

2003年5月26日に発生した宮城県沖の地震 被害調査報告

Reconnaissance Report on the May 26, 2003
MIYAGIKEN NO OKI EARTHQUAKE

2003年10月31日

(社)土木学会・地盤工学会合同
宮城県沖の地震調査団

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 地震動	2
第3.2節 地盤震動	3
第4章 構造物被害	4
第4.1節 東北新幹線ラーメン高架橋の被害	4
第4.2節 道路関係被害	7
第5章 斜面崩壊・液状化	9
第5.1節 築館の斜面崩壊（地形，形態など）	9
第5.2節 築館の斜面崩壊（土質，メカニズムなど）	10
第5.3節 液状化関係調査	12
第6章 ライフライン被害	13
第7章 宅地被害	13
第8章 港湾関係の被害	14
第9章 住民の反応と行動および災害情報関係	16
第10章 まとめ	19

執筆者

神山真	第1章，第2章，第10章
中村晋	第3章
片岡俊一	第3章
鈴木基行	第4章1節
小長井一男	第5章1節
風間基樹	第5章2節
陶野有隆雄	第5章3節
橋本隆雄	第7章
菅野高弘	第8章
清野純史	第6章，第7章
今村文彦	第9章

執筆協力者

運上茂樹(独)土木研究所	第4章2節(1)
倉橋稔幸(独)土木研究所	第4章2節(2)
笹川稔郎(東北電力(株))	第6章

編集

神山真，中村晋

1. 調査の概要

2003年5月26日午後6時24分頃、宮城県沖を震源とする気象庁マグニチュード $M_j=7.1$ の地震が発生し、震源に近い宮城県、岩手県を中心に被害が生じた。この地震により、JR新幹線高架橋の一部が被災した他、地すべりや港湾施設の被害などが発生した。土木学会・地震工学委員会（委員長：後藤洋三・(独)防災科学研究所地震防災フロンティア研究センター・川崎ラボラトリー所長）、および同・コンクリート委員会（委員長：丸山久一・長岡科学技術大学教授）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、本地震による被害に関する調査団派遣を決定した。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5月27日から30日まで実施した。土木学会および地盤工学会との合同調査団(6月13日時点)のメンバーを表-1, 2に示す。

この地震は1994年北海道東方沖地震と同様に太平洋プレート内で発生した地震であり、後述するように最大表1-1 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	地震動	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	弘前大学理工学部
団員	地盤震動	中村 晋	日本大学工学部
団員	地盤震動・ライフライン	清野純史	京都大学
団員	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	仙原紀明	東北大学
団員	地盤	陶野有隆	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)千代田コンサルト
団員	津波・緊急対応	今村文彦	東北大学
団員	災害情報他	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	災害情報他	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

表-2 土木学会(コンクリート委員会)調査団

区分	主調査分野	氏名	勤務先名称
団長	コンクリート被害	鈴木基行	東北大学
団員	〃	睦好宏史	埼玉大学
団員	〃	鳥 弘	高知工科大学
団員	〃	中村 光	名古屋大学
団員	〃	牧 剛史	埼玉大学
団員	〃	新藤竹文	大成建設(株)
団員	〃	秋山充良	東北大学

加速度が1Gを越える記録が岩手・宮城県沿岸部で観測され、震度6弱の地域が岩手・宮城県の沿岸部のみならず内陸地域にも生じているにもかかわらず、被害や揺れの大きな地域が局在するという特徴を有している。また、液状化や斜面崩壊などに起因する地盤災害も多く局在的であり、その変状も一部を除いて比較的小さい。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使用を制限され、重要な災害情報などの伝達手段となりえなかったことや、地震直後の津波などへの十分な避難行動がみられないなどの重大な課題も残した。

2. 地震

気象庁発表による暫定的な本震の震源要素は、発震時刻が2003年5月26日18時24分頃、震央位置が北緯 38.8° 、東経 141.8° 、震源深さが71km、地震規模が $M_j7.1$ となっている。また、国土地理院より公表された断層モデルのパラメータは、走向角度が 192° 、傾斜角度が 68° 、幅、長さがそれぞれ19km、17km、滑り量が2.1m、モーメントマグニチュード M_w が7.0となっている。これらから、この地震は発生が予測されている1978年と同程度の宮城県沖地震とは異なるとの見解が政府の地震調査研究推進本部により公表されている¹⁾。

図-2.1 に多くの強震観測網により得られた強震記録

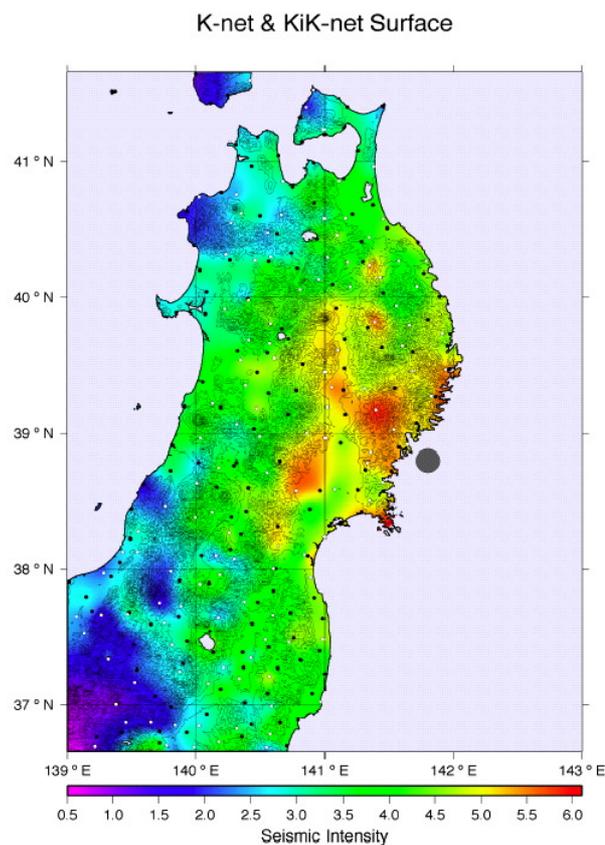
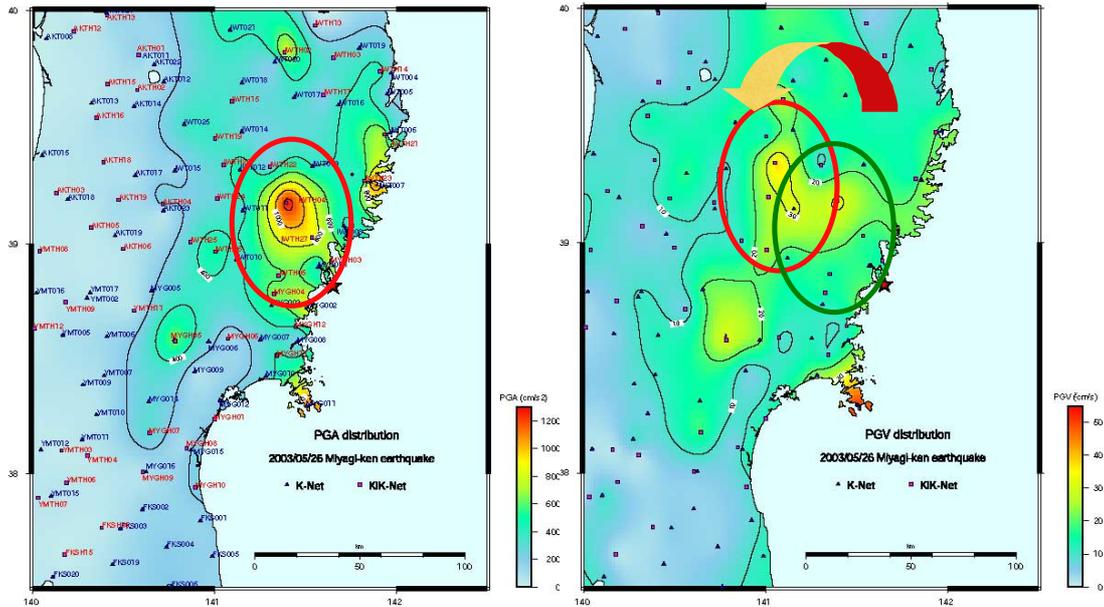


図-2.1 計測震度分布



a) 最大加速度

b) 最大速度

図-3.1.1 K-NET に基づく東北地域における最大加速度，最大速度の分布¹⁾

のうち，K-NET および KiK-NET²⁾ による強震記録を処理して得た計測震度の分布を示す．震央が大きなでプロットされているが，震央に近い宮城県，岩手県の多くの地域で震度5強の揺れが生じていることがわかる．

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部ホームページ：
<http://www.jishin.go.jp/main/index.html>
- 2) (独)防災科学技術研究所ホームページ：
<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>

3. 地震動・地盤震動

3.1 地震動

この地震により(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，気象庁強震ネットワーク，(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，K-NET の牡鹿観測点，気象庁強震ネットワークの大船渡町観測点および国土交通省強震計ネットワークの歌津観測点で，それぞれ水平最大加速度値 1112 ガル(cm/sec^2)，1106 ガル，1003 ガルが得られ，KiK-net の住田観測点で鉛直最大加速度値 1280 ガルなど，重力加速度を越える大きな最大加速度が得られている．

