

## 第4章 地盤災害

### 4.1 調査班の構成

氏名	役職	作業分担
杉本 光隆	教授	総括
豊田 浩史	准教授	調査の計画と実施，結果の取りまとめ
高田 晋	技術職員	試験の実施，データ分析

### 4.2 調査日程，調査箇所

第1回目：東京湾臨海部の液状化調査（2011年3月14日～3月18日）

調査内容：新木場，浦安，船橋，千葉の被災地視察

第2回目：福島県中通りと宮城県沿岸部の地盤災害調査（2011年4月1日～4月4日）

調査内容：福島市，郡山市，須賀川市，白河市，仙台市の被災地視察

第3回目：福島県いわき市の地盤災害調査（2011年4月20日～4月21日）

調査内容：いわき市の被災地視察

第4回目：長野県栄村の地盤災害調査（2011年4月26日～4月27日）

調査内容：栄村の被災地視察

第5回目：浦安市の液状化調査（2011年5月20日～5月21日）

調査内容：浦安市において，地盤調査試験の実施

第6回目：浦安市の液状化調査（2011年8月19日～8月21日）

調査内容：浦安市において，追加の地盤調査試験の実施

第7回目：浦安市の液状化調査（2012年2月4日）

調査内容：浦安市今川団地住民に，地盤調査結果の説明

### 4.3 調査結果

本調査班の東日本大震災関連の調査では、テーマを大きく、「東京湾臨海部の液状化」、「福島の地盤災害」、「長野県北部地震による栄村の地盤災害」の3つに分類できる。ここでは、それぞれのテーマの概要を数ページにまとめる。また、作成した講演会等のパワーポイント（PPT）については、4.5 節に掲載することとする。

#### 4.3.1 東京湾臨海部の液状化

##### (1) はじめに

2011年3月11日14時46分に、日本の三陸沖において、マグニチュード（Mw）9.0の東北地方太平洋沖地震が発生した。この大地震により、東京湾の埋立地において広範囲に液状化による被害が生じた。ここでは、被害の大きかった千葉県浦安市（震度5強の長時間長周期の揺れを観測）において、液状化被害調査と簡易動的コーン貫入試験を実施したので報告する。本報では、特に浦安市墓地公園と安市今川団地を取り上げることとする。



図-4.3.1\_1 浦安市の液状化被害（Google Map に加筆）

##### (2) 調査区域の概要

図-4.3.1\_1 に浦安市において、液状化被害を確認した箇所を示す（舞浜駅や東京ディズニーランドにも液状化被害が確認されたが、この図からは省いてある）。埋立地である中町地域と新町地域の広範な範囲において液状化跡が残っていた。一方、首都高速湾岸線より内陸部である元町地域においては、一部、行徳高校周辺などに液状化被害が見られたが、かなり限定的であった。

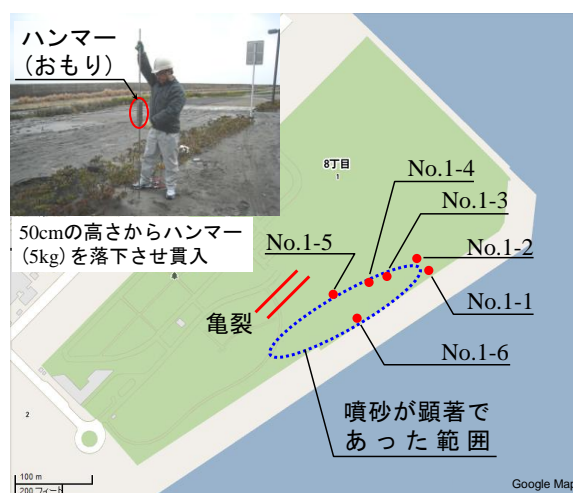


図-4.3.1\_2 浦安市墓地公園の調査箇所（Google Map を加筆）

##### (3) 浦安市墓地公園の被害

図-4.3.1\_2 に示す浦安市墓地公園は、日の出地区東側の海岸寄りに平成4年に開園した、海を望む約4万坪の霊園である。この墓地公園の南西部の端に展望広場があり、海方向に緩やかな傾斜をなしている。この盛土部には亀裂が走り（写真-4.3.1\_1(a)）

盛土下部には大量の砂が噴き出していることより（写真-4.3.1\_1(b)）、液状化により側方流動したものと考えられる。この噴砂の粒径加積曲線を図-4.3.1\_3 に示す（比較として、豊浦砂も掲載）。噴砂は、細粒分を20%弱含む細砂（非塑性）であることがわかる。さらに防潮堤においても側方流動によるずれが見られる（写真-4.3.1\_1(c)）。この防潮堤の海側にはエプロンが整備されており、このエプロンからも大量の噴砂が見られ、最も海側では、土砂とともにエプロン部のアスファルト舗装が盛り上がり、海へ落下していた（写真-4.3.1\_1(d)）。詳細な調査をしないと明確なことはいえないが、側方流動の影響がここまで現れた可能性がある。



