

平成 19 年（2007 年）能登半島地震及び新潟県中越沖地震における 農村工学研究所の対応と技術支援力の強化

小林宏康*

目 次	
緒 言.....	1
能登半島地震災害.....	1
1 震災被害の概要.....	1
2 農工研の災害技術支援.....	2
3 被災地の災害対応.....	4
新潟県中越沖地震災害.....	4
1 震災被害の概要.....	4
2 農工研の災害技術支援.....	5
農地・農業用施設の地震対策.....	6
1 農地・農業用施設のリスク管理.....	6
2 災害時における応急措置及び復旧対策の 技術支援.....	7
3 農工研における地震関連研究の現状.....	8
結 言.....	9
参考文献.....	10
Summary.....	13

緒 言

平成 19 年 3 月 25 日 9 時 42 分頃に、能登半島西岸付近の深さ約 11km を震源とするマグニチュード 6.9 の地震が発生し、さらに、平成 19 年 7 月 16 日 10 時 13 分頃に、新潟県上中越沖（新潟の南西約 60km）の深さ約 17km を震源とするマグニチュード 6.8 の地震が発生した。気象庁は、この 2 つの地震を各々平成 19 年（2007 年）能登半島地震、平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震と命名した。これらの地震によって、建物、道路、港湾等の施設に加え、農地やため池等の数多くの農業用施設が被災した。

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）は災害対策基本法第 2 条第 5 号に基づく指定公共機関であり、農研機構防災業務計画の第 1 章第 3 節は、農研機構では農村工学研究所（以下、農工研）が中心となって「防災に関する試験及び研究並びに調査を推進するとともに、関係機関が実施する災害対策の技術支援を行う」と規定している。本報では、能登半島地震災害及び新潟県中越沖地震災害に対する当所の技術支援の実績と方法を概説するとともに、農工研が実施している地震関連研究の実施状況を報告する。

なお、本報の取りまとめに当たり、農林水産省農村振興局防災課災害対策室、石川県農林水産部農業基盤課、

輪島市門前総合支所農林水産課の関係者に多大なるご協力を頂いた。記して感謝申し上げる。

能登半島地震災害

1 震災被害の概要

能登半島地震による被害は、石川県の公式（11 月 27 日）発表（石川県、2007）によると、人的被害は死者 1、重傷者 88、軽傷者 250、住家被害は全壊 684、半壊 1,731、一部損壊 26,911、非住家被害は 4,451 となっている。避難者は地震直後のピーク時（3 月 26 日 6:00 時点）には 2,624 人、避難所数は 47 ヶ所、道路の通行止めはピーク時の 3 月 25 日時点で 18 路線 24 ヶ所に及んだ。今回の地震は、石川県内の観測史上、過去最大の地震（内閣府、2007）であり被害が甚大であったことから、政府は局地激甚災害指定基準の改正を行い、七尾市、輪島市、珠洲市、志賀町、穴水町、能登町の 3 市 3 町を異例の速さで局地激甚災害に指定（4 月 20 日に閣議決定、4 月 25 日に公布施行）した（Fig.1 参照）。

農地及び農業用施設等の被害は、石川県の発表によると Table 1 の通りであり、震源に近い輪島市、志賀町、穴水町、七尾市を中心に能登半島全域に及んだ。ここで、Table 1 に示す被害のうち、農地（被害）とは一筆単位の農地における畦畔崩壊などの被害で土羽・法止め工の畦畔復旧工事等が必要な農地、農地保全とは上下に二筆以上にわたる農地の崩壊により畦畔復旧工事等では安定が期せられない被害で地表水排除工、地下水排除工、抑止工等の復旧工事が必要な農地、また、地すべり

*企画管理部 防災研究調整役

平成 19 年 12 月 28 日受理

キーワード：災害対策基本法、指定公共機関



Fig.1 能登半島の市町位置図
City boundaries on Noto Peninsula

とは地すべり防止区域内の地すべり防止施設被害，と農
林水産省農村振興局防災課では定義している。

2 農工研の災害技術支援

a 職員派遣の実績

- (1) 第1次派遣【ため池，ダム】(3月29日～30日)
：谷防災研究調整役 (H19 4.1 付で施設資源部長)，毛利土質研究室長
- (2) 第2次派遣【農地地すべり】(4月5日～6日)
：広域防災研究チーム中里主任研究員・井上研究員
- (3) 第3次派遣【ため池】(4月13日)
：谷施設資源部長
- (4) 第3次派遣関連フォローアップ調査【ため池】
(4月24日～25日)
：谷施設資源部長
- (5) 第4次派遣【ため池・海岸施設班】(4月16日～19日)

- ：土質研究室毛利室長・堀主任研究員・有吉研究員・山崎特別研究員，構造研究室林田研究員
- (6) 第4次派遣【農地地すべり・農地崩壊班】(4月17日～19日)
：水田汎用化システム研究チーム藤森チーム長・若杉研究員，広域防災研究チーム中里主任研究員・井上研究員，海野特別研究員
- (7) 第4次派遣関連フォローアップ調査【農地地すべり班】(5月16日～18日)
：広域防災研究チーム中里主任研究員・井上研究員，海野特別研究員
- (8) 第4次派遣関連フォローアップ調査【農地災害班】(5月16日～19日)
：水田汎用化システム研究チーム小倉上席研究員・若杉研究員
- (9) 第5次派遣【水路等コンクリート構造物班】(8月6日～8日)
：構造研究室増川室長・林田研究員，土質研究室有吉研究員

b 職員派遣の経緯

3月25日(日)9:50に，農林水産省農村振興局防災課災害対策室から防災研究調整役に連絡待機要請が入る。農業用施設の被災調査に関わる技術支援に備えて関係職員に派遣準備を指示。

3月27日(火)22:50に，農林水産省農村振興局防災課災害対策室から農業用ダムやため池等の被災状況を診断するよう職員派遣要請が入る。直ちに，ため池構造解析等を専門とする谷防災研究調整役と毛利土質研究室長の派遣を決定。

3月29日(木)に職員2名(谷，毛利)を石川県に派遣し，3月30日(金)に北陸農政局防災課職員及び資源課地質官とともに，ため池3箇所，農業用フィルダム1箇所，海岸施設1箇所，地すべり1箇所の危険度診断を行い，応急措置，復旧対策等を助言【第1次派遣】。

Table 1 能登半島地震による農業用施設等の被害概要
Summary of damage to agricultural facilities during the Noto Hanto Earthquake in 2007

石川県	農地(ヶ所)(ha)		ため池	頭首工	水 路	揚水機	農地保全	集落排水	農村公園	地すべり	海岸施設	道 路	橋 梁
輪 島 市	149	21.66	50	3	91	8	0	3	0	2	0	91	6
珠 洲 市	3	0.2	9	1	2	1	0	1	0	0	0	3	1
穴 水 町	10	1.4	10	0	21	0	1	0	0	2	0	3	1
能 登 町	5	0.19	3	1	5	0	0	2	0	0	0	11	0
七 尾 市	14	1.5	14	1	13	3	0	4	1	0	15	23	2
中能登町	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
羽 咋 市	0	0	0	0	7	5	0	0	0	0	0	5	0
志 賀 町	17	1.75	4	3	26	5	0	9	0	0	6	13	1
内 灘 町	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(ヶ所計)	198	-	90	10	165	25	1	19	1	4	21	149	11
(被害額)	450	-	1093	100	492	201	50	1258	3	360	681	683	190

(注) 出典：石川県被害報告(平成19年5月18日現在集計)。被害額の単位は百万円

4 月 4 日（水）16:45 に、農林水産省農村振興局防災課災害対策室から農地地すべりの 2 次災害防止を支援するよう職員派遣要請が入る。直ちに、地形及び地質特性を踏まえた地下水流動や地すべり観測を専門とする広域防災研究チーム中里主任研究員、井上研究員の派遣を決定。

4 月 5 日（木）に職員 2 名（中里、井上）を輪島市に派遣し、北陸農政局防災課職員及び資源課地質官とともに、稲船地区他 1 地区における地すべり現場の安定性を診断し観測態勢等を助言。4 月 6 日（金）には、輪島市の小山、二又、馬渡、金蔵の各地区における地すべり現場の安定性を診断し観測態勢等を助言。【第 2 次派遣】

4 月 11 日（水）12:45 に、農林水産省農村振興局防災課災害対策室から能登北部及び中部地域で発生した農地地すべり、ため池堤体亀裂、液状化による海岸施設の変状に関わる復旧工法を総合的に助言するよう職員派遣要請が入る。被災現場を効率的に調査するため、1 班 5 名で 2 班編成として派遣することを決定。

4 月 12 日（木）13:25 に、農林水産省農村振興局防災課災害対策室から志賀町にあるため池の被災状況を至急診断するよう職員派遣要請が入る。直ちに、ため池構造解析等を専門とする谷施設資源部長の派遣を決定。

4 月 13 日（金）に職員 1 名（谷）を志賀町に派遣し、ため池堤体の底樋からの漏水状況、堤体斜面の変位状況等を点検して危険度判定を行い、当面

の維持管理方法を助言。【第 3 次派遣】

4 月 16 日（月）に、ため池・海岸施設班（毛利、堀、有吉、林田、山崎）を能登中部地域に派遣し、4 月 19 日までに農村振興局、北陸農政局及び石川県の職員と海岸施設 3 地区 6 施設、志賀町及び七尾市で被災したため池を調査し復旧工法等を助言。翌 4 月 17 日（火）には、農地地すべり・農地崩壊班（藤森、中里、若杉、井上、海野）を能登北部地域に派遣し、4 月 19 日までに北陸農政局および石川県の職員と穴水町丸山地区及び大桂地区、輪島市小山地区、二又地区、稲舟地区及び白米地区を調査し地すべり現場の安定性を診断。

【第 4 次派遣】

4 月 24 日（火）に、第 3 次派遣で調査した被災ため池の維持管理をフォローアップするため、谷施設資源部長を志賀町に派遣。

5 月 16 日（水）に、第 4 次派遣で調査した地区の具体的な復旧工法を検討するため、試料採取及び詳細測定を目的とするフォローアップ調査を行うこととし、農地地すべり班（中里、井上、海野）と農地崩壊班（小倉、若杉）を輪島市及び穴水町に派遣。

8 月 6 日（月）に、水路等のコンクリート構造物の被災調査を行うため、増川構造研究室長、林田構造研究室研究員、有吉土質研究室研究員を能登中部地域に派遣。8 月 8 日までに石川県の職員と羽咋市、志賀町、七尾市の水路倒壊等を調査し、被災要因に関わる情報を収集した。【第 5 次派遣】

C 技術支援を行った施設位置図

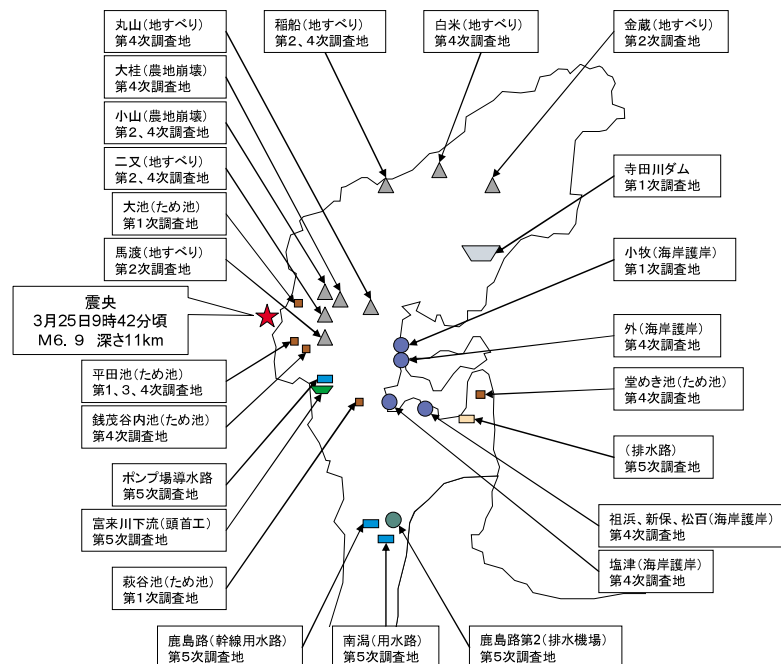


Fig.2 能登半島地震災害に関わる調査地位置図

Locations investigated by NIRE after the 2007 Noto Hanto Earthquake disaster

3 被災地の災害対応

被害の大きかった輪島市と穴水町では4月の人事異動を凍結して震災に対応した。輪島市門前総合支所農林水産課では、所管内の102ヶ所に及び集落の農地・農業用施設災害及び林道・治山災害の実態把握に当たり、課内の職員4名では短期間に終えることは困難と判断し、石川県に実務の応援を要請して、3月26日～4月8日に延べ112人の応援を得て被災状況の現地踏査とヒアリング調査を行った。さらに、4月10日～20日には富山県と新潟県からの応援を加えて、延べ160人が測量、写真撮影、災害復旧事業計画概要書(査定設計書)の作成等を実施した。当該地域における農林水産省の災害査定は、査定設計書が整った案件から4月下旬～6月上旬まで6次に分けて順次実施される等、早期復旧に向けて懸命な努力が払われた。

石川県では県の出先事務所職員が被災した市町の技術支援を行った。当県は、平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災を貴重な教訓として、当県の防災・減災施策に反映できるよう、学識経験者の指導を受けながら平成7年度から3ヶ年をかけて過去の災害記録等を整理・再構築して災害シナリオを作成している(石川県環境安全部, 1998)。この目的の一つは、当県が大規模地震に際して発揮すべき市町村の業務支援や相互協力等の分担と役割を示すことにあり、発災後の対応を時間経過で整理している。想定される震災毎に被害を想定し、初動時における要員確保、災害応援の組織化、派遣要請、市町村及び県民との協働等、ソフト対策として減災の仕組みを構築する重要性を強調しており、リスク管理の立場から地域防災計画を補完している。今回の能登半島地震は、当県が想定していた5つの災害モデルとは合致しなかったが、能登半島地震災害時の対応状況を振り返り、県と市町等との間の情報の収集、伝達、共有等が迅速かつ的確に行われたか等の観点から当該災害シナリオ及び連絡・支援体制の確実性等を検証することが重要であろう。

新潟県中越沖地震災害

1 震災被害の概要

新潟県中越沖地震による被害は、新潟県の公式(11月15日)発表によると、人的被害は死者14人、重軽傷者2,315人、住家被害は全壊1,259棟、大規模半壊850棟、半壊4,632棟、一部損壊34,051棟、非住家被害は31,348棟となっている(新潟県, 2007a)。避難者は地震直後のピーク時(7月17日9:20時点)には12,483人に及んだ(新潟県, 2007b)。今回の地震に伴う被害見込額1.5兆円(うち、農林水産関係は400億円程度)と発表(H19.7.23)され、平成16年新潟県中越地震に伴う推定被害額約3兆円(うち、農林水産関係は4,000億円程度)には達しないものの被害甚大であるとして、長岡市、柏崎市、出雲崎町、刈羽村が局地激甚災害に指定(8月7日に閣議決定、10日に公布施行)された(Fig.3 参照)。

農地及び農業用施設等の被害は、新潟県の発表によるとTable 2の通りであり、震源に近い柏崎市、出雲崎町、刈羽村、上越市を中心に県内の広い範囲に及んだ。ここで、農地、農地保全及び地すべりの定義はII-1に記述した通りである。



Fig.3 新潟県の市町村位置図
City boundaries within Niigata Prefecture

Table 2 新潟県中越沖地震による農業用施設等の被害概要
Summary of damage to agricultural facilities during the Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007

新潟県	農地（ヶ所）(ha)		ため池	頭首工	水 路	揚水機	農地保全	集落排水	農村公園	道 路	橋 梁
新 潟 市	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
燕 市	1	0.3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
長 岡 市	0	0	1	0	5	3	0	4	0	1	0
小千谷市	3	0.3	1	0	11	0	0	7	0	5	0
出雲崎町	34	6.8	7	0	28	0	0	9	0	37	0
川 口 町	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0
十日町市	1	0.3	1	0	3	0	0	0	0	2	0
柏 崎 市	21	42.5	75	3	127	9	1	69	2	55	2
刈 羽 村	4	0.4	9	1	78	1	0	3	0	5	0
上 越 市	5	0.7	7	0	19	1	0	20	0	1	0
佐 渡 市	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
（ヶ所計）	69	-	102	4	277	14	1	113	2	106	2
（被害額）	107	-	1494	35	1293	80	15	12710	30	265	55

(注) 出典：新潟県被害報告(平成19年8月10日現在集計)。被害額の単位は百万円

2 農工研の災害技術支援

a 職員派遣の実績

(1) 第 1 次派遣（7 月 22 日～25 日）【ため池，ダム，集落排水施設等】

：土質研究室毛利室長・有吉研究員
：構造研究室増川室長・田頭主任研究員

(2) 第 2 次派遣（8 月 6 日～7 日）【ため池】

：土質研究室毛利室長・堀主任研究員・山崎特別研究員

(3) 第 3 次派遣（10 月 4 日～5 日）【農業用排水路】

：水利施設機能研究室森室長・森主任研究員・渡嘉敷主任研究員・中矢主任研究員

b 職員派遣の経緯

7 月 16 日（月）10:25 に，農林水産省農村振興局防災課災害対策室から防災研究調整役に連絡待機要請が入る。農業用施設の被災調査に関わる技術支援に備えて関係職員に派遣準備を指示。

7 月 19 日（木）16:05 に，農林水産省農村振興局防災課災害対策室から，農業用ダムやため池等の被災診断について新潟県から技術支援の要請があったとして，当所に職員派遣の依頼が入る。直ちに，ため池構造解析等を専門とする土質研究室毛利土質研室長・有吉研究員，構造研究室増川室長・田頭主任研究員の派遣を決定。翌日 20 日に行程計画を調整。

7 月 22 日（日）に，職員 4 名を 2 班体制（毛利・有吉，増川・田頭）で新潟県に第 1 次派遣（7 月 25 日まで）。

8 月 1 日（水）15:00 に，能登半島地震で被災し

た石川県志賀町のため池が新潟県中越沖地震で被害が拡大したとして，応急措置及び復旧に向けて技術支援の要請が入る。直ちに，ため池構造解析等を専門とする土質研究室毛利室長，堀主研，山崎共同研究員の被災地派遣を決定。

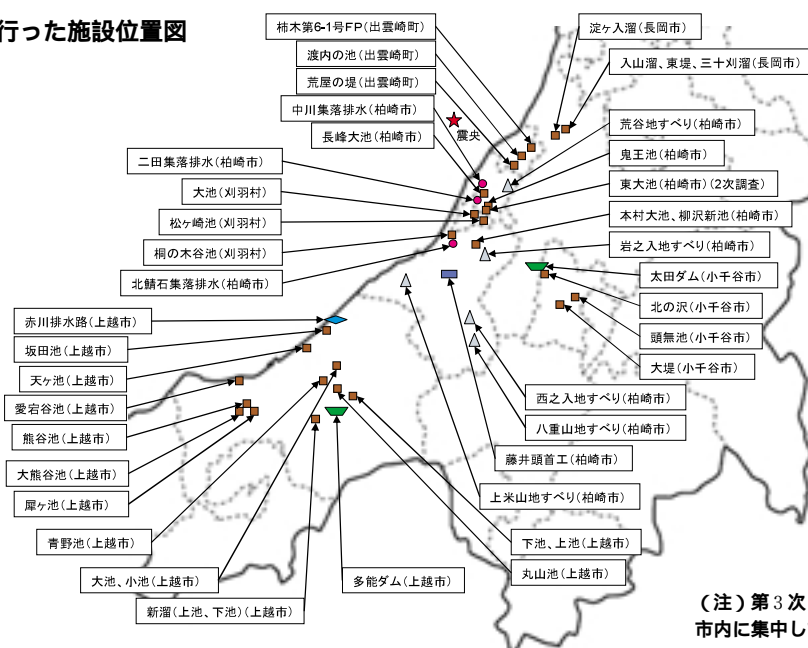
8 月 6 日（月）に，職員 3 名（毛利，堀，山崎）を石川県に第 2 次派遣。

8 月 7 日（火）に，中能登農林総合事務所の案内で志賀町のため池を調査し，応急措置と経過措置の助言と，復旧工法について打ち合わせ。同日 12:00 に，新潟県から被災ため池の安全性緊急点検を行いたいとして，北陸農政局経由で技術支援要請が入る。毛利室長と堀主研に，石川県での調査終了後，新潟県柏崎市（旧西山町）に移動を指示。新潟県では北陸農政局防災課災害査定官，資源課地質官，新潟県柏崎地域振興局部長らに同行し，被災ため池の漏水状況を調査し復旧対策を助言し帰任。

農林水産省農村振興局防災課災害対策室を通じて，水路被害に関わる災害査定が 9 月末で終了したとの連絡が入ったことから，新潟県等と被災調査日程の調整に入る。

10 月 4 日（木）に，水路被害調査と復旧対策を助言するため，施設資源部水利施設機能研究室の森室長，森主研，渡嘉敷主研，中矢主研の 4 名を第 3 次派遣。また，水路被害が営農被害に及ぼす影響を評価するため，新潟県上越市に研究拠点を置く（独）農研機構中央農業総合研究センター北陸研究センター北陸水田輪作研究チームの吉田主研が 4 日の調査に同行。

C 技術支援を行った施設位置図



（注）第 3 次（水路被害）調査地点は柏崎市内に集中しているため記入除外

Fig.4 新潟県中越沖地震災害に関わる調査地位位置図

Locations investigated by NIRE after the 2007 Niigataken Chuetsu-oki Earthquake disaster

農地・農業用施設の地震対策

1 農地・農業用施設のリスク管理

地震や台風などの自然災害は、大被害、低頻度、不確実性という特徴から低頻度型巨大災害あるいは低頻度メガリスク型災害と呼ばれるが、農林水産省農村振興局防災課が取りまとめた最近12年間の被害件数 (Fig.5) 及び被害額 (Fig.6) から明らかに、我が国ではこれらの自然災害によって農地・農業用施設が高頻度で被害を受けている。また、内閣府 (2003) の発表によると、1994年～2002年におけるマグニチュード6.0以上の地震回数は世界で780回発生しており、我が国の発生数160回は20.5%を占め、世界有数の地震国であることを示している。同様に、1972年～2001年における世界全体の災害被害額は9,597億ドルで、この内我が国の被害額は1,489億ドルと全被害額の16.0%を占める程の世界有数の被災国である。このような我が国の自然及び社会環境を踏まえ、災害リスクを特定し、リスク評価を行い、防災・減災施策とこれを技術的に裏打ちする研究開発が車の両輪となって適切なハード及びソフト対策を整備していく必要がある。

このような中で農林水産省農村振興局防災課では、平成16年度の台風・地震災害で4,573ヶ所 (被害額は255億円) のため池が被災した状況を踏まえ、受益面積2ha

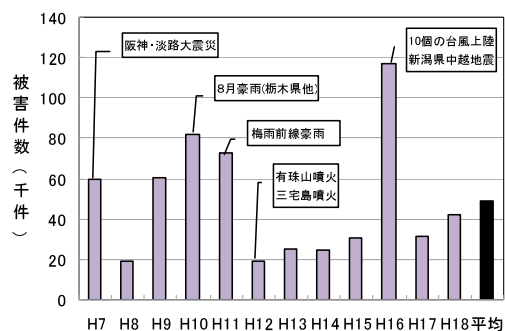


Fig.5 日本における農地・農業用施設の自然災害被害件数の推移
Number of instances of damage to farmland and agricultural facilities for natural disaster events in Japan since 1995

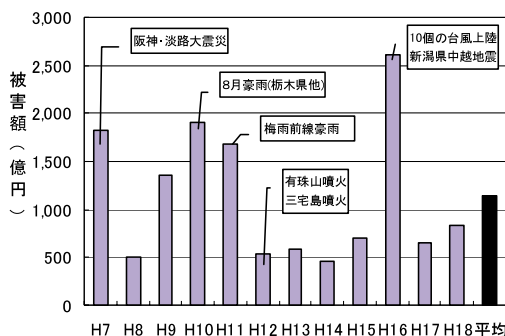


Fig.6 日本における農地・農業用施設の自然災害被害額の推移
Cost of damage to farmland and agricultural facilities for natural disaster events in Japan since 1995

以上のため池約6万ヶ所を対象に、ため池の堤体老朽度、洪水吐規模、緊急放流施設などの構造的危険度や災害発生が下流域に及ぼす影響度等を指標にして平成17年4月～6月に全国一斉の緊急点検を行い、数値化によるリスク評価を試みた。その結果、点検数約51,200ヶ所のうち、早急な対応が必要と判断されたため池が約2,200ヶ所、何らかの対応が望ましいと判断されたため池が約5,500ヶ所存在することが明らかになった (農林水産省, 2005)。各都道府県では、この結果を一つの目安として重点的に改修・補修すべきため池を抽出し効率的な整備計画を策定することとしている。

能登半島地震によって多数のため池が被災した石川県では、農林水産省農村振興局防災課 (2006) が採用した指標に県独自の解釈を加味して判定基準を設定し、県内のため池のリスク評価を行っている。具体的には、ため池の堤体材料、堤体状況、堤体老朽度、洪水吐、取水施設、管理状況から危険度をAA, A, B, Cの4段階で判定するとともに、ため池の水掛かり面積と用水依存率からため池依存度を大, 中, 小の3段階で判定する。また、ため池堤体直下の状況 (人家, 公共施設, 国道等), 想定被害区域から影響度をaa, a, b, cの4段階で判定し、これらを数値化し3段階 (A: 早急に整備が必要, B: 計画的に整備, C: 現状維持) で総合判定を行う。この方法を整理すると、Fig.7 (A: 赤色領域, B: 黄色領域, C: 青色領域) のように表される。石川県では、総合判定でAないしBに区分されたため池の改修を優先させる事業実施方式を採用している。

危険度	依存度	下流への影響			
		小	中	大	大
AA	大				
	中				
	小				
A	大				
	中				
	小				
B	大				
	中				
	小				
C	大				
	中				
	小				

(補足) 総合判定領域の区分は、A (赤色): 早急に整備が必要, B (黄色): 計画的に整備, C (青色): 現状維持

Fig.7 ため池危険度の総合判定早見表

Judgment criteria for early determination of dangerous water levels in irrigation ponds

以上のような農林水産省農村振興局防災課及び石川県が採用した農業用ため池緊急点検の判定基準方式をリスク管理の観点から捉えたとFig.8のようになる (日本技術士会, 2005)。Fig.7において総合判定A, Bと判定されたため池は潜在的な危険性を内在していることから、こ

れらのため池は Fig.8 ではリスクを低減すべき領域（リスク低減領域）に付置される。下向きの破線で示す発生防止によるリスク低減対策とは、ため池堤体の補強や洪水吐増強等のハード整備を意味する。一方、横向きの破線で示す影響緩和及び分散によるリスク低減対策とは、ため池ハザードマップに基づく住民の避難誘導やため池を群として管理してため池の洪水貯留量を分散する等のソフト対策を意味する。むろん危険度及び想定される被害規模は二点破線で示す方向に向けて最小化に努めることが望ましい。しかし、ため池周辺の社会環境や地方自治体の財政力を考慮すると、ため池の防災・減災対策は、個々のため池の実態を踏まえてハード整備とソフト整備の適当な組み合わせを検討することが現実的なリスク管理であり、妥当なリスク保有と考えられる。

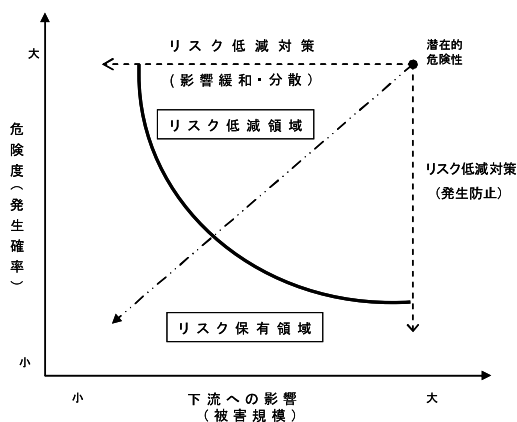


Fig.8 災害のリスク管理
 Disaster risk management

2 災害時における応急措置及び復旧対策の技術支援
 災害対策基本法は、都道府県及び市区町村に地域防災計画を作成するよう定めている。地域防災計画は、対象となる地震、風水害等の災害別に編集されており、各編は基本的に総則、災害予防計画、災害応急対策計画、災害復旧・復興計画で構成されている。地域防災計画の目的は、住民の生命、身体及び財産を災害から保護することであり、特に、倒壊家屋や火災現場から住民を救出・誘導することが最優先される。各県の地域防災計画には農地・農業用施設等の応急対策として施設の緊急点検、被害状況の把握、二次災害の防止等が明記されており、震災後の初動対応は市町村及び施設管理者に全面的に依存している。ただし、大震災時には被災地において人命救助等が優先されるだけでなく、市町村職員及び施設管理者も被災者となるため、農地・農業用施設災害の初動対策が遅れる可能性が高い。また、大震災時には、市町村では被災現場の測量や査定設計書作成の応援を要請し他県等からの技術派遣職員を受け入れることが予想され、市町村職員はその対応に追われる（新潟県，2006），（有田ら，2007）。このような被災地における混乱の中で、農工研はどのタイミングで技術支援を行うことが最

善なのかが問われる。災害応急対策の技術支援を行うためには、被災現場の位置が特定され、被災施設の構造諸元や補修履歴等の資料が準備され、被災現場を効率的に巡回できる案内と移動手段が手配される必要がある。そのため農工研では、能登半島地震及び新潟県中越沖地震の発生直後から農林水産省農村振興局防災課災害対策室及び北陸農政局を通じて石川県と新潟県と頻繁に交信し、被災地において農工研の防災担当職員の受け入れ態勢が整うのを待って派遣することとした。

Fig.9 は、地震の強い揺れで堤体に大きな亀裂等が発生し、ため池の安全性が極度に低下した場合のため池の機能と災害復旧の手続きを経過時間で表したものである。農工研が行う災害対策の技術支援とは、主として t3 の二次診断における応急措置の助言と、t6 の復旧工法の検討における専門的な助言を指すが、能登半島地震で被災した志賀町のため池復旧に当たり、農工研が開発したため池の耐震工法（IV 3 で後述）が被災ため池の一部復旧区間に採用されたことから、志賀町の要請に応じて、本工法に関わる t10 ~ t13 の技術支援を実施することにした。

t1 及び t2 における初動対応と初動対策が適切な応急措置や復旧工法の検討に繋がるのはいうまでもない。例えば、フィルダムやため池の亀裂発生や基礎地盤の液状化等の状況は、時間の経過とともに変化する。従って、施設管理者等が被災直後に、亀裂深度を確定する石灰水やメチレンブルー溶液の注入、新たな漏水が確認された場合には漏水箇所を特定する杭打ち、降雨によって被害が拡大しないようビニールシートによる亀裂発生場所の被覆、堤体が崩壊しないよう貯水池の水位低下、被害状況を記録する写真撮影等を実施することが重要である。ただし、前述したように、大震災の場合には施設管理者が被災者となる可能性が高く、機動的な対応が困難な状況が想定される。地域防災計画の震災対策編農地・農業用施設等の応急対策には震度 4 ないし 5 以上の地震発生を想定して初動対応が記載されているが、谷（2005）

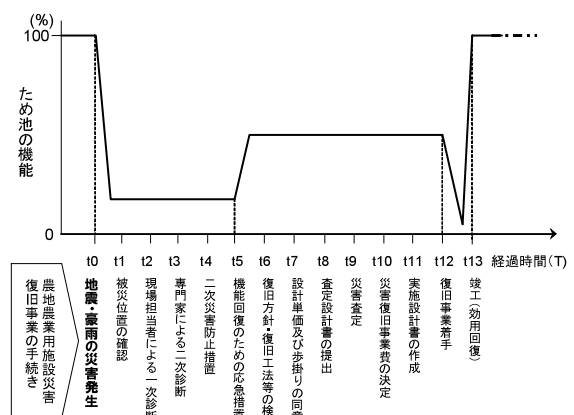


Fig.9 災害復旧事業によるため池機能の回復
 Restoration of functionality of irrigation ponds by disaster recovery projects

によれば、ため池の被災率は震度6弱から飛躍的に増大することから、この点を考慮して国、都道府県、市町村等との連携・協力関係を構築しておく必要がある。

一次診断(t2)では被災したため池の危険度と応急措置を決めかねる場合には、農工研の防災研究職員のような専門家による二次診断(t3)を早期に手配し、t0～t5の期間を短縮し、ため池の灌漑用水供給能力の暫定回復に努めるとともに、災害査定(t9)を終えて早期に復旧事業を完了(t13)し、営農に及ぼす影響を極力排除することが重要である。

能登半島地震及び新潟県中越沖地震の発生に際して、当所が実施した災害対策の技術支援及び情報発信は以下の手順で実施された。

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構災害対策マニュアル(18農工第073001号、平成18年11月1日)に基づき災害支援態勢を整えた。

では、災害対策マニュアルの6に規定されている災害対策本部を設置されていない場合の支援態勢と緊急時の措置を採用し、防災研究調整役が農林水産省農村振興局防災課災害対策室との連絡の窓口となり、現地災害情報の収集と技術支援要請に対応した。

職員の派遣要請については、要請内容に応じて企画管理部長、関係する研究部長及び防災研究調整役が協議して所内防災担当職員から選抜し、関係機関と調整して派遣の行程計画を決定した。なお、職員の派遣は、技術支援要請内容の専門性を考慮して、該当する室長及び研究チーム長を団長とし、現場の作業効率、移動中の安全性及び若手防災担当職員に経験を積ませることを勘案し、一班を2名ないし3名で構成した。

技術支援要請への対応方針については、防災研究調整役から所内関係者、農村振興局設計課設計審査班、農林水産技術会議事務局総務課調整室、農研機構本部総合企画調整部に逐次報告した。

派遣中の職員には当日の対応状況を、防災研究調整役に電子メールか電話で報告するよう指示し、業務の進捗状況や現場における問題の発生等を把握するとともに、関係機関との連携状況を確認した。

派遣チームにはポケットナビゲーターを貸与・携行させ、被災現場の正確な位置と進入ルートを記録し、フォローアップ調査の必要が生じた場合には独自に被災地を移動できるようにした。

震災被害の詳細把握や防災研究データ取得・蓄積等のため、被災現場で土質試験や試料採取に係る調査経費を運営費交付金(防災対策費)から充当する方式を今回の技術支援から適用した。なお、このような独自調査は、関係機関との合同調査に支障が及ばないよう日程及び時間調整を図った。

震災後の被災集落では不審な侵入者に警戒感を抱くことを懸念し、地元関係者の同行無く当所職員が被災現場に入る場合には、関係する県の出先機関と市町村

に事前の了解を得ることを必須条件とした。

技術支援情報として、災害情報発信の概要、職員派遣等に関わる経緯、現地調査報告書(速報)、調査位置図、をホームページに掲載し逐次更新(能登半島地震:7回、新潟県中越沖地震:6回)するとともに、農林水産省の災害対応公式へのリンクサイトを設けた。

新潟県中越沖地震による農業・農業用施設災害に関する新聞記事を収集し、日付、新聞社名、記事タイトル14題を掲載し、著作物使用申請の承諾が得られた新聞記事9題は電子化して掲載した。

農工研が行った災害技術支援活動を広報するため、農工研ニュース(2007a, 2007b, 2007c)、農林水産省農村振興局のメールマガジン(農工研, 2007d)、団体の機関誌(小林, 2007)に投稿した。

3 農工研における地震関連研究の現状

農工研では、Appendix 1に示したように、大きな地震災害発生の度に防災担当職員を被災地に派遣して農地・農業用施設等の被災調査を行い、応急措置と復旧対策に必要な技術支援を行うとともに、災害現場や実験・解析で得られた知見の集積(谷ら, 1998)、(堀, 2005)を行いながら、応急措置の判断に必要な災害メカニズムの解明や効果的な復旧対策に資する技術の開発に努めてきた。

農研機構は、平成18年度～平成22年度までの第2期中期目標期間において達成すべき研究目標を農林水産大臣から与えられている。研究目標の一つに、農業用施設等の災害予防及び減災技術の開発を行うことが掲げられ、特に、ため池等の豪雨・地震からの耐久性を向上させる設計・工法技術及び農地・農業用施設等の減災技術・災害予測システムの開発が重点課題とされた。このような研究領域は、農工研がこれまで蓄積してきた研究成果を総合化・高度化していかなければ研究成果を産出することができない。そのため、農工研では、農林水産省の競争的研究資金である先端技術を活用した農林水産研究高度化事業に「ため池等の低コスト改修・高度防災情報による防災対策技術の開発(17年度～平成21年度)」を課題応募し外部研究資金を獲得するとともに、運営費交付金によるプロジェクト研究「高地震力等のリスクを考慮した農業水利施設の機能高度化技術の開発(平成19年度～平成21年度)」を開始して、地震関連研究に研究資源(人と予算)を重点的に投入して研究成果の早期産出を促している。このような研究課題の有機的な実施により、災害メカニズムの解明等の基礎研究と、施設の安全性評価手法、ライフサイクルコストを考慮した地震対策技術の開発、防災情報システムの開発等の応用研究を推進することとしており、応用研究の成果の一つとなるため池(谷, 2005)及び農地地すべり(中里ら, 2007)のハザードマップ作成技術は実用化レベルに達している。

