

## ケーブル制震工法の開発

## A new seismic countermeasure for sluice structure with using cables

○大浜 巧\*

吉久 寧\*\*

Ohama Takumi

Yoshihisa Yasushi

## 1. はじめに

独立行政法人水資源機構では利根導水路や木曾川用水等のような水路施設の管理を行っている。開水路の途中に水位を調節する目的で設置されている調節堰や水門施設は、上部にゲート巻上機がありトップヘビーな構造物で、地震時には上部が大きく揺れるモードとなり、水門基部が損傷しやすい傾向がある。従来対策では、①対象施設の所定の損傷を超える部位を直接補強、②対象施設が支える重量物との間に免震構造を設置、③対象施設の周囲に新たな構造物を設置して揺れを制御、などの手法が用いられてきた。

しかし、これらの工法は、水路上の調節堰や水門という構造物を考えた場合、②は免震構造部位が塑性変形することによりゲートの巻き上げ機能が喪失することになり、③は水路沿いの管理用道路や民地との境界などの用地的制約により採用し難いことから、現実的な耐震対策工法としては①のRC増厚などの耐震対策が考えられるが、通水断面の減少、施工時の通水停止や用水切替、施工時期の制約等の課題があった。これらのことから、従来の耐震技術にはない原理や手法として、ケーブル制震工法(図-1)の検討を行ったものである。

## 2. ケーブル制震工法の原理

図-1のような水門施設(直接基礎)をケーブルを設置しない状態で三次元モデル化し、三次元非線形動的解析を行った。

図-2は解析結果の水門天端と水門と一体である水路壁天端の変位の時刻歴を表している。

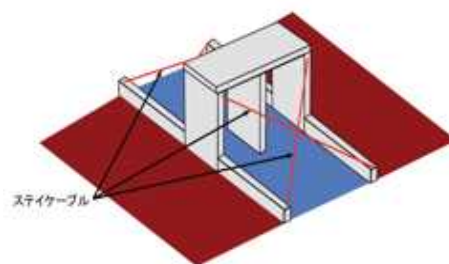


図-1 ケーブル制震工法の概念図

Image of the proposed countermeasure.

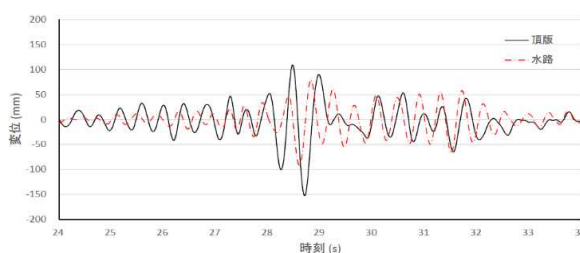


図-2 水門天端と水路壁天端の時刻歴変位

The crest displacement of the sluice and the canal structure.

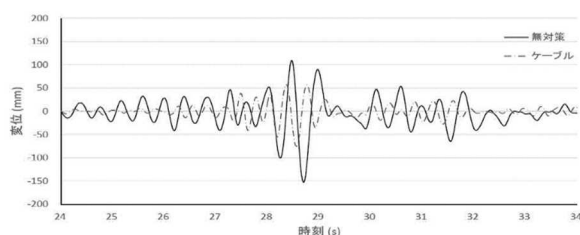


図-3 対策前後の水門天端の時刻歴変位

The crest displacement of the sluice structure with and without the proposed countermeasure.

\*独立行政法人水資源機構水路事業部 Water Use Project Department, Japan Water Agency

\*\*独立行政法人水資源機構総合技術センター Water Resources Engineering Department, Japan Water Agency

キーワード 工法・施工

グラフからは水門天端と水路壁天端で異なる挙動をしていることがわかる。(水門天端がマイナス側に変位している時に水路壁天端はプラス側に変位)。これは水門(水路一体施設)と水路施設が継ぎ目で縁切りされていることで、固有周期が異なるため、違った揺れ方をしていると考えられる。図-3はケーブル設置後の解析結果であり、ケーブル設置後と無対策の水門天端の変位の比較を示す。このような固有周期の異なる構造物どうしをケーブルで連結させプレロードを導入することにより、図-3に示すように地震時の水門天端の揺れを抑制することができ、水門基部に発生する曲げやせん断応力を低減させることができる。

### 3. 効果検証試験

ケーブル制震工法は、水路附帯施設である調節堰や水門施設に対して従来対策と比較し、施工面及び経済面においても有用で合理的な工法であることが解析上検証することができている。ただし、実際の構造物に適用するための課題として、既設の構造物に悪影響を与えることなく緊張することが可能なかの確認が必要である。また、地震時における水門の挙動が解析と再現性があるのかということも確認が必要である。そこで昨年度より、国立大学法人富山大学と協働で水資源機構が管理する調節堰をモデルとして効果検証試験を行っているところである。試験で確認する項目は以下の2つである。

#### (1) 緊張作業時における既設構造物の安全性確認

事前解析によりケーブルの緊張が既設構造物に悪影響を及ぼさない応力変化を算出して、管理基準値(偏心10%以内で緊張)を設定する。検証試験では、既設構造物の多側面にひずみ計を設置し、既設構造物に発生していると想定する応力を確認しながら安全に4本のケーブルにプレロードを導入することができるか確認する。

#### (2) 解析による有効性確認

起振機を用いてケーブル設置状態および無対策状態でモデル施設の固有周期を確認する。次に、計測された固有周期を再現するよう、解析モデルを修正し、大きな地震動(南海トラフ巨大地震(内閣府公表波形を想定))を与え、三次元非線形動的解析を行うことによりケーブル制震工法の有効性を確認する。

(1)については検証試験により確認しており、今後は(2)について検討していく。

### 4. 今後の展開

効果検証試験を経て、4本同時に行う必要があるケーブルの緊張方法や、恒久的な設備とするためのケーブルと水門施設とを連結する定着部材の改良、維持管理上解決すべき課題などを検討し、実構造物への適用を目指している。なお、ケーブル制震工法は「塔状構造物の制震構造」という発明の名称で国立大学法人富山大学と独立行政法人水資源機構の共同出願で特許出願中(特許公開中)である。

最後に、特許共同出願および効果検証試験の実施にあたり、共同研究者としてご助言ご協力いただいている国立大学法人富山大学大学院原隆史教授、竜田尚希助教に感謝の意を表します。



図-4 ケーブル緊張後の状態

View of the proposed countermeasure installed on a real sluice structure.