

連成解析の活用によるダムの合理的な維持管理に向けた基礎的検討

(株)建設技術研究所 正会員 ○科野大蔵 小島裕之 山邊建二 甲斐史朗 和田一斗
 センチュリテクノ (株) 正会員 小澤良明 野島太生 中川弘明

1. はじめに

ダムの維持管理分野では、省力化とダム機能低下の抑制が課題であり、その対応としてダムの合理的な維持管理に資する支援ツールが求められている。

一方、上記ツールとして、「設計図に各種属性情報を付与した CIM の活用」、「各種解析ツールの活用」等が考えられるが、現状では、設計時における CIM 活用に関する研究はみられるものの、維持管理時における CIM 活用 (CIM と各種解析ツールの融合) に関する研究はみられない。

このような背景から、今後、CIM に各種解析ツールを統合させ、点検データを入力することで、自動的に解析実施・構造物の異常値検出を行うシステム (次世代 CIM) を構築して、維持管理の支援を行うことが求められると考えられる。

本研究では、その端緒として、構造解析と浸透流解析の連成解析ツールの活用について検討を行った。

2. 検討概要

本検討は、A ダムのトンネル式放流設備をモデルとして下記の解析検討を実施した。

- ・構造・浸透流解析の連成解析
- ・各種観測データを踏まえた解析の実施
- ・構造物の変状予測ツール構築に向けた考察

3. 検討成果

(1) 解析手法

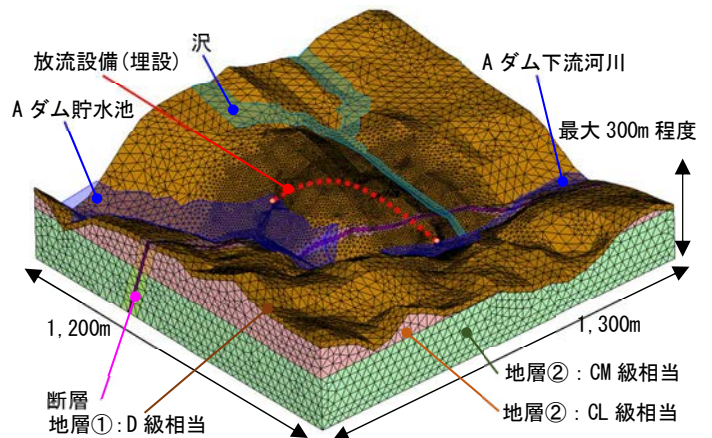
本検討では、有限要素法 (FEM) を用いて、地下水流れの解析に用いられる浸透流解析と主に構造物の応力解析に用いられる構造解析手法との連成解析を実施した。なお、連成解析ソフトには、汎用 FEM 解析コード「ISCEF (アイセフ)、センチュリテクノ社製」を使用した。上記のような連成解析により、本検討でモデル化したダム施設等の外水圧計算とトンネル躯体の構造計算を即時的に実施することが可能であり、維持管理における判断材料を速やか且つ、適切に提供する可能性を有している。

(2) 解析モデル作成

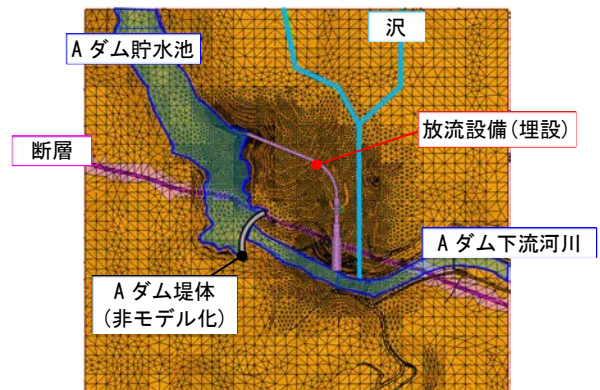
1) 解析モデル

本解析モデル化対象は、A ダムトンネル式放流設備 (以下では放流設備という)、放流設備を十分包括する範囲の地盤 (地層構成および断層)、ダム貯水池、ダム下流河川および放流設備近傍の地表面を流れる沢とした。

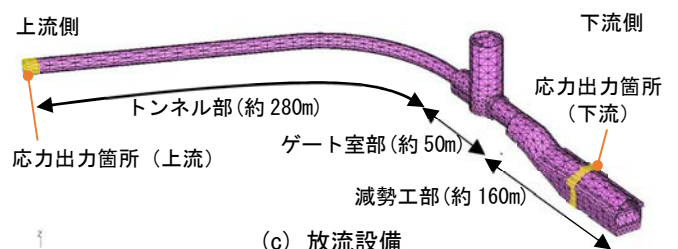
使用要素は 1 次ソリッド要素を使用し、貯水池、河川および沢は後述の境界条件としてモデル化した。



(a) 解析モデル全体 (鳥観図)



(b) 解析モデル全体 (平面図)



(c) 放流設備
 図-1 解析モデル図

キーワード ダム, トンネル式放流設備, 維持管理, CIM, 連成解析, 変状予測

連絡先 〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町 1-6-7 株式会社建設技術研究所 ダム部 TEL06-6206-5611

