

現地踏査結果に基づく老朽化した鋼製起伏堰の健全性に関する解析的検討

茨城大学大学院 学生会員 ○皆川 将尉 正会員 原田 隆郎
日本自動機工株式会社 金森 豪 桑島 智明 根本 諒介

1.はじめに

鋼製起伏堰は、取水を目的に河川を横断して鋼製ゲートを起立および倒伏させることで水位を制御する施設である。鋼製起伏堰は近年老朽化が進行し、それに伴い施設の維持管理に要する費用も年々増加することから経済的かつ効率的な維持管理が求められている¹⁾。これに対し既往研究²⁾では模擬的に劣化損傷を生じさせた鋼製起伏堰の扉体に発生する変位や応力を解析し、老朽化に伴う劣化損傷が扉体の健全性に及ぼす影響を検討した。しかし実際の損傷を反映させた解析は行われていない。また橋梁やトンネルなどでは定期的な点検と健全度評価を行い、その結果を踏まえて補修や補強、更新が計画的に実施されているが、鋼製起伏堰では検討段階である。

そこで本研究では、**図-1**のすでに更新対象となっている福島県南相馬市の新田川に設置されている西殿堰（供用年数53年、門数4、1門当たり幅22,000mm、斜長1800mm、堰高1500mm、シリンダ間隔12,380mm）の現地踏査（最右岸と最左岸の2門）を行った。そして、調査結果の劣化損傷を反映させたFEM解析を行い、最大設計荷重作用時におけるたわみや応力、扉体強度への影響、設計値との比較を行うことで老朽化した堰の健全性を確認した。

2. 解析モデル概要と解析方法

本研究はFEM解析においてSolidWorks (Dassault Systemes社製)を用いて解析を行った。まず対象とした西殿堰の設計図を元に扉体の設計当時の解析モデルを作成し、次に現地踏査の結果を反映させた解析モデルを作成した(**図-2**)。現地踏査ではスキンプレーットの板厚測定と縦桁、横桁の劣化損傷の状態を調査し、その結果を解析モデルに反映させた。西殿堰に用いられている鋼材はSS400であり、解析モデルの材料特性は表-1に示す通りである。また設計当時の解析モデルはスキンプレーット板厚9mm、縦桁9mm、補助横桁6mmである。

現地踏査ではスキンプレーットの板厚は代表的な5点を計測し、その結果を解析モデルのスキンプレーットの板厚として反映させた。縦桁、補助横桁に関しては既往の現地踏査³⁾での情報を踏まえ、全体的に板厚を減少させ、特に腐食の酷い箇所の板厚は部分的に板厚をさらに0.5mm減少させた。最右岸の堰では全ての縦桁の板厚を7.0mm、腐食の酷い箇所を6.5mm、横桁は板厚を4.0mmとした。最左岸の堰では最右岸の堰よりも劣化損傷が進行しており、最左岸の堰では全ての縦桁の板厚を6.5mm、腐食の酷い箇所を6.0mm、横桁は板厚を3.5mmとした。

また断面欠損や穴、溶接破断が生じていた箇所については解析モデルに同様の欠損を与えた(**図-3**)。

解析において、拘束条件は**図-4**の扉体下部に14ヶ所のヒンジ回転軸承をピン支点、扉体の左右2ヶ所ある油圧シリンダ支承部を平面支持とした。この油圧シリンダ支承部は実際にはローラーが当たる曲板が存在するがモデル

