

大規模地震災害時における幹線用水路の事業継続性の強化

大久保 天

1. はじめに

基幹的な農業水利施設が機能不全を起こせば、その受益地域の農業生産は致命的な打撃を受ける。そのため、大規模地震災害や豪雨災害に備えて、農業水利施設における災害対応力を強化することが喫緊の課題である。

大規模災害に備える方策のひとつとして、事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）の策定がある。事業継続計画とは、災害発生時においても重要業務を継続するために必要な対策、方針、体制、手順を示した計画である。農業水利施設を対象とした事業継続計画策定マニュアル¹⁾が策定されており、北海道では令和2年度までに国営事業により建設された基幹的な農業水利施設を対象に、国（国土交通省北海道開発局）が主導で事業継続計画が策定された。

しかし、筆者が事業継続計画に関して複数の土地改良区に聞き取りをしたところ、現場において実務を担う施設管理者から「事業継続計画の具体的な活用方法が分からない」という声が聞かれた。その理由として、事業継続計画策定マニュアルは汎用的な内容であるため、その様式に従って計画を策定したのみでは、個別の水利施設の実状を反映した具体的な災害対応計画にはなり得ないということが考えられる。

そこで、本研究は、基幹的な農業水利施設を対象に、大規模地震災害時における事業継続計画の実効性を高めることを目的として、対象施設の実状に則した具体的な災害対応計画を検討した。

2. 検討対象

北海道には広大な水田地帯を灌漑するため、延長が数km、最大通水量が数十m³/sに及ぶ大規模な幹線用水路が整備されている。このような幹線用水路（開水路）が大規模地震によって、被害を受けて決壊あるいは溢水という事態になれば、その被害箇所の近傍域では甚大な二次災害が発生するおそれがある。そのため、幹線用水路の管理を担当する施設管理者は、地震

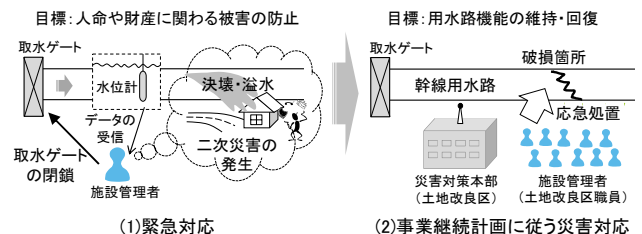


図-1 緊急対応と事業継続計画に従う災害対応の関係

発生の際（震度4以上の地震発生）には、即座に水管理システムのデータを確認して、水位に異常があれば、水路において被害が発生していると判断して、直ちに取水ゲートを閉鎖するという対応（以下、「緊急対応」）を想定している。

ところが、事業継続計画における施設管理者の初動は、対策本部となる土地改良区庁舎への職員参集から始まる。すなわち、現状の事業継続計画には「緊急対応」に相当する記載はない。幹線用水路における被害は地震発生直後に生じるのであり、さらに万一の二次災害の発生が懸念されるとすれば、緊急対応の実施は必要不可欠である。そのため、現実には、地震発生後、現場管理担当の施設管理者により真っ先に緊急対応が行われ、同時に土地改良区本部に参集した施設管理者により事業継続計画に従う組織的な災害対応がそれぞれ進められるということになる（図-1）。

本稿では、以上のような地震災害時の災害対応を想定して、北海道石狩平野の水田地帯に農業用水を供給するS幹線用水路を対象に、3. において緊急対応に関して、4. において事業継続計画に従う災害対応に関して具体的な施設管理者の対応行動を検討する。

3. 緊急対応の見直し

3. 1 現行の緊急対応の課題

S幹線用水路における現行の緊急対応では、現場管理担当のA施設管理者が、地震発生後直ちに水管理システムのデータを確認して、水位に異常な変化があれば取水ゲートを閉鎖し、水位に変化がなければそのま

