

## 既設ダムへの放流設備増設時の放流管周辺のひびわれ発生状況に関する検討

独立行政法人土木研究所 正会員 ○木藤賢一 佐々木隆 金縄健一 石橋正義 山口嘉一

## 1. はじめに

既設ダムに放流管を増設する場合、設置する放流管より大きな開口部を設け、放流管設置後、既設ダム堤体には堤体自重および水圧荷重による応力が発生した状態で、放流管と開口部の空隙がコンクリートにより充填される。その際、新規にダムを建設する場合と同じような考え、つまり放流管径と同幅の空洞部があると仮定して求めた放流管周辺の引張応力を対象に、充填コンクリート内に配筋する補強鉄筋量の設計を行っている事例が多い。

しかし、既設ダムに放流管を増設する場合の放流管周辺の発生応力は、新設ダムの放流管周辺に発生する応力と比較して、引張応力発生箇所や発生応力値が大きく異なることがわかっている<sup>1)</sup>。

このため、放流管増設時の堤体設計・鉄筋配置の合理化を進めることを目的として、コンクリートのひびわれを考慮した解析モデルを用いて、放流管周辺のひびわれ発生状況を検討した。また、併せて充填コンクリート内に配置する鉄筋によるひびわれ発生に与える影響についても検討を行った。

## 2. 解析モデル

解析対象は、図-1に示すように、堤高100mの重力式コンクリートダムの1ブロック（幅15m）を切り出したものとした。そして、施工時水位を56mとした状態で、最深部からダム堤高の1/3（33m）の位置かつブロックの中央に、開口幅5.0mで水平に削孔し、その中に管径 $\phi$ 3.8mの放流管を設置後、放流管と削孔された空洞との間の空隙をコンクリートにより充填するものとした。また完成後、貯水位を100mまで上昇させることを想定した。

解析は2次元FEMで行い、ダム上下流方向の2次元断面モデルにて発生する鉛直応力を求め、ダム軸方向断面モデルの初期応力として与え、開口部の要素を削除することにより応力解を求める手法<sup>2)</sup>を応用した。また、コンクリートのひびわれはジョイント要素で考慮することとし、ジョイント要素に発生する引張応力が引張強度を超えた場合、ただちに開口することとした。また、鉄筋は軸力のみが発生するロッド要素として考慮した。ジョイント要素およびロッド要素の配置位置を図-2に、解析に使用した材料物性値一覧を表-1に示す。なお、モデル化した鉄筋量（面積）は従来の設計手法（設計震度を0.15とし、新設ダムに同じ放流管径の空洞を設けた場合に、空洞周辺に発生する引張力を全て鉄筋で受け持つものとして設計）に基づき設定したものである。

## 3. 放流管上流端付近での効果

今回設定したコンクリートの引張強度の条件では、放流管上流端付近では、図-3に示すように、削孔時に開口部上下において、1.8mのコンクリートひびわれが発生した。その後、充填コンクリートを充填後、水位を上昇

