

ISSN 1346 - 7328
国総研資料 第 248 号
平 成 1 7 年 5 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 248

May 2005

平成 16 年 (2004 年) 新潟県中越地震被害に係わる現地調査概要

Investigation Report of the Damage by The Mid Niigata prefecture Earthquake in 2004.

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

平成 16 年 (2004 年)新潟県中越地震被害に係わる現地調査概要

Investigation Report of the Damage by The Mid Niigata prefecture Earthquake in 2004.

概要

本資料は、平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地方を震源とする M6.8 の地震に関して、国土技術政策総合研究所、独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所の3機関が合同で地震被害状況調査を行った結果をとりまとめたものである。

キーワード： 国土技術政策総合研究所、土木研究所、建築研究所、地震、被害、新潟県中越

Synopsis

On October 23, 2004, M6.8 earthquakes occurred at Mid Niigata prefecture. The earthquake caused a variety of damage in Mid Niigata area.
This report collects the results that NILIM, in collaboration with PWRI, and BRI, investigated the damage to infrastructures.

Key Words： NILIM, PWRI, BRI, Earthquake, Damage, Mid Niigata prefecture

土砂災害



写真G 5.1 小千谷市東部および山古志村西部(8km×10kmの範囲)の崩壊地分布図

- ・平成16年8月13日(地震前)および10月24日(地震後)のIKONOS衛星画像を比較し、崩壊地を抽出した結果である。
- ・立体視が不可能であることから誤判読も有り得るため暫定的な判読結果である。
- ・8月13日の画像は第4列目までしかカバーしていなかったため、第5列目の判読結果は地震前の画像と比較した結果ではない。



写真 G 5.2 大規模な地すべり性崩壊 川口町芋川流域（平成 16 年 10 月 25 日撮影）



写真 G 5.3 斜面崩壊と山腹崩壊状況 小千谷市南荷頃、朝日川流域
（平成 16 年 10 月 25 日撮影）



写真 G 5.4 寺野地区で発生した河道閉塞（平成 16 年 11 月 28 日撮影）



写真 G 5.5 檜木で発生した河道閉塞（平成 16 年 11 月 28 日撮影）



写真 G 5.6 南平で発生した河道閉塞（平成 16 年 11 月 28 日撮影）



写真 G 5.7 東竹沢で発生した河道閉塞（平成 16 年 11 月 28 日撮影）



写真 G 5.8 小千谷市塩谷地区の地すべり（平成 16 年 11 月 27 日撮影）



写真 G 5.9 妙見町で発生した斜面崩壊の全景（平成 16 年 10 月 27 日撮影）



写真 G 5.10 妙見町で発生した斜面崩壊で生埋めになった人の救出
(平成 16 年 10 月 27 日撮影)

下水道施設の被害



写真 G 6.1 小千谷市桜町地区のマンホールの浮上がり
写真正面のマンホールでは約 1.1m の浮上がりが生じた。



写真 G 6.2 小千谷市若葉地区の管渠の応急復旧状況

下流の管路で管渠・マンホールの浮上がり等が発生し、汚水の送水ができなくなったことから、仮設ポンプとホースを用いて上流からの汚水の対応をしている。

河川施設の被害



写真 G 7.1 信濃川右岸 29.0km 付近（長岡市三俣野）の堤防崩壊状況（北陸地方整備局撮影）



写真 G 7.2 妙見堰の門柱の損傷
（写真右は越の大橋）

ダム等の被災状況



写真 G 8.1 J R 東日本 浅河原調整池の天端状況

天端において堤軸に平行な複数の亀裂が発生していた。亀裂は雁行しながらおおむね連続し、亀裂発生範囲は堤頂長 292m のほぼ全長に及ぶ。



写真 G 8.2 J R 東日本 浅河原調整池の地震後の水位上昇＜北陸地方整備局撮影＞

停電により即座にゲートを開くことができず導水トンネル内に残った水が貯水池に流れ込み、一時的に高い水位にまで貯水位が上昇した。

道路橋の被害



写真 G 9.1.1 国道 117 号 山辺橋
橋台背面の沈下によりできた段差状況



写真 G 9.1.2 国道 17 号 小千谷大橋

橋脚の柱部と横梁部の境界付近にみられたかぶりコンクリートの剥離、軸方向鉄筋のはらみだし、帯鉄筋の重ね継手のはずれ、斜めひびわれの状況

道路土工・斜面の被害



写真 G9. 2. 1 国道 17 号川口町天納での道路崩壊



写真 G9. 2. 2 関越自動車道のボックスカルバート内に流入した盛土材
礫混じりの盛土材が流入し、継目部には鉄板による補修が施されている。



写真 G9. 2. 3 国道 117 号小千谷市塩殿における盛土部の崩壊



写真 G9. 2. 4 関越自動車道堀之内 IC 上り線ランプの補強土擁壁のはらみだし



写真 G9.2.5 県道 23 号長岡市濁沢町における切土のり面崩壊



写真 G9.2.6 国道 117 号線小千谷市塩殿における地すべり



写真 G9. 2. 7 国道 291 号小千谷市横渡における岩盤崩壊



写真 G9. 2. 8 県道 421 号川口町牛ヶ島における段丘崖の表層崩壊
上半分に分布する段丘堆積物が崩壊

道路トンネルの被害

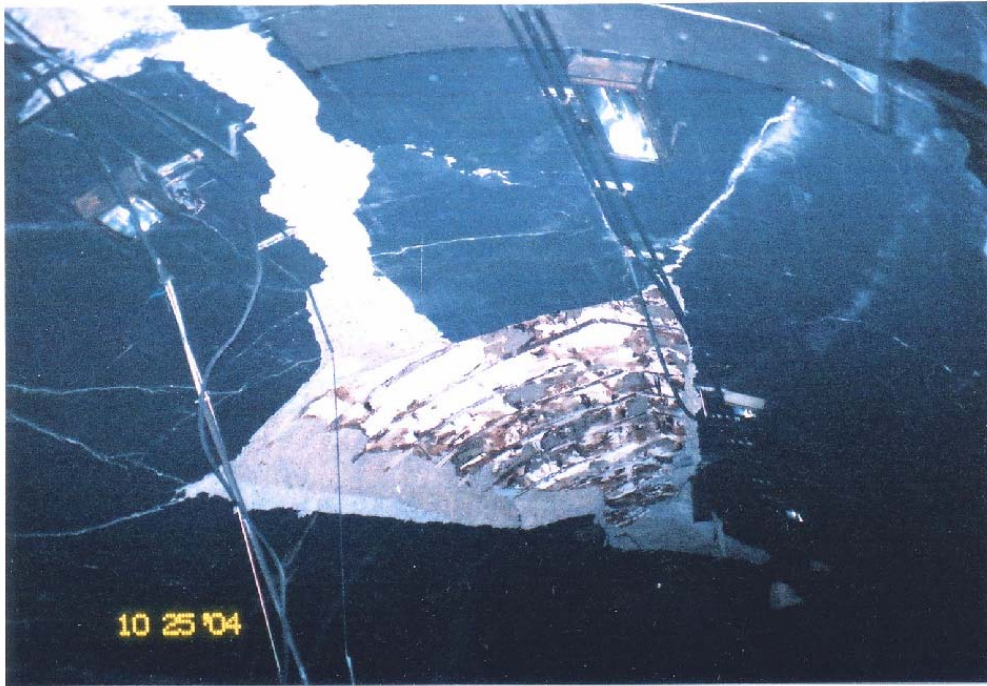


写真 G9. 3. 1 国道 1 7 号和南津トンネルの覆工コンクリートの崩落状況



写真 G9. 3. 2 国道 1 7 号和南津トンネルの側溝の変状状況

建築物の被害



写真 G10.1 木造建築物の被害（住宅倒壊）



写真 G10.2 木造建築物の被害（地盤崩壊に伴う住宅倒壊）



写真 G10. 3 鉄筋コンクリート造建築物の被害（短柱のせん断破壊）



写真 G10. 4 鉄骨造建築物の被害（ブレースの破断）

目 次

◇グラビア

◇目次

◇執筆者一覧

◇調査報告

1. まえがき	1
2. 地震と地震動	10
2. 1 震源と震度分布	10
2. 2 地震動の特性	13
2. 3 まとめ	16
3. 地形・地質	17
3. 1 中越地域の地形概要	17
3. 2 中越地域の地質概要	19
3. 3 活構造	22
3. 4 震源域の地形・地質	25
4. 被害の概要	28
4. 1 人的被害及び住家被害	28
4. 2 土砂災害	28
4. 3 下水道施設の被害	28
4. 4 河川施設の被害	28
4. 5 ダムの被害	29
4. 6 道路施設の被害	29
4. 7 建築物の被害	29
5. 土砂災害	31
5. 1 被害の全体概要	31
5. 2 調査の概要	31
5. 3 調査結果	32
5. 4 調査のまとめ	57
6. 下水道施設	59
6. 1 下水道施設に関する被害の全体概要	59
6. 2 調査の概要	62
6. 3 調査結果	65
6. 4 分析・考察	67
6. 5 まとめ	68
7. 河川施設	71
7. 1 河川施設に関する被害の全体概要	71

7. 2	調査の概要	71
7. 3	調査結果	71
7. 4	まとめ	73
8.	ダム及び河道外貯留施設	83
8. 1	ダム等に関する被害の全体概要	83
8. 2	調査の概要	83
8. 3	調査結果および考察	85
8. 4	まとめ	98
9.	道路施設	100
9. 1	道路橋	100
9. 2	道路土工・斜面	118
9. 3	道路トンネル	145
10.	建築物	148
10. 1	建築物の被害の概要	148
10. 2	調査の実施状況	150
10. 3	調査結果の概要	152
10. 4	まとめ	184
11.	あとがき	186

◇謝辞

図表の番号、参考文献の番号について

- ・ 図、表、写真の番号は、「図（章番号）.（章での通し番号）」で与えた（例：図 6.3）。ただし、冒頭グラビアに掲載した写真の番号は、写真 G（章番号）.（章ごとの通し番号）で与えた（例：写真 G 6.1）。
- ・ 参考文献は、章ごとに通し番号を付けた。

執筆者一覧

(◎：代表執筆者)

※ 執筆者の所属は、本報告書の基となる「平成16年(2004年)新潟県中越地震被害に係わる現地調査概要」を執筆した平成17年1月時点のもの

1. まえがき(派遣概要を含む)

国土技術政策総合研究所
企画部長 秋常 秀明

2. 地震と地震動

国土技術政策総合研究所
危機管理技術研究センター 地震防災研究室 主任研究官 片岡 正次郎
危機管理技術研究センター 地震防災研究室 研究官 長屋 和宏
◎危機管理技術研究センター 地震防災研究室 研究官 松本 俊輔

3. 地形・地質

独立行政法人土木研究所
地質官 平野 勇
◎材料地盤研究グループ 地質チーム 上席研究員 佐々木 靖人
材料地盤研究グループ 地質チーム 主任研究員 阿南 修司
材料地盤研究グループ 地質チーム 研究員 矢島 良紀
材料地盤研究グループ 地質チーム 研究員 伊藤 政美
材料地盤研究グループ 地質チーム 交流研究員 塩見 哲也

4. 被害の概要

国土技術政策総合研究所
◎危機管理技術研究センター 地震災害研究官 田村 敬一
独立行政法人土木研究所
耐震研究グループ長 松尾 修

5. 土砂災害

5. 1被害の全体概要

国土技術政策総合研究所
危機管理技術研究センター 砂防研究室 主任研究官 清水 孝一

5. 2調査の概要

危機管理技術研究センター 砂防研究室 主任研究官 水野 秀明

5. 3調査結果

5. 3. 1緊急調査

国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター 砂防研究室 主任研究官 野呂 智之

危機管理技術研究センター 砂防研究室 研究官 内田 太郎

独立行政法人土木研究所

土砂管理研究グループ長 西本 晴男

5. 3. 2河道閉塞現象対応

河道閉塞緊急危険度点検

国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター 砂防研究室 主任研究官 水野 秀明

東竹沢地区、寺野地区河道閉塞緊急対策技術支援

独立行政法人土木研究所

土砂管理研究グループ長 西本 晴男

土砂管理研究グループ 地すべりチーム 上席研究員 藤澤 和範

土砂管理研究グループ 地すべりチーム 主任研究員 石井 靖雄

土砂管理研究グループ 地すべりチーム 研究員 野村 康裕

5. 3. 3山古志村の土砂災害

独立行政法人土木研究所

土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム 上席研究員 笹原 克夫

土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム 研究員 山越 隆雄

5. 3. 4土砂災害危険箇所緊急点検

緊急点検の概要

国土技術政策総合研究所

◎危機管理技術研究センター長 杉浦 信男

独立行政法人土木研究所

新潟試験所 主任研究員 吉田 克美

新潟試験所 主任研究員 小嶋 伸一

長岡市の斜面災害

独立行政法人土木研究所

新潟試験所 主任研究員 丸山 清輝

前新潟試験所長 武士 俊也

5. 3. 5雪崩対策施設の被災状況

独立行政法人土木研究所

新潟試験所長 花岡 正明

新潟試験所 主任研究員 秋山 一弥

新潟試験所 主査 佐藤 宗吾

5. 3. 6妙見斜面崩壊技術支援

独立行政法人土木研究所

土砂管理研究グループ 地すべりチーム 上席研究員 藤澤 和範

5. 4まとめ

国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター 砂防研究室 室長 小山内 信智

危機管理技術研究センター 砂防研究室 主任研究官 水野 秀明

6. 下水道施設

国土技術政策総合研究所

下水道研究部 下水道研究部長 高橋 正宏

下水道研究部 下水道研究官 清水 俊昭

下水道研究部 下水道研究室 室長 藤生 和也

◎下水道研究部 下水道研究室 研究官 行方 馨

下水道研究部 下水道研究室 研究員 濱田 知幸

下水道研究部 下水道研究室 交流研究員 山田 和弘

下水道研究部 下水道研究室 交流研究員 岡本 辰生

下水道研究部 下水処理研究室 室長 南山 瑞彦

下水道研究部 下水処理研究室 主任研究官 平山 孝浩

下水道研究部 下水処理研究室 研究官 平出 亮輔

下水道研究部 下水処理研究室 研究員 桜井 健介

独立行政法人土木研究所

材料地盤研究グループ リサイクルチーム 上席研究員 尾崎 正明

材料地盤研究グループ リサイクルチーム 主任研究員 落 修一

7. 河川施設

国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター 地震災害研究官 田村 敬一

危機管理技術研究センター 地震防災研究室 主任研究官 上原 浩明

河川研究部 河川研究室 主任研究官 板垣 修

河川研究部 河川研究室 交流研究員 榎本 真二

独立行政法人土木研究所

材料地盤研究グループ 土質チーム 主任研究員 金 嘉章

◎耐震研究グループ 振動チーム 上席研究員 杉田 秀樹

耐震研究グループ 振動チーム 研究員 石原 雅規

8. ダム及び河道外貯留施設

国土技術政策総合研究所

河川研究部 ダム研究室 室長 安田 成夫

◎河川研究部 ダム研究室 主任研究官 金銅 将史

河川研究部 ダム研究室 研究官 佐野 貴之

河川研究部 ダム研究室 研究員 吉岡 英貴
独立行政法人土木研究所
水工研究グループ ダム構造物チーム 上席研究員 山口 嘉一
◎水工研究グループ ダム構造物チーム 主任研究員 佐々木 隆
水工研究グループ ダム構造物チーム 研究員 富田 尚樹

9. 道路施設

9.1 道路橋

国土技術政策総合研究所

道路研究部 橋梁研究室 室長 玉越 隆史
道路研究部 橋梁研究室 主任研究官 渡辺 陽太
◎道路研究部 橋梁研究室 研究官 廣松 新
道路研究部 橋梁研究室 研究官 中洲 啓太
道路研究部 橋梁研究室 研究員 武田 達也

独立行政法人土木研究所

耐震研究グループ 耐震チーム 上席研究員 運上 茂樹
耐震研究グループ 耐震チーム 主任研究員 遠藤 和男
耐震研究グループ 耐震チーム 主任研究員 小林 寛
耐震研究グループ 耐震チーム 研究員 西田 秀明
耐震研究グループ 耐震チーム 研究員 塩島 亮彦
耐震研究グループ 耐震チーム 専門研究員 Mohammd Reza Salamy
耐震研究グループ 耐震チーム 交流研究員 加納 匠
耐震研究グループ 耐震チーム 交流研究員 二井 伸一
耐震研究グループ 耐震チーム 日本学術振興会招聘研究員

Sulo Shanmuganathan

構造物研究グループ 橋梁構造チーム 上席研究員 村越 潤
構造物研究グループ 橋梁構造チーム 主任研究員 田中 良樹
構造物研究グループ 基礎チーム 上席研究員 福井 次郎
構造物研究グループ 基礎チーム 主任研究員 石田 雅博
構造物研究グループ 基礎チーム 主任研究員 竹口 昌弘
構造物研究グループ 基礎チーム 研究員 梅原 剛
構造物研究グループ 基礎チーム 研究補助員 野々村 佳哲
構造物研究グループ 基礎チーム 交流研究員 浅井 隆一

9.2 道路土工・斜面

独立行政法人土木研究所

地質官 平野 勇
耐震研究グループ長 松尾 修

技術推進本部 施工技術チーム 主任研究員 波田 光敬
技術推進本部 施工技術チーム 主任研究員 小野寺 誠一
材料地盤研究グループ 土質チーム 研究員 加藤 俊二
◎材料地盤研究グループ 地質チーム 上席研究員 佐々木 靖人
材料地盤研究グループ 地質チーム 主任研究員 阿南 修司
材料地盤研究グループ 地質チーム 研究員 矢島 良紀
材料地盤研究グループ 地質チーム 研究員 伊藤 政美
材料地盤研究グループ 地質チーム 交流研究員 塩見 哲也
◎耐震研究グループ 振動チーム 主任研究員 近藤 益央
耐震研究グループ 振動チーム 交流研究員 豊田 耕一

9. 3道路トンネル

独立行政法人土木研究所

◎基礎道路技術研究グループ トンネルチーム 上席研究員 真下 英人

10. 建築物

国土技術政策総合研究所

◎企画部 基準研究官 山下 浩一

平成16年12月「平成16年新潟県中越地震建築物被害調査報告（速報）」
（国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所）を要約

11. あとがき

国土技術政策総合研究所

◎危機管理技術研究センター 地震災害研究官 田村 敬一

独立行政法人土木研究所

耐震研究グループ長 松尾 修

1. まえがき

平成 16 年 10 月 23 日 17 時 56 分頃、新潟県中越地方で最大震度 7 を観測する地震が発生し、この地震は翌 24 日に気象庁により「平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震」と命名された¹⁾。この地震および度重なる余震により、多数の人命が失われるとともに、建物や土木施設などにも甚大な被害が生じた。

国土技術政策総合研究所、独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所の 3 研究機関では、地震発生直後から防災担当者が参集して情報収集および派遣準備を行い、本省等からの要請に応じて順次専門家を派遣し、地方整備局や自治体等への技術支援および現地調査に当たった（表 1.1）。地震発生翌日の 10 月 24 日から 12 月 22 日現在までに派遣した専門家の人数は、国土技術政策総合研究所で延べ 85 名、土木研究所で延べ 100 名、建築研究所から延べ 35 名、3 機関の合計で計 200 名にのぼる。

3 機関が行った現地調査結果の概要を速報的段階で網羅的にとりまとめたものとして、3 機関連名の報告書²⁾が既に作成されているが、本報告書は同資料の保存および活用機会の充実に目的として、3 機関連名の報告書を国総研資料として印刷したものである。

- 1) 気象庁：平成 16 年 10 月 23 日 17 時 56 分ころ発生した地震の命名について，気象庁報道発表資料，2004 年 10 月 24 日．
- 2) 国土技術政策総合研究所，独立行政法人土木研究所，独立行政法人建築研究所：平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震被害に係わる現地調査概要，2005 年 1 月．

表-1 平成16年新潟県中越地震に関する専門家の派遣一覧（12月22日時点）

派遣職員数（のべ人数、国総研85名、土研100名、建研35名）

分野 / チーム	メンバー	日程	技術支援・調査の内容
土砂災害	① 国総研 砂防研究室 野呂主任研究官 同 内田研究官 土研 土砂管理研究グループ 西本グループ長 地すべりチーム 藤澤上席研究員 新潟試験所 武士所長 同 丸山主任研究員	10/24 ～ 10/25	①危険箇所判定の技術的支援（陸路調査、ヘリ調査）
	② 土研 新潟試験所 武士所長 同 丸山主任研究員	10/26 ～ 10/27	①長岡市の土砂災害調査
	③ 国総研 危機管理技術研究センター 杉浦センター長 土研 新潟試験所 武士所長 同 吉田主任研究員 同 小嶋主任研究員	10/27 ～ 11/1	①被災区域における土砂災害危険箇所等の緊急点検のための土砂災害対策緊急支援チーム（本部長：杉浦センター長）への参加
	④ 国総研 砂防研究室 水野主任研究官 土研 土砂管理研究グループ 西本グループ長	10/27 ～ 10/31	①河道閉塞箇所の調査とその対策に関する技術指導
	⑤ 土研 新潟試験所 秋山主任研究官 同 佐藤主査	11/1 ～ 12/22 (12/24 まで継続)	①雪崩対策施設および施工斜面の被災状況調査
	⑥ 土研 新潟試験所 武士所長 同 丸山主任研究員	11/2	①十日町の地すべり避難指示の解除に関する技術指導
	⑦ 土研 新潟試験所 武士所長 同 丸山主任研究員	11/4	①長岡市の土砂災害調査
	⑧ 国総研 危機管理技術研究センター 杉浦センター長 土研 土砂管理研究グループ 西本グループ長	11/17	①第1回芋川河道閉塞対策検討委員会出席
	⑨ 土研 地質チーム 佐々木上席研究員	11/21	①芋川東竹沢地区の地質状況調査支援

（次頁につづく）

分野 / チーム		メンバー	日程	技術支援・調査の内容
土砂災害	⑩	土 研 平野地質官 地質チーム 佐々木上席研究員	11/24 ～ 11/25	①芋川東竹沢地区の地質状況調査支援
	⑪	国総研 砂防研究室 小山内室長 土 研 火山・土石流チーム 笹原上席研究員	11/24 ～ 11/27	①山古志村周辺の土砂災害発生状況調査(砂防学会調査団のメンバーとして実施)
	⑫	国総研 砂防研究室 水野主任研究官 同 内田研究官 土 研 土砂管理グループ 西本グループ長 地すべりチーム 藤澤上席研究員 同 石井主任研究員 同 浅井主任研究員 同 野村研究員 新潟試験所 花岡所長 同 丸山主任研究員 同 吉田主任研究員	11/19 ～ 12/28	①国土交通省芋川河道閉塞現地対策室(湯沢砂防事務所内)技術支援
	⑬	国総研 危機管理技術研究センター 杉浦センター長 土 研 土砂管理研究グループ 西本グループ長	11/26	①第2回芋川河道閉塞対策検討委員会出席
	⑭	土 研 火山・土石流チーム山越研究員 同 武澤研究補助員 同 伊藤交流研究員	11/27 ～ 11/29	①芋川支川の河道閉塞状況調査 ②融雪量等観測のための予備調査
	⑮	国総研 中村研究総務官 企画部 秋常部長 企画課 瀬崎建設専門官 同 川上係長 河川研究室 板垣主任研究官 同 榎本交流研究員	12/11 ～ 12/12	① 山古志村の河道閉塞等、被害状況調査
	⑯	国総研 浜口所長 河川研究部 猪股部長 ダム研究室 安田室長	12/18 ～ 12/19	① 土砂災害を中心とした被害状況調査(ヘリ調査、陸上調査)
下水道施設等	①	国総研 下水道研究室 行方研究官 同 濱田研究員 同 山田交流研究員	10/24 ～ 10/26	①被災状況調査、原因の分析 ②被災した下水道施設に対する応急措置並びに早期復旧に向けた地方公共団体との調整

(次頁につづく)

分野 / チーム		メンバー	日程	技術支援・調査の内容
下水道施設等	②	国総研 下水道研究部清水下水道研究官 下水道処理研究室南山室長 同 桜井研究員	10/25 ～ 10/27	①被災状況調査、原因の分析 ②被災した下水道施設に対する 応急措置並びに早期復旧に向けた 地方公共団体との調整
	③	国総研 下水道研究部清水下水道研究官 土 研 耐震研究グループ 松尾グループ長 振動チーム 石原研究員	11/9	①下水道地震対策技術検討委員会 ②支援方策の本省協議
	④	国総研 下水道処理研究室平出研究官 土 研 リサイクルチーム 落合主任研究官	11/12 ～ 11/13	①下水道処理施設簡易放流状況調査
	⑤	国総研 下水道研究部 高橋部長 下水道研究室 藤生室長 同 濱田研究員 下水道処理研究室平山主任研究官	11/17 ～ 11/19	①下水道施設の復旧方法検討等 のための現地調査（堀之内町） ②浄化槽被災状況の現地調査（小 千谷市、長岡市、出雲崎町）
	⑥	国総研 下水道研究室 行方研究官	11/15 ～ 11/18	①被災した管路における地質調査 ②災害復旧への技術指導
	⑦	国総研 下水道研究室 行方研究官 同 山田交流研究員 同 岡本交流研究員	11/23 ～ 11/26	①被災した管渠の詳細な被害状況 調査（TVカメラによる不陸調査）
	⑧	国総研 下水道研究室 藤生室長 同 吉田（敏）研究官	11/20 ～ 11/24	①浄化槽被災状況の現地調査（小 千谷市、長岡市）
河川施設	①	国総研 河川研究室 板垣主任研究官 同 榎本交流研究員 地震防災研究室上原主任研究官 土 研 土質チーム 金主任研究員 振動チーム 杉田上席研究員 同 石原研究員	10/25 ～ 10/27	①堤防の陥没、亀裂等の状況調査 ②堰、扉門、護岸等の損傷状況の 調査 ③上記①，②が降雨（水位上昇） 時に持つかどうかの点検 （信濃川 中下流域右岸（大河津 分水路河口～妙見堰）及び一部左 岸）
	②	国総研 河川研究室 末次室長	11/13 ～ 11/14	①妙見堰の被災状況把握と今後の 対策検討
	③	国総研 危機管理技術研究センター 田村地震災害研究官 土 研 振動チーム 杉田上席研究員	11/17 ～ 11/18	①信濃川堤防の復旧対策に関する 現地打合せ ②妙見堰の復旧対策に関する現 地打合せ
	④	国総研 水害研究室 中村室長	11/22	①災害状況の調査

（次頁につづく）

分野 / チーム		メンバー	日程	技術支援・調査の内容
ダム	①	国総研ダム研究室 安田室長 土研ダム構造物チーム 佐々木主任研究員	10/25 ～ 10/26	①浅河原調整池（ＪＲ東日本） ②鯖石川ダム（新潟県） ③柿崎川ダム（新潟県） ④山本調整池（ＪＲ東日本） ⑤新山本調整池（ＪＲ東日本） ・ダム・発電用調整池の堤体等の 安全性確認 ・対策の必要性および対策の検討
	②	国総研ダム研究室 佐野研究官	10/27	①地震動記録の収集
	③	国総研ダム研究室 金銅主任研究官 土研ダム構造物チーム 山口上席研究員 同 富田研究員	11/5 ～ 11/6	①変状報告のあったダム等施設 の調査
	④	国総研ダム研究室 安田室長 土研ダム構造物チーム 山口上席研究員	11/12 ～ 11/13	①ＪＲ３調整池の復旧対策等検 討のための委員会出席（現地調査 を含む。）
道路施設	①	土研施工技術チーム 小野寺主任研究員 土質チーム 加藤研究員 振動チーム 近藤主任研究員 トンネルチーム 真下上席研究員	10/25 ～ 10/26	①国道 17 号線川口町天納地先等 土砂災害復旧の技術指導 ②国道 17 号線川口町和南津トン ネル覆工剥落等復旧の技術指導
	②	国総研橋梁研究室 渡辺主任研究官 土研耐震チーム 運上上席研究員 同 小林主任研究員 同 西田研究員	10/25 ～ 10/27	①国道 8 号線新組跨線橋（長岡 市）、国道 17 号線小千谷大橋、国 道 117 号線山辺橋（小千谷市山本 地先）の被災復旧についての技術 支援
	③	土研地質チーム 佐々木上席研究員 同 矢島研究員 同 塩見交流研究員	10/26 ～ 10/27	①国道 17 号の道路斜面の被災 状況調査
	④	国総研地震防災研究室片岡主任研究官 土研土質チーム 加藤研究員 地すべりチーム 石井主任研究員	10/27	①県道 小千谷－長岡線における 大規模なのり面崩壊等の復旧に 対する技術支援
	⑤	土研技術推進本部 三木部長 地すべりチーム 藤澤上席研究員	10/27 ～ 10/28	①県道小千谷長岡線長岡市妙見 地先ののり面崩壊現場における 人命救助のための土砂除去等の 判断
	⑥	土研地すべりチーム 石井主任研究員 同 江田交流研究員	10/29 ～ 10/30	①国道 17 号線川口町和南津ト ンネル地山地すべり調査の技術 支援 ②国道 17 号隣接斜面の亀裂発 生箇所調査の技術支援

（次頁につづく）

分野 / チーム		メンバー	日程	技術支援・調査の内容
道路施設	⑦	土研 先端技術チーム 山元主席研究員 土質チーム 小橋上席研究員 地すべりチーム 藤澤上席研究員	10/29 ～ 10/30	①県道小千谷長岡線長岡市妙見地先ののり面崩壊現場における遺体収容のための土砂除去等のための技術指導
	⑧	土研 耐震研究グループ 松尾グループ長 耐震チーム 近藤主任研究員 同 高橋主任研究員 同 谷本技官 同 豊田交流研究員 同 林交流研究員 施工技術チーム 波田主任研究員 同 小野寺主任研究員 基礎チーム 石田主任研究員	10/31 ～ 11/1	①国道8号、国道17号の道路盛土、擁壁の被災状況についての現地調査
	⑨	国総研 橋梁研究室 玉越室長 同 武田研究員 土研 耐震チーム 運上上席研究員 基礎チーム 福井上席研究員	11/1 ～ 11/3	①直轄国道8号線、国道17号線の13橋梁に関して、補修対策を検討
	⑩	国総研 地震防災研究室 片岡主任研究官 同 長屋研究官 土研 耐震チーム 遠藤主任研究員 同 西田研究員 同 塩島研究員 同 Mohammad Reza Salamy 専門研究員 同 二井交流研究員 同 加納交流研究員 同 Sulo Shanmuganathan 招聘研究員 橋梁構造チーム 村越上席研究員 同 田中主任研究員 基礎チーム 野々村技官	11/1 ～ 11/3	①国道17号線、国道8号線における道路施設の被災度と通行可否・復旧方法との関連の調査 ②国土交通省地震計ネットワーク等の強震観測点の周辺における施設の被災状況調査
	⑪	土研 基礎チーム 福井上席研究員 同 竹口主任研究員 同 梅原研究員 同 浅井交流研究員	11/11 ～ 11/12	①国道117号山辺橋の被災の詳細調査及び復旧方法に関する技術指導
	⑫	土研 トンネルチーム 真下上席研究員	11/12	①トンネルに関する技術指導

(次頁につづく)

分野 / チーム		メンバー	日程	技術支援・調査の内容
道路施設	⑬	国総研 危機管理技術研究センター 田村地震災害研究官 地震防災研究室 日下部室長 土研 岡原理事 基礎道路技術研究グループ 萩原グループ長 新潟試験所 小林研究員	11/22	①道路構造物及び妙見堰等被災調査
	⑭	国総研 橋梁研究室 玉越室長 同 広松研究官 同 中州研究官 土研 技術推進本部 三木部長 トンネルチーム 真下上席研究員	11/23	①国道２９１号災害復旧技術検討委員会第１回委員会への出席
	⑮	国総研 橋梁研究室 玉越室長 土研 土質チーム 小橋上席研究員 トンネルチーム 真下上席研究員 地すべりチーム 藤澤上席研究員	12/4	①国道２９１号災害復旧技術検討委員会第２回委員会への出席
	⑯	国総研 地震防災研究室 片岡主任研究官 土研 トンネルチーム 真下上席研究員	12/18	①（仮称）山岳トンネル耐震検討委員会の準備会として、国道・県道のトンネル７箇所の被災・復旧状況の視察
	⑰	国総研 橋梁研究室 玉越室長 土研 橋梁構造チーム 村越上席研究員 基礎チーム 福井上席研究員	12/21	①新宇賀地橋の現地調査と復旧対策の検討
建築物	①	国総研 建築研究部 平野部長 基準認証システム研究室 榎本主任研究官 構造基準研究室 向井室長 建研 構造研究グループ 河合上席研究員 同 向井研究員 国際地震工学センター 田村上席研究員 同 二木客員研究員	10/24 ～ 10/29	①建築物の応急危険度判定のための技術指導・技術支援 ②建築物の被害状況の概要調査
	②	建研 構造研究グループ 福山上席研究員 環境研究グループ 大澤グループ長 同 西澤研究員 企画調査課 上森課長	10/30 ～ 11/2	①被害状況調査及び技術支援

（次頁につづく）

分野 / チーム		メンバー	日程	技術支援・調査の内容
建築物	③	国総研 評価システム研究室 犬飼室長 建 研 住宅・都市研究グループ 浅見グループ長	11/4 ～ 11/7	①被害の全体的調査（捕捉） ②県・市からの資料入手
	④	国総研 基準認証システム研究室 榎本主任研究官 構造基準研究室 宮村主任研究官 建 研 構造研究グループ 河合上席研究員 材料研究グループ 山口主任研究員	11/7 ～ 11/10	①木造住宅等の被害の詳細調査
	⑤	国総研 基準認証システム研究室 石原主任研究官 構造基準研究室 向井室長 同 西田主任研究官 同 諏訪田研究官 同 野口研究官 住宅生産研究室 後藤主任研究官 評価システム研究室 犬飼室長 危機管理技術研究センター 飯場建築災害対策研究官 建 研 構造研究グループ 福山上席研究員 同 小山上席研究員 同 長谷川主任研究員 同 井上主任研究員 同 加藤主任研究員 同 向井(智)研究員 同 江藤交流研究員 国際地震工学センター 田村上席研究員 同 齋藤上席研究員 同 鹿嶋主任研究員	11/8 ～ 11/13	①非木造建築物の被害の詳細調査
	⑥	建 研 構造研究グループ 大川主席研究監 同 小山上席研究員 防火研究グループ 萩原上席研究員 同 成瀬上席研究員 同 伊藤交流研究員	11/18 ～ 11/21	

(次頁につづく)

分野 / チーム		メンバー	日程	技術支援・調査の内容
建築物	⑦	<div>国総研</div> 基準認証システム研究室 石原主任研究官 構造基準研究室向井室長 同 西田主任研究官 危機管理技術研究センター 飯場建築災害対策研究官 <div>建 研</div> 構造研究グループ 小山上席研究員 同 長谷川主任研究員 同 森田主任研究員 国際地震工学センター 鹿嶋主任研究員	11/30 ～ 12/3	①非木造建築物の被害の詳細調査（補足） ②設置強震計のデータ収集
	⑧	<div>国総研</div> 構造基準研究室 小豆畑主任研究官 危機管理技術研究センター 飯場建築災害対策研究官 <div>建 研</div> 緑川研究専門役 構造研究グループ 井上主任研究員 国際地震工学センター 田村上席研究員	12/8 ～ 12/9	①非木造建築物の被害の詳細調査（補足）
	⑨	<div>国総研</div> 構造基準研究室 宮村主任研究官 基準認証システム研究室 槌本主任研究官 <div>建 研</div> 構造研究グループ 村上交流研究員 材料研究グループ 山口主任研究員	12/12 ～ 12/13	①木造建築物の被害の詳細調査（補足）
震後対応		<div>国総研</div> 地震防災研究室日下部室長 同 真田主任研究官 同 鶴田研究官	12/21 ～ 12/22	①震後対応ヒアリング調査

2. 地震と地震動の特性

2. 1 震源と震度分布

2. 1. 1 本震

平成 16 年 10 月 23 日 17 時 56 分頃、新潟県中越地方で発生した地震は、北緯 37 度 17.3 分、東経 138 度 52.2 分、深さ 13km を震源とし、気象庁マグニチュードは $M6.8$ であった¹⁾。気象庁の発表による推計震度分布を図 2.1 に示す。推計震度分布とは、観測した震度をもとに地盤の特性等を考慮して震度の面的な広がりを推定し、地図上に表示したものである。図より、震央を中心に強い地震動が分布しており、特に北東から南西の方向に広がりをもっていたことがわかる。また、図 2.2 に示すとおり、川口町で震度 7、小千谷市、山古志村、小国町で震度 6 強を観測したほか、長岡市、十日町市、栃尾市など 12 の観測点で震度 6 弱、東北地方から近畿地方にかけて震度 5 強から震度 1 の揺れを観測した。

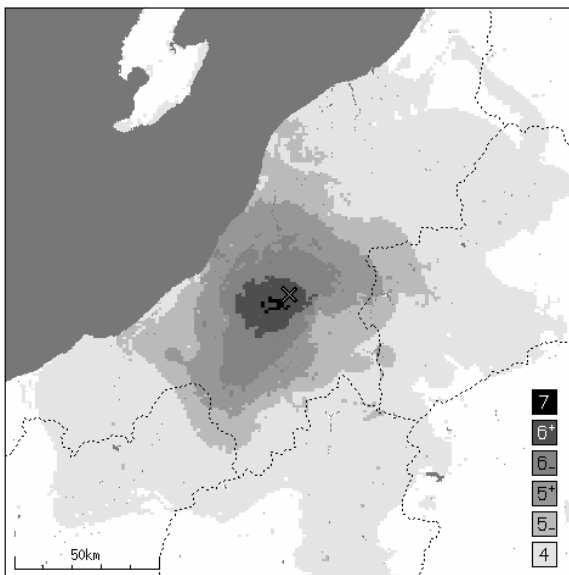


図 2.1 推計震度分布 ¹⁾

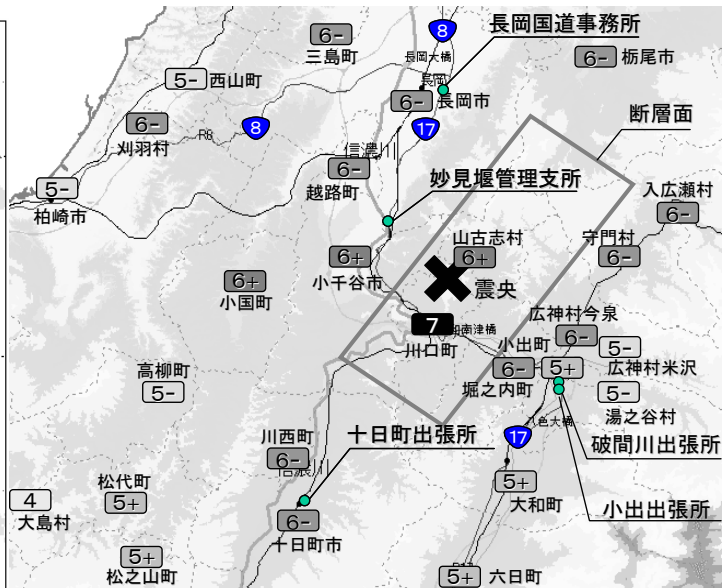
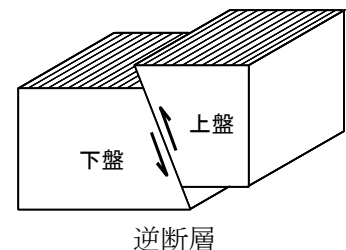


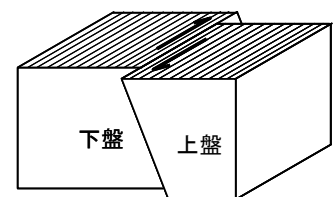
図 2.2 震度分布と地震計NW観測地点

図 2.2 には、震央とともに、地表面に投影した今回の地震を発生させた断層面²⁾を示している。震度 7 の川口町や、震度 6 強の山古志村が断層面の直上であることが分かる。また、上述の推計震度分布による地震動の広がりが、断層の長手方向と一致することがわかる。

今回の地震を引き起こした上記の断層は、逆断層であったと考えられている。逆断層とは、図 2.3 に示すとおり、断層面を境にして上盤が下盤に対し相対的にずり上がった断層である。今回の断層面において、上盤側は、小千谷市のように断層面の北西に位置する地域である。震度分布からは、上盤側の震度が下盤側に比べて大きい傾向であることが確認できる。



逆断層



横ずれ断層

図 2.3 逆断層と横ずれ断層

過去に発生した内陸地震のうち、断層のタイプがわかるものと、そのタイプを 表 2.1 に示す。1945 年の三河地震から約 60 年ものあいだ、M6.8 以上の逆断層の地震が発生していない。また、1945 年三河地震以前の過去の地震をみても、今回のような逆断層に起因する内陸地震は少ないことがわかる。

表 2.1 1885 年以降の M6.8 以上の内陸地震（タイプが分かるもの）

地震	M	断層タイプ
1891 濃尾地震	8.0	横ずれ断層
1894 庄内地震	7.0	逆断層
1896 陸羽地震	7.2	逆断層
1909 姉川地震	6.8	横ずれ断層
1927 北丹後地震	7.3	横ずれ断層
1930 北伊豆地震	7.3	横ずれ断層
1931 西埼玉地震	6.9	横ずれ断層
1943 鳥取地震	7.2	横ずれ断層
1945 三河地震	6.8	逆断層
1948 福井地震	7.1	横ずれ断層
1961 北米濃地震	7.0	傾斜断層
1974 伊豆半島沖地震	6.9	横ずれ断層
1978 伊豆大島近海地震	7.0	横ずれ断層
1984 長野県西部地震	6.8	横ずれ断層
1995 兵庫県南部地震	7.3	横ずれ断層
2000 鳥取県西部地震	7.3	横ずれ断層
2004 新潟県中越地震	6.8	逆断層

2. 1. 2 余震活動

今回の地震は比較的揺れの強い余震が多く、本震の発生から 3 分後、7 分後、1 1 分後に最大震度 5 強、1 5 分後と 3 8 分後には最大震度 6 強の比較的強い余震が発生した。なお、最大震度 5 弱以上の余震の数は、震度 6 強と 6 弱がそれぞれ 2 回、5 強が 8 回、5 弱が 6 回となっている（表 2.2）。

表 2.2 本震と最大震度 5 弱以上の余震の一覧¹⁾（12 月 28 日現在）

No.	発生年月日					M	深さ (km)	震央地名 (地震名)	最大震度	本震からの 経過時間
	年	月	日	時	分					
1	2004	10	23	17	56	6.8	13	新潟県中越地方 (2004年 新潟県中越地震)	7	本震
2	2004	10	23	17	59	5.3	16	新潟県中越地方	5強	3分
3	2004	10	23	18	3	6.3	9	新潟県中越地方	5強	7分
4	2004	10	23	18	7	5.7	15	新潟県中越地方	5強	11分
5	2004	10	23	18	11	6.0	12	新潟県中越地方	6強	15分
6	2004	10	23	18	34	6.5	14	新潟県中越地方	6強	38分
7	2004	10	23	18	36	5.1	7	新潟県中越地方	5弱	40分
8	2004	10	23	18	57	5.3	8	新潟県中越地方	5強	61分
9	2004	10	23	19	36	5.3	11	新潟県中越地方	5弱	100分
10	2004	10	23	19	45	5.7	12	新潟県中越地方	6弱	109分
11	2004	10	23	19	48	4.4	14	新潟県中越地方	5弱	112分
12	2004	10	24	14	21	5.0	11	新潟県中越地方	5強	翌日
13	2004	10	25	0	28	5.3	10	新潟県中越地方	5弱	2日
14	2004	10	25	6	4	5.8	15	新潟県中越地方	5強	2日
15	2004	10	27	10	40	6.1	12	新潟県中越地方	6弱	4日
16	2004	11	4	8	57	5.2	18	新潟県中越地方	5強	12日
17	2004	11	8	11	15	5.9	ごく浅い	新潟県中越地方	5強	16日
18	2004	11	10	3	43	5.3	5	新潟県中越地方	5弱	18日
19	2004	12	28	18	30	5.0	8	新潟県中越地方	5弱	66日

過去に発生した内陸地震との余震活動の比較を図 2.4 に示す。図より、今回の余震活動が過去の地震と比較して特に活発であることがわかる。その活動は、余震活動が活発であった 1945 年三河地震や 1943 年鳥取地震と同程度であり、1995 年の兵庫県南部地震を始めとする近年の代表的な地震を上回ることがわかる。

余震の分布を図 2.5(a)に示す。推計震度分布による地震動強さの分布と同様に、北東から南西の方向に広がりを持っていることがわかる。断層と直交方向の A-A'断面からみた深さ方向の余震分布を図 2.5 の(b)(c)に示す。(b)は本震発生から 27 日の余震(M6.1)が発生するまでの余震の分布、(c)は 27 日の余震(M6.1)とそれ以降の余震の分布を表している。本震から 27 日の余震までの余震活動では、本震の震央付近と震央より少し浅い場所の余震活動が活発であった。しかし、27 日の余震以降については、本震の余震分布がより地表面に近い場所に移るとともに、27 日の余震の震源付近の場所で余震活動が活発になったことがわかる。

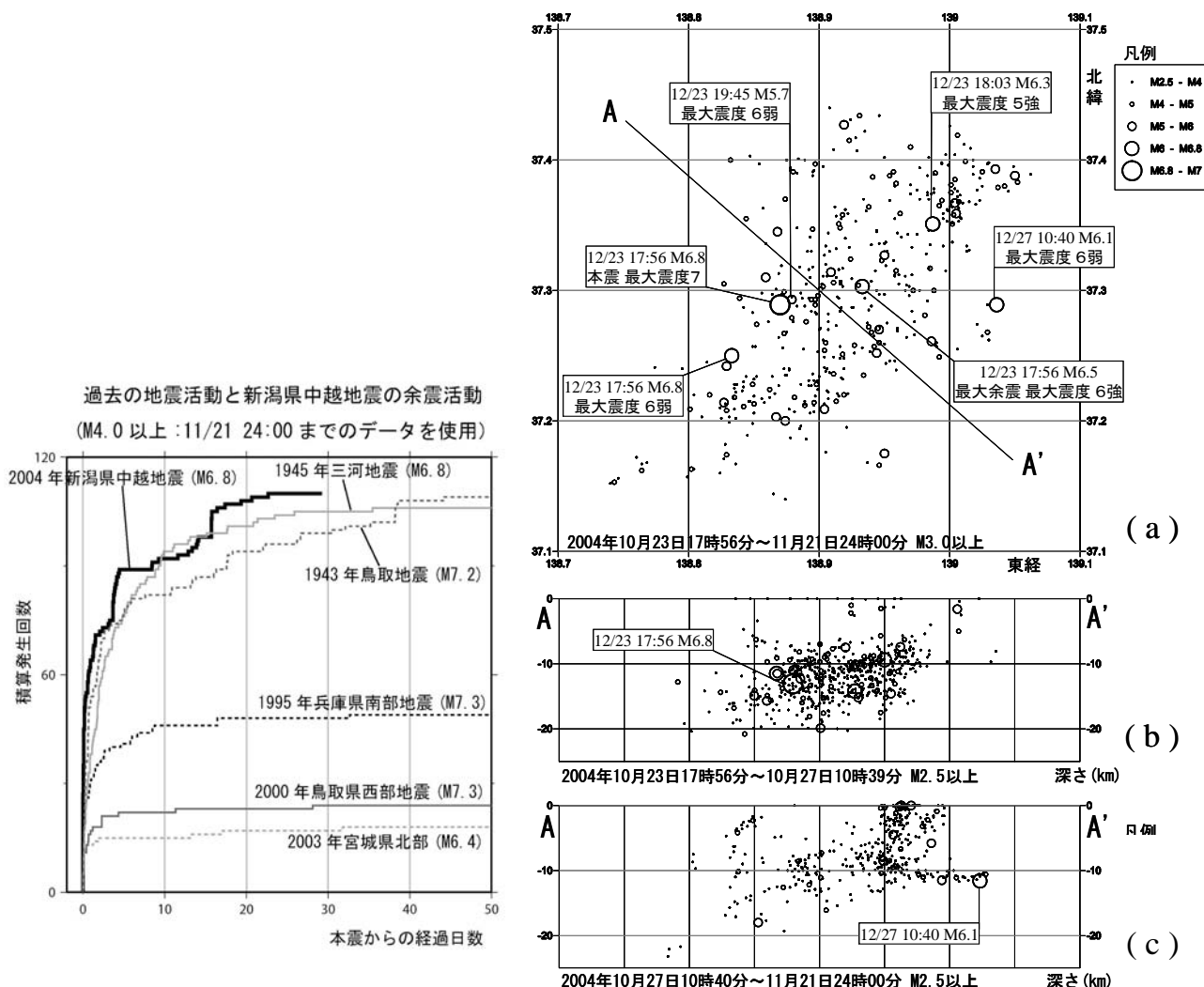


図 2.4 過去の地震との余震活動の比較¹⁾ 図 2.5 余震分布図 (一元化震源リスト³⁾ より作成)

2. 2 地震動の特性

2. 2. 1 強震記録の概要

国土交通省では、施設の管理を目的とした全国的な地震計ネットワーク観測施設(以降、地震計NW)を整備しており、今回の地震においても約 180 箇所の観測地点にて地震動を観測した。図 2.6 に最大加速度の分布を示す。観測された記録の最大加速度及びSI値(最大加速度は水平成分を合成して算出、SI値は水平 2 成分のうち大きい方)は国総研ホームページ⁴⁾にて公開中である。

2. 2. 2 最大加速度と距離減衰状況

図 2.7 に示した数値は、地震計NWにより観測された記録のうち、震源近傍の 5 地点で得られた最大加速度値である。このうち、妙見堰管理支所(震央距離: 7km)の最大加速度が最も大きく 1715(cm/s^2)であった。瞬間的に作用した加速度ではあるもののその値は、重力加速度(980 cm/s^2)の実に約 1.7 倍であった。一方、地震動の強さを表し、一般的な構造物に与える被害と相関が高い指標であるSI値についても、妙見堰において最も大きな値 106 cm/s (EW成分)を観測した。これは兵庫県南部地震の強震記録(神戸海洋気象台NS成分)から算出した 114 cm/s に迫る値である。

地震計 NW で観測された最大加速度の距離減衰特性と、距離減衰式による推定値を図 2.7 に示す。推定式Aは内陸の浅い地震について提案されている距離減衰式⁵⁾、推定式Bは国土交通省で過去に観測した強震記録から提案された距離減衰式⁶⁾である。これによると、今回の地震で観測された最大加速度は内陸地震としては、ほぼ平均的であったと考えられるが、震源近傍の観測点のうち①②③で示した地点については推定式よりもかなり大きな値となっていることがわかる。このうち①③については、図 2.3 の上盤に相当する位置にある。逆断層の地震では上盤側の地震動が下盤側より大きくなるといわれており、妙見堰管理支所や長岡国道事務所の最大加速度が大きくなった理由のひとつと考えられる。

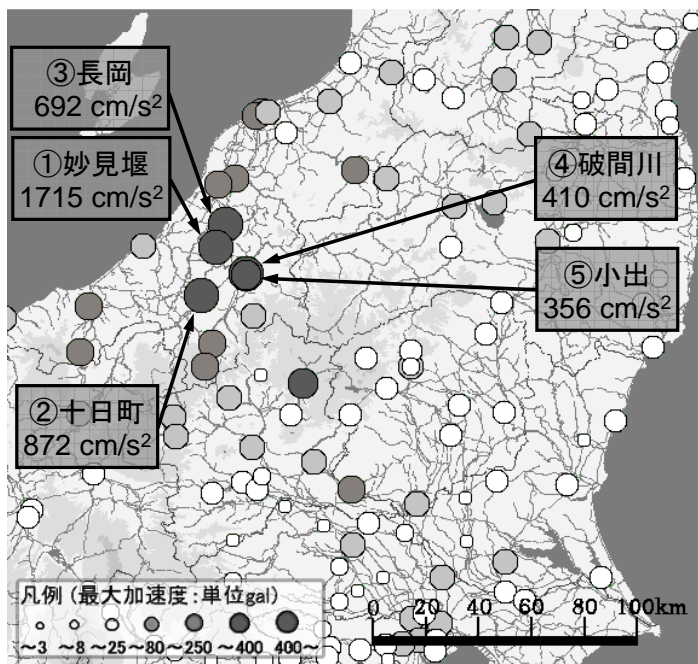


図 2.6 地震計 NW で観測された最大加速度

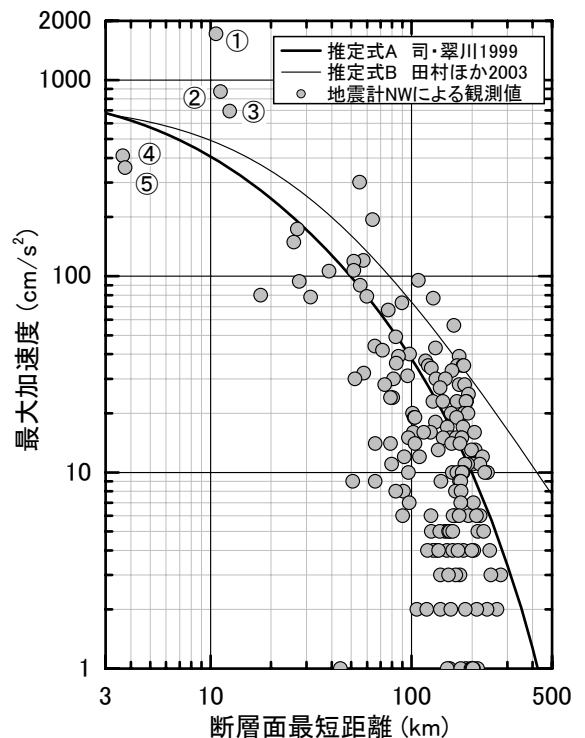


図 2.7 地震計 NW 記録の距離減衰状況

2. 2. 3 加速度応答スペクトルと SI 値、計測震度

妙見堰管理支所と長岡国道事務所で観測された記録の加速度波形を図 2.8(a) (b)に示す。これらの観測記録より、気象庁と同様の手法を用いて震度を算出した結果、妙見堰管理支所は震度 7（計測震度相当値 6.5）、長岡国道事務所は震度 6 強（同 6.1）であった。最大加速度や SI 値からも、これらの地震動が非常に強いものであったことがわかる。また、観測記録より求めた加速度応答スペクトルを図 2.9 に示す。同図には、兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台で得られた記録 (NS 成分) による加速度応答スペクトルを併せて示している。これらの比較より今回の地震で観測された妙見堰における地震動は、神戸海洋気象台の記録と同程度、固有周期の短い構造物についてはそれ以上に、影響の大きい地震動であったことがわかる。

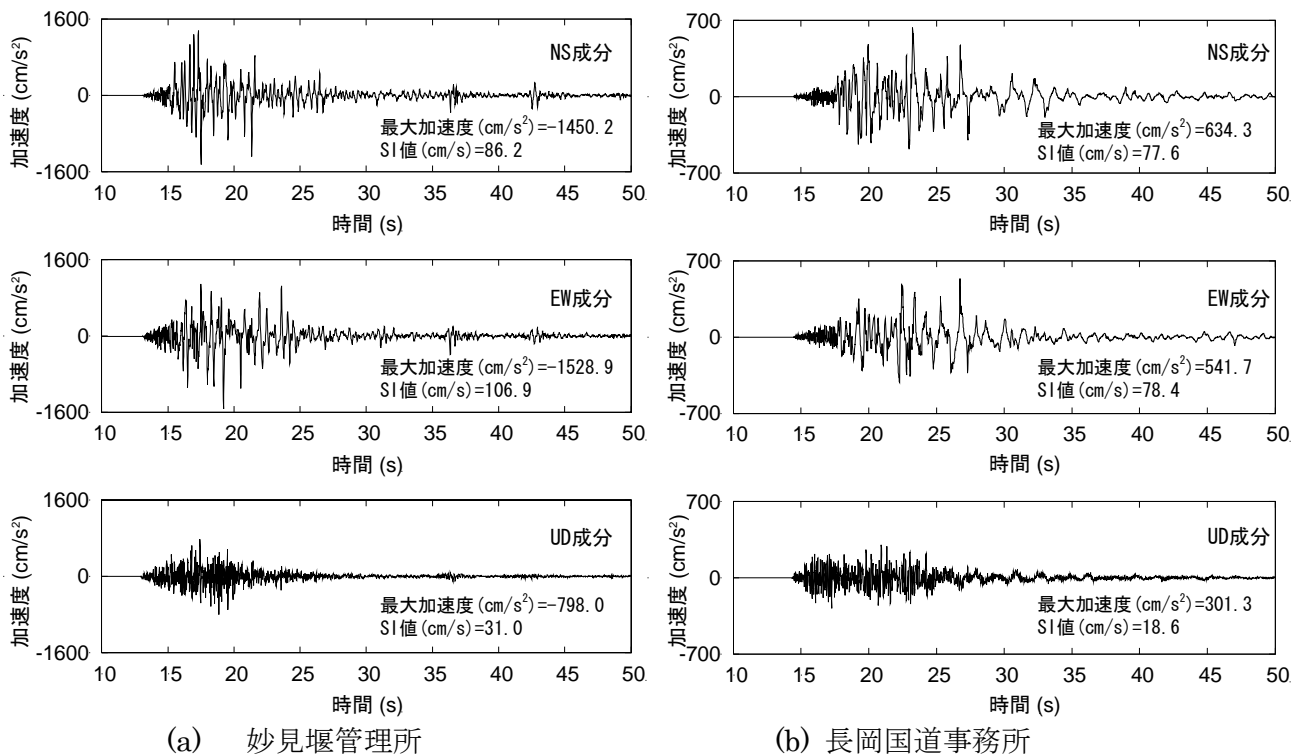


図 2.8 観測された加速度時刻歴波形（横軸の絶対時刻は地点毎に異なる）

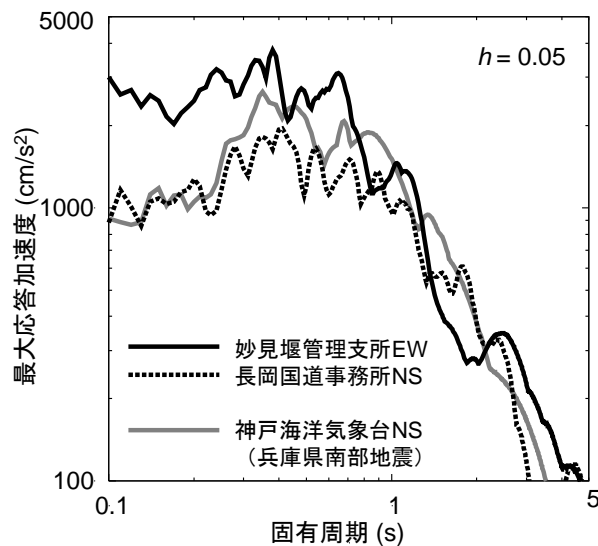


図 2.9 加速度応答スペクトル（減衰定数 5%）

加速度応答スペクトルについて、距離減衰式⁶⁾による推定値と、観測記録より求めた値との比較を図 2.10 に示す。観測記録は、妙見堰管理支所や長岡国道事務所等を含む 6 地点によるものを用い、NS成分とEW成分それぞれの加速度応答値を示した。特に固有周期 0.7 秒の加速度応答値について、一部の観測記録が推定値より大幅に大きく、妙見堰のEW成分では観測値は推定値の約 3.9 倍（観測値 2530gal, 推定値 649.4gal）であった。ただし、これらの観測値を除いた全体の観測記録は、過去の地震動からの推定値と比較しても平均的であったことがわかる。

