

第2章 地震による被害

2. 1 農業水利施設

2. 1. 1 ダム



羽鳥ダムの被災

地震発生直後における技術支援の第1次派遣（ダム班（第一次））時の羽鳥ダム被災の記録である。堤頂道路アスファルトの舗装施工継目が開いている。被災状況の詳細は、農村工学研究所技報第213号（特集号：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震）の「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震による国営農業用フィルダムの被害」にて報告している。（右岸地山から見る）

（2011年3月12日、福島県天栄村）

地震直後の波返し



写真左上部三角形の白色部が凍結した貯水面、地震時には常時満水位から4.2m低い貯水位であった。コンクリートブロック積み波返しには顕著な変状は発生していなかったものの堤体天端全長で目地に開きが確認された。変状の最大値は、開き（左右岸方向）が18mm、段差（上下方向）が28mm、ズレ（上下流方向）が15mmであった。復旧時に波返しは撤去された。

（2011年3月12日、福島県天栄村）

下流法面の変状



ガードレール・高欄が沈下している箇所を中心に法肩直下の法面に段差を伴うクラックが発生している。クラック長28.6m、幅120mm、段差220mm（上流側下がり）、深さ0.6m（ピンの貫入深度による計測）である。なお、試掘トレンチにおいて確認されたクラックの深さは最大1.40mであった。

（2011年3月12日、福島県天栄村）

下流側法肩の沈下



人物が集まっている箇所の手前側付近でガードレールと高欄が沈下しゆがんでいる。最大沈下量は93mm、前掲のクラックの発生長と沈下箇所はおおよそ一致している。

(2011年3月12日、福島県天栄村)

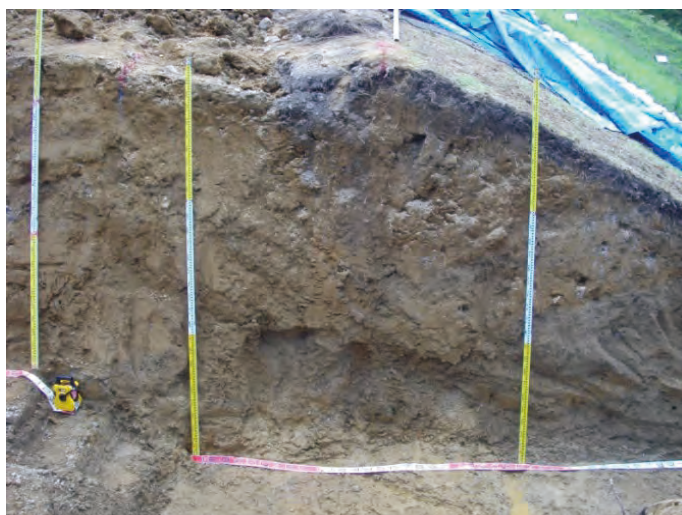
ダム軸付近の横断方向開削面



下流法面の段差を伴うクラック発生箇所を含む横断方向の試掘トレンチ開削面である。写真上部の人物の足元の赤色ラインがダム軸であり、深さ1.5m程のクラックが開削面に観察された。他の試掘トレンチでは最大2.7mの深さに到達するクラックが観察された。

(2011年8月24日、福島県天栄村)

段差クラック箇所の横断方向開削面



下流法面の upstream 側に沈んだ段差を伴うクラックの発生箇所の試掘トレンチ開削面(左岸側開削面)である。前掲の開削面と同一の横断面である。深さ0.65mと0.9mのクラックが開削面に観察された。左から二つ目の標尺の右側の表面の窪みが段差を伴うクラックの発生箇所である。

(2011年8月24日、福島県天栄村)

西郷ダムの被災



地震発生直後における技術支援の第1次派遣（ダム班（第一次））時を主とした西郷ダムの被災の写真である。被災状況の詳細は、前掲の「羽鳥ダムの被災」と同様に報告している。右岸地山の法面保護ブロックの崩落である。

（2011年4月22日、福島県西郷村）

上流法面の馬蹄形の窪み①



窪み右岸側から見る。積雪のない箇所付近で馬蹄形の窪みを生じている。窪みの段差は約0.5m、幅は20m程度である。画面左の白色部は凍結した貯水面である。地震時の貯水位はほぼ常時満水位であった。

（2011年3月13日、福島県西郷村）

上流法面の馬蹄形の窪み②



上流法面は凍結した貯水面まで変状が連続し、馬蹄形の窪みの法面に沿った斜長は約10m程度であった。この窪みを含む横断面の堤頂部にはダム軸方向へ長さ15.4m、開口幅0.2m、深さ1.1m（測量ポールによる）のクラックが存在した。波返しは全長にわたって顕著な変状は見られなかった。

