参考文献

- 1) 片桐 信：ライフライン被害，宮城県北部地震速報会，関西ライフライン研究会，pp.22-44，2003。

9.2 電力施設の被害

東北電力によると、前震、本震、余震の強い地震の発生により宮城県北部を中心に約13万4000戸が停電したが、同日23時15分に停電が解消された。

また、宮城県内の3変電所で、主要変圧器・避雷器などの損壊が生じた他、322箇所の配電設備支持物で、折損、傾斜などがみられた。

発電所における設備被害はみられず、女川原子力発電所で運転中の3号機は特に問題なく運転を継続した。なお、女川原子力発電所1・2号機は定期検査で停止中であつた。

新仙台火力発電所1・2号機は特に問題なく運転を継続した。

10. 防災情報および緊急復旧対応

北上川下流河川事務所における情報公開と応急対応

最近の地震災害ではインターネットを活用した様々な情報共有、提供などが行われ始めている。この方法はきわめて効果的なものと考えられ、本章では、この一つの際立った事例として、国土交通省東北地方整備局北上川下流河川事務所におけるインターネットホームページを活用した情報公開の状況を紹介し、記録することとする。

（河川堤防の被災状況については本報告6.を参照されたい）

国土交通省の各事務所におけるホームページの整備、活用はここ数年著しく進歩した。単なる広報ばかりでなく、情報公開、さらに地域との積極的なコミュニケーションの手段として用いられるようになってきている。北上川下流河川事務所のホームページも常時、非常に密度の高い情報を提供している。

7月26日の宮城県北部地震において、同事務所は被害や緊急対応、応急復旧の進展に関する情報をほぼリアルタイムで詳細に公開した。

<http://www.thr.mlit.go.jp/karyuu/>

ホームページにアップされた地震情報は当日2:20の第1報から8月15日の16報に及んだ。これらの概要を表10.1にまとめている。



写真10.1 地震発生当日午前10時にホームページ上で公開された堤防の被害状況（第4報）

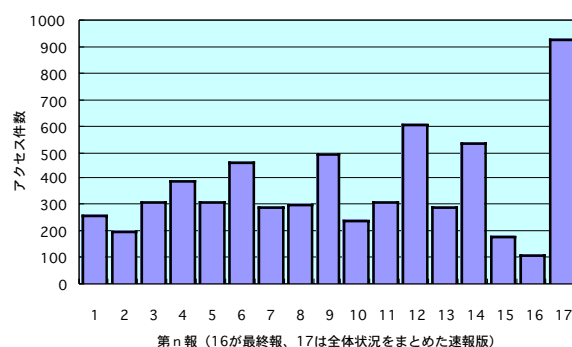


図10.1 北上川下流河川事務所ホームページ・各地震情報へのアクセス件数（7/26から8/26までの累計、各報の日時は表10.1参照、アクセス数は発表日のものではない）

地震による堤防の被害という重大事にあたって、必要な情報は公開されて当然であるが、地震の発生が降雨の予測される7月であったこともあり素早い情報の提供が必要であったと思われる（実際、鳴瀬川、吉田川は低気圧の影響により増水、事務所は注意体制にあった）。

地震発生に際し事務所長は以下の方針で災害に対処する方針を打ち出した。

- ・現場主義
- ・情報の共有と指揮命令系統の確立
- ・法令の遵守

いずれも当たり前のことのように思われるが、わかりやすく、ポイントを押さえた方針をいち早く打ち出したことは危機管理上重要である。本項で取り上げる情報公開はこのような基本方針に基づきなされたものである。

災害時において情報を公開、共有することの意義は以下のものであると考えられる（今回の災害について）。

表 10.1 宮城県北部地震における北上川下流河川事務所ホームページにおける
地震情報の公開状況と応急対応など (<http://www.thr.mlit.go.jp/karyuu/> 記者発表資料から要約)

