

2007 年新潟県中越沖地震災害調査

報 告 書

平成 21 年 2 月

社団法人 地盤工学会

2007 年新潟県中越沖地震災害調査委員会

## 3.7 柏崎市山本団地

## 3.7.1 調査地の地形

柏崎市山本団地は、図 3.7.1-1 に示すように柏崎市東部を流れる鯖石川右岸側に位置し、鯖石川と荒浜砂丘の后背地に囲まれた造成地である。写真 3.7.1-1 に山本団地の航空写真を示すが、地形的には中央を東西に走る道路を境に、砂丘斜面の末端部から沖積低地にかけて小規模な盛土によって雑壇状に造成（昭和 48 年）された北側地域と、鯖石川の自然堤防后背地の水田を埋め立てたほぼ平坦な南側地域に分かれている。

## 3.7.2 被害の概要

北側地域では地盤の亀裂や段差が酷く、家屋の傾きや擁壁の被害も顕著で、道路側溝や民家の庭先で噴砂が見られた。一方、東西道路の南で鯖石川に近い地域では、家屋や地表面の被害は、限られた箇所を除けばほとんど見られなかった。

北側地域、すなわち砂丘側の宅地は、砂丘斜面の勾配がそのまま残る上段と盛土の中段、擁壁を挟んだ下段に住宅が建てられている。このうち中段の宅地では、写真上に赤く線を引いたように、斜面に平行な複数の家屋に跨る地盤の開口亀裂



図 3.7.1-1 山本団地の位置（原図：国土地理院）

（写真 3.7.2-1）が生じ、中段の家屋の多くは写真 3.7.2-2 のように、下段側に向かって数段の段差が生じ、基礎から引きずられるように大きく下段側に傾いた。また、写真 3.7.2-3 のように、上段側の道路との間に大きな開口部が生じるとともに、地盤が大きく下段側に移動した。複数の家屋で、給・排水管が引きちぎられるように破断した。また、中段の盛土を支える擁壁も崩壊したり、大きく下段側に変位するとともに、頭部が下段の家屋側に傾いて、下段の家屋に衝突しているところ



写真 3.7.1-1 山本団地の地盤変状とスウェーデン式サウンディング位置（2007年7月19日八州撮影）

ろもある。擁壁の下段側における足元周辺に噴砂跡が見られるとともに、地下水位が湧出しているなど、噴砂跡や湧水は北側宅地の下段（砂丘斜面の末端部）で多く見られた。

一方、南側の宅地では、山本公園の中など、所々で小亀裂と噴水が生じた跡が見られたものの、ほとんど地表面の変状は見られなかった。建物についても、外観からは不同沈下や大きな損傷は見受けられなかった。

### 3.7.3 ヒアリング調査結果

家屋被害と地盤変状に関するヒアリング調査の結果を表 3.7.3-1 に示す。これらから山本団地の被害の特徴をまとめると以下のようになる。

- ①液状化の痕跡が見られたのは、大部分が砂丘側斜面末端部の宅造地で、鯖石川寄りの平坦部では液状化の痕跡はほとんど見られなかった。ただし、地中部でも液状化が生じていないことを示すものではない。
- ②調査対象の家屋はほとんどが布基礎かべた基礎であった。従って、地盤変状の影響を大きく受けたと考えられる。
- ③2004年新潟県中越地震時の被害は、屋内の柱やタイルなどに多少の亀裂が生じた程度であった。
- ④噴砂が見られた領域は全面積の30%程度であったが、地割れは2/3以上の領域で確認できた。
- ⑤被災による傾斜角が大きな家屋は、大半が斜面上段に位置する家屋である。
- ⑥瓦屋根の被害は全ての家屋で発生しておらず、振動被害ではなく、液状化に起因する被害であった可能性が高い。
- ⑦唯一、表層改良を行っていた家屋では、地割れや沈下が全く生じていなかった。
- ⑧地域住民はその多くが避難していたため、地割れの発生が地震と同時なのか、地震後に徐々に拡大したのかは定かでない。
- ⑨北側地域の宅地の傾斜、水平変位、沈下の発生率は、いずれも70%以上であるが、南側地域においては、傾斜した地盤はなく、水平変位、沈下は、それぞれ22%、13%となっている。

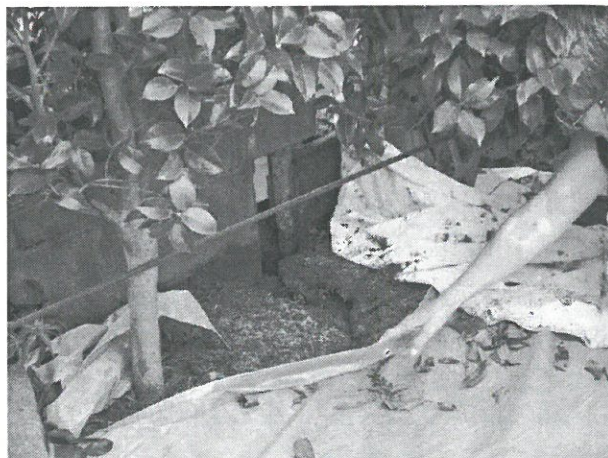


写真 3.7.2-1 敷地を跨いで生じている亀裂（北側地域中段の敷地）

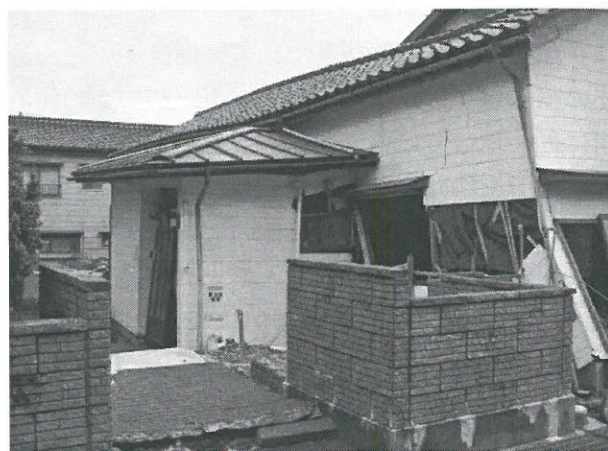


写真 3.7.2-2 下段側（写真奥）へ大きく傾いた中段の家屋（北側地域の上・中段間道路より撮影）



写真 3.7.2-3 開口部を生じさせ移動した家屋（北側地域中段、写真 3.2.6-1 のサウンディング地点④）

表 3.7.3-1 家屋ならびに宅地被害のヒアリング結果

設問	整理番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3.1 家屋の階数		2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
3.2 基礎の形式		布	べた	布	べた	布	布	布	布	布	布	布	布	布	布	布	布	布	杭				べた	布	布	べた	べた	べた	べた	べた	
3.3 地盤改良の有無		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
3.4 家屋の偏心の有無		×	×	○	○	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	×	×	×	×	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	
3.5 宅地地盤の傾斜の有無		○	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	
3.6 擁壁や背後の山の有無		×	×	○	○	×	○	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	
5.1.1 噴砂の有無		○	○	×	○	×	○	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	
5.1.2 地割れの有無		×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
5.1.3 道路の突き上げの有無		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
5.1.4 宅地地盤の水平変位(流動による)の有無		×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
5.1.5 宅地地盤の沈下の有無		×	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	
5.2.1 めりこみ沈下量(cm)		×								○	45	57		○	○																
5.2.2 傾斜角		×	○	○	0.2°	0.1°	2°	6°	8°	4°	×	×	×	×	×	×	○			○	10°										
5.2.3 床の盛り上げの有無		○		×	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	○			○	○										
5.2.4 基礎の被害の有無		×	○	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
5.2.5 外壁等の被害の有無		×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
5.3.1 道路等の被害		×	×	○	○	○	○	○	×	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
5.3.2 裏山等の被害		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
5.4 その他の被害		×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	○		○	×	○		×	
5.5.1 屋根の様式		瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	スレート	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	瓦	
5.5.3 屋根の被害		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
5.5.3 屋根のブルーシート		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

3.7.4 山本団地の地盤

図 3.7.4-1 中のボーリング位置における柱状図を  
図 3.7.4-2 に、地層想定断面図を図 3.7.4-3 に  
示す。ただしボーリング No.1 を、A-A'測線上の

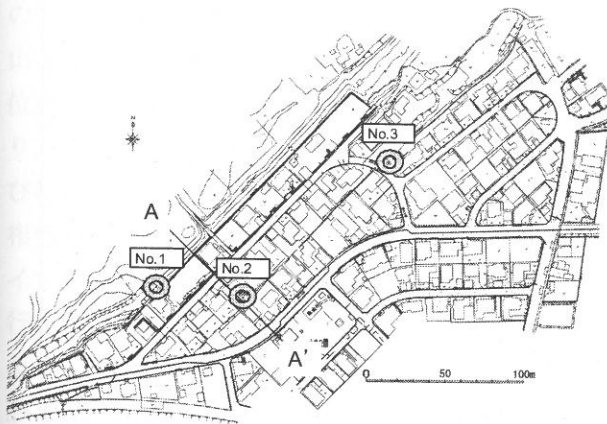


図 3.7.4-1 ボーリング位置と想定断面図の測線  
(柏崎市, 新潟県, 株式会社日さく提供資料一部改)

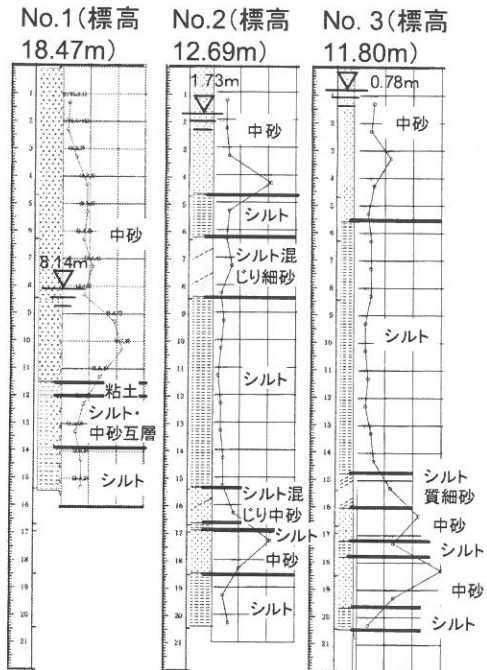


図 3.7.4-2 ボーリング柱状図

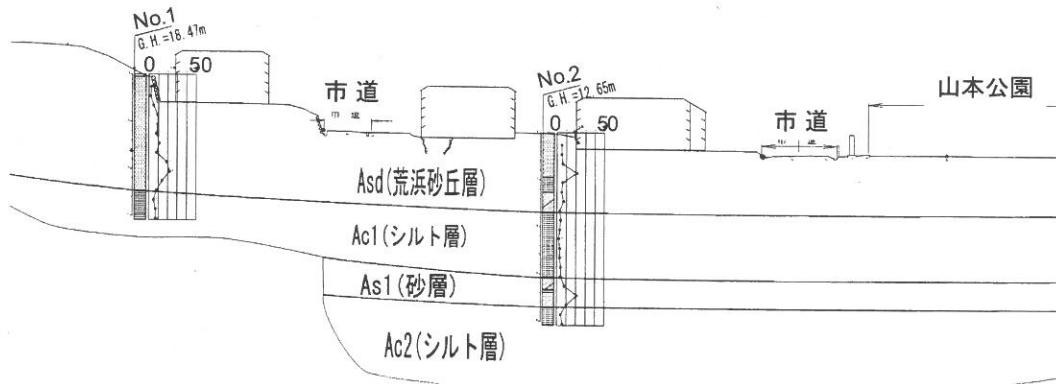


図 3.7.4-3 地層想定断面図 (株式会社日さく資料改)

同じ標高に描いた。これによると、北側地域中段のボーリング No.2 地点で深度 4.7m まで、No.3 地点で深度 5.6m まで砂丘砂である。No.2 地点では、深度 4.7m から 6.3m まで腐植土を含むルト層、6.3m から 8.45m まで一部に炭化物を含むシルト混じり細砂層となり、それらの平面的広がり確認できていないが、部分的に盛り上がった氾濫原堆積物の可能性もある。その下位に、N 値 2 程度の軟弱な柏崎沖積層が堆積している。ただしこれまでの調査で南側地域のボーリングデータは得られていないので、地層想定断面図で山本公園よりも右側の鯖石川方向の砂丘砂の厚さは不明である。次項のスウェーデン式サウンディングで認められるシルト質の土は、ボーリング No.2 と No.3 の砂丘砂の下のシルト層と考えられる。

