

# 長大な灌漑用水路施設における大規模地震災害に備えた施設管理体制の最適化 Optimization of facility management system for large irrigation channels against large-scale earthquake disaster

○大久保 天\*, 立石信次\*, 山口 健\*, 中村和正\*

OHKUBO Takashi\*, TATEISHI Shinji\*, NAKAMURA Kazumasa\*, YAMAGUCHI Ken\*

## 1. はじめに

大規模地震災害が発生し、万一基幹的規模の灌漑用水路の決壊あるいは溢水という事態が生じれば、その周辺地域に甚大な二次災害を引き起こすおそれがある。そのため、施設管理者は大規模地震発生時の緊急措置として、取水ゲートを閉鎖する対応行動を想定している。しかし、現状では、その緊急的な災害対応（以下、「緊急対応」）を速やかに遂行できる土地改良区職員は非常に少ない。後述する S 幹線用水路を管理する土地改良区では、日常管理の実務を担当する施設管理者は実質 1 名であり、災害時においてもまっ先に緊急対応を行うのは、現場の設備機能に熟知したこの施設管理者 1 名である。大久保ら（2016）によれば、このような単独の施設管理者により取水ゲートを閉鎖する緊急対応は、震度 6 強～震度 7 の最大級規模の震災時において、ほとんど遂行不能になる。そこで、大規模地震に備えて、複数名の施設管理者により緊急対応を行う管理体制を事前に計画しておくことが必要であると考えられる。緊急対応を複数名で行う体制は、通常の施設管理担当者以外の技術系職員にも緊急対応の担当を割り当てて、その実施訓練を重ねることで、構築可能であると考えられる。また複数名による緊急対応が実施可能であるということになれば、取水ゲート操作だけでなく、放流ゲート操作による減災対応も行うことができよう。

そこで、本研究では、大規模地震災害時において、複数の施設管理者で各ゲート操作を分担する場合を想定して、最も減災効果が大きい人員配置計画の策定手法を提案する。さらに、本研究では、同手法を実際の幹線用水路に適用して、震災時に備えた施設管理体制の構築に資する具体的なデータが得られることを確認する。

## 2. 方法

震災時の緊急対応において、取水ゲート操作を行う担当者を増やせば、取水ゲートを閉鎖できる確率は高められる。一方、放流ゲートへ人員を配備すれば、緊急放流による減災効果が期待できる。そのどちらの効果が高いかにより、この場合の人員の配置が決まる。このような観点から、本研究では、緊急対応によって期待される放流量が最大となる各ゲートへの施設管理者の配置を決定する。

各ゲートへの施設管理者の配置モデルを Fig.1 に示す。取水ゲートをゲート 1 として、ゲート 2 からゲート  $m$  までを放流ゲートとする。 $n_k$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ) はゲート  $k$  において

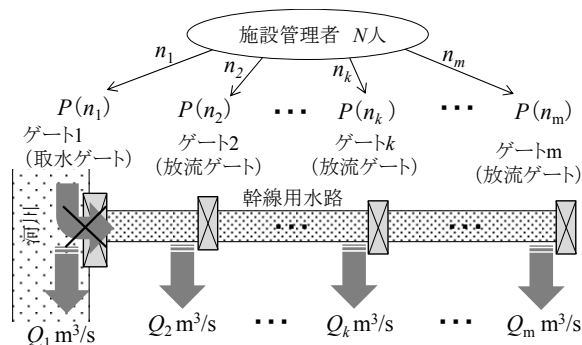


Fig. 1 各ゲートへの施設管理者の配置モデル  
Distribution model of facility managers to each gate

\* 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所, Civil Engineering Research Institute for Cold Region, PWRI

キーワード: 大規模地震, 緊急対応, 最適化

緊急対応を行う施設管理者数である。 $P(n_k)$ はゲート  $k$  が操作できる確率である。 $P(n_k)$ は Fig.2 に示すような FTA によるリスクの定量解析から算出されるゲート  $k$  の操作不能確率の余事象として、次の(1)式により求められる。

$$P(n_k) = 1 - \left[ P_h^{n_k} + P_d - P_h^{n_k} \cdot P_d \right] \quad \dots (1)$$