日時	地震の発生・主な内容など
7/26 00:13	前震M5.6 鳴瀬町、矢本町で震度6弱
02:20	<第1報>地震発生、震度6弱、00:30 非常体制、河川管理施設の一次点検開始
04:30	<第2報>平成15年7月26日0時13分頃、宮城県北部を震源とする地震の発生に伴う北上川下流河川事務所管内の地震情報について【第2報】 7月26日4時現在で、河川管理施設での大きな被害は確認されず、吉田川において堤防クラックが3箇所確認。ただし、夜間巡視による点検結果のため、今朝より詳細点検を再開。降雨により吉田川、鳴瀬川の水位が高くなっているため引き続き厳重な警戒が必要。
07:13	本震M6.2 矢本町、南郷町、鳴瀬町で震度6強を観測
08:40	<第3報>7月13分頃、宮城県北部を震源とする地震が再度発生し管内では、震度6強を観測。非常体制を設置し、再度河川管理施設の点検を実施。本日0時13分に発生した地震により、鳴瀬川において、堤防のり面のすべり、ひび割れ等がこれまでの点検で確認されており、また、鳴瀬川及び吉田川では低気圧の影響により、増水していることから、厳重な警戒が必要。
10:00	<第4報>点検の結果、鳴瀬川の堤防では堤防の沈下、のり面のすべりなどの被害が発生。鳴瀬川及び吉田川では一昨日からの降雨により増水しており、吉田川では落合地点、粕川地点で指定水位超過。今後の降雨状況によってはさらに増水するおそれ。鳴瀬川(小牛田町・松山町・鹿島台町)及び吉田川(・大和町・大郷町・松島町・鳴瀬町)について、9時10分、水防団の出動を要請。今後も厳重な警戒が必要。現地では復旧作業や諸調査・水防活動を実施。取材等で近寄ることは大変危険、復旧活動の妨げになる場合もあり十分注意されるとともにこれら円滑な作業への協力をお願い。被害状況の写真
11:30	<第5報>(第4報の内容に加え)現在のところ河川の水位は、堤防の被災箇所から氾濫するような状況ではないが、今後も厳重な警戒が必要。
15:00	<第6報>7月26日発生地震 東北地方整備局現地対策本部の設置について 復旧工事にあたって「現地災害対策本部」を設置。目的、場所、期間など。本部の位置図
16:56	最大余震M5.4 河南町で震度6弱を観測
18:00	<第7報>17:00現在の点検結果の表(30箇所)。緊急復旧工事実施中
7/27 09:10	<第8報>7月27日9時現在、鳴瀬川・吉田川の各基準点の水位がピークを過ぎ下降していること、被災箇所が概ね把握されたことからこれまでの支部・「非常体制」を「警戒体制」に切り替え。これまで鳴瀬川及び吉田川に出されていた「水防警報」を解除。「現地災害対策本部」を設置し、被災した堤防等の緊急復旧作業を実施中。堤防のり面が崩落した鳴瀬川13キロ地点(鹿島台町木間塚)の現場では、シート張り、崩土撤去及び工事用道路造成作業を昨日から行っており、他の被災箇所も含めて引き続き緊急復旧作業を実施予定。
7/28 05:10	<第9報>(余震)7月28日4時8分頃地震が発生。震度5弱を観測。現在河川管理施設の点検中。
