

平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震による震源近傍の老朽水利施設被災状況に関する調査

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: 2025-06-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 常住, 直人, 森, 丈久, 田中, 良和, 高木, 強治 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/0002001335

平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震による震源近傍の老朽水利施設被災状況に関する調査

常住直人 *・森 丈久 **・田中良和 ***・高木強治 *

目 次

I 緒 言.....	139
II 地震の概要.....	140
III 調査概要.....	141
IV 被害状況と緊急復旧状況.....	143
1 大原堰用水の被害状況と緊急復旧状況	143
2 下真坂用水の被害状況と緊急復旧状況	145
V 今後の復旧について.....	149
1 大原堰水路	149
VI 結 言.....	150
参考文献.....	150
Summary.....	152

I 緒 言

2008 年 6 月 14 日 8 時 43 分頃、岩手県内陸南部を震源として岩手・宮城内陸地震が発生した。本地震は、西北西から東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型（傾斜角約 31 度）であり、余震域は北北東から南南西に広がり、岩手県側で活発なもの一部は、宮城県側まで及んでいた。この地震の震源域を含む東北地方背梁部では、浅い地層を震源とする地震活動が活発であり（Fig.1），今回の地震についても深さ約 8km と深い震源になっている（防災科学技術研究所，2008；国土地理院，2008）。

本震震源域の周辺では、過去にも今回震源の約 30km 南東で宮城県北部地震（1900 年、マグニチュード 7.0, 1962 年、マグニチュード 6.5）が発生しているほか、1996 年に約 20km 南西でマグニチュード 6.1, 2003 年に約 30km 南方でマグニチュード 6.4 の地震が発生しており、これらの地震活動は連続的に分布している。ただ、本震の地震規模は、マグニチュード 7.2（気象庁、平成 20 年 7 月 18 日時点）と過去のものに比し大きく、岩手県奥州市と宮城県栗原市では最大震度 6 強を観測した。また、地震規模に比して大きな地震加速度が観測されたのも特徴で、最大加速度は 4022cm/s^2 （3 成分合成）

防災科学技術研究所基盤強震観測網（以下 KiK-net）、IWTH25（一関西）を観測した（防災科学技術研究所、2008）。

今回の地震では、地すべり、斜面崩壊に伴う大規模崩落が多発し、交通の寸断が各所で生じており、農業水利施設、農地にも複数の被害が発生している。農林水産被害は営農施設、農地、農業用施設、林地、林道、養殖施設と多岐に亘っており、その総数は 2844 箇所、被害総額は 1330 億円となっている（Table 1）。

（独）農研機構農村工学研究所施設資源部では、余震による大規模崩落の危険、二次被害の懸念が概ね収束し、被害の全容が把握可能となった地震発生約 1 ヶ月後（2008 年 7 月 18 日）に水利施設（堰、水路系）を対象に独自調査を行った。主調査地は本震の震源地（岩手県一関市鬼越沢、北緯 39 度 1.7 分、東経 140 度 52.8 分）から南東方向、半径 8 ~ 11km 付近に位置する大原堰用水地区（岩手県奥州市衣川区）、下真坂用水地区（岩手県一関市巖美町）である（Fig.2）。いずれも水路区間のかなりを開削年不詳の素堀水路トンネル（水路出入り口のみ後年に補強）が占めており、その路線、断面も正確には分かっていない。開水路区間にも土水路のままのところがある。

また、これらの調査地は本震の加速度が比較的大きかった地域にあり、近傍観測地点（KiK-net, IWTH26（一関東））の最大加速度は 3 成分合成で 1000cm/s^2 以上、水平 2 成分平均・上下成分いずれも 700cm/s^2 以上を記録している（防災科学技術研究所、2008）。今回、本震の加速度は、震源近傍では南東から北西方向に強くなっている、上記調査地もそのエリア内にある。本報文はこ

*施設資源部水源施設水理研究室

**施設資源部水利施設機能研究室

***施設資源部水路工水理研究室

平成 20 年 11 月 5 日受理

キーワード：地震、現地調査、改修、災害、トンネル、開水路、堰

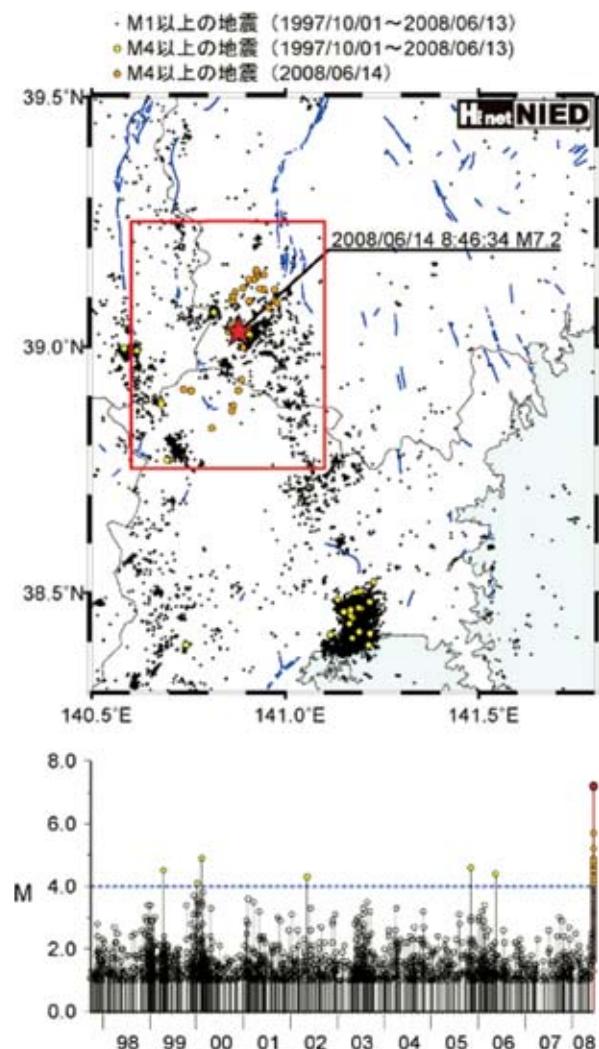


Fig.1 岩手・宮城内陸の深さ20km以浅で発生したマグニチュード（M）1以上の地震の震央分布と今回の地震の余震域周辺（赤枠内）におけるM-T図（防災科学技術研究所, 2008）

