東日本大震災で被災した排水機場の早期復旧

Rapid Reconstruction of Pumps for Regional Drainage Destroyed by Tsunami in the Great East Japan Earthquake

菅原喜久男 杉澤靖夫 竹狩野吉浩村

(SUGAWARA Kikuo)

(Sugisawa Yasuo)

(KARINO Yoshihiro)

I. はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う大津波により、石巻地域の沿岸部に位置する農地・農業用施設は壊滅的な被害を受けた。地域の水田の約3割に相当する3,460 ha が浸水被害を受け、平成24年7月現在も240 ha が湛水している状況である。農業用施設の中でも排水機場の被害が大きく、そのほとんどが流出、浸水し機能停止に陥った。排水機場は、農地排水のみならず宅地排水なども担う地域の重要な施設であり、被災直後から早期の稼働を最優先とした仮復旧を進めてきた。

本報は、津波被害区域にある37カ所の排水機場の、被災状況、仮復旧の実施状況、本復旧に際しての課題などについて報告するものである。

II. 石巻地域の概要

本地域は、県の北東部に位置し、石巻市、東松島市、女川町の2市1町で構成されている。面積723 km²,人口が22万人と、それぞれ県全体の1割を占

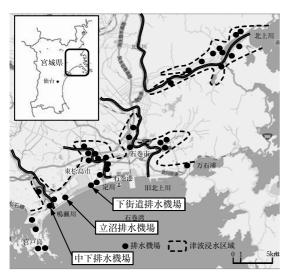


図-1 津波浸水区域と排水機場位置図

めている。

地域の中心都市である石巻市は、年降水量 1,124 mm、平均気温 11.8℃で、日照時間は 1,896 h と東北では多い地方である。仙台平野の東端に位置し、肥沃な土地に水稲を主体に、イチゴ、トマトなどの施設園芸が盛んである。また、世界三大漁場の 1 つである金華山沖に近く、漁業、養殖業が盛んであり、全国有数の水産都市である。江戸時代は石巻湊といわれ、仙台藩の米を江戸に運ぶ千石船の基地として栄えた。また、東松島市の鳴瀬川河口には、明治政府が近代的な港を築こうとした土木遺産の「野蒜築港跡」がある。

III. 排水機場の被災状況

1. 津波および浸水による被災内容

排水機場は、**図-1** に示すように河口部や運河沿いなど海に近い場所にあり、今回の津波により壊滅的な被害を受けた。

表-1 浸水状況別機場数(全37機場)

浸水状況	浸水なし	~50 cm	~200 cm	水没	流出
機場数	10	6	10	4	7

※水没:建屋全体が浸水,流出:建屋全体が流出

表-2 排水機場の主な被災内容

設備名称	主 な 被 災 内 容		
排水機場	沈下 (25~112 cm)		
ポンプ設備	○ポンプ, 原動機, 電気設備, 補機類の冠水, 損壊, 流出 ○屋外重油槽の冠水, 破損		
除塵機	○サイクロモータの冠水 ○機側操作盤の冠 水,損壊,流出		
ゲート	○スピンドルの破損,流出 ○巻上げ機の冠水 ○管理橋の破損		
吐出樋管	○クラック ○伸縮継ぎ手の破損 ○管底部の 空洞化 ○土砂による閉塞		
吸水槽, 吐水槽	○がれき,津波土砂の流入,堆積		
建屋	○建屋の流出 ○窓の破損 ○搬入扉の破損 ○屋根防水シートの破損 ○がれき,津波土砂 の流入,堆積 ○トイレ,休憩室など破損		

「宮城県農林水産部農村振興課

† 常城県北部地方振興事務所

†††宮城県東部地方振興事務所

##77#

東日本大震災,津波被害,地盤沈下,排水機場,自然排水,応急復旧,本復旧

表-3 立地条件が異なる排水機場の被災例

機場名	下街道排水機場	立沼排水機場
立地条件	海側に遮蔽物あり	海側に遮蔽物なし
建屋構造	RC 構造	RC 構造
被災状況		
浸水深	33 cm	1 階部分水没
被災の程度	ガラリからの浸水	窓ガラス、搬入扉が破損し浸水
被災 (査定) 額	125 百万円	452 百万円
応急復旧時期	平成23年4月6日	平成 23 年 6 月 10 日