17:30	<第10報>宮城県北部の地震による鳴瀬川木間塚地先の緊急復旧について 「被災状況」宮城県鹿島台町木間塚地先(鳴瀬川右岸13.0km付近)において、宮城県北部の地震により堤防法面が約130mにわたって崩落し、堤防機能に重大な被害が発生。「緊急復旧の概要」26日17時から、今後の出水に備え堤防機能を緊急的に回復させるための盛土を行っており、28日24時までに終了する予定。さらに、弱体化した堤防機能を補完するとともに、堤防の本復旧に必要な鋼矢板二重締切を実施する方針。 添付：位置図、写真、復旧箇所平面図、被災断面図、復旧工事の流れ(概念図)
7/30 10:50	<第11報>現地対策本部の移設について 工事の本格化に伴い本部機能の強化が必要であることから、平成15年7月30日、午後より北上川下流河川事務所鹿島台出張所内に移設。
19:00	<第12報>堤防の法崩れや亀裂など被災の大きかった7箇所について緊急復旧工事を実施中。崩土の除去・盛土・シート張り等の応急作業を完了し、被災前の堤防形状を確保。特に被害の著しい4箇所については、弱体化した堤防機能の代替として鋼矢板締切工を実施する予定。添付：被害箇所一覧表 71箇所、被害写真、復旧工事の写真
8/2 23:00	<第13報>仮堤防の鋼矢板打ち込み始まる～7/26 宮城県北部の地震による鳴瀬川の堤防復旧～鳴瀬川等堤防13箇所については、復旧作業中。4箇所の鋼矢板二重締切工矢板、本日8月2日より打ち込み開始。 添付：緊急復旧箇所一覧 10箇所、位置図、写真
8/3 21:00	<第14報>仮堤防の鋼矢板打ち込み本格化～7/26 宮城県北部の地震による鳴瀬川の堤防復旧～鋼矢板二重締切工、4現場とも8月3日より本格的に打ち込みを実施中。各箇所の打込開始日時、工事会社名、添付：工事写真
8/12 18:00	<第15報>鳴瀬川堤防、緊急復旧工事順調に進む～13箇所について24時間体制で復旧。特に被害の大きかった4箇所では、被災した堤防の代替となる鋼矢板二重締切工を実施しており、2箇所が完成、残り2箇所についても鋼矢板の打ち込みを完了し順調に進捗。その他の箇所では亀裂の入った部分の盛土の撤去・置換、被災した堤防の盛土による強化、堤防への水の浸透を防ぐ遮水シート張などの工事を引き続き進行。「現地災害対策本部」は工事が終盤に入ったため本日で解散し、引き続き鹿島台出張所・鳴瀬出張所が監督業務を実施。なお、東北地方整備局では、各種業団体と「災害応急対策業務に関する協定」を締結しており、その傘下の企業には災害発生時に迅速な対応をとることのできる体制を整備。今回の「宮城県北部を震源とする地震」においても、これら協定のもと、土木建設会社、測量会社、建設及び補償コンサルタント等多くの企業の参加により実施。また資機材の調達等、直接施行している企業以外の方々にもご協力を得た。関係の皆様の努力に感謝いたします。 添付：工事箇所一覧 10箇所 各箇所の現在の状況、工事写真
8/15 17:00	<第16報：終報>宮城県北部を震源とする地震災害 「警戒体制」を解除 地震後、鋼矢板二重締切工などの緊急復旧工事を24時間体制で進めてきたが、矢板の打設が終了するなど工事は順調に進捗。このような状況から、本日17時、事務所の大規模災害対策支部の「警戒体制」を解除。なお、引き続き復旧工事等を進めていく。緊急復旧工事の状況は、当事務所ホームページに掲載しておりますのでご覧下さい。



