

東北地方太平洋沖地震に伴う霞ヶ浦用水施設の被災状況と応急対策の報告

西川 隆 司

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃発生した東北地方太平洋沖地震により、霞ヶ浦用水施設においても地震観測基準点で最大震度 6 強を観測し、液状化によりパイプラインが大きな被害を受け、一時送水不能となった。発災後、利水者をはじめとする関係機関等の協力を得て、また全社的な支援態勢を構築し職員が一丸となって応急対策に取り組んだ結果、都市用水については 1 週間で通水を再開することが出来た。

本稿では、今後の施設管理ならびに災害対応の一助とするため、霞ヶ浦用水施設の被害状況及び応急対策の実施状況等を報告するものである。

キーワード：東北地方太平洋沖地震、東日本大震災、霞ヶ浦用水、応急復旧

1. はじめに

霞ヶ浦用水事業は、茨城県西南地域の 13 市町にまたがる約 19,300 ha の農地に最大約 17.76 m³/s の農業用水を供給するとともに、この地域の 9 市町に最大約 0.58 m³/s の水道用水、14 市町に最大約 1.06 m³/s の工業用水を供給する総合的な利水事業である。農林水産省、茨城県及び水資源機構（旧水資源開発公団）がそれぞれの事業区分ごとに事業を実施しており、昭和 63 年度から暫定通水を開始した後、平成 6 年度からの管理移行を経て、これまで 22 年が経過している。

送水方法は、霞ヶ浦開発事業で開発された霞ヶ浦を水源とし、茨城県かすみがうら市牛渡地先に設置した揚水機場より取水し、管路を通して筑波山中腹の吐出水槽へと圧送する。その後、自然流下により筑波トンネルを経て南椎尾調整池へと到達し、調整池から自然圧により管路を通して国営造成施設（農林水産省）へと引き継がれる。

筑波トンネルより上流側の管路を送水路、南椎尾調

整池より下流側の管路を管水路といい、共用区間（農業用水・都市用水）は 2 連構造、専用区間（農業用水）は 1 連構造となっている。図 1 に施設縦断図を示す。

2. 地震の概要

(1) 地震の概要

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃、三陸沖を震源とするマグニチュード 9.0、南北に 500 km、東西に 200 km という広範囲で連鎖的にプレートを崩壊させた想像を絶する巨大地震が発生した。この地震により宮城県栗原市で震度 7、宮城県、福島県、茨城県、栃木県で震度 6 強など広範囲で強い揺れを観測した（図 2）。

(2) 地震直後の状況

地震直後、管理所では停電となり揚水機場のポンプが急停止した。そのため、操作室の監視制御設備の警報ブザーが鳴り響いたが、突然の激しい揺れに立つことが出来ず、止めに行くことすら出来なかった。また、事務室ではほとんどの書棚から書類が散乱したが、幸いけが人はなかった。