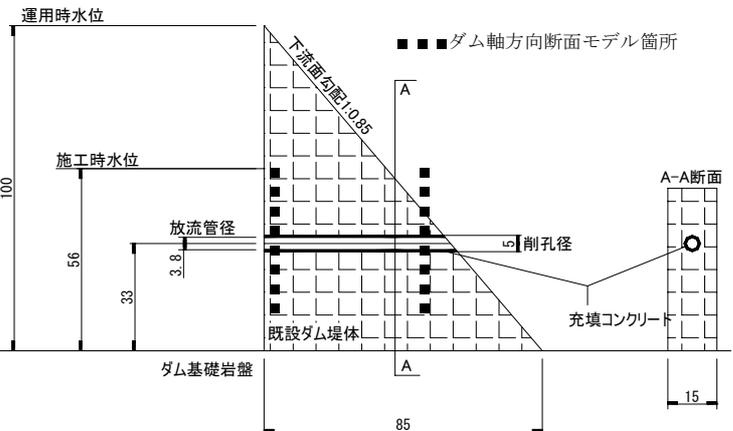


図-1 対象ダムの規模・開口部の諸元（単位：m）

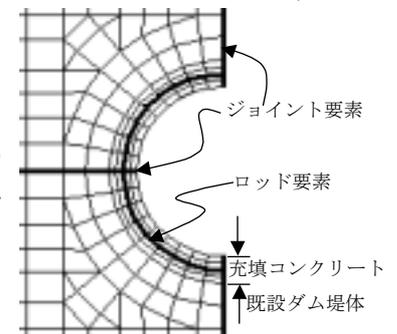


図-2 各要素の配置位置

表-1 解析に使用した材料物性値一覧

要素種類	物性値	記号	設定値
平面要素 (コンクリート)	弾性係数	E	25,000N/mm <sup>2</sup>
	ポアソン比	$\nu$	0.2
ジョイント要素 (コンクリート部)	垂直バネ剛性	$K_n$	25,000N/mm <sup>2</sup>
	せん断バネ剛性	$K_s$	10,417N/mm <sup>2</sup>
	引張強度	T	1.0N/mm <sup>2</sup>
ロッド要素 (鉄筋部)	断面積	A	0.006m <sup>2</sup>
	弾性係数	$E_s$	200,000N/mm <sup>2</sup>
	ポアソン比	$\nu_s$	0.3

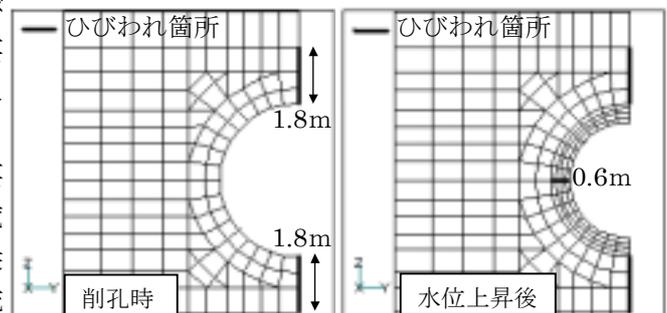
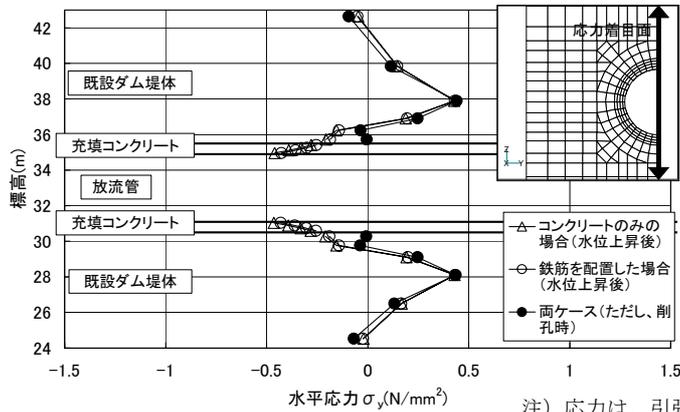
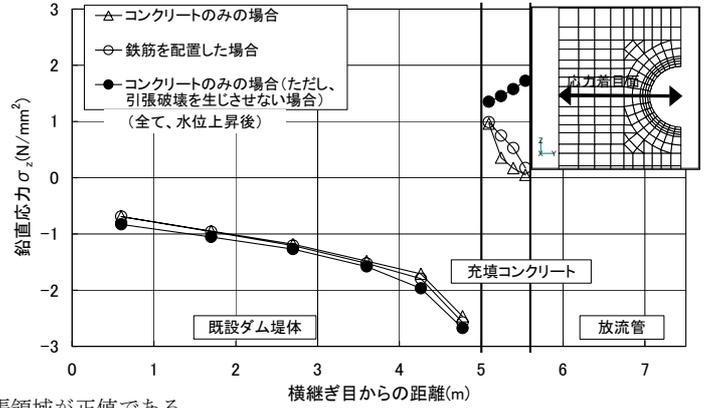


図-3 放流管上流端付近におけるひびわれ箇所

キーワード：コンクリートダム、再開発、放流設備、放流管周辺応力、補強鉄筋、ひびわれ

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 TEL029-879-6781 FAX029-879-6737

図-4 上流端付近上下方向の水平応力  $\sigma_y$  分布図-5 上流端付近ダム軸方向の鉛直応力  $\sigma_z$  分布

させると、充填コンクリート内の鉄筋の有無にかかわらず、充填コンクリートの側部においてひびわれが発生する。しかし、既設ダム堤体に生じていたひびわれは進展することがなかった。

