

京都大学工学部
京都大学工学研究科
京都大学工学研究科
関西電力

学生員
学生員
正会員
正会員

○ 桜井陽平
中島伸一郎
足立紀尚・岸田潔
伊豆好弘

1. はじめに

ダム基礎岩盤の弱層処理工法の一つとして、弱層部を一定範囲除去してコンクリートで置換する置換プラグ処理工法が挙げられる。本研究では、弱層の存在およびプラグ設置を想定したダム模型載荷・破壊実験を行った。本稿では、載荷時の堤敷応力分布から、弱層が基礎岩盤の安定性に及ぼす影響および置換プラグによる改良効果について考察する。

2. 実験概要

実験装置を図1に示す。鉛直・水平方向それぞれ3つのエアシリンダによって載荷を行う。このように荷重を3分割することにより、実ダムにおける自重、水圧荷重を擬似的に表現する。

堤体部はジュラルミン製で、高さ360 mm、幅300 mm、奥行150 mmである。堤体部底面には2方向ロードセル¹⁾(門型ロードセル：東京測器研究所)を10個設置し、堤敷での垂直応力およびせん断応力を計測する。

岩盤供試体の堅岩部は石膏、珪藻土、水を2: 1: 3で配合して作成した。供試体は、打設後約48時間で脱型し、乾燥炉で7日間乾燥した後、自然冷却した。弱層部は、岩盤供試体内の隙間(幅30 mm)によって表現した。置換プラグ(鉄製、幅30 mm)は、2方向ロードセルの下にボルトで固定した。堤体部と岩盤供試体はエポキシ樹脂(E250：ユニシポンド製)で接着した。堤体部、プラグ、基礎岩盤部の物性値を表1に示す。表1中、堅岩部の物性は、供試体ごとに一軸圧縮試験、圧裂試験を行って求めた物性値の平均値である。

計測項目は、各シリンダの載荷荷重、堤敷垂直応力およびせん断応力分布、岩盤供試体側面のひずみ分布である。

載荷手順を図2に示す。まず自重に相当する鉛直荷重を9段階で載荷する。この載荷状態を自重状態とする。次に水圧に相当する荷重を6段階で載荷する。この載荷状態を満水状態とする。さらに、H1, H2荷重を固定し、H3荷重を0.1kNずつ増加させ、供試体が破壊するまで載荷する。

実験パターンを図3に示す。プラグなしの実験では、堤体部の上流端、中央、下流端の3位置に出現する弱層を想定した。プラグ設置の実験では、プラグ深さを10, 30, 60 mmで変化させた。

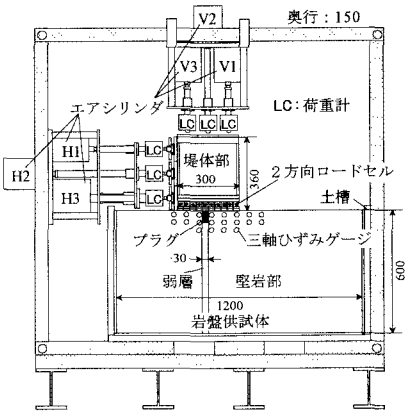


図1 実験装置 (単位: mm)

表1 模型各部の物性値

	弾性係数 [MPa]	強度定数
堤体部 (ジュラルミン)	7.1×10^4	
プラグ (鉄)	2.0×10^5	
堅岩部 (石膏, 珪藻土)	2.2×10^3	$\sigma_c = 4.0 \text{ MPa}$ $\tau_c = 0.93 \text{ MPa}, \phi = 40.4^\circ$
弱層部	0	

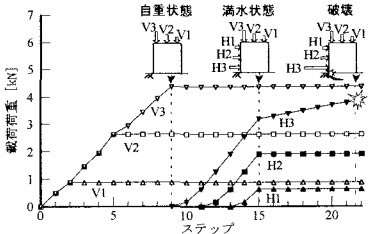


図2 載荷手順

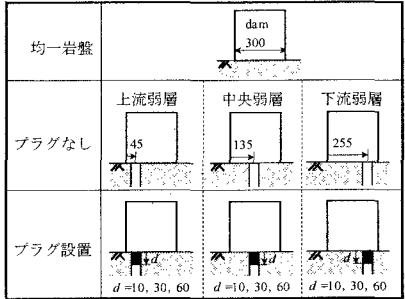


図3 実験パターン (単位: mm)

