

第6編 河川施設

杉田 秀樹^{*1}

石原 雅規^{*2}

田村 敬一^{*3}

by Dr. Hideki Sugita
Masanori Ishihara
and
Dr. Keiichi Tamura

細目次

1 . 概 要	3
2 . 被害と原因	3
2.1 被害の分布	3
2.2 信濃川右岸堤防2.0km付近（長岡市中条地先）	11
2.3 信濃川左岸堤防4.5km付近（長岡市本与板地先）	12
2.4 信濃川右岸堤防6.5km付近（長岡市長呂地先）	12
2.5 信濃川右岸堤防29.3km付近（長岡市三俵野地先）	13
2.6 信濃川30.0km妙見堰（長岡市妙見）	14
2.7 信濃川左岸堤防32.3km付近（小千谷市千谷地先）	17
2.8 その他の被害	17
3 . 復 旧	17
3.1 概 要	17
3.2 信濃川右岸堤防2.0km付近（長岡市中条地先）	17
3.3 信濃川左岸堤防4.5km付近（長岡市本与板地先）	18
3.4 信濃川右岸堤防29.3km付近（長岡市三俵野地先）	18
3.5 信濃川30.0km妙見堰（長岡市妙見）	18
4 . まとめ	19
謝 辞	19
参考文献	19

*1 土木研究所耐震研究グループ（振動）上席研究員、工博

*2 土木研究所耐震研究グループ（振動）研究員

*3 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、工博

1. 概要

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5水系146支川において被害が報告されている。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。

直轄河川においては、合計185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147箇所（79%）と多数を占め、堤体の沈下やのり面崩壊が27箇所（15%）、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。長岡市中条、本与板、長呂地先の3箇所の延長合計約900mの間では、液状化に起因し比較的大きな沈下が生じた。また、特徴的な被害としては、長岡市三俵野地先ののり面崩壊や、妙見堰の門柱（RC）コンクリートが剥落し鉄筋が露出するなどの被害が挙げられる。

2. 被害と原因

2.1 被害の分布

河川堤防等の被害分布を図-6.1に、被害箇所数を表-6.1に示す。小千谷市～十日町市の信濃川や魚野川の被害箇所の多くは、通常の維持補修によって本復旧が可能な被害である。一方、より下流に位置する小千谷市～長岡市の被害箇所は、それぞれの延長も長く、長岡市中条、本与板、長呂地先のように液状化により大きく沈下した区間や、長岡市三俵野地先ののり面崩壊のように著しい被害が多い。

北陸地方整備局信濃川河川事務所における災害復旧事業の全対象箇所の位置、被害状況、復旧方法を表-6.2に示す。小千谷市より上流の災害復旧事業は、中・下流部に比べ少ない。

表-6.2に示す信濃川の災害復旧箇所のうち、堤防本体の被害について、復旧方法に着目し、以下の3種類に分類した。

- 1) 仮設を伴わない切返し
- 2) 二重矢板締切りなどの仮設を伴う切返し
- 3) 地盤改良などの耐震対策と二重矢板締切りなどの仮設を伴う切返し

1) の主な被害は、計画高水位に達しない深さの比較的軽微な縦断亀裂である。2) の主な被害は、計画高水位に達するような深い縦断亀裂や、複数の縦断亀裂やのり面すべりなどにより堤体の多くの範囲が損傷する被害である。3) の主な被害は、基礎地盤等の液状化などに起因する大きな沈下である。1) ほど軽微

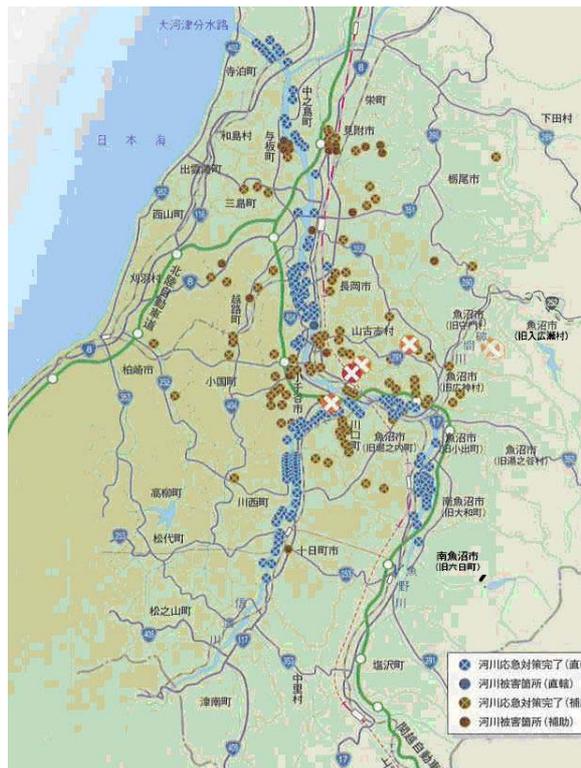


図-6.1 河川堤防等の被害分布³⁾

表-6.1 河川施設の被害箇所数¹⁾

【直轄河川】

水系	河川	被害箇所				
		亀裂	沈下	法面崩壊	水門等施設	計
信濃川	信濃川下流	1	0	0	0	1
	信濃川	101	18	1	6	126
	魚野川	45	6	2	5	58
合計(1水系3河川)		147	24	3	11	185

【補助河川】

河川被害	堤防・護岸の亀裂等	河川埋塞	合計
新潟県 (5水系146河川)	278	147	425

な被害、3) ほど著しい被害である。

表-6.2に示す信濃川の災害復旧箇所のうち、堤防本体の被害について上記分類にしたがって整理した結果を図-6.2に示す。まず、堤防の被害が著しく多いのが20km～30kmの範囲（右岸は長岡市の南部、左岸は長岡市（旧越路町）及び小千谷市北部）であり、左右岸の延長が約10km、約50%の被害率であった。延長は長大