まず，図-3.1.1 に東北地域における K-NET で得れ

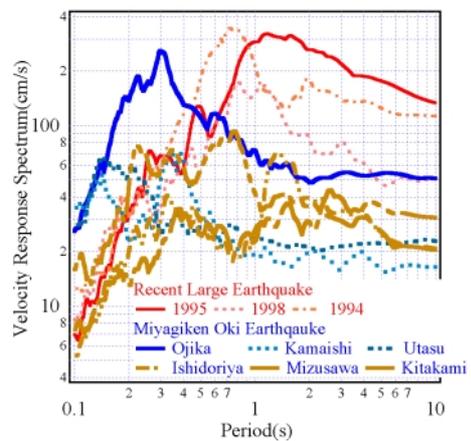


図-3.1.2 最近の被害地震との速度応答スペクトルの比較

られた水平成分の最大加速度，最大速度の分布を示す．最大加速度は牡鹿，釜石などの海岸沿いの地域と住田などの北上山地内の観測点で大きな値を示し，最大速度は最大加速度と同様の海岸沿いの地域と北上盆地内で大きな値を示している．図-2.1 に示した震度の分布は，最大加速度と最大速度との両方を特性合わせた傾向が認められ，岩手県内陸部において最大加速度と最大速度の大きな地域が異なっていることを特徴としてあげることができる．

次に，海岸沿いの地域における牡鹿，釜石および歌津，北上盆地内の石鳥谷，水沢および北上の6地点で K-NET で得られた加速度記録の NS 成分の速度応答スペ

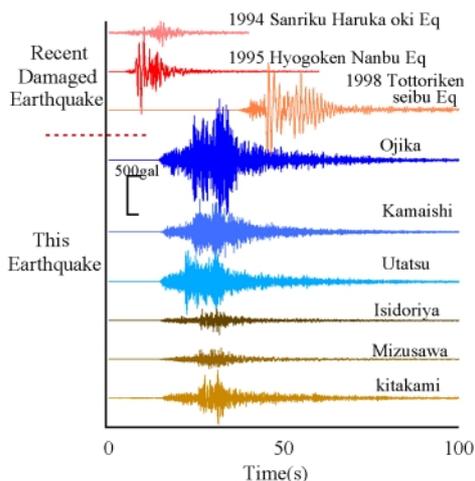
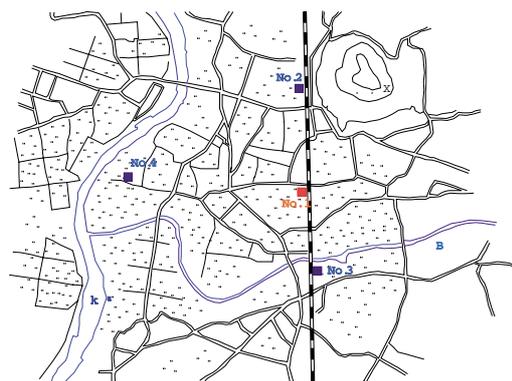


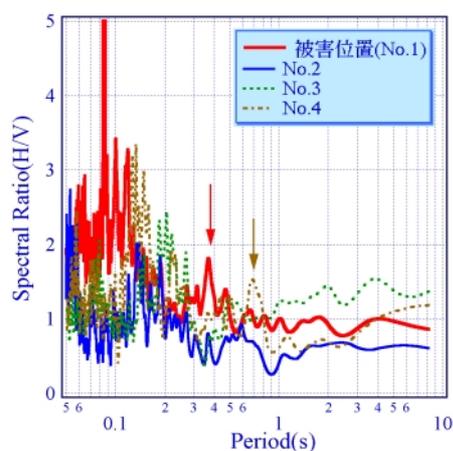
図-3.1.3 最近の被害地震との加速度時刻歴の比較

クトル($\eta=5\%$)の比較を図-3.1.2 に示す。図-3.1.2 には最近、大きな被害をもたらした地震による観測記録のうち、1994 年三陸はるか沖地震において八戸港で観測された記録の EW 成分(1994)、1995 年兵庫県南部地震において葦合で観測された記録の NS 成分(1995)および1998 年鳥取県西部地震で日野町で観測された記録の NS 成分(1998)の速度応答スペクトルも合わせて示す。これより、この地震で得られた記録には、一様に 0.2 ~ 0.4 秒と比較的短周期成分の卓越が認められる。特に、牡鹿の記録では 0.3 秒における卓越が顕著である。地域別にみると、海岸沿いの地域ではその周期帯以外に卓越が認められないが、北上盆地内では 0.7 から 2 秒、特に石鳥谷では 1.2 秒にて、海岸沿いの地域で卓越する短周期側より大きな卓越が認められる。また、それら地域における長周期側のスペクトルは、牡鹿を除く海岸沿いの観測点におけるスペクトル値より大きな値となっている。周知のように地震動は、震源特性、伝播経路特性および観測点近傍の地盤条件(ローカルサイト特性)の 3 要因の影響を受ける。この地震による地震動の長周期成分における卓越の地域ごとの差異は、ローカルサイト特性の影響に起因していると考えられる。また、既往の被害地震の記録は、いずれも周期 0.6 秒程度以上に卓越し、そのスペクトル値はこの地震によるいずれの記録よりかなり大きな値となっている。なお、図-3.1.3 に、図-3.1.2 に示した速度応答スペクトルの算出に用いた加速度記録の時刻歴を示す。

以上より、この地震による地震動、特に海岸地域の地震動の加速度振幅は、これまでに著しい被害をもたらした地震により観測された記録より大きな値を有している。しかし、その周期特性はこれまでに被害をもたらした地



a) 常時微動測定位置



b) 常時微動の水平・鉛直スペクトル比

図-3.2.1 石鳥谷における常時微動の特性

震の特性と周期 0.6 秒程度以上に比べ、著しく小さな値となっている。このことが、この地震は地震規模や最大加速度値の割に地震被害が少ないことの主要な原因の一つであると考えられる。

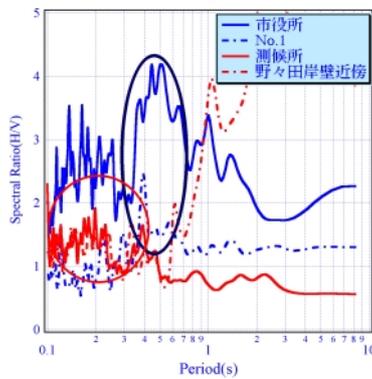
3.2 地盤震動

前節にも述べられたように、気象庁、地方自治体および防災科学研究所などの様々な機関が地震計を設置していることより、それらの設置間隔が数 km と比較的隣接している場合がある。例えば、大船渡市では約 1.5km 離れた気象庁測候所と市役所に地震計が設置されている。しかし、それぞれの震度は 6 弱、5 弱と異なっている。この様に、震度などの地盤の揺れに関する情報は、隣接観測点が異なることは少なくない。この違いは前節で示したローカルサイト特性のうち、表層地盤の震動特性の差異に起因するものであろうと考えられる。この地震により被災を受けた地域の幾つかについて、常時微動を利用し、表層地盤の震動特性を把握した。

まず、図-3.2.1 は、石鳥谷町の新幹線橋脚が被災し



a) 常時微動測定位置



b) 常時微動の水平・鉛直スペクトル比
 図-3.2.2 大船渡市における常時微動の特性

た地域周辺で観測した常時微動のフーリエスペクトルの水平成分と鉛直成分の比(以後、H/V スペクトルと呼ぶ)の比較である。被災地点が図中の No.1 であり、線路延長上北側の健全な橋脚の根本で計測したものが No.2、同様に南側で計測したものが No.3、線路から西側に約 3.5 km 離れた地点を No.4 としている。周期 0.1 秒より長周期側に着目すると、線路延長上の被災地の南北にある No.2, 3 は、0.15 ~ 0.2 秒にピークが認められるが、被災した地点では 0.38 秒にピークが認められる。さらに、K-net の石鳥谷の観測点に近い No.4 地点では、0.7 秒付近にピークが認められる。これらのことは、新幹線沿いの地盤構造は、被災地周辺がその南北地域に比べ、表層の比較的軟質な地盤が厚く、北上盆地中央部に向かって、その軟質層は厚くなっていることを示していると推測される。

次に、図-3.2.2 には大船渡市内で観測した常時微動の H/V スペクトルの比較を示す。観測地点を図-3.2.2(a)に示す。これより、震度 6 弱を観測し、大船渡市の中で住宅などの被害の最も多い大船渡町地域にある測候所では周期 0.38 秒や 0.2 秒の短周期成分にピーク

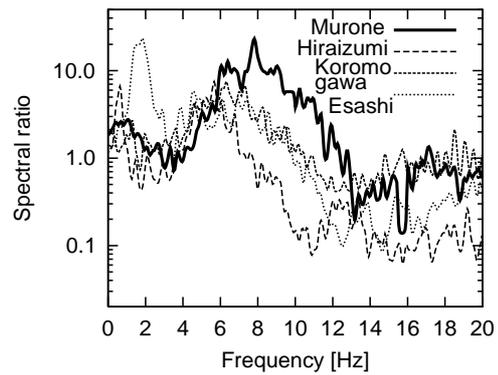


図 3.2.3 震度 6 弱を観測した地点での常時微動特性

が認められる。一方、市役所およびその近傍の盛川に近い No.1 地点では 0.5 から 0.4 秒と、測候所より長周期側にピークが認められる。これらは、両地域で表層地盤の厚さや構造が異なっていることを示している。

最後に、岩手県内で震度 6 弱を観測した、江刺市、衣川村、平泉町、室根村の震度観測点近傍で観測した常時微動を評価した結果について図-3.2.3 に示す。ここでも、H/V スペクトルで評価しているが、そのピークは高く、ピーク振動数の約 2 倍の振動数で、H/V の値は谷となっている。過去の研究²⁾に基づくと、このスペクトル形状はインピーダンス比の小さい境界の存在を示唆すると考えられる。ただし、江刺市はピーク振動数が 2 Hz であり、地盤柱状図によると表層付近から砂礫が表れるので、比較的深い位置に境界があるものと考えられる。一方、それ以外の地点では、ピーク振動数は 6 ~ 8 Hz と高く、浅い位置にその境界があるものと思われる。