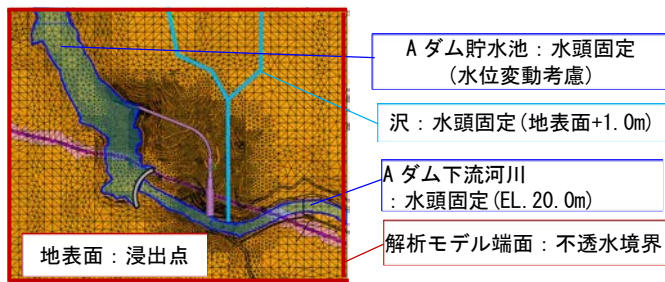


図-2 浸透流解析上の境界条件

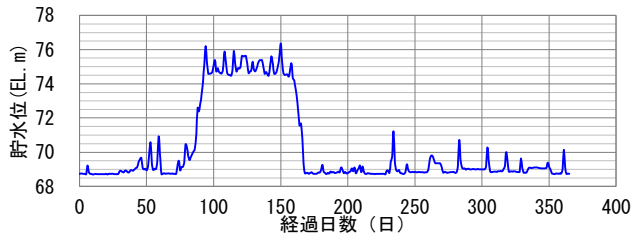


図-3 貯水位変動

表-1 解析モデルの材料物性値

	浸透流解析				構造解析	
	Lu (-)	透水係数 (m/s)	間隙率 (-)	比貯留係数 (1/m)	変形係数 ($\times 10^6$ N/m ²)	ポアソン比 (-)
地層①	20	2.0.E-06	0.2	1.0E-05	100	0.35
地層②	5	5.0.E-07	0.2	1.0E-05	177	0.35
地層③	2	2.0.E-07	0.2	1.0E-05	681	0.30
断層	1	1.0.E-10	0.2	1.0E-05	18	0.40
コンクリート (放流設備)	-	-	-	-	28,000	0.20

2) 境界条件

構造解析における境界条件は、解析モデル底面を全固定、側面4面を面直工方向の並進を固定とした。

浸透流解析における境界条件は、地表面を浸出点(地下水流出可)、貯水池を時刻歴変動型の水頭固定境界、下流河川および沢を水頭固定境界とし、解析モデル側面および底面は不透水境界とした(図-2)。

3) 荷重条件

放流設備に作用する構造解析における荷重条件は、貯水位変化に基づく静水圧のみとし、NATM工法を用いて施工された放流設備には土圧は作用しないものとした。

浸透流解析における荷重条件としては、2020年の1年間の実績Aダム貯水位変動を与えた(図-3)。

4) 材料物性値

各解析要素の材料物性値は表-1のとおりである。

5) 検証解析

本解析モデルにおいて、貯水位を常時満水位の条件で解析した結果、解析モデルの放流設備位置における地下水位は、現況の最低水位を概ね再現できていることを確認し、本解析モデルの妥当性を確認した(図-4)。

(3) 解析結果

解析から得られた貯水位変動に伴う放流設備の時

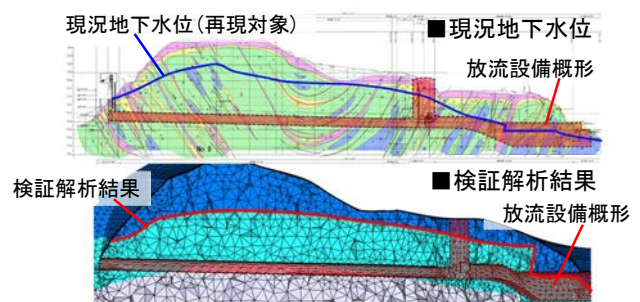
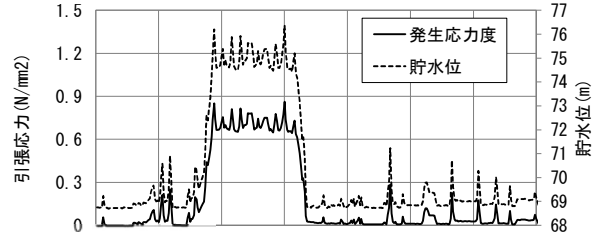


図-4 解析モデルの妥当性検証結果

■ 上流側出力結果



■ 下流側出力結果

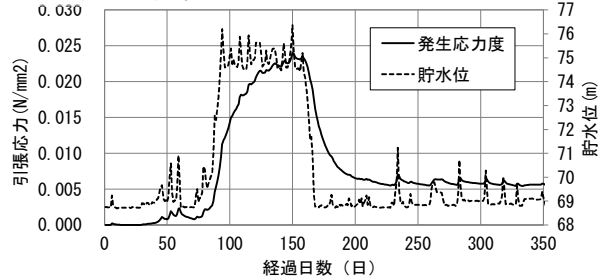


図-5 解析結果 (放流設備の時刻歴応答)

刻歴応力度応答を図-5に示す。貯水位変動に対して放流設備に生じる応力がほぼ線形で変動することを確認した。また、平面的に貯水池から離れるに従って、貯水位変動に対する応力応答は遅延が生じる。以上の結果より、本解析結果は貯水位変動に伴う構造物の応力応答は概ね実現象に則したものであると判断した。

4. 考察

本検討で、構造・浸透流解析の連成解析によって、貯水位変動に伴う構造物の応力度応答が概ね実現象に則して再現できることを確認した。本解析ツールにさらに降雨条件を付加することで、将来の降雨予測に基づいた設備の状態予測および管理体制の準備が可能になると考えられる。

また、施工段階から本稿で用いたようなツールを組み込んだ CIM モデル等を構築することで、施工段階から、設備の状態確認および状態予測が可能となり、今後の維持管理への活用が期待できる。

謝辞

本稿作成にあたり、琵琶湖河川事務所から資料を提供頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。