ここで、 $P_h$  は施設管理者がゲートに到着できない確率、 $P_d$  はゲート設備が被害を受けて動作不能になる確率である。 $Q_k$  はゲート  $k$  からの放流量であり、 $Q_1$  も取水ゲート閉鎖による河川への放流量とみなす。幹線水路からの全放流量は、確率  $P(n_k)$ を用いて(2)式のように、放流量の期待値  $E$  で表される。本研究では、緊急対応を行う施設管理者総数  $N$  の制約条件 ((3)式)において、放流量の期待値  $E$  を最大とする各ゲートへの施設管理者の配置数  $n_1, n_2, \dots, n_m$  を求める。

$$E = \sum_{k=1}^m P(n_k) \cdot Q_k \quad \dots (2) \quad \sum_{k=1}^m n_k = N \quad \dots (3)$$

### 3. 試算例

前章に述べた最適化手法を具体的な幹線水路施設に適用する。試算対象とする S 幹線水路は、北海道の水田地帯における頭首工と開水路からなる水路延長約 29km、最大計画通水量  $21\text{m}^3/\text{s}$  の灌漑用水路施設である。S 幹線水路には、取水ゲートおよび 6 箇所放流ゲートがある。各ゲートにおける放流量、震度 7 の震災時における施設管理者の到着不能確率および各ゲートの動作不能確率は、Table 1 に示すとおりである。このデータを(2)式、(3)式に代入して最適化を行った結果を Fig.3 に示す。緊急対応を行う施設管理者総数  $N$  が 1 人または 2 人のときは、取水ゲートのみに対応行動を集中させることが最も効果的であるといえる。 $N$  が 3 人であれば、取水ゲートだけでなく、ゲート 2 の放流ゲートへも緊急対応を行う施設管理者を割り当てたほうが減災効果を高められる。 $N$  が 4 人であれば、さらにゲート 3 へ人員を配置することで最も効果が高くなる。また、 $N$  を 5 人にできれば、単独の施設管理者 ( $N=1$ ) により緊急対応を行う現状の場合よりも約 2 倍の減災効果が期待できると示唆される。

以上のように、本最適化手法によって得られる結果は、大規模地震災害に備えた施設管理計画を策定する際に、その検討作業を支援する具体的なデータを提供するものになるだろう。

### 4. おわりに

今後は、さらに現地の重要度に応じた重み付けなどを含む最適化を検討していきたい。  
 参考文献：大久保 天, 本村由紀央, 中村和正 (2016) : 基幹的な灌漑用水路における大規模地震災害に備えた災害対応力強化対策の評価、農業農村工学会論文集、No.302(84-2)、pp.1\_121-1\_130

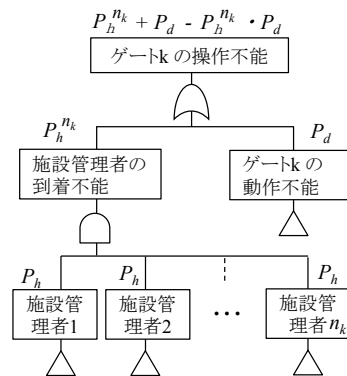


Fig. 2 FTAによるリスク定量解析  
Quantitative analysis of risk using FTA

Table 1 S 幹線用水路での試算に用いたデータ  
Data used for case study on S irrigation channel

ゲート名	放流量 $Q_k \text{ m}^3/\text{s}$	施設管理者の到着不能確率 $P_h$	ゲートの動作不能確率 $P_d$
ゲート1(取水)	20	0.448	0.509
ゲート2(放流)	3	0.448	0.190
ゲート3(放流)	2	0.448	0.190
ゲート4(放流)	1.5	0.448	0.190
ゲート5(放流)	1	0.448	0.190
ゲート6(放流)	1	0.448	0.190
ゲート7(放流)	0.5	0.448	0.190

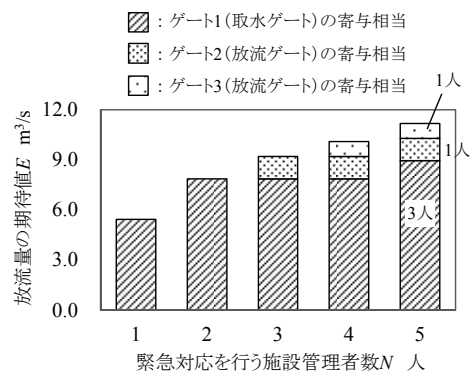


Fig. 3 緊急対応を行う施設管理者数に対する放流量の期待値  
Expectation of discharge quantity on the number of facility managers performing emergency response