（2011年3月13日、福島県西郷村）

地震前の上流法面



地震前の上流法面である。上流法面の貯水面と堤頂の中間標高に位置する捨石止コンクリートは直線である。

(2008年11月5日、福島県西郷村)

地震後の上流法面①



地震後の上流法面である。画像右側の法肩下付近に黒っぽく見える箇所が前掲の馬蹄形の窪みである。上流法面の段差・不陸の発生は、斜長19m、水平幅54m程の馬蹄形の変状を最大として上流法面全面に大小26箇所認められ、規模の大きな変状は右岸側法面に多い。

(2011年4月19日、福島県西郷村)

地震後の上流法面②



馬蹄形の窪み(画像右端の中央やや上の乱れた玉石の箇所)と捨石止コンクリートの屈曲である。上流法面の全面において捨石止コンクリートが法先方向に変形しており、画像の屈曲部は変形が大きく、水平幅で20m程度に及ぶ。

(2011年4月19日、福島県西郷村)

馬蹄形の窪みの試掘トレンチ



法面最上層にある玉石の下部は、小円形礫の裏込め材である。その下部に法面と平行な法面保護層がある。この層内および下部の盛土との境界では含水比の高い軟弱化した連続面が確認された。これらの軟弱部は、堤体内に認められたクラックや開口クラック（小円形礫を狭在している）に連続する傾向が認められる。

（2011年4月22日、福島県西郷村）

捨石止コンクリートの破壊①



施工継目の箇所であり画像上部が堤頂側となる。前掲の捨石止コンクリートの屈曲状況から堤頂側が曲げによる圧縮力を受けて圧潰している。

（2011年4月22日、福島県西郷村）

捨石止コンクリートの破壊②



捨石止コンクリートの屈曲部を左岸側堤頂側から見た写真である。捨石止コンクリートの頂部で0.8m程度水平移動し、0.35m程度沈下している。頂部面は水平面から約27度下方向へ傾いている。

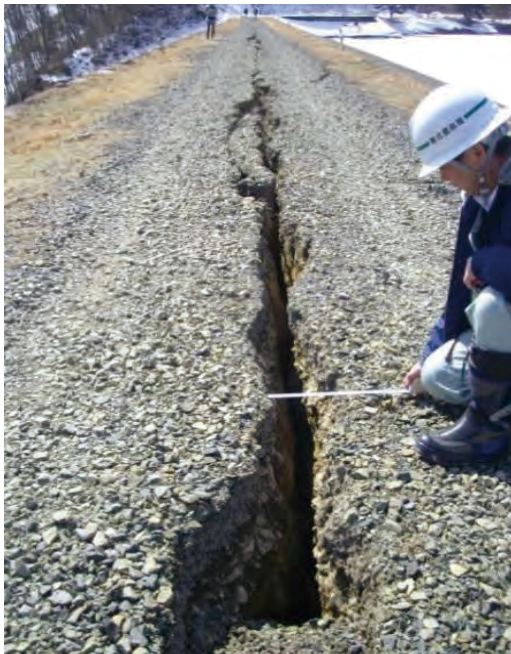
（2011年4月22日、福島県西郷村）

堤頂のダム軸方向の開口クラック



右岸側上流法肩から見た状況である。天端に発生したクラックはダム軸方向に伸びており複数列のクラックが発生している。ダム軸方向へ62.7mの長さにわたり最大幅0.5m、深さ1.6m(測量ポールによる)のクラックを最大とする大小12条のクラックが発生している。

(2011年3月13日、福島県西郷村)



開口クラックの開口幅

左岸側から最も長い(62.7m)延長のクラックをみた状況である。開口幅は0.2m程度である。大小12条のクラックの発生個所は堤頂の中央部から堤頂長の3/4程度の範囲に発生し、左右地山寄りの堤頂には発生していない。

(2011年3月13日、福島県西郷村)



開口クラックの深さ

前掲の箇所での深さの測定では鋼製巻尺が100cm程度挿入された。この付近の試掘トレンチでは最大深さ2.75mまでほぼ鉛直にクラックが到達し、深くなるに従い開口幅は狭まっている。右岸寄りの堤頂部の試掘トレンチではクラックは最大深さ3.5mである。

(2011年3月13日、福島県西郷村)

開口クラックの内部



堤頂面から5cm程度下から見たクラックの内部である。平滑なクラック面ではなく開口壁面には凹凸がある。

(2011年3月13日、福島県西郷村)