### 3.7.5 スウェーデン式サウンディング調査結果

被害および被害形態の差が生じた原因を探るため、現地においてスウェーデン式サウンディング試験を実施した。調査地点は、写真 3.7.1-1 に番号を付してプロットした箇所である。いずれの地点も、地表面から約 10m 程度の深さまでサウンディングを実施し、換算式によって換算 N 値に置き換え、地盤の N 値の深さ方向分布を求めた。図 3.7.5-1 (a), (b) には、北側地域、南側地域の代表的な調査結果を示す。(a), (b) の 2 点間では、北側地域が標高で約 2m 程度高い位置にある。それによると北側地域(砂丘末端部側)は、表土の下に盛土と思われる N 値 5-10 前後の緩い砂層が堆積しており、その下に砂礫混じりのやや締まった層が堆積している。その層を抜けると、再び N 値 5 前後の砂層が連続して堆積していた。図 3.7.5-2 はロッドに付着してきた土の粒度試験結果である。細粒分を殆ど含まない均質な砂であることがわかる。

一方、南側地域では、表土の下に N 値 5 前後の地盤が堆積しているが、サウンディングの際の音とロッドの振動の観察から、シルトおよび粘土を含んだ地盤であると予想された。また、ロッド引き抜き時にも低塑性のシルト質の土が付着していたことを確認している。その下層には礫混じり層が堆積し、さらに下層は N 値 10 以下の砂層が

堆積していた。この地域が、旧河道に沿った自然堤防の後背地であり、幾度も河道変遷があったことを鑑みると、河床堆積物と粘土混じり砂を中心に地盤が構成されていることが窺える。そこで、図 3.7.5-3 には、現在の鯖石川の法線方向に断面をとり、サウンディング結果をもとにした推定地層断面を示す。

### 3.7.6 液状化層の推定

サウンディング結果の右側のグラフは、道路橋示方書に従い、タイプ II 地震動、設計水平震度 0.6 で液状化判定を行った結果である。液状化が生じると判定された層を濃くハッチングしている。

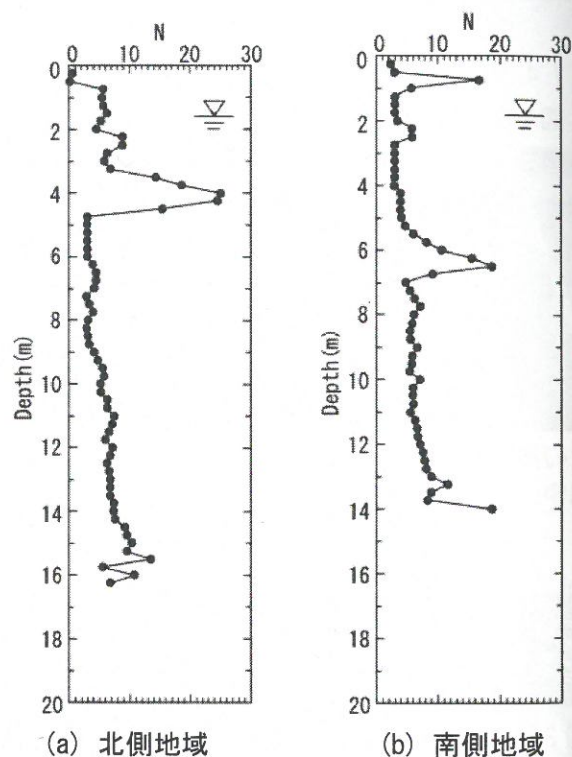


図 3.7.5-1 山本団地でのサウンディング結果

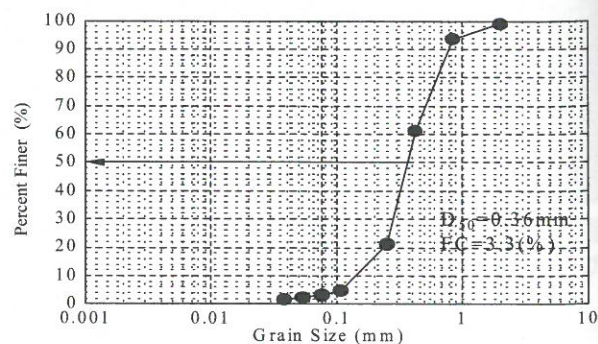


図 3.7.5-2 粒度試験結果 (山本団地・砂丘側)

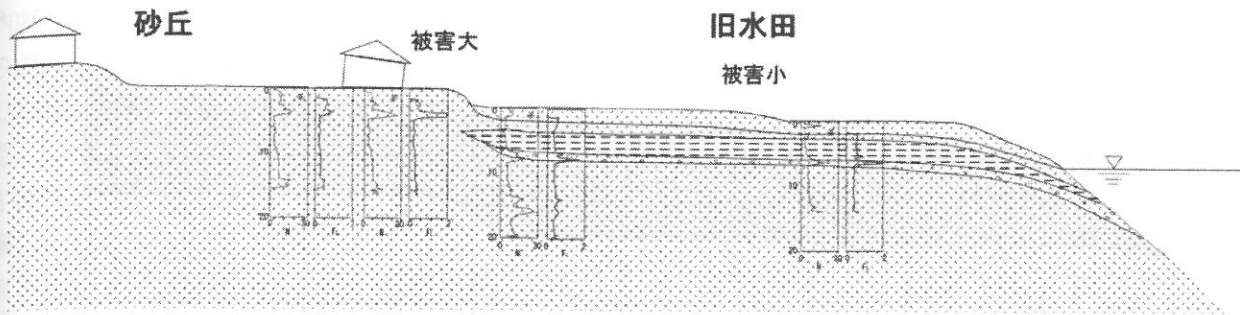


図 3.7.5-3 サウンディング試験から推定断面 (タイプ II 地震動, 設計水平震度 0.6)

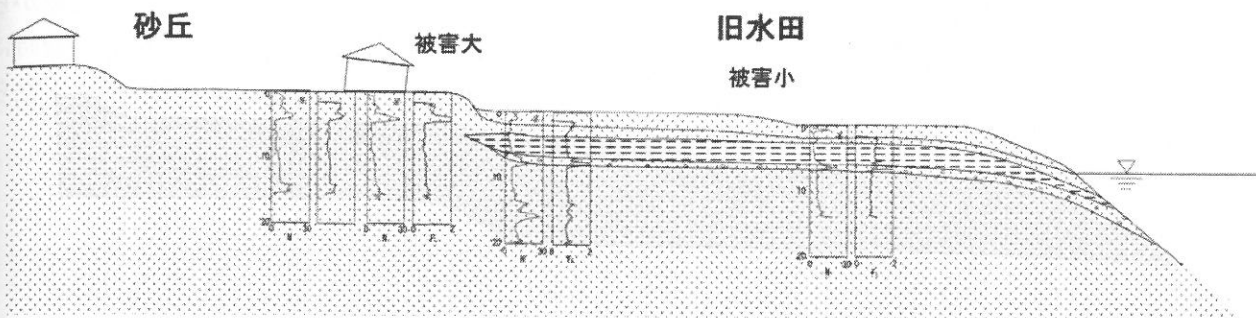


図 3.7.5-4 サウンディング試験から推定断面 (タイプ I 地震動, 設計水平震度 0.2)

ただし、この地域の加速度情報は得られていないので、あくまで参考図である。この結果からは、山本団地の北側地域、南側地域の全域が、地下水水位以下で、ほぼ全層に液状化が生じる結果となり、被害形態と一致しない。また、この地域ならびに周辺地域の建物被害の状況を見ると 600gal 相当の揺れが生じたとは考えにくい。そこで、タイプ I 地震動、設計水平震度 0.2 で液状化判定を行った結果を図 3.7.5-4 に合わせて示す。これによると、南側(鯖石川の後背地側)では、地表面から GL-5m 程度までは、地下水水位と地盤材料から、表層付近では液状化が生じない結果となり、液状化の生じる可能性があるのは GL-5m 以深である。そのため地表面に大きな変状が生じていなかったと考えれば説明がつく。また、地層想定断面図(図 3.7.4-3)によれば、南側地域の GL-5m 以深はシルト層である可能性も有るので、南側地域では液状化は生じなかったとも考えられる。

一方、砂丘末端部の北側地域では、盛土と地山(砂丘ならびに古砂丘)の境界付近から以深で液状化が生じる可能性がある。

北側地域でも、中段部より 2m 程度高位にある上段部の宅地の庭先では、噴砂や噴水の痕跡は見

られず、低位側の庭先で多く見られたことから、液状化が生じたのは、地表面よりやや深い位置ではないかと思われる。

北側地域では、砂丘末端部の砂層が液状化して、その上位にあった盛土との境界部で滑りが生じ、その結果、家屋被害が生じたのではないかと考えられる。下段側は特に地下水水位が地表面下 0~50cm 程度と浅く噴砂痕が多い。また中段の地盤の流動とブロック塀の移動に伴って、一部で道路側への宅地の水平流動や家屋の不同沈下が生じた。

南側地域は、砂丘末端部を幾分離れ、地下水位の低い砂層の下は後背湿地で粘性土が卓越しており、地表面付近で液状化が生じなかったため、不同沈下や噴砂、噴水といった被害は見られなかったものと考えられる。砂層の深部の厚さの薄い範囲で液状化が生じた可能性は否定し得ないが、その場合でも表層の非液状化層の存在が、地表面で地盤変状を起こさなかった理由と考えられる。

## 3.7.7 被災家屋の分布

山本団地は後背部に砂丘が迫り、砂質土の卓越する地盤に造成された宅地である。地下水位は総じて高く、地震中に砂層の液状化が生じたことにより地盤に大きな残留変形をもたらされた。砂丘南側の緩傾斜宅地における被災家屋等の分布を図3.7.7-1に示す。砂丘崖そのものが崩壊して直接家屋に土砂が衝突した箇所もあったが、大部分は家屋そのものが地震力により破損したか、あるいは基礎地盤の大きな変状により上部に載った家屋が被害を受けたものである。

特に地盤変状が大きかった中段の三軒の住宅について、家屋周囲の地表面沈下量と家屋の基礎

梁の鉛直変位量を計測した(図3.7.7-2)。宅地内の地表面には広範囲に顕著な沈下や隆起が見られ、最大70cm前後の鉛直相対変位が観測された。一部にはすべり面のような数本の大きな亀裂・段差が宅地内を横断していた。全体的な傾斜や沈下とあわせてこのような不連続的な残留変形が、家屋および基礎の被害をより深刻化させたと考えられる。

同図中に示した三箇所から撮影した写真を写真3.7.7-1, 2, 3にそれぞれ示す。段差部分からはゆるい砂層の一部が見られ、これらが地震時に液状化したため、宅地全体に大きな変状をもたらしたと推定される。