農工研がこれまで産出してきた地震関連研究の成果

は、各地の行政現場や災害現場で活用されている。例えば、ジオテキスタイルで包み込んだ碎石を管路の乗載荷重として地表から浅い位置にパイプラインを連続敷設する工法（パイプライン浅埋設工法（毛利ら，2000））の開発は、強い地震動で基礎地盤が液状化して灌漑用の埋設管が浮上・破損する災害を低コストで防止できる。平成 9 年度に東海農政局の国営新矢作川地区で採用されてから平成 18 年度までに各地の国営事業で 26 件、約 7.4km が施工されている。底泥土を有効利用したため池の新改修工法（ため池底泥の砕・転圧盛土工法（谷ら，2004））は、従来は捨土していた貯水池の堆積泥をため池堤体の盛土材として再処理利用する技術であり、老朽ため池の耐震性能の回復と増強・コスト縮減・環境保全に貢献できる。平成 13 年度に三重県寺家池で採用されてから平成 18 年度までに 6 件、約 62,000m³ の施工実績がある。ため池リアルタイム防災データベース（谷，2006）は、地震や豪雨に対するため池の危険度を推定し災害見回りの合理化を実現するために開発され、7 地方農政局と全国 45 道府県に配布されており、11 府県等には警戒情報を配信するシステムが導入されている。空中電磁法による地すべり調査法（中里ら，2006）は、ヘリコプターから下ろした電磁場送受信機によって地盤の比抵抗値を計測し、この値から地盤の間隙率や水飽和度等を推定して、農地地すべり災害の危険度を効率的に把握する技術であり、平成 16 年度新潟県中越地震災害調査に採用された。また、高機能の土嚢をため池堤体表面に積載することで耐震性が向上し一時的な洪水越流を許容できる新しい工法（越流許容型ため池工法（松島ら，2006））が、能登半島地震で被災した志賀町のため池の一部復旧区間に採用された。これらの研究開発は、行政現場等に必要となる技術を効率的に産出し実用化していくため、農工研が外部の大学や民間の研究機関と連携し双方の独自技術を活かしながら、当所の運営費交付金の研究予算に加え、国や民間の外部研究資金が投入され実施されている。

他方、平成 7 年阪神・淡路大震災や平成 16 年新潟県中越地震の発生当時の対応を反省し、大震災直後における国と県、県と市町村間の情報伝達と情報共有の仕方を研究する必要性が指摘されている（関，2007）。このような災害時における情報共有の方法として、平成 16 年の新潟県中越地震後に、大学、民間企業、NPO、国土交通省等の諸機関がボランティア協力により復旧・復興 GIS（地理情報システム）プロジェクトを立ち上げた（財団法人河川情報センター，2007）。新潟県中越沖地震では、主要道路や港湾に関わる被災状況や支援等の情報が集積され公開されたが、中山間地域の農村に点在する農地・農業用施設の被害情報は含まれていない。

農地・農業用施設の維持管理は農家、土地改良区及び市町村等が施設管理者となっており、施設管理者が被災者となった場合には被害状況の報告はたちまち寸断される。特に、中山間地域では過疎化・高齢化等による影響

が大きく集落機能の低下は深刻であり、維持管理が放棄されるため池が増加する等の状況が震災被害の状況把握の困難さに拍車をかけている。能登半島地震災害を契機として局地激甚災害指定基準の改正が行われ早期指定が可能となったが、能登半島地震と新潟県中越沖地震では、被災した市町村が避難所の設置やライフラインの復旧等の初動対応で多忙な中、石川県と新潟県は農地・農業用施設等の被災状況と被害額を災害発生直後から 2 週間で把握することとされた。今後、本制度を効率的に適用していくため、農林水産省農村振興局防災課では、地方自治体が発災後における初動対応の最中でも被害を迅速に把握できるように、被災位置情報の早期特定と箇所別の被害額等の情報を早期に収集するシステムの開発を検討している（島，2008）。また、震災発生時において災害対応の最前線に立つ市町村職員の実務を支援する目的で農村災害復旧専門技術者制度（農林水産省農村振興局，2007）を立ち上げて、この制度の活用を都道府県に働きかけている。

震災発生直後において要求される災害情報システムの機能及び構成は、モバイル GIS、操作性が良く動作が簡単なインターフェイス、分散複数サーバ、経済性、セキュリティである。農工研農村環境部景域研究室では、ノート型 PC に USB メモリを差し込むだけで独自に開発した GIS アプリケーションを起動させ、携帯電話等により被災現場情報の収集、伝達、整理を容易に実現し、一般プロバイダのサーバを利用することで専用のサーバを管理する経費と、地震によってシステムダウンするリスクを小さくするとともに、指紋認証式 USB を使用することでデータの安全性を保証するシステムを民間企業と共同で開発中である。このようなシステムは、災害時にのみ稼働する特別なシステムとするのではなく、平時においては農地基盤情報等の情報管理業務に利用することをシステムの基本設計方針とすることが重要であり、地震発生後には平時モードから災害モードに切り替えられるような機能を装備することで、平時及び災害時における情報管理の連続性が担保され、利用効率の高いシステムになると考えている。

以上のような地震関連研究のシーズやニーズは、主に地震災害現場経験から得られている。このような研究シーズやニーズに基づいて産出された研究成果は、民間技術との交流等を通じて実用化され、公共事業等を通じて地震災害復旧や地震災害予防を目的とする事業現場に採用されて普及していく。このような研究サイクルを拡張していくことが、地震災害時における農工研の技術支援力を強化していくことに繋がると考えている。

結 言

農村地域では、都市地域に見られるような市街地構造が形成されていないことから、都市地域の震災に見られ

るような火災の同時多発、建物崩壊等による道路不通等は問題とはならないが、小集落が点在しているために、主要道路の寸断による物理的な孤立や通信施設の不通による情報の(精神的な)孤立などの問題が顕在化する。このような事態の発生は想像に難くないが、農村地域の合併市町村は、経済合理主義の下で農業・農村担当職員を削減し、地方自治体が本来業務として確保すべき農業用施設の施設管理者や農家との間の情報収集・発信機能を自ら低下させている。また、中山間地域の集落に見られるコミュニティー機能の低下傾向が農業用施設の維持管理放棄という事態の拡大を助長しており、農村が抱える問題は深刻化している。農村型地震災害の予防及び応急・復旧対策は、このような農村を取り巻く社会環境の動向を踏まえ、都市型地震災害とは違う観点から整備していく必要がある。

農工研は災害対策基本法に基づく指定公共機関として、今後とも行政部局との緊密な連携強化の下で災害現場における技術支援の要請に機動的かつ的確に対応できるよう技術力の向上と人材の育成に努めるとともに、地震関連研究の推進に当たっては、工学と人文・社会科学、環境科学の協働体制を重視して震災に効果のあるハード対策とソフト対策の開発に努め、地震対策に関わる新たな施策の導入や農村の地域防災力向上に貢献することが機関使命と認識している。

参考文献

- 1) 有田博之他(2007): 新潟中越震災地域における生産・生活再建のための計画手法開発(農林水産省先端技術を活用した農林水産研究高度化事業報告書課題番号 1739), 新潟大学農学部, p.7-17
- 2) 堀 俊和(2005): 農業用ため池の豪雨災害に関する研究, 農業工学研究所所報 No.44, p.139-247
- 3) 石川県(2007): 平成 19 年(2007) 能登半島地震に関する被害状況, http://www.bousai.pref.ishikawa.jp/press/20071001_01_press.htm
- 4) 石川県環境安全部(1998): 石川県地震被害想定調査報告書(概要版), 石川県, p.1-77
- 5) 小林宏康(2007): 能登半島地震災害に対する技術支援(速報), 農村振興 No.689, p.32
- 6) 松島健一・毛利栄征・Aqil Umair・Goran Aragglovski(2006): 土嚢を用いたため池堤体の振動実験, 第 41 回地盤工学研究発表会要旨集, p.685-686
- 7) 毛利栄征・藤田信夫・笠原和正・水上 徹(2000): 浅埋設パイプラインの土中挙動, 農業土木学会論文集 No.207, p.39-48
- 8) 内閣府(2003): 世界に比較する日本の災害, http://www.bousai.go.jp/data/img_2003_06_19/fig1-1-1.gif
- 9) 内閣府(2007): 能登半島地震における石川県の対応, p.12, 広報ぼうさい No.39, 東京
- 10) 中里裕臣・井上敬資・中西憲雄(2006): 空中電磁探査法による広域斜面災害調査, 農業工学研究所技報 No.205, p.95-101
- 11) 中里裕臣・井上敬資・海野寿康(2007): GIS を利用した農地地すべり予測システムの開発, 水土の知, Vol.75 No.11, p.979-982
- 12) 日本技術士会(2005): 減災と技術, p.88(図 11.5.3 を援用), 社団法人日本技術士会, 東京
- 13) 新潟県(2006): 中越大震災(前編)～雪が降る前に～, p.38, p.196, (株)ぎょうせい, 東京
- 14) 新潟県(2007a): 平成 19 年 7 月 16 日に発生した新潟県中越沖地震による被害状況について(第 198 報) http://www.pref.niigata.lg.jp/HTML_Simple/higai1911151500.0.pdf
- 15) 新潟県(2007b): 避難所開設状況, <http://bosai.pref.niigata.jp/bosaiportal/0716jishin/hinan/>
- 16) 農林水産省(2005): 農業用ため池緊急点検の結果及び農業用ため池緊急整備・災害管理対策計画の策定状況について, H17.12.20 プレスリリース
- 17) 農林水産省農村振興局(2007): 農村災害復旧専門技術者について, <http://www.maff.go.jp/nouson/bousai/expert.pdf>
- 18) 農林水産省農村振興局防災課(2006): ため池緊急点検・緊急整備計画報告書, p.67-68
- 19) 農工研(2007a): 技術支援・災害派遣, 農工研ニュース No.49 号, p.3
- 20) 農工研(2007b): 技術支援・災害派遣, 農工研ニュース No.51 号, p.3
- 21) 農工研(2008c): 技術支援・災害派遣, 農工研ニュース No.53 号, p.10
- 22) 農工研(2007d): 農村工学研究所が能登半島地震の被災施設へ技術支援, 農村振興局 広報・農業農村の整備, p.4
- 23) 関 広一(2007): 中越大震災自治体の叫び, p.19-24, (株)ぎょうせい, 東京
- 24) 島 尚士(2008): 災害分野での GIS 活用方策, 農村振興 No.698, p.8-9
- 25) 谷 茂・堀 俊和(1998): 日本におけるため池を含めた農業用フィルダムの地震災害に関する研究, 農業工学研究所技報 No.378, p.51-90
- 26) 谷 茂・福島伸二・北島 明・酒巻克之(2004): 砕・転圧盛土工法の設計・施工法について, 農業工学研究所技報 No.202, p.141-182
- 27) 谷 茂(2005): 中山間地域における総合防災システムについて, 農業土木学会誌 Vol.73 No.8, p.687-690
- 28) 谷 茂(2006): ため池リアルタイム防災データベースの開発, 農業土木学会誌 No.73 (9), p.817-820
- 29) 財団法人河川情報センター(2007): 平成 19 年新潟県中越沖地震復旧・復興 GIS プロジェクト, <http://chuetsu-gis.jp/20070716/>

Appendix 1 日本の地震災害及び行政施策等と農村工学研究所の履歴との関連
Historical list of activities and results of NIRE response to earthquake disasters since 1880

地震災害の発生	関連する施策等の動向	農村工学研究所の地震研究と地震災害支援実績等
1880 年（M13）横浜地震 1891 年（M24）濃尾地震	（M8）内務省地理局で地震観測開始 （M13）日本地震学会が設立 （M25）文部省に震災予防調査会設立	
1923 年（T12）関東大震災	（T12）農地関係の災害復旧に対して初めて国が助成措置 （T13）耐震計算が義務化（市街地建築物法改正） （T14）東京大学地震研究所が設立され、文部省震災予防調査会の研究業務が継承	
1944 年（S19）東南海地震 1946 年（S21）南海地震 1948 年（S23）福井地震 1952 年（S27）十勝沖地震 （1959 年（S34）伊勢湾台風） 1964 年（S39）新潟地震（液状化問題が顕在化） 1968 年（S43）十勝沖地震（鉄筋コンクリート構造物の被害大） 1978 年（S53）宮城沖地震（ライフラインの被害大） 1983 年（S58）日本海中部地震（液状化現象）	（S25）農林水産業施設災害復旧事業費国庫補助の暫定措置に関する法律「暫定法」の制定 （S26）京都大学に防災研究所創設 （S27）全国知事会で防災行政再検 （S34）内閣審議室及び自治省において災害対策の法律案の検討・作成 （S36）災害対策基本法の制定 （S36）地震学会に地震予知研究グループが発足。 （S37）激甚災害に対処するための特別の財政援助等に関する法律「激甚法」の制定 （S38）防災科学研究センター設立 （S40）国家事業として地震予知研究計画を作成 （S41）地震保険に関する法律制定 （S44）地震予知連絡会が発足 （S46）建築基準法改正 （S53）大規模地震対策特別措置法制定 （S56）建築基準法の大改正	（S25）農林省農業技術研究所農業土木部発足、農林省九州農業試験場干拓部発足 （S34）農林省農地局建設部実験研修室発足 （S36）農林省農業土木試験場設立 （S39）新潟地震で被災したアースダムを調査 （S40）新潟地震を契機に「土質構造物の耐震性の研究」を重点化 （S43）十勝沖地震で被災したアースダムを調査 （S52）平塚市からつくば市に移転 （S58）日本海中部地震で被災したため池を調査 （S59）日本海中部地震を踏まえ、ため池耐震設計に動的解析法の適用と、パイプラインの耐震性高度化研究に着手 （S63）農林水産省農業工学研究所へ改組・設立
1990 年（H2）フィリピン地震 1993 年（H5）北海道南西沖地震 1995 年（H7）兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）（都市直下型） 1996 年（H8）宮城県北部地震 1997 年（H8）第 2 鹿児島県北西部地震	（H2）旧科学技術庁（現文部科学省）が、全国を約 25km 間隔に 1000 カ所の強震計による観測網（K-NET）を構築し、独立行政法人防災科学技術研究所が運用を開始	（H2）フィリピン地震で被災した農業用施設の被害調査等を行うため JICA 調査団員として 2 名を派遣 （H3）ため池データシステムのプロトタイプを開発 （H5）北海道南西沖地震で被災した農地・農業用施設を調査 （H7）兵庫県南部地震で被災した農業用施設をチーム体制で現地調査 （H8）宮城県北部地震で被災したダム、ため池を調査 （H8）第 2 鹿児島県北西部地震で被災したダム、ため池を調査 （H8）三次元振動実験棟を新設 （H9）浅埋設パイプライン工法が東海農政局の国営事業所（新矢作地区）で採用・施工

2000年(H12)鳥取県西部地震	(H12)土木学会が、兵庫県南部地震を教訓として第3次提言をまとめ、レベル2地震動を定義。 (H12)独立行政法人防災科学技術研究所が全国約700カ所の強震計からなるKiK-netを整備、運用	(H11)ため池データシステムの本格稼働 (H12)鳥取県西部地震で被災した国営中海干拓地区の施設を調査
2001年(H13)芸予地震		(H13)芸予地震で被災したため池を調査 (H13)独立行政法人農業工学研究所設立、防災研究調整官の設置 (H13)運営費交付金プロジェクト研究「集中豪雨によるため池等の災害発生機構の解明と予測技術の開発(H13～H15)」を開始 (H13)砕・転圧盛土工法が三重県のため池(寺家池地区)で採用・施工 (H14)本館西側に防災研究棟を建設
2003年(H15)三陸南地震	(H14)東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法の制定	(H15)三陸南地震で被災した農業用施設調査のため4次延べ10名の職員を派遣
2003年(H15)宮城県北部地震		(H15)宮城県北部地震で被災した農業用施設調査のため4名の職員を派遣 (H15)ため池データベースにリアルタイム気象情報を結合
2003年(H15)十勝沖地震		(H15)十勝沖地震で被災した農業用ダムを調査するため職員3名を派遣
2004年(H16)新潟県中越地震	(H16)日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法の制定	(H16)新潟県中越地震発生直後に災害対策本部を所内に設置し、被災農業用施設の安全性診断等のため23次延べ48名の職員を現地に派遣、ヘリコプターを使用し空中電磁法による地すべり調査法が現地で適用 (H16)地震津波による農地被害を調査するため、タイ国へ2名、スリランカ国へ2名を派遣
2004年(H16)インドネシア・スマトラ島沖地震及びインド洋津波		
2005年(H17)福岡県西方沖地震		(H17)福岡県西方沖地震で被災したため池を調査 (H17)農水省の競争的研究資金を獲得し「ため池等の低コスト改修・高度防災情報による防災対策技術の開発(H17～H21)」を開始 (H18)独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構へ改組・設立、農業工学研究所を農村工学研究所に改称、防災研究調整官を防災研究調整役に改称
2007年(H19)能登半島地震		(H19)能登半島地震で被災した農業用施設の安全性診断等のため5次延べ24名の職員を現地に派遣 (H19)運営費交付金プロジェクト研究「高地震力等のリスクを考慮した農業水利施設の機能高度化技術の開発(H19～H21)」を開始
2007年(H19)新潟県中越沖地震		(H19)新潟県中越沖地震で被災した農業用施設の安全性診断等のため3次延べ11名の職員を現地に派遣

(注意) Appendix 1 では、地震災害に関わる農工研の主な業務実績等を掲載している。

Appendix 1 の参考文献

- ・農業土木試験場二十年小史(1981) p.131
- ・農業土木試験場 25 周年記念誌(1986) p.41, p.44
- ・逐条解説災害対策基本法(第二次改訂版), ぎょうせい, p.1-27
- ・地震学と地震対策の歩みおよび法制度, <http://www5d.biglobe.ne.jp/~kabataf/houseido.htm>
- ・日本建築学会, <http://www.aij.or.jp/Jpn/seismj/lecture/Lec3.htm>
- ・山下(1965): アースダムの被害, 農業土木試験場技報 F 第 1 号, p.59-85
- ・守谷・高岡・山下(1969): アースダムの被害, 農業土木試験場技報 F 第 3 号, p.1-10
- ・谷・安中・川口・釜田(1985): 1983 年日本海中部地震によるため池の被害調査報告, 農業土木試験場技報 第 169 号(CE-4) 別冊, p.1-92
- ・安中・谷・毛利(1996): 平成 5 年(1993 年)北海道南西沖地震による農地・農業用施設の被害調査報告, 農工研所報 第 35 号, p.111-142
- ・谷ら(2006): 平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震対応, 農工研技報 第 205 号, p.1-112

Disaster response to the Noto Hanto Earthquake in 2007 and the Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007 by the National Institute for Rural Engineering and enhancement of technical assistance provided for earthquake disaster countermeasures

KOBAYASHI Hiroyasu

Summary

The Noto Hanto Earthquake occurred on 25 March 2007 and the Niigataken Chuetsu-oki Earthquake occurred on 16 July 2007. These huge earthquakes caused extensive damage to irrigation infrastructure and farmland. The National Institute for Rural Engineering (NIRE) is the designated public corporation for disaster management according to the Disaster Countermeasures Basic Act. In response to requests from relevant authorities, NIRE dispatched technical assistance teams to the stricken areas to give technical advice to ensure that prompt countermeasures were taken. NIRE dispatched a total of 35 staff to Ishikawa and Niigata prefectures. NIRE will continue to carry out research on effective earthquake disaster countermeasures, utilizing both hardware and software in order to reduce earthquake risks for rural societies.

Keywords : Disaster Countermeasures Basic Act, designated public corporation

平成 19 年（2007 年）能登半島地震によるため池の被害

毛利栄征*・堀 俊和*・有吉 充*・林田洋一**・谷 茂***

目 次

緒 言.....	15
能登半島地震動の概要.....	15
ため池の被害概要.....	16

結 言.....	22
参考文献.....	22
Summary.....	23

緒 言

平成 19 年 3 月 25 日に発生した能登半島沖を震源とする地震によって石川県内の海岸施設が被災を受けた。本調査は、被害程度の比較的大きい施設を対象として、余震後の状況を確認するとともに緊急に対応すべき事項を抽出するために実施したもので、被害の概要について述べる。

本調査は、要請を受けて現地での状況把握を実施したものであり、調査全体を通じて農村振興局はじめ、北陸農政局、石川県の多大な協力を得たことを付記して感謝致します。

能登半島地震動の概要

平成 19 年 3 月 25 日に発生した能登半島沖を震源とする能登半島地震の記録は、石川県内の複数の観測地点で記録されており、地震動の特性が詳細に分析されている。Fig.1 に石川県の富来町で記録されている地震波形を示す。

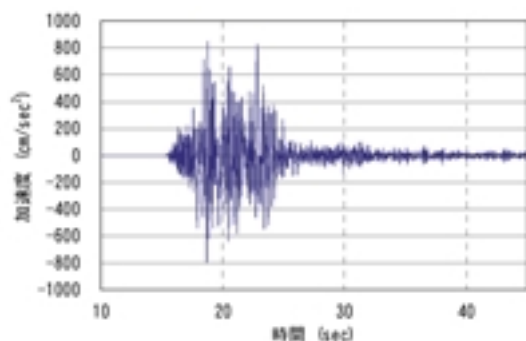


Fig.1 富来町で記録された地震波形（EW 成分）
Recorded E-W motion at Togi City

* 施設資源部土質研究室
** 施設資源部構造研究室
*** 施設資源部長

平成 19 年 12 月 28 日受理

キーワード：能登半島地震，ため池，すべり破壊，漏水，亀裂

Fig.2 には、富来町、輪島市、穴水町、七尾市の地震波形から得られる加速度応答スペクトルを示す。いずれの波形も 1 秒以下の周期が主体的であるが、穴水町の波形は比較的長周期成分が卓越しており、兵庫県南部地震や新潟県中越地震で記録されている川口町の波形（ピーク周期 1.25 秒）に近い。

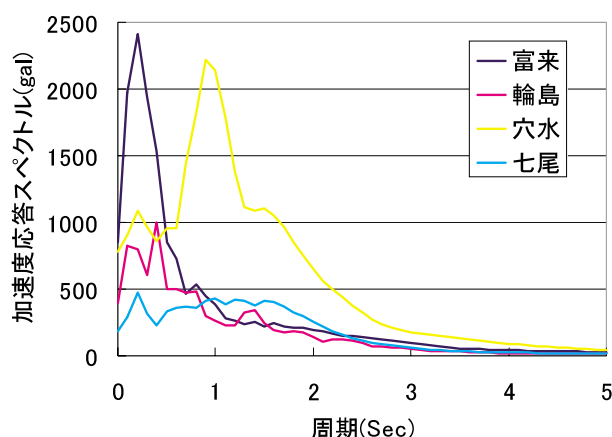


Fig.2 加速度応答スペクトル
Acceleration spectra recorded during the Noto Hanto Earthquake in 2007.



Fig.3 震度分布（参考文献1）より引用
Distribution of recorded seismic intensities from the main shock (JMA)

ため池の被害概要

能登半島地震によって石川県下で90ヶ所のため池が被災している。輪島市で50ヶ所、七尾市で14ヶ所、穴水町で10ヶ所となっている。以下に箇々のため池被災状況を記述する。

1 ひらた 平田池 (羽咋郡富来町笹波)

ため池の諸元は、均一型、堤高4.9m、堤頂長48m、天端幅3.5m、貯水量 $6,000\text{m}^3$ 、法面勾配上流1:1.5、下流1:1.3である。堤体材料は粘性土を主体としている。平田池は重ねため池の上池である。本震により堤体の下流法面がすべり崩壊し、すべり面からは漏水が数力所発生していたが、翌日までの余震によって決壊に至っている。

本震発生時は、満水状態で天端から50cm下がりの位置に水位があり、高い水位状態で地震動を受けた。この時、堤体の下流法面は大きく崩壊し、堤頂長の $\frac{2}{3}$ が滑っている。下流法面の崩壊は、天端部の堤頂幅の中央よりも上流側を起点として大きく滑り出していることから、地震時には池内の貯水が高かったことが影響している。上流側のすべりは天端から鉛直に大きくすべり面が進展しており、亀裂も深くまで達している。底樋を埋設している堤体中央部で決壊部しており、これを中心にすべり



Fig.4 平田池の上流斜面の崩壊状況 (平田池)
Slip failure on the upstream slope



Fig.5 余水吐の断面
Cross section of spillway

面が左右岸に大きく広がっている。崩壊直後には、下流のすべり面からパイピングのような浸透水が数力所発生していたことが確認されていることや、植生の繁殖状態から堤体中央の下流部付近の広い範囲にわたって湿潤状態であった可能性がうかがえる。堤体天端の両右岸に近い部分には、大きな縦断亀裂などは見られないが下流側の法肩が沈下している。地山と堤体の境界部での堤軸直角方向の亀裂は認められない。崩壊時の状況から判断して、堤体中央部分に設置されていた底樋を中心に堤体部分が湿潤な状態に維持されており、大きな地震動を受けることによって堤体下流斜面が天端上流側から大きくすべり崩壊したと考えられる。さらに、下流のすべり面からは、浸透水が噴出していることや上流斜面部にもすべりが発生していることから、堤体の力学的なバランスが崩れ引き続き底樋部を中心に大きな決壊に至ったものと判断できる。最終的には、堤体長で30m以上の広い範囲が上下流に大きくすべり崩壊しており、底樋も含めて完全に破損しているため全面的な改修が必要である。

2 平田下池 (羽咋郡富来町笹波)

ため池の諸元は、堤高7.8m、堤頂長60.0m、天端幅3.0m、貯水量 $18,000\text{m}^3$ である。

平田下池は、1次調査と3次調査(2007年12月16日4月13日)によって、概略の状況が確認されているが、貯水を低下して再度確認した結果、上流側法面に亀裂が認められた。上流側の法面の満水面以下の位置に亀裂が発生している。亀裂は堤体の中央付近を中心に左右岸に広がり、堤体中央付近での若干の法先下がりの弓形状で連続性が認められる。亀裂の開口幅は5cm~10cmで、検尺測定によると深さは1.5mに達している。亀裂はほぼ鉛直に入っている。上流側法面の亀裂は堤体中央部分では堤軸方向に平行に、両岸近くでは堤体上部へ持ち上がる形で、単純に池側に表層地盤が滑り落ちているモードとは異なる可能性がある。亀裂は複数列入っているが、大きなものは堤体中央部から両岸に向かって連続性が保たれている。亀裂の深さは1.5m、開口幅は5cm~10cm程度で前刃金に達する亀裂である。

前刃金は、昭和55年の改修時に購入土を利用して構築されたものであることから、遮水性の高い粘性土を用いているものと思われる。鞘土は右岸部の地山土を用いているが、鞘土も粘性分が高く遮水性に優れた材料である。昭和55年の改修では、旧堤体の上流斜面を階段状に掘削し、遮水材料を埋め戻して前刃金構造のため池としている。下流の裏面先に設けられている井桁ブロック工は、全体的に僅かながら湾曲しており堤体中央部分が下流側に押し出されている。また、井桁の枠コンクリートにも複数の箇所亀裂が入っており、地震動によって損傷を受けている。井桁内の割栗石(粒子径10cm~15cm程度)にも3cm~5cmの長さで接触の痕跡が残っており、地震時は大きく変位したことが予想される。下流法先部

には、若干の漏水が認められるが、洪水吐水路の流下水が廻ってきた可能性が高い。斜樋栓を閉じて底樋への流入を停止したところ、2 時間後には下流法先の漏水量は、大きく減少した。さらに、底樋への流入を開始すると、約 5 分後には法先部の漏水が常時レベルまで回復している。このことから、下流法先部に認められた漏水の主な経路は底樋からの流下水を受けている水路の目地部から堤体法先部に直接浸入した水で、堤体内を浸透してきた水ではないと考えられる。

堤体を横断する方向の亀裂は、兩岸の地山接続部及び堤体には認められない。上流法面の亀裂の平面的な形状が、下流側に滑る方向に近いことと下流の杵工が下流側に押し出されていることなどを考慮すると、堤体のダメージの範囲が上流部分に限定されるすべり崩壊よりもさらに深くなる可能性がある。この場合、改修範囲は前刃金に留まらず下流堤体までを含めた全面的な改修が必要となる。



Fig.6 平田下池の上流斜面の亀裂（平田下池）
Open crack on the upstream slope

土研式の簡易貫入試験機を用いて、堤体土の調査を実施した。堤体中心を側線にして、Fig.7 に示す 7 地点で行なった。試験結果を Fig.8, 9 に示す。

堤体上流側の刃金土のところでは貫入不可となるが、石に当たっているものと思われる。

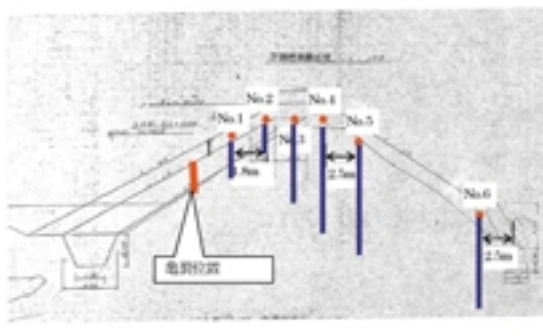


Fig.7 測点箇所
Locations of investigation bores

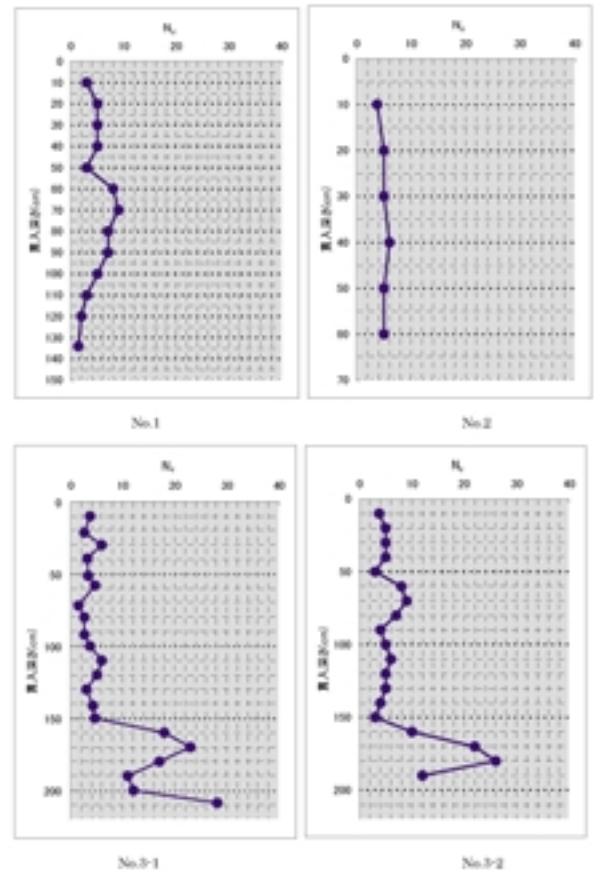


Fig.8 深さ方向の貫入抵抗の変化
Distribution of NPT values

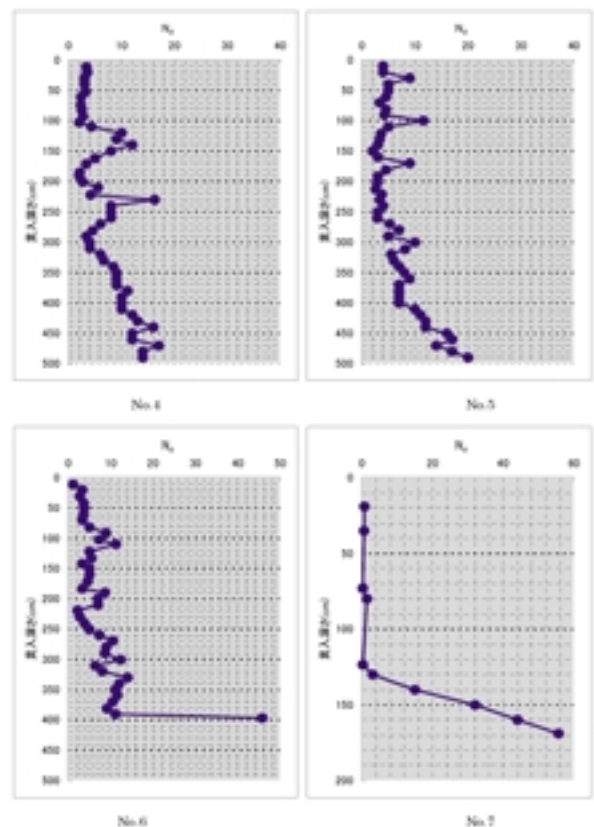


Fig.9 深さ方向の貫入抵抗の変化
Distribution of NPT values

天端から1.6m以深で旧堤体の硬い層になるが、表面部の比較的堅い層に当たっているのか、全体的に良く締まっているのかは下流部のデータNo.4, 5, 6と併せて考える必要がある。

No.4, 5, 6のデータから判断して、下流側の堤体はほぼ均一の緩い粘性土である。この部分は改修前の旧の堤体に位置する。

貫入試験では旧堤体の天端と上流側法面部で貫入不可になるような堅い層に当たる確率が高いため、この部分に多くの礫があると思われる。

下流法先部で実施した貫入試験では、地表面直下から極めて緩い層が連続している。その深さは井桁ブロックの基礎底面部まで達している。

3 堂めき池（七尾市日室町）

堂めき池は、前刃金型式の堤体構造である。上流側の法面の法肩部に堤軸平行方向に亀裂が発生し、上下流斜面にも亀裂が認められる。下流斜面部の亀裂は、堤体中央部から左右岸にかけて連続性が見られる。これらの亀裂は、いずれも大きな開口を伴うものではなく亀裂の深さを確認することは出来ない。上流側の法面保護ブロックは堤体中央付近で沈下している部分があるが、大

規模な沈下や段差はなくブロック間の目地の大部分は閉塞している。

右岸下流法先部から地震後に激しい漏水が発生している。このため、緊急的な対応が必要な状況にある。漏水の出口は、底樋のゲート部の底樋の右岸側壁部に沿う堤体部分と隣接する地山部分からである。底樋に沿った漏水穴は、検尺調査によると底樋端部から上流側に約5m奥までつながっていることが確認された。また、地山に近い部分の漏水穴は奥行き方向に1m程度までが確認できる範囲であるが、経路は地山と堤体の接続部に沿った方向に近い。

現状の漏水は、1カ所から5 $\frac{1}{2}$ ℓ/秒に達しており底樋の出口部分での流出であることから考えて、堤体土質の流失の危険性が高い状況にあると判断される。地山はシルト岩（泥岩）からなっているので、この部分を漏水経路とする場合には土質部分に比べてパイピングに対する危険性は低いものと考えられるが、堤体土と地山泥岩との境界部が漏水経路となっている場合には、堤体土の流失も大きな可能性があると考え判断すべきである。この場合、土粒子の流失は突発的な堤体崩壊につながるもので、漏水量の日常観測からだけでは十分な予測ができない現象に発展する危険性がある。



Fig.10 下流法先での漏水状況（堂めき池）
Piping hole at the toe end of the slope



Fig.12 上流法面保護ブロックの沈下
Settlement of the concrete block mat on the upstream slope



Fig.11 上流右岸地山部の吸い込み部分（想定）
Inlet position of reservoir



Fig.13 保護ブロックのズレ（右岸部）
Open crack in the concrete block mat

2007 年 4 月 17 日と 19 日の現地観察では、土粒子の流失に伴うような濁水を確認することは出来なかったが、安全性を確保するために貯水位を出来る限り早急に低下させる必要がある。具体的には、右岸地山部の吸い込み部分の標高程度まで低下させて、漏水状況を観察しながら水位を維持するレベルを確認し用水の運用方法を検討する必要がある。

4 錢茂谷内池（羽咋郡富来町笹波）

ため池の諸元は、傾斜コア型（前刃金）で堤高 13.0m，堤長 36m，天端幅 5m を有しており，貯水量 13,000m³，上流法面勾配，11.2，下流法面勾配，11.2 である。

a ため池の災害履歴

錢茂谷内下池は平成 14 年の台風 6 号によって被災し，平成 16 年 3 月に改修を完了した池である。

平成 14 年当時の被災状況と，その直後に復旧された堤体の状況は以下の通りである。

堤体の被害は下流斜面 2 箇所でのすべり破壊で，すべり面には複数箇所のパイピングがあり，いずれの崩落部分からも，漏水が噴出していたことが確認されている。これらの漏水が堤体上流法面からの連続したパイピングホールによるものか，すべりに伴って堤体内に浸透した水が出たものかは不明である。被害発見時の貯水位は天端下 50cm まで達しており，確認はされていないが越流があったものと推定されている。

平成 14 年の改修時には法面勾配の変更ができず現況勾配となっているが，上流法面と下流法面を段切りして新たに堤体を盛直している。上流法面の前刃金部分の改修では，購入土を用いて新たに遮水ゾーンを施工している。底樋と斜樋についても新たに設置しており，改修時には堤体の中央部分は天端幅で 20m 区間が V 字に開削されている。この底樋の改修に伴って旧堤体の中央部分は撤去されているので，斜樋から下流法面に至る 2 つのパイピングホールは，完全に消失している。洪水吐とその水路についても改修されている。

旧堤体の材料は，左岸と右岸で異なり左岸側は粘土質で，右岸側はレキ質で排水性が高い材料である。また，復旧時には旧堤体の支持力が低く，鉄板を敷いて重機施工を実施している。このため開削して復旧した堤体以外の部分は，旧堤体の比較的軟弱な部分がそのまま残っていることも想定する必要がある。下流法面の改修に用いた堤体材料は粘土質細砂で前刃金に用いている材料と同じものである。このため，全断面を開削復旧した斜樋部分は，実質的には均一型に近いため池構造であったものと考えられる。実験室での透水試験では 10⁻⁵cm/s の透水係数が得られている。

b 第 4 次調査（2007 年 4 月 17 日）

平成 12 年の豪雨によって下流側の法面が崩壊し，平成

14 年に改修を完了したため池である。平田下池の隣の沢に位置しており，震源からの距離もほぼ同等で池の規模については，錢茂谷内池の方が若干大きい。下流法面の勾配が急勾配で法長も長く中山間地のため池の特徴を呈している。堤体天端幅は，約 5m で亀裂や沈下などの目立った損傷は見られないが，下流の裏面には，堤軸平行方向に亀裂が複数列発生している。堤体下流法面は芝張り工となっているが，芝は全体的に浮き上がっており地盤も緩くなっている。法先部分は湿潤状態で漏水がある。