写真 10.2 応急復旧工事の様子（第 14 報、8/3）

- ・ 地域住民に対して堤防被害と復旧の情報を提供することにより住民の不安を拭い去るとともに復旧工事において理解を得る
- ・ 関係機関、特に県や地元の町などにとっては直轄管理の河川の状況を共有でき、地域全体の災害対応に整合がとれる
- ・ 調査や復旧に関わった関係会社にとっても全体がどのように動いているか確認できる
- ・ マスコミにとっても取材の参考や確認に使える広報がスムーズに行いうる（これは確実の効果あった）

これらは確認されていないし、実際は各々自身の情報収集や緊急対応に追われ見る暇もなかったかもしれない。また住民からは相当数の苦情や問合せの電話があったとのことである。しかし、このような情報の公開が常に行われ、それが住民や関係者で周知されていれば強力な情報共有の手段になると思われる（少なくとも研究者にとっては非常に貴重な情報であったし多くの研究者がこのホームページを見て調査を実施し、研究の参考にしていることは確認している）。

図 10.1 に第 1 報から 16 報までの地震情報のアクセス回数を示す（内部からのアクセス除く）。第 1～6 報は地震発生当日に出されたもので、当日は延べ 1772 件のアクセスがあった。なお、図中 17 は 8 月 8 日に出された全体をまとめた「宮城県北部を震源とした地震について＝速報＝」である。アクセスは 300 件程度はあり、余震のあった 8/9 の第 9 報（震度 5 弱）では 500 件、71 箇所の被害箇所の一覧が公表された第 12 報では 600 件以上のアクセスを記録している。かなり広い範囲で情報が共有されていたと考えることが出来る。

表-10.1 に 7 月 26 日午前 0 時 13 分頃前震（M5.6）が発生してからの同事務所における情報公開の状況をまとめている。第 1 報は地震から約 2 時間後の 2:20、「00:30 非常体制、河川管理施設の一次点検開始」として出

された。深夜であったことを考えれば非常に素早い対応であったと言わねばならない。この日は実は洪水に対する注意体制がひかれており、副所長を初めとする何人かの職員が事務所に詰めていた。これが初動を迅速かつ的確なものとした。ホームページへの情報のアップロードは所内の専門の職員によりなされたが、即座にアップされたとのことである。

この地震情報は表にあるように 8 月 15 日の第 16 報まで適宜出されることになる。表の公表内容は筆者が整理したものであるが、各報告は非常に丁寧で分かりやすく、また、適宜写真、地図、イラストなどが添えられ誰でも内容と状況が理解できるようにまとめられている。

4 時 30 分の第 2 報では点検結果の速報として「堤防クラック 3 箇所」が報告されている。7 時 13 分頃には本震（M6.2）が発生、これに伴い第 3 報が 8 時 40 分に出された。10 時には堤防が被害を受けていること、河川が今後も増水する恐れありとして水防団に出動を要請したこと、現地では調査や緊急の対応がとられていることを堤防の被害写真（写真 10.1）とともに報告している。また、取材等で立ち入る場合の注意と協力を示唆している。15 時には現地災害対策本部が設置されたこと（第 6 報）、18 時の第 7 報では 17 時現在の堤防被害の点検結果が一覧表で公開された（30 箇所）。この間 16:56 頃には最大余震（M5.4）が発生している。地震発生当日だけで 7 報が出されている。住民はもとより、上部機関や関係機関にとって、このように、こまめに情報が入ってくることに意味は大きい。

被害の顕著な出張所からの情報は点検結果として直接事務所に報告されたが、比較的被害の小さい出張所の情報は、事務所イントラネットの掲示板を通じて収集された。これは常時、掲示板を使用した情報共有システムが構築されていたことによる。

翌々日の 7 月 27 日の第 10 報では、特に被害の大きかった鳴瀬川木間塚（鹿島台町）の堤防について「堤防法面が約 130m にわたって崩落し、堤防機能に重大な被害が発生、26 日 17 時から、今後の出水に備え堤防機能を緊急的に回復させるための盛土を行っており、28 日 24 時までに終了する予定、さらに、弱体化した堤防機能を補完するとともに、堤防の本復旧に必要な鋼矢板二重締切を実施する方針」を、写真や図面、復旧工法の概念図などを示しつつ公開している。

これ以降の地震情報は応急復旧に関するものとなり、4 箇所での鋼矢板締切工事实施の詳細、工事開始日時、工事会社名などが公表されている。また、8 月 12 日の第 15 報では、工事の進捗が順調なこと、現地対策本部を解散することに加え、調査や工事関係者に謝意を示し

