

# 地震被災後の調査結果に基づく信濃川中流域 堤防の液状化対策工の効果について

大作 和弘<sup>1</sup>・丸山 友之<sup>2</sup>・宗 琢万<sup>3</sup>

<sup>1</sup>北陸地方整備局 信濃川河川事務所 調査課長 (〒940-0098 新潟県長岡市信濃1-5-30)

<sup>2</sup>北陸地方整備局 信濃川河川事務所 調査課 計画係長 (〒940-0098 新潟県長岡市信濃1-5-30)

<sup>3</sup>北陸地方整備局 信濃川河川事務所 調査課 計画係員 (〒940-0098 新潟県長岡市信濃1-5-30)

信濃川中流域は、1964年の新潟地震、2004年の中越地震、2007年の中越沖地震と、比較的短い周期で3度に渡り大地震に見舞われ、いずれも堤防の液状化による被害が発生した。信濃川河川事務所では、中越地震による被災箇所では液状化対策工を実施している。本稿では、各地震による被災箇所の分布状況、被災のメカニズムを調査するとともに、対策工施工後に発生した中越沖地震に着目し、対策工の効果について検証した。その結果、各地震により被害が集中した区間では、砂質土層が厚く、地下水位が高いという特徴が示された。また、対策工施工箇所では、中越沖地震時に堤防本体への被害は発生しておらず、液状化対策工の有効性が確認された。

キーワード 信濃川、地震、堤防、被災のメカニズム、液状化対策工

## 1. はじめに

信濃川中流域は、1964年の新潟地震、2004年の中越地震、2007年の中越沖地震と、比較的短い周期で3度に渡り大きな地震に見舞われ、いずれも堤防の液状化による被害が発生した。将来的にも、大きな地震が近隣で発生する可能性は否定できないことから、地震による堤防被害を低減するために、適切な対策を講じることが求めら

れている。

本稿では、度重なる地震による堤防の被害状況を整理した上で、近年の中越地震と中越沖地震で特に被害の顕著だった箇所を抽出し、現地の詳細調査結果に基づき、被災のメカニズムの推定を行った。また、中越地震後、災害復旧を行った箇所について、中越沖地震後の状況を調査し、液状化対策工の効果について検証を行った。

表-1 各地震の概要

	新潟地震	中越地震	中越沖地震
発生日時	1964年6月16日 13時01分頃	2004年10月23日 17時56分頃	2007年7月16日 10時13分頃
マグニチュード	7.5	6.8	6.8
最大震度	6	7	6強
信濃川沿川の震度	5	5強～6強	5弱～6弱

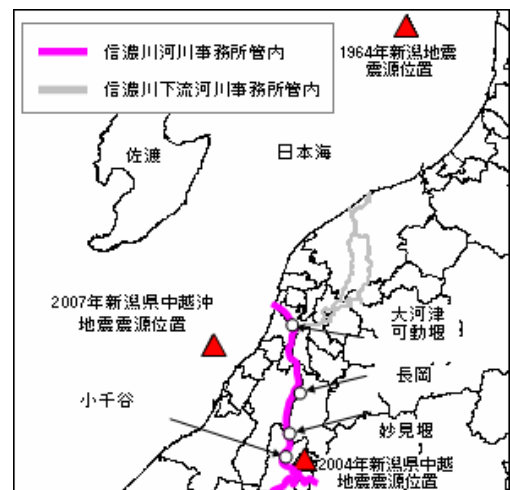


図-1 3つの地震の震源地

表-2 各地震による被害の概要

地区	新潟地震	中越地震	中越沖地震
大河津分水路			被災延長1000m 縦断クラック
野中才(右岸)			
真野代新田(右岸)	被災延長1400m 縦断クラック、沈下		
町軽井(左岸)	被災延長900m 縦断クラック、沈下		被災延長400m 縦断クラック、沈下
中条(右岸)		被災延長1500m 縦断クラック、沈下 法面のすべり、はらみ出し	
本与板(左岸)		被災延長900m 縦断クラック、沈下 法面のはらみ出し	
並木新町(右岸)	被災延長3800m 縦断クラック、沈下		
長呂(右岸)		被災延長500m 縦断クラック、沈下 法面のすべり、はらみ出し	
三俵野(右岸)		被災延長5000m 縦断クラック 法面のすべり、はらみ出し	

