

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

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 独立行政法人農業食品産業技術総合研究機構農村工学研究所 公開日: 2025-06-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 林田, 洋一, 増川, 晋, 有吉, 充 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/0002001320

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きとともに、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

震央		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	<u>max : 945.4 Gal</u>	N 37° 9.6'	E 136° 41.4'	6.7	6 弱
気象庁 (志賀町富来領家町)	<u>max : 543.6Gal</u>	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	<u>max : 220.5Gal</u>	N 37° 2.6'	E 136° 58.1'	31.8	5 強
気象庁 (七尾市本府中)	<u>max : 258.4Gal</u>	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	<u>max : 410.7 Gal</u>	N 36° 53.5'	E 136° 46.7'	37.3	5 弱
気象庁 (羽咋市柳田町)	<u>max : 230.4Gal</u>	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つて現われたものと考える。

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)

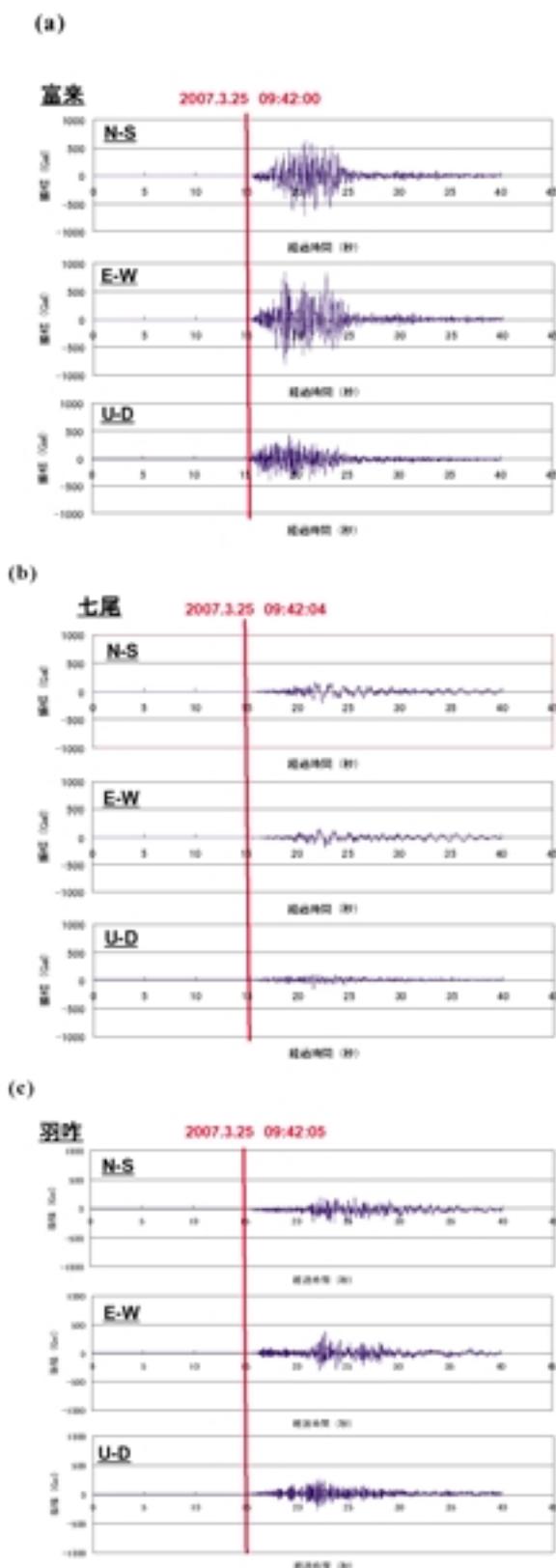


Fig. 3 K-net 観測波形
Observed accelerations at K-net stations

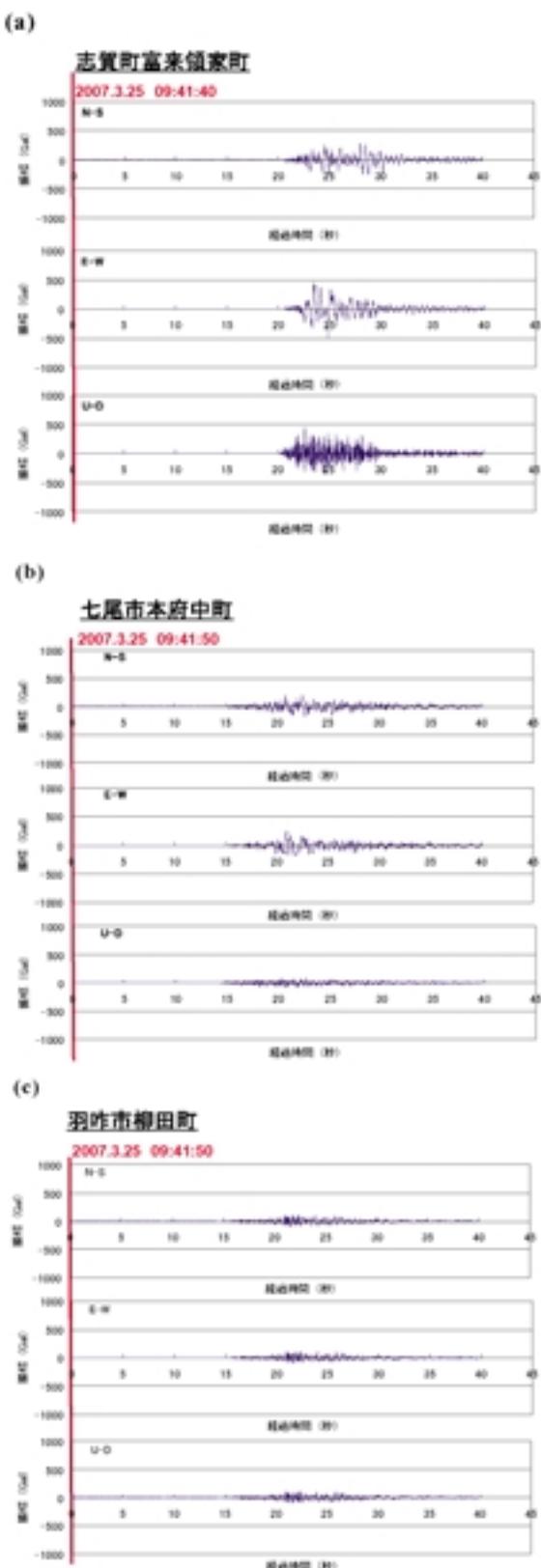


Fig. 4 気象庁観測波形
Observed accelerations at JMA stations

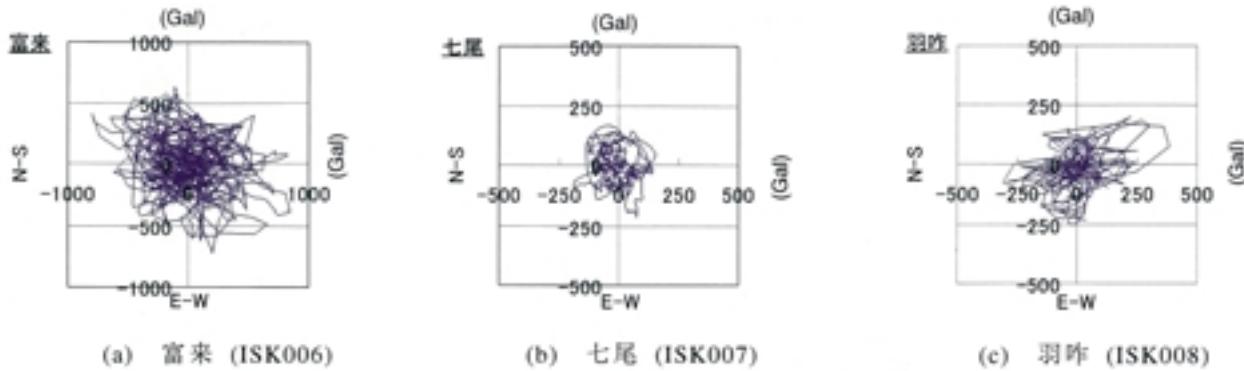


Fig. 5 K-net で観測された地震動の水平面内の軌跡
Acceleration loci observed at K-net stations

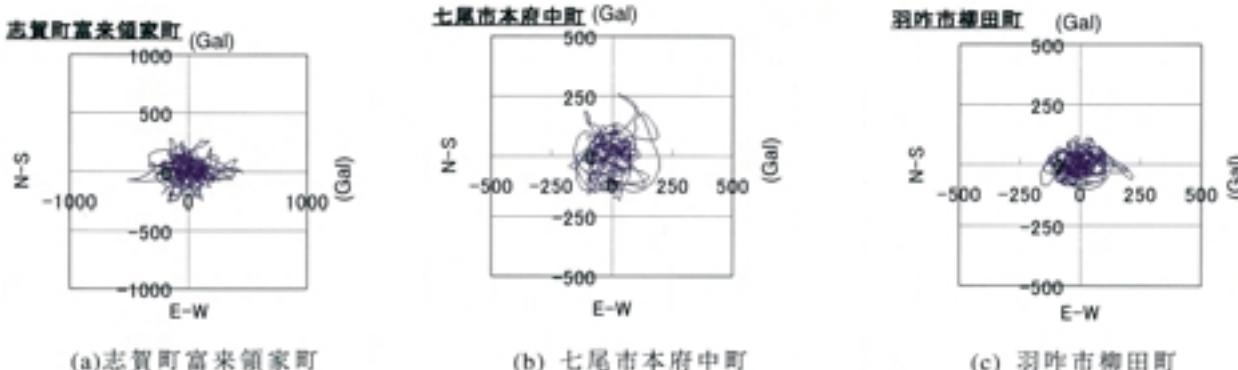