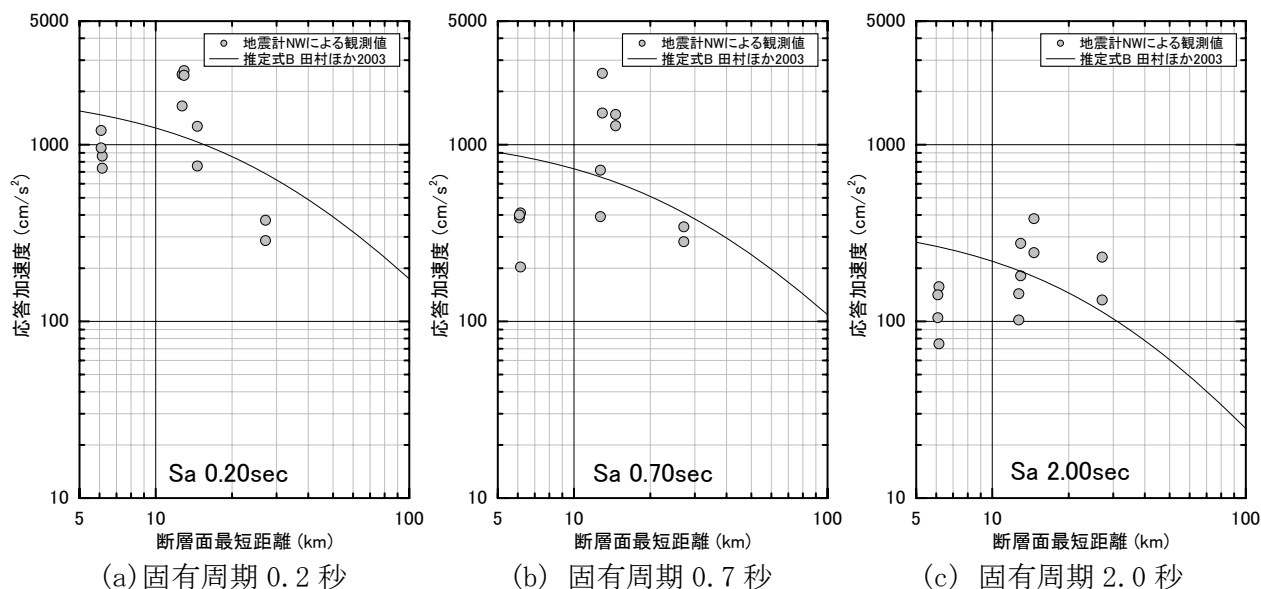


図 2.10 加速度応答スペクトルの距離減衰式

2. 2. 4 地震動の方向性

妙見堰の加速度記録より求めた地動速度の軌跡を図 2.11 に示す。図より、推定される断層面の直交方向の地震動が強かったことがわかる。また、震源近傍の墓地（堀之内町新道地区）では、図 2.12 のように複数の石の移動が確認された。地震前にあったと思われる場所と、移動後の石の間には転がった形跡は無いため、跳躍かそれに近い状況で石が移動したと思われる。移動の方向は北北西であり、ほぼ断層面と直交方向であった。これらのことから、今回の地震による地震動は断層面と直交方向に非常に強かったことが考えられる。

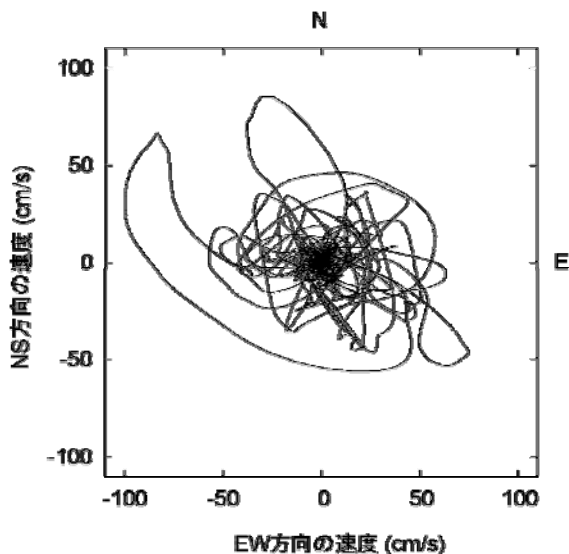


図 2.11 妙見堰における地動速度の軌跡



図 2.12 震源近傍で確認された石の移動

2. 3 まとめ

今回の地震は、気象庁の計器観測で初めて震度 7 を観測したやや規模の大きい (M6. 8) 逆断層の地震であり、過去の地震の中でも余震活動が活発であった。また、地震計 NW で観測された妙見堰管理支所の地震動は震度 7 に相当し、1995 年兵庫県南部地震の神戸海洋気象台記録と同程度以上に構造物に対して影響の大きい地震動であった。地震動は断層の上盤側で大きく、推定される断層面と直交方向に強いことが確認された。

参考文献

- 1) 気象庁ホームページ <http://www.jma.go.jp/>
- 2) 東京大学地震研究所ホームページ <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/>
- 3) 防災科学技術研究所ホームページ <http://www.bousai.go.jp/>
- 4) 国土技術政策総合研究所ホームページ 河川・道路施設の地震計ネットワーク情報
<http://www.nilim.go.jp/japanese/database/nwdb>
- 5) 司宏敏、翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式、日本建築学会構造系論文集、第 523 号、pp. 63-70、1999
- 6) Tamura, K., Matsumoto, S. and Nakao, Y.: Attenuation Relations of Peak Ground Acceleration and Acceleration Response Spectra for Engineering Applications, Research Report of PWRI, Vol. 199, pp. 79-95, March 2003

3. 地形・地質

3. 1 中越地域の地形概要

図 3.1 に中越地域の地形図を示す。

この地域の地形を概観すると、南東から標高 1,500–2,000m の急峻な越後山脈、その北西に震源域が分布する東山丘陵・魚沼丘陵、さらに北西に東頸城丘陵が分布し、越後山脈と東山丘陵・魚沼丘陵の間を魚野川・^{あぶるま}破間川、魚沼丘陵と東頸城丘陵の間を信濃川が流下している。

この地域の地形の特徴として、平野や盆地の長軸、丘陵の稜線、河川の流下方向などが北北東–南南西方向に延びていることが挙げられる。これは更新世～現在に至るまでの構造運動の結果を反映したものである。魚野川・破間川が流下する越後山脈と丘陵の境界も北北東–南南西方向に直線的に延びており、地質学的には新発田–小出構造線と呼ばれる断層上に位置する。この構造線を境に地形・地質とも大きく異なり、先に述べた北北東–南南西方向の特徴的な地形は、この構造線より西側の丘陵地帯に見られる。丘陵地帯には新第三紀以降の地質学的に比較的新しい地層が厚く堆積し、丘陵地帯の地形はこの地層が構造運動に伴う複数の断層や褶曲により変位・変形して形成されている。現在見られる主要な丘陵の稜線は背斜軸に、丘陵間の低地は向斜軸に概ね対応している。

震源域周辺を流れる主要な河川には信濃川および信濃川の支流の魚野川、破間川がある。魚野川は六日町盆地の中を北北東に流下し、小出にて破間川と合流して西北西に向きを変え、川口町で信濃川に合流する。また信濃川は十日町盆地の中を北北東に流下し、小千谷の北で長岡から新潟にかけて広がる新潟平野へ至っている。この地域の河川沿いの地形的特徴として、河成段丘の発達が挙げられる。新潟平野に至るまでの信濃川では段丘がよく発達しており、模式地として多くの研究が行われている。また魚野川でも六日町盆地では盆地西縁の一部および小出から川口において認められる。信濃川沿いでは、これまでの研究で 10 段程度の段丘面が区分されている。また本来平坦な段丘面にも褶曲による変形が認められるものがあり、その変形も高位の段丘面ほど大きい傾向があることから、褶曲運動が第四紀更新世以降にも継続していることが分かる。

十日町盆地では、現河道付近まで段丘崖が迫っており沖積低地の発達に乏しいものとなっている。一方、六日町盆地では厚い礫層が盆地内に堆積し、その上も扇状地性の堆積物に広く覆われている。したがって小千谷付近までの河川沿いには液状化が起きやすい砂質土層からなる沖積低地の分布はわずかで、沖積低地が広範囲に分布するのは、長岡付近以北の新潟平野となっている。

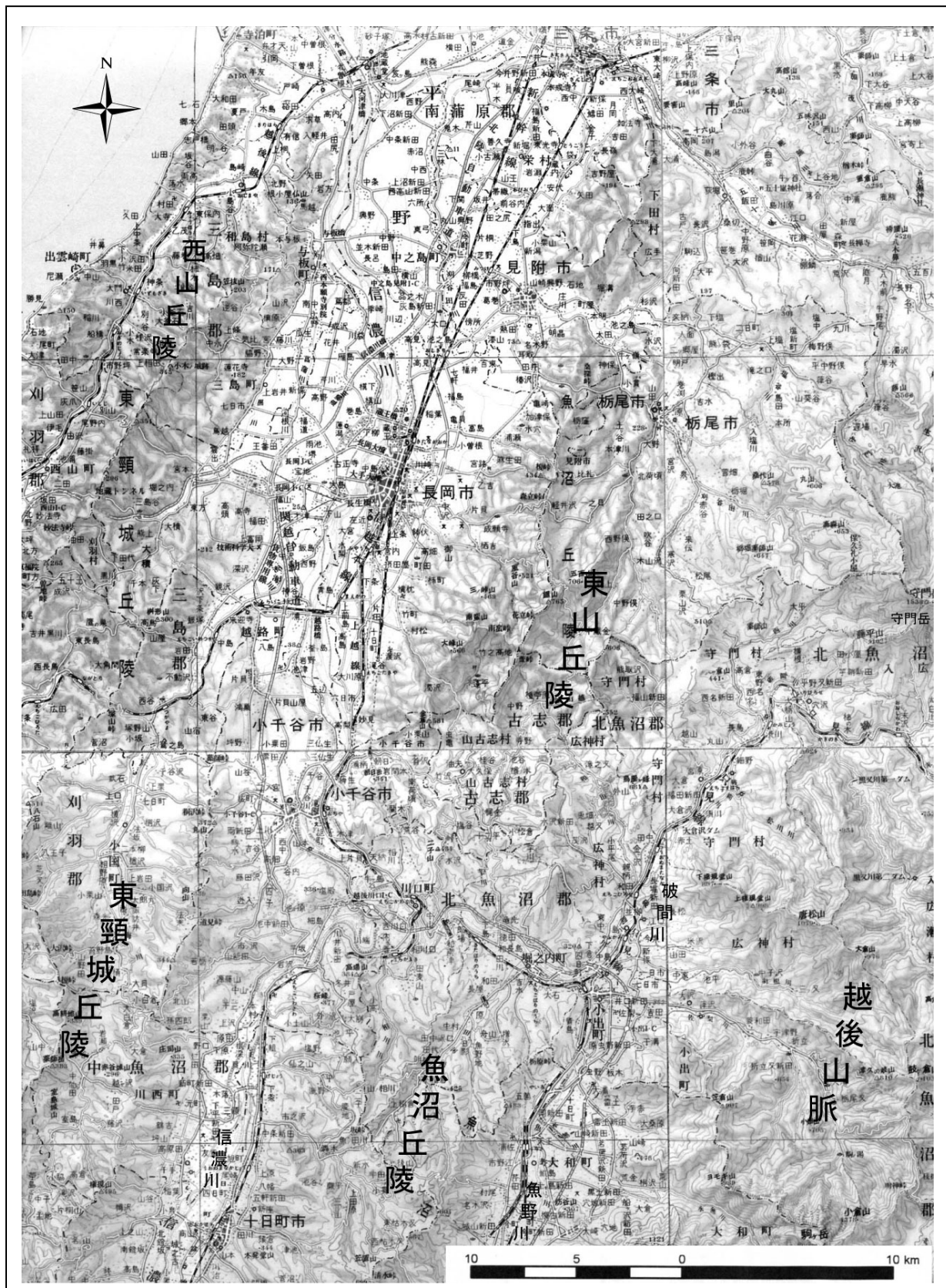


図 3.1 新潟県中越地域の地形
(1/20 万地勢図 (国土地理院) に加筆)

3. 2 中越地域の地質概要

図 3.2 に中越地域の地質図を示す。

この地域の地質は、新発田―小出構造線を境に大きく異なっている。構造線より東側は、先新第三系の中世界、花崗岩、変成岩、グリーンタフなどの基盤岩類を主体とし、急峻な越後山地を形成している。一方、構造線より西側の丘陵や平野の広がるところでは、新第三系や第四系が厚く堆積している。この新第三紀以降の地層は、最大約 5,000m の層厚を有している。また泥岩層が厚く堆積し、褶曲構造も発達しており日本でも有数の油田地帯を形成している。

この地域に堆積する新第三紀以降の厚い地層は、下位から中部中新統の津川層、七谷層、中・上部中新統の寺泊層、上部中新統～下部鮮新統の椎谷層、鮮新統の西山層、下部更新統の灰爪層、上部鮮新統～中部更新統の魚沼層からなる（図 3.3、図 3.4 参照）。以下に各地層の概要を述べる。

- ・津川層：基底礫岩、砂岩、泥岩、凝灰岩からなる海成層で、新発田―小出構造線より東の守門岳山麓に見られる。
- ・七谷層：深海成の泥質岩、硬質頁岩を主体とし、流紋岩・デイサイト質の火山碎屑岩類を挟む地域もある。地域によって層相が異なり、震源域付近では破間川流域の東山丘陵に西名層として分布する。
- ・寺泊層：主として泥岩優勢の泥岩砂岩互層で深海の海底扇状地相とされる。火山岩類もともなう。東山丘陵では東山背斜の軸部および守門岳の北部および南部の山麓の一部に見られる。
- ・椎谷層：砂岩泥岩互層からなるタービダイト性の深海成層である。黒色泥岩からなる椎谷層相当層は荒谷層と呼ばれる。東山背斜周辺には川口町荒谷付近の黒色泥岩に代表される荒谷層が分布する。
- ・西山層：青緑色～灰色の塊状泥岩を主体とし西山丘陵（東頸城丘陵北部）を模式地とする。地域により層相が異なり、西山層相当層としてそれぞれ別の名称で呼ばれている。東山背斜周辺では灰色～暗灰色の塊状泥岩からなる層を牛ヶ首層、川口町西倉を模式地とする砂岩泥岩互層を川口層、長岡市妙見町白岩付近を模式地とする青灰色で塊状の砂質シルト岩および砂岩砂質シルト岩互層を白岩層としている。
- ・灰爪層：浅海性の砂質シルト岩、石灰質砂岩からなる。主に西山丘陵（東頸城丘陵北部）に見られる。
- ・魚沼層群：未固結な海成の砂層・泥層、デルタ・河川・氾濫源成の礫、砂礫シルト層からなり、魚沼丘陵、東山丘陵の南東部、東頸城丘陵に広く見られる。堆積相の詳細な研究から海退・海進を繰り返しながら全体として陸域環境に変化していく様子が解明されている。なお川口町和南津付近を模式地とする浅海成で細～粗粒の砂層からなる和南津層については、魚沼層群の最下位として扱う考えと魚沼層群に含めない考えがある。

これらの地質構造は、北北東－南南西方向の断層や褶曲軸に支配され、丘陵地では褶曲軸に沿って細長く地表に現れる。

この他に、上記の地層を覆う未固結な被覆層として、丘陵周辺に分布する礫・砂・シルトからなる段丘堆積物、扇状地堆積物、崖錐堆積物、新潟平野を広く覆う沖積層がある。

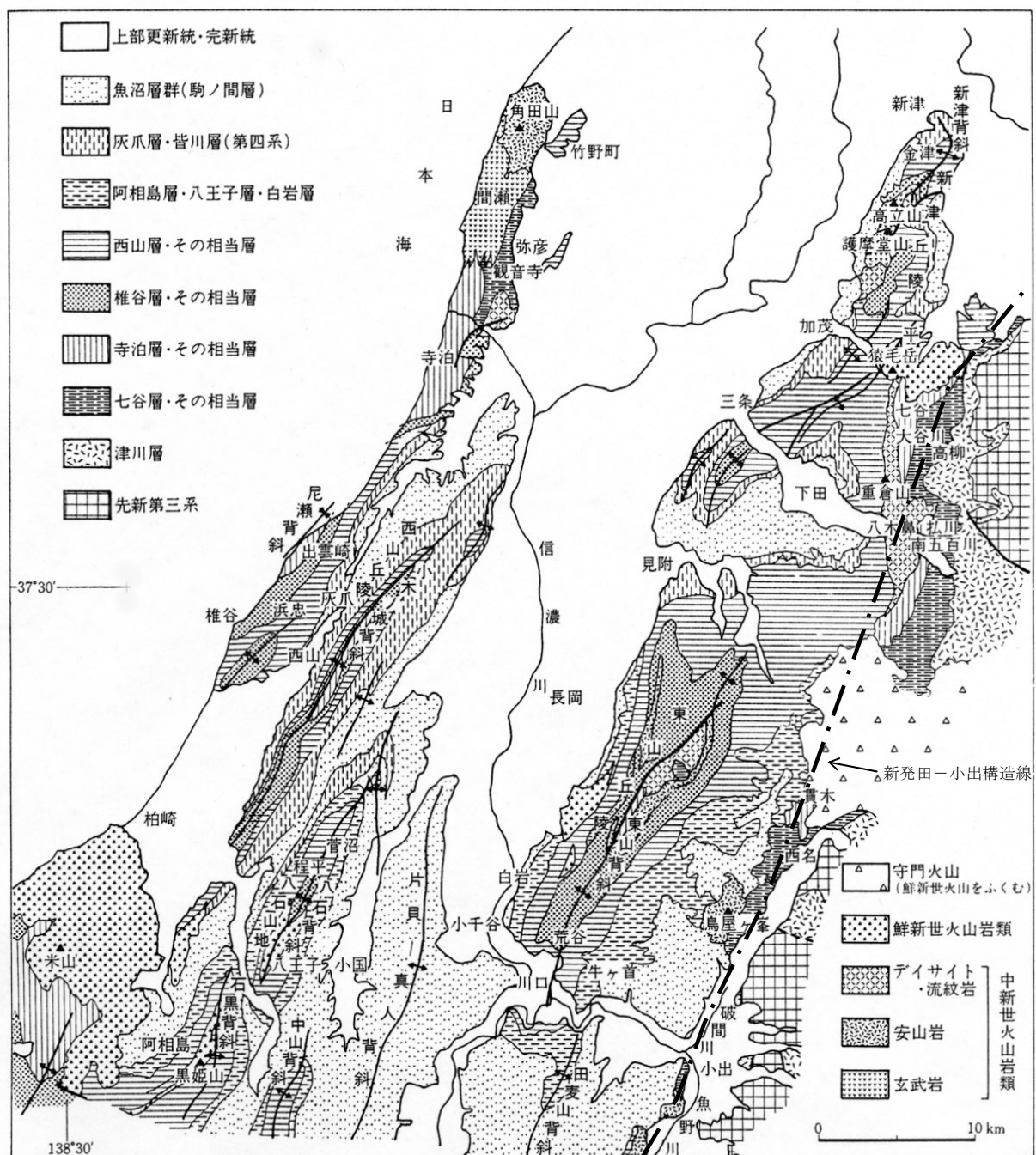


図 3.2 新潟県中越地域の地質図

〔「日本の地質 4 中部地方 I」(共立出版)²⁾に加筆※
 ※加筆した新発田－小出構造線は信越地域活構造図
 (地質調査所)⁴⁾よりトレース

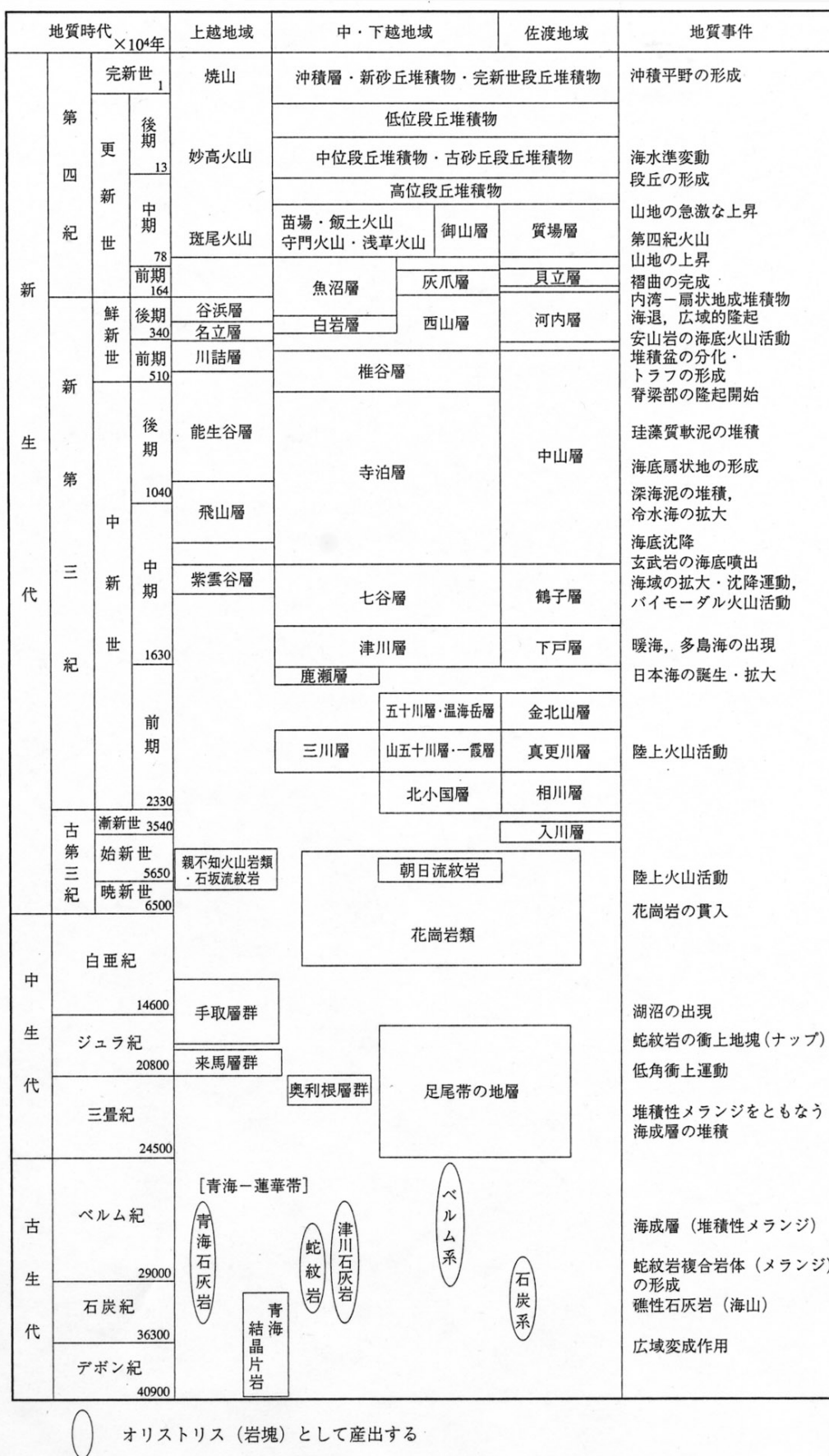


図 3.3 新潟県の地質系統

(出典：新潟県地質図説明書(2000年版) (新潟県) ¹⁾)

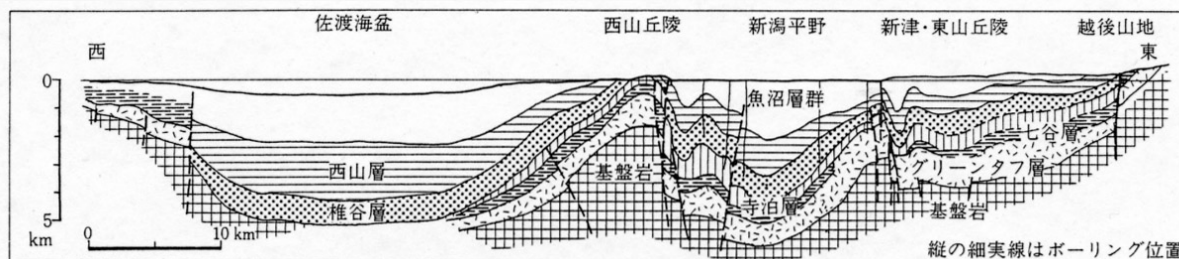


図 3.4 新潟油田地域の地質断面図

(出典：「日本の地質 4 中部地方 I」(共立出版)²⁾)

3. 3 活構造

新発田－小出構造線より西側には、北北東－南南西方向の特徴的な地形を形成した構造運動に伴う断層や褶曲が多く存在する。断層のいくつかは第四紀後期に活動し将来も活動する可能性があるとは推定される活断層とされているものや、褶曲のいくつかは現在あるいは最近も変形が進行していると推定される活褶曲とされているものがある。

3. 3. 1 活断層

この地域に分布する活断層について位置が図示されている資料としては、『信越地域活構造図』(地質調査所, 1979)⁴⁾、『新編 日本の活断層』(活断層研究会, 1991)⁵⁾、『都市圏活断層図「長岡」⁶⁾「小千谷」⁷⁾「十日町」⁸⁾』(国土地理院, 2001)、『活断層詳細デジタルマップ』(中田・今泉編, 2002)⁹⁾がある。『活断層詳細デジタルマップ』は、1995 年の兵庫県南部地震以降に『新編 日本の活断層』のデータを基に進められている活断層調査の結果や、確実度の低い活断層の再評価が行われた結果が編集されたものであり、位置情報もより詳細となっている。図 3.5 に『活断層詳細デジタルマップ』をもとに作成した活断層の分布図を示す。震源域付近において『活断層詳細デジタルマップ』と『新編 日本の活断層』で記載が大きく異なる断層は、前者にて十日町断層帯および六日町断層帯とされている断層で、これらは後者の資料ではいずれも断層帯の南部しか判読されていない。

今回の地震活動では余震分布や国土地理院等の解析により六日町盆地西縁に位置する断層帯の北部が活動したと考えられている。また断層の一部が地表付近にまで到達したことを示唆する小規模な地表変位がこれに沿って認められているという報告も活断層研究センター((独)産業技術総合研究所)¹⁰⁾よりなされている。六日町盆地西縁の断層は、『活断層詳細デジタルマップ』では北端が大和町浦佐付近となっているが、その北部は『都市圏活断層図「小千谷」』に六日町盆地西縁断層や小平尾断層として守門村三沢付付近まで記載されている。図 3.5 には『都市圏活断層図「小千谷」』にある六日町盆地西縁断層および小平尾断層を加えてある。

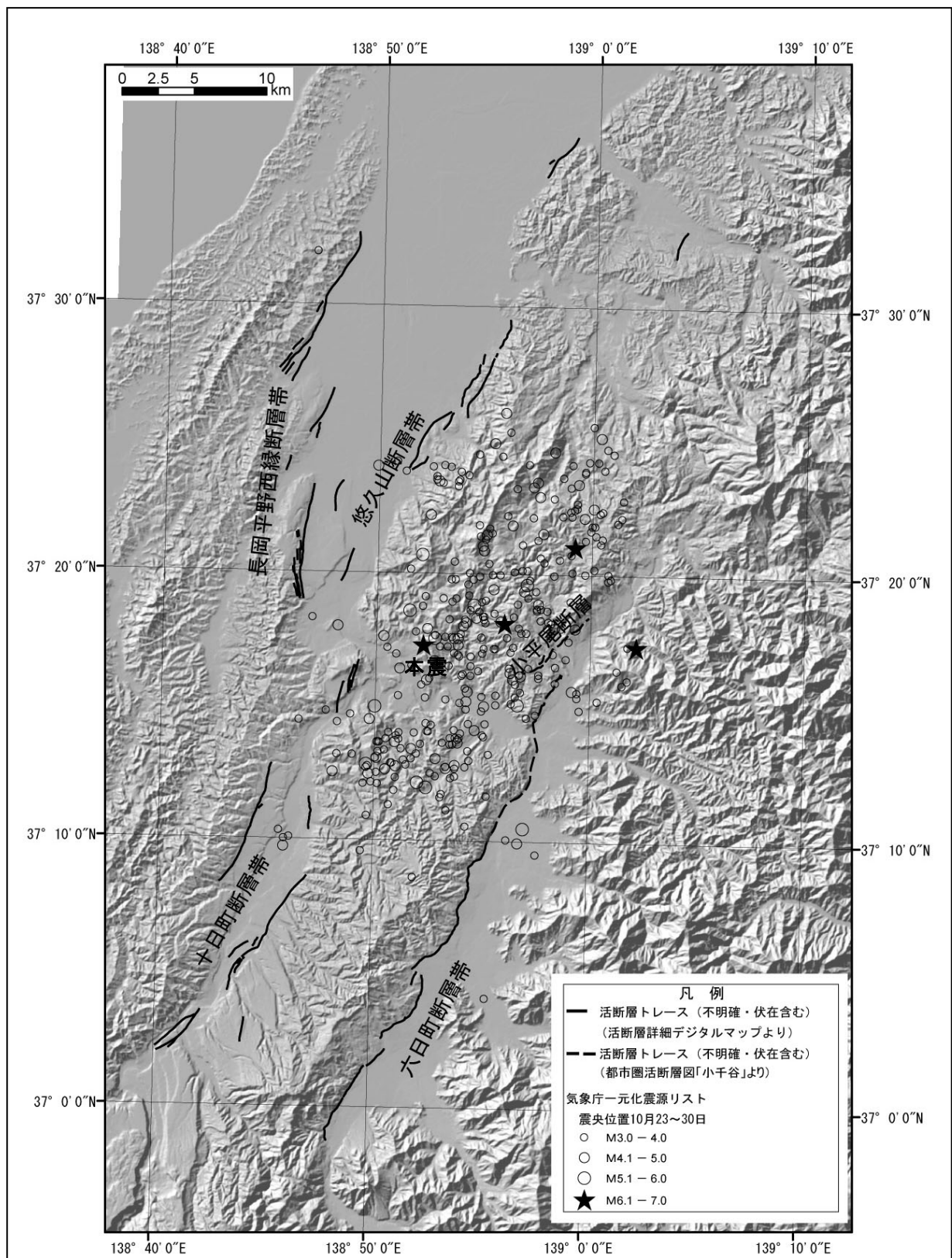


図 3.5 活断層分布図

活断層詳細デジタルマップ (中田高・今泉俊文編, 東京大学出版会, 2002) の「活断層シェイプファイル (製品シリアル番号: DAFM0057)」を編集し、数値地図 50m メッシュ (国土地理院) より作成した地形の陰影図に重ね合わせて作成

以下に『活断層詳細デジタルマップ』に収録されている各断層の概要を示す。

・六日町断層帯：

六日町断層帯は、魚沼丘陵とその東側にある六日町盆地の地形境界をなし、盆地内を北流する魚野川が丘陵を横断し北西へ屈曲する付近から、越後湯沢の北までの約 20km にわたって連続する。本断層帯は西側の魚沼丘陵を隆起させる逆断層と考えられ、多くのスキー場の広がる完新世後期の扇状地に 5m 前後の変位を与えていることから、活動性の高い断層であると考えられる。

・悠久山断層帯（小千谷の北北東）：

悠久山断層帯は、長岡平野東縁に位置し地形境界に沿って、北東－南西方向に長さ約 15km にわたって連続する南東傾斜の逆断層帯である。この断層帯の北東延長の地形境界に沿っても断続的ではあるが、断層変位地形が確認されている。

この逆断層と西側に併走する逆向き断層（南東側低下）の間には、高まりが形成されている。また本断層帯の南東側の山地斜面には地すべり地形が卓越しており、この地すべりと断層構造が深く関係するとも考えられている。

平均変位速度は、B 級と考えられるが、実変位速度については不明である。

・十日町断層帯（小千谷の南南西）：

十日町断層帯は、信濃川沿いに片貝付近から盆地南部の大割野付近まで、北北東－南南西方向に延びる、長さ約 30km の逆断層帯である。信濃川左岸沿いの十日町盆地西縁断層は、西傾斜の逆断層で、高位段丘や中位段丘は東側に向かって撓曲する。この断層は、盆地南部で信濃川を横断し、併走する数条の断層とともに、信濃川沿いの段丘に逆向き断層崖を形成している。

一方、信濃川右岸では、高位段丘面の西方への傾動が顕著である。これは魚沼丘陵の西方への傾動運動の一部と考えられる。

平均変位速度は、上下成分で、0.5～1mm/年程度と推定される。また、完新世の地形面にも変位が確認されている。

・長岡平野西縁断層帯：

長岡平野西縁断層帯は、信濃川左岸に沿って、北東－南西方向に長さ約 35km にわたって発達する北西傾斜の逆断層帯である。本断層帯の北東延長の弥彦山や角田山の南東麓に分布する断層にも連続すると考えられる（総延長は 50km に達する）。個々の断層線は雁行しており、併走する数条の断層によって、高まりをなす。また、断層沿いの地形面は、短波長の波状変形や傾動地形が明瞭で、典型的な活褶曲地域の例として取り上げられてきた。

平均変位速度は、高位段丘や中位段丘の上下変位量からは 0.3mm/年程度とされるが、傾動や撓曲変位を含めると、1mm/年を越えると考えられる。完新世の地形面にもこれらの変形は明瞭に及んでいる。

3. 3. 2 活褶曲

活褶曲については、この付近に分布する段丘の時代や傾動、ならびに測量による測地学的データから、北北東－南南西に延びる丘陵部で隆起し盆地部で相対的に低下する運動が捉えられている。その傾斜変動量は研究者により異なるが、およそ0.1-1mm/km・年程度で、隆起の軸部は0.2-0.75mm/年程度上昇しているとしている。また、活褶曲とは別に、小千谷付近では北方への傾動(0.2mm/km・年程度)もあるといわれている。

このような活褶曲については、基盤の地質に見られる魚沼層などの褶曲構造と調和するとする見解と、必ずしも調和するものだけでなく、過去の褶曲形成時期とは異なった構造的な条件下におかれているという見解がある。

3. 4 震源域の地形・地質

3. 4. 1 震源域の地形・地質概要

震源域がある東山丘陵・魚沼丘陵は、幅約15kmで北北東－南南西方向に延びる低平な丘陵である。これらの丘陵は複背斜帯に相当し現在も変形が進行しつつある隆起帯にあたる。

(1) 魚沼丘陵

魚沼丘陵は、南部では標高1,000mに達するが北部に向けて標高が低くなり北部では300～500mである。山稜は東側に片寄っており、山稜の東西で斜面の傾斜が大きく異なり、東側山麓は急傾斜、西側山麓は緩傾斜と非対称となっている。地質は鮮新統～前期更新統の魚沼層群が主体をなし、褶曲の程度が低く、更新世中期以降の非褶曲性の隆起運動により形成されたと考えられている。ただし丘陵北部の川口町周辺では東山丘陵から褶曲軸が延長し、魚沼層群より下位の白岩層等が分布する。

(2) 東山丘陵

震源が集中している東山丘陵は、丘陵中央のやや北西側に東山背斜と呼ばれる新潟県内でも第一級の背斜軸を有している。標高は概ね300～500mであるが、東山背斜の背斜軸付近では高いところで標高500～700m程度の山が連続している。東山背斜の東方、破間川までの区間にも複数の軸長の短い向斜軸や背斜軸が分布し、魚沼丘陵とは対照的に褶曲、断層の多い地層の変形が著しい地質構造となっている。東山丘陵の地質は大部分が新第三紀中新統～鮮新統からなり、下位から寺泊層（泥岩砂岩互層）、荒谷層（主に泥岩）、川口層（主に砂岩泥岩互層）、牛ヶ首層（主に泥岩）、白岩層（主に砂質シルト岩）が分布する。最下層の寺泊層は東山背斜の軸付近に分布し、その両翼により上位の地層が分布している。これらの地層より新しい鮮新統～更新統の魚沼層は東山丘陵の東南部や東部に分布する。

3. 4. 2 地すべり

この地域は図 3.6 に示すように多くの地すべり地形を有し、特に東山丘陵は新潟県内でも最も著しい地すべり分布地域の一つとされている。豪雪地帯でもあるため地すべりは梅雨期や台風時のほか融雪期にも発生している。

魚沼丘陵に広く分布する魚沼層群は、降雨が浸透しやすい未固結の礫、砂、シルトからなるうえに、丘陵の西側斜面では地層の傾斜方向と斜面の傾斜方向がほぼ等しく、丘陵の西側斜面で多くの地すべり地形が認められる。一方、東山丘陵では泥岩層の風化に加えて、褶曲構造の発達による亀裂や断層の形成や流れ盤斜面の形成などにより多くの地すべりが発生している。

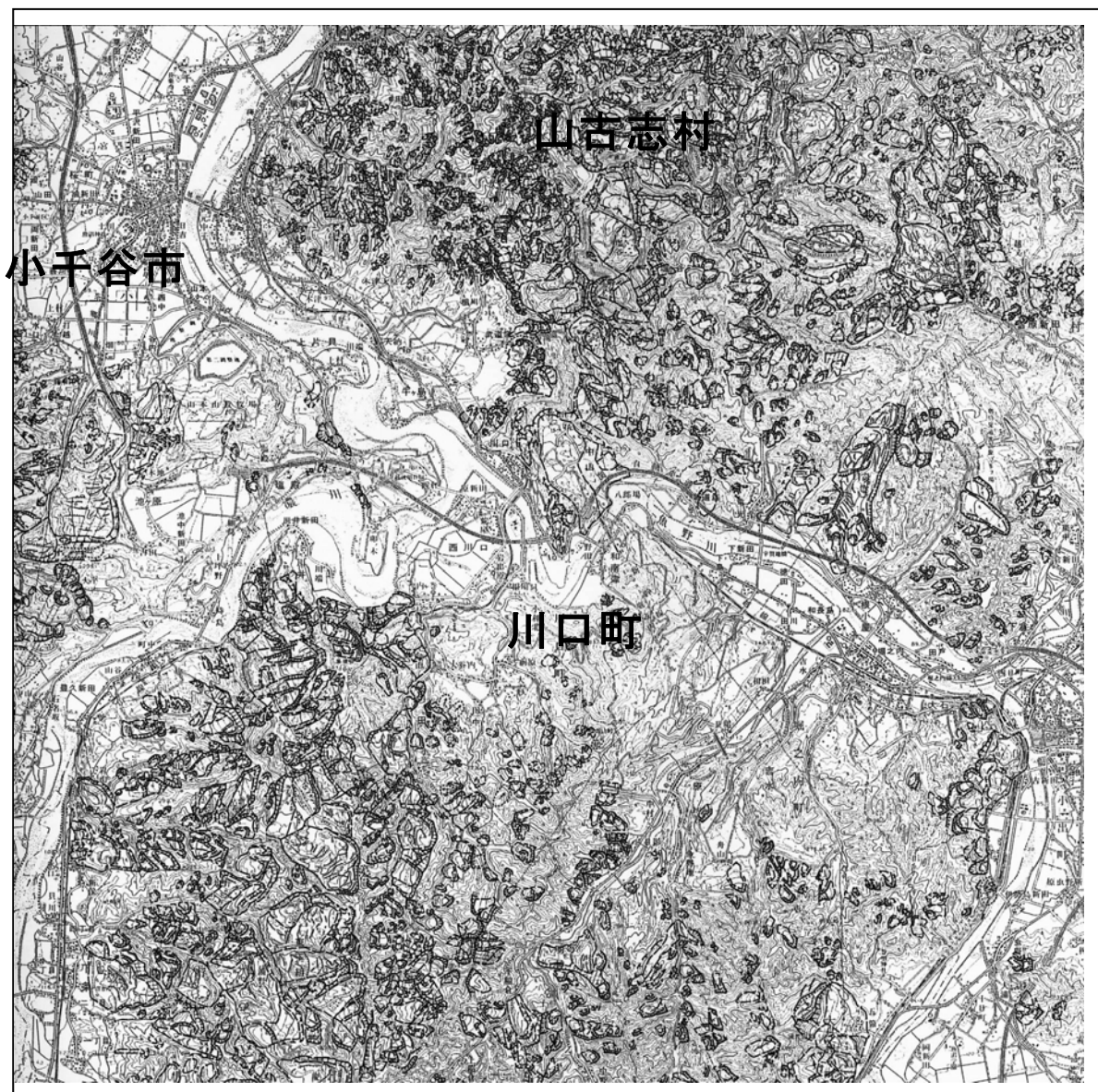


図 3.6 地すべり地形分布図

(出典：地すべり地形分布図 第 17 集「小千谷」(防災科学技術研究所) ¹²⁾)

参考文献

- 1) 小林巖雄、吉村尚久：新潟県地質図説明書(2000年版)，新潟県，2000
- 2) 植村 武、山田哲朗：日本の地質4 中部地方Ⅰ，共立出版，1988
- 3) 地質調査所：5万分の1地質図幅「十日町」，1985、「小千谷」，1986、「長岡」，1991
- 4) 加藤碩一、山崎晴雄：信越地域活構造図，地質調査所，1979
- 5) 活断層研究会：新編 日本の活断層－分布図と資料，東京大学出版会，1991
- 6) 堤 浩之、東郷正美、渡辺満久、金 幸隆、佐藤尚登：1:25,000都市圏活断層図「長岡」，国土地理院技術資料D・1-No.388，2001
- 7) 渡辺満久、堤 浩之、鈴木康弘、金 幸隆、佐藤尚登：1:25,000都市圏活断層図「小千谷」，国土地理院技術資料D・1-No.388，2001
- 8) 鈴木康弘、東郷正美、渡辺満久、金 幸隆、佐藤尚登：1:25,000都市圏活断層図「十日町」，国土地理院技術資料D・1-No.388，2001
- 9) 中田 高、今泉俊文：活断層詳細デジタルマップ，東京大学出版会，2002
- 10) 独立行政法人産業技術総合研究所活断層研究センター：2004年10月23日新潟県中越地震速報、<http://unit.aist.go.jp/actfault/niigata/index.html>
- 11) 新潟県農林水産部治山課：地すべり調査総括書Ⅳ－魚沼地域・中越地域編－，1981
- 12) 独立行政法人防災科学技術研究所：地すべり地形分布図 第17集「長岡・高田」，2004

4. 被害の概要

4. 1 人的被害及び住家被害

本地震による人的被害は、表4.1に示すように、平成16年12月3日9時現在、死者40名、負傷者2,999名、また、住家被害は、全壊2,632棟、半壊8,741棟、一部破損79,321棟に上っている（消防庁¹⁾）。死者のうち、建物の倒壊等による直接死は16名であり、地震によるショック死、地震後のストレス等による死者が多い。また、地震の発生時刻が午後6時前であったが、火災の発生は限定的であった。

表4.1 人的被害及び住家被害の概要（平成16年12月3日9時現在、消防庁）

	人 的 被 害			住 家 被 害			建物火災
	死 者	行方不明	負傷者	全 壊	半 壊	一部破損	
	人	人	人	棟	棟	棟	件
新潟県	40		2,989	2,632	8,741	78,289	9
長野県			3				
埼玉県			1				
福島県						1	
群馬県			6			1,031	
合 計	40		2,999	2,632	8,741	79,321	9

注）新潟県の住家被害には、一部未確認の非住家分を含む。

4. 2 土砂災害

今回の地震は、従来より地すべりが多発している第三紀層を中心とした山間地で発生したものであり、多数の斜面崩壊や地すべり、崖くずれ、土石流といった土砂災害が発生した。空中写真の判読結果によれば、3,791箇所では斜面崩壊の発生が報告されている。また、過去の地震による斜面崩壊の発生事例と比較しても斜面崩壊の発生率が高いことが確認されている。

魚野川の支川である芋川では、斜面崩壊及び地すべりにより大規模な河道閉塞が生じ、浸水被害を引き起こした。また、今回の地震では、土砂災害により家屋、道路等に甚大な被害が生じたことに加え、積雪地域に設置されている雪崩対策施設にも被害が発生した。

4. 3 下水道施設

下水道管路施設の被害は、震源に近い川口町を始めとした新潟県中越地方に広く及んでいる。被害の形態としては、液状化に伴う管渠やマンホールの浮上がり、管渠の破損・閉塞、マンホール躯体のずれ、管接合部の破損等である。特に、マンホールの浮上がりに関しては、1 m以上の大きな浮上がり変位が生じた箇所もあった。また、下水処理場及びポンプ場については、いずれも12箇所では被害が発生した。中でも、魚野川流域下水道堀之内

浄化センターでは、水処理施設のひび割れ、汚泥濃縮槽の傾斜等の被害が発生し、通常の下水处理機能が損なわれた。

4. 4 河川施設

直轄河川では信濃川水系信濃川及び魚野川、信濃川水系信濃川下流、また、補助河川では4水系49支川において被害が報告されている。被害の種別としては、堤防や護岸の亀裂が最も多く、それに次いで、堤防の陥没や崩壊、また、樋門・堰等の損傷が発生した。小千谷市周辺から上流域では、被害箇所数は多いが、堤防や護岸の亀裂といった比較的小規模な被害に留まっている。一方、小千谷市周辺から下流域では、上流域と比較して被害箇所数は少ないが、堤防の陥没や崩壊など比較的大規模な被害が発生した。また、地震計ネットワークにより1,500galを上回る最大加速度が観測された妙見堰では、門柱のかぶりコンクリートが剥離し、鉄筋が露出するという被害が発生した。

4. 5 ダム及び河道外貯留施設

本地震の発生後、114ダム等において臨時点検が実施され、ほとんどのダムでは変状が認められなかったものの、小千谷市、十日町市及び川西町に位置する新潟県管理の農業用の3ダム及び3つの河道外貯留施設（JR東日本の発電用の調整池）で変状が確認された。比較的被害が大きかった浅河原調整池では、堤体天端に縦断方向の亀裂が発生するとともに、貯水池側が沈下する段差が生じた。

4. 6 道路施設

道路橋で比較的大きな構造的な被害を受けたものは、長岡市及び小千谷市内の3橋である。これらの3橋では、鉄筋コンクリート橋脚の損傷、支承部の損傷が共通して生じたほか、橋台への桁端部の衝突や背面盛土の沈下等が見られたが、従来の地震による損傷形態と同様のものであり、また、応急復旧により交通を確保することができた。

道路土工の被害や斜面崩壊による国道及び県道の通交止め箇所は209箇所に及んだ。特に、今回の地震発生時の3日前にあたる10月20日には台風23号の通過に伴う激しい降雨があり、地震発生時には土の含水比が高かったことも考えられる。主な被害は、盛土のり面の崩壊、ブロック積擁壁の倒壊、ボックスカルバートの沈下及び目地部の開き、切り土のり面及びその上部斜面の崩壊等である。

道路トンネルでは、これまでのところ10本余りで何らかの被害が確認された。被害が大きかった国道17号の和南津トンネルでは、覆工コンクリートの崩落、側壁コンクリートの押出し、側溝の変状等が発生した。

4. 7 建築物

木造建築物では、地すべり、土砂崩落等に伴う被害が目立った。比較的古い建物で、大きな被害を受けたものが見られた。地盤による地震動の増幅あるいは壁量の不足などが原因として考えられる。1層をRC造とした高床式木造は概して被害軽微であったが、2層

以上の木造部分の壁量不足などの設計不備が原因と想像される被害や、地盤変状による被害を受けた家屋は少なからず存在した。基礎については、築年数の古い戸建て住宅で、無筋コンクリート造や無補強のコンクリートブロック積基礎、一体に繋がっていない基礎などの立ち上がり部分の破壊や土台の外れ等の被害が多く見られた。

鉄筋コンクリート造建築物では、比較的大きな被害は少ないという印象がある。ただし、1981年の新耐震設計法施行（以下「新耐震」という。）以前の建築物での柱、はりのせん断破壊、腰壁、垂れ壁等により短柱化した柱のせん断破壊といった被害が目についた。

鉄骨造建築物では、新耐震以前の体育館等で、ブレースの破断や間柱脚部のアンカーボルトの破断等の被害が目立った。また、天井材の落下等の非構造部材の被害も少なからず見られた。

【参考文献】

1) 消防庁ホームページ：<http://www.fdma.go.jp/detail/416.html>

5. 土砂災害

5. 1 被害の全体概要

平成 16 年新潟県中越地震により発生した土砂災害は、土石流 4 カ所、地すべり 131 カ所、がけ崩れ 90 カ所に及んでいる(国土交通省砂防部 12 月 31 日まとめ)。図 5.1 に本震及び震度 6 強以上を観測した余震の震央と斜面崩壊分布を示す。図にあるとおり本震の震央に近いところで斜面崩壊が多数発生しており、被害の大きい山古志村を中心に撮影した空中写真から判読された斜面崩壊が計 1,662 箇所確認されている。¹⁾

砂防研究室、土砂管理研究グループが行った地震発生前後の衛星写真の判読比較²⁾によると、土砂災害による被害の大きかった山古志村西部の斜面崩壊地発生面積率が 4.7%(判読面積 21km²)となっており、1964 年の新潟地震及び兵庫県南部地震によって発生した斜面崩壊の発生事例と比較しても斜面崩壊の発生率が大きい。

今回の地震は第三紀層の本来地すべりの多発している地域において発生しており、斜面崩壊、地すべりが多発した。中でも芋川では大規模な河道閉塞による浸水被害が発生した。新潟県栃尾市では、地震発生前の 1 ヶ月間で 448mm の降雨量が観測されている。また、地震の直前の 10 月 20 日には台風 23 号により日雨量 92mm の降雨が記録されておりそれらの影響が考えられる。今後、積雪・融雪期における地すべりの誘発、次期降雨における斜面崩壊の拡大などによる土砂災害の発生に向けた調査・対策が急務である。

5. 2 調査の概要

ここでは、①砂防研究室と土砂管理研究グループが地震発生直後にヘリコプター及び地上から実施した緊急調査の概要、②芋川本川で形成された河道閉塞に対する「砂防等専門家チーム」(構成員の一員として水野秀明砂防研究室主任研究官、西本晴男土砂管理研究グループ長が加わる)の緊急調査で実施した危険度概略判定の概要、及び、北陸地方整備局湯沢砂防事務所内に設置された「芋川河道閉塞現地対策室」に対する技術支援の概要、③山古志村の土砂災害発生箇所で行った調査の概要、④国土交通省関係機関、都道府県、独立行政法人土木研究所、財団法人砂防・地すべり技術センター、砂防ボランティア等から構成された「土砂災害対策緊急支援チーム」(本部長：杉浦信男危機管理技術研究センター長)での活動の概要、⑤妙見斜面崩壊技術支援の概要について報告する。

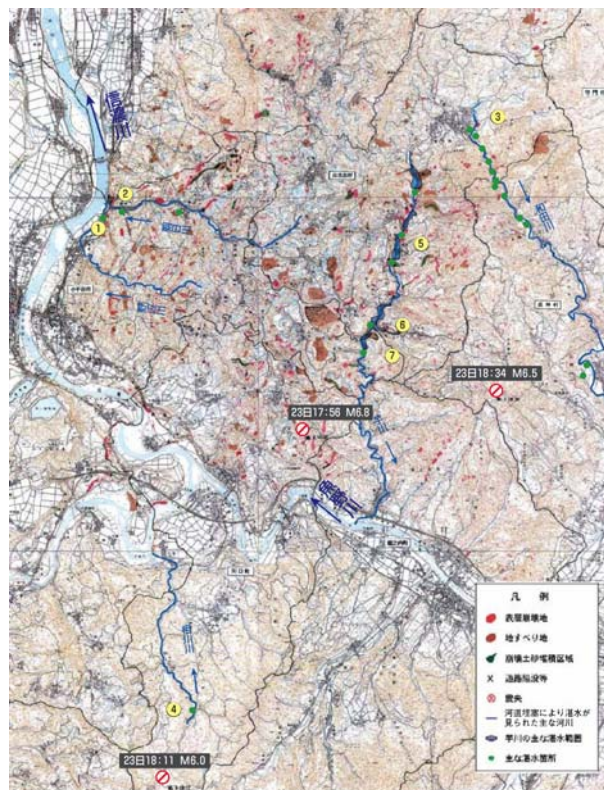


図 5.1 震央と斜面崩壊の分布 (北陸地整備作成)

5. 3 調査結果

5. 3. 1 緊急調査

地震発生 2 日後の 25 日に、土砂災害の発生状況について砂防研究室および土砂管理研究グループ、新潟試験所がヘリコプターによる上空からの緊急調査を行った（図-5.2）。

その結果、魚野川流域の少なくとも 4 箇所において大規模な河道閉塞が発生していることが確認できた。なお、以下に記述する河道閉塞の規模等の数字は機上から推測したものである。

1) 芋川（魚野川右支川）

- ・ 2 箇所で地すべり性崩壊による土砂で大規模な河道閉塞が発生している。
- ・ 他にも本川、支川において河岸の山腹崩壊により多数の河道閉塞が発生している。
- ・ 今後の降雨による湛水の進行、余震により、河道閉塞箇所の決壊による土石流発生の危険性が高いと考えられるため緊急的な対策が必要である。
- ・ 山古志村内はライフラインの途絶で村外への住民避難が行われている。
- ・ 魚野川合流点の川口町竜光（りゅうこう）地区は応急対策の状況をみつつ住民避難を検討する必要がある。

①十二平地区（魚野川合流点より約 3km 地点）の河道閉塞

右岸からの地すべり性崩壊で河道閉塞が発生している。

閉塞部分の高さ約 10～15m、幅約 30m、長さ約 50～100m 湛水はまだ少ない。

集水面積は約 17km²程度。

②寺野地区（魚野川合流点より約 9km 地点）

右岸からの大規模な地すべり性崩壊で河道閉塞が発生している。

閉塞部分は高さ約 30m、幅約 100m、長さ約 200m、湛水は延長約 400m までの範囲にみられる。

集水面積は約 6km²程度。

2) 和田川（波間川右支川）

- ・ 波間川合流点より約 8km 上流の大谷地（おおやち）地区で右岸からの地すべり性崩壊による土砂により河道閉塞が発生している。

高さ約 15m、幅約 30m、長さ約 50m、湛水は延長約 300m までの範囲にみられ、ほぼ満水状態。

集水面積は約 5km²程度。

湛水の一部が流下していることを確認（午後のフライトで確認：14 時 46 分）。

下流約 3km の滝之又地区は河床との比高が小さいため、土砂災害の観点から住民の安全確保に警戒が必要である。

3) 相川川（魚野川左支川）

- ・ 魚野川合流点より約 7km 上流の地点で、右岸からの地すべり性崩壊により河道閉塞が



写真-5.1 大規模な地すべり（山古志村山中）

発生している。

- ・高さ約 20m、幅約 50m、長さ約 80m、湛水延長約 50m（うち下流半分は左岸までは埋塞していない。また、上流半分も左岸側に低く堆積している状態）。
- ・下流 3km に小高地区、さらに 2km 下流に向山地区、さらに魚野川との合流点にも集落があり、今後の降雨、余震により土石流発生のおそれがあり、警戒が必要である。

また、河道閉塞の発生箇所以外で機上から確認できた地域の状況は以下の通りである。

1) 山古志村内

- ・山古志村を中心に、地すべり性崩壊、表層崩壊が極めて多数発生し、各流域では今後の降雨、余震等による二次災害の危険性に警戒する必要がある。（写真 5-2）
- ・谷沿いの崩壊地からの崩壊土砂はそのほとんどが谷に残存している。
- ・山古志村の道路は、路面の地割れ、山側からの崩落、谷側への陥没、地すべり等により壊滅的といえるほどの被害を受けている。



写真 5-2 多数の山腹の表層崩壊（山古志村）

- ・当面は余震のおそれがあり、作業の安全確保を図るため、調査を行うにあたっては空中写真の活用、ヘリ調査と地上調査の使い分けが必要である。
- ・土砂災害対策については今後の調査を踏まえることが必要となるが、委員会形式を執るなど学識経験者の意見を聞きながら対策を講ずる必要がある。

