

## 2007年7月16日新潟県中越沖地震調査速報

中央大学理工学部土木工学科土質研究室

調査日：2007年7月19日～20日

調査員：國生・石澤・平賀(M2)・西田(M2)・上田(B4)

行程：

7月19日

長岡駅(レンタカー)→長岡IC→(関越自動車道)→長岡JCT→(北陸自動車道)→西山IC→県道393→国道116→国道8→国道152→長浜町→四谷→柏崎市役所(市内を徒歩で探索)(諏訪町、中央町、東本町、錦町、鏡町、駅前、西本町、新橋) 柏崎市役所(レンタカー)→国道352→みなとまち海浜公園→(海沿いに南下)→柏崎漁協右折→トンネル→柏崎市寿町→国道8→青海川駅→国道8→柿崎IC→(北陸自動車道)→糸魚川IC

7月20日

糸魚川IC→(北陸自動車道)→名立谷浜IC→県道87→国道8→うみてらす名立→国道8(南に向かう)→筒石→国道8(北に向かう)→有間川→上越市→国道18→上越IC→(北陸自動車道)→西山IC→県道393→県道23→(滝谷通行止めUターン)→和田左折→国道116→西山町二田左折→礼拝→県道279→堂坂トンネル→県道373→国道352→(西山町大崎土砂崩れ通行止めUターン)→国道252→県道373→県道279→(海にむかう)→国道352→刈羽トンネル→クリーンセンター柏崎周辺→国道352→柏崎工業高校→柏崎市役所(市内を徒歩で探索)(中央町、諏訪町、東本町、四谷、長浜町、松美、北斗町、比角、大和町、小倉町)→柏崎市役所(レンタカー)→国道352→刈羽トンネル手前右折→県道73→刈羽左折→国道116→和田→県道393→西山IC→省略→長岡駅



図-1 調査経路 (Mapion HP 参照)

## 1. 地震動

防災科研 Website の K-net データの整理を行った結果を以下に示す。

表-1 各観測点の最大速度、最大加速度

観測点名	各観測点の最大速度、最大加速度				
	速度(kine)			加速度(gal)	
	EW	NS		EW	NS
柏崎(NIG018)	84.392	109.339		514.964	665.429
小千谷(NIG019)	44.997	21.169		454.888	390.568
寺泊(NIG016)	15.213	6.533		358.779	226.829
十日町(NIG021)	16.4	12.84		275.529	211.998
長岡(NIG017)	19.075	11.634		242.733	203.09

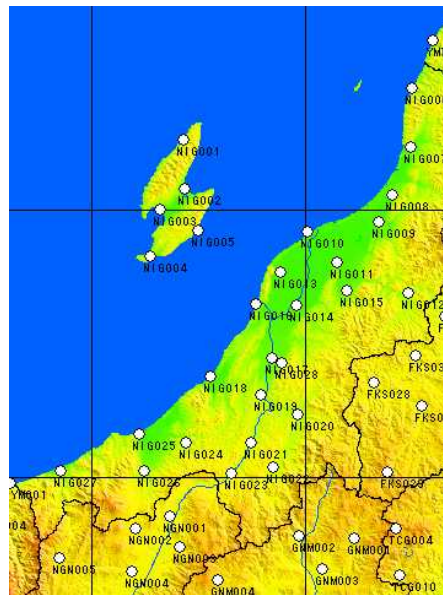


図-2 K-net の観測点

表-1 に示すように、最大加速度・最大速度ともに柏崎(NIG018)が最大で、小千谷で2番目に大きい。特に最大速度は柏崎が圧倒的に大きく周辺の K-net 点では急速に減衰することが分かる。また、最大速度が 100kine を越えており、1995 年の兵庫県南部地震での被害の帯にあった鷹取地点とほぼ同等の震度 7 レベルの記録であったことが分かる。