表-6.2 直轄河川災害復旧事業箇所（その1）

信濃川	長岡市真野代新田 ～中条地先	右岸	1.0 k+ 00m	～	1.5 k+200m	690	堤防天端に縦断亀裂。	堤防天端付近の切返し	A,B,E,F,G(噴砂、 高水護岸、遮水矢 板)
		右岸	1.5 k+200m	～	2.0 k+200m	450	堤防天端に縦断亀裂が生じ、川表側の のり肩が沈下し、のり面がはらみ出し た。沈下量は、最大60cm程度であっ た。のり尻の遮水矢板、のり面下部の 護岸も損傷した。	二重矢板締切り堤防を仮設し、全断面 切返し。液状化層はサンドコンパク シヨンプイル工法により改良。のり面 は緩傾斜化し、遮水矢板は再度打設。	
信濃川	長岡市本与板地先	右岸	2.0 k+200m	～	2.5 k- 27m	282	堤防天端に縦断亀裂。背割り堤区間。	堤防天端付近の切返し	A,B,C,E,F,G(噴 砂、目黒川側の遮 水矢板と護岸)
		左岸	4.0 k- 20m	～	4.0 k+300m	320	堤防天端に縦断亀裂が生じた。また、 堤内側(目黒川)の遮水矢板が前傾 し、護岸も損傷した。	堤防天端付近の切返し	
信濃川	長岡市本与板地先	左岸	4.5 k- 75m	～	4.5 k+334m	344	堤防天端に縦断亀裂が生じた。天端の かなりの部分が全体的に沈下し、川側 ののり面がはらみ出した。沈下量は、 最大1.2m程度である。また、堤内側 (目黒川)の遮水矢板が前傾し、護岸 も損傷した。	二重矢板締切り堤防を仮設し、全断面 切返しを行う。粘土層上の砂層に対 し、表層安定処理を行う。	A,B,C,E,F,G(噴 砂、目黒川側の遮 水矢板と護岸)
		左岸	4.0 k+300m	～	4.5 k- 75m	225	堤防天端と小段に縦断亀裂が生じ、の り肩付近が沈下した。	堤防付近及びびのり面を切返し。腹付け 盛土を仮設。	
信濃川	長岡市季崎地先	左岸	6.5 k-290m	～	6.5 k-120m	170	堤防天端に縦断亀裂が生じ、全体的に 沈下した。沈下量は最大30cm程度で あった。	堤防天端周辺の切返し	A,B,C,G(噴砂)
		左岸	6.5 k- 70m	～	6.5 k+ 70m	140	堤防天端に縦断亀裂が生じた。	堤防天端付近の切返し	
信濃川	長岡市長呂地先	右岸	6.0 k+215m	～	6.0 k+360m	145	堤防天端に縦断亀裂が生じた。	堤防天端付近の切返し	A,B,C,E
		右岸	6.0 k+360m	～	6.5 k+140m	220	約50mの区間では大きく天端が陥没 し、最大1.1m程度の沈下量であった。 小段やのり面にも亀裂やはらみ出しが 生じた。	二重矢板締切りを仮設し、表層の液状 化層には、表層安定処理工法による対 策を実施。盛土は全断面切返し。	
信濃川	長岡市下々条地先	右岸	6.5 k+140m	～	7.0k-100m	155	堤防天端に縦断亀裂が生じ、一部の区 間で、のり肩付近に陥没も生じた。	堤防天端付近の切返し	G(取付護岸)
		右岸	12.5k+ 70m	～	12.5k+170m	100	下々条排水樋管の取付護岸(コンク リートブロック張)が損傷した。		
信濃川	長岡市中島地先	右岸	17.5k-115m	～	17.5k- 15m	100	低水護岸(コンクリートブロック張) が損傷した。		G(低水護岸)

被災区分A：縦断亀裂（HWLに達しないもの）、B：縦断亀裂（HWLに達するもの）、C：横断亀裂（HWLに達しないもの）、D：横断亀裂（HWLに達するもの）、E：すべり崩壊（はらみ出し）、F：沈下（基礎地盤）、G：その他（噴砂等）

表-6.2 直轄河川災害復旧事業箇所（その2）

河川名	箇所名	キロポスト	延長(m)	被害状況	復旧特記事項	被災区分
信濃川	長岡市山田町地先	右岸 18.0k+100m ~ 18.0k+150m	50	堤内側のり面がはらみ出した。のり尻が数十cm移動した。	のり面切返し	A, C, E
信濃川	長岡市草生津 ~ 大宮地先	右岸 18.25k-80m ~ 19.5k- 40m	1530	堤防天端に縦断亀裂が生じた。	堤防天端周辺の切返し	A
信濃川	長岡市水梨地先	右岸 20.5k+ 50m ~ 20.75k+80m	240	堤防天端に縦断亀裂が生じた。	堤防天端周辺の切返し	A
信濃川	長岡市南陽 ~ 前島地先	右岸 22.0k-120m ~ 23.25k+90m	1470	堤防天端に縦断亀裂が生じた。	堤防天端周辺の切返し	A
		右岸 24.5k- 50m ~ 25.75k-30m	1240	堤防天端に縦断亀裂が生じた。	堤防天端周辺の切返し	
		右岸 25.75k-30m ~ 27.25k+50m	1600	堤防天端に複数の縦断亀裂が生じた。	堤防天端周辺の切返し	
		右岸 27.25k+50m ~ 28.25k+190m	1060	堤防天端のり肩付近に亀裂及び陥没が生じた。	堤防天端周辺の切返し	
		右岸 28.25k+190m ~ 29.0k+100m	805	堤防天端のり肩付近に段差、堤内側のり面にはらみ出しが生じた。	のり面切返し	
信濃川	長岡市浦 ~ 三俵野地先	右岸 29.0k+100m ~ 29.25k+ 0m	150	堤防天端を約半分含め、堤内側のり面がすべり崩壊した。	堤防天端、のり面切返し	A, C, E
		右岸 29.25k+ 0m ~ 29.5k-140m	110	堤防天端に縦断亀裂が生じた。一部の区間で、のり肩に陥没が生じた。	堤防天端周辺の切返し	
		右岸 29.5k-140m ~ 29.5k- 53m	85	堤防天端堤外側のり肩付近に亀裂及び陥没し、のり面がはらみ出した。のり面の護岸（コンクリートブロック張）も損傷。	のり面切返し	

表-6.2 直轄河川災害復旧事業箇所（その3）

河川名	箇所名	キロポスト	延長(m)	被害状況	復旧特記事項	被災区分
信濃川	長岡市釜が島 ～小千谷市五辺地先	左岸 25.5k+ 95m ~ 25.75k+125m	274	堤防天端に縦断亀裂が生じた。	堤防天端付近の切返し	A, C, E
		左岸 25.75k+125m ~ 25.75k+200m	75	堤防天端に複数の縦断亀裂が生じた。沈下量は、最大40cm程度であった。	川側に盛土を仮設し、堤防半断面切返しを行う。	
		左岸 25.75k+200m ~ 26.25k+150m	416	堤防天端に縦断亀裂が生じた。	堤防天端付近の切返し	
		左岸 26.25k+150m ~ 26.5 k+ 00m	70	のり面にも大きな亀裂が生じ、最大50cm程度沈下した。	川側に二重矢板締切りを仮設し、ほぼ全断面切返し。	
		左岸 26.5 k+ 00m ~ 26.5 k+200m	200	堤防天端のり肩付近に縦断亀裂が生じた。	堤防天端付近の切返し	
		左岸 26.5 k+200m ~ 26.75k+100m	151	堤防天端に大きな亀裂が生じ、最大80cm程度沈下した。のり面は川側にはらみ出している。	川側に二重矢板締切りを仮設し、半断面切返し。	
		左岸 26.75k+100m ~ 26.75k+275m	175	堤防天端のり肩付近に縦断亀裂が生じた。	堤防天端付近の切返し	
		左岸 26.75k+275m ~ 27.0 k+ 25m	51	堤防天端に複数の縦断亀裂が生じ、最大50cm程度沈下した。	川側に二重矢板締切りを仮設し、全断面切返し。	
		左岸 27.0 k+ 25m ~ 28.5 k+198m	1643	堤防天端に縦断亀裂が生じた。	堤防天端付近の切返し	
		左岸 26.5 k-115m ~ 27.0 k- 15m	515	低水護岸(コンクリートブロック張)が損傷した。		
信濃川	長岡市釜が島地先	右岸 26.75k- 17m ~ 27.0 k+ 13m	195	低水護岸(コンクリートブロック張)が損傷した。		G(低水護岸)
信濃川	長岡市仲島(上流)地先	右岸 27.25k+ 10m ~ 27.25k+100m	90	低水護岸(コンクリートブロック張)が損傷した。		G(低水護岸)
信濃川	長岡市三俵野(下流)地先	右岸 29.25k- 80m ~ 29.25k+150m	230	低水護岸(コンクリートブロック張)が損傷した。		G(低水護岸)
信濃川	長岡市三俵野(上流)地先	右岸 29.5 k+171m ~ 29.5 k+308m	119	低水護岸(コンクリートブロック張)が損傷した。		G(低水護岸)
信濃川	小千谷市高梨地先	左岸 29.75k-182m ~ 29.75k+ 51m	148	低水護岸(コンクリートブロック張)が損傷した。		G(低水護岸)
信濃川	長岡市妙見(右岸)地先	右岸 30.0 k- 76m ~ 30.0 k+234m	310	高水護岸(コンクリートブロック張、のり粒ブロック張等)損傷した。	一部の区間において、高水敷に固結工法による地盤改良や、補強土盛土により復旧する。	G(高水護岸)

