

3次元シェルモデル非弾性有限変位解析によるダムゲート横主桁の耐荷力特性の検討

(独) 水資源機構 正会員 ○佐藤 信光 (独) 水資源機構 正会員 富田 尚樹

(独) 水資源機構 正会員 藤田 将司 (株) オリエンタルコンサルタンツ 正会員 大竹 省吾

(独) 水資源機構 非会員 阿曾 浩 (株) オリエンタルコンサルタンツ 正会員 梅林福太郎

1. 目的

完成年が古い既設のダムゲートでは、現行の腹板補剛設計規定¹⁾を満たさない横主桁を有するものが一部存在する。筆者らは、これまでに横主桁を対象とし、耐荷力特性を明らかにするために载荷模型実験等²⁾を行ってきた。本研究は、実際のダムゲート横主桁に対して、非弾性有限変位解析により耐荷力特性の検討を行ったものである。

2. 対象構造物

対象構造物は S ダムの高圧ローラーゲートの横主桁とした。本構造は、片側に垂直補剛材を有する I 桁断面であり、断面変化を有する横主桁である。また、垂直補剛材の板厚が現行規定を満たしていない。

$$t \geq a/13$$

式(1)

ここに、 t ：垂直補剛材の板厚(mm)， a ：垂直補剛材の幅(mm)である。

構造図と材料条件を図-1、表-1 に示す。本研究では、実際の構造に加え、現行規定を満たした構造と垂直補剛材の剛度が満たさない構造についても検討を行った。

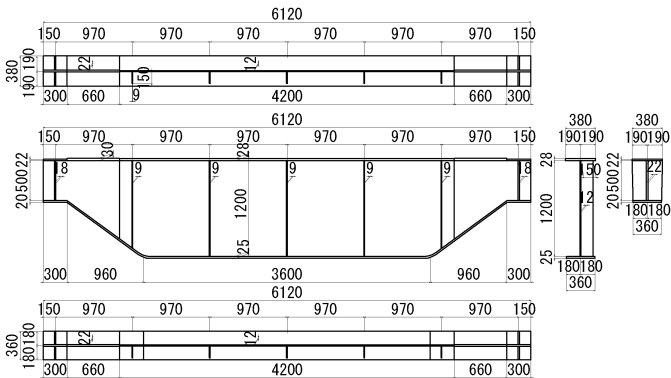


図-1 横主桁の構造図

表-1 材料条件

部材		材質	降伏応力度
			[N/mm ²]
横主桁 構成部材	腹板	SS400	235
	上下流フランジ		
	垂直補剛材		
	スキンプレート		

3. 解析モデル

解析モデルを図-2 に示す。横主桁 1 段を対象とした部分モデルを作成した。横主桁を構成する上下流側フランジ、腹板、垂直補剛材及び、横主桁が支持するスキンプレートをモデル化した。

4. 解析条件

本研究では、横主桁が有する耐荷力特性を求める必要があるため、鋼材の局部座屈の評価が可能な非弾性有限変位解析を適用した。表-2 に解析条件を示す。ダムゲートの横主桁は、地震時に動水圧や慣性力による等分布荷重が作用することを考慮し、制御方法は分布荷重が可能な弧長増分法を適用して、静的荷重漸増载荷を行った。また、初期不整については、線形座屈固有値解析により腹板の座屈 1 次モードを算定し、最大初期変形量が、腹板高の 1/250 となるように設定した³⁾。ここで、解析コードの妥当性については、別途载荷実験の再現解析を行い、再現性を確認した。

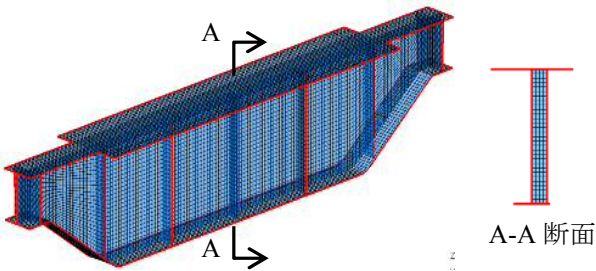


図-2 解析モデル

表-2 解析条件

項目	内容
解析コード	ABAQUS
解析方法	非弾性有限変位解析
使用要素	非線形シェル要素
応力ひずみ関係	バイルニア型 (2次勾配は初期勾配の1/100)
硬化則	移動硬化則
降伏条件	フォンミゼスの条件
制御方法	弧長増分制御
初期不整	座屈固有値解析により算定
境界条件	可動、固定

キーワード ダム、鋼製ゲート、プレートガーダ、耐荷力、非弾性有限変位解析、座屈解析

連絡先 〒338-0812 埼玉県さいたま市桜区大字神田 936 (独) 水資源機構総合技術センター TEL 048-853-1785

本研究で実施した解析ケースを表-3 に示す．対象構造物は Case2 である．

表-3 解析ケース

ケース名	概要	垂直補剛材	
		幅(mm)	板厚(mm)
Case1	現行規定を満たしたケース	150	12
Case2	垂直補剛材の板厚が規定を満たさないケース	150	9
Case3	垂直補剛材の剛度が規定を満たさないケース(剛度比0.7)	85	8