Fig. 6 気象庁で観測された地震動の水平面内の軌跡
Acceleration loci observed at JMA stations

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帯となっている。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たことがわかった。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。

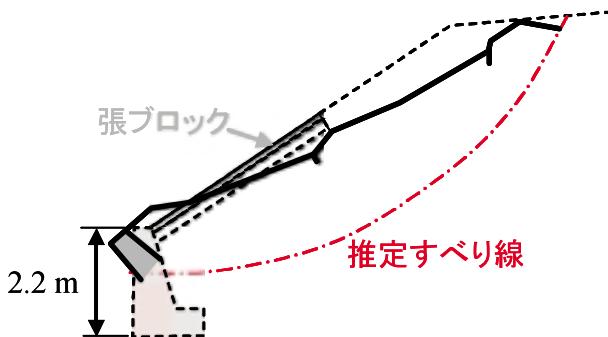


Fig. 14 頭首工護岸工の被災概要図（石川県提供資料に加筆）
Schematic diagram of the damaged protection work at the head work



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



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つてい

た。一般的に用いられる U字型の柵工枠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。

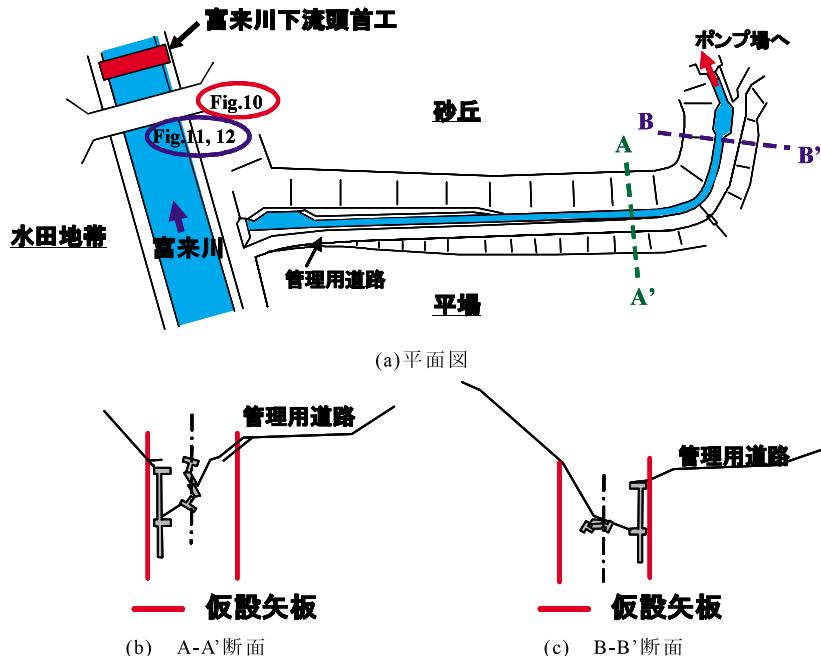
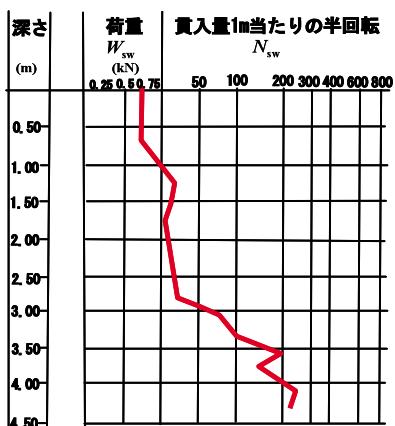