表-6.2 直轄河川災害復旧事業箇所（その4）

河川名	箇所名	キロポスト	延長(m)	被害状況	復旧特記事項	被災区分
信濃川	長岡市妙見地先	29.75k+ 47m ~ 30.0 k+162m		妙見堰に係わる被害。堰の門柱に亀裂、コンクリートの剥離が生じた。P7、P8の損傷が顕著である。魚道、舟通しのコンクリートにも亀裂が発生し、周辺の高水敷が沈下した。堰の管理棟は、高水護岸の損傷に伴い、沈下・傾斜した。また、マイクログ通信用の鉄塔脚部のアンカーボルトが破断した。	門柱の周りに鉄板巻きつけ補強。管理棟は、基礎地盤に高圧噴射地盤改良を実施。	G(堰、管理棟、魚道等)
信濃川	小千谷市三仏生(下流)地先	左岸 30.25k-145m ~ 30.25k+114m	259	低水護岸(コンクリートブロック張)が損傷した。		G(低水護岸)
信濃川	小千谷市三仏生(中流)地先	左岸 30.75k+ 66m ~ 30.75k+106m	40	低水護岸(コンクリートブロック張)が損傷した。		G(低水護岸)
信濃川	小千谷市横渡地先	右岸 31.25k-244m ~ 31.25k+ 13m	197	低水護岸(コンクリートブロック張)が損傷した。		G(低水護岸)
信濃川	小千谷市三仏生(上流)地先	左岸 31.5 k- 36m ~ 31.5 k+ 20m	56	低水護岸(コンクリートブロック張)が損傷した。		G(低水護岸)
信濃川	小千谷市千谷地先	左岸 32.25k- 31m ~ 32.25k+ 79m	110	低水護岸(コンクリートブロック張)が損傷した。茶郷川樋門函体継ぎ手部の間隔が広がり、堤体にも亀裂が発生した。翼壁下流側立壁も損傷した。	函体には止水板を設置。堤体のうち、亀裂が生じた部分の切返し。	G(護岸、樋門)
信濃川	小千谷市ひ生(下流)地先	右岸 32.5 k-248m ~ 32.5 k+ 34m	282	低水護岸(コンクリートブロック張)が損傷した。		G(低水護岸)
信濃川	小千谷市ひ生(上流)地先	右岸 33.0 k- 17m ~ 33.5 k- 4m	513	低水護岸(連結ブロック)がはらみ出した。堤体にも縦断亀裂・陥没が生じた。	護岸の復旧だけでなく、堤体切返し。護岸の頭部にはRCパイルを打設。	A,G(低水護岸)
信濃川	小千谷市千谷川地先	左岸 34.0 k+170m ~ 34.25k+175m	240	高水護岸及び高水敷保護工(平張りコンクリート)が損傷した。		G(護岸)
信濃川	小千谷市元町(下流)地先	左岸 34.25k+200m ~ 34.5 k+ 92m	120	高水護岸が損傷した。		G(高水護岸)
信濃川	小千谷市元町(上流)地先	左岸 34.75k- 98m ~ 34.75k+ 00m	92	高水護岸及び高水敷保護工(平張りコンクリート)が損傷した。山付部分の盛土には、天端に縦断亀裂が生じた。	山付部分では、護岸の復旧だけでなく、盛土も切返し。	A,G(高水護岸)
信濃川	小千谷市西中地先	左岸	336	信濃川から茶郷川への導水管の一部に、浮き上がりによる損傷が生じた。		G(導水管・通信管)

表-6.2 直轄河川災害復旧事業箇所（その5）

河川名	箇所名	キロポスト	延長(m)	被害状況	復旧特記事項	被災区分
信濃川	小千谷市山本地先	左岸 36.0 k-111m ~ 36.0 k+34m	145	低水護岸（コンクリートブロック張）が損傷した。近くのポンプ場の可とう継ぎ手も設計偏心量100mmのところ146mm偏心し、損傷した。		G(低水護岸、可とう継ぎ手)
信濃川	小千谷市上片貝地先	左岸 38.5 k+165m ~ 39.0 k+108m	324	堤防天端に縦断亀裂が生じた。途中約40mの区間では、のり面がすべり崩壊した。	すべり崩壊した区間では、半断面切返し、その他の区間では、天端付近の切返し。	A, B, E
信濃川	川口町西川口地先	右岸 42.0 k-322m ~ 42.0 k+385m	707	魚沼川との合流地点。のり面に亀裂が発生し、亀裂よりのり側の天端が若干沈下した。	堤防天端付近の切返し	A
信濃川	小千谷市川井（下流）地先	右岸 45.0 k-70m ~ 45.0 k+425m	495	高水護岸（コンクリートブロック張）が合計290mにわたって、損傷した。また、延長440mにわたって、堤防天端に縦断亀裂が生じた。	堤防天端付近の切返し	A, G（高水護岸）
信濃川	小千谷市川井（下流）地先	右岸 45.5 k-180m ~ 46.5 k+260m	1340	堤防天端中央に縦断亀裂が生じた。	堤防天端付近の切返し	A
信濃川	小千谷市塩殿地先			道路盛土の崩壊によって盛土の中に埋設していた光ケーブルが損傷した。		G(光ケーブル)
信濃川	小千谷市岩沢地先			道路盛土の崩壊によって盛土の中に埋設していた光ケーブルが損傷した。		G(光ケーブル)
信濃川	小千谷市真人地先	左岸 54.5 k+425m ~ 54.5 k+460m	35	高水護岸（練石積）が損傷した。		G(高水護岸)
信濃川	川西町上新井地先	左岸 63.0 k-20m ~ 63.0 k+40m	60	低水護岸（練石積）が損傷した。		G(低水護岸)
信濃川	十日町市城之古地先	右岸 66.5 k+130m ~ 66.5 k+350m	160	護岸（練石積）が損傷した。		G(護岸)
信濃川	十日町市高島地先	左岸 67.5 k+100m ~ 67.5 k+340m	240	護岸（練石積）が損傷した。		G(護岸)
信濃川	十日町市姿地先	右岸 70.0 k+95m ~ 70.0 k+111m	16	護岸（練石積）が損傷した。	重力式擁壁により復旧	G(護岸)
魚野川	川口町東川口地先	右岸 1.5 k+30m ~ 1.5 k+30m		川口消流雪用水揚水機場の可とう継ぎ手（700）が損傷した。偏心量は45mmであった。		G(可とう継ぎ手)
魚野川	川口町西川口地先	左岸 1.5 k+65m ~ 1.75k+55m	194	堤防天端のり肩付近に縦断亀裂が発生し、のり面が堤内地側にはらみ出した。	堤体半断面切返し、のり尻にふとん管によるドレーン工設置。	B, E