写真-4.3.1\_1 浦安市墓地公園の被害

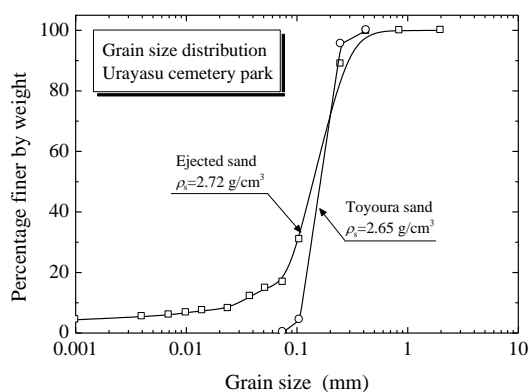


図-4.3.1\_3 噴砂の粒径加積曲線

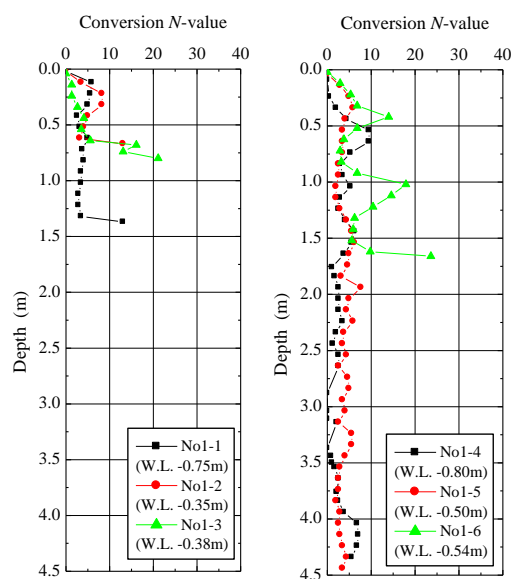


図-4.3.1\_4 簡易動的コーン貫入試験結果

#### (4) 浦安市墓地公園の簡易動的コーン貫入試験

地震発生4日後に、墓地公園で噴砂のほげしかった箇所周辺で6箇所（図-4.3.1\_2参照）、簡易動的コーン貫入試験を行った。試験は地盤工学会基準（JIS 1433）で定められた方法に従い、最大で地表面下約4.5mまで貫入させた。図-4.3.1\_4に試験結果を示すが、ここでは、岡田ら<sup>1)</sup>の方法によりN値に換算してある。なお、試験終了後のロッドに付着した水分から、地下水位を推定した。噴砂は黒っぽい灰色であったが、貫入後にコーン先端に付いた土は、茶褐色の砂（細粒分も多く含む）であった。No1-1～1-3は、噴砂が存在している端部において行ったが、表層部が固く貫入することは困難であった。そこで、No1-4において、噴砂口付近で試験を行ったところ貫入することができた。No1-5は噴砂が見られた範囲内の最も陸側であり、ここも貫入することができた。No1-6はNo1-5に対して海より（盛土下部）で行ったが、ここも貫入不可であった。以上より、広範囲で液状化を

起こしているが、表層部が固いため、限られた場所のみから噴砂が現れた可能性がある。最後まで貫入できた箇所の結果は、 $N$  値 5 以下の軟弱な層がメインであり、 $N_{o1-5}$  には自沈をしていくような軟弱層も存在していた。地下水位も盛土下部においては、約 50cm 程度と大変高いことがわかる。

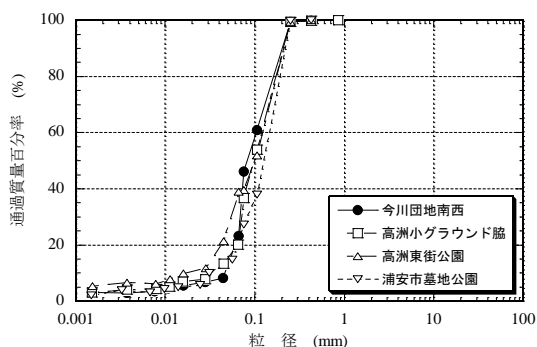


図-4.3.1\_5 噴砂の粒径加積曲線

た噴砂の粒径加積曲線を示す。図中には浦安市内で採取した噴砂の同様な関係を示すが、今川団地の埋立地盤は他の調査地点に比べ、細粒分含有率が大きい。

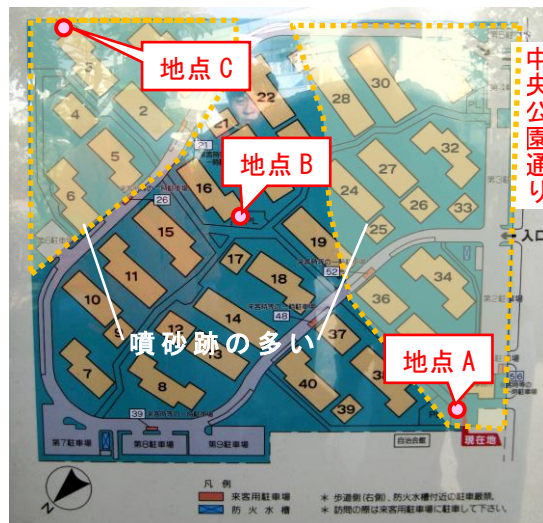


図-4.3.1\_6 貫入試験実施場所

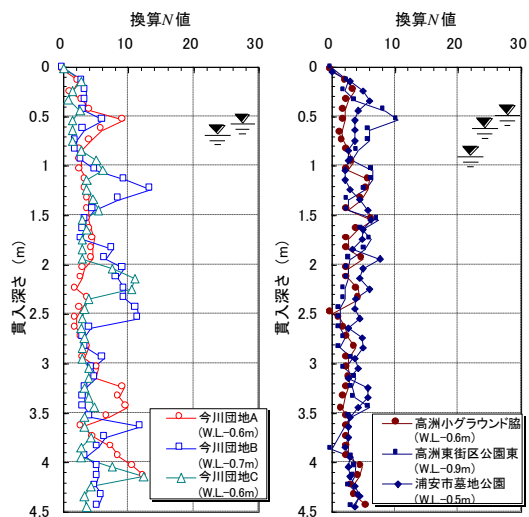
#### (5) 今川団地の概要

浦安市今川地区は昭和43年に第1期海面埋立事業によって作られた造成地で、敷地の多くは戸建て住宅となっている。今川団地は北西の4丁目に位置する。団地は2階建て RC 造 41 棟で構成され、敷地面積は 43,264m<sup>2</sup>、築造後 22 年が経過している<sup>2)</sup>。

液状化は中央公園通りに接する南西側や多目的広場に接する南東側が激しく、防災倉庫や団地玄関付近、ガス制御室周辺には不同沈下が複数個所で確認された。それに対し、団地中央部の四阿周辺では噴砂の発生がほとんどなく、周回道路に僅かな亀裂が見られる程度であった。

地震により、上下水道、ガスなどのライフラインが寸断された。駐車場内は噴砂が敷地一面に堆積し車の出入りに支障が生じたため、地震翌日より住民総出で除去作業が行われた。

図-4.3.1\_5 に今川団地南西側より採取し



(a) 今川団地内 (b) 高洲地区, 他

図-4.3.1\_7 簡易動的コーン貫入試験結果

#### (6) 今川団地の簡易動的コーン貫入試験

噴砂の有無と地盤の軟硬との関連性を調べるため、図-4.3.1\_6 に示す団地内の A~C の 3 地点について、地震発生 6 日後に簡易

動的コーン貫入試験を行った。さらに、大規模な液状化が生じた浦安市高洲地区・浦安市墓地公園でも同様な調査を行った。試験は地盤工学会基準（JIS 1433）で定められた方法に従い、地表面下約 5m まで貫入させた。図-4.3.1\_7 は各地点の試験結果をまとめたものである。ここでの  $N$  値は岡田らの方法（砂質土）<sup>1)</sup>で換算した値であり、現地の地下水位は試験終了後のロッドに付着した水分から推定している。図-4.3.1\_7(a)の今川団地内で比較した場合、地盤が大きく沈下し噴砂が確認された地点 A, C では、換算  $N$  値が 5 以下の液状化層と思われる軟弱層が連続的に堆積しているのに対し、地盤の変状が軽微で噴砂が確認されない地点 B では GL.-1~6m 付近の換算  $N$  値がやや大きい。図-4.3.1\_7(b)の浦安市高洲地区・浦安市墓地公園で得られた換算  $N$  値は貫入深さによらずほぼ 5 前後であり、地点 A, C で得られた貫入抵抗値とほぼ同程度の小さな値を示している。