3) 朝日川から魚野川右岸、波間川右岸流域一帯

- ・山古志村に近接するエリアに多数の崩壊あり。各支川の上流部は地すべり性崩壊が多く、下流部は比較的表層崩壊が多い。

4) 川口町魚野川左岸流域

- ・地すべり性崩壊と、表層崩壊が多数発生している。

5. 3. 2 河道閉塞現象対応

図 5.2 は今回の地震に伴って生じた河道閉塞のうち、芋川本川の 5 つの地区（上流から寺野、南平、檜木、東竹沢、十二平）で生じた河道閉塞の位置を示したものである。砂防研究室と土砂管理研究グループは新潟県の要請に基づき、これらの河道閉塞の安定性を判定するために、現地調査を 10 月 28 日に実施した。また、その後、寺野地区と東竹沢地区で発生した河道閉塞に対する応急対策の技術的支援を北陸地方整備局湯沢砂防事務所に対して行なった。以下にその概要を報告する。

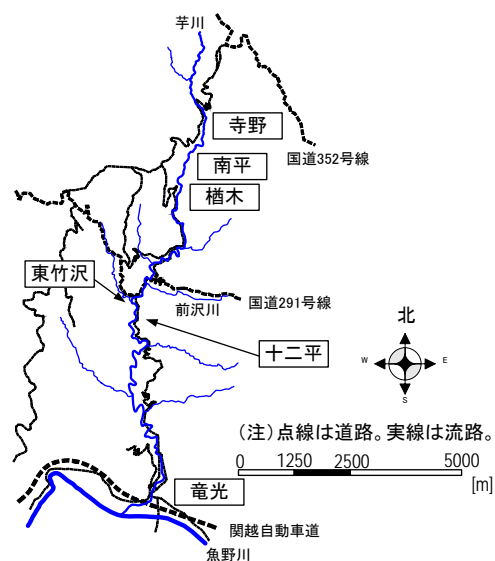


図 5.2 河道閉塞の位置

5. 3. 2. 1 河道閉塞に対する危険度概略判定

土砂災害復旧計画作成支援システム（建設省、1992）にある危険度概略判定のフローに基づき、越流とパイピングによる河道閉塞の決壊にいたるまでの時間と、決壊した場合の段波のピーク流量を推定した。また、既存資料（建設省河川局砂防部、1995）に示された過去の天然ダムの被災事例と比較して、寺野、南平、檜木、東竹沢、十二平で形成された河道閉塞の決壊の可能性を検討した。

表 5.1 は寺野、南平、檜木、東竹沢、十二平で形成された河道閉塞の形状と、せき止め土砂量及び満水した場合の湛水量を示したものである。河道閉塞が形成される前の地形は国土地理院発行の 50m メッシュデータから推定し、形成後の地形は 10 月 28 日にレーザー計測した結果を用いた。

表 5.1 河道閉塞の形状

地区名	河道閉塞の形状				
	長さ [m]	高さ [m]	幅 [m]	せき止め土量 [m ³]	貯水量[m ³] (満水湛水量)
寺野	360	26	230	107,800	428,900
南平	220	8	345	11,700	20,200
檜木	190	9	240	44,500	9,100
東竹沢	350	28	295	1,272,300	3,273,100
十二平	125	9	95	23,300	25,200

表 5.2 はそれぞれの河道閉塞が決壊するまでに至る時刻を推定した結果である。越流による決壊に至るまでの時間は、10 月 28 日時点の湛水位と河道閉塞の天端のうち最も低い地点の標高の差を水位上昇の割合で割って求めた値である。なお、水位上昇の割合について、現地調査時点で入手できた値は、河道閉塞の規模の大きな寺野と東竹沢のみであったため、そ

表 5.2 河道閉塞が決壊までの推定時間

地点名	決壊までに要する時間 [h]	
	天然ダムの越流 による破壊	天然ダムのパイ ピングによる破壊
寺野	29	50,367
南平	-	56,051
檜木	-	49,026
東竹沢	248	54,573
十二平	-	21,921

の他の河道閉塞は推定できなかった。また、パイピングによる決壊に至るまでの時間は河道閉塞の下流端に浸潤線が到達するまでの時間とし、式（５．１）（建設省、1992）を用いて推定した。

$$T = \frac{L}{k(\sin \theta + H/L)} \quad \dots (5.1)$$

ここで、 T ：到達時間[s]、 L ：河道閉塞の長さ[m]、 k ：透水係数[m/s]、 H ：河道閉塞の高さ[m]、 θ ：元河床勾配である。計算に際して、 L 、 H 、 θ の値は表 5.1 に示した数値を用いた。 k の値は、新潟県が過去に芋川流域において実施した土質調査の結果を参考に 2.0×10^3 [cm/s] ($=2.0 \times 10^5$ [m/s]) とした。計算した結果、越流による決壊までの時間がパイピングによる決壊までの時間よりかなり短かったことから、河道閉塞が決壊するとすれば、その原因は越流によるものとなるだろうと推定できた。なお、後日、寺野地区で形成された河道閉塞の内の 2 箇所において簡易揚水試験を実施し、透水係数を計測したところ、その値は $3.1 \times 10^3 \sim 6.5 \times 10^3$ [cm/s] の範囲であった。最大値 (6.5×10^5 [m/s]) を用いた場合、表 5.2 で示したパイピングによる決壊に至るまでの時間は 0.3 倍程度となる。その場合においても、越流による決壊までの時間がパイピングによる決壊までの時間よりかなり短かった。

図 5.3 は過去の天然ダムの被災事例から河道閉塞の決壊の可能性を検討したもので、X軸に堰止め土量[m³]、Y軸に湛水量[m³]をプロットしたものである。ここでは、湛水量として満水した場合の値を用いた。その結果、「決壊せず& $T \geq 10^6$ 」（ T は継続時間[s]）の直線より上に位置すると「遅かれ早かれ決壊する」条件に入ることから、寺野地区と東竹沢地区の河道閉塞は遅かれ早かれ決壊すると推定できた。

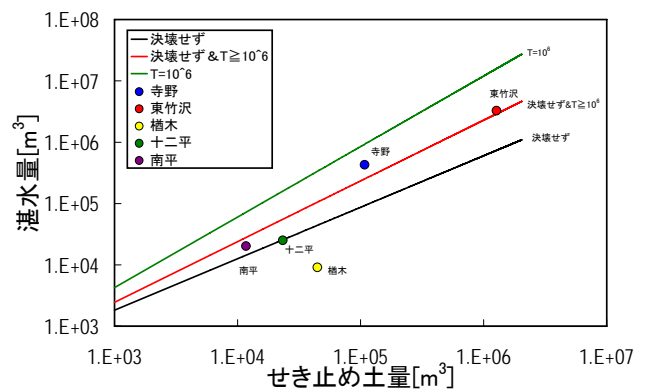


図 5.3 せき止め土量と湛水量の関係

以上の検討結果から、危険度概略判定の結果として、寺野地区と東竹沢地区で形成された河道閉塞は満水すると越流による決壊が生じる可能性がある判断した。

次に、河道閉塞が決壊した場合に生じる段波のピーク流量を推定した。ここでは、河道閉塞が越流により侵食された場合を想定して、式（５．２）（建設省、1992）を用いて推定した。

$$q_{\max} = \begin{cases} 0.512 \left(\frac{S \times H}{10^4} \right)^{0.347} & (d_m = 0.25 \text{ mm}) \\ 0.290 \left(\frac{S \times H}{10^4} \right)^{0.384} & (d_m = 2.50 \text{ mm}) \end{cases} \quad \dots (5.2)$$

ここで、 q_{\max} ：単位幅ピーク流量 [$\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$]、 d_m ：平均粒径 [mm]、 S ：単位幅貯水量 [m^3/m]、 H ：河道閉塞の高さ [m]で、一般に $(S \times H)$ はダム係数と呼ばれる。危険度概略判定の作業では、危険側を考慮して、 $d_m=0.25\text{mm}$ としてピーク流量を推定した。その結果、ピーク流量は寺野地区で形成された河道閉塞が決壊した場合で $200\text{m}^3/\text{s}$ 程度、東竹沢地区で形成された河道閉塞が決壊した場合で $500\text{m}^3/\text{s}$ 程度となった。なお、ダムの決壊に伴う流れのピーク流量を算定する方法は幾つか存在し、それらの方法のうち、Costa(1988)の研究成果のうち天然ダムに対する推定式(式(5.3))を東竹沢地区で形成された河道閉塞に適用すると、ピーク流量は $1260\text{m}^3/\text{s}$ 程度と推定できた。

$$Q_{\max} = 6.3H^{1.59} \cdots (5.3)$$

ここで、 Q_{\max} ：ピーク流量 [m^3/s]、 H ：河道閉塞の高さ [m]である。

以上の検討から、2箇所では仮に決壊した場合には竜光地区に最大 $1260\text{m}^3/\text{s}$ の流れが流下する危険性があると推測された。

5. 3. 2. 2 東竹沢地区、寺野地区河道閉塞緊急対策技術支援

東竹沢地区、寺野地区の河道閉塞緊急対策は、新潟県の要請に基づき国土交通省が直轄施行することになり(11月6日より施行開始)、北陸地方整備局湯沢砂防事務所内に芋川河道閉塞現地対策室が設置された。同対策のための技術支援として土木研究所土砂管理研究グループ、新潟試験所及び国土技術政策総合研究所砂防研究室では、11月19日から12月28日までにのべ69人を派遣している。以下その概要を報告する(12月28日現在)。

(1) 東竹沢地区地すべり

芋川の中流部、前沢川合流点直下に位置する東竹沢地区では、地震により幅295m



写真5.3 東竹沢地区地すべりを下流側から望む



写真5.4 すべり面下の基盤の露頭部

長さ 350m にわたり斜面が滑動した（写真 5.3、図 5.4、図 5.5）。斜面は地震により 100m 程度滑動し、すべり面下部の青灰色を呈するシルト岩が露頭した（写真 5.4）。滑動した土塊は右岸に衝突し、圧縮された地すべり土塊の末端部が隆起した。そして、斜面下部を流れる芋川を河道閉塞させたため、上流からの流水が次第に湛水した。

図 5.4 に示した地形図を見ると、今回滑動した斜面は 20° 以下の緩傾斜地であるのに対して、芋川の対岸斜面は傾斜が急になっている。芋川流域の地形、地質を概観すると、傾斜の緩い斜面と急な斜面のコントラストが明確で、緩傾斜地は流れ盤、急傾斜地は受け盤の地質構造である。今回滑動した地すべりは流れ盤斜面で発生した。東竹沢地区周辺の受け盤斜面では、遷急線付近からの表層の崩壊が認められたが、隣接する流れ盤斜面においては、東竹沢地区と同様の規模の地すべりは発生していない。

すべり面下部の基盤の露頭部付近の状況（写真 5.4）より、移動土塊は概ね褐色を呈する砂質土からなり、基盤は青灰色を呈するシルト岩と考えられる。移動土塊の粒度分布を図 5.6 に示す。試料東竹沢①で細砂分（ $0.075 \sim 0.25\text{mm}$ ）が重量比 75.2%、試料東竹沢②で細砂分・中砂分・粗砂分（ $0.075 \sim 2\text{mm}$ ）が重量比 77.3%であった（採取箇所はそれぞれ図 5.5 中①、②）。いずれも砂分の割合が高いことが分かる。なお、すべり面の正確な深度とすべり面付近の土質等は現時点では不明であり、湯沢砂防事務所により地質調査ボーリングが実施されている。

地すべり発生前の地形図によると、地すべりが滑動した範囲の側部は沢（図 5.4 その位置を示す）となっており、沢に囲まれた範囲が今回滑動したと考えられる。しかしながら、沢に囲まれた範囲内の上部斜面は地震時に滑動しておらず、また沢に囲まれた範囲より上部の斜面にもクラック等の地すべり性の変状が多く見ら



図 5.4 東竹沢地区地すべり平面図

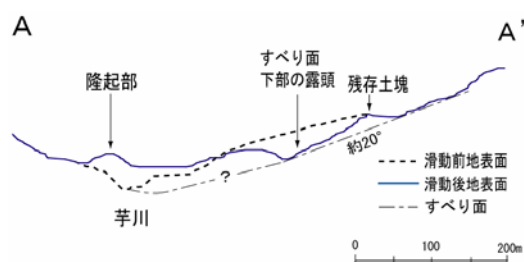


図 5.5 東竹沢地区地すべり縦断面図

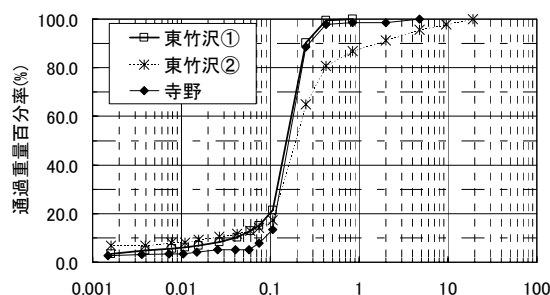


図 5.6 粒度分布（東竹沢地区、寺野地区）



写真 5.5 東竹沢地区地すべりの上部斜面に見られる変状

れる（写真 5.5）ことから、来春の融雪期には残存土塊およびその周辺の地すべり活動が懸念される。

地すべりの滑動後に露頭したすべり面のシルト岩の傾斜は約 20° であった。また、斜面上に残存している土塊のさらに上部斜面も約 20° の傾斜を有している。

図 5.5 に示す断面図からも、今回地震によって露頭したすべり面と残存土塊上部斜面の勾配が一致していることが分かる。すなわち、今回地震によって滑動した斜面は以前滑動した履歴を有すると考えられ、残存土塊の上部斜面と今回滑動後に露頭したシルト岩が基盤と考えられる。地震時に滑動しなかった残存土塊があることから、地震による影響は、以前滑動した地すべりブロック全体を一様に不安定化させたものではないと考えられる。

河道閉塞土砂の決壊・流出防止のため、ポンプによる緊急排水及び仮排水路工等の応急緊急対策が湯沢砂防事務所により実施されている。湛水位は 11 月 17 日に最高水位 157.76m（標高値、上流河床標高は約 130m）に達したが、12 月 20 日には 144.23m まで低下している（図 5.7）。応急緊急対策の実施にあたり、河道閉塞土塊の局部的な崩壊や地すべり発生斜面上部の残存土塊の滑動、仮排水路の掘削による新たな地すべり発生のおそれがあったため、現地の監視、技術支援を行ったが、これまでのところ地すべり土塊や地すべり斜面上部には新たな滑動現象は認められていない。

（2）寺野地区地すべり

芋川の上流部、種芋原^{たねすはら}地区の南南西に位置する寺野地区では、地震により幅 230m 長さ 360m にわたり斜面が滑動した（写真 5.6、図 5.8、図 5.9）。滑動した土塊は、斜面下部を流れる芋川を河道閉塞させたため、上流からの流水が次第に湛水した。

本地区地すべりも東竹沢地区地すべりと同様に流れ盤構造を呈している。河道の堆積土塊は概ね褐色を呈する砂質土からなっている。周辺斜面の露頭より基盤は泥岩からなると推定される。移動土塊の粒度分布でも細砂分・中砂分（0.075～0.85mm）が重量比 90.8%と砂分の割合が高いことが分かる（図 5.6、採取箇所は図 5.8 中の●）。

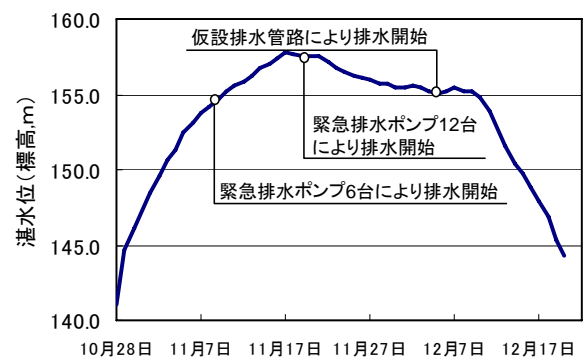


図 5.7 湛水位の経時変化（東竹沢地区）

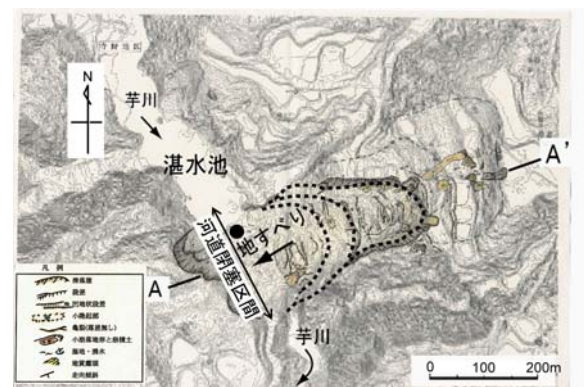


図 5.8 寺野地区地すべり平面図

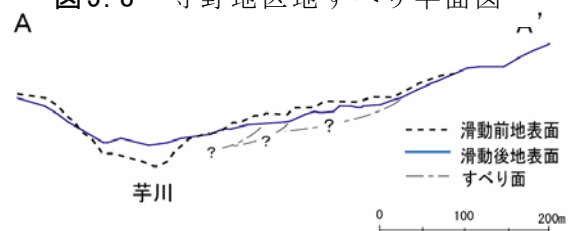


図 5.9 寺野地区地すべり縦断面図

図 5.8 に示した地形図を見ると、3 つ程度のブロックからなると推定される。今回地震時に移動した範囲は、地すべり発生前の地形図より判読される地すべりブロックと概ね一致することから、地すべり地形を呈していた範囲が地震により滑動したと考えられる。また、今回滑動した範囲より上部においてもクラック等、多くの地すべり性の変状が見られる（写真 5.7）ことから、来春の融雪期には上部周辺の地すべり活動が懸念される。なお、すべり面の正確な深度とすべり面付近の土質等は現時点では不明であり、湯沢砂防事務所により地質調査ボーリングが実施されている。

河道閉塞土砂の決壊・流出防止のため、ポンプによる緊急排水及び仮排水路工等の応急緊急対策が、湯沢砂防事務所により実施されている。湛水位は 11 月 16 日に最高水位 244.22m（標高値、上流河床標高は約 220m）に達したが、12 月 20 日には 242.56m と低下しつつある（図 5.10）。応急緊急対策の実施にあたり、河道閉塞土砂下流部の崩壊の恐れがあったため、現地の監視、技術支援を行ったが、これまでのところ地すべり土塊や地すべり斜面上部には新たな滑動現象は認められていない。

5. 3. 2. 3 まとめ

芋川本川の 5 つの地区で形成された河道閉塞について決壊の危険度を検討した結果、寺野地区および東竹沢地区で越流により決壊する可能性がある判断された。しかし現在、北陸地方整備局湯沢砂防事務所が上記 2 地区においてポンプ排水、排水路整備等の応急緊急対策工事を実施しており、湛水位の低下が見られている。今後は積雪・融雪期を迎えるにあたり、地震により不安定化した斜面が再び移動現象を活発化させることが懸念され、十分な監視を続けていくことが重要である。



写真 5.6 寺野地区地すべりの全景
（平成 16 年 12 月 14 日撮影）



写真 5.7 寺野地区地すべり滑動範囲より上部の変状（平成 16 年 12 月 14 日撮影）

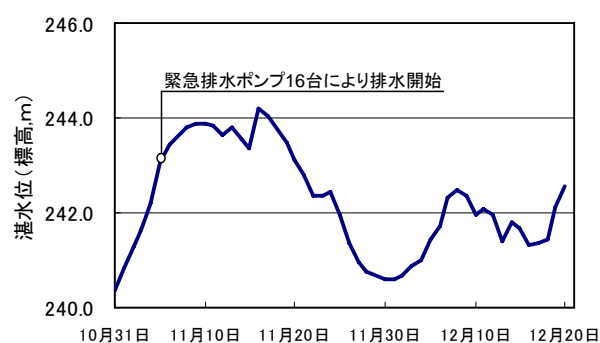


図 5.10 湛水位の経時変化（寺野地区）

5. 3. 3 山古志村の土砂災害

○ 前沢川

左岸側では侵食前線が明瞭で、その下部の急傾斜の谷壁斜面が地震により表層部の崩壊を起こしている。右岸側は中流部までは、古い地すべりにより形成された、小松倉集落のある平坦面が地震により、谷側に押し出され、その前面の段丘崖も崩壊している箇所がある（写真 5. 8）。また右岸側下流部で、侵食前線より下部で基岩中の流れ盤上の崩壊、緩勾配の上部では地すべり滑動が見られる箇所がある（写真 5. 9）。これらの斜面下部の崩壊による河道閉塞跡が現地踏査により確認された（写真 5. 10）。なお左岸側の谷壁斜面は泥岩～シルト岩より形成されるが、水平に成層している。

写真 5. 10 に写っているものとは異なるが、前沢川に形成された河道閉塞部の状況を写真 5. 11 に示す。湛水幅：約 30m、湛水長：約 90m、湛水深：5m 程度（推定）、崩土の高さ：5～8m であった。調査時点（H16. 11. 28）では、河道を閉塞した崩土はまだそのほとんどが残存していたが、すでに 2 箇所から水流が越流している状態であり、水位上昇はすでに止まっている状態であると考えられる。また、崩土の前面からは、浸透水のしみ出しが確認された。



写真 5. 8 小松倉集落のある平坦面と左岸側急斜面の崩壊状況



写真 5. 9 前沢川下流部右岸側の大規模な崩壊。下部は基岩が急勾配の流れ盤上の崩壊で、上部（杉林の部分）は緩勾配で地すべりを起こしている。

○ 水沢新田地区の砂防えん堤

今回の地震により堤体コンクリートが打継目で分離し、袖部のコンクリートブロックが水平方向に下流側へ移動していた（写真 5. 12）。写真 5. 13 より袖部の上部のコンクリートブロックほど水平移動量が大きいこと、そして最上部ブロックはその下に比べて 25cm ほど下流に移動していることがわかる。また堆砂地を見ると、袖部と堆砂との間で開口していた（写真 5. 14）ことから、袖部が地震動により全体的に下流方向へ移動したことが示唆された。



写真 5. 10 左岸側の表層崩壊とそれによる河道閉塞の痕跡



写真 5.11 前沢川の河道閉塞

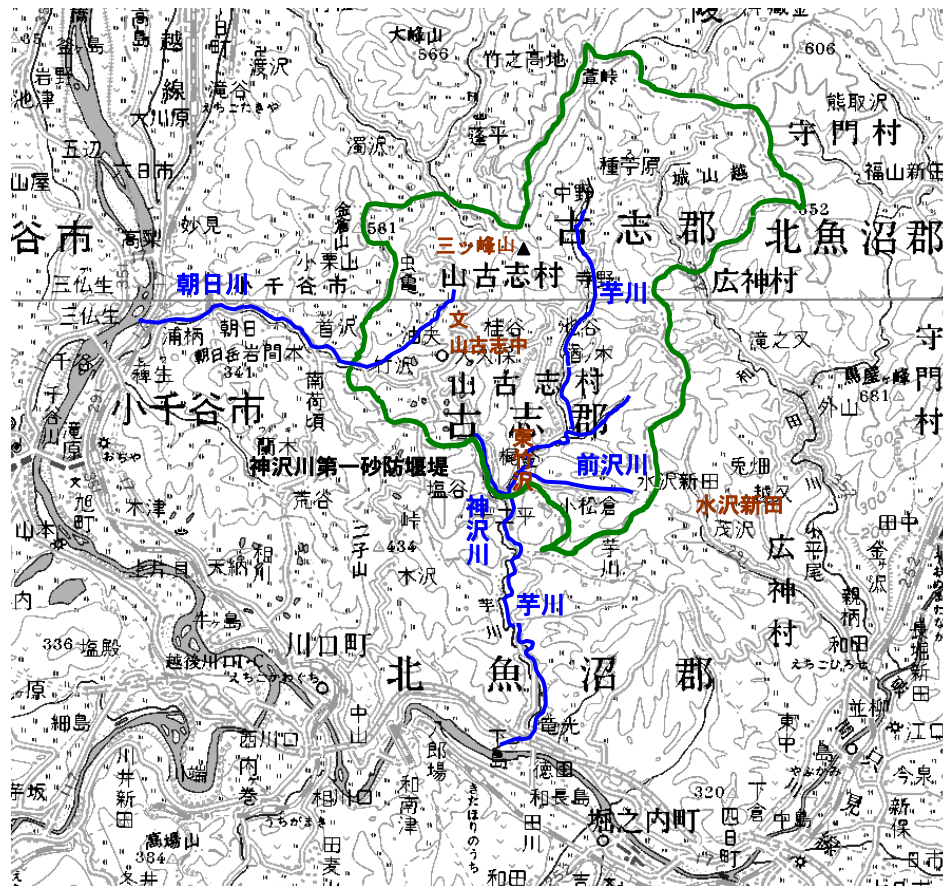


図 5.11 調査箇所図

○ 水沢新田地すべり

昭和 44 年 4 月に発生した地すべりによって、地すべり地頭部には大規模な滑落崖が形成され、地すべり土塊は流動化して泥流となって下流に流下して河道を閉塞した。地すべり地頭部及び側部の滑落崖は今回の地震により崩壊し（写真 5.15）、過去の地すべりの崩積土も、中央部が隆起すると共に、墳砂現象が見られた（写真 5.16）。また崩積土を切土してブロック積工を設置している部分では、ブロック積工の下部が押し出され、縦方向の亀裂も認められる（写真 5.16）。よって崩積土が流下方向に向かって押し出されるような変位をしているようであるが、大きく移動した形跡は認められなかった。



写真 5.12 水沢新田地区の砂防堰堤の右岸側袖部。打継目でコンクリートが分離してブロックが移動したことがわかる。



写真 5.13 袖部の上部のコンクリートブロックほど水平移動量が大きいことがわかる。最上部ブロックはその下に比べて 20cm ほど下流に移動している。



写真 5.14 右岸側袖部が打継目で分離し、移動している。また背後の堆砂との間に開口が見られる。



写真 5.15 水沢新田地すべり全景。頭部及び側部の滑落崖が崩壊している。

○ 寺野周辺の崩壊発生状況

寺野周辺では右岸側に 3 箇所の溪岸崩壊、左岸側に 1 箇所地すべりが発生し、芋川の河道を閉塞している。当地区の右岸側は上部斜面は緩勾配で谷部では地すべり地形を呈し、その下は芋川の活発な下刻作用により、侵食前線以下が急勾配の侵食崖となっている（**写真 5.17**）。左岸側も侵食前線が明瞭で、その下部は急勾配斜面となっている（**写真 5.18**）。侵食前線より下部の急斜面では、砂泥互層が下流方向に傾斜した構造が確認された。河道を閉塞させた右岸側の崩壊は侵食前線より下で発生し、左岸の地すべりは、過去に上部緩勾配斜面



写真 5.16 崩積土堆積部。



写真 5.17 寺野地区右岸側の地すべり及び斜面崩壊発生状況



写真 5.18 寺野地区地すべり下流の左岸側崩壊状況

で発生し、それが発達してすべり面が侵食前線を越えて河道付近まで到達していたが、この地すべり土塊が今回の地震で河道まで流下したものである。この地点より下流においても、左右岸で侵食前線より下部の溪岸で表層部が崩壊し、その崩土が小規模な河道閉塞を起こしている箇所がある。また右岸側では、侵食前線より上部の緩勾配斜面の発達が見られ、この部分での地すべりの活動により、侵食前線より下部の急斜面が、平面すべりや円弧すべりを起こしている箇所もある。



写真 5.19 羽黒トンネル坑口付近の地すべり性崩壊



写真 5.20 山古志中学校の建物の変状。



写真 5.21 山古志中学校直下の河岸段丘の地すべり・崩壊発生状況



写真 5.22 三峰山から流下した崩土の状態

○ 山古志村竹沢地区

当地区においては、羽黒トンネル坑口脇斜面とその南側に隣接する斜面が、尾根付近から大規模な地すべり性崩壊を起こしている（写真 5.19）。いずれも原地形はやや尾根状に突出した地形であったようである。また山古志中学校のある尾根も稜線をはさんで、両側の谷に向かって斜面が移動し、崩壊も発生している。例えば写真 5.20 は山古志中学校の建物の変状であるが、左手の谷方向に向かって地盤が沈下し移動したのに伴って、地面に亀裂や段差が発生し、建物が破壊された。そして山古志中学校直下の河岸段丘も朝日川に向かって地すべり性崩壊を起こしている（写真 5.21）。この地区は元々巨大な地すべり地形の滑落崖直下に集落や道路が存在しているが、今回の地震によってこの旧滑落崖付近で崩壊及び地すべり性崩壊が多発した。また朝日川の盛んな下刻作用によって河岸段丘が形成されていたが、この段丘崖でも地すべりや崩壊が多発した。

当地区から虫亀地区に向かう道路も同様に古い時代の巨大な地すべりの滑落崖直下に位置するが、ここも旧滑落崖である尾根側面で地すべり的な斜面の移動が多発した。特に三峰山から南西に流下する溪流沿いでは、三峰山の山頂緩斜面の遷急線付近から地すべり性崩壊が発生し、崩土が溪流中を泥流状に流下したが、原型をとどめているブロックも含まれ、また溪流中に 10° 以上の急勾配で堆積するなど（写真 5.22）、完全に飽和した状態ではなく、比較的水分の少ない状態で流下したと推察される。

○ 小千谷市塩谷地区の地すべり

古い時代の巨大な地すべりによって形成された、盆地状地形の中の平坦面が地すべりを起



写真 5.23 地すべり上部。



写真 5.24 地すべり側部の乗り上げ。

こしたものである。地すべり上部は円弧状のすべり面上を移動したので、最上部は斜面の傾斜と逆方向に傾き（写真 5.23）、押し出された土塊は側方の旧滑落崖付近で上方に乗り上げたり（写真 5.24）、末端部では下流に向かって圧縮されて隆起している（写真 5.25）。



写真 5.25 地すべり末端部。

○ 神沢川の河道閉塞状況と神沢川第1砂防えん堤の破損状況

神沢川（土留川とも呼ばれる、以降神沢川と呼ぶ）においても、河道沿いに斜面崩壊、地すべりが発生し、河道を閉塞、または、狭窄している箇所が複数箇所確認された。写真 5.26 に示した箇所では、左右両岸からの崩壊土砂が河道を閉塞している。閉塞によって形成されていた湛水池は、湛水長：約 200m、湛水幅：約 20m、湛水深：約 2m（推定）であった。調査時点（H16. 11. 29）では、河道を閉塞した崩土はまだその多くの部分が残存していたが、すでに閉塞部のほぼ中央から湛水が越流しており（写真 5.27）、水位上昇はすでに止まっていると考えられる。水位の痕跡から判断すると、最大湛水時は現在より水位が約 2m 高かったと推定される。

梶金集落のすぐそばの神沢川沿いに「神沢川第1砂防えん堤」がある。調査時点では、同えん堤は満砂していた。下流側の河床がえん堤の水通し天端と同じ高さまで上昇していた（写真 5.28）。また、同えん堤は、打継目で分離し、袖部のコンクリートブロックが水平方向に下流側へおよそ 30 度回転していた（写真 5.28）。えん堤の直上流右岸側から押し出した地すべりによるものと考えられる。



写真 5.26 神沢川上流域の河道閉塞



写真 5.27 神沢川上流域の河道閉塞の越流状況



写真 5.28 左袖が破損した神沢川第一砂防えん堤

5. 3. 4 土砂災害箇所緊急点検

5. 3. 4. 1 土砂災害危険箇所等緊急点検

(1) 緊急点検の概要

10月26日に新潟県知事より国土交通大臣に「平成16年新潟県中越地震による土砂災害危険箇所の点検調査支援について」の緊急要請があり、27日朝から土木研究所新潟試験所チームによる長岡市の点検・調査を皮切りに31日までの5日間緊急点検が行われ、11月1日に土砂災害対策緊急支援チームの現地本部長（危機管理技術研究センター長）より新潟県土木部長に点検結果が伝えられた。

緊急点検は、中越地震により新潟県内各地で地すべりや山腹崩壊等の土砂災害が多発し、今後も余震や豪雨により新たに地すべり等の土砂災害発生の危険性が高いことから、早急に人命に影響を及ぼすおそれのある土砂災害危険箇所等の調査・点検が実施された。

対象地域は震度5弱以上の強い揺れが観測された17市町村（地震発生当時）で、立ち入り可能な1,469箇所に対して、北陸、関東地方整備局管内の砂防関係事務所、近隣の県土木部砂防関係課、民間の斜面判定士を中心とする砂防ボランティア及び土木研究所新潟試験所の技術者・研究者述べ508名が26チームに分かれ調査・点検した。

(2) 土木研究所新潟試験所の調査・点検

現地での土砂災害危険箇所の調査・点検に当っては、新潟県の台帳に登録されている箇所について、危険度判別調査表⁶⁾を用いて危険度ランクを特定した。なお、強い余震が続く中、限られた時間で多くの箇所を緊急に調査・点検するため、台帳に記載された斜面の変状の概査を中心に、土石流・地すべり・急傾斜地崩壊のそれぞれに対して、表5.3の点に注意して調査し、必要に応じて詳細な踏査を実施した。併せて、調査経路の斜面変状、道路・河川構造物・対策施設等の破損状況の点検も行った。

表 5.3 災害調査における留意点

	点検の注意箇所
土石流	溪床堆積物の状況 流水の有無及び濁度
地すべり	道路及び法面擁壁の破損状況 河川構造物の破損状況 斜面の亀裂・陥没・隆起や湧水状況 水路工・集水井・横ボーリング等の破損状況
急傾斜地	道路及び法面擁壁の破損状況 河川構造物の破損状況 斜面の亀裂・肌落ち・落石や湧水状況 法枠・吹付枠や末端擁壁の破損状況

新潟試験所では、東頸城郡安塚町内の土石流危険溪流、地すべり危険箇所、急傾斜地崩壊危険箇所及び新潟県長岡市の急傾斜地崩壊危険箇所1箇所、宅地造成地2箇所（指定地外）を対象として実施した。なお、安塚町での調査実施数量等詳細について

は表 5.4 に示すとおりである。

表 5.4 安塚町における点検箇所数

	土石流	地すべり	急傾斜	合計	参加者
危険箇所数	57	30	30	117	
10 月 29 日	1	6	2	9	2 名
10 月 30 日	10	8	7	25	3 名
10 月 31 日	3	4	3	10	3 名
合計	14	18	12	44	8 名

調査を実施するに当たって、道路の陥没や法面崩壊などにより、車での立ち入りが困難な箇所もあり、危険箇所点検台帳に記載されていない箇所での災害も調査した。また、地区によっては地元住民から土砂災害発生への不安や、土石流危険渓流での河道断面不足による人家周辺・道路等への土砂流出解消などの要望が出され、斜面崩壊の危険性、応急対策への助言や要望については本部を通して県当局に伝えた。なお、調査実施中は、常に強い余震の発生を想定しつつ、的確な危険度判定ができるように心がけた。

危険度ランクは、特 A（小規模な河道閉塞が生じているもの）、A（危険度大であり、ただちに緊急処置を必要とするもの）、B（危険度中であり、緊急性の低いもの）、C（危険度小であり、現時点で異常が認められないもの）に分類される。今回、安塚町で調査を実施した 44 箇所のうち、危険度ランク A が 1 箇所（地すべり 1 箇所）、B が 2 箇所（地すべり 1 箇所、急傾斜地崩壊 1 箇所）であり（危険度ランク A の 1 箇所は国土交通省所管外）、長岡市は 3 箇所とも危険度ランク A であった。なお、新潟県からの情報によると、安塚町の土砂災害は、中越地震に起因するものではなく、台風 23 号等の豪雨によって引き起こされたものである。

(3) 安塚町の土砂災害

安塚町で調査した、主な調査・点検箇所の状況を以下に示す。

1) 捨石地区

捨石地区は、新潟県東頸城郡安塚町大字真萩平地先、関川水系小黑川の右岸に位置する（写真 5.29）。地すべりの規模は、長さ約 800m、幅約 450m であり、地すべり頭部に小崩壊、側部に亀裂が認められるが、末端部での押出しは見られなかった。地すべり地表部は、流動化



写真 5.29 捨石地すべり全景

して大きく変状しており、地内に設置されている水路工は傾きや目地のズレなどが確

認できたが、応急対策は実施されていなかった。

地すべり頭部に続く林道においても、斜面崩壊による閉塞や法肩の崩落も確認されたが、排土や法肩の H 鋼による復旧工事が実施済であった。

2) 上船倉地区（危険度ランク A）

上船倉地区は、新潟県東頸城郡安塚町大字上船倉地先、関川水系船倉川の右岸に位置する（写真 5.30）。地すべりの規模は、長さ約 200m、幅約 200m であり、地すべり頭部では最大 90cm のクラックが発生して側部へ連続しており、地すべり地内においても無数の開口亀裂や段差が認められた。地すべり土塊上の人家 13 戸のうち 8 戸が傾きなどの被災を受けており、道路の亀裂や段差、側溝の破損に伴うに地表水の流出なども確認された。

点検を実施した時点での調査として、主なクラックに地盤伸縮計が設置しており、応急対策として、ブルーシート敷設によるクラックへの降雨浸透防止、FEP 管による側溝開口部からの地表水流出防止などが行われていた。



写真 5.30 上船倉地すべり頭部クラックの段差

3) 中船

中船は、新潟県東頸城郡安塚町大字上船倉字八ヶ倉、関川水系船倉川の右岸に位置する（写真 5.31）。斜面の規模は、高さ約 25m、勾配約 30° であり、斜面上部の平地にある「中船地区集落開発センター」（集会所）の基礎コンクリート部分に 10cm 程度の亀裂が 10m に渡って連続的に認められた。

点検を実施した時点での応急対策として、ブルーシート敷設によるクラックへの降雨浸透防止が行われていた。



写真 5.31 中船地区の頭部変状状況

5. 3. 4. 2 長岡市の斜面災害

長岡市で観測された最大震度（10月23日17時56分頃）は6弱であり、斜面崩壊等の被害は31件（12月6日現在）発生している。現地調査は、新潟県知事からの土砂災害危険箇所の点検調査支援に関する要請及び、長岡市長からの斜面の危険度把握とその後の対応に関する要請を受けて、10月27～28日に長岡市内の主に被災世帯が多かった宅地造成地と急傾斜地崩壊危険区域で実施された。ここでは、宅地造成地2箇所と急傾斜地崩壊危険区域1箇所についての斜面災害状況を示す。

図5.12は、高町団地における亀裂及び斜面崩壊の発生状況を示したものである。この団地は、山を切土し周囲との比高差を平坦にするために一部外縁部を盛土することで造成されたものであり、500世帯余りが住んでいる。亀裂は団地周辺部で主に発生し、4丁目では団地内部でも発生している。また、斜面崩壊は、1丁目の東側と4丁目の西側にそれぞれ発生している。

写真5.32には、1丁目の西側における亀裂の発生状況を示した。団地周辺には市道が通っており、アスファルト路面に数多くの亀裂が発生している。これらの亀裂は引張亀裂であり、土塊が団地の外縁部に移動したことを示している。

写真5.33(a)～(d)は、斜面崩壊の発生状況を示したものである。写真5.33(a)は4丁目西側で

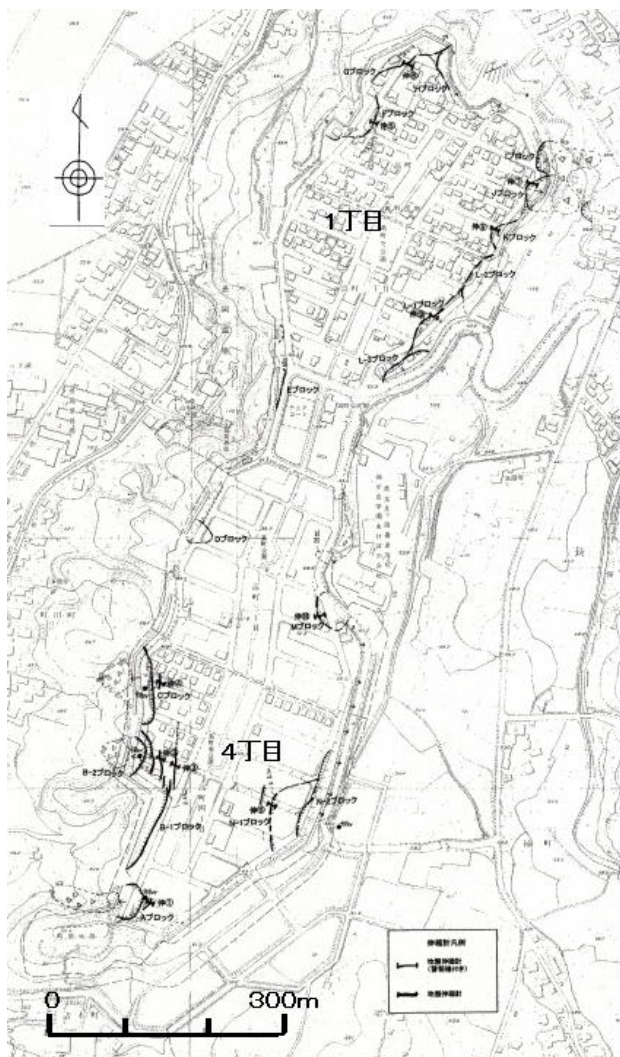


図5.12 高町団地の被災状況(新潟県による)



写真5.32 高町団地1丁目西側の亀裂発生状況



(a)



(b)



(c)



(d)

写真 5.33 高町団地 1 丁目及び 4 丁目で発生した斜面崩壊の状況

発生した斜面崩壊であり、写真 5.33 (b)、(c) は 1 丁目の東側で発生した斜面崩壊である。これらの斜面崩壊は盛土部に発生したものである。写真 5.33 (d) は、1 丁目東側で発生した斜面崩壊により、高さ 3～5 m の土留め擁壁が 20～30 m 斜面下方に流された状況を示したものである。崩土は流動化したため 20～30 m 移動しており、多量の水分が土塊内に含まれていたと推定される。

図 5.13 には、鶴ヶ丘団地の亀裂及び斜面崩壊発生状況を示した。この団地は、北部と南部の 2 つに大別され、北部は 4 段の宅地からなる。今回の地震により、団地北部では斜面下部が崩壊するとともに宅地に段差や亀裂が生じた。また、団地南部には所々に亀裂が生じている。現地調査によれば、団地北部被災箇所は盛土部である。

写真 5.34 は、北部の最下段宅地斜面の崩壊状況を示したものである。この崩壊斜面の下方には池があり、その池に接する道路は最大 30 m 程度移動した。

写真 5.35 には、最下段宅地における家屋の被災状況を示した。地盤が変形したために家屋が傾いている。

写真 5.36(a)、(b)には、北部最上段宅地の亀裂発生状況を示した。写真 5.36(a)は、盛土した宅地が移動したため、宅地に段差が生じた状況である。

写真 5.36(b)は、道路の被災状況である。道路の変形と下水道の埋め戻し土の沈下が生じている。

図 5.14 は、滝谷北地区の寺及び集落に近接した斜面における亀裂及び斜面崩壊の各発生状況を示したものである。この地区では、南斜面が矢印の方向に崩壊するとともに、西斜面には数多くの亀裂が発生した。

写真 5.37 には、南斜面に発生した斜面崩壊の状況を示した。この斜面崩壊により、寺の住宅部分が損壊した。

写真 5.38 は、西斜面頭部における亀裂発生状況を示したものである。西斜面には、引張亀裂が斜面頭部及び上部付近に数多く発生した。

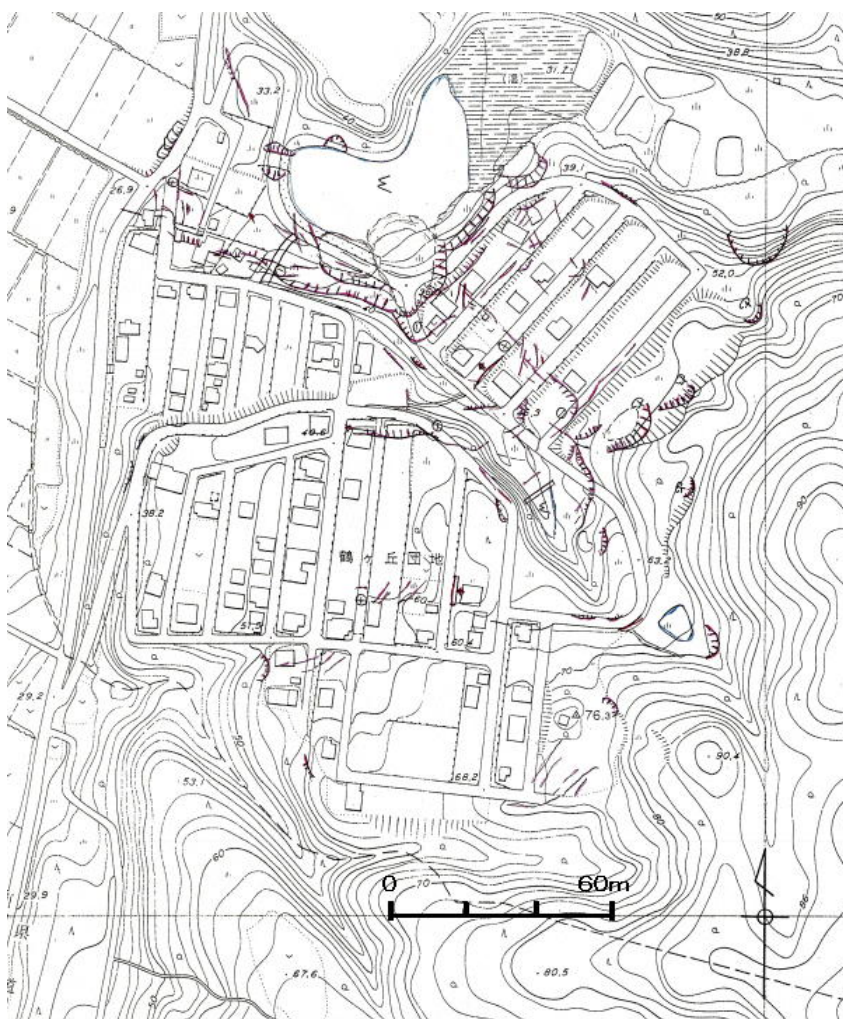


図 5.13 鶴ヶ丘団地被災状況（新潟県による）



写真 5.34 鶴ヶ丘団地北部最下段宅地斜面における崩壊状況



写真 5.35 鶴ヶ丘団地家屋被災状況



(a)

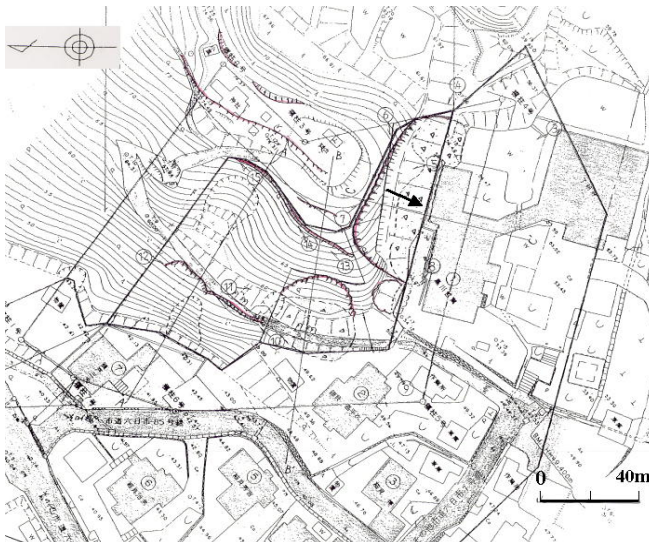


図 5.14 滝谷北地区被災状況(新潟県による)



(b)

写真 5.36 鶴ヶ丘団地北部最上段宅地における被災状況



写真 5.38 滝谷北地区西斜面亀裂発生状況



写真 5.37 滝谷北地区南斜面の崩壊

5. 3. 5 雪崩対策施設の被災状況

新潟県中越地震では積雪地域に設置されている雪崩対策施設にも被害が発生した。過去に豪雪など積雪による施設の被害はあるが、地震による被災事例はほとんどない。今回は降雪期を迎える時期に被害が発生したため、今後の積雪による雪圧や融雪水による斜面変動によりさらに被害が拡大すると予想される。被害の状況は降雪により判定が困難になるうえ、積雪・融雪期を過ぎると状況が変化してしまうため、降雪期前の状況把握が必要である。

このため、新潟試験所はこの地震による雪崩対策施設（予防工・防護工）の影響を把握するために、11月1日より調査を開始した。調査範囲は表5.5に示す7市8町4村である。

調査の方法は、雪崩対策施設の地上部および基礎を対象として、あわせて施設周辺の斜面状況の調査を実施した。斜面の上部に設置されており踏査が困難な場

表5.5 調査地域

栃尾市・長岡市・小千谷市・十日町市・柏崎市
魚沼市（旧堀之内町、小出町、湯ノ谷村、広神村、守門村、入広瀬村）
南魚沼市（旧六日町、大和町）
川口町・越路町・小国町・川西町・高柳町・松代町・松之山町・津南町
山古志村・中里村・大島村・浦川原村

合や、植生により上部しか目視できない箇所は、施設の配列等から判断し、周辺斜面の状況とともに調査を行った。立ち入りの困難な箇所があり調査は継続中であるが、12月17日現在で約200箇所の現地調査を行った。

雪崩対策施設の被災状況は以下のとおりである。

予防工は多くの箇所で被害が発生している。特に小千谷市・川口町・山古志村と、これらに隣接する栃尾市、長岡市、十日町市、小国町、魚沼市の旧広神村の地域で被害が顕著である。

調査の結果、構造物全体を対象とした場合、地震動により施設単独で被害を受けている箇所はみられず、土砂の移動を伴っていた。このため、被災の状況は施設と斜面の変状に着目して次のとおり区分した（表5.6）。

表5.6 被災状況

		施設の変状等			
		異常なし	基礎の露出	土石・樹木の堆積	下部へ移動・落下
斜面の状況	周辺含め異常なし	①	—	—	—
	施設近傍の斜面変動あり	②	—	—	—
	施設の上下部で斜面変動あり	—	③	③	—
	施設の基礎を含む斜面全体で変動あり	—	—	—	④

—は該当なし

①施設と周辺の斜面いずれにも異常が認められない箇所

②施設には異常が認められないが、周辺の斜面に変動がみられる箇所

③施設上部もしくは下部の斜面崩壊により柵上部に土砂や樹木が堆積したり、基礎が露出している箇所

④斜面全体が崩壊や地すべりで移動し、基礎を含む施設全体が移動・落下した箇所

このうち、③については構造物に変状がなく堆積物が少ないため、これを除去することにより機能の回復が可能な箇所や、大量の土砂や樹木が堆積し雪崩予防の効果が期待できず、柵部が変形したり基礎が露出して安定度が低くなるなど、適当な対策を実施しないと今後施設に支障が生ずると予想される箇所まで被害の程度は様々である。

④については、柵部と基礎が一体となりそのままの形で移動している場合や、柵部と基礎

が分離した形で破損している場合がみられた。前者については基礎を含む斜面の崩壊や地すべりによるもので、後者は上部からの崩落土砂の衝撃や移動する土砂に巻き込まれて破損したものと考えられる。

防護工については設置箇所が少なく、魚沼市（旧湯ノ谷村）・六日町・津南町・浦川原村にある5箇所で現地確認を行ったが、周辺の斜面を含め特に異常は認められなかった。

今回の調査内容では、何らかの対策が必要な③、④に該当する箇所数は調査箇所のおよそ4分の1であった。

以上のように、雪崩対策施設では予防工に被害が生じたが、被災は斜面の変動によるものが主な原因であると想定される。新潟県中越地震では山間地で多数の地すべり、斜面崩壊などの斜面変動が生じており、このことが雪崩対策施設に大きな影響を及ぼしたと考えられる。



写真 5.39 雪崩予防柵の被災事例(1)
(斜面崩壊による基礎の露出)



写真 5.40 雪崩予防柵の被災事例(2)
(斜面崩壊による土石の堆積)



写真 5.41 雪崩予防柵の被災事例(3)
(斜面崩壊による予防柵の移動)



写真 5.42 雪崩予防柵の被災事例(4)
(斜面崩壊による予防柵の落下)

5. 3. 6 妙見斜面崩壊技術支援

5. 3. 6. 1 技術支援の経緯

10月26日夕方に長岡市妙見町の斜面崩壊地内にフロント部の一部を残して埋没している車が発見され、車内に閉じ込められた人の救出が求められた。土木研究所技術推進本部及び土砂管理研究グループは27日8時半に自衛隊のヘリコプターにより新潟空港および新潟県庁を經由して斜面崩壊箇所に12時頃に到着した。

現地には、警察、消防、新潟県、国土交通省の職員が待機しており、人命の救出に先立って斜面および土塊の変状の監視を行うために、崩壊した斜面の正面から全景を見渡せる位置に消防隊員2名、崩壊した斜面の上部斜面に消防隊員4名を配置して落石、余震等による斜面の変化が観察された場合には知らせるように指導した。

現地にはレスキュー隊を先頭にして崩壊した斜面およびその上部斜面の状況を観察しながら、また危険の知らせがあった場合に避難する方向や斜面上部を確認することなくただちに岩塊の隙間に身を寄せることを指示しながら、朝日川および信濃川の川辺を經由して自動車の埋没箇所に到達した。その経路を写真5.43に示す。消防隊が最初に自動車の埋没地点に到達し、その後すぐに生存者を確信し、無線による報告と救出活動に入った。



写真 5.43 車両埋没地点までの経路

派遣者2名は自動車の下流側と上流側に別れて自動車の周辺および上部斜面の監視を行った。自動車はフロント部を上にして天井を下流側に向けた形状で埋没していた。周囲には50cmから3m程度の長径の岩塊によって覆われ、その上部には10mを超える長径の岩塊が見られた。皆川優太君は車外の床側に出来た岩塊の隙間で発見され、レスキュー隊員によって救出され、抱えられたまま信濃川岸まで移動し、ヘリコプターで引き上げられた。その後、シリウス(電磁波による要救助者探査装置)、警察犬等による生体反応検査が行われたが、生存の可能性は見られなかった。

この間、派遣者2名は斜面の上部を踏査し、不安定岩塊の堆積状況、亀裂等の状況を点検して自動車の周囲に戻り、レスキュー隊の作業の安全確保に努めた。この間、レスキュー隊の要請に応じて撤去可能な岩塊の指示や車内に侵入するために必要な自動車の構造部材の切断等の指示を行った。

岩塊の除去は人力で行なわれ、レスキュー隊は2時間交代で10名程度が作業に当たった。待機のレスキュー隊は斜面下方の信濃川河畔で常時20名程度が交代しながら待機しており、必要な機材の投入が行われた。

運転席にいた母親の皆川貴子さんは、フロントガラスを除去し、ハンドルを油圧カッターで切断・除去して救出された。

午後6時頃に、シリウスによる生体反応検査が行われたが反応がないことを確認して、一

一旦全員地すべり地を離れ、今後の対応について協議することとした。警察、消防、新潟県、内閣府審議官、国土交通省の職員による協議の結果、7時から救出活動の再開が決定された。また、現地は夜間になり目視による異常の発見が困難になっていたため、崩落の音等の認識を向上させるために現地周辺でのヘリの飛行を制限するよう助言した。

路上で報道関係者に対する状況報告を行った後、7時半頃から救出作業が再開された。信濃川左岸から多数の投光機が地すべり地に向けて設置されていた。作業はダッシュボードの切断除去から始まり、座席の切断と撤去を繰り返した。運転席後方のチャイルドシートおよび皆川真優ちゃんの左足首が確認されたため、医官が脈等を確認したところ脈がなく、冷たくなっていることが報告された。

救出作業は、車内のシート等の除去を行っても一人分の作業空間しか確保できないため、二次災害予防のために人数をさらに絞り5名程度が現地で作業を補助し、車内の作業も頭部を下にして車内にずれ落ちないように地上の隊員に補助してもらったの困難なものとなったため、10分から20分程度で車内作業を交代せざるを得ない状態となった。フロントガラスの両側にある車両のフレームが圧縮され内側に変形しており、救出作業の支障となることが報告され、レスキュー隊からその切断についてコメントを求められた。そのため、フレームは座屈しており、その切断が岩塊を不安定化させるものではないことを助言し、このフレームは除去された。また同時に車内にある落石防護用のよう壁上部に設置されていたと思われるH鋼の切断についても助言を求められたが、これについては岩塊の崩落および車両の変形が予想されるため切断できないことを助言した。このH鋼は車の後方から前方に向かって串刺し状態にあり、その上部の岩塊を支持している状況であった。皆川真優ちゃんは、このH鋼とチャイルドシートに挟まれた状態であった。

車内の作業空間の確保とチャイルドシートおよびその下の座席の除去は困難な作業となり、皆川真優ちゃんの救出には相当の時間を要することがレスキュー隊から報告された。深夜0時から、レスキュー隊員は2時間ごとに現地を離れて休息をとることとなり、現地で助言に当たっていた派遣者2名も、交互に休息を取るようになった。

午前3時には、一旦全員が作業現場を離れ、路上でレスキュー隊等にこれまでの監視項目と内容を助言して派遣者2名は現地を離れた。



写真 5.44 地すべり地内に見られる帯状の陥没地形

5. 3. 6. 2 妙見斜面崩壊の概要

本崩壊は、泥岩を主体とする流れ盤で発生し、幅約200mで崩壊の頭部の左側では10m程度の滑落崖が形成されている。この崖面には鉛直方向の亀裂が観察され、また滑落崖から上部の斜面にも滑落崖に平行する多数の開口亀裂と滑落崖に直交する多数の開口亀裂が見

られる。これらは地質を形成する泥岩の節理面を反映したものと考えられ、節理面の開口が地表部にまで達していることが想定された。また崩落した土塊の表面は10m程度の立方体形状からなる岩塊を主体とする堆積物が見られることから、流れ盤を形成する層理面と節理面によって区分されるブロック状に崩壊した土塊の一部が分離し崩壊地の表面を覆ったものである。