ている。8月15日の第16報で警戒体制を解除したことを報告、最終報としている。

事務所では上記16の地震情報以降も適宜関係情報を公表している。特に、被害や応急復旧の内容などをまとめた「平成15年7月26日 宮城県北部を震源とする地震 鳴瀬川・北上川被害状況」と題するコンテンツは堤防災害と応急復旧の全容をつかむことが出来る貴重なものとなっている（この中からパンフレットのダウンロードも可能）。

最初にも述べたが北上川下流河川事務所の今回の地震への対応は際立ったものと言うことができ、学ぶべき点が多い。このような対応は一朝一夕に出来ることではない。過去の貴重な災害経験を十分に生かした成果なのである（平成14年7月11日の洪水災害、平成15年5月26日の宮城県沖の地震（若干の被害あり）などの比較的最近の災害の経験）。事務所では今回の災害対応の反省を踏まえ、マニュアルの改訂などさらに災害対応を的確なものとしていくとのことである。

本報告はほとんど北上川下流河川事務所のホームページを参照、分析しながらまとめた。これを裏付けるため平成16年1月に事務所においてお話を伺った。本調査にご協力いただいた、同事務所の所長、副所長など関係各位に謝意を表してこの項を終りたい。

11 被害全体の特徴とまとめ

今回の地震には幾つの特徴をみることができる。一つには内陸の直下型地震である点である。二つにはM5.6、M6.4、M5.5というかなり規模の拮抗した地震が24時間以内で連続発生したことである。そして三つ目の特徴として地震発生前の5日間にわたり150mm程度の降雨に見舞われた中での地震であったということがあげられる。これらの特徴のうち二つ目の特徴はそれぞれ前震、本震、最大余震と捉えられている非常に珍しい例といえる。特に、前震と本震の規模が拮抗していることと7時間という時間間隔で前震から本震に至ったことは地震被害の関係から看過できない特徴と考えるべきであろう。規模の大きさから、今回の前震、本震の関係は一般の地震におけるそれと異なり、本震の破壊過程におけるマルチプルショックが7時間の時間間隔で発生したものとの解釈も成り立つ。このような解釈にたてば、今回の地震は震害という観点から非常にラッキーな発生過程であったとの指摘も可能である。震源断層全体の破壊が二つに別れ、それが7時間の間隔をもって生じたことは単なる偶然であって、もし条件が異なれば二つの破壊域が間髪を置かずに関係しに破壊したかもしれない。今回の地震がこのような条件の破壊過程をもっていたなら、想

像を越える甚大な被害がもたらされたと考えられる。

以上のように今回の地震の特徴に関連して「幸運性」が指摘できるが、この他にも更に幾つかの幸運をみることができる。第一は、地震発生のタイミングである、最も揺れの大きかった本震は既に学校関係が夏休みに入っていた期間で、しかも土曜日の早朝7時に発生している。このことが、1978年宮城県沖地震での被害再来を思わせる多数のブロック塀の倒壊があったにも関わらず死者がゼロで終始した幸運になっていると考えられる。第二に、地震発生と地震前の降雨量との関係において、地域全体に150mmに及ぶ累積降雨があったものの、最も震動レベルが大きい震源近傍地域では局部的に少ない降雨で済んだという幸運が重なっている（24時間降水量で宮城県北部の沿岸部の雄勝において118mmであったのに対して震央付近の鹿島台で27mm）。このような降雨分布の幸運は震央付近の丘陵地における斜面被害を少なくしたものと想像される。第三の幸運は、今回の地震が人口密度の少ない地域に発生したことである。今回の地震が仙台のような大都市で発生していたなら、この程度の被害で済むとは考えられない。以上のように、今回の地震は幾つかの幸運とも呼ぶべき条件が重なったなかでの発生であり、従って今後の地震対策を考える上でこのことを十分に念頭に置いて、今回の地震被害を捉えることが必要であろう。