管理所の電気ならびに水道は 1 日で復旧したが、電話・携帯電話は地震後 5 日間は繋がりにくい状態が続いた。

霞ヶ浦用水施設の 9 箇所の地震観測基準点では、最大震度 6 強を観測したため、15 時には防災の非常態勢に入り直ちに施設の総点検を開始し、被害状況の把

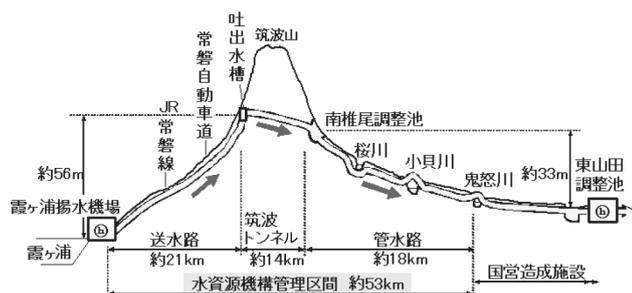
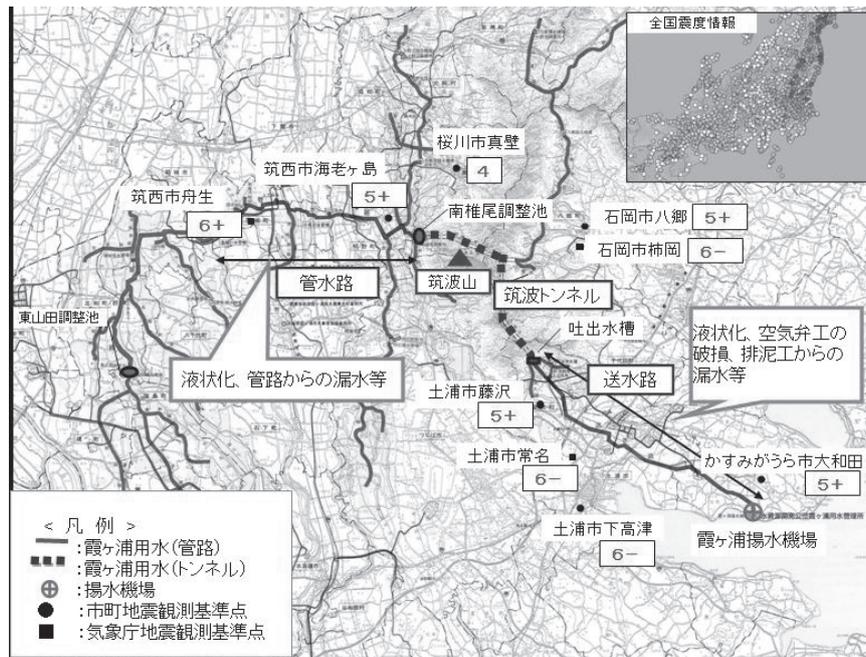


図 1 霞ヶ浦用水施設縦断図



図一 2 震度情報及び被害位置図

握に努めた(図一2)。巡視・点検は、施設が全延長約53kmと長大であるため、事務方も含め全職員総勢11名で対応にあたった。

び農地(水田・畑)において、液状化による噴砂ならびに地表面の亀裂・沈下が確認された(図一4)。

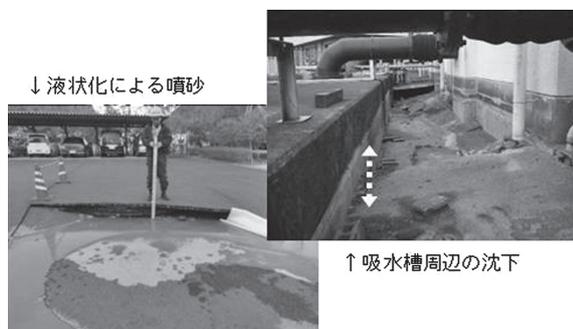
3. 被災状況

施設の巡視・点検の結果、以下のような被害状況が確認された。

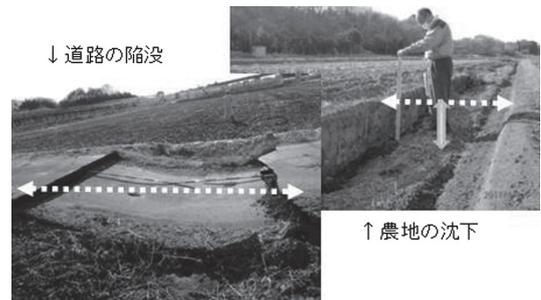
(1) 埋設管周辺の液状化と周辺地盤の沈下

① 揚水機場周辺

揚水機場構内において、揚水機場から送水路に接続する1号制水弁の間の埋設管上部、揚水機場及び吸水槽の周囲等で液状化による噴砂及び地表面の沈下が確認された(図一3)。



図一 3 揚水機場周辺の液状化状況



図一 4 道路・農地の沈下状況

なお、その後の調査の結果、埋設管の基礎・埋戻しに使用した砂質土が液状化したことを確認しているが、その詳細は本稿では割愛する。

(2) 空気弁の破損

送水路及び管水路の空気弁は口径φ200mm、φ150mmを基本として空気弁室内に設置している。また、空気弁室には道路下には格子蓋、その他はステッキタイプの空気抜きがある。