開口クラックを含む試掘トレンチ開削面



前掲の最大延長のクラックを含む試掘トレンチの右岸側開削面である。上部中央の割れ目が堤頂で開口幅0.2m程のクラックであり、わずかに上流側(右側)へ傾きながら下方向(下中央の丸い水滴の写りの方向)に伸び、最深部は抱土と鋼土の境界となる2.75m深さまで到達していた。鋼土内へは進展していなかった。右上から右下の黒線はクラックではなくポンプ用電源ケーブルである。

(2011年4月19日、福島県西郷村)

波返し状況



波返しには顕著な変状や不連続性は観察されない。堤頂中央部の堤長1/2程度の範囲において0.3m強(最大0.36m)の鉛直変位が測量された。しかし、この値には地震による沈下のみでなく経年沈下が含まれている。20~30cmの鉛直変位を計測した箇所は、堤頂のダム軸方向のクラック発生箇所と一致する傾向が認められる。

(2011年3月13日、福島県西郷村)

2. 1. 2 ため池



中池堤体の決壊跡

堤高11.4m、堤頂長85m、総貯水量35,000m³、均一型堤体である中池が決壊した。堤体土はシルト(高液性限界)、基礎地盤は若干固結した黒色の有機質細粒分質砂である。決壊により、左岸側および右岸側の数m区間を残して底樋設置部分を中心に堤体はほぼ完全に消失していた。底樋の下部の有機質細粒分質砂は洗掘されていないことから、基礎地盤より上部あるいは基礎地盤と堤体の境界ですべり等の破壊が発生し、決壊に至ったと推察される。

(2011年6月8日、福島県須賀川市)

中池の決壊



決壊した中池は、二次被害が発生した藤沼貯水池から直線距離で約6.3km離れたところに位置する。堤体は左右岸の数mを残して、ほぼ全長に亘り流亡している。

(2011年6月14日、福島県須賀川市)

改修済ため池の被災



堤高7.8m、堤頂長180m、総貯水量175,000m³、前刃金堤体の笹平池で天端および上流斜面の縦断クラック、横断クラック、上流斜面のすべり、天端の沈下、下流斜面のすべりおよびクラックなどの被害が生じた。このため池は2008年に改修が完了しており、その際には震度法による安定解析(設計震度0.15)で安全率1.2以上が確認されている。耐震設計がなされたにも拘らず被害を生じた。

(2011年6月8日、福島県須賀川市)

蛇ノ鼻中ノ池の被害



堤高6.4m、堤頂長153m、総貯水量55,000m³の蛇ノ鼻中ノ池で被害が生じた。堤体中央部で幅約20mにわたり、上流斜面が桜の木とともに貯水池内に崩落している。天端には全面にわたって縦断クラックが発生し、崩落部の右岸側には横断クラックも確認された。堤体天端上流斜面法肩の急傾斜部に桜の木が植えられており、地震時に木が揺すられて堤体にクラックが入り、すべりにつながったものと考えられる。

(2011年3月14日、福島県本宮市)

岩根大池の斜面崩壊



堤高7.5m、堤頂長26.4m、総貯水量59,000m³、均一型堤体の岩根大池で被害が発生した。上流斜面の斜面保護コンクリートパネルに長さ約70mにわたり縦断方向のクラックが生じている。上流斜面に一部、数mにわたりすべりによる崩壊があった。堤体の一部が大きく崩壊したものの、緊急的に貯水位を下げたことにより、余震による被害拡大を防ぐことができた。被災前から左岸側下流斜面法先に漏水があり、被災後に漏水量が増加したとの報告があった。

(2011年3月14日、福島県本宮市)

蛇ノ鼻上池の被害



堤高5.5m、堤頂長81m、総貯水量24,000m³の蛇ノ鼻上池は、地震により堤体上流斜面が幅約10mの範囲で崩落した。また、上流斜面には基礎の根入れが無い鉛直なコンクリートブロック製の波除工が設置されており、この波除工が地震により池側へ転倒していた。堤体には桜が植えられていたが、地震により木の幹が揺すられ、堤体に大きな荷重が加わった可能性がある。現在は、堤体上の桜は撤去されている。

(2011年3月14日、福島県本宮市)

青田新池のすべり破壊



堤高8.3m、堤頂長275m、総貯水量17,000m³の青田新池が決壊した。このため池は東側の堤体（東堤）と南側の堤体（南堤）で構成される廻り堰であり、東堤の直下流には民家が存在している。決壊は東堤と南堤の結合部である屈曲部で発生した。天端には東堤から南堤にわたってほぼ全面にクラックが入っており、東堤の下流斜面（決壊部の左岸側）にはすべりが発生している。