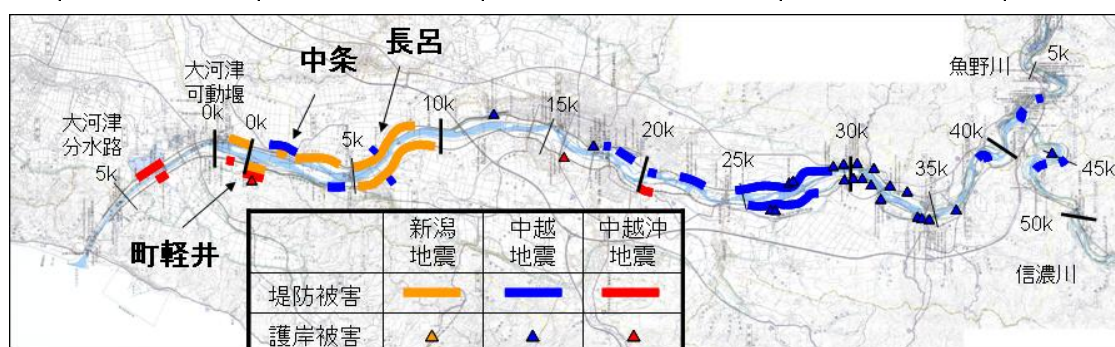


図-2 各地震の被害箇所

## 2. 各地震による被害の概要

表-2 に代表的な被害箇所について被害の概要を、図-2 に被害箇所を示す。新潟地震では大河津可動堰付近から10k付近にかけて、被害が発生している。中越地震の被害は、震源地近くの25k付近から35kや、0k付近から5k付近など、広範囲に及んでいる。中越沖地震では、被害は0k付近及び大河津分水路に集中している。

特に0k付近から5k付近は、被害が複数回発生している区間である。

## 3. 被災のメカニズムに関する考察

### (1) 信濃川の地質

図-3 に信濃川堤防の地質縦断図を示す。大河津分水路では、粘性土や岩を中心とする地層である。大河津可動堰付近～10k付近には砂質土層が厚く分布している。表層は砂質土、又は砂と粘土の互層から成っている。地下水位は砂質土層より上位に分布している。こ

のことから、この区間は液状化が発生しやすく、被害が集中したと考えられる。

10k～20k付近では、表層付近に薄く砂質土や粘性土が堆積し、その下には密実な礫質土が分布しており、上流ほど礫質層が厚く分布する傾向が見られる。地下水位は右岸では砂質土層の下位に、左岸では砂質土層または上位に分布している。そのため、この区間は左岸の一部を除いて液状化が発生しにくいと考えられる。実際に、発生した被害は震源地の近かった中越地震によるものがほとんどあり、液状化というよりも地震動に伴う慣性力により被害が発生したものと考えられる。

### (2) 現地調査に基づく被災メカニズムの考察

ここでは、中越地震、中越沖地震で液状化による被害が顕著だった地区を抽出し、詳細な現地調査の結果を基に被災のメカニズムについて考察する。

#### a) 長岡市中条地区(中越地震で被災)

中条地区、本与板地区における堤防開削調査の結果を図-4 に示す。中条地区では、堤外側の盛土下面でクラックが見られ、砂が貫入している。堤外側法面の護岸は2箇所折れ曲がり、基礎の鋼矢板は頭部が川側へ傾い

