

ラジアルゲートの耐荷力特性に関する実験的検討

財団法人電力中央研究所 正会員 ○齋藤 潔
財団法人電力中央研究所 正会員 山本 広祐

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震等における甚大な地震被害を契機として、各種耐震設計基準・指針類の改訂が諸機関で進められ、構造物の耐震性能に基づく設計体系が導入されつつある。ダム堤体および付属構造物の耐震設計は従来から震度法によって行われているが、前述のような背景のもとで、ダム堤体および付属構造物についても大規模地震に対する耐震性能照査指針案が試行されている¹⁾。ダム付属構造物の中でも重要性の高いダムゲートは、大規模地震時の耐震性能として貯留水流出防止とゲート開閉による水位制御が可能であることが求められる。ここで、代表的なダムゲートであるラジアルゲート(図1)については、耐震性能を確保するために主要構造部材である主桁と脚柱に座屈を発生させないことが必要となるものの、実証的な検討例が少なく、大規模地震時の挙動や損傷・破壊形態が明らかとなっていない。このため、軸圧縮力を受ける脚柱部に注目した模型を製作し、その耐荷力特性について実験的な検討を行った。

2. ラジアルゲート脚柱部模型

本検討では、図2に示す実機の1/4程度の縮尺となるラジアルゲート脚柱部模型について、同一形状のものを2体製作した。2本脚柱のラジアルゲートを想定し、比較的古いゲートにみられる構造が最も単純なラーメン形式の脚柱間連結構造とした。ゲート支承部は、トラニオンハブ、トラニオンピンおよび軸受により構成される。また、脚柱が主桁に接合する位置に固定用プレートを設置した。2本の脚柱はいずれも同一なH形断面であり、一般構造用溶接軽量H形鋼(SWH400材)を用いて高さ150mm、幅75mm、ウェブ厚3.2mm、フランジ厚4.5mmの断面寸法とした。脚柱間連結部材はH形断面とし、板厚3.2mmのSS400材を用いた。脚柱間連結部材で区切られた脚柱の3スパンは、いずれも同一の長さとした。トラニオンピンとトラニオンハブは、グリース塗布により円滑に回転できるように製作した。2本の脚柱がトラニオンハブに接合する箇所には厚さ4.5mmのカバープレートを設定した。模型は溶接接合により製作した。

3. 耐荷力実験

耐荷力実験は油圧式1軸試験機で行った。模型下部の固定用プレートを載荷ベッドに固定し、図2に示すように模型上側から鉛直下方向に、変位制御による静的単調載荷を行った。これは、ラジアルゲートに作用する水圧荷重(常時荷重+地震時荷重)を模擬したものである。載荷荷重は模型上部のロードセルで計測し、載荷方向の変位と脚柱のたわみを変位計により計測した。また、脚柱の主要断面のひずみを計測して、各脚柱に均等に軸力が作用するように調整した。

4. 実験結果

載荷点での鉛直方向の荷重-変位関係(図3)は、いずれの模型でも最大荷重の2/3程度まで直線的となっており、その後、材料の塑性化により勾配が緩やかとなり最大荷重に達した。最大荷重後は荷重低下が大きく、変位が最大荷重キーワード ダムゲート, 耐震, 耐荷力特性, 単調載荷実験

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫 1646 (財)電力中央研究所地球工学研究所構造工学領域 TEL04-7182-1181



図1 ラジアルゲート

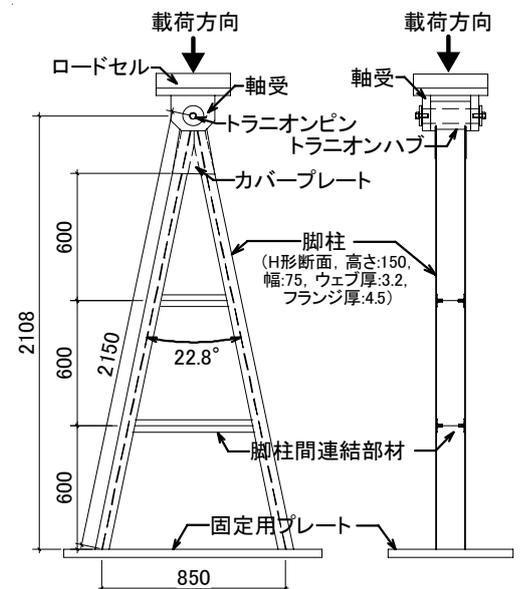


図2 ラジアルゲート脚柱部模型(単位:mm)

重時の2倍となる時点で最大荷重の40%程度まで低下した。最大荷重後の荷重-変位関係は模型間で異なり、2体目の模型は比較的急な荷重低下となった。

図4の最大変位時の変形状況に示すように、いずれの模型でも脚柱が架構面内方向に座屈して脚柱全長にわたるたわみ変形が発生したが、たわみの形状は模型により異なった。1体目の模型では、下側の脚柱間連結部材の付近で脚柱のたわみが最大となった。一方、2体目の模型では、脚柱の中央付近でたわみが最大となった。これは、模型製作時の溶接接合等により生じた初期不整の影響によるものと推察される。また、2体目の模型で発生した脚柱中央部のたわみが最大となる変形は、幾何学的な非線形性が発生しやすい形状であるため、荷重-変位関係において荷重低下が急になったと考えられる。2体目の模型について、載荷前および載荷の各時点での変形状況の遷移を図5でみると、最大荷重後にたわみ変形が増大したこともわかる。