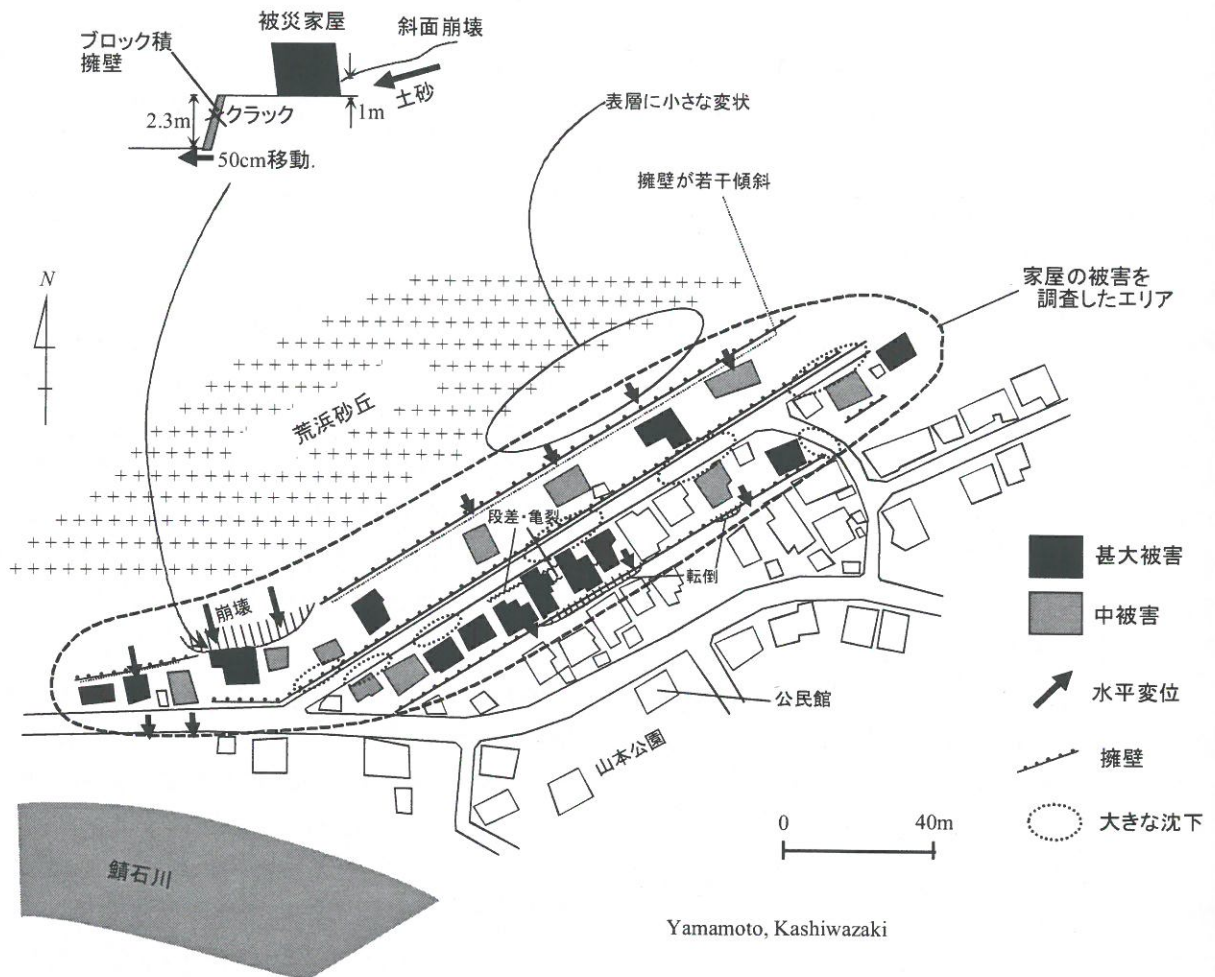


図3.7.7-1 被災家屋等の分布

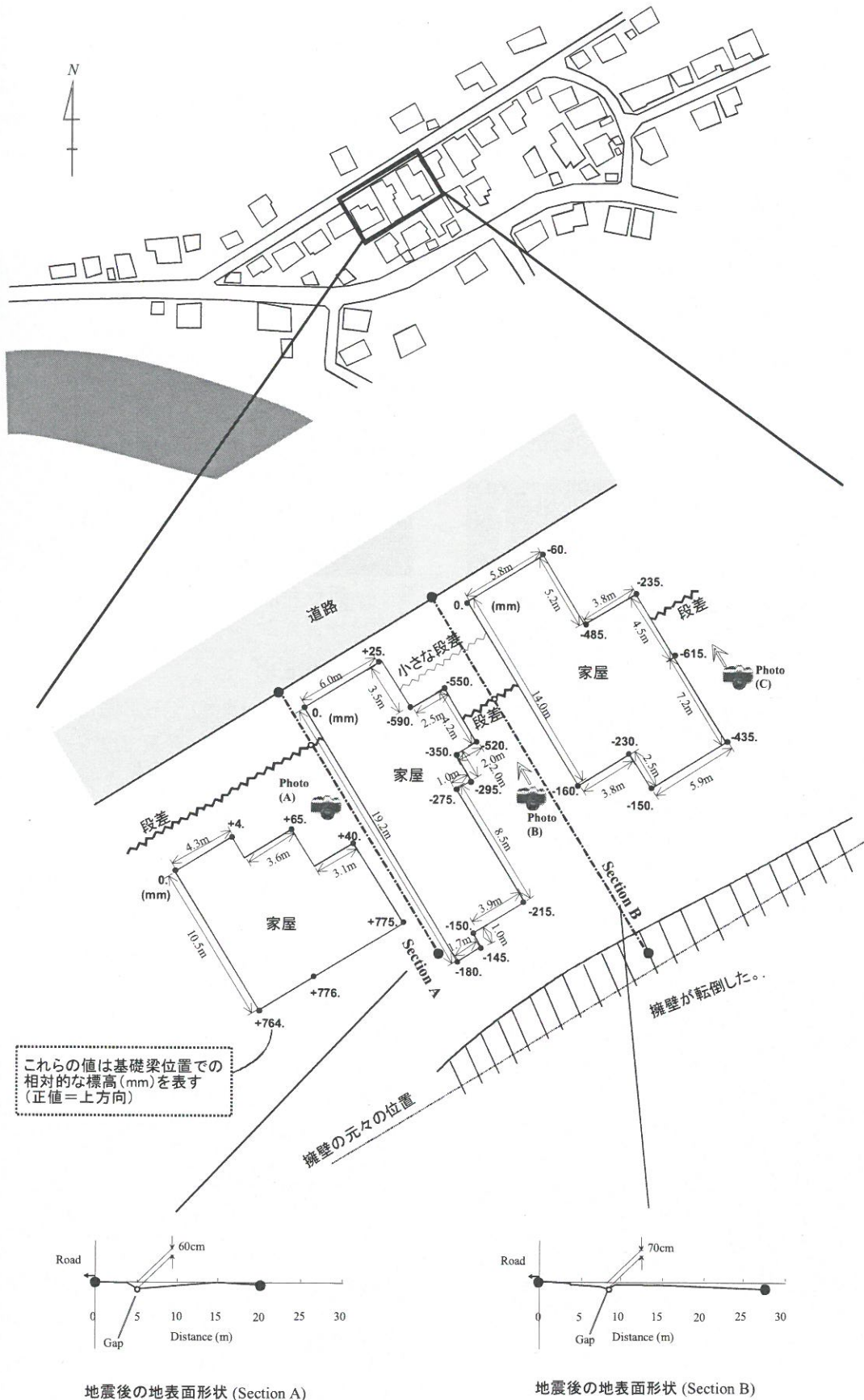


図 3. 7. 7-2 特に被害の大きかった家屋の宅地変状





写真 3.7.7-1 宅地内に生じた段差 (図 3.7.7-2 の Photo(A)) (写真 3.7.2-3 の家屋の別アングル)



写真 3.7.7-2 宅地内に生じた段差 (図 3.7.7-2 の Photo(B)) (写真 3.7.2-2 の家屋の別アングル)



写真 3.7.7-3 宅地内に生じた段差 (図 3.7.7-2 の Photo(C))

### 3.7.8 その他の各種個別被害の状況

図 3.7.8-1 に記号を印した地点における、宅

地・建物・外構等の被害状況は以下の通りである。

#### (1) a 宅

前項に記したように、砂丘崖そのものが崩壊して家屋を損傷した一例で、砂丘斜面を土留めしていた擁壁が前傾し、写真 3.7.8-1 のように家屋の背面に衝突した。



写真 3.7.8-1 a 宅の背面に衝突した擁壁

#### (2) b 宅と c 宅

図 3.7.7-2 の 3 軒のうち左側と真ん中の家屋で、前者は写真 3.7.2-3 と写真 3.7.7-1、後者は写真 3.7.2-3 と同写真 3.7.7-2 のような状況である。b 宅は、図 3.7.7-1 中の波線の滑落崖が家屋前面に発生して大きく傾いたものの家屋の損傷は目立たないが、c 宅はこの滑落崖の上に建物が跨っていたために、写真 3.7.8-2 のように建物が裂損した。南側に隣接する下段の宅地との境界を土留めしていたブロック擁壁が、同写真 (d) のように崩壊し、下段の敷地も南側に水平変位した。



写真 3.7.8-2 家屋下を過った滑落崖被害 (c 宅)

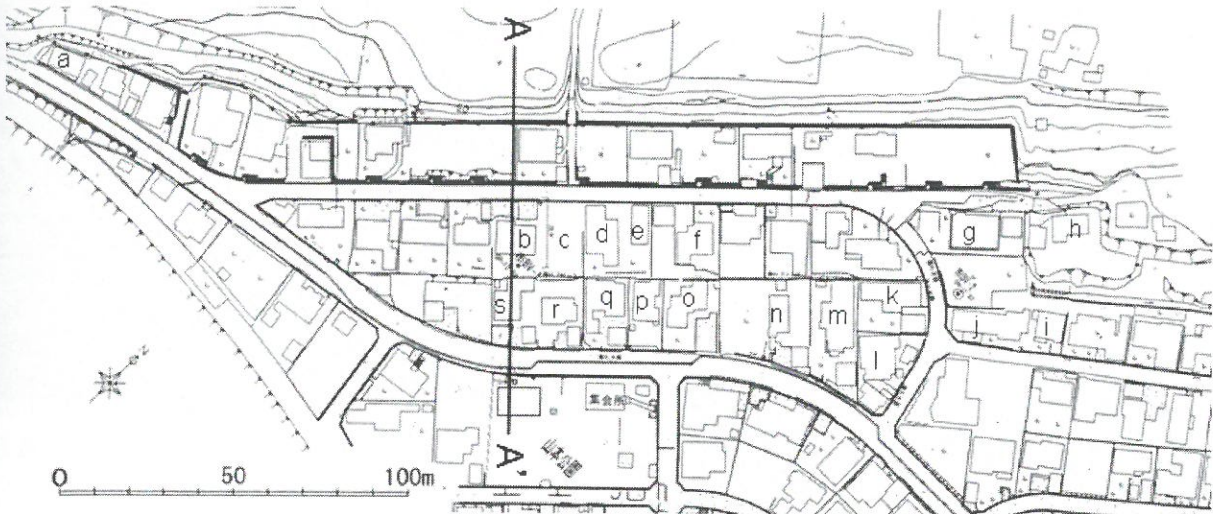


図 3.7.8-1 その他の被害状況説明箇所 (柏崎市, 新潟県, 榎日さく提供資料一部改)

(3) d 宅

写真 3.7.7-3 に見る宅地内の段差によって, 図 3.7.8-2 に示すように建物が V 字型に折損し, 建物の道路側の部位で 70~80cm の鉛直変位を生じた。

(4) 敷地境界ブロックと中・下段境界土留め擁壁

図 3.7.8-3 は, 中段の e 宅と f 宅の敷地境界ブロックの変位を示す。延長 15m で約 55cm 沈下し, 中央の大きな段差とともに, 中・下段の境界ブロック擁壁の前傾に伴う擁壁背面の落ち込みが見られる。写真 3.7.8-3 のように, 前傾したブロック擁壁が下段の家屋背面を直撃した。

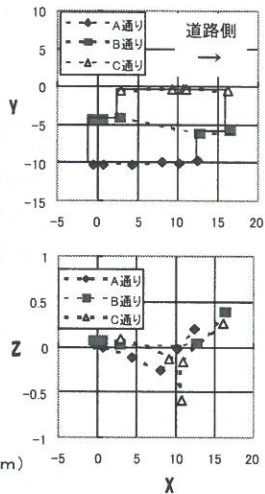
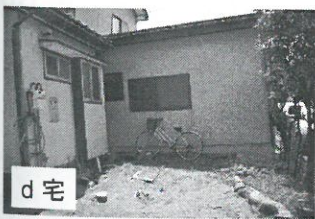


図 3.7.8-2 宅地の段差による d 宅の折損

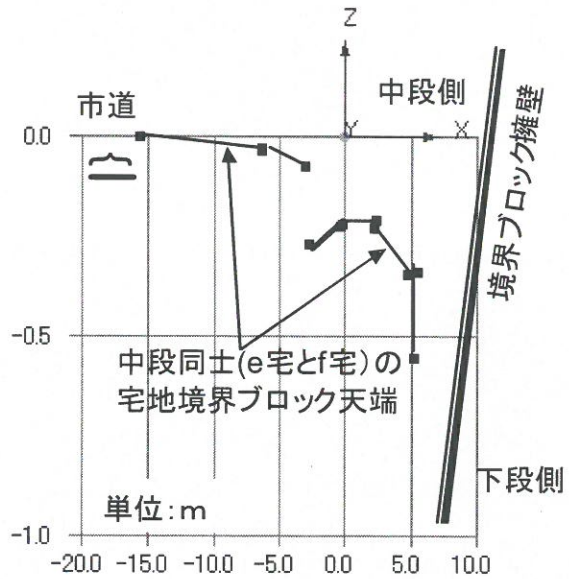


図 3.7.8-3 中段の敷地境界ブロックの変位

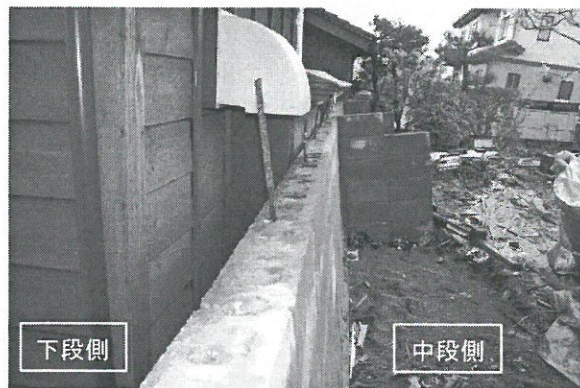


写真 3.7.8-3 土留めブロック擁壁の衝突

## (5) g 宅と h 宅およびその周辺

写真 3.7.8-4 は、g 宅（手前）と h 宅（奥）前の道路の亀裂で、写真左の砂丘斜面にも亀裂が目立つ（写真 3.7.8-5）。突き当たりの畑の中に噴砂痕があり（写真 3.7.8-6）、g 宅の宅地にも噴砂が見られる（写真 3.7.8-7）。h 宅は傾斜しており、宅地の南側部分は盛土のようで、南端は急傾斜になっている。写真 3.7.8-8 は、その下の水路で、

