垂直補剛材を有する鋼I桁の載荷実験と非弾性有限変位解析による耐荷力特性の検討

(独)	水資源機構	正会員	冨田	尚樹	(独)	水資源機構	正会員	藤田	将司
(独)	水資源機構	非会員	阿曽	浩	(株)	オリエンタルコンサルタンツ	正会員(	)梅林裕	<b>冨太郎</b>
(独)	水資源機構	正会員	佐藤	信光	(株)	オリエンタルコンサルタンツ	正会員	大竹	省吾

## 1. 目的

竣功年が古い既設のダムゲートは,現行の腹板補 剛設計規定<sup>1)</sup>を満たさない扉体を有するものが一部 存在している.現状では,これら既設ゲートに対し て耐震性能照査を行う場合には,暫定的に補剛材を 考慮しない局部座屈応力度式を適用しているため, 本来有する耐荷力特性を過小評価することになり, これが課題となっている.そこで,本論では,現行 規定を満たさない補剛材を有するゲートの横主桁を 対象とし,大型鋼 I 桁の載荷模型実験及び非弾性有 限変位再現解析を行い,耐荷力特性の検討を行った.

### 2. 載荷実験<sup>2)</sup>

対象は、ゲートの横主桁とし、腹板の座屈を防ぐ 目的で配置される垂直補剛材の剛度に着目して、実 験供試体の諸元を決定した.実験供試体のケースは、 ①垂直補剛材の剛度が現行の規定に不足するケース (剛度 0.7)(Case1)と②垂直補剛材が見込めない程度に 補剛材問題をたきいケース(Case2) ②垂直補剛材 が現行規定を満足するケース(Case3)とした(図-1). こ こで、本実験は、国立研究開発法人土木研究所にて 実施したが、実験装置の載荷能力を踏まえ、実験供 試体の寸法は、実物の 1/2 程度とした. また、載荷は 支間中央位置における集中載荷とした.

#### 3. 実験結果

各ケースの載荷荷重と支間中央の鉛直変位の関係 を図-2 に示す.また,載荷実験後の供試体の状況を 写真-1 に示す.

荷重変位関係より, Case1 と Case3 はほぼ同じ曲線 を描いていることが分かる. Case2 は降伏までは概ね 同じ挙動となるものの,降伏以降はすぐに耐力が低 下していることが分かる.写真-1より, Case3 は,1 パネル(上下フランジと垂直補剛材に囲まれた腹板) 内でせん断座屈が発生したが, Case1 はせん断座屈が 隣のパネルにも達している. Case2 は,垂直補剛材

- · - Case2

Case3

- - - Case1 -



キーワード ダム,鋼製ゲート,プレートガーダ,耐荷力,載荷実験,非弾性有限変位解析 連絡先 〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1 (株)オリエンタルコンサルタンツ TEL03-6311-7860 が無いため、載荷位置下部から支点部上部にかけて せん断座屈が発生した.以上の結果より、垂直補剛 材が現行規定を満たしていないものでも(Case1),一 定の耐力は確保されることが確認された.

# 4. 載荷実験の再現解析

載荷実験の再現を行うため、3次元シェルモデルを 用いた非弾性有限変位解析を行った.解析モデルを 図-3に,解析条件を表-1に示す.初期不整は実験前 に計測した腹板の初期たわみを考慮した.また,鋼 材の板厚と降伏応力度は,実験に際して,事前に行 った試験片による計測結果を適用した.

各ケースの実験と解析の荷重変位曲線を重ねて図 -4 に示す.また,解析の最終変形図を併せて示す. 同図の結果は,載荷治具の拘束条件を考慮する等, 実験とのフィッティングを実施した結果である.

Case1 は、荷重変位曲線より、降伏荷重や最大荷重 は概ね実験結果と一致しており、精度良く再現でき ているものと考えられる.また、垂直補剛材が座屈 し、2パネル間に跨って発生した腹板のせん断座屈も 良く再現できている.

Case2 は、荷重変位曲線より、最大荷重後の低下勾 配は差異があるものの、最大荷重点は合致しており、 概ね再現できているものと考えられる.また、腹板 に発生したせん断座屈形状も、実験を良く再現でき ているものと考えられる.

Case3は、荷重変位曲線より、降伏荷重や最大荷重は概ね実験結果と一致しており、精度良く再現でき



表-1 解析条件

	項目	内容			
解析ソフ	F	ABAQUS			
使用要素		非線形シェル要素			
応力ひずる	み関係	バイリニア型			
硬化則		移動硬化則			
制御方法		変位制御			
初期不整		計測結果(腹板の初期たわみを考慮)			
	SS400-3.2mm	降伏応力度(計測値):329N/mm <sup>2</sup>			
材好	SM400A-4.5mm	降伏応力度(計測値):314N/mm <sup>2</sup>			
们員	SM400A-19mm	降伏応力度(計測値) : 274N/mm <sup>2</sup>			
	初期弾性係数	E0=2. $0 \times 10^8 \text{kN/m}^2$			
	SS400-3.2mm	実際の板厚3.1mmを適用			
板厚	SM400A-4.5mm	実際の板厚4.4mmを適用			
	SM400A-19mm	実際の板厚19.2mmを適用			
培思冬州	支点部	可動、固定			
児小米什	横倒れ防止装置	鉛直ローラー(上下フランジに設定)			

ている.また,腹板のせん断座屈が載荷位置の隣の1 パネル内でのみ発生していることも,実験と傾向が 良く似ており,再現できているものと考えられる.

## 5. まとめ

現行の腹板補剛設計規定に不足するダムゲートの 横主桁を対象として,模型載荷実験及び3次元非弾 性有限変位解析による再現解析を行った.実験では, 規定を不足するケース(Case1)でも,最大荷重までは, 規定を満足するケース(Case3)と同等の耐力が期待で きることを確認し,再現解析では,実験結果を精度 良く再現可能なことを確認した.

# 参考文献

- 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,冨田尚樹,阿曽浩: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.



図-4 実験と解析結果の比較