受益面積 10 ha 以上の 37 機場の浸水状況は**表-1**, 機場の各設備に区分した主な被災内容は**表-2** のとお りであり、被災額は 104 億円である。

これらの機場を損壊に至る過程で分類すると,直接 津波を受け、水圧や浮遊するがれきの衝撃を受けた機 場と、地形条件などから津波が減衰した状態で浸水、 津波土砂が堆積した機場に分けられる。直接津波を受 けた機場は立地条件や建屋の構造によって、また、浸 水、津波土砂堆積の機場は浸水深さによって被災の程 度が大きく違っていた。表-3に、機場規模、敷高が 同程度であるが、立地条件の異なる2つの機場の被 災状況を示す。

2. 地盤沈下

今回の地震の特徴は、地殻変動により地盤沈下が発生したことである。地殻変動により牡鹿半島南東端の電子基準点で1.2 m の沈下が確認されている。震災後、国土地理院の電子基準点が公表されてから、排水機場の標高を GPS 測量で計測した結果、25~112 cm の沈下が確認された。

排水機場の排水先は、そのほとんどが感潮河川である。外水位が不変であるのに対して、地盤沈下により内水位が低下した。このため、ポンプの実揚程が大きくなり、吐出量が減少する。ポンプ設計時に作成された「予想性能曲線図」(性能曲線図のある 18 機場)から求めると、排水能力の低下割合は平均で約 10%、最大で約 25% と算出された。

IV. 応急復旧

1. 応急復旧の必要性

排水機場は、受益下流部に位置する津波被害地域の みならず、上流部にある津波の被害を免れた水田、集 落、公共施設などの排水を担う施設である。復旧が遅 れることは、被災のない水田の作付けも困難になるほ か、大雨時の宅地への湛水も懸念されることになる。

また、津波により浸水した水田を復旧するためには 除塩をしなければならない。除塩には、大量の農業用 水を使用するので、その排水先として排水機場の復旧 が不可欠である。

2. 復旧方針

複数台のポンプを設置している排水機場では、小口径1台をモータ駆動にしているのが一般的である。このポンプは、1/2年確率程度の降雨に対応して稼働率が高いこと、補機類が少なく比較的復旧が容易なことから、梅雨となる6月中旬までに稼働させることにした。

その後、台風時期の9月までに大口径ポンプを復旧し、所定の排水能力を確保することにした。

また、この過程で、エンジン、減速機など整備補修 で稼働可能と判断される機器は、錆の進行を防止する ため、早急に搬出し工場整備を行うことにした。

3. 施設診断と復旧方法

ポンプメーカーの協力を得て、被災直後から排水機 場の診断を実施し、復旧方法の検討を行った。応急復 旧は本復旧までの仮稼働であり早急に復旧することを 優先し、稼働のための必要最小限の機器構成とした。 運転操作条件は「手動単独操作」とし、吸吐水位につ いても運転員が目視確認で行うなど、自動判定機能 や、複雑な連動は極力省くことにした。

(1) ポンプ設備 復旧するためには被災した機器の更新・整備が必要となる。本復旧では地盤沈下による性能復旧で機器類が変更されることも想定される。このため、この時点では、できるだけ既設機器を使用することにし、モータは洗浄乾燥処理をして使用した。また、短期間での納入が困難な補機は、内陸部の被災のない排水機場から一時的に借用して使用した。

ポンプを稼働させるためには、商用電源と水道の復旧が必要になるが、これらの復旧が遅れる場合は仮設発電機や貯水タンクを利用した。また、高圧受電(50 kW 以上)の機場は受電盤の製作に6カ月程度必要になるため、電力会社と協議して低圧の2回線とする仮受電で対応した。