今回の地震被害は内陸直下型地震の特徴を受けて被害分布が震源近傍の一定の範囲に限定されている。被害が集中したのは宮城県鳴瀬町、矢本町、南郷町、鹿島台町、河南町の五町である。これらの五町の被害は①河南町の旭山から鳴瀬町小野地区に南下する丘陵地、②その丘陵地域と周辺低地の境界部、③南郷町二郷や河南町広淵などに代表される軟弱地盤の低地、という地形・地盤条件の特徴的な3地域に多く集中している。一方、被災施設からみた被害形態は道路被害（路面陥没、路面亀裂、路面隆起、法面崩壊）、橋梁被害、河川堤防被害、斜面被害（自然斜面崩壊、人工改変斜面の崩壊、宅地盛土擁壁崩壊）、上下水道（管路被害、マンホール破損、断水）、電気施設被害（電柱の倒壊傾斜など供給支障、送返電設備被害、停電）、農地農業用施設の被害、公共建築被害（学校、病院など）、住宅被害、ブロック塀被害、など多岐に亘っている。

以上の被害形態と被害分布には従来から指摘される地盤条件などのローカルサイト効果の影響が確認できるが、さらに注目すべきは震源断層の破壊パターンと被害との関係である。第一の注目点として震源断層のアスペリティの位置と被害との関係をあげることができる。何人かの研究者が旭山丘陵の東側に最大のアスペリティの存在

を強震記録の利用による逆解析から推定している。この最大アスペリティの位置と河南町広淵などでの住宅被害集中地域の一致を指摘する研究もある。第二は今回の地震の震源断層は約 45 度の傾斜角を有する西落ち逆断層であることが明らかにされているが、このような断層タイプと被害との関係である。震度階に代表される地震動分布は旭山丘陵の西側で大きくなる傾向がみられると同時に、河川堤防の被害分布は鳴瀬川と北上川の被害差に代表されるように旭山丘陵の西側で被害が大きいようにみえる。すなわち、幾つかのデータは今回の震源断層の構造的性質である西落ち逆断層の上盤側で地震動や被害が大きくなっていることを示唆してよいともみえる。他方、上水道施設の被害などには東側、西側の差が明瞭でなく、満遍なく分布する傾向があるとの指摘もある。地震の被害分布は構造物の形態や構造的な性質、構造物の存在密度、ローカルサイト効果、震源特性の影響（アスペリティ位置、震源断層の破壊伝播方向など）など多種多様な要因が複雑に関与して生じると考えられることから、その解析は容易でないが、今回の地震は震源断層の破壊過程、断層タイプが明瞭にされているので、地盤資料などの収集などにより今後の詳細な解析が望まれる。

今回の地震においても人工的に改変された斜面の崩壊が多くみられた。特に、河南町北村西猿田における地すべり崩壊は被災態様と規模において、2 ヶ月前の 5.26 宮城県沖地震の際の築館町館下における地すべり崩壊と酷似している。土質や崩壊メカニズムには異なる点も多いが、形態が類似する被害が立て続けに生じたことを受けて、人工的に改変された斜面を多く抱える我が国の事情を考慮しながら、二つの地震による斜面被害を今後統一的に検討することが必要であろう。

軟弱地盤での河川堤防の被害も今回の地震による被害で目立ったものの一つである。被害は 1978 年宮城県沖地震で被害顕著であった吉田川ではみられず、これに途中合流する鳴瀬川の南北方向の流路をもつ南郷町古館地区から砂山地区における 5km 程の長さの地域に集中している。これに対して、同河川の東西方向の流路をもつ近接地域や旭山丘陵を挟んで震源地域から東側にはほぼ同じような距離に位置する北上川では被害はみられない。このように今回の地震による河川堤防の被害分布には興味深い様相がみられるが、被害が集中した地域は表層が N 値 10 以下の軟弱層で、かつ N 値 50 以上の基盤層の深さが 30m ほど急変する不整形地盤構造という特徴を有している。このうち、不整形構造の存在は河川堤防のような線状構造物の被害を考察する上で注目すべき特徴と考えられる。なお、不整形地盤と構造物被害との関係からついでに付言すれば、今回の地震の橋梁被災で最も大きな