#### (7) まとめ

浦安市墓地公園において、以下のことがわかった。

1. 液状化を原因とする側方流動により、亀裂が発生し、護岸および防潮堤の移動が見られた。
2. 表層には固い層が存在しており、多くの箇所では貫入が困難であった（6本中4本）。
3. 貫入できた箇所では、 $N$  値が 5 以下の軟弱な層がメインとなっており、地下水位も高いことが確認できた。

浦安市今川団地において、以下のことがわかった。

4. 埋立地盤上に造成された浦安市今川団地周辺では、液状化によりライフラインなどに被害が生じた。

5. 換算  $N$  値が 5 以下の層が連続する地点では、噴砂の発生が顕著で地盤が大きく沈下した。

6. 換算  $N$  値が 5 を上回る地点では、噴砂が見られず地盤沈下などの被害が小さい。

#### 参考文献

- 1) 岡田勝也, 杉本友康, 村石尚, 野口達雄 : 盛土表層部の土質強度に関する異種のサウンディング試験の相関性, 土と基礎, Vol.40, No.4, pp.11-16, 1992.
- 2) 今川住宅管理組合ホームページ : <http://www.urayasu-kanri.com/danchi/kumia/imagawa/imagawa.htm>

#### 4.3.2 福島 の 地盤 災害

##### (1) はじめに

2011年3月11日14時46分（日本時間）に東北地方太平洋沖地震が発生した。この地震により、福島県では多数の土砂災害が発生した。地盤工学会北陸支部では、東北支部と合同で、2011年4月1日から4月3日にかけて、福島県中通り地区の現地踏査を行ったので、その造成地盛土被害を報告する。ここでは、大規模な盛土崩壊の起きた、福島市伏拝と須賀川市木之崎の造成盛土を中心に説明し、その他の造成盛土被害については簡単に紹介する。なお、液状化による宅地の被害が見られた国見町役場周辺や白河市石切場については、ここでは取り扱わない。

##### (2) 福島市伏拝

###### (a) 地形地質概要

図 4.3.2\_1 の地図に、今回調査を行った福島県中通り地区と福島市の拡大図が示してある。福島市の地図には、K-NET 福島、県

庁、伏拝の造成地盛土箇所が示してある。被害のあった造成盛土は、福島県庁から国道4号線を南へ約4 kmのところに位置する、伏拝字沼ノ上地内のあさひ台団地である。



図 4.3.2\_1 伏拝の造成地位置 (Google Map に加筆)



図 4.3.2\_2 崩壊地周辺の表層地質図 (表層地質図<sup>1)</sup> を一部抜粋・加筆)

図 4.3.2\_2 に崩壊地周辺の表層地質図を示す。崩壊地の表層地質は、火山碎屑流堆積物で構成されており、北西には未固結堆積物が分布している。地質からもわかるように、地形分類図では丘陵地に分類されている箇所である。この斜面が、西南西の方向にすべり落ちるように崩壊した。



写真 4.3.2\_1 あさひ台団地の崩壊全景



写真 4.3.2\_2 あさひ台団地の崩壊地上部



写真 4.3.2\_3 あさひ台団地の崩壊の中腹

#### (b) 被害状況

写真 4.3.2\_1 にあさひ台団地の崩壊全景を示す。ブルーシートがかけられている崩壊末端部は、国道4号を塞いだものの、土砂を取り除き、崩壊翌日の4月12日より、

一方通行を可能とした。国道4号の下には池もあるなど、崩壊地の下は集水地形となっていることがわかる。写真4.3.2\_2に崩壊地上部の写真を示す。民家の下半分で地盤が完全に崩落しているが、家屋は何とか存在し続けている。沢部を埋め立てた盛土部が主に崩壊しているようである。写真4.3.2\_3に崩壊部の中腹を示す。道路は、民家とは対照的に完全に崩落してしまっている。この写真には、崩壊せずに残っていた地層から乱した試料を採取した箇所と（粒度試験結果は後の節で示す）、ちょうどボーリング調査が実施されていた箇所を示してある。盛土材としては、切土で発生した粘土質な火砕流堆積物を使っているようである。この地点でのボーリング調査からは、約9mで岩が現れ、地下水位はGL.-5m程度とのことであった。また、別途滑落崖後方で実施したボーリング調査からの地下水位は、GL.-3m程度とのことで、それなりに地下水位も高いことがわかる。しかしながら、崩壊部からの湧水は確認できなかった。写真4.3.2\_4に示すように、滑落崖後方（東側）では、マンホールが少し突出していた。写真上部のブルーシートがかかっているところから崩壊地である。これは、滑落崖後方では崩壊に引っ張られて、地盤が沈下したため、マンホールが突出したようになっていると考えられる。さらに、この周辺には、多くの亀裂（テンションクラック）も確認できた。このため、あさひ台団地の西半分（国道4号線側）の80世帯に対し、避難指示が出されたとのことである。

写真4.3.2\_5には、2007年度に撮影された電子国土のオルソ画像に、崩壊箇所をスケッチした。また、1974～1978年撮影の空中写真から、家はまばらであるが、すでに造成は行われていることがわかり、造成は

40年ほど前に行われたようである。これまで議論してきているNo.1の崩壊の他に、少し南方にNo.2の崩壊もあることがわかる。No.1の崩壊は、滑落崖から国道4号線までの標高差は約35mである。写真4.3.2\_6にNo.2の崩壊地を下部より撮影した写真を示す。No.1の崩壊と比べ、下部への土砂の移動は少なく、部分的な崩壊であることがわかる。写真4.3.2\_7にNo.2の崩壊地の上部を示すが、民家が3m程度沈下しているのがわかる。民家は倒壊には至っておらず、土塊にのって移動したようである。このことから、円弧すべり的な崩壊であったことが推測できる。



写真 4.3.2\_4 崩壊地後方のマンホール



写真 4.3.2\_5 崩壊箇所（電子国土のオルソ画像（2007年度撮影）を利用）



写真 4.3.2\_6 No.2 の崩壊の下部



図 4.3.2\_3 木之崎の造成地位置 (Google Map 使用)



写真 4.3.2\_7 No.2 の崩壊の上部



図 4.3.2\_4 崩壊地周辺の表層地質図 (表層地質図<sup>2)</sup> を一部抜粋・加筆)