写真-1, 2 は, 東松島市にある中下排水機場の写真である。がれき, 土砂を撤去後, モータを洗浄乾燥処理, 低圧の2回線の仮受電で対応して, 震災後57日目の平成23年5月7日に稼働した。

(2) 除塵機・ゲート設備,排水樋管 診断の結果,早期復旧が困難な除塵機は応急復旧を断念し,遊水池内に仮設網場を設置し塵芥を集め人力で取り除いた。直接,津波を受けたゲートはスピンドルが破損し,開閉不能に陥った。樋管の点検補修にはゲートを閉める必要がある。このため,応急的な対策としてスピンドルを切断し,チェーンブロックやウインチを設置した。

樋管は、本体の致命的な損壊はなかったものの、継 目地の拡大や基礎に支えられる樋管の周辺部の堤防盛



写真-1 中下排水機場 (φ700×2)の被災状況 (平成23年3月23日 東松島市)



写真-2 仮復旧状況 (平成 23 年 5 月 15 日)

土が沈下し、樋管周辺部の空洞化(抜け上がり)が発生した。この対策として河川管理者と協議し、継目地の拡大は内面バンドなどにより止水し、抜け上がりにはグラウト工法によって空洞部の充填を行った。

- (3) がれき・堆積土砂の撤去 排水路や吸水槽, 吐水槽,排水樋管などに堆積した土砂は土木工事で撤去し,ポンプ稼働の障害にならないようにした。特に,吸水槽の土砂,がれきの撤去は機械の搬入口がないためほとんどが人力施工になった。排水樋管は管内の堆積および出入り口部を閉塞した土砂を撤去した。
- (4) **応急復旧の効果** 震災直後の排水機場復旧の 見通しが立たない中では、津波被害のない上流域の水 田でも水稲の作付けを見合わせることにしていた。上 流域で営農(灌漑) することにより、下流地域で湛水 が発生することが懸念されたためである。

しかしながら、早期に排水機場が復旧したことで、 この営農を見合わせた区域はわずかな面積になった。

加えて、津波で浸水した下流の地域約1,000 haの水田において、除塩を行い平成23年5月末までに水稲を作付けすることができた。

表-4 排水機場応急復旧率の推移

時期	平成 23 年 5 月	9月	11月
全排水量	53%	75%	89%
全ポンプ台数	42%	62%	71%

また,平成23年9月には台風15号により,当被 災地域に1/10年確率(120 mm)を超える,最大24 時間雨量232 mmの降雨があり湛水被害が心配され た。しかし,排水機場の復旧率は表-4のように全排 水量の75%の能力が確保されていたため,作物への 被害は回避することができた。

V. 本 復 旧

1. 本復旧に際して

応急復旧がおおむね完了し、今後は本復旧を進める ことになる。本復旧に際しては、さらに次の項目を検 討し反映させる必要がある。

- (1) 性能の回復 本復旧では、地盤沈下で減少した吐出量を回復させる必要がある。回復する方法は、 ①減少量を原動機出力と回転数の向上で補う方法、② ポンプ設備の増設で補う方法、①②を併せた方法などがある。機場の立地条件、経済比較などで決定する。
- (2) **自然排水能力低下への対応** 自然排水のある 排水機場は、地盤沈下により流域の自然排水能力が低 下していると考えられる。このため、流域全体の排水 解析を行い、性能回復と合わせて施設規模を決定す る。
- (3) 吐水槽の嵩上げ 地盤沈下による揚程確保の 前提条件として, 吐水槽の嵩上げが必要となる。嵩上 げ規模が大きい場合は内水圧増加を考慮した補強が必 要となる。