Picenter distribution over 20km depth of earthquakes not less than Mw 1 in inland area of Iwate, Miyagi and the M-T figure in the aftershock area of the 2008/6/14 Iwate Miyagi Nairiku earthquake (National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2008)

これら調査地区の本格復旧前の被災状況を把握、報告し、今後の復旧方針について考察するものである。

なお、本調査に当たっては、東北農政局、岩手県並びに岩手県土地改良事業団体連合会の関係各位より、資料収集、現地調査に關し、絶大なるご協力を頂いた。また、地震関連の図表については(独)防災科学技術研究所、地質図については(独)産業技術総合研究所よりご提供を頂いた。ここに記して深謝の意を表します。

II 地震の概要

岩手・宮城内陸地震は、逆断層型の地殻内地震とされる。この地震では、震源付近で上方向に1.4mの変位が生じ、岩手県奥州市衣川区、宮城県栗原市一迫で震度6強、宮城県大崎市ほかで震度6弱を記録した（但し、衣

Table 1 農林水産被害状況（農林水産省、2008）
The amount of damage with agriculture, forestry, fishery
(Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2008)

区分	主な被害	被害数	被害額 (億円)	被害地域
営農施設等	農業倉庫、畜産施設、園芸施設等の破損	調査中	10	岩手、宮城、秋田、山形
	水稻の倒伏等			
農地農業用施設	農地の損壊	464箇所	5	岩手、宮城、秋田、山形
	農業用施設等の損壊	940箇所	47	
	農業用ダムへの土砂流入	1箇所	249	
林野関係	(民有林)			岩手、宮城、秋田、山形
	林地荒廃	115箇所	392	
	治山施設	29箇所	8	
	林道施設	784箇所	13	
	林産施設等	97箇所	3	
	(国有林)			
水産関係	林地荒廃	190箇所	578	岩手、宮城
	治山施設	6箇所	6	
	林道施設	202箇所	18	
	養殖施設	10箇所	0.68	
水産物	水産物	6箇所	0.34	
	合計	2,844箇所	1,330	

注) 2008年9月5日17時00分現在

川区の震度については震度計の法肩設置による周辺以上の過大観測値化の可能性が指摘されている（土木学会・地盤工学会・日本地震工学会・日本地すべり学会合同調査団, 2008）。また、東北地方を中心に北海道から関東、中部地方に亘って震度5強から1が観測された（Fig.3）。本震の3成分合成の加速度分布では、震源から半径約20km内に 1000cm/s^2 を超える値が観測され（Fig.4）、30km内では 400cm/s^2 超、60km以遠では 200cm/s^2 以下となっている。半径20km圏内では、本震加速度の3成分合成値、水平2成分の平均値、上下成分値とも南東から北西方向に高い値となっており、震源から南東8～11km圏の今回調査地区も概ねその領域内にある。震源地付近の観測点（Fig.4, KiK-net, IWTH25）を除く本震の最大加速度 1372cm/s^2 （3成分合成）も調査地区近傍観測点（Fig.4, KiK-net, IWTH26）で観測されたものである。同様に地表変状も震源南東方向に比較的多く見られる（防災科学技術研究所, 2008；2008年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ, 2008）。

なお、過去の地震と比較すると兵庫県南部地震（マグニチュード7.3）では 891cm/s^2 （神戸海洋気象台）、 169cm/s （JR鷹取）、新潟県中越地震（マグニチュード6.8）では 1750cm/s^2 、 148cm/s （いずれも気象庁川口）



Fig.2 調査地区の位置
Places of investigation areas

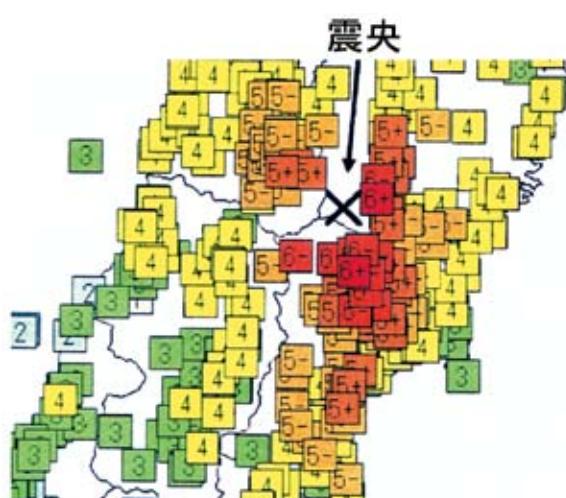


Fig.3 各観測点における震度分布（気象庁、2008 より）
Distribution of seismic intensity of the 2008/6/14 Iwate Miyagi Nairiku earthquake (Drawn by data of Japan Meteorological Agency, 2008)

の最大加速度、最大速度（いずれも 3 成分合成）が観測されているが、今回の地震ではマグニチュード 7.2 で 4022cm/s^2 （3 成分合成、KiK-net, IWTH25）と地震規模の割に大きな加速度が観測されている。しかし、観測された本震最大速度は 100cm/s （3 成分合成、KiK-net, IWTH25）とその加速度に比し大きくなかった。これは短周期の揺れが卓越していたためとされる（Fig.5, 防災科学技術研究所, 2008）。

一方、余震は本震加速度が強かった領域と直交するよ

うに、震源より北北東から南南西方向に、長さ 45km、幅 15km の帯状の範囲で震度 1 以上のものが 441 回発生している（6 月 26 日 5 時時点）。この方向での余震発生深さは北部から南部にかけて深さ 10 数 km から 5km 程度以下と浅くなる傾向が見られた。余震活動は総じて岩手県側で活発だったものの最大余震（マグニチュード 5.7、震度 5 弱（気象庁暫定値）、2008 年 6 月 14 日 9 時 20 分）は、宮城県大崎市で発生している（気象庁、2008；防災科学技術研究所、2008）。

今回の地震は総じて言えば、震源が浅く、断層近傍の観測点で非常に大きな鉛直加速度が観測されたこと（上下方向 3866cm/s^2 , IWTH25），反面、短周期成分（概ね 0.5 秒以下）が卓越しており、地震速度はそれほど大きくなかったことが特徴である。