### (3) 須賀川市木之崎

#### (a) 地形地質概要

図 4.3.2\_3 の地図に、今回調査を行った福島県中通り地区と須賀川市の拡大図が示してある。造成盛土の被害の起こった箇所は、須賀川市役所より、国道 118 号線を西へ約 7.5 km 行った場所 (赤丸) にある。国道が南西方向にカーブしたところで、国道を挟んで、北東方向には長沼ニュータウンが位置している。なお、図中の青い点線で囲まれた箇所 (長沼周辺) については、その他の造成盛土の被害で取り上げる。

図 4.3.2\_4 に崩壊地周辺の表層地質図を示す。崩壊地の表層地質は、石英安山岩質凝灰岩で構成されており、崩壊地下方 (北東方向) には未固結堆積物が分布している。地質からもわかるように、地形分類図では丘陵地に分類されている箇所である。この斜面が、東北東の方向にすべり落ちるように崩壊した。

#### (b) 被害状況

写真 4.3.2\_8 に木之崎の宅地の崩壊全景を示す。滑落崖は民家の基礎にまで達しているが、民家は何とか安定を保っており、テラス部のみ滑落したようである。一方、



道路は完全にすべり落ちている。沢部を埋めた谷埋め盛土と考えられ、盛土材は、まさ土のように見受けられる。崩壊せずに残っていた地層から乱した試料を採取した箇所も示してある。写真 4.3.2\_9 に崩壊上部から下部を見た写真を示す。崩壊地の下には、池が確認でき、崩壊地の下は集水地形となっていることがわかる。池を越えたところに国道 118 号線が位置しており、国道の向こう側には、長沼ニュータウンが見える。写真 4.3.2\_10 では、滑落崖の下に水たまりができており、崩壊部からの湧水は確認できなかったものの、それなりに地下水位も高いことが推測される。



写真 4.3.2\_10 滑落崖の下に現れた水たまり



写真 4.3.2\_8 木之崎の宅地の崩壊全景



写真 4.3.2\_11 崩壊箇所（電子国土のオルソ画像（2009 年度撮影）を利用）



写真 4.3.2\_9 崩壊上部から下方向

写真 4.3.2\_11 には、2009 年度に撮影された電子国土のオルソ画像に、崩壊箇所をスケッチした。また、1974～1978 年撮影の空中写真では、まだ造成は全く行われていない木々の生い茂る中山間地であった。造成はここ 30 年以内に行われたようである。この写真から、沢部を埋め立てていることと、下には池が存在することがよくわかる。滑落崖から池までの標高差は 15m 程度である。

#### (4) 物理試験結果

福島市伏拝および須賀川市木之崎の造成盛土の崩壊跡から採取した試料の物理試験

を行った。採取箇所については、それぞれ、写真 4.3.2\_3 と写真 4.3.2\_8 に示してある。試験結果を図 4.3.2\_5 に示す。比較として、豊浦砂の粒度も同時に記してある。現地の写真からもわかるように、伏拝の試料は、明るい茶色をしていたのに対し、木之崎の試料は、少し黄色っぽい灰色であった。伏拝試料は、80%以上の細粒分が含まれており、液性限界も50%を超えていることより、かなり粘土質であることがわかる。一方、木之崎試料は、細粒分含有率は40%弱であり、砂分もかなり含まれていることがわかる。土粒子密度については、両者とも火山灰質土に特有の小さな値は示しておらず、普通の粘性土程度の値である。伏拝試料のように、粘土分の多い火山堆積物の動的な力学挙動については、今後研究を行っていく必要があると思われる。

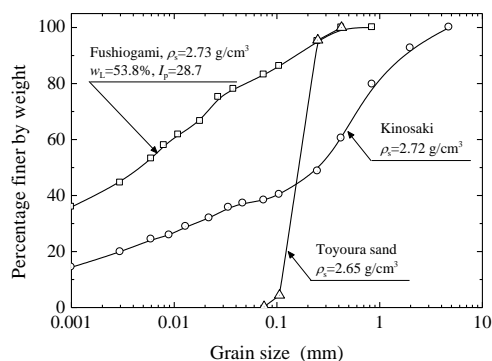


図 4.3.2\_5 崩壊地から採取した試料の粒度

(5) その他の造成盛土の被害

(a) 長沼周辺

図 4.3.2\_6 に長沼周辺で起こった盛土の被害箇所を、No.1～No.3 で示してある。図 4.3.2\_3 の青の点線で囲まれた場所である。これらは、本報告で取り上げた木之崎の造成盛土と近いところに位置している。



図 4.3.2\_6 長沼周辺の盛土被害箇所 (Google Map に加筆)



写真 4.3.2\_12 No.1 の盛土被害



写真 4.3.2\_13 No.2 の盛土被害 (崩壊下部から)

No.1 の盛土被害を写真 4.3.2\_12 に示す。盛土法肩部がすべりにより沈下しており、法尻部にははらみだしが生じていた。また、

道路面には盛土からの湧水が流れ出しており、盛土は保水性の高い材料であることが推測できる。道路には大型土嚢を並べ、道路に土砂が流出しないように応急処置が施されている。



写真 4.3.2\_14 No.2 の盛土被害（崩壊上部から）



写真 4.3.2\_15 No.3 の盛土被害

No.2 の盛土被害を、下から撮影したものと上から撮影したものを、それぞれ写真 4.3.2\_13, 写真 4.3.2\_14 に示す。道路付近では、崩壊土砂が片付けられ、法面が再成形されたようである。上からの撮影より、流動的な盛土の崩壊であることがわかる。したがって、この盛土もかなりの水分を含んでいたと考えられる。なお、盛土下の道路では、液状化が原因と考えられる、埋戻土

の沈下（埋設管の箇所）が生じていた。

No.3 は水田の盛土であるが、上部には亀裂が入り、すべりをともなった変形で、下部ははらみ出しにより、道路の歩道を圧縮している（写真 4.3.2\_15）。



図 4.3.2\_7 白河市周辺の宅地被害（Google Map 使用）



写真 4.3.2\_16 新白河南湖ニュータウンの盛土被害

#### (b) 新白河南湖ニュータウン

図 4.3.2\_7 の地図に、K-NET 白河、宅地に液状化の被害が見られた石切場、造成盛土が被害を受けた新白河南湖ニュータウンの位置を示している。

新白河南湖ニュータウンにおける造成盛土の被害を写真 4.3.2\_16 に示す。表層が浅く崩壊しているようであるが、盛土の下に

は、湿地帯や水田が広がり、地下水位は豊富であると推測される。また、他の箇所では、盛土が変形することによる、蛇籠の変形も見られた。

#### (6) まとめ

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の被害調査を、2011年4月1日から4月3日にかけて福島県中通り地区を中心に行った。被害のなかでも、造成盛土に着目して、報告書をまとめた。崩壊箇所数は多くないが、以下に調査から得られた知見を示す。