本崩壊は上記の通り、大きく見れば幅約200mの一つの地すべりであるが、斜面に向かって左側半分のブロックは右側のブロックよりも滑落崖の高さと移動量が大きいたことが分かる（写真 5.43）。また左側のブロック内には馬蹄形の地すべりブロックが写真中の樹木の残存状況からも確認できること、また、地すべりによって形成された帯状の凹地も認められること（写真 5.44）から複数の規模のすべりブロックから構成されていることが予想された。また、堆積している岩塊は10mを超える



写真 5.45 地すべり地の上流側斜面に見られる層理面を境界とする2つの崩落

ものが含まれているが、新第三紀以降の泥岩主体であるため軟質であり岩塊のかみ合わせも不安定であり、オーバーハングした岩塊の崩落や転倒と岩塊のかみ合わせのずれ等の発生が懸念された。

地すべり地を縦断的に見ると、地すべり頭部の滑落崖を形成する70～80°程度の節理面と、写真 5.45に見られる20°程度の層理面に区切られた2つのすべり面によって形成された椅子形の地すべりと想定され、その末端は被害にあった車両が通行していた県道と河川の間の斜面にあると想定される。

5. 4 調査のまとめ

前節までに報告したように、砂防研究室、土砂管理研究グループ及び新潟試験所は、新潟県中越地震の発生直後から現地調査を行なうとともに、緊急点検や応急対策などに対する技術支援を行なってきた。

調査結果等を踏まえて、今後調査を進めるべき主要な課題を挙げると次のようになる。

一つ目として、土砂災害復旧計画作成支援システムの改良が挙げられる。この課題は、河道閉塞に関する危険度概略判定手法の改良、河道閉塞土砂の決壊および土石流発生予測手法の確立などを目的とするものである。また、土石流の発生を検知するための、振動センサー等の検知センサーの機能向上を急ぐ必要がある。

二つ目として、大規模地震時における土砂災害に対する初動体制等の検討が挙げられる。これは、今回の事例を教訓として大規模地震時に多発した土砂災害に対して、迅速かつ的確な対応策を事前に検討し整理しておく必要があるためである。

三つ目として、地震による生産土砂量を予測する手法の開発が挙げられる。この課題は、

今後優先的に対策を実施する必要がある斜面の抽出、大規模な地震による生産土砂量を算定する手法の確立、融雪に伴う生産土砂量（崩壊も含める）の把握と推定、地震による地すべりの発生要因を明らかにすることなどを目的とするものである。

四つ目として、砂防えん堤の耐震性評価手法の確立が挙げられる。今回の地震によって被災した砂防えん堤があったため、砂防えん堤の地震時の挙動を解析する。

以上のように、現地調査や技術支援などの活動を通して明らかとなった課題について、今後調査研究をさらに進めていくこととしている。

引用文献等

- 1) 国土交通省河川局砂防部：平成 16 年新潟県中越地震に伴う斜面崩壊の発生状況について（速報） http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/05/051101_2_.html
- 2) 国土技術政策総合研究所砂防研究室・土木研究所土砂管理研究グループ：平成 16 年新潟県中越地震に伴う斜面崩壊について
http://www.nilim.go.jp/lab/rbg/chuetsujishin_sabo.html
- 3) 建設省（1992）：建設省総合技術開発プロジェクト 災害情報システムの開発報告書 第Ⅲ巻基幹施設編、p. 353-409
- 4) 建設省河川局砂防部（1995）：地震と土砂災害、p. 6
- 5) Costa, J. E. (1988): Floods From Dam Failures, Flood Geomorphology, p. 436-439
- 6) 砂防ボランティア全国連絡協議会：土砂災害危険個所に対する現地調査の危険度判定調査表（案）、平成 16 年 10 月

6. 下水道施設の被害

6. 1 下水道施設に関する被害の全体概要

6. 1. 1 下水道の整備状況

下水道施設に被害があった新潟県内では、5 流域下水道及び 82 市町村（86 処理区）で下水道事業を実施しており、供用中の下水道施設は、下水処理場 86 箇所、中継ポンプ場 82 箇所、管路延長約 8,700kmであった¹⁾。

新潟県中越地方における下水道管内図を図 6.1 に示す²⁾。山古志村や高柳町など下水道事業を実施していない自治体も若干あるが、多くの市町村では下水道事業を実施していた。なお、下水道事業を実施していない下水道処理区域外では、農業集落排水事業や合併処理浄化槽等により汚水処理を実施していた。

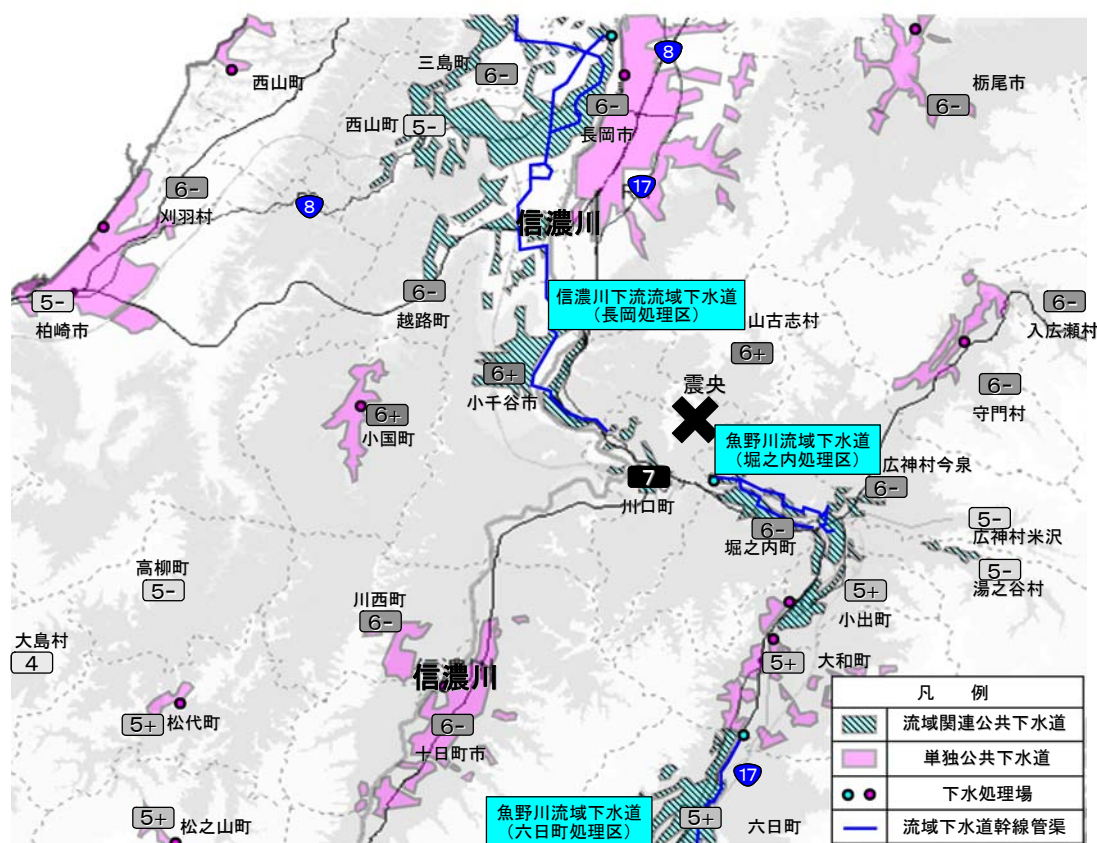


図 6.1 新潟県中越地方の下水道管内図

6. 1. 2 管路施設の被害の概要

管路施設の被害が生じ範囲は、震源地に近い川口町をはじめとした新潟県中越地方に広く及んでおり、流域下水道の幹線管渠では2流域下水道3処理区にて、公共下水道の管渠では24市町村34処理区（流域関連公共下水道も含む）にて被害が発生していた。地震発生後、新潟県を筆頭に、国土交通省、都道府県・政令都市及び関連団体等による新潟県中越地震下水道災害復旧支援本部、ならびに被災した地元市町村により、管路施設の被害状況について目視等による調査（一次調査）を行った。一次調査において、異常が確認された箇所数を表6.1に示す。さらに、表6.1にあげられた箇所を対象として、テレビカメラを用いた詳細な調査（二次調査）が引続き実施された。主な被災市町村の管路延長と二次調査必要延長を表6.2に示す。被災した管路延長は、平成16年12月20日現在まとめられていないが、二次調査を実施した9,815スパンのうち、8,337スパン（約85%）で被害が確認されている。震源地に近い小千谷市、川口町、小国町では全管路施設の20%以上の管路施設が被災したと思われる。

表 6.1 管路施設の被害箇所数（一次調査結果）

平成16年11月5日 現在

	管 渠						マンホール					
	路面異常 (箇所)	人孔滞水 (箇所)	途中水没 (箇所)	管閉塞 (箇所)	本管破損 (箇所)	本管浸入水 (箇所)	鉄蓋 (箇所)	躯体 (箇所)	土砂汚水 (箇所)	管接合部 (箇所)	隆起沈下 (箇所)	その他 (箇所)
流域下水道												
新潟県	130	7	1	3	77	43	6	250	4	24	51	98
公共下水道												
長岡市	3,685	1,643	142	38	25	3	90	105	67	35	436	152
柏崎市	230	22	20	9	0	9	35	3	20	20	12	0
小千谷市	349	662	8	9	6	6	84	56	4	11	400	166
加茂市	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
十日町市	110	54	0	0	0	0	12	18	2	2	10	0
見附市	315	34	13	20	3	1	14	25	3	1	64	10
栃尾市	20	12	0	0	0	0	0	0	9	0	9	18
弥彦村	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
分水町	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
下田村	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
越路町	157	147	86	43	14	3	19	50	6	26	93	38
三島町	16	47	0	32	0	0	3	19	5	2	5	0
与板町	187	116	7	62	104	2	3	11	10	5	88	78
和島村	114	32	0	8	0	7	0	0	0	0	36	102
出雲崎町	22	4	0	1	8	0	66	26	2	0	5	0
川口町	93	49	13	10	15	0	31	3	2	0	24	6
堀之内町	93	91	10	24	10	0	3	8	1	1	37	0
小出町	19	3	3	0	0	0	1	1	0	0	5	0
守門村	178	2	1	2	2	0	21	5	0	0	9	0
六日町	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
川西町	1	70	2	0	0	0	1	2	0	0	0	0
津南町	20	29	38	3	3	2	0	2	29	0	0	0
小国町	107	115	54	82	0	0	25	19	10	8	158	22
西山町	2	8	0	2	0	0	0	0	0	0	8	0
浦川原村	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
松代町	10	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	5,889	3,148	400	348	268	76	415	604	174	136	1,453	691

新潟県中越地震下水道災害復旧支援本部作成資料より引用

表 6.2 二次調査必要延長（一次調査結果）※

平成16年11月5日 現在

	管路延長 (a) (km)	TVカメラ調査 必要延長 (b) (km)	調査必要率 (b/a) (%)
長岡市	1,184	162.4	13.7
柏崎市	410	1.7	0.4
小千谷市	151	34.9	23.1
栃尾市	135	2.6	1.9
見附市	195	7.4	3.8
越路町	75	8.3	11.1
三島町	58	4.6	7.9
与板町	54	7.7	14.3
和島村	38	1.0	2.6
出雲崎町	40	2.5	6.3
小国町	54	11.1	20.6
十日町市	182	2.2	1.2
川口町	38	9.0	23.7
堀之内町	69	7.0	10.1
川西町	31	1.6	5.2
守門村	48	0.6	1.3
合計	2,762	264.6	9.6

表 6.3 下水処理場・ポンプ場被害状況一覧※

流域下水道

管理者名	事業名	処理区名	施設名	被害状況
新潟県	信濃川下流域下水道	長岡	長岡浄化センター	初沈・終沈汚泥かき寄せ機破損 EXP.Jのズレ
			小千谷ポンプ場	外壁破損、場内道路の亀裂
			川口ポンプ場	外階段破損、場内道路の陥没
			川口第2ポンプ場	外階段破損、場内道路の破損
	魚野川流域下水道	堀之内	堀之内浄化センター	水処理・汚泥処理施設の損傷
			竜光ポンプ場	外階段破損、変圧器破損 場内道路不等沈下
			宇賀地ポンプ場	躯体ズレ・傾き、圧送管破損、場内道路不等沈下
			四日町ポンプ場	場内道路不等沈下
		六日町	六日町浄化センター	躯体のクラック、場内道路の亀裂
	西川流域下水道	西川	西川処理場	場内沈下

公共下水道（流域関連公共下水道を含む）

管理者名	事業名	処理区名	施設名	被害状況
長岡市	単独公共下水道	川東	長岡中央浄化センター	分流初沈No.5池コレクタチェーン片側外れ、 No.6池FFUフライト破損、 水処理施設亀裂漏水
柏崎市	単独公共下水道	柏崎	自然環境浄化センター	消化タンク漏れ
十日町市	単独公共下水道	十日町	十日町市下水処理センター	ブロウ風量調節機の吸気弁破損（3台中2台）、最 初沈殿池・反応タンク（二重覆蓋）の柱にクラック及 び挫屈、脱臭設備のダクト・配管破損、消化ガスホ ルダーのレベリングウェイト吊りワイヤー破断及び シール破損、脱水機重量計破損、場内外構（消雪 パイプ）破損、道路陥没
魚沼市 （旧守門村）	単独特定環境保全 公共下水道	須原	須原終末処理場	場内地盤沈下、舗装面陥没、臭気塔クラック
南魚沼市 （旧六日町）	単独特定環境保全 公共下水道	上条	上条終末処理場	場内地盤沈下、舗装面陥没、消雪施設故障
和島村	単独公共下水道	上ノ原	上ノ原浄化センター	一部機器破損
和島村	単独公共下水道	和島	和島浄化センター	流入渠付近陥没
小国町	単独特定環境保全 公共下水道	小国	小国浄化センター	脱水機作動不能
長岡市	単独特定下水道	川東	長岡下条ポンプ場	排水樋管破損
三島町	流域関連公共下水道	長岡	脇野町汚水中継ポンプ場	周辺沈下、侵入水、ケーブルHH沈下
川口町	流域関連特定環境保全 公共下水道	長岡	川口第1中継ポンプ場	場内陥没
			川口第2中継ポンプ場	場内陥没
			川口第3中継ポンプ場	場内陥没
川西町	公共関連特定環境保全 公共下水道	千手	川西中継ポンプ場	上屋傾き

※新潟県中越地震下水道災害復旧支援本部作成資料より引用

6. 1. 3 下水処理場・ポンプ場の被害の概要

下水処理場、ポンプ場については、新潟県中越地方の3流域下水道、10市町村の11下水処理場、12ポンプ場で被害が発生した。表6.3に被災箇所と被災状況の一覧を示す。中でも、魚野川流域下水道堀之内浄化センターでは、水処理施設のひび割れ（写真6.1）、汚泥濃縮槽の傾斜、流入下水の漏水（写真6.2）、各接続部の破損、補機類の破損・浸水等が発生し、通常の水処理設備、汚泥処理設備の運転が不能となった。

6. 2 調査の概要

6. 2. 1 管路施設の被災に関する調査の概要

地震発生直後、下水道施設が被災していることは分かっても、被害の全容を把握できない市町村や、県や近隣市町村等と連絡を取り合うことができない市町村が多くあった。そこで、管路施設の被害状況について把握するため、数回にわたり、新潟県中越地方の被災地で現地調査を行った。現地調査を実施した調査日と調査箇所を表6.4に示す。

表 6. 4 現地調査の調査日及び調査箇所

調査日：平成16年10月24日・25日

自治体名	調査箇所	調査概要
小千谷市	桜町地区、油新田地区、土川地区、両新田地区、山田地区、中通地区、城内地区、旭町地区ほか	目視による被災状況調査
堀之内町	竜光地区、新道島地区、堀之内地区、大石地区ほか	目視による被災状況調査

調査日：平成16年11月15日～17日

自治体名	調査箇所	調査概要
長岡市	稲葉町地区、中沢地区、悠久町地区	目視による被災状況調査
小千谷市	桜町地区、両新田地区、若葉地区、土川地区	目視による被災状況調査
川口町	川口地区	目視による被災状況調査

調査日：平成16年11月23日～26日

自治体名	調査箇所	調査概要
長岡市	柿町地区、中沢地区、渡沢町地区	TVカメラを用いた管渠の浮上がり状況の調査
小千谷市	桜町地区、両新田地区、土川地区	目視による被災状況調査
川口町	川口地区、天納地区	目視による被災状況調査
堀之内町	竜光地区、新道島地区	目視による被災状況調査

6. 2. 2 下水処理場の被災後の応急復旧に関する調査の概要

新潟県中越地震により魚野川流域下水道堀之内浄化センター（以下、浄化センター）が被災し、通常の下水处理が困難となったため、簡易処理による仮復旧が行われた。新潟県の要請により、仮復旧対策として設置された仮設処理施設に係る現地調査を実施した。

（１）堀之内浄化センターの被災への主な対応

国土交通省北陸地方整備局、新潟県等から提供された情報では、以下の通りであった。

浄化センターの被災確認直後より、新潟県の下水道担当部局と環境部局、国土交通省北陸地方整備局が連携し、水質管理について対応した。浄化センターの被災により、浄化センターにおける通常の下水处理機能が失われたため、以下の仮復旧対応を行った。また、11月末を目途に通常の処理水準までの機能回復をめざした本復旧を進めた。

- ・ 仮設沈殿池等を設置し、10月30日の夜から使用
- ・ 仮設沈殿池等における汚泥等の管理を実施
- ・ 仮設処理施設では凝集剤、消毒剤等を用い、処理を実施

（２）堀之内浄化センターにおける仮設処理施設の下水处理状況調査方法

①調査工程

調査工程は以下の通りである。

2004.11.12	13:00～13:30	聞き取り調査（状況概略説明）
	13:30～15:00	現場にて聞き取り調査
	15:00～16:30	仮設処理施設堆積汚泥量調査
2004.11.13	9:00～ 9:30	打合せおよび情報収集
	9:30～10:30	水質調査用試料採取
	10:30～11:00	試料調製 （帰所）
	15:30	水質分析開始

②仮設処理施設堆積汚泥量調査

仮設処理施設の管理状況の把握のため、仮設処理施設での汚泥の堆積状況を調査した。

調査箇所は、仮設沈殿池、仮設塩素混和池とした（図 6.2 参照）。調査には汚泥界面計を用い、汚泥界面および沈殿池底までの水深を測定した。

③水質調査

仮設処理施設における水処理状況の把握のため、水質調査を実施した。

採水箇所を図 6.2、表 6.5 に示す。また、分析項目と分析方法を表 6.6 に示す。

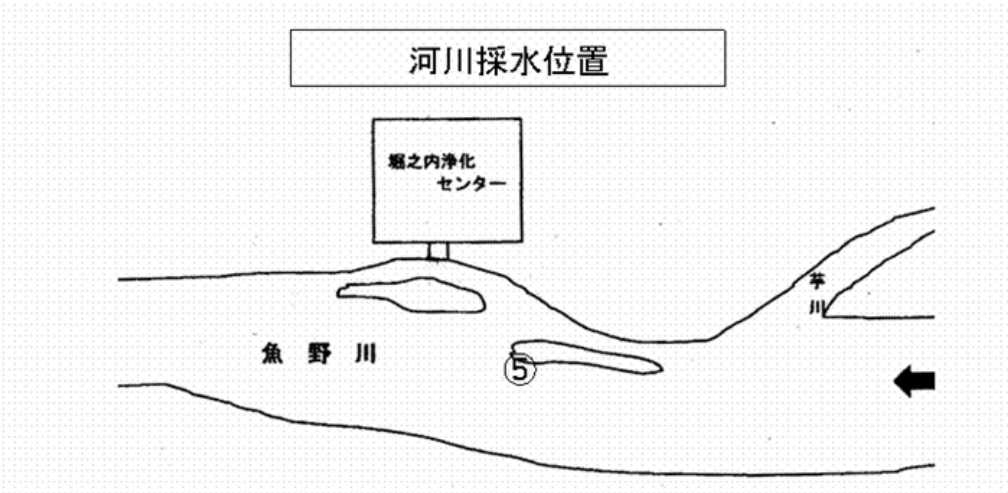
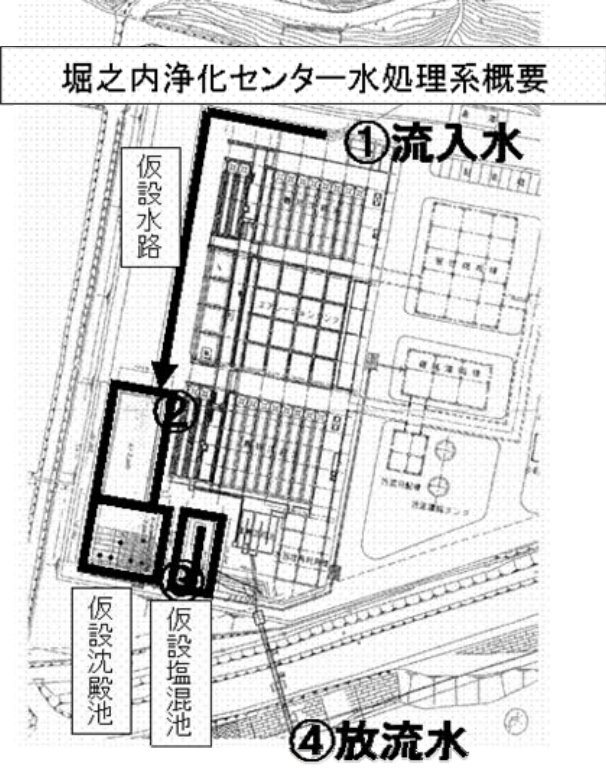


図 6.2 堀之内浄化センター水処理系の概略と採水箇所

表 6.5 採水箇所と分析項目

採水箇所	項目
① 流入下水（凝集剤添加前）	pH・水温、SS、COD、BOD5、大腸菌群等、クリプトスポリジウム、TOC、NH4-N
② 仮設沈殿池前（凝集剤添加後）	pH・水温、SS、COD、大腸菌群等、TOC
③ 仮設沈殿池後・仮設塩素混和池前	pH・水温、SS、COD、大腸菌群等、TOC、NH4-N
④ 放流口	pH・水温、SS、COD、BOD5、大腸菌群等、クリプトスポリジウム、TOC、残塩、NH4-N
⑤ （参考） 放流口よりやや上流の河川水	pH・水温SS、COD、大腸菌群等、TOC、残留塩素

表 6.6 分析方法

測定項目		分析方法	備考
pH(水温)		ガラス電極法	現地
SS		ガラス繊維ろ紙法	
BOD		ウインクラージ化ナトリウム変法	
大腸菌群数		デソキシコール酸塩培地法	チオ硫酸ナトリウムで中和
参考	残留塩素(結合、遊離)	ジエチル-p-フェニレンジアミン法(Hach社)	現地
	COD _{Mn} 、D-COD _{Mn}	100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素要求量	
	COD _{Cr} 、D-COD _{Cr}	簡易分析計による吸光光度法(Hach社)	
	D-TOC	TOC分析計(島津TOC5000A)	
	NH ₄ -N	自動比色分析装置	酸固定
	大腸菌数	特定酵素基質培地法(クロモカルト寒天培地・メルク社)	チオ硫酸ナトリウムで中和
	クリプトスポリジウム	検鏡法(メンブレンフィルター濃縮、免疫磁気ビーズ精製、メンブレンフィルター直接染色)	チオ硫酸ナトリウムで中和

6. 3 調査結果

6. 3. 1 管路施設

被災した管路施設について現地調査を実施し、確認された被害状況を以下に示す。

- 1) 各地で管路埋設路線上の地盤沈下やマンホールの浮上がりが発生しており、場所によっては 30cm 程度地盤沈下した箇所(写真 6.3)や、1m 以上マンホールが浮上がった箇所(写真 6.4)もあった。
- 2) 管路埋設路線上の地盤沈下が発生している箇所の中には、管路埋設部で噴砂が発生した箇所(写真 6.5)もあった。
- 3) 浮上がったマンホールでは、写真 6.6 に示すような躯体のズレや、写真 6.7 に示すような管接合部の破損が見られるものもあった。
- 4) 上水道の復旧後、写真 6.8 に示すように管渠・マンホール内に汚水の滞水が生じている箇所もあった。
- 5) 長岡市の被災した管路を対象に、管路の勾配を測定可能なテレビカメラを用いて浮上がり状況の調査を行ったところ、図 6.3 に示すようにマンホールや取付け管接合部の浮上がり量よりも、それ以外の管渠部のほうが浮上がり量が大きくなっていた。
- 6) 現地調査を行った長岡市、小千谷市、川口町、堀之内町では、マンホールの浮上がりや管路埋設路線上の地盤沈下の被害が数多く発生しており、甚大な被害が発生していることが確認された。

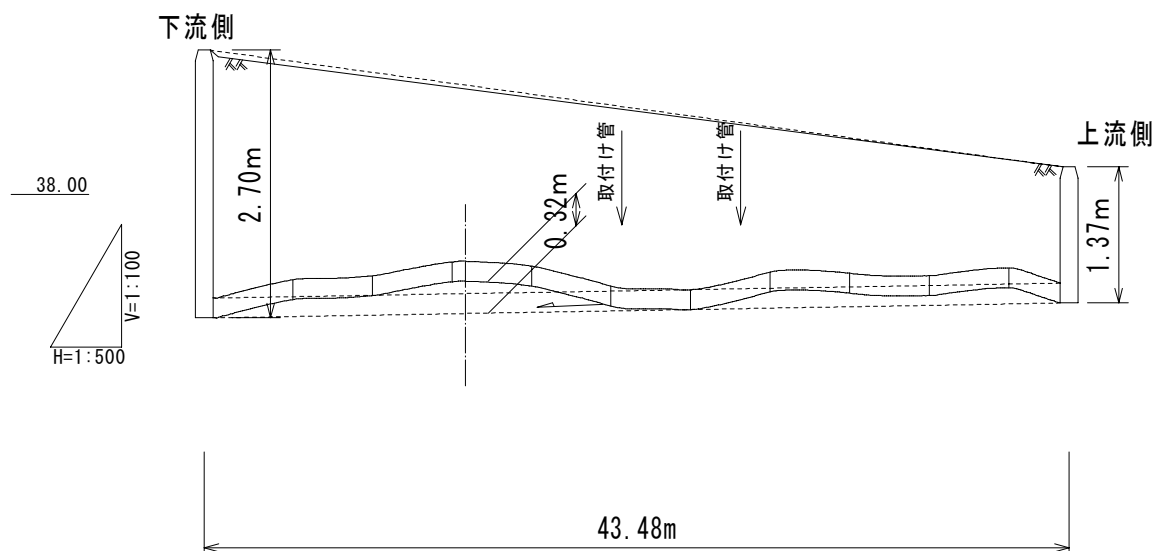


図 6.3 長岡市柿町地区の管路の浮上がり状況

6. 3. 2 下水処理場

浄化センターの仮設処理施設の処理状況を調査したところ以下の通りであった。

(1) 仮設処理施設堆積汚泥量調査結果

仮設処理施設での汚泥堆積状況は以下のとおりであった。

- ・ 仮設沈殿池の水深は約 2m で、汚泥は 20cm 程度堆積していた。
- ・ 仮設塩素混和池の水深は約 1m で、汚泥は 10cm 程度堆積していた。

(2) 水質調査結果

水質調査の結果を表 6.7 に示す。仮設処理施設からの放流水は、通常の沈殿法により達成可能な処理水質（pH 5.8 以上 8.6 以下、BOD 120mg/L以下、SS 150mg/L以下、大腸菌群数 3,000 個/cm³以下）を満足していた。

表 6.7 水質調査結果

	水温 (°C)	pH (-)	SS (mg/L)	BOD5 (mg/L)	大腸菌群数 (CFU/mL)
① 流入下水	16.0	7.2	171	117	643000
② 沈殿池直前	15.4	7.3	152	110	390000
③ 沈殿池直後	15.9	6.7	42	41	343000
④ 放流水	15.2	7.1	73	32	78.3
⑤ (参考)河川水	10.7	6.8	599	1.0	196

* ④での残留塩素は、全塩素2.09mg/L、遊離0.54mg/Lであった。(Hach簡易法)

(参考)	T-CODMn (mg/L)	D-CODMn (mg/L)	T-CODcr (mg/L)	D-CODcr (mg/L)	D-TOC (mg/L)	NH4-N (mg/L)	大腸菌数 (CFU/mL)	クリプトスポリジウム
① 流入下水	75	24	303	64	28	23.3	67000	0 (個/200mL)
② 沈殿池直前	57	21	270	71	29	23.2	87000	-
③ 沈殿池直後	28	14	80	37	18	14.2	25300	-
④ 放流水	33	14	181	60	26	13.3	6.7	0 (個/400mL)
⑤ (参考)河川水	14	2	38	<15	2.6	0.07	0.7	0 (個/10L)

6. 4 分析・考察

6. 4. 1 管路施設

今回の地震では、マンホールの浮上がり、管路埋設部の地盤沈下、管渠・マンホール内の汚水滞水が多数発生した。被災した下水道管路施設は、いずれも開削工法で布設した管路であり、管路埋設部で噴砂が見られた箇所もあった。一方、川口町や長岡市の応急復旧現場で、被災した管路周辺の原地盤を確認したところ、液状化しない粘性土が見られた。粘性土の下部に緩い砂層等があり、粘性土層の下部で液状化した可能性もあるが、管路埋設部以外の道路や周

辺家屋で特に噴砂は見あたらなかった。したがって、管路埋設部の埋戻土に用いた山砂等が液状化し、図 6.4 に示すメカニズムで被害が発生したものと考えられる^{5), 6)}。

また、地震発生直前に日降水量 100mm 前後の降雨が被災地にあったことから、平常時よりも地下水位が高くなっていた可能性が高い。そのため、液状化による被害が大きくなったということも考えられる。

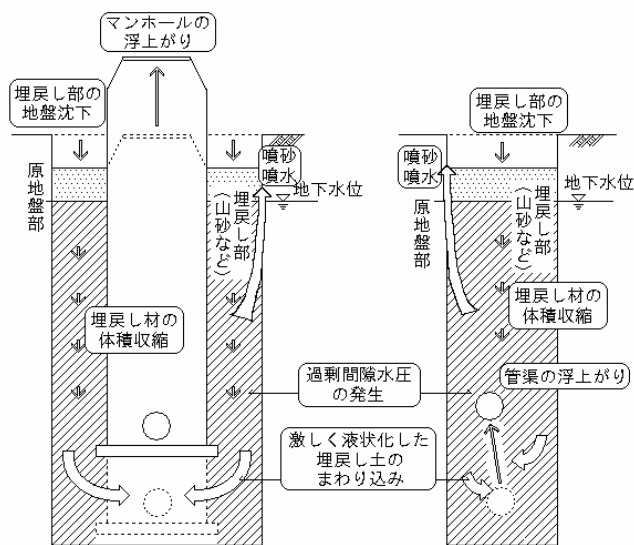


図 6.4 管渠・マンホールの浮上がり模式図

6. 4. 2 下水処理場

(1) 仮設沈殿池と仮設混和池の能力

新潟県から提供された実下水流入量等を用い、仮設沈殿池の滞留時間（以下 HRT）、水面積負荷、仮設塩素混和池の HRT を算出した。結果を表 6.8 に示す。仮設処理施設の HRT、水面積負荷は、一般的な値と比較して安全側の値となった。

表 6.8 仮設処理施設の能力

		仮設処理施設	(参考) 一般的な値
仮 設 沈 殿 池	HRT (hr)	3.2	1.5
	水面積負荷 (m ³ /d/m ²)	13	35~70
	有効水深 (m)	1.5~2.0	2.5~4.0
仮 設 塩 素 混 和 池	HRT (min)	26	15以上

(2) 仮設処理施設の処理状況

仮設沈殿池、仮設混和池の能力には、特段の問題点は見あたらなかった。また、堆積汚泥量調査により、仮設処理施設の汚泥堆積厚は 10~20cm 程度であり、比較的良好に管理されていた。

今回の水質調査では、仮設処理施設からの放流水は、通常の沈殿法により達成可能な処理水質を満足しており、特段の問題点は見あたらなかった。

地震等の不可避的な要因による処理場の機能停止においては、関係部局との緊密な連携の下、仮復旧及び早急な本復旧という二段階での対策が必要である。

仮復旧においては、衛生学的観点から放流先の安全性を確保することが重要である。その上で、本復旧においては、通常の下水处理機能を回復することが求められる。

今回の調査では、仮設処理施設での処理に関し、特段の問題点は見あたらなかった。今後も、関係部局との連携をとりつつ、適切に水質を管理するとともにできる限り早急に本復旧を図る必要がある。

6. 5 まとめ

今回の地震により、下水道施設は平成 7 年兵庫県南部地震以来の大きな被害が発生し、新潟県のとりまとめによると、下水道施設全体の被災総額は、約 364 億円（平成 16 年 11 月 15 日 暫定値）に達すると試算されている。国土交通省下水道部では、新潟県の要請を受け、下水道施設に甚大な被害が発生した新潟県内の市町村の早期復旧を支援するため、新潟県中越地震下水道災害復旧支援本部（以下、支援本部という）を設置した。支援本部は、被災自治体である新潟県を筆頭に、国土交通省、都道県政令市及び関連団体等で構成されており、被災箇所の復旧に向けた被災状況調査、応急復旧、ならびに災害査定をはじめとする本格復旧に向けた対応を現在も行っている。今回の広域的な早期の復旧支援の確立を好例とし、緊急時の支援体制を確立しておくことが有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 下水道協会：平成 14 年度版下水道統計，2004
- 2) 新潟県土木部都市局下水道課：新潟県の下水道，2001
- 3) 加藤 裕之、藤生 和也、行方 馨：平成 16 年新潟県中越地震による下水道管路施設の被害，下水道協会誌，Vol.42，No.507，pp.64～69，2005
- 4) 佐藤 洋行：平成 16 年新潟県中越地震による下水処理場の被害状況，下水道協会誌，Vol.42，No.507，pp.70～74，2005
- 5) 建設省土木研究所：釧路沖地震により浮上した下水道マンホールの調査，土木研究所資料，第 3275 号，1995
- 6) 行方 馨、田村 敬一、石原 雅則：十勝沖地震による下水道施設の被害状況，第 41 回下水道研究発表会講演集，pp.708-710，2004



写真 6.1 水処理施設のひび割れ



写真 6.2 流入下水の漏水



写真 6.3 管路埋設路線上の地盤沈下
(小千谷市)



写真 6.4 マンホールの浮上がり
(小千谷市)



写真 6.5 アスファルトの割れ目からの噴砂
(小千谷市)



写真 6.6 マンホールの躯体のズレ
(堀之内町)



写真 6.7 マンホールと管渠の接合部のズレ
(長岡市)



写真 6.8 マンホール内の滞水状況
(堀之内町)



写真 6.9 仮設管渠からの流入
(堀之内浄化センター)



写真 6.10 仮設沈殿池
(堀之内浄化センター)



写真 6.11 汚泥引き抜き作業
(堀之内浄化センター)



写真 6.12 固形塩素の供給
(堀之内浄化センター)

7. 河川施設

7. 1 河川施設に関する被害の全体概要

新潟県中越地震による河川堤防等の被害を整理すると図 7.1 及び表 7.1 の通りである¹⁾。直轄河川では信濃川水系信濃川および魚野川、信濃川水系信濃川下流、また補助河川では 4 水系 49 支川において被害が報告されている（国土交通省発表、11 月 1 日現在）。河川堤防や樋門・堰等の河川構造物の主要な被害は、震源近傍の小千谷市から大河津分水路河口までの信濃川中下流域に多い。また支川では、土砂崩壊による河道閉塞が多数発生した。

なお信濃川水系では、1964 年の新潟地震により新潟市街の信濃川河口近傍で河川施設に著しい被害が生じた経験を持つが、今回の地震で被害を生じた地域では過去に大きな被害の報告はない。また、今回の地震とほぼ同じ地域では 1933 年に M6.1 の地震が発生しているが、河川施設の被害は報告されていない。

直轄河川においては、合計 181 箇所の被害が報告されている。被害箇所の内訳は、堤防・護岸等の亀裂が 145 箇所（80%）と多数を占め、堤体の陥没や崩壊が 25 箇所（14%）、樋門・堰等の河川構造物の被害が 11 箇所（6%）であり、被害パターンの発生傾向は既往の地震被害に類似している。ここで、被害パターン別に被害箇所数の分布を整理すると図 7.2 の通りである。小千谷市周辺から上流域では、被害箇所数は多いが、主たる被害パターンは堤防・護岸等の亀裂である。一方、小千谷市周辺から下流域では、上流域と比較して被害箇所数は少ないが、堤体の陥没や崩壊など比較的大規模な被害を生じた箇所が多い。信濃川中下流域においては、堤防のり尻周辺で液状化の発生を示す噴砂痕が少なからず認められており、堤体の陥没や崩壊には堤体基礎地盤の液状化が関与したことが推察される。

台風 24 号（10 月 26 日温帯低気圧に変更）の接近に伴う降雨が予想されるなか、10 月 24 日（日）から夜間作業を交じえた応急対策が進められ、雨水や水位上昇により堤体が深刻な事態になる可能性がある 10 箇所については 11 月 10 日までに緊急復旧工事が完了した。11 月 12 日現在で、直轄河川では 87%、補助河川では 90%で応急対策が完了しており、地震被害に起因する二次災害の可能性は早期に軽減された。

本報では、地震直後に筆者らが行った現地調査結果²⁾等に基づき、河川堤防と堰構造物の主要な被害状況を報告するものである。

7. 2 調査の概要

河川施設の調査は、平成 16 年 10 月 25 日～27 日、および、平成 16 年 11 月 17 日～18 日の 2 回に渡り現地踏査により実施した。第 1 回目の調査では、信濃川中下流域右岸（大河津分水路河口～妙見堰）および一部左岸を対象として、堤防・樋門・堰の被害状況の把握と応急対策に関する調査を実施した。第 2 回目の調査では、比較的被害が大きい数箇所について、被害状況の精査と復旧方法に関する調査を実施した。河川施設の調査箇所を示すと図 7.3 の通りである。

7. 3 調査結果

7. 3. 1 信濃川右岸堤防 2.0km 付近（中之島町中条）

延長 1,500m 程度にわたり堤防天端に縦断亀裂が発生した（写真 7.1 参照）。このうち 180m 程度の区間では、深さ 20cm～80cm 程度の亀裂や川表側のり肩の沈下が生じるとともに、川表側のコンクリートブロック護岸がはらみ出して折れ角が発生した。一方で川裏側のり面と護岸には変状は認められない。ブロックの開口部では噴砂痕が認められ、被災には堤体基礎地盤の液状化が関与していると推察される。図 7.4 に堤防断面とボーリング柱状図を示す。本被災箇所では、亀裂への土砂充填とビニールシート張りによる緊急対策が 11 月 3 日に完了した。2km～2.18km の間では、堤防の川表側のり尻に大型土のうを設置し、応急的に堤体の安定性を確保した（写真 7.1(c) 参照）。

7. 3. 2 信濃川左岸堤防 4.5km 付近（与板町馬越）

延長 800m 程度にわたり堤防天端に縦断亀裂と陥没が発生した（写真 7.2 参照）。堤防天端は両のり肩を残して最大 70cm 程度陥没した。堤防天端の沈下量に比べるとり肩やのり面では大きな変状は認められない。川表側のり面に軽微なはらみ出しが認められるが、のり尻付近の農道には変状は認められない。川表側のり尻に噴砂痕が認められ、堤体下部～基礎地盤の液状化が関与していると推察される。被災後に実施されたボーリング調査結果を図 7.5 に示す。本被災箇所では、亀裂への土砂充填による緊急対策が実施された。

7. 3. 3 信濃川右岸堤防 6.5km 付近（中之島町長呂）

延長 100m 程度にわたり堤防天端に縦断亀裂と陥没が発生した（写真 7.3 参照）。このうち 50m 程度では、のり肩を残して天端が約 80cm 陥没した。堤体の縦断亀裂は川裏側のり面と小段にも生じており、川裏側のり面が全体的に沈下した形跡も認められる。図 7.6 に被災後に実施されたボーリング調査結果とともに地震前と地震後の断面を示す。川表側のり尻には噴砂痕が多数認められるため、被災の主たる要因は堤体基礎地盤の液状化であると推察される。本被災箇所では、盛土とビニールシート張りによる緊急対策が 11 月 1 日に完了した。

7. 3. 4 信濃川右岸堤防 29.0km 付近（長岡市三俣野）

天端幅 7m のうち 3m 程度を残して、川裏側のり面が延長約 150m にわたって滑り崩壊した（写真 G 7.1 及び写真 7.4 参照）。被災区間に並行して、堤内側のり尻に 3 面張りの水路が設置されているが、この水路には変状は認められない。また、周辺に液状化の痕跡も認められないことから、被害の主たる要因は堤体基礎地盤の液状化ではなく、強い地震動に伴う慣性力の作用によって堤体自体が滑り崩壊したものと推察される。本被災箇所では、盛土とビニールシート張りによる応急対策が 10 月 25 日に完了した。

7. 3. 5 信濃川 30.0km 妙見堰（長岡市妙見）

妙見堰は、信濃川の河床安定、用水・上水の取水、及び、JR 水力発電放流の逆調整を目的として、平成 2 年に竣工したローラーゲート 7 門、調節ゲート 1 門を有する全長 524m の可動堰である（図 7.7 参照）。被害程度が比較的大きいのは、左岸側第 1 ゲート両側の 2 基の門柱（P7,P8）であり、門柱の基部または中間部でコンクリートが剥落して鉄筋が露出した（写真 G 7.2 及び写真 7.5、写真 7.6 参照）。基礎形式は、右岸側の P0～P4 の 5 基の門柱では直接基礎であるが、左岸側の P5～P8 の 4 基の門柱では河床の堆積物が比較的厚いためケーソン基礎となっている。図 7.8 に示すように 1 つの門柱は 4 本の RC 柱から構成されてお

り、P7 及び P8 とも下流側の 2 本の被害程度が比較的大きい。門柱の残留変位は目視では確認できなかった。調査時点では、ゲート操作は可能な状態ではあるものの荷重軽減のため第 1 ゲートと第 2 ゲートを全閉状態としていた。

妙見堰の左岸側第 1 ゲートは操作盤の転倒により地震後一時操作不能となったが、翌日には復帰し、操作可能となった。また、右岸側に立地する妙見堰管理所では建物全体が傾斜（写真 7.7 参照）するとともに、屋上に設置された通信用鉄塔の基部のアンカーボルトが破断して不安定な状態となった。このため、通信用鉄塔を解体撤去するとともに、管理所建物への立入規制の措置が取られた。

堰上下流左岸の低水護岸が一部損壊していたが、踏査を行った上流側護岸の陥没深さは約 1m であった（写真 7.8 参照）。同写真の箇所から上流へ数百 m の区間では護岸に多数の亀裂が認められた。

7. 4 まとめ

- 1) 新潟県中越地震により、信濃川全域と支派川において、河川堤防等に多くの被害が生じた。被害パターンは大別して、堤体の亀裂、堤体の陥没と崩壊、構造物の損傷である。信濃川の下流部においては液状化に伴う噴砂痕が少なからず認められることから、堤防被害には基礎地盤の液状化が関与していることが推察される。一方、妙見堰付近の中流域から上流域にかけては液状化の痕跡はさほど認められず、多くの堤防被害は強い地震動に伴う慣性力の作用によるものと推察される。今後、主要な被害箇所の堤体や基礎地盤の土質条件、地形条件、築堤履歴等の詳細な情報に基づいて、被災メカニズムを検討する必要がある。
- 2) 堤体の陥没や崩壊が生じた箇所は、全体の 16%程度を占める。被災程度が大きい箇所では、計画高水位に対して堤防が本来有する治水機能を保持するための応急復旧が地震直後より進められ、二次災害の可能性が軽減されている。
- 3) 震源近傍の妙見堰では、端部ゲート両側の門柱 2 基でコンクリートが剥落して鉄筋が露出した。これまでに堰構造物の被災事例は少ないことから、被災メカニズムを解明して耐震性向上に役立てることが重要である。

参考文献

- 1) 国土交通省北陸地方整備局：平成 16 年新潟県中越地震による被害と復旧状況、2004.11
- 2) 国土技術政策総合研究所、土木研究所合同緊急調査団：平成 16 年新潟県中越地震の緊急調査速報、土木技術資料、Vol46、No.12、2004.12

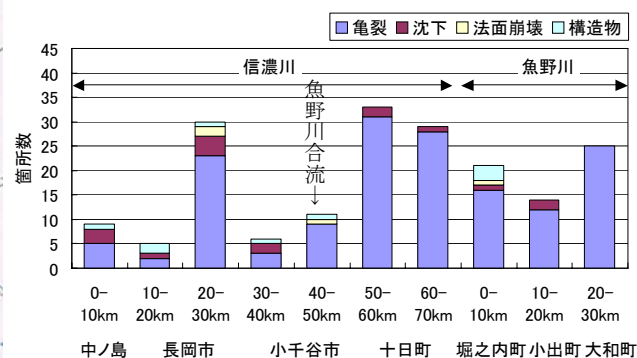
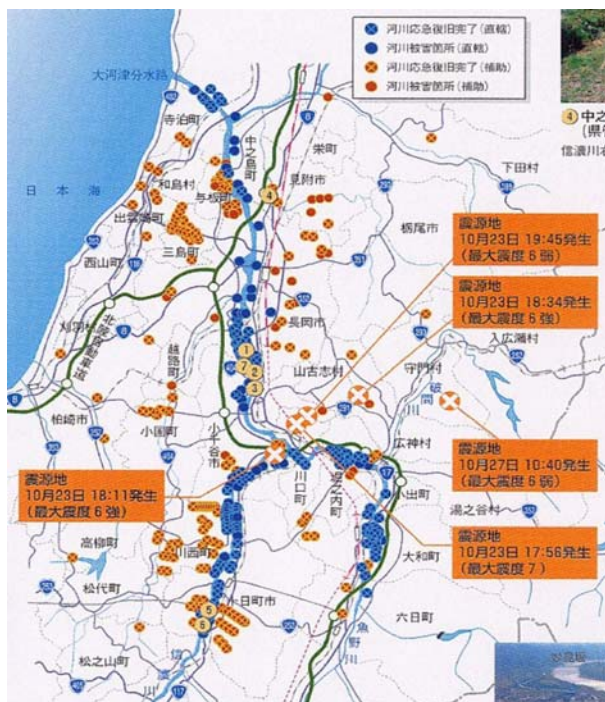


図7. 1 河川堤防等の被害分布¹⁾



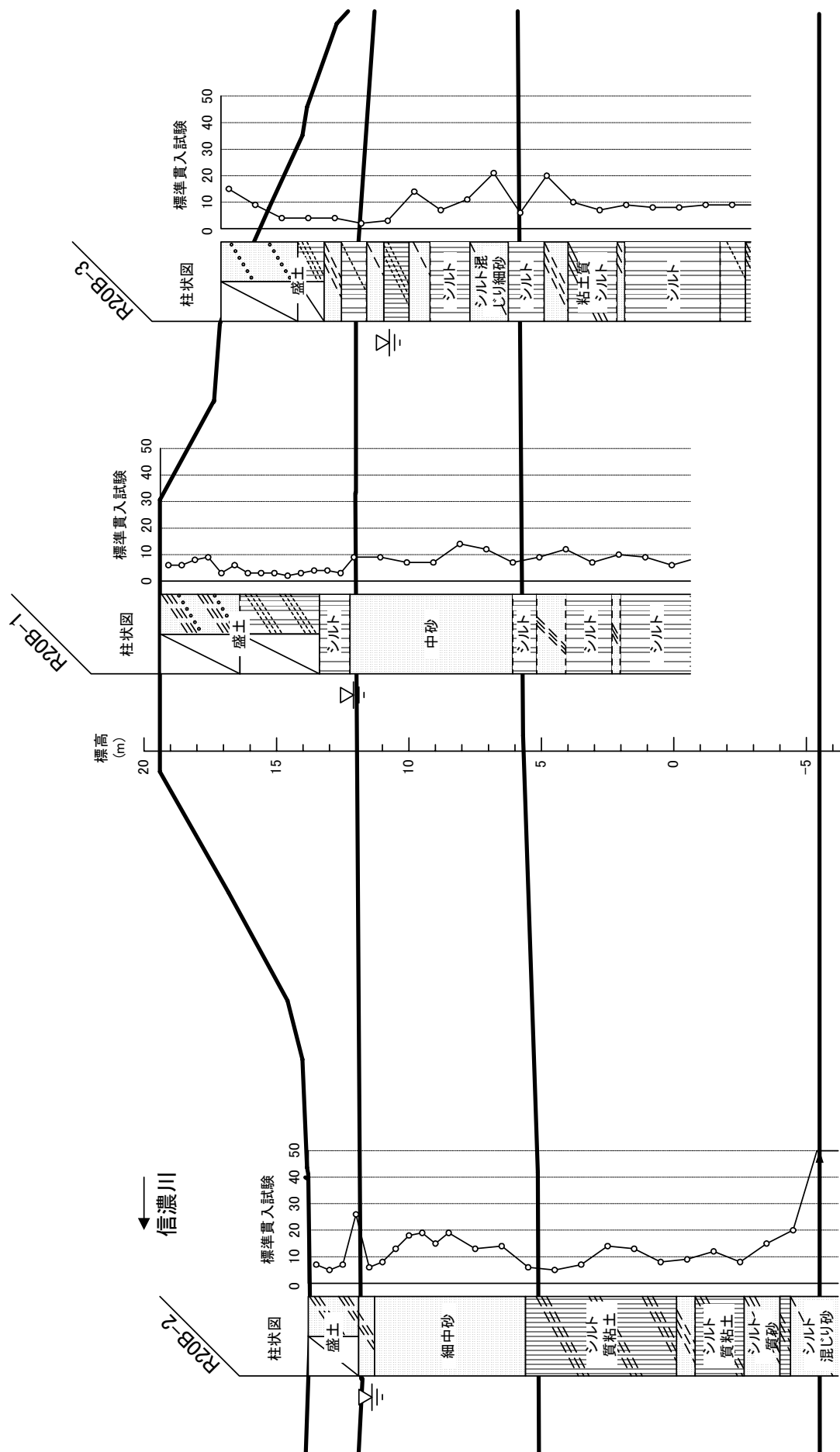


図7. 4 信濃川右岸2.0km付近の被害断面とボーリング柱状図

(北陸地方整備局データ提供)

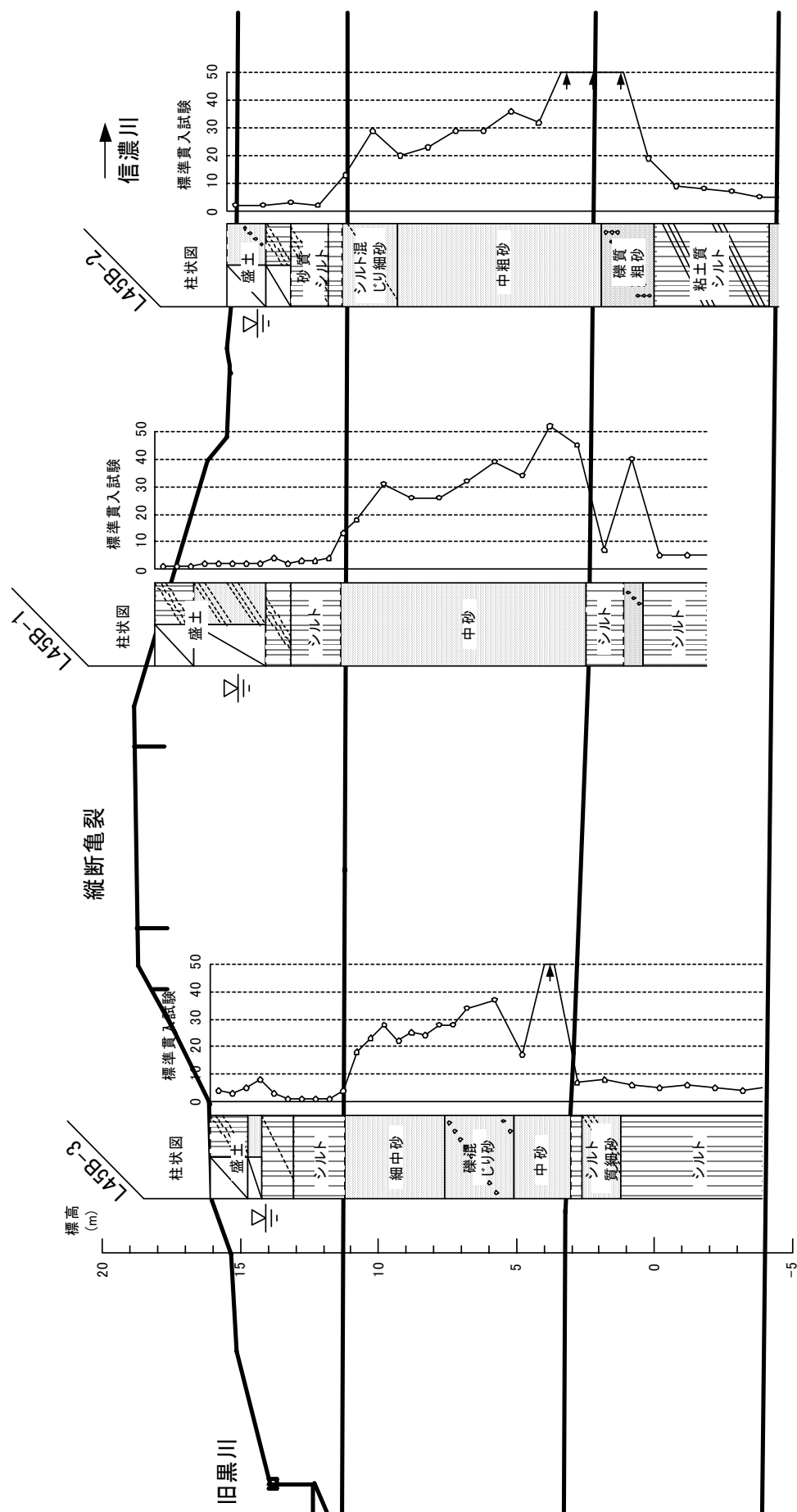


図 7. 5 信濃川左岸 4.5km 付近の被害断面とボーリング柱状図
(北陸地方整備局データ提供)

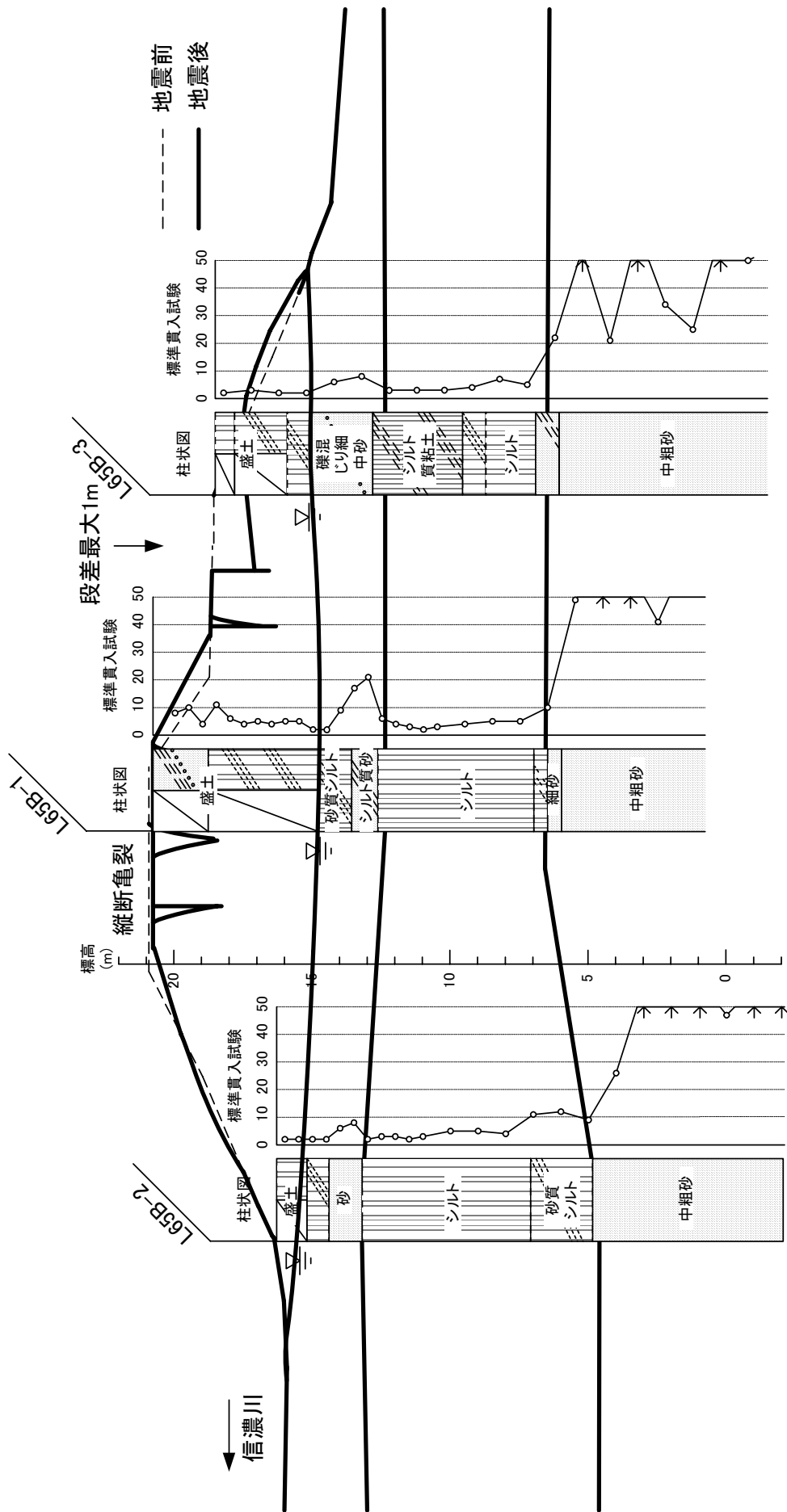


図7. 6 信濃川右岸 6.5km 付近の被害断面とボーリング柱状図
(北陸地方整備局データ提供)