（2011年3月14日、福島県本宮市）

青田新池の下流の状況



福島県本宮町内の青田新池は、地震により堤体が崩壊し、池の貯水が下流に流出した。写真左奥に見えるのが堤体決壊部、手前は堤体直下にある住宅の敷地である。流出した貯水は住宅地のすぐ横をかすめ、下流の農地と別のため池内に流入した。

（2011年3月14日、福島県本宮市）

青田新池の決壊断面



決壊した青田新池の決壊断面である。青田新池の堤体は屈曲部を持つ廻り堰である。決壊は堤体の屈曲部で発生している。写真は、決壊部の断面である。堤体は均一型の粘性土である。

（2011年3月14日、福島県本宮市）

三ツ森池の被害



堤高28.5m、堤頂長205m、総貯水量720,000m³、中心コア型堤体の三ツ森池で被害が生じている。天端に縦断クラックが約130mにわたって発生している。このクラックは上流側が下流側よりも低くなっており、最大で高さ約0.6mの段差が生じていた。上流斜面法肩の鉛直波除工が上流側に僅かに転倒し、その変形に伴い波除工直下の石積みが鱗状にめくれ上がるような変形を生じている。また、天端から斜距離で約11m下の上流斜面でも堤軸方向全体に石積みの孕み出しが生じている。

(2011年3月14日、福島県大玉村)

三ツ森池の天端部のクラック



三ツ森池は、堤高28.5m、貯水量265,000m³の大規模ため池である。地震により、堤体天端全長に亘ってクラックが発生し、約0.6mの段差が発生した。余震等による被害拡大の可能性を調べるため、農村工学研究所では電気探査等により、地中内の亀裂の深さを調査した。その結果、クラックの深さは地表面から4～5mであることが判明し、貯水を数m下げることによって、安全性が保たれることが分かった。

(2011年3月14日、福島県大玉村)

三ツ森池の天端部の段差



三ツ森池では、天端に0.6mの段差があるクラックが発生した。

(2011年3月14日、福島県大玉村)

藤沼貯水池の決壊



藤沼貯水池（堤高18.5m、堤頂長133m、総貯水量1,504,000m³）は、地震直後に堤体が大きく変形し、貯水が堤体を越流して、決壊に至ったと報告されている。決壊により、貯水が下流の住宅を直撃し、8名の犠牲者が出た。写真は、左岸側から右岸側の決壊断面を撮影したものである。

（2011年6月8日、福島県須賀川市）

藤沼貯水池の決壊断面



決壊した藤沼貯水池の堤体は、第2次大戦前後に築造された。年代により築堤材料が異なり、上部に砂質土、中部にシルト、下部に砂質土が用いられている。砂質土の部分が地震による繰り返し荷重により、強度低下したことが決壊の原因とされている。

（2013年6月8日、福島県須賀川市）

藤沼貯水池の決壊部



藤沼貯水池の決壊部を下流側から撮影した写真である。地震直後、堤体が大きく沈下し、貯水が堤体を越えて侵食された。写真手前のやや黒い部分は基礎地盤である。

（2013年6月8日、福島県須賀川市）

藤沼貯水池の副堤の崩壊



藤沼貯水池は、池の東側の本堤と南側の副堤で水を止める構造となっている。写真は、副堤（堤高10.5m、堤頂長72.5m）が地震により上流側にすべり崩壊した状況を撮影したものである。

(2011年6月8日、福島県須賀川市)

ため池堤体の強度調査



残った堤体部の土質や強度を貫入試験によって調査し、堤体の構造を確認している。正確な土質強度を求めるために、堤体の不攪乱の試料を採取し、詳細な室内強度試験も実施している。

(2011年6月14日、福島県須賀川市)

野々海池の堤体と余水吐



平成23年3月12日3時59分頃、長野県北部を震源とするマグニチュード6.7の地震が発生した。この地震により、長野県栄村では震度6強を観測した。
昭和30年に造られた野々海池は、栄村の北部、標高約1,000mの高地に位置する。野々海池は、中心コア型のアースダムで堤高14.0m、堤頂長62.0m、総貯水量136万 m^3 、受益面積127haと大規模なため池であり、地域の重要な水源となっている。

(2011年6月13日、長野県栄村野々海池)