1. 崩壊地より後方では、崩壊土砂に引っ張られて、地盤沈下や亀裂（テンションクラック）が見られた。地盤もゆるんでいると考えられ、雨水が染み込まないようにするなど、今後も十分な注意が必要である。
2. 造成盛土の大規模な崩壊箇所の共通点は、谷埋め盛土である点と、盛土の下方に水を含んだ軟弱な地盤が存在していることである。
3. 細粒分を多く含んだ火山堆積物の盛土が被害を受けている。今後、このような土質の動的強度特性を把握しておく必要がある。

今後の課題としては、以下のことがあげられる。

1. 崩壊地の後方には、多くの亀裂が発生していた。住民の家財を守るためにも、宅地からの避難指示のみでなく、降雨のしみ込み等により崩壊が進展しないように対策を講ずる必要がある。
2. 細粒分を多く含んだ火山堆積物の動的

強度特性を把握し、斜面安定解析の精度を高める必要がある。ここでは、長い地震継続時間や余震の影響も考慮する。

3. 崩壊事例より、危険性の高い盛土は把握可能なので、精度の高い安定解析を実施して、必要に応じて対策工法を行う必要がある。
4. 今後の盛土構築のため、地形・地質別に評価したり、耐震性能を盛り込んだ指針が必要である。

#### 謝辞

この被害調査は、地盤工学会福島県内陸部第一次地震被害調査団のもとで行われました。団長の中村 晋 教授（日本大学）をはじめ、東北支部の方々には、調査の段取りや現地案内で大変お世話になりました。ここに、記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 1/50,000 土地分類基本調査（表層地質図）「福島」福島県，1982.
- 2) 1/50,000 土地分類基本調査（表層地質図）「須賀川」福島県，1984.

#### 4.3.3 長野県北部地震による栄村の地盤災害

##### (1) はじめに

##### (a) 地震の概要

2011年3月12日3時59分（日本時間）に、長野県北部の新潟県との県境付近の深さ8kmで、マグニチュード（M）6.7の直下型地震（北西－南東方向に圧力軸を持つ逆断層型）が発生した。この地震を「長野県北部地震」と称することにする。地震のメカニズムや震源域は全く異なるものの、東北地方太平洋沖地震の翌日に起きたため、

地殻変動などから誘発された可能性も指摘されている。この地震により、長野県栄村では震度6強、新潟県津南町と十日町市では震度6弱を記録した。

(b) 調査の概要

この地震による被害状況を調査するため、2011年4月27日に、上信越自動車道の豊田飯山ICから国道117号線を新潟方面に北上するルートで調査を行った。調査箇所を図4.3.3\_1の地図に示す。日没のため、新潟県内のエリアまで調査することはできなかったが、この調査で見られた被害箇所について報告する。



図 4.3.3\_1 地震の震央と調査箇所

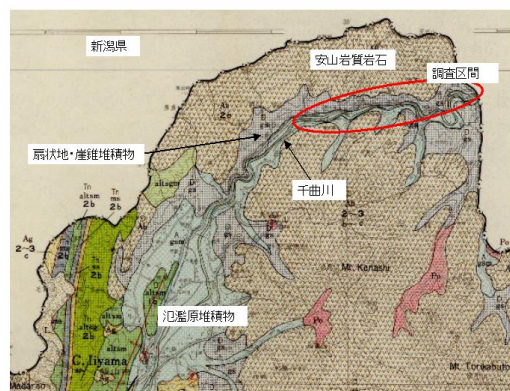


図 4.3.3\_2 長野県北部の表層地質図 (表層地質図<sup>1)</sup> を一部抜粋・加筆)

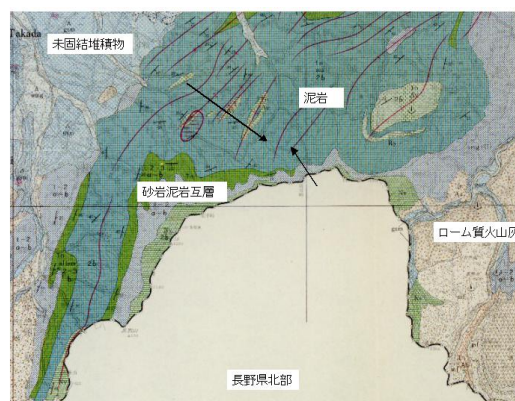


図 4.3.3\_3 新潟県松之山周辺の表層地質図 (表層地質図<sup>2)</sup> を一部抜粋・加筆)

(2) 被害状況

(a) 地形地質概要

図4.3.3\_2に今回調査を行った地域の表層地質図を示す。山間地は安山岩質岩石で構成されており、千曲川左岸の丘陵部には、未固結堆積物（扇状地・崖錐堆積物）が分布している。一方、千曲川右岸では、扇状地・崖錐堆積物があまり見られず、氾濫原堆積物が分布している。これより、千曲川の北側の山地が千曲川に向かって崩壊することが多かったことが推測される。参考までに、これに連続する新潟県側の表層地質図を図4.3.3\_3に示す。新潟側では、安山岩質岩石より、第三紀の泥岩が主体の地質に代わっていることは興味深い。



図 4.3.3\_4 セヶ巻の崩壊箇所



写真 4.3.3\_1 セツケ巻の崩壊 (図 4.3.3\_4 の B 地点)



写真 4.3.3\_2 セツケ巻の崩壊 (図 4.3.3\_4 の C 地点)

#### (b) セツケ巻の崩壊

国道 117 号線を走行中に、沢筋を赤茶色に濁った水が流れ出てきているのを確認した (図 4.3.3\_4 中の写真)。場所は長野県下高井群野沢温泉村セツケ巻 (なながまき) である。国道 117 号からは崩壊箇所が確認できなかったため、沢筋を登って調査を行った。途中、両岸には崩壊土砂が堆積しており、木がなぎ倒され、沢水が土砂を深く洗掘しているようであった (写真 4.3.3\_1)。重機が入ったとは思えないが、人工的に応急的な水路を確保したと思わせるような洗掘であった。崩壊上部の写真を写真 4.3.3\_2 に示す。崩壊は南西に折れ曲がった沢筋で

起きており、崩壊した土砂が沢の岸に乗り上げ、木を倒しながら流下したと推測される。

崩積土砂は、かなり粘土質であり、軟らかい状態であるため、今後も洗掘が進んでいくと思われる。崩壊上部の不安定な土砂が崩れることにより土石流が発生する危険性があるため、早急な対策が必要であろう。