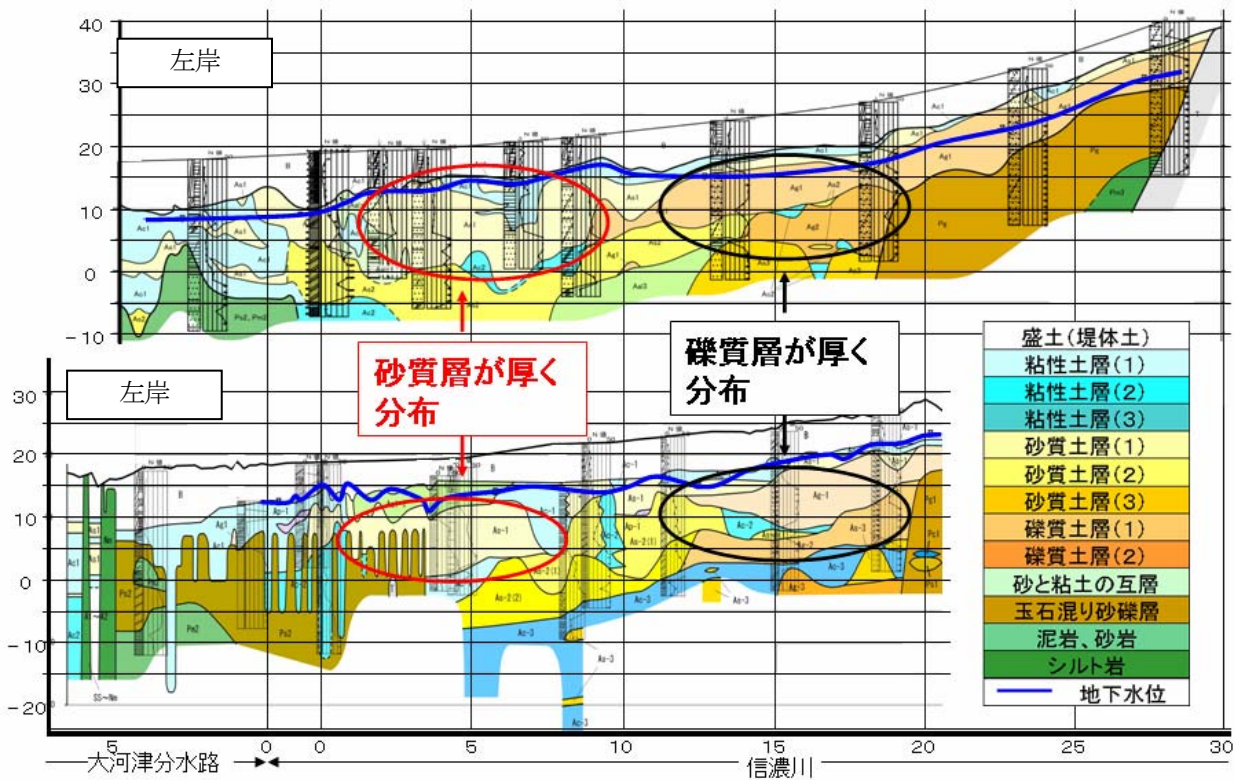


図-3 堤防の地質縦断面図

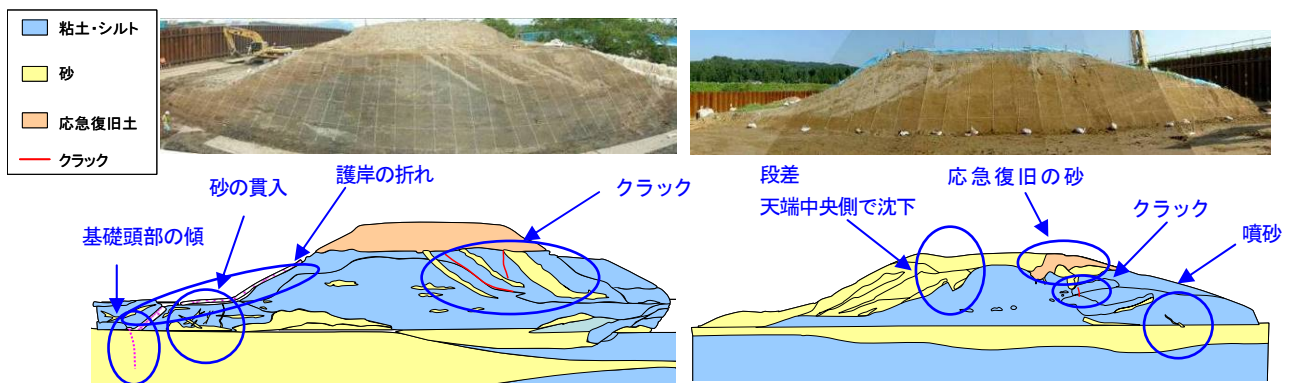


図-4 中条地区(左)と本与板地区(右)の堤防の開削断面

ている。天端中央から堤内側法肩にかけては断続的に開口したクラックが上方から下方に伸びている。これらより、被災のメカニズムは以下のように推測される。

- ・地震動により堤外側直下の砂層が液状化
- ・堤外側への側方移動、堤体の沈下、クラックが発生
- ・堤外側で噴砂が発生
- ・護岸が折れ曲がり、護岸基礎の矢板頭部は堤外側へ押し出された

#### b) 長岡市本与板地区(中越地震で被災)

本与板地区は、天端下堤内側で斜めに分布する砂層に段差が生じ、中央側で沈下を生じている。天端堤外側では、発生したクラックに応急復旧で投入した砂や礫が確認される。堤外側法面下部でははらみだが、法先では噴砂跡が見られる。これらより、被災メカニズムは、以下のように推測される。

- ・地震動により堤体下部の砂質土が液状化
- ・堤外側への側方移動、堤体の沈下、クラックが発生  
なお、中越地震で被災した長岡市(旧中之島町)長呂地区についても、同様のメカニズム(液状化による沈下、クラック、噴砂の発生)で被災したと推測される。

#### c) 長岡市町軽井地区(中越地震で被災)

町軽井地区において、本復旧工事に先立ち実施したクラックの開削調査の結果を図-5に示す。クラックは0.5~2.0m程度のものがほとんどであり、一部のクラックには噴砂跡が確認された。また、堤防の沈下も確認され、これらのことから被災のメカニズムは、以下のように考えられる。