5. 軸圧縮部材としての耐荷力評価

図6において、無次元化した各模型の最大荷重時の脚柱応力を、水門鉄管技術基準²⁾による軸圧縮部材の耐荷力曲線と比較した。実験結果の換算細長比には、設計で想定するように脚柱全長を有効座屈長として用いた。なお、図6には、参考として、換算細長比の有効座屈長を脚柱間連結部材で区切られた1スパンとした場合(脚柱間連結トラスが配置された場合に相当)と、既存ゲートにおける換算細長比の範囲を示した。実験における最大荷重時の脚柱応力は、軸圧縮部材の耐荷力曲線を大きく上回った。

6. おわりに

本実験により、ラーメン形式の脚柱間連結構造を有するラジアルゲート脚柱部の耐荷力特性を把握するとともに、脚柱について軸圧縮部材としての耐荷力評価を行った。同一形状の2体の模型について、初期不整等の影響により最大荷重後の荷重-変位関係や最終変形状況は異なったが、最大荷重までは良い再現性が認められた。また、脚柱が軸圧縮部材の耐荷力曲線と比較して十分な耐荷性能を有することも確認した。今後、脚柱の断面寸法や脚柱間連結トラス形状等を変化させた模型を本実験方法に適用することで、様々な形状のラジアルゲートを対象とした耐荷力特性の検討が可能になると考えられる。

参考文献：1) 国土交通省河川局:大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説, 2005.3.
2) (社)水門鉄管協会:水門鉄管技術基準 水門扉編(第5回改訂版), 2007.9.

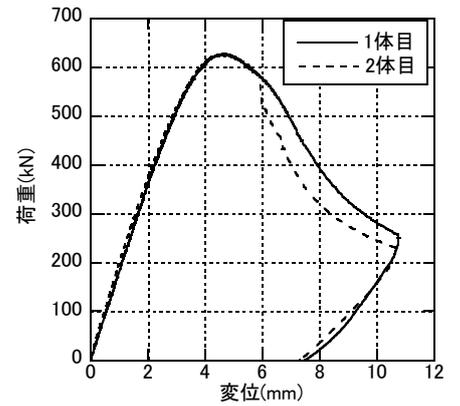
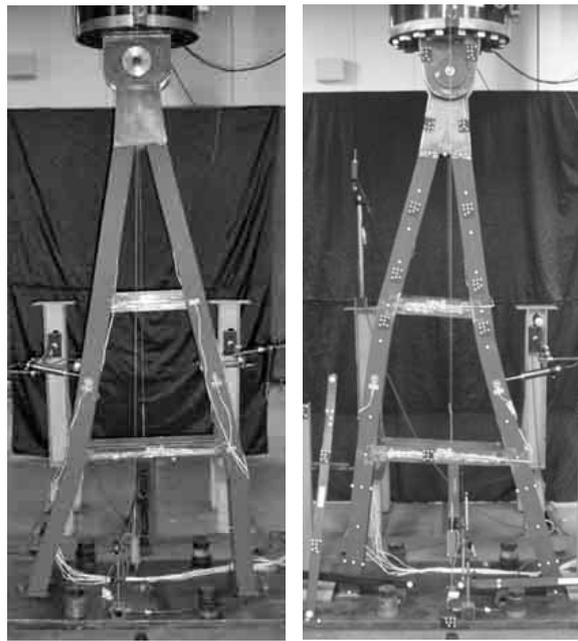


図3 載荷点の荷重-変位曲線



(a) 1体目 (b) 2体目
図4 最大変位時の変形状況

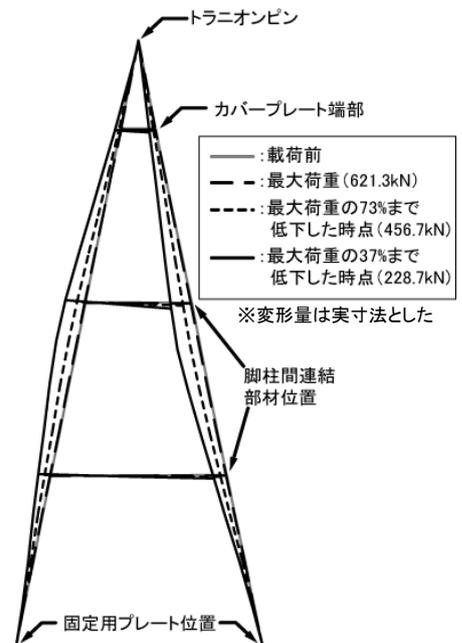


図5 変形状況の遷移(2体目)

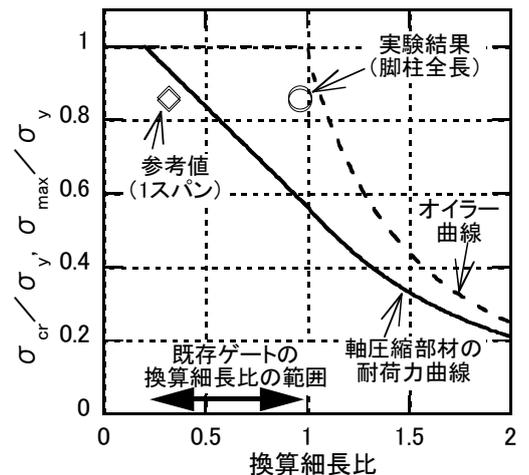


図6 最大荷重時の脚柱応力の耐荷力評価