堤頂部亀裂の観測状況



堤頂部に亀裂(長さ20m、深さ0.9m:長野県担当者からの聞き取り)が発生していた。調査時には亀裂の発生箇所はビニルシートで覆われ、地盤伸縮計により2測線で亀裂の幅を観測中であった。調査時には満水状態で、余水吐からわずかに越流していた。
本地域は豪雪地帯であるため、標高の高い箇所の雪解けを待ってから調査を開始した。

(2011年6月13日、長野県栄村野々海池)

堤体下流法面を左岸より望む



堤体の上下流法面や余水吐の状態を目視にて確認したが、堤体の目立った変形や漏水などの異常は見られなかった。
野々海池は雪解け水が主な水源で利用可能性が限られており、また斜樋では急速な水位低下は期待できないことから、すぐに水を落とすことができない状況にあった。このため、灌漑期間中は、堤頂部の亀裂の動きやその他の変状の発生を注意深く監視することとした。

(2011年6月13日、長野県栄村野々海池)

堤体天端亀裂に対する緊急調査



貯水池ではその後の余震や豪雨により2次被害が生じる恐れがあり、亀裂や変形の影響範囲よりも低いレベルに貯水位を降下させる必要があった。このため、緊急的な亀裂範囲の調査法として、電気探査を用いて亀裂の影響範囲を推定する手法を三ツ森池(大玉村)および西郷ダム(西郷村)で試みた。写真は堤高28.8m、堤長205m、中心遮水ゾーン型の三ツ森池で、推計震度6弱のエリアに位置し、上流側落ちの段差を伴う縦断亀裂が約130mにわたって発生している。

(2011年3月14日、福島県大玉村)

探査準備



電気探査は、地盤に電流を流し、その応答を測ることで、地盤の状況を推定する手法である。導電性物質の有無によって応答が大きく変わる事を利用して、モニター剤の注入前後に、縦断方向2測線、横断方向1測線において測定を行った。調査後には貯水位を低下させること、亀裂範囲は除去し、再施工されることから、水 500L、石灰10kg、並塩20kg、メチレンブルーの混合液をモニター剤として注入した。注水後は万一の亀裂拡大に備えて、亀裂間隔をメジャーで監視した。写真は西郷ダムで行なった時のものである。

(2011年3月25日、福島県西郷村)

探査結果に基づく状況検討



探査結果を基に現地で堤体の亀裂状況を確認し、対応策などの意見交換をしている状況。三ツ森池の探査データを解析した結果、深度 5 ～ 6mまで鉛直に伸びる比抵抗低下領域が検出された。上流側斜面のすべり破壊の存在が懸念されたが、比抵抗低下領域は鉛直構造を示し、上流や下流に向かう構造はみられないことが推測された。その後、福島県が行ったトレンチ調査(注水箇所より約20m 右岸側)では、天端から4.75mの亀裂深度が確認され、探査結果と調和的な値であった。また、上流側斜面の変状が堤体のすべりではなく敷石の滑動にとどまることが確認された。

(2011年3月23日、福島県大玉村)

2. 1. 3 パイプライン



パイプ敷設道路の亀裂

福島県国営隈戸川地区のパイプラインは鋼管とFRPM管が1.68kmにわたり敷設されている。管の離脱3箇所、管理基準を超えた継手部などは145箇所、さらには道路の陥没、マンホールの浮上などの被害が発生している。矢吹南第2空気弁工周辺では約300mにわたりFRPM管（φ2,200mm）が浮上しており、地表面には大規模な亀裂が生じている。この亀裂の深さは最大で1.6m以上であった。

写真右側は北陸本線の軌道盛り土、左側は斜面となって水田につながる。

（2011年4月、福島県隈戸川地区）

マンホールの被害状況



矢吹第2空気弁工は地表面と約1.5mの大きな段差が生じている。本地区においては、一部でパイプが沈下している箇所もあった。パイプラインの左岸部が高さ5mの盛り土となっているため、地震による変形・沈下が発生しており、この盛り土変形の影響を受けてパイプの沈下が生じたものと思われる。また、浮上している箇所については、埋め戻し材料の液状化に起因する変状である。矢吹南第2空気弁工は、地下水水位が空気弁工の底面から約1.8mの状態では浮上している。

（2011年4月、福島県隈戸川地区）

パイプの浮上・沈下、蛇行



矢吹第2空気弁工付近の直線区間（直径2,200mmFRPM管）でも大きな不陸が発生しており滞水が見られる。直線部でこれほどの浮上や蛇行が生じたのは、基礎材料の液状化によるパイプの浮上と、盛り土の変形の影響が混在したためと思われる。

（2011年4月、福島県隈戸川地区）

口径変化箇所の被害(片落管の移動)