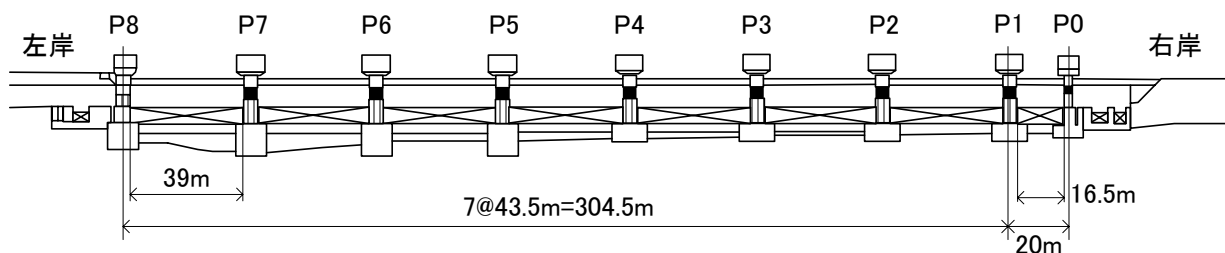
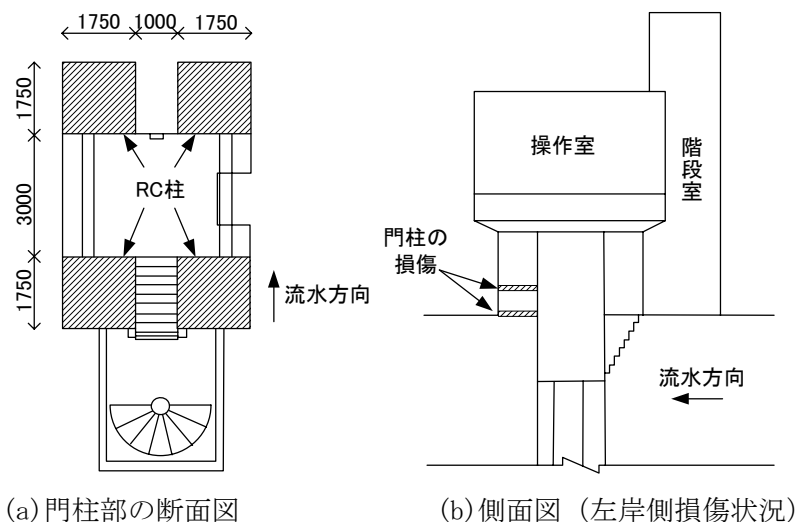


図 7. 7 妙見堰一般図
(北陸地方整備局データ提供)



(a) 門柱部の断面図 (b) 側面図 (左岸側損傷状況)

図 7. 8 妙見堰 P8

表 7. 1 河川堤防等の被害箇所数

(北陸地方整備局発表 11 月 10 日現在)

直轄河川

水系	河川	被害状況(箇所)					応急対策完了(箇所)	応急対策不要(箇所)
		亀裂	沈下	のり面崩壊	水門等施設	計		
信濃川	信濃川下流	1	0	0	0	1	1	0
信濃川	信濃川	101	18	1	6	126	106	19
信濃川	魚野川	45	6	2	5	58	54	4
1水系	3河川	147	24	3	11	185	161	23

補助河川

水系	河川	被害状況(箇所)							応急対策完了(箇所)	応急対策不要(箇所)
		亀裂	沈下	のり面崩壊	水門等施設	河道閉塞	噴砂	計		
信濃川	刈谷田川	6	0	0	0	0	0	6	0	2
信濃川	釜沢川	0	0	0	0	1	0	1	1	0
信濃川	洪海川	2	0	2	0	6	0	10	2	7
信濃川	朝日川	0	0	0	0	1	0	1	0	0
信濃川	黒川	8	0	2	2	1	10	23	2	15
信濃川	鯖石川	42	5	48	0	55	0	150	29	114
信濃川	郷本川									
信濃川	島崎川									
4水系	71河川	58	5	52	2	64	10	191	34	138



(a) 堤防天端の縦断亀裂と段差
(北陸地方整備局撮影)



(a) のり肩を残して天端が沈下



(b) 護岸の損傷
(北陸地方整備局撮影)



(b) のり肩と天端の段差



(c) 大型土のうによる緊急復旧状況
写真 7.1 信濃川右岸 2.0km 付近
(中之島町中条)

写真 7.2 信濃川左岸 4.5km 付近
(与坂町馬越)



(a) 堤防天端の縦断亀裂と段差



(a) 川裏側のり尻の水路（変状は認められない）



(b) 川表側のり尻付近の噴砂痕



(b) 応急復旧の状況

写真 7.3 信濃川右岸 6.5km 付近
（中之島町長呂）

写真 7.4 右岸 29.0km 付近
（長岡市三俵野）



写真 7.5 妙見堰全景
（写真奥が左岸側第 1 ゲート）



(a) P7 右岸側（左側が上流）



(b) P7 左岸側（右側が上流）



(c) P8 右岸側（左側が上流）



(d) P8 左岸側（右側が上流）



(e) P8 左岸・下流側

写真 7.6 妙見堰門柱の損傷状況



写真 7.7 妙見堰管理所建物の傾斜



写真 7.8 妙見堰付近の低水護岸の損壊

8. ダム及び河道外貯留施設

8. 1 ダム等に関する被害の全体概要

新潟県中越地震の本震後には、ダム管理者による臨時点検が実施された。その結果、ほとんどのダム等で変状がなかったものの、小千谷市、十日町市、川西町に位置する6施設で変状が報告された（表 8.1 参照）。国土技術政策総合研究所および独立行政法人土木研究所は調査チームを派遣し、変状の有無とその状況、地震による変形量や漏水量（浸透量）の変化等について現地調査を行った。その結果、一部の施設における堤体の亀裂等が確認され、安全確保のため一部の施設では速やかなる水位低下を行った。

表 8.1 本震での臨時点検結果¹⁾

分類		点検ダム数	変状報告
国土交通 省所管	直轄	10	なし
	補助	30	なし
水資源機構所管		3	なし
利水専用施設		71	新潟県所有の農業用の 3 ダム（川西ダム、長福寺ダム、坪山ダム）
合計		114	

※上記に加え、3つの河道外貯留施設（JR 東日本所有の浅河原調整池、新山本調整池、山本調整池）で変状報告。

8. 2 調査の概要

現地調査の概要を表 8.2 に示す。調査対象ダム等（表 8.3 参照）と震央との位置関係を図 8.1 に示す。調査目的は、地震後の臨時点検で指摘されたものも含めて地震による変状の有無とその状況の確認、地震動の記録状況の確認と収集、堤体変位や漏水量等の地震前後での変化と、変化している場合にはその後の変化傾向の確認などである。なお、本報告では変状が相対的に大きかった東日本旅客鉄道（以下「JR 東日本」）の発電用調整池、および農業用フィルダムの変状・被害を報告する。また、収集された地震動についても報告する。

表 8.2 現地調査の概要

調査班編成	日程	調査箇所
国土技術政策総合研究所 河川研究部 ダム研究室 室 長：安田成夫 独立行政法人土木研究所 水工研究グループ ダム構造物チーム 主任研究員：佐々木隆	10 月 25 日（月）	浅河原調整池 鯖石川ダム 柿崎川ダム
	10 月 26 日（火）	新山本調整池 山本調整池
（地震動記録の収集） 国土技術政策総合研究所 河川研究部 ダム研究室 研究官：佐野貴之	10 月 27 日（水）	奈良俣ダム
（新潟県中越地震ダム工学会災害調査団） 国土技術政策総合研究所 河川研究部 ダム研究室 主任研究官：金銅将史 独立行政法人土木研究所 水工研究グループ ダム構造物チーム 上席研究員：山口嘉一 研究員：富田尚樹	11 月 5 日（金）	浅河原調整池 長福寺ダム 坪山ダム 川西ダム
	11 月 6 日（土）	新山本調整池 山本調整池 広神ダム 妙見堰
（信濃川発電所復旧工事技術専門委員会 調整池分科会） 国土技術政策総合研究所 河川研究部 ダム研究室 室 長：安田成夫 独立行政法人土木研究所 水工研究グループ ダム構造物チーム 上席研究員：山口嘉一	11 月 12 日（金）～13 日（土）	浅河原調整池 新山本調整池 山本調整池

表 8.3 現地調査ダム等の一覧

名称	管理者	形式	堤高(m)	竣工年
浅河原調整池	JR 東日本	中央遮水ゾーン型 アース	37.0	1945
新山本調整池	JR 東日本	中央遮水壁型ロック フィル	44.5	1990
山本調整池	JR 東日本	中央遮水ゾーン型 アース	27.22	1954
鯖石川ダム	新潟県土木部	重力式コンクリート	37.0	1973
柿崎川ダム	新潟県土木部	中央土質遮水壁型ロ ックフィル	54.0	2003
長福寺ダム	新潟県農地部	中央遮水ゾーン型 アース	27.2	2000
坪山ダム	新潟県農地部	中央遮水ゾーン型 アース	20.5	1997
川西ダム	新潟県農地部	中央遮水ゾーン型 アース	43.0	1978
広神ダム	新潟県土木部	重力式コンクリート	83.0	建設中
奈良俣ダム	水資源機構	中央土質遮水壁型ロ ックフィル	158.0	1991
妙見堰	国土交通省北陸地方整備局	可動堰	13.815※	1990

※上流水叩きの上面（T.P. 32.430m）から堰柱の天端（T.P. 46.215m）までの高さ。

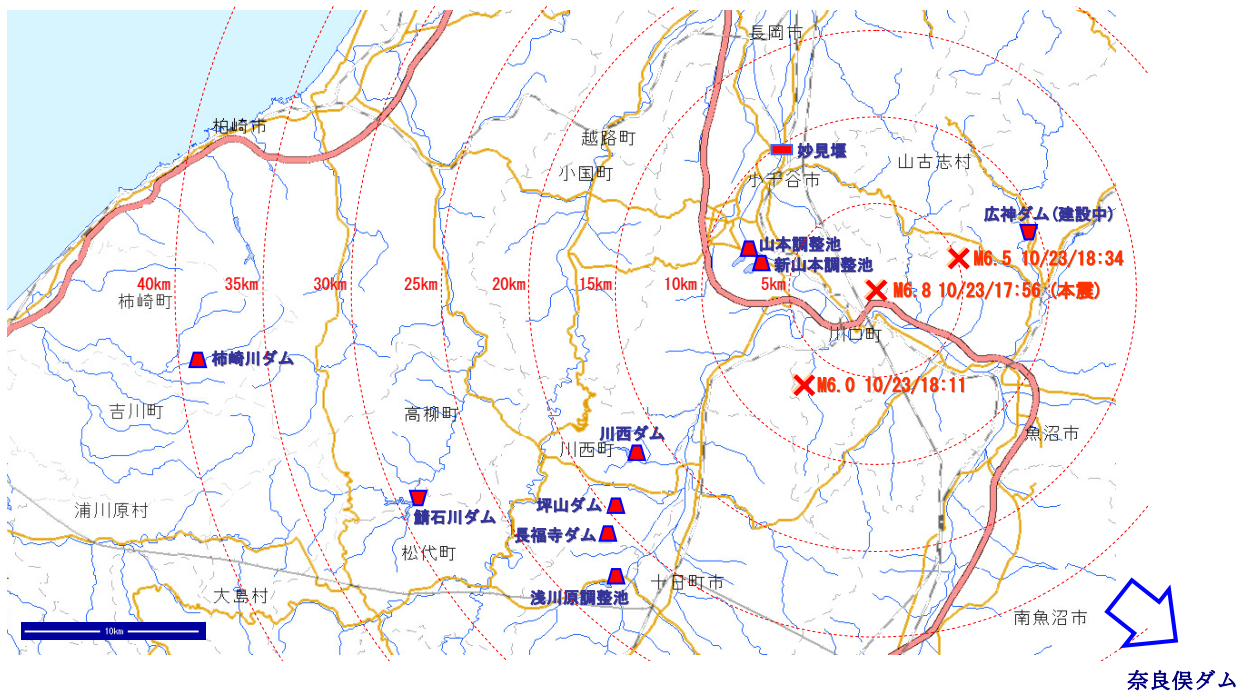


図 8.1 調査ダム等と震央の位置関係

(国土交通省国土地理院 電子国土ポータル (URL:<http://www.cyberjapan.jp/>)
掲載地図に加筆)

8. 3 調査結果および考察

8. 3. 1 調査結果

8. 3. 1. 1 発電用調整池

JR 東日本の信濃川発電所は、信濃川本川に築造された宮中取水ダムから取水した水を浅河原調整池、山本調整池、新山本調整池の3つの調整池に送り、そこからの導水で発電所内の発電機を回し、上越線や関東一円の列車運転等に電力を供給する施設である。信濃川発電所の主要施設配置を図 8.2 に示す。

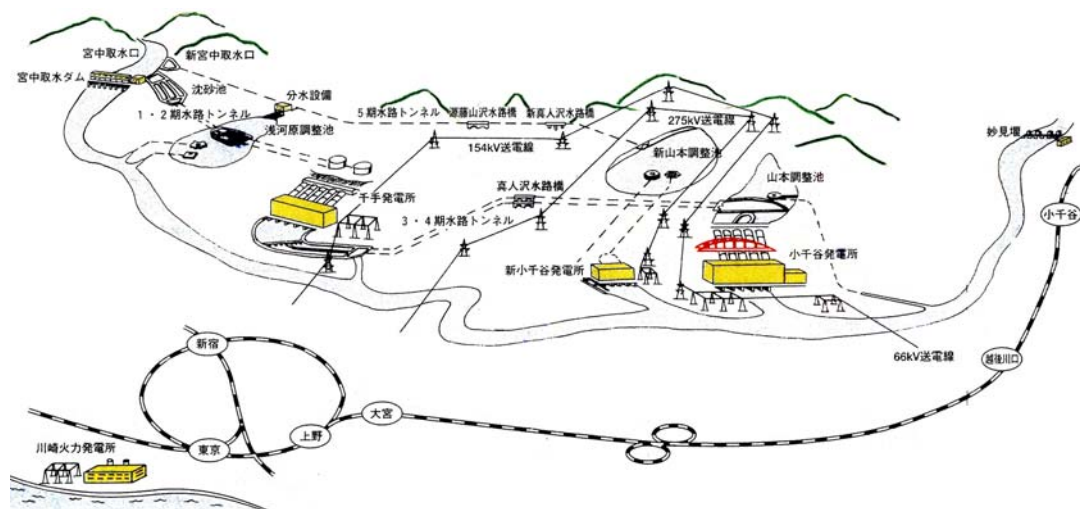


図 8.2 信濃川発電所の主要施設配置 (JR 東日本提供資料より)

（１）浅河原調整池

浅河原調整池の平面と標準断面を図 8.3 に示す。

なお、同調整池では天端において堤軸に平行な複数の亀裂が発生していた。亀裂は雁行しながらおおむね連続し、亀裂発生範囲は堤頂長 292m のほぼ全長に及ぶとともに、これらの亀裂により貯水池側が沈下する段差が生じており（写真 8.1、8.2 参照）、複数亀裂での段差累積は最大 70cm 程度、1 つの亀裂での最大開口幅は 40cm 程度であった。亀裂の段差や開口の規模は堤体中央部ほど大きく両岸に向かって小さくなっていた。

地震による堤体の変形については、管理者による測量の結果、天端最下流の亀裂より下流側は地震前に比べて、大きな沈下が発生しておらず、下流側の段差に応じた上流側への沈下が発生している可能性があるとのことであった。ただし、基準点が移動している可能性があることから、今後、詳細な確認が必要である。

上下流のり面とも、はらみだし、亀裂などの変状は見あたらなかったが、すでに捨石工部分まで貯水池堆砂が進行しているため、上流側の堆砂位標高以下の挙動は確認できない状況にあった。

なお、10 月 25 日の調査後、当面の対応として、降雨の亀裂への浸透に伴う変状の進行を防止するためブルーシートがかけられた（写真 8.3 参照）。

今後、調整池の管理者である JR 東日本により、亀裂の範囲や変状メカニズムについての調査、分析を行い、補修が行われるとのことである。

天端のダム軸に平行な亀裂は、1984 年の長野県西部地震における牧尾ダム²⁾や 2003 年十勝沖地震における高見ダム³⁾などにおいても見られたが、亀裂深度調査により、亀裂は表面の保護層内にとどまり、遮水ゾーンに至らないことを確認のうえ、保護層の復旧で補修を終えている。しかし、これらのダムの亀裂では、天端における上下流方向の強い振動応答による開口は見られたが、本堤で見られたような大きな段差は認められていない。さらに、最大 70cm にも及ぶずれが収まる亀裂長さを考えると、亀裂はかなり深い部分まで及んでいる可能性がある。詳細は、管理者の詳細調査結果を待たなければならないが、心壁の被害程度によってはかなり大幅な補修になる可能性も想定される。なお、現在、管理者により 3 調整池堤体の被害状況の詳細調査、補修設計のための委員会（「JR 東日本信濃川発電所復旧工事技術専門委員会調整池分科会」）が開催されている。

貯水池への導水中に、本地震が発生し、地震により導水は中止された。しかし、停電により即座にゲートを開くことができず導水トンネル内に残った水が貯水池に流れ込み、一時的に高い水位にまで貯水位が上昇したとのことである（写真 8.4 参照）。その後、発電機を持ち込んでゲートを開き排水を行い、約 1 日で貯水池を空虚とするとともに、被害の状況や貯水状況を踏まえ、周辺に速やかに避難依頼を行ったとのことである。これは、ダムにおける水位低下設備の設置と自家発電設備の設置の重要性を再認識させられる事例であると考えられる。

漏水については、地震による量の変化や濁りの発生はないとのことであるが、余震が頻繁に発生していたため、安全上継続的な漏水量観測は行われていない。

取水設備については、目視では大きな被害は認められない状況であった。

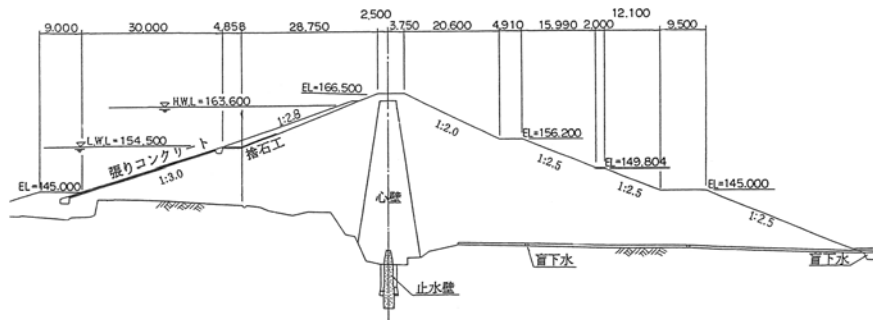


図 8.3 浅河原調整池の構造 (JR 東日本提供資料より)



写真 8.1 天端亀裂近景 (浅河原調整池)



写真 8.2 天端亀裂による段差 (浅河原調整池)



写真 8.3 天端亀裂のブルーシートによる保護 (浅河原調整池)



写真 8.4 地震後の水位上昇 (北陸地方整備局撮影) (浅河原調整池)

（２）新山本調整池

新山本調整池の平面と標準断面を図 8.4 に示す。

堤体天端の舗装アスファルトに、貯水池側から貯水池外側へ横断する亀裂が多数発生していた。亀裂の開口幅は大きいところで 2～3cm であった。堤体天端舗装の貯水池側の 2 箇所埋設計器ケーブル保護用 H 鋼が突出しており、その突出部の舗装との高低差が 30～40cm 程度ある。また、天端舗装面は明らかに貯水池側に傾斜している箇所があった（写真 8.5 参照）。堤体の貯水池外側の天端から 1m 程度下がった部分で亀裂が堤軸方向に平行に 100m 程度発達し、亀裂発生位置より上部が陥没したように見える箇所があった（写真 8.6 参照）。

貯水池側のり面のリップラップに段差が認められる変状箇所が存在し（写真 8.7 参照）、深さについては不明であるが、すべりが発生している可能性がある。また、リップラップの下位標高部では玉石の底面が上を向いている箇所があるほか、一部噴砂と見られる痕跡が確認された。

以上のことを総合すると、天端のうち最大沈下発生箇所である貯水池側（上流側）のり肩付近で、地震前よりも数十cmの沈下が発生したと推定される。また、天端付近の部分が上流側に倒れ込むような変形が発生している可能性がある。このような変形挙動は、遠心力載荷模型実験や有効応力法に基づく弾塑性解析を用いた、大規模地震による中央コア型ロックフィルダムの被害形態についての研究結果⁴⁾と合致するが、今後の管理者により実施される詳細な調査により、その全容が明らかにされと考えられる。

また、貯水池外側のり面の中腹部にはすべり頂部と思われる滑落部とすべり末端部と推測されるはらみだし部が認められる（写真 8.8 参照）。その規模は、貯水池側から堤体の横断方向に幅 5m×堤軸方向に幅数十m程度である。しかし、堤体のり尻の部分にある側溝には変位が認められないことから、このすべりは中腹部の比較的浅い範囲において発生したものと推測されるが、今後の詳細な調査が必要であると考えられる。

本貯水池堤体は、1990 年に完成した比較的新しい中央土質遮水壁型のロックフィル形式であるため、漏水（浸透）量の観測のほか、間隙水圧計、土圧計、層別沈下計などの埋設計計器、また天端に 4 箇所、下流のり先に 2 箇所の計 6 箇所に地震計が設置され、挙動観測が行われている。現在管理者によって鋭意進められている、漏水量や（外部）変位計測、さらには埋設計器の計測値などに基づく挙動分析が待たれる。さらに、被害箇所については、トレンチやボーリングによる調査などが行われ、被害の全容が明らかにされとともに、適切な補修が行われる予定である。

本震発生時点において、浅河原調整池と同様、貯水池への導水中で、地震により導水は中止されたが、停電により即座にゲートを開くことができず導水トンネル内に残った水が貯水池に流れ込み、一時的に高い水位にまで貯水位が上昇したとのことである。その後、発電機を持ち込んでゲート操作を行い、1 日程度で貯水池を空虚としたとのことである。

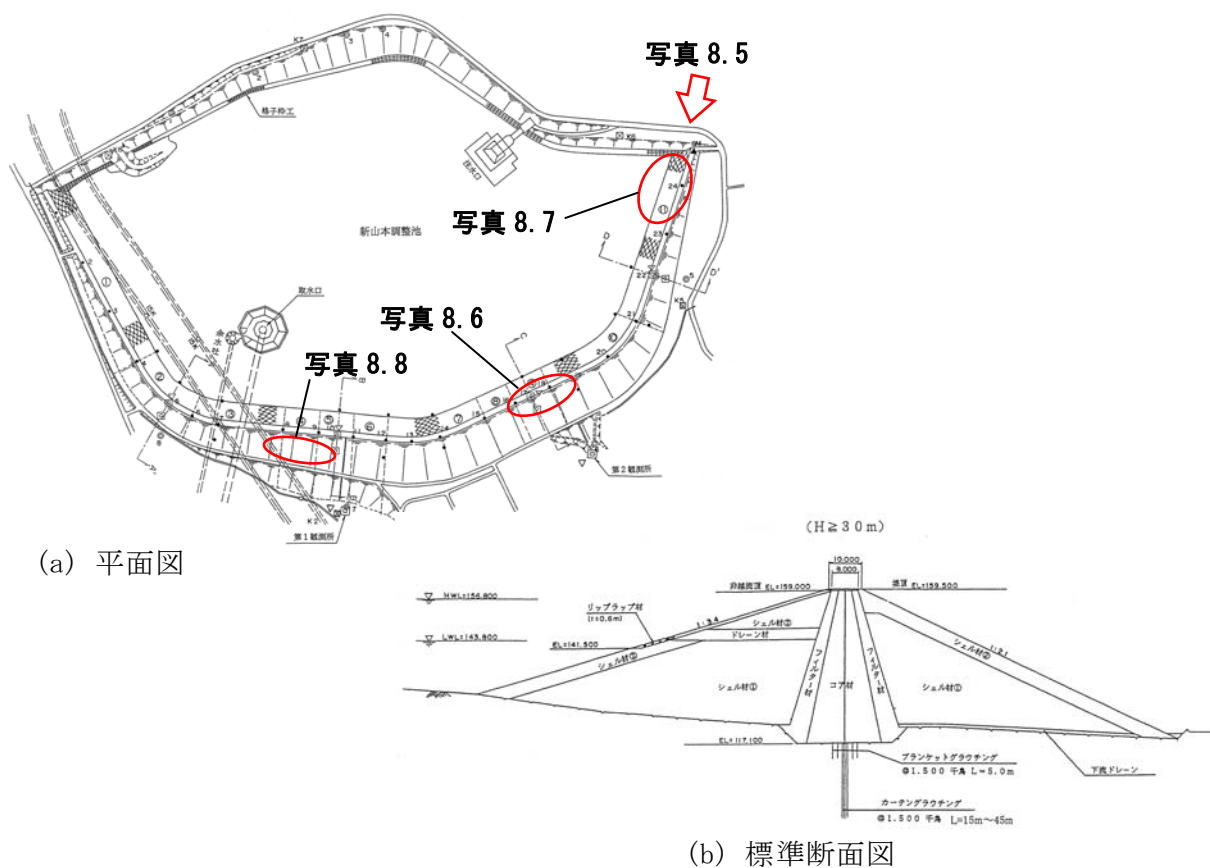


図 8.4 新山本調整池の構造（JR 東日本提供資料より）



写真 8.5 天端舗装面の傾斜（新山本調整池）



写真 8.6 貯水池外側のり面陥没および亀裂（新山本調整池）



写真 8.7 貯水池側のり面リップラップの段差（新山本調整池）



写真 8.8 貯水池外側のり面のはらみだし部（新山本調整池）

(3) 山本調整池

山本調整池の平面と堤体標準断面を図 8.5 に示す。

貯水池側のり面のリップラップに頂部で 50cm 程度の段差を伴うすべり変状が確認された(写真 8.9 参照)。その規模は、堤軸方向に幅 10m×堤体横断方向に幅 5m 程度である。

なお、集水槽(取水工)周辺の擁壁部の裏込め沈下が顕著であった(写真 8.10 参照)。この裏込め土と堤体の接合部付近の堤体天端に小規模な縦断亀裂が発生していた。

地震後の堤体の測量も行われており、他の調整池堤体と同じく、基準点の移動が予想されるため、詳細な位置出しは今後の作業を待たなければならないが、堤体が沈下していることが考えられる。

また、地震後、漏水に濁りが認められるとのことであるので再運用時には漏水について注視する必要がある。

本震発生時点において、他の調整池と同様、貯水池への導水中で、地震により導水は中止されたが、停電により即座にゲートを開くことができず導水トンネル内に残った水が貯水池に流れ込み、一時的に高い水位にまで貯水位が上昇したとのことである。その後、発電機を持ち込んでゲート操作を行い、1 日程度で貯水池を空虚としたとのことである。

ペinstockおよびその下流の斜面にすべりが生じていること、取水工周りの盛土が沈下していることなどから、管理者では今後直上の取水工に変状がないかを確認する予定とのことである。また、小千谷発電所への導水管や発電機については、導水管の 1 本から漏水が認められたことを除いて外見上の大きな被害を受けていないが、最終的には通水しての詳細な点検によるとのことである。

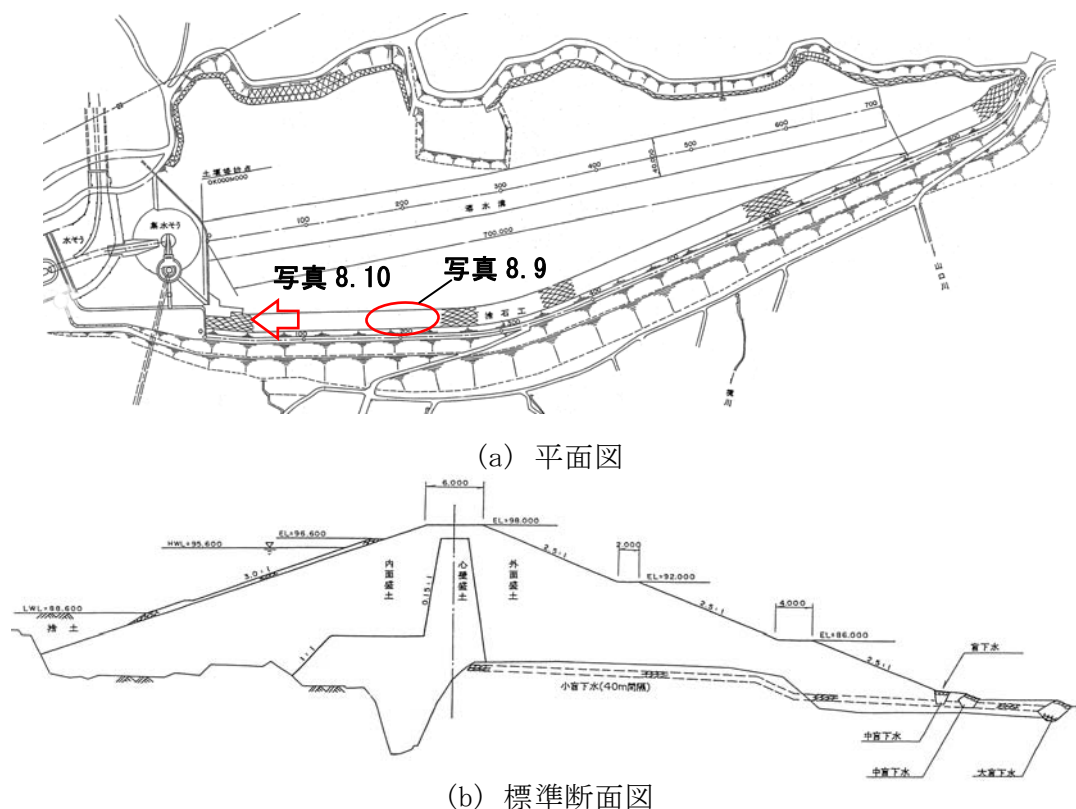


図 8.5 山本調整池の構造 (JR 東日本提供資料より)



写真 8.9 貯水池側のり面のすべり変状
(山本調整池)



写真 8.10 取水設備周辺の地盤変状
(山本調整池)

8. 3. 1. 2 農業用フィルダム⁵⁾

(1) 長福寺ダム

長福寺ダムの平面と堤体標準断面を図 8.6 に示す。

左右岸の地山取付け境界で上下流方向に横断する亀裂が発生していた。亀裂の開口幅は大きいところで 5cm であった(写真 8.11 参照)。天端亀裂の深さ等については開削調査が行われる予定である。

上下流のり面では、左岸側の洪水吐と上流側盛土の取付け部に段差が確認された。段差は約 7cm であった(写真 8.12 参照)。上流側のり面は張りブロックによって局所的な変状は見えにくかったが、目視上では大きな変状は認められなかった。

本震発生時点、貯水池は空虚であった。

漏水(浸透)量は、地震前には堤体部で 58.0ℓ/min、地山部で 2.4ℓ/min、地震直後(10月 23 日 18 時)には堤体部で 88.0ℓ/min、地山部で 2.4ℓ/min、地震から 2 時間後には堤体部で 125.9ℓ/min、地山部で 3.7ℓ/min、10 月 28 日 9 時には堤体部で 109.8ℓ/min、地山部で 1.9ℓ/min が観測されているが、その後は落ち着いており濁りもないとのことである。

なお、地震計は設置されていない。

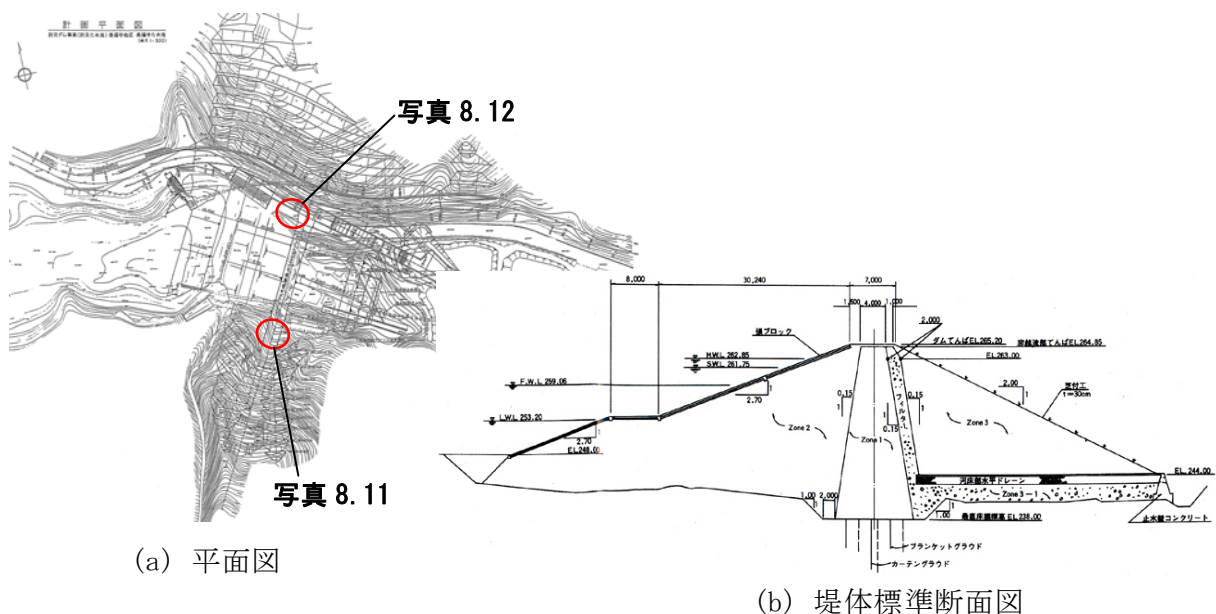


図 8.6 長福寺ダムの構造 (十日町地域振興局農業振興部提供資料より)



写真 8.11 天端の上下流方向に発生した亀裂
(長福寺ダム)



写真 8.12 洪水吐と張りブロック間の沈下
(長福寺ダム)

(2) 坪山ダム

坪山ダムの平面と堤体標準断面を図 8.7 に示す。

天端の舗装面に上下流方向に横断する亀裂が 5 本程度発生していた。

上下流のり面では、右岸側の洪水吐と盛土の取付け部で段差が確認された。段差は約 7cm 程度であった(写真 8.13 参照)。下流のり面では 3 カ所の変状(すべり、崩壊状の亀裂)が発生していた(写真 8.14 参照)。

本震発生時、貯水池は空虚であった。

漏水(浸透)量は、地震前には堤体部で 24.2ℓ/min、地山部で 0ℓ/min、地震直後(10 月 23 日 18 時)には堤体部で 21.7ℓ/min、地山部で 0ℓ/min、10 月 25 日 12 時には堤体部で 32.5ℓ/min、地山部で 0ℓ/min、同月 30 日 9 時には堤体部で 25.5ℓ/min、地山部で 0ℓ/min と、地震による変化がほとんどなく濁りもないとのことである。

なお、地震計は設置されていない。

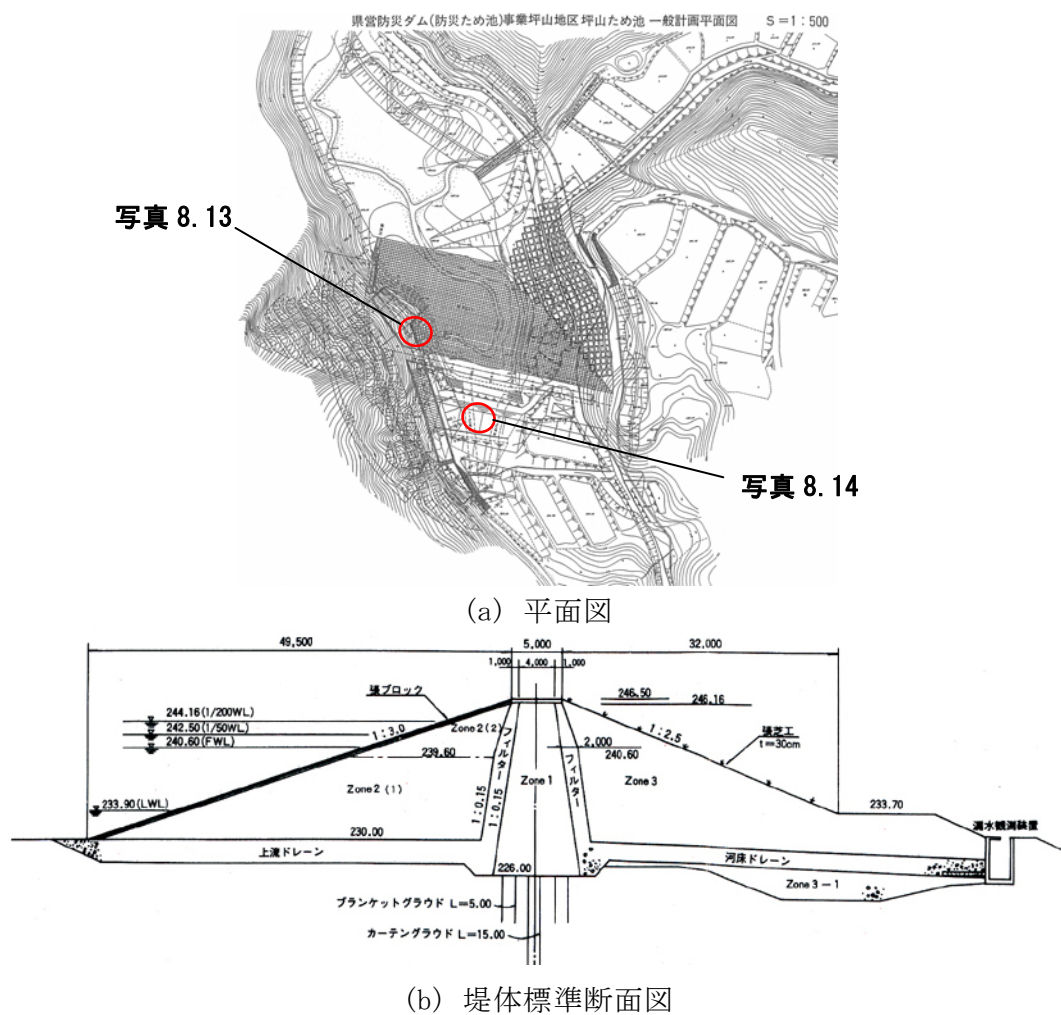


図 8.7 坪山ダムの構造（十日町地域振興局農業振興部提供資料より）

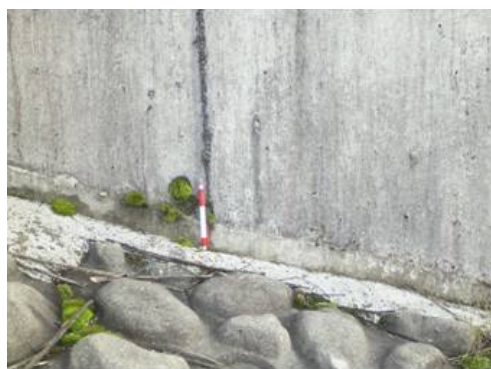


写真 8.13 洪水吐と張りブロック間の沈下
（坪山ダム）



写真 8.14 下流のり面の亀裂
（坪山ダム）

（３）川西ダム

川西ダムの平面と堤体標準断面を図 8.8 に示す。

天端舗装面の左右岸部に上下流方向に横断する亀裂が 4 本発生していた。測量の結果、天端で 31～276mm 沈下しているとのことであるが、基準点が移動している可能性があり、鉛直、水平方向の変位の検証が必要である。

上流のり面では左岸中位標高からのり尻にかけて変位（全体として沈下）が見られ、の

り先では上流側に水平移動している箇所が見受けられた。特に堤体左岸側の張りブロック部の変状（30cm 程度の陥没と段差）が顕著であった（写真 8.15、8.16 参照）。今後、ブロックを除去して内部の変状の調査が行われる予定である。

下流側では、洪水吐、放水路末端の側壁が 1 スパン分、打継ぎ目で上下の側壁が分離、崩壊している。また、管理棟が被災し、立ち入れない状況にあった。

漏水（浸透）は、地震後に濁りが確認されている。その後の調査で、放流水路に沿って設置してある導水管が損傷して、洪水吐からの漏水（浸透）が混入したことが判明したことから、地震後の正確な漏水（浸透）量のデータは現時点（H16.12 月 21 日）では得られない状況にある。

地震計は天端中央、左岸地山および下流法尻の 3 ヶ所に設置され、下流基礎で最大加速度 558gal を計測した。

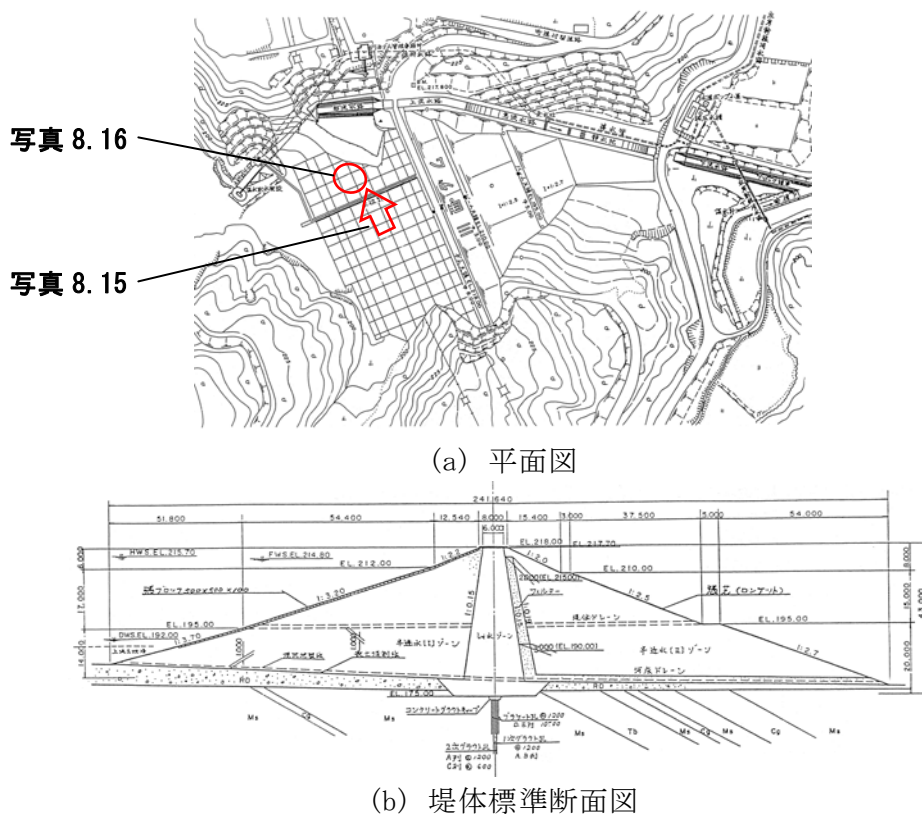


図 8.8 川西ダムの構造（十日町地域振興局農業振興部提供資料より）



写真 8.15 上流のり面の変状（川西ダム）



写真 8.16 上流のり尻から見た左岸上流のり面の変状（川西ダム）

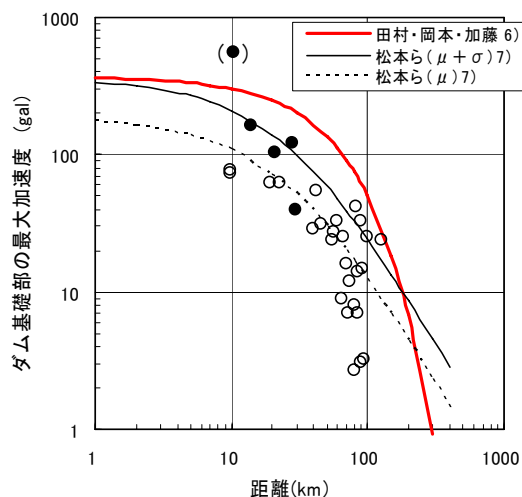
8. 3. 2 ダムで観測された地震動

(1) 最大加速度の距離減衰特性

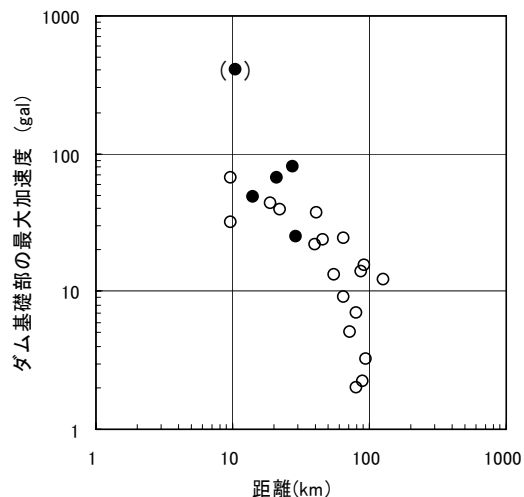
今回の地震（平成 16 年 10 月 23 日 17 時 56 分の本震）時において、ダムの基礎岩盤相当位置(以下「基礎部」)および天端に設置された地震計により観測された最大加速度値を、基礎部の水平方向成分で 50gal 以上記録したダムについて表 8.4 に示す。また、基礎部における最大加速度について、震央からダムサイトまでの距離との関係を水平方向成分（上下流方向とダム軸方向の大きい方の値）および鉛直方向成分についてそれぞれ整理した結果を図 8.9 に示す。

表 8.4 ダム基礎部及び天端で観測された最大加速度（本震、基礎部の水平方向成分で 50gal 以上）

ダム名	型式	管理者	本震 最大加速度(gal)					
			基礎部			天端		
			上下流	ダム軸	鉛直	上下流	ダム軸	鉛直
川西 ⁵⁾	アースフィルダム	新潟県(農地部)	558	444	406	582	518	430
城川	重力式コンクリートダム	新潟県(土木部)	162	92	48	182	110	74
下条川	重力式コンクリートダム	新潟県(土木部)	120	101	80	215	118	66
鯖石川	重力式コンクリートダム	新潟県(土木部)	105	85	67	131	189	81
刈谷田川	重力式コンクリートダム	新潟県(土木部)	62	78	66	455	404	107
三国川	ロックフィルダム	北陸地方整備局	46	74	32	146	164	112
笠堀	重力式コンクリートダム	新潟県(土木部)	56	62	39	448	261	235
大谷	ロックフィルダム	新潟県(土木部)	62	53	44	195	205	140
矢木沢	アーチ式コンクリートダム	水資源機構	55	46	37	425	97	119



(a) 水平方向成分



(b) 鉛直方向成分

図 8.9 最大加速度と震央距離の関係（本震、ダム基礎部）

注）（●）は堤体下流法尻の地盤における観測値⁵⁾

なお、図中、水平方向成分については、今回の地震に対し、地震動の距離減衰特性に関する田村・岡本・加藤による推定式⁶⁾、および松本らによる推定式⁷⁾（最大加速度の平均値（ μ ）および平均値＋標準偏差（ σ ）に相当するもの）を適用した場合の推定値についてもあわせて示している。ただし、図の横軸（距離）に関し、前者は震央距離、後者は断層面との最短距離（断層面が不明の場合は震源との距離）に基づく推定式である。ここでは観測データとともに今回の地震の推定断層面⁸⁾との最短距離により整理している。

図 8.9 より、観測データは既往の推定式による推定結果によりほぼ包絡されるものとなっている。ただし、震源近傍では推定式を上回る観測値が得られているダムもある。これは、今回の地震が逆断層型の地震であったことが理由の一つとして考えられる。そこで図 8.9 には、観測データのうち、震源近傍（震源断層面から最短距離が 50km 以内）でかつ断層面の上盤側もしくは断層の延長線上付近に位置したと見られるダムのデータを●で、それ以外のデータを○で表示している。

これによると、震源近傍では、特に上盤側もしくは断層の延長線上に位置したダムの方がそれ以外のダムよりも大きな加速度値が得られていることが理解される。今回のような逆断層型の地震では、サイトでの地震動の強さは、震源からの距離だけでなく震源断層との位置関係にも左右されるものと考えられる。

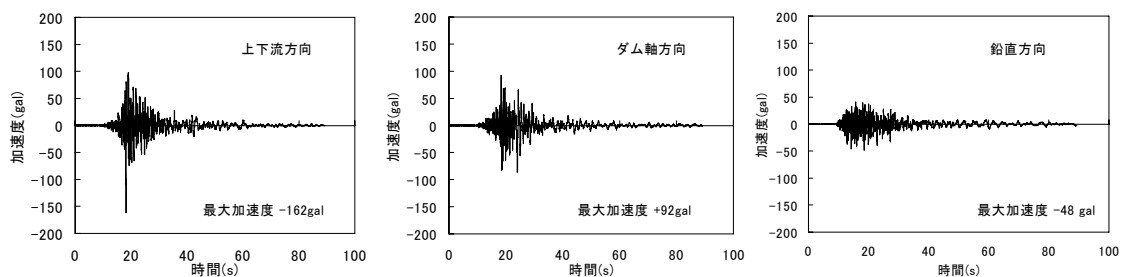
（２）加速度時刻歴波形

本震時に大きな地震動記録が得られたダムのうち、城川ダム（震源断層面までの距離約 14km）、下条川（げじょうかわ）ダム（同約 28km）および鯖石川ダム（同約 21km）の基礎部における加速度時刻歴波形（本震時）を図 8.10 に示す。なお、今回の地震では、ダムによっては本震時より余震時の方が大きな加速度記録が得られたことも特徴的であった。城川ダムおよび鯖石川ダムでは、最大余震時（10 月 23 日 18 時 34 分）に本震時より大きな最大加速度値が得られたため、最大余震時の加速度時刻歴波形を図 8.11 に示す。

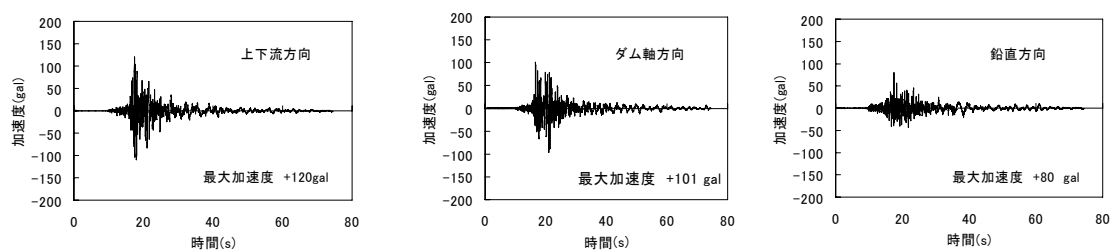
なお、震源断層との位置関係としては、城川ダムおよび鯖石川ダムは上盤側、下条川ダムはほぼ延長方向に位置する。

（３）加速度応答スペクトル

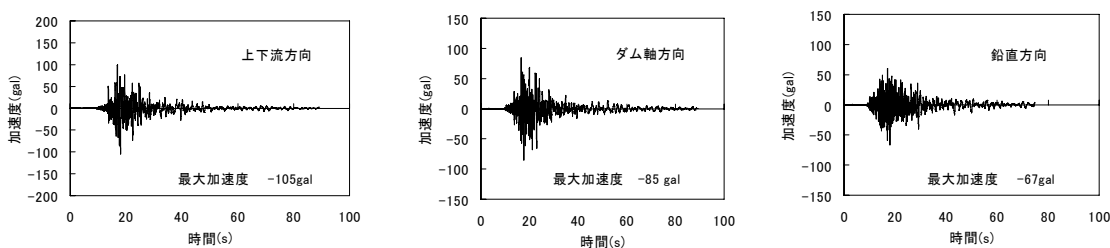
図 8.10 および図 8.11 に示した加速度時刻歴波形から求めた地震動の加速度応答スペクトルを図 8.12 に示す。なお同図中には、比較のため平成 7 年兵庫県南部地震時⁹⁾および平成 15 年十勝沖地震時³⁾に震源近傍のダムの基礎部で得られた地震動の加速度応答スペクトルについても示している。



(a) 城川ダム

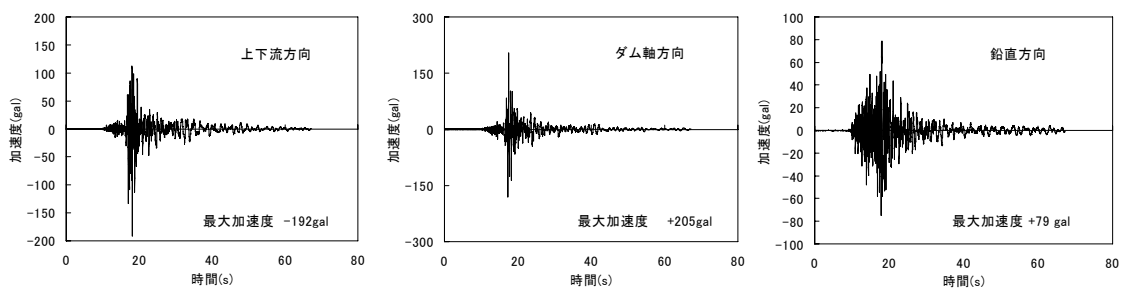


(b) 下条川ダム

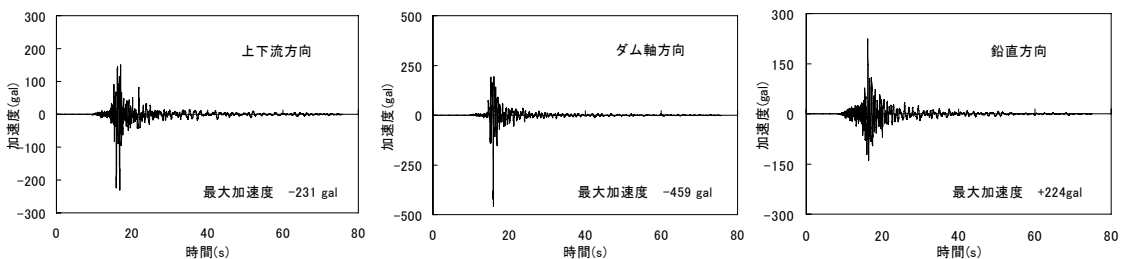


(c) 鯖石川ダム

図 8.10 加速度時刻歴波形（本震、ダム基礎部）



(a) 城川ダム



(b) 鯖石川ダム

図 8.11 加速度時刻歴波形（最大余震、ダム基礎部）

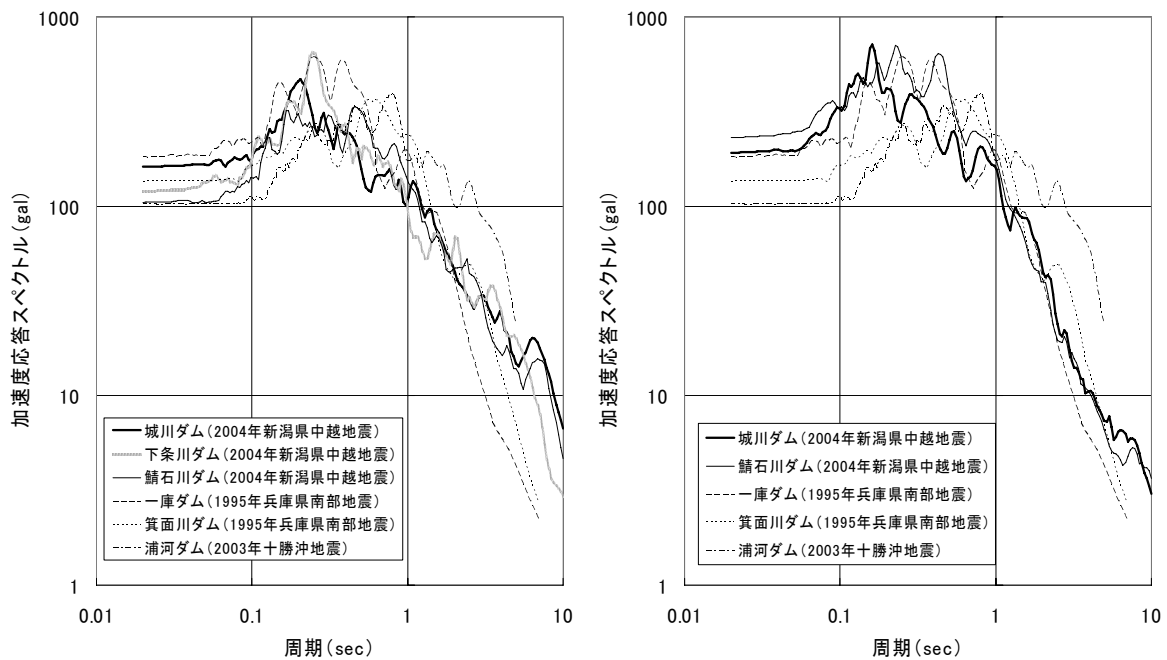


図 8.12 加速度応答スペクトル（上下流方向成分に対するもの、減衰定数 5%）

8. 4 まとめ

今回の地震の震源近くでは、ダム、あるいは調整池を形成するダムに構造が類似する堤体としては比較的大きな地震時被害が発生した。残念ながら、被害を受けたダム等のほとんどで地震の観測記録が得られていないが、川西ダムの記録から推定されるように、震源近傍の上盤に位置するダムでは、かなりの地震動を受けたと思われる、それが被害の実態に結びついていると考えられる。今後、各ダム管理者により、ダム変状・被害の詳細について調査が行われ、その結果に基づいて、復旧方法が検討されることとなるが、それらを通し、レベル2地震動のような大きな地震動に対するダムの耐震性について貴重な知見が得られることが期待される。被害を受けた施設では、地震時に貯水池がほぼ空虚状態であったり、あるいは貯水位を速やかに低下させたため、貯水をしている状態での堤体からの漏水（浸透）に関する情報が少ない。そのため、それらの施設における運用再開に際しては、修復箇所の状態や堤体変形などとともに、漏水の挙動について十分に注視していく必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局防災課災害対策室：国土交通省災害情報「平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震（第 30 報）」,2004.11.26.
- 2) Norihisa Matsumoto, Nario Yasuda. and Minori Shiga : The Western Nagano Prefecture Earthquake, 1984 and Dams, Public Works Research Institute, Ministry of Construction, May 1985.
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所、独立行政法人 港湾空港技術研究所：「平成 15 年十勝沖地震被害に係わる現地調査

報告書」 8.ダムの被害状況, pp.56-68, 2004.3.