III 調査概要

前章で記したように本震加速度の 3 成分合成値、水平 2 成分の平均値、上下成分値はいずれも震源の南東から北西方向に高い値となっている。震源地付近の観測点（Fig.4, KiK-net, IWTH25）を除く本震の最大加速度 1372cm/s^2 （3 成分合成）も震源南東の一関東観測点（Fig.4, IWTH26）で観測されている。この方向は本震の震度も強く、地表変状も比較的多く見られる。そこで今回の主調査地は堰、水路等、農業水利施設が散在する震源近傍域で、本震の震源地（岩手県一関市鬼越沢、北緯 39 度 1.7

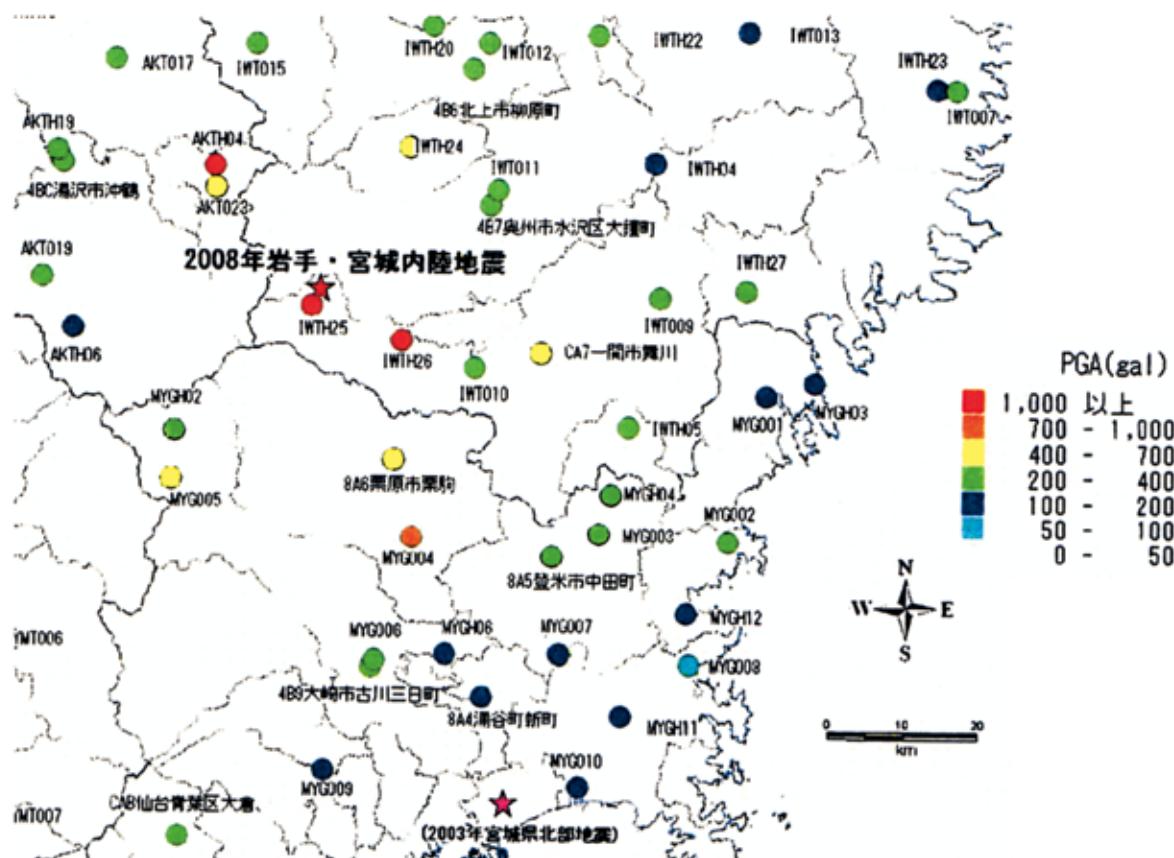


Fig.4 岩手・宮城内陸地震の本震の最大加速度（3成分の合成）（防災科学技術研究所, 2008；気象庁, 2008より）

Maximum acceleration at the 3 direction composition of KiK-net and K-net stations in the 2008/6/14 Iwate Miyagi Nairiku earthquake
(Drawn by data of National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2008 & Japan Meteorological Agency, 2008)

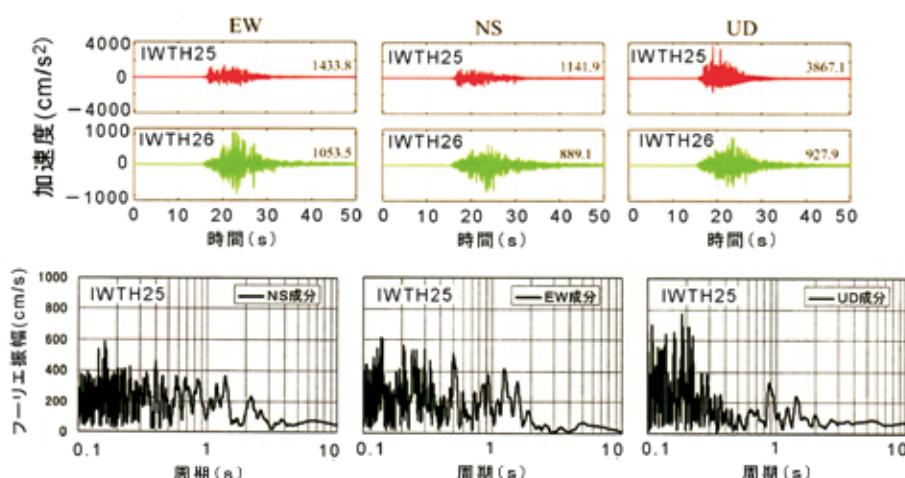


Fig.5 震源付近/調査地近傍の地表観測点 (KiK-net, IWTH25/IWTH26) での強震加速度波形
(防災科学技術研究所, 2008 ; 青井ら, 2008) とフーリエスペクトル

The acceleration waveforms and the fourier spectra of KiK-net , IWTH25/ IWTH26 in the 2008/6/14 Iwate Miyagi Nairiku earthquake
(National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2008; Aoi,et al, 2008)

分、東経 140 度 52.8 分) から南東方向、半径 8 ~ 11km 付近に位置する大原堰用水地区（岩手県奥州市衣川区）、下真坂用水地区（岩手県一関市厳美町）とした (Fig.2)。大原堰用水地区は、南股川から大原堰において普通期流量 0.205m³/s を取水し、奥州市衣川区南股地域の農地 75.5ha を灌漑しており、一方、下真坂用水は厳美町字下

