

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

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

新設ダム堤体内の放流管等の開口部には、堤体自重や水圧荷重の作用により、開口部上下部において、通常引張り応力が発生する。社会情勢変化等から貯水池運用の変更が求められ、それに伴い既設ダム堤体へ新たに放流管を設置する事例がある。その場合には、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ため、充填コンクリートと既設ダム堤体開口部周辺では、初期応力状態および堤体自重や水圧荷重の作用によって発生する応力が異なる。

ここでは、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、施工手順を考慮した上で、放流管設置後の貯水位（運用水位）の上昇により、既設ダム堤体および充填コンクリートに発生する応力特性について検討を行った。

2. 解析モデル

解析は、3次元のFEMで実施し、解析対象は図-1に示したように、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）の位置に、開口幅5.0mで削孔し、管径φ3.8mの放流管を設置後、空隙をコンクリートにより充填した。また完成後、貯水位を100mまで上昇させた。解析に使用した材料物性は、図-1中に示す通りである。

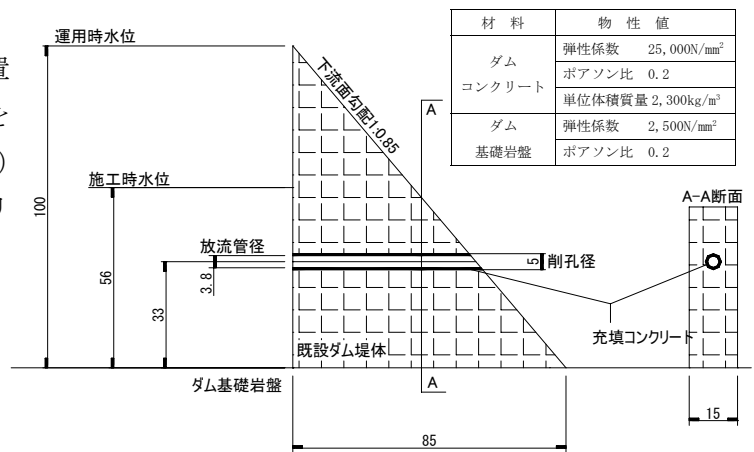


図-1 対象ダムの規模・開口部の諸元（単位：m）

3. 検討方法

開口部周辺や充填コンクリートに発生する応力は、図-2に示す検討フローに従い実施した。

4. 検討結果

図-3に開口時における既設堤体開口部周辺の水平応力 σ_y 分布を、図-4に充填コンクリート部の鉛直応力 σ_z 分布を示したが、開口部においては、運用水位時ではなく、開口時に既設堤体開口部下部にてダム軸方向応力 σ_y に最大引張り応力が発生し、充填コンクリート部においては、運用水位時に充填コンクリート側部にて鉛直応力 σ_z に最大引張り応力が発生した。

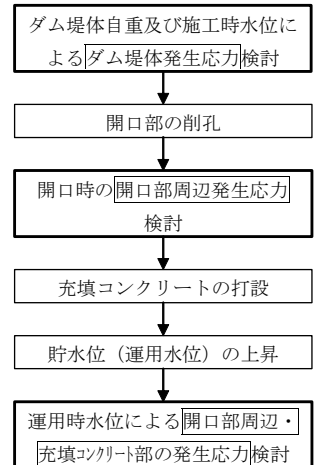


図-2 検討フロー図

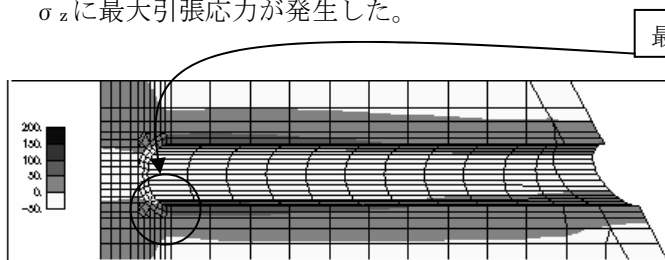


図-3 既設堤体開口部周辺の水平応力 σ_y 分布（開口時）
（単位： $\times 10^{-2} \text{N/mm}^2$ ）

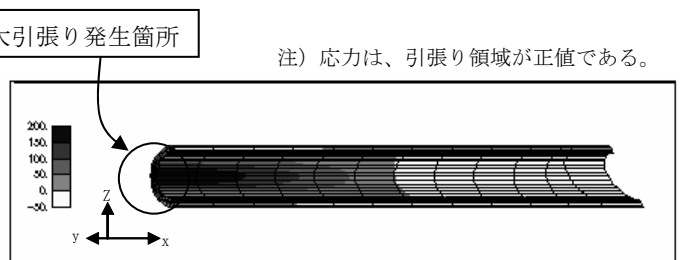


図-4 充填コンクリート部の鉛直応力 σ_z 分布図
（運用水位時）（単位： $\times 10^{-2} \text{N/mm}^2$ ）

注) 応力は、引張り領域が正值である。

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

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

そこで、応力の着目点として、図-5に示したように、既設堤体開口部下部、充填コンクリート側部を選定し、その部分におけるダム上下流方向のダム軸方向応力 σ_y 、鉛直応力 σ_z を図-6, 7に示す。図より、流入部付近（図中の上下流方向距離の0m近傍）にて引張応力の最大値が発生していることがわかる。なお、施工時水位を0m~60m程度の範囲において変動させても、既設堤体開口部周辺および充填コンクリートに発生する引張応力の最大値は、ほぼ同程度となることを確認している。