この場合の応力状況を詳細に評価するため、まず放流管上下方向にひびわれが生じた箇所に隣接する平面要素の水平方向直応力  $\sigma_y$  分布を、図-4に示す。充填コンクリート部での応力は圧縮領域であり、また、既設ダム堤体部に発生している引張応力は、水位が上昇しても大きくはなっていない。このため、放流管上流端付近で放流管上下方向のひびわれが削孔時に発生した場合でも、鉄筋の有無にかかわらず、完成後に水位が上昇した場合にそのひびわれは進展しにくいことがわかる。

次に、充填コンクリート側部の鉛直方向直応力  $\sigma_z$  分布を、図-5に示す。これより、充填コンクリートにおいては、大きな引張応力が働くが、ひびわれが発生した場合でも、隣接する既設ダム堤体部では圧縮領域であるため、既設ダム堤体部へひびわれが進展することはない。このため、鉄筋の有無によって、充填コンクリート内の応力分布にわずかな違いが見られるものの、既設ダム堤体内の応力分布には大きな影響を及ぼしていないことがわかった。

#### 4. 放流管下流端付近での効果

放流管下流端付近では、水位上昇後もひびわれが発生しなかったため、加えて震度0.15の慣性力および動水圧を作用させ、ひびわれ発生状況について検討した。この場合、鉄筋を配置しない場合には、放流管上下において、図-6に示すようなひびわれが発生したが、鉄筋を配置した場合には、コンクリートにはひびわれは発生しなかった。つまり、鉄筋は、コンクリートのひびわれの発生を抑制する役割を果たしたものの、コンクリートのひびわれが発生していないため、本来期待している引張力を発揮していない。言い換えれば、この位置での鉄筋量は削減できる可能性がある。

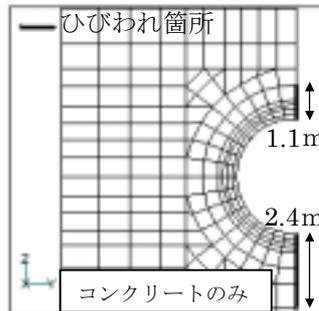


図-6 放流管下流端付近でのひびわれ箇所

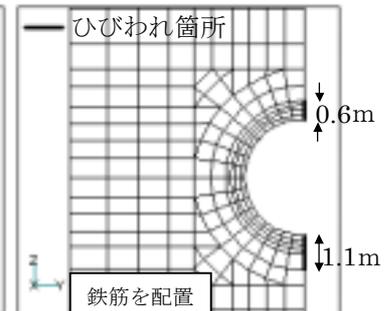


図-7 新設ダム放流管下流端付近でのひびわれ箇所

なお、同じ放流管径の空洞がある新設ダムにおいて同様の解析を行った場合、鉄筋を配置した場合にも、図-7に示すようなひびわれが発生する。その際、鉄筋には設計の  $196\text{N/mm}^2$  に対し  $24.7\text{N/mm}^2$  の引張応力しか作用していない。つまり、新設ダムの場合にも、鉄筋はひびわれの進展の抑制に寄与しているが、設計で考慮しているだけの引張力は作用していないことがわかった。

#### 5. まとめ

以上のように、既設ダムに放流管を設置する場合の放流管周辺のひびわれ発生状況や充填コンクリート内に配置する鉄筋がひびわれ発生抑制に与える影響は、新設ダムの場合と大きく異なることがわかった。このため、新設ダムにおける鉄筋効果を含めて、より効果的な既設堤体の補強設計を検討していくことが必要である。

なお、今回の荷重条件では、放流管上下部に削孔時に発生したひびわれに対して、充填コンクリート内に配置した鉄筋は特に機能していない結果となっている。しかし今後、大きな地震力が上流向きに作用したような場合について、鉄筋のひびわれ延伸防止効果を検討する必要があると考えている。

参考文献：1) 木藤、佐々木、ほか：既設ダムへの放流設備増設に伴う堤体開口部周辺の応力特性に関する一考察、第58回年次学術講演会講演概要集CD-ROM、2003.9。

2) 藤澤、永山、ほか：重力ダムの放流管理設ブロックの応力解析、土木研究所資料、第2291号、1985.12。