堤体上流法面に設置している斜樋に接する地盤に大きな空洞が発生しており，貯水を低下して状況を確認する必要がある。空洞は，斜樋に沿って連続しており上部端部は満水面池で 4 月 18 日の時点では貯水面以下にあるが，天端から約 4m 下がりの位置である。端部からほぼ鉛直に切り下がり滑落崖状でその高さは 2m に達する。空洞の端部は貯水面以下のため確認することが出来ないが法先方向に続いているように見受けられる。

斜樋に沿っての漏水が懸念され，底樋への水みちの発達や前刃金の損傷の可能性も高いことから，早急に空洞の規模を確認する必要がある。空洞やその影響範囲が前刃金に達している場合には，貯水を低下して安定水位で



Fig.14 上流面の全景（錢茂谷内池）
View of the up stream side



Fig.15 下流法面の全景
View of the down stream slope

維持する必要がある。また、下流法先部分の漏水状況についても詳細に調査する必要がある。



Fig.16 斜樋部分の崩壊
Slope failure at the inlet works



Fig.17 斜樋周辺堤体の崩壊
Slip failure of the slope at the inlet work

c 追加調査 (2007 年 7 月)

能登半島地震直後の調査では、下流法面に堤軸方向に数条の連続した亀裂が発生していることを確認したが、天端部や地山との取付け部にはすべりや亀裂はなく安定していた。下流法面部の亀裂は、地震動を受けて堤体が上下流方向に大きく変形した結果生じたものであるが、検尺による確認では亀裂深さは 1m 未満でそれほど深くなかった。

その後、斜面部の亀裂は堤体内へ雨水浸透を促し法面の膨潤化を促進したと考えられる。2007 年 7 月の新潟県中越沖地震直後のため池調査では、下流法面の崩壊が確認されている。崩壊の時期については、梅雨期の雨に起因する崩壊か地震時起因するものかは確認できていない。

最終的には、ため池堤体は、下流法面は天端から 3m 下がりを上部として大きく崩壊している。崩壊範囲は堤軸方向に幅 30m におよびその上部端は直線状に左右岸の地山近傍まで進展している。すべりの上端からはほぼ鉛直に切り立った滑落崖が有りその高さは約 6m に達する。



Fig.18 崩壊後の状況 (2007 年 8 月 7 日)
Down slope failure



Fig.19 斜樋脇のすべり (2007 年 8 月 7 日)
Slip failure of the slope at the inlet work



Fig.20 すべり部 (2007 年 8 月 7 日) (銭茂谷内池)
Slip failure of the slope at the inlet work

すべり土塊は斜面中腹部から法先の腰石垣を越えて 4m 先まで大きく流動している。すべり土塊の状況から判断して、すべり面の端部は下流法面にあって腰石垣上部の法面部に至るすべりと考えられる。このことから、腰石垣の下部を通る大きなすべりではなく、斜面内での崩壊であると判断される。

滑落崖は、パイピングホールや浸みだしなどは見られず乾燥が進んでおり、少なくとも堤体の上部（滑落崖として見れる部分）については漏水などが発生していないと考えられる。ただし、腰石垣の上部の法面部については、現在崩壊土砂に埋まっており確認することができない。

上流法面の斜樋脇のすべりは天端下 1.9m から幅 90cm、深さ 60cm で大きく滑り出している。貯水のためすべりの下端を確認することはできないが、少なくとも天端から 7m までは滑っていることが目視で判断することができる。このすべりは、斜樋の両側に発生している。銭茂谷内池の法面勾配は上下流ともに 1.2 割で一般的なため池に比べてかなり急勾配の堤体で、堤高が 13m、下流法面は 30m 近くあるが、小段なども設けられていないことを考えると、堤体下流面のすべりに対する安全性には大きな懸念がある堤体構造である。

下流法面のすべり面は、滑落崖を形成しており安定勾配になっていない。このため、豪雨や余震によってさらに崩壊が進むことも十分懸念されることから、貯水位を安全な位置まで低下させる必要がある。さらに、豪雨によって貯水が急上昇することも考慮して、管理水位を検討する必要がある。

5 やちだ 谷内田池（七尾市佐野町）

中山間地に設けられた山池である。沢を堰き止めて貯水を確保しており、堤体下流部には民家が点在している状況にある。堤体の植生は刈り取られており、地震後に調査が入っている。堤体表面には亀裂などの痕跡はなく安定した状態であると判断できる。上流部の取水施設や堤体法面には異常は認められない。また、下流部の水路



Fig.21 上流法面と余水吐口（谷内田池）
View of the spillway



Fig.22 堤体天端の状況（谷内田池）
Top view of the embankment

も健全であった。貯水は、満水状態に維持されている。

6 牛谷池（七尾市穴水町）

中山間地に設けられた山池である。沢を堰き止めて貯水を確保しており、堤体下流法面は急勾配で松が植えられている状況である。下流法先の一部は崩壊しているが地震前に発生したものと考えられる。堤体の植生は刈り取られており、地震後に調査が入っている。堤体表面に



Fig.23 堤体の全景（牛谷池）
Total view of the embankment



Fig.24 下流斜面部（一部に崩壊がある、牛谷池）
View of the down stream slope

は亀裂などの痕跡はなく安定した状態であると判断できる。上流部の取水施設や堤体法面には異常は認められない。貯水は、満水状態に維持されている。

7 牛谷新池（七尾市佐野町）

中山間地に設けられた山池である。牛谷池の沢隣に位置しており異なる沢を水源としている。堤体下流部には民家も点在している状況にある。堤体の植生は刈り取られており、地震後に調査が入っている。堤体下流法面には堤軸平行方向に亀裂が認められるが、地震直後の調査段階で踏み固められており、亀裂幅や深さなどは調査できない。亀裂は左右岸に連続しているものの、法面の沈下や堤体天端の変状などは認められない。上流部の取水施設や堤体法面には異常は認められない。また、下流部の水路も健全であった。貯水は、満水状態に維持されている。



Fig.25 下流斜面の全景（牛谷新池）
View of the down stream slope

結 言

地震動によってため池堤体にすべりや亀裂が発生しており、大きな亀裂が開いた状態のものについては、水位を低下して安定状態で維持することが必要な状態にある。漏水が多くなっているため池については、漏水量の詳細な観測を実施するとともに、できるだけ速やかに安定漏水量のレベルまで貯水を下げることが望ましい。

復旧工法については、ため池の全体的な安定性を確保することが大前提であるが、用地の関係で堤体の安定勾配を確保できない場合などについては別途対策工法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 気象庁：災害時地震・津波速報平成19年（2007年）
新潟県中越沖地震



Fig.26 下流斜面の亀裂（牛谷新池）
View of the down stream slope and slip failure

Damage to small Earth Dam due to The Noto Hanto Earthquake in 2007

MOHRI Yoshiyuki, HORI Toshikazu, ARIYOSHI Mitsuru, HAYASHIDA Yoichi and TANI Shigeru

Summary

A number of small earth dams in Ishikawa Prefecture were damaged by the Noto Hanto Earthquake in 2007. The National Institute for Rural Engineering (NIRE) inspected the dams to assess the damage, implement emergency countermeasures to prevent further damage. The investigation by NIRE confirmed that there was some damage to small earth dams, including slip failure of dikes and damage to pipes running through embankments.

Keywords : earthquake, small earth dams, slip failure, seepage, crack

平成 19 年（2007 年）能登半島地震による海岸施設の被害

毛利栄征*・堀 俊和*・有吉 充*・林田洋一**

目 次

緒 言.....	25
能登半島地震動の概要.....	25
海岸施設の被害概要.....	26

結 言.....	30
参考文献.....	30
Summary.....	31

緒 言

平成 19 年 3 月 25 日に発生した能登半島沖を震源とする地震によって石川県内の海岸施設が被災を受けた。本調査は、被害程度の比較的大きい施設を対象として、余震後の状況を確認するとともに緊急に対応すべき事項を抽出するために実施したもので、施設の被害概要を記述する。

能登半島地震動の概要

平成 19 年 3 月 25 日に発生した能登半島沖を震源とする能登半島地震の記録は、石川県内の複数の観測地点で記録されており、地震動の特性が詳細に分析されている。Fig.1 に石川県の富来町で記録されている地震波形を示す。Fig.2 には富来町、輪島市、穴水町、七尾市の地震波形から得られる加速度応答スペクトルを示す。

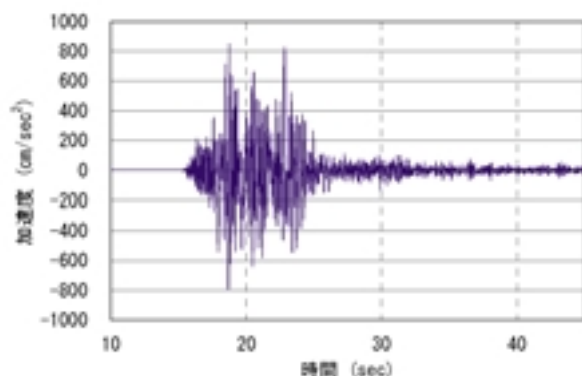


Fig.1 富来町で記録された地震波形（EW 成分）
Recorded E-W motion at Togi City

いずれの波形も 1 秒以下の周期が主体的であるが、穴水町の波形は比較的長周期成分が卓越しており、兵庫県南部地震や新潟県中越地震で記録されている川口町の波形（ピーク周期 1.25 秒）に近い。

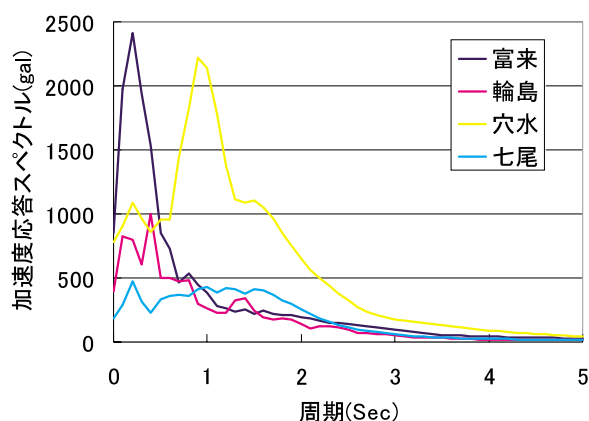


Fig.2 加速度応答スペクトル
Acceleration spectra recorded during the 2007 Noto Hanto Earthquake

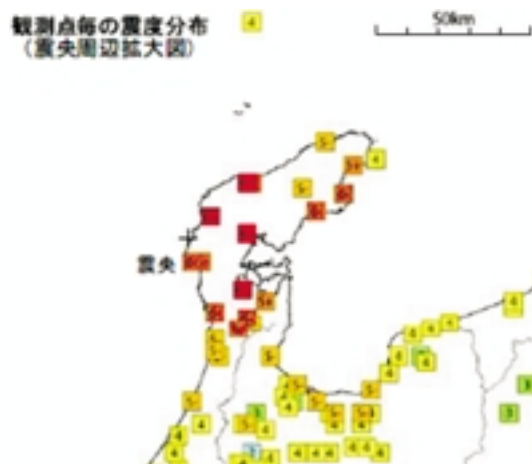


Fig.3 震度分布（参考文献 1）より引用
Distribution of recorded seismic intensities from the main shock (JMA)

* 施設資源部土質研究室

** 施設資源部構造研究室

平成 19 年 12 月 28 日受理

キーワード：能登半島地震，海岸施設，液状化，護岸

海岸施設の被害概要

海岸施設の被害は、Fig.4 に示すように能登半島の東岸に面する七尾市中島町周辺の施設に集中している。以下に箇々の海岸施設の被害状況を記述する。



Fig.4 調査地点
Locations of investigations

1 中島海岸（外地区）の被害

当施設は、小牧地区に繋がる護岸で自立型の波消しブロックを設置している。波消しブロックの目地部が大き



Fig.5 波消しブロックの変位（外地区）
Inclining of Seawall



Fig.6 波消しブロックの海側への移動
Lateral deformation of seawall



Fig.7 隣接する地盤の沈下
Settlement of backfill foundation

く開き、波浪によって裏込め材が流出している。護岸工背面のコンクリート床版に接している側溝には10cm～20cmの隙間が発生しており、護岸工と地盤が全体的に海側に変位したことが分かる。また、床版のコンクリートが10cm～50cmほど沈下している。護岸工は、全体的に僅かながら海側に倒れ込んでおり、一部では海側のコンクリート表面に亀裂が認められる。

2 中島海岸（小牧地区）の被害

本施設は、平成11年から平成12年にかけて施工された護岸工である。構造様式は控えを持った矢板護岸と自立式の矢板護岸を採用している。

控え式護岸工の部分では、護岸の移動量の詳細な調査が実施されていないが、護岸工背面の床版コンクリートには、10cm前後の段差が生じている。護岸工床版のコンクリート打継ぎ目からは、大量の噴砂があり護岸裏込め材の液状化が広い範囲で発生したことが確認できる。また、階段工も大きく沈下しておりコンクリート目地部では、10cm～20cmに達する段差が生じている。

階段工は矢板護岸から約1.5m離れて裏込め地盤上に碎石15cmを介して設置されその下部にはタイロッドが敷設されている。このため、階段工の大きな沈下によってタイロッドに付加的な荷重が作用している可能性と階段工下部の空洞の発生が懸念される。控え杭が路面に盛り上がっている箇所があるが、周辺地盤との段差は約15cmである。杭背面の旧陸部の地盤も沈下が大きいことから、杭の突出は裏込め地盤の液状化、あるいは、揺すり込み沈下に起因している可能性が高い。周辺の地盤に噴砂が見られることから、前面の矢板から控え杭までが全体的に大きく変位したものと推測することができる。

自立型護岸では、波消しブロックの目地部が開いており波浪によって裏込め材が流出している。早急に背面地盤の吸い出し防止対策が必要である。護岸背面の床版のコンクリートの段差は30cmに達する部分も見られる。控え式護岸工よりも大きな沈下が発生しているが、地震動の入射方向の関係もあるので、護岸形式だけの影響ではなく地盤条件も含めて総合的に判断する必要がある。



Fig.8 控え杭の突出（地盤の沈下，小牧地区）
Settlement of foundation around pile



Fig.11 コンクリート床版と階段工の沈下
Settlement of seawall



Fig.9 控え式護岸工の変状
Damage of seawall tie rod



Fig.12 裏込め地盤の液状化跡
Liquefaction around seawall



Fig.10 噴出砂の痕跡
Sand flow around seawall



Fig.13 自立型護岸背面の変状
Damage of seawall



Fig.14 盛土型護岸工の変状
Damage of embankment type seawall

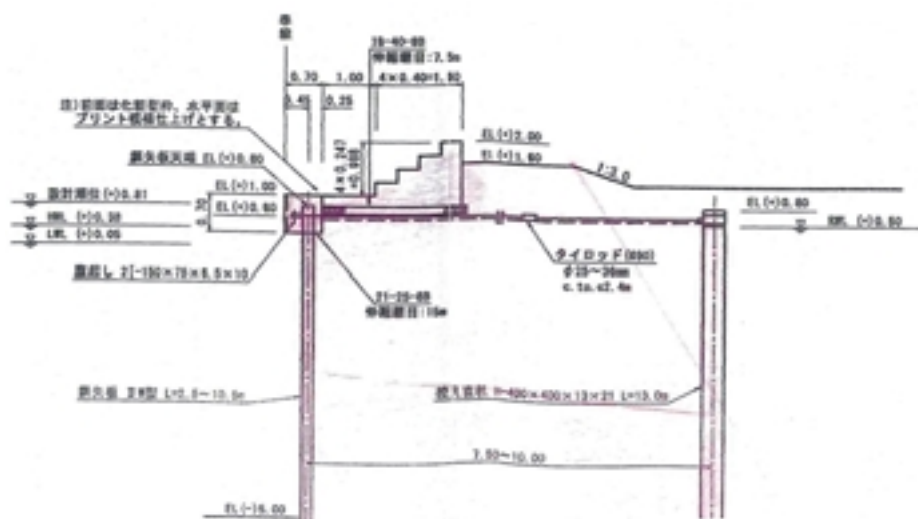


Fig.15 控入式護岸断面図
Cross section of seawall with tie rods



Fig.16 矢板式護岸断面図
Cross section of sheet-pile seawall

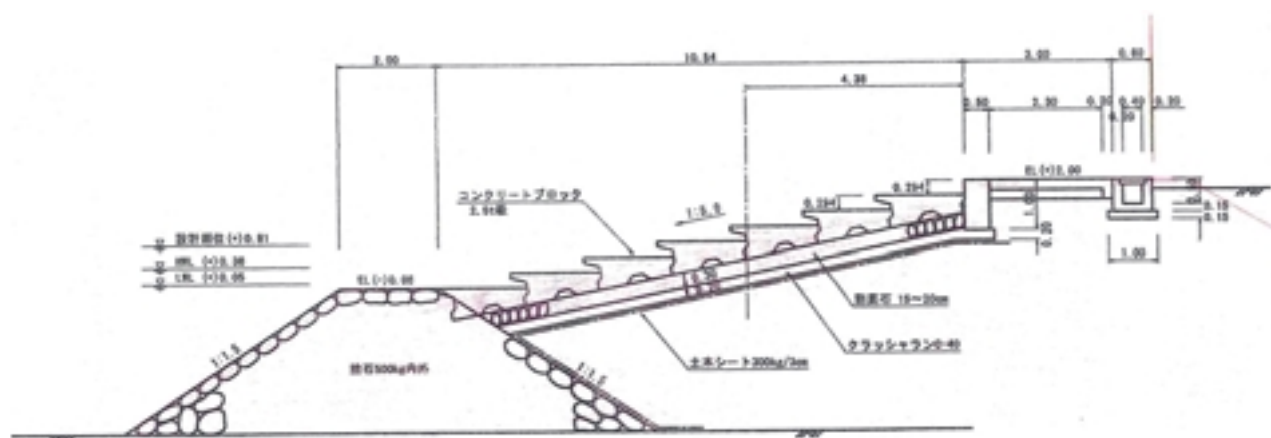


Fig.17 盛土式護岸断面図
Cross section of embankment-type seawall

3 中島海岸（^{しおづ}塩津地区）の被害

本施設は、自立型の波消しブロックを設置している。波消しブロックの目地部が大きく開き、波浪によって裏込め材が流出している箇所がある。早急に背面地盤の吸い出し防止対策が必要である。自立型護岸工背面の床版のコンクリートが 10cm ~ 20cm ほど沈下するとともに、床版に接している側溝との隙間も 10cm に達している。また、道路面も 20cm 近く沈下している。護岸工は、一部で海側のコンクリート表面に亀裂が認められる。また、護岸工が海側に突出するように接続している部分では、護岸工の目地が大きく開き背面地盤の吸い出しが発生している。



Fig.20 護岸工の移動と路面の沈下（祖浜地区）
Lateral movement of seawall and settlement of road



Fig.18 護岸工全体の沈下（塩津地区）
Settlement of seawall



Fig.21 護岸工の移動と背面地盤の流失
Lateral movement of seawall and washout of back fill sand



Fig.19 道路面の沈下と横断暗渠の被災
Settlement of connected road and damage to buried culvert

4 石崎海岸（^そ祖浜地区）の被害

当施設では、自立型の波消しブロックを設置している。波消しブロックの目地部が大きく開き、波浪によって裏込め材が流出している箇所がある。早急に背面地盤の吸い出し防止対策が必要である。自立型護岸工背面の床版のコンクリートが 10cm ~ 20cm ほど沈下するとともに、床版に接している側溝との隙間も 10cm に達しており、護岸工と地盤が全体的に海側に変位している。護岸工は、一部では海側のコンクリート表面に亀裂が認められる。

5 石崎海岸（^{しんぼ}新保地区）の被害

当施設では、自立型の波消しブロックを設置している。波消しブロックの目地部が大きく開き、波浪によって裏込め材が流出している箇所がある。早急に背面地盤の吸い出し防止対策が必要である。自立型護岸工背面の床版のコンクリートが 10cm ~ 20cm ほど沈下するとともに、床版に接している側溝との隙間も 10cm に達しており、護岸工と地盤が全体的に海側に変位したことが分かる。



Fig.22 護岸工全体の海側への移動と沈下（新保地区）
Lateral movement of seawall and settlement of road



Fig.23 護岸工目地部からの背面地盤の流失
Washout of back fill sand lateral movement of seawall



Fig.24 護岸工と道路の被災(松百地区)
Lateral movement of seawall and settlement of road

6 石崎海岸(松百地区)の被害

当施設では、自立型の波消しブロックを設置している。自立型護岸工背面の床版のコンクリートが10cm ~ 20cm ほど沈下するとともに、床版に接している側溝との隙間も5cm ~ 10cm に達しており、護岸工と地盤が全体的に海側に変位したことが分かる。橋梁との取り付け道路面は護岸工から2m ほど高く盛土されているため、橋梁に近い部分ほど大きな床版コンクリートの沈下と護岸工の変形が発生している。道路面も10cm 近く沈下しており、横断する排水暗渠についても状況を確認する必要がある。

結 言

能登半島地震によって、海岸施設の一部に被害が生じた。護岸および控え杭の突出や周辺地盤が大きく変状するなどの海岸施設特有の被害が見られた。護岸工が倒壊するような大きな被害には至っていないが、裏込め地盤の液状化に伴う護岸背面地盤の沈下や変形が見られた。地盤の液状化に伴って護岸も海側に大きく変形し、目地



Fig.25 護岸工目地の開き
Damage of seawall structure

部分の破損を生じている。

参考文献

- 1) 気象庁：災害時地震・津波速報平成19年(2007年)
能登半島地震，災害時自然現象報告書

Damage of Seawall Structure by The Noto Hanto Earthquake in 2007

MOHRI Yoshiyuki, HORI Toshikazu, ARIYOSHI Mitsuru and HAYASHIDA Yoichi

Summary

A number of seawall structures around Nanao city in Ishikawa prefecture were damaged due to the Noto Earthquake in 2007. The damages were summarized as follows: Large settlement of seawall and back fill foundation due to liquefaction, wash out of back fill sand through open joint of seawall. It is thought that these damages were caused by liquefaction and settlement of backfilled sand of seawall structure.

Keywords : earthquake, seawall, liquefaction

平成 19 年（2007 年）能登半島地震による 地すべり災害と災害調査法

中里裕臣*・井上敬資*・海野寿康**

目 次	
緒 言.....	33
調査行程.....	33
調査結果.....	33
1 農村振興局所管地すべり防止区域稲舟地区.....	33
2 農村振興局所管地すべり防止区域二又地区.....	35
3 農村振興局所管地すべり防止区域丸山地区.....	37
4 農村振興局所管地すべり防止区域大桂地区.....	37
5 小山集落周辺.....	38
6 農村振興局所管地すべり防止区域白米地区.....	38
7 馬渡集落周辺.....	39
8 農村振興局所管地すべり防止区域金蔵地区.....	39
斜面災害地区における 2 次元表面波探査法の 適用性.....	40
結 言.....	41
参考文献.....	41
Summary.....	42

緒 言

2007 年 3 月 25 日に発生した能登半島地震（M6.9）では、2004 年に発生した新潟県中越地震同様、石川県奥能登地方の第三紀層地すべり地帯が強震地域に重なった。1993 年 2 月 7 日発生の能登半島沖地震（M6.6）では旧柳田村で久田地すべり（長さ 130m，幅 70m）が活動したこともあり、地震による地すべり等の斜面災害の多発が危惧された。幸いにも地震直後には中越地方で中越地震の際に見られたような地すべりの大規模な再活動は認められなかったが、生活基盤の復旧に伴い、集落周辺の見回りや行政による点検調査が実施され、地震発生後 1 週間のうちに地震によると考えられる斜面変状が各所で確認された。これに対し、農林水産省農村振興局防災課からの派遣要請があったため、変状の認められた農地地すべり斜面の安定性、観測体制および調査方針を検討することを目的として現地調査を行った（Fig.1）。本報告ではその内容について述べるとともに、併せて行った災害時の緊急調査に有効と考えられる 2 次元表面波探査法による地すべり調査結果の概要を示す。

なお、現地調査に際し、関東農政局後藤災害査定官、北陸農政局椎名地質官、浅野地質官、美濃谷係長、石川

県農林水産部池田専門員、青木主任技師、奥能登農林総合事務所皆森所長、三橋部長、濱田課長、鶴見課長、石畑主幹、山本技師、輪島市上梶課長、丸山地区地すべり巡視員山方氏、(株)ホクコク地水向出氏には多大なご協力をいただいた。ここに記して謝意を表します。

調査行程

現地調査は、以下の行程で 2 次に渡り実施した。行政からの調査要請地区に加えて調査を行った地区には（独自調査）と付した。

- 2007 年 4 月 5 日（木） 輪島市：稲舟地区
- 2007 年 4 月 6 日（金） 輪島市：小山地区、二又地区、馬渡地区（独自調査）、金蔵地区（独自調査）
- 2007 年 4 月 17 日（火） 穴水町：丸山地区、大桂地区、輪島市：小山地区、二又地区
- 2007 年 4 月 18 日（水） 輪島市：稲舟地区、白米地区
- 2007 年 4 月 19 日（木） 輪島市：稲舟地区（独自調査）、二又地区（独自調査）

調査結果

1 農村振興局所管地すべり防止区域稲舟地区

a 稲舟集落北側斜面

本地点は、中新世東印内累層の泥岩を基盤とする海岸段丘であり、崖下の民家のある沖積面と段丘面との比高

* 農村総合研究部広域防災研究チーム

** 施設資源部特別研究員

平成 19 年 12 月 28 日受理

キーワード：能登半島地震，斜面災害，地すべり，緊急調査，
2 次元表面波探査法

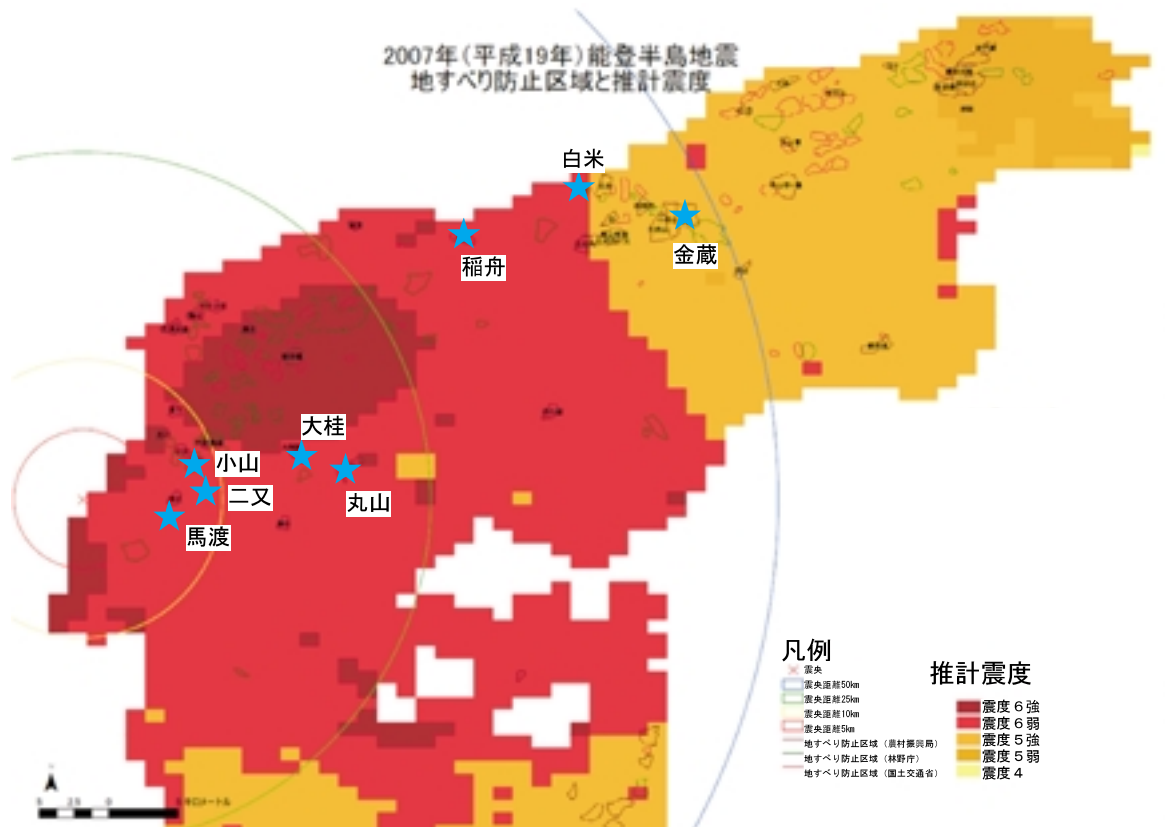


Fig.1 2007 年能登半島地震推計震度分布図と調査地位位置図

Estimated seismic intensity distribution map of the Noto Hanto Earthquake in 2007 and locations of surveyed sites

は 35m 程度である。この斜面の肩部に、延長 134m にわたり最大 70cm の段差で 1-2 条斜面に平行にクラックが生じているのが 4 月 2 日に発見された (Fig.2)。斜面上は畑地からなるが、斜面下には民家等 9 戸があり、調査時点では 26 名が自主避難態勢にあった。クラック発見直後から簡易伸縮計 (丁張り) 2 箇所、警報器付き伸縮計 3 箇所と監視員による 24 時間態勢の監視が開始され、クラックには青シート被覆の応急対策がとられた (Fig. 3)。

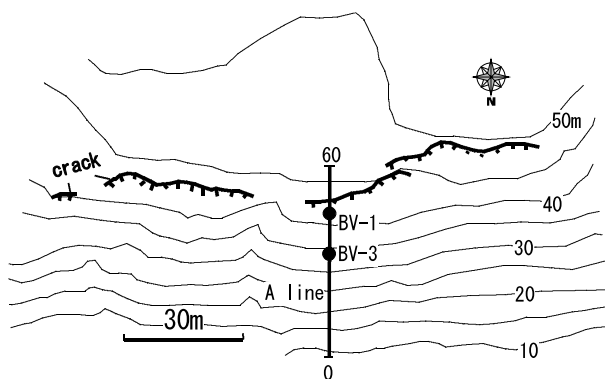


Fig.2 稲舟地区クラックおよび表面波探索測線位置図

Map of the Inafune area showing cracks developed during the earthquake and the location of the surface-wave exploration survey line

4 月 5 日はクラックの背後への波及と変状範囲の特定を目的に調査を行い、以下の点を指摘した。

- ・クラックの発生は地震動による斜面肩部の段丘堆積層～基盤の泥岩風化部の変形が主要因と考えられ、斜面を覆う表土～崖錐を含めた比較的浅い滑りへの発展が懸念される。
- ・4 月 3～5 日の観測ではわずかにマイナス変位 (収縮方向) が認められ、余震や降雨との関係が得られていない。監視員による 24 時間監視は、伸縮計をオンライン化することで省力化できるが、避難態勢については段差の移動傾向が確認できるまで現状維持が望ましい。
- ・雨との関連によっては気象情報 (警報・注意報、短時間予測雨量等) に基づく避難指示が可能。
- ・調査については、予防的に段差発生部の山側にも伸縮計設置が望ましい。
- ・ボーリング調査は、少なくとも 1 孔は泥岩を含む滑りの伏在を確認するため斜面基底部までの十分な深度とする。
- ・孔内計測は、孔内傾斜計だけでなく連続観測が可能なパイプ歪み計も必要。
- ・変状範囲が広いので、弾性波探査等の物理探査、サウンディングも有効 (農工研の技術支援が可能)。
- ・変状末端部が把握できないと対策工が設計できない。



Fig.3 (a) 稲舟地区クラック箇所応急対応状況
Emergency countermeasures at a crack site in the Inafune area



(b) 稲舟地区の急崖（変状末端は未確認）
Steep cliff at a disaster site in the Inafune area

露頭調査では変状末端部が確認できなかったため、斜面上部を中心に反射板を設置し、降雨や余震前後の光波測量による変状把握が有効。

このほか、段丘礫層からは湧水があり、対策時には地下水対策も考慮が必要とされ、調査・設計には1ヶ月程度かかるが梅雨前の対策着手を目標とすることとされた。その後、伸縮計観測は山側に1基追加され、管理者向けにオンライン化された。また斜面傾斜方向に3測線の電気探査と1測線の弾性波探査が実施され、層厚8m程度の軟弱層（段丘堆積層，風化泥岩および崖錐）の分布が把握された。4月18日の調査時にはボーリング2孔が掘削中で、ブロック東側からの水抜きボーリングが施工開始されていた。これらの調査結果をふまえて、以下の点が指摘された。

- ・物理探査から斜面における軟弱層の厚さが想定よりも大きくなることが予想されたため、中央測線の斜面中段で地質を確認することとし、その他の場所では適宜サウンディングで地質を確認することとする。
- ・伸縮計観測は設置以降大きな降雨が無く、観測値は依然として圧縮傾向で、今後も基準点側も含めた監視が必要。

・対策工としては水抜きボーリングとアンカー工があげられるが、施工範囲の確定にはさらに調査が必要。アンカー引き抜き試験も必要。

b 輪島実業高校グラウンド

4月5日調査の際に変状が報告され、調査を行った。高さ10m、長さ50m、幅50m程度の範囲で地すべりが生じており、頭部のクラックはその両脇に延長100m程度にわたり連続していた（Fig.4(a））。末端は斜面下方の輪島市営球場の照明の柱で停止したと見られる（Fig.4(b））。ボーリングによりすべり面位置を特定後、頭部法面対策、水抜き等の対策が考えられるが、末端の隆起部はできるだけ残した整形がよく、照明柱への影響を確認し、暴風等による倒壊予防が必要とした。地すべり防止区域境界部に位置するが、学校敷地にかかるため、学校側が対策し、地すべり対策事業としては取り上げないこととなった。



Fig.4 (a) 輪島実業高校地すべり頭部
Head area of a landslide at the Wajima Business High School



(b) 輪島実業高校地すべり末端隆起部
Upheaval in the toe area of the landslide at the Wajima Business High School

2 農村振興局所管地すべり防止区域二又地区

地区中央部のJブロックおよびVブロックにおいて3月29日に変状が確認されたもので、3月30日には農村工

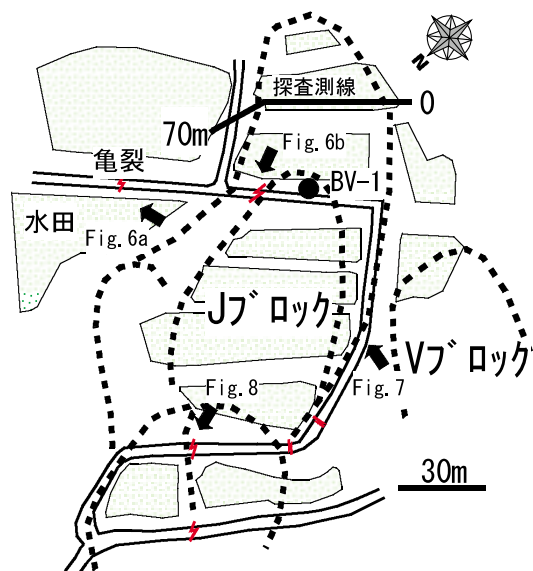


Fig.5 二又地区調査位置図
Index map of the Futamata area

学研究所の第1次派遣により調査が行われ、大きな地すべりに発展する可能性のある亀裂の連続が確認され、移動観測による移動方向の確認等が指摘された (Fig.5)。著者らが4月6日に北陸農政局担当官と調査した際にはその後の大きな変位は認められなかった。

4月17日の調査の際には以下の点が指摘された。

- ・Jブロック北側の農道では路面のクラックが認められたが、道路法面等周辺には大きな変状が認められず大きな地すべりへの発展の可能性は小さいが経過観察が必要である (Fig.6(a))
- ・Jブロックでは頭部亀裂の道路部分には青シートが被覆されているが、水路や農地部分の亀裂についても浸透対策が必要 (Fig.6(a), (b))
- ・地すべり兆候の見られる水田では休耕が必要
- ・予想される移動方向に沿った移動観測を行うとともに、上部で移動が認められた場合は下方の亀裂についても観測を行う。また既設地下水観測孔の孔口は埋め戻しを確実にし、観測データを収集する。



Fig.6 (a) Jブロック北側の農道に発生したクラック
Crack in a farm road on the north side of the J landslide block



Fig.7 水路の目地の開き
Opened joint of a drainage canal



(b) Jブロック頭部のクラックと移動観測状況
Crack in the head area of the J landslide block and monitoring equipment

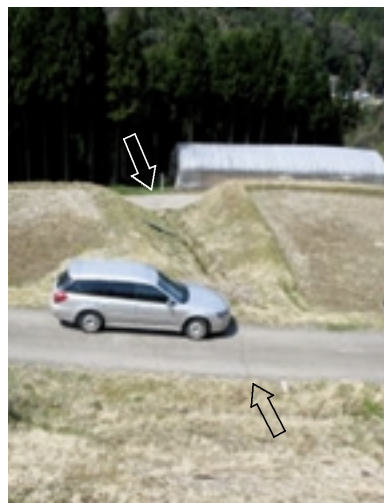


Fig.8 Jブロック右岸側クラック
Crack along the right side of the J landslide block

- ・地すべり対策は、ボーリング結果および安定解析結果により適切に行う。
- ・Vブロックでは畦畔と田面の境界に地震動によると思われる深い亀裂が連続。地下浸透を防ぐため、これらの亀裂については掘削後、よく締め固め、埋め戻す必要がある。
- ・目地の開いた水路では補修が必要（Fig.7）