図 4.3.3\_5 栄村豊栄の国道 117 号の被害箇所

#### (c) 栄村豊栄の国道の被害

長野県下水内群栄村豊栄の国道 117 号線を走行中に気づいた被害について報告する。被害箇所を図 4.3.3\_5 に示す。図中の No.1 と No.2 の箇所ですべて車を降りて調査を行った。図中には、No.1 の箇所に見られた白鳥大橋の歩道の段差を示してある。橋梁のアバットと盛土の接合部ではよく見られる被害であるが、ここでは軽微なものであった。

この周辺の国道は、写真 4.3.3\_3 に見られるように、千曲川方向に変位しており、道路には亀裂やアスファルトの亀裂が見られる。国道の盛土部が地震により変位したものであると思われる。JR 飯山線の擁壁が隣接しているが、大きな被害は見られない。写真 4.3.3\_4 に JR 飯山線の擁壁を示す。盛土自体に大きな変状は見られないが、擁壁は被

害を受けていることがわかる。



写真 4.3.3\_3 国道 117 号の被害 (図 4.3.3\_5 の No.1 の箇所)



写真 4.3.3\_4 JR 飯山線の盛土の被害 (図 4.3.3\_5 の No.1 の箇所)



写真 4.3.3\_5 国道 117 号の被害箇所 (図 4.3.3\_5 の No.2 の箇所)

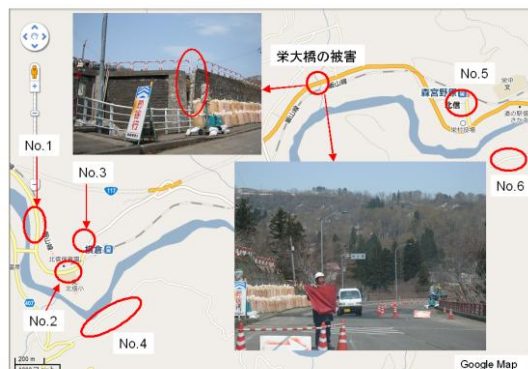


図 4.3.3\_6 栄村北信の国道 117 号の被害箇所

No.2 の箇所では、千曲川に隣接する急崖で、薄く剥がれ落ちるよう斜度が崩壊している箇所があった (写真 4.3.3\_5)。この崖に隣接して民家も建っているため、早急の対策が必要であろう。

#### (d) 横倉駅周辺の被害

JR 飯山線の横倉駅周辺で調査を行った。図 4.3.3\_6 において、No.1～No.4 の箇所の被害をここでは取り扱う。この図中には、栄大橋の被害写真と森宮野原駅周辺 (No.5, No.6) も示してある。写真 4.3.3\_6 に No.1 の箇所における覆道 (スノーシェッド) の被害を示す。斜面の表層が崩れ落ちており、覆道が崩壊してしまった箇所もある。

写真 4.3.3\_7 に栄村立栄小学校 (旧北信小学校) の被害を示す (No.2 の箇所)。小学校 1 階の壁には無数のクラックを補修 (充填) した跡が見える。また、埋戻土が液状化したような跡も見られる。写真 4.3.3\_8 に栄小学校周辺の民家を示す (No.2 の箇所)。畑には段差ができており、木造の建家は大きく傾いてしまっている。畑には陥没穴も見られたが、昔の井戸ではないかと思われる。



写真 4.3.3\_6 覆道の被害(図 4.3.3\_6 の No.1 の箇所)



写真 4.3.3\_7 栄小学校の被害(図 4.3.3\_6 の No.2 の箇所)



写真 4.3.3\_8 栄小学校周辺の被害(図 4.3.3\_6 の No.2 の箇所)

写真 4.3.3\_9 に横倉駅周辺の民家の被害を示す (No.3 の箇所). この周辺には多く

の民家が被害を受けていたが、造成のため、盛土をしたと推測される箇所が特に大きく被害を受けているようである。

写真 4.3.3\_10, 写真 4.3.3\_11 には, No.4 の箇所における道路の被害を示す. 箱形擁壁が多用されていたが, 千曲川方向へ大きく変形する被害も見られた. しかしながら, 写真 4.3.3\_11 にあるように, 箱形擁壁は通常の盛土よりは法肩の変位が小さく, 被害が軽微である箇所も見られる. 固定しない柔な構造ではあるが, ある程度の耐震性はあるものと思われる. 周辺には斜面から水が湧き出ている箇所も確認できたため, 地下水が集まりやすい斜面が弱点になると推測される.



写真 4.3.3\_9 民家の被害(図 4.3.3\_6 の No.3 の箇所)



写真 4.3.3\_10 箱型擁壁の被害(図 4.3.3\_6 の No.4 の箇所)





写真 4.3.3\_11 道路の被害 (図 4.3.3\_6 の No.4 の箇所)



写真 4.3.3\_14 斜面の崩壊 (図 4.3.3\_6 の No.6 の箇所)



写真 4.3.3\_12 森宮野原駅の被害 (図 4.3.3\_6 の No.5 の箇所)



図 4.3.3\_7 栄村北信の斜面崩壊箇所

(e) 森宮野原駅周辺の被害

JR 飯山線の横倉駅周辺で調査を行った。図 4.3.3\_6 の、No.5, No.6 の箇所の被害をここでは取り扱う。写真 4.3.3\_12 に森宮野原駅 (No.5) の被害を示す。駐車場において、埋戻土の液状化が発生し、埋設管に沿って沈下した跡が見られた。駅のホームも被害を受けたということであるが、すでにきれいに修復されていた。写真 4.3.3\_13 に森宮野原駅前の民家の被害を示す。道路と宅地基礎との間にすき間ができています。民家の裏にまわってみると、なだらかなスロープとなっており、民家は簡易な擁壁で囲んで造成されたところに建てられたようである。この造成箇所の変状が被害の原因で



写真 4.3.3\_13 森宮野原駅周辺の被害 (図 4.3.3\_6 の No.5 の箇所)

あると考えられる。写真4.3.3\_14には、No.6の箇所を確認された斜面崩壊を示す。崩壊現場近くまでは立ち入らなかったが、急崖で風化した部分が崩れ落ちたように見受けられる。



