

2004.10.23 発生 新潟県中越地震被害調査速報（第2報）

中央大学理工学部土木工学科土質研究室

1. 調査員構成：

- 國生剛治，原 忠，他大学院生1名（第1次調査）
- 國生剛治，原 忠，他同行記者1名（第2次調査）

2. 調査日：

- 2004年10月25日～10月26日（第1次調査）
- 2004年11月1日～11月2日（第2次調査）

3. 調査場所：

（10月25日）

JR 北堀之内駅周辺（斜面災害）→堀之内町竜光地区周辺（関越道道路陥没，斜面崩壊，カルバート損傷，家屋倒壊，液状化）→小千谷市塩殿（道路盛土崩壊）

（10月26日）

長岡市周辺（宮本町内，中沢地区液状化被害）→高町団地（斜面崩壊，液状化，コンクリート擁壁の倒壊）→JR 越後滝谷駅周辺（プラットホーム損傷，液状化）→濁沢町（斜面崩壊）

（11月1日）

十日町市 JR 信濃川発電所浅河原貯水池アースダム（亀裂） 小千谷市川井新田（斜面崩壊）
小千谷市塩殿（道路盛土崩壊，カルバート損傷） 小千谷市山本（橋梁アバウト部沈下）
小千谷市船岡（液状化） 小千谷市木津大原（斜面崩壊） 川口市天納（盛土沈下・流動）

（11月2日）

小千谷市高梨町（液状化） 長岡市十日町・村松町（液状化） 山古志村東竹沢（斜面崩壊）

4. 調査結果（地盤災害を中心に）：

4.1 自然斜面の崩壊

- ・ 自然斜面の滑りは高さ 30m 内外で，新第三紀泥岩の軟岩斜面表面風化層の強い震動による薄いすべりが目立つ（山古志村のかなり，JR 北堀之内駅北西部，濁沢入り口右岸など）。
- ・ また，滑り面の深い大崩壊もいくつか起きた。これらには，風化の進んだ岩盤地山の崩壊（妙見の白岩，信濃川魚沼橋直下流右岸県道 196 大崩壊など），崖錐層の滑り（濁沢住宅倒壊など），河岸段丘のすべり（塩殿 117 号線宅地滑りなど）などがある。
- ・ ほとんどが 30 度程度かそれ以上の急斜面である。
- ・ 風化の進んだ岩盤地山の崩壊では元々の地すべり地形との関係がありそうな場所（信濃川魚沼橋直下流右岸県道 196 号線大崩壊など）もある。
- ・ 崩壊土の先端部は一部で泥流化している場合がいくつか見られた（山古志村東町小学校付近，JR 北堀之内駅北西部の自然斜面など）。

山古志村の自然斜面崩壊

- ・ 山古志村では無数のため池があり、その一部を巻き込んだ滑りがいくつか見られた。最大のダムアップを引き起こした滑りもため池を巻き込んで起きている。その付近では噴砂を伴った液状化による流動が起きていた。
- ・ 雨の多さも影響していると思われるが、崩壊箇所には表面水・湧水が多く見られ、ため池が高い位置に多数存在することとの関係が疑われる。
- ・ 多数のため池が斜面の高い位置にあることが地下水の上昇をもたらし、今回の滑りの規模を拡大した可能性がある。わが国の地すべり地に多い棚田地帯の共通的特長とも言えようが、ため池は年間を通して水が涸れないとすれば棚田より影響は大きい。今後の村の防災対策を考える上で留意すべき点の一つと思われる。
- ・ 山古志村や濁沢などの数箇所において崩落土による谷川のダムアップが起きていた。とくに、山古志村では大量の崩壊土による堰き止めが起こり、上流の浸水が重大問題となった。
- ・ 海外では斜面崩壊によるダムアップは多数起きているが、わが国では今回のような大規模な崩壊土砂量による経験は少なく、山間部の地震で今後の危機管理のチェック項目である。
- ・ ダムアップに対して短期間で安全かつ有効な水位低下技術(サイフォン敷設など)を確立することが重要である。