真坂の本寺川から取水し同字入道の水田 22.0ha を灌漑している。いずれの地区も堰等、上流水源施設から河川沿いに用水路を設置して、下流灌漑地区に配水する形式となっており、河川周辺の急傾斜地に水路を通していること、途中、素掘で施工された古いトンネル区間を多く含むこと、周辺土質が赤土に石レキが混じった脆弱なも

のことから崩落被害を生じやすい。今回は、この水路に沿って被災箇所の調査を行ったほか、水源付近の土砂崩落地や水田域の被害を調査した。

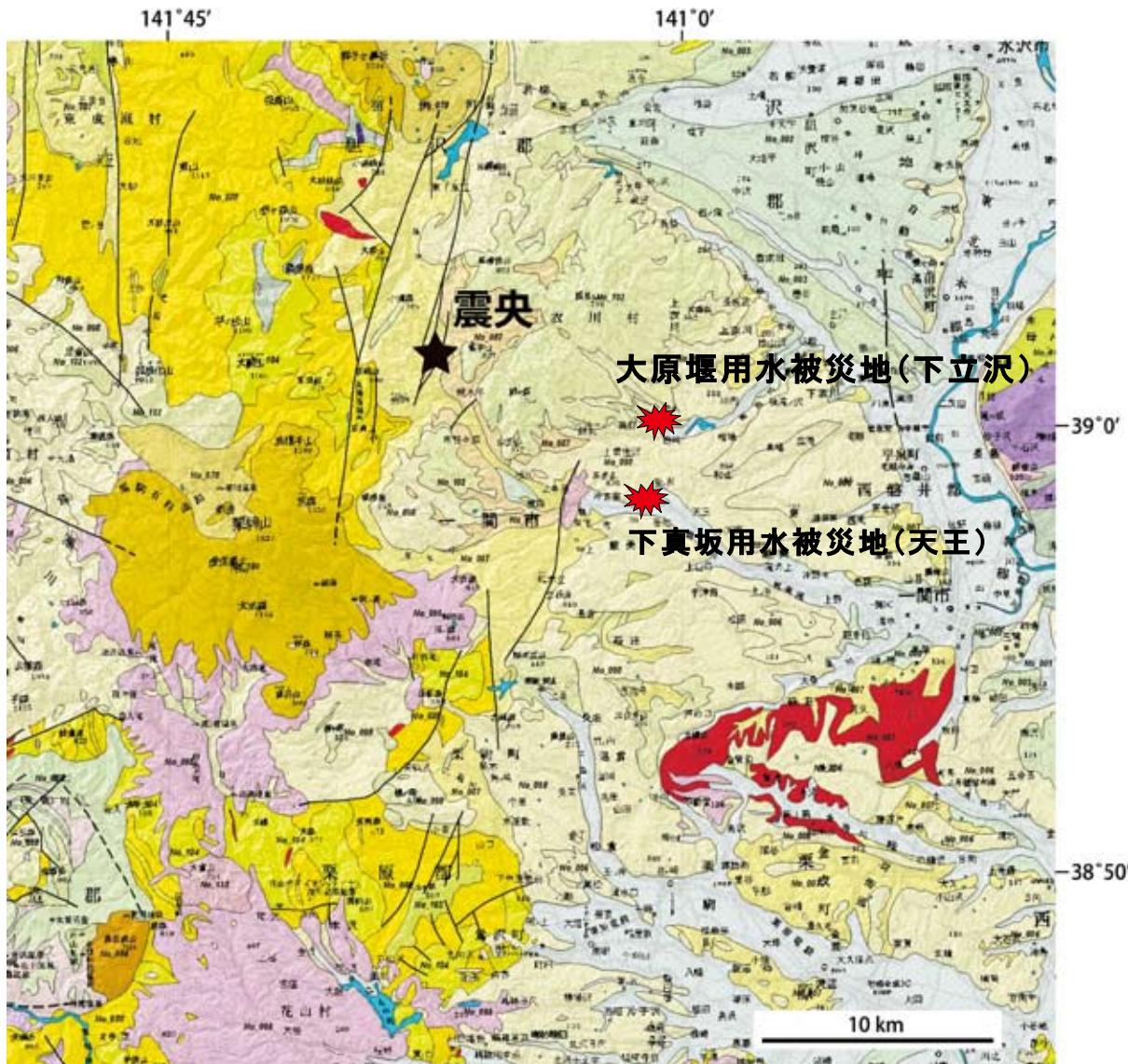
IV 被害状況と緊急復旧状況

岩手県一関市内における農地・農業用施設被害は農地 120 箇所、農業用施設 147 箇所、関連施設 1 箇所の計 268 箇所となっている。しかし、堰・水路等、構造物そのものの地震による破損はほとんどなく、ため池、道路、水田の亀裂や斜面崩壊など、地盤にかかる被災が多いとのことであった。これは、もう一方の主調査地区である岩手県衣川区についても同様で、調査地区内の堰・水路系に関して言えば、全般に構造物そのものの損傷はほぼ皆無であり、地すべり、斜面崩壊、落石による被災がほ

んどであった。聞き取りによれば、これは本地震を通じて全般的に言えることのようであり、地震の周期特性が影響しているのではないか、とのことであった。また、周辺地質は栗駒山等の火山噴出物に広く覆われており、比較的脆弱なことも影響していると思われる (Fig.6)。実際、大原堰用水地区、下真坂用水地区とも周辺土水路も含め開水路の損傷は皆無で、落石や斜面崩壊土砂の水路への落ち込みや、斜面崩壊に伴う落盤からの水路トンネル閉鎖等、二次被害が主であった。堰本体についても構造上の損傷はなく、大原堰管理階段付近の崩落被害のみであった。

1 大原堰用水の被害状況と緊急復旧状況

大原堰用水路は、全長 6.7km のかんがい用水路であり、そのうち、開水路区間 6.427km と、2 箇所のトンネルが



※ 20万分の1日本シームレス地質図より。凡例は出典元HP参照のこと。 (独)産業技術総合研究所承認番号第63500-A-20081117-003号

Fig.6 岩手・宮城内陸地震被災域付近の地質図（産業技術総合研究所、2008）
The geological features in the damaged area by the 2008/6/14 Iwate Miyagi Nairiku earthquake
(National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2008)

