

置換プラグ処理を考慮した重力ダム模型実験の数値解析的検討

京都大学 正会員 ○中島伸一郎

京都大学 正会員 岸田 潔

近畿コンクリート工業株式会社 伊豆好弘

(財) 地域地盤環境研究所 フェロー 足立紀尚

1. はじめに

ダム基礎岩盤の弱層の一部をコンクリートで置き換える置換プラグ処理工法は、重力ダムの弱層処理の代表的な手法である。本研究では、置換プラグの合理的な設計規範の確立を最終的な目標とし、弱層・プラグを考慮した重力ダム模型実験を実施してきた^{1), 2)}。本稿では、模型実験の条件に対して有限要素解析を実施し、数値解析結果と実験結果との比較・検討を行う。

2. 重力ダム模型実験の概要

重力ダム模型実験装置の全体図を図1に示す。石膏と珪藻土の混合物によって作製した岩盤供試体の上にジュラルミン製の堤体部を接着し、鉛直・水平方向それぞれ3本ずつのエアシリンダによって載荷した。3本ずつのエアシリンダで階段状の荷重を作用させることにより、三角形分布する堤体自重および静水圧荷重を擬似的に表現している。堤体部の底面には、堤敷幅を10分割する形で2方向ロードセルが設置されており、堤敷での垂直応力、せん断応力の分布が計測可能となっている^{1), 2)}。

実験パターンを表1に示す。堤敷内に出現する弱層を想定し、3種の弱層位置について実験を行った。弱層は幅30mmの空白によって模擬した。プラグを設置した実験では、プラグ深さを10, 30, 60 mmと設定した。模型各部の物性値を表2に示す。

3. 重力ダム模型実験の数値解析の概要

3次元弾性有限要素解析により、重力ダム模型実験の満水状態における載荷状況を再現した。実験において、無載荷満水状態での繰り返し載荷を実施した結果から、下流弱層プラグなし以外のケースについては、満水状態までの範囲であれば堤敷応力や岩盤側面のひずみ計測値が弾性的挙動を示すことを確認している。解析モデルのサイズ、拘束条件は図2に示すように模型実験と同じである。入力パラメータは表2を用いた。実験では弱層は空白であるので、弱層に相当する部分のメッシュを除去して解析を行った。

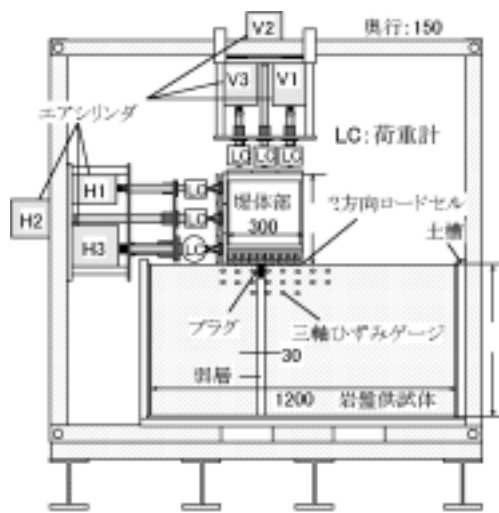


図1 実験装置 (単位: mm)

表1 実験パターン

	弱層なしモデル Model B	下流弱層モデル Model D	中央弱層モデル Model C	上流弱層モデル Model U
プラグ深さ [mm]	堤敷部 上流 下流	堤敷部 上流 下流	堤敷部 上流 下流	堤敷部 上流 下流
0	Model B	Model D-0	Model C-0	Model U-0
10		Model D-10	Model C-10	Model U-10
30		Model D-30	Model C-30	Model U-30
60		Model D-60	Model C-60	Model U-60

表2 模型各部の物性値

	弾性係数 E [MPa]	ポアソン比 ν
堤体部	7.15×10^4	0.35
プラグ部	2.10×10^5	0.35
堅岩部	2.13×10^3	0.25

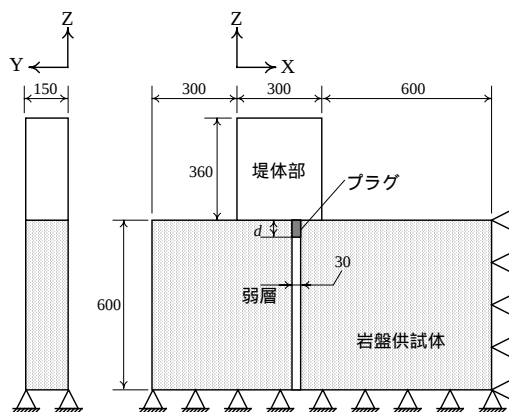


図2 解析モデル (単位: mm)