5. 解析結果

各ケースの P- δ 関係を図-3 に示す．ここで，P は支点反力の合計値であり， δ は支間中央の鉛直変位を示す．また，同図には，腹板の局部座屈荷重(両縁支持板)，フランジの降伏荷重，腹板の局部座屈荷重(4 辺支持板)を理論式より算定した結果も併せて示す．

同図より，いずれのケースも 3000kN 付近までは，初期勾配に変化はなく，これ以上の荷重が作用すると緩やかに勾配が小さくなり，4400kN 付近で最大荷重に達している．このため，最大荷重はいずれのケースも同じである．最大荷重後の低下勾配はケースによって異なっている．Case2 は，Case1 と比べてやや，早めに低下するものの，その差は小さいものと考えられる．Case3 は，Case1 や Case2 に比べ，低下勾配が大きいことが分かる．ただし，いずれもフランジの降伏荷重よりも最大荷重が大きく，腹板の局部座屈荷重(両縁支持板)に比べ，十分に大きい．腹板の局部座屈荷重(4 辺支持板)よりも，フランジの降伏荷重の方が小さいこと，フランジの降伏荷重を超えた後に最大荷重に至り，荷重が低下することから，いずれのケースもフランジの降伏荷重を超えたことにより耐力が低下しているものと考えられる．

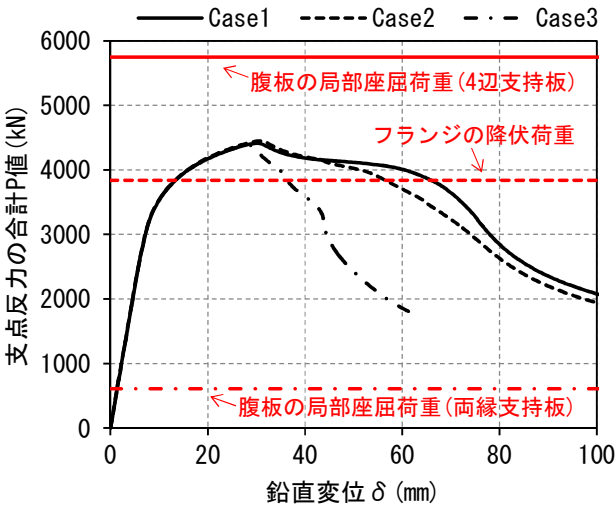


図-3 P- δ 関係

次に，各ケースの最大荷重時と最大荷重以降の荷重低下後の変形を図-4 に示す．ここで，コンターは相当塑性ひずみを示している．

同図より，いずれのケースも両側の腹板高の変化する位置のパネル(上下フランジと垂直補剛材で囲まれた腹板)内で塑性ひずみが大きくなっており，塑性ひずみの分布形状は同様の傾向を示していることが分かる．荷重低下後は，同パネルにおいて，塑性ひずみが大きくなり，腹板の面外方向の座屈変形が大きくなるとともに，同パネル位置の上フランジに塑性ヒンジが形成され，耐力が低下しているものと考えられる．Case3 においては，垂直補剛材の座屈も発生していることから，最大荷重後の低下の勾配が大きくなっているものと考えられる．

垂直補剛材が規定を満たさない横主桁においても，十分な耐荷力を有しているものと考えられる．

6. まとめ

現行の腹板補剛設計規定を満たさないダムゲートの横主桁に対して，3次元シェルモデル非弾性有限変位解析を行った．解析の結果，規定を満たさないケースにおいても，最大荷重までは，規定を満たしたケースと同等の耐力が期待できることを確認した．

参考文献

- 1) ダム・堰施設技術協会：ダム・堰施設技術基準(案)，2016．
- 2) 佐藤信光，富田尚樹，阿曾浩：ダムゲートの耐震性能照査における耐荷力特性の検討，平成 29 年度 ダム工学会 研究発表会・講習会，2017.11．
- 3) 土木学会：座屈設計ガイドライン（鋼構造シリーズ 12），2005．

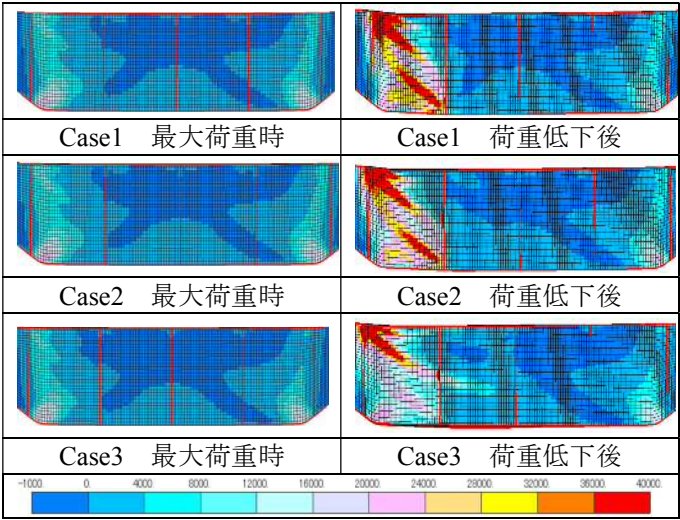


図-4 変形図