3 農村振興局所管地すべり防止区域丸山地区

本地区では、地震後の巡視員の見回りにより、地震後の変状として既設の1号、3号集水井の排水管からの排水が認められなくなったことが報告された（Figs.9, 10）。これらの集水井では水抜きボーリングによる集水は継続しているが水位上昇は認められず、むしろ3号では地震後井内の水位は下がったとのことであった。排水停止の原因としては地震動もしくは地すべり活動による排水管の破損もしくは集水井底盤の破損が考えられる。いずれにしても集水井からの漏水による地すべりの安定性への悪影響が予想されるため、早急な対策が必要とさ

れた。排水管内部状況や破断箇所を検尺棒やCCDカメラ等により把握するとともに、地表踏査により、地すべり活動の有無を明らかにする必要性が指摘された。また、排水管再掘削まで、豪雨時等の集水井内の水位に注意し、必要に応じてポンプによる排水も検討することとした。

4 農村振興局所管地すべり防止区域大桂地区

本地区では、住宅上部の崖上部（比高 15m 程度）の肩部に 30m 程度にわたりクラックが発生し、青シートによる浸透防止が図られていた（Figs.11, 12）。崖斜面および末端の水路には変状は認められず、崖全体にすべりが及んでいる兆候は見られなかった。このため、今後簡易伸縮計により変位を確認しつつ、地震前後の変状範囲を確認し、クラックの対策については切土もしくは締め固め埋め戻しとするかを検討事項とした。この変状の西側では、畦畔法面に液状化を伴うと思われる地すべり性の崩壊が発生していた（Fig.13）。対策としてはふとん籠と水抜き等による湧水処理があげられた。



Fig.9 3号集水井排水管（地震後排水無し）

Drainage borehole for the No.3 collecting well (drainage of water stopped after the earthquake)



Fig.11 崖肩部のクラックへの応急対策

Emergency countermeasures for cracks at the crown area of the slope failure



Fig.10 1号集水井排水管（地震後排水無し）

Drainage borehole for the No.1 collecting well (drainage of water stopped after the earthquake)



Fig.12 クラック発生状況

Close-up of a crack



Fig.13 畦畔法面に生じた地すべり性崩壊
Landslide on a levee slope

5 小山集落周辺（国土交通省所管地すべり防止区域坂尻地区）

溪流沿いの圃場整備による水田法面が幅20m、高さ20m程度の規模で崩壊し、国土交通省の災害関連緊急地すべり防止工事で復旧予定とのことであった（Fig.14）。崩壊箇所北側の小山集落は地すべりによる段差が発生し、住民の避難が報じられたところで、石川県土木サイドによる調査ボーリングが掘削されていた（Fig.15）。



Fig.14 圃場の崩壊
Failure of paddy fields



Fig.15 小山集落内の地すべり変状
Landslide movement in Koyama village

6 農村振興局所管地すべり防止区域白米地区

国道249号線を挟んで輪島市の観光名所である「千枚田」の上部斜面に位置するB1ブロック上部では、従来より孔内傾斜計および民家周辺に変位の累積が認められたが、地震後BV12-2孔内傾斜計が観測不能になり、民家周辺に最大20mmの沈下が認められた（Figs.16, 17）。B1ブロック中部には昭和49年に杭工が施工されており、杭工下流側のおよび頭部の孔内傾斜計BV12-1、BV13-1には変位が生じていないことから、地すべり範囲は杭工からBV13-1までの間と考えられた。調査ボーリングとともにBV12-2や地すべり範囲にある集水井の変状を孔内カメラ等で確認しすべり面を把握し、安定解析により対策工を検討することとした。また、既設水抜きボーリングおよび集水井の洗浄等により地下水位低下を図り、周辺水路の目地を修復し浸透防止を行うこととした（Fig.18）。

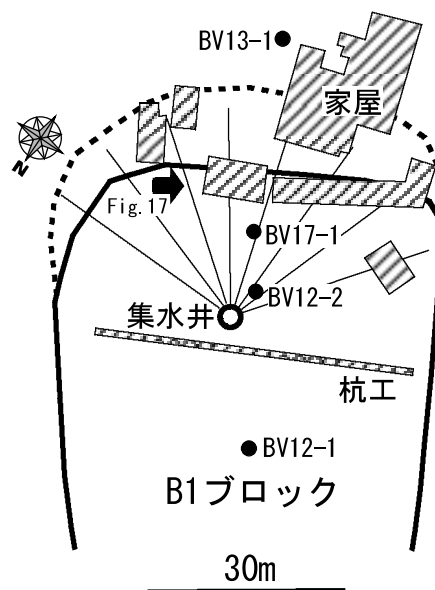


Fig.16 白米地区調査位置図
Index map of the Shirayone area



Fig.17 B1 ブロック主部の倉庫の変形
Movement of a warehouse in the B1 block



Fig.19 擁壁崩壊による農地災害
Disastrous failure of farmland by failure of retaining walls



Fig.18 既設集水井排水状況
Drainage in the existing collection well



Fig.20 擁壁の崩壊
Close-up of retaining wall failure

7 馬渡集落周辺（国土交通省所管地すべり防止区域馬渡地区）

調査地区としては最も震央に近い場所である。南東向きの法面でブロック擁壁の崩壊と田面の崩壊が生じており、地震動の方向性との関連が示唆される（Figs.19, 20）。

8 農村振興局所管地すべり防止区域金蔵地区

北陸農政局では昭和 63 年度から平成 4 年度まで特殊地すべり対策調査が実施され、面積が 50ha を超える大規模地すべりの実態把握と機構解析が行われた。奥能登地すべり地帯にも 42 箇所の大規模地すべり地形が認められており、金蔵地区はその一つである（Fig.21）。今回大規模地すべり地形の冠頭部を通過する道路沿いでは変状を確認することができなかったが、大規模地すべりでは気候誘因以外に地震動の寄与が大きいと考えられており、今後も引き続き調査を進める予定である。



Fig.21 奥能登地すべり地帯特殊地すべり分布図
Distribution map of large-scale landslides in the Oku-noto landslide region

斜面災害地区における2次元表面波探査法の適用性

2次元表面波探査法(林ほか, 2001)では, 平坦地に探査測線を設定し, 人力による起振により観測された表面波データを逆解析し, 2次元断面図上におけるS波速度およびN値分布を推定することができる。受信器を2m間隔で設置する場合, 深度15-20mまでの地盤強度情報を, 1測線46mあたりについて2~3名で1時間程度で取得できるため, 災害時の緊急地盤調査手法として有効と考えている。今回の調査では, 稲舟地区の段丘崖急斜面と二又地区の地すべりブロック頭部の圃場に適用を試みた。

Fig.22は, 稲舟地区において急崖の斜面方向に設置した測線(Fig.2)の解析結果(S波速度断面図および推定N値分布図)である。S波速度からN値への換算は以下の式(今井・吉村, 1972)によっている。

$$N = \left(\frac{V_s}{97} \right)^{-0.314}$$

本図では地形を表現しているが, 地形に沿った斜距離で測線を設置しているため, 標高は正確だが横軸の距離の60mが水平距離の50mに相当する。また, 斜距離に沿った平坦地形として解析しているため, 斜面上部の段差地形部では解析精度が低下していると考えられる。そこで, 解析結果から, 斜面部分に限って軟弱層の分布を概観すると, 標高25m付近を境に例えばN値50未満の部分の層厚が上部では厚く, 下部では薄くなっている。このような情報は, 調査位置選定, 軟弱層の変形および対策施工範囲の検討に有用であると考えられる。

探査後に実施されたボーリングによるN値プロファイルと探査による推定N値プロファイルとを比較すると, 両者の相関性は認められるものの, 深部ほど探査による推定N値のほうが大きな値を示した(Fig.23)。本探査の

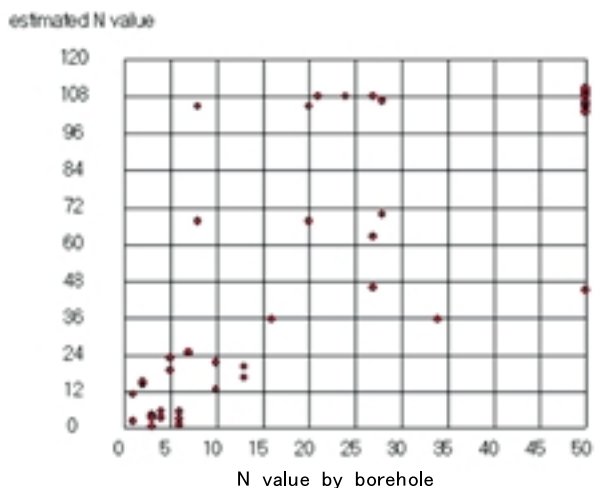


Fig.23 ボーリングによるN値と探査による推定N値の比較 (稲舟測線)

Comparison of N-value derived from boreholes with estimated N-value from surface-wave exploration on the Inafune survey line

斜面への適用では, 相対的な地盤強度の分布情報は得られるものの, N値への換算については課題が残された。今後さらに事例を蓄積し, 探査・解析法を改良し斜面への適用性を向上させる必要がある。

Fig.24は二又地区のJ地すべりブロック頭部の圃場において斜面に直交する方向に設置した探査測線(Fig.5)の解析結果であり, 本測線は距離50m以降が上り斜面になる以外は平坦である。始点側では畦畔に基岩と思われる砂岩が露頭しており, 始点側から深度を下げるN=50ラインは基岩上面に相当すると考えられ, 地すべり崩積土(もしくは盛土)は距離35-40m付近を最深部として盆状に分布していると考えられる。距離35m付近に投影される近傍のボーリングでは崩積土は深度9mまでで, N値は深度8.45mで50以上となっており, 平坦地に設置した二又地区測線では探査結果の妥当性が確認できた。なお, 測線起点側の砂岩露頭では磁性鉱物の量

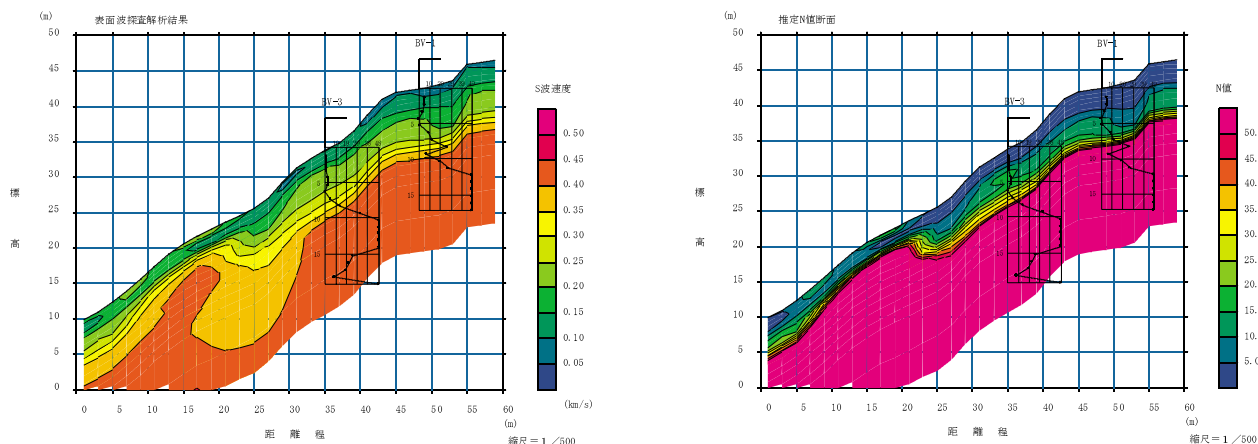


Fig.22 稲舟地区表面波探査結果(左:S波速度分布図, 右:推定N値分布図)

Result of surface-wave exploration in the Inafune area

Left panel: distribution map of Vs. Right panel: distribution map of estimated N-value)

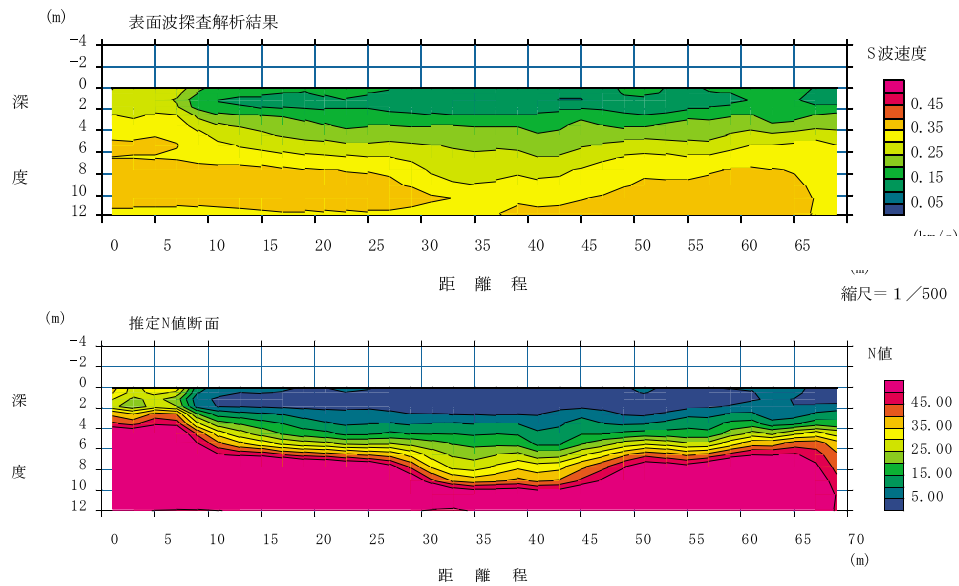


Fig.24 二又地区表面波探査結果（上：S波速度分布図，下：推定N値分布図）

Results of surface-wave exploration in the Futamata area

Upper panel: distribution map of Vs. Lower panel: distribution map of estimated N-value

比を示す帯磁率が $10^{-4} \sim 10^{-5}$ (SI) と小さいのに対し、耕作土では $10^{-3} \sim 10^{-4}$ (SI) と大きな値を示した。耕作土の母材である地すべり崩積土は基岩よりも多くの磁性鉱物を含み、それらはより高標高部に分布した火山岩類に由来することが推定された。

結 言

2007年能登半島地震による農地地すべり地域の斜面災害現場について、現地調査を行い、斜面の安定性および調査・対策の方針について検討を行った。今回の変状が報告された地区は Fig.1 の推計震度分布図では震度 6 弱の地域に含まれるが、震度 6 強に相当する部分では輪島市門前町安代原などで亀裂による耕作不能が報じられる一方で大きな地すべり活動による被害は確認されなかった。調査を行った住宅背後斜面や中山間地の農地の地すべり、斜面災害についてはその後の適切な対策により大きな災害には至らなかった。変状の早期発見や調査・対

策に御尽力された方々に心より敬意を表するとともに、改めて被災された方々にお見舞いを申し上げたい。

一方、広域地盤災害時の緊急的な調査法として、2次元表面波探査法の適用性を検討した。この探査ではポータブルな装置と数人のチームにより機動的に深度 15 ~ 20m までの地盤の強度情報を得ることができる。傾斜地への適用性には推定 N 値が過大評価される点で課題が残るが、探査結果は地すべり崩積土や軟弱部の相対的な分布を示し、ボーリング箇所の選定や対策範囲の概定に有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 林 宏一・鈴木晴彦・斎藤秀樹 (2001): 人工振源を用いた表面波探査の開発とその土木地質調査への適用, 応用地質技術年報, 21, p.9-39.
- 2) 今井常雄・吉村正義 (1972): 地盤の弾性波速度と力学的性質, 物理探鉱, 25, p.283-292.

Landslides caused by the Noto Hanto Earthquake in 2007 and urgent investigation method

NAKAZATO Hiroomi, INOUE Keisuke and UNNO Toshiyasu

Summary

The large-scale landslide caused by the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004 was not reactivated to any major extent by the Noto Hanto Earthquake in 2007. However, there were small-scale landslides and slope failures on the slopes backing areas of housing and in the farmlands of mountainous regions. We surveyed the affected areas at the request of the Administration Bureau, and advised on investigation methods and implementation of countermeasures. The effect of the earthquake was not catastrophic in these districts because appropriate measures were taken.

We examined the effectiveness of 2-D surface-wave exploration as an urgent investigation method over the widespread disaster area. Using this method, we were able to determine the strength of ground to a depth of 15-20m by employing several engineers using portable devices. The survey results showed the distribution of the landslide colluvium and identified areas of structural weakness. We concluded that this method is effective for the selection of investigatory borehole sites and for examination of the range of countermeasure.

Keywords : the Noto Hanto Earthquake in 2007, slope disaster, landslide, urgent investigation, 2-D surface-wave exploration method

平成 19 年（2007 年）能登半島地震による 水路等コンクリート構造物の被害調査

林田洋一*・増川 晋*・有吉 充**

目 次	
緒 言.....	43
調査結果.....	43
1 調査行程.....	43
2 調査箇所と地震動.....	43
3 各施設における被害状況.....	46
結 言.....	57
参考文献.....	58
Summary.....	59

緒 言

平成 19 年 3 月 25 日 09 時 41 分頃、能登半島沖を震源とする $M 6.9$ （深さ 11km）の地震が発生し、ため池をはじめとする多数の農業水利施設や農地が被災した。 $M 6.9$ という大規模な地震にもかかわらず、幸い農業用水路については緊急に技術支援を必要とするような甚大な被害は発生しなかった。しかしながら、開拓事業や干拓事業が実施された地域において軽微な損傷ではあるが被害が発生しており、被災した開水路等の復旧方法について技術支援を行うとともに、今後の農業用水路等コンクリート構造物の耐震性評価や耐震補強に繋がる減災研究の推進を目的として農林水産省農村振興局整備部防災課災害対策室からの要請を受け調査を実施した。

謝辞：調査に当たっては、石川県中能登農林総合事務所土地改良部 前寺清一環境課長をはじめ、各市町村の担当者の方々には業務多忙の中ご同行いただくとともに、参考資料として被災直後の資料を提供いただいた。また、地震波形については独 防災科学技術研究所（<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>）、気象庁（<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/>）の公表物を、地質・地形図については若松ら（日本の地形・地盤デジタルマップ，東京大学出版会，2005，製品シリアル番号：JEGM1098）を利用した。ここに謝意を表します。

* 施設資源部構造研究室

** 施設資源部土質研究室

平成 19 年 12 月 28 日受理

キーワード：平成 19 年（2007 年）能登半島地震，農業用水路，農業水利コンクリート構造物，災害調査，液状化

調査結果

1 調査行程

- 8 月 6 日（月） 志賀町八幡 富来川下流頭首工，
志賀町八幡 ポンプ場導水路
8 月 7 日（火） 羽咋市西潟町 鹿島路幹線用水路，
羽咋市金丸出町 鹿島路第二排水機
場， 羽咋市南潟町 南潟用水路，
七尾市佐味町 排水路
8 月 8 日（水） 羽咋市西潟町 鹿島路幹線用水路

2 調査箇所と地震動

a 調査箇所

調査を実施した地区・施設の位置を Fig. 1 に、これらの地区・施設の震央距離を Table 1 に示す。なお、水路施設については、被災区間から任意に選択した一点をそ



Fig. 1 調査箇所位置図
Locations of surveyed facilities

Table 1 各調査施設における震央までの距離
Distance of surveyed facilities from the earthquake epicenter

		緯度	経度	震央距離 (km)	震度
震央	M6.9 (深さ 11km)	N 37 ° 13.2 '	E 136 ° 41.1 '	—	
K-net (富来) ISK006	max : 945.4 Gal	N 37 ° 9.6 '	E 136 ° 41.4 '	6.7	6 弱
気象庁 (志賀町富来領家町)	max : 543.6Gal	N 37 ° 8.5 '	E 136 ° 43.7 '	9.5	6 弱
志賀町八幡 頭首工		N 37 ° 8.8 '	E 136 ° 44.1 '	9.3	
志賀町八幡 用水路		N 37 ° 8.8 '	E 136 ° 44.1 '	9.3	
K-net (七尾) ISK007	max : 220.5Gal	N 37 ° 2.6 '	E 136 ° 58.1 '	31.8	5 強
気象庁 (七尾市本府中)	max : 258.4Gal	N 37 ° 1.8 '	E 136 ° 58.3 '	33.0	5 強
七尾市佐味町 排水路		N 37 ° 3.1 '	E 136 ° 59.7 '	33.1	
K-net (羽咋) ISK008	max : 410.7 Gal	N 36 ° 53.5'	E 136 ° 46.7 '	37.3	5 弱
気象庁 (羽咋市柳田町)	max : 230.4Gal	N 37 ° 55.5 '	E 136 ° 46.9 '	33.8	5 弱
羽咋市西潟町 鹿島路幹線用水路		N 36 ° 55.8'	E 136 ° 48.6 '	34.1	
羽咋市金丸出町 鹿島路第二排水機場		N 36 ° 56.2'	E 136 ° 49.9 '	34.0	
羽咋市南潟町 南潟用水路		N 36 ° 55.6'	E 136 ° 49.3 '	34.8	

* 各観測点での最大加速度値は、3 成分合成値を示している。

の代表地点とし震央までの距離を求めている。

Fig. 2 に能登半島における地質、地形分布を示す。Fig. 2 によると、志賀町八幡周辺は第四系完新統（沖積層の上部）の砂丘地帯、七尾市佐味町付近は第三系（古第三紀及び新第三紀の地層）の丘陵地帯、羽咋市西潟町、金丸出町、南潟町周辺は第四系完新統（沖積層の上部）の三角洲・海岸低地に属する。

b 地震動

（独 防災科学技術研究所（K-net）及び気象庁の地震計によって観測された加速度波形をそれぞれ Fig. 3, 4 に

示す。図中の各観測点の位置は、Fig. 1 に示すとおりである。また、図中の N-S, E-W, U-D はそれぞれ、南北方向、東西方向、上下方向の観測波形を示している。震央から最も近い K-net（富来：ISK006）では約 950Gal と大きな加速度が得られているのに対し、この観測点から 3km 程しか離れていない気象庁（志賀町富来領家町）では約 550Gal の加速度となっている。K-net（富来：ISK006）が丘陵地にあるのに対し、気象庁（志賀町富来領家町）は砂丘地帯にあり、地盤の違いが加速度応答の違いとなって現れたものと考えられる。

各観測点において観測された地震動（加速度）のピーク値前後における水平面内の軌跡を Fig. 5, 6 に示す。各観測点ともに特定の方向に偏った振動挙動をとっていないことがわかる。水路など延長の長い構造物の場合、その基盤での振動が縦断方向に卓越する場合と、横断方向に卓越する場合とでは、その振動挙動や破壊形態が相違するものと考えられるが、今回の場合基盤は水平面内に関し平均的に振動していたものと考えられる。

なお調査地区周辺ではこの地震後も、6 月 22 日 3 時 34 分頃発生した石川県西方沖を震源とする $M 4.6$ の地震で震度 4（羽咋市旭町*・柳田町）、平成 19（2007 年）新潟県中越沖地震で震度 4（七尾市市田鶴浜町・本府中町・袖ヶ江町、志賀町末吉千古*）の地震動が観測されている。なおここで、* は気象庁以外での観測地点であることを示している。このため、調査時の被災状況は平成 19 年（2007 年）能登半島地震によるものに加え、更なる変状を受けている可能性がある。また、地震発生から調査までの期間は、梅雨や台風の時期にあたるため、降雨による影響も付加されている。このことから、平成 19 年（2007 年）能登半島地震による被災直後の状況として、本報告では石川県から提供いただいた資料を掲載している。



Fig. 2 能登半島における地質及び地形分布（若松ら，2005）
Geology and topography of the Noto Peninsula (Wakamatsu et al., 2005)

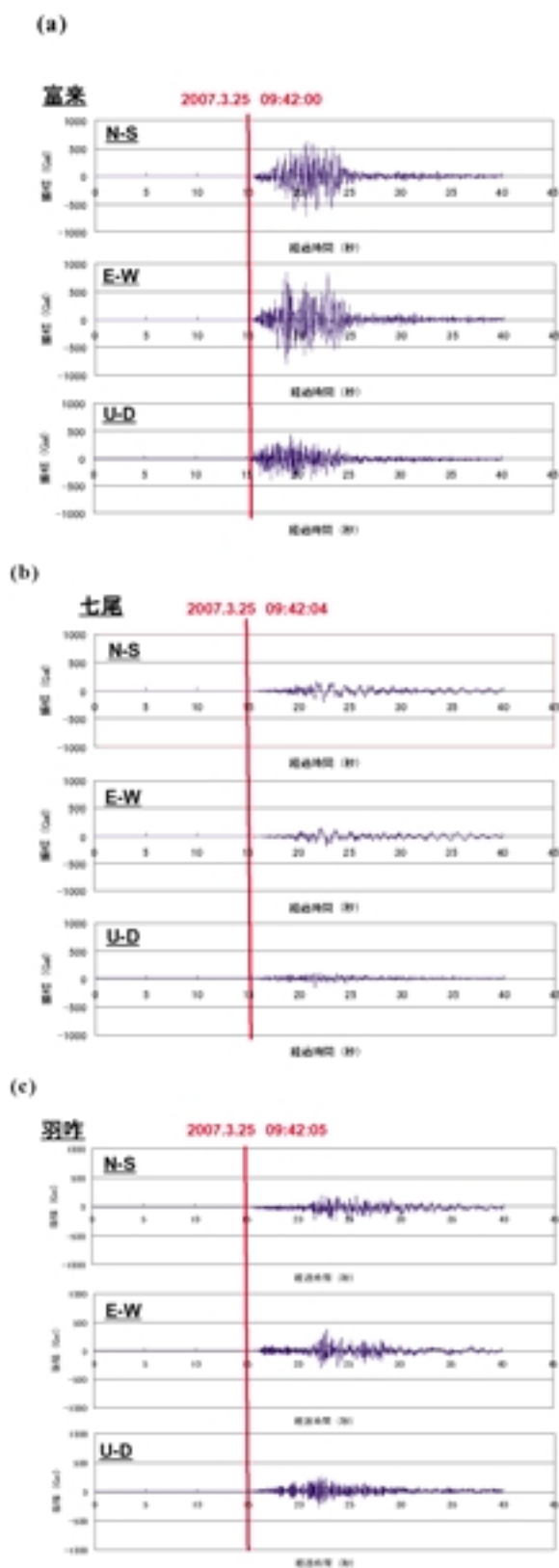


Fig. 3 K-net 観測波形
Observed accelerations at K-net stations

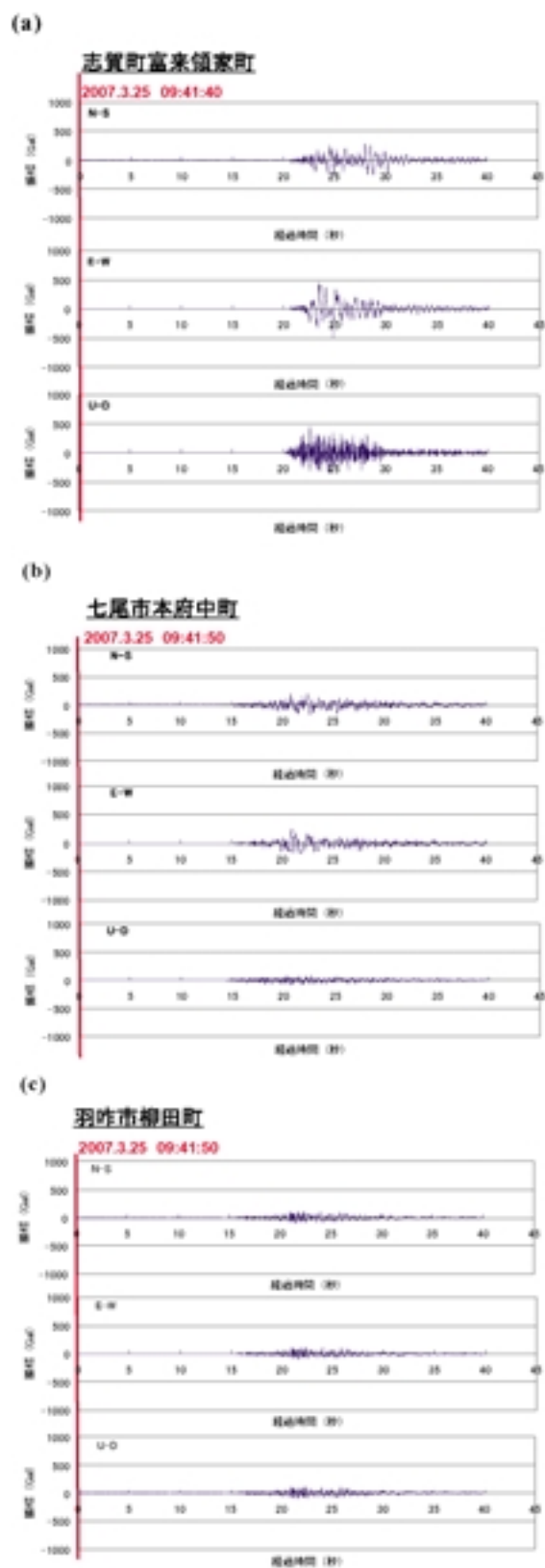


Fig. 4 気象庁観測波形
Observed accelerations at JMA stations

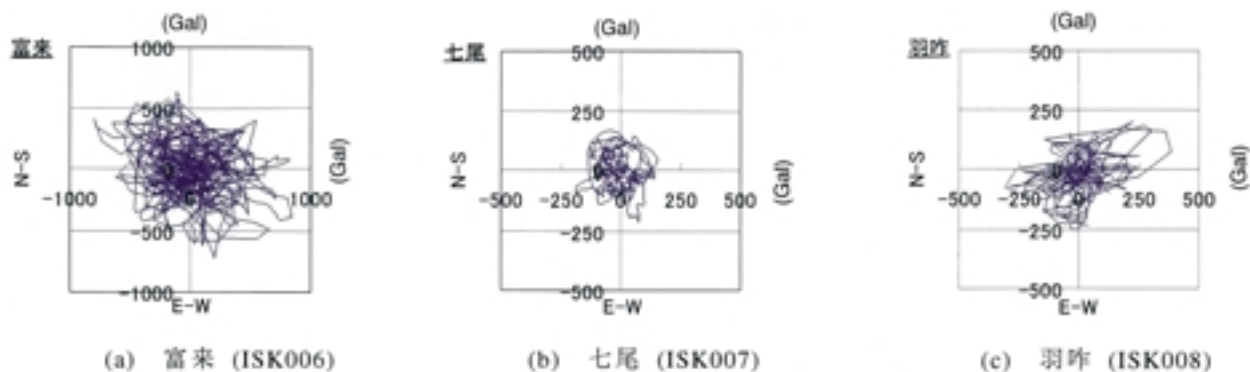


Fig. 5 K-net で観測された地震動の水平面内の軌跡
Acceleration loci observed at K-net stations

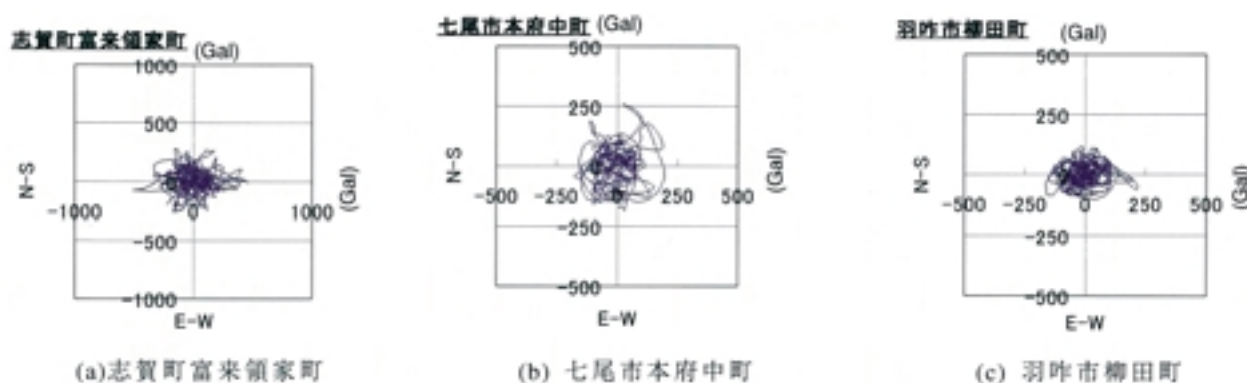


Fig. 6 気象庁で観測された地震動の水平面内の軌跡
Acceleration loci observed at JMA stations

3 各施設における被害状況

a 志賀町八幡

主に葉タバコの灌漑用水を供給するために、富来川から導水するための一連の取水施設（富来側下流頭首工）と導水施設において被害が発生した。これらの施設は、富来周辺に分布する砂丘地帯に位置している。被災箇所周辺の周辺部では、河川の左岸側は水田が広がっているのに対し、右岸側は一段高い砂丘地域となっている。なお、被害を受けた水利施設は右岸側に位置している。また、被災した水利施設周辺では河川護岸工の前傾や河川堤防法肩部でのクラックが観察され、水利施設のみでなくその周辺一体が被害を受けていることがわかった。河川護岸工は、この下流でも被害を受けているとのことであった。

頭首工護岸の後背部、導水路の右岸側、左岸側のそれぞれから一箇所ずつ計三箇所、土質試料の採取を行った。採取した土質試料は同様の外観をしており、粒径の整った均質な砂であった。このことから、地盤の液状化が被災の主たる原因と考えられる。

(1) 富来川下流頭首工護岸工の被害

取水堰右岸側下流部の護岸工が崩落している。また、



Fig. 7 被災した富来川下流頭首工及び用水路の位置関係
Location of damaged head work and head race

その直上の河川堤防の法肩部にはクラックが散見され、Fig. 14 に示すようなすべりが発生しているものと思われる。護岸工は、現場打ちのコンクリート擁壁、擁壁直上は張ブロックという構造になっている。町の担当者からの聞き取りによると、コンクリート擁壁は重力式とのことであった。被災状況としては、液状化により基礎地



Fig. 8 頭首工周辺の富来川右岸の概観
View of the right bank of the Togi River at the head work location



Fig. 11 頭首工直上流部（右岸）の河川護岸工の前傾
Inclination of covering work at the head work



Fig. 9 頭首工周辺の富来川左岸の概観
View of the left bank of the Togi River at the head work location



Fig. 12 頭首工直上流部（右岸）の河川護岸工の張ブロックのはらみ
Projection of concrete blocks used for slope protection at the head work



Fig. 10 頭首工直上流部（右岸）にある橋梁の取り付け部
View of the bridge abutment at the head work



Fig. 13 富来川右岸に広がる砂丘地域の概観
View of a sand dune on the right bank of the Togi River

盤の支持力が消失しコンクリート擁壁が前傾するとともに上部の張ブロックが崩落し、河川堤防にすべりが発生したものと考えられる。なお、被災から本調査までの間

に降雨と河川の増水により張ブロック背後部の地盤が流出したため、張ブロックの崩壊の程度は被災当初と比べ大きく進展している。

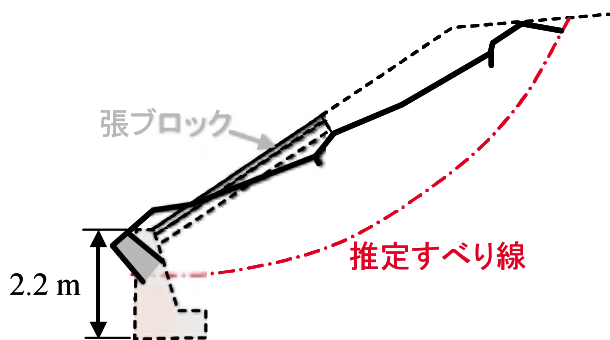


Fig. 14 頭首工護岸工の被災概要図（石川県提供資料に加筆）
Schematic diagram of the damaged protection work at the head work



Fig. 15 頭首工護岸工の被災状況
（被災当初：石川県提供資料）
View of the head work immediately after the earthquake



Fig. 16 コンクリート擁壁の倒壊
（被災当初：石川県提供資料）
Deformation of a retaining wall

(2) コンクリート柵渠水路の被害

上記頭首工により堰上げた富来川の河川水をポンプ場へと導水するための用水路（幅：1.6m、深さ：1.4m、延長：128m）が被災した。その概要を Fig. 19 に示す。水路の型式は、コンクリート柵渠水路であるが、コンクリート杭を均等に打ち込み側面に柵板をはめ込み、傘コンクリート部に等間隔で切梁を設置する構造となってい



Fig. 17 頭首工護岸工の被災状況（調査時）
Damages to protection work at the time of investigation



Fig. 18 護岸工後背部の地盤の状況
Ground condition on the slope behind protection work

た。一般的に用いられるU字型の柵工柵によるものとは異なり、県担当者からの聞き取りによると、石川県内でも珍しい種類とのことであった。

現地の状況及び Fig. 20 から、この周辺の地盤は深さ3m程度までは貫入値の低い緩い砂質地盤であると推定される。このため、地震動により地盤が液状化することで水路側面や杭が押し出され前傾し、水路としての構造物の形状を維持することができずに傘コンクリート、柵板、切梁が破損したものと考えられる。Fig. 26 が示すように、コンクリート杭は、現場打ちコンクリート底版に接する箇所よりやや上部で折れており、聞き取り調査によると仮復旧時に撤去されたコンクリート杭の約2/3で同様な傾向が観察されたとのことであった。水路の湾曲部周辺では後背地の側方流動によりほぼ水路が閉塞し、水路閉塞部では場所によって押し出されている側が異なっていた。なお調査時には、営農上の必要性により、既に鋼矢板による仮復旧を実施し通水を行っている。本復旧に当たっては、仮復旧用の水路側壁として利用している鋼矢板を工事用仮設土留め矢板として利用し、二次製品である鉄筋コンクリート大型フリュームを用いて復旧する予定である。