- 4) 岩下友也：ロックフィルダムの遠心模型振動実験とその動的弾塑性有効応力解析, ダム技術, No.184, pp32-42, 2002.1.
- 5) 新潟県中越地震ダム工学会災害調査団：新潟県中越地震に関するダム工学会災害調査団調査速報, 「2004 年 11 月 26 日 ダム工学会研究発表会追加講演資料」, 2004.11.
- 6) 田村重四郎、岡本舜三、加藤勝行：岩盤地帯地震動の最大加速度について, 第 15 回地震工学研究発表会講演概要, pp.181-184, 1979.7.
- 7) 松本徳久、吉田 等、佐々木隆、安中正：ダムサイトでの地震動の応答スペクトル(ICOLD 第 21 回大会提出課題論文) ,大ダム, 第 46 巻, 第 186 号, pp.69-86, 2004.1.
- 8) 国土地理院：平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震に伴う地殻変動（第 3 報）, 2004.10.
- 9) 建設省土木研究所：平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震災害調査報告, 土木研究所報告第 196 号, pp.337-339, 1996.3.

9. 道路施設

9.1 道路橋

9.1.1 道路橋の地震被害

道路橋の被害状況および振動性状の把握ならびに復旧支援を目的として、10月26日から11月23日にかけて3回にわたり、長岡市及び小千谷市を中心とした周辺地域の国道8号、17号、117号等の主要幹線道路、関越自動車道、県道等にかかる橋梁の調査を行った。調査を行った橋梁の諸元、被害状況ならびに位置を表9.1.1及び図9.1.1に示す。

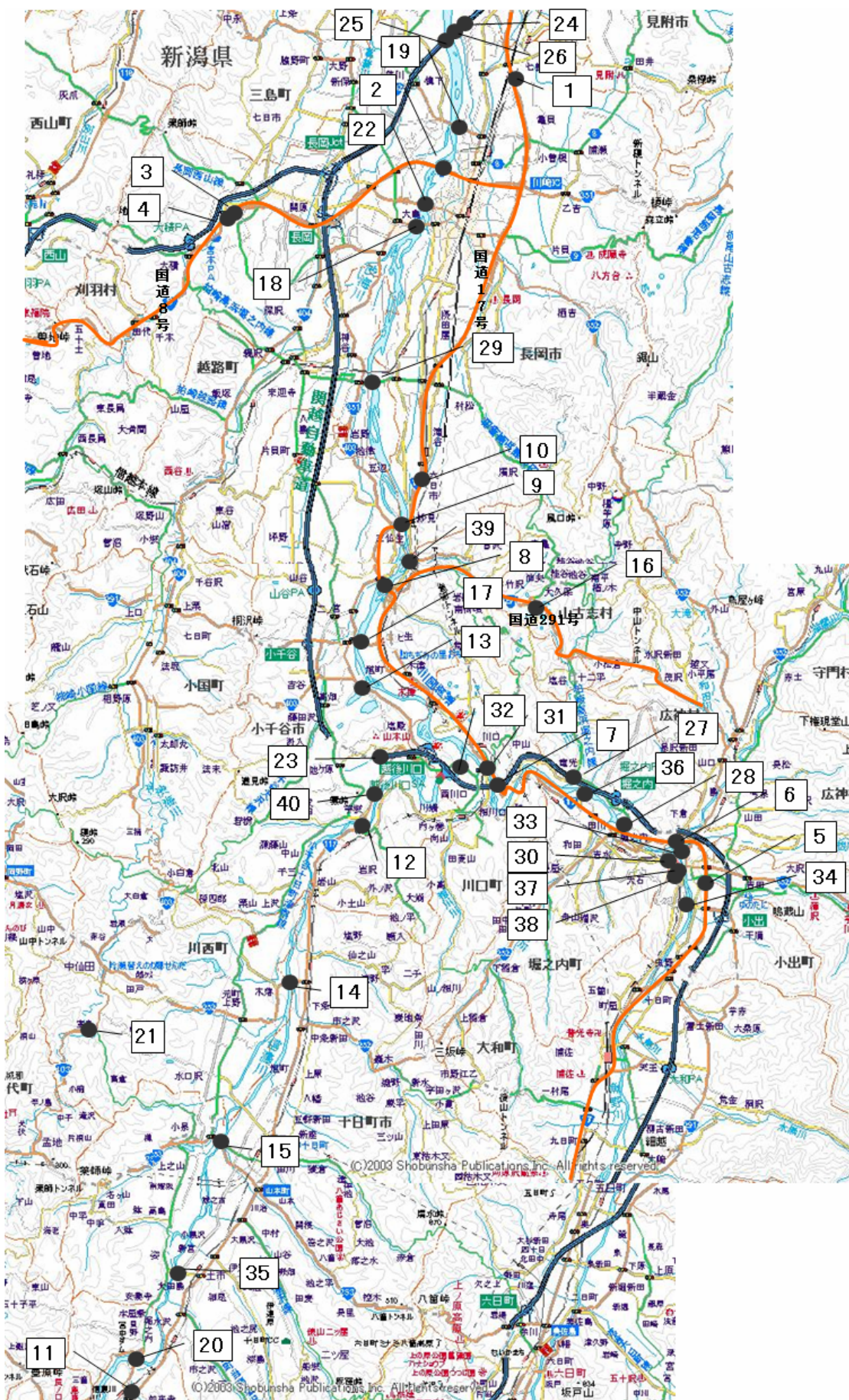
表 9.1.1(1) 調査橋梁一覧

NO	橋梁名	路線	竣工年	橋長(m)	橋梁形式(上部)	橋梁形式(下部)	損傷の概要(注1)
1	新組跨線橋 (下り線)	国道8号	1989	170.0	②径間単純+3径間連続+2径間単純鋼鈑桁	RC(円形)	橋脚かぶりコンクリート剥落及び水平・せん断ひびわれ・軸方向鉄筋座屈(P5柱頭部段落とし部)、橋脚水平・せん断ひびわれ(P5を除く橋脚)、支承上変位制限ストッパー部変形・破断
2	長岡大橋	国道8号	1970	1078.2	(4+3+3)径間連続鋼箱桁+(3+3)径間連続鋼鈑桁	RC(小判)	支承カバープレート及びサイドブロック変形、主桁ウェブ変形
3	宮本橋	国道8号	1971	40.2	単純鋼鈑桁	両端橋台	橋台背面土沈下、橋台ウイングひびわれ
4	観音橋側道橋	国道8号	2002	29.0	単純PC鈑桁	両端橋台	橋台背面土沈下、橋台バラベツトひびわれ
5	新佐梨橋	国道17号	1962	83.0	3径間単純鋼鈑桁	RC(小判)	損傷なし
6	堀之内橋	国道17号	1964	218.0	(2+3)径間連続鋼箱桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、橋脚水平ひびわれ、支承サイドブロック変形、脱落、支承ビンの水平方向へのずれ、ピンカバー脱落
7	和南津橋	国道17号	1954	189.7	7径間鋼ゲルバー鈑桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、橋台バラベツトひびわれ 橋台上主桁破損、添架物破損、橋台上の桁の沈下、ゲルバー部桁間連結プレートボルト脱落(主として腐食による)
8	小千谷大橋	国道17号	1982	584.9	単純鋼鈑桁+(4+3)径間連続鋼箱桁	RC(円形)	橋脚かぶりコンクリート剥落、水平、斜めひびわれ、軸方向鉄筋座屈(P2、柱梁境界部)、橋脚水平・斜めひびわれ(P4、P6、P7上流側)、箱桁下フランジ座屈、支点上垂直補剛材の座屈・破断(P3、固定支承)、可動支承上変位制限ストッパー部およびサイドブロック破損
9	越の大橋	国道17号	1998	519.4	2径間連続鋼箱桁+(3+3+2)径間連続鋼鈑桁	RC(小判) RC水門からの張出	橋台背面土沈下、橋脚に鉛直方向の貫通ひびわれ、支承セットボルト及びサイドブロック破損、支点上垂直補剛材座屈
10	十日町高架橋 (上下線)	国道17号	上り 1978 下り 1995	534.8	(4+4)径間連続RC中空床版桁+(3+3)径間連続鋼鈑桁+(6+6)径間連続RC中空床版桁	RC(角柱)	ゴム支承残留変形、アンカーバー変形、対傾構・下横構の変形
11	清津大橋	国道117号	1996	519.0	PC単純鈑桁+多径間連続鋼鈑桁(耐候性鋼材)	RC(小判)	損傷なし
12	魚沼橋	国道117号	1965	205.6	3径間単純鋼鈑桁+ランガー	RC(小判)	橋台背面土沈下、橋台背面路肩崩落、側道橋部と車道橋部の衝突による車道部地覆コンクリート剥落、アンカーボルト若干引き抜け及び沓座モルタルわれ(ランガー固定支承部)、ソールプレート剥がれ(ランガー可動支承部)
13	山辺橋	国道117号	1987	222.0	単純鋼鈑桁+ローゼ+単純鋼箱桁+単純鋼鈑桁	RC(壁、一層ラーメン(矩形)+耐震壁、二層ラーメン(円柱)、一層ラーメン(円柱))	橋台背面土沈下、かぶりコンクリート剥落・軸方向鉄筋座屈(P1)、ラーメン梁部縦ひびわれ及びラーメン円柱(短柱)斜めひびわれ(P3)、中間梁ひびわれ及びラーメン円柱2基水平・斜めひびわれ(P4)、支承上変位制限ストッパー部破断、深礎杭鉄筋引張破断及び橋台躯体傾斜、側道橋橋座コンクリートの破壊(両橋台)
14	栄橋	国道252号	1964	403.0	多径間RC鈑桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、RC高欄・地覆・親柱破損
15	十日町橋	国道253号	1967	476.3	4径間単純鋼鈑桁+10径間RCゲルバー鈑桁(ゲルバー部剛結)	RC(小判)	橋台背面土沈下、桁下部と橋脚の接触による桁コンクリート破損、橋軸直角方向の変位制限構造(コンクリートブロック)脱落
16	錦鯉橋	国道291号	1990	19.7	プレテンPCスラブ桁	両端橋台	橋台背面土沈下、橋台傾斜、ひびわれ
17	旭橋	国道291号	1959	350.5	14径間単純鋼ゲルバー鈑桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、橋脚2基水平ひびわれ
18	長生橋	国道351号	1937	851.7	ゲルバートラス(下路)	RCラーメン	橋台背面土沈下

表 9.1.1(2) 調査橋梁一覧

19	蔵王橋	国道352号	1994	808.0	多連4径間連続箱桁	RC(小判)	損傷なし
20	宮中橋	国道353号	1976	261.7	多連鋼板桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、沓座モルタル破損及びアンカーボルト露出・引抜け(左岸橋台固定支承部)、中央桁下フランジ変形(右岸橋台)、支承上沓変位制限ストッパー 部変形
21	室島橋	国道403号	1959	42.0	曲弦トラス	両端橋台	損傷なし
22	大手大橋	国道404号	1985	878.3	多連3径間連続箱桁橋	RC(小判)	橋脚コンクリート剥落
23	塩殿橋	関越自動車道	1981	181.0	鋼単純板桁+ 2径間連続上格トラス	RC(壁)	支承の変形、橋脚掛け違い部における水平ひびわれ
24	高見橋	関越自動車道	1978	上り97.2 下り69.0	上り:3径間連続板桁 下り:2径間連続板桁	RC(円形)	損傷なし
25	信濃川橋	関越自動車道	1975	963.0	鋼連続箱桁	RC(小判)	損傷なし
26	天神高架橋	関越自動車道	1978	278.7	鋼単純板桁	RC(壁)	損傷なし
27	芋川橋	関越自動車道	1982	上り271.0 下り295.0	3径間連続PC箱桁	RC(角柱)	下り線橋脚1基斜めひびわれ、桁の衝突による橋台ひびわれ、支承部損傷
28	根小屋橋	県道23号 (主)柏崎高浜堀之内線	1956	200.0	4径間単純鋼板桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、橋脚水平ひびわれ、橋台前面ひびわれ、支承上沓変位制限ストッパー部破断(右岸橋台固定支承部)
29	越路橋	県道23号 (主)柏崎高浜堀之内線	1998	596.0	7径間連続鋼箱桁	RC(壁)	橋台背面土沈下、橋脚水平ひびわれ
30	小出橋	県道47号 (主)小出停車場線	1975	270.6	多連単純板桁	鋼製(円形)	損傷なし
31	川口橋	県道71号 (主)小千谷川口大和線	1954	211.0	9径間RCゲルバー桁	RCラーメン(円形)	橋台背面土沈下、左岸側橋脚1基柱頭部付近水平ひびわれ、右岸側橋脚柱部(下流側)及び柱頭部(上流側)水平ひびわれ、桁側面のコンクリート剥離
32	西倉橋	県道83号 (主)川口塩殿線	1974	310.0	(3+3)径間連続鋼板桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、桁間ジョイント部段差(最大45mm)、支承ローラー抜け出し・ボルト破断、支点上垂直補剛材座屈
33	四日町橋	県道458号 (一)下倉小出線	1985	139.4	鋼連続板桁	RC(小判)	損傷なし
34	青島大橋	県道232号 (主)浦佐小出線	1989	222.2	鋼連続板桁	RC(小判)	損傷なし
35	姿大橋	県道285号 (一)姿土市停車場線	1967	183.7	4径間単純鋼板桁	RC(円形)	損傷なし
36	宇賀地橋	県道333号 (一)中山竜光堀之内線	1990	236.6	(3+2)径間連続鋼板桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、右岸側橋台ウイング部ひびわれ、左岸側橋台パラベット基部コンクリート剥落、支承上沓変位制限ストッパー部破断(右岸側橋台可動支承部)、支承上沓変位制限ストッパー 部変形(左岸側橋台可動支承部上流側)
37	新柳生橋	県道532号 (一)五箇小出線	1984	215.8	鋼連続板桁	RC(小判)	損傷なし
38	青島跨線橋	県道532号 (一)五箇小出線	1984	81.4	鋼単純板桁	RC(小判)	損傷なし
39	浦柄橋(旧橋)	県道589号(旧道) (一)小千谷長岡線	不明	不明	RCラーメン	RCラーメン(3柱2層)	橋脚せん断ひびわれ
40	川井大橋	小千谷市道	1994	307.0	4径間連続鋼箱桁	RC(円形)	橋台背面土沈下、落橋防止装置と取り付けウェプ座屈

(注1) 損傷の概要は、今回の調査で確認したものであり、また対象橋梁すべてを詳細に調査したものではない。



9.1.2 道路橋の被害状況

(1) 新組跨線橋（下り線）

新組跨線橋の下り線は、1989年に竣工したJR信越本線を跨ぐ国道8号の橋である（写真9.1.1）。上部構造は2径間単純+3径間連続+2径間単純鋼鈑桁、下部構造は円柱RC橋脚で杭基礎により支持されており、支承はBP支承である。上り線は1981年に竣工しており、ほぼ同じ構造である。上り線は鋼板巻立てによる耐震補強が実施されているが（写真9.1.2）、下り線は耐震補強されていなかった。

地震により、下り線（柏崎方面）のP5橋脚の軸方向鉄筋(D32)の段落し位置でかぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋のはらみだし、帯鉄筋(D16、150mm間隔で配筋)の重ね継手のはずれが生じた（写真9.1.3、9.1.4）。また、P6橋脚でも斜めひびわれとかぶりコンクリートのうきが確認された。その他の橋脚では、橋脚柱上部に水平及び斜めひびわれが生じていた。さらに下り線A2橋台上におけるBP支承5基の上沓の変位制限ストッパー部に破損が確認された。特に両外桁のストッパーの変形が著しく、一部破断も確認された。

橋脚については、地震後10月26日から断面修復（写真9.1.5）ならびに炭素繊維シート巻立て（P5及びP6橋脚）ならびにひびわれへの樹脂注入（P5、P6橋脚以外）による応急復旧が行われた（写真9.1.6、9.1.7）。



写真 9.1.1 新組跨線橋（手前が下り線）



写真 9.1.2 上り線橋脚の鋼板巻立て補強



写真 9.1.3 P5橋脚の断面損傷状況



写真 9.1.4 P5橋脚の断面損傷状況（拡大）



写真 9.1.5 モルタルによる断面修復後の状況 (P5 橋脚。この後に炭素繊維シートを巻立てる。)



写真 9.1.6 炭素繊維シート巻立てによる応急復旧状況 (P6 橋脚)

(2) 小千谷大橋・小千谷ランプ橋 (ひ生 IC)

国道 17 号小千谷大橋は、1982 年に竣工した信濃川を渡河する橋梁である (写真 9.1.7)。上部構造は、起点側 (右岸側) から 4 径間と 3 径間の連続鋼箱桁、下部構造は円形 RC 橋脚、支承部はピン・ローラー支承である。なお、右岸側には側径間が 1 径間あり全 8 径間となる。このうち、4 径間連続桁の固定部にあたる P2 橋脚の柱部と横梁部の境界付近において、かぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋のはらみだし、帯鉄筋の重ね継手のはずれ、斜めひびわれが生じた (写真 9.1.8～写真 9.1.10)。可動支承のみを有する橋脚のうち、P4、P6 及び P7 橋脚の上流方向に水平及び斜めひびわれが生じた (写真 9.1.11)。この他に、支承部の上沓の変位制限ストッパー部やサイドブロック等の損傷 (写真 9.1.12、9.1.13)、3 径間連続桁固定支承部の箱桁下フランジの変形、支承上補剛材の局部座屈・亀裂が生じた (写真 9.1.14、9.1.15)。10 月 26 日から、P2 橋脚では断面修復ならびに炭素繊維シート巻立てによる応急復旧が行われた (写真 9.1.16)。

また、右岸側の小千谷ランプ橋においては支承のサイドブロックの損傷が見られた。



写真 9.1.7 小千谷大橋 (手前が起点側)



写真 9.1.8 P2 橋脚の損傷状況



写真 9.1.9 P2 橋脚の損傷状況（拡大：P1側）



写真 9.1.10 P2 橋脚の損傷状況（拡大：上流側）



写真 9.1.11 橋脚に生じたひびわれ(P6 橋脚)

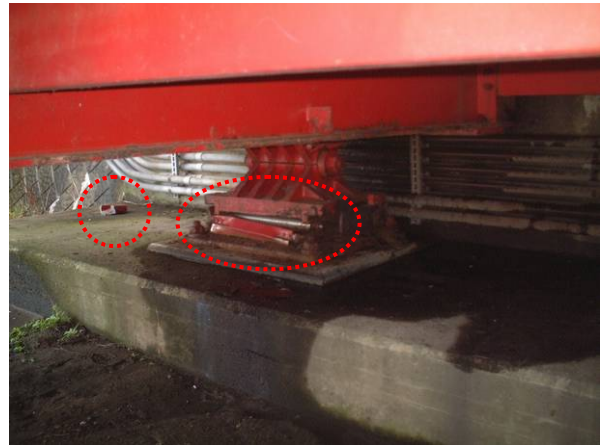


写真 9.1.12 可動支承の損傷状況 (A2 橋台)

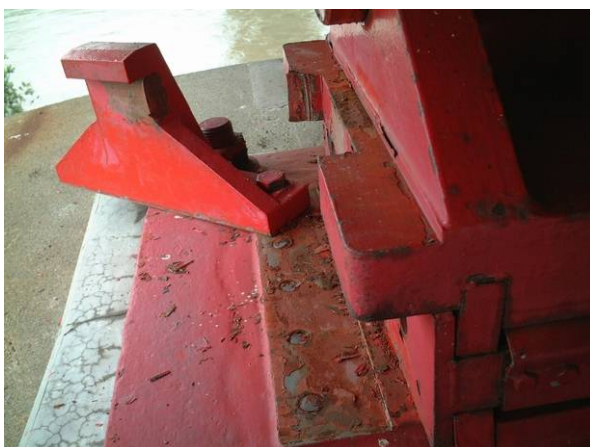


写真 9.1.13 支承サイドブロックの損傷(P6 橋脚上)



写真 9.1.14 箱桁下フランジの変形(P5 橋脚上)



写真 9.1.15 支承上補剛材端部の亀裂・破断
(P4 橋脚上)



写真 9.1.16 P2 橋脚の炭素繊維シート
巻立てによる応急復旧状況

(3) 山辺橋

山辺橋は、1986 年に竣工した、JR 信濃川発電所の導水管を跨ぐ国道 117 号の橋である。上部構造は、起点側（十日町側）から、単純鋼鈑桁、鋼ローゼ桁、単純鋼箱桁、2 径間単純鋼鈑桁の全 5 径間である。下部構造は、起点側から、RC 壁式橋脚 (P1)、耐震壁付き RC1 層ラーメン橋脚 (P2)、RC2 層円柱ラーメン橋脚 (P3)、RC1 層円柱ラーメン橋脚 (P4) からなり、橋台を含めて全て深礎杭で支持されている。支承部は、単純桁部が BP 支承、ローゼ桁部がピン・ローラー支承である。地震当時は、鈑桁部と橋台部で上部構造一下部構造を結ぶ落橋防止ケーブルの取り付け工事中であり、ローゼ桁部一橋脚間のみ完成している状態であった。また、ローゼ桁部には段差防止構造も設置されていた（写真 9.1.17、図 9.1.2）。

ローゼ桁固定側（単純桁側は可動）の P1 橋脚において、かぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋のはらみだし、帯鉄筋の重ね継手のはずれが生じた（写真 9.1.18）。損傷の程度は A1 橋台側の面の方が大きく、P2 側はかぶりコンクリートが剥離している状態であった（写真 9.1.19）。これらの損傷位置は、壁式橋脚の山側半分ほどの基部にあたり、断面の剛性が急変しているところである。また、この橋脚のフーチング下面では深礎杭の頭部が露出していたが、これは周辺の斜面や擁壁部が沈下したためと考えられる。ローゼ桁可動側の P2 橋脚についても基礎周辺は同様な状況であったが、橋脚自体に損傷は見られなかった（写真 9.1.20）。

P3 橋脚（写真 9.1.21）では、山側の柱部の上部に位置する梁部に縦ひびわれが生じた。このひびわれは、この柱の谷側からかぶりコンクリートの厚さ分内側の位置付近を起点に上方に延びており、梁上端付近で山側に曲がるように生じていた（写真 9.1.22）。さらに、山側の短柱では柱の中間付近に斜面に沿う方向にせん断ひびわれが生じていた（写真 9.1.23）。また、斜面に沿って設置されている中間梁についても、山側の柱基部付近から谷方向にひびわれが生じていた。谷側では深礎杭の頭部が露出していた。

P4 橋脚では、山側の短柱の基部付近から柱高さの半分程度あたり水平および斜めひびわれが生じており、深礎杭の頭部が露出していた（写真 9.1.24）。さらに、谷側の長柱では、柱基部付近で水平ひびわれが発生した。P3 橋脚と異なり、梁部には損傷は見られなかった。

A1 橋台は、橋台背面盛土の沈下その他、固定支承の上柵の変位制限ストッパー一部が破断し、

桁の下フランジがパラペットに衝突してジョイント部の遊間も無くなっていたが（上フランジ側は逆に遊間が広がっていた）、橋台躯体には衝突痕が残る程度で損傷がなかった。また、橋台基礎周辺地盤が沈下し、橋台躯体部と深礎杭間の鉄筋が破断しているのが確認された（写真 9.1.25）。これら 2 点をあわせると、橋台が足下をすくわれる形で前面に押し出され、傾斜したものと考えられる（図 9.1.2 の右の図）。

A2 橋台は、橋台背面盛土が 1m 程度沈下した他（写真 9.1.26）、固定支承の上沓の変位制限ストッパー部が破断していたが、こちらも橋台躯体には損傷は見られなかった。また、橋台周辺地盤の沈下により深礎杭の頭部が露出していたが、A1 橋台のような鉄筋の破断は確認できなかった。

各ジョイント部における山側と谷側の遊間量を計測し、道路線形の設計時に対する地震後の状態を推定した（図 9.1.3）。P1、P2、P3 橋脚部では、山側の遊間量は谷側に比べ大きく、P4、A2 ではその逆となっていた。この傾向は、各可動支承の移動状況と整合していた。このことから、ローゼ桁（P1～P2 間）の線形を不動と仮定した場合、設計に比べ全体的に谷側に道路線形が振れていることになる。

山側にある旧山辺橋（1949 年竣工、RC 鈑桁橋）は、橋台背面盛土は 1m 程度沈下していた（写真 9.1.27）。また、橋脚上では 2～3 cm 程度の路面段差が生じていた。



写真 9.1.17 山辺橋（右が小千谷方向）

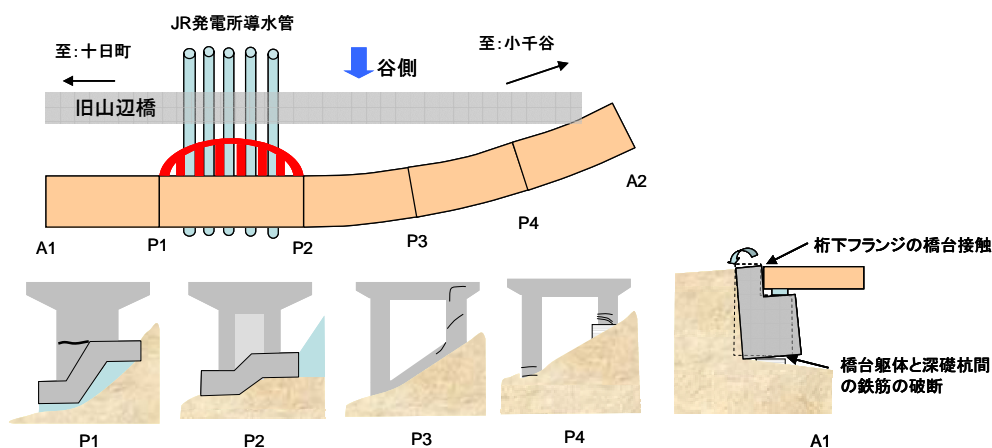


図 9.1.2 山辺橋の周辺状況と下部構造の損傷状況



写真 9.1.18 P1 橋脚の損傷(A1 橋台側、かぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋のはらみだし、帯鉄筋の重ね継手のはずれ)



写真 9.1.19 P1 橋脚の損傷(P2 橋脚側)



写真 9.1.20 P2 橋脚 (P3 橋脚側)



写真 9.1.21 P3 橋脚 (P2 橋脚側)



写真 9.1.22 P3 橋脚梁部のひびわれ



写真 9.1.23 P3 橋脚短柱側面の斜めひびわれ



写真 9.1.24 P4 橋脚（短柱側）の水平・斜めひびわれ

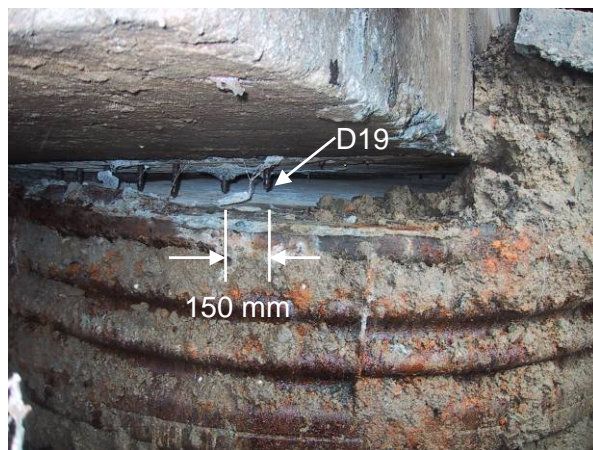


写真 9.1.25 A1 橋台部における橋台躯体と深礎杭間の鉄筋の破断



写真 9.1.26 A2 橋台背面盛土の沈下



写真 9.1.27 旧山辺橋（左）の橋台背面盛土

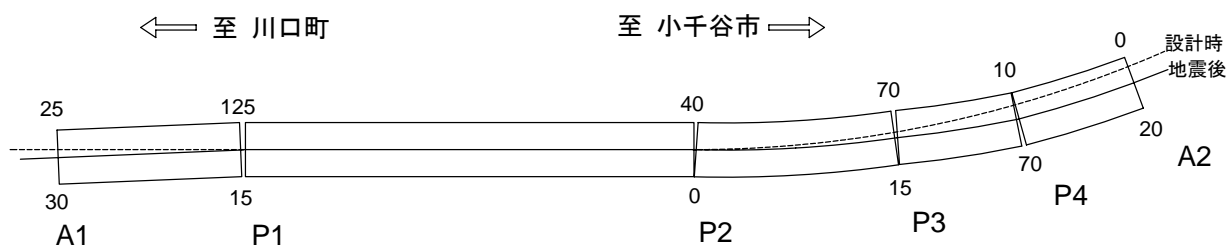


図 9.1.3 伸縮装置の遊間量(mm)と橋梁線形の推定イメージ
(P1～P2 間の線形を不動と仮定した場合)

(4) その他

上記 3 橋梁に比べると構造的な被害は少ないが、支承部の損傷や橋台、橋脚のひびわれ等の損傷が生じている橋が多く見られた。表 9.1.1 において損傷が確認された橋梁の状況を、表の順番に従って以下に示す。なお、数多くの橋梁で生じている橋台背面土の沈下について

は、表 9.1.1 に記載し、本節においては記述を省略する。

- a) 長岡大橋では、支承カバープレート及びサイドブロックの変形、ロッカーローラー支承の傾斜、主桁ウェブの変形等が生じた（写真 9.1.28）。また、支間の中央部における添架管の破損や高欄の破損も見られた。
- b) 宮本橋では、橋台ウイング部にひびわれが生じた（写真 9.1.29）。
- c) 観音橋側道橋では、橋台パラペットと桁の衝突に起因すると考えられる橋台パラペットのひびわれが見られた。（写真 9.1.30）。
- d) 新佐梨橋では、小千谷側の A2 橋台で支承の下沓のわれが見られた（写真 9.1.31）。
- e) 堀之内橋では、P1 橋脚の固定支承においてサイドブロックの変形・脱落及び支承ピンの橋軸直角方向へのずれ、ピンカバーの脱落が見られ、支点上の桁ウェブ面にはらみが生じた（写真 9.1.32）。また、P2 橋脚中心部と、地表面付近に水平ひびわれが生じた（写真 9.1.33）。
- f) 和南津橋では、小出側 A1 橋台上ではパラペットのひびわれ、主桁端部の腐食の激しい部分での損傷や、添架物の破損が生じた（写真 9.1.34、9.1.35）。また、P1、P2 間のゲルバー一部において桁間連結部の固定ボルトの損傷やサイドブロックの損傷が見られた（写真 9.1.36）。さらに、小千谷側 A2 橋台においても、桁の衝突による橋台パラペット部下端のひびわれ・剥離が生じた。
- g) 越の大橋では、P1 橋脚において垂直方向へ貫通ひびわれが生じた（写真 9.1.37）。また、P1 橋脚の固定支承の支承セットボルトの破断（写真 9.1.38）及びサイドブロックの破損が生じた。P2 においても可動支承のサイドブロックの破損、支点上垂直補剛材の座屈変形や亀裂、対傾構の変形が生じた。
- h) 十日町高架橋では、中空床版桁部におけるアンカーバーの損傷及びゴム支承の残留変形が A1～P12 の間で見られた（写真 9.1.39）。また、P12 から P18 の連続鈑桁部における対傾構・下横構の変形（写真 9.1.40）や、床版下面のコンクリートの剥離、主桁ウェブ突合せ溶接部塗膜剥離が生じた。A1～P12 の間の橋脚基部では、液状化による噴砂及び地割れが確認された。
- i) 魚沼橋では、右岸側橋台のランガー桁固定支承部のアンカーボルトが若干抜け出るとともに（写真 9.1.41）、ランガー桁可動側の橋脚上の側道橋側固定支承における沓座モルタルのわれ、側道橋部と車道橋部の衝突による車道地覆コンクリートのわれが生じた。また、側道橋では兩岸橋台上の沓座コンクリートの破壊が見られた。
- j) 栄橋では、桁コンクリートのひびわれおよび線支承沓座モルタルのわれが生じた（写真 9.1.42）。
- k) 十日町橋では、2 橋脚上で橋脚および支承との接触による桁下部のコンクリートの剥離が確認できた。また、橋軸直角方向のコンクリート製の変位制限構造が無くなっている箇所が 4 カ所確認できたが、全てが今回の地震が原因かは確認できなかった（写真 9.1.43）。さらに、左岸側橋台部（A1）では、親柱と高欄の衝突痕も確認できた。
- m) 錦鯉橋では、両橋台の基部が河川側に移動して橋台背面方向へ傾斜し、背面土工部が沈下するとともに、橋台躯体に斜めひびわれが生じた（写真 9.1.44）。
- n) 旭橋では、右岸側橋脚 2 基に水平ひびわれが生じた。また、上流側の側道橋では、右岸側橋台部で桁との衝突による橋台の破損、沓座モルタルのわれ、アンカーボルトの抜け出しが生じた。下流側の側道橋では、右岸から 7～8 径間目付近の桁間連結プレートのボルトが

はずれた（写真 9.1.45）。

- o) 宮中橋では、左岸側橋台の支承部（固定支承）で沓座モルタルが剥落し、支承のアンカーボルトが露出するとともに、抜け出しも生じており、応急処置として H 鋼の仮受けが施されていた（写真 9.1.46）。また、右岸側橋台の支承部では中央の主桁の下フランジの変形、左岸から 1 本目の橋脚上のかげ違い部では単径間側可動支承上沓の変位制限ストッパー部の変形をそれぞれ確認した。
- p) 大手大橋では、既設橋の P1 橋脚と下流側に建設された RC 小判型橋脚を連結する RC 壁連結部でかぶりコンクリートのひびわれおよび剥落が生じた（写真 9.1.47）。
- q) 塩殿橋では、橋脚のかげ違い部には震災前のものと思われる補修跡が見られたが、その箇所には水平ひびわれが見られ、補修モルタルの一部が欠けていた（写真 9.1.48）。
- r) 芋川橋では、下り線の固定支承を有する橋脚 1 基で橋軸直角方向の面にせん断ひびわれが生じた（写真 9.1.49）。また、桁衝突により高欄および橋台が損傷した（写真 9.1.50）。なお、この他に、本橋では支承部の破損が報告されている¹⁾
- s) 根小屋橋では、両端の橋台から 1 本目の橋脚で、いずれも水面から 1.5m 程の高さに水平ひびわれが生じた（写真 9.1.51）。また、右岸側橋台の固定支承の変位制限ストッパー部の破断及び橋台ウイング部のひびわれ、左岸側橋台の可動支承の変位制限ストッパー部に衝突痕を確認した。
- t) 越路橋では、右岸側橋台から 2 本目の RC 壁式橋脚に地表面から高さ 1.5m と 2m ほどのところに微小な水平ひびわれが生じた。また、高欄および右岸側橋台の BP 支承（可動）に 3、4cm 程度の擦過痕を確認した（写真 9.1.52）。
- u) 川口橋では、左岸側 1 本目の橋脚の上流側柱部の柱頭部付近に水平ひびわれが、また、右岸側 1 本目の橋脚の上流側梁接合部に水平ひびわれ、下流側柱部に斜めひびわれが生じた（写真 9.1.53）。さらに車道部と側道部の衝突により側道地覆コンクリートが損傷した。
- v) 西倉橋では、2 連のかげ違い部のジョイント部に段差が生じており、その差は車道部の下流側 45mm 程度、上流側 5mm 程度となっていた。かけ違い部橋脚上の右岸側連続桁下流側主桁における支承で、ボルト破断によるサイドブロックの損傷、支点上垂直補剛材の座屈が見られた（写真 9.1.54）。この箇所では、路面段差の程度から、ローラーが抜け出していたものと考えられる。一方、段差が軽微であった上流側の支承部は、右岸側、左岸側ともに支承のローラーの抜け出しが確認された。橋台部の支承でもストッパーのボルト抜け出しが見られた。
- w) 姿大橋では、側道橋部で支承アンカーボルトの若干のずれ、橋脚天端の沓座モルタルの破損が生じた（写真 9.1.55）。
- x) 宇賀地橋では、両端橋台のパラペット基部付近でひびわれ及び剥離が生じるとともに、両端橋台部の可動支承の上沓の変位制限ストッパー部が変形した（写真 9.1.56）。
- y) 県道 589 号（旧国道 17 号）の浦柄橋の上流部にある旧橋では、長岡側の三柱ラーメン柱部のうち 2 柱に斜めひびわれが生じ、一部かぶりコンクリートが剥落して鉄筋が露出していた（写真 9.1.57）。
- z) 川井大橋では、橋台部の落橋防止装置の面外曲げ変形とその取付け部ウェブの座屈変形が生じた（写真 9.1.58）。また、その近傍のソールプレートと支承の間では 1 mm 程度のずれが生じた。



写真 9.1.28 サイドブロックの変形 (長岡大橋)



写真 9.1.29 A2 橋台ウイング部のひびわれ (宮本橋)



写真 9.1.30 橋台パラペットのひびわれ (観音橋側道橋)



写真 9.1.31 A2 橋台部支承下沓のわれ (新佐梨橋)



写真 9.1.32 支点上の桁ウェブ面のはらみ (堀之内橋)

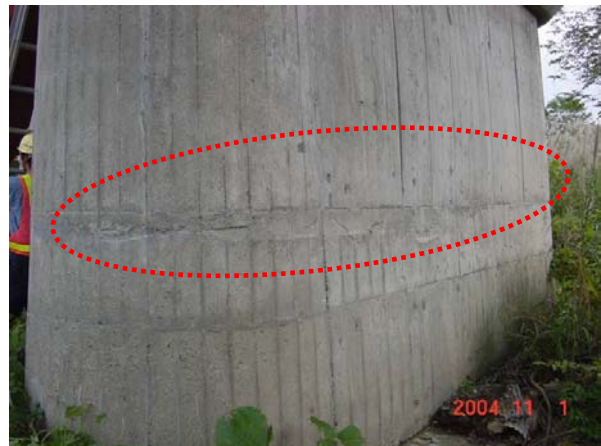


写真 9.1.33 P2 橋脚の水平ひびわれ (堀之内橋)



写真 9.1.34 橋台パラペットのひびわれ（和南津橋）



写真 9.1.35 A1 橋台上主桁の損傷（和南津橋）



写真 9.1.36 P1-P2 ゲルバー部におけるボルトの破損（和南津橋）



写真 9.1.37 P1 橋脚の垂直ひびわれ（越の大橋）



写真 9.1.38 ピボット支承セットボルトの破損（越の大橋）



写真 9.1.39 ゴム支承の変形（十日町高架橋）

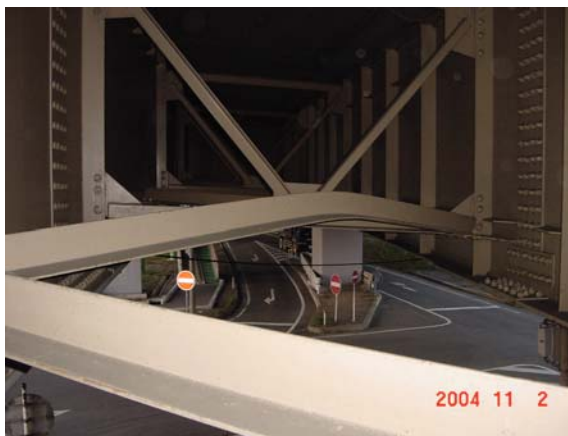


写真 9.1.40 連続鉄桁における対傾構・下横構の変形（十日町高架橋）



写真 9.1.41 ランガーアーチ固定支承部のアンカーボルトの引き抜け（魚沼橋）



写真 9.1.42 桁コンクリートおよび支承沓座モルタルの剥離（栄橋）



写真 9.1.43 橋軸直角方向の変位制限構造のはずれ（十日町橋）



写真 9.1.44 橋台に生じた斜めひびわれ（錦鯉橋）



写真 9.1.45 桁間連結プレート boltsのはずれ（旭橋）



写真 9.1.46 左岸側橋台部支承部の損傷状況（宮中橋）



写真 9.1.47 RC壁連結部でのかぶりコンクリートの剥離（大手大橋）



写真 9.1.48 橋脚かけ違い部の水平ひびわれ（塩殿橋）



写真 9.1.49 固定橋脚に生じたせん断ひびわれ（芋川橋）



写真 9.1.50 桁衝突による高欄および橋台の損傷（芋川橋）



写真 9.1.51 橋脚に生じた水平ひびわれ（根小屋橋）



写真 9.1.52 BP 支承に生じた擦過痕（越路橋）



写真 9.1.53 左岸側 1 本目の橋脚の上流側柱頭部に生じた水平ひびわれ（川口橋）



写真 9.1.54 支点上垂直補剛材の座屈（西倉橋）



写真 9.1.55 沓座モルタルの損傷（姿大橋）



写真 9.1.56 可動支承上沓の変位制限ストッパー部の変形（宇賀地橋）



写真 9.1.57 ラーメン柱部に生じたせん断ひびわれ（浦柄橋旧橋）



写真 9.1.58 橋台部落橋防止装置の変形状況（川井大橋）

9.1.3 まとめ

今回の地震により、道路橋では、鉄筋コンクリート橋脚段落し部や支承部の損傷、桁端部の衝突およびそれに伴う橋台の損傷、橋台背面土の沈下等が生じたが、ほとんどの事例は従来の地震における損傷形態と同様のものではあった。新組跨線橋、小千谷大橋および山辺橋では、損傷の程度が相対的に大きかったが、応急復旧により交通を確保できる程度のものであり、被災地における交通ネットワークの確保及び早期の震後復旧に対する要求を満足できたものと考えられる。しかし、強震域に道路橋自体がそれほど多くなかったことが、被害が少なかった要因である可能性もあることから、今後、地震動と橋梁の被害程度や地震応答特性の関係について検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 新潟県中越地震による道路橋の緊急調査結果、国土交通省道路局ホームページ (<http://www.mlit.go.jp/road/press/press04/20041028/20041028.html>)

9. 2 道路土工・斜面の被害状況

9. 2. 1 道路土工に関する被害の全体概要

図 9.2.1 は、道路土工・斜面崩壊に係わる地震被害による通行止め箇所を示したものである。同図範囲外も含めた国道及び県道の通行止め箇所は 241 箇所（高速道路を除く）であり、そのうち道路土工・斜面崩壊に係わる通行止め箇所は 209 箇所であった。本報告では、今回の地震で被害を受けた道路土工のうち、比較的被害が大きかったものや特徴的なものを中心に述べる。

今回の地震発生 3 日前にあたる 10 月 20 日には、台風 23 号の通過にともなう激しい雨が長岡市を中心に降った。表 9.2.1 に地震発生前 5 日間の日降雨量を示す。長岡観測所に

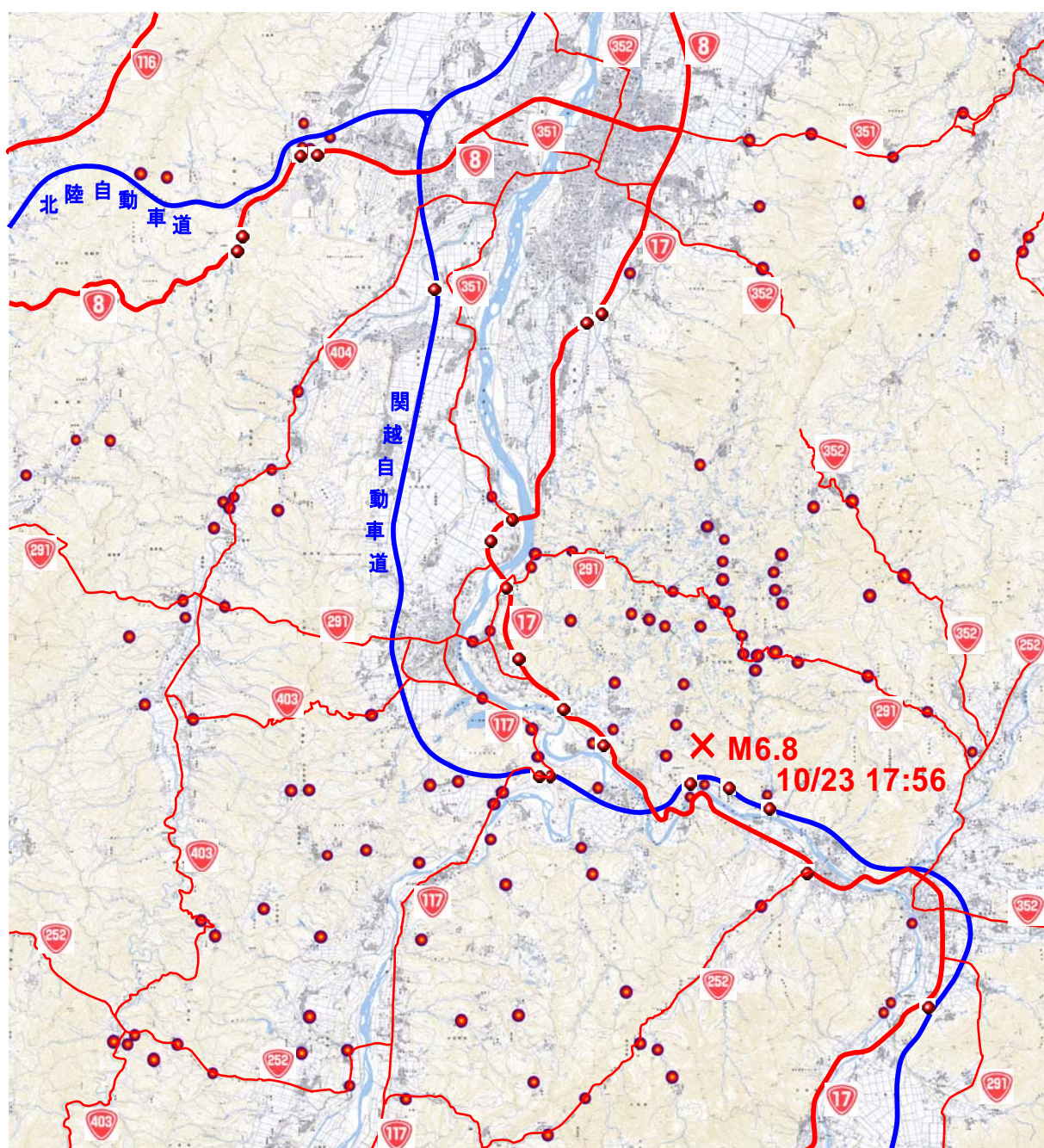


図 9.2.1 道路土工・斜面の被害による通行止め箇所

おける累積降雨量は 124mm に達した。10 月の月間平均降雨量（気象庁、1979 年～2000 年の平均値）が 195.3mm であることから、わずか 5 日間に月間平均降雨量の約 64%にあたる降雨があり、地震前には土壌は多くの水分を含んでいたものと推定される。また、表 9.2.2 には直轄国道の土工区間において交通規制の対象となった箇所の一覧を示す。

表 9.2.1 長岡市及び小千谷市周辺での降雨量

	24 時間降雨量（但し、23 日については 17 時間累計）				
	10 月 19 日	10 月 20 日	10 月 21 日	10 月 22 日	10 月 23 日
長岡観測所	4mm	101mm	13mm	1mm	5mm
小千谷観測所	4mm	98mm	16mm	21mm	5mm
堀之内観測所	6mm	74mm	15mm	23mm	9mm
上条観測所（守門村）	7mm	76mm	12mm	13mm	3mm

国土交通省水文水質データベースより

表 9.2.2 直轄国道の土工区間（橋梁取付部における段差も含む）における交通規制状況（国土交通省北陸地方整備局災害対策本部情報より）

路線名	場所・区間	交通規制状況			被害状況等
		日	時刻	規制内容	
8	中之島灰島～見附市上新田町（49.8kp～50.8kp）	10/23	20:05	全面通行止め	段差・路面隆起
		10/26	18:30	規制変更（上下一車線づつ開放）	
		10/30	17:00	規制解除	
8	長岡市宮本（69.0kp）	10/23	20:58	全面通行止め	観音橋ジョイント部の隆起、路面段差
		10/25	4:30	規制解除	
8	長岡市宮本（69.1kp）	10/23	20:58	全面通行止め	宮本橋で 15cm の段差
		10/25	0:45	規制解除	
8	長岡市宮本（69.6kp）	10/27	11:02	全面通行止め	路面陥没
		10/28	6:00	規制解除	
8	長岡市大積（73.7kp～74.0kp）	10/23	23:35	全面通行止め	大積橋で段差、路面陥没
		10/25	0:45	規制解除	
8	柏崎市比角（90.0kp）	10/23	20:25	全面通行止め	比角跨線橋で段差
		10/23	22:00	規制解除	
8	柏崎市半田～希望ヶ丘（92.8kp～93.4kp）	10/24	7:45	全面通行止め	沈下
		10/24	17:00	規制解除	
17	小出町虫野（243.8kp）	10/23	19:20	全面通行止め	板木橋で 20cm の段差
		10/24	14:00	規制解除	
17	川口町野田（257.4kp）	10/23		全面通行止め	橋梁取付部で 10～30cm の段差
		10/24	15:20	片側交互通行	
		11/2	16:20	規制解除	
17	川口町前島（259.4kp）	10/25	10:30	全面通行止め（緊急車のみ通行可）	地すべりによる避難勧告

		10/29	20:00	規制解除	
路線名	場所・区間	交通規制状況			被害状況等
		日	時刻	規制内容	
1 7	川口町牛ヶ島 (262.5kp)	10/23	23:25	全面通行止め	のり面崩壊
		10/25	17:00	緊急車・地域車のみ通行可	
		10/29	20:00	片側交互通行	
		11/18	6:00	規制解除	
1 7	川口町天納 (263.5kp)	10/23	18:45	全面通行止め	道路崩壊
		10/25	1:00	緊急車・地域車のみ通行可	
		10/29	20:00	片側交互通行	
		10/31	10:30	規制解除	
1 7	小千谷市道の駅ちぢみの里付近 (265.2kp)	10/23	23:25	全面通行止め	路面段差 30cm
		10/25	18:30	規制解除	
1 7	小千谷市高梨町～ひ生 (268.0kp～270.3kp)	10/23	20:20	全面通行止め	路面陥没
		10/25	18:30	緊急車・地域車のみ通行可	
		10/29	20:00	規制解除	
1 7	長岡市高畑～十日町 (275.0kp～280.6kp)	10/24	0:50	全面通行止め	路面段差 20cm
		10/24	5:38	緊急車・地域車のみ通行可	
		10/25	10:00	規制変更 (上下一車線 づつ開放)	
		10/30	17:00	規制解除	
1 1 6	柏崎市長崎 (1.32kp)	10/23	20:45	全面通行止め	路面陥没、道路 下空洞
		10/24	19:15	規制解除	

9. 2. 1 調査の概要

道路土工に関しては、国道 17 号和南津トンネル以北、国道 252 号広神村親柄～十日町市北原、国道 117 号十日町市北原～小千谷市三仏生、国道 291 号広神村並柳～広神村中山トンネル坑口、国道 352 号広神村親柄～山古志村城山橋、国道 351 号小千谷市木津～小千谷市小千谷駅前、関越自動車道長岡 IC～小出 IC までの区間について現地調査を行った。調査日は、地震発生から 2 日後の 10 月 25 日と 1 週間後の 10 月 30 日～11 月 1 日の 2 回にわたって実施した。調査方法は、自動車で移動しながら被害状況を目視で確認し、主要な被害箇所については踏査し、被災状況のスケッチ、写真による記録、土砂のサンプリング等を行った。

斜面調査は道路沿いで発生した地質災害の観察を目的とし、10 月 26～27 日と 11 月 24～25 日に 2 回に分けて実施した。1 回目の調査では信濃川沿いを走る国道 17 号沿いおよびその周辺の補助国道、県道で、2 回目の調査では丘陵地を横断する補助国道、県道で実施した。調査を実施した道路のリストを表 9.2.3 に、調査ルートおよび被害発生箇所を図 9.2.2 に示す。

調査方法は自動車で移動しながら被害状況の目視観察、写真による記録をおこない、主要な被害箇所については踏査を実施した。

表 9.2.3 調査対象道路リスト（道路斜面関係）

	路線名	調査区間（地名）
第 1 回 調査	国道 17 号線	見附市葛巻～川口町和南津トンネル
	国道 117 号線	小千谷市塩殿
	国道 291 号線	小千谷市横渡～旭橋
	国道 351 号線	小千谷駅前～小千谷市木津
	県道 83 号線	川口町西川口～小千谷市塩殿
	県道 421 号線	川口町牛ヶ島
	県道 582 号線	川口町天納
第 2 回 調査	県道 23 号線	長岡市村松町～山古志村虫亀
	県道 24 号線	山古志村竹沢
	国道 291 号線	小千谷市横渡～山古志村竹沢、山古志村東竹沢
	県道 589 号線	新潟県長岡市妙見町白岩

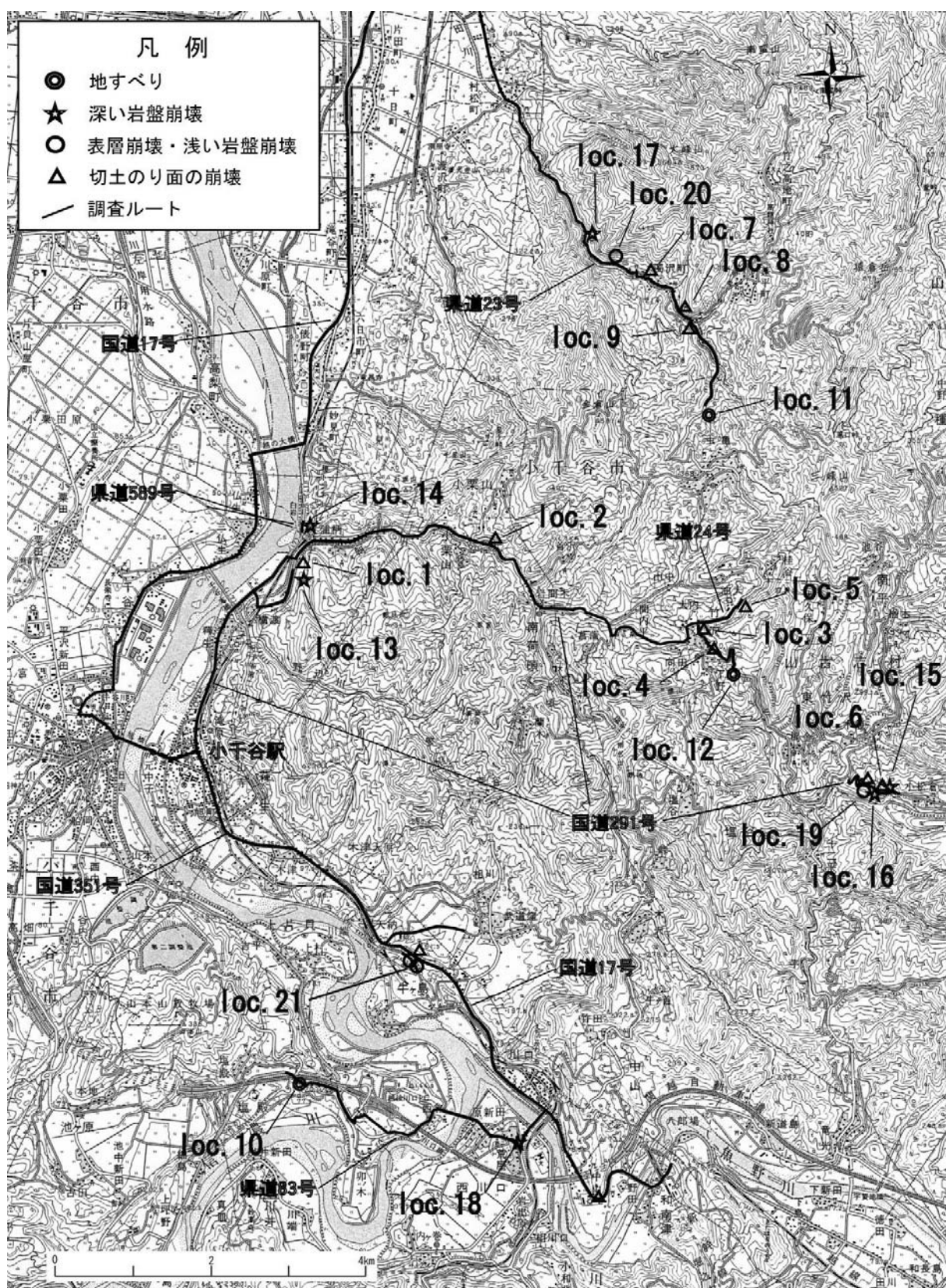


図 9.2.2 切土および自然斜面崩壊箇所位置図

9. 2. 3 調査結果

(1) 一般国道 17 号川口町天納（道路崩壊）

国道 17 号天納地区の 263.46KP で、幅約 40m にわたってのり面の崩落（写真 G9.2.1 参照）が発生した。国道 17 号の谷側には、図 9.2.3 に示したように JR 上越線があり、のり面崩壊はこの JR 上越線とともに起こっている。現地は、和南津トンネルの地質縦断面図から推定すると、シルト質砂岩およびシルト混じり細粒砂岩が流れ盤的な構成をしている上に段丘堆積物に乗っているものと考えられる。また、崩壊面内に古い吹き付けモルタル面が確認されたことから、歩道部もしくは 1 車線＋歩道の拡幅拡幅工事を行っているものと考えられ、その部分については一部盛土を行っているものと推定される。

現地では、緊急車両の通行を確保するために山側に臨時仮設道路（1 車線）を 10 月 25 日に設置するとともに、山側に暫定的な迂回路を設置して 11 月 1 日は 2 車線を確保し、一般車両の通行規制を解除している。

