



# 既設農業水利施設のレベル2地震動に対する耐震対策の検討

— 近年の激甚災害報告を受けて —

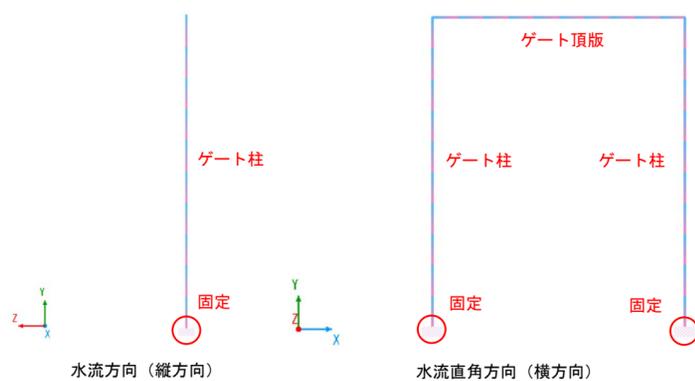
ナレッジフュージョン株式会社

## 概要

農業用水のための水利施設は、ポンプ設備、樋門、樋管などの構成要素によって、耐震性能照査に用いる地震動レベルが異なる。近年、南海トラフ地震や首都直下地震の切迫性が指摘されるなか、技術基準どおりレベル1地震動で照査して耐震安全性が確認されたとしても、将来起こるかも知れない大規模地震に対し、予め対策を講じておくことは重要である。そこで、レベル1地震動で安全性が確認された既設農業水利施設の樋門に対し、**従来の方法**と**非線形有限要素解析**の2手法により、レベル2地震動に対する耐震性能照査を行った。本作品は、その検討結果を報告するものである。

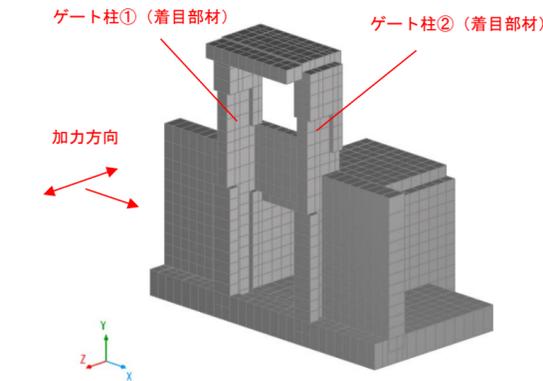
## モデル図

### 【従来の方法】



- ・ 水流方向（縦方向）に対しては片持ち梁、水流直角方向（横方向）に対しては門形フレーム（ラーメンモデル）でモデル化する。
- ・ 使用要素は線形はり要素とする。
- ・ 門柱の下部を固定支持とする。

### 【非線形有限要素解析】



- ・ 3次元有限要素モデルでモデル化する。
- ・ 躯体のモデル化には平板要素を用いる。
- ・ 函体や胸壁もモデル化する。
- ・ ゲート柱は材料非線形性を考慮する。

## 検討条件

重要度：B種	常時土圧係数： $K_a = 0.5$
地域区分：B地域	地震時土圧係数の算出方法：修正物部・岡部式
地域別補正係数： $C_2 = 0.85$	湿潤土の単位体積重量： $\gamma_t = 19.0 \text{ kN/m}^3$
地盤種別：II種地盤	水中土の単位体積重量： $\gamma_w = 10.0 \text{ kN/m}^3$
設計水平震度の標準値（タイプI）： $K_{hc0I} = 0.85$	水の単位体積重量： $w_0 = 9.8 \text{ kN/m}^3$
設計水平震度の標準値（タイプII）： $K_{hc0II} = 1.75$	RCの単位体積重量： $\gamma_{RC} = 24.5 \text{ kN/m}^3$
設計GL：+16.700	使用材料：（コンクリート） $\sigma_{ck} = 21.0 \text{ N/mm}^2$
地下水位：+14.300	（鉄筋）SD295A
内水位：NWL+13.800	

※**非線形有限要素解析**では、固定荷重、浮力、静水圧および常時土圧を初期荷重として考慮し、慣性力、地震時土圧、動水圧を荷重増分するプッシュオーバー解析（静的非線形解析）を実施した。