表-6.2 直轄河川災害復旧事業箇所（その6）

河川名	箇所名	キロポスト	延長(m)	被害状況	復旧特記事項	被災区分
魚野川	魚沼市新道島地先	右岸 6.0 k-348m ~ 7.0 k+ 96m	1200	延長が836mにわたり、堤防天端に縦断亀裂が生じ、天端のり肩が部分的に沈下した。また、延長が655mにわたり、護岸が損傷した。	天端付近の切返し	A,G(護岸)
魚野川	魚沼市下島地先	左岸 6.75k- 5m ~ 7.0 k+200m	449	堤内側天端のり肩や小段に縦断亀裂が生じた。一部区間では、小段より下のり面がはらみ出した。	天端の切返し。部分的に小段より下のり面切返し	B,E

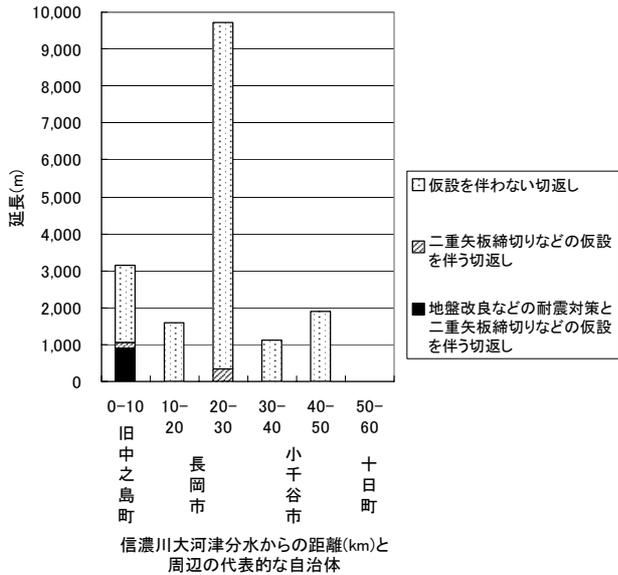


図-6.2 信濃川大河津分水から10kmごと、復旧方法別の延長(データ：北陸地方整備局提供)

であるが、大部分が計画高水位に達しない縦断亀裂等の被害であり、重大な被害は少なかったことがわかる。また、大河津分水から10kmまで(右岸は長岡市旧中之島町及び長岡市北部、左岸は寺泊町、長岡市)は、被害延長は比較的短いものの、本復旧に地盤改良などの震災対策と二重矢板締切りなどの仮設を伴う切返し約3割と突出して高く、著しい変状の発生した区間が多いことがわかる。さらに、震源からの距離は20km~30kmまでと同程度であるにも拘らず、30km~40kmの区

間の被害延長が非常に短いなど、延長にバラツキが見られることも特徴の1つである。

このような被害の傾向は、地盤条件と震度分布(震源からの距離等)、堤防の形状・延長によって概ね説明できると考えられる。

まず、地盤条件であるが、大河津分水から小千谷市までのボーリングデータを図-6.3に示す。大河津分水から10kmの区間では、地下水位以下の数mは液状化する可能性が高く、このために大きな変状を生じた区間の割合が高かったものと考えられる。長岡市中条地先や長岡市長呂地先の被害が代表的な事例である。一方、10kmより上流の地盤条件は、かなり良好であり、液状化の発生はかなり限定的であり、10kmより上流の被害は、主として慣性力によるものであったと考えられる。長岡市三俵野地先の被害が代表例である。

一般に、震源地に近いほど強い慣性力が作用し、慣性力による被害は震源に近いほど多くなる。このため、震源に近い20~30km区間において、被害率が非常に高くなったものと考えられる。また、特に強い震度が記録された地域が、震源から北西方向(震源から下流側)であったことも影響していると考えられる。地盤条件と震度分布を組み合わせると考えれば、0~10km区間の被害が10~20kmの区間よりも多くなることも理解できる。

震源域に位置する30km~40kmの区間の被害が短かったのは、震度分布の方向の影響だけでなく、地盤が良

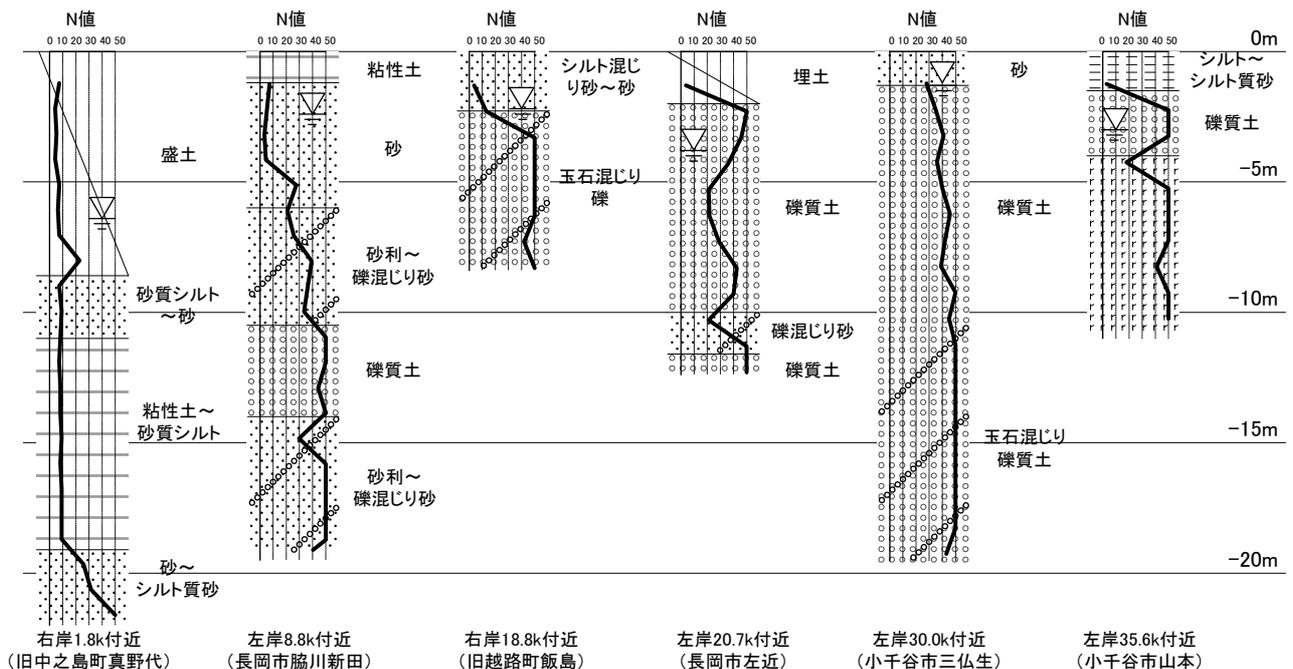


図-6.3 信濃川沿いのボーリング調査結果(データ：北陸地方整備局提供)

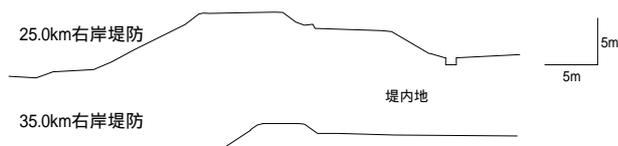


図-6.4 25.0km右岸堤防と35.0km右岸堤防の形状
(データ：北陸地方整備局提供)