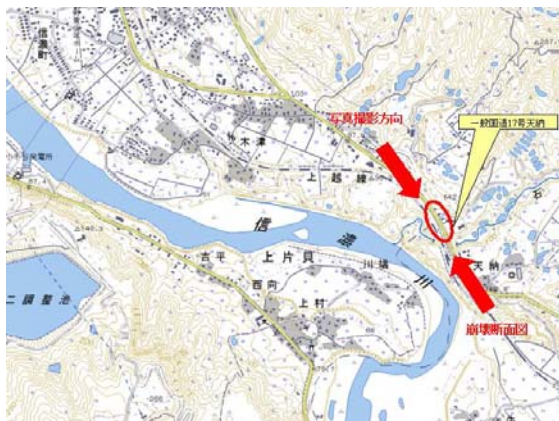


図 9.2.3 一般国道 17 号川口町天納位置

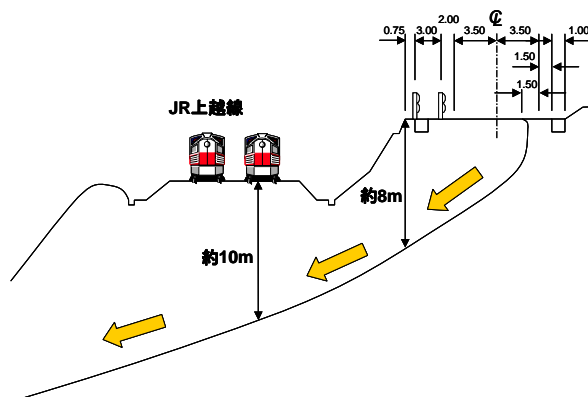


図 9.2.4 のり面崩壊断面図



写真 9.2.1 併走する JR 上越線の状況



写真 9.2.2 崩壊部上部



写真 9.2.3 崩壊部周辺の沈下状況



写真 9.2.4 崩壊部を迂回して交通を確保

（２）一般国道 117 号小千谷市塩殿（のり面崩壊）

国道 117 号小千谷市塩殿の谷部を横断する高さ約 30m の道路盛土が大きく崩壊した。調査日（10 月 31 日）時点では、崩壊部に余盛りを施して応急復旧が行われていた。法尻先端部の移動量やすべり土塊先端部の状況から、台風 23 号の降雨により盛土内の含水比が高かったことにより、流動的な破壊により盛土が大規模に崩壊したものと考えられる。

現地では、崩壊部に砕石による余盛りを施し、暫定的に片側交互通行により 11 月 1 日より一般車両の交通開放を実施している。



図 9.2.5 一般国道 117 号小千谷市塩殿位置図

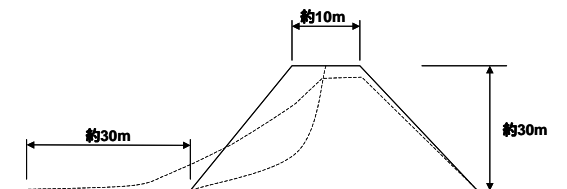


図 9.2.6 のり面崩壊断面図



写真 9.2.5 崩壊部の路面状況



写真 9.2.6 アンダーパスの道路は崩壊土により閉塞



写真 9.2.7 崩壊先端部の状況

(3) 国道 351 号小千谷市木津（跨線橋取付盛土の沈下）

国道 351 号小千谷市木津に位置する JR 上越線を跨ぐ跨線橋で、高さ約 15m の取付盛土がすべり破壊を起こし、盛土が沈下したため跨線橋との間で約 75cm の段差が生じた。盛土上部には高さ約 1.7m の重力式擁壁が設置されていたが、盛土が全体的にすべり破壊したため、擁壁もすべりに沿って斜め下方方向に、20～30cm 程度移動していた。調査日（10 月 31 日）には、車道部には碎石による余盛りが施されており、道路交通は確保されていた。



図 9.2.7 跨線橋取付盛土の沈下位置図

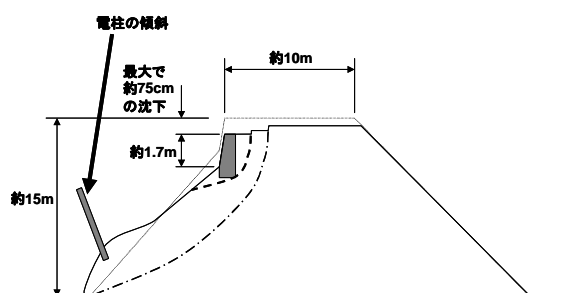


図 9.2.8 跨線橋取付盛土の沈下状況



写真 9.2.8 取付盛土の沈下



写真 9.2.9 約 75cm の段差が発生



写真 9.2.10 擁壁の移動により発生した沈下とクラック

(4) 国道 17 号川口町牛ヶ島（ブロック積擁壁崩壊）

国道 17 号牛ヶ島のブロック積み擁壁は 10 月 23 日の地震によりブロック積み擁壁がはらみだしていたが、10 月 25 日に一部が崩壊した。10 月 25 日の調査時に比べて 11 月 1 日調査時の方が崩落土砂が増していた。また、斜面崩壊現場の谷側には重力式擁壁が設置されていたが、擁壁前面に 2～3mm 程度の縦クラックが入っており、前面に押し出されていた。このため路面では約 20cm の陥没が発生した。



図 9.2.9 一般国道 17 号川口町牛ヶ島の位置図



写真 9.2.11 被災したブロック積み擁壁
(10 月 25 日撮影)



写真 9.2.12 被災したブロック積み擁壁
(11 月 1 日撮影)



写真 9.2.15 被災した重力式擁壁



写真 9.2.14 重力式擁壁にはいったクラック

(5) 関越自動車道小千谷 IC 付近（L型擁壁のたて壁損傷）

関越自動車道 229.5KP 付近の腰留め擁壁として設置されている高さ約 1.5m のプレキャストの L 型擁壁が、滑動や倒れ、たて壁の損傷といった被害を受けた。

被災箇所付近では、盛土の沈下やボックスカルバートの沈下・目地部の開き等の被害も発生している。また、近隣では浄化槽の浮上がりや電柱の沈下・傾斜等も確認されているが、明確な液状化の痕跡は確認されていない。

擁壁のたて壁が倒壊した場所では、たて壁前面より約 80cm の位置で裏込み土の崩壊面が確認された。

現地では、崩壊部に大型土のうによるのり尻を押さえる処置が施されており、暫定的に車線規制により 11 月 5 日より一般車両の交通開放を、11 月 26 日より全車線の交通開放を実施している。



図 9.2.10 関越自動車道小千谷 IC 付近位

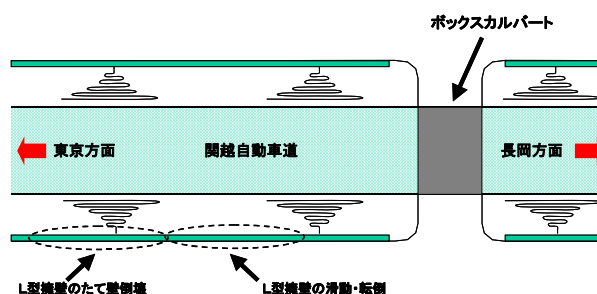


図 9.2.11 L 型擁壁崩壊現場の平面図



写真 9.2.15 L 型擁壁の傾斜



写真 9.2.16 倒壊した L 型擁壁

(6) 関越自動車道堀之内 IC 内（補強土擁壁の変状）

関越自動車道堀之内 IC の上り線ランプ部に隣接する側道を設置するために既存の切土斜面上に構築されている高さ約 9m の補強土擁壁（テールアルメ）が被災した。地表面から約 3m の位置で前面にはらみだしており、この位置で壁面材の倒れやずれを確認した。壁面からの湧水や壁面から約 6m の位置で背面盛土の天端が約 40cm 沈下していることを確認した。また、補強土擁壁背後の地山から常に水が供給されている状況にあり、切土斜面に設置されたのり面保護工のコンクリートブロック張工にも水平方向のクラックを確認した。



図 9.2.12 関越自動車道堀之内 IC 位置図

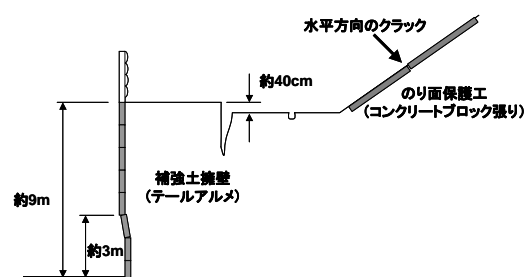


図 9.2.13 補強土擁壁の被災断面図



写真 9.2.18 補強土擁壁の全景



写真 9.2.17 補強土擁壁の被災状況



写真 9.2.19 天端部での沈下

(7) 関越自動車道小千谷 IC 付近（ボックスカルバートの沈下、継目部の開き）

国道や関越自動車道等の盛土に設置されたボックスカルバートの多くの箇所では、盛土の沈下によりボックスカルバートとの間に約 10～40cm の段差が生じ、走行の障害となっていた。関越自動車道小千谷 IC の長岡側に位置する小千谷 2 カルバートでは、ボックスカルバートが側道と比較して約 30cm 沈下するとともに、継目部では約 70cm の開きを確認した。調査日（10 月 30 日）には、継目部にボックスカルバート背面側から矢板が設置され、盛土材の流入を阻止する処置がとられていた。



図 9.2.14 関越自動車道小千谷 IC 付近位置

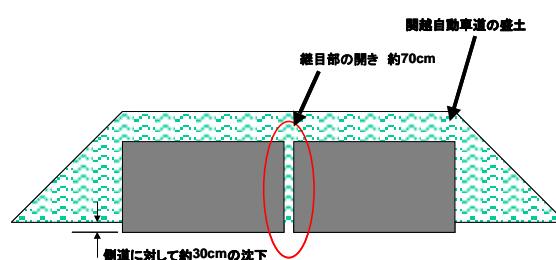


図 9.2.15 ボックスカルバートの被災状



写真 9.2.20 継目部の開きにより盛土材が



写真 9.2.22 継目部の開き



写真 9. 2. 23 継目部の応急補修状況



写真 9. 2. 24 ボックスカルバートの沈下

(8) 国道 291 号小千谷市横渡 (loc. 1、切土のり面崩壊)

切土のり面の下部には白岩層の岩盤が分布し、その上部の表層および風化岩が崩壊し、崩積土が歩道および車道を覆った。



写真 9. 2. 25 のり面上部の表層が崩壊



写真 9. 2. 26 正面から撮影

(9) 県道 516 号小千谷市小栗山 (loc. 2、切土のり面の崩壊)

国道 291 号との分岐地点にある県道 516 号沿いの切土のり面が崩壊した。また崩積土は県道下の国道 291 号にまでおよんでいた。崩壊形態は沢の出口を挟んだ両側の斜面で発生した浅い表層崩壊である。



写真 9. 2. 27 崩壊箇所の状況

(10) 国道 291 号山古志村竹沢 (loc. 3、切土のり面の崩壊)

吹き付けコンクリートが施された切土のり面が崩壊し、道路に崩積土がおよんでいる。崩壊跡には強風化した荒谷層の泥岩が見られる。



写真 9. 2. 28 崩壊箇所の状況

(11) 国道 291 号山古志村竹沢 (loc. 4、切土のり面の崩壊)

竹沢ー東竹沢間にある小さなトンネルの両坑口の側方斜面が崩壊が発生した。車が通行で来る程度に土砂が除去されているが、崩壊時は通行困難だったと思われる。

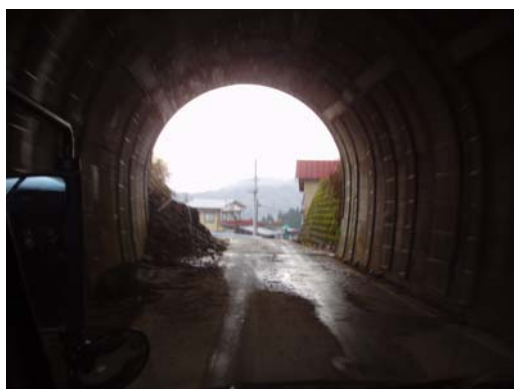


写真 9. 2. 29 トンネル坑口附近の側方斜面の崩壊

(12) 県道 24 号山古志村竹沢 (loc. 5、切土のり面の崩壊)

国道 291 号から分岐して山古志村役場前を通る県道 24 号沿いの山古志村役場北東では切土のり面で崩壊が発生している (写真 9. 2. 30)。また山古志村役場向かいの切土のり面では擁壁にクラックが発生している (写真 9. 2. 31)。



写真 9. 2. 30 切土のり面の崩壊
(山古志村役場の北東)



写真 9. 2. 31 擁壁のクラック
(山古志村役場の向かい)

(1 3) 国道 291 号山古志村東竹沢 (loc. 6、切土のり面の崩壊)

擁壁背後の白岩層の岩盤が、コンクリート擁壁とともに崩壊している。岩塊の表面は風化により赤褐色を呈している。



写真 9. 2. 32 崩壊箇所の状況

(1 4) 県道 23 号長岡市濁沢町 (loc. 7、切土のり面の崩壊)

吹き付けコンクリートが施された切土のり面が崩壊し、道路に崩積土がおよんでいる。崩積土には風化した岩塊が混じっている (写真 G9. 2. 5、写真 9. 2. 33)。



写真 9. 2. 33 崩壊箇所の状況

(15) 県道 23 号長岡市濁沢町 (loc.8、切土のり面の崩壊)

神社横の石積擁壁が崩壊したものである。隣接したその他のブロック積み擁壁には崩壊は見られなかった。



写真 9.2.34 石積擁壁の崩壊

(16) 県道 23 号長岡市濁沢町 (loc.9、切土のり面の崩壊)

のり面保護工のない切土のり面の表層部が崩壊している。



写真 9.2.35 切土のり面の崩壊状況

(17) 国道 117 号小千谷市塩殿 (loc.10、地すべり)

路肩付近を頭部とする地すべりが少なくとも 2 箇所発生している (写真 G9.2.6、写真 9.2.36)。この箇所の地すべりは、地すべり土塊がほとんど乱れずに移動している。地すべり土塊は段丘堆積物からなるが、すべり面が段丘堆積物内であるのか基盤岩 (鮮新世の牛ヶ首層の泥岩) 中にあるのかは不明である。



写真 9.2.36 地すべりの発生状況

(18) 県道 23 号山古志村虫亀 (loc. 11、地すべり)

長岡市から山古志村に入って約 500m の地点で地すべりが発生し、崩積土が道路を覆い車の通行が不可能となったものである。地質は荒屋層の泥岩である。空中写真から、崩壊の幅は約 100m で、崩土が道路および道路下の河川を幅約 100m にわたり覆っているのが判読されている。



写真 9.2.37 地すべりの道路横断箇所の状況

(19) 国道 291 号山古志村竹沢 (loc. 12、地すべり)

山古志村竹沢にある水田が作られている緩傾斜の谷部で地すべりが発生している。地質は荒屋層の泥岩である。この箇所の地すべりは、地すべり土塊がほとんど乱れておらず、下方への移動量もわずかである。ただし道路を横断し道路上では約 1m の段差、アスファルトの亀裂が生じている。なおこの段差は道路を完全に横断しており、調査時点では車の通行が不可能となっていた。



写真 9.2.38 地すべりが発生した谷の状況



写真 9.2.39 地すべりの道路横断箇所の状況

(20) 国道 291 号小千谷市横渡 (loc. 13、岩盤崩壊)

小千谷大橋東方の信濃川沿いの斜面において大きく 3 箇所の岩盤崩壊が発生している (写真 9.2.40)。地質は白岩層の軟質な砂質シルト岩である。北側 2 箇所の崩壊跡には流れ盤となる非常に平坦なすべり面が現れており (写真 9.2.41)、南側の崩壊箇所には道路に押し出してきたすべり土塊中のやや風化した岩盤に、流れ盤方向の層理面が確認できる (写真 9.2.44)。国道 291 号は斜面下方に位置し、これらの崩積土に完全に覆われるか、川側に押し出されている (写真 9.2.45)。

斜面勾配は層理面の傾斜 (約 20°) とほぼ同程度かやや急で、すべり面位置が深く規模の大きい崩壊となっている。また層理面の走向が斜面の延長方向とほぼ等しいため、3 地点が隣接して同様の崩壊形態として発生している。

中央の崩壊箇所のすべり面には風化して黄褐色化した粘土が付着している (写真 9.2.43)。すべり面上の岩塊は、塊状で非常に大きく、節理面は土砂の付着や風化により褐色を呈するが、岩塊そのものは新鮮である。また一部の岩塊は高さが 10m 以上で樹木とともにそのまますべって移動したのが見られる (写真 9.2.47)。このことから、極めて強い地震動により、岩盤が層理面沿いに平行に滑動したものと推定される。



写真 9.2.40 岩盤崩壊の発生状況



写真 9.2.41 北側と中央の崩壊跡



写真 9.2.42 北側の崩壊箇所のすべり面



写真 9.2.43 中央の崩壊箇所のすべり面



写真 9. 2. 44 南側の崩壊箇所



写真 9. 2. 45 南側の崩壊箇所の末端部



写真 9. 2. 46 巨大な岩塊の堆積状況
(中央の崩壊箇所)



(21) 県道 589 号長岡市妙見町白岩 (loc. 14、岩盤崩壊)

国道 291 号小千谷市横渡の岩盤崩壊箇所 (loc. 13) の約 700m 北方で幅約 200m にわたり岩盤崩壊が発生している。この崩壊は、loc. 13 の崩壊箇所と地質条件、地質と斜面の関係 (方向性など) がほぼ同じで、崩壊規模も類似していることから、loc. 13 の崩壊と類似の崩壊機構を有していると推測される。

地質は白岩層の軟質な砂質シルト岩である。岩質は新鮮・塊状で、崩壊した岩塊には直径数 m 規模の巨大なものが多く見られる。滑落崖や側方崖には高角度の節理面は見られるが、明瞭な層理面は見られない。

崩壊箇所北側の道路下にある露頭では層理面の方向を推測できる凝灰質の薄い挟み層 (幅約 5cm) が見られる。川側に 16° で傾斜し流れ盤成分を有するが、この挟み層自体は強度的にも低くなく、またやや高位標高にあることからすべり面ではないと考えられる。またこの層より上位には、すべり面となり得るような層理面もしくは弱層は見られず、崩壊を引き起こしたすべり面はこれより下位にあると考えられる。



写真 9. 2. 48 岩盤崩壊の発生状況



写真 9. 2. 49 北方から撮影



写真 9. 2. 50 南方から撮影



写真 9.2.51 崩壊頭部の状況



写真 9.2.52 道路下の露頭に見られる凝灰質の薄い挟み層(幅約 5cm)

(2 2) 国道 291 号山古志村東竹沢 (loc. 15、岩盤崩壊)

芋川の河道閉塞地点の北側を流れる前沢川沿いの道路上方斜面で発生した崩壊である。この箇所は前沢川の攻撃斜面に位置し、斜面は比較的急勾配をなしている。崩壊規模が大きく数カ所の滑落崖が確認され、比較的深い崩壊と考えられる。崩積土は道路を完全に覆い、かつ谷側は急斜面であるため芋川の河道閉塞現場への立ち入りを困難なものにしていた。なお写真 9.2.53 に見られるの道路は崩積土の中に設けられた仮設道路である。



写真 9.2.53 崩積土の道路横断状況

(23) 国道 291 号山古志村東竹沢 (loc. 16、岩盤崩壊)

loc. 16 の西方に位置する前沢川沿いの道路下の斜面で崩壊が発生し、路肩にも崩壊がおよんでいる。岩盤内部での崩壊ではないものの、層理面をすべり面とした深い崩壊（崩壊の主体は表層や耕作土）となっている。



写真 9. 2. 54 層理面上の表土・耕作土の崩壊

(24) 県道 23 号長岡市濁沢町 (loc. 17、岩盤崩壊)

長岡市濁沢町にある白龍神社北側の道路上方斜面で層理面や節理面をすべり面とした岩盤崩壊が発生している (写真 2. 9. 55)。この付近の層理面の傾斜は 50° とやや急で岩盤および表土からなる崩積土が道路および神社脇の沢に堆積した様子がうかがえる。また崩壊の一部は層理面と節理面を利用したくさび崩壊として発生している (写真 2. 9. 56)。なお調査時点では道路に堆積した崩積土は取り除かれ、斜面下方にはトンパックが積まれていた。



写真 9. 2. 55 岩盤崩壊の発生状況



写真 9. 2. 56 くさび崩壊の発生状況

(25) 県道 83 号川口町西川口 (loc. 18、岩盤崩壊)

県道 83 号の下方の急斜面で層理面や節理面をすべり面とした岩盤崩壊が発生している。地質は川口層の泥岩である。この付近の層理面の傾斜は約 50° で、一部は層理面と節理面を利用したくさび崩壊となっている。崩壊に伴う被害は路肩および車道の片側におよんでいる。



写真 9.2.57 岩盤崩壊の発生状況



写真 9.2.58 道路の被害状況

(26) 国道 291 号古志村東竹沢 (loc. 19、表層崩壊)

loc. 16 の西方に位置する前沢川沿いの道路下の斜面で表層崩壊が発生している。崩壊は表層部の浅いものであるが、崩壊頭部が道路の路肩、車道の一部におよび道路に被害が生じている。



写真 9.2.59 表層崩壊による道路被害状況

(27) 県道 23 号長岡市濁沢町 (loc.20、表層崩壊)

県道 23 号沿いの長岡市濁沢町にある白龍神社の約 400m 南東にある斜面で広範囲に崩壊が発生している。この斜面は急勾配で、崩壊跡には岩盤が露出し、浅い表層付近の風化岩およびその上の表層を巻き込んだ崩壊と考えられる。



写真 9.2.60 浅い岩盤崩壊の発生状況

(28) 県道 421 号川口町牛ヶ島 (loc.21、表層崩壊)

信濃川や魚野川沿いには様々な時代の段丘が分布しており、その一部は段丘崖を形成している。これらの段丘崖は未固結であるうえ非常に急勾配であり、このため段丘崖が数多く崩壊している

県道 421 号はこのような段丘崖の直下を通過しており、川口町牛ヶ島では崩壊した段丘堆積物により道路が覆われている。この地点の段丘崖は、下半分に川口層、上半分に段丘堆積物が分布しており、段丘堆積物のみが崩壊しているもの (写真 9.2.61、写真 G9.2.8) と強風化した川口層を一部すべり面に巻き込みながらやや深く崩壊しているもの (写真 9.2.62) とがある。



写真 9.2.61 段丘崖での表層崩壊



写真 9.2.62 強風化した基盤岩の一部をすべり面にしたやや深い崩壊 (左の写真の約 100m 北西)

9. 2. 3 まとめ

今回の調査範囲は、本震の震源地に比較的近い範囲である。調査範囲が限定されるものではあるが、道路土工・斜面の被害状況等について以下にまとめて示す。

- ・ 調査範囲は信濃川水系流域に位置しており、国道 17 号や国道 117 号は河川と平行するような区間が多くを占める。このため、道路は盛土・切土区間が連続する地点が多く、さらに沢部に位置する区間も多くあった。
- ・ 台風 23 号の影響による直前の降雨により、土砂の含水比は高かったものと推定される。
- ・ 山間部で発生した地震のため、液状化による道路土工構造物に対する地震被害は比較的少なかったが、長岡市内の盛土区間では液状化に起因すると考えられる被害が認められた。
- ・ 道路擁壁の被害では、ブロック積擁壁で多くの被害が認められた。
- ・ ボックスカルバートの継目部で開きが発生し、盛土材が流入した。このため、カルバート内が閉塞したり、カルバート上の道路路面に開口部が発生する等の被害が確認された。
- ・ 今回の地震では、本震に匹敵する規模の余震が連続して発生したため、余震による被害の発生や被害の拡大が幾つかの場所で発生した。
- ・ 道路切土のり面や自然斜面の災害は次のタイプに分けられる。
 - ① 切土のり面の崩壊
 - ② 地すべり
 - ③ 深い岩盤崩壊（層面すべり、くさび崩壊）
 - ④ 表層崩壊・浅い岩盤崩壊
- ・ 自然斜面の災害が多発したのは、強い地震動以外にも、被災地が新第三紀以降の構造運動による褶曲や断層が発達した複雑な地質構造を有し、それによる流れ盤斜面の形成や、既存の地すべりの存在などの地質条件によるところが大きいと考えられる。また地震発生 3 日前に到来した台風 23 号による降雨も影響している可能性がある。
- ・ 岩盤崩壊は、流れ盤構造を有する斜面において多く発生した。層理面をすべり面とする崩壊には規模が大きく復旧が非常に困難なものとなっている地点がいくつか見られた。
- ・ 流れ盤による岩盤崩壊の一部は、層理面と節理面を利用したくさび崩壊を形成しているものがあつた。
- ・ 表層崩壊は道路に直接面した斜面のほか多くの斜面で発生していた。また山間部の斜面のほか段丘崖でも発生していた。崩壊の形態としては、斜面表層部の浅い崩壊のほか、斜面浅部に分布する風化岩およびその上の薄い表層も巻き込んだ浅い岩盤崩壊などがあつた。
- ・ 表層崩壊は谷の頭部、尾根部、谷－尾根間の凹凸の少ない斜面など様々な斜面で発生していた。これらは地震時における斜面崩壊の特徴と考えられる。
- ・ 切土のり面の崩壊は、のり面保護工がないのり面のほか吹き付けコンクリートや擁壁などが施工されたのり面でも発生していた。吹き付けコンクリートや擁壁が崩壊した

あとに現れた岩盤は風化しているものが多く見られた。

また今後必要な方策としては以下のことがあげられる。

- ① 地震直後の専門技術支援体制（通行可否判断、二次災害可能性判定）の確立
- ② 安全箇所確認支援（安全マップ：特に避難所に至る道路や生命線となる道路）
- ③ 地震災害データベースの蓄積
- ④ 危険箇所の地震ハザードマップの作成
- ⑤ 被災者への平易な防災技術パンフ
- ⑥ 復旧・復興への技術支援体制

特に、今回の災害について綿密な調査を行い、活断層に近い他の路線区間についても、災害予測（地震ハザードマップ）の作成を試みる必要があると考えられる。

9. 3 道路トンネル

9. 3. 1 道路トンネルに関する被害の全体概要

今回の地震により何らかの被害が発生していることがこれまでに確認されている道路トンネルは 10 本余りとなっている。今回の地震による被害の主なものとしては、トンネル覆工コンクリートのクラックおよびそれに伴う覆工コンクリートの剥落または崩落、側壁部の押し出し、路面の盤膨れ、側溝の変状などとなっている。被害の程度は大規模な補強が必要なものから補修程度で済むものまでトンネルによって大きく異なっている。被害の発生箇所は、総じてトンネル坑口部付近で被害が多く発生しているが、トンネルの奥部で被害が発生しているトンネルも見られる。また、トンネル工法に関しては、被災地域に建設されたトンネルの多くは矢板工法により建設されており、NATM により建設されたトンネルが少ないが、NATM により建設されたトンネルの中にも被害を受けたトンネルも発生しており、トンネル工法による違いは明らかでない。

9. 3. 2 調査の概要

道路トンネルの被害調査は、覆工コンクリートの崩落が発生した国道 17 号の和南津トンネルを対象に、被害状況を把握するとともに本復旧対策が円滑に実施できるような応急対策方法を決定することを目的として実施した。被害調査の方法は主として、トンネルの構造や周辺地山を構成する地質に関する資料を収集するとともに、路面からの目視観察により実施した。

9. 3. 3 調査結果

和南津トンネルは、矢板工法により建設された延長 300m の 2 車線道路トンネルであり、掘削工法としては底設導坑先進上部半断面工法が採用され、工事は昭和 40 年に完成した。トンネルの断面図は図 9.3.1 に示すとおりである。また、本トンネルの周辺地質は図 9.2 に示すようにはシルト質砂岩により構成されている。主な被害状況を図 9.3.3 に示すが、長岡側坑口から約 100m の区間で天端部に縦断方向に連続して覆工コンクリートの剥落が発生するとともに、長岡側坑口から約 100m の地点では幅約 2m 延長約 20m にわたって天端部の覆工コンクリートが崩落した（写真 G9.3.1 参照）。また、長岡側坑口部においては、トンネル上部の斜面の一部変状、坑門上部の擁壁の転倒が認められた。その他、側壁部の押し出し、側壁部とアーチ部の打ち継ぎ目における圧縮破壊によるコンクリートの剥落および側溝の変状（写真 G9.3.2 参照）なども所々に認められた。当面、応急対策として覆工が崩落した箇所をコンクリートで充填するとともに、長岡側坑口から約 120m の区間については覆工の内側に鋼製支保工を建て込むことなどにより、通行車両の安全性を確保することとなった。

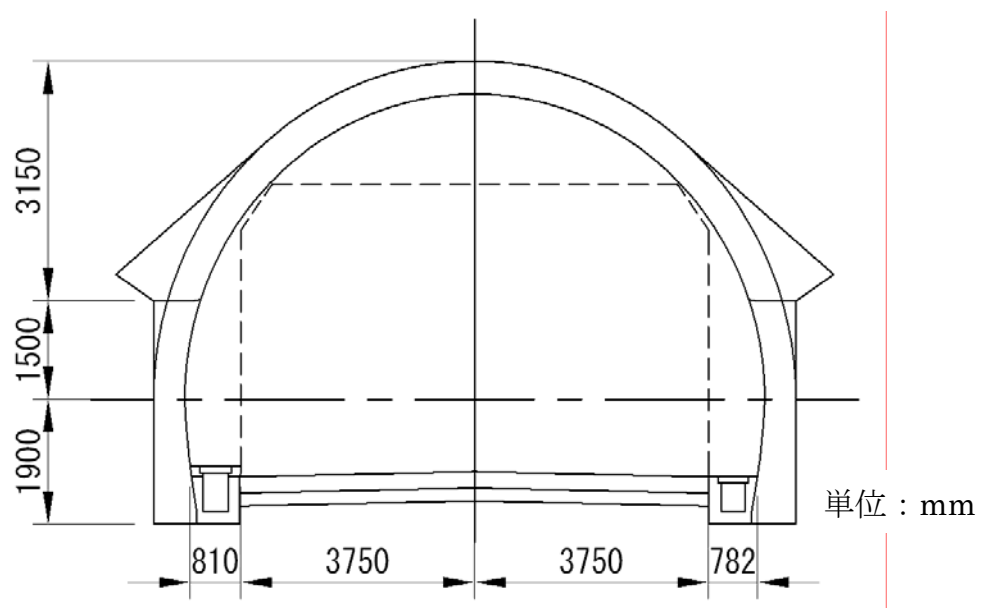


図 9.3.1 和南津トンネル断面図

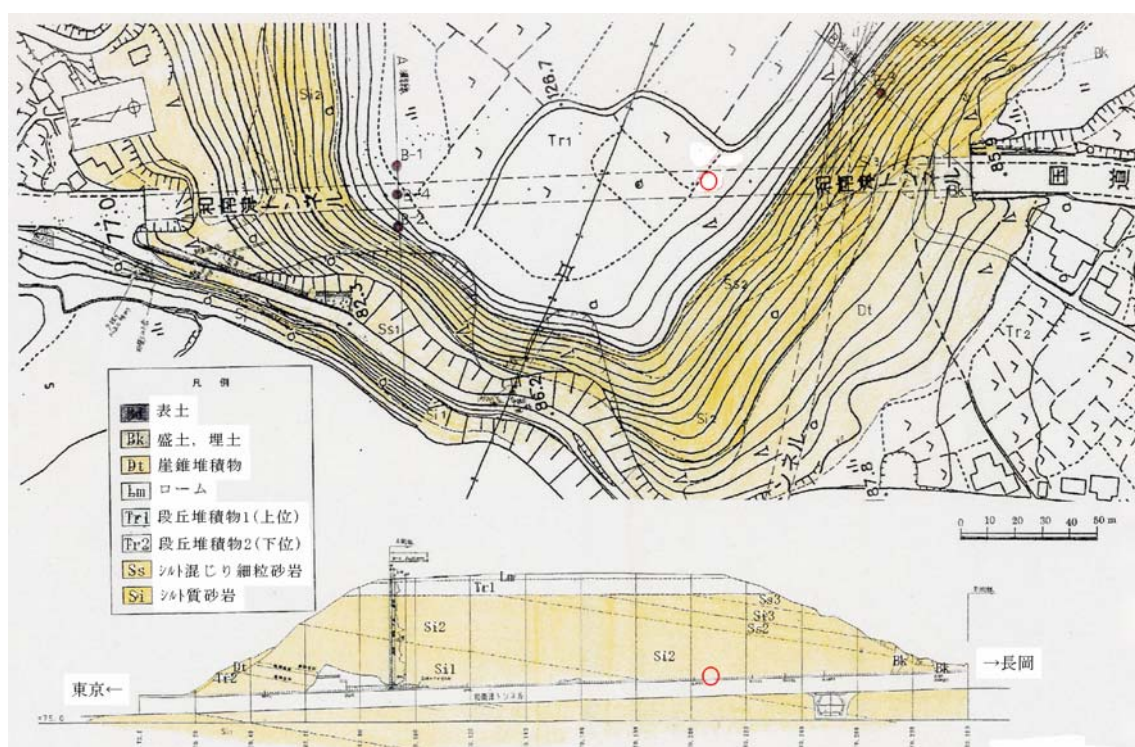


図 9.3.2 和南津トンネル地質平面縦断図

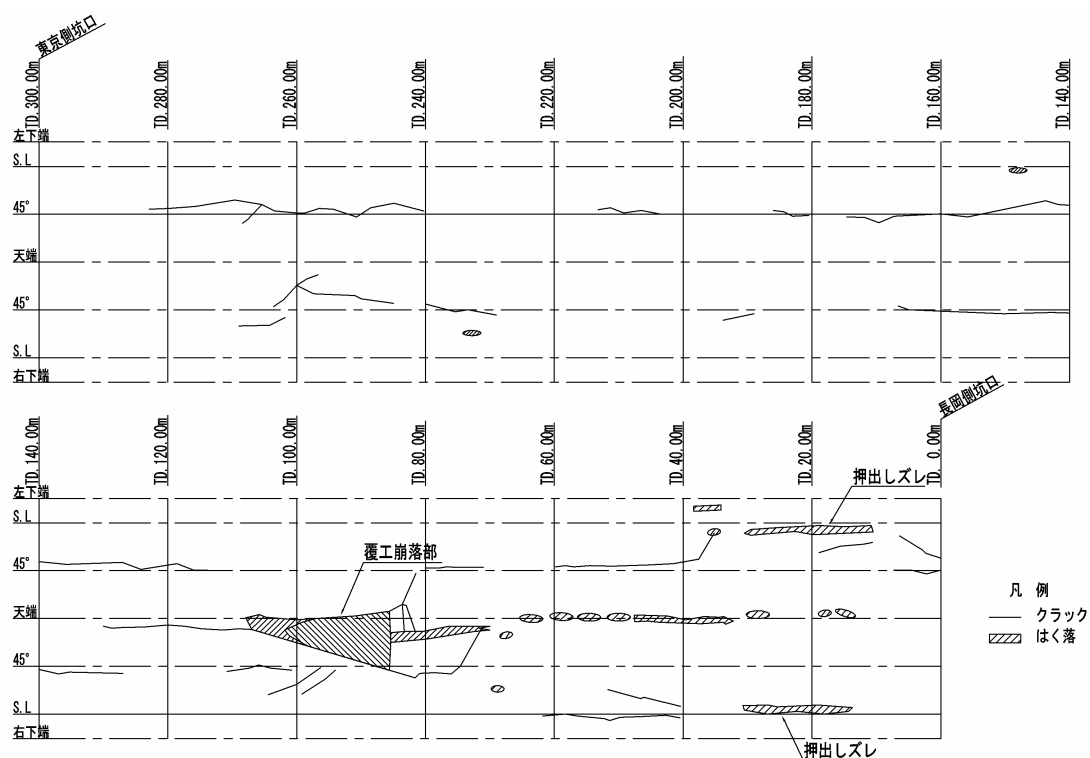


図 9.3.3 和南津トンネル被害状況

9.3.4 まとめ

今回調査を行った和南津トンネルでは、地震により一部の区間においてトンネル覆工コンクリートの崩落が発生したが、被災地域には被害がほとんど発生していないトンネルも多く見られており、トンネルによって地震による被害の程度が大きく異なることが明らかとなった。また、今回の地震により発生した覆工コンクリートの変状を大別すると、天端部に縦断方向に連続した圧座あるいはせん断と思われるクラック、底盤から肩部にかけて縦断方向に連続したせん断と思われるクラック、肩部から天端部にかけての斜め方向のせん断と思われるクラック、側壁部とアーチ部の打ち継ぎ目における圧縮破壊、側壁部の押し出しにパターン化できる。今後は、被害が発生したトンネルに共通の特徴を震源や断層との位置関係、トンネル周辺の地質、トンネル構造、トンネル工法などの観点から整理し、トンネルに地震による被害が発生する場合のメカニズムを明らかにするとともに地震による被害を軽減するための有効な対策について検討を行っていく予定である。

10. 建築物

10. 1. 建築物の被害の概要

平成 16 年新潟県中越地震は、川口町で 1995 年兵庫県南部地震以来となる震度 7 が観測されたほか多数の余震も発生しており、これらの地震により建築物の倒壊や破損等建築・住宅に関する多くの被害が発生した。

本節では、県・市町村の調べに基づき、建築・住宅に係る被害の全体概要を記す。

10. 1. 1 建築・住宅に係る被害

新潟県における建築・住宅（住家及び非住家）の被害の状況を以下に示す。住家の被害は、県全体で全壊 2,632 棟、半壊 8,741 棟、一部損壊 78,289 棟となっている。非住家の被害は 33,469 棟となっている。

表 10.1.1 住家及び非住家の被害状況（単位：棟）

	住家				非住家
	全壊	大規模半壊	半壊	一部損壊	
新潟県	2,632	685	8,056	78,289	33,469
長岡市	754		3,830	32,930	10,813
小千谷市	662	56	918	10,000	94
川口町	570	110	321	359	1,538
越路町	141	91	586	2,136	2,894
小国町	132	106	473	1,198	485
十日町市	78	72	439	10,000	154
魚沼市旧堀之内町	52	25	165	475	575
羽刈村	66	26	97	749	774
見附市	55	16	433	10,992	10,427
栃尾市	44	56	217	1,088	825
柏崎市	26	54	208	1,251	752
西山町	11	10	17	417	148
川西町	8	45	182	2,000	1,989
魚沼市旧広神村	8	6	51	142	241
分水町	7		23	38	60
魚沼市旧守門村	5	1	19	100	17
魚沼市旧小出町	5		7	268	228
南魚沼市旧六日町	3		1	106	84
南魚沼市旧大和町	2		5	120	33
燕市	2		4	6	29
寺泊町	1	7	11	102	37

※新潟県 HP より作成。全壊被害報告のある市町村のみを記載（１２月３日現在）

なお、地震に伴う建築火災の発生は９件（長岡市５件、小千谷市、越路町、十日町市、川口町各１件）と報告されている。（消防研究所調べ）

１０．１．２ 危険度判定の状況

１）建築物の応急危険度判定

新潟県内の応急危険度判定の実施状況を以下に示す。新潟県全体で３万６千余棟について実施され、約１５％が「危険」、約３０％が「要注意」と判定されている。市町村別で「危険」の割合が高かったのは中里村、川口町、栃尾市、西山町でそれぞれ約３７％、約２９％、約２５％、約２３％となっている。

表 10.1.2 応急危険度判定の状況

市町村		住宅全壊 棟数※	判定結果				「危険」の 割合	「危険」、 「要注意」 の割合
市町村名	判定予定 棟数		危険 (赤)	要注意 (黄)	調査済 (緑)	計		
長岡市	6,985	754	1267	2,547	3,171	6,985	18%	55%
見附市	1,713	58	84	282	1,347	1,713	5%	21%
栃尾市	1,003	44	247	380	376	1,003	25%	63%
越路町	4,090	135	214	1,122	2,754	4,090	5%	33%
小千谷市	6,329	662	1,033	2,079	3,217	6,329	16%	49%
川口町	2,271	570	664	696	911	2,271	29%	60%
魚沼市	4,350	87	715	1340	2,295	4,350	16%	47%
南魚沼市	273	5	32	93	148	273	12%	46%
十日町市	2,695	70	388	925	1,382	2,695	14%	49%
川西町	450	8	80	188	182	450	18%	60%
中里村	30	0	11	13	6	30	37%	80%
柏崎市	1,552	26	78	168	1,306	1,552	5%	16%
小国町	3,299	126	358	1,090	1,851	3,299	11%	44%
刈羽村	1,058	66	63	180	815	1,058	6%	23%
西山町	35	11	8	11	16	35	23%	54%
松代町	10	0	1	8	1	10	10%	90%
合計	36,143	2,622	5,243	11,122	19,778	36,143	15%	45%
割合			14.5%	30.8%	54.7%			

※新潟県 HP より作成（１２月１日現在）

2) 宅地の危険度判定

被災宅地危険度判定については、以下の市町村について調査を行い、3,037 箇所の調査箇所中、439 箇所が「危険」、300 箇所が「要注意」と判定された。(11月9日現在、国土交通省調べ)

○判定を実施した市町村

長岡市、見附市、小千谷市、十日町市、川口町、西山町、三島町、刈羽村、小国町、越路町、魚沼市(旧堀之内町、旧守門村、旧小出町、旧入広瀬村)

10. 2. 調査の実施状況

国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所は、地震発生翌日から両研究所の共同により、下記の通り調査団を派遣し(延べ157人・日(11月末現在))、建築物の応急危険度判定の実施における協力、建築・住宅に関する被害の概況・詳細調査を実施した。

調査結果については既に平成16年12月に「平成16年新潟県中越地震建築物被害調査報告(速報)」としてとりまとめており、本報告は、その内容を要約したものである。なお、上記「速報」は関係自治体、地方整備局、研究機関、大学等に送付するとともに建築研究所のHPに全文を掲載している。

10. 2. 1 調査団の派遣状況

今回の地震被害調査では、まず地震発生直後に応急危険度判定等の支援業務及び被害概況調査を行ない、概ねの被害状況を把握した後、構造、防火等分野別に個別の建築物等を調べる詳細調査を実施した。調査チームの派遣状況は以下のとおり。

1) 危険度判定の実施における協力

① 応急危険度判定実施支援等チーム

日時：10月24日(日)～28日(木)

場所：小千谷市、川口町、長岡市、旧堀之内町、川西町

応急危険度判定の業務指導及び被害の概況調査を実施。

② 被災宅地危険度判定実施支援等チーム

日時：10月26日(火)～29日(金)

場所：小千谷市、川口町、長岡市

被災宅地危険度判定の業務指導及び宅地等に関する概況調査を実施。

2) 建築物の被害概況の調査

日時：10月30日(土)～11月3日(水)、11月4日(木)～11月6日(土)

場所：長岡市、川口町、小千谷市、越路町、旧堀之内町、三条市

以後の調査計画立案のために、関係機関に対する聞き取り、建築物の被害概況調査及び避難状況等の調査を実施。

3) 建築物の被害詳細の調査

①木造グループ

日時：11月7日（日）～10日（水）、12月12日（日）～13日（月）

場所：魚沼市、小千谷市、川口町

戸建木造住宅を中心として、住宅の構法と被害の特徴等に関する調査を実施。

②RCグループ

日時：11月10日（水）～13日（土）

場所：小千谷市、川口町、十日町市、越路町、南魚沼市、長岡市

RC造建築物に見られる被害パターンやその特徴を把握、分析するために主として中高層RC建築物の被害状況について調査を実施。

③鉄骨グループ

日時：11月9日（火）～12日（金）、11月30日（火）～12月3日（金）

場所：小千谷市、川口町、旧堀之内町、十日町市、川西町、長岡市

主として応急危険度判定で「危険」と判定されたS造建築物、その他被害の大きいS造建築物について体育館を中心に調査を実施。

④基礎・地盤グループ

日時：11月9日（火）～12日（金）、18日（木）～19日（金）、
25日（木）～26日（金）、12月9日（木）

場所：小千谷市、川口町、十日町市、長岡市、見附市、柏崎市、刈羽村

被災宅地危険度判定に関する情報収集、基礎・地盤の詳細調査、被災建築物周囲の地盤状況等についての調査を実施。

⑤免震グループ

日時：11月11日（木）～12日（金）、18日（木）、12月8日（水）～9日（木）

場所：小千谷市、三条市、湯沢町

免震建築物の被災状況についての調査を実施。

⑥地震動・地形・地質グループ

日時：11月10日（水）～13日（土）、11月19日（金）、
12月2日（木）～3日（金）、27日（月）

場所：小千谷市、川口町

余震観測（建築物への強震計の設置）、微動測定、地盤情報収集等を実施。

⑦防火グループ

日時：11月19日（金）～21日（日）

場所：長岡市、小千谷市、川口町、十日町市

地震による火災の発生した建築物調査、市街地火災への拡大危険等に関する調査を実施。

10. 3. 調査結果の概要

10. 3. 1 木造建築物の被害状況

10. 3. 1. 1 調査目的等

木造住宅等の木造建築物の構法、構造仕様、構造要素の配置などを把握し、被害の程度と関連づけることによって平成 16 年新潟県中越地震による被害の特徴を把握し、被害の原因を究明するための基礎資料を得る。さらに、今後の震害軽減等に有効な耐震基準、構造仕様規定等に関する検討を進めるための基礎資料を得る。

1) 調査対象

被害の集中している小千谷市、川口町、長岡市、旧堀之内町、山古志村、十日町市、川西町を優先的に調査することとした。このうち、調査時点で新潟市方面から直接アクセスできない山古志村、十日町市、川西町は、当面の調査対象から外した。

初動調査の結果、被害率が最も高いと判断された旧堀之内町新道島地区、川口町武道窪地区、同町川口地区の被災木造建築物のなかから、詳細調査を実施する建物を選定した。選定にあたっては、通常の 1 層を RC または S 造とする高床式木造建築物と、通常の基礎高を有する木造建築物に分け、両者それぞれについて残留変形が大きいなど被害の大きい物件と外観上は比較的被害軽微に見える物件について詳細調査を実施した。

2) 調査の項目・方法

建築物の属性（階数、用途、構造方法、地下または基礎の構造方法等）、敷地条件（地盤の状況、擁壁の有無等）とその被害状況、基礎、土台、外壁、内壁、屋根の仕様とその被害程度、主要構造部分の仕様（柱、筋かいの寸法と留め付け方法等）とその被害程度等を調査した。各部の残留変形を計測し、建築物の間取り、壁の配置などを図面に書き取るか、または図面が存在する物件についてはこれを収集、または拝借した。建設年代や増改築履歴等については、居住者に対してヒアリング調査した。

10. 3. 1. 2 調査概要

1) 調査地域

以下に示す地域、集落に対して被害の概要調査、詳細調査、情報収集等を行った。

- ・ 小千谷市中心市街地・・・被害概要調査
- ・ 小千谷市東吉谷・・・・・・被害概要調査
- ・ 川口町川口・・・・・・被害概要調査、詳細調査 5 物件
- ・ 同 武道窪・・・・被害概要調査、詳細調査 4 物件
- ・ 同 田麦山・・・・被害概要調査
- ・ 同 和南津・・・・被害概要調査
- ・ 同 牛ヶ島・・・・被害概要調査
- ・ 同 相川・・・・・・被害概要調査
- ・ 同 木島・・・・・・被害概要調査
- ・ 魚沼市（旧堀之内町）竜光・・・・被害概要調査

- ・ 同 新道島・・・被害概要調査、詳細調査 9 物件
- ・ 長岡市・・・市役所による情報収集
- ・ 川西町・・・町役場による情報収集

2) 調査結果一覧

詳細調査を実施した物件の概要、並びにその被害概況を表 10.3.1 に示す。

表 10.3.1 詳細調査を実施した物件の概要とその被害概況

地区	記号	築年数 (年)	階数	応急 危険度	残留変形角の 最大値	被害概況	図面
旧堀之内町新道島	1-S-1	25	木 2	危険	1/7	1 階傾斜大	平面作図
	1-S-2	24	RC+木 2	危険	1/20	木造部分 1 階傾斜大	平面作図
	1-S-3	24	木 2	要注意	残留変形なし	基礎に亀裂、棟瓦一部 落下	平面作図
	1-S-4	29	木 2	危険	1/200	基礎に断裂、棟瓦落下	平面作図
	1-S-5	7	木 2	調査済	残留変形なし	被害軽微	後日郵送
	1-S-6	34	木 2	危険	1/7	1 階傾斜大	平面作図
	1-S-7	4	RC+木 2	危険	残留変形なし	RC 造部分に地盤変状 によると見られる損傷	後日郵送
	1-S-8	23	木 2	要注意	1/90	筋かい座屈	平面作図
	1-S-9	29	木 2	危険	1/70	基礎の断裂	平面作図
川口町武道窪	1-B-1	約 40	木 2	危険	1/11	玄関部分倒壊、1 階傾 斜大	平面作図
	1-B-2	3	RC+木 2	調査済	残留変形なし	被害軽微、内装の損傷	入手
	1-B-3	12	RC+木 2	危険	1/9	木造部分 1 階傾斜大	平面作図
	1-B-4	34	木 2	要注意	残留変形なし	基礎に亀裂	平面作図
川口町川口	1-K-1	55	S+木 2	危険	1/6	木造部分 1 階傾斜大	平面作図
	1-K-2	53	木 2	危険	1/6	店舗 1 階傾斜大	平面作図
	1-K-3	23	RC+木 2	危険	1/18	木造部分 1 階傾斜大	平面作図
	1-K-4	30	木 2	危険	1/50	店舗傾斜大（立起し後 の調査）	平面作図
	1-K-5	27	木 2	危険	1/120	外壁モルタルの剥落	平面作図

3) 詳細調査事例

詳細調査を行ったもののうち、代表的な事例を以下に示す。

住宅A

- ・ 1 階を鉄骨造とする高床式木造住宅。木造部分は昭和 24 年建築（築 55 年）で、昭和 58, 59 年に 1 階鉄骨造部分を増築した。増築の工事方法は、木造部分をジャッキアップし、その間に鉄骨造部分を建築し、その上に木造部分を据え付けた（現場に居合わせた施工者の説明）。
- ・ 鉄骨造部分は 910 mm モジュールで、鉛直・水平ブレースも配置され、ほぼ無被害であるのに対し、木造部分は 2 階道路側が東南東に 156/1000、南南西に 22/1000、中ほどは東南東に 126/1000、南南西に 9/1000、奥の部分は東南東に 34/1000、北北東に 12/1000 傾き、3 階道路側は東南東に 30/1000、南南西に 13/1000、中央部は東南東に 20/1000、南南西に 15/1000、奥の部分は東南東に 67/1000、南南西に 28/1000 傾いて

いた。南南西への傾斜は道路側の方が大きく、道路に直交する方向の傾斜は2階部分が両側に開くように変形していた。10/23、17:56の最初の地震で大きな被害を受けた。

- ・ 土壁を主体に、一部はせっこうボード等で改修されていたが、道路に平行した壁はほぼ全て崩れ落ちていた。
- ・ 2階部分が道路に直交する方向に開くように（裂けるように）変形していたため、3階の廊下の根太の一部が梁から外れ、床が抜け落ちそうであった。



写真 10.3.1 建物概観



写真 10.3.2 1階鉄骨造部分



写真 10.3.3 塗り土が崩落した土壁



写真 10.3.4 道路に直交方向の壁は比較的被害軽微

住宅B

- ・ 築40余年の伝統的構法による住宅。10/23、17:56の1回目の地震で玄関部分が崩壊した。玄関部分は建築当初よりちょうど2P分北へずらす改築工事を行った。
- ・ 南側にある駐車場の屋根に衝突して、倒壊を免れた模様。1回目の地震で建具は全て外れた。
- ・ 1階玄関付近が南に93/1000、西に90/1000傾斜。
- ・ 南側の大黒柱は、1階で南へ74/1000、西へ39/1000傾斜し、2階で南へ3/1000、西

へ 9/1000 傾斜していた。

- ・ 瓦は昨年葺き替え、同時に 2 階外壁も一部下見板を交換、再塗装した。
- ・ 全ての壁は土壁がベースで、外装は下見板張り。2 階北側から約 4P 分は、せっこうボードの内装のため、改装したものと想像される。
- ・ 水回り付近の土台に腐朽を確認。



写真 10.3.5 建物概観



写真 10.3.6 S 造の車庫屋根に衝突



写真 10.3.7 内壁の脱落



写真 10.3.8 ブロック基礎の立ち上がり部分の崩壊

3) まとめ

平成 16 年新潟県中越地震による木造建築物の被害状況を、初動調査、2 次調査の結果を総合的にまとめると、以下ようになる。

- ・ 被災地域のうち山間部では地滑り、土砂崩落による被害が集中し、これに基づく建物の転倒、崩壊等があった。
- ・ 平野部では作業小屋、車庫のみならず、比較的古い土塗り壁を有する木造住宅などを

中心に、倒壊、大破などの被害が数多く見られた。

- ・ 震動によって大きな被害を受けた建物は、河岸段丘の麓の地滑り地形等による入力地震動の増幅、壁量不足などが考えられる。
- ・ 市町村、集落ごとにみれば最も被害率が高いのは、川口町、魚沼市（旧堀之内町）新道島地区。次いで小千谷市東吉谷地区。
- ・ 1層を RC 造とした高床式木造は概して被害軽微であるが、2層以上の木造部分の壁量不足などの設計不備が原因と想像される被害や、地盤変状による被害を受けた家屋は少なからず存在する。

10. 3. 1. 3 現在の所見と今後の検討項目

以上の調査結果を踏まえ、現在までに分かったこと、今後の検討項目、継続調査を要する事項等を挙げると以下の通りとなる。

- ・ これまで木造住宅の地震被害としてあまり報告されていない種類の破壊形態、例えば比較的被害の軽い住宅における床の面内せん断破壊に起因すると思われる損傷、1階の損傷より2階の損傷が大きい被害例などがあるので、その被害の実態把握と原因推定のための調査を行う。
- ・ 損傷を受けた建物については、積雪の程度により、倒壊等の恐れがある。損傷程度と鉛直荷重支持能力の検討を行い、一定の残留変形角以上のものについては支持能力に問題が懸念されたため、建て起こし、応急補強の必要性を関係機関に情報提供を行った。さらに、被災した新潟県下において、数回の被災度区分判定ならびに復旧技術指針の講習会が開催された。復旧技術指針の適用にあたって、積雪荷重を適切に見込んだ耐震性の確保の必要性について情報提供を行った。また講師派遣要請に応え、講師派遣を実施した。
- ・ 震動による被害分布と地滑り地形との位置関係をマクロ分析等によって把握し、入力地震動の増幅傾向と被害状況の相関性を検証する。
- ・ 1層を RC 造とする多雪地域の特徴的な高床式木造構法について、各部の構法の実態を把握し、この差異が与える入力地震動との関係を分析し、高床式木造に関する適切な構造計画、施工方法等を検討する。また、不適切な構造計画、施工方法があった場合の改修方法等について検討する。

10.3.2 鉄筋コンクリート造建築物の被害状況

10.3.2.1 調査目的等

新潟県中越地震による鉄筋コンクリート（RC）造建築物の被害の特徴を把握するために、個別建築物の詳細調査を行った。本詳細調査の目的と対象として選定する個別建築物は下記の3種類に分けられる。

1) RC造建築物に見られる被害パターンやその特徴を把握し整理する

対象建築物：

- ・応急危険度判定で構造的な観点から「危険」と判定されたRC造公共建築物
- ・民間の建築物で被害の大きなRC造建築物

2) 強震観測記録と建築物被害の関係を調査するための建築物側の基礎資料を得る

対象建築物：強震記録が得られた付近のRC造公共建築物（被害程度に拘わらずに調査）

3) 阪神淡路大震災でクローズアップされた中高層RC建築物の被害の有無について調査する

対象建築物：民間建築物の中層建築物

10.3.2.2 被害概要

新潟県中越地震の激震地と言われる小千谷市、川口町、越路町、十日町市におけるRC造建築物の多くは学校や役所などの公共建築物であり、そのほとんどは4階以下の低層建築物である。また、中高層建築物は病院建築物などに数棟見られた程度である。これらの中で、中破以上の被害を受けた建築物は調査した範囲では6件8棟であり、木造に比べると大きな被害を受けた建築物の総数はさほど多くはない。

被害が生じたRC造建築物の被害パターンとしては、柱及び壁部材のせん断破壊やせん断ひび割れに伴う損傷が多く見られた。その他には、中低層建築物の柱主筋の座屈に伴う曲げによる損傷や短スパン梁のせん断破壊、非構造壁の大きなせん断ひび割れ、偏心による柱のせん断破壊及び地盤変状に伴う建築物の傾斜等が確認された。調査項目としては整備された強震観測地点付近の建築物の損傷調査についても行った。

被害を受けたもののほとんどは、新耐震設計以前の建築物であり、従来の地震被害においても同様な被害が見られその脆弱性が指摘されてきたものである。

詳細調査の事例

建築物A

昭和36年竣工の普通教室棟（RC3階建、塔屋有り）と、昭和37年竣工の管理、普通、特別教室棟（RC3階建、塔屋有り）および昭和37年竣工の特別教室棟（RC3階建、塔屋有り）の校舎3棟に、軽微～大破の被害が生じている。なお、昭和38年竣工の給食室棟（S1階建）や昭和39年竣工の屋内運動場（下部RC+上部S）には顕著な被害は生じていない。

校舎の部材に見られた具体的な損傷は、腰壁やたれ壁が取り付け短柱となったRC造柱のせん断破壊（写真10.3.9）やせん断ひび割れで、特に特別教室棟の1階の柱は軒並みせ