延長 150m, 123m で接続している (Fig.7)。

大原堰用水路 (幅・高さとも 0.8m) については、堰下流の水路トンネル (Fig.8, 横幅 0.8m, 高さ 1m の橜円断面トンネル) のうち、平成 8 年改修の上流トンネル (Fig.7 参照、コンクリート巻き立て補強。費用は仮設、間接工事込みで 85 万円/m) は地上傾斜が緩傾斜なこともあります、斜面崩落も無く無被害だったが、旧来の素堀トンネルのままであった下流トンネル (開削年不明、延長 123m、出入り口のみヒューム管で補強) では、斜面崩壊に伴う落盤に依ると見られる土砂閉塞が見られた。斜面崩壊地点はトンネル入り口から約 50, 70m 地点と出口手前 (Fig.9, Fig.10) の 3 カ所で、いずれも水路上約 20m 上の道路際から崩落している。地図の等高線の幅から推察すると、今回の土砂崩落箇所は大原林道と南股川の間の、斜面が特に急勾配である位置だったことが分かり、開水路区間もトンネル出口から 15m 区間に渡って落石により通水断面が完全に閉塞している。

下流トンネル内壁は赤土に石混じりの脆弱な状態で、

トンネル内の閉塞箇所は入り口から 70m 地点と見られ、上流水路を満水にしても出口にほぼ水が流れない状態であった。

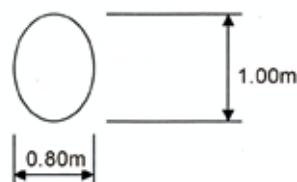
調査時点では、斜面上道路復旧および水路下 10m の斜面崩壊土砂が流れ込んだ河川 (南股川) の復旧有無の見通しが立っていない状況であり (いずれも市管理)、また、当該トンネル自体、予算上の制約のため被災前から改修未定だったこともあり、本格的復旧の目途は立っていない。このため、地震から 1 週間後に、被災したトンネル出口下流 120m 付近で水路と並行して流れる南股川に仮設揚水ポンプを設置し (Fig.7)、そこから河川左岸斜面沿いを流下する水路に水を注水し (Fig.11)、下流受益 75.4ha の用水を貯っている。揚水には口径 200mm のポンプ 2 基と 22kVA の発電機をリースし、概算費用は 3,061,000 円である。

なお、本地区では、これまで斜面から水路への転石、土砂流入は度々見られ、適宜排除していたとのことであった。



Fig.7 大原堰用水路の被災箇所
Damage places of the Ohhara seki channel

大原堰用水路断面図(素堀トンネル部)



大原堰用水路断面図(開水路部)

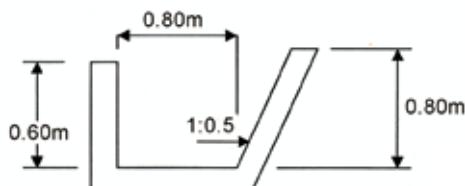


Fig.8 大原堰用水路標準断面
Sectional figures of the Ohhara seki channel



Fig.9 大原堰用水路下流トンネル出口上の道路 (左) と道路下の崩落状況 (右) (Fig.7, ①地点)
Collapse at the road over the outlet of the Ohhara seki downstream channel



Fig.10 大原堰用水路下流トンネル出口の崩落状況（左、手前コンクリートは出口補強部）、
下流トンネル出口（右上）、下流トンネル出口から内部の状況（右下）（Fig.7, ②地点）

Collapse on the outlet of the Ohhara seki downstream channel (left), the outlet of the Ohhara seki downstream channel (upper right), Inside of the outlet of the Ohhara seki downstream channel (lower right)



Fig.11 大原堰用水路の開水路グレーチング上への落石状況（左）、開水路への落石状況（中）、
仮設ポンプから開水路への放水状況（右）（Fig.7, ③地点）

Fallen rocks on the gratings of the Ohhara seki channel (left), fallen rocks in the channel (center),
discharge to the channel from a temporary pump (right)

2 下真坂用水の被害状況と緊急復旧状況

下真坂用水のある一関管内では、衣川区よりも震源南東方向にあるため、斜面崩壊、地割れが多発し、農地、ため池堤体の亀裂等により農地 120 カ所、農業用施設 147 カ所の被災が生じていた。しかし、構造物や水路

の構造的な被災はほとんどなく、主たる被害は大原用水同様、旧来の素堀トンネルでの落盤による閉塞である（Fig.12）。

下真坂用水は巣美町字下真坂の本寺川から取水する全長約 4km、延長 810m のトンネルからなる農業用水路である。トンネルは 1～3 号まであり、各々、1 号が延長



※ 国土地理院、数値地図より作成

Fig.12 下真坂用水路の被災箇所
Damage places of Shimo masaka channel

166m, 2号が延長98m, 3号が延長546m（以上の延長は出入り口位置からの推定値）ではろ型である（Fig.13）。水路は、震源地から約10kmの位置に当たり、震度6強の強い揺れを受けたと想定される。このうち、3号トンネルは昭和24年アイオン台風時の土砂崩落で埋まった開水路の復旧時に開削したコンクリート吹き付けトンネルであるが、他は開削年不明の素掘トンネルであり、正確な路線も分かっておらず、内壁は大原堰水路と概ね同様、脆弱な状態と考えられる。

被害の発見は、地震発生後に用水路に水が来ないととの通報により現地調査した結果である。斜面崩壊は直線距離166mの1号トンネル（出入り口はコルゲート管）の上流半分で広域に発生しており（Fig.14），閉塞もそこでの落盤により起きていると見られるが、未だ危険な状態なため、閉塞位置は特定されていない。1号トンネルの入り口付近から、立ち入り禁止区域となっており、内部の調査が実施できない状況にある。1号トンネル入り口上流付近の開水路部には、今回の地震による大きな転石が多数見られた（最大では長径2m程度）。なお、斜面崩壊現場の地質断面図はFig.15のとおりである。

トンネル内部の崩落状況は、1号トンネルと2号トンネル（出入り口のみヒューム管補強）の間の明かり部（トンネル水路間の開水路部）からの目視でも、トンネル内がカーブしているため、確認困難であった。一方、2号トンネルと3号トンネルの明かり部では、2号トンネルの出口付近のヒューム管に5cm程度のズレが確認できた。ただ、これら2号トンネル両端の状況だけからは、