- ・地震動によりクラック、堤体直下の砂層が液状化
- ・堤外側への側方移動、堤体の沈下が発生
- ・クラックに沿って噴砂が発生





図-5 町軽井地区の堤防横断地質図とクラックの開削断面調査

被災後の対策工法について示す。新潟地震の復旧区間の

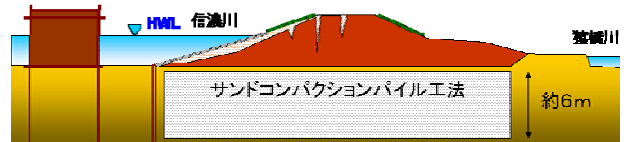


図-6 中条地区の液状化対策工

表-3 主要な液状化被災地区と対策工  
(○：被災なし，×被災)

地区		新潟地震	中越地震	中越沖地震
信濃川 本川	町軽井 (左岸)	×	○	×
	中条 (右岸)	×	×	○
	本与板 (左岸)	○	×	○
	長呂 (右岸)	×	×	○
		切り返し 堤防の嵩上げ、拡幅	表層安定処理工法	

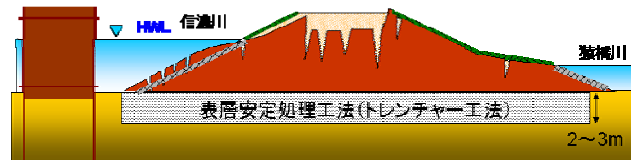


図-7 本与板・長呂地区の液状化対策工

#### 4. 対策工法の効果検証

##### (1) 新潟地震後の対策工

新潟地震後の復旧工事は、町軽井地区、中条地区等で行われた。亀裂部分の切り返しと堤防の嵩上げや拡幅にて対応しており、液状化対策は行われていない。

##### (2) 中越地震後の復旧・対策工

中越地震後には、液状化により堤防被害が発生した中条地区、本与板地区、長呂地区にて液状化対策工を実施した。中条地区では液状化層が約6mあることからサンドコンパクションパイル工法、本与板地区と長呂地区では液状下層が2mから3m程度で表層付近であることから、表層安定処理工法（トレンチャー工法）を実施した。