キーワード 鋼製起伏堰, 健全性評価, 劣化損傷, 構造解析

連絡先 〒316-8511 日立市中成沢町4-12-1 茨城大学大学院 都市システム工学専攻 TEL: 0294-38-5172

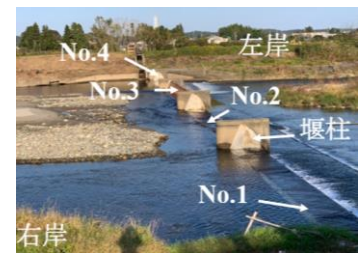


図-1 西殿堰

表-1 解析モデルの材料特性

項目	数量
質量密度 m^3	7850
ヤング率 a)	205
ポアソン比	0.29
降伏強度 Ma	282

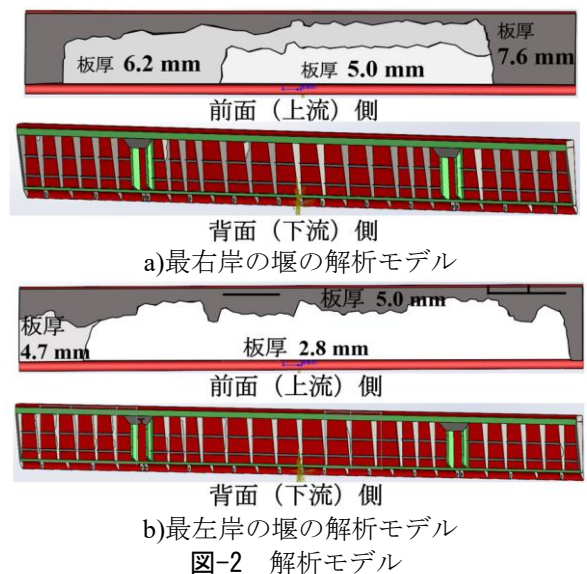


図-2 解析モデル

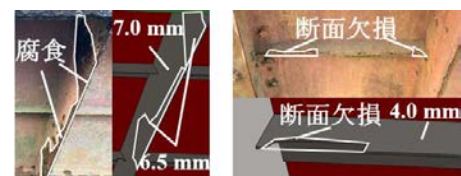


図-3 最右岸の損傷の反映
(背面(下流)側)

では曲板の接触面のみを再現し簡略化した．次に荷重条件としては，最大設計荷重が扉体起立角度 $\theta=30^\circ$ の場合で生じることを踏ま

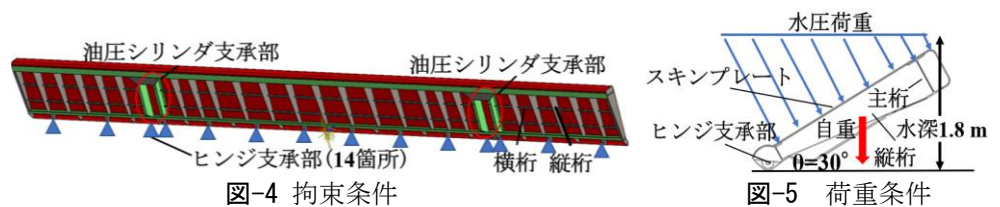


図-4 拘束条件

図-5 荷重条件

えて，図-5 に示すように鋼材の自重及び，水圧を直接受けるスキンプレートとその上部の曲面部分に水深 1.8 m に相当する台形分布荷重を作用させた．

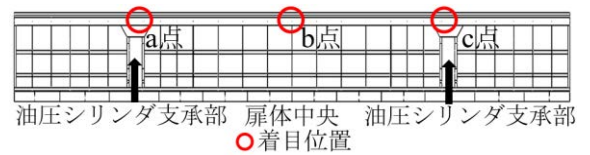


図-6 解析着目位置

3. 老朽化した鋼製起伏堰の健全性に関する解析的検討

図-6 より本解析で着目する位置は最大たわみが発生する扉体中央上部 (b 点) と最大合成応力が発生する油圧シリンダ支承上部 (a 点, c 点) に着目し，解析を行った．

(1) 扉体中央のたわみ

図-7 に設計時と損傷時 (最右岸と最左岸) の扉体中央たわみの解析結果を示す．b 点でのたわみは最右岸で最大変位 8.186 mm が生じ，最左岸では最大変位 9.501 mm が生じた．最左岸の堰は最右岸の堰より劣化損傷の程度が大きいため劣化損傷が進行につれてたわみ量が増加する．しかしたわみの許容値は 15.4 mm であるのでたわみに関しては十分に余裕がある．