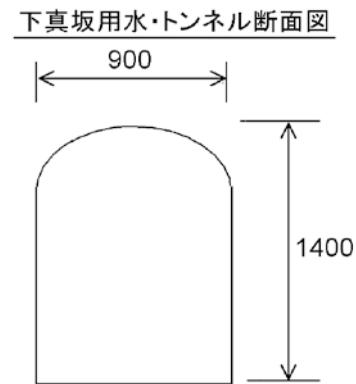


Fig.13 下真坂用水路トンネル標準断面
A sectional figure of the Shimo masaka channel

2号トンネル内部で崩落しているかどうかは不明であった（Fig.16）。

3号トンネル出入り口はコンクリート巻立て補強されているが、入り口付近のトンネル内部が崩落しているとともに、出口上部の地盤が大きく沈下し、段差ができていた（Fig.17）。また、トンネル下流出口付近の地盤に大きな陥没が2箇所発生しており、トンネル内でも落盤している可能性があるが、内部は暗く坑外からの確認は困難で、土砂崩落の危険もあるため、人が入っての視認は困難な状況であった。

現状では、下真坂用水でも、受益水田（22ha）上流端近傍の山谷川に仮設揚水ポンプ（口径150mm, 11kw, 3m³/min, 1台）を設置し、応急措置をとっている。仮設揚水の概算費用は2,383,500円である。本用水でも国



Fig.14 下真坂用水 1 号トンネルの被災 (左上 : トンネル上流開水路への転石 (Fig.12, ①地点), 左下 : トンネル出口付近の堆積土 (Fig.12, ③地点), 右 : トンネル上部の斜面崩壊 (Fig.12, ②地点))
Damages of Shimo-masaka channel tunnel No.1 (upper left : fallen rocks in the Shimo masaka upstream channel, lower left : deposited soil at the outlet of the tunnel, right : slope collapse over the inlet of the tunnel)

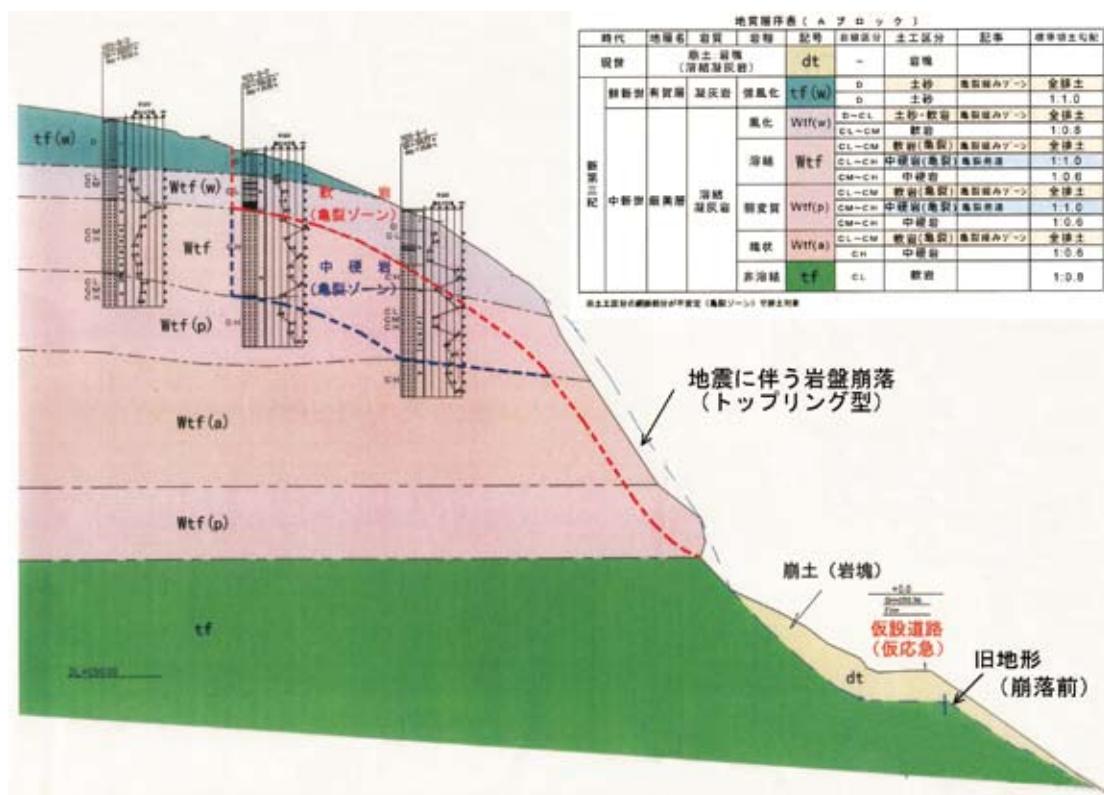


Fig.15 下真坂用水 1 号トンネル上部の斜面崩壊現場における地質断面図 (Fig.12, ②地点)
The sectional geological figure of slope collapse site over the inlet of the Shimo masaka channel tunnel No.1



Fig.16 下真坂用水 2号トンネル入り口 (左 (Fig.12, ④地点)), 出口 (右 (Fig.12, ⑤地点))

The Inlet (left) /outlet (right) of Shimo-masaka channel tunnel No.2



Fig.17 下真坂用水 3号トンネルの被災 (左上: トンネル入り口上部の地盤沈下による段差 (Fig.12, ⑥地点), 左下: トンネル入り口付近の土砂崩落, 右上: トンネル出口 (Fig.12, ⑦地点) 直上流上部の地盤の陥没 (約2m深さの亀裂), 右下: トンネル出口付近の地盤の陥没)

Damages of Shimo-masaka channel tunnel No.3 (upper left :bump caused by a subsidence over the inlet of the tunnel, lower left : small collapse in the inlet of the channel, upper right :a subsidence over the outlet of the tunnel, lower right :a subsidence at the outlet of the tunnel)

道復旧との調整があり、今回調査時点でも本格復旧の見通しが立っていない状況であった。

一関市内で下真坂用水よりも上流域にある下り松用水 (Fig.2) においても大規模な斜面崩落があり、更なる崩落の危険もあるため 200m 程度遠方からの確認となつた。詳細な被害は、崩落によって堆積した土砂を撤去し