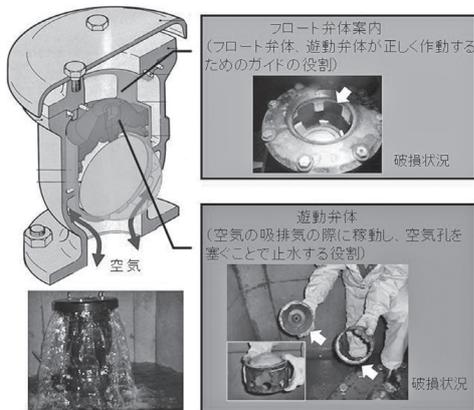
地震発生後の巡視・点検の途中、弁室の空気抜きから水が噴き出し道路が冠水しているのを確認しているが、水を止めることはできず、自然に止まるのを待つしか術がなかった。空気弁が地震で破損し漏水しているという考えには至らなかった。

空気弁がどのように壊れているかは、その後の調査でフロート弁体案内(以下、「ガイド」という)及び

② 埋設管周辺

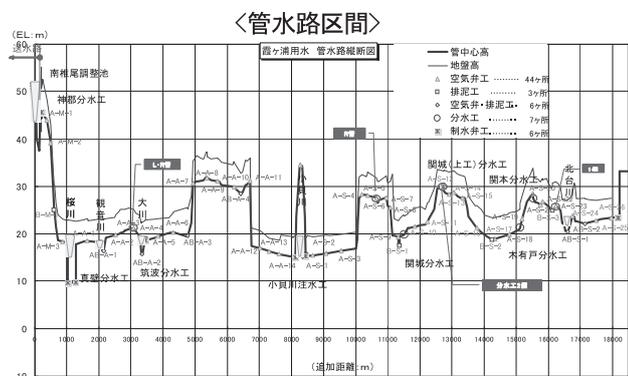
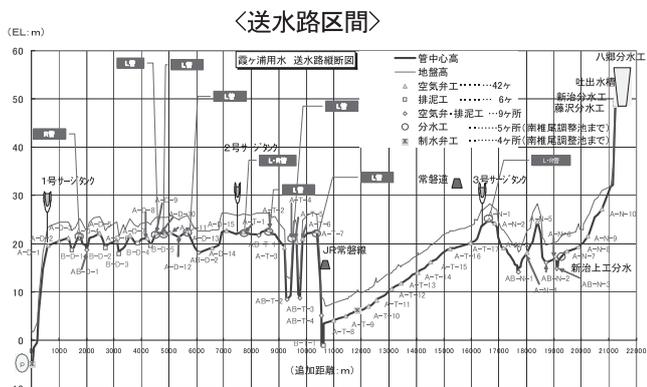
送水路及び管水路の埋設管上部の道路、用排水路及

遊動弁体（ともに合成樹脂製）がフロートの激しい上下動により破損し、そこから出水したことが判明した（図—5）。



図—5 空気弁（破損）構造図

破損した空気弁は、送水路区間で11箇所、管水路区間で6箇所あるが、このうち、ガイド破損が13箇所（送水路区間：10箇所、管水路区間：3箇所）、遊動弁体の破損が4箇所（送水路区間：1箇所、管水路区間：3箇所）であった（図—6）。



（□ 空気弁破損箇所）

図—6 空気弁破損箇所位置図

なお、空気弁の設置時期は、送水路区間が昭和57年から昭和62年、管水路区間が平成3年から平成5年に

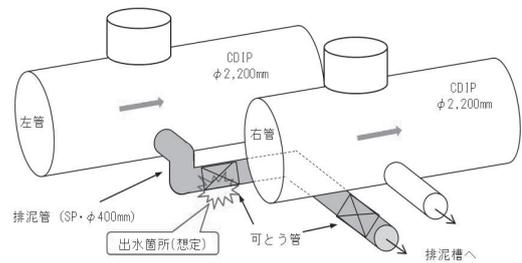
かけて施工され、古いもので29年が経過している。

(3) 排泥施設からの出水

今回の地震で最も被害が深刻だった施設が、送水路区間にある3号排泥工であった。この付近の埋設管の上部は管理用道路として使用しているが、土浦市と協定を結び市道として一般の通行に供されている。