ま通水を続行する。この場合の緊急対応が適切に実施されるための大前提は、A施設管理者が水管理システムを用いて水路における被害の有無を完全に把握できるということである。ところが、大規模地震災害時には、停電や設備機器の破損によって、水管理システムが健全に機能しないおそれがある。また、大規模地震災害時には、想定外の被害が起り得ること、大規模な余震によりその後も被害が起り得ることなどから、A施設管理者は、たとえ水管理システムが健全に機能していたとしても、「水路において被害なし」と即断することに躊躇するであろう。すなわち、現実には、大規模地震災害時の不確実な状況下において、現行の緊急対応を的確に実施することは困難である。

3. 2 新たな緊急対応の提案

前節に述べた課題の解決策として、筆者は既報²⁾において、次のような新たな緊急対応を提案している。

地震発生後、直ちに複数名の施設管理者は、予め割り当てられた幹線用水路沿線の重要箇所（取水ゲート、放流ゲート、住宅区域など）に配置して、幹線用水路全域を監視するという管理体制（以下、「現場管理体制」）を構築する。ここでの「現場管理体制」とは、地震発生後、万一にも水路において決壊や溢水など被害が発生しても、施設管理者らは、その被害発生を迅速かつ的確に把握して、即座に取水ゲートの閉鎖や放流ゲートの開放などの対応行動が実施可能であるという体制である。すなわち、現場管理体制下であれば、万一被害が発生してもその拡大を抑止できることから、幹線用水路は安全な状態である。このことは、逆に現場管理体制が構築できないならば、幹線用水路における安全を保障できないということになる。したがって、この場合、現場管理体制が構築できるか否かを意思決定基準として、次のような緊急対応が考えられる。

緊急対応：現場管理体制を構築できれば取水ゲートを閉鎖せずに水路の監視を行い、現場管理体制を構築できないならば取水ゲートを閉鎖する。

施設管理者らは、当然のことながら、自らが構築しようとする現場管理体制の構築可否を客観的に確認できる。それゆえ、前節に述べた意思決定における迷いは解消されて、施設管理者らは速やかに緊急対応を遂行することができる。

3. 3 緊急対応計画策定の試行

筆者は、S幹線用水路を対象にして、同施設管理者

とともに具体的な現場管理体制を検討した。図-2にS幹線用水路において想定される現場管理体制を示す。同水路には、取水ゲートのほか数カ所に放流ゲートがある。現場において対応可能な技術系の施設管理者は7名である。水管理システムとして水位計が6カ所、監視カメラが3カ所設置されており、施設管理者はそれらのデータおよび画像を各々が所持するスマートフォンにおいて確認することができる。こうした現状の資源（人、通信、設備機器）を活用して構築できる現場管理体制を検討した結果、取水ゲートへ2名、1番目と2番目に放流量が大きい放流ゲートへそれぞれ1名ずつ、水路沿線および住宅密集地の監視に2名、土地改良区本部に情報収集および情報伝達のために1名を配置する現場管理体制が考えられた。

新たな緊急対応において、現場の意思決定を行う主体は、現場管理体制を構築する施設管理者の各々である（図-3）。地震発生後、施設管理者らは、互いに連絡を取り合いながら、予め決められた水路の各要所に急行する。このとき、図-2のような現場管理体制を支障なく構築できれば、施設管理者らは、ひとまず取水ゲートを閉鎖せずに（取水ゲートを閉鎖しないと判断して）水路および沿線の点検・監視を行う。ただし、その点検・監視時に被害の発生が確認されれば、当然のことながら、即座に取水ゲートを閉鎖する。一