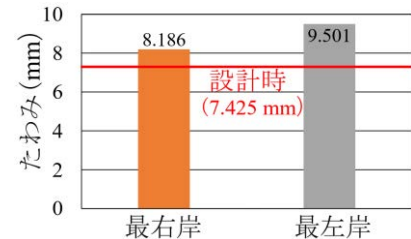


図-7 扉体中央のたわみ比較

(2) 桁部材の応力

図-8 に油圧シリンダ支承上部の主桁での設計時と損傷時の解析結果を示す．最右岸の堰では c 点の主桁に最大合成応力が生じたが設計時とほぼ同値であり，最左岸の堰も同様に c 点の主桁に最大合成応力が生じたが，最左岸の堰では設計時よりも最左岸の方が大きい値となった．設計上の合成応力許容値は 132 MPa で設計時と損傷時 (最右岸と最左岸) 共に a 点, c 点で許容値に達していた．また縦桁や横桁などに板厚減少や断面欠損を反映させたが，最右岸と最左岸の堰共に設計時よりも損傷箇所の応力値が増加をするが，極端な大きい値は発生しなかった．

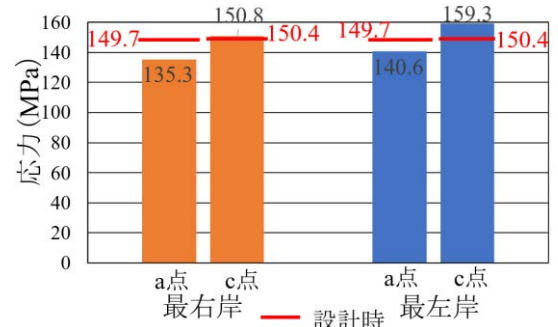


図-8 主桁の応力比較

(3) スキンプレートの応力

図-9 に油圧シリンダ支承上部のスキンプレートにおける設計時と損傷時の解析結果の比較を示す．最右岸と最左岸ともに設計時よりも応力値は大きくなったが，設計上の合成応力許容値の 132 MPa に達してはいなかった．

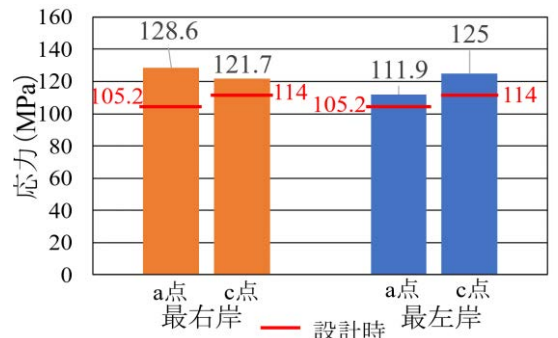


図-9 スキンプレートの応力比較

4. おわりに

本研究では，老朽化により劣化損傷している鋼製起伏堰を現地踏査し，損傷を反映させ FEM 解析により，健全状態と劣化損傷状態の堰の扉体に発生する変位や応力を比較し，劣化損傷が扉体の健全性に及ぼす影響を検討した．その結果，最右岸と最左岸の堰共にたわみは許容値内であり，応力は許容値を超える箇所は発生していたが，極端に大きくなることはなかった．しかし，取替・更新の標準年数や機能的な面での不具合から取替に至ったと考えられる．

<参考文献>

- 国土交通省：河川用ゲート設備点検・整備・更新マニュアル (案)，2015.3.
- 山内怜生，原田隆郎，金森豪，桑島智明，根本諒介：老朽化に伴う劣化損傷が鋼製起伏堰の扉体強度に及ぼす影響，土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会，VI-592，2020.9
- 日本自動機工 (株) 西殿堰機能診断 2018.1