4.2 宅地造成地斜面

- ・ 高町団地(昭和50年代造成)の高台造成地西側端部が3箇所程度で崩壊し、造成地周縁部の盛土部と思われる上の家屋が傾斜・変形など甚大な被害を蒙った。造成地東側端部も亀裂が多く発生し、擁壁が多少前面にせり出した部分がある。ここでは、液状化の噴砂も見られたため、一部で液状化した可能性がある。
- ・ そのうち最も南側の崩壊は本震で崩壊し、1箇所は本震でひび割れが入り、後の2回の震度6の余震で崩壊した。最も南側の崩壊はもともと沢地形での盛土造成である。
- ・ いずれの場所もコンクリート擁壁(高さ4m程度)が大きく斜面に沿って滑動している。施工継ぎ目2スパン分が滑っている。今後、擁壁をさらに強化するためには、原位置での地震時土圧の解明や施工継ぎ目も含め横鉄筋を入れるなどの対策も考えられよう。
- ・ 崩壊土は山砂を主体とし粘性の高い崩した泥岩質土も含まれている。含水比は、地表近くは低い、前夜の雨が崩壊地域に多量に溜まっていたことから見て3~4m下では地下水面がありそう。
- ・ 河岸段丘端部にある宅地・畑地でも大規模な滑りが生じた(小千谷国道117号線沿い)。もとの地盤面がまったく水平のまま建物や立ち木を載せて5~10mも沈下する奇妙な破壊モードが見られた。これは滑り面が特定の弱層沿いではなく、水平に成層した段丘層を礫層も含めてほぼ斜め直線的に横切ったためである。地震動は3回の強い揺れでいずれも縦方向が強かったとの付近の住民の証言と何らかの関係があるかも知れない。

4.3 高速道路盛土

- ・ 高速道路盛土部では多数の路肩の滑りとともに、盛土が地山の勾配に沿って下方に数10cm程度側方移動した箇所が多数見られた(小千谷市、堀之内町など多数)。それに伴い盛土に

埋設した横断用コンクリートカルバートも側方移動や沈下変形を起こした。中央分離帯直下の継ぎ目に最大 20~30cm 程度のヒラキができ、土が落下してカルバート内の交通障害を起こした。

- ・このタイプの被害は従来あまり気が見られなかったと感じた。周辺地盤が液状化し、わずかに流動を起こしていたところ（小千谷市塩殿など）では、その影響を受けたことも考えられるが、液状化とは無関係なところもあり、傾斜地盤上の盛土自体が下流側に移動したことも考えられる。今後、締固め基準との関連などが検討事項となろう。

4.4 道路・鉄道盛土

- ・一般道路盛土の路肩崩壊はいたるところで発生し、規模の大きい場合には全面交通止めを引き起こした（国道 117 号線小千谷市塩殿など）。また、国道 17 号線など立体交差が多い道路では橋梁アバット近辺に被害が集中した。
- ・盛土材料は細粒分から砂・礫までを含む低塑性材料が多く、崩落土の先端はある程度流動性を帯びているものもあった。
- ・情報関連などのライフラインが路肩に埋設されたものも多い。盛土本体の修復は早いですが、ライフラインについては手間取るため、今後、盛土の路肩崩壊を考慮したライフライン敷設対策が重要と思われる。

4.5 液状化

- ・液状化発生箇所は多数に上り、被害の中心では多くの場所で噴砂の跡が見られた。明らかに液状化が引き起こした大規模な被害は今のところ目立たないが、JR 越後滝谷駅付近ではレールの波うち現象や架線支柱の傾斜など液状化が関わっている可能性がある。この付近の国道 17 号線沿いの歩道には多数の噴砂が見られた。
- ・最近の地震で目立つマンホールの浮き上がりは、各所で見られた。しかし、多くの場所では原地盤は液状化しておらず、下水管の埋戻しに使われた山砂の締固め不足による液状化が原因である。
- ・マンホールの浮き上がりは歩道で起きる限りはそれほど問題ではないが、今回、裏道では車道に敷設されたマンホールが多数浮き上がり交通障害となっていた。今後、マンホール埋設の埋戻し基準についても防災と経済性のバランスの観点から再検討が必要である。

4.6 新幹線高架橋基礎地盤

- ・脱線箇所付近から停止箇所までの現地踏査を行った。地盤は水田耕作土、沖積土の下に更新統砂礫層が想定される。地表には数メートル以上の高低差があり、南部のトンネル出口に近いほど段丘性の高まりが見られる。
- ・したがって、場所により 1 層ラーメン（地中梁つき）と 2 層ラーメン（高さ 10m 以上）さらに矩形一本柱とほぼ 3 種類に支持構造が分かれている（長岡技術科学大学の海野隆哉教授による）。
- ・このような、高架橋の地上高と効果橋構造の違いにより、その橋軸直交方向（東西方向）の固有振動数はかなり異なることが考えられる。