好であり、山付き区間が多く堤防の延長が短いこと及び堤内地が比較的高く堤防の規模が小さいことが影響していると考えられる。図-6.4に25.0kmの右岸堤防と35.0kmの右岸堤防を示す。

2.2 信濃川右岸堤防2.0km付近（長岡市中条地先）

写真-6.1に示すように、延長1,500m程度にわたり堤防天端に縦断亀裂が発生した。亀裂深さは最大約2.4mに達しており、亀裂深度が計画高水位に達した区間がかなりの割合を占めた。また、天端の沈下量は最大約60cmであった。川表側ののり面のコンクリートブロック張高水護岸が座屈し、のり尻に設置されていた止水矢板には前傾などの変状が見られた。高水敷が局所的に隆起しており、所々に噴砂痕が確認されている。変状は、主として川表側に集中しており、川裏側に変状はほとんど見られない。



写真-6.1 信濃川右岸堤防2.0km付近（長岡市中条地先）の堤防天端の縦断亀裂と段差（北陸地方整備局撮影）

被災後に実施したボーリング調査結果と被害断面を図-6.5に示す。堤防直下にN値10～20程度の細砂～中砂の層が約6m存在することが明らかとなっていることから、被害の主な要因は、基礎地盤の液状化であると考えられる。液状化しやすいきれいな砂は、天端中央から川表側に分布しており、川裏側ではシルトや粘性土が互層に堆積している。このため、川裏側では液状化が発生しにくく、変状が生じなかったものと考えられる。

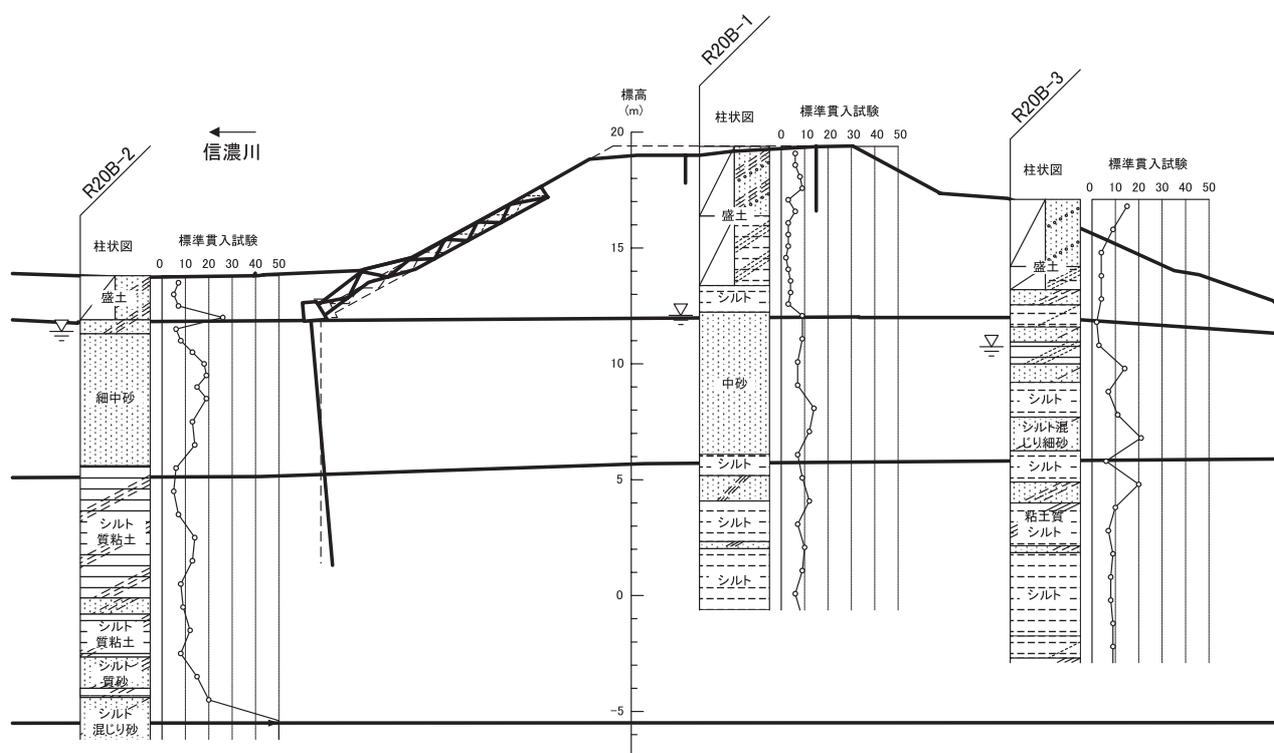


図-6.5 信濃川右岸2.0km付近（長岡市中条地先）の被害断面とボーリング柱状図
(北陸地方整備局データ提供)

2.3 信濃川左岸堤防4.5km付近（長岡市本与板地先）

延長800m程度にわたり、堤防天端に縦断亀裂や陥没などが発生した。4.5km付近では、写真-6.2に示すように、天端に比較的大きな陥没が生じた。堤防天端は両のり肩を残して最大1.2m程度沈下した。堤防天端の沈下量に比べるとの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6.6に示す。地下水位が盛土層の下部にまで達しており、盛土層が液状化した可能性が高い。



(a)のり肩を残し堤防天端が陥没



(b)のり肩と天端の段差

写真-6.2 信濃川左岸堤防 4.5km 付近
（長岡市本与板地先）

2.4 信濃川右岸堤防6.5km付近（長岡市長呂地先）

延長500m程度にわたり堤防天端に縦断亀裂が発生した。このうち50m程度では、写真-6.3(a)に示すように、のり肩を残して天端が約80cm陥没した。縦断亀裂や段差が川裏側のり面と小段にも生じた。亀裂深さは最大約2.3m、沈下量は最大約1.1mであった。

被害箇所周辺の高水敷には、写真-6.3(b)に示すよう被災後に実施したボーリング調査により、堤防直下に2m程度の薄い砂層の存在が明らかとなった。特に、川裏側にはN値10以下の砂層が2m強と天端や川表側のり尻に比べ厚く堆積していたため、川裏側の小段に大きな段差や亀裂が生じたものと考えられる。