片落管(口径2,400-2,000 mm)の継手部での離脱とその周辺での許容値を超える抜出し及び不陸の被害が発生している。離脱した片落管は口径が変化しているために、内水圧により管軸方向に不平衡力が作用する。不平衡力が大きい場合にはスラストブロックによる対策が必要であるが、この箇所ではスラストブロックは設置されておらず、埋め戻し地盤の受働土圧で抵抗する構造となっている。大きな地震動を受けた場合には管内水の挙動によって動水圧が作用する可能性があることや、周辺地盤の間隙水圧の上昇による地盤剛性の低下などが、管の離脱に影響した可能性がある。0.3~0.4mの異形管の移動によって、完全にパイプが離脱し漏水している。

(2011年4月、福島県隈戸川地区)

口径変化箇所の被害(スラストブロックの破壊)



矢吹南第2分水工から約140m下流側にある片落管(φ2,200-1,800mm)に設置していたコンクリートスラストブロック(厚さ0.5m×2.5m×2.5m)が完全に割れており、片落管が大きく移動したことが分かる。内水圧は約0.3~0.4Mpa作用していた箇所である。

周辺のパイプが浮上していることから、埋め戻し砂の液状化による支持力低下が大きな影響を及ぼしていることが理解される。

(2011年4月、福島県隈戸川地区)

現地調査後の状況整理と調査方針検討会



全路線のパイプラインの敷設状況や被害状況の整理と調査方針についての検討会。

パイプラインのマンホールなどの構造物周辺や曲がり管部、地形変化点、地下水位の高い地点などのウィークポイントを重点的に調査し、パイプ内部の変状と合わせて総合判断することなどを協議。

(2011年4月、福島県隈戸川地区)

パイプの埋め戻し材



パイプの埋め戻し材料に用いた代表的な砂(S-FG)である。当時の設計基準や施工管理基準などによると埋め戻し材の締固め度は85～90%と考えられる。土地改良事業計画設計基準及び運用・解説設計「パイプライン」に示されている締固め度と液状化応力比の関係から判断すると、液状化抵抗力は0.2～0.3程度であったと思われる。当地区の推計地震動と埋め戻し材の特性から、液状化の可能性が高い。

(2011年4月、福島県隈戸川地区)

小規模マンホールの浮上



このような小規模のマンホールが敷設されている集落近くのパイプラインは、地表面の変状も著しく、パイプの敷設箇所の上部が帯状に沈下している。埋め戻し材の地震時の変形(沈下)が原因と思われるが、マンホールは写真のように浮上している。パイプラインの継ぎ手部の移動量が大きく、大多数のパイプの敷設替えが必要な状況となっている。

(2011年4月、福島県隈戸川地区)

分水工の浮上被害



谷地第2分水工は液状化により数10cm浮上している。パイプが埋設されている周辺の道路や地盤にも亀裂や沈下が発生しており、地震によって地盤全体が大きく動き、特に埋め戻し材料の変形による地盤沈下、パイプの抜け出しが生じたものと考えられる。さらに、埋め戻し材の液状化によって分水工も浮上している。

(2011年4月、福島県隈戸川地区)

砕石によるパイプラインの復旧



砕石で口径2,400mmのFRPM管を埋戻して、復旧を行っている。本地区では、基礎材料に用いた砂が地震時に液状化して、パイプラインに浮上、蛇行などの被害が生じた。地震による再被災を防止する観点等から、液状化を生じにくい砕石を基礎材料に選定した。なお、本工区では曲げ配管(直管を継手部で曲げて接続)を採用している。

(2012年1月24日、福島県隈戸川地区)



基礎材料の噴砂

地表面の亀裂部より基礎材料の砂が液状化を生じて、地下水とともに噴出(噴砂)した。地表面の亀裂部は、パイプラインの埋戻し部に沿って生じている。なお、敷設されているパイプは、口径1,500mmのFRPM管で、埋設深は2~3mである。また、この周辺では、基礎材料の液状化により、排泥工の浮上、傾きの被害が生じている。

(2011年3月28日、福島県隈戸川地区)

パイプラインの浮上



液状化により口径1,800mmのFRPM管が浮上している。写真の奥側に位置するパイプの浮上量が特に大きく、敷設当初と比較して、最大で1.4m浮上している。この箇所では、被災後の調査で地盤の密度を確認したが、設計値(締固め度90%)を満足していた。今回のような大きな地震動を受けると、設計通りに施工している場合でも、こうした被害が生じる恐れがある。