3号排泥工は谷部を横断するルートで周辺には蓮田があり、地下水も高い箇所である。

排泥工の構造は排泥槽及び空気弁室からなるが、2連管の左管側の排泥管は右管の下を横断して排泥槽へ接続する複雑な構造である。排泥管は口径φ400mmの鋼管で排泥槽までの間に可とう管がある（図—7）。



図—7 3号排泥工構造（出水想定）図

地震により排泥管が破損して出水し、上部の道路までの土砂が周辺の蓮田等へ流出した。出水時及び排水後の状況が図—8である。



図—8 3号排泥工出水状況

排泥管の破損原因は、地震動により管の内水圧が激しく変化し、可とう管の前後に強い力がかかり、破断したのではないかと推測される。

(4) その他施設

既述の施設の外、空気弁室等の付帯施設、分水工の分岐管、サージタンク連絡管、監視制御設備（マイクロコントローラ）、都市用水ポンプのセルビウス装置のインバータ変圧器、揚水機場と管理所の間の連絡路、高圧電線用ケーブルダクト等が被災した。

4. 応急復旧作業

(1) 復旧方針

西南地域では約30万人の市民が水道用水が届くのを待っており、霞ヶ浦用水では一日でも早く通水を再開させる必要があった。

発災直後は被害箇所が把握できず、復旧には数週間から数ヶ月を要すると思われたが、その後の施設の巡視・点検で被害状況が明らかになり、早期の通水再開に向けた対策の検討を行った。最大の懸案である3号排泥工の復旧については、材料の調達、施工、充水期間等を考慮すると当初約1ヶ月は必要と見込まれたが、茨城県企業局からの早期復旧の強い要望があり、機構の使命として水道用水を1週間で通水再開させる方針とした。

このような中、復旧方法について再検討・議論を重ね、霞ヶ浦用水の特徴である2連構造を活かし、比較的被害の少ない片側管路を、送水に最低限必要な対策を応急的に施すことで復旧期間の短縮を図り、7日間で通水再開する計画とした。

- 被災した空気弁は通水しない管路側から一時流用
- 排泥管の出水カ所は内側からあて板による仮閉塞対応
- 排泥工周辺の埋戻し作業と充水作業を並行して実施
- 全社的に応援要員を要請し送水路と管水路の充水作業を同時に実施

(2) 空気弁

空気弁については、管理所に予備品の備蓄はなく、また口径が大きいことからメーカーにも在庫はない状況であり、製作には2ヶ月を要するとのことであった。そこで、空気弁の応急復旧にあたり、送水路では右管側、管水路では左管側の空気弁の破損が少なかったことから、各々その管側で送水を再開することとし、破損していない空気弁からガイド及び遊動弁体を取り外して、通水再開する管側の破損したものと交換することとした。

(3) 3号排泥工

右管側の排泥管は出水しておらず、左管側のみから出水していたため、左管側を閉塞することとした。

当初、排泥工周辺を掘削し排泥管を外から閉塞しようとしたが、左管側の排泥管は右管の下を横断しており、掘削深も7mと深いこと、また余震も頻繁に発生していたことから掘削作業は危険と判断し、管の内側から閉塞することとした。

閉塞作業は管内排水後、鉄板を曲げ加工し、はずれ防止のため鉄筋を数本溶接して排泥管側へ挿入し、排泥管内をグラウト注入した後、鉄板は水膨張性シール材で接着した(図-9, 10)。主な作業の流れは表-1のとおりである。