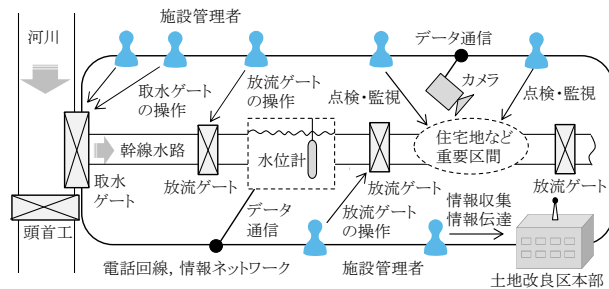


図-2 S幹線用水路における現場管理体制のイメージ

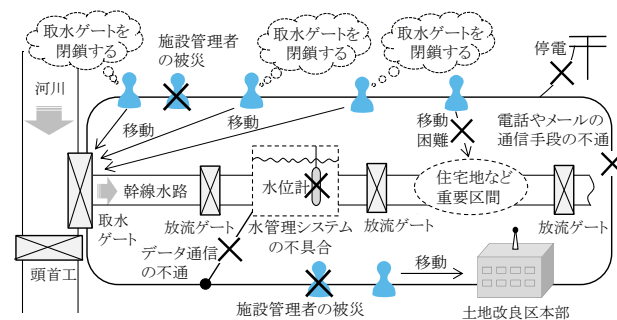


図-3 現場管理体制が構築できない場合における施設管理者の意思決定および対応行動

方、地震発生後、施設管理者間の連絡不能、施設管理者の被災、水管理システムの不具合、施設管理者の移動困難などにより現場管理体制を十分に構築できなければ、水路における万一の被害発生に対応不能ということになり、その時点から現場へ移動可能な施設管理者は、「取水ゲートを閉鎖する」と自らの対応行動を決定し、取水ゲート閉鎖に向けた対応を開始する。

4. 事業継続計画における災害対応の具体化

4. 1 災害対応過程の所要時間の定量化

事業継続計画策定マニュアルには、発災から業務再開までの目標時間（許容中断時間）を設定したタイムラインの作成が言及されている。しかし、その様式のフロー図に従い対応行動を記したのみでは具体的なイメージに乏しい。事業継続計画の目標達成に資するためには、さらに災害対応フローを詳細に整理し、その対応過程の所要時間を定量的に分析・評価して、どのような対応場面で、どの程度の時間を要し、何を備えておくべきかを明確にすることが必要であろう。

以上のような課題に対応する方法として、計画管理手法のひとつであるPERT（Program Evaluation and Review Technique）の適用が提案されている³⁾。PERTとは、プロジェクトの作業工程を結合点と矢印で表した流れ図（アローダイアグラム）で表し、作業の完了時間を支配する工程（クリティカルパス）を明らかにして、そのクリティカルパス上の作業の開始時刻や所要時間を分析することで、作業工程の最適化を図る方法である。PERTは1950年代に米国で開発されて以後、様々な分野における事業計画などに活用されている。社会基盤整備の実務に携わる行政においても、PERTはなじみある方法であろう。しかし、防災分野においてPERTが活用された事例は少ない。

そこで、本研究は、PERTを用いることで、各対応

工程の所要時間を定量的に明らかにすることができ、災害対応の実施工程が具体的に見通しのよいものになることを示す。

4. 2 災害対応過程の所要時間の分析

S幹線用水路（延長約29km、最大通水量約21m³/s）における地震発生から応急復旧までの災害対応過程を対象にPERTを適用した。災害対応は被害の状況によって様々な場合が想定される。事業継続計画では、そうした想定の中で最も過酷な災害対応を実施する場合の計画策定が重要であろう。本研究では、大規模な地震災害において、S幹線用水路が決壊または溢水を引き起こす甚大な被害を受けて、その応急復旧には土木工事が必要な場合を検討した。筆者はS幹線用水路の施設管理者とともに、災害対応過程のアローダイアグラムを作成し、クリティカルパスを明らかにした。その概要図を図-4に示す。クリティカルパス上の工程における所要時間の積算が通水再開までに必要な時間となる。本研究では、クリティカルパス上の工程を、「初動開始」から「被害箇所の特定・調査」までの第1段階、「協力会社出動要請」から「応急復旧工事の実施」までの第2段階、「全線点検」および「通水再開最終点検」の第3段階に分けた。第1段階と第3段階は土地改良区のマンパワーを主体に実施する工程である。それゆえ、両段階の所要時間は現場において対応可能な土地改良区の職員数によってほぼ決定付けられる。一方、第2段階の所要時間は、被害規模や工事内容などによって大きく異なると考えられる。したがって、S幹線用水路では、施設被災後、事業継続計画に定める目標時間7日以内（通水停止を許容する時間）に通水を再開するためには、第2段階の所要時間が鍵になる。