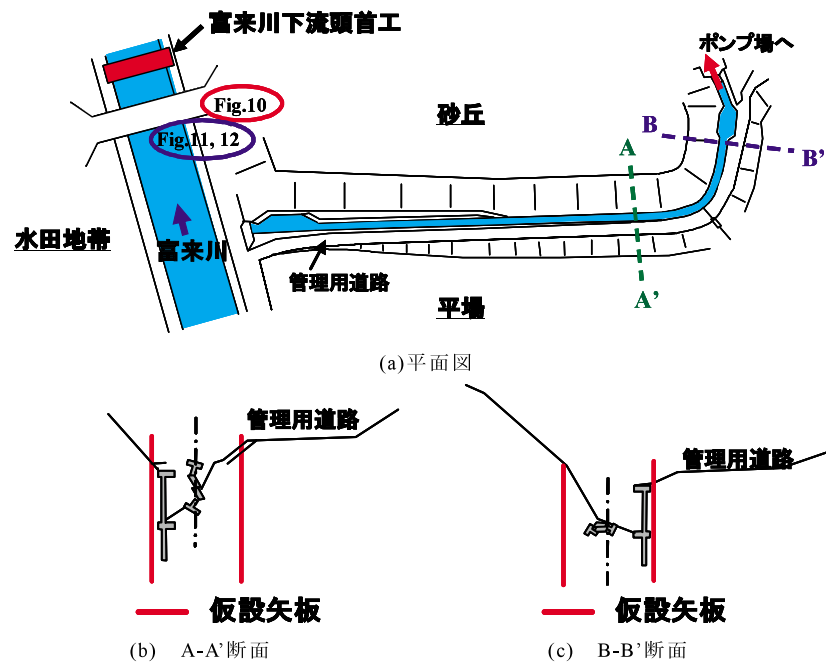


Fig. 19 八幡地区 ポンプ場導水路の概要図（石川県提供資料に加筆）
Schematic diagram of the head race for a pump facility in the Yahata area

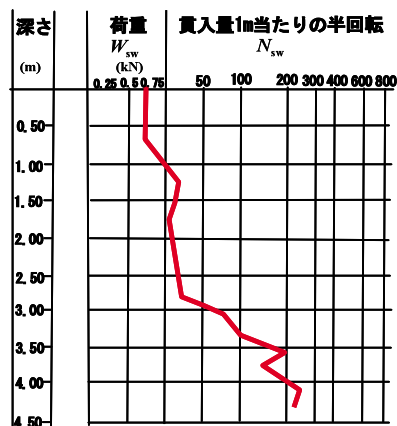


Fig. 20 導水路周辺地盤でのスウェーデン貫入試験結果
（石川県提供資料）

Test results of a Swedish weight-sounding test near the Yahata head race



Fig. 22 杭の沈下及び傾斜（石川県提供資料）
Settlement and inclination of a concrete pile



Fig. 21 取入れ部から見た仮復旧前の被災状況
（石川県提供資料）

Damage to a head race before temporary recovery



Fig. 23 湾曲部周辺での水路の閉塞（石川県提供資料）
Blockage of a head race at a curved section

Blockage of a head race at a curved section



Fig. 24 水路右岸側後背部地盤の押し出しによる閉塞
(石川県提供資料)
Lateral movement of backfill



Fig. 27 取入れ部から見た仮復旧後の水路の概観
View of a head race after temporary recovery



Fig. 25 柵板の破損状況
A damaged concrete panel



Fig. 28 水路湾曲部周辺地盤の状況
Ground condition at a curved section of a head race



Fig. 26 コンクリート杭の破損状況
A damaged concrete pile



Fig. 29 被災した水利施設の位置図
Location of damaged irrigation facilities

b 邑知潟周辺地域 (羽咋市西潟町, 金丸出町, 南潟町)

これらの地域は、七尾湾から羽咋市に至る邑知地溝帯に位置し、昭和23年度から昭和43年度に実施された国営邑知潟干拓事業により、306haの農地が造成された地域である。

Fig. 29 に被災した施設の位置図を、Fig. 30 に国営邑

知潟干拓事業計画概要図を示す。Fig. 30 に示す黄色で塗られた部分が干拓により造成された地域である。このことから、鹿島路幹線用水路は干拓地との境界、南潟水路は干拓地内、鹿島路第二排水機場は干拓地外に位置していることがわかる。Fig. 2 から邑知潟周辺地域は三角州・海岸低地に分類され、Fig. 47 に示す干拓地外に位置する鹿島路第二排水機場周辺での N 値のデータから、干



Fig. 30 国営邑知潟干拓事業計画概要図（邑知地溝帯農地防災事業パンフレット）
Map showing the national reclamation project in Otagata

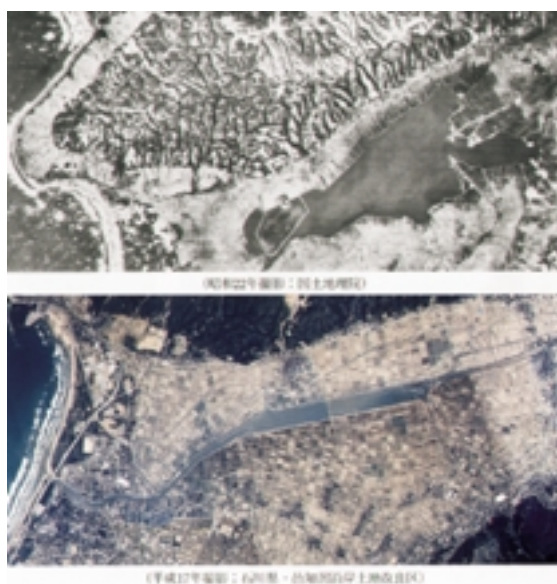


Fig. 31 干拓前と現在の邑知潟周辺地域の比較
（邑知地溝帯農地防災事業パンフレット）
Photographs before and after the Otagata reclamation project

拓地外であっても旧邑知潟周辺の地盤は軟弱な粘土層であることがわかる。このため、この地域周辺では水利施設に顕著な被害が発生していない箇所であっても、地盤の変状（沈下や側方への移動）が発生している可能性が高いと考えられる。

（1）鹿島路幹線用水路

鹿島路幹線用水路の一部区間（190m）が被災した。しかしながら、被災後も仮復旧を実施せずに通水を継続し営農に利用されている。鹿島路幹線用水路は2列の水路が併走しており、このうち被災したのは干拓地側の水路である。併走する2列の水路はともにコンクリート柵渠型の水路であるが、被災した水路がU字型の柵工枠を用いた構造であるのに対し、無被災の水路はH型鋼杭を打ち込みコンクリートの柵板をはめ込む構造であり、両方で構造が異なっている。また、地震当時、被災した水路には水が無かったのに対し、無被災の水路については通水が行われていたとのことであった。

被害の状況は、柵工枠及び底板部が被災区間190mにわたり沈下、傾斜しており、これに伴い柵板が傾斜、転倒していた。被害の状況から、地盤の液状化による水路の不同沈下が被災の原因と考えられる。実際、被災した水路の干拓地側法尻部では直線的にクラックが観察され、箇所によっては噴砂が確認されている。地元の方の話によると、水路堤防を作る際、邑知潟からさらい上げた土砂を利用しており、部分的に砂の層が存在することであった。これらのことから、被災の原因は水路基盤内に存在する砂層の液状化と考えられる。なお、応急的に転倒した柵板をはめ込み直し通水を実施しているが、通水時における被災区間の水路の水位は他の区間と比べ明らかに大きく、Fig. 41に示すように箇所によっては水路から水があふれ出している所も観察され、被災

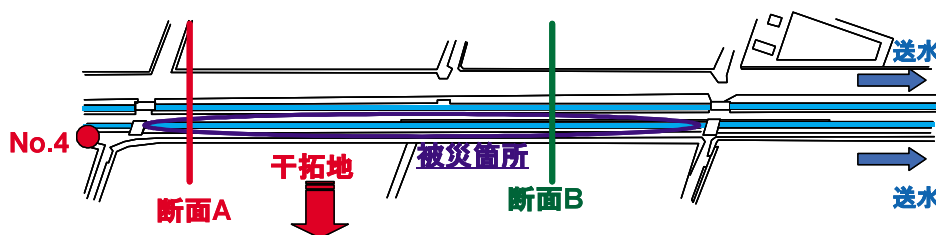


Fig. 32 鹿島路幹線用水路 被災部の概要図（石川県提供資料に加筆）
Schematic diagram of a damaged section of the Kashimaji main canal



Fig. 33 断面 B 付近における干拓地側側壁の転倒
(石川県提供資料)
Collapse of side panels



Fig. 36 水路堤防干拓地側法尻部に発生したクラック
(石川県提供資料)
Cracks developed at the toe of a canal bank



Fig. 34 断面 B 付近における水路横断方向への変状
(石川県提供資料)
Cross sectional deformation of canal at section B

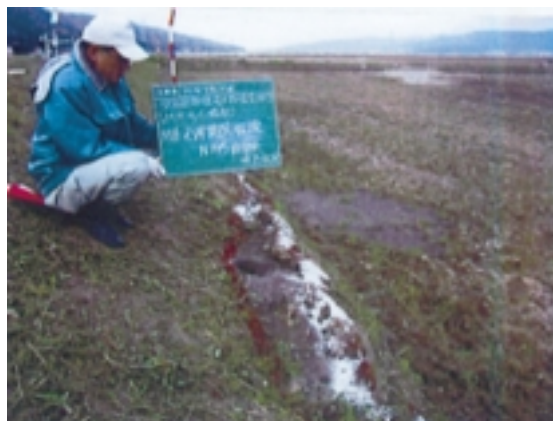


Fig. 37 クラック部に散見される噴砂
(石川県提供資料)
Boiling sand at cracks



Fig. 35 水路縦断方向への変状
(石川県提供資料)
Longitudinal deformation of canal at section B



Fig. 38 周辺地盤の沈下に伴う水路の不陸
Deformation of canal base caused by ground settlement



Fig. 39 柵工枠と柵板のずれ
Gap between frame and panels



Fig. 41 沈下部における通水時の状況
Water flowing over a submerged section of a canal



Fig. 40 暗渠周辺部からの砂の流亡
Outflow of sand around a pipe



Fig. 42 水路堤防右岸側法尻部（断面 A）からの漏水
Seepage at the toe of a canal bank (section A)

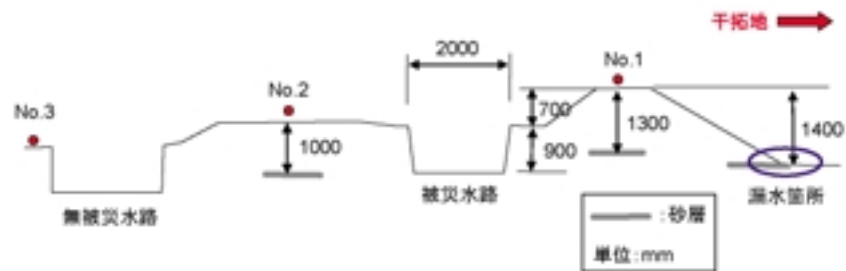


Fig. 43 断面 A における簡易動的コーン貫入試験実施箇所と推定砂層
Locations of portable dynamic cone penetration tests and estimated thickness of sand layer at section A

区間が他の区間に比べ大きく沈下したことがうかがえる。

水路基盤内の砂層の存在を確認するため、簡易動的コーン貫入試験を実施した。試験に当たり、併走する 2 つの水路のうち干拓地側の水路のみが被災した原因を確かめるため、Fig. 43 に示す断面 A（Fig. 32 参照）上での 3 点で試験を実施するとともに、被災した区間と隣接する無被災区間の干拓地側水路の右岸側堤防上の 1 点（No.4，Fig. 32 参照）で試験を実施した。試験結果を

Fig. 44，45 に示す。

岡田らの式（岡田ら，1992）を用い測定された N_d 値を N 値に変換すると最大でも $N=10$ 程度であり，この地区の地盤は全体として軟弱地盤であることがわかる。試験地点 No.1，No.2 ではそれぞれ地表面から 130cm，100cm 程度のところに $N_d=10$ 程度と他の深度に比べやや固い層があるのに対し，試験地点 No.3 では地表面から 300cm まで $N_d=4$ 程度とほぼ同一の値を示している。試験地点 No.1，No.2 で観測された $N_d=10$ 程度の層が砂層ではない

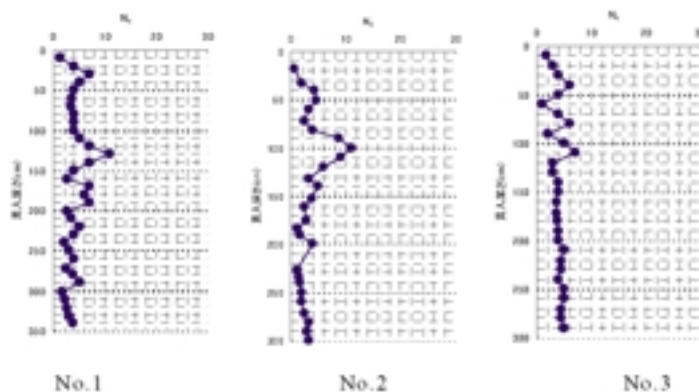


Fig. 44 断面 A における簡易動的コーン貫入試験結果
Results of portable dynamic cone penetration test at section A

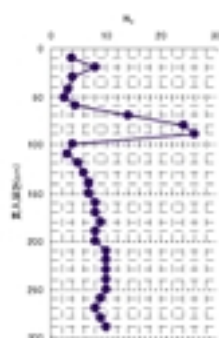


Fig. 45 試験地点 No.4 における簡易動的コーン貫入試験結果
Results of portable dynamic cone penetration test at point No.4

かと思われる。また、断面 A に隣接する干拓地側の圃場において、無通水時には水路堤防法尻部からの漏水が観察されないのに、通水時に水路内の水位が 30cm 程度に達すると Fig. 42 に示すような漏水が発生した。なお、漏水が発生した箇所の土質は砂であった。この箇所は水路堤防天端から、約 140cm 下がった箇所であり、試験地点 No.1 で観測された砂層と想定される $N_a=10$ 程度の層までの深さとほぼ一致した。これらのことから、水路堤防の法尻部から試験地点 No.1 の下層 130cm, No.2 の下層 100cm にかけて砂層が存在することが想定される。このことから、Fig. 43 に示す水路周辺に存在する砂層が液状化し、それに伴いその上層が大きく変状することで水路に被害が発生した可能性が考えられる。また、隣接する試験地点 No.4 での試験結果から、無被災区間の水路堤防の場合比較的浅い場所に $N_a=26$ の層が存在すること、また地表面から 150cm 以深の層も $N_a=10$ 程度となっており、被災区間では $N_a=4$ 程度となっているのに比べ固いことがわかった。被災区間の地盤の状況が被災前と変化している可能性があるため単純に比較することはできないが、無被災区間は被災区間に比べ堤防盛土内の砂層や基盤の地層の密度が高かったため液状化や地盤の変状が少なく水路の被害が発生しなかったのではないかと推定される。しかしながら、No.1, No.2 で観測された $N_a=10$ 程度の層は、層厚が 20cm 程度であり、このような薄い層

が液状化の原因となるか疑問が残る。

なお、復旧に当たっては、損傷していない柵工枠、柵板については再利用し、損傷したものについては、現在同等品が製造されていないことから、二次製品である鉄筋コンクリート大型フリームによって置換える予定である。

(2) 鹿島路第二排水機場

Fig. 46 に鹿島路第二配水機場の概要図を示す。図中に示した箇所において漏水の発生、矢板護岸工傘コンクリート部に破損が観察された。排水路の矢板護岸工は全体的に沈下、前傾している印象を受け、周辺地盤が変状し矢板護岸工を押し出したものと考えられる。排水機場自体の被害は無いものの、建屋周辺の地盤が沈下しており地盤と排水機場の間に隙間が発生している。Fig. 47 に示す N 値から、周辺地盤は軟弱な地層であり、地震発生以前から地盤の沈下が発生していた可能性も高いが、地震の発生により地盤の変状が増大し、矢板の沈下や傾斜が大きくなり傘コンクリート部の破損につながったものと考えられる。

なお、排水樋門と矢板護岸工の取り付け部における漏

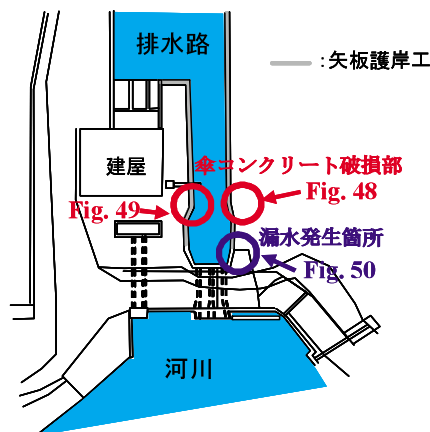


Fig. 46 鹿島路第二排水機場の概要図
(石川県提供資料に加筆)

Schematic diagram of the second Kashimaji pumping station

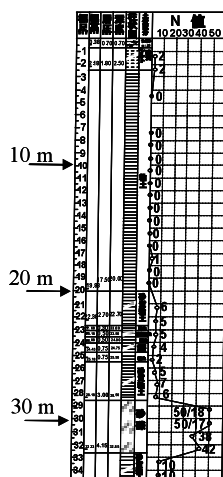


Fig. 47 排水機場周辺地盤深度方向の N 値分布
(石川県提供資料に加筆)

N value observed at the second Kashimaji pumping station



Fig. 50 排水樋門と矢板護岸工取り付け部からの漏水
Leakage from a joint between a sluice gate and sheet-pile



Fig. 48 矢板護岸工傘コンクリート部の損壊
(左岸側)

Damage to upper concrete of sheet-pile protection work



Fig. 51 矢板護岸工の前傾
Inclination of sheet-pile protection work



Fig. 49 矢板護岸工傘コンクリート部の損壊
(右岸側)

Damage to upper concrete of sheet-pile protection work



Fig. 52 建屋周辺地盤の沈下
Settlement of ground around a building



Fig. 53 建屋と地面との隙間
Opening between a building and the ground

水については、漏水箇所周辺部を掘削し、矢板背後に補修用のコンクリート壁を施工した後、掘削部を埋め戻し復旧する予定である。

(3) 南漏水路

邑知漏左岸干拓堤防直下に位置する幹線用水路からそ

の支線用水路へ分水を行うための分水柵が複数破損した。また、幹線用水路、支線用水路ともにU字溝の目地部において開きや破損が発生した。ほとんどの分水柵の破損は、支線側U字溝が分水柵内部へ貫入にしたことによるものであった。営農上の必要性から緊急に二次製品による分水柵の交換、目地部の修復が実施され、調査時には通水が行われていた。

周辺一帯は干拓により造成された水田地帯であり、被災状況から干拓地側の地盤が全体的に邑知漏方向へ移動し、これに伴い支線用水路が分水柵を押す形になり、分水柵を破壊したものと考えられる。幹線用水路や邑知漏河川堤防法尻部の道路側溝も若干変状しており、目地部の開きや破損が観察されたが、被害は軽微である。邑知漏河川堤防法尻部の道路盛土部付近は、干拓地に比べ硬く変状が小さいのに対し、干拓地は地盤が緩くまた面的に大きな広がりをもっているため末端部での変位量の総和が大きくなり、特にコンクリート製の支線用水路U字溝と分水柵の接合部では応力が集中するため分水柵が破壊されたものとする。

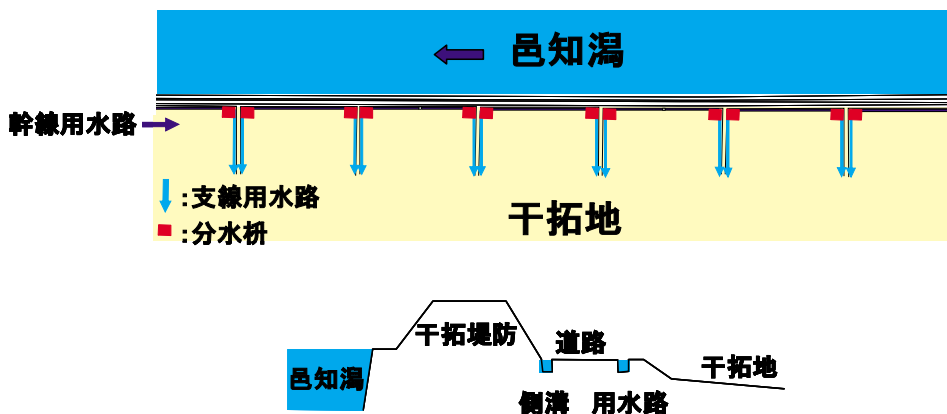


Fig. 54 南漏水路 被災部の概要図 (石川県提供資料に加筆)
Schematic diagrams of the damaged section of the Minamigata irrigation canal.



Fig. 55 支線水路U字溝の分水柵への貫入
(石川県提供資料)
Penetration of a concrete flume into a distribution tank

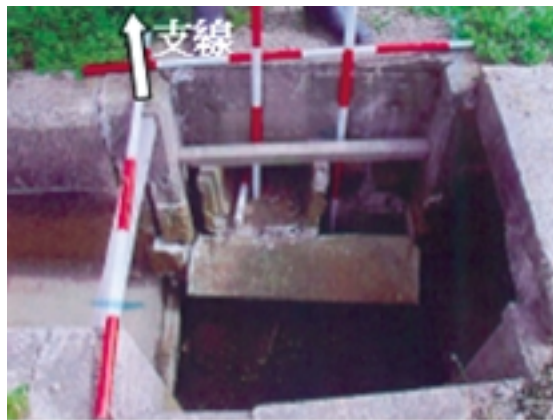


Fig. 56 分水柵の破損
(石川県提供資料)
Destruction of a distribution tank



Fig. 57 幹線水路 U 字溝目地の開き（石川県提供資料）
Opening of a joint between concrete flumes



Fig. 59 幹線水路の変状
Deformation of main canal



Fig. 58 幹線水路 U 字溝目地の修復状況
Repair of an opened joint between concrete flumes



Fig. 60 邑知漏干拓堤防法尻部の道路側溝の変状
Deformation of a channel at the toe of a bank in Otagata

c 七尾市佐味町



Fig. 61 被災排水路の位置図
Location of damaged canal

(1) 排水路

七尾市の海岸沿いにある現場うちコンクリート三面張り排水路の右岸側側面が内側に転倒し、目地の一部が破壊していた。左岸側は盛土の上に工場が建てられており、盛土の擁壁部に変状は認められなかった。右岸側の

側壁が前傾しているが、その背後は平坦地であり大きな力が加わるとは考えにくい。

被災のメカニズムとしては、工場盛土及び擁壁部の地震慣性力によるもの、地盤の液状化による側方流動によるもの、の 2 つが想定される。については、工場盛土及び擁壁部の地震慣性力により水路の左岸側側壁と底版が押し出され、右岸側側壁と底版の接合部が押されることで右岸側側壁が内側へ転倒したものと推定される。またについては、この周辺の国道 160 号線より海側は埋立地となっており、隣接する大田町では貯木場脇のコンクリート矢板型の水路(準河川の埋立地内排水路)が液状化により大きく破壊された (Fig. 64, 65)。被災した三面張り水路周辺では液状化の痕跡は確認できなかったが、排水路右岸側の地盤で液状化に伴う側方流動が発生し、盛土擁壁により水路左岸方向への水路全体としての移動が制限され、右岸側側壁部が押し出される形になったのではないかと推定される。

結 言

平成 19 年（2007 年）能登半島地震で被害を受けた 5 つの農業水利施設を調査した。被害の程度は軽微で迅速



Fig. 62 被災排水路の概況
View of the damaged canal



Fig. 64 大田地区での液状化による水路の被害
(コンクリート矢板の傾倒及び傘コンクリート部の破損)
A canal damaged by soil liquefaction in the Ota area
(Falling of concrete sheet pile and damaged upper concrete)

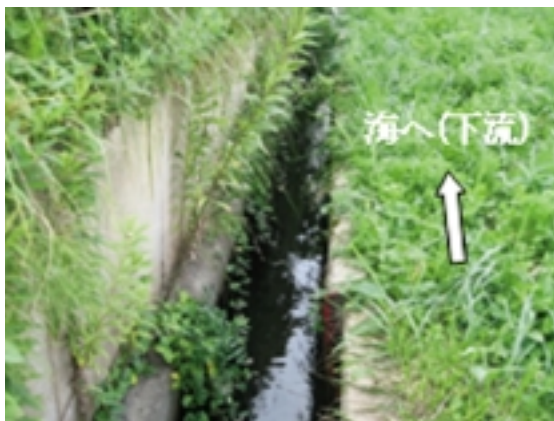


Fig. 63 右岸側目地部の破壊
Collapse of a joint on the right bank of the canal



Fig. 65 大田地区での液状化による水路の被害
(切梁の破壊)
A canal damaged by soil liquefaction in Ota area
(collapse of struts)

に応急復旧など必要な処置がとられ、調査時点では全ての施設が使用されていた。これら被害をうけた施設は、全て砂丘地帯や干拓地、埋立地といった基礎地盤及び周辺地盤が良好でない地域に存在していた。また被害の状況も、各構造物の地震時応答に基づく大きな慣性力によってコンクリート部材が破壊したのではなく、地盤の変状にともない構造物としての形状を維持できなくなり、部材接合部（柵板と柵工枠との接合部やU字溝の目地部など）において変形が生じ、特に地盤の変状が顕著な場合には部材の破壊に至ったと考えられる。このことは、平成16年（2004年）新潟県中越地震の際の調査結果（浅野ら、2006）とも一致しており、地震による水路の被害は周辺地盤の変状に大きく影響を受けることが明らかである。

既設水路のような長大な構造物において、地盤の状態を全区間にわたり調査すること、また地盤改良することは非常に困難である。開水路の場合、被害の発見や応急復旧が比較的容易であるため、地盤が良くないと想定される地域においては地震被害を想定し、それに対する復

旧計画等をあらかじめ準備しておくなどのソフト面での対応が重要であると考えられる。水路の構造の観点からは、水路自体の強度を高めるのではなく、地盤の変状に対して追従できるような柔軟な構造を有し、地震により勾配の変化や不陸が発生しても既存の部材を再利用し容易に復旧可能なものが今後の研究開発でもとめられると考える。

参考文献

- 1) 浅野 勇・向後雄二・林田洋一・井上敬資 (2006): 平成16年(2004年)新潟県中越地震による農業用水路の被害, 農業工学研究所技報, 第205号, p.47-59
- 2) 岡田勝也・杉山友康・村石 尚・野口達雄 (1992): 盛土表層部の土質強度に関する異種のサウンディング試験結果の相関性, 土と基礎, Vol.40, No.411, p.11-16

Field Survey of Concrete Irrigation and Drainage Structures Damaged by the Noto Hanto Earthquake in 2007

HAYASHIDA Yoichi, MASUKAWA Susumu and ARIYOSHI Mituru

Summary

Despite the high magnitude of the Noto Hanto Earthquake in 2007 (M 6.9, 25 March 2007), concrete facilities used for irrigation and drainage, such as canals, were not extensively damaged. There was, however, some damage to concrete structures in areas of sand dunes and on reclaimed land. At the request of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries we surveyed five irrigation facilities damaged by the earthquake to investigate seismic-resistance technology for concrete structures such as canals, and to provide advice to local residents affected by the earthquake. Damage at each of the surveyed facilities was not very serious, and by the time of our survey temporary repairs had been completed and all facilities were again in use. In most facilities, reinforced concrete members were undamaged, but the joints between them were often damaged or destroyed. If an earthquake causes ground deformation, canals tend to deform at and near their structural joints. When there is severe ground deformation, the canal loses its shape and the joints in the canal are destroyed. If there is very severe ground deformation caused by soil liquefaction and lateral flow, damage may extend beyond the canal joints and the canal may be destroyed. Our survey revealed that most of the damage to irrigation facilities was caused by ground deformation in the form of soil liquefaction and lateral flow. These findings agree with the results of research into the Mid-Niigata Prefecture Earthquake in 2004.

Keywords : the Noto Hanto Earthquake in 2007, canals, irrigation and drainage concrete structures, field survey, soil liquefaction

平成 19 年（2007 年）能登半島地震による 地すべり地水田の被災と営農状況

小倉 力*・若杉晃介*・藤森新作*

目 次	
緒 言.....	61
調査方法.....	61
結果および考察.....	61
1 農地整備状況.....	61
2 水田営農状況.....	62
3 被災および営農対応の状況.....	62
4 圃場条件と災害対応との関連.....	63
結 言.....	65
参考文献.....	65
Summary.....	66

緒 言

能登半島地震の被災地域の水田はハヶ川沿い等の谷底平地を除けば、地すべり地域の傾斜地に主に分布しており、多くの農業集落では、傾斜地が稲作の主な場となっている。能登半島地震発生時には、一部の傾斜地水田では基盤が崩壊し、湛水が不可能となった。一方、不等沈下や亀裂等に対する営農的な対応により被災当年の 2007 年の水稻作を行うことが出来た水田も多く存在する。

防災対策には、復旧事業による回復が必要な大きなダメージを受けた施設の被災および復旧状況だけでなく、営農的対応により機能を回復できた農地の状況を明らかにしておくことも重要である。このため、傾斜地水田における地震災害に対する営農的な対応と 2007 年水稻作付状況を、震源から 7 キロの位置にある輪島市門前町小山地区で調査した。

調査方法

小山地区は震源から東北東 7 キロに位置し、古第三紀の地すべり地域にある（北陸地方土木地質図編纂委員会，1990）。国土交通省所管の地すべり指定地区となっており、集水ボーリング等の地すべり防止策がとられている。調査地区では谷底低地等の一部を除き 1978 年度から 1983 年度にかけて地すべり対策関連事業により団体営による圃場整備が行われている。

地区内の水田中 137 区画を対象に、農地の整備状況、

各区画毎の利用状況、畦畔等の補修、亀裂発生部分への湛水防止のための仮畦畔の設置状況を目視により調査した。なお、137 区画中 7 区画は大規模な崩壊発生に関連して別途詳細な調査が行われている（若杉ら，2008）ため除外し 130 区画を調査対象とした。調査は 5 月 17 日に実施した。さらに、各区画の地すべりブロック内の所在位置と各区画の田面標高差を調査した。ほ場整備が行われているため、各区画が地すべりブロック内で占める位置は必ずしも明瞭ではないが、石川県提供の平面図において周辺地形、畦畔形状から、各区画の所在位置を頭部、中央部、尖端部に分類した。田面標高差は、主傾斜方向をレーザー距離計により測定した。なお畦畔直下が河川、道路等の場合はそれらとの標高差を測定し、樹木等により遮蔽されている場合は計測可能な最大値を測定値とした。また、5 月の調査時点では代掻き、移植等の作業が完了していない水田があったため、稲刈り後の 11 月に再調査を行い作付状況を確認した。

結果および考察

1 農地整備状況

Table1 に示すように、調査地区内はほ場整備は概ね完了している。また、7 区画は畦畔が直線になっておらず、従前の畦畔の一部を残して切盛土工により区画を統合・拡大した、いわゆる「まち直し」が行われたものとみられる。未整備地は調査区内では谷底の道路沿いと整備地に隣接した区画に限られている。各区画の畦畔には災害復旧に伴いフトン筆が設置されている場合が多く、整備後も豪雨による災害を多く受けているものと推定される。

* 農村総合研究部水田汎用化システム研究チーム

平成 19 年 12 月 28 日受理

キーワード：能登半島地震，震災，地すべり，棚田，災害復旧

Table 1 農地整備状況
Land consolidation condition

整備水準	区画数
ほ場整備済み	116
まち直し	7
未整備	7
計	130

2 水田営農状況

Table 2 に5月と11月の調査から求めた2007年の水田作付状況を区画数で示した。2007年に水稻作が実施されたとみられる区画は111区画、このうち5月の調査時までに田植または代かきが終了していたのは99区画であった。また、111区画中の13区画では作付等は区画内の一部に限定されていた。なお、また、転作等によって管理されていた12区画中8区画はパイプハウス等の設置、野菜の作付等が行われ、当初から水稻作付の意志がなかったと判断された。残り4区画については、転作作物を確認していないが、11月において耕耘された圃場に稲株残渣が確認できないため、2007年は転作により管理されたものと判断した。

Table 2 水田利用状況
Situation of paddy field use

状況	区画数	備考
水稻作付	111	13区画は区画内の一部作付
転作等	12	3区画はパイプハウス設置
2006年以前から未利用	7	
計	130	

3 被災および営農対応の状況

5月調査時に田植または代かきずみの99区画中、Fig.1に示すように畦畔の補修が行われていた区画は10、圃場面の亀裂等により区画の一部を作付中止とした区画で、Fig.2に示すような仮畦畔を設置して残りの部

分の田植、代かきを行った区画が6あった。また、Fig.3に示すように、代かきが行われていない区画に仮畦畔が設置されている区画が5あり、これらの区画では11月に一部作付を確認した。

また、Fig.4に示すように、均平にすることが困難なため区画全域を湛水することができず、区画の一部の代かきを行えなかったと見られる圃場が3区画あり、11月にこの一部不作付を確認した。逆に Fig.5 のように不均平のため一部が深水となり苗が水没している事例も見られた。しかしながら、この部分では11月に稲株が残存していることを確認でき、水管理等により水稻を収穫まで生育させたものと考えられる。また、代かきが行われた区画の一部において湛水下の地表面に亀裂が確認され、湛水開始後に発生したと見られる畦畔崩壊も1箇所を確認できた。

以上の2回の調査結果をまとめ、被災に対して各区画毎に水稻作付のために実施された対応措置を Table 3 に



Fig.1 高上げにより補修された畦畔
Maintained dike by banking



2007.05 撮影



2007.11 撮影

Fig.2 仮畦畔を設置し、部分的に作付けを行った区画
Partially cropping with temporary dike



2007.05 撮影



2007.11 撮影

Fig.3 代かき前に準備された仮畦畔
Temporary dike in pre-puddling field

2007.05 撮影



2007.11 撮影

Fig.4 不均平のため、全域を湛水出来なかった区画
Impossible to pond whole paddy lot due to unevennessTable 3 被災対応措置区分
Criteria for classifications coping with disaster

対応区分	状 況
作付中止	圃場面等の亀裂により一部または全部が作付されていない区画。 5月代かき未着手で11月に稲株が確認できない区画を含む。
畦畔補修	畦畔の嵩上げ等が行われていた区画。 不均平のため区画内の一部に湛水できず不作付けになった区画を含む。
通常作付	通常通りに水稻が作付けされている区画。

Fig.5 不均平のため苗の一部が水没した区画
Plants in partially Submerged due to uneven paddy plot

示すように区分し分類した。なお、調査は目視で行っているため「通常作付」と分類した区画でも代かき等において、例年と異なる作業が行われていた可能性はある。

4 圃場条件と災害対応との関連

小山地区の水田圃場各区画について Table 3 の各対応

区分と所在位置等との関連を検討した。検討は、谷底平地に位置する 9 区画，前年以前から転作や休耕が行われ 2007 年に水稻作付の予定がなかったと見られる 15 区画を除く 106 区画を対象に行った。106 区画の分類結果は「作付中止」16，「畦畔補修」14，「通常作付」76 であった。「作付中止」中，12 区画は Fig.2，Fig.3 に示される

ような部分的な作付中止である。また、谷底平地は全区画とも「通常作付」であった。

対象とした106区画はすべて地すべり地内にあるものと推定される。このため、水田各区画の地すべりブロック内の位置を滑落崖付近にあるものを頭部、末端肥厚部付近にあるものを尖端部、その間を中央部として分類した。この位置と被災対応区分の関連をFig. 6に示した。なお、所在位置別の区画数は頭部33、中央部41、先端部32である。Fig. 6に示されるように畦畔補修が行われている区画の割合は位置にかかわらず10%前後であるが、「作付中止」とした区画は地すべりの頭部と先端部に多く発生し、中央部では低率であるという傾向が見られた。

調査地区内水田の傾斜方向の田面標高差の分布を所在位置毎にFig. 7に示した。Fig. 7に示されるように中央部は標高差3m以下の比較的田面差が小さい場合が多いが、頭部や先端部には田面差が大きい区画が多い。田面標高差と地震災害への対応区分との関連をFig. 8に示したが、6mを超える区画では作付を中止している割合が高くなる。

小山地区を挟んだ輪島市門前町走出と志賀町富来領家における能登半島地震本震の震度はそれぞれ6強、6弱であり(気象庁, 2007), 調査地区でも震度6弱以上の揺れであったと推定される。過去300年間、能登半島でのマグニチュード(M) 5.0以上の地震は1729年(M = 6.6 ~ 7.0), 1799年(6.0), 1892年(6.4), 1896年(5.7), 1933年(6.0)および1993年(6.6)に発生しており、数年から十数年の間に連続した場合もあるが、発生間隔は一般におよそ数十年である。また、1729年の地震を除けば、何れの地震も今回の地震より地震の規模を示すマグニチュードは小さく、同一地点において震度6程度の揺れを繰り返し受けていたとは考えにくい。