Fig. 19 八幡地区 ポンプ場導水路の概要図（石川県提供資料に加筆）

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 pileFig. 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



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. 25 柵板の破損状況
A damaged concrete panel



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

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



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



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

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

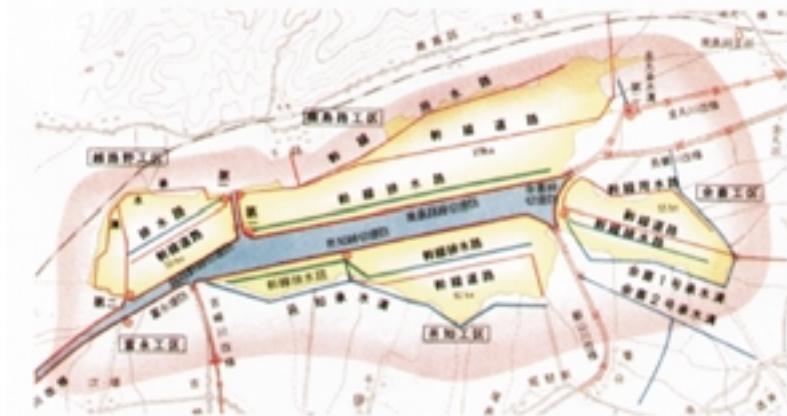


Fig. 30 国営邑知潟干拓事業計画概要図 (邑知地溝帯農地防災事業パンフレット)
Map showing the national reclamation project in Otigata



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 Otigata 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、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、両者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、柵工枠及び底版部が被災区間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あり、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、被災の原因是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

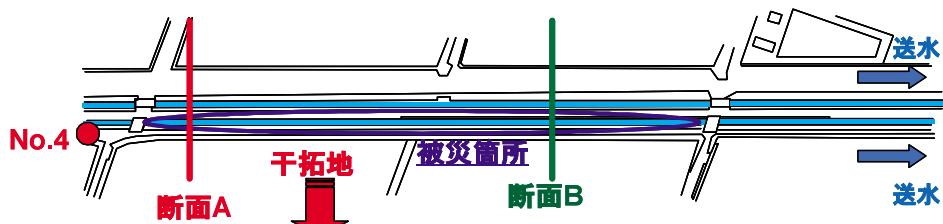


Fig. 32 鹿島路幹線用水路 被災部の概要図 (石川県提供資料に加筆)
Schematic diagram of a damaged section of the Kashimaji main canal



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 柵工枠と柵板のすれ
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)

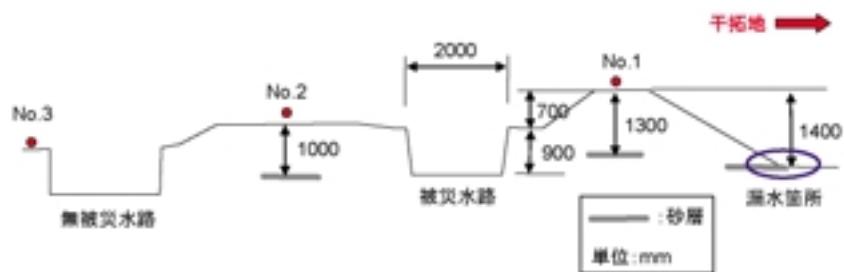


Fig. 43 断面 A における簡易動的コーン貫入試験実施箇所と推定砂層
Locations of portable dynamic cone penetration tests and estimated thickness of sand layer at section A

区間に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一地点 (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、この地区的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堅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

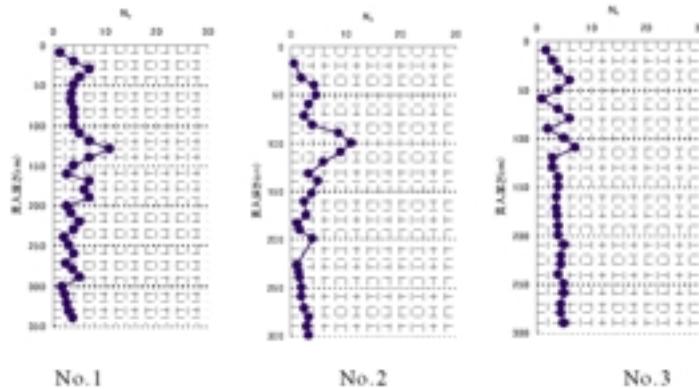


Fig. 44 断面 A における簡易動的コーン貫入試験結果
Results of portable dynamic cone penetration test at section A