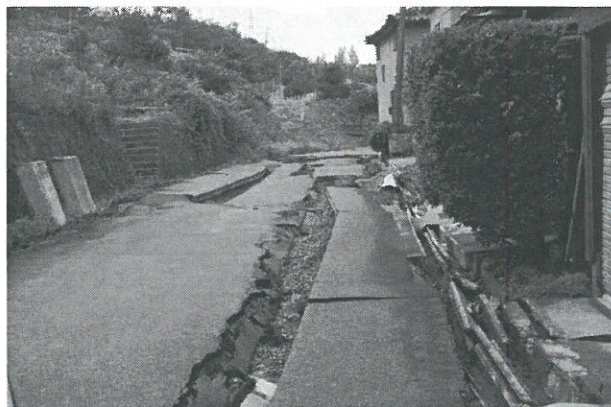


写真 3.7.8-4 g 宅と h 宅前の道路の亀裂



写真 3.7.8-5 h 宅と向かいの砂丘斜面の亀裂

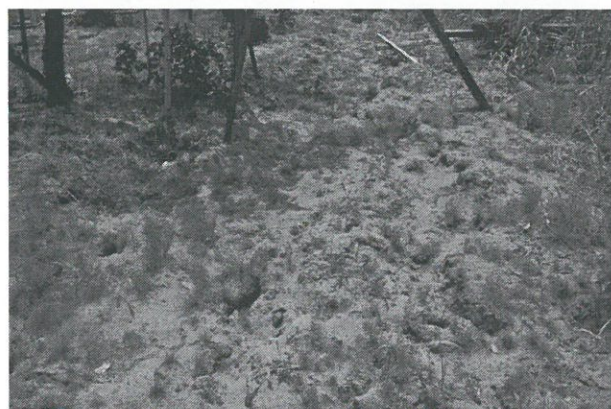


写真 3.7.8-6 h 宅奥の畑の噴砂痕



写真 3.7.8-7 g 宅の敷地の噴砂



写真 3.7.8-8 閉塞後に開削された i 宅裏の水路

地震によって水路の一部が消えたために、掘削し直したとのことであった。これらのことから、h 宅付近では砂丘から水路にかけて広い範囲で、地盤の液状化に伴う地すべりが惹起され、地すべり舌部の表層の変位と、液状化による川底の盛り上がりによって水路が消失したと考えられる。

## (6) k 宅

k 宅の敷地は中段よりも低く下段よりも高いところに立地しており、道路側、l 宅、m 宅の 3 方が低く、3 方に変位した。道路側では側溝が潰れ、l 宅側の擁壁が前傾して車庫が傾いた。m 宅敷地との高低差は 1m 程度で、土留めブロック擁壁が前傾して m 宅側にも地盤が変位し、建物基礎が引っ張られて破断した。その結果、写真 3.7.8-9 のように土台の継手も外れ、床が開いた。やや高い中段側の敷地から押された水平変位量は建物中央で大きく、建物は弓なりに変形しているため、写真に見るように床の開きが不均等である。

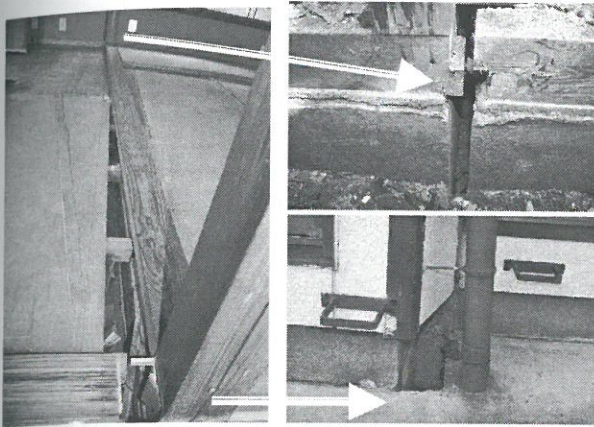


写真 3.7.8-9 床の開きと基礎の離隔 (k 宅)

(7) m 宅

中段との境界ブロック擁壁がせり出し (写真 3.7.8-10 (a)), 幅 47cm 程度の通路だった家屋背面の通路が 26cm に狭まり, 上は建物に衝突した。同写真 (b) のように, 地盤よりも家屋が 8cm ほど多く押されて前に出た。基礎の被害は見られないが, 南西側敷地で液状化痕が著しく, 居間の床は中央が隆起した (同写真 (c))。擁壁から離れた部屋であるので, 中段から押された土が隆起したものでなく, 建物下地盤の液状化による軽量部分の浮き上がりと思われる。後に住人が床下に潜って砂地を均し, 束の高さを調節して補修した。

(8) o 宅

中断の f 宅の擁壁がせり出して家屋背面に衝突し, 家屋と敷地を玉突き状に前面道路側に押し出した (写真 3.7.8-11)。擁壁前面の宅地表面に

水が滲出して湿地状態であり, 地下水位は宅地表面にほぼ一致する。敷地内に噴砂が見られるとともに道路側の庭は隆起し, 写真の宅地内のコンクリート通路も道路より 20cm 余り隆起した。

(9) r 宅

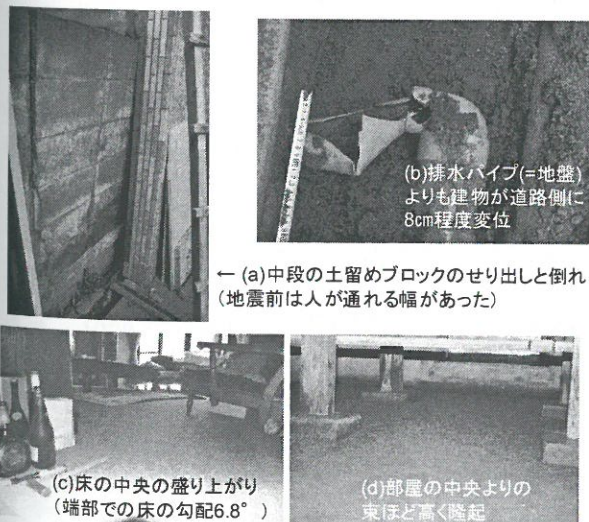
この家屋は写真 3.7.8-2 (d) の崩壊した擁壁下に位置し, 写真 3.7.8-12 の雨樋パイプの曲がりによると, 建物よりも敷地が 8cm 多く変位した。



写真 3.7.8-11 玉突き状に押された下段 (o 宅)



写真 3.7.8-12 建物と敷地の相対変位 (r 宅)



← (a)中段の土留めブロックのせり出しと倒れ (地震前は人が通れる幅があった)

(b)排水パイプ(=地盤)よりも建物が道路側に8cm程度変位

(c)床の中央の盛り上がり (端部での床の勾配6.8°)

(d)部屋の中央よりの東ほど高く隆起

写真 3.7.8-10 擁壁の衝突と建物の変位 (m 宅)

## 3.7.9 山本団地の液状化被害模式図

当該地の液状化被害の典型的パターンは、図 3.7.9-1 の A-A'断面の被害模式図に代表される。なお、山本団地は 2004 年新潟県中越地震では大きな被害が無く、東隣の新興住宅地であるピーチタウンに被害が顕著であったが、今回はピーチタウンに液状化した痕跡は見られなかった。

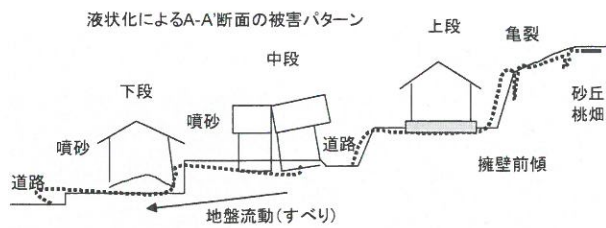


図 3.7.9-1 山本団地の被害のパターン

3.8 柏崎市橋場町

3.8.1 サウンディング試験を用いた調査

(1) はじめに

柏崎市橋場町では、鯖石川左岸堤防に発生した段差、道路の盛り上がり、住宅地内の噴砂、家屋の損傷等地震による被害が多数発生した。また、2004年の新潟県中越地震<sup>1)</sup>の際に液状化による被害を経験した住宅地においても軽微ではあるが液状化による噴砂が再度確認された。

本報告は、橋場町住宅地で発生した液状化が原因と考えられる住宅被害を中心に、地震発生直後に行った現地踏査とその後に行った追跡調査から得られた知見をまとめたものである。

(2) 地形地質概要

図 3.8.1-1 に橋場町の地形図を示す。この地区は、柏崎市のほぼ中央に位置し、北・西境を日本海から十日町市に至る流域面積 277km<sup>2</sup>、総延長 48.1km の鯖石川が流れ、南は榎原町、東は JR 越後線を挟んで原町に接している。主として住宅地および農業用地として利用されており、約 500 人・150 世帯<sup>3)</sup>の住民がこの土地で暮らしている。

この地区に沿って流れる鯖石川の上流域は、谷を深くきざんだ急流であるのに対し、下流域は川幅が狭く大きく蛇行してゆっくりとした流れとなる。古くから灌漑用水や生活用水として利用され、重要な役割を担ってきたが、表 3.8.1-1 のように 1897 年（明治 30 年）以降、大洪水による水害が多数発生し、現在に至るまで大規模な河川改修事業を繰り返し実施<sup>4)</sup>している。1960 年（昭和 35 年）4 月にはこの地区内を大きく蛇行して流れる部分のショートカット工事を行い、図 3.8.1-2 に示す旧河道 A を旧河道 B のように一度変更<sup>6)</sup>している。旧河道 A のカットされた河道は埋め立てられ、1974 年（昭和 49 年）以降、宅地造成・区画整理後に住宅団地として分譲<sup>6)</sup>されている。また、1978 年（昭和 53 年）の 6・26 水害を契機に、1996 年（平成 8 年）以降、県事業で二次改修工事が進められ、現在の鯖石川改修記念公園西側に沿って大きく蛇行して流れる川の直線化・拡幅工事によって、図 3.8.1-2 の旧河道 B から図 3.8.1-1 の現河道に再度河川改修を行った。

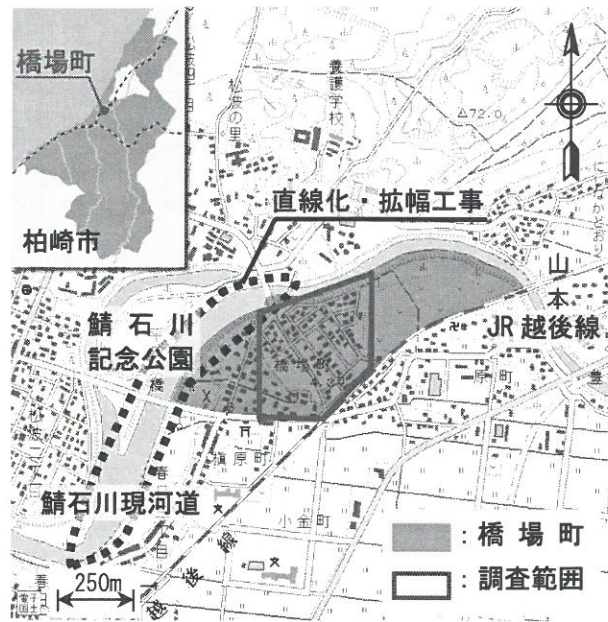


図 3.8.1-1 橋場町の地形（国土地理院 1/25000 地形図「柏崎」<sup>2)</sup> 一部抜粋・加筆）

表 3.8.1-1 鯖石川の歴史（明治 30 年以降）

年月	出来事
1897.8	集中豪雨により鯖石川が氾濫
1913.1	集中豪雨により鯖石川が氾濫、石曾根・枇杷島・高田村に被害
1920.1	鯖石川の一部改修工事を実施
1930.2	雪どけで鯖石川の信越線鉄橋、川上・川下の堤防大決壊
1931.7	集中豪雨により鯖石川が氾濫、鯖石川堤防 3 か所決壊、藤井・上条地区に被害
1934.7	集中豪雨により鯖石川が氾濫、鯖石川沿岸泥海と化す
1946.7	集中豪雨により鯖石川が約 1.2m 増水、上条村の堤防約 20 間決壊、耕地冠水、野田村大門橋流失
1950.4	集中豪雨により鯖石川が氾濫・堤防欠壊
1952.7	県下中部一帯の豪雨で、鯖石川・別山川方面に被害発生
1959.7	集中豪雨により鯖石川氾濫、被害の中心は南鯖石・中鯖石
1960.4	鯖石川改修工事により橋場地内の蛇行部分をショートカット、旧河道は埋立
1960.7	鯖石川が洪水、被害の中心は上条郷
1969.8	集中豪雨により鯖石川氾濫、上条地区堤防決壊、上条・関町に被害発生
1978.6	6・26 水害、柏崎地方に甚大な被害
1996.8	鯖石川下流部改修に向け国の暫定予算事業費 5 億円が認められ直線化・拡幅工事着工
2000.5	鯖石川下流部改修工事によりできた橋場町・榎原町地内の新河道に通水
2002.3	鯖石川河川改修に併せて新設工事を進めてきた松波地区と国道 8 号を結ぶ幹線市道 11-130 号線「平成大橋」「平成橋」と鯖石川改修記念公園が供用開始