一方、図-3 は柏崎と小千谷での速度応答スペクトル(減衰 5%)を他の記録と比較したものを示す。これより、柏崎では最大応答が、今年 3 月にあった能登半島地震の穴水地点をはるかに上回り、1995 年兵庫県南部地震や 2004 年新潟県中越地震とほぼ同じであっただけでなく、ピーク振動数が 2.0~2.5Hz と神戸鷹取の記録よりまだ長周期であったことが分かる。これは、地盤や長周期で揺れる木造家屋などへのダメージが非常に大きかったことを意味する。

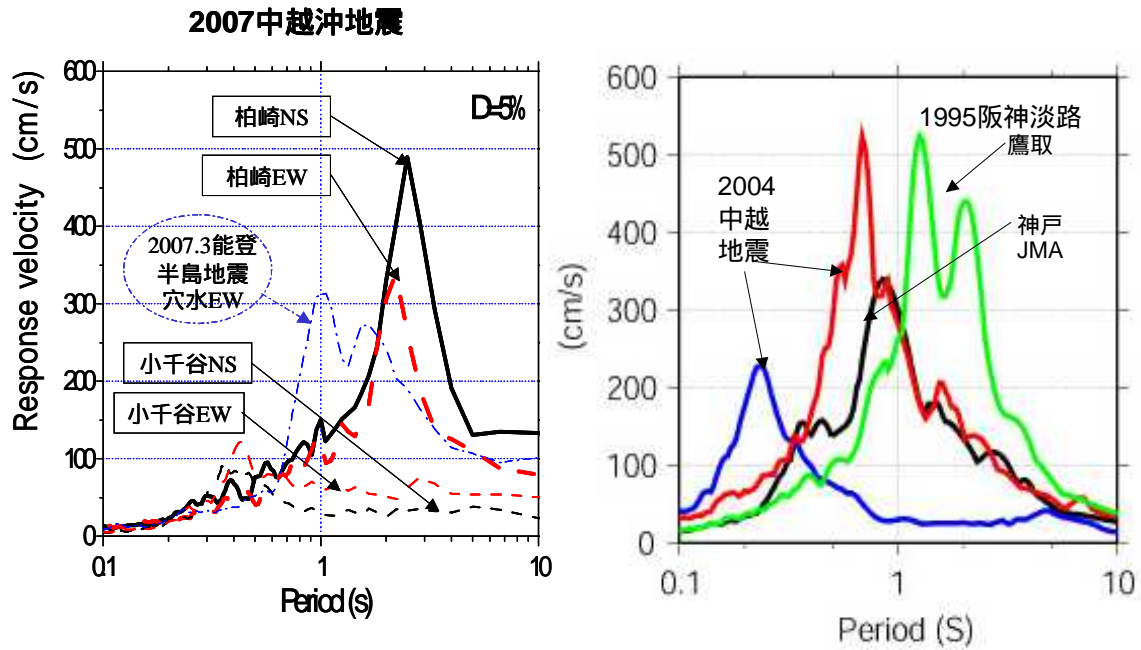


図-3 速度応答スペクトル (D=5%) の比較

## 2. 柏崎市の地盤、K-net 波形と液状化被害

柏崎市の代表的地盤は図-4 の K-net のボーリングデータから分かるように、粘性土（多分、風化した西山泥岩）の上に堆積した砂丘性の比較的密な砂地盤からなり、地下水位は、現地での聞き取りによると GL-2m 程度である。ここでとれた記録の加速度・速度記録を図-5 に示す。この加速度時刻歴はいわゆるサイクリックモビリティの特徴を強く反映した波形であり、比較的密な砂地盤が非排水条件で強く震動し、あるひずみ範囲で液状化に近い挙動を示したことを意味している。しかし、砂丘地盤のほぼ頂部に当る市民会館横の K-net 設置地点（写真-1）周辺では噴砂や明らかな地盤沈下など液状化の明確な兆候は見られず、北東-南西走行の地盤の圧縮ひずみが市役所周辺で見られる程度であった。この波形から地表での最大速度を  $v=100\text{cm/s}$ 、地盤のごく表面近くを除いた S 波伝播速度を図-3 を参考に非線形性も考慮して  $V_s = 80 \sim 160\text{m/s}$  と仮定すると、進行波に当てはまる式  $\gamma = v/V_s$  を上昇波・下降波に適用して、せん断ひずみは片振幅で約  $\gamma=1\sim 2\%$ 、両振幅で  $2\sim 4\%$  であったことが分かる。これは通常とられる液状化発生のおよびひずみ  $7.5\%$  よりも小さく、砂地盤が完全な液状化状態には達しなかったことを意味する。ただし、市内の何箇所かでは噴砂が見られ、最大  $25\text{cm}$  程度の地盤沈下も観察されたことから、砂丘背後の地表付近の緩い砂や工事に伴う埋め戻し砂が局所的に液状化したことが推定される。しかし、液状化によるベースアイソレーション効果が発揮される状態にまでは達しなかったことから決して大規模な液状化とは言えない。