(2012年1月10日、福島県隈戸川地区)

曲管部でのパイプの離脱



口径700mmのFRPM管が曲管部で離脱した。離脱に伴って漏水が生じ、パイプ周辺の地盤が流失して、道路が陥没した。本箇所では、基礎材料には砂を用いているが、噴砂などの明らかな液状化の跡は確認できなかった。地震時に発生したと考えられる動水圧、地盤のスラスト抵抗力の低下、スラスト力対策に用いているコンクリートブロックとパイプの地震動に対する応答特性の違いなどにより、曲管の継手で離脱したと思われる。

（2011年4月15日、栃木県芳賀台地地区）

構造物と原地盤に生じた段差



利根川沿いにパイプラインが敷設されている本地区では、基礎材料を含む原地盤が広範囲に亘り液状化した。液状化を生じた原地盤は、液状化後に沈下をしたため、分土工などの構造物と段差が生じた。なお、写真の箇所では0.6mの段差が生じていた。段差が生じたために、構造物に接続しているパイプが離脱を生じ、漏水した。

（2011年6月13日、茨城県新利根地区）

機場と原地盤に生じた段差



上記の写真と同じ箇所にある機場で、原地盤が液状化により沈下したため、建屋と地盤との間に段差が生じている。なお、機場の周辺にある民家や電柱なども、傾きや沈下などの被害が発生した。

（2011年6月13日、茨城県新利根地区）

地表面まで浮上したパイプライン



原地盤が液状化を生じ、口径700mmのFRPM管の一部は地表面まで浮上した。地震時には充水されておらず空であったため、比重が小さく、パイプは浮上しやすい状況であった。写真は、復旧のために、パイプ周辺を掘削した時の様子である。地下水位が高いため、ウエルポイント工法により地下水位を低下させている。パイプは圃場に埋設されていたが、圃場も液状化による大量の噴砂で埋没する被害を受けた。

（2012年1月17日、茨城県新利根地区）

パイプライン敷設道路の沈下



パイプラインの埋戻し部に沿って、道路が沈下している。口径600mmのFRPM管が埋設されており、沈下幅は約2m、沈下量は最大で0.4m以上であった。基礎材料は砂である。埋戻し部は沈下しているが、その後のカメラ調査では、パイプには継手部の抜出しなどの被害は見られなかった。地震から約2年半経過していたが、原発事故で警戒区域に指定されたため、復旧ができない状況であった。

（2013年8月6日、福島県請戸川地区）

2. 1. 4 水路



コルゲート管で応急復旧された開水路

山の斜面に設置された水路については、顕著な被害が見られた。千曲川の支流である奈免沢川から取水し、柳在家、志久見、雪坪地区へ導水する内池用水が山の斜面（西向き）ごと崩落した被害である。

既設水路はコンクリート二次製品フリューム（500×300mm）であったが、途中数十mが山腹斜面ごと崩落していた。調査時には、応急復旧工事によりコルゲート管（口径300mm）を崩落斜面に設置し、通水を確保している状況である。

（2011年6月13日、長野県栄村内池用水）

開水路の応急復旧状況



応急復旧工法は、崩落した斜面上に木板製の架台を取り付け、その上にコルゲート管を設置するというものである。

本地域は豪雪地帯であることから、現状のままでは雪崩等により応急復旧箇所が再度崩落する危険性がある。

（2011年6月13日、長野県栄村内池用水）

既設水路とコルゲート管との接続部



既設フリューム水路とコルゲート管の接続部は、コンクリートフリューム水路を堰上げし、コルゲート管の呑口部をコンクリートで巻立てる形で施工されていた。なお、被災箇所の前後の水路区間にはほとんど被害が見られない。

（2011年6月13日、長野県栄村内池用水）

調査位置

調査地点の一覧。
この地区の震度は震度5強
～震度6弱であった。



大島地区の水田の液状化



横利根川の右岸に位置する水田。微地形は旧河道であるが、液状化の程度は小規模である。この水田ではトラクターを使用した均平化と代かきにより稲の作付けが可能であった。

(2011年4月24日、千葉県香取市大島地区)

西代地区の水田の液状化



水田は全面にわたって0.2～0.3m程度の厚さの噴砂で覆われている。

(2011年5月1日、茨城県稲敷市西代地区)

西代地区の排水路の損傷①



周辺地盤に柵渠が押され、くの字型に変形している。液状化による噴砂で排水路は埋まっていたが、重機により砂を排水路から排出し、地震から1ヶ月後には写真の状態まで修復した。水路本体の損傷は発生しているが排水機能は回復していることが分かる。利根川方面を向いて撮影している。