2. 本復旧の課題

- (1) 他機関との調整 河川堤防は、地盤沈下による嵩上げや津波防御のための増強が計画されているため、機場位置、樋管長、吐水槽高などを河川管理者と協議する必要がある。また、都市排水機場や復興住宅用地など都市計画部門との調整が必要である。
- (2) **応急復旧した機器の取扱い** 性能回復のため, 応急復旧で整備したエンジン, モータ, 減速機などの機器は本復旧では使えないケースが多いと想定される。他機場での再利用などを検討する必要がある。

VI. 震災の教訓

1. 耐水化,浸水対策

大規模な津波や洪水でも排水機場の機能を適切に発揮させるため、防水(耐水)扉の設置、配電盤、操作盤の嵩上げなど、施設の耐水化対策が必要である。

水土の知 80 (11) 905

電源の確保

今回,商用電源が長期にわたり復旧できない状態が続き,自家発電機も浸水で使用不能,仮設発電機の手配や搬入も困難であった。自家発電機はできるだけ高い場所(原動機敷高よりも高い位置)に設置し,仮設発電機は事前に,建設業者やリース業者と災害時の使用協定を締結しておく必要がある。

3. 自然排水機能の確保

機械排水機能が損なわれると頼みの綱は自然排水になる。一般的に排水先が感潮河川の場合、干満の影響でゲート操作が繁雑になるため、機械排水に頼りがちになる。しかし、今回、2機場に設置されていた干満に追随して無動力で開閉するゲート(フローテイングゲート、写真-3)は損傷もなく震災後も稼動した。これにより、当該2区域の自然排水が維持され、大きな湛水被害を避けることができた。自然排水機能はできるだけ確保しておくことが重要である。



写真-3 フローティングゲート

4. 機場躯体構造

吸水槽や冷却水槽は開口部が小さく、流入したがれきや津波土砂の撤去に相当な期間を要した。また、吸水槽内に流入した異物をポンプが吸い込みシャフトが破損する事故も発生した。

吸水槽は前面の除塵機を取り外さないと内部に機械を搬入できない構造となっている施設がほとんどである。日常の保安や管理の面では開口部が小さい方が有利に働くが、津波被害の点では大きな開口部を確保する必要がある。

5. 建屋構造

津波を直接受けた機場の被災状況を建屋構造で分類すると、鉄骨造、木造は全損し、RC造は窓、搬入扉、屋根防水シートの損傷程度となっている。構造的な違いから生じる壁面の強度の差が顕著に表れている。津波の水圧や浮遊物の衝撃にはRC造が優れ、内部の機器の破損を軽減することになる。

VII. おわりに

未曾有の大災害に襲われ、機能停止に陥った排水機場を短期間で復旧することができた。震災の2カ月後には除塩を可能とし、管内の被災農地のおよそ1/3の区域の水稲作付けにつながった。このことは、被災地域に農地復興の希望をいち早く示すことができ、営農再開への気運が高まったと評価している。

宮城県では平成24年1月に「東日本大震災に係る農地・農業用施設の復旧復興のロードマップ」を発表した。今後の復旧計画と東日本大震災復興交付金事業を活用した農地整備により、競争力のある経営体を育成する方針を示すものである。

最後に、復旧に協力を頂いたポンプメーカーをはじめとする工事関係者の、限られた時間と資材の中、また、悪条件の下で続けられた献身的な復旧作業に謝意を申し上げる。

[2012.6.20. 受稿]

菅原喜久男(正会員)

略



 1956年
 宮城県に生まれる

 1979年
 岩手大学農学部卒業

 宮城県入庁

2010年 宮城県東部地方振興事務所 2012年 宮城県農林水産部農村振興課 現在に至る

杉澤 靖夫 (正会員)



1955年 宮城県に生まれる

1973年 宮城県小牛田農林高等学校卒業 宮城県入庁

2008年 宫城県東部地方振興事務所 2012年 宫城県北部地方振興事務所

現在に至る

狩野 吉浩(正会員)



1966年 宮城県に生まれる 1988年 山形大学農学部卒業

宮城県入庁

2010年 宮城県東部地方振興事務所 現在に至る