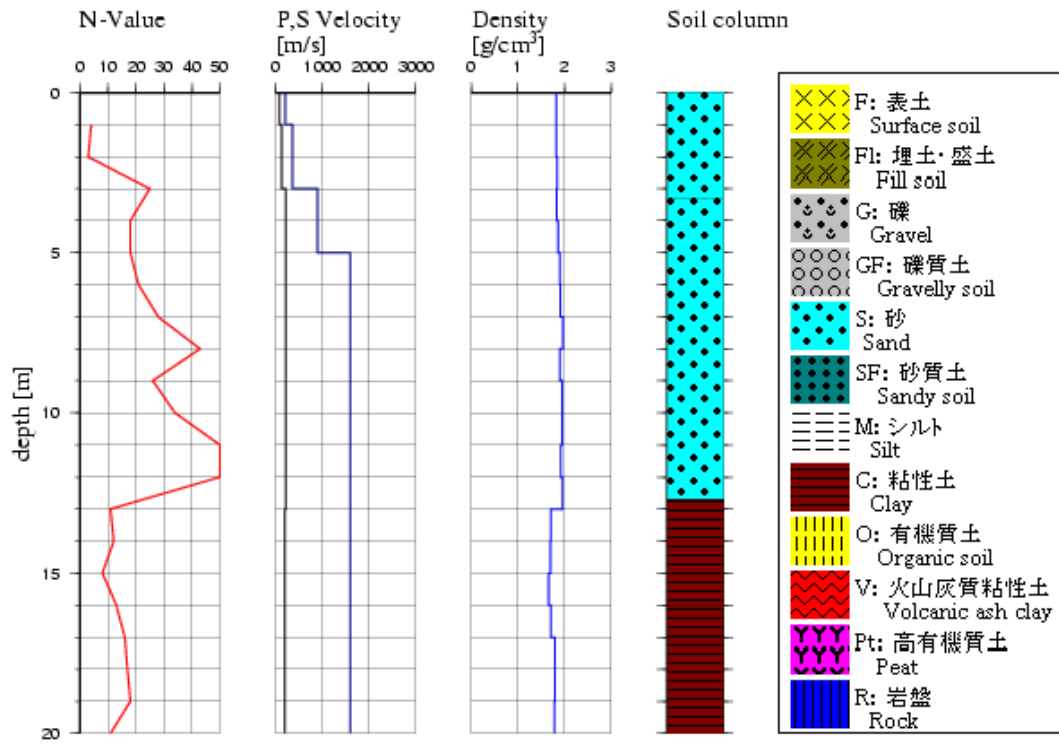


図 4 柏崎 K-net 地点(NIG018)の地盤ボーリングデータ

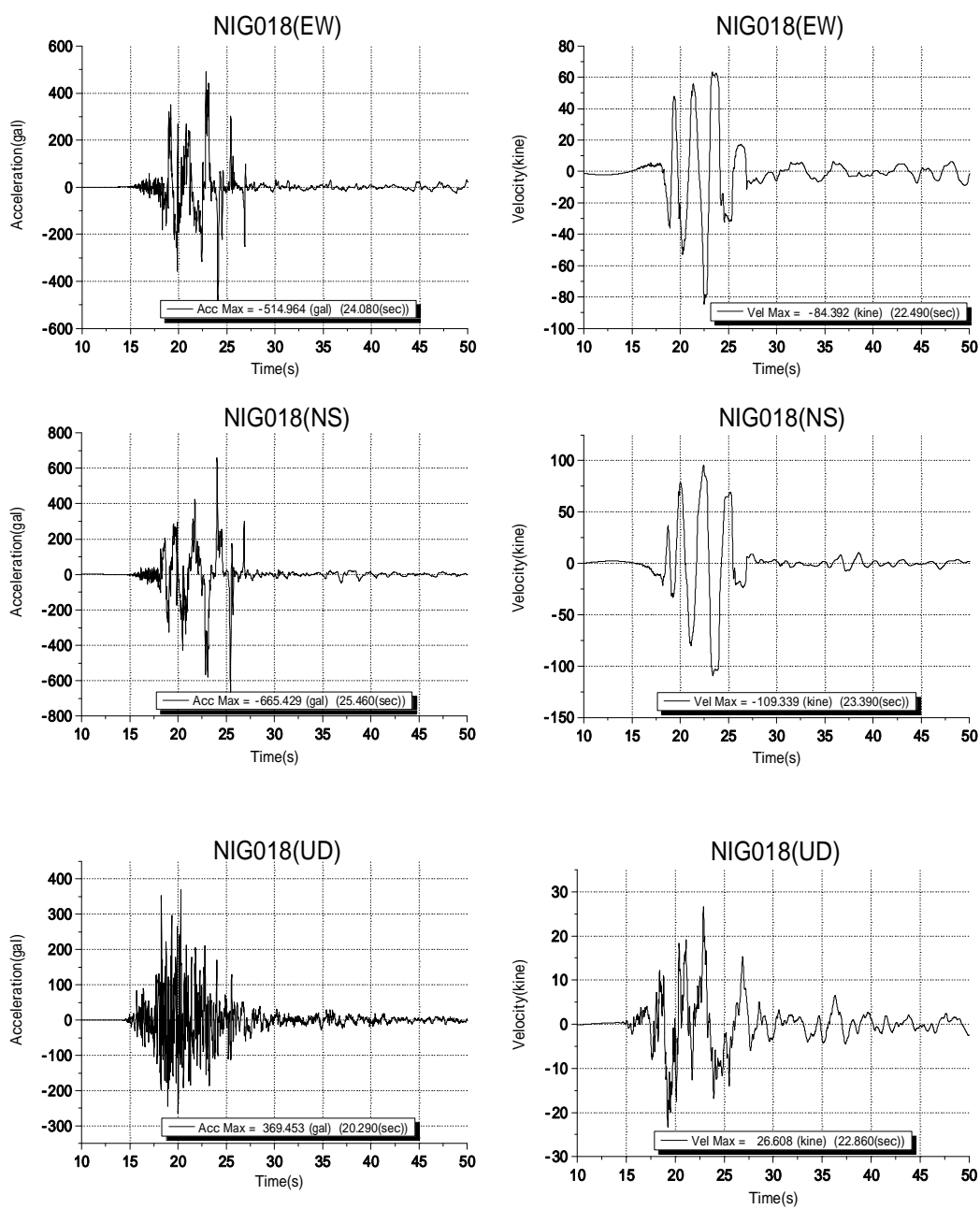


図 5 柏崎 K-net 地点(NIG018)の加速度記録と速度時刻歴



写真 -1 柏崎(K-net)の設置地点(柏崎市民会館)

また、市内の特に砂丘背後斜面において地盤の流動変位が見られた。すなわち、比高 5m 傾斜 3 度程度、水平距離 180m 程度の傾斜地では幅 5cm ほどの傾斜に直交する開口亀裂が数本見られ、傾斜地に続く下部のほぼ平坦地では砂丘背後の低地に至る間の水平距離 250m 程度の区間で道路縁石が盛り上がる圧縮リッジが数本見られた。これは単に 1 本の大通りだけでなく、西本町から四谷 3 丁目交差点までの南側傾斜について 2km にわたり全面的に観察された。水平変位の絶対量については航空写真分析を行う必要があるが、1964 年の時の数メートルに及ぶ大きなものではないと判断される。ただ、比較的密な砂地盤と言えど、砂丘背後斜面では緩い部分もあり、このような現象が起きることは、1983 年の日本海中部地震での能代市でも体験済みのことである。