表-1に各段階において想定される所要時間を示す。第1段階と第3段階の所要時間は施設管理者への聞き取りに基づいて決定した。第2段階の所要時間は、目標

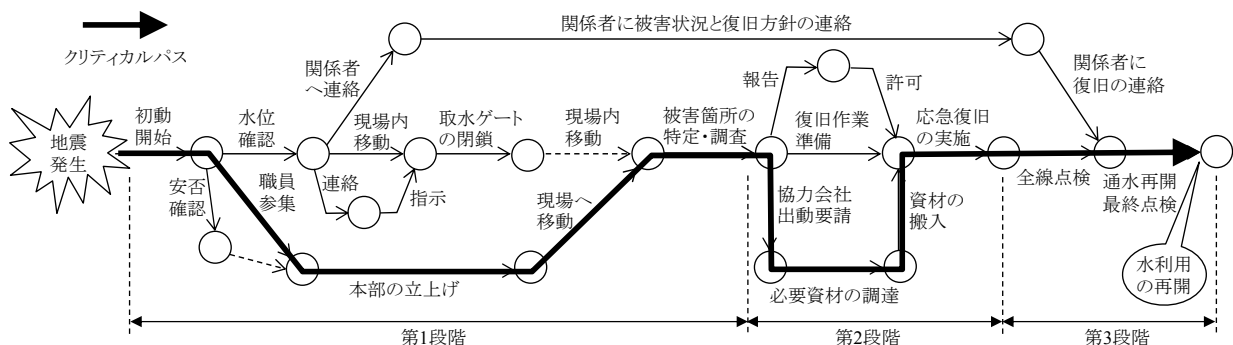


図-4 大規模地震災害時に想定される災害対応のアローダイアグラムおよびクリティカルパス

表-1 災害対応工程の所要時間

段階	工程	所要時間
第1段階	初動開始	} 0.5日
	職員参集	
	対策本部立ち上げ	
	現場へ移動	
	被害の特定・調査	1日
第2段階	協力会社に出動要請	} 3日
	必要資材の調達	
	資材の搬入	
	応急復旧工事の実施	
第3段階	全線点検	1.5日
	通水再開	} 1日
	最終点検	
	全工程	目標時間 7日間

時間7日間から第1段階と第3段階の所要時間を差し引いたものである。第1段階と第3段階の所要時間を大幅に短縮することは難しいとすれば、目標時間7日間で水路の通水を再開するためには、第2段階の応急復旧工事を概ね3日間で完了する必要がある。

5. 今後の課題

本研究では、農業水利施設を対象に策定された事業継続計画の課題解決に資するため、地震発生直後に実施する緊急対応の見直しとその後の事業継続計画に基づく災害対応過程の具体化と定量化を試行した。今後の課題は次のとおりである。

緊急対応は事業継続計画に従う災害対応よりも先行して実施されることが考えられる。その場合、緊急対応は対策本部からの指示がなくとも自律的に機能するように計画されなければならない。それゆえ、緊急対応では、施設管理者各々が初動時に直面する状況に応じて自らの対応行動を決定することで、結果的に緊急対応が速やかに実行されていく過程(自己組織化する過程)を、机上シミュレーションや防災訓練などにより検討していくことが重要である。

また、PERTを用いた災害対応の定量分析では、S幹線用水路が甚大な被害を受けた場合、図-4に示す第2段階の応急復旧工事の工程がクリティカルとなり、その目標とする完了時間は約3日間であることが分かった。今後は、第2段階の応急復旧工事に焦点を絞り、その完了時間3日間を目標とした復旧工事計画を具体的に検討する必要がある。その検討に際しても、PERTが有効な方法になると考えられる。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局整備部防災課災害対策室：土地改良施設管理者のための業務継続計画(BCP)策定マニュアル、2016。
- 2) 大久保天、立石信次、中村和正：基幹的灌漑用水路の施設管理における災害対応力強化対策、農村計画学会誌、36(3)、pp.422-425、2017。
- 3) 副島紀代、目黒公郎：事業継続性の評価に基づく効果的な地震対策の選定方法、土木学会論文集A1、Vol.65、No.1、pp.629-636、2009。



大久保 天
OHKUBO Takashi

寒地土木研究所
寒地農業基盤研究グループ
水利基盤チーム
首席研究員
博士(農学)