## 検討結果

### 【従来の方法】

	曲げに対する照査結果						せん断力に対する照査結果						
	水流方向		水流直角方向				水流方向		水流直角方向				
	ゲート柱		ゲート柱		ゲート頂版		門柱		門柱		門梁		
$M_d$ (kN・m)	43.3	85.5	46.5	96.3	31.3	64.1	$V_d$ (kN)	16.4	71.7	32.0	66.7	42.9	70.3
$M_{sd}$ (kN・m)	187.0	159.9	69.3	66.6	156.9	156.4	$V_{sd}$ (kN)	66.6	66.6	91.2	86.7	176.3	179.2
$\gamma_1 \cdot M_d / M_{sd}$	0.23(OK)	0.53(OK)	0.67(OK)	1.45(NG)	0.20(OK)	0.41(OK)	$\gamma_1 \cdot V_d / V_{sd}$	0.25(OK)	1.08(NG)	0.35(OK)	0.77(OK)	0.20(OK)	0.39(OK)

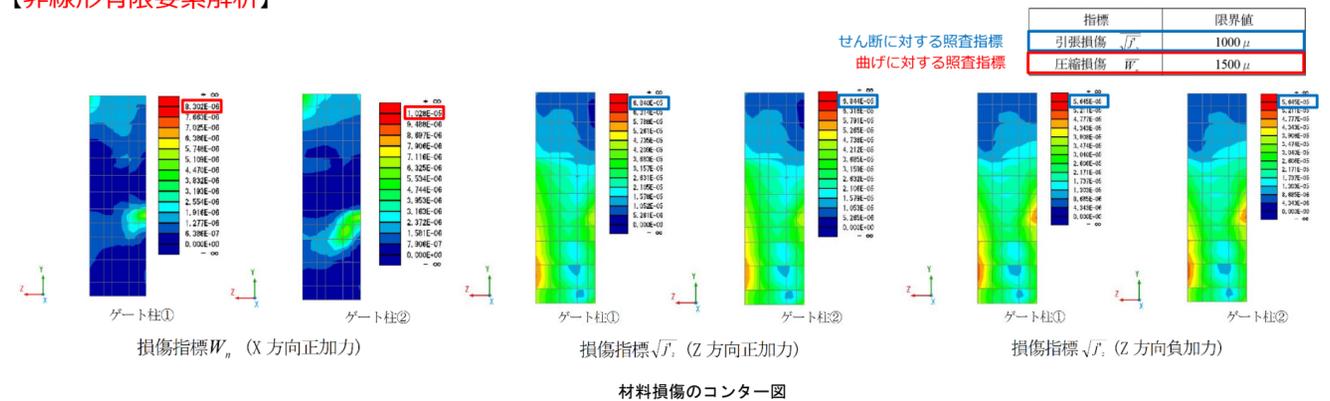
$M_d$ : 作用曲げモーメント、 $M_{sd}$ : 設計曲げ耐力、 $\gamma_1$ : 構造物係数 (=1.0)

$V_d$ : 作用せん断力、 $V_{sd}$ : 設計せん断耐力、 $\gamma_1$ : 構造物係数 (=1.0)

補強案：RC巻立て工法（厚さ200mm）

補強案：後施工せん断補強筋工法（1-D16@100）

### 【非線形有限要素解析】



損傷指標の応答値は限界値を超えていないため、従来の方法による検討ではNGと判断され補強が必要とした部材でも、非線形有限要素解析のような高度な解析手法と損傷指標のような精緻な照査手法を用いることにより、**補強対策は不要**であると判断できる。

### 照査において工夫した点

- ・ 材料レベルの損傷指標を用い、曲げに対しては正規化した累化ひずみエネルギー  $W_n$ 、せん断に対しては偏差ひずみ第2不変量  $\sqrt{J_2}$  を用いた。
- ・ Excelでマクロを組み、全要素を照査した。また、全ケースで曲げ最大、せん断最大の組み合わせ（x方向、y方向とも）を抽出した。

## まとめ

- ・ 技術基準どおりレベル1地震動で照査して耐震安全性が確認された既設農業水利施設（樋門）に対し、従来の方法によりレベル2地震動の照査を行った。その結果、水流直角方向のタイプII地震動において曲げ耐力不足、水流方向のタイプII地震動においてせん断耐力不足となった。
- ・ 従来の方法によりNGとなった部材に着目して非線形有限要素法による解析を行い、材料レベルの損傷指標で照査した。その結果、補強対策は不要であると判断できた。
- ・ 解析手法の事前検証および解析結果の妥当性評価を行うことを前提に、今後は非線形有限要素解析による耐震性能照査も取り入れつつ、合理的な耐震対策を行うのがよいと考える。