

### 管理橋端部の目地材の材料特性に着目したダム門柱の地震応答解析

独立行政法人 水資源機構 正会員 ○佐藤 信光  
 独立行政法人 水資源機構 正会員 野中 樹夫  
 株式会社エイト日本技術開発 正会員 藤田 亮一

#### 1. 背景と目的

ダム門柱は壁状の鉄筋コンクリート柱であり、地震時には特にダム軸方向に振動しやすい構造であるが、門柱天端にある管理橋端部の拘束効果がそれを抑制する可能性が指摘されている<sup>1)</sup>。本論では、管理橋端部の目地材の材料試験を行って拘束効果を定量的にモデル化し、それを適用して門柱と管理橋を対象とした動的解析を行い、管理橋端部の拘束効果が門柱の地震時挙動に及ぼす影響を確認した。以下、その結果を報告する。

#### 2. 検討対象施設概要

検討対象施設は重力式コンクリートダム(H=75m)の門柱であり、管理橋は単純支持のPC桁橋である。対象施設の概要を図-1に示す。端部の遊間は20mmであり、壁高欄の遊間は目地材で埋められていた。桁端や支承周りにも目地材の存在が認められたが、桁端全体に充填されているか否かは不明であった。

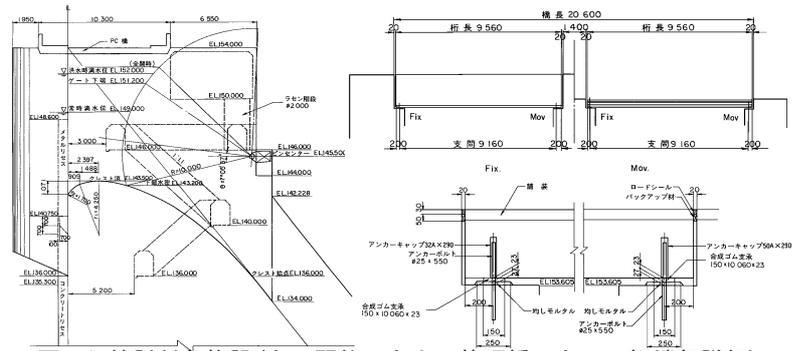


図-1 検討対象施設(左:門柱, 右上:管理橋, 右下:桁端部詳細)

#### 3. 検討条件

(1)解析モデル：ダム門柱と管理橋を対象として作成した骨組みモデルの概要を図-2に示す。門柱は曲げ非線形特性を修正武田モデルで表現し、管理橋端部には目地材による拘束を表現する非線形ばねを設置した。その際、高欄のみに目地材が設置された場合と、桁端全体に設置された場合を想定し、設置面積から算出するばね剛性を2通り設定した。部材の減衰定数は道路橋示方書V耐震設計編<sup>2)</sup>を参考に設定し、構造全体の減衰特性はRayleigh減衰でモデル化した。

(2)入力地震動：入力地震動は図-3に示すとおりであり、別途実施したダム堤体の動的解析結果により得られた門柱基部での応答加速度波形を用いた。

(3)解析ケース：管理橋端部の拘束条件に着目し、1)目地材無し、2)目地材を高欄のみに設置、3)目地材を高欄と桁端全体に設置、の3通りを想定して解析を行った。2)と3)については目地材を2種類想定してそれぞれ計算した。

#### 4. 目地材の圧縮特性の確認とモデル化

対象施設の管理橋端部に設置された目地材の圧縮特性は直接確認できなかったが、一般的に目地材として用いられる2種類の材料について試験片を用いた圧縮試験を行い、荷重～変位関係を確認した。実験結果とそれを折れ線で近似して設定したばねの非線形特性を図-4～5に示す。

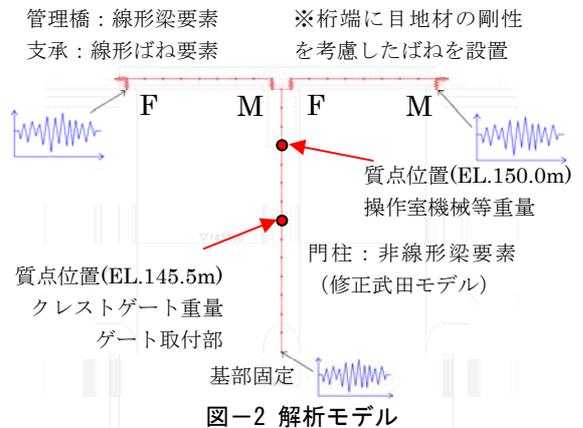


図-2 解析モデル

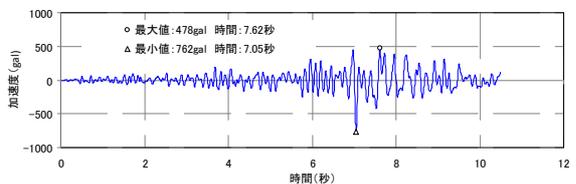


図-3 入力地震動加速度波形

表-1 解析ケース

解析ケース	管理橋端部の目地材	目地材設置範囲
case1	なし	なし
case2	材料1	高欄のみ
case3	材料2	高欄のみ
case4	材料1	桁端全体
case5	材料2	桁端全体