3. 実験結果

本稿では、プラグなしの場合と、プラグ 60mm を設置した場合の堤敷応力分布の結果を示し、考察を行う。

3.1 弱層が堤敷応力分布に及ぼす影響

図 4, 図 5 は、それぞれプラグなしの実験における堤敷垂直応力分布、せん断応力分布を示す。各図(a)が自重状態、(b)が満水状態の結果である。ただし、下流弱層の実験では、満水状態以前に破壊を生じたため、破壊直前の結果を示している。図 4(a)より、上流弱層、下流弱層の場合、すなわち弱層が堤体端部付近に存在する場合、堤敷垂直応力が端部に集中する。図 4(b)より、満水状態でのせん断応力分布については、上流弱層の場合は水平荷重の载荷にともなうモーメントの変化によって、自重状態における上流端での垂直応力の集中は減少する。一方、中央・下流弱層の場合、弱層下流側でのせん断応力が均一岩盤よりも大きくなっている。図 5(a)より、堤敷せん断応力については、弱層が存在する場合、自重状態でもせん断応力が生じる。これは図 8(a)のように、鉛直荷重に対して弱層周辺岩盤が弱層方向へ変形するためである。図 5(b)より、弱層の下流側のせん断応力は均一岩盤の場合よりも大きく、また、弱層が下流端に近づくに従い、そのせん断応力が大きくなることが確認できる。下流弱層の場合には特に大きなせん断応力が下流端に発生している。

3.2 プラグを設置した場合の堤敷応力分布

プラグ 60 mm を設置した場合の堤敷垂直応力、せん断応力を図 6, 7 に示す。図 6 より、プラグを設置することにより、自重状態での堤体端部での垂直応力の集中が抑制される。また、図 7 より、プラグ設置により、自重状態でのせん断応力の発生が抑えられ、満水状態での堤敷せん断応力分布は均一岩盤の場合とほぼ同等になることが確認できる。これは、図 8(b)のようにプラグが弱層周辺岩盤の変形を抑制することにより、弱層下流側のせん断応力が弱層上流側に伝達され、応力分布が均一岩盤に近づくと考えられる。

4. まとめ

実験の結果、弱層位置により堤敷応力分布が大きく異なることが確認された。特に、下流弱層の場合と、上流弱層の場合の自重状態において、堤体端部で応力集中が生じる。しかし、プラグ 60 mm の設置により応力集中は抑制され、均一岩盤の応力分布に近くなる。プラグの効果としては、垂直荷重を支える効果と、弱層周辺岩盤の変形を抑制することにより弱層下流側の応力を弱層上流側へ伝達する効果の 2 つがある。

(参考文献) 1) 谷和夫・龍岡文夫：砂地盤上の帯基礎の底面の摩擦角測定に用いるロードセルの試作とその測定について、第 40 回土木学会年次学術講演会講演集, pp.775-776, 1985。

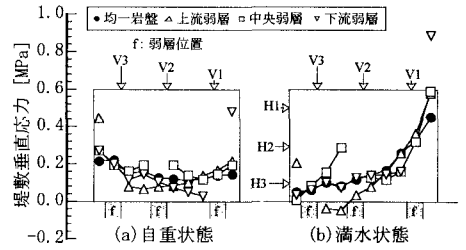


図4 プラグなしの場合の堤敷垂直応力分布

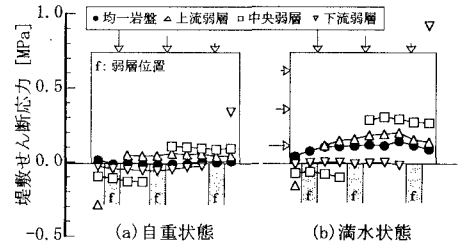


図5 プラグなしの場合の堤敷せん断応力分布

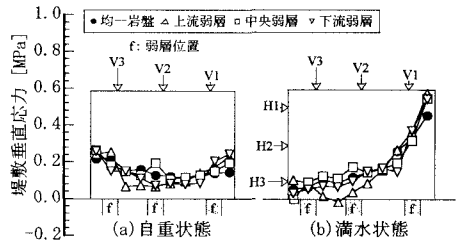


図6 プラグを設置した場合の堤敷垂直応力分布

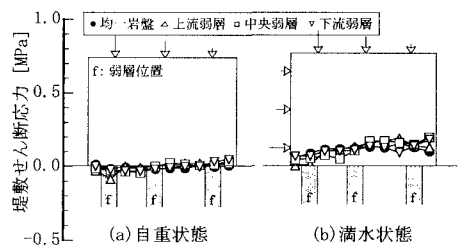


図7 プラグを設置した場合の堤敷せん断応力分布

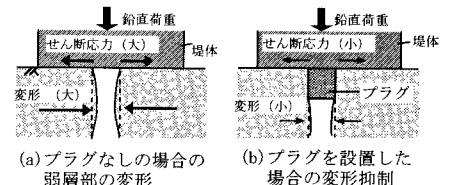


図 8 鉛直荷重に対する弱層部の変形の模式図