木造建物被害は北西から南東に向かうこの通りと 2 ~ 3 軒奥までの範囲で非常に多く見られる。すなわち、遷急線に沿った砂丘上面に被害が集中する傾向が見られる。大通り沿いには間口の広い商店が多いことが一因と見られるが、地形と何らかの関連があることも考えられる。四谷 3 丁目から南東に砂丘の坂を下って、砂丘背後の低地に来ると、建物被害はほとんど目立たなくなる。このあたりは多分新開地であり、建物被害は築年数や構造形式が大きく影響するため、地盤や地形の影響を見る上で、注意が必要である。

建物被害と液状化との関係については、半ば液状化状態になったことが地震動を長周期化させた面があることは間違いない。ただ、厚さ 10 メートル余りの砂丘層で砂層の下にある西山泥岩層での揺れがそれほど大幅に変わるわけではなく、泥岩層での揺れがすでにかなり長周期であった可能性が高い。これは、図-3 の小千谷の応答スペクトルでも分かり、もともとの震源メカニズムに周期 1 秒を超える揺れが含まれていたことを意味する。これから考え、液状化が特に木造建物被害を拡大させたと考え難しい。寧ろ、地震波のエネルギーは液状化により多少減少したことが考えられる。

また、流動による側方変位についても地盤が一体で動く限り建物に与える直接的影響はない。亀裂による基礎から建物本体に及んだ被害（今回、我々は観察できなかった）を除いて、建物被害はあくまで揺れにより起きたと考えるべきであろう。

### 3 . それ以外の地盤被害

柏崎を中心とした主に海岸沿いの地帯で、盛土や自然斜面の被害が発生したが、その密度は 2004 年中越地震ほど高くはない。国道 8 号線では谷埋め部分の路肩に滑りが発生した箇所が多数あったが、長期間交通止めになるようなところはなかった。また、柏崎市笠島では、国道 8 号線から入る枝道で腹付け盛土が大きく崩壊した（写真-2）。この箇所は 2004 年中越地震で被災し、1 年前に蛇籠でのり尻を保護し完全復旧したが、今回は蛇籠が前面に押し出され前回以上に大規模崩壊した例である。



写真 2 柏崎市笠島での道路崩壊

斜面崩壊による被害も海岸沿いを中心に多発した。代表例が JR 青海川駅背後斜面であり、西山泥岩からなる急勾配（30 度以上）の背後斜面が大きく崩壊し（写真-3）、崩壊土はホームを乗り越え、海中にまで達した。崩壊土は泥岩岩塊と崩積土の混合体であり、西山泥岩からなる海岸段丘斜面の風化部分が落ちたものと見られる。また、柏崎市聖ヶ鼻では少なくとも 2 箇所の自然斜面が大きく崩壊した（写真-4）。ここも 30 度程度の西山泥岩斜面が尾根を巻き込みながらも、流れ盤的特徴無しに崩壊していた。



写真 3 JR 青海川駅背後斜面での斜面崩壊



写真 4 柏崎市聖ヶ鼻

さらに上越市より西方にある名立小泊は江戸時代の宝永高田地震（1751 年、M6.6）で大規模地滑りを起こしたところであるが、今回は何の変状も認められなかった。国土地理院の災害概要図速報によればさらに西方の筒石漁港付近でも土砂崩れが記入されているが、国道 8 号線からは確認できなかった。我々が確認できたもっとも西方の斜面崩壊は有間川の国道 8 号線横の山側斜面の崩壊（写真-5）であり、震央距離はほぼ 50km である。震央の近くでは小規模なすべりが幾つか見られる。写真-6 は刈羽村勝山城址付近の道路斜面崩壊である。



写真 4 柏崎市有間川の斜面崩壊



写真 5 刈羽村勝山城址付近の斜面崩壊

4 . その他の現地観察写真は、以下のサイトで公開します。

<http://www.civil.chuo-u.ac.jp/lab/doshitu/index.html>

以上