写真 4.3.3\_15 乗り上げた土石流堆積物（トマトの国より撮影）

#### (f) 栄村北信の斜面崩壊

栄村北信の中条川上流の東入沢川において、天然ダムを形成する斜面崩壊が発生した。この崩壊は、土木研究所土砂管理グループ雪崩・地すべり研究センターにより報告されている。図 4.3.3\_7 に崩壊箇所を示す。この斜面崩壊で土砂が雪を巻き込みながら、川を流下した。地震発生日の朝の6時頃には、崩壊地の下流 800m ほどのところに位置する温泉宿泊施設「トマトの国」において、土石流堆積物が乗り上げているのが確認できたとのことである（写真4.3.3\_15）。導流堤建設のための調査ボーリングや大型土嚢を積むなどして、応急措置がとられていた。天然ダムが崩壊して、大規模な土石流が発生すれば、かなり危険な場所となりそうである。写真4.3.3\_15に見られるように、トマトの国からでは、崩壊箇所は確認できるものの、天然ダムは確認できなかったため、図 4.3.3\_8 のルートに

より崩壊地へのアクセスを試みた。図中には途中の段々畑において生じていた崩壊の写真も示してある。大分雪も少なくなっており、今後このような小崩壊も明らかになってくるものと思われる。



図 4.3.3\_8 崩壊箇所へのアクセス



写真 4.3.3\_16 北信の斜面崩壊（全景）

写真 4.3.3\_16 に崩壊の全景を示す。崩壊地は鮮新世の魚沼層群相当の安山岩質凝灰角礫岩等の岩石から成っている。走向方向から流れ盤方向に No.1 の斜面がずれ落ちるような形で崩れ落ち、谷を塞いで天然ダムを形成している。その上には潜水湖が形成されている。崩壊は長さ 200~300m 程度、幅も 100m を超えているようである。深さは明確でないものの、土石流などからかなりの土砂移動があったと推測される。奥に

も No.1 と同程度の崩壊した跡 (No.2) が見られる。



写真 4.3.3\_17 北信の斜面崩壊 (湛水湖上部)



写真 4.3.3\_18 北信の斜面崩壊 (湛水湖下部)

写真4.3.3\_17に湛水湖の上部を拡大した写真を示す。湛水湖の上部に勢いよく流れ落ちる滝が確認できる。この場所からは確認できなかったが、No.2の崩壊によっても天然ダムが形成されている可能性はある。

写真4.3.3\_18に湛水湖の下部を拡大した写真を示す。天然ダムの崩壊斜面側から、勢いよく水が流れ出ている湧水が確認できる。逆方向からも水が下流に流下しているのが確認できる。切り立った斜面であり、

対策が難しいと思われるが、土石流の発生には十分に注意しておく必要がある。

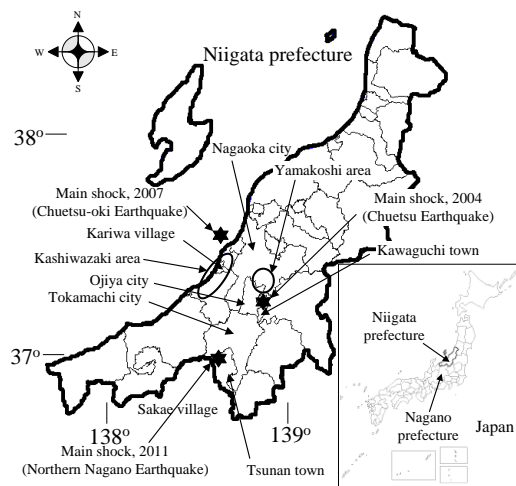


図 4.3.3\_9 周辺で発生した地震の震央位置

### (3) 考察とまとめ

#### (a) 斜面崩壊の特徴

長野県北部地震は、積雪の残る時期に中山間地で発生した直下型地震であった。近い距離で発生した同様の地震としては、2004年10月23日の新潟県中越地震と2007年7月16日の新潟県中越沖地震がある。図4.3.3\_9に各地震の本震の震央位置を示す。

新潟県中越地震では、山古志地域を中心に、河道閉塞地すべりを含む、多数の斜面崩壊(3000以上)が発生した。このような斜面崩壊が多発した原因として、被災地付近では台風の影響により、地震の2日前に100mmほどの降雨があり、地下水位が上がっていたこと、また、崩壊した斜面では、固結度の低い砂質斜面が卓越していることなどが指摘されている。降雪前の地震で、ゆるんだ斜面が融雪期に再活動することが懸念されたが、それほど大きな崩壊は見られなかった。しかしながら、植生の被害とゆるんだ斜面の表層が原因で、例年より雪崩数が増加したことが報告されている<sup>3)</sup>。

新潟県中越沖地震では、中越地震ほど斜面崩壊数は多くなかった。震源が山間地の直下ではなく日本海にあったことや、崩壊した斜面からは、細粒分を多く含む土砂が多かったことなどの特徴がある。

今回の長野県北部地震においても、新潟県中越地震と比較すると、斜面崩壊はまばらである。図 4.3.3\_10 に、2004 年の冬に新潟県長岡市で観測された地下水位を示す。新潟県中越地震は台風の影響で、地下水位が高い状態にあった。雪解けの時期に地下水位は上昇するが、この結果からは、長野県北部地震が起こった時期(3月12日)は、地下水位が上がり始める前であったのではないかと推測できる。

また、長野県北部(栄村)の山地は安山岩質岩石で構成されており、山古志地域の第三紀泥岩とは性質を異にする。一方、栄村同様、強い揺れを記録した新潟側の松之山の地質は、山古志地域と同様の第三紀泥岩を示すものの、砂質優勢の地層がどの程度あったかが気にかかるところである。今後の調査の進展に期待される。なお、地震時には 2m を超える積雪があったが、地震による雪崩の発生も限定的であったことは興味深い。

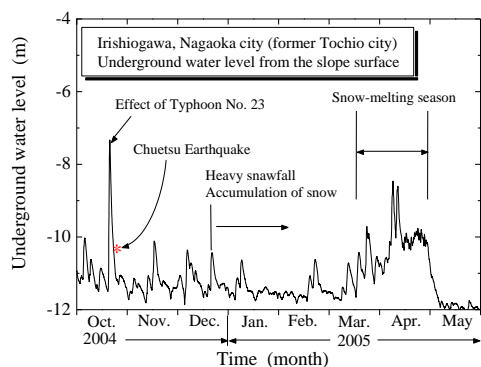


図 4.3.3\_10 地下水位の変動

## (b) まとめ

2011 年 3 月 12 日に発生した長野県北部地震の被害調査を、2011 年 4 月 27 日に長野県の栄村を中心に行った。以下に調査から得られた知見を示す。

1. 他の地震被害と同様、土構造物では盛土部が被害を受けており、周辺には湧水も確認できた。
2. 建物の被害や斜面表層の風化部が崩れ落ちる崩壊が多かったことより、地震動はそれなりに強かったことが推測される。
3. しかしながら、大規模な斜面崩壊はかなり限定的であった。中山間地の地質構成が関係している可能性もあり、今後の調査の進展に期待したい。

## 謝辞

被害調査にあたっては、小野和行氏(日本総合建設株式会社)、島内哲哉氏(明治コンサルタント株式会社)、中村公一氏(鳥取大学)の協力を得ることができた。また、この被害調査でお会いした、赤井静夫氏(株式会社北信ボーリング)からは、様々な情報提供や北信の斜面崩壊地を案内していただいた。ここに、記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 1/200,000 土地分類基本調査(表層地質図)「長野県」長野県, 1974.
- 2) 1/200,000 土地分類基本調査(表層地質図)「新潟県」新潟県, 1973.
- 3) 上石勲, 町田誠: 地震による斜面の災害と豪雪による雪崩発生状況, 積雪地域の地震災害と防災, 日本雪工学会上信越支部, pp. 45-67, 2008.