一方、2007年の地震における小山地区の水田の被災は、別途報告されている7区画(若杉ら, 2008)を除けば全区画の水稲作付を中止した圃場は4区画に留まった。本地区では、圃場整備が地すべり対策関連事業による行われ、その後も豪雨による災害復旧等により畦畔法面にフトン簀等が施工されてきている。また、地すべり対策事業として集水井等も設けられている。本地区にあっては、一連の整備および整備後の防災、災害復旧事業が農地防災工として効果的に機能し、数百年間発生したことがないと考えられる震度6弱以上の揺れに対し、水田の被災を低減できた可能性が高いと考えられる。震災発生が作期前の3月であったことに助けられた面もあるが、多くの圃場では、畦畔嵩上げ、仮畦畔設置等の応急的な営農対応により、震災から2か月で水稲作を実施することが可能であった。

調査地区の水田の水源は溪流等のそれぞれの水田の自流域であり、地区外から水を引くための基幹的水路、揚水機等の施設を伴わない。このため、大規模灌漑事業受

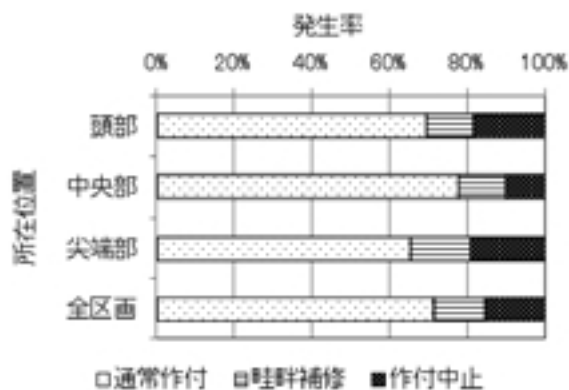


Fig. 6 地すべり内位置別被災対応区分

Relation between coping with disaster and location in the landslide blocks

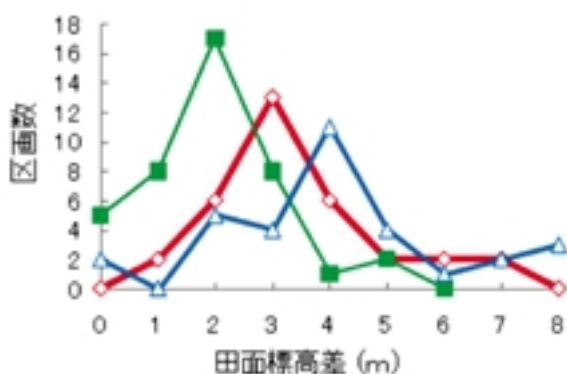


Fig. 7 田面標高差別区画数

Relation between lot number and vertical interval of lot

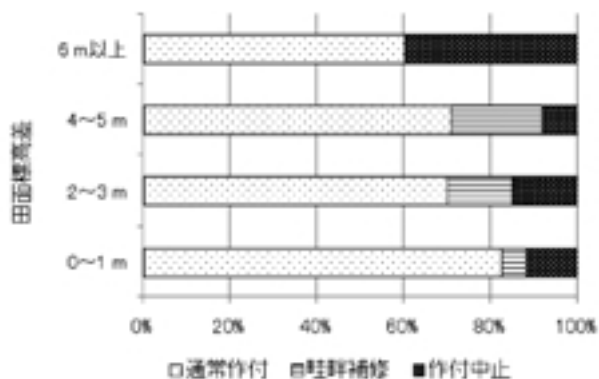


Fig. 8 田面標高差別の被災対応区分

Relation between coping with disaster and vertical interval of lot

益地区のように地区外にある導水施設の被害の影響を受けることはなく、圃場や地区周辺水路の応急的な処置だけで水稲作付に至ることが可能である。中山間地にはこのような地域完結的な水資源利用により成り立っている水田は多く、地震災害発生時等の危険分散の意味から、このような水田を日常的に維持していく意義は大きい。傾斜地水田の保全のためには、営農条件を改善するための農地整備は欠かせず、防災事業や災害時の応急措置や復旧事業を効率的に行うためにも農地整備が行われていることが必要である。

今回の調査結果からは田面標高差が大きい区画が被害を受ける傾向が見られた。この結果からは、傾斜地の農地整備にあたり田面標高差を低く抑えることが、震災時の被害軽減に結びつく可能性を示唆している。しかし、田面標高差を低く抑えることは、区画の細分化につながり農作業の効率を低下させる。調査地区で発生したと推定される震度 6 弱以上の地震の同一地点における発生周期は極めて長く、通常時の圃場管理作業効率を犠牲にして耐震性に配慮する必要性は低いと考える。

結 言

震源から 7 キロの距離にある輪島市門前町小山地区において、震災後初年の水田利用障害発生の状況を調査した。

その結果

谷底平地の水田はすべて通常に作付されていた。

傾斜地の水田では、2006 年以前から利用されていなかったと見られる区画などを除く 106 区画中 16 区画で区画内の一部分または全部の水稲作付が行われていなかった。また、14 区画で畦畔補修等が行われていた。

作付を中止した区画は地すべりの頭部と先端部付近に多く、また田面標高差の大きい区画で多く発生していた。

106 区画中 76 区画は通常の水稲作付が行われている

が、不均平のため、区画内の一部が利用できなかったり、移植した苗が水没する等の状況が見られた。

調査地区は、能登半島における過去 300 年間で最大規模の地震の震源地近くの地すべり地内の水田であるにもかかわらず、水稲の作付を全く行わなかった区画は 4 区画だけで、他の区画は仮畦畔設置等の応急的な処置で水稲作付を行うことが出来た。中山間地域に多く分布する地域完結的な資源利用により成り立つ水田を維持していくことは、災害時の危険分散上有意義であると考えられる。農地整備は、水田の維持管理継続だけでなく、災害時の迅速な対応のためにも欠くことができない要件であり、通常時の圃場管理作業が効率的に行える水準に農地が整備されることが重要と考える。

参考文献

- 1) 北陸地方土木地質図編纂委員会(1990): 北陸地方土木地質図
- 2) 気象庁(2007): 気象庁災害時自然現象報告書 2007 年第 1 号 p.5
- 3) 若杉晃介, 藤森新作(2008): 平成 19 年(2007 年)能登半島地震による農地被害調査・農工研技報 208 p.67-74

Repair of paddy fields and subsequent cropping in steep-sloped, landslide-prone areas after “The Noto Hanto Earthquake in 2007”

OGURA Chikara, WAKASUGI Kousuke and FUJIMORI Shinsaku

Summary

The paddy fields in the area damaged during the Noto Hanto Earthquake in 2007 are located in steep-sloped landslide-prone areas, other than those areas along the Hakka-gawa River. The earthquake caused dikes to collapse and precluded ponding of water in some paddy fields where there was subsidence and/or cracking of the ground surface. However, many farmers were able to repair their farms in time to crop paddy rice in 2007. It is important to understand how farmers repair paddy lots after earthquake damage and how quickly cropping can recommence. We conducted a survey in the Koyama area of Monzen in Wajima City. Development of farmland in this area was completed in 1978 and several recovery projects have been carried out after disastrous rainfall episodes. Landslide prevention projects have also been undertaken in the area. Koyama is located 7 km from the epicenter of the 2007 Noto Hanto Earthquake in an area that is prone to landslides. Observation stations near Koyama recorded the earthquake magnitude to be between 6 and 7 on the Japanese earthquake intensity scale. After the 2007 earthquake, we surveyed 106 paddy lots constructed on sloping ground. Of these, paddy rice was not cropped in 2007 on all or part of 16 lots. Existing dikes were banked on 14 lots and paddy rice was cropped normally on 76 lots. We consider that the quick recovery after the 2007 earthquake and previous landslide prevention projects have together resulted in effective earthquake disaster mitigation.

Keywords : earthquake disaster, landslide, terraced paddy field, disaster recovery

平成 19 年（2007 年）能登半島地震による農地被害調査

若杉晃介*・藤森新作*

目 次

緒 言.....	67	田面の不陸発生状況.....	70
調査地区概要.....	67	亀裂発生状況.....	71
被害状況.....	67	1 区画未整備地区.....	71
1 穴水町丸山地区.....	67	2 区画整備地区.....	71
2 穴水町大桂地区.....	68	農地の補修状況.....	72
3 輪島市二又地区.....	68	結 言.....	73
4 輪島市小山地区.....	69	Summary.....	74
輪島市白米地区（千枚田）の作付状況.....	69		

緒 言

平成 19 年（2007 年）3 月 25 日 9:42 頃に石川県能登半島沖を震源とした M6.9 の地震により、輪島市、七尾市、穴水町では震度 6 強を観測し大きな被害が出た。農地については不陸や亀裂の発生、畦畔の崩壊、用水路では砂の流入、目地外れ等が発生した。本地域は農業が基幹産業であることから、早急な補修工事を必要とした。本報告では、輪島市および穴水町における、水田の被災状況と復旧状況、及び調査地区の自然的条件や水田の整備水準、区画形状等と不陸や亀裂の発生状況の関係を考察した。

なお、本調査は農林水産省農村振興局防災課からの派遣要請により平成 19 年 4 月 17 ~ 19 日に実施し、水稻の作付け時期を迎えた平成 19 年 5 月 16 ~ 19 日に追加調査を行った。

調査地区概要

調査は石川県穴水町丸山地区と大桂地区、輪島市小山地区と二又地区の計 4 地区で 4 月 17 ~ 19 日に実施した（Fig.1）。これらの地区は山間地帯で地すべり防止区域に指定されており、以前から集水ポーリングや布団籠等による法面崩壊防止対策が行われてきたが、今回の地震はこれら対策箇所にも甚大な被害を及ぼした。一方、棚田 100 選に選ばれ、能登地方において貴重な観光資源と

なっている輪島市白米地区についても、田植時期を控え作付けが懸念されていたことから、被害状況や作付け状況を 5 月 16 ~ 19 日に調査した。

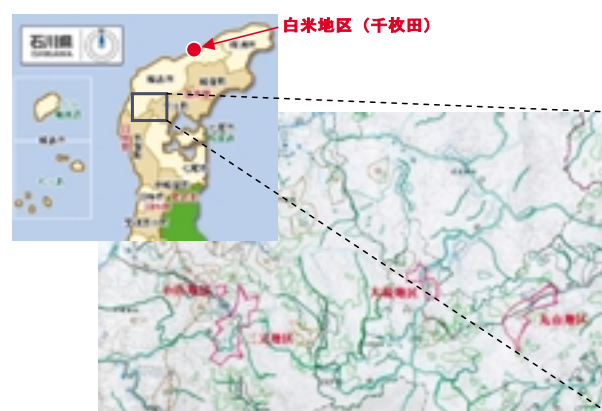


Fig.1 調査地域の概要

Index map and location of the areas surveyed

被害状況

1 穴水町丸山地区

山腹を流下する用水路は土砂の流入により、数箇所では通水不能となった（Fig.2）。機械化農業への対応から数筆を区画統合した水田では、盛土部分である谷側畦畔沿いに大きい箇所では幅 50cm、深さ 50cm 程度の亀裂が発生した（Fig.3）。亀裂は谷側畦畔から 2m 以内の盛土部で集中的に発生していることから、この原因は表層すべりと考えられた。

* 農村総合研究部水田汎用化システム研究チーム

平成 19 年 12 月 28 日受理

キーワード：能登半島地震、水田、亀裂、田面不陸



Fig.2 用水路への土砂流入
Inflow of earth and sand into an irrigation canal



Fig.3 畦畔際の亀裂
Fissure along a levee

2 穴水町大桂地区

山間部としては比較的大きな区画(40a程度)で、法面崩壊が発生した(Fig.4)。この箇所は5筆の小区画を統合をした際の盛土部であり、復旧対策としては、集水ボーリングや布団籠による土留めがある。また、隣接した水田においても法肩に延長10数メートルの亀裂が発生しており、この水田は法高が5m以上と高く、眼下には人家もあることから、当面の対策としては、亀裂から控



Fig.4 用水路への土砂流入
Inflow of earth and sand into an irrigation

えた箇所への畦畔造成や転作対応が必要である(Fig.5)。法高の大きな筆は顕著に亀裂が入っていることから、地震動の揺れは法肩が最も大きく、法面で表層地すべりが発生していると推測された。

3 輪島市二又地区

農道の陥没と用水路の一部で目地外れが発生しており、小規模な補修で復旧可能と思われるが、田植え時期を控えていることから、用水路目地の補修など応急対策が必要である(Fig.6)。

水田については、谷側長辺方向の畦畔沿いに亀裂が発生し、これに繋がる短辺方向の亀裂も一部で見られた(Fig.7)。畦畔部においても浅い亀裂と陥没が発生しているが、これらの箇所は過去にも地すべりが発生して集水ボーリングと布団籠による土留めを実施している(Fig.8)。本地区は、昭和50年代に地すべり対策事業で圃場整備を実施しており、区画拡大に伴う高い法面(4~5m程度)が地震時の地すべりの安定性を損なう一因になっていると考えられた。なお、切土のみで造成された水田は亀裂の発生等がなく、代掻き作業を実施していた(Fig.9)。



Fig.5 法面の亀裂と法下の家屋
Fissures on a slope with houses below the slope



Fig.6 農道の亀裂
Fissure on a farm road



Fig.7 農地の亀裂
Fissure on farmland



Fig.10 地すべりの状況
Example of a landslide



Fig.8 布団籠の設置状況
Installation of a basket filled with stones



Fig.9 代掻き作業
Puddling work in progress

輪島市白米地区（千枚田）の作付状況

棚田 100 選に選ばれている千枚田は能登地方において貴重な観光資源であるが、地すべり指定地区でもあることから、震災による被害が懸念されたが、地すべりや亀裂、不陸等は確認されず、営農状況踏査（5 月 18 日実施）においても、全ての圃場で水稻が作付けられていた（Fig.11）。農家のヒアリングにおいても、特別な補修



Fig.11 千枚田の作付け状況
Planted crops in terraced paddy fields



Fig.12 等高線区画整備
Contour-line farmland consolidation

4 輪島市小山地区

圃場整備時に谷筋を高盛土した部分で、畦畔から 10m 付近までの大規模な地すべりが発生し、河川側へ土砂が滑落した（Fig.10）。なお、本地区は国土交通省所管の地すべり防止区域であることから、国交省の災害関連緊急地すべり対策事業による復旧が予定されている。

作業もなく、例年通りの作付けが行われたことを確認した。本地区は震源からの距離が離れていることと、ほとんどの区画が1a以下と小さく、法面高も1m前後であったことが、被災を免れた要因であると考えられた。

一方、千枚田から国道249号線を隔てて、上流部にある水田は、観光資源として位置付けられていないことから、最低限の機械化営農が可能のように、農家による区画統合で等高線に沿った整備（等高線区画整備）を実施している（Fig.12）。法高は2m以内で区画も10a程度であり、被害もみられなかった。

田面の不陸発生状況

輪島市（旧門前町）二又地区において、不陸や畦畔際の亀裂が顕著な水田について、水準測量とコーン貫入試験を4月19日に実施した。水準測量は長辺方向に5m間隔、短辺方向は田面部3測線（圃場の谷側、山側と中央）と畦畔上1測線で実施した（Fig.13）。また、コーン貫入試験は畦畔際約2m地点を5m間隔で測定した。

水準測量の結果、連続した3圃場（Fig.13の水田A, B, C）の全てにおいて、長辺方向の25～50m地点で不陸が発生していた（Fig.14）。特にBとCでは、災害復旧事業の採択基準である $\pm 5\text{cm}$ を遥かに超える $\pm 15\text{cm}$ 程度の不陸が発生しており、一部では田面よりも畦畔が

低くなっていた。コーン貫入試験の結果では、田面から-20cm地点において従前からの耕盤層があり、測定値は計器の計測範囲（2.3MPa）を越えたが、不陸の発生が顕著な25～50m地点は低値であった（Fig.15）。この地点は、後述の整備前の図面（Fig.19）の圃場No.（水田A）、No.（水田B）、No.（水田C）に対応しており、これらの圃場は谷筋をまたいで区画整備を行った際に転圧作業を伴う盛土部に当たることから、不陸発生位置との強い関係性がみられた。



Fig.13 調査農地の概要
Surveyed farmland

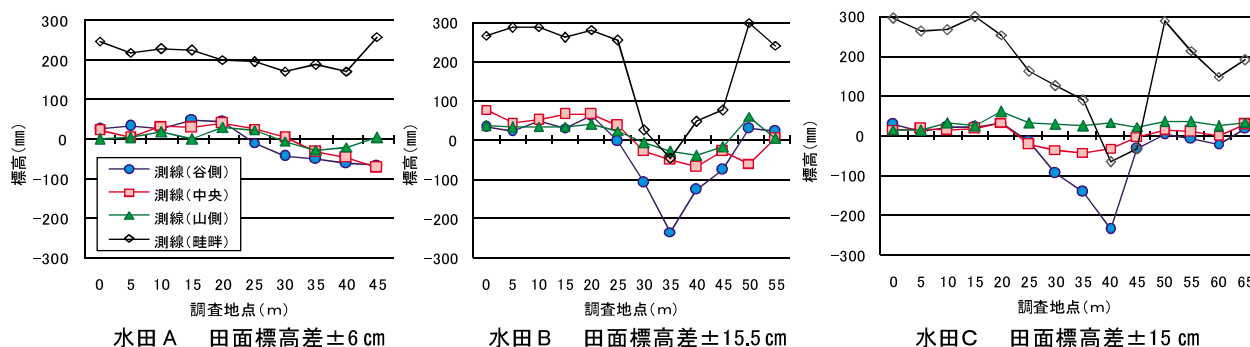


Fig.14 水準測量結果
Results of leveling

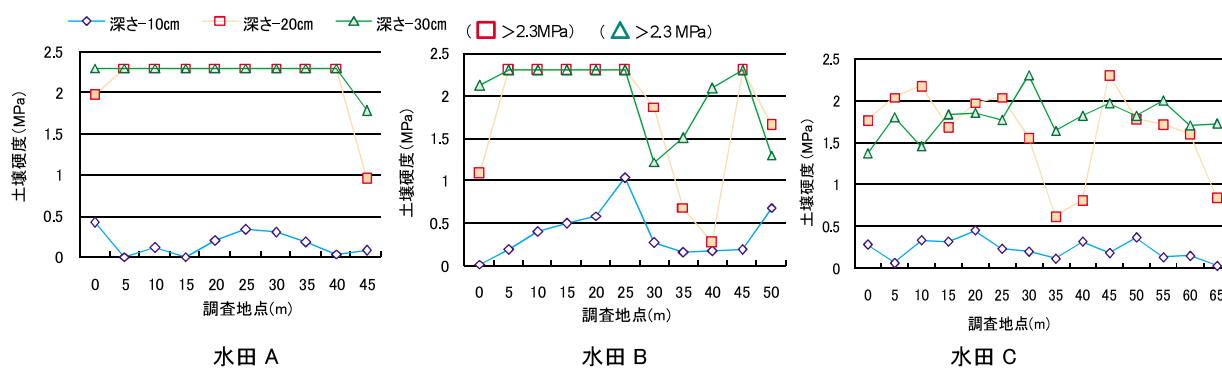


Fig.15 コーン貫入試験結果
Results of cone penetration tests

亀裂発生状況

1 区画未整備地区（穴水町大桂地区）

谷地に広がる未整備水田において亀裂の発生状況を 4 月 17 日と 5 月 19 日に調査した（Fig.16）。作付け実施圃場は、No. ①～⑭であり、これらは法面長が 4m 未満で亀裂の発生がなかった。一方、亀裂が発生して未作付けとなった圃場は法面長が 4m 以上あり、被害の大きい圃場は 8m 以上であった（Table 1, Fig.17）。なお、この地区の法面傾斜度は概ね 1:1.5 であった。法面が高いと揺れ幅は増大し、亀裂や地すべりを誘発させると推測されることから、法面高（法面長）と亀裂の発生は関係が強いと示唆された。被害圃場は、農家個人の技術では修復が困難なことから、事業による災害復旧対策が取

られないと耕作放棄につながる恐れがある。また、4 月 17 日の調査で法面崩壊を確認した圃場 No. ⑮は中畦畔を造成して作付けられていた（Fig.16）。

2 区画整備地区

a 輪島市小山地区

本地区では、3 筆に跨る大規模な地すべりが発生した（Fig.18）。今後、国交省による修復工事が予定されているため、被害が発生しなかった圃場も含め不作付けとなっていた（Table 2）。法面長が 5.4m と最大規模の圃場 No. ①は深さ 50cm の亀裂が発生していた。また、法面長が 4m 程度の No. ②圃場では亀裂が見られなかったのに対し、法面長 2.8m と比較的短い圃場 No. ③で 40cm の亀裂が発生していた。

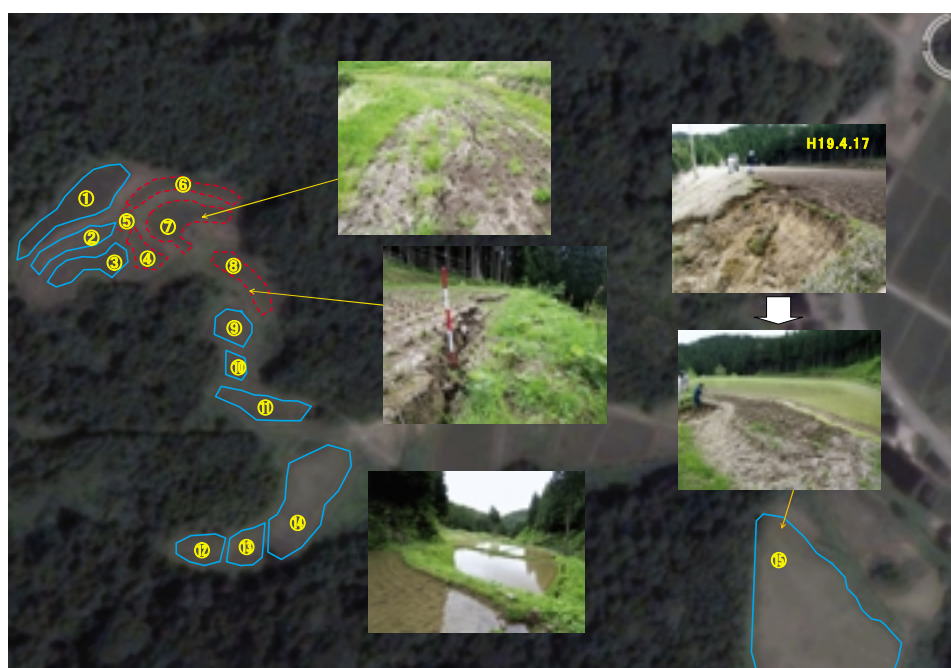


Fig.16 大桂地区の概要

Map and photographs providing an overview of damage in the Ookatsura District

Table 1 大桂地区の圃場概要と営農状況
Overview of farmland and farming in Daikei District

圃場 No.	区画 (a)	亀裂の深さ (cm)	亀裂の幅 (cm)	法面長 (m)	整備の 有無	作付の 有無	備 考
①	7	0	0	2.4	無	○	
②	5	0	0	1	無	○	
③	5	0	0	1.6	無	○	
④	2	-	-	4.2	無	×	耕起をしたため、亀裂の詳細は不明
⑤	1	60	20	4.2	無	×	
⑥	3	40	3	4.2	無	×	
⑦	3	70	5	10	無	×	
⑧	3	70	20	8	無	×	
⑨	2	0	0	3	無	○	
⑩	1	0	0	3.2	無	○	
⑪	3	0	0	1	無	○	
⑫	2	0	0	3.6	無	○	
⑬	3	0	0	2.2	無	○	
⑭	6	0	0	3	無	○	
⑮	40	-	-	4	有	○	法面は崩壊したが、中畦畔を造成して作付け



Fig.17 圃場 No. ~ の作付け状況
Planting in farmland types

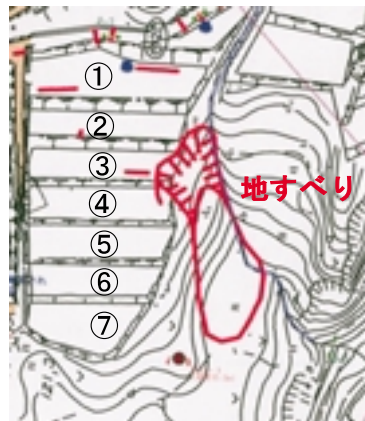


Fig.18 小山地区の概要
Overview of damage in the Koyama District

Table 2 小山地区の圃場概要と営農状況
Overview of farmland and farming in Koyama District

圃場 No.	区画 (a)	亀裂の深さ (cm)	亀裂の幅 (cm)	法面長 (m)	整備の 有無	作付の 有無	備 考
①	10	50	5	5.4	有	×	
②	12	0	0	4.4	有	×	国交省による修復工事の予定
③	7	0	0	3.6	有	×	国交省による修復工事の予定
④	8	0	0	1.8	有	×	国交省による修復工事の予定
⑤	8	40	5	2.8	有	×	
⑥	6	0	0	4	有	×	
⑦	6	0	0	谷側に面している	有	×	

b 輪島市二又地区

本地区は、昭和50年代に地すべり対策事業で圃場整備を実施し、一部の圃場は3～4筆をまとめて区画の拡大を図っていた。盛土部分の亀裂が顕著であり、深さ80cm、幅10cmの亀裂もみられ、また30cm程度の不陸も発生していた（Fig.19、Table 3）。一方、切土盛土のない圃場は、亀裂の発生がなく、作付けは問題なく行われていた。圃場 No. は盛土部分で亀裂が生じたため、区画内に畦畔を造成（中畦畔）して作付けていたが、畦畔位置は盛土部分を選んでいた。また、法面長が10mを超える圃場も存在するが、亀裂の大きさには明確な関係性は見られなかった。なお、この地区の法面傾斜度は1:1.3～1.5であった。

以上のことから、亀裂被害は未整備地区において法面高（法面長）と顕著な関係がみられたが、整備地区においては、整備時の切土盛土の影響が示唆された。

農地の補修状況

調査を行った穴水町丸山地区、大桂地区、輪島市小山地区、二又地区は地すべり防止地区に指定されており、他の地区に比べて亀裂や不陸が大きいことや復旧工事の関係から、半数以上の圃場は未作付けであった。一方、他の地区はほとんどの水田が作付けられ、小規模の亀裂



Fig.19 整備前後の二又地区の概要
Overview of the Futamata District before and after farmland

や不陸は事業の採択基準を満たしていないこともあり、農家が独自に修復していた。主な補修方法は、水田に水を入れても法面が崩壊しない程度の亀裂は念入りに代掻きを行い、また、亀裂部に土や糞等を圧入していた。穴水町丸山地区の農家へのヒアリングでは、深さ30cm以上の亀裂は灌水した時点で法面が谷へ滑り落ちる危険性があるため、この手法は困難であると述べていたことから、代掻きによる修復は深さ10～20cm程度の軽度の亀

Table 3 二又地区の圃場概要と営農状況
Overview of farmland and farming in the Futamata District

圃場 No.	区画 (a)	亀裂の深さ (cm)	亀裂の幅 (cm)	法面長 (m)	整備の 有無	切土盛土の 有無	作付の 有無	備 考
①	10	-	-	4.5	有	なし	○	中畦を作り、亀裂部は土を埋めて修復
②	2	0	0	1	有	なし	○	
③	5	0	0	4.5	有	なし	○	
④	7	0	0	谷	有	なし	○	
⑤	10	0	0	1	有	あり	×	隣接する農道で亀裂
⑥	15	60	20	11.5	有	あり	×	
⑦	20	-	-	6	有	一部盛土あり	○	盛土部分で亀裂が発生したが、中畦を造り被害はなかったが、不用水を圃場 No. ⑩から取水するため、不作付
⑧	4	0	0	8	有	あり	×	
⑨	4	0	0	1	有	あり	×	
⑩	3	40	10	11.5	有	あり	×	
⑪	3	40	30	6	有	あり	×	10cm 程度の不陸も発生 30cm 程度の不陸も発生 30cm 程度の不陸も発生
⑫	4	10	2	4.6	有	あり	×	
⑬	5	50	15	4	有	あり	×	
⑭	9	70	10	9.6	有	あり	×	
⑮	5	50	10	11	有	あり	×	



Fig.20 代掻き時の灌水により崩壊した畦畔
Collapsed levee caused by puddling irrigation



Fig.21 中畦畔によって不陸化した水田を分割
Division of a paddy field by an internal levee

裂に対応した技術であるといえる。一方、法面崩壊の危険性がある亀裂については、中畦畔を造成していた（Fig.20）。不陸の補修については、畦畔の嵩上げによる湛水深の確保や、大きい不陸については中畦畔を造成して圃場を分割していた（Fig.21）。

結 言

今回の地震による農地被害の多くは田面の亀裂と不陸の発生であった。ほとんどの水田では農家による修復作業によって水稻が作付けされていたが、以前から亀裂や陥没被害がある地すべり防止地区の一部では 50cm 以上の亀裂があり、作付け困難な圃場があった。特に被害の顕著であった圃場調査から、区画整備を行った際の盛土

部と不陸発生位置に強い関係性がみられた。また、亀裂被害の程度は、未整備地区においては法面高（法面長）と顕著な関係がみられたが、整備地区においては、整備時の切土盛土の影響が示唆された。しかし、一方で近代的な機械化農業において区画拡大や圃場整備は不可欠となることから、盛土部では十分な転圧に配慮することが重要となる。また、今回の調査地のように地すべり防止地区として指定されている場合には、等高線圃場整備等の整備手法を用いる検討も有効である。

なお、調査地区の大部分は過疎・高齢化が進み、以前から休耕地の発生が懸念されていたことから、今回の震災がさらなる休耕地の増加に繋がらないよう早期の復旧が望まれる。

Survey of Farmland Damage from the Noto Hanto Earthquake in 2007

WAKASUGI Kousuke and FUJIMORI Shinsaku

Summary

On March 25, 2007, an earthquake of magnitude 6.9 on the Richter scale inflicted considerable damage on Wajima City, Nanao City, and Anamizu Town in Ishikawa Prefecture. The seismic center of the earthquake was off the Noto Peninsula and it registered 6-strong on the Japanese seismic scale (0-7) in these population centers. In farmland areas, the configuration of paddy fields was disrupted, fissures developed, and levees collapsed. This paper reports on the results of a survey of damage to paddy fields and investigates the effect of the natural landscape and degree of farmland consolidation on the disruption of paddy configurations and the development of fissures. The target areas for the survey were badly damaged farmlands in the Futamata District, in the Koyama District of Wajima City, and in the Maruyama and Ookatsura districts of Anamizu Town. We used the original plans for farmland consolidation as a reference for our survey, and, taking into consideration the bearing capacity of the farmland, our survey clearly showed that the banks that contain paddy fields in the Futamata District were disrupted by up to 30 cm. It appears that insufficient compaction of soil and fill during plot consolidation caused the damage to paddy fields during the earthquake. The survey also clearly showed that the occurrence of fissures was closely related to the height of slopes in non-consolidated areas. In consolidated areas, the presence of fissures was dependent on whether the plot was cut or banked during farmland consolidation.

Keywords : the Noto Hanto Earthquake in 2007, paddy field, fissure, paddy field configuration

平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震によるため池の被害

毛利栄征*・谷 茂**・堀 俊和*・有吉 充*・
増川 晋***・田頭秀和***・林田洋一***

目 次

緒 言.....	75	結 言.....	87
新潟県中越沖地震動の概要.....	75	参考文献.....	87
ため池の被害について.....	76	Summary.....	88

緒 言

2007 年 7 月 16 日 10 時 13 分、新潟県中越沖を震源としたマグニチュード 6.8 の地震が発生した。この地震により、新潟県柏崎市、刈羽村、長岡市と長野県飯綱町では震度 6 強、出雲崎町、小千谷市、上越市では震度 6 弱が観測された。この地震による人的被害は死者 14 名、重軽傷者 2,315 人であり、住家被害は全壊 1,259 棟、大規模半壊 850 棟、半壊 4,635 棟、一部損壊 34,102 棟となっており（平成 19 年 11 月 27 日時点）、特に柏崎市で多くの被害が発生している（新潟県，2007）。また、農地・農業用施設関係では、ため池、水路、農地、農業集落排水処理施設、農道などが被災している。

本報ではため池の被害状況の概要を報告する。

本調査は、要請を受けて現地での状況把握を実施したものであり、調査全体を通じて農村振興局はじめ、北陸農政局、新潟県の多大な協力を得たことを付記して感謝致します。

新潟県中越沖地震動の概要

平成 19 年 7 月 16 日 10 時 13 分頃、新潟県上中越沖の北緯 37 度 33.4 分、東経 138 度 36.5 分、深さ 17km を震源とし、マグニチュード 6.8 の地震が発生した。この地震により、新潟県長岡市、柏崎市、刈羽村と長野県飯綱町で震度 6 強、新潟県上越市、小千谷市、出雲崎町で震度 6 弱を観測したほか、北陸地方を中心に広い地域で震度 5 強～1 を観測した（Fig.1）（気象庁，2007）。また、気

象庁の報告では、最大加速度は柏崎市西山町池浦で $1,018.9\text{cm/sec}^2$ （合成）を記録している。

K-net の加速度記録より、今回の地震で観測された柏崎，小千谷，寺泊の加速度応答スペクトル（南北方向，減衰係数 5%）を Fig.2 に示す。柏崎市での加速度応答ス

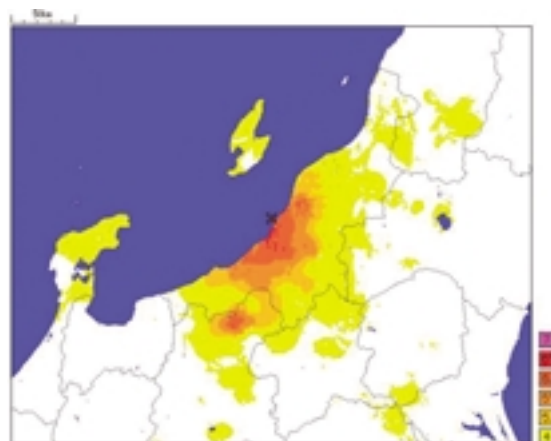


Fig.1 推計震度分布図（気象庁）

Distribution of estimated seismic intensity of the main shock (JMA)

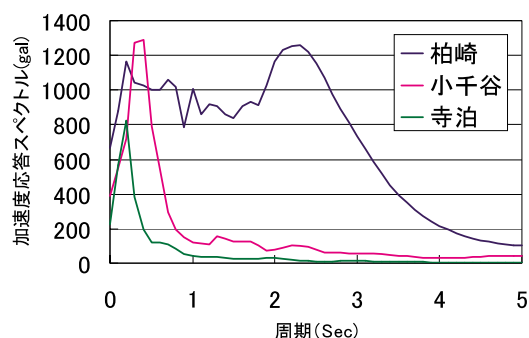


Fig.2 柏崎（K-net），小千谷（K-net），寺泊（K-net）の加速度応答スペクトル

Acceleration response spectra at Kashiwazaki (K-net), Ojiya (K-net), and Teradomari (K-net)

* 施設資源部土質研究室

** 施設資源部長

*** 施設資源部構造研究室

平成 19 年 12 月 28 日受理

キーワード：新潟県中越沖地震，ため池，すべり破壊，漏水

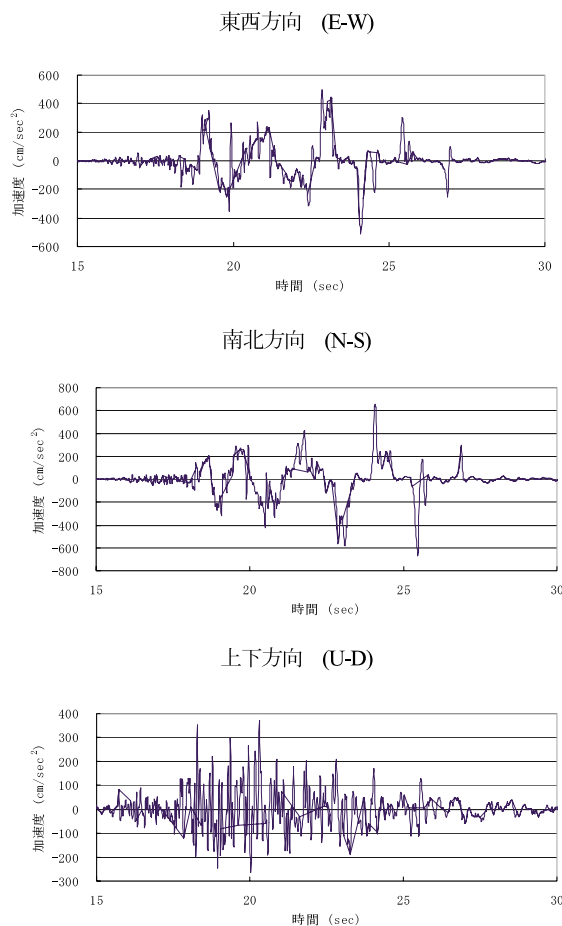


Fig.3 柏崎 (K-net) の加速度波形
Ground acceleration at Kashiwazaki (K-net)

ペクトルは小千谷や寺泊と異なり、卓越周期が柏崎で約2.3秒、小千谷で約0.4秒、寺泊で約0.2秒となっている。このように柏崎での地震動には、1～3秒の比較的大きなパワーを持っている周期帯の加速度応答成分が多く含まれており、一般家屋の固有周期に近いことが、柏崎市での家屋被害や地盤災害が多かった要因だと思われる。

ため池の被害について

新潟県中越沖地震によって新潟県下の102カ所のため池が被災しており、柏崎市(旧)で37カ所、柏崎市西山町(旧)で36カ所となっている。比較的震源に近い地域の被災が目立ち、2004年新潟県中越地震と異なる地域に被災が発生している。以下に箇々のため池の被害の状況を記述する。