この地区は、柏崎平野の中央に位置しており比較的平坦な地形で、地形分類上鯖石川によって形成された自然堤防<sup>7)</sup>に分類されており、図3.8.1-2に示す地質図から鯖石川記念公園の一部と地区東側の一部を除き、第四紀完新世の年代に堆積した自然堤防堆積物<sup>5)</sup>が広く分布していることが分かる。

### (3) 被害の調査方法

被害箇所の特定を行うために現地踏査を地震発生直後から断続的に行った。また、平成19年9月1～3日に「地盤工学会中越沖地震緊急調査団スウェーデン式サウンディング調査チーム」の活動の一環として、調査対象の中から図3.8.1-1に示す赤い線で囲まれた範囲を対象とし、被害が集中している旧河道部を中心に、スウェーデン式サウンディング試験（以下、SWS試験という）および住民への聞き取り調査を行った。

### (4) 宅地と家屋の被害状況

地震発生直後から行われた家屋、被災家屋応急危険度判定調査の危険・注意住宅の別、現地踏査によって判明した道路損傷部、噴砂発生箇所、参考として中越地震で全半壊した家屋、明治44年に測図された2万5千分の1の地図と2007年版の住宅地図を重ねることによって割り出した旧河道の位置をまとめたものを図3.8.1-3に示す。

この地区の北側旧河道の内側では、地震発生後に住宅地内や道路等いたる所で写真3.8.1-1に示すような液状化による噴砂現象が発生した。被災した住民の証言と家屋の外壁に付着した噴砂痕や堆積した砂の量の多さからその現象が激しいものであったことが分かっている。同様に、北東にある農業用地内でも写真3.8.1-2に示すように噴砂が発生した。図中の噴砂発生箇所を見ると、発生した噴砂は概ね旧河道上に集中していることが分かる。調査地点13付近の旧河道以外の箇所にも発生しているが、写真3.8.1-3に示すように埋戻土の液状化と思われるものや、写真3.8.1-4のように民家の庭で噴砂が見られたものなど、埋戻土もしくは地表面付近の氾濫堆積物の液状化と思われる。



図3.8.1-2 橋場町の地質図<sup>5)</sup>と河道の変遷

この地区では、噴砂の他、地震動を受けた地盤の変状に起因したと考えられる道路の盛り上がり（写真3.8.1-5）、宅地と道路に挟まれたU字側溝の圧縮破壊、地割れ等が多数散見され、いずれも旧河道上や、旧河道と現河道に挟まれた地域に被害が集中していることがわかる。

図中の写真3.8.1-6の箇所では、鯖石川新河道堤防の一部で高さ1.2mの段差が生じていた。段差の直近の堤内地寄りでは、地震発生後の8月6日に行った標準貫入試験結果（以下、SPT試験という、図中SPT試験の調査1の箇所）を図3.8.1-4に示す。図より堤体天端から深度5m付近までN値が5以下で地下水を多く含んだ緩い砂や礫で構成されていることが分かる。段差が発生した箇所のから上流・下流側にわたるSPT試験データが無いために断言することはできないが、鯖石川現河道の河床が堤防天端から6m下がった位置にあることを鑑みると、N=14の砂礫層（深度5～6m）が現河道の河床と同じ深度であり、これより浅い部分は氾濫堆積物や埋め立てられたものと予想され、この部分で液状化が発生し、堤体に沈下が生じた可能性がある。

家屋の被害については、図中の住宅危険度判定の分布から、顕著な液状化被害の見られなかった南西側に危険住宅が集中していることが分かる。

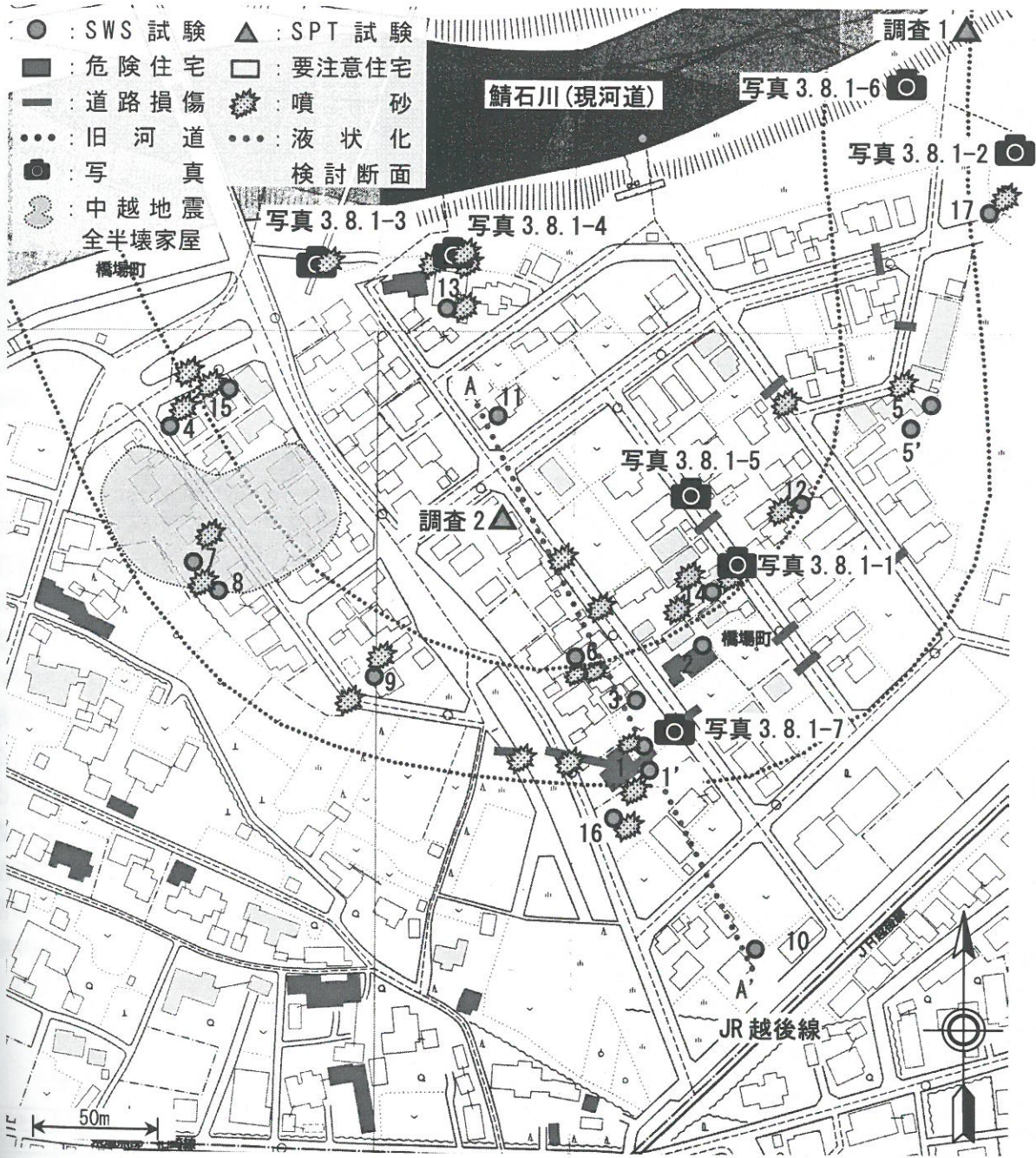


図 3.8.1-3 橋場町の調査地点と被害の概況



写真 3.8.1-1 宅地内の噴砂(旧河道上)



写真 3.8.1-2 農業用地内の噴砂(長岡高専, 尾上篤生氏撮影)





写真 3.8.1-3 道路上に残る噴砂（旧河道以外）



写真 3.8.1-6 鯖石川新河道堤防の沈下（柏崎地域振興局提供）



写真 3.8.1-4 調査地点 13 付近の噴砂（長岡高専、尾上篤生氏撮影）



写真 3.8.1-5 道路の盛り上がりと噴砂痕

一方で地盤災害が卓越した旧河道の近辺では、図中の写真 3.8.1-7 に示すように、ちょうど旧河道の境界にあたると思われる、噴砂をともなう地割れによって分断された家屋を除き、外見上倒壊した家屋や建物の基本構造部分に著しい損傷が確認された家屋はほとんど見られず、要注意住宅が多く分布している。

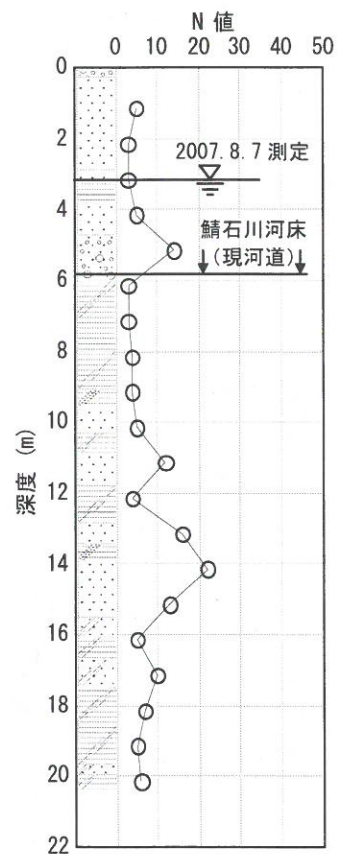


図 3.8.1-4 鯖石川堤防ボーリング柱状図（柏崎地域振興局提供）

これは、家屋の強度差も考えられるが、液状化した地盤では揺れがそれほど大きくない（加速度が小さい）ことも原因として考えられる。

現地踏査によって明らかとなった宅地と家屋の被災状況および住民へのヒアリング調査の結果を、図 3.8.1-3 に示す旧河道上に建築された家屋とそうでないものに分類し整理したものを表 3.8.1-2 に示す。なお、図 3.8.1-3 の SWS 試験地



写真 3.8.1-7 住宅地内の地割れと噴砂痕

点番号を家屋の上に記載しているが、この家屋上の番号は表中の整理番号に対応している。また、各調査項目に対する評価の方法として、図中の写真 3.8.1-7 に示す建物に著しい被害が発生した整理番号 1 の家屋を基準として、それぞれを相対的に評価することとした。整理番号 1 の家屋と同様に被害規模の大きいものを◎、比較的軽微なものを△、◎と△の間を○、該当しないものを×とする。

表 3.8.1-2 より本調査で対象となった家屋は、布基礎 2 階建ての一般的な和風住宅がほとんどで、3 階建て以上の家屋、高床式の基礎やべた基礎等の建物の重量が大きくなる基礎形式を有する家屋、バランスの悪い家屋等、軟弱地盤上に建てら

れた住宅としてしばしば問題となるような家屋が少ないことが分かった。

地震により発生した液状化は、旧河道上で最も顕著で、現鯖石川周辺でも見られた。家屋の被害については、建物の建て方に個体差があるため一概に単純比較することは困難であるが、これも同様に旧河道上に建築された家屋に集中していると読み取ることができる。また、整理番号 1 を除くほとんどの宅地では、なんらかの地盤被害が発生しているのにも係わらず、建物に発生した被害のほとんどが基礎通風口部のクラックや外壁のはがれ等、外見上軽微なもので住民の生活を脅かす程の大きな被害に至らなかった点が特徴的である。

旧河道上で被災した家屋の被害状況を見ると必ずしも 2004 年の新潟県中越地震で被災した家屋に被害が集中しているわけではないことが図 3.8.1-3 と表 3.8.1-2 から読み取れる。中越地震時と比較して地震動が大きかったことが被害拡大に繋がったのではないかと推測される。中越地震で一度被害を受けた家屋もほぼ旧河道上に位置しており、その家屋の中で建て替える際に地盤改良・補強を施したものについては被害が軽微であったという大変興味深い結果が得られたため今後更なる検討が必要である。