キーワード：重力ダム，弱層処理，数値解析

連絡先：〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科 TEL 075-753-5086

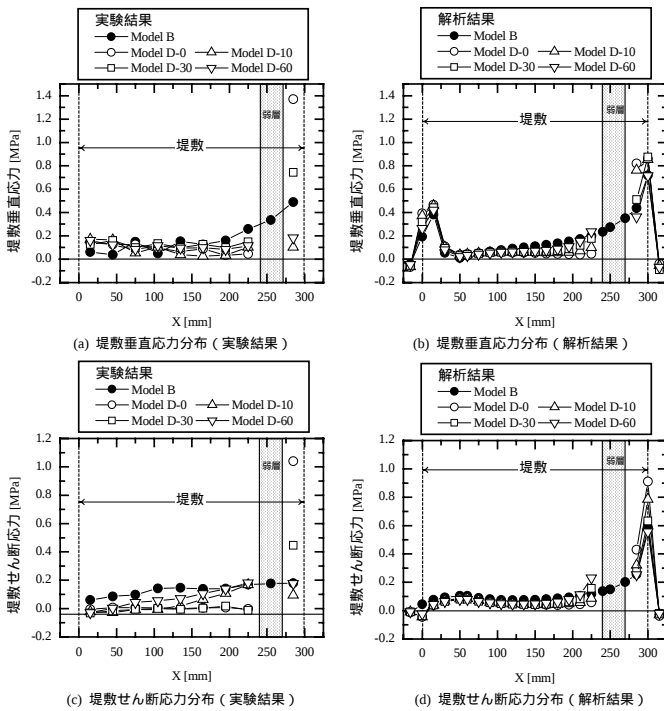


図3 満水状態における堤敷応力分布 (Model D)

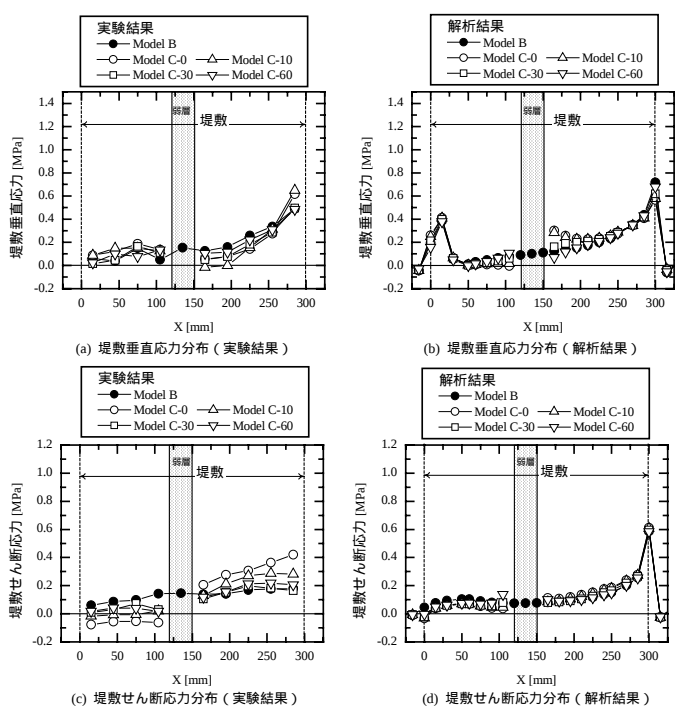


図4 満水状態における堤敷応力分布 (Model C)

4. 実験結果と解析結果との比較

満水状態での堤敷沿いの垂直応力・せん断応力分布についての実験結果と解析結果を図3, 図4に示す。図3は下流弱層モデル, 図4は中央弱層モデルの結果であり, 各図(a), (c)が実験結果を, (b), (d)が解析結果を示している。図3(a), (c)より, 下流弱層プラグなし (Model D-0) の場合, 垂直応力, せん断応力ともに下流端に著しく集中が生じる。一方, プラグを設置することで, 下流端の応力集中が抑制される。図3(b), (d)より, 解析結果は, 下流弱層モデルプラグなしの場合に堤敷下流端に応力集中が生じる点, またプラグを設置することによりその応力集中が抑制される点を表現し得ている。ただし, プラグなしの場合の応力集中の度合いおよびプラグ設置による応力集中の抑制度合いについては実験結果が解析結果を大きく上回る。

図4(a), (c)より, 中央弱層では, プラグなしでも顕著な応力集中は生じないが, 弱層より上流側でせん断応力が負の値を示すという実験結果となっている。これは, 弱層周辺岩盤が弱層方向へと変形するためである。また, プラグの設置によりせん断応力分布が弱層なしの場合に近づくことが確認できる。図4(b), (d)より, 解析結果は, プラグなしの場合に弱層上流側のせん断応力が弱層なしモデルよりも低くなる点について解析結果と実験結果は傾向が一致する。ただし, 実験結果ではそのせん断応力が負に達していたのに対し, 解析結果では実験結果ほど大きく低下していない。

5. まとめ

弱層・プラグを考慮した重力ダム模型実験の数値解析を実施し, 実験結果との比較を行った。弱層の有無, 弱層位置およびプラグ設置による堤敷応力分布の差異に関し, 解析結果は実験結果の傾向を表現することができた。しかしながら, 弱層による応力集中の度合いやプラグの設置による応力集中抑制の度合いについては, 実験結果のほうが解析結果よりも顕著に顕れた。

参考文献

- 1) 足立紀尚, 中島伸一郎, 岸田潔, 伊豆好弘: 重力ダム模型実験装置の開発と基礎岩盤内荷重伝達機構に関する研究, 土木学会論文集 No.666 / III-53, pp.245-259, 2000.12.
- 2) 中島伸一郎, 足立紀尚, 岸田潔, 櫻井陽平, 伊豆好弘: 置換プラグ処理を考慮した重力ダム模型実験と剛体安定解析によるプラグ効果の検討, 土木学会論文集 No.701 / III-58, pp.315-330, 2002.3