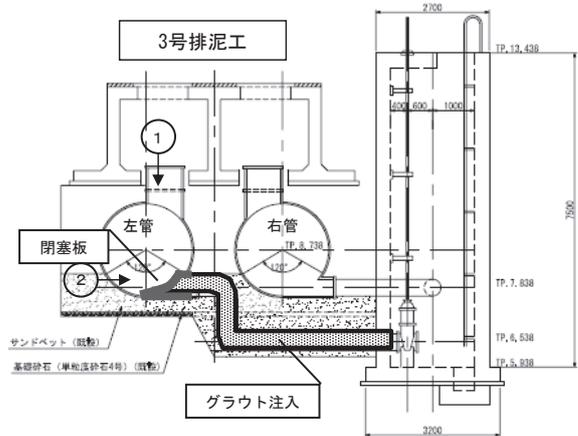


図-9 3号排泥工応急復旧構造図

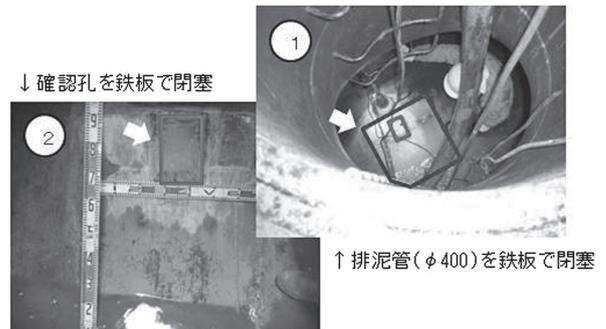


図-10 排泥管閉塞作業状況

表-1 3号排泥工閉塞作業対応経過

日付	時刻	作業内容
~3月13日	終日	管内排水作業
3月14日	8:00	閉塞板を工場にて製作開始(φ2000mmの鋼管を加工)
	11:00	閉塞板現地到着、設置開始
	14:00	排泥管内を閉塞するためグラウト注入開始
	16:00	地下水位の影響か本管下の空洞量によるのか、閉塞の気配がないため止水セメントを混ぜ再注入
	17:00	急結セメントを使用、再注入
3月15日	18:00	閉塞板の確認孔(空気抜孔)から注入完了を確認、作業終了
	9:00	鉄板にて確認孔を閉塞
	11:00	閉塞完了
3月16日	16:00	施設周辺の洗掘箇所を碎石にて埋戻し開始
	夕方	埋戻し作業終了

※表中の時刻は大凡の時間を示す

なお、この応急復旧による排泥管の閉塞で排泥機能が失われるが、災害復旧工事で新たに排泥管を設置して機能回復を図る方針とした。

5. 充水作業及び通水再開

応急復旧の作業完了後、3月16日早朝から3月17日深夜にかけて送水路区間及び管水路区間(共に片管)

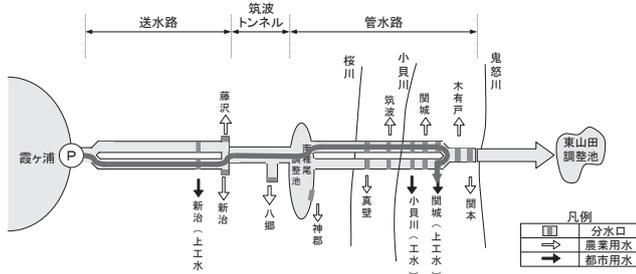


図-11 都市用水通水再開ルート

の充水作業を行い、3月18日6時から浄水場へ向け水道用水及び工業用水(合計約1.2m³/s)を送水することが出来た(図-11,表-2)。

6. 通水再開を終えて思うこと

通水再開に向けて、利水者をはじめとする関係機関等の理解と協力を得て、また全社的に延べ142人にも及ぶ支援を受け職員が一丸となって応急対策に取り組んだ結果、1週間で通水を再開することが出来た。