表 3.8.1-2 ヒアリング調査結果一覧（整理番号は図 3.8.1-3 の家屋上の番号に対応）

整理番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
地形的分類	旧河道上に建築された家屋										旧河道以外に建築された家屋				
家屋の概要	家屋の階数														
	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
	屋根の様式														
	瓦	瓦、トタン	瓦	瓦	瓦	瓦	セメント瓦	トタン	トタン	トタン	瓦	瓦	瓦	トタン	トタン
	基礎の形式														
	布	布	布	布	布	布	布	べた	布	布	布、独立	布	布	布	布
	地盤改良、基礎補強の有無														
	×	×	×	×	×	×	×	RES-P、耐圧板	湿式柱状	×	×	×	×	×	湿式柱状
	中越地震での被害														
	-	×	×	×	下水管	駐車場にクラック	車庫にクラック	液状化(建替え)	不等沈下(建替え)	×	×	×	×	×	×
地盤の被害	噴砂の有無														
	◎	◎	△	△	○	◎	◎	△	△	×	×	△	○	◎	△
	地割れの有無														
	◎	○	△	×	○	○	×	×	×	×	△	×	×	×	×
	地盤沈下・側方流動の有無														
	◎	○	△	△	○	○	×	×	○	×	×	×	○	×	○
家屋の被害	家屋の傾心・地盤へのめり込みの有無														
	◎	○	×	×	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	×
	基礎・室内の変状の有無														
	◎	○	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	屋根・外壁等の被害の有無														
	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	駐車場・塀・家屋附帯設備の被害														
	◎	×	○	×	○	○	×	○	○	×	×	○	○	○	○
日常生活の問題点	湿度に関する事柄：床下の湿気が多い、大雨の時に湿気が多い														
	水に関する事柄：水はげが悪い、豪雨時に道路が浸水しやすい														

この地区の住民が日頃感じている問題点を集約すると、河川改修によりかなり改善されたものの、湿気が多い、水はけが悪い、豪雨時に道路がすぐに浸水するといった水に関する苦情が多い。鯖石川の旧河道を埋めてできたこの地区では、慢性的に地下水位が高い状態にあることが予想され、広域的な液状化災害を引き起こした要因の一つとして考えられる。

### (5) 地盤調査

地盤特性と被害の関係および液状化層を特定することを目的として SWS 試験を実施した。調査地点は、図 3.8.1-3 中の調査地点マークのある 17 地点とし、液状化による被害が集中している旧河道上にある宅地を中心に計測を行った。また、各調査地点において明確な噴砂痕が確認された場合は、噴出した砂をサンプリングし、室内試験を実施した。

SWS 試験は、JISA1221-2002「スウェーデン式サウンディング試験方法」<sup>8)</sup>に準拠し、载荷重をおもりにより、回転貫入を人力(写真 3.8.1-8)で行った。試験は、貫入量 5cm 当たりの半回転数が 50 回転以上となる場合、または最大深度 10m に達した段階で終了することとした。なお、礫当たりにより貫入不可能となった場合は位置を変更して再度計測を実施することとした。土質判別の方法は、回転貫入の過程で発生する貫入音やロッドに伝わる感触、ロッドやスクリーポイントに付着した土を目視することで行った。また、地下水位の特定方法は、試験終了後に、ロッドに付着した地下水を確認するか、試験後一定時間経過後に細径の鉄棒を挿入し、鉄棒に付着した地下水を確認することで行った。

### (6) 地盤調査結果と地盤の特徴

SWS 試験によって得られた深度、 $W_{sw}$ 、 $N_{sw}$  の関係から予測される換算 N 値<sup>8)</sup>および土質柱状図の中で代表的なもの(調査地点 No.5, 11)を図 3.8.1-5 に示す。なお、対象とする地区の標高差が小さいため道路を基準高として整理した。また、SWS 試験の調査地点 No.11 の付近で行われたボーリング調査(図 3.8.1-3 中の SPT 試験の調査 2)



写真 3.8.1-8 試験状況 (人力による回転貫入)

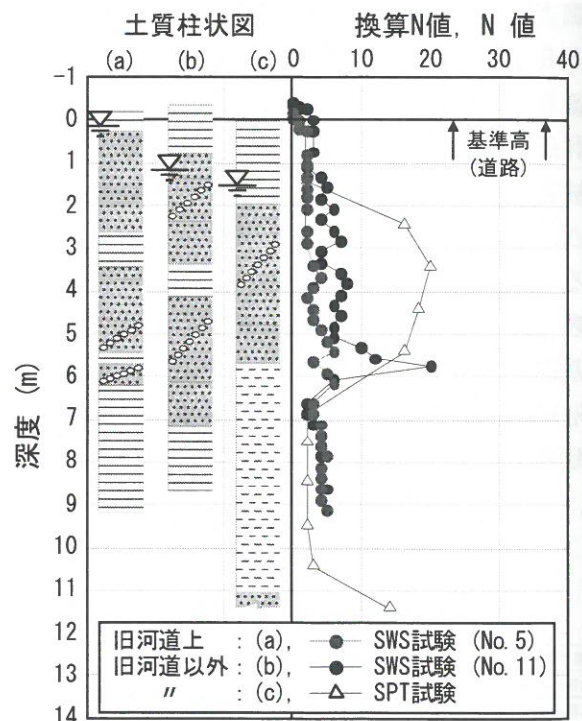


図 3.8.1-5 SWS と SPT 試験結果

より得られた深度と N 値の関係、土質柱状図を参考値として付した。図中の SPT 試験で得られたデータを見ると、深さ 2m から 5m 付近まで  $N=20$  程度の礫混じり砂層、深さ 5m から 11m 付近まで  $N=2$  程度の非常に軟弱なシルト層で構成されていることが分かる。一方で、SPT 試験の付近で行った SWS 試験 (b) より得られたデータを見ると、土質分類の判別方法が SPT 試験とは異なり、簡易なものであるため誤差を含むが SPT 試験と同様

に、上位より粘土主体の表層土、礫混じり砂、粘土と判別されており、概ね当該地盤の特徴を捉えていると言える。しかし、換算 N 値と深度の関係については、礫混じり砂層において SWS 試験の換算 N 値が、SPT 試験の N 値と比較して低い値を示す傾向にあることが分かる。地下水位に関しては、調査を行った時期が異なるものの、ほぼ同程度の値を示した。

図 3.8.1-3 から旧河道上と判断される調査地点 No.5 とそれ以外と判断される No.11 を比較すると、粘土主体の表層土で深、深度 4.5m 付近まで No.11 が礫混じり砂層で構成されているのに対し、No.5 では一部粘土を含む砂層で構成されていることが分かる。また、深度 6m まで No.5 の換算 N 値が No.11 に比して、若干であるが相対的に低いことが分かる。地下水位に関しては道路を基準とすると No.5 の方が浅い位置に推移することが分かった。SWS 試験より、大きな差はないものの、旧河道上と判断される調査地点 No.5 は、地下水位が高く、緩い砂が堆積した地盤であることが予想され、旧河道以外の地点と比して液状化し易い状況にあると考えられる。

代表的な調査地点において、確認された噴砂痕からサンプリングした砂を用いた土粒子の密度試験 (JISA1202)<sup>9)</sup> および粒度試験 (JISA1204)<sup>9)</sup> で得られた物理特性をまとめたものを表 3.8.1-3 に、粒径加積曲線を図 3.8.1-6 に示す。採取した噴砂は、いずれの調査地点においても粒径が 0.1 から 1mm の狭い範囲に集中しており、液状化が発生する可能性の高い粒径の範囲に含まれている。表より、均等係数  $U_c$  の値が全て 10 以下となっていることから分級された均質な砂であるという特徴を有することが分かる。

SWS 試験で求めた換算 N 値、採取した噴砂の室内試験結果を用いて表 3.8.1-4 に示す計算条件のもと、図 3.8.1-3 中の液状化検討断面 A-A' について液状化抵抗値  $F_L$  の計算を行い、調査データから液状化層の特定を試みた。なお、液状化抵抗値  $F_L$  は、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 (平成 8 年)<sup>10)</sup> にもとづいて計算を行い、SWS 試験から礫混じり砂層で換算 N 値と N 値の相関性が乏しいと考えられるが計算上はそのまの値を用

表 3.8.1-3 SWS 試験箇所で採取した噴砂の物理特性

調査地点	1	5	8
土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.745	2.700	2.710
均等係数 $U_c$	2.8	3.3	3.3
曲率係数 $U_c'$	1.2	1.7	1.7
細粒分含有率 $F_c$	7.2	7.6	7.3

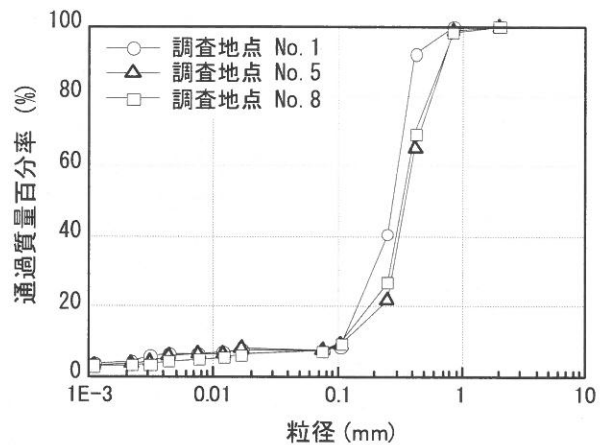


図 3.8.1-6 SWS 試験箇所で採取した噴砂の粒径加積曲線

表 3.8.1-4 液状化判定計算条件

項目	設定値
地盤種別	Ⅱ種地盤
地域別補正係数 $C_z$	0.85
計算用設計水平震度 $k_{hc}$	0.3
地震動タイプ	レベルⅡ(タイプⅠ)
補正係数 $C_w$	1.0

いた。また、粘土と判断された層については非液状化層として計算から除外した。

液状化検討断面 A-A' に沿って行った SWS 試験の各調査地点に関する深度と液状化抵抗値  $F_L$  の関係図および土質柱状図を図 3.8.1-7 に示す。なお、 $F_L$  値は図 3.8.1-5 同様、道路を基準高として整理した。礫混じり砂層もしくは砂層 (これらの砂層に挟まれた薄い粘土層も含める) をグレーで色分けした。この図より旧河道では地表面付近から砂層が分布しているのが分かる。