参考文献

- 1) 防災科学研究所・地震防災フロンティア研究センター
 HP, http://www.edm.bosai.go.jp/miyagi2003/strong_motion/ground_motion.htm
- 2) 大町達夫他, 常時微動の水平動と上下動のスペクトル比を用いる地盤周期推定法の改良と運用, 土木学会論文集, No.489/I-27, pp.251-260, 1994

4. 構造物被害

4.1 東北新幹線ラーメン高架橋の被害

4.1.1 被害の概要

2003 年 5 月 26 日(月), 18 時 24 分頃に発生した宮城県沖を震源とする地震(三陸南地震)により、東北新幹線の盛岡~水沢江刺間にあるラーメン高架橋の一部が損傷

表 - 4.1.1 東北新幹線高架橋被害状況

No.(図 - 4.1.1 参照)	起点方	終点方	位置			柱断面(mm)	被災橋脚本数	補修方法
			R-1	終点方	左右			
1	水沢江刺	北上	R-1	終点方	左右	850×850	2	
			R-2	起点方	左右	850×850	2	
2	北上	新花巻	R-1	終点方	左右	850×850	2	
3	新花巻	盛岡	R-13	起点方	左右	850×850	2	
			R-13	終点方	左右	850×850	2	
			R-14	起点方	左右	850×850	2	
			R-14	終点方	左右	850×850	2	
			R-15	起点方	左右	850×850	2	
4	新花巻	盛岡	R-5	起点方	左右	800×800	2	
5	新花巻	盛岡	R-1	終点方	左右	800×800	2	
			R-2	起点方	左	800×800	1	
			R-2	起点方	右	800×800	1	

補修方法 : 無収縮モルタル補修, : エポキシ樹脂注入, : 鋼板補強, : アラミド繊維補強

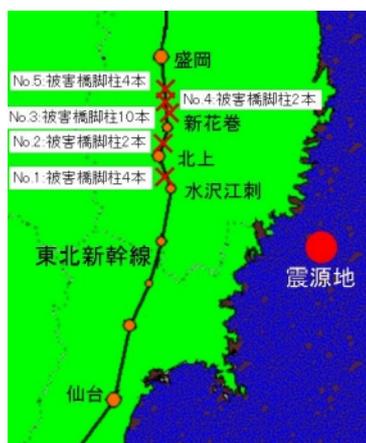


図 - 4.1.1 震源地と被災橋脚の関係

した。橋脚への無収縮モルタル，エポキシ樹脂注入，鋼板巻きによる補強・復旧作業は地震直後から進められ，27日(火)夕方の列車より徐行しながらの営業運転の再開，29日(木)には通常速度に戻し運転されている。

土木学会コンクリート委員会(委員長:丸山久一教授(長岡技術科学大学))では，鈴木基行教授(東北大学)を団長とする調査団を結成し，これら被災したラーメン高架橋の被害状況を5月29日(木)に調査した。ここに，その今回被災した東北新幹線ラーメン高架橋のうち，応急復旧作業を必要としたのは主に表 - 4.1.1 に示す5箇所である(橋脚は全て1層ラーメン)。

4.1.2 被害の特徴

今回の三陸南地震により被災した東北新幹線ラーメン高架橋は，写真 - 4.1.1 に示すように，高架橋の端部に位置する橋脚に被害が集中している点が特徴である。被災し



写真 - 4.1.1 被害の特徴

た高架橋がある岩手県内は，緊急耐震補強対策(関東運輸局：平成7年8月3日【関鉄技一第128号】「鉄道施設耐震構造検討委員会の提言に基づく鉄道構造物の耐震性能に係る当面の措置について」)の対象線区から外れており，宮城県沖地震(1978年6月)以前に設計された高架橋であるため，現在の規準よりもせん断補強筋量の少ない構造となっていた。以下に調査結果の一部を報告する。

補強筋量の少ない構造となっていた。これら端部に位置する橋脚の被災後のひび割れ状況の観察では，明瞭な斜めひび割れ面が形成されていたのに対し，曲げひび割れはほとんど生じていないことが確認された。被災橋脚の一部には，かぶりコンクリートの剥落が生じた橋脚も存在したが，帯鉄筋のフックのはずれや鉄筋の破断など重大な損傷は認められず，被災した橋脚のほとんどは比較的軽微な損傷と推察される。エポキシ樹脂の注入と鋼板補強などによる補修・補強により復旧工事は行われていた。



(a) No.1 地点



(b) No.2 地点



(c) No.3 地点



(d) No.4 地点



(e) No.5 地点

写真 - 4.1.2 被災後橋脚



(a) No.1 地点



(b) No.2 地点



(c) No.3 地点



(d) No.4 地点



(e) No.5 地点

写真 - 4.1.3 復旧作業

一方、端部以外の中間位置にある橋脚には、緊急復旧作業を必要とする被害はほとんど生じておらず、わずかに斜めひび割れが観察される程度である。このように高架橋の端部に位置する橋脚に被害が集中した原因として、

例えば、写真 - 4.1.1 は図 - 4.1.1 にある No.3 の橋脚であるが、端部に位置する橋脚は、中間位置にある橋脚に比べ、せん断スパン比が小さく(端部の橋脚高約 5.3m, 中間部の橋脚高約 6.2m(ともにハンチ部除く)), 柱幅は

全て 85cm), 曲げせん断耐力比が小さいこと, および端部に位置する橋脚は, 中間位置にある橋脚に比べ作用水平力が大きいこと, などが原因と考えられる. また, 柱の 4 側面のひび割れ状況から判断して, 被災した橋脚は, 線路軸直角方向への応答が卓越していたと推察される. 今後, これら被災状況に対し, そのメカニズムの解明が必要である.

4.1.3 被災写真

地震直後に撮影された図4.1.1 の各地点の被災橋脚を写真-4.1.2 に示し, その復旧作業の様子を写真-4.1.3 に示す. 今回被災した橋脚の補修方法には, i)無収縮モルタル補修, ii)エポキシ樹脂注入, iii)鋼板補強, iv)アラミド繊維補強, が採用されている.

4.2 道路関係被害¹⁾

4.2.1 道路橋の被害

道路橋においては, 支承の損傷(岩手県宮守村: 船渡橋)や橋台取付け盛土の沈下による段差(岩手県大船渡市内国道 45 号: 白木沢橋, 山形県寒河江市国道 112 号: 新堀川橋), その他地覆の損傷(岩手県金ヶ崎町: 金ヶ崎橋)が報告されており, これらを中心に調査した結果について以下に示す.

橋台取付け盛土の沈下による段差(写真 4.2.1)及び支承に被害が生じた橋を除き, 道路橋においては構造的に影響のある被害は確認できなかった. 下部構造のコンクリートに軽微なひびわれや橋台の護岸に目地のずれなどが確認された橋もあったが, 構造的に影響のある損傷ではなかった.

写真-4.2.2 に示すように可動支承や高欄の伸縮部に塗装のこすれ跡(約 1~4cm の変位量)がいくつかの橋で確認されたが, ほとんどの道路橋では地震により変位が生じた形跡が確認できなかった. ただし, 塗装のこすれ後も一方向にのみ見られるなど, 温度変化の影響も考えられ, 地震によるものかは確定できなかった.

岩手県宮守村の船渡橋において支承のアンカーボルトの変形が生じた. 写真-4.2.3 に示すように, 上部構造は 3 径間連続+単純+3 径間連続の 7 径間鋼 I 桁(1967 年竣工, 2 等橋), 下部構造は円形断面を有する鉄筋コンクリート橋脚である. 可動支承部に残留変位が確認されるとともに, 一方の橋台において 1 本アンカー形式の線支承のアンカーボルトが橋軸直角方向に変形した(写真-4.2.4).

道路橋では, 支承の損傷, 橋台取付け盛土の沈下等以外には, 構造的に影響のある被害は確認できなかった.



写真-4.2.1 国道 4 5 号白木沢橋(岩手県大船渡市, 橋台取付け盛土の沈下, アルファルト盛付けによる補修状況)

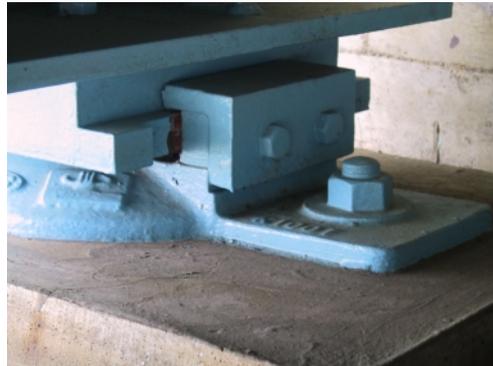


写真-4.2.2 支承部のこすれ跡の一例(国道 4 5 号気仙大橋, 岩手県陸前高田市, 温度変化の影響の可能性もあり)



写真-4.2.3 船渡橋(岩手県宮守村)



写真-4.2.4 線支承のアンカーボルトの橋軸直角方向への変形状況(船渡橋, 橋台部)

今回の地震では、最大加速度が 1,000gal を超える大きな地震記録もいくつかの地点で観測されているが、短周期が卓越しているため、構造物に影響を及ぼすような周期帯域の地震動強度が必ずしも強くなかったことが推定される。また、調査した範囲では、北上川を始め比較的規模の大きい河川を渡河する大規模な橋梁も多かったが、これらの両端に橋台を有する構造であり、また、橋脚も小判型、ラーメン型、壁式など比較的断面の大きいものが採用されていたことも影響していることが考えられる。