キーワード ダム門柱, 地震応答解析, 管理橋, 目地材, 拘束効果, 耐震対策

連絡先 〒338-0812 さいたま市桜区大字神田 936 番地 (独)水資源機構 総合技術センター TEL048-853-1785

### 5. 動的解析結果および耐震性能照査結果

作成したモデルを用いて動的解析を実施し、その結果を用いてダム耐震性能照査指針(案)<sup>3)</sup>に準拠した耐震性能照査を行った。

門柱のゲート位置における最大応答変位を表-2に示す。目地材の無い case1 では変位は 24.6mm であり、ゲート遊間(15.0mm)以上となるためゲートと干渉して開閉機能に支障をきたす結果となった。一方、目地材を設置した case2~5 では応答変位が低減され、ゲートとの干渉が避けられた。case2 と 4, case3 と 5 を比較すると、目地材の設置範囲が広い case4・5 の方が門柱の変位が小さくなっており、設置面積の増加につれて拘束効果が大きくなることが確認できた。また case2 と 3, case4 と 5 を比較すると、材料 1 を使った case2・4 の方が門柱の変位が小さくなっており、初期剛性の大きな材料 1 の拘束効果が大きいと考えられる。

次に、門柱基部の曲げ(曲率)とせん断の照査結果を表-2に示す。いずれのケースにおいても応答値は許容値以下であった。なお, case4 を除いて降伏曲率(0.0007)は超えている。目地材の無い case1 と目地材を設置した case2~5 を比較すると、曲率は前者に比べて後者の方が小さくなっており、桁端の拘束で門柱の変位が減り、曲げ変形も減少したと考えられる。せん断力については、桁端が拘束されることで生じる管理橋の軸力が門柱天端からせん断力として作用するため、目地材を設置すると応答値が最大 2 割程度増加した。

さらに、管理橋に発生する圧縮応力についても確認した(表-3)。高欄のみに目地材が設置されている case2 と 3 では受圧面積が小さいため発生応力が大きくなっているが、コンクリートの圧縮強度よりも十分小さいことから致命的な損傷は生じないと考えられる。

表-2 門柱のゲート位置での変位と基部の応答

解析ケース	ゲート位置での変位(mm)	ゲート遊間(mm)	判定	応答曲率(1/m)	許容曲率(1/m)	判定	せん断力(MN)	せん断耐力(MN)	判定
case1	24.6	15.0	N.G	0.004	0.033	O.K	11.8	21.0	O.K
case2	11.9	15.0	O.K	0.002	0.033	O.K	11.2	21.0	O.K
case3	14.7	15.0	O.K	0.002	0.033	O.K	11.8	21.0	O.K
case4	3.0	15.0	O.K	0.000	0.033	O.K	12.4	21.0	O.K
case5	8.7	15.0	O.K	0.001	0.033	O.K	14.1	21.0	O.K

### 6. 常時の桁端拘束の影響

前章までの地震時の検討に加え、常時の温度変化による管理橋の移動が拘束された場合の門柱への影響も確認した。温度差 20 度を想定して桁の伸縮量(1.8mm)を算出し、これを強制変位として片側から門柱天端に作用させた結果、基部に発生する曲げモーメント(27.6MNm)はひび割れモーメント(56.1MNm)以下であり、影響が小さいことが確認できた。一般に管理橋の支間は短く温度変化の影響が小さいため、門柱への影響も限定的であったと推測される。この結果から、目地材の無い管理橋に対して拘束効果のある材料を設置し、門柱の耐震対策とする可能性もあると考えられる。

### 7. まとめ

本論では、ダム門柱天端の管理橋端部に設置される目地材の材料特性を圧縮試験により把握するとともに、その特性を反映した解析モデルを用いた門柱の動的解析を行った。一般的な 2 種類の目地材について確認した結果、今回対象とした施設については、高欄部分のみに目地材が設置されていれば門柱の応答が大幅に軽減されることが確認できた。また、桁端の拘束による常時状態での門柱への影響が小さいことも確認できた。

### 参考文献

- 1) 佐野・太田垣・佐藤：重力式コンクリートダム門柱の実地震時応答における上部工の影響，平成 24 年度ダム工学会研究発表会，平成 24 年 11 月
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書，平成 24 年 3 月
- 3) 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，平成 17 年 3 月

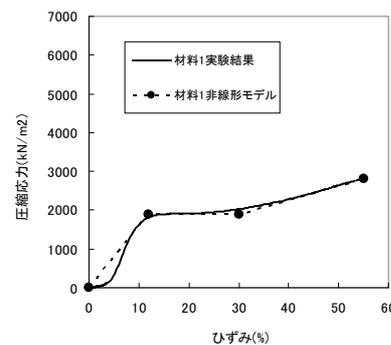


図-4 目地材の圧縮試験結果と設定した非線形モデル(材料 1)

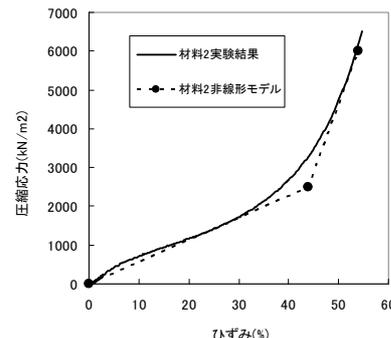


図-5 目地材の圧縮試験結果と設定した非線形モデル(材料 2)

表-3 管理橋に発生する応力

解析ケース	圧縮応力(N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	判定
case1	-	-	-
case2	3.4	35.0	O.K
case3	8.8	35.0	O.K
case4	1.3	35.0	O.K
case5	1.7	35.0	O.K