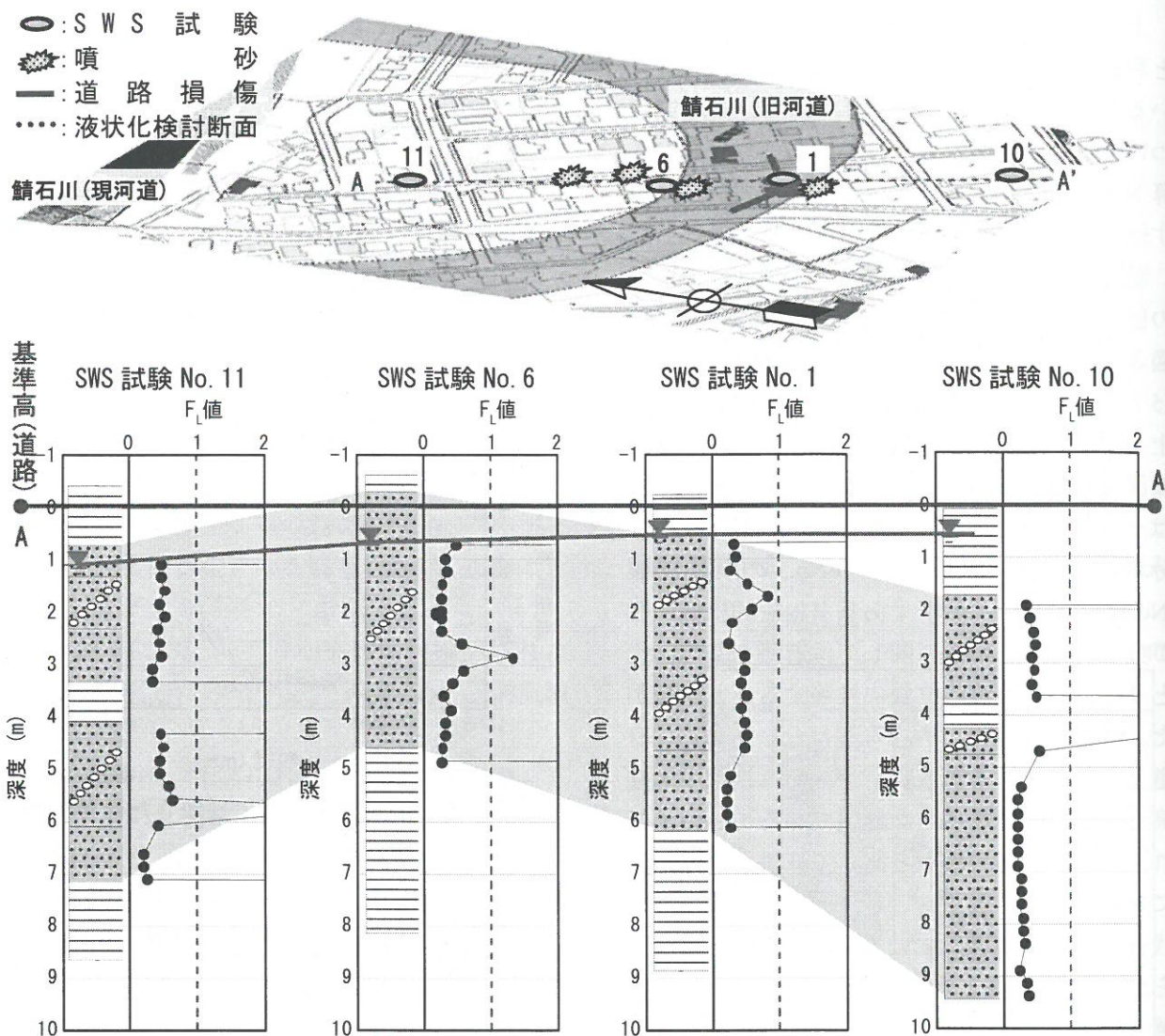
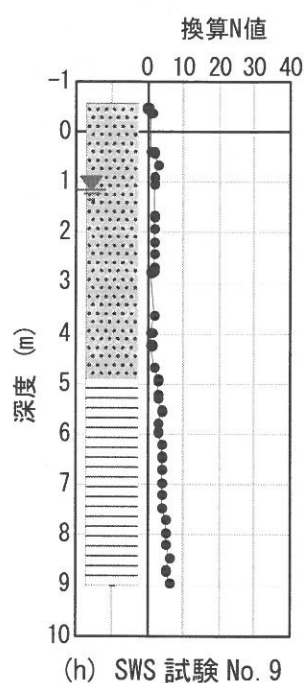
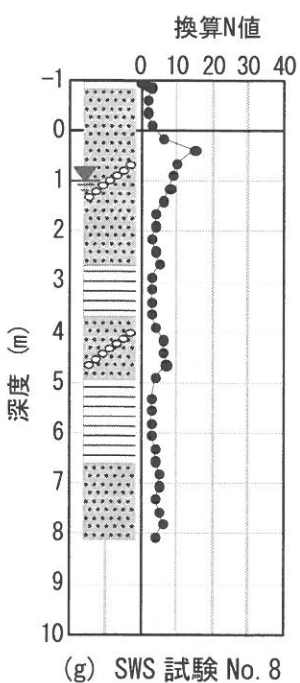
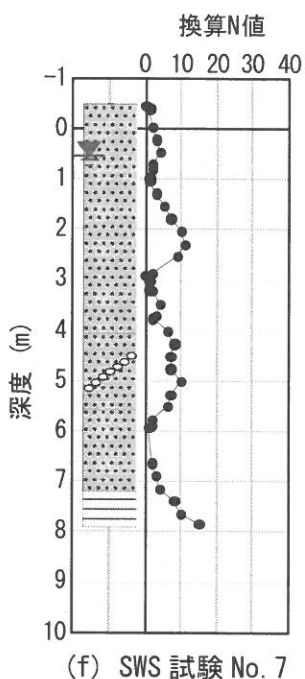
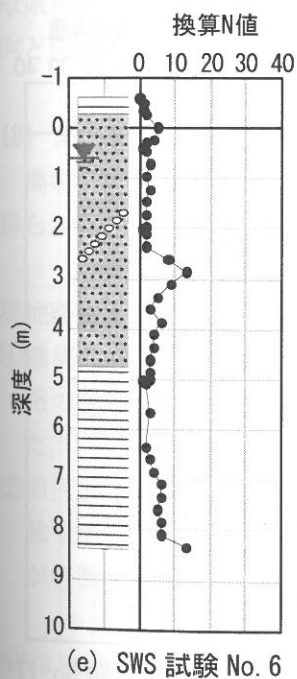
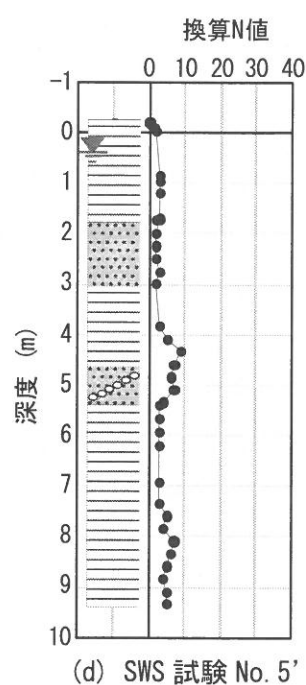
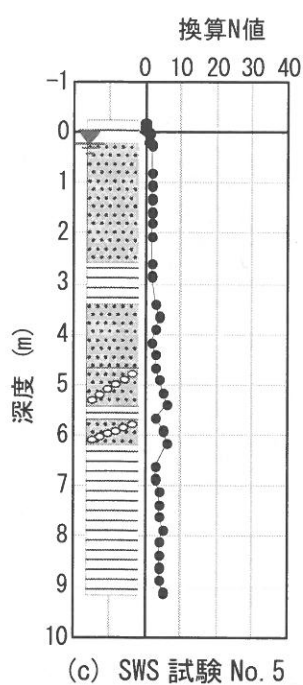
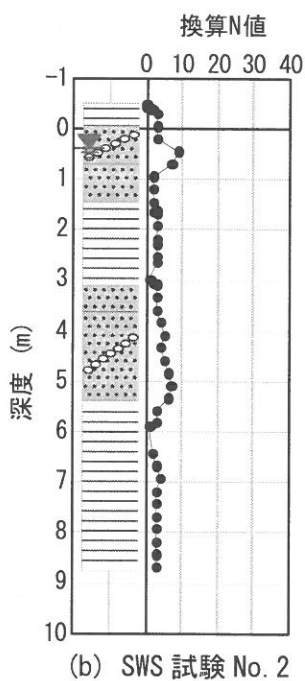
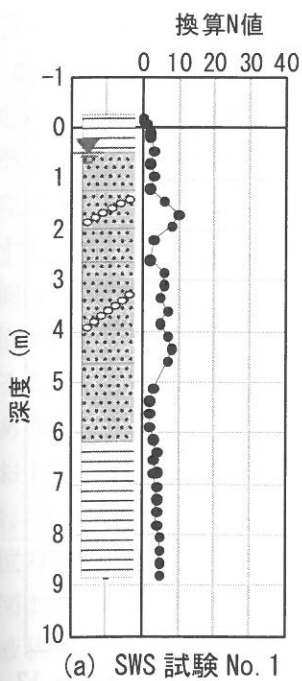


図 3.8.1-7 液状化検討断面 A-A' の液状化抵抗値  $F_L$

地下水位以深の礫混じり砂層もしくは砂層において概ね  $F_L < 1$  となり液状化する層を含む地盤であることが分かった。深度と  $F_L$  値の関係は、地割れや噴砂を伴って建物に著しい被害が発生した旧河道上と判断される調査地点 No.1 や旧河道付近の調査地点 No.6 と、被害が見られなかった旧河道以外と判断される調査地点 No.10, 11 と比較すると、No.1, 6 (旧河道上) の  $F_L < 1$  と計算された礫混じり砂層が、No.10, 11 (旧河道以外) よりも高い位置にあること、No.1, 6 (旧河道上) の礫混じり砂層の中に液状化対象外となる薄い粘土層を含まないこと等の差異が見られる。ただし、SWS 試験から得られる情報から計算された

$F_L$  値を用いて、旧河道とそれ以外の箇所との差異や、液状化層を正確に特定することは困難である。1960 年以降旧河道を埋め立てることによって造成されたこの地区の詳細な施工記録が残されていないため断定することは難しいが、図 3.8.1-5 および図 3.8.1-7 から、旧河道上の宅地では、旧河道以外の宅地と比べて相対的に地下水位が浅く、かつ、緩い連続した液状化する可能性の高い礫混じり砂層が含まれる土質が地表面付近に存在している。

参考として、今回調査した全箇所の SWS 試験結果を図 3.8.1-8 に示す。



- ・SWS 試験 No1' .....深さ 3.07m で礫当たり貫入不能 (地下水位 : 深さ 0.6m)
- ・SWS 試験 No3 .....深さ 1.10m で礫当たり貫入不能 (地下水位 : 深さ 0.3m)
- ・SWS 試験 No4 .....深さ -0.03m で礫当たり貫入不能 (地下水位 : 深さ 0.7m)

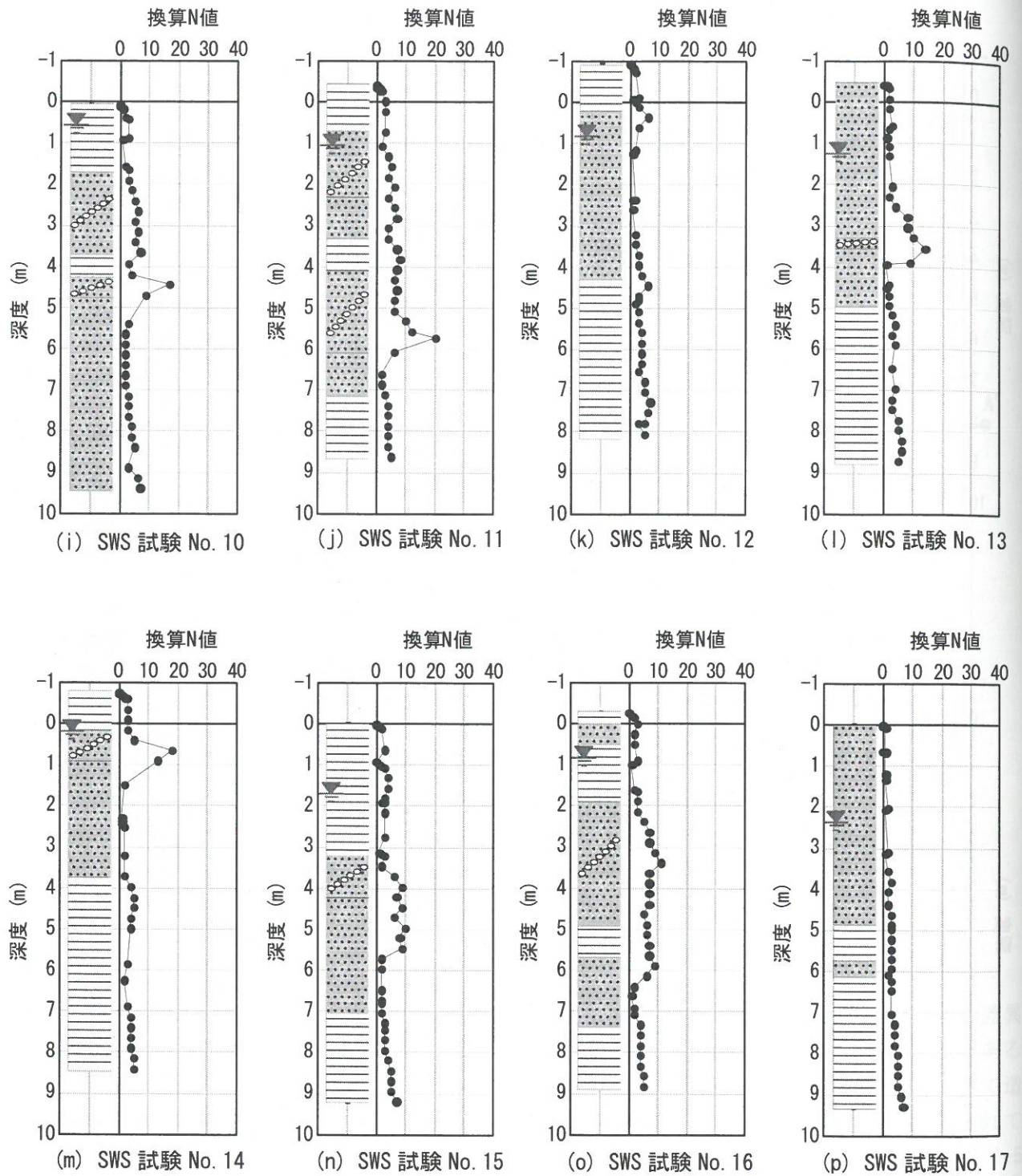


図 3.8.1-8 SWS 試験結果 (道路を基準高として整理)