4.2.2 道路・道路斜面の被害

道路斜面については、国道と県道などでのり面崩壊と落石が発生し、通行規制が行われた。そのうち岩手県内の国道と県道を調査した結果を以下に示す。

のり面崩壊は、いずれも中生古生層の流れ盤の切土斜面で発生した。岩手県住田町世田米子飼沢（国道 397 号）で発生した剥離型落石のスケッチと写真を、図-4.2.1、図-4.2.2、写真 4.2.5 に示す。高さ 18m、幅 23.5m のモルタル吹付斜面の頂部がくさび状に崩壊した。崩落したくさび部分は高さ約 5m×幅約 10m で、崩壊量約 80m³ であった。斜面にロックネットが備え付けられていたが、崩壊した岩片により破損した。また、吹付モルタルの一部にも剥落や亀裂が見られた。地質は古生代ペルム紀の泥岩で、その走向傾斜は N12° W60° E の流れ盤であった。崩落は泥岩の層理面や片理面に沿い発生していた。崩落した岩塊は 10cm ~ 1m のブロック状に分離し、ハンマーによる打撃で金属音を発するが、層理や片理表面は茶色に風化していた。

一方、抜け落ち（転石）型落石は、陸前高田市広田町山田（県道 38 号 大船渡広田陸前高田線）の高さ約 10m、幅約 5m のマサ化した切土斜面で 30~50cm 大の岩塊が発生した。地質は花崗閃緑岩で、大部分がマサ化しているが、局部的に風化していない岩塊が残存していた。落石は、風化していない岩塊の一部が抜け落ち発生した（図 4.2.3）。

今回の地震では、大規模な岩盤崩壊などは見られず、発生したのり面崩壊や落石はいずれも規模が小さいものであった。のり面崩壊や落石の素因として、切土斜面の流れ盤構造や表層の風化が強く影響したと考えられる。

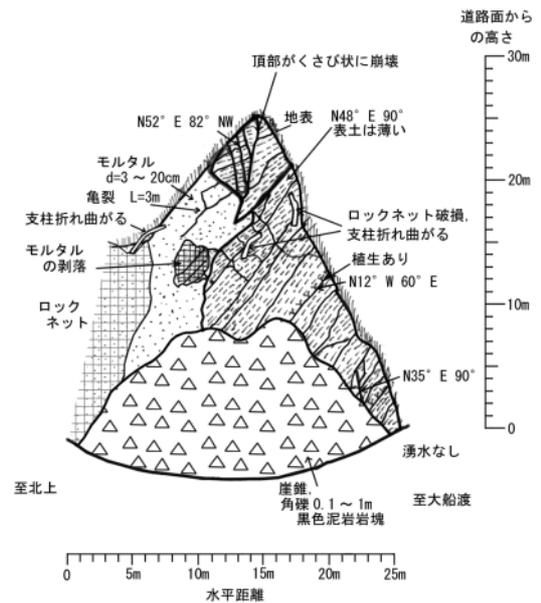


図-4.2.1 のり面崩壊の露頭スケッチ（国道 397 号）

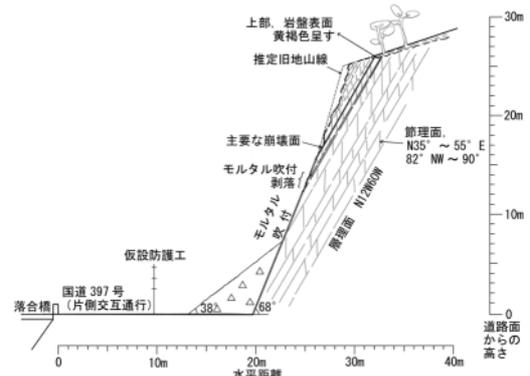


図 4.2.2 模式断面図（国道 397 号）



写真 4.2.5 国道 397 号ののり面崩壊

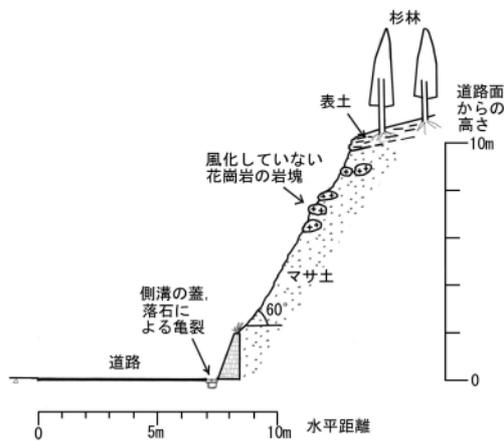


図4.2.3 抜け落ち型落石の模式断面（県道38号）

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所、土木研究所、建築研究所、港湾空港技術研究所：平成15年5月26日宮城県沖地震に係わる現地調査報告書、平成15年9月

5. 斜面崩壊・液状化

5.1 築館の斜面崩壊（地形・形態）

5.1.1 はじめに

宮城県内陸北部にある築館町館下で流動性崩壊が発生

した．このあたりは栗駒や鬼頭、鳴子火山などの火山性屑砕物が堆積した標高約 60m 程度の丘陵地でこの丘陵の南向き緩斜面で比高約 27m 程度の崩壊が発生したものである．その傾斜は後述するように平均7°程度で、2000年5月に施行された「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」（通称：土砂災害防止法）の対象外の緩い勾配である．今後の地震斜面災害に新たな注意を喚起するものであり、ここにその特徴をまとめておく意義は大きいと考える。

5.1.2 地形と成り立ち

崩壊斜面の形状をデジタルコンパス内蔵のレーザー測距儀で計測したものを図 5.1.1（左）に示す．源頭部の滑落崖から本来の斜面法先までの距離はおおよそ 100m で、水田に押し広がるようにして停止した土砂先端部までは 180m である．この 180m 間の比高は 27m であり、したがって平均勾配は 6～7° ということになる．このあたりの 1964 年撮影の航空写真を図 5.1.1（右）に示す．立体視を行うと黄色の細破線部に谷が入り込んでいる様子が確認できるが、斜面崩壊（白破線）はまさにこの谷に沿う形で発生している．このあたりは農地造成が行われ、旧谷地形を近隣の細かい軽石を含む土砂で埋めた箇所であり、図 5.1.1（左）に水の滲み出しが見られるように、常時から谷筋に沿って水の補給があったものと考えられる．

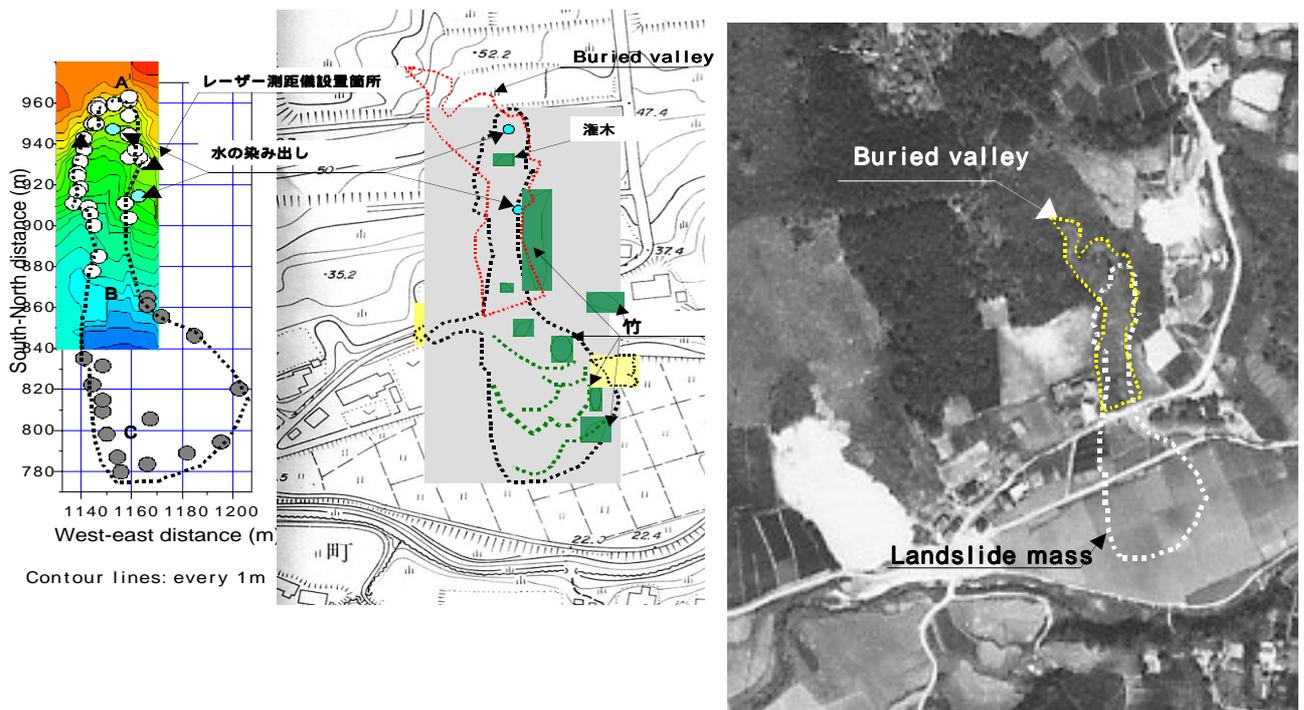


図 5.1.1 築館町館下の崩壊斜面地形（左）と 1964 年撮影の航空写真（産業総合研究所活断層研究センター提供）

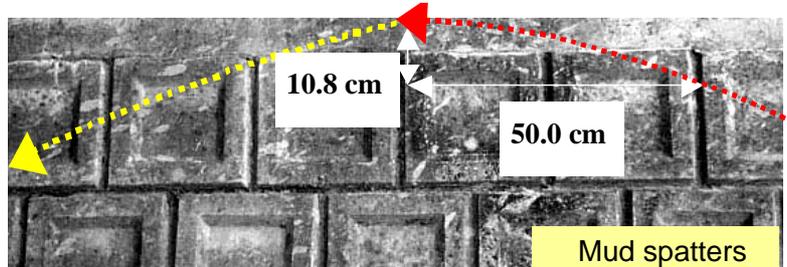


図 5.1.2 崩壊土砂の流速推定：崩壊地左脇の民家のブロック擁壁（左写真 A 地点）に残る泥の飛沫の描く放物線（写真右）から A 地点で推定される流下速度は $3.3 \sim 3.6\text{m/s}$ である。中心部はその倍程度の速度に達していたと推定される（本文）