1 荒屋の堤(新潟県三島郡出雲崎町吉水地内)

ため池の諸元は、均一型、堤高3.0m、堤長50m、貯水量5200m³である。

堤体天端は町道として供用されており、簡易舗装(砂利)であるが4m以上の幅員がある。上流法面はブロック積みで保護されており、下流法面は急勾配であるが被害



Fig.4 保護ブロックコンクリートの亀裂(荒屋の堤)
Crack in up stream concrete block



Fig.5 下流水路の状況(荒屋の堤)
Out let pipe on down stream slope

を受けている兆候はなく、法先部分には、水路が設置されているが、堤体との間の亀裂や隙間、水路の目地部分の亀裂ともに見受けられない。

右岸部分の天端に堤軸方向に複数の亀裂が発生し、亀裂部分から下流の法肩部分に掛けて沈下している(5cm程度)。

また、右岸上流側のブロック積み保護工には亀裂が入っており、亀裂部分から貯水が堤体内に吸い込まれて堤体下流法面に漏水している可能性が高い。斜樋と底樋との接続部分に亀裂が発生し底樋と堤体内に貯水が浸入している。

2 渡内の池(新潟県三島郡出雲崎町大門地内)

ため池の諸元は、均一型、堤高5.1m、堤頂長59m、天端幅11mである。

ため池堤体に重なるようにして下流法面に私道が設置されている。法先部はふれあいの里の敷地に隣接してお

り、この施設は現在、避難所として供用している。平成 16 年の豪雨災害で左岸上流部の柵板部分と堤体下流部の私道部分を改修している。堤体と私道が一つの大きな堤体を成しているが、道路部分の地盤は緩く、転圧状況が十分でない可能性が高い。

堤体天端に堤軸方向の連続する亀裂が発生しており、左岸部は私道部分を横断するような弓状に下流部に達している。この亀裂から堤体中央部に掛けて私道部分に沈

下が見受けられる。天端中央の亀裂は、道路の変状（沈下）に影響された可能性が高い。上流法肩に亀裂が入っており、柵板を貯水池内へ大きく押し込んでいる。天端部の U 字溝には両側に亀裂が入っているが、天端部の亀裂と同様に私道部の被害が大きい。堤体の機能には大きな影響はない。

下流の法面、および法先には変状はなく漏水の痕跡は認められない。



Fig.6 天端の全景（渡内の池）
Top view of an embankment



Fig.7 柵板の変形（渡内の池）
Damage to upstream protection wall



Fig.9 上流面と天端の全景（柿木第 6-1 号 FP）
Top view of an embankment



Fig.8 余水吐のボックスカルバート（目地部の段差、渡内の池）
Spillway culvert (no damage)



Fig.10 取水口天端の沈下（柿木第 6-1 号 FP）
Settlement of embankment around out let box

る。ただし、小段下の法面には大きな変状は認められない。池の形状が多角形であるため、斜面が屈曲する部分ではゴムシートが斜面から浮いた状態となっている。堤体斜面の沈下によるものか、ゴムシートの経年的な劣化によるものかどうかを判断する必要がある。ゴムシートを切断して斜面変状を確認することが必要である。

4 入山溜（新潟県長岡市下富岡地内）

ため池の諸元は、均一型、堤高 6.0m、堤頂長 46m、貯水量 7,500m³、受益面積 15ha である。

上流法面は侵食されており断面の欠落が著しい。斜樋は基礎のコンクリートから浮き上がり、折損箇所があるため底樋との接続箇所などを詳細に調査して改修する必要がある。また、基礎コンクリートの周辺と下部の地盤が大きく浸食しているので、堤体の改修に併せて修復する必要がある。洪水吐水路の底面の目地が開いているが、地震直後の確認時に目地コーキングを実施しており、現状のままで供用できる。水路周辺部には隙間や亀裂は見られない。右岸下流の法先部分には、経年的な老朽化に伴う漏水が見られるが、碎石による押さえなどの対策を実施している箇所であり、漏水量も大きく変化していないことから、堤体の崩壊に直結するような重大な

状況ではないと考えられる。左岸池敷を通る林道部は、50m 以上に亘って法肩に亀裂が入っている。

5 東堤（新潟県長岡市和島） あずまつみ

ため池の諸元は、均一型、堤高 6.0m、堤頂長 110m、貯水量 6,800m³、受益面積 2ha である。

ため池堤体は、農道に沿って沢水を貯留するように設置された小規模の池である。左岸側には斜樋などの取水施設が設けられているが、堤体断面は小さく下流の法面勾配もきつくなっている。この部分ですべりが発生し漏水も認められる。

堤体の中央部付近天端に堤軸方向に亀裂が発生し、下流法面のすべりにつながっている。上流法面は浸食され断面の欠落が著しいが、これに伴う顕著なすべりは見られない。堤体中央部から右岸側にかけて下流断面が大きくなっているが、古いすべりの痕跡か改修の履歴の可能性もある。この部分はシダが繁茂しており漏水も認められることから、地震前からある程度の老朽化が進んでいたものと考えられる。今回の地震で下流斜面部は広い範囲で沈下している。斜樋部分は、地震時の慣性力によって堤体と異なる動きを生じて、斜樋の基礎と堤体とに隙間が生じて、本体は下流にずり落ちている。このため、



Fig.11 堤体の全景（入山溜）

Top view of an embankment and showing slip failure on the slope



Fig.13 堤体上流部の全景（東堤）

Top view of an upstream slope



Fig.12 斜樋の状況（入山溜）

Damage of inlet works



Fig.14 下流法面の亀裂とすべり（東堤）

Slip failure and cracking on a down stream slope



Fig.15 斜樋の損傷
Damage to inlet works

斜樋本体の破損だけでなく底樋との接続部も含めて損傷の可能性が高い。

6 三十刈池（新潟県長岡市和島下富岡地内）

ため池の諸元は、均一型、堤高 5.2m，堤頂長 43m，貯水量 2,000m³，受益面積 18ha である。

左右岸に隣接した親子ため池で、下流側の堤体を共有している変則的な位置関係にある。平成 16 年度の豪雨

災害で被災した左岸の上池下流部を練積ブロックによって改修している。

上池上流天端に堤軸方向に亀裂が連続している。亀裂は上流斜面のすべりにつながるものであるが、堤体の断面は上下流ともに老朽化が進み断面欠損が著しい。下池の上流斜面の中腹部には深さ 20cm 程度の亀裂が連続しており、斜樋の両岸にわたってつながっている。斜樋天端部の堤体は、斜樋を取り囲むように 12cm 程の沈下を生じている。斜樋の下部の堤体や底樋部分の空洞の発生に起因する沈下の可能性もある。底樋の損傷も懸念されるため、カメラによる内部調査を実施することが望ましい。下流法先部には、漏水などの痕跡は認められない。

7 淀ヶ入池（新潟県長岡市和島小島谷地内）

ため池の諸元は、表面遮水型（ゴムシート）、堤高 4m，堤長 26m，貯水量 2,900m³，受益面積 7ha である。

沢からの水を堰き止めた典型的な山池で、上下流に設置された重ねため池となっている。左岸部に斜樋が設けられているが、下流斜面部にはパイピングによって堤体土が流出したことによる穴が 2 カ所発生している。流出跡の穴は、直径 80cm 以上に達しており下流斜面の安全性が著しく低下した状態にある。また、その法先部分に



Fig.16 上流面の全景（三十刈池）
View over an upstream slope



Fig.18 斜樋の損傷（淀ヶ入池）
Damage to inlet works



Fig.17 上流法面のすべり（三十刈池）
Slip failure on upstream slope



Fig.19 パイピングによる堤体土の流失（淀ヶ入池）
Failure of piping and subsequent erosion

は漏水が認められることから、現状でもパイピングが継続する状態にあると判断されるので、早急に貯水を低下させる必要がある。右岸部には、フルームを用いた余水吐があるが極めて小規模で越流の危険性を残している。その下流部の法先にはジャカゴを設置しているので、経年的に漏水などの老朽化が認められていた可能性が高い。斜樋と底樋についても損傷の可能性が高いので貯水を低下させながら状況の調査が必要である。

8 大池（新潟県刈羽村井岡）

ため池の諸元は、表面遮水型、堤高 2.2m、堤長 300m、天端幅 4m、貯水量 72,000m³、受益面積 32.2ha である。

ゴムシートによる表面遮水型のため池である。左岸部の取り入れ口から第2取水施設にかけて堤体天端に亀裂が連続して発生している。上流法面のゴムシートには大きな損傷はないものの斜面が一部でズレ落ちている部分があり、堤体本体の沈下によるものか、すべりによるものかは判断できる状況にない。このため、斜面の変状の規模を特定するために、貯水を下げるときに詳細な調査

が必要である。できれば、一部のゴムシートを横断方向に切断して堤体の状況を直接確認することが望ましい。堤体上下流法面勾配が緩いことや天端の幅が10m以上確保されていることなどから、天端の亀裂に伴う堤体崩壊の危険性はない。

第2取水口の下流部の底樋出口では、底樋が損傷している。底樋と取水マスとの接続部でのひび割れである。右岸部の未施工区間の堤体に亀裂が生じている。亀裂は連続しているものの斜面の法肩から距離のある位置に入っており、直接的に堤体のすべりにつながる危険性は低い。取水口部には階段工に亀裂が入っているがゴムシートとの接続部には損傷はなく、遮水機能は維持できている。底樋と分土工との接続部で漏水している可能性が高い。この分土工の上流側の地盤は、下流側に比べて1mほど高くなっており、分土工には上流から下流側へ偏心的な荷重が作用する。このため、地震時には分土工が地盤の低い下流側に押されながら変位したことによって底樋の接続部が損傷したことが考えられる。

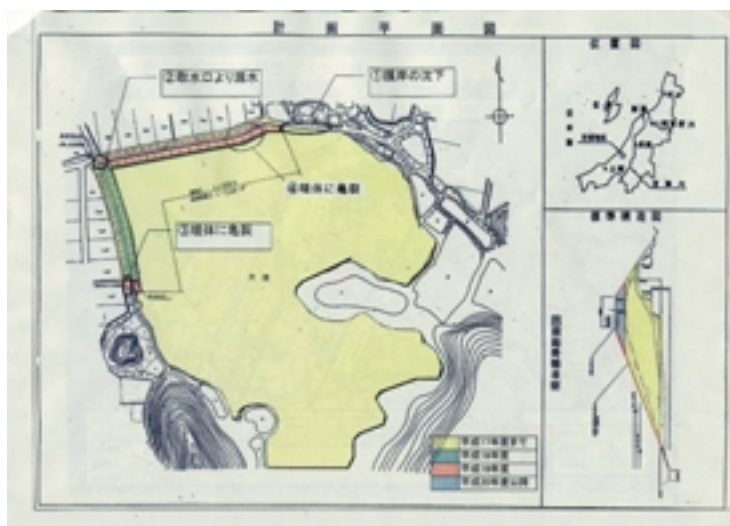


Fig.20 大池平面図
Plane view of the Ohike area



Fig.21 ゴムシートのズレ (斜面の変形, 大池)
Deformation of upstream slope and sheet



Fig.22 第2取水口の沈下, 変形 (大池)
Settlement of foundation at outlet works



Fig.23 右岸天端の亀裂（大池）
Continuous cracking on the top of a dike



Fig.25 池上流の護岸部の亀裂（鬼王池）
Crack failure of foundation behind sheet pile wall

9 鬼王池（新潟県柏崎市西山町鬼王）

ため池の諸元は、前刃金型、堤高 3m、堤長 76m、天端幅 4.5m、貯水量 6,000m³、受益面積 5ha である。

軽量鋼矢板を用いた護岸を採用している。上流部の護岸工は、1.5m 程の宅地盛土から 15m 離れた位置に軽量矢板による防護を行っており、宅地盛土の擁壁部から池までは平坦でコンクリート舗装となっているが、3 列から 4 列の大きな亀裂が入り 10 ~ 20cm の段差が生じている。亀裂の多くは経年的に進展したもので、今回の地震動によって新たに発生したものではない。軽量矢板は大きく池側に撓んでおり、背後地盤の変形と沈下の原因となっている。また、矢板のさびは著しく、構造的な強度を失っている箇所も見受けられる。

下流側のため池堤防部も同様の軽量鋼矢板を用いた護岸を採用しており、矢板が大きく池川に撓みこんでいる。天端部には堤軸方向に 2 列の亀裂の発生がある。亀裂幅は 5cm 程度であるが若干の段差を伴っており、上流側への滑り出しに繋がっているものと思われる。亀裂の多くは、経年的な変状によって発生したものである。堤体上流斜面の滑り出しにより保護ブロックが池内に変形したことによって、余水吐コンクリートに隙間が発生している。天端幅は 4.5m と広めであるが、現状の状態で堤体の



Fig.26 池堤体部の軽量矢板護岸の損傷（鬼王池）
Damage to sheet pile wall



Fig.27 上流法面の変状（鬼王池）
Deformation of upstream slope



Fig.24 鬼王池平面
Plane view of the Kiohike area

安全性が将来にわたって維持できるかについては検証が必要である。また、下流の法肩に亀裂が認められるので、経年的な変状が堤体内に複数存在する様なので、植生を伐採して詳細に調査する必要がある。

10 長峰大池（柏崎市：旧西山町）

ため池の諸元は、前刃金型、堤高 2m、堤長 136m、天端幅 5m、貯水量 72,000m³、受益面積 30ha である。

軽量鋼矢板を用いた護岸を採用した皿池である。右岸部の道路と池護岸の間の遊歩道部に大きな沈下が発生している。

右岸部の道路と池の間に設けた遊歩道に大きな沈下が生じている。矢板による護岸が行われているが、池側に大きく倒れ込んでおり背後の遊歩道の沈下を誘発している。その影響は道路面まで及び、路面の亀裂と沈下が生

じている。護岸部の遊歩道は、最大 40cm の沈下を生じ、その背面道路側には幅 30cm の亀裂が開いている。遊歩道は、旧の池内の緩い地盤に設けられたものと思われ、地盤全体が緩く今回の地震動を受けて大きく沈下したことが原因と考えられる。矢板の基礎としての支持力については、検討の余地が残る。

11 本村大池（柏崎市矢田）

ため池の諸元は、均一型、堤高 8.5m、堤長 60m、天端幅 4.0m、貯水量 51,500m³、受益面積 60ha である。

昭和 56 年に完成した重ねため池の下池である。堤体には大きな損傷は見られない。上流の裏面の保護ブロックがズレ落ちて目地部分が圧縮破壊している。また、ブロック縁コンクリートに亀裂があり、15mm の開きが発生している。ブロックは全体的にずれているので、水位を下げて範囲の特定と法先部の状況を確認する必要がある。堤体の天端には亀裂やすべりは認められない。下流法先付近に僅かな湿りがあるが、底樋や堤体の一部の局所に漏水が集中しているものではなく浸透によるものであることから、重大な漏水ではないと判断される。下流法面は、全体的に乾燥状態が維持されており、すべりなどの兆候もなく適切に維持管理されている。右岸法面の防護マットの継ぎ目部が圧縮破壊しているので、背面の



Fig.28 長峰大池変面
Plane view of dike



Fig.29 遊歩道の沈下（長峰大池）
Settlement of circle road



Fig.31 池の全景（本村大池）
View over an upstream slope



Fig.30 遊歩道の沈下と護岸の変形（長峰大池）
Damage of seawall and road



Fig.32 上流斜面部の全景（本村大池）
View over an upstream slope



Fig.33 保護ブロックの損傷（本村大池）
Damage to concrete block surface on an upstream slope

堤体部分の確認をして補修する必要がある。

12 柳沢新池（柏崎市矢田）

ため池の諸元は、表面遮水型（一部にシートを被覆，残りは盛土による堤体），堤高 9.5m，堤長 42m，天端幅 5m，貯水量 35,600m³，受益面積 60ha である。

表面遮水型の山池で，養鯉池としても利用している。堤体天端の上流法肩から 1m の位置に堤軸方向の亀裂があり，滑りが生じている。亀裂は約 15cm の開口を生じ，上流側の天端は 20cm 近くの沈下がある。亀裂は，右岸部から左岸部の斜樋まで連続しており，広い範囲で上流法面の変状が生じていることが分かる。法面のゴムシートは，広い範囲でたるみを生じていることから，堤体法面の沈下やすべりが重大である可能性もあるので，ゴムシートを切断して注意深く損傷の範囲を確認する必要がある。斜樋部分にも沈下や亀裂が見られるので，同様に確認が必要である。下流斜面部には目立った変状は見られず，漏水も生じていないので，現状ではゴムシートが切断している可能性は少ない。堤体全体が緩いため，改修時には老朽化対策なども視野に入れた対応が望まれる。



Fig.34 柳沢新池平面
Plane view of the Yanagisawa shin ike area



Fig.35 上流斜面の全景（柳沢新池）
Damage to upstream slope



Fig.36 天端の亀裂（柳沢新池）
Open crack on top of dike

13 東大池（新潟県柏崎市西山町和田）

ため池の諸元は，均一型，堤高 1.5m，堤長 129m，天端幅 4.5m，貯水量 9,000m³，で，上流法面はコンクリート擁壁である。

水田地帯の縁辺部に位置する池で，地盤を掘り込んだ皿池である。西側堤体の堤高は低く道路に接するように構築されている。その下流は水田が広がり 2 級河川に繋がっている。北側堤体は市道となっており，上流法面は積みブロックによって保護されている。道路背面は宅地となっており，池の東と南側は山地によって囲まれている。

西側堤体の上流法面はコンクリートの擁壁となっているが，全体的に池側へ押し出されて，一部の目地には亀裂が生じている。コンクリート擁壁の目地部に 2cm ほどの開きが発生している部分があり，ここから貯水が堤体内へ浸入し下流法先部からの漏水につながっている。コンクリート目地部には止水板が設置されているが，この打ち継ぎ目部には止水板が無く，コンクリート擁壁背面にはモルタルを流し込んだ痕跡があることから以前に漏水対策などの補修を施したものと考えられる。

下流法先の水路の一部の目地に関きが見られるが、大きな蛇行や浮上などの被害は見られない。

北側堤体の市道は、大きく沈下し集落排水のマンホールが浮き上がるなどの被害を生じている。また、上流法面の積みブロックは大きく池側に押し出され背面地盤は40cm沈下している。斜樋部分のコンクリートにも、複数の亀裂や圧縮破壊が見られ地盤へ漏水しているものと思われる。



Fig.37 北側堤体（市道）の被害状況（東大池）
Damage to a road around an earth dam



Fig.38 天端の亀裂（東大池）
Crack on top of an embankment



Fig.39 下流法先の漏水状況（東大池）
Seepage at a down stream slope

14 坂田池（上越市柿崎区坂田新田）

ため池の規模は、堤高 1.5m、堤長 50m である。

コンクリート矢板に笠コンクリートを載せた形式の護岸壁の一部に亀裂や破損が生じており、矢板と笠コンの分離、矢板の損失（貯水池内に転倒や滑落した可能性が高い。）も認められ、延長約 70m に渡って変状している。破損が認められる護岸の背土（堤）に、護岸に平行の亀裂（最大幅約 10cm）が複数認められる。



Fig.40 護岸壁の破損（坂田池）
Damage to a revetment wall



Fig.41 天端の亀裂（坂田池）
Cracks in a dam crest

15 天ヶ池（上越市大潟区土底浜）

ため池の規模は、堤高 2.6m、堤長 560m である。

皿池形式であるが、堤防のある直線部に集中して法尻部からの漏水が10箇所認められた。そのうちの1箇所は長さ 20cm、奥行き 50cm ほどの孔から多量の漏水が認められる。

堤防には波返しが付いたコンクリート壁が設置されているが、漏水箇所近くのコンクリート壁には平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震時の破損箇所（補修済み）が存在していることが多く、補修箇所の再破損の可能性が高い。調査時の貯水深は、約 60cm である。



Fig.42 法尻部の漏水箇所（白旗が立っている地点，天ヶ池）
Leaking points at the toe of a downstream slope



Fig.43 法尻の孔からの漏水（天ヶ池）
Leakage from a hole at the toe of a downstream slope

16 大池（上越市頸城区）

ため池の規模は，堤高 9.8m，堤長 290m である。
特段の変状等は認められない。

17 小池（大池に隣接）（上越市頸城区）

ため池の規模は，堤高 8.7m，堤長 450m である。
特段の変状等は認められない。

18 青野池（上越市頸城区下越）

ため池の規模は，堤高 2.8m，堤長 600m である。
第二取水口付近の張ブロックに変形が認められる。



Fig.44 張ブロックの変形（青野池）
Damage to concrete blocks

19 丸山池（上越市浦川原区山本）

ため池の規模は，堤高 3.0m，堤長 51m である。

取水管として底樋の中に塩ビ管を挿入し，管周りを充填（材料は不明）して使用していた。今回の地震によって管周りの充填材が流亡して漏水が認められたとの説明があったが，底樋が破断している可能性がある。樋周囲の土の流亡が認められる。調査時の貯水深は約 1.5m で，周辺に家屋等はない。



Fig.45 底樋周りの空隙（青野池）
Space opened blow a conduit

20 下池（上越市三和区山高津）

ため池の規模は，堤高 5.0m，堤長 236m である。

斜樋および取水用ヒューム管に亀裂が発生している。斜樋付近の張ブロックに部分的な沈下や目地の隙間の発生が認められるが，底樋からの水漏れはないとの状況説明があった。



Fig.46 斜樋と張ブロックの被害（下池）
Damages to an inclined conduit and concrete blocks

21 上池（上越市三和区山高津，下池に隣接）

ため池の規模は，堤高 6.4m，堤長 496.4m である。

堤体天端に設置されたコンクリートに多数の堤軸方向の亀裂が認められる。大部分の亀裂は，平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震時の亀裂（堤体部は土で間詰め，コ

ンクリート部はアスファルト系乳剤で充填補修済み)が再開口したものである。亀裂深さは最大で約1mと推定される。



Fig.47 天端コンクリートの堤軸方向亀裂(上池)
Along-axis cracks in concrete pavement on a dam crest

22 多能ダム(上越市三和区大)

規模は、堤高 21.0m, 堤長 150m である。

変状等は認められない。

23 新溜(上)池(上越市三和区横山新田)

ため池の規模は、堤高 10.0m, 堤長 60m である。

変状等は認められない。

24 新溜(下)池(上越市三和区横山新田, 新溜(上)池直下流地点)

ため池の規模は、堤高 18.0m, 堤長 80m である。

法尻部に湿潤箇所が認められるが、地震の影響かどうかの判断はできない。

25 愛宕谷池(上越市大豆)

ため池の規模は、堤高 16.3m, 堤長 79m である。

法尻中央部に漏水が認められる。漏水箇所にある水溜まりの水温の低さなどから、貯水の漏水ではなく、地山廻りの水である可能性が高いと考えられるが、部分的に堤体からの漏水を含んでいる可能性もある。

26 熊谷池(上越市岩木)

ため池の規模は、堤高 18.0m, 堤長 100m である。

特段の変状は認められない。

27 大熊谷池(上越市岩木)

ため池の規模は、堤高 15.0m, 堤長 60m である。

今回の地震による被害は認められない。

28 犀ヶ池(上越市岩木)

ため池の規模は、堤高 16.0m, 堤長 130m である。

堤軸ライン中央部やや右岸よりで、堤体の沈下が認められる。ただし、堤体上流側法面に施された張りブロック(昭和 51 年改修時に施工したと推定される。)およびその目地に亀裂が認められないことから、現在では沈下は収束し、安定した状態にあると考えられる。

29 桐の木谷池(柏崎市長崎)

ため池の規模は、堤高 6.0m, 堤長 15m である。

左岸側の管理用道路(アスファルト舗装)における多数の亀裂・陥没、左岸の護岸コンクリート壁の池側への移動および傾倒が認められる。また、堤体の管理道路への取り付け部付近では、上流面に施工された表面遮水用ゴムシートにたるみが生じている。



Fig.48 左岸側管理用道路の被害(桐の木谷池)
Damage to an abutment of a management road



Fig.49 護岸コンクリート壁の被害(桐の木谷池)
Damage to a concrete revetment wall

30 松ヶ崎池(刈羽村赤田町方)

ため池の規模は、堤高 2.8m, 堤長 305m である。

赤田頭地区集会所のグラウンドに接した堤体のほぼ全般に渡って、表面遮水シートのたるみやシワ、シート巻き込み部に隙間などが認められる。グラウンドには堤体の長軸に平行もしくは緩い角度を持った亀裂が多数あり、数力所で噴砂が認められる。



Fig.50 表面遮水シートの被害（松ヶ崎池）
Damaged geomembranes



Fig.51 噴砂の事例（松ヶ崎池）
Example of boiling sand

31 太田ダム（小千谷市山谷太田沢）

規模は、堤高 26.5m，堤長 115m である。

平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震において被災し，復旧されている。

今回の地震による被害は認められない。

32 北の沢池（小千谷市栗山）

ため池の規模は、堤高 18.0m，堤長 96m である。

平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震において被災し，復旧されている。

今回の地震による被害は認められない。

33 大堤（小千谷市山本）

ため池の規模は、堤高 20.0m，堤長 100m である。

平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震において被災し，復旧されている。



Fig.52 表面遮水シートに生じた皺（大堤）
Wrinkles in geomembranes

斜樋や余水吐周辺の表面遮水シートに下方に向けて引っ張られたようなシワがあり，上流の法面に若干の凹凸が認められる。おそらくコンクリート構造物が小規模ながら沈下したためと考えられる。

34 頭無池（小千谷市稗生）

ため池の規模は、堤高 20.0m，堤長 35m である。

平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震において被災し，復旧されている。

今回の地震による被害は認められない。

結 言

地震動によってため池堤体にすべりや亀裂が発生しているが，一部のため池を除いて決壊に至るような大きな被災状況は見られなかった。ただし，パイピング現象が認められるため池については，早急に対策を講じる必要がある。ため池被害の 6 割が柏崎市に集中しているが，柏崎市の地震動が，兵庫県南部地震で記録されている地震動や新潟県中越地震での川口町の地震動と同じように 1 秒から 2 秒に卓越周期を持っており，過去の被災事例と同様にため池の被災が集中しやすかったものと考えられる。すなわち，地域の地盤特性と地震動の特性がため池等の施設被害の程度に大きく影響したものと考えられる。

参考文献

- 1) 新潟県：平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震関連情報，<http://bosai.pref.niigata.lg.jp/bosaiportal/0716jishin/>
- 2) 気象庁：地震情報 平成 19 年新潟県中越沖地震市町村別震度分布

Damage to small earth dam by The Niigataken Chyuetsu-oki Earthquake in 2007

MOHRI Yoshiyuki, TANI Shigeru, HORI Toshikazu, ARIYOSHI Mitsuru,
MASUKAWA Susumu, TAGASHIRA Hidekazu and HAYASHIDA Yoichi

Summary

A number of small earth dams in the Niigata Prefecture were damaged during the Niigataken Chyuetsu-oki Earthquake in 2007. The National Institute for Rural Engineering (NIRE) inspected the damaged dams to determine the amount of structural damage, undertake emergency countermeasures to prevent flow-on disasters. The investigation by NIRE confirmed that there was damage to small earth dams, including slip failure of dikes, settlement of dikes and nearby roads, and the development of long continuous cracks on the top of embankments.

Keywords : earthquake, small earth dam, slip failure, settlement

平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震による 農業用水路被害と災害調査

森 丈久*・森 充広*・渡嘉敷勝*・中矢哲郎*・
増川 晋**・田頭秀和**

目 次

緒 言.....	89	結 言.....	100
農業用水路の被害状況調査.....	89	参考文献.....	100
調査箇所の個別被害状況.....	89	Summary.....	101
今後の対策について.....	99		

緒 言

2007 年 7 月 16 日に発生した新潟県中越沖地震は、新潟県上中越沖の深さ約 17km を震源とする地震規模マグニチュード 6.8 の地震である。この地震による被害は新潟県内に集中しており、新潟県農地部発表の資料によると農業用施設の被災箇所は 506 箇所、このうち農業用水路は 277 箇所に及んでいる（新潟県農地部，2007）。

農業用水路の被害調査については、比較的規模の大きな開水路を対象として、柏崎市内 17 箇所、上越市 1 箇所、刈羽村 1 箇所の計 19 箇所で行った。本報告では、農業用水路の被害状況および今後の対策について述べる。

なお、現地調査に当たり、新潟県農地部、新潟県柏崎地方振興局農業振興部、柏崎市および刈羽村の関係各位より、資料の提供および現地案内を賜りました。ここに感謝の意を表します。

農業用水路の被害状況調査

1 調査時期と調査箇所

地震発生直後の 2007 年 7 月 23 日～25 日および 2007 年 10 月 4 日～5 日の 2 回にわたり、被害が集中した新潟県柏崎地域振興局管内を中心に現地調査を実施した。調査箇所の位置の概略図を Fig.1 に示す。また、調査箇所の水路構造、損傷の程度等を Table 1 に示す。

* 施設資源部水利施設機能研究室

** 施設資源部構造研究室

平成 19 年 12 月 28 日受理

キーワード：地震，農業用水路，災害調査，平成 19 年（2007）
年新潟県中越沖地震

調査箇所の個別被害状況

1 上越市柿崎区馬正面地内 布製型枠水路（赤川排水路）

水路左岸側地山が長さ約 60m に渡って崩落し、水路を塞ぎ止めるとともに、崩壊部には大きな段差が生じている。また、崩壊部端部に所在するビニールハウスおよび作業小屋兼倉庫は基礎の一部が剥き出しになり、構造物に折れや破損が生じている（Fig.2）。応急処置として、φ 1,500mm のコルゲート管を 2 本（1 本 5m 長）連結させて排水路内に設置、周囲を碎石で埋め戻して不十分な

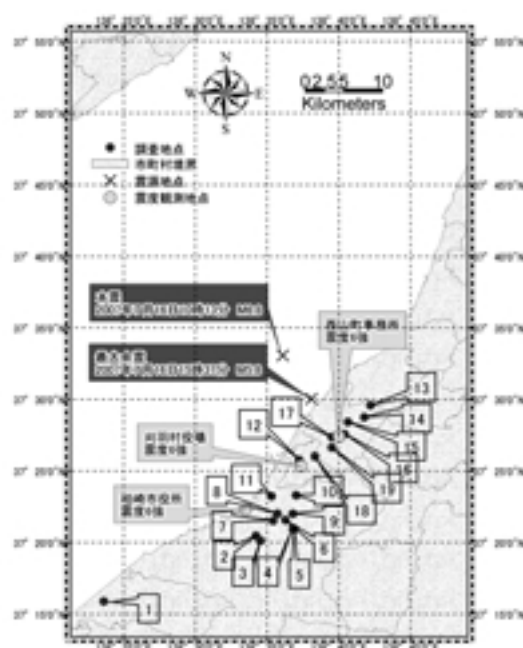


Fig.1 水路の被害調査箇所
Locations of canal damage investigations

Table 1 調査箇所の状況
Conditions at investigation locations

住所	調査地点 No.	調査日	被災水路構造物	損傷状況
上越市柏崎区	1	2007/23	布製型枠水路	地山の崩壊による水路の塞き止め
柏崎市藤橋	2	2007/10/4	現場打ち三面張	目地損傷
柏崎市藤橋	3		現場打ち三面張	目地損傷
柏崎市安田	4		積ブロック, L型, もたれ擁壁	ブロック崩落, 底板隆起, 中越地震(2004.10.23)被災改修部の目地損傷
柏崎市安田	5		排水フリーム (HF1000 × 600)	目地のずれ, 開き
柏崎市下田尻	6		現場打ち三面張	目地部損傷, 分水柵の破損
柏崎市茨目	7		現場打ち三面張	目地部損傷
柏崎市下田尻	8		現場打ち三面張	目地部損傷
柏崎市中田	9		張ブロック, 現場打ち三面張	ブロックの崩落, 現場打ち水路の目地部損傷
柏崎市下大新田	10		張ブロック	ブロックの崩落, 底板損傷
柏崎市下原	11		現場打ち三面張	目地部および底板損傷
刈羽村刈羽	12	2007/10/5	柵渠	柵渠の倒壊
柏崎市甲戸	13		現場打ち三面張 (450 × 380)	河川脇水路のひび割れ, 積ブロックの目地開き
柏崎市荒谷	14		ベンチフリーム (BF500)	フリームの変位, 目地開き, 分水柵の破傷
柏崎市伊毛	15		排水フリーム (HF1000 × 800), 現場打ち三面張	フリームのずれ, 傾きによる目地開き, 現場打ち水路のひび割れ, 分水柵の破損
柏崎市池浦	16		柵渠, ベンチフリーム (BF450, BF500)	柵渠の倒壊, フリーム地盤の崩落
柏崎市鬼王	17		ベンチフリーム (BF 暗渠 900)	フリーム側壁の傾き
柏崎市五日市	18		柵渠	柵板の崩落, 暗渠部のひび割れ, 分水柵の破損
柏崎市坂田	19		排水フリーム (HF600 × 400, HF500 × 400)	フリームの隆起・沈下, 目地損傷



Fig.2 地山が崩壊して水路を塞き止めている状態
Drainage canal dammed by slope collapse



Fig.3 コルゲート管による応急措置状況
Use of corrugated pipe for urgent canal repair

がらも通水を確保している(Fig.3)。現地調査当時(2007年7月23日),ボーリング調査(15m長)は実施済み(G.L. 0 ~ 3.5m: 砂(N 値=1), G.L.3.5 ~ 10.2m: 粘土(N 値=2))であり, また, 移動杭観測を実施中であった。

2 柏崎市藤橋地内 現場打ちコンクリート三面張水路

水路側壁天端の止水板の延長線上に水路上下流方向のひび割れ (Fig.4), 側壁コンクリートの剥離 (Fig.5), 目地部のコンクリートや止水板の剥落 (Fig.6) が生じている。



Fig.4 止水板延長上に延びるひび割れ
Crack in a concrete water stop



Fig.5 側壁目地付近コンクリートの剥離
Stripping of concrete at a sidewall joint in a canal



Fig.6 目地部におけるコンクリートおよび止水板の剥落
Stripping of concrete and dislodging of a water stop at a canal joint

3 柏崎市藤橋地内 現場打ちコンクリート三面張水路

躯体の不同沈下により目地部において大きなずれや破損が生じている（Fig.7）。



Fig.7 目地部における躯体のずれ・破損
Tilting and damage to a building frame at a canal joint

4 柏崎市安田地内 藤井頭首工，導水路（積ブロック水路，L型水路，もたれ擁壁水路）

頭首工本体には被害は認められないが，頭首工上流の左岸堤防天端に堤軸に沿った多数の亀裂（最大幅約 25cm）や段差（最大で約 20cm）が生じているおり（Fig.8），

堤防法尻部には堤軸直角方向の亀裂が数本認められた。

頭首工からの導水路については，もたれ擁壁水路区間，L型水路区間，積ブロック水路区間から構成されている。もたれ擁壁水路区間については，ひび割れ（Fig.9），側壁目地のずれ・開き（Fig.10），底版の沈下による段差（Fig.11）が生じている。



Fig.8 頭首工上流堤防天端に生じた亀裂
Cracking on an embankment at head works



Fig.9 もたれ擁壁水路におけるひび割れ
Crack in concrete canal retaining wall



Fig.10 もたれ擁壁水路側壁における目地のずれ・開き
Tilting and expansion of a joint in a canal retaining wall



Fig.11 もたれ擁壁水路における底版の段差
Raised hump in floor of concrete canal retaining wall



Fig.14 積ブロック水路における底版の曲げ破壊
Bending, cracking, and tilting of floor of concrete blocks lining a canal



Fig.12 L型水路におけるコンクリートの剥落
Stripping of concrete in L-type canal



Fig.13 積ブロック水路におけるブロックの崩落
Breakage and collapse of concrete blocks lining a canal

L型水路区間は、平成16年(2004年)新潟県中越地震の際に被災した積ブロック水路区間の復旧工事で施工されたものであるが、今回の地震により目地部付近のコンクリートが剥落している (Fig.12)。

積ブロック区間では、ブロックの崩落 (Fig.13)、底版の曲げ破壊 (Fig.14) が生じている。

5 柏崎市安田地内 排水フリウム (コンクリート二次製品)

躯体そのものの損傷は見られないが、目地部において開き (Fig.15) や、ずれが生じている (Fig.16)。



Fig.15 排水フリウムにおける目地の開き
Expansion at a joint in a drainage flume



Fig.16 排水フリウムにおける目地のずれ
Offsetting of the joint of a drainage flume

また、排水フリウムへの流入管の突出 (Fig.17) や分水柵におけるベンチフリウムの突出 (Fig.18) が生じている。



Fig.17 排水フリュームにおける流入管の突出
Protrusion of the inflow tube at a drainage flume



Fig.20 水路側壁目地部外側におけるコンクリートの剥落・鉄筋露出
Stripping of concrete and exposure of reinforcing on the outer side of a canal joint



Fig.18 分水柵におけるベンチフリュームの突出
Protrusion of a bench flume at a diversion device



Fig.21 水路躯体の突出による分水柵の破損
Damage to a diversion device by movement of the building frame

6 柏崎市下田尻地内 現場打ちコンクリート三面張水路

目地部の水路内側におけるコンクリートの剥落 (Fig.19), 目地部の水路外側におけるコンクリートの剥落・鉄筋露出 (Fig.20) が生じている。

また、水路躯体の突出により分水柵の側壁が破損している (Fig.21)。

7 柏崎市茨目地内 現場打ちコンクリート三面張水路

目地部の水路内側におけるコンクリートの剥落 (Fig.22) や目地付近角落とし部の倒壊 (Fig.23) が生じている。



Fig.19 水路側壁目地部内側におけるコンクリートの剥落
Stripping of concrete on the inside of a canal joint