## 4.4 今後の課題や提案等

「4.3 調査結果」において述べた 3 つのテーマについての知見と課題を、以下にまとめておく。

### 4.4.1 東京湾臨海部の液状化

2011 年 3 月 11 日に太平洋三陸沖で発生した東北地方太平洋沖地震では、千葉県浦安市の埋立地で液状化が発生し、ライフライン等に甚大な被害をもたらした。多くの宅地も被害を受けているため、安価な液状化対策工法と地盤調査手法の提案は、これからの社会を考えた上で、急務と考えられる。そこで、浦安市の複数個所で、地震直後に簡単に実施できる、簡易動的（コーン）貫入試験と表面波探査試験を行い、地盤の貫入抵抗値とせん断波速度分布より、液状化の発生原因や地盤改良効果についての評価を試みた。以下に得られた成果をまとめておくので、局所的な液状化・非液状化箇所の推定や応急対策の調査箇所を絞り込むための簡易調査手法として、利用できれば幸いである。

1. 表面波探査から得られるせん断波速度分布と簡易動的貫入試験の換算  $N$  値から推定する軟弱層の分布には、整合性が見られた。また、これらの傾向は、近隣で実施された標準貫入試験結果ともほぼ整合している。
2. 表面波探査では、地盤の 2 次元せん断波速度分布が容易に得られるが、局所的な軟弱層が平均化されるため、10cm ごとの貫入抵抗値がわかる簡易動的貫入試験で軟弱層の確認をするとともに、深さ方向の判別分解能を上げていく利用法が推奨できる。
3. 簡易動的貫入試験で地中に貫入させるロッドの湿りから、既存のボーリングデータとある程度整合している高い地下水位が観測できた。
4. 噴砂やコーン先端付着土は細粒分を含んだ細砂であった。既存のボーリングデータからも、地表面付近には、シルトを含んだ細砂が分布している。
5. 以上の調査結果より、今回の地震（最大加速度約 160gal、主要動継続時間約 60 秒の地震動）では、地表面下 5m 程度までに存在するせん断波速度が 130 m/s 以下、 $N$  値では 5 程度以下の砂質土層が主に液状化を起こしたと考えられる。
6. 簡易動的貫入試験では、建家周囲で施工されたサンドコンパクションパイル（SCP）の影響を、その近傍で試験を実施することにより、 $N$  値が 10 を超える層が頻繁に出てくることで把握できそうである。一方、今回行った表面波探査結果では、結果が平均化されるためか、SCP の効果を明確に把握することはできなかった。表面波探査では、地盤物性がそれほど変化しない地盤改良の詳細箇所の特定は難しそうであるが、改良前後のせん断波速度を比べ、地盤を評価する利用法が考えられる。

#### 4.4.2 福島の地盤災害

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の被害調査を、福島県中通り地区を中心に行った。以下に特徴的な点や今後の課題を示す。

1. 広範な範囲に地盤被害が分散しているが、被害はまばらで、被災率は高くない。したがって、地盤に何らかの問題があると考えられるため、今後多くのデータを収集してまとめる必要がある。
2. 庁舎に被害が多く、復旧が麻痺している箇所が多く見られた。復旧を実施するためにも庁舎は耐震性を高めておく必要がある。
3. 福島県の崩壊地は火山灰質土が主体であり、細粒分を多く含んだ火山堆積物の盛土が被害を受けている。今後、このような土質の動的強度特性を把握しておく必要がある。
4. いわき市周辺では余震（2011年4月11日）による被害も多い。本震により、地盤が劣化していた可能性や震動の強さについても影響を考慮し、被災原因を解明する必要がある。

#### 4.4.3 長野県北部地震による栄村の地盤災害

2011年3月12日に発生した長野県北部地震の被害調査を、長野県の栄村を中心に行った。以下に調査から得られた知見を示す。

1. 土構造物では盛土部が被害を受けており、周辺には湧水も確認できた。これは他の地震被害と同様の傾向である。
2. 建物の被害や斜面表層の風化部が崩れ落ちる崩壊が多かったことより、地震動はそれなりに強かったことが推測される。
3. 新潟県中越地震と同様、中山間地であるが、大規模な斜面崩壊はかなり限定的であった。中山間地の地質構成が関係している可能性もある。
4. 積雪のある時期に起きた地震であり、雪崩、雪の重み、地下水位など、斜面崩壊に与える様々な影響が考えられる。複合災害の点でも今後の調査の進展に期待したい。

#### 4.5 講演のPPTあるいは発表論文・報告等

ここでは、講演等で使用したパワーポイントの内容を抜粋して掲載する。以下には、東日本大震災関係のことを報告した行事名を示しておく。

1. 第51回地盤工学会北陸支部定例総会 特別講演会  
日時：平成23年4月20日（水） 15：10～16：20  
場所：ボルファートとやま  
題目：「東北地方太平洋沖地震緊急報告」 長岡科学技術大学准教授 豊田浩史
  
2. 平成23年度（社）日本地すべり学会中部支部総会 特別講演会  
日時：平成23年6月1日（水） 15:00～17:00  
場所：ホテルメトロポリタン長野  
題目：「地震と地すべり・地盤災害」 長岡科学技術大学准教授 豊田浩史
  
3. 地盤工学会北陸支部第21回ジオテクセミナー  
日時：平成23年7月20日（水） 15:00～16:30  
場所：新潟市, (株)興和ビル  
題目：「2011年東北地方太平洋沖地震」 長岡技術科学大学准教授 豊田浩史
  
4. 第6回ながおか橋と道路の教室  
日時：平成23年8月6日（土） 9:00～12:00  
場所：長岡市消防本部  
題目：「地盤の不思議－液状化現象とは？」 長岡技術科学大学准教授 豊田浩史  
液状化実験デモ：長岡技術科学大学技術職員 高田 晋