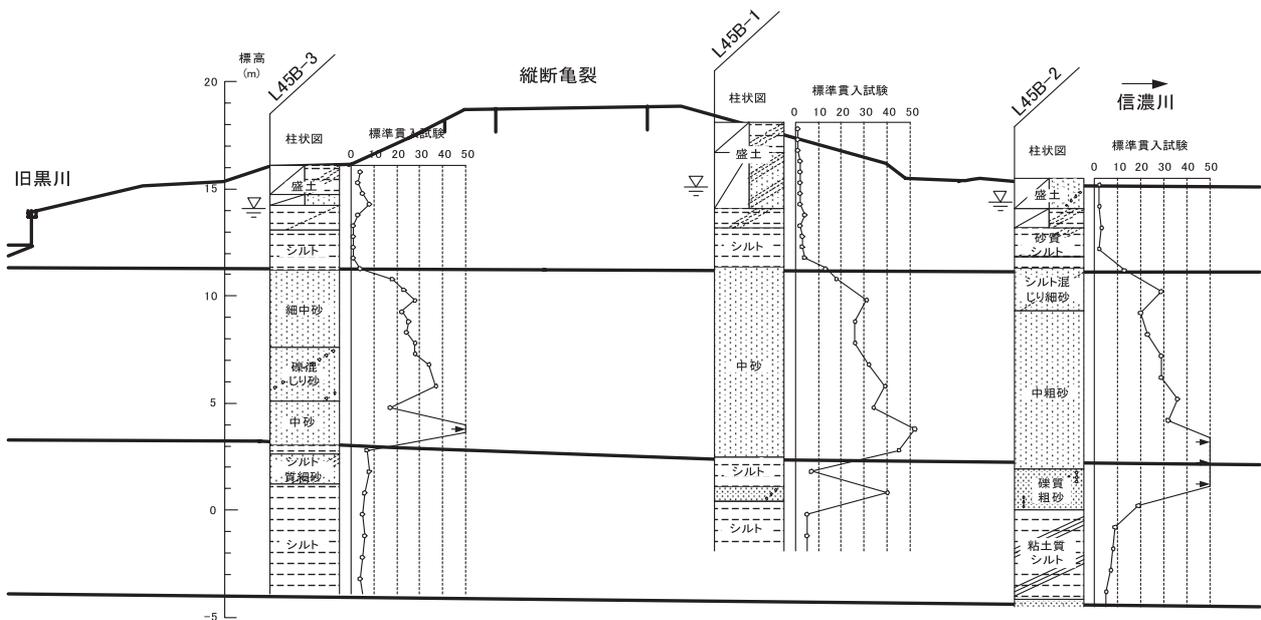


図-6.6 信濃川左岸 4.5km 付近(長岡市本与板地先)の被害断面とボーリング柱状図

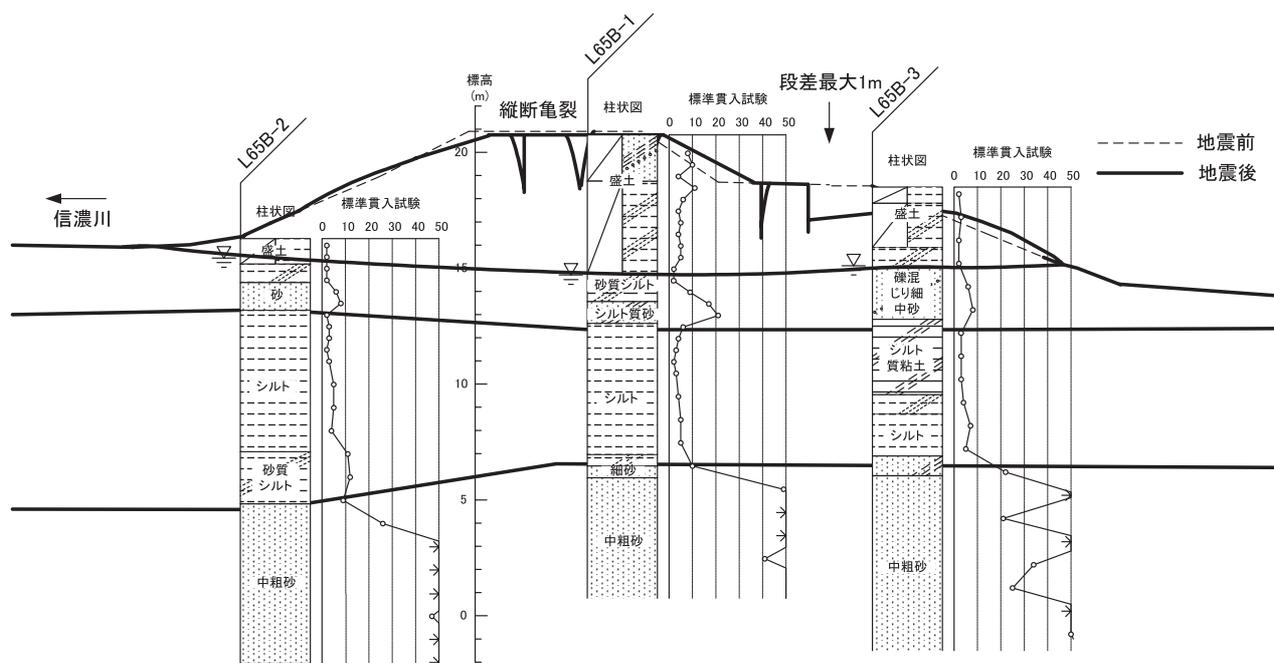


図-6.7 信濃川右岸 6.5km 付近(長岡市長呂地先)の被害断面とボーリング柱状図
(北陸地方整備局データ提供)



(a) 堤防天端の縦断亀裂と段差



(b) 高水敷の噴砂

写真-6.3 信濃川右岸堤防 6.5km 付近
(長岡市長呂地先)

2.5 信濃川右岸堤防29.3km付近(長岡市三俣野地先)

写真-6.4に示すように、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にわたって崩壊した。図-6.8に示すように崩壊区間は、24.5km～29.5kmの全長約5,000mに及ぶ被災区間の一部である。被災区間のうち約8割は、天端の縦断亀裂のみの被害である。比較的大きな被害は、28.4kmよりも上流で発生している。崩壊区間の下流側に隣接する28.4km～29.1kmの800mの区間では、天端の川裏側約半分が沈下し、のり面がはらみ出した。崩壊までは至らなかったものの崩壊区間と良く類似した変形状況である。また、崩壊区間の少



写真-6.4 信濃川右岸堤防29.2km付近(長岡市三俣野地先)のすべり崩壊(北陸地方整備局撮影)



写真-6.5 信濃川右岸堤防29.0km付近（長岡市三俵野地先）のすべり崩壊箇所と並行する水路（茂みの向こう側が崩壊した区間）

し上流では、100m弱に渡り、護岸が損傷した。川表側ののり面がはらみ出したことによると考えられる。のり面はらみ出しや崩壊などの比較的被害程度の高い区間には、堤内側のり尻に並行して3面張りの水路がある（写真-6.5参照）。この水路に変状が認められないことから、被害の主たる要因は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水路より上部の堤体が変形したものと推察される。しかし、図-6.8に示すように、水路と並行する区間の被害程度がその周辺よりも激しいことから、水路が何らかの影響を与えたものと推察される。

2.6 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、農水・上水の取水、JR水力発電放流の逆調整、及び、国道17号の橋梁の架橋を目的として、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-6.9、写真-6.6参照）。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厚いためケーソン基礎となっている。