Fig.22 目地部におけるコンクリートの剥落
Stripping of concrete at a canal joint



Fig.23 目地付近角落としの倒壊
Collapse of sliding timber at a canal joint

8 柏崎市下田尻地内 現場打ちコンクリート三面張水路
目地部コンクリートや止水板の剥落が連続して見られる (Fig.24)



Fig.24 目地部コンクリートや止水板が連続して剥落している状況
Repeated breakage of concrete and collapse of water stops at successive canal joints

また、目地部のコンクリートが剥落し、鉄筋が変形・露出している (Fig.25)



Fig.25 目地部コンクリートが剥落し鉄筋が変形・露出している状況
Concrete breakage and collapse exposing reinforcing at a canal joint

9 柏崎市中田地内 張ブロック水路, 現場打ちコンクリート三面張水路
張ブロック水路区間において, ブロックの捲れあがり (Fig.26) や崩落 (Fig.27) が生じている。



Fig.26 張ブロック水路におけるブロックの捲れあがり
Damage to concrete blocks in the wall lining a canal



Fig.27 張ブロック水路におけるブロックの崩落
Broken fragments from a concrete block wall lining falling into a canal

現場打ちコンクリート三面張水路区間において, 目地部コンクリートや止水板が崩落している (Fig.28)



Fig.28 目地部コンクリートや止水板の剥落
Stripping of concrete and collapse of a water stop at a canal joint

10 柏崎市下大新田地内 張ブロック水路
張ブロックの崩落（Fig.29）や底版の亀裂が生じている（Fig.30）



Fig.29 張ブロック水路におけるブロックの崩落
Breakage and collapse of concrete blocks lining a canal



Fig.30 張ブロック水路における底版の亀裂
Crack in canal floor and damage to concrete blocks lining the canal

11 柏崎市下原地内 現場打ちコンクリート三面張水路
側壁天端に止水板から延びるひび割れが生じている（Fig.31）



Fig.31 側壁天端止水板から延びるひび割れ
Crack in a water stop at the crest of a canal

また、側壁から底版にかけての目地部コンクリートが大きく破損している（Fig.32）



Fig.32 側壁～底版の目地部コンクリートの破損
Damage to concrete in sidewall joints and floor of a canal

12 刈羽村刈羽地内 コンクリート柵渠
柵板の崩落（Fig.33）や柵留め杭の破損（Fig.34）が生じている。



Fig.33 コンクリート柵渠における柵板の崩落
Breakage and collapse of fence boards of a drainage canal



Fig.34 コンクリート柵渠における柵留め杭の破損
Damage to guard pile of a concrete drainage canal

13 柏崎市甲戸地内 現場打ちコンクリート三面張水路
水路側壁にひび割れやずれが生じている (Fig.35)。



Fig.35 水路側壁に生じたひび割れとずれ
Warping and cracking of a canal wall

流入水槽にひび割れが生じている (Fig.36)。



Fig.36 流入水槽に生じたひび割れ
Cracking of an inflow tank

水路脇護岸の積ブロックに目地の開きが生じている (Fig.37)。



Fig.37 積ブロックの目地の開き
Expansion of joints between concrete blocks

14 柏崎市西山町荒谷地内 ベンチフリューム (BF500)
水路脇法面の押し出しによる水路の変形 (Fig.38) や
目地のずれ (Fig.39) が生じている。



Fig.38 水路脇法面の押し出しによる水路の変形
Deformation of a canal by sideways pressure from upslope soil



Fig.39 目地のずれ
Separation of a canal joint

また、水路に合流するボックス型水路の突出により分水柵が破損している (Fig.40)。



Fig.40 ボックス型水路の突出による分水柵の破損
Damage to diversion device by projection of box-type canal into the device

15 柏崎市西山町伊毛地内 排水フリューム（二次製品，1000 × 800），現場打ちコンクリート三面張水路

水路脇法面の押し出しにより排水フリューム側壁の変位（Fig.41）や目地の開きが生じている（Fig.42）



Fig.41 水路脇法面の押し出しによる排水フリューム側壁の変位

Deformation of the side wall of a drainage flume by sideways pressure of soils from the upslope direction



Fig.42 排水フリュームにおける目地の開き
Expansion of a joint in a drainage flume

現場打ちコンクリート三面張水路側壁において水抜孔部分にひび割れが生じている（Fig.43）



Fig.43 現場打ちコンクリート三面張水路における水抜孔付近のひび割れ
Cracking at a weep hole in a cast-in-place concrete canal

また，水路脇法面の押し出しにより分水柵が大きく破損している（Fig.44）



Fig.44 水路脇法面の押し出しによる分水柵の破損
Damage to a diversion device by sideways pressure from the upslope direction

16 柏崎市西山町池浦地内 コンクリート柵渠，ベンチフリューム（BF500）

水路背面土の崩壊によりコンクリート柵渠が倒壊し，水路が閉塞している（Fig.45）



Fig.45 背面土の崩壊により倒壊したコンクリート柵渠
Tilting of a drainage canal

水路敷の地盤が崩落しベンチフリュームが宙ぶり状態になっている（Fig.46）



Fig.46 水路敷の崩落により宙ぶり状態のベンチフリューム
A suspended bench flume after subsidence under a canal

17 柏崎市西山町鬼王地内 ベンチフリューム
(BF900)

ベンチフリュームの側壁が変形している (Fig.47 ,
Fig.48)



Fig.47 変形したベンチフリュームの側壁
Deformation of a sidewall bench flume



Fig.48 変形したベンチフリュームの側壁
Deformation of a sidewall bench flume

水路脇の土留壁にひび割れや変形が生じている
(Fig.49)



Fig.49 水路脇土留壁のひび割れや変形
Cracking and deformation of earth retaining walls beside a canal

18 柏崎市西山町五日市地内 コンクリート柵渠
コンクリート柵渠の柵板が崩落している (Fig.50)
水路暗渠部の側壁にひび割れが生じている (Fig.51)



Fig.50 コンクリート柵渠柵板の崩落
Breakage and collapse of fence boards in a concrete drainage canal



Fig.51 水路暗渠部側壁のひび割れ
Cracking in the sidewalls of a culvert

分水枡が大きく破損している (Fig.52)



Fig.52 破損した分水枡
Damage to a diversion device

19 柏崎市坂田地内 排水フリーム(二次製品, 600 × 400)

排水フリーム躯体の浮き上がりによるずれ・段差が生じている (Fig.53)



Fig.53 躯体の浮き上がりによるずれ・段差
Uplift of a canal building frame

目地部のコンクリートの表面が薄く剥落している (Fig.54)



Fig.54 目地部コンクリートの剥落
Stripping of concrete at a canal joint

今後の対策について

1 応急対策

上越市柿崎区馬正面地内の布製型枠水路(赤川排水路)については、地震直後の 2007 年 7 月 23 日～25 日に、ため池等の緊急調査の中で調査を行った。現地では既に緊急対策として、ポーリング調査結果などを参考に、切梁形式の土留鋼矢板を施工して通水断面を確保することが検討されていた。そこで、この対策に対する留意事項として、以下を提案した。

湧水が多い地帯であり、矢板施工によって地下水位が上昇して護岸が不安定化する可能性があるため、背面の排水性確保に留意する必要がある。
崩落部の今後の活動状況が目視できるように、丁張

等を設置することが望ましい。

崩落部の活動が続くようであれば、住宅周辺に警報器付きの地盤傾斜計等を設置することも検討すべきである。

2 損傷のメカニズムの考察と今後の被害軽減のための対策

今回の地震による水路被害は、現場打ちコンクリート三面張水路における目地部の損傷、張ブロック水路におけるブロックの崩落、コンクリート柵渠における柵板の崩落、コンクリート二次製品フリームにおける躯体のずれ、水路脇高盛土の影響による水路側壁の変形、分水柵等付帯構造物の損傷に概ね分類された。以下に損傷のメカニズムについての考察と今後の被害軽減のための対策について述べる。

a 現場打ちコンクリート三面張水路における目地の損傷

今回の調査箇所には 9 箇所の現場打ちコンクリート三面張水路が含まれている。このうち 7 箇所において目地の損傷が見られた。これらの水路では、目地の損傷以外には側壁の傾きやひび割れ等の目立った変状は生じていない。これが今回の地震による現場打ちコンクリート三面張水路の特徴的な損傷形態となっている。目地部が損傷した水路は全て平野部に位置し、いずれも側壁高の半分以上が埋設されている形式である。被災の原因としては、水路の構造上の問題と地震力による水路躯体への衝撃が考えられる。現場打ちコンクリート三面張水路の目地部は止水板が埋設された構造であるため、その部分においては、壁厚が止水板で二分され、部材が薄くなり、構造的な弱部となっている。そこへ地震力が作用した結果、目地部両側の躯体同士が衝突し、止水板により部材が薄くなっている部分が破壊したと考えられる。これは、止水板が躯体に埋め込まれていないコンクリート二次製品水路では、躯体が大きく破壊している事例が見られないことから推定される。

今後、同様の被害を軽減するためには、止水板を躯体中心部に埋め込むのではなく、躯体の外に設置するなどの改良が考えられる。また、伸縮目地をより弾性の大きなものに改良することにより、躯体同士の衝突による破壊を軽減することが考えられる。

b 張ブロック水路におけるブロックの崩落

張ブロック水路では、強い地震力による背面土の押し出しによるブロックの崩落や、水路上下流方向に地震力が作用した結果生じたと推察されるブロックの捲れあがりが見られた。張ブロック水路は、目地部のモルタルによりブロック同士が固定されているため、強い地震力による背面土の沈下や隆起に追従できず崩落したものと考えられる。

今後、同様の被害を軽減するためには、張ブロックの脱落防止に有効な、連結式張ブロックを用いることが考

えられる。

c コンクリート柵渠における柵板の崩落

柵渠では、柵板の崩落が見られた。柵板そのものの破損はほとんど見られないことから、柵留め杭が大きな地震力に対抗できず破損や倒壊したため、柵板が崩落したと考えられる。

今後、同様の被害を軽減するためには、柵留め杭の断面拡大などによる強度増加や杭間隔の狭小化による作用荷重の分散化を図ることが考えられる。

d コンクリート二次製品水路における躯体のずれ

コンクリート二次製品水路では、躯体の浮上や変位による目地部のずれが見られた。コンクリート二次製品水路は、現場打ちコンクリート水路と比較すると、目地と目地の間の躯体延長が短く、壁厚も薄いため、軽量である。このため、地震力に対して変位しやすく、躯体が破壊する前に目地部でずれたと考えられる。

コンクリート二次製品水路については、躯体自体の破壊が少ないため、復旧に当たっては既設躯体の再利用が可能である。しかし、目地ずれ対策のために目地を剛結してしまうと躯体自体が損傷する可能性が高く、再利用ができなくなってしまう。

今後、同様の被害を軽減するためには、目地部のある程度の変位は許容するが、目地からの溢水被害は防止できる可撓性目地の適用が考えられる。

e 水路脇高盛土の影響による水路側壁等の変形・変位

水路脇に高盛土が存在する水路では、地震力による盛土の土圧の影響を受けて、側壁が変形・変位していた。

今後、同様の被害を軽減するためには、切梁による側壁の補強や、盛土側側壁を土留め壁形式にすることが考えられる。

f 分水柢等付帯構造物の損傷

今回の地震による分水柢等の被害は、柢に接続している水路が上下流方向の外力を受けて柢側に押し出され、側壁が破壊されているものがほとんどである。

今後、同様の被害を軽減するためには、分水柢と水路の取り付け部を固定せず、接続水路の押し出しを許容する構造に改良することが考えられる。

結 言

近年発生した地震による開水路の被害実態については、浅野ら(2006)による平成16年(2004年)新潟県中越地震の被害以外、あまり報告されていない。これは、開水路が地震によって破損しても、越水などによって周辺環境に甚大な被害を引き起こした事例が今までなかったことによるものと思われる。しかし、農村部への都市化の進展等に伴い、災害時に重大な周辺被害を及ぼすおそれのある開水路が増加しつつある現状に鑑みれば、大規模地震の発生に備え、耐震診断や耐震補強の実施が緊急の課題である。このためには、まず、詳細な耐震診断や緊急の耐震補強工事の必要性を判断するための指針や、施設の損壊に伴う周辺への被害を軽減するための「減災対策工法」の開発などが必要となる。今回の現地調査で明らかとなった開水路被害の実態や被害軽減のための提案が、今後の地震対策の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 新潟県農地部(2007): 新潟県 HP
http://www.pref.niigata.jp/nochi/denen/nochi_tyuetuokijisin/higaijoukyou/nochi1908160900.pdf, 新潟県中越沖地震農地部関係被害状況, 平成19年新潟県中越沖地震に伴う被害状況について(最終版)
- 2) 浅野 勇・向後雄二・林田洋一・井上敬資(2006): 平成16年(2004年)新潟県中越地震による農業用水路の被害, 農業工学研究所技報, 第205号, pp.47-58

Investigation of damage to irrigation and drainage canals during the Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007

MORI Takehisa, MORI Mitsuhiro, TOKASHIKI Masaru, NAKAYA Tetsuo,
MASUKAWA Susumu and TAGASHIRA Hidekazu

Summary

There were 277 reported instances of damage to irrigation and drainage canals during the Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007. The damage was extensive in Kashiwazaki City in the Niigata Prefecture, where field investigations were carried out in July 2007 immediately after the earthquake, and three months after the earthquake in October 2007. Typical damage observed was: (1) damage at the joints of cast-in-place concrete-lined canals, (2) breakage and collapse of concrete blocks lining canals, (3) breakage and collapse of fence boards in drainage canals, (4) tilting of building frames in concrete secondary drainage flumes, (5) sideways deformation of channel walls from pressure of upslope fill, and (6) damage to incidental structures such as diversion devices. The countermeasure work identified in this field investigation will form the basis for future damage reduction measures.

Keywords : earthquake damage, irrigation and drainage canals, field investigation, Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007

平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震による 農業集落排水施設の被害

有吉 充*・毛利栄征*

目 次	
緒 言.....	103
新潟県中越地震による農業集落排水施設の 被害.....	103
地震の概要.....	103
農業集落排水施設の被害.....	104
結 言.....	108
参考文献.....	109
Summary.....	110

緒 言

2007 年 7 月 16 日 10 時 13 分、新潟県中越沖を震源としたマグニチュード 6.8 の地震が発生した。この地震により、新潟県柏崎市、刈羽村、長岡市と長野県飯綱町では震度 6 強、出雲崎町、小千谷市、上越市では震度 6 弱が観測された。この地震による人的被害は死者 14 名、重軽傷者 2,315 名であり、住家被害は全壊 1,259 棟、大規模半壊 850 棟、半壊 4,635 棟、一部損壊 34,102 棟となっており（平成 19 年 11 月 27 日時点）、特に柏崎市で多くの被害が発生している（新潟県，2007）。また、農地・農業用施設関係では、ため池、水路、農地、農業集落排水処理施設、農道などが被災している。本稿では、地震から 8 日後の 7 月 24 日に柏崎市で行った、農業集落排水施設の被災調査について報告する。

なお、本調査にあたっては、農林水産省農村振興局整備部防災課の根本正幸氏、新潟県柏崎地域振興局や柏崎市ガス水道局の関係各位より、多大なご協力を賜りました。また、加速度記録は独立行政法人防災科学技術研究所のデータを使用させて頂きました。ここに記して謝意を表します。

新潟県中越地震による農業集落排水施設の被害

農業集落排水施設は過去にも大きな地震により被災している。特に、新潟県中越地震（平成 16 年）では甚大な被害が発生しており、管路施設での主な被災状況とし

て、マンホールの浮上、マンホール周辺地盤の陥没、マンホール内の汚水滞留、マンホールと管路の接続部のズレや破損、管路の蛇行・不陸・破損、管路埋戻し部の地盤沈下とそれに伴う路面の陥没などが挙げられる。（毛利ら，2006；毛利，2005；奥山・馬場，2006）。特に、マンホールの浮上や路面の陥没は、下水の流下機能不全だけでなく道路交通障害を引き起こし、救助活動や災害復旧活動に支障をきたすため、早急に応急処置を行う必要がある。これらの被害は主に、周辺地盤あるいは基礎材料（管側部の埋戻し材料）の液状化や地盤流動に伴う管路の移動などによって生じたと考えられている。また、被害の特徴として、塩化ビニル管が多く使われている自然流下式管路施設の被害が多く、ポリエチレン管を使用している真空式管路施設や圧力式管路施設では被害が少なかったことが報告されている（社団法人地域資源循環技術センター，2007）。

復旧にあたっては、液状化防止のため、管路の埋戻し部分の対策として、砕石を用いること、改良土を用いること、砂の密度を高めることが提案されている（毛利ら，2006）。最も管路被害の多かった長岡市は、掘削土に高炉セメント（B 種）を 20kgf/m³ の割合で添加した改良土を埋戻し材として使用し、復旧している（大野・西川，2005）。また、今回被災調査を行った柏崎市では、Fig.1 に示すように掘削土にセメント系固化材を約 30kgf/m³ 混合した改良土を、基礎から路床までの埋戻しに使用し、復旧が行われている。

地震の概要

平成 19 年 7 月 16 日 10 時 13 分、新潟県上中越沖の北緯 37 度 33.4 分、東経 138 度 36.5 分、深さ 17km を震源とし、マグニチュード 6.8 の地震が発生した。この地震に

* 施設資源部土質研究室

平成 19 年 12 月 28 日受理

キーワード：新潟県中越沖地震，農業集落排水施設，液状化，パイプライン，マンホール

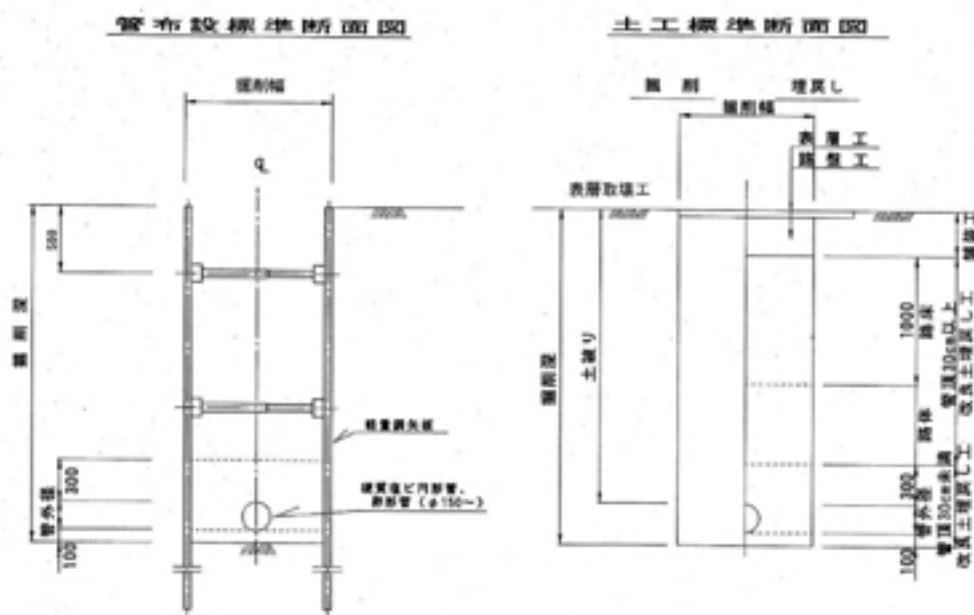


Fig.1 管敷設標準断面図と土工標準断面図
Construction cross section

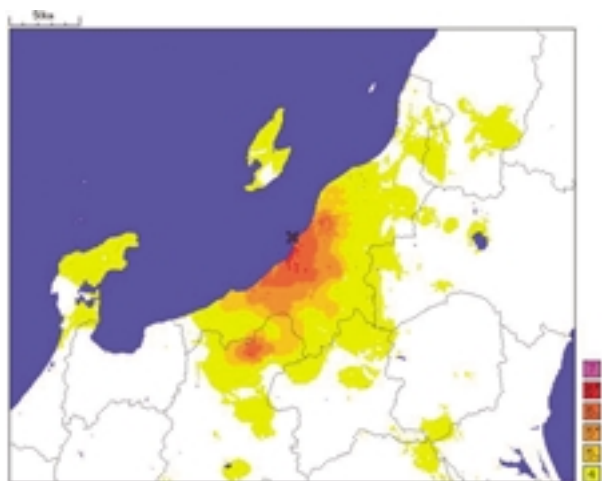


Fig.2 推計震度分布図 (気象庁)

Distribution of estimated seismic intensity of the main shock (JMA)

より、新潟県長岡市、柏崎市、刈羽村と長野県飯綱町で震度6強、新潟県上越市、小千谷市、出雲崎町で震度6弱を観測したほか、北陸地方を中心に広い地域で震度5強～1を観測した (Fig.2) (気象庁, 2007)。また、気象庁の報告では、最大加速度は柏崎市西山町池浦で1018.9gal (合成) を記録しており、本震の発震機構は北西—南東方向に圧力軸を持つ逆断層型である。

K-net の加速度記録より、今回の地震で観測された柏崎、小千谷、寺泊の加速度応答スペクトル (南北方向、減衰係数5%) を Fig.3 に示す。柏崎での加速度応答スペクトルは小千谷や寺泊と異なり、卓越周期が柏崎で約2.3秒、小千谷で約0.4秒、寺泊で約0.2秒となっている。このように1～3秒での周期帯の加速度応答成分が多く含まれていることが、柏崎市で家屋などの構造物被害や

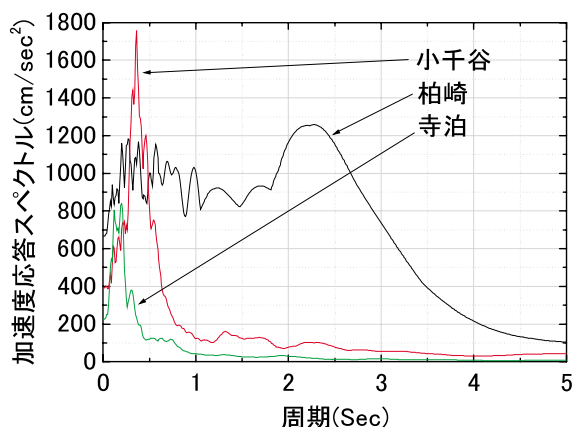


Fig.3 柏崎 (K-net), 小千谷 (K-net), 寺泊 (K-net) の加速度応答スペクトル

Acceleration response spectra from Kashiwazaki (K-net), Ojiya (K-net) and Teradomari (K-net)

地盤災害が多かった要因だと思われる。また、柏崎の加速度波形を Fig.4 に示す。約19秒あたりから長周期が卓越していることがわかる。

農業集落排水施設の被害

農業集落排水施設は、柏崎市、刈羽村、出雲崎町、上越市、長岡市、小千谷市、川口町の4市2町1村にて計133カ所で被災した (新潟県, 2007)。このうち被害の少なかった川口町では震度5弱、他の地域では震度5強以上が観測されている。被害の多くは管路施設で生じており、被災状況は管路の破損、マンホールの浮上、マンホール内での滞留、管路埋戻し部分の沈下等である。

被災調査を行った柏崎市では、中心の市街地部は公共

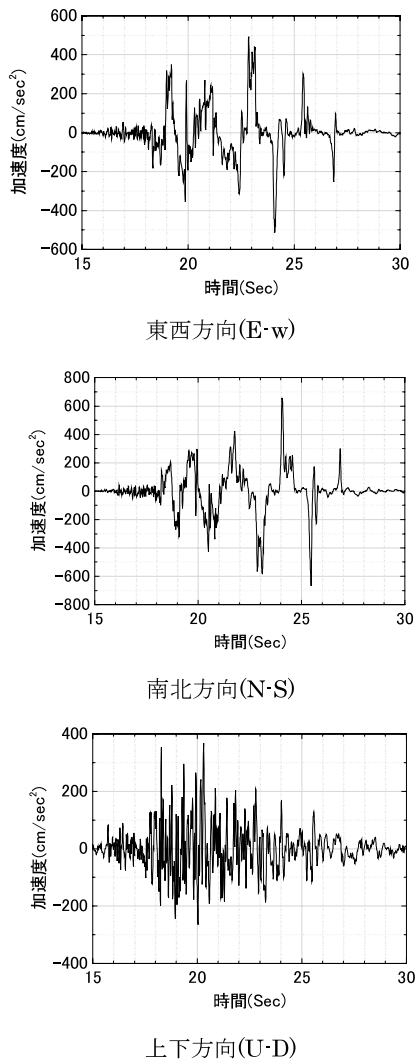


Fig.4 柏崎 (K-net) の加速度波形
Acceleration waves of Kashiwazaki(K-net)

下水道が整備されているが、周辺の農村部では農業集落排水地区が多い。今回の調査は地震発生後の8日後に行っており、マンホールの浮上と管路埋戻し部分の路面沈下は至る所で観察できたが、多くの道路では、交通障害となる地上に突出したマンホールは切断され、路面での沈下は碎石によって復旧されるなどの緊急措置がとられていた。しかしながら、ガスや水道と同様、完全復旧には至っておらず、調査期間中は多くの区間で農業集落排水施設は使用できず、バキュームカーでの汚水の吸引や搬送などが行われていた。

農業集落排水施設の被害のうち、マンホールの浮上、管路上部の路面沈下などは地表面から目視で確認することができるが、地中で生じている管路被災の確認については、テレビカメラを使った二次調査で行われる。今回の調査は、柏崎市ガス水道局で聞き取りを行った後、地表面から目視で行ったものである。被災調査は聞き取り調査にて被害の大きかった地区を中心に行った。調査を実施した西山地区、二田地区、北鯖石地区、中川地区の位置を Fig.5 に示す。調査結果を以下に報告する。

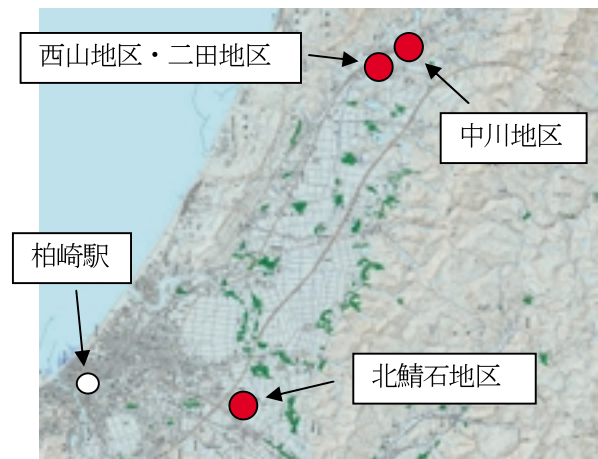


Fig.5 調査地点
Locations investigated

1 西山地区・二田地区

Fig.6 に示されるような路面沈下やマンホールの浮上が多く、箇所で観察された。ほとんどの路面沈下は、管路の埋戻し部分に沿って発生しており、沈下した箇所は Fig.7 に見られるように、碎石によって緊急的に復旧されていた。これらの被害は、砂で埋戻しを行っている区



Fig.6 管路の埋戻し部分の路面沈下
Settlement of road surface



Fig.7 沈下した路面部分に敷均された碎石
Crushed stone used as fill after settlement of road



Fig.8 改良土で埋戻された区間の地表面
Undamaged road surface where improved soil was used



Fig.9 手前は通常の砂で埋戻されている区間、奥は改良土で埋戻されている区間。改良土区間では地表面の変位はほとんど見られない。

An area backfilled by sand (front) and one backfilled by improved soil (back). No big cracks or other damage occurred where improved soil was used.

間で多く生じていたが、Fig.8 及び Fig.9 に示すように、3 年前の新潟県中越地震で被災し、改良土で埋戻しを行っている区間ではあまり確認できなかった。

污水处理施設と処理場内の管路施設は通常通り機能していた (Fig.10 の門の奥から国道を横断し、污水处理場に繋がっている。門の奥から管路は被災していない)。しかし、污水处理場に繋がる管路が被災し、汚水が流下せずマンホール内に滞留していたため、バキュームカーにより汚水の吸引・搬送を行っていた (Fig.11)。このように近接している箇所で管路施設の被害状況が異なったのは、施工方法の違いにより基礎材料や基礎材料の締固め度などが異なっているためと考えられる。

Fig.12 は埋設深 1m のところにある修復中の水道管 (ダクタイル管) であり、地表面下 1m 付近において地下水が確認された。農業集落排水施設の管路はこれより数 m 下に埋設されている。



Fig.10 沈下した路面部分に敷均された碎石
Crushed stone used as fill after settlement of road surface.



Fig.11 バキュームカーによる汚水の吸引
Sewage being vacuumed into a honey wagon



Fig.12 修復中の水道管
Water pipe under restoration

2 北鯖石地区

北鯖石地区の北鯖石第一における管路施設の被災状況を Fig.13 に示す。Fig.14-17 に見られるように、多くの箇所でマンホールの浮上やマンホール周辺の沈下、管路上部の路面沈下が発生していた。全体的には、3 年前の新潟県中越地震で被災し改良土で埋戻しを行っている区間の方が、砂で埋戻しを行っている区間より被害は小さ

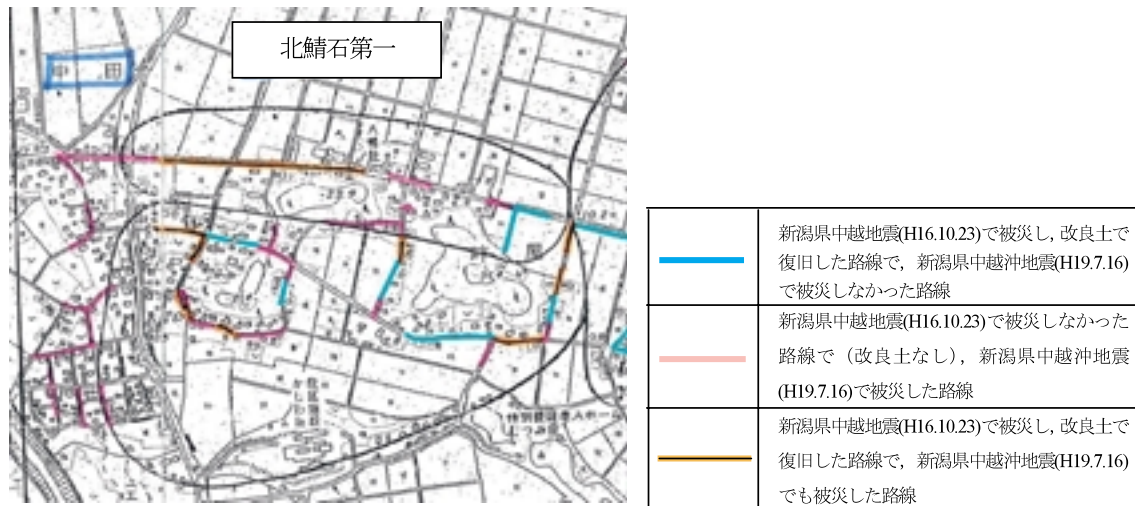


Fig.13 北鯖石地区の管路の被災状況
Map showing the extent of pipeline damage in the Kitasabaishi area



Fig.14 埋戻し部分に沿って生じた歩道での路面沈下
Settlement of sidewalk



Fig.16 マンホールの浮上
Uplift of a manhole



Fig.15 管路埋戻し部分の地表面沈下
Settlement of ground surface



Fig.17 歩道でのマンホールの浮上
Uplift of a sidewalk manhole

かったが、Fig.13 に示すように、3 年前の新潟県中越地震で被災し改良土で埋戻しを行っている区間でも、今回の地震により被災している箇所があった。

Fig.14 において、歩道で発生した路面沈下は、幅約 1m で沈下量は 15cm 程度であり、管路の埋戻し部分に沿

て生じている。基礎材料及び埋戻し材料が液状化により体積収縮を起こし、道路と地盤の間に空隙を生じたため、路面が沈下したと思われる。しかしながら、この被害が生じた路線に隣接する道路下にあるマンホールと管路上部の路面には、沈下や隆起などの変状は見られな



Fig.18 道路での噴砂の跡
Sand boil on a road surface



Fig.20 マンホール周辺の路面沈下
Settlement of road surface near a manhole



Fig.19 アスファルトの下部に発生した空洞
Hollow under asphalt



Fig.21 マンホールの浮上
Uplift of a manhole

かった。このように被害に違いが生じたのは、道路下と歩道下では施工方法が異なるためと思われる。

また、道路や水田において噴砂の跡が見られた (Fig.18)。このことから、地震時には基礎材料だけでなく周辺地盤が液状化し、マンホールの浮上や路面沈下を引き起こしたと考えられる。ただし、浮上したマンホール周辺には噴砂の跡は確認できなかった。

一見して路面沈下が生じていない箇所でも、Fig.19 のようにアスファルトと管路の埋戻し土との間に空隙が生じていることがある。3年前の新潟県中越地震では、旧長岡市で震災から半年程経過した平成17年4月頃から道路陥没の報告が増加し、6月10日までの期間に市道上で約1,400件の陥没があり、これらの多くは震災直後に路面異常が見られなかった箇所では起きている (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, 2006)。今回の地震でも、地表面からの観察ではわからないが、アスファルト下部の地盤が地震動による揺込み沈下を生じたり、液状化を伴って沈下を生じることによって、アスファルト下面に空洞が生じている可能性がある。

3 中川地区

多くの箇所でマンホールの浮上や路面沈下が発生していた (Fig.20, Fig.21)。Fig.21のマンホールは約50cm浮上している。ただし、近接した場所ではマンホールの浮上がり量や路面沈下量が異なっていた。これは、基礎材料や地下水の状況などの違いによるものと思われる。他の地区と同様、管路の基礎材料が液状化したことで被害が生じたと思われる。

結 言

新潟県中越沖地震によって、柏崎市など4市2町1村にて農業集落排水施設は甚大な被害を受けた。被災状況としてマンホールの浮上、マンホール内の汚水滞留、管路埋戻し部分の路面沈下などが確認できた。管路の基礎材料が液状化したことが、このような被害を引き起こしたと考えられる。また、柏崎市の加速度記録や道路や水田で確認された噴砂の跡から、基礎材料だけでなく周辺地盤も液状化している可能性が高い。被害状況は管路の基礎材料などによって異なっており、3年前の新潟県中越地震で被災し、改良土を基礎材料として使用している

区間の方が、砂を使用している区間より被害が少なく、改良土による復旧が被害を軽減したと思われる。

今後、テレビカメラによる二次調査結果や管路施設の被災状況と施工条件の関係を詳細に検討していき、基礎材料及び地震動と管路挙動の関係を明らかにして、管路の耐震対策に繋げていきたい。

参考文献

- 1) 新潟県 (2007): 平成 19 年 (2007 年) 新潟県中越沖地震関連情報, <http://bosai.pref.niigata.lg.jp/bosaiportal/0716jishin/>
- 2) 毛利栄征・堀 俊和・松島健一・有吉 充 (2006): 平成 16 年 (2004 年) 新潟県中越地震によるため池と集落排水施設の被災, 農業工学研究所技報, 第 205 号, pp.61-76
- 3) 毛利栄征 (2005): 新潟県中越地震による集落排水施設の被害状況, 基礎工, Vol.33, No.8, pp.74-78
- 4) 奥山 学・馬場光一 (2006): 新潟県中越地震における農業集落排水施設の被災分析, JARUS, No.85, pp.39-44
- 5) 大野長栄・西川 淳 (2005): 新潟県中越地震による下水道管路施設の復旧方法について, 第 41 回下水道研究発表会講演集, pp.214-216
- 6) 社団法人地域資源循環技術センター (2007): 農業集落排水施設震災対策マニュアル
- 7) 気象庁 (2007): 災害時地震・津波速報平成 19 年 (2007 年) 新潟県中越沖地震
- 8) 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 (2006): 平成 16 年 (2004 年) 新潟県中越地震土木施設災害調査報告, 国土技術政策総合研究所研究報告 No.27, 土木研究所報告 No.203
- 9) 北上裕史 (2005): 新潟県中越地震 農業集落排水施設復旧への道のり～新潟県刈羽郡刈羽村の場合～, JARUS, No.82, pp.37-40
- 10) 森井俊広・荒井 涼・小野英雄・松本精一 (2007): 平成 19 年 (2007 年) 新潟県中越沖地震に伴う農地・農業用施設の被害について, 水土の知, vol.75, No.9, pp.61-65
- 11) 農業集落排水事業所基準等作成全国検討委員会 (2007): 農業集落排水施設設計指針平成 19 年度改訂版
- 12) 吉田 望・後藤浩之・若松加寿江・福元俊一・三上武子 (2007): 2007 年新潟県中越沖地震における K-NET 柏崎の観測波形について, <http://www.civil.tohoku-gakuin.ac.jp/yoshida/inform/chuetsuoki/chuetsuoki.html>

Damage to rural community sewerage systems during the Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007

ARIYOSHI Mitsuru and MOHRI Yoshiyuki

Summary

A number of rural community sewerage systems in Kashiwazaki City, Niigata Prefecture, were damaged by the Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007. Typical types of damage observed were uplift of manholes, sewerage retention at manholes and settlement of road surfaces. It appears that this damage was caused by liquefaction of backfilled sand. The sewerage systems of many rural communities in Kashiwazaki City were previously damaged during the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004. After the earthquake in 2004, improved soil was used to prevent liquefaction of the backfill. This investigation found that during the earthquake in 2007 there was less damage to sewerage pipelines and manholes where improved soil had been used instead of sand.

Keywords : Niigataken Chuetsu-oki Earthquake, rural community sewerage system, liquefaction, pipeline, manhole