(7) 地下水位と被害の関係

SWS 試験の各調査地点における地下水位の測定結果を図 3.8.1-9 に示す。図中に記した値は基準高となる道路からの深さを意味し、深さ 1m を境に色分けして標記した。図より図 3.8.1-3 に示す噴砂の被害が集中した、旧河道南東側および西側（中越地震で一度被害を経験）において地下水位が基準高から 1m 以内と浅い位置に推移していることから、地下水位と被害になんらかの関係があると推察される。そこで、表 3.8.1-2 中の地盤および家屋の被害を被害度数（◎：3，○：2，△：1，×：0）として数値化し、その合計値と地下水位の関係をもとめたものを図 3.8.1-10 に示す。図より、地下水位が浅いほど地盤や家屋に及ぼす液状化に起因した被害が大きくなるという傾向にあることが分かった。これは 1983 年の日本海中部地震における秋田市新屋松美町や、2000 年鳥取県西部地震による米子市安倍彦名団地<sup>11)</sup>の傾向と同様の結果である。

状化に起因した被害が大きくなるという傾向にある。



図 3.8.1-9 橋場町の地下水位分布

(8) まとめ

橋場町で行った現地踏査および SWS 試験から得られた知見を以下に示す。

現地踏査から

- ①橋場町の液状化に起因した地盤被害および道路の被害は旧河道付近に集中する傾向にあった。
- ②旧河道上に建築された家屋の中で地盤改良・補強を施したものについては、地盤と家屋の被害が軽微であった。

SWS 試験から

- ③液状化により噴出した噴砂は、分級された均質な砂で、液状化が発生する可能性の高い粒径の範囲に含まれる。
- ④旧河道上の宅地では、旧河道以外の宅地と比べて相対的に地下水位が浅く、緩い連続した液状化する可能性の高い礫混じり砂層が地表面付近に分布しており、液状化し易い状況にあると推測される。
- ⑤地下水位が浅いほど地盤や家屋におよぼす液

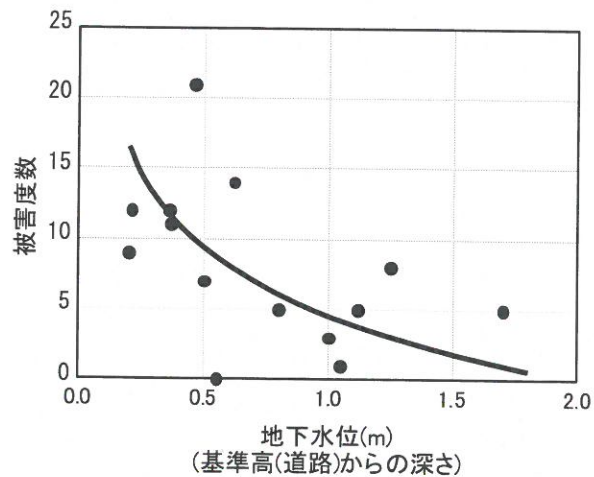


図 3.8.1-10 地下水位と被害の関係



## 3.8.2 物理探査を用いた調査

## (1) 概要

新潟県中越沖地震では鯖石川流域で液状化被害による宅地地盤の被害が発生した。鯖石川に東側の橋場町では3年前に新潟県中越地震でも液状化による被害を受けており、短期間に地震による液状化被害を繰り返した。同地区は河川改修による旧河道の埋戻し地盤が混在する地盤的特徴がある。本項では中越沖地震の建物被害について地震発生直後の応急危険度判定を基に被害の面的分布、建物の不同沈下量・傾斜角計測結果と地盤調査との相関関係について報告する。

## (2) 地盤構造

図3.8.2-1に橋場地区の平面図と宅地応急危険度判定の結果、および建物の傾斜方向・不同沈下量・傾斜角計測結果を示す。この地区の特徴は図に示すように旧河道(図中に水色で表示)の埋戻し地盤が存在する点にある。旧河道では液状化が確認され、危険宅地はほぼ旧河道に沿う地点で点在している。同地区において図3.8.2-1に示す測線にて表面波探査試験、●の位置にてスウェーデン式サウンディング試験(SWS)、ボーリング試験を実施した。

図3.8.2-2に(独)建築研究所と共同で実施した表面波探査試験(H-8:旧河道の中央横断方向、H-1:旧河道の西地区横断方向、H-5:旧河道の縦断方向)、SWSの結果<sup>12)</sup>を合わせて示す。H-5に示す旧河道縦断の試験結果より、旧河道はS波速度が100m/s程度の緩い砂質土により構成されている。旧河道の外周は、旧河道横断方向のH-1ではS波速度が80m/s程度、H-8でも旧河道外は南側にて低速度である。周囲のボーリング調査などから深度3~5m以深は概ね粘性土主体であったことから、同地区の旧河道は周辺を粘性土地盤で囲まれる構造を有すると推測され、この地盤特性が旧河道地盤の液状化被害を大きくしたと推測できる。以上より、同地区は潜在的に液状化の可能性のある地盤であるといえる。ただし、旧河道でも場所によってS波速度が異なり、複雑な土質構成になっていると思われることから、S波速度やSWS結果のみで直接液状化被害の有無に結びつけることはやや困難である。

## (3) 建物の不同沈下量および傾斜角

続いて、建物の傾斜方向をみると、旧河川の中心に向かって傾斜しているように見えるが、限られた数の調査結果であり、また建物の重心位置に

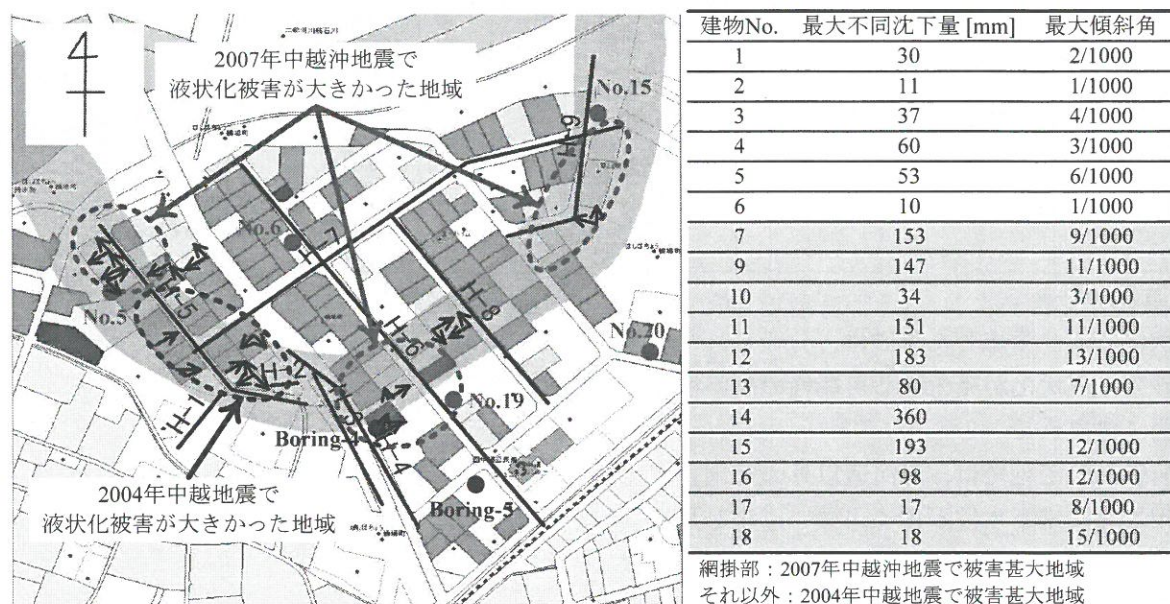


図3.8.2-1 橋場町の被害状況・地盤調査箇所・建物の不同沈下量計測結果

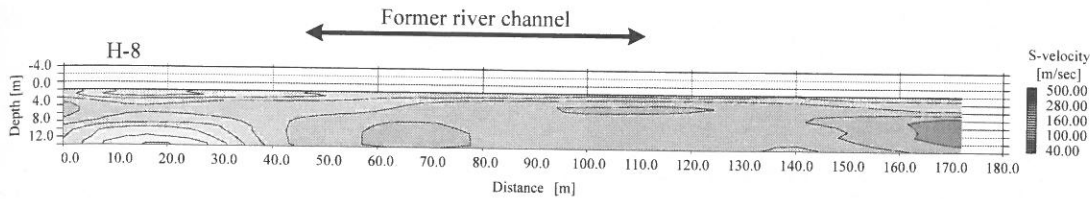


図 3.8.2-2(a) H-8 表面波探査データ (北より南方向)

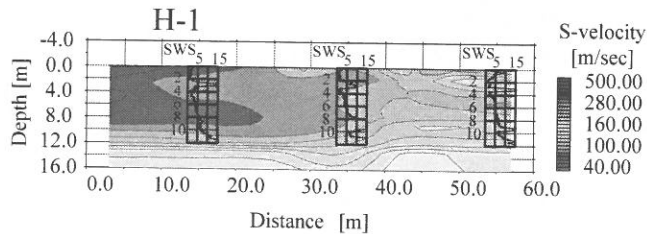


図 3.8.2-2(b) H-1 表面波探査データ (西より東方向)

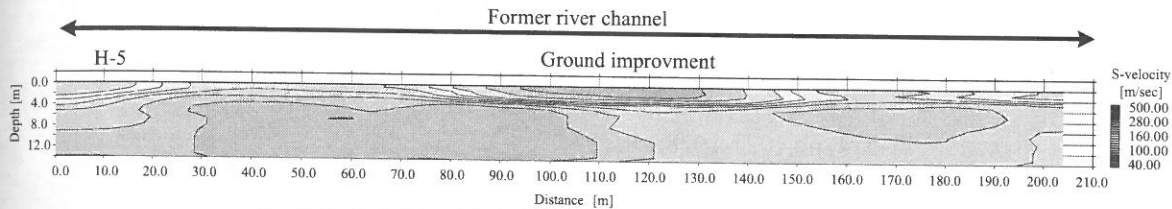


図 3.8.2-2(c) H-5 表面波探査データ (北より南方向)

も依存することから明確な結論まで得られるに至っていない。次に、最大不同沈下量・最大傾斜角を見ると、中越地震以降に建設された数棟の戸建て住宅（建物 No.1, 2, 6）に関しては、柱状改良や鋼管杭を設置していたため、今回の地震で被害が大きかった地域（建物 No.7~18）よりも相対的に小さかった。H-5 は旧河道の S 波速度を示すが、中央付近で地表面地盤の S 波の大きい地域が確認される。この地域は中越地震の宅地被害地域に一致しており、地盤対策の効果が現れたと考えられる。

#### (4) まとめ

以上の調査結果をまとめると以下の知見が得られる。

- ①旧河道は、S 波速度が 100 m/s 程度の緩い砂質土により構成されている。ただし、旧河道でも場所によって S 波速度が異なり、複雑な土質構成になっていると思われる
- ②旧河道の外周は、S 波速度が 80 m/s 程度と低速度である。

- ③旧河道上ならびに外周で実施したボーリング調査の結果、旧河道の南側は粘性土地盤を有すると推測される。旧河道地盤の被害が大きい原因は、埋戻し土の性質および旧河道の南側の地盤が粘性土である地質構造が指摘される。
- ④新潟県中越地震において液状化被害が甚大であった箇所では、その後の適切な規模・方法による液状化対策が施されたことで中越沖地震では被害が抑制された。
- ⑤液状化対策として実施された地盤改良実施箇所において、周辺地盤と比較して速い S 波速度を観測したことより、表面波探査試験においてその効果を評価することができた。

謝辞・弔辞：物理探査を用いた調査は、(独) 建築研究所と共同で実施したものである。ここに、記して謝意を表するとともに、本地震調査中に急逝された田村昌仁博士に哀悼の意を表する。

#### 参考文献

- 1) (社) 地盤工学会：新潟県中越地震災害調査委員会報告書，p.133，2007.

- 2) 国土地理院地図閲覧サービス:1/25000 地形図  
「柏崎」<http://watchizu.gsi.go.jp/>
- 3) 柏崎市：柏崎市統計年鑑平成19年版，2008.
- 4) 柏崎市立鯖石小学校：川は語る-鯖石川治水の  
記，1977.
- 5) 新潟県：新潟県地質図，1995.
- 6) 柏崎市西中通公民館：西中通のあゆみ，1995.
- 7) (社) 北陸建設弘済会：新潟県平野部の地盤図  
集（柏崎・高田平野編），1981.
- 8) (社) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，  
pp.280-289，2004.
- 9) (社) 地盤工学会：土質試験の方法と解説，  
pp.54-79，2000.
- 10) 道路橋示方書・同解説V耐震設計編，1996.
- 11) 橋本隆雄・安田進：鳥取県西部地震における  
液状化被害と地下水位の関係，土木工学会第  
57 回年次学術講演会，III-514，pp.1027-1028，  
2002.
- 12) 大塚ら：新潟県中越沖地震による宅地地盤被  
害（その3橋場・松波の液状化被害），第43回  
地盤工学研究発表会講演概要集，  
pp.1747-1748，2008.