##### (3) 対策工の効果

表-3 に、各地震により液状化が発生した主要地区と、

うち、中条地区、長呂地区は中越地震で、町軽井地区は中越沖地震で再び液状化により被災しており、切り返しや堤防の嵩上げ、拡幅だけでは液状化を抑制できていない。一方で、中越地震後に液状化対策工を実施した中条地区、本与板地区では、中越沖地震において高水敷や法尻付近で噴砂やクラックが確認され、付近で液状化が発生したと見られるものの、堤防本体では被害は確認されていない。このことから、これらの液状化対策工は十分に効果を発揮したと考えられる。ただし、対策工施工区間と未施工区間の境界付近において、クラックに沿った噴砂跡が確認された。地盤物性値が極端に異なる変化点においてクラックが発生しやすくなっている可能性があることから、施工区間の設定には十分注意が必要である。なお、長呂地区については中越沖地震で堤防被災はなかったが、地震力そのものが弱かったと推測されていることから、対策工の効果に関する検証は対象外としている。



液状化対策工  
施工

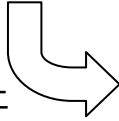


図-8 中条地区の対策工施工前後の状況



液状化対策工  
施工



図-9 本与板地区の対策工施工前後の状況

## 5. まとめ・今後の課題

今回の被災した堤防の詳細調査結果に基づき、下記の2点が明らかとなった。

①対象とした3度の大地震による堤防被災の一因は液状化であり、液状化が発生しやすい区間は概ね、  
地質条件：砂質土層が厚い  
地下水位条件：地下水位が高い  
であった。

②中越地震による被災後に、液状化対策工を施工した箇所は、中越沖地震発生後に堤防機能を損なう被害は発生しておらず、対策工の有効性が実証された。

一方で、上記①の条件を満たすものの、実際に液状化の被害が発生していない箇所もあった。効果的、経済的に対策工を推進していくために、以下の検討を行う必要があると考える。

①堤防詳細点検結果で得られたデータ等に基づく、対策工必要箇所を抽出するためのモデルの構築

②適切な対策工を選定するために、土質性状等現地諸条件を把握するための調査手法の確立

また中越地震では、液状化ではなく地震動に伴う慣性力により被災したと考えられる箇所（長岡市三俣野地先など震源地近傍）が存在したことから、液状化以外の要因により被災が起りうる箇所の抽出方法も検討が必要である。

## 6. おわりに

短い周期で複数の巨大地震に見舞われた信濃川中流域は、全国的にも稀な地域である。しかしながら、地震多発国日本では決して「対岸の火事」ではないといえる。当事務所では度重なる地震による被災を経て、現地の被災状況の把握に加え、管内全域で堤防の性状を把握するための堤防の詳細点検を実施してきたところである。昨今の社会情勢では公共投資が抑制される中、いかに効率よく堤防の耐震対策を進め、災害の発生に備えるかが今求められている。また、一旦被災した堤防の復旧には多額の費用がかかることから、被害を軽減し、被災後も堤防の機能を維持するため、あらかじめ必要となる対策を実施しておくことは極めて重要であると考えている。今後とも、本論文で得られた知見や堤防詳細点検結果を基に、地震災害発生時の堤防被害の軽減のため、既設堤防の耐震性強化を計画的に進めるとともに、新規の堤防施工時にも反映していくことが重要であると考えている。本稿執筆にあたり、協力いただいた関係各位にこの場を借りて謝辞を申し上げます。