5.1.3 崩壊土砂の動き

崩壊した土砂は幸いなことに民家を掠めるように流れくんだり、このため死者を出すことはなかった。しかし流下した土砂がどの程度の速度であったかを推し量ることは今後のこの種の斜面崩壊への防災対策を講ずる上で極めて重要である。崩壊地左脇の民家のブロック擁壁（図 5.1.2 左写真 A 地点）に残る泥の飛沫の多くが明瞭な放物線（写真右）を描いているが、これらから A 地点で推定される流下速度は $3.3 \sim 3.6\text{m/s}$ となる。これは、流下した土砂の縁辺部での速度であり中心部はさらに速い速度であったと思われる。斜面中央部にあった竹林の一部や灌木列が崩壊土砂上に弧をなして残っているので、これらの本来あった位置を特定することで、流下した土砂の変位ベクトルを推定できる（図 5.1.2 左）。その結果、土砂の中央部は縁辺部のおよそ 2 倍近い速度、すなわち $6 \sim 7\text{m/s}$ に達していたと考えられる。この速度は一般の人が全力疾走する程度の速度であり、事前の警報がない限り、退避困難な速度である。7° 程度しかない緩斜面崩壊の流下速度として防災上留意すべき値であろう。竹を除く灌木類の根は深くなく、また孤立してい

て根のネットワークを作るほどではない。

5.2 築館の斜面崩壊（土質、メカニズムなど）

5.2.1 崩壊斜面の成立ち

宮城県北部の地質マップによれば、一帯は 80～100 万年前の大噴火「鬼首火砕流」の火山灰域に位置している。発生現場の地区では、1970 年頃丘陵地を切り崩して畑地造成が行なわれた。造成前の地形図と地震前の地形を比較すると、旧地形の沢線と土砂崩れの発生場所がほぼ一致していたことが判明している。

崩壊地の復旧のための調査によると、土砂崩壊した部分は、盛土されたものであり崩壊した部分の下にもまだ軟らかい盛土部分が残っていることがわかっている。また、自然堆積の地山部分は硬く固結している。

5.2.2 土質特性

現場の土砂を様々な地点から採取して物理試験を実施した。その結果、土の粒度構成は、どの地点でもレキ 20%弱、砂 50%強、シルト 20%強、粘土 10%弱とほぼ一致していた。このことから、採取した地域一帯が同じ土質で構成されていたものと考えられる。また、含まれるレキ分のほとんどは軽石であり、中には水中で浮かぶものもある（写真 - 5.2.1）。土質分類上は「軽石混じり火山灰質シルト質砂」である。X 線回析分析結果からは、石英・斜長石のほかスメクタイト・ハロイサイトなどの粘土鉱物が検出されている（岩手大学工学部の大河原助教授による）。

土粒子の密度は小さく 2.31～2.48 程度である。含水比は 26-56%程度であり、砂質土としては非常に高い値である。これは、土の電子顕微鏡写真（写真 - 5.2.2）に



写真-5.2.1 崩壊土砂中に含まれる軽石

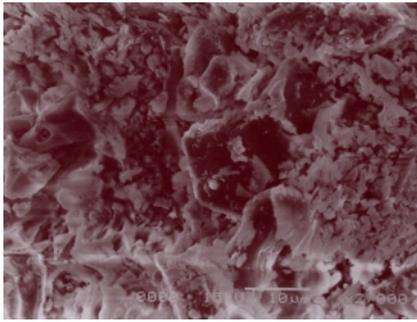


写真 - 5.2.2 土粒子の電子顕微鏡写真



写真-5.2.3 斜面崩壊現場の重機による崩壊土除去作業後の状況 (5/28, 18時撮影)



写真 5.2.4 振動を与える前後の土の状況

示すように、土粒子自身が多孔質で吸水性があったためであると考えられる。実際、絶乾状態の 2mm 以上の土粒子に吸水させると、含水比はそれだけで 40%以上となった。一方、泥流状態の土の飽和度は約 90%程度であり、完全に飽和した状態でないこともわかった。したがって、崩れる以前の斜面の地山には多くの水分が保水されていたものの、土自身は不飽和状態であったものと考えられる。実際に、滑落涯に露頭した面の下面は、明らかに不飽和であり、乱された場合にのみ水がしみでるような性状を示した。翌々日の応急復旧時の重機による土砂移動作業を行なうだけで、作業終了後あたたかも高流動コンクリートのように流動化した土が地盤の亀裂から噴出した(写真 - 5.2.3)。写真 5.2.4 に、振動を与える前後の土の状況を示した。

5.2.3 土砂が泥流化したメカニズムについて

土砂が泥流化したメカニズムを考察した結果、次のよ

うなメカニズムが推定される。地震前の斜面地山は、その土質から不飽和であるものの保水性が高く、サクシオン(負圧)やセメンテーションによってせん断抵抗を発揮していた(図 5.2.1 参照)。そこに地震動が作用して、セメンテーションが切られると同時に、土粒子(軽石を母材とするレキや砂)に保水されていた束縛水が自由水化してメニスカスがなくなった(サクシオンが無くなった)。このため土は一気にそのせん断抵抗を失い、自由水化した水と混じって斜面を泥流状に流下した。この際、

- 1) 水中で浮くような軽石が多かったこと
- 2) 細粒分が多いため容易に水が分離しないこと
- 3) 不飽和土中の空気が細かな気泡となって流動化しやすくなったこと、しかも空気は負圧が無くなったため、体積膨張したと考えられること
- 4) ゆるい土粒子骨格構造によって負のダイレイタシーが作用したこと
- 5) 土粒子は極めて脆弱であり粒子破砕も関係した可能性があること

などがメカニズムに大きく関係したと推察される。

斜面崩壊中に自由水化した間隙水は、崩壊後しばらくして再びサクシオンによって元の状態のように水を保水したため、泥流状態は崩壊後に次第に元の状態に戻ったと思われる。また、造成されていた斜面は、土の性質から容易にオーバーコンパクション状態になって、締め固めができなかったであろうことも容易に想像できる。このため間隙の大きな土粒子骨格構造をもつ造成地が形成されたとも考えられる。また、今回観測された地震動には特に短周期成分が多く含まれていたことも報告されており、土のセメンテーションを無くし、軽石中の束縛水を自由水化するために特異的に寄与した可能性(共振による)も考えられる。

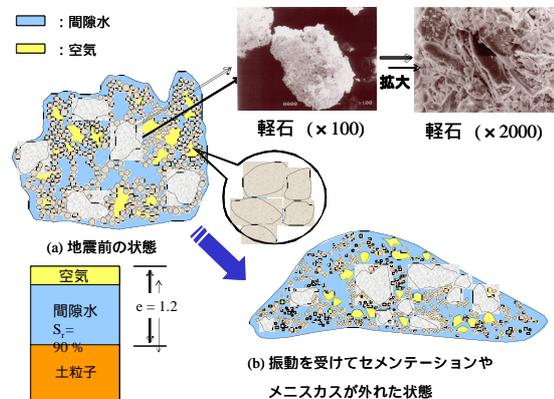


図 - 5.2.1 推定される土の泥流化のメカニズム

5.2.4 まとめ

今回の斜面崩壊の原因の第一は、斜面を構成する土が多孔質で軽い土粒子から構成され、間隙水を多く含むゆるい土粒子骨格構造を持つ「軽石混じり火山灰質シルト質砂」という特殊な土質であったことによるところが大きいと考えられる。この土が地震動によるせん断をトリガーにして粘着力による土のせん断抵抗を一気に失ない、地盤がすべり出したものと考えられる。また、間隙水と一体となって土は泥流状態になったため、遠方まで流下したと考えられる。

このような泥流化のメカニズムは、粒径のそろったきれいな飽和砂質土が、非排水繰返しせん断を受けて負のダイレイタンシーによって液状化を生じるというメカニズムとは異なるものとする。

このように細粒分を多く含む軽石混じり火山灰質土が、不飽和状態であっても泥流状になることを示した今回の事例は、新たな研究課題を提起している。

なお、上記のようなメカニズムを念頭において、過去の地震で生じた同様の斜面災害事例を見なおしてみると、軽石混じり火山灰質土が関係している斜面災害として、

- ・ 1968 年十勝沖地震、八戸市の斜面崩壊
- ・ 1978 年宮城県沖地震、宮城県白石市の斜面崩壊
- ・ 1984 年長野県西部地震、御岳崩壊による土石流
- ・ 2001 年エルサルバドルで生じた斜面崩壊

等は、同様の機構で火山灰質土がせん断抵抗を失い泥流状になったことが関係した事例であると疑われる。今後土質力学的観点からメカニズムが解明される必要がある。

参考文献

- 1) 平成15年5月26日に宮城県沖で発生した地震災害緊急調査速報，地盤工学会・災害連絡会議東北地方災害緊急調査団：土と基礎，第51巻8号，pp.44-48, 2003.