- ・海野教授によれば、杭は長さ 10m 径 35cm の RC 杭を N 値 10 程度の砂礫層（ほぼ水平成層）まで入れているとのこと。N 値 10 は砂礫の N 値としては低すぎるように思われる。
- ・高架橋（206^{k2} 付近）直下には噴砂が見られるが、噴砂の色などから地中梁施工時の埋戻し土が液状化したものと考えられる。また、207^{k1} あたりを中心にコンクリート柱の周囲（主に東西の面）に地盤面から高さ 1m 程度の茶色の泥跳ねの跡が明瞭に見られる。さらに、柱間の地盤には地中梁の近辺に南北東西方向の開口亀裂がほとんどの場所で見られ、柱についての変色の跡から直下の地盤沈下も最大 20cm 程度起きていた。これも、地中梁埋戻し土の液状化を反映しているものと考えられる
- ・周辺の農地で下水マンホールが浮き上がっていたが、これは埋戻し土の液状化で原地盤の液状化とは直接関係がないと思われる。
- ・206^{k2} あたりでは、高架橋より 20～100m 程度東西方向に離れた水田で噴砂が見られ、原地盤の地表近くが小規模には液状化したことを示している。また 2～3km 程度南方の越後滝谷駅周辺では埋戻しではない地盤に多数の噴砂が見られる。
- ・現場から 5km ほど北方の防災科研の KiK-net が本震で地表 800gal、基盤（G.L.-100m）400gal 程度を記録している。
- ・これらを総合すると、新幹線脱線現場付近の杭周辺の原地盤は明瞭な液状化まではいたっていないが、強い地震動により間隙水圧が上昇し、地盤物性はかなりの非線形化を示したことが十分考えられる。その影響は杭近傍で特に強く表れたと考えられる。
- ・これにより、全体的には地震動の卓越振動数が低い側に変化し、地盤の変位振幅も増大したことが考えられる。
- ・卓越振動数の変化により高架橋の東西方向の振動特性も影響を受け、上部構造の違いにより共振しやすくなったところとそうでないところが生じると思われ、その脱線への影響については今後詳細な検討が必要である。
- ・地中梁上部に多数の亀裂が生じていることから、地盤の水平反力は地中梁から上ではあまり発揮されておらず、これが固有振動数を低下させ、変位を増大させたことが考えられる。当初設計での設計条件との整合性が気になる。また、今後の耐震性強化ではこの部分の地盤改良などが有効と思われる。
- ・今後、亀裂の幅を詳細に解析することにより、高架橋上部での変位量の相対的大小関係が求められ、脱線メカニズムの検討の参考にできるものと思われる。

4.7 今回の地震の教訓と今後の課題

- ・今回の直下型地震では、多数の強い余震による斜面崩壊、亀裂の進行が目立つ。住民の方の避難計画や心理的不安を取り除くためにも、崩壊斜面の余震や雨による今後の破壊進行予測と避難対応についての判断基準を確立する必要がある。
- ・道路盛土の崩壊が目立ったが、道路盛土に平行したライフラインの被害も目立つ。盛土地震の修復に比べて時間のかかるライフラインの敷設法については見当が必要となろう。また、道路中央部に敷設された下水マンホールの浮き上がりによる交通支障が目立ち、これも今後の課題である。また、融雪設備の破損が雪国特有の問題として挙げられる。

- ・ 崩壊土の流動性は今回それほど大きくはなかったが、崩壊土の到達距離の評価は被害想定やハザードマップ作成に重要な影響を及ぼす。今後、地震動、斜面勾配・比高、崩壊土の含水比・粒度・細粒分の性質などを考慮した評価法の開発が急がれる。
- ・ 山間部の直下型地震では無数の斜面崩壊が起き、それによって情報が長時間途絶することが今回得られた大きな教訓である。緊急救援のため衛星写真などを利用して国土全体をカバーし、夜間でも検知可能な斜面崩壊リアルタイムモニタリングシステムの開発が防災上の大きな技術開発目標として挙げられる。
- ・ 山間部の直下型地震では崩壊土による谷川のダムアップとその緊急対応が今後の大きな危機管理項目であり、マニュアル整備などを急ぐ必要がある。

以 上