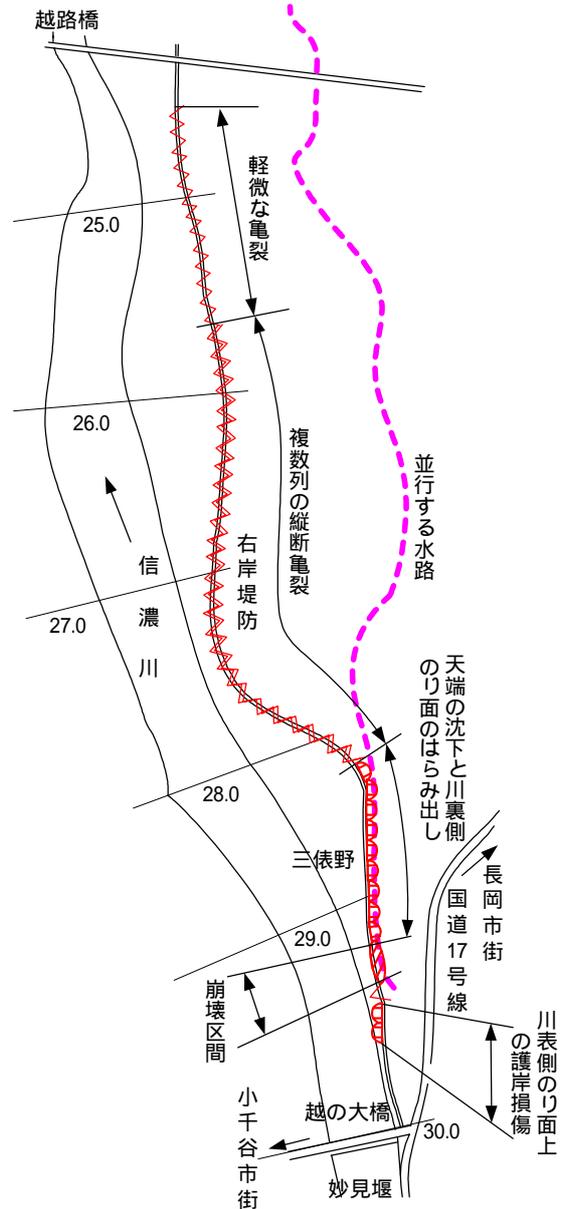


図-6.8 信濃川右岸堤防 24.5km～29.5kmの被害箇所と並行する水路の位置関係

妙見堰本体には、ひび割れ等が生じた。被害程度が比較的大きいのは、左岸側第1ゲート両側の操作室を支える2基の門柱（P7,P8）であり、門柱の基部または

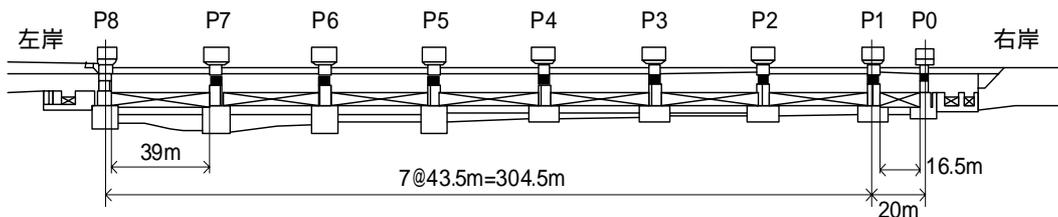


図-6.9 妙見堰一般図

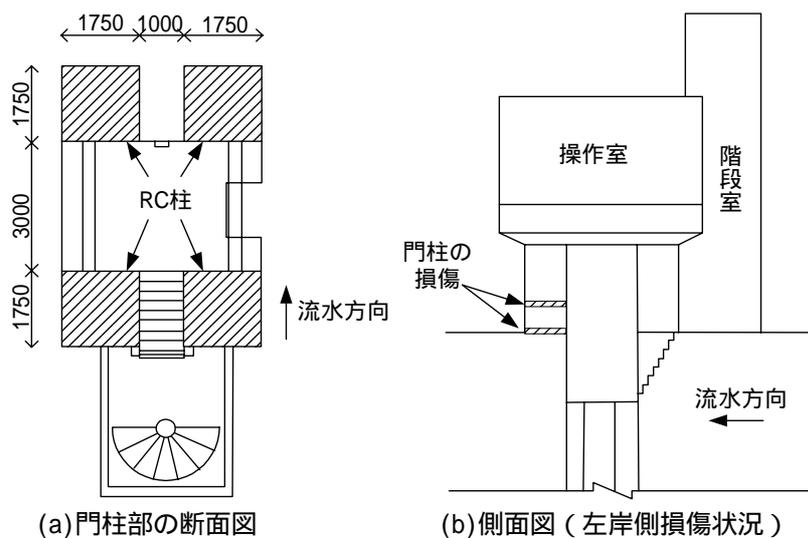


図-6.10 妙見堰 P8



写真-6.6 妙見堰全景（手前がP0）



(a)P7 右岸側（左側が上流）



(b)P8 左岸・下流側

写真-6.7 妙見堰の門柱の損傷

中間部でコンクリートが剥落して鉄筋が露出した（写真-6.7参照）。図-6.10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。P8では1本の鉄筋が破断している。門柱の残留変位は、被害程度の比較的大きいP7及びP8も含め、2mm以下であった。P7、P8以外にも、P0の堰柱に最大幅1mmのひび割れの発生や、P1～P6の門柱に水平及び斜めひび割れの発生が確認されている。

このような門柱、堰柱の損傷によりゲート操作ができなくなることはなかった。ただし、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、翌日には復旧し、操作可能となった。

右岸側に立地する妙見堰管理所では建物に亀裂が入り傾斜（写真-6.8参照）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



写真-6.8 妙見堰管理所建物の傾斜



写真-6.9 信濃川左岸妙見堰上流の低水護岸の損壊

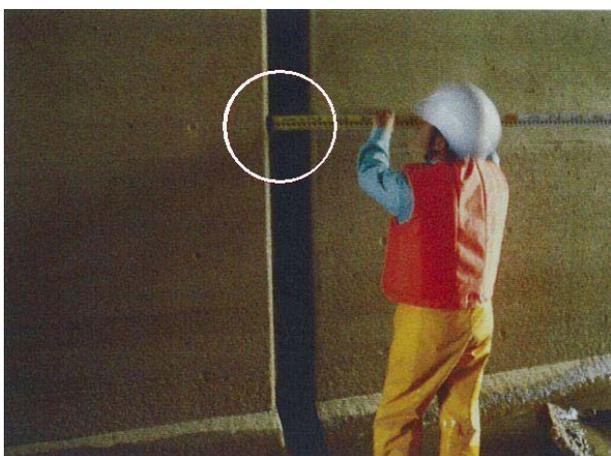


写真-6.10 茶郷川樋門函体継ぎ手部の開き
(北陸地方整備局撮影)



写真-6.11 継ぎ手部上部の盛土に発生した亀裂
(北陸地方整備局撮影)

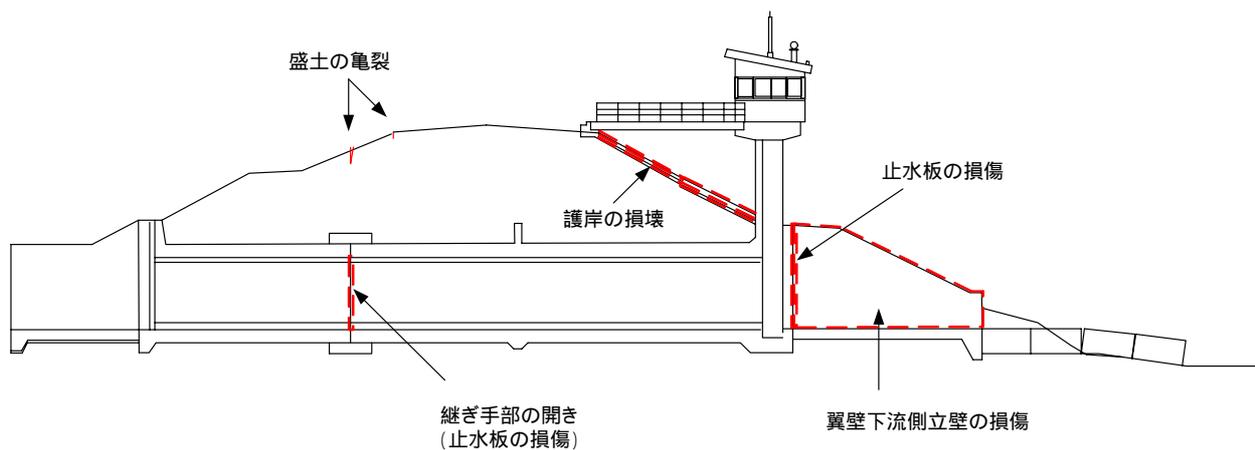


図-6.11 茶郷川樋門の損傷

安定な状態となった。このため、通信用鉄塔を撤去するとともに、管理所建物への立入規制の措置が取られた。なお、管理所の地盤上には強震計が設置されており、加速度が記録されている。本震の最大加速度は1500gal以上であり、非常に強い地震動であったこと