5.3 液状化

5月26日三陸南地震による液状化調査を翌27日から開始し、噴砂地点に到達したのは昼過ぎであった。調査は、6月3日までの間に延べ5日間行った。

5.3.1 液状化地点の分布とその被害

三陸南地震による液状化地点を図-5.3.1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である。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。震源が深かった(震源の深さ 58km) 1987年千葉県東方沖地震では液状化限界距離の2倍の距離まで人工地盤

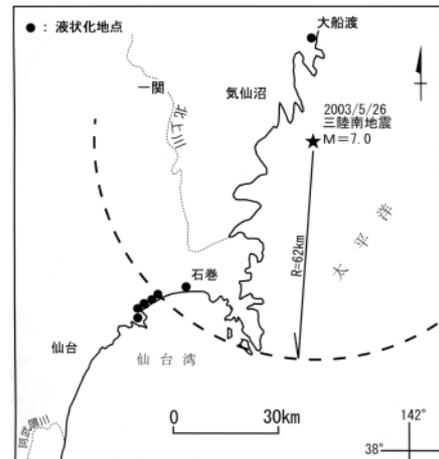


図-5.3.1 液状化地点分布

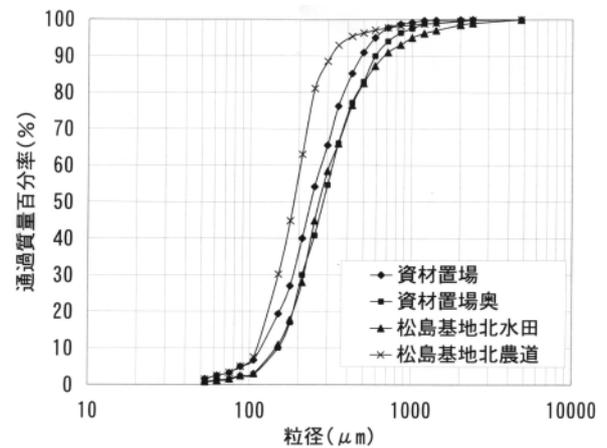
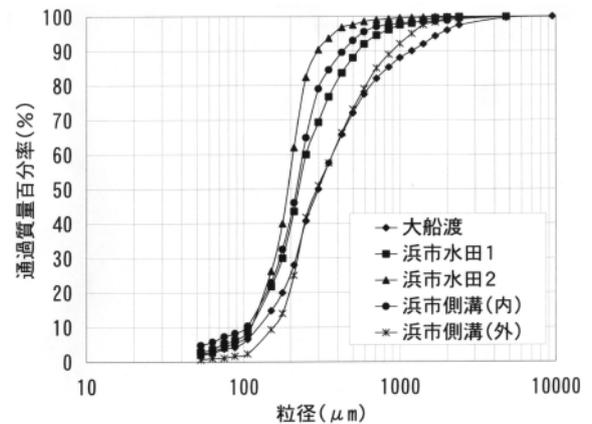


図-5.3.2 三陸南地震による噴砂の粒度組成

が液状化した。今回の地震も震源の深さが 71km と深く、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、大半は人工地盤ということもあり、この程度は誤差の範囲と思われる。

1) 岩手県大船渡市

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 また、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 $U_c = 2.99$ の細砂であった(図-5.3.2)。

2) 宮城県鳴瀬町

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。採取した噴砂の粒度組成を図-5.3.2 に示した。 $D_{50}=0.181 \sim 0.297\text{mm}$ 、 $U_c=1.78 \sim 2.42$ のきれいな細砂であった。村松地区は自衛隊松島基地内や基地北側の農道や水田で生じていた。平岡地区は基地の北東と運河の北側の水田で生じていた。浜市地区では運河北側の水田で噴砂が見られ(写真-5.3.1)、道路に亀裂が生じ、一部崩壊していた。道路と水田の間にあるコンクリート製の側溝が波打っていた。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。

別途報告するが、鳴瀬町では7月26日の宮城県北部地震でも同じ場所が液状化し、被害が拡大した。

その他、石巻港日和埠頭の周辺地でも液状化が生じていた。



写真-5.3.1 ほぼ全面的に液状化した水田

(採取試料名：浜市水田2)

6. ライフライン被害

6.1 被害の概要

東北電力によると、岩手、宮城、山形の各県で地震直後に合計約35千戸が停電したが、同日午後10時前に復旧した。また、宮城変電所他5変電所では、主要変圧器ブッシングなどの損壊がみられた。発電所における設備被害はみられなかったが、女川原子力発電所3号機では同日18時24分に自動停止し、翌日23時58分原子炉を再起動、5月29日に発電を再開した。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った。新仙台火力発電所1号機は、定期検査に伴う試運転中であったが、同日18時25分に自動停止し、翌日8時37分に発電を開始した。新仙台火力発電所2号機は、同日18時25分到手動停止したが、同日22時17分に発電を再開した。

上水道被害に関しては、気仙沼では7箇所程度に給水管の被害が発生した。大船渡では佐野地区の200mmの給水管が破損し、周辺が一時冠水する被害が出たが間もなく復旧した。消防庁による7月2日現在の被害統計によると、上水被害戸数は岩手県を中心に2,809戸に及んでいる。

被害を受けた管はいずれも数十年前の鑄鉄管で、この管自体の古さと、海岸沿いのために他の場所に比して塩害による腐食が進んでいたことが大きな原因である。地盤の大振幅も被害の一因ではあるが、液状化による地盤変状に起因する被害ではなかった。

また、一関市の須川土地改良地区では、北上川から揚水して農業用水用に利用している直径1.1mのコンクリート製地下パイプラインの継ぎ目がはずれ、近隣の水田に被害が生じた。

大船渡ではガスの供給はプロパンが主体であったため、ガス関連の被害は生じなかった。各戸別の供給が、かえってシステムとしての被害を免れた例と考えられる。

6.2 今後の課題

全体として、ライフライン被害は軽微であった。地震直後の約35千戸の停電も、3時間半後には全面復旧している。震源に近い大船渡や気仙沼では、上水道の被害が発生した。これは管の老朽化と、沿岸部という地理的な条件下での塩害による腐食が主要原因であり、今後は限られた予算内での優先順位を考慮した管の取替えなどの早急な対応策が望まれる。

7. 宅地被害

7.1 被害の概要

大船渡市では、港湾被害のあった大船渡港の野々田と、南北を走る国道45号線を挟んで反対側の永沢地区の地盤被害が大きかった。三陸特有のリアス式海岸の地形的特徴のため、海岸からすぐ山の斜面になる。この地区は飛定地山(550m)の東側斜面に位置するため、切盛による宅地が多くなり、必然、石塀、ブロック塀、擁壁などを要する家屋が多数存在する。このため、それらブロック塀、擁壁の崩壊やはらみ出しが数多く見られた(写真7.1~3)。強震動による屋根瓦の被害も少なくない。



写真 7.1 空石積擁壁の被害



写真 7.2 コンクリート擁壁の被害



写真 7.3 宅地(盛土)被害



写真 7.4 グランドの亀裂(浦島小)

2001年の芸予地震の際、三方を山で囲まれ、時代の変遷とともに山側に伸びた市街地を有する呉市においても、山裾から山の中腹にかけての住家の屋根瓦や擁壁に被害が集中していた。今回の地震では、地震直後に水沢市で駐車場のブロック塀が約40mに亘って倒壊するなど、1978年の宮城県沖地震の際の悪夢(宮城県内死者27名のうち塀の下敷きなどで14人が死亡)を連想させる被害も生じたが、幸いブロック塀や石塀、擁壁の倒壊による死者は発生していない。

同様の被害は、気仙沼地方の海側の地区にも相当数発生していた。唐桑町でもブロック塀の倒壊が生じており、また、浦島小学校や唐桑小学校を始めとしてグラウンドに亀裂が入る地盤被害が多く、斜面の切盛による造成グラウンドの谷側への移動による亀裂が多数見られた(写真7.4)。

7.2 今後の課題

ブロック塀、石塀、擁壁の耐震安全性の再点検は急務であり、必要とあらば耐震補強を講ずる必要がある。山の斜面を利用した切盛による盛土の宅地やグラウンドの擁壁についても再点検が必要である。特に学校のグラウンドに関しては、問題があれば早急に改善措置を取る必要がある。

宅造規制区域は宮古、釜石、仙台だけであるが、後日宅造法の改善勧告の実施を行い、それ以外の区域でも建基法第10条関係の規定を運用する上で、調査することが必要である。

8 港湾関係の被害

8.1 港湾施設被害概要

今回の地震においては、気象庁発表の計測震度が「6弱」の地域が岩手県・宮城県に広く分布したことから、大規模な施設被害が想定されたが、幸い被害の程度は軽微であり、船舶の接岸・係留・荷役作業に支障の出た施設は無かった。本調査では、仙台港から大船渡港へ北上しているが、被害が軽微であることから、報道等で大きく取り上げられた大船渡港野々田地区の液状化現象を取り上げる。

8.2 大船渡港被災概要

大船渡港は年間406万トン(平成13年)の取扱い貨物量をほこる、岩手県の中核港である。野々田地区においては、この地震における唯一の比較的規模の大きな液状化現象が見られた。岸壁の諸元は下記に示すとおりである。