ん断破壊しているという状況（写真 10.3.10、10.3.11）であった。なお、普通教室棟と管理・普通・特別教室棟は平面及び立面において全く同じ構造である。

平成 16 年の耐力度調査によると、コンクリートの設計基準強度は 18 N/mm^2 であり、コア試験による実測強度は、普通教室棟が $21.4 \sim 35.7$ （平均 26.6 ） N/mm^2 、管理・普通・特別教室棟が $13.0 \sim 22.9$ （平均 15.9 ） N/mm^2 、特別教室棟が $14.4 \sim 27.2$ （平均 18.7 ） N/mm^2 である。

なお、本建築物については、今後耐力度調査の結果と実際の被害の関係についての詳細な検討を実施する予定である。



写真 10.3.9 特別教室棟の 1 階廊下側



写真 10.3.10 特別教室棟の 1 階廊下側の被害

短柱のせん断破壊



写真 10.3.11 特別教室の 1 階教室側柱のせん断破壊

建築物 B

本建築物は、複数回の増築を重ねている。具体的には、昭和 43（3 階建て）、44 年（7 階建）、55 年（7 階建）、57 年（3 階建）、昭和 63 年（3 階建）、平成 2 年（4 階建）にそれぞれ建設されている。各建築物（病棟）はエキスパンションジョイントによってそれぞれ独立した構造体となっている。

上記構造物の中でも昭和 43 年の建築物（写真 10.3.12）はもっとも損傷が大きく、1 階（600*600mm、主筋 29φ、せん断補強筋 9φ@300（端部はそれより多い）、90 度フック）及び 2 階の短柱がせん断破壊している（写真 10.3.13）。それ以外の損傷としては昭和 44 年棟の短スパン梁のせん断破壊（写真 10.3.14、せん断ひび割れ幅は 1 階から上階へ順に 0.5、1.1、2mm 以上（かぶり剥落）、2mm 以上、0.7、0.45、0.4mm）や梁端部の曲げひびわれ（写真 10.3.15）などが確認された。同棟の廊下部分の壁（壁厚 120mm、鉄筋@250 シングル配筋）にも顕著なせん断破壊が認められた（写真 10.3.16）。また昭和 55 年の建築物は非構造壁に大きな損傷が見られた（写真 10.3.17）。それ以外のいわゆる新耐震基準に基づき設計された建築物の損傷度は極めて小さかった。建築物全体としては昭和 43 年の建築物の被災度は大破、昭和 44 年が小破、その他は軽微以下であると判断される。

10.3.2.3 現在の所見と今後の検討項目

新潟県中越地震によって、鉄筋コンクリート造建築物には柱（特に短柱）や壁のせん断破壊や、中低層建物の柱脚部ヒンジゾーンの主筋座屈を伴う損傷や短スパン梁のせん断破壊、偏心による被害、非構造部材の損傷などが比較的古い（新耐震基準以前の）建築物に見られた。これらは 1968 年の十勝沖地震以降、度々観察され報告されてきた被害項目であり、耐震補強の重要性を改めて示すものである。特に、腰壁やたれ壁などが取り付け短柱化した柱のせん断破壊で損傷度 V のものも多く見られ、このような脆弱な軸力支持部材の性能改善が特に重要であるといえる。また短柱のせん断破壊については新耐震基準に基づく建築物にも見られたため、非構造部材が取り付け短柱化した柱の設計時における取り扱いを確認する必要がある。また、建築物の傾斜も確認されたが、これが何に起因するものであるかの検討も必要である。

今回の地震では、激震地に耐震補強された建築物が少なからず存在したことが特徴である。それらの建築物の中には損傷が生じたものも見られたが、そのほとんどは同一建築物の中でまだ耐震補強が施されていない部分に見られたものであり、改めて補強の適切さと重要性を認識させた。なお、一部の建築物では、補強を施した部分の柱にもせん断ひび割れ等の損傷が見られた。これについては、まずその被害原因（震動によるものか不同沈下等、別の要因によるものか）を特定する必要がある。なお、耐震補強設計は倒壊防止を目的として実施されている場合も多く、その場合はある程度の損傷の発生は予測されるため、耐震補強の要求性能レベルについては所有者と設計者との間で適切な判断がなされる必要がある。

今後は、今回の調査でまとめられた各建築物の被災状況を、強震記録と関係づけて解析的に検討するほか、耐力度調査や耐震診断結果等とも総合的な比較を行い、地震動と建築物被害の関係についてまとめる予定である。



写真 10.3.12 建築物 C の昭和 43 年竣工棟



写真 10.3.13 昭和 43 年竣工棟の短柱のせん断破壊



写真 10.3.14 昭和 44 年竣工棟の短スパン梁のせん断破壊



写真 10.3.15 昭和 44 年竣工棟の梁端の曲げひび割れ



写真 10.3.16 昭和 44 年竣工棟の壁部材のせん断破壊



写真 10.3.17 昭和 55 年竣工棟の非構造壁部材の損傷

10.3.3 鉄骨構造建築物の被害状況

10.3.3.1 調査目的等

以下の観点で、学校体育館を中心に鉄骨造建築物の被害調査を行った。

- ①構造被害があるとされる学校体育館等の特定公共鉄骨造建築物の構造被害調査
- ②一般鉄骨造建築物の被害概要調査
- ③非構造部材等の被害調査

10.3.3.2 被害概要

1) 学校体育館等の被害

- ・ 桁行方向ブレース材の座屈、ブレース材接合部（ボルト接合部、溶接接合部）破断があった。張り間方向（円筒ラチスシェル、山形ラーメン等）の構造の被害は特に見られなかった。
- ・ ブレース材が接続されている間柱脚部のアンカーボルト破断
- ・ 天井材、外壁、窓ガラス（サッシ）、照明器具、の破損、落下
- ・ その他、音響機器、空調装置等の部品落下

2) 一般鉄骨造建築物の被害

- ・ ラスモルタル外壁等の破損、落下
- ・ 柱脚部の被害、梁継手部等の破断

3) 詳細調査の事例

体育館 A

桁行方向ブレース材の座屈及び破断。ブレース材 2L-50x50x4。舞台脇の仕上材一部落下。床の沈下。間柱脚部のアンカーボルト（2本ずつ4箇所）が全て破断。張り間方向は特に被害なし。

間柱脚部のずれの跡から、桁行方向の最大層間変形は 50～60mm 程度（層間変形角で $50 \sim 60 / 3700 = 1/74 \sim 1/61$ 程度）に達したものと推察される。

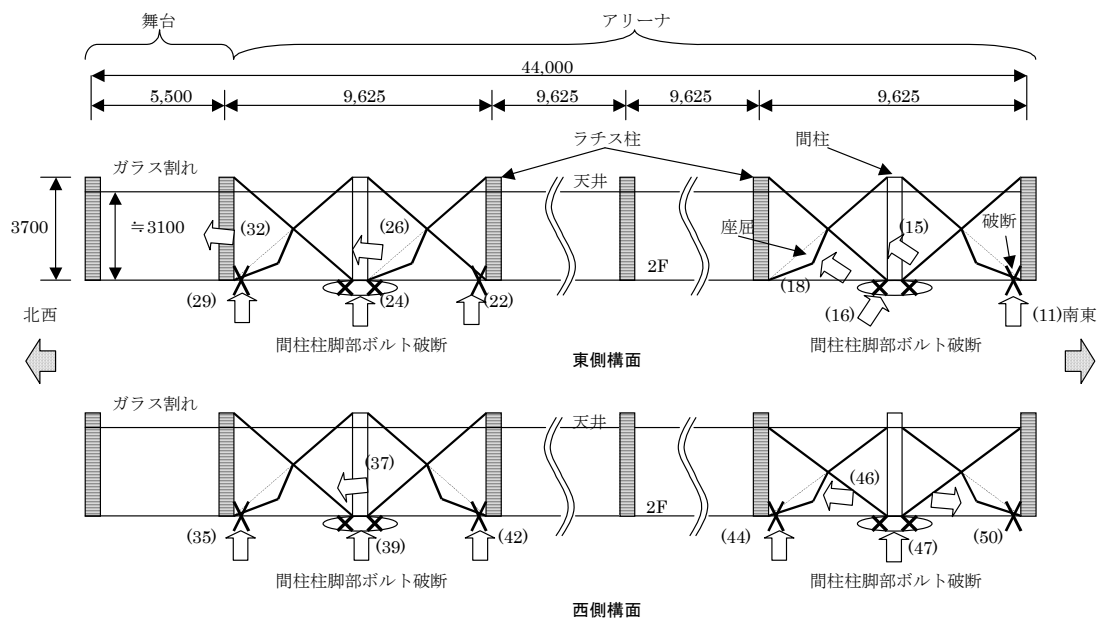


図 10. 3. 1 体育館 A 桁行方向ブレース材の被害状況



写真 10. 3. 18 内観



写真 10. 3. 19 内観



写真 10. 3. 20 ブレース材端部ボルト破断
(11)



写真 10. 3. 21 間柱脚部アンカーボルト破断(16)



写真 10.3.22 ブレース材座屈(15) 写真 10.3.23 つづり部での亀裂(18)



写真 10.3.24 ブレース材端部ボルト破断 (22) 写真 10.3.25 間柱脚部ボルト破断、ずれの跡 (24)

センターB

1～2階が RC 造、3階及び屋根が S 造の建築物で、竣工は 1994 年である。

RC 造の部分に、被害は無かった。

天井 3 割程度落下。せっこうボード 9mm 厚+ロックウール。せっこうボードとロックウールはステーブル留め。吊りボルト多数あり、600～800mm ピッチ。スピーカー 2 個落下、400x400 程度の大きさ、重量 1 個当たり 10kgf 程度。シングル野縁間隔 300mm 弱。せっこうボード 910x1600。せっこうボードは野縁にビス留め。ビスピッチ 300mm 以下。

ブレース材 2C-180x75x 7x10.5、X 型、4 箇所全て座屈（破断なし）。

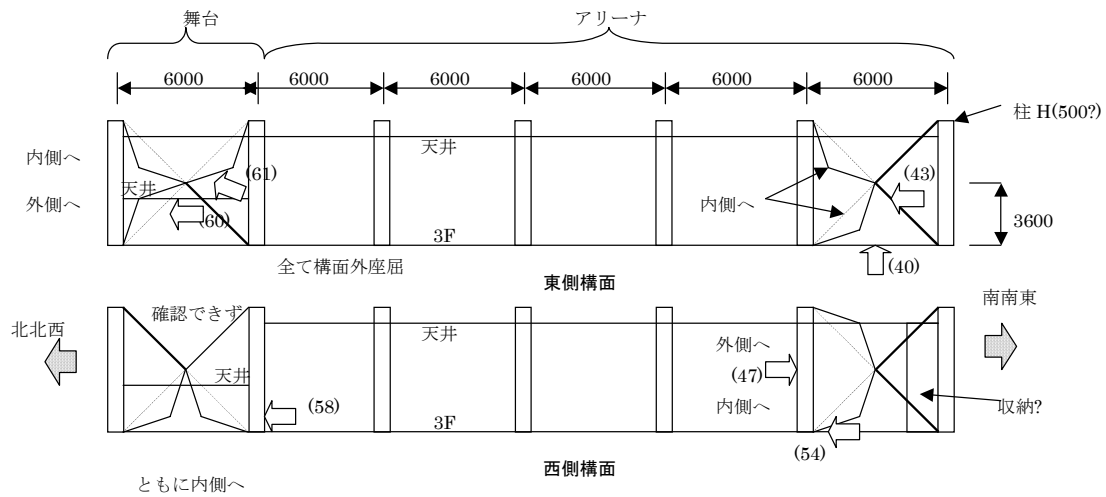


図 10.3.2 センターF 桁行方向ブレース材の被害状況



写真 10.3.26 内観



写真 10.3.27 天井



写真 10.3.28 落下した天井とスピーカー

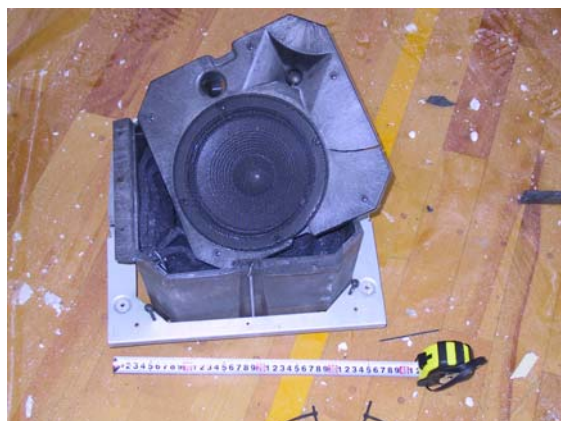


写真 10.3.29 落下したスピーカー



写真 10. 3. 30 落下した天井



写真 10. 3. 31 落下した天井



写真 10. 3. 32 落下した天井



写真 10. 3. 33 ブレース材の座屈(40)



写真 10.3.34 ブレース材の座屈(43)



写真 10.3.35 ブレース材の座屈(47)



写真 10.3.36 ブレース材端部（柱は H-500?）
(54)

10.3.3.3 現在の所見と今後の検討項目

1) 体育館の構造的被害について

調査した範囲では張り間方向に構造的な被害は見られないものの、桁行方向のブレース材の座屈・破断や間柱脚部のアンカーボルトの破断等、大きな被害が見られた。間柱の移動跡から層間変形角で $1/70 \sim 1/60$ 程度の大きな最大変形を経験したと推定されるものもあった。

耐力計算の結果からは、新耐震設計法施行前の体育館については、特に桁行方向のブレース材の接合部に耐力不足があるために、大地震動に対してブレースの破断を含めた被害を受ける危険性があると言える。さらに、今回被災した体育館は多雪地域にあるので雪荷重も考慮して地震力の計算がされていたと考えられるが、屋根上に積雪のない軽い状態、すなわち地震力が小さい状態にもかかわらず、ブレース材の破断等を被っている。新耐震設計法施行以前の設計では大地震動に対する終局状態を想定した構造計算や保有耐力接合が課されていなかったこともある。雪荷重を考慮した中地震動相当の外力に耐えうるように設計された建築物であっても、雪のない時期の大地震動に対して安全性が確保されない場合もあることが明らかとなった。この点については今後さらに被災地域における他の体育館の調査も行い、新耐震設計法施行前の体育館の耐震安全性（危険性）を把握したいと考えている。

調査した範囲では体育館の耐震診断・耐震補強はほとんど実施されていなかった。震災時に避難所として活用される可能性があることを考えれば、体育館の耐震診断・耐震補強についても早急に実施することが必要である。

なお、新耐震設計基準以降に建設された体育館のうちブレース材接合部（溶接部）が破断したものがあったが、溶接部分の保有耐力接合の条件が満たされていたのかどうかを含め、幅広く原因を追及する検討が必要であろう。

また、ブレース材を間柱に接合する形式の構造においては、間柱脚部に破壊が生ずるとブレース材の力が伝達されなくなるので、ブレース材によって生ずるせん断力等を適切に考慮して脚部のアンカーボルト等の耐力を確保する必要がある。今後、この種の構造の耐

力の検証法が妥当かどうかの検討を行う。

2つの部材（山形鋼等）をつづり合わせたブレース材では、座屈による曲げ変形が集中する箇所につづり合わせの断面欠損部がある場合に、当該部分で亀裂が発生していたものがあつた。引張ブレースとして設計し、座屈を許容するのであれば、つづり合わせの位置についても注意すべきである。

屋根面の水平ブレース材の破断が確認されたものがあつたが、天井材がなかったために、水平ブレース材の破断と天井材の損傷との関係は不明である。ただし、屋根面の水平ブレース材の被害そのものについては今後検討を行う予定である。

体育館が屋根の上に雪が積もった状態で余震に見舞われれば、大破あるいは崩壊・倒壊に至る可能性は少なくないものと考えられる。従って、破断したブレースの交換やブレースの新設等、応急的な補強対策が急がれる。具体的な補強方法については文献 1)などが参考となろう。

2) 非構造部材の被害について

硬化性パテどめのはめ殺し窓では、窓ガラスの破損が見られた。窓枠が極端に破損した場合を除くと弾性シーリング材どめやグレージングチャネルどめの窓では、窓ガラスの破損は見られなかった。硬化性パテどめのはめ殺し窓は、変形追従性が小さく、 $1/1,500 \sim 1/500$ の層間変形角で破損すると考えられ、昭和46年建設省告示第109号（平成12年最終改正）の昭和53年の改正で3階建て以上の建物の場合使用が制限された。

引き違い窓のサッシの落下が2段窓の上段で見られた。面内に生じた層間変形角によって落下するとは考えにくいので、慣性力や他の部材の破損や変形を含めた詳細な検討が必要であろう。

ウール張りの天井では、音響設計のため複雑な形状になっている部分で脱落していた。国土交通省住指第2402号「大規模空間を持つ建築物の天井の崩落対策について（技術的助言）」では、対策として吊りボルトへのブレース材等の補剛材の配置、クリアランスの確保、段差部分の補強等をあげている。

室内壁では、件数は少なかったが舞台周辺の妻壁での脱落が見られた。

新耐震設計法では、一部の建築物を除いて構造体に中地震動に対する層間変形角の制限（ $1/200$ ，条件によって $1/120$ まで緩和可能）が加わった。新耐震以降、非構造部材はこの変形制限を目安に設計、施工されている。今回の地震被害では、ブレース材の破断等により、この変形制限を超える層間変形が作用した体育館が数多く見られた。今後、構造体の被害状況と非構造部材の被害状況の関係を検討する予定である。

1) 実務者のための既存鉄骨造体育館等の耐震改修の手引きと事例、(財)日本建築防災協会及び(社)建築研究振興協会、2004.8

10.3.4 宅地・地盤の被害状況

10.3.4.1 調査目的等

基礎及び周囲地盤に起因する建築物の被災状況の概要の把握のために4回の現地被災調査を実施した。調査対象とした地域は、地震直後の概要調査、応急危険度判定結果、被災宅地危険度判定結果及び他の期間における調査等を元に選定した。

■調査地区

1. 長岡市（悠久町、西片貝町、中沢町、高町）
2. 見附市南本町
3. 川口町（中央部、西倉地区）
4. 十日町市（新座地区）
5. その他（柏崎市、刈羽村など）

10.3.4.2 被害概要

新潟県中越地震では、斜面地における地すべりや崖くずれが多発し、宅地及び宅地上の住宅に被害が生じている。斜面崩壊に伴う地割れが宅地内や住宅にまで到達して住宅が引き裂かれたケースや建物直下の地盤が崩れかけているケースなども少なくない（写真10.3.37）。被害の原因としては、過大な地震動、土壌雨量の影響なども考えられる。

宅地の被害に関しては、国土交通省都市・整備局都市計画課の指導のもとで宅地の危険度判定がなされ、(独)建築研究所はこの危険度判定に協力し、判定等の指導を行った。表10.3.2には、この危険度判定の概要を示す。危険度判定の調査宅地は、全体で3,329宅地(11月20日現在)であり、このうち危険が519宅地(16%)、要注意が361宅地(11%)となっている。

上記の宅地の危険度判定の対象となった約3,300宅地は、地すべりや崖くずれなど比較的規模の大きい地盤災害が生じた地域・集落や被災地における規模の大きい団地が多いと考えられるが、それ以外の地域でも液状化や個々の宅地地盤の被害が数多く認められている。



写真 10.3.37 宅地地盤の被害（地すべり、崖くずれ、地割れなどによる被害）
 上3段目は、緩斜面での地盤変動によって幅約1.5m程度の横ずれと約1m程度の地盤の沈みこみが生じ、上部構造が崩壊した例

液状化に関しては、柏崎市・刈羽村周辺のほか、見附市南本町付近、長岡市（長岡ニュータウンほか）などでも発生している。見附市南本町周辺は、本年7月の水害を受けた地域でもあり、水害に加えて今回の液状化被害を受けた住宅もある。なお、液状化は、飽和した砂層が厚く堆積している自然地盤だけでなく、地下埋設物のための埋め戻し部分など局部的に緩い砂が存在している地点でも発生しており、マンホール等の浮き上がりが随所に認められている。

そのほか、長岡市周辺など、個々の宅地や比較的規模の小さい数棟の造成宅でも、敷地及び擁壁の変状に伴って住宅の沈下障害などが数多く発生している。

表 10.3.2 被災宅地危険度判結果（11月20日現在）

国土交通省都市・整備局都市計画課調べ（単位：件、％）又は（単位：箇所、％）

判定実施市町村	被災宅地危険度判定件数						
	計	判定内訳					
		赤(危険)判定		黄(要注意)判定		青(調査済)判定	
1 長岡市	1,599	96	6%	81	5%	1,422	89%
2 小千谷市	226	135	60%	48	21%	43	19%
3 十日町市	405	21	5%	15	4%	369	91%
4 見附市	152	25	16%	9	6%	118	78%
5 三島町	22	17	77%	1	5%	4	18%
6 川口町	392	103	26%	95	24%	194	49%
7 旧堀之内町	63	22	35%	12	19%	29	46%
8 旧小出町	73	11	15%	19	26%	43	59%
9 刈羽村	56	6	11%	18	32%	32	57%
10 西山町	25	3	12%	3	12%	19	76%
11 旧守門村	164	26	16%	23	14%	115	70%
12 越路町	126	45	36%	25	20%	56	44%
13 旧入広瀬村	10	4	40%	4	40%	2	20%
14 小国町	16	5	31%	8	50%	3	19%
合計	3,329	519	16%	361	11%	2,449	74%

※ 1. 各判定実施市町村に占める赤、黄、青判定の割合は、四捨五入の関係で100%にならない場合がある。

2. 各判定実施市町村に「旧」とある箇所は、11/1の市町村合併により「魚沼市」となった市町村である。

宅地・地盤被害の被害事例（長岡市悠久町）

長岡市悠久町は、悠久山（丘陵）を中心に広がる住宅地である。ここでは比較的規模の大きい盛土部分の地すべりに起因する被害が生じていた。斜面の頂部には古くからの農道及び水路が存在していたがこれらに移動その他の変状は見られず、被害の原因としては盛土部分の安定性にあると考えられる。現在も残っている水路を中心に基礎の立上り部分のひび割れ・破壊や上部構造のずれ、傾斜等の被害が多く認められた。

また、聞き取り調査から判断すると、特に被害の大きな部分に接近する形で斜面上の住宅が建設されたようであり、斜面全体としての安定性が十分でなかったと考えられる。特に、当該地域は、過去には沢地や谷であったことが確認されており、このような斜面地での住宅及び宅地擁壁の建設に際しては、当該宅地だけでなく敷地周辺の荷重・外力の変化についても適切に考慮することが重要と考えられる。

写真 10.3.38 は、斜面上部の住宅の被害状況であるが、水平方向に約 1.5m、鉛直方向に約 0.5m の地盤変位が生じて住宅が落ち込み、斜面下方側の裏庭のコンクリート擁壁が 50cm 以上大きく裂かれて、土砂が下方に押し出されていた。

図 10.3.3、写真 10.3.39 は、斜面下方の住宅等の被害状況であるが、地すべり等によって下方の住宅が押し上げられ、布基礎(無筋もしくは鉄筋量の少ない有筋)が 50cm 以上大きくゆがみ、数カ所で圧壊していた。



写真 10.3.38 斜面上部の住宅（A 邸）の被害状況

左：住宅周辺の地盤変位、中：住宅の被害状況、右：斜面下方側にある裏庭の擁壁の破壊

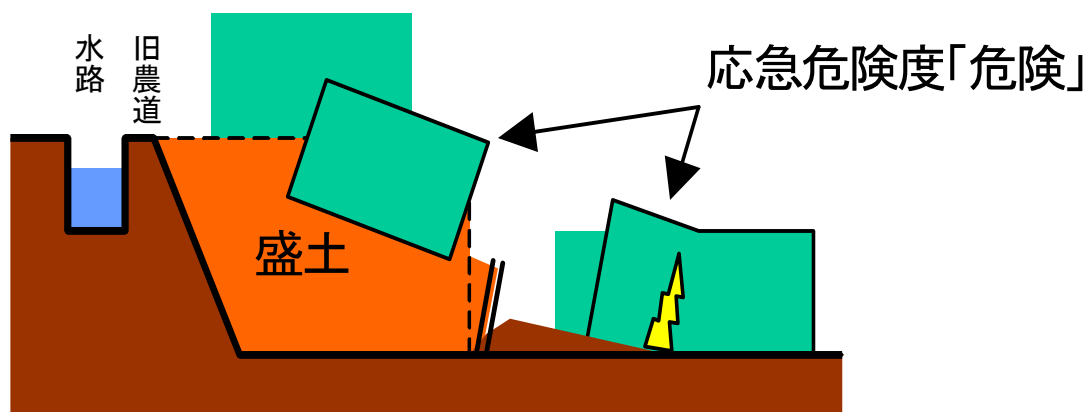


図 10.3.3 斜面被害の概要



平面図

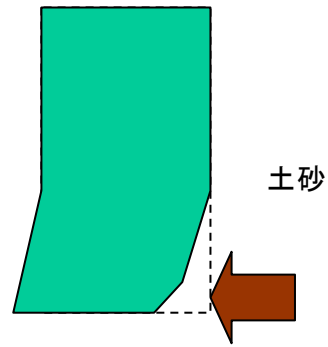


写真 10.3.39 斜面下部の住宅（B 邸）の被害状況

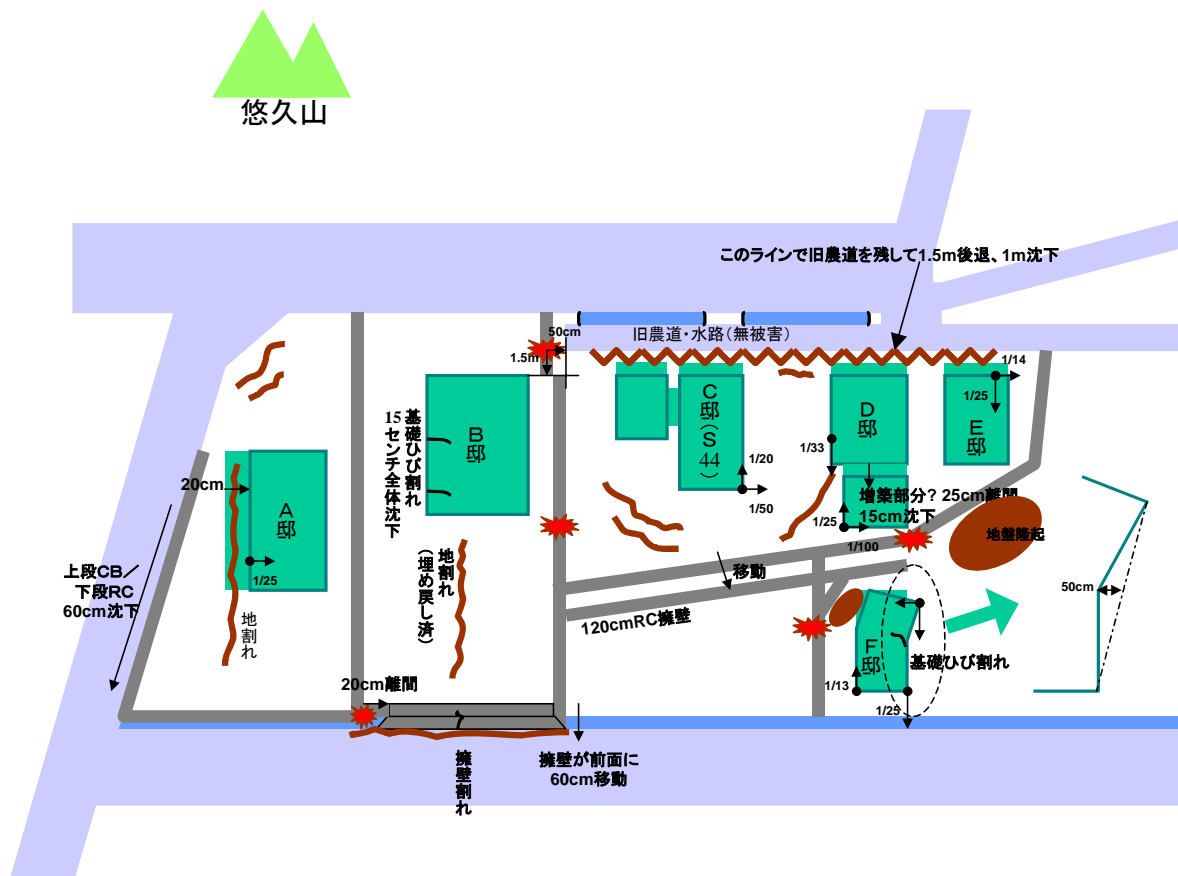


図 10.3.4 悠久町の地盤被害の概要

液状化の被害事例（見附市等）

今回の地震では、沿岸部の柏崎市や刈羽村のほか、内陸の低地や丘陵地（長岡市など）でも液状化による被害が発生していた（写真 10. 3. 40、写真 10. 3. 41）。液状化に伴って地盤が局部的に隆起し、土間コンクリートなどが破壊して大きく傾斜した住宅のほか、30cm 程度の不同沈下が生じた建物（鉄骨造 3 階建て）も認められた。

ここでは、見附市における液状化被害の概要を示す。

見附市南本町周辺では、液状化現象による被害が顕著であった。当該地区の公園内その他で大きな噴砂の跡が認められた。公園横の木造住宅では、床下から 20cm 程度一面に砂が吹き上がって堆積し、約 1 度傾斜していた。この住宅では家具の下に壁側に傾けるよう板材を敷いていたためか、家具の転倒はなかったようであるが、フスマ等の開閉不良や仕口のずれなどが生じており、地震前から生じていた基礎のわずかな亀裂が大きく開き、基礎の内部から砂が建物の外に吹き出していた。また、道路沿いに隣接する 2 棟が互いにもたれ合うように傾斜している状況も認められた。

なお、土地の履歴に関して、居住者に聞き取り調査した結果、液状化による傾斜等の被害が大きい地区は、旧河道であることのことであった。



写真 10. 3. 40 液状化による被害（刈羽村）

（右：1/20 以上傾斜した建物、 左：最大 30cm の不同沈下が生じた建物周辺の噴砂）



写真 10. 3. 41 液状化による地盤の隆起と宅地内の地割れ（長岡市）

10. 3. 4. 3 現在の所見と今後の検討項目

1) 斜面崩壊・地すべり

急斜面或いは緩斜面における斜面崩壊や地すべりが原因で宅地地盤が大きく変状し、建築物に大きな被害が生じている場合が数多く認められている。このため、宅地の耐震性能を検証することが、被害原因や今後の対策を考えるために重要であり、土砂災害の予測や評価方法の現状などにも配慮した検討が必要と考えられる。

宅地地盤の被害状況に関する今後の検討項目としては、宅地の被害状況と造成情報や旧地形などの関係についてのデータの収集分析が必要である。被災宅地のなかには、造成情報だけでなく当該敷地の地盤条件すら明確でない場合も少なくないので、地盤調査を実施して被害原因を検討することが必要と考えられる。また、被災宅地の調査に関しては、盛土と地山の評価などが重要であるが、専門家によっても両者の区別が異なることもあるので、古地図などを利用した詳細な調査が必要である。

2) 液状化

見附市、長岡市、柏崎市、刈羽村などでは、液状化により過大な沈下・傾斜が生じて、居住することが困難になった住宅や取り壊さざるを得なくなった住宅が少なからず存在している。

今回液状化の被害が顕著であった地域の中には、これまでの地震被害と同様、旧河道沿いに集中しているケースが多いので、液状化による被害地域と旧地形や土地の履歴などの関係に関する検討が必要である。ただし、液状化によって大きく傾いた住宅の周辺であっても、傾斜や沈下が全く生じていない建物も数多く存在しており、上部構造の特性や基礎の構造方法、さらには地盤改良等の採用の有無などを含めた情報の収集が重要と考えられる。聞き取り調査によると、地盤改良を採用しているにも係わらず沈下障害が生じた例や地盤改良を採用したためか沈下障害が認められなかった例があるので、被災地における住宅の被害と住宅建設時の地盤調査の結果及び地盤改良の詳細仕様を把握することが重要と考えられる。

3) 宅地擁壁

宅地擁壁の沈下や滑り出し、さらには構造的障害により宅地上の住宅に被害が生じた例は多い。被災した擁壁の構造方法に関して、今回の地震被害には直接係わりがない可能性もあるが、水抜き孔が完全に目詰まりしている場合や背面に排水層が設置されていない場合のほか、壁厚等が壁高に対する一般的な擁壁の標準仕様と比較すると不十分と思われるケースもあったので、擁壁に必要な仕様を設計段階で確保し、施工時に確認することが重要である。一旦被災してすべりやすくなると、雨水の浸入による被害が生じやすくなるので、被災した擁壁に関しては、排水機能にも配慮した修復や復旧が重要である。

4) 基礎構造

戸建住宅の基礎の被害の多くは、ブロック基礎や石積み基礎、無筋コンクリート造の基礎など、現在の一般的な一体の鉄筋コンクリート造でない古いタイプの基礎に認められている。

先般の建築基準法の改正により、建設省告示第1347号(2000)が新たに規定され、原則、一体の鉄筋コンクリート造の布基礎やべた基礎とすることが求められており、寸法や配筋

の最低仕様も示されている。この規定を満足する一体の基礎については、地すべり地帯などを除くと、構造被害や傾斜が軽微であったと考えられるが、換気孔周辺のひび割れだけでなく、コーナー部のコンクリートの剥落など構造的な被害も少なからず認められている。

この原因としては、コーナー部の基礎に押込み力や引抜き力が作用するだけでなく、水平力が基礎に作用し、アンカーボルトから伝達されるせん断力によってコンクリートが破壊した可能性も考えられる。引抜き力によってコンクリートが損傷するとせん断力によりアンカーボルト周辺のコンクリートが破壊しやすいと考えられる。コーナー部に関しては、鉄筋の継ぎ手やハンチ補強など、これまでの様々な基礎の障害事例を教訓にして多くの補強方法が提案されているが、損傷した基礎の仕様の詳細を把握することが今後重要と考えられる。

5) 今後の検討項目

宅地地盤及び基礎の被害に関する所見や課題等については前節までに述べたが、今後の検討すべき事項を以下に示す。

- ① 被災した基礎や宅地の中には地盤情報が全くないものも少なくないので、基礎設計や宅地造成の今後にとって重要と考えられる地点で地盤調査や基礎仕様等に関する詳細調査を実施し、被害原因などを検討する。
- ② 液状化による宅地及び住宅の被害に関しては、既存の液状化予測方法などを用いて判定方法の検証を行い、判定方法の信頼性などを検証する。また、液状化対策や軟弱地盤対策として採用されている工法等に関する情報を収集し、効果の検証を行う。
- ③ 戸建住宅の基礎の被害に関しては、損傷がコーナー部に多く認められたので、被災した基礎のコーナー部の寸法及び配筋の詳細などを把握し、現在提案されているコーナー部の補強方法等の妥当性を検証する。
- ④ 基礎の被害と敷地の生い立ちや履歴などの関係を詳細に調査し、土地条件図などを利用した基礎設計のあり方や敷地の実況に応じた地盤調査の方法を含めて、適切な調査・設計法を検討する。その際、建設時における地盤調査と基礎設計に関する情報を収集することが有効である。
- ⑤ 一般建築物でも過大な傾斜や沈下が生じた例がいくつか認められたので、詳細調査を行う。
- ⑥ 不同沈下や傾斜が生じた建築物の沈下修正などが今後実施されることが考えられるので、沈下修正の実態を把握して、沈下障害の原因等に関する詳細な検討や沈下修正のあり方や合理的な沈下修正工法を検討する。
- ⑦ 宅地の被害と建築物の被害との関係を双方の危険度判定の結果などに基づいて調査し、宅地の性能と基礎の性能との関係を検討する。

10.3.5 免震建築物の被害状況

10.3.5.1 調査目的等

地震時における免震建築物の挙動を把握するために、新潟県に建設されている免震建築物の調査を行った。新潟県の中でも、観測された地震動が大きかった地域に建設されている建築物を中心に調査した。調査内容は免震層の免震部材および免震層周辺の状況を把握することである。

10.3.5.2 調査概要

小千谷市に建設されている免震建築物の調査を行った。

1) 免震建築物の概要

本建築物は、平成9年に竣工した5階建RC造の免震建築物である。免震層は天然ゴム系積層ゴム(以下、積層ゴム)と弾性すべり支承(以下、すべり支承)で構成されている。積層ゴム18体、弾性すべり支承21体である¹⁾。

2) 免震層の調査結果

免震層の残留変位の目視と残留変位の測定を行った。写真10.3.42に示すように、残留変位は長辺方向(南北方向に近い)に約30mm生じているが、短辺方向には残留変位がほとんどない状態であり、積層ゴムでほぼ同程度の値が生じている。

すべり支承のすべり軌跡や設備配管の設置台の軌跡が残されており、その軌跡から免震層が150mm以上変位した様子が確認でき、変形の大きい方向は建物の45度の向き(方位で東の方向)である。本震等による地震動で免震層が十分に變形し、免震効果が現れたことが推察される。

また残留変形の大きさは免震部材の特性と関係していると考えられるが、すべり支承を併用しているため、すべり支承の摩擦係数の大きさにより、この程度の残留変位が生じることも考えられる。

3) 免震層周辺の調査結果

写真10.3.43に、正面入り口付近では免震層の移動により周辺の敷石が押された様子が観察された。免震と非免震との間の部材の設置状況を確認する必要がある。正面以外の部分においては特に問題が発生している箇所は見られなかった。



写真 10.3.42 積層ゴムの状況

4) 免震建築物の地震時挙動

本建築物では地震動観測が実施されており、免震層下部の基礎上で、最大加速度 807gal、免震層上部の 1 階床位置で 205galとなる結果が得られたことが紹介された。免震層上部の最大加速度は基礎上のその 0.25 倍となり、加速度記録からも免震構造の地震時の特徴が確認された²⁾。免震効果を裏付ける貴重なデータである。



写真 10.3.43 正面入口付近の免震・非免震部分の様子

10.3.5.3 現在の所見と今後の検討項目

小千谷に建設された免震建築物において、免震部材に大きな移動が生じている軌跡が確認された。また地震動観測における加速度記録から、本建物は十分な免震効果を示したことが確認できた。積層ゴムには残留変形が生じているが、免震層が十分な変位が生じた証拠とも言える。残留変形の大きさは免震部材の特性と関係しているため、すべり支承の摩擦係数等免震部材の力学特性に基づいた検討が必要となる。

新潟県には他にいくつかの免震建築物が建設されており、それらの調査を行う予定である。その際、免震層およびその周辺の状況を確認する調査を行うとともに、地震時における免震建築物の揺れの様子をヒアリング等により確認することを考えている。これらの調査結果に基づいて、免震建築物における地震時性状をまとめる予定である。

参考文献

- 1) 日本建築センター：性能評価シート、ビルディングレター、pp.65-66、1996.10
- 2) 溜正俊、鵜田隆：免震建物の地震観測記録と振動解析結果、平成 16 年新潟県中越地震被害調査報告会梗概集、地震学会他、pp.111-116、2004.12

10.3.6 建築物の火災被害の状況

10.3.6.1 調査の目的等

新潟県中越地震において発生した建物火災の特徴を把握し、地震による火災被害の軽減対策に反映させるため、火災に関する情報を収集するとともに、火災現場の調査を実施した。2004年11月19日～21日にかけて、建築火災及び都市火災の研究者4名が現地に入り、各消防本部へのヒアリングと火災現場の調査により情報収集を行った。また、地震による市街地火災へ拡大する潜在的な危険性について、周辺市街地などの状況を調査した。

10.3.6.2 被害の概要

今回の地震により発生した建物火災は、長岡市、小千谷地域、十日町地域の各消防本部が公表している資料によれば合計9件である。各火災の発生場所とその概要を表10.3.3に示す¹⁾。出火した建物や室の用途は、住宅又は住宅に付属した部分が6件、工場が2件、ホテルの屋上が1件である。

ほとんどの火災は11月23日17時56分の本震又は本震に続いて短時間に起こった余震の直後に発生している。9件の内5件は、ぼや又は部分焼であり、住民などによる迅速な通報、初期消火により発見から比較的短時間で鎮火している。一方、周囲に延焼又は延焼の危険のあった火災は4件である。ガス爆発など火災の成長が早い場合と、土砂崩れや道路閉鎖などで放任火災となっている場合がある。特に、長岡市濁沢町で発生した火災は土砂災害と重なり、全部で6棟が焼損しており、今回の火災による被害としては最大である。また、山間部では建物を建てられる土地が制限されていることから道路に沿って建物が密集することもあり、隣接した建物へ延焼する火災が発生している。



写真 10.3.44 長岡市濁沢町の火災及び土砂災害現場（6棟焼損）



写真 10.3.45 小千谷市岩間木の住宅火災（2棟全焼）

10.3.6.33 建物火災の特徴

1) 出火率

一般に、地震時の出火率は建物の倒壊と関係が深いと言われている。今回の地震による火災は絶対数が少ないため、過去の地震時の出火率と単純に比較することは困難であるが、参考までに市町村別の出火率と全壊率を求めると表 10.3.4 に示すように、川口町、小千谷市、越路町など、比較的全壊率の高い地域で火災が発生していることがわかる。なお、長岡市は 5 件の火災が発生しているが、過去の地震火災をもとに全壊率から推定される出火率よりも低い値のように思われる²⁾。今後まとめられる構造被害の調査結果をもとに詳細に分析することが必要である。

表 10.3.4 市町村別の出火率

市町村名	住家 全壊世帯数*	全壊率 =全壊世帯数 ／1万世帯	世帯数 H16.10.1	出火 件数	出火率 =出火件数 ／1万世帯
長岡市	856	126	67,772	5	0.738
見附市	55	42	13,066		
栃尾市	44	59	7,413		
越路町	117	289	4,051	1	2.469
小千谷市	662	535	12,375	1	0.808
川口町	571	3,580	1,595	1	6.270
旧堀之内町	70	262	2,675		
十日町市	62	46	13,360	1	0.749

*新潟県調べ（11月26日現在）

表 10.3.3 地震による建物火災一覧

No.	所在地	出火建物		周囲の状況	焼損程度	延焼など	火災の概要（推定を含む）	発生時刻 (推定を含む)	覚知時刻	鎮火時刻
1	長岡市東新町	工場	S造 2階建	市街地 第一種住居地域 準防火地域	ぼや	—	電気配線より出火と推定	本震直後	18時03分	18時48分
2	長岡市西新町	工場	S造 2階建	市街地 工業地域 指定なし	ぼや	—	高温熔融金属が水分に触れ飛散したことによる出火と推定	余震後	18時29分	18時53分
3	長岡市城内町	ホテル	RC造 9階建	市街地 商業地域 防火地域	部分焼	—	ガス爆発による出火と推定	余震後	18時29分	18時50分
4	長岡市濁沢町	住宅等	不明	山間部 都市計画区域外 指定なし	6棟焼損	住宅、工場、集会施設に延焼	火災前後に土砂災害発生、詳細不明	余震後	18時31分	10/24 13時半頃
5	長岡市千手	共同住宅	S造 3階建	市街地 近隣商業地域 準防火地域	1棟半焼全損 他10棟外壁、ガラス等破損	—	ガス爆発による出火と推定	余震後	19時26分	21時10分
6	越路町岩野	住宅	不明	集落 市街化調整区域 指定なし	ぼや	—	仏壇の線香による出火と推定	余震後	20時20分	20時22分
7	川口町武道窪	納屋	木造 2階建	集落 市街化調整区域 指定なし	1棟全焼、 1棟焼損	母屋の住宅外壁等が一部焼損	納屋が倒壊し、まきストーブから出火。	本震直後	18時半頃	不明
8	小千谷市岩間木	住宅	木造3階建 (1階部分 ブロック造)	山間部 都市計画区域外 指定なし	2棟全焼、 1棟焼損	木造2階建住宅及び作業場が全焼 木造1棟の外壁等が一部焼損	洗濯物がまきストーブの上に落ちて着火。短時間に隣棟へ延焼。	本震直後	10/28 15時頃 (通行不能のため 事後周知)	不明
9	十日町市春日	事務所 併用住宅	S造 3階建	市街地 第一種住居地域 指定なし	ぼや	—	外国製蓄熱式暖房機が転倒し、数時間後、量に着火。	不明	10/24 12時45分	10/24 13時00分

註：火災の名称は上記の「所在地」火災とする。例えば、長岡市千手火災、小千谷市岩間木火災など。特記なしの日付は全て10/23。

2) 出火原因

火源は、暖房器具 3 件、ガス配管 2 件、線香、電線、溶融金属、不明が各 1 件である。暖房を始める時期としてはまだ少し早いようであるが、山間部では既にストーブを利用していたことから、暖房器具からの出火が多いものと考えられる。市街地では灯油を燃料とした FF 式暖房器具が利用されているが、耐震自動消火装置付の器具が普及しているためであろうか、この種の暖房器具からの出火は報告されていない。

また、ガス器具によるものは配管部分でのガス漏れが原因であり、ガス器具自体を出火原因とした火災も報告されていない。地震発生時刻は、夕食などの調理のためにガス器具の使用率は高いものと推定される。実際、熱湯などによるやけどが少なからず発生し、救急搬送されている³⁾。しかし、マイコンメーター設置が普及（北陸ガスは 100%）⁴⁾したことにより、ガス器具からのガス漏れ、それに伴う出火が防止されたものと思われる。

兵庫県南部地震では 電気の復旧に絡んだ火災の発生が注目された。しかし今回の地震では、そのような通電火災がほとんど発生していない。地震直後の自動回復については電力会社が慎重に対応をしており、広報車で住民に注意を呼び掛け、被害の大きな建物への復電を中止するなどの対策が行われている。兵庫県南部地震の教訓が生かされた結果と思われる。

10. 3. 6. 4 現在の所見と今後の検討項目

地震の規模や発生時刻から予想される火災件数及び被害に比べて、報告された火災件数及び被害は小さいものであったと言える。この理由を詳細に分析することが今後の課題である。まず、地震時の火気使用の実態及び初期対応行動等の調査を行い、出火危険がどの程度存在していたのかを明らかにすること、また、建物の構造被害の大きさと出火率との関係について詳細な分析が必要である。

参考文献

1) 以下の情報も参考にした。

消防研究所ホームページ，平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震関連情報 No.4,

http://www.fri.go.jp/bosai/2004_niigata_chuetsu/no4/no4_kasai_chousa.html

2) 都市防災研究会編：地震防災と安全都市、p66、鹿島出版会、1996

3) アサヒコム：家具転倒や落下、負傷原因の 4 割超 新潟県中越地震、2004.11.15

<http://www.asahi.com/special/041023/TKY200411150283.html>

4) 北陸ガス：地震と都市ガス、2004.5

10. 3. 7 地震動の特徴

今回の地震動の特長については既に2章で記したが、ここでは建築物への影響の観点からみた地震動の特徴として要点を記載する。

特に、今回の地震では大振幅の加速度記録がいくつか採取されており、それらの記録の特性と被害との対応が重要な検討課題である。このような観点から、大きな地震動が観測された川口町と小千谷市で、被害が比較的軽微であった施設に強震計を設置し、余震観測を行っている。

- (1) 本震の震源メカニズムは西側の岩盤が東側の岩盤にのりあげた逆断層型の地震である。また、大きな余震は本震とは異なる断層面でも発生している。
- (2) 遠地実体波記録と近地強震動記録を用いて断層面での破壊伝搬過程を推定した結果、地震のモーメントマグニチュード(Mw)は 6.5 となった。また破壊継続時間は 11 秒、最大滑り量は 3.7m と推定された。さらに断層面上における地震滑り量分布も推定した。これらについては、建築研究所ホームページに公開した。
- (3) 震度の大きな地点が断層面に沿って北東－南西に長く分布している。
- (4) 最大加速度についても 500 ガルを超える地域が震央を中心に北東－南西に長く分布しており、震央付近では 1000 ガルを超える加速度が観測されている。
- (5) 震央付近の強震観測記録（小千谷、十日町、長岡など）を見ると、比較的近い地点でも最大加速度で 1.5 倍程度の差を示すもの、地盤の動特性の変状などの可能性が記録から読み取れるもの、方向性が顕著なものなどがある。
- (6) 1995 年兵庫県南部地震では、最大速度振幅が従来に比較して極めて大きい記録が見られたが、今回の観測記録のうち、K-Net 小千谷で 100cm/s を超える速度振幅が記録されている。JMA 小千谷地点でも 90cm/s 程度の最大速度を記録したが、これら以外の地点での最大速度はそれほど大きくない。
- (7) K-net 小千谷と JMA 小千谷の記録を 1995 年兵庫県南部地震時の JMA 神戸、JR 鷹取、大阪ガス葺合といった、同地震での最大級の応答スペクトルと比較すると、周期 1 秒以下では、小千谷での両記録が上回るか同等であるが、周期 1 秒以上では、神戸の記録が大きく上回っている。
- (8) 震源近傍の小千谷地域で地盤上の観測記録を用いた、限界耐力計算で規定される建築物の要求曲線、エネルギースペクトルおよび弾塑性応答により、建築物への影響という観点から地震動について検討すると、地盤上の加速度記録がそのまま作用したと仮定すると、0.3 秒や 0.5 秒の弾性周期を有する比較的短周期の建築物の応答が大きくなり、大きな構造的被害が発生する結果が得られた。観測記録の加速度振幅レベルは極めて大きい、局所的な表層地盤の増幅効果や建築物への作用地震動、いわゆる有効入力動の検討が必要である。
- (9) 余震が頻発していることから、主要 3 地点（川口町役場、小千谷市役所、小千谷小学校）で建築物を対象とした余震観測を行っている。この 3 地点は、強震記録の振

幅レベルに比して近隣建物の被害が比較的軽微である地点である。いずれも、本震を記録した地盤上の観測記録との比較を目的としている。現段階では、必ずしも十分な考察を行っていないが、小千谷小学校校舎1階と K-net 小千谷の記録との比較では、加速度波形に差異が認められる。また、小千谷市役所の庁舎1階と地盤上での記録の比較でも、庁舎1階の記録との有意な差を検出している。

今後検討すべきことあるいは課題として以下のことがあげられる。

- (1) 本震、余震について、今後多くのデータが公表されるものと考えられるので、それらの記録を収集し、強震記録の分析を行なう。
- (2) 今回の地震では、震源に近い地点を中心に、極めて大きな加速度振幅が観測された。その応答スペクトルも周期1秒以下で過去最大級のレベルであり、これらの高いレベルの地震動が建築物にそのまま入力したと仮定すると、大きな被害が想定される。しかし、観測点周辺の建築物の被害は比較的軽微であることもあり、建築物への入力地震動および上部構造の性能の観点から、地震被害に関する総合的な検討が必要である。建築物への入力地震動については、本震記録や余震記録の分析あるいは微動測定の結果などを踏まえて、表層地盤特性の影響や建築物への有効入力動の評価等の検討を進める予定である。
- (3) 被災地域は山間の崖地、傾斜地あるいは、河川沿いに土砂が厚く堆積した地域に開かれた町、村落であり、この地域の地形的、地質的な特徴が被災地での地震動の大きさや特性にどのような影響を与えたかについても今後検討する必要がある。具体的には表層地質、表層地盤の特性に関する定量的データの収集と整理を行い、地震動の増幅特性の評価を行う。(非線形挙動、液状化などとの関連からも検討が必要。)
- (4) 強震記録を分析し、震源近傍地震動の評価法の高度化への資料をまとめる。
- (5) 構造物内への強震計の設置がなかったため、実際の入力地震動レベルの推定を困難にしている。地域の主要な構造物(市町村庁舎など)への強震計の設置を進める方策を検討する。

10. 4. まとめ

平成 16 年新潟県中越地震は、本震の推定規模がマグニチュード 6.8 と推定される内陸型の地震で、川口町で 1995 年兵庫県南部地震以来となる震度 7 が観測されたほか、広い範囲で極めて強い地震動が観測された。また、多数の余震も発生しており、その中には、マグニチュード 6 クラスの強いものが複数回発生したことも特徴として挙げられる。

現時点における調査結果の概要を、本章のまとめとして以下に示す。

地震動については、本震で発生した地震動の最大加速度が 500 ガルを超える地域が震央を中心に北東－南西に長く分布しており、震央付近では 1000 ガルを超える加速度が観測されている。

K-net 小千谷と JMA 小千谷での観測記録を、1995 年兵庫県南部地震時の JMA 神戸、JR 鷹取及び大阪ガス葺合での観測記録の加速度応答スペクトルと比較すると、固有周期 1 秒以下の周期域では、小千谷での両記録が大きく上回るのに対し、固有周期 1 秒以上では、神戸の記録が大きく上回っている。地震動の加速度が大きいものの、観測点周辺の建築物の被害は比較的軽微であるものが多いことから、地盤上で観測される地震動と実際に建築物に作用する地震動との関係を、建築物の構造特性、地盤の動特性や地形の影響等の条件を踏まえて明らかにする必要がある。

木造、鉄筋コンクリート造、鉄骨造などの建築物については、以下のことが言える。

木造建築物では、地滑り、土砂崩落等に伴う被害が目立った。比較的古い建物で、大きな被害を受けたものが見られた。地盤による地震動の増幅あるいは壁量の不足などが原因として考えられる。1 層を RC 造とした高床式木造は概して被害軽微であったが、2 層以上の木造部分の壁量不足などの設計不備が原因と想像される被害や、地盤変状による被害を受けた家屋は少なからず存在した。

鉄筋コンクリート造建築物では、比較的大きな被害は少ないという印象がある。ただ、1981 年の新耐震設計法施行（以下「新耐震」という。）以前の建築物での柱、はりのせん断破壊、腰壁、垂れ壁等により短柱化した柱のせん断破壊といった被害が目についた。短柱化した柱のせん断破壊は新耐震以降の建築物にも見られ、詳細な検討を行う予定である。

鉄骨造建築物では、新耐震以前の体育館等で、ブレースの破断や間柱脚部のアンカーボルトの破断等の被害が目立った。また、天井材の落下等の非構造部材の被害も少なからず見られた。

今回の地震であらためて、新耐震以前の建築物についての耐震診断、耐震補強の重要性が再確認された。今後、被害の多寡が生じた原因や、被害軽減にむけて必要な対策等に関する検討を実施する予定である。

なお既に降雪期に入っているため、被災して構造耐力が下がっていると見られる木造建築物については、被害拡大を防ぐ意味で、応急的な補強対策が望まれる。また被災した鉄

骨造体育館等についても、被害拡大を最小限に留めるためには、破断ブレースの交換等の応急対策が望まれる。

基礎については、1995年兵庫県南部地震等の過去の被災状況と同様に、築年数の古い木造等の戸建て住宅では、無筋コンクリート造や無補強のコンクリートブロック積、一体に繋がっていない基礎などの基礎の立ち上がり部分の破壊や土台の外れ等の被害が多く見られた。このような被害を生じた建築物にあっては、不同沈下や傾斜などの障害も同時に生ずることが多かった。斜面の崩壊を防ぐために設けられた空積・練積やブロック積みといった古いタイプの擁壁の変状や崩壊が多く見られた。緩斜面等での地すべりや液状化によって多くの建築物で傾斜等の障害を生じた地域の中には過去に沢や河道であったことが確認できたものがあり、基礎被害と地盤条件の関係をより詳細に検討する必要がある。

免震建築物については、小千谷に建設された免震建築物では、免震部材の軌跡や地震動観測の加速度記録から十分な免震効果が確認できた。今後、免震部材の地震時の挙動と力学的特性の関係を詳しく検討するとともに、さらにいくつかの免震建築物を調査し、地震時の揺れの様子をまとめる予定である。

火災については、地震の規模や発生時刻から予想される火災件数及び被害に比べて、報告された火災件数及び被害は小さいものであったと言える。この理由を詳細に分析することが今後の課題である。

今回は調査棟数が限られており、被害の地域的特徴等についての分析が必ずしも十分でないが、今後応急危険度判定の結果分析等を通じて更に被害の特徴を明らかにしていく。

11. あとがき

平成16年10月23日17時56分頃に発生した平成16年(2004年)新潟県中越地震は、わが国において震度計により地震の震度が観測されるようになってから、初めて震度7が観測された地震である。また、同日のうちに最大震度6強の地震が2回、最大震度6弱の地震も2回(同日及び10月27日)発生するなど、活発な余震活動を伴った。

今回の地震は、わが国でも有数の地すべり多発地帯を震源域とするものであり、多数の斜面崩壊や地すべりが発生したことが特徴の一つとして挙げられる。その結果、家屋への被害に加えて、道路等のライフラインの途絶から集落が孤立するといった事態が生じた。また、斜面崩壊や地すべりにより河道閉塞が発生し、大規模な浸水被害を引き起こした。昭和59年(1984年)長野県西部地震以来、山間部を襲う規模の大きな地震は近年発生していなかったが、本地震はそのような地震の脅威を再認識させるものである。

本報告書は、まえがきでも述べられているように、主として現地調査結果に基づき、被害状況を速報的に取りまとめたものである。したがって、被害の全貌を網羅的にとらえたものではない。引き続き、国土技術政策総合研究所、土木研究所及び建築研究所では、連携の上、被害原因の精査、今後の地震防災対策への活用のための研究等を進めているところである。これらの成果については、まとまり次第、公表していく予定である。

謝辞

平成 16 年新潟県中越地震被害の現地調査及び報告書の執筆にあたり、次の機関に多大なるご協力をいただきました。

地方自治体等にあつては、新潟県庁、長岡市、小千谷市、十日町市、魚沼市、越路町、川口町、川西町の関係部局各位ならびに、新潟県中越地震下水道災害復旧支援本部の関係者各位、特殊法人および公益法人にあつては、日本道路公団、財団法人新潟県下水道公社の関係部局各位、民間企業にあつては、東日本旅客鉄道株式会社の関係部局各位、国土交通省にあつては、本省関係部局ならびに北陸地方整備局および同信濃川河川事務所、同湯沢砂防事務所、同長岡国道事務所の関係各課と事務所の関係者各位です。

ここに記して深甚なる謝意を示します。

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

N o . 248

May 2005

編集・発行 © 国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地

企画部研究評価・推進課 TEL029-864-2675