被害を受けて通行不能となった鳴瀬川に架かる小野橋（鳴瀬町小野）の橋軸方向の地盤構造にも明瞭な不整形構造がみられることは注目される。

今回の地震においても防災拠点の機能を期待される町庁舎、学校、病院などの公共施設の被害が生じている。このような施設の震災対応における重要性は過去の被害地震の際にも度々指摘されていることであるが、今回の地震においてもその脆弱性が露呈された格好となっている。さらに、1978 年宮城県沖地震の際に大問題となったブロック塀の被害が多数生じたことは震災経験の風化というよりも地震対策の根源においての問題を提起している。しかも、先に述べたように今回の地震には幸運が重なり、その結果ブロック塀の被害による人的損失はゼロであったが、この幸運を無視して、ブロック塀の被災を軽んじる風潮が被災地域の住民にみられることは極めて遺憾なことである。

今回の地震で注目を浴びたものの一つに地震動観測にかかわる話題がある。今回の一連の連続地震により気象庁計測震度計ネットワーク、宮城県の震度情報ネットワーク、（独）防災科学技術研究所の強震ネットワーク K-NET、基盤強震観測網 KiK-net、（独）港湾空港技術研究所の港湾地域強震観測ネットワーク、国土交通省の一般強震観測施設及び河川・道路等施設強震計ネットワーク、東北工業大学強震観測網 Small-Titan などの多くの強震観測網により強震記録が得られている。これらのうち、宮城県震度情報ネットワークでは計測震度、最大加速度値は公表されているものの、数値化された強震記録はその後起きた余震のため記録媒体上に上書きされ残存していない（鹿島台町役場の観測点は例外）。今回の三つ地震では最も震源に近い地震動を記録したのは主に宮城県震度情報ネットワークである。これまでの我が国における強震観測で公式な機関による記録の最大加速度は 2000 年 10 月 6 日発生の鳥取県西部地震の際に鳥取県日野町で観測された水平加速度 1584.4gal であるが、今回の地震の前震の際に鳴瀬町の観測点で東西水平動の最大加速度 2005.1gal、本震の際に鹿島台町で南北水平動の最大加速度 1605.5gal など、これまで我が国はもとより世界で記録された最大加速度を上回る値が得られている。これらの記録の数値波形が残っていないことから、その詳細な議論はできないが、計測震度計の設置方法の吟味も加え、加速度の値について慎重な検討が必要である。さらに、今回の地震震源に近い幾つかの観測点においては町役場庁舎内の 1 階フロア、庁舎基礎の上、地盤表面の法面の肩などに計測震度計が設置されていたことが明らかとなった。周知のように震度計による震度情報は地震災害の軽減のための様々な初期活動を進める上で

極めて重要な一次情報となる。このことを考慮すれば、自治体の設置する震度計を中心に全国的に設置状況を再検討する必要があると考えられる。

今回の地震は従来さほど重要視されていなかった潜在断層に起因して発生したものであり、防災対策の盲点と不意をついた地震との位置づけも可能である。地震国日本では何処でも地震発生の危険性を否定しないことを改めて印象づけた。今回の地震を受けて 1978 年宮城県沖地震の再来としての X 年宮城県沖地震の発生条件は益々高まったとの指摘もなされている。今回の地震の被害経験を活かすとともに、今回の地震発生条件の幸運に甘えることなく、次なる大地震は左様な幸運は期待できないことを前提に来るべき X 年宮城県沖地震に万全の備えをもって対処することが緊要であろう。