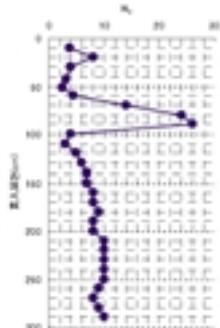


Fig. 45 試験地点 No.4 における簡易動的コーン貫入試験結果
Results of portable dynamic cone penetration test at point No.4

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 $N_d=10$ 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 $N_d=26$ の層が存在すること、また地表面から 150cm 以深の層も $N_d=10$ 程度となっており、被災区間では $N_d=4$ 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 $N_d=10$ 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ュ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、排水機能と矢板護岸工の取り付け部における漏

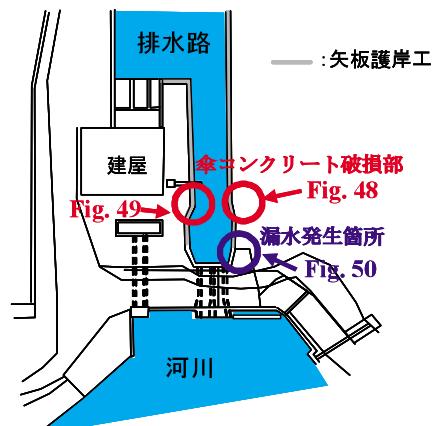


Fig. 46 鹿島路第二排水機場の概要図
(石川県提供資料に加筆)

Schematic diagram of the second Kashimaji pumping station

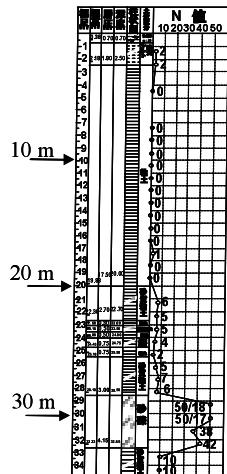


Fig. 47 排水機場周辺地盤深度方向の N 値分布
(石川県提供資料に加筆)

N value observed at the second Kashimaji pumping station



Fig. 50 排水機能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) 南潟水路

邑知潟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枠が複数破損した。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。ほとんどの分水枠の破損は、支線側U字溝が分水枠内部へ貫入にしたことによるものであった。當農上の必要性から緊急に二次製品による分水枠の交換、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潟方向へ移動し、これに伴い支線用水路が分水枠を押す形になり、分水枠を破壊したものと考えられる。幹線用水路や邑知潟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。邑知潟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字溝と分水枠の接合部では応力が集中するため分水枠が破壊されたものと考える。

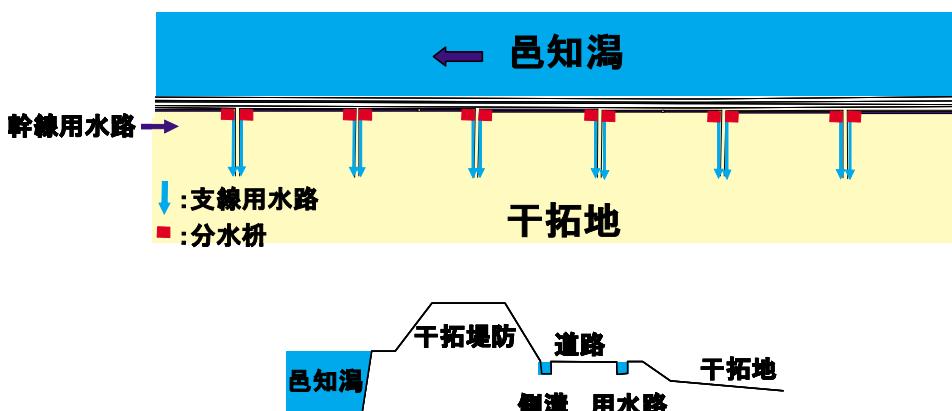


Fig. 54 南潟水路 被災部の概要図（石川県提供資料に加筆）
Schematic diagrams of the damaged section of the Minamigata irrigation canal.



Fig. 55 支線水路 U 字溝の分水枠への貫入
(石川県提供資料)

Penetration of a concrete flume into a distribution tank



Fig. 56 分水枠の破損
(石川県提供資料)

Destruction of a distribution tank



Fig. 57 幹線水路 U 字溝目地部の開き（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 字溝目地部の修復状況
Repair of an opened joint between concrete flumes



Fig. 60 邑知潟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 Otigata



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つたが、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。これら被害を受けた施設は、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、地盤の変状に對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