しかし、これまでの対応を振り返るといくつかの課題も浮き彫りになってきた。

表-2 充水作業対応経過

日付	時刻	送水路区間	管水路区間
3月16日	5:00		現地班管理所出発(4班[操作班含])
	7:36		7号制水弁工(SV7)からの充水準備完了(4号制水弁工~6号制水弁工間の充水)
	7:52		SV7(バイパス管)から充水開始
	11:10	現地班管理所出発(5班[操作班含]) ※余震の影響により2号排泥工の排泥管閉塞作業に時間を要し、グラウトの硬化時間確保のため充水作業開始が遅延	
	12:10	現地班現地到着	
	12:13	ポンプ運転開始(→0.4m ³ /s)	
	12:52	余震発生(震度4)	
	15:06	2号排泥工空気弁の作動完了を確認 ※通常、運転開始後30分程度で空気弁の作動を確認するが、作動完了まで3時間を要した ※地震発生から排水作業完了までの4日間に発生した余震により、凹部に溜まっているはずの水が出水箇所や排水箇所へ移動し抜けた(約3,000m ³)と推測	
	15:09		充水完了 ※土地改良区が筑波分水工を操作した影響で管水路内に水が流れ込んだため、予定より早く完了したものと推測
	15:34	3号排泥工空気弁の作動完了を確認	
	15:47		SV7左管全開, バイパス管全閉
	18:25	充水区間を巡視しつつ帰路へ	
	19:00		管水路区間巡視完了, 管理所着
20:00	送水路区間巡視完了, 管理所着		
3月17日	6:00	現地班管理所出発(6班[操作班含])	
	7:00	ポンプ運転開始	
	9:30		地元→改良区→機構に82号空気弁工(AS10)から漏水がある旨の連絡あり, 現地へ
	12:00		空気弁室内を排水し, フロートに挟まったゴミを撤去し, 漏水止まる ※余震により管内の圧力が変動した際に, ゴミが挟まったと推測
	15:30	サージタンク内充水開始	
	17:27	最後の空気弁の作動完了を確認	
	17:56	吐出水槽に水到達	
	18:56	吐出水槽充水完了(ポンプ停止)	
	19:00		地元→改良区→機構に95号空気弁工(AS23)から漏水がある旨の連絡あり, 現地へ
	20:00	管理所着	
22:30	※吐出水槽の水位を監視し, 漏水がないことを確認		空気弁室内を排水し, フロートに挟まったゴミを撤去し, 漏水止まる
0:00			管理所着
3月18日	6:00	揚水機場から通水開始(0.4m ³ /s→1.2m ³ /s)	
	8:30	送水路及び管水路の巡視	

(1) 見えてきた課題

- ①燃料（ガソリン・A重油）が入手困難
- 巡視・点検途中でガス欠となったが、警察署の契約給油所を紹介してもらった。
- 茨城県企業局から、優先して給油出来るカードの提供を受けた。
- 予備発電機の燃料が不足したため、機構内の他事務所である利根川下流総合管理所等から燃料の援助を受けた。

②業者の確保が困難

当管理所では、施設や管路工事に精通している業者と災害等緊急時出動に関する協定を締結しており、今回の通水再開に向けた応急復旧工事では、3月11日には協力業者に作業依頼し、協力を得ることが出来た。しかし、協力業者は機構とだけでなく県、市町村とも同様な協定を締結しているため、今回のように広域的に県、市町村でも被災した場合、依頼が遅くなればなるほど業者が確保できなくなる。

(2) 対応を通じて感じたこと

①人員配置等

- 地震直後は施設の被害状況の把握や各施設の応急復旧を行うための人員が必要となるため、専門職種に限らず施設の位置関係を把握している管理所経験者が望ましい。
- 応急復旧や充排水作業に必要な人数は確保できたが、不測の事態や臨機の対応を考慮して管理所本部に予備の要員を確保しておくことが望ましい。

②管内充排水作業

平成20年度から農業水利施設のストックマネジメ

ントに基づく管内調査等を実施しており、排水出来る河川、空気弁等の施設の配置、設備の取り扱いなど、職員一人ひとりが施設について熟知していた。この調査の経験が出水後の迅速な充排水作業等に繋がっている。

7. おわりに

今回の震災は、施設管理者として災害復旧だけでなく、日頃の管理のあり方など多くの面で再考させられるきっかけとなった。今後東海、東南海、南海地震、更に首都圏直下型地震が今回の地震で誘発されると言われる中で、日頃の防災訓練や発災後の資機材の備えが大切なことはもとより、事後対策への準備が重要となる。

今回の震災で学んだ経験や情報を今後の施設設計及び施設管理にフィードバックすることにより、より安全な施設計画並びに管理技術の向上に資するものと考えている。

最後に、震災後の早期通水の再開には利水者をはじめとする地元関係者および関係機関から多大なる御理解と御協力を頂いたことに、改めて感謝の意を申し添える次第である。

JCMA

【筆者紹介】

西川 隆司（にしかわ りゅうじ）

（前）(独)水資源機構
霞ヶ浦用水管理所

（現）(独)水資源機構
木曾川用水総合管理所