なければ確認できない状況にある。この上流には市野々原地区の河道閉塞現場（震源より約 3km）もある。

なお、下真坂用水から市野々原地区の一帯では、地形変状、水田等、農地における地割れや段差も顕著で、同一区画の水田内で 0.4m ほどの落差が生じているところもあった (Fig.18)。



Fig.18 さがりまつ 下り松用水の斜面崩落状況（左）水田の地盤沈下（右、孤木立地区）
The slope collapse on the Sagarimatsu channel (left), a subsidence in a paddy field at Hanokidate district (right)

V 今後の復旧について

1 大原堰水路

トンネル出口に崩落土らしきものが見えることから、トンネル内部が崩落している可能性が高い。コンサルタントによるトンネル内部の目視調査により、上流側から 70 m 地点までは健全であることが確認されているため、上流側から 70 m 地点から下流側出口までの約 50 m の区間内で崩落が発生していると推定される。ただし、その区間すべてが崩落しているかどうかについては不明であるため、トンネル内部の調査が必要である。トンネル内部の調査に当たっては、余震による崩落のおそれがあるため、自走式カメラロボット等を使用することが望ましいと考えられる。

トンネルの復旧に当たっては、トンネル上部の道路法面の復旧対策との調整が必要であり、道路法面の復旧工法の内容によっては、原形復旧が困難になる場合も想定されるため、トンネル呑口上流から出口下流までの迂回水路を新設することも視野に入れておく必要がある。原形復旧を行う場合には、崩落箇所は地山が緩んでいるため、コンクリート巻立てによる覆工やパイプイントンネル工法などによる補強を検討する必要があろう。

また、トンネル出口付近の開水路は、常時より落石や崩落した土砂の堆積が頻発しており、管理者が毎年春に清掃を行っているとのことである。よって、復旧した開水路とその下流側水路には、ステンレス製等、堅牢、管理省力な材質の蓋を被すなどして転石と土砂の進入を防ぐのがよいと考えられる。

2 下真坂用水 1 号トンネル

トンネル出口に崩落土らしきものが見えることから、トンネル内部が崩落している可能性が高い。具体的な崩落箇所が不明であるため、トンネル内部の調査が必要である。トンネル内部の調査に当たっては、余震による崩落のおそれがあること、トンネル自体が素堀の脆弱なものであること、

のであること、土質が脆いことから人が入っての観測は二次災害の危険が高い。自走式カメラロボット等を使用することが望ましい。

トンネルの復旧に当たっては、トンネル上部の地山法面の復旧対策との調整が必要である。法面の復旧工法の内容によっては、原形復旧が困難になる場合も想定されるため、トンネル呑口上流から出口下流までの迂回水路を新設することも視野に入れておく必要がある。原形復旧を行う場合には、崩落箇所は地山が緩んでいるため、コンクリート巻立てによる覆工やパイプイントンネル工法などによる補強を検討する必要がある。

3 下真坂用水 2 号トンネル

トンネル内部で崩落しているかどうかは不明であるが、上下流の 1 号、3 号トンネルの状況や 2 号トンネルも素堀の脆弱な構造であることから、トンネル内部の調査は必要と思われる。当トンネルの内部調査でも、1 号トンネル同様、自走式カメラロボット等の活用が望ましい。

4 下真坂用水 3 号トンネル

トンネル呑口の崩落土やトンネル呑口上部地盤の大きな段差から、トンネル内部が崩落している可能性が高い。また、トンネル下流出口付近の地盤の大きな陥没は、トンネル内部の大規模な崩落によるものと推定される。ただし、これら以外の区間については、具体的な崩落箇所が不明であるため、トンネル内部の調査が必要である。本トンネル内部の調査でも、自走式カメラロボット等の使用が望ましい。

トンネル内部の崩落状況によっては、原形復旧が困難な場合も想定されるため、トンネル呑口上流から出口下流までの迂回水路を新設することも視野に入れておく必要がある。原形復旧を行う場合には、崩落箇所は地山が緩んでいるため、コンクリート巻立てによる覆工やパイプイントンネル工法などによる補強を検討する必要がある。また、出口付近の陥没部分については、土被りが

あまりないようなので、開削の上、ボックスカルバートもしくはパイプを敷設し埋め戻すなどの復旧工法が考えられる。

5 その他

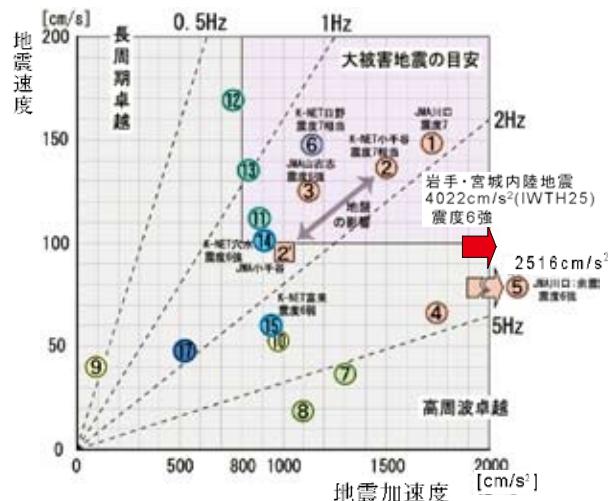
いずれの地区も道路復旧との調整があり、その目処が立たなければ本格的な復旧は困難と思われる。これらの地区的水路トンネルは、一部、コンクリート吹き付けで改修されているが、近代工法以前に素堀で掘られたものがほとんどであり、それゆえ、素堀で掘りやすい路線を通していると考えられ、迂回し、想定以上に長大となっている可能性が高い。このように複雑かつ長大な路線と思われ、かつ二次被災の恐れがある古来の素堀既設トンネルを補強復旧するよりも、既設トンネルを放棄し、極力短く、安全で、かつ道路改修に関わりなく工事可能な新設路線の開削という選択肢も、施設機能の早期復旧等、総合的に勘案すれば考え得る。また、現地は地盤が脆く、今後も豪雨、地震による斜面崩落のリスクは小さくないこと、転石・土砂流入に対する維持管理労力、高齢化による維持管理の困難化等からも、トンネルの新設は有利と思われる。