が確認されている。

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-6.9参照)。同写真の箇所から上流へ数百mの区間では護岸に損壊が認められた。

2.7 信濃川左岸堤防32.3km付近（小千谷市千谷地先）

小千谷市街の西側を右回りに迂回するように流れる茶郷川は、小千谷市千谷地先において茶郷川樋門を通り信濃川に注ぎ込む。この茶郷川樋門とその周辺の護岸及び堤防が約100mに渡って損傷した。

図-6.11に示すように樋門の損傷は、翼壁下流側の縦壁と函体継ぎ手部（写真-6.10）に発生した。継ぎ手部の開き量は15cm程度である。地震前から広がっていた可能性があるが、地震によってさらに広がったものと考えられる。写真-6.11に示すように継ぎ手部の直上の盛土には、亀裂が生じた。地盤調査結果はないが、樋門はもともと小河川が大河川に注ぎこむ地盤の悪いところに設置されることが多く、茶郷川樋門もそういった悪い地盤条件にあったのではないかと推測される。樋門周辺では、噴砂痕が確認されている。

2.8 その他の被害

その他の被害を列挙する。

小千谷市山本地先や川口町東川口地先では、周辺地盤の変状に伴い、消雪用水用の揚水機場の可とう継ぎ手が偏心する被害が発生している。小千谷市山本地先では偏心量が許容偏心量を越えていた。

小千谷市西谷地区では、道路路肩に埋設した導水管が浮き上がりにより損傷した。この導水管は、消雪用水確保のため、信濃川の水を茶郷川にバイパスするものである。管は、800mmのFRP管であり、深度約3mの位置に埋設してあったが、ほぼ地表まで浮き上がった区間もあった。

3. 復旧

3.1 概要

応急対策（緊急復旧、応急復旧）は、台風24号（10月26日に温帯低気圧に変更）の接近に伴う降雨が予想されるなか、地震発生翌日の10月24日から昼夜兼業で進められた。雨水や河川水位の上昇による浸透破壊などの二次被害の可能性がある直轄河川の9箇所については11月10日までに緊急復旧工事が完了しており、地震発生後速やかに浸水等の二次被害の発生の危険性を低下させることができた。

直轄河川における緊急復旧、応急復旧の件数を表-6.3に示す。

被害のほとんどは、比較的軽微な縦断亀裂であったため、応急復旧として、天端付近の切返しを行った箇所がほとんどである。応急復旧不要箇所も23箇所あ

た。

表-6.3 信濃川河川事務所における緊急・応急復旧¹⁾

種別	被害箇所			
	堤防	護岸	水門等	合計
緊急復旧	7	3	1	11
応急復旧	121	14	5	140
他機関対応箇所	10			10
復旧不要箇所	23			23
合計				184



写真-6.11 大型土のうによる補強
（長岡市中条地先）



写真-6.12 サンドコンパクションパイル工法による
液状化対策（長岡市中条地先）



写真-6.13 表層安定処理工法施工状況（長岡市本与坂地先）（北陸地方整備局撮影）³⁾



写真-6.14 緊急復旧完了後の状況（長岡市三俣野地先）

3.2 信濃川右岸堤防2.0km付近（長岡市中条地先）

緊急復旧工事は、地震発生翌日24日午後から開始され、11月6日に完了した。縦断亀裂が入った付近の盛土を掘削し、再盛土を行った。天端には雨水浸透防止のためにブルーシートで覆った。また、高水護岸のブロックの折れ曲がり箇所に関しては補強を行った（写真-6.11参照）。

本復旧工事は、沈下の比較的大きかった区間（延長450m）では、二重矢板締切りを仮設した上で、全断面切返しを行った。また、沈下の原因が基礎地盤の液状化であると考えられるため、サンドコンパクションパイル工法によって地盤改良も実施した。地盤改良の状況を写真-6.12に示す。

3.3 信濃川左岸堤防4.5km付近（長岡市本与板地先）

緊急復旧工事は、10月26日より亀裂に砂を充填する工事を開始し、10月28日に完了した。

本復旧工事は、沈下の比較的大きかった区間（延長225m）では、二重矢板締切りを仮設した上で、全断面切返しを行った。沈下の原因が比較的浅い砂の薄い層が液状化したことによると考えられるため、写真-6.13に示すように表層安定処理工法を実施した。

3.4 信濃川右岸堤防29.3km付近（長岡市三俣野地先）

緊急復旧工事は、地震発生翌日24日から開始され、10月25日24時に完了した。崩壊した部分の土砂を掘削し、再盛土した。写真-6.14に示すように天端は雨水浸透防止のためブルーシートで覆った。

本被災箇所では、すべり崩壊範囲が比較的浅く、掘削しても決壊の恐れが低いいため、堤防本体の復旧に伴い二重矢板締切り等の仮設は実施されなかった。しか



(a)門柱への鋼板巻付け



(b)門柱の内側

写真-6.15 妙見堰の門柱の復旧・補強状況

し、周辺の低水護岸の損傷箇所に関しては、仮締切りを行い、護岸の復旧が行われた。

3.5 信濃川30.0km妙見堰（長岡市妙見）

妙見堰の堰柱、門柱は、曲げ破壊先行型の構造とな

っており、想定以上の外力が作用したため、門柱が損傷した。復旧・補強工事においては、曲げ耐力を確保できるよう、写真-6.15に示すように鋼板を巻きアンカーによって一体化した。

4. まとめ

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。被害原因及び特徴的な被害は以下のとおりである。

- (1) 信濃川の下流部においては液状化に伴う噴砂痕が認められること、及び、沈下の比較的大きかった3箇所の地盤調査結果から液状化する可能性のある砂層が確認されたことから、堤防被害には液状化が関与していると考えられる。
- (2) 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、被害のほとんどが大きな沈下を伴わない縦断亀裂であったことから、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。
- (3) 妙見堰の門柱（RC）コンクリートが剥落し鉄筋が露出した。既往の地震による水門・堰の被害は軽微なものを除き、報告されていない。今後、水門・堰などの耐震補強を実施する上で、参考となる事例である。

謝 辞

現地調査・資料収集にあたっては、北陸地方整備局河川部、同信濃川河川事務所の関係各位より多大なご便宜を図っていただいた。また、国土技術政策総合研究所河川部河川研究室板垣主任研究員、榎本交流研究員、危機管理技術研究センター地震防災研究室上原主任研究員及び（独）土木研究所材料地盤研究グループ金主任研究員には現地調査にご協力いただいた。ここに記して、深甚なる謝意を表する。

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
- 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、第46巻、第12号、2004
- 3) 国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所：地震発生から復旧まで、2005