(2011年4月24日、茨城県稲敷市西代地区)

西代地区の排水路の損傷②



柵渠は土中にH鋼を打込み、H鋼で柵板をはさむ構造である。写真からH鋼の部分で大きく折れ曲がっていることが分かる。

(2011年4月24日、茨城県稲敷市西代地区)

排砂による排水路の復旧



排水路の両側には、バックホーで排出された噴砂が積まれていた。このように地震で被災したとしても、開水路の修復性は高いと考えられる。

(2011年4月24日、茨城県稲敷市西代地区)

柵渠の倒れ込み①



利根導水機場西側の排水路。水路の構造は柵渠。ところどころで、柵板が倒れ込んでいる。排水路の両岸には柵渠に噴出した砂が排出されており、排水機能はほぼ回復していた。写真右側の道が大きくうねっており、地盤が大きく変形したことが分かる。北に向かって撮影。

(2011年5月1日、茨城県稲敷市結佐六角地区)

柵渠の倒れ込み②



上記の排水路を利根川方面に向けて撮影。柵渠の倒れ込みの近影。柵杭がズレ柵板が倒れ込んでいる。

(2011年5月1日、茨城県稲敷市結佐六角地区)

噴砂で埋没した水路



噴砂で埋没した水路。水路幅は約0.5mである。

(2011年5月1日、茨城県稲敷市結佐六角地区)

柵渠の倒れ込み・浮上



利根導水機場北側の柵渠の排水路（水路幅3.5m）。地盤が持ち上がるように変形したため、柵渠も一部浮上したように変形している。

（2011年5月1日、茨城県稲敷市結佐六角地区）

ボックスカルバートの段差



上の写真のすぐ北側のボックスカルバート。ボックスカルバートの基礎には松杭が2m程度打ち込まれており、そのため沈下が抑制され、周辺地盤との間に段差ができた可能性がある。ボックスカルバートの両側のウイングは差し筋のみで接合されていたため、両側に沈み込んでいる。段差は0.2m程度あり、車両通行は危険な状態であった。液状化被害の可能性がある地域は、液状化後の交通障害に対して緊急対応が必要である。

（2011年5月1日、茨城県稲敷市結佐六角地区）

道路の変状



利根導水機場の北端から北を向いて撮影。北に向かう道路が液状化により大きくうねっているのが分かる。

（2011年5月1日、茨城県稲敷市結佐六角地区）

利根川への排水ポンプ場の排水槽



排水ポンプ場(写真左)の運転を停止し、利根川からの背水を排水路に逆流させ供給しているところ。この逆流水を水田用水として利用していた。排水路の側壁の一部が傾いているが、中央排水路ではこのような変状はごく一部である。

(2011年6月16日、茨城県稲敷市)

利根川の排水樋門



上記のポンプ場から利根川に排水するための樋門。樋門は開放されており、池のように見えるのは利根川の背水の影響である。

(2011年6月16日、茨城県稲敷市)

ポンプ場



ポンプ場周辺の水田は液状化していたが、ポンプ場そのものは大きな沈下などは生じておらず運転可能な状態であった。

(2011年5月1日、茨城県稲敷市結佐六角地区)

新利根川



東小学校付近の新利根川。被害は特に見られなかった。旧河道から離れているためと考えられる。

（2011年6月16日、茨城県稲敷市石納地区）

住宅の庭の地割れ



上の写真から500m程度離れた地点。住宅の庭に生じた大きな地割れ。

（2011年6月16日、茨城県稲敷市結佐地区）

西代第2機場



西代地区に横利根川から用水を供給する起点となるポンプ場。ポンプ場建家周辺が液状化し、鋼管等の離脱、水路への噴砂の流入などが発生し、揚水機能を喪失した。ポンプの運転ができないため、このポンプ場掛の水田は平成23年度の稲の作付けができなかった。

（2011年5月1日、茨城県稲敷市）

可とう管の変形状況



ポンプ設備近傍の可とう管の状況である。向かって左側が液状化により大きく沈下したが、可とう管が性能を発揮し、破損は免れたようである。

(2011年5月18日、千葉県神崎町)

排水路の状況



農地に発生した液状化による噴砂が排水路に流れ込んでいる。また、排水路自体も液状化により傾いている。

(2011年5月18日、千葉県神崎町)

農地の状況



一部、何とか水田の作付けを実施できた場所もあるが、液状化により地盤の不陸が発生している。水路近傍の地盤もゆるみ、電柱が傾いている。

(2011年5月18日、千葉県香取市)