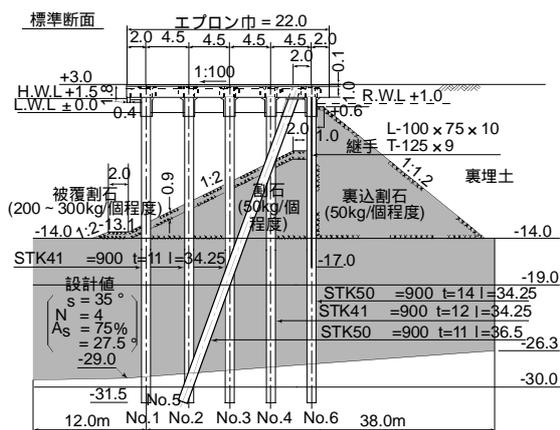


図 8.1 -13m岸壁標準断面図

栈橋式岸壁（設計震度 $k = 0.15$ ）

-13m岸壁：直杭 5 列，斜杭 1 列（陸側土留は鋼管矢板），延長 270m平成元年度竣工

-7.5m 岸壁：直杭 3 列（陸側土留は L 型擁壁），延長 260 m，昭和 63 年度竣工

-13m岸壁の標準断面は図 8.1 に示す構造であり，栈橋の陸側杭が鋼管矢板として土留を兼ねた構造となっている。

噴砂の痕跡は栈橋土留直背後と岸壁法線より約 60m 陸側に残っており，特に陸側部においては，粒径約 5cm 程度の大きな礫（写真 8.1）も残っていた。地震時にここで作業をしていた人からのヒヤリングでは，「地震の強い揺れが終わって少し経ってから埠頭用地のコンクリート板の打ち継ぎ目から水が出始め，だんだんとその勢いが強くなり，最大で約 1m の高さまで泥水が吹き上がった。」との情報を得ている。また，栈橋上部工直背後の埠頭用地コンクリート舗装との境界部からも，じわじわと泥水がにじみ出ていたとの目撃情報もある。この部分では，粒径の大きな噴出物はなく，写真 8.2 に示すように粒径の細かいシルトが堆積していた。噴出した砂水はコンクリート舗装が岸壁へ向かって傾斜していることから，分級しながら堆積しており最終到達域である栈橋上部工直背後の部分にはシルトが堆積したものと推測され，当該位置からの噴出分との区別は付きにくい。

野々田地区における埠頭用地コンクリート舗装の沈下量は約 15~20cm であり，不同沈下は生じていなかった。ただし，この沈下量には，地震前の 5cm 程度の経年変化による沈下も含まれていると考えられるため，地震による沈下は 10~15cm 程度と考えられる。ここでの埋立土の層厚は最大で 14m 程度であり，これと比較すると沈下量は層厚の約 1%程度であるため，液状化による沈下としては比較的小さいと考えられる。



写真 8.1 噴砂痕（岸壁法線から陸側 60m付近）



写真 8.2 岸壁背後のシルトの堆積

本岸壁建設前の深浅図を基に旧海底面を岸壁断面図と合わせてみると，岸壁法線から 60m 陸側の地点で旧海底面は-11m となっており，陸側へ行く程浅くなっている。旧海底地盤はシルト質粘性土層（ $N=4$ 程度）が，岸壁法線位置で-30m まで堆積しており，岸壁法線から 50m 陸側では-20m まで堆積している。さらにその下は，ゆるい砂層を数メートル挟んで， N 値 50 以上の砂礫層となっている。

栈橋法線の出入りはほとんど無く，地震後においても船の接岸・係留は可能であり，またコンクリート舗装の不同沈下も無かったため，地震の翌日には埠頭用地内における作業が行われていた。液状化が発生した岸壁において，液状化による岸壁法線の海側への移動，過剰間隙水圧の消散に伴う沈下が目に見える被害であるが，土留矢板に損傷が発生した場合，背後地盤の埋立砂が海中へ流失する「吸い出し」現象が懸念される。特にコンクリート舗装が堅固である場合にはコンクリート版と地盤の間に空洞が生じ，重機等が走行した際に陥没する恐れがある。本岸壁においては海中への砂の流出が確認されていない。栈橋本体直背後の段差はそれほど小さくなく，当該施設で使用する荷役機械や車両が大型であることが

らアスファルト等によるスリツケで補修は十分であると
考えられる。埠頭用地では、コンクリート打ち継ぎ目が
最大で 10cm 弱開いたが、不同沈下は無く、コンクリート
舗装に亀裂も生じなかった。

地震の翌日から港湾作業を再開できた理由として、大
量の砂と水が噴出した現場において、冷静に現象を把握
し当該施設の使用の可否を的確に判断したことが挙げら
れる。このためには設計計算や構造に精通していること
に加え、地震時に想定される被災形態を熟知している必
要がある。港湾の場合、設計業務を直接実施しているこ
とに加え、平成 7 年兵庫県南部地震直後に神戸港等の復
旧のために、全国から多数の技術者が数ヶ月から半年程
度交代で震災復旧業務を手がけた経験を有することが、
地震直後の施設利用の可否判定につながったものと考え
られる。

8.3 液状化判定

野々田地区においては、図 8.2 に示される液状化痕跡
範囲において、事後に地盤調査が行われている。層厚が
15m 弱の N 値 10 程度の埋土部があり主に粗砂層、その



図 8.2 野々田地区における液状化痕跡範囲と調査地点

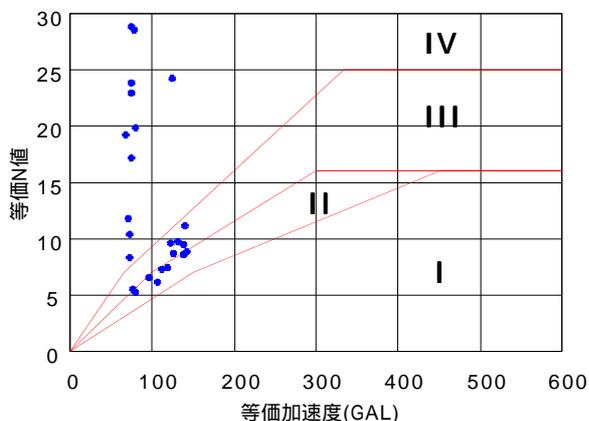


図 8.3 液状化判定結果

下に原地盤であるシルト層、砂礫層がある。港湾強震観
測網¹⁾の大船渡の記録を基に、SHAKE による地震応答
解析と等価 N 値を用いた港湾における液状化判定手法²⁾
に則って、野々田地区液状化発生部の液状化判定を行っ
た。なお、大船渡強震計は大船渡湾口部の防波堤近くの
基盤岩が露頭している箇所に設置されているため、
SHAKE の計算においては、この波形を入射波としてそ
のまま用いている。液状化判定結果は図 8.3 に示される
ようであり、「IV: 液状化しない」と判定された点は全
て旧海底面から下層であり、埋土部のいくつかの箇所
で「II 液状化する可能性が大きい」、「III: 液状化しない可
能性がおおきい」と判定されているが、必ず液状化が発
生するとは判定されなかった。したがって、野々田地区
においては液状化が発生したことは噴砂痕跡・目撃情報
より明らかであるが、その程度はそれほど大きくなっ
たことが考えられる。

8.4 まとめ

高周波成分が卓越していたとは言え、設計震度を越え
た地震力が作用したと考えられる施設が宮古・大船渡港
に多数存在し、無被災であった。従来の地震被災調査に
おいては、被災施設の被災メカニズムの解明に主眼が置
かれていたが、今回の地震においては、何故被災しな
かったのかという視点での調査・解析が必要と考えている。

液状化判定に用いたデータは岩手県大船渡地方振興局
より提供いただいた、謝意を表する次第である。

参考文献

1) 深澤清尊・野津厚・佐藤陽子・菅野高弘：港湾地域
強震観測地点における地震動の卓越周期、港湾空港技
術研究所資料，No.1057，2003。

2) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説(上
巻)，pp.257-260，1999。

9. 住民の反応と行動および災害情報関係

9.1 目的

三陸南地震(Mj=7.1)の発生により、岩手・宮城の両
県を中心に強い地震動が観測された。沿岸部での震度は
4～6 弱にもなり津波の発生が懸念されたが(図-9.1)、
地震の震源が 70km と深かったこともあり、実際に有
意な津波は来襲しなかった。しかし、震源域(波源域に
も対応)は大船渡沿岸の極近い場所に位置しており、も
し津波を発生するのに十分な海底変動が生じていれば、

数分を待たずに第一波が沿岸を襲っていたことになる。

三陸沖では、過去、明治、昭和において多大な犠牲者を出した被害の経験があり、津波およびその被害軽減には大きな関心がある。津波来襲時の避難の際には、親族の事も忘れて「てんでに」逃げないと逃げ切れるものではないという教訓は「津波てんでんこ」という名前にも残されており、迅速な避難に対しても意識が高い。地域で行われている講演会や訓練においても、「地震、すぐに津波がくる」という啓蒙も行われている。

今回の地震発生時に、沿岸（岩手～宮城沿岸）の住民がどのように(1)地震の揺れを感じ、(2)どのような情報を得て、(3)津波避難を含む行動をとったのか、(4)その行動を決めた要因はなにか、などを調べることを目的とする。宮城県沖地震などが懸念されている中、今回の地震における災害情報や住民意識、避難行動の実態を調べ、そこでの課題等を整理することは重要であると考えられる。

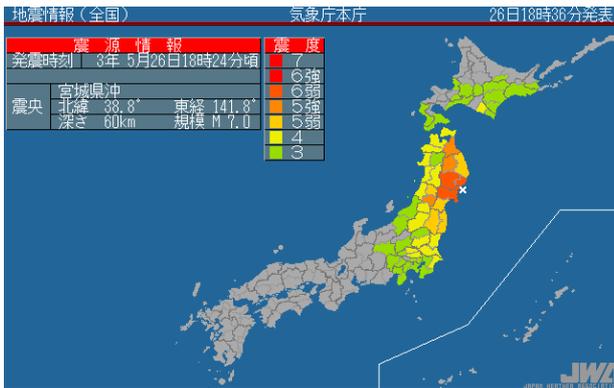


図-9.1 各地での震度（気象協会 HP）

9.2 地震の概況と津波情報

(1) 当日の津波情報

当日の地震発生と津波情報の時間経過は以下の通りである。

6時24分 地震発生（震度4～6弱）

6時36分 「気象庁により津波び恐れなし」の発表

6時38分頃 その後各自治体で、気象庁の発表内容を防災無線などを通じて発表。

自治体が地震直後に、独自に避難を促した事はなかった。通常の津波警報などは、地震発生後5分程度で発表されるはずであるが、なぜ、今回は12分もの時間がかかってしまったのか、少し整理したい。