次に、流入部付近に着目して引張応力分布特性を把握するため、流入部における水平応力 σ_y の鉛直方向分布を図-8に、鉛直応力 σ_z の水平方向（ダム軸方向）分布を図-9に示す。図-8より、既設堤体開口部周辺の引張応力は、開口幅の1/2程度（2.5m）程度の範囲で発生している。また、図-9より、充填コンクリート側部における引張応力は、充填コンクリートの断面方向全域にわたり発生するが、隣接する既設ダム堤体側は大きな圧縮応力が発生している領域であることがわかる。

また、充填コンクリートがあるにもかかわらず、今回の解析結果から、運用時における既設堤体内の引張応力の値は、開口時点より大きくは低減していないことがわかった。

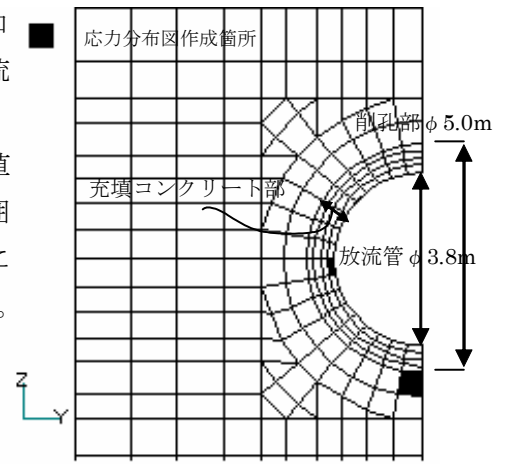


図-5 応力分布図作成箇所

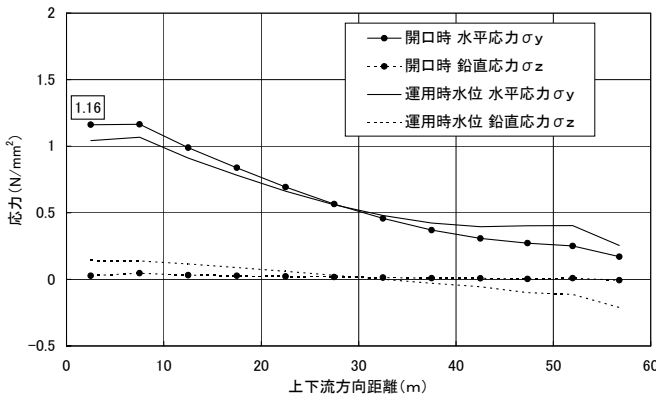


図-6 既設堤体開口部下部の応力分布

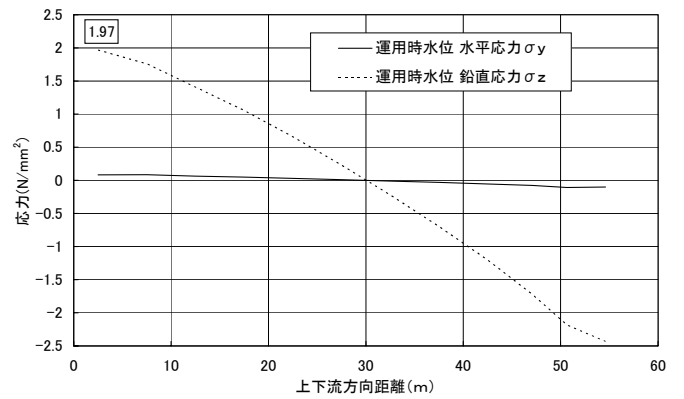


図-7 充填コンクリート側部の応力分布

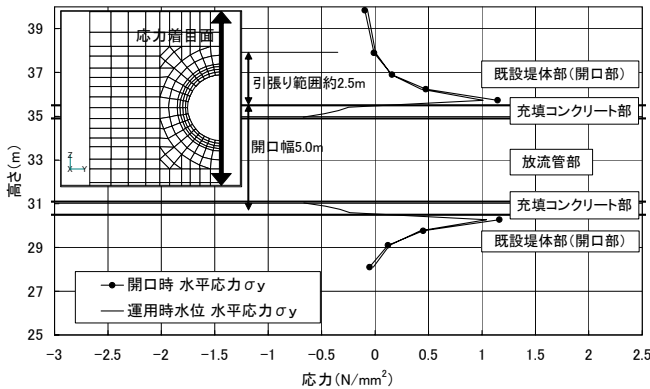


図-8 流入部上下方向の水平応力 σ_y 分布図

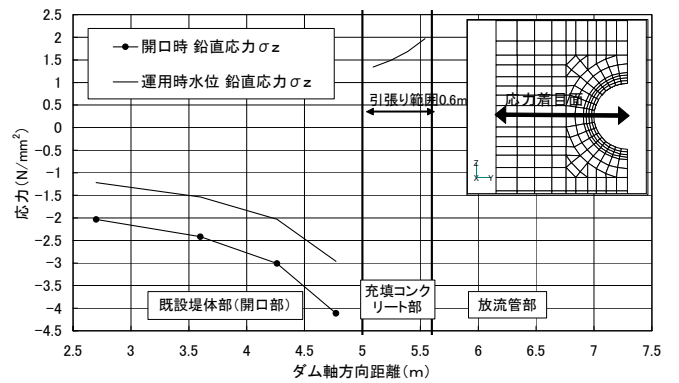


図-9 流入部ダム軸方向の鉛直応力 σ_z 分布図

5. まとめ

既設ダムに放流管を設置する場合、まず、開口時の既設堤体開口部における引張応力を算定し、その引張応力が許容される引張応力範囲内にあることを確認する。次いで、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、配筋量の設計を行っている事例が多い。その際、補強鉄筋を充填コンクリート内に配置することとなるが、充填コンクリートと隣接コンクリートの応力分布形態は、補強鉄筋の挙動、効果に影響を及ぼすものと考えられる。よって、実際の施工手順に基づいて評価された応力分布を考慮した上で、既設堤体の合理的な補強設計を検討していくことが必要である。