なお、これらの地区が総じて地盤が脆い（周辺地質は栗駒山等の火山噴出物に広く覆われており、比較的脆弱）、浅い地層での地震が旧来より続いていることを鑑みると、新設を含む復旧、改修に際しては、崩落等の被災を受けやすいところ（傾斜、地すべり履歴有無、地質・土質を考慮）、被災により応急措置が困難なところ（ポンプ等への配電の便、地形、代替水源との距離、代替取水の難易度を考慮）、被災時の用水影響の大きいところを優先して実施する必要があろう。

VI 結 言

今回の地震は、震源が浅く、断層近傍で非常に大きな鉛直加速度が観測されたこと、反面、短周期成分（概ね0.5秒以下）が卓越しており、地震速度はそれほど大きくなかったことが特徴であり、それが堰、水路系の水利施設における構造的被害が、比較的老朽化した施設であり、かつ震源近くであっても必ずしも甚大でなかった原因と考えられる。震度、加速度に比して構造物被害が少ないことは、今回の地震被害の特徴であり、一般住宅被害も震度6強だった岩手県奥州市と宮城県栗原市で全半壊162棟であり、当該域一般住宅の約0.2%に過ぎなかつた。

以上の被災状況は、最大加速度、最大速度及び卓越周期からの大被害地震（対構造物）の目安である 800cm/s^2 以上かつ 100cm/s 以上（概ね $0.5 \sim 4\text{Hz}$ 、Fig.19）にも大略当てはまっており、今回地震は加速度は非常に大きいが、速度ではこの目安での大被害地震の下限となっている。地震速度が小さくても地震加速度がそれに比し更



※ 図中の丸数字は近年の代表的な地震の分布

Fig.19 地震加速度、速度からの構造物被災目安

(川瀬、1998；青井ら、2008；防災科学技術研究所、2008)

Structural large damage standard from the maximum acceleration, velocity for an earthquake (Kawase, 1998; Aoi, et al, 2008; National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2008)

に小さければ、地震波の長周期成分が卓越しうるので、堰、調整池など長大構造物に被害を及ぼすことが考えられるが、今回の地震はそれにも当てはまっている。以上はあくまで Fig.19 の目安に基づくが、今回調査した限りでは、比較的古い堰、水路系の農業水利施設でも、かつその大被害となる目安の下限速度においても（下限速度であれば加速度が非常に大きくとも）、当目安の有効性が補完される結果となっている。

ただし、斜面崩壊、地すべりなど土砂災害にはこの目安は必ずしも当てはまらないと見られ（盛り立て構造物であるため池でもクラック等の被害が見られた）、本地震の震源域周辺地質が栗駒山等の火山噴出物に広く覆われた脆弱地盤なこともあります、地すべり、斜面崩壊、土石流、河道閉塞の被害は各所で散見されている。堰、水路系での被害も、この地盤の脆弱さに起因する地すべり等からの間接被害が大半である。ゆえに、地震リスクの評価においては、地震加速度、地震速度など、地震諸元そのものや施設構造からのリスク評価の他、地質、地形（地すべり履歴等）及び降雨特性を含んだ総合的なリスク評価が必要と思われる。

参考文献

- 1) 青井真・森川信之・鈴木亘・関口春子 (2008) : 2008年岩手・宮城内陸地震の強震動と震源過程, 第36回地盤震動シンポジウム (日本建築学会), 1-8, 平成20年12月9日
- 2) (独)防災科学技術研究所 : HP ; <http://hinet.bosai.go.jp/topics/iwate-miyagi080614/>
- 3) 土木学会・地盤工学会・日本地震工学会・日本地

- べり学会合同調査団（2008）：平成 20 年岩手・宮城内陸地震合同調査団速報会資料，平成 20 年 6 月 20 日
- 4) 2008 年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ：
HP : <http://www.aob.geophys.tohoku.ac.jp/GIMNE2008/>
- 5) 川瀬博（1998）：断層近傍強震動の地下構造による
増幅プロセスと構造物破壊能，第 10 回日本地震工
学シンポジウム，パネルディスカッション資料集，
29-34.
- 6) 気象庁：HP : http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2008_06_14_iwate/index.html
- 06_14iwate-miyagi/index.html
- 7) 国土地理院（2008）：報道記者発表「平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震に伴う地殻変動（第 2 報）」，
平成 20 年 6 月 18 日
- 8) 農林水産省：HP : <http://www.maff.go.jp/j/saigai/zisin/080614/index.html>
- 9) (独)産業技術総合研究所地質調査総合センター：
HP : http://www.gsj.jp/jishin/iwatemiyagi_080614/index.html

Field investigations on Old Irrigation Facilities Damage near the Epicenter of the Iwate Miyagi Nairiku Earthquake in 2008

TSUNESUMI Naoto, MORI Takehisa, TANAKA Yoshikazu and TAKAKI Kyouji

Summary

The Iwate Miyagi Nairiku earthquake in 2008 caused many damages to agricultural facilities. The hypocentral region of this earthquake was shallow and the earthquake acceleration was high, especially in vertical direction around the epicenter. But structural damages were relatively low to the large acceleration, because the velocity caused by the earthquake was not so high to the acceleration for the superior high frequency components in the earthquake wave form. Therefore, full or half structural damaged houses were only about 0.2% (162 houses) of the whole number in Oushu city (Iwate prefecture) and Kurihara city (Miyagi prefecture) with an intensity of 6 plus on the Japanese seven-stage seismic scale. Also, structural damages of agricultural facilities were few and most of the facilities damages were indirectly caused by slope collapse, land slide, land subsidence, surface crack. These damages were remarkable in old irrigation channels, tunnels on riverside steep slopes.

This situation of low structural damages was almost fit to the structural large damage standard from the maximum acceleration ,velocity for an earthquake proposed by Kawase in 1998. Our investigation results supported this standard also in old agricultural facilities, although the maximum velocity for the earthquake was near the lower limit of the structural large damage. But this standard is not able to cover geological damages and indirect structural damages caused by geological damages like slope collapse, land slide, subsidence, and so on. Therefore, it is important for risk analysis that geological and geographical risk assessment should be considered as well as assessments from structural fatigue, earthquake acceleration, earthquake velocity.

Keywords : earthquake, field investigation, rehabilitation, disaster, tunnel, channel, headworks