(2) 津波警報、津波注意報の基準について

気象庁が発表する注意報、警報は一般的に

注意報 災害の起こるおそれがある

警報 重大な災害が起こるおそれがある

場合に発表される。この2つに関しては、最も優先的に

地震及び津波に関する情報

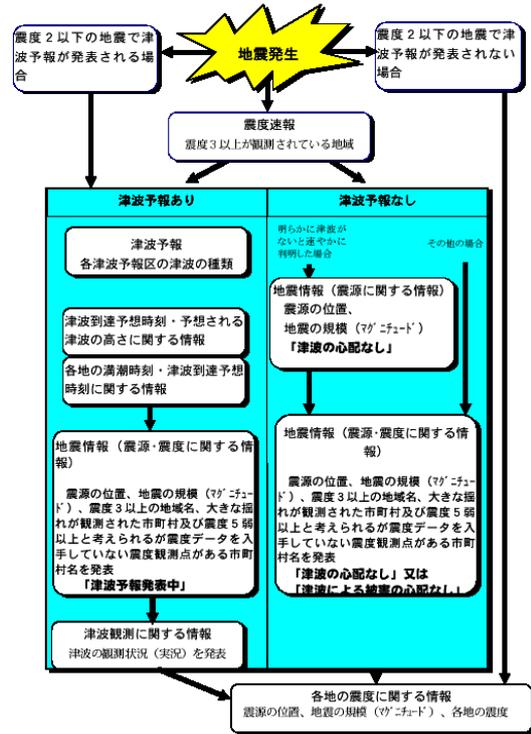


図-9.2 気象庁による地震及び津波に関する情報の流れ

メディアを通じて発表されるが「注意報まで至らない」「津波」に対しては、優先度を明確に述べてなく、地震情報の後に、「津波の心配なし」または「津波による被害の心配なし」の情報が出される。今回、各地での震度情報が多く、これを優先的に出していたために、津波情報が遅れた事になった（図-9.2 参照）。

現在の基準では、発災のおそれがない微弱な津波については、注意報の対象外とすることが適当であると判断している。津波の高さと流速の関係、養殖筏の被害、副振動の大きさの分布のについて調査結果を考慮すると、一般的には20cm未満の津波であれば、被害が発生することは考えにくいとされる（『平成10年2月量的津波予報検討会』より）。このため津波注意報の下限は20cmとすることが適当であると考えられる。ただし、海水浴については、20cmではやや過大であるという指摘もあることから、海水浴シーズンについては基準の弾力的運営も考慮する必要がある。

実は、海水浴シーズンのみならず、年間を通じて沿岸付近に住民または利用者がある場合が考えられるので、基準の弾力的運営が実際的には難しく、しかも、危険であることは容易に想像がつく。

今回、津波情報が遅れたことにより、自ら海岸に行き、津波の有無の確認をしようとした住民がいた。このよう

な状況の中では、微弱な津波についても迅速な情報提供が如何に大切であるかが分かる。

9.3 調査方法

地震発生直後の5月30日から6月2日(金~月)の期間に、地域を分担して現地聞き取り調査を行い、情報内容・入手、避難の実態、意識などについて状況の把握を試みた。対象としては、海岸近くで、過去津波の浸水地区や危険性のある地域であり、個別訪問してヒアリングを実施した。

調査項目は、以下のように整理される；

地震の揺れ(強さ、縦・横ゆれ、継続時間、震度階級)

時間経過による行動とその理由

津波の避難行動(避難の有無、避難開始時刻、海岸の様子を見に行くなどの行為をしたか?)

どのような情報を得たか?(テレビ、ラジオを見聞きしているか。いつから? 役所による放送などは聞いたか? インターネットや携帯電話で情報を得ようとしたか? 電話を使ったか。いつ頃、どこへ。疎通状況)

被害状況は?

過去の地震・津波経験は? 避難訓練や啓蒙活動への参加の有無(その地域で過去のどのような活動(訓練、講演等)がおこなわれていたか? それに参加しているか? それらの活動で、今回の災害に際して何か役立ったことはあるか?)

防潮堤の操作状況(誰の指示で、誰がやることになっていたか? 今回、誰が、いつ、どのようにしたか(しなかったか)?)

9.4 主な結果

主な質問項目に対応させて得られた結果を整理すると、以下の通りになる。

(1)地震の揺れ(強さ、縦・横ゆれ、継続時間、震度階級)

住民の体感した揺れをヒアリングした結果、計測震度と体感震度の差は小さく、大船渡が最も大きく、その周辺では震源からの距離が大きくなるほど低下する。その範囲は6弱から4程度。大船渡周辺を除き、78年宮城県沖地震時より小さなゆれ。始め突き上げられた後、縦揺れが続き、その後横揺れ、宮城県沖では横揺れが主である。

(2)時間経過による行動

時間の経過と共に、以下のような行動がとられた。I)~IV)は、ほぼすべての住民に共通し、V)、VI)までとれた住民は僅かであった(大船渡市赤崎では38名が避難をしている)。地震対応や津波来襲の意識は高いが、

避難行動などをとった住民は僅かであった。

I)窓や玄関を開けて、いつでも外へ出られるように。ガス・電気を止める。

II)玄関または家の前へ出る、

III)沿岸、漁港へ津波を監視に行く(異常な引き潮が津波の前兆であり、それを確認したい)

IV)テレビ・ラジオをつける

V)非常用袋などを準備し、いつでも避難できるようにする(志津川、大船渡を中心)

VI)自己判断で避難地へ移動(大船渡・赤崎)

(3)津波の避難行動(避難の有無、避難開始時刻、海岸の様子を見に行くなどの行為をしたか?)

北上町で1名、大船渡・赤崎(38名)などで避難行動を実施、割合は大変低い。

Q1 地震直後、避難しましたか?

避難した 13(10%)

避難していない 110(90%)

合計 123世帯

Q2 避難せずに、どうしていましたか? (「津波がない」と発表あるまで)

自宅に留まっていた 78(70%)

(避難準備5, テレビ67, 防災無線6)

海を見に行った 4(5%)

その他 28(20%)

合計110世帯(避難していないと同等)

(4)過去の地震・津波経験は? 避難訓練や啓蒙活動への参加の有無(その地域で過去のどのような活動(訓練、講演等)がおこなわれていたか? それに参加しているか? それらの活動で、今回の災害に際して何か役立ったことはあるか?)

チリ津波、宮城県地震の記念日に、防災訓練、避難訓練を実施している。ただし、参加者は減少傾向、内容も形骸化している。女川、志津川、大船渡はチリ津波で大きな被害を出している。前日の5月25日に防災訓練を実施した地域が多くあった。今回の地震の際に、直後の対応や避難などに役立ったという声があった。

(5)防潮堤水門および陸こうの操作状況(誰の指示で、誰がやることになっていたか? 今回、誰が、いつ、どのようにしたか(しなかったか)?)

消防団、契約住民(志津川)が、防災無線などの連絡を受けて、実施。震度4(計測震度や体感震度)で配備し、津波警報とともに閉門することが基本。遠隔操作できる施設は少ない。

9.5 特徴と課題

今回の調査で得られた状況の特徴と今後の課題を以下

に整理する。

最近では、テレビ・ラジオの情報にたよりに、昔のように自己判断して避難できる人が減少。公の情報への依存が大きい。

自治体の担当者にとって、避難勧告の発令の判断をする際に、気象庁の情報 の内容だけでは十分とはいえない場合がある。例えば「津波の恐れがあるので、念のために潮位の変化に注意してください」場合によっては、海へ見学に 行く行動を促してしまう。津波の危険性が出たときに、避難行動を迅速にとる ための準備には、役立たない。実際に、住民の一部には自ら情報（海面の 変化）を得ようと海岸に行く行動もあった。「津波の初動は引き」という固定概 念が強く残っている。

津波に対する危険・脅威のイメージがなく、地震後に懸念はするが、対応行 動などできない。

防災マップの利用はほとんどなかった。1年前に配付した場合も、現在所有し、活用した事例は少ない。

10. まとめ

今回の地震による被害状況は前章までにまとめられた通りであるが、全体を通して地震規模や得られた記録の最大加速度値の割には被害が比較的少ないことが今回の地震の特徴と考えられる。この中で JR 東北新幹線高架橋の被害、築館館下における地すべり、大船渡港を主とした港湾施設被害が今回の地震被害の特筆すべきものといえよう。JR 東北新幹線高架橋の被害については被害が軽微であったと言え、運転休止など社会生活への影響の大きさを考えれば、被災地点での入力地震動の大きさ、構造・材料の態様、施工状況などを総合的に勘案した詳細な原因解明と十分な対策を今後進める必要がある。築館町の地すべりについては細粒分を多く含む軽石混じり火山灰質土が、不飽和状態であっても泥流状になり、地すべり被害がもたらされる事実を新たに提起したものである。国土の約 40%が火山灰質土に被われた日本の地質状況下では今回の被害は一概に特殊事例と片付けられない。今後、メカニズム解明と同時に、過去の地震による同様な斜面被害を再調査する必要がある。

以上のようなハード面での課題に加え、今回の地震ではソフト面での課題も多く残した。地震発生後の情報伝達手段として重要な携帯電話は使用を制限され、重要な災害情報などの伝達手段となりえなかったことや、地震直後の津波などへの十分な避難行動がみられないなどは軽視できない。また、今回の地震における初動対応における自治体の混乱問題も反省すべき点を多く残した。上記ハード面での課題に加え、これらのソフト面での課題

を再点検して、今後の地震への対策に万全を期す必要がある。

今回の地震による被災が軽微で済んだことは幸運であったが、今回の地震は本来の宮城県沖地震の準備を促す警鐘と捉え、今後とも十分な地震防災の備えが望まれる。