

# ため池堤体の豪雨に対する安定性に及ぼす取付部の形状の影響

## Effect of the shape of the abutment on the stability of the embankment of a reservoir against heavy rain

○藤本 哲生\* 操谷 航汰\*\* 山本 健生\*\*\* 神山 惇\*\*\*\* 川野 純也\*\*\*\*

Tetsuo FUJIMOTO, Kota KURITANI, Takeo YAMAMOTO, Atsushi KOYAMA, Jyunya KAWANO

1. はじめに 近年、気候変動の影響により豪雨が頻発化し、ため池の堤体に被害が多発している。著者らは、その原因の一つとして現行指針<sup>1)</sup>では考慮されていない堤体表面からの降雨浸透の影響に着目し、最大断面を対象とした二次元浸透流解析から得られる堤内浸潤線をもとにすべり破壊に対する安定性を評価する方法を提案してきた<sup>例え2)</sup>。ここで、豪雨時のため池堤体の決壊やすべり破壊は必ずしも最大断面で生じる訳ではなく、**写真1**に示すように堤体取付部付近でも発生している。そこで、本研究では、ため池堤体の豪雨に対する安定性に及ぼす取付部の形状の影響を把握することを目的として、三次元有限要素法により取付部の形状を変化させた場合の堤内浸潤線や局所安全率の変化を検討した。



写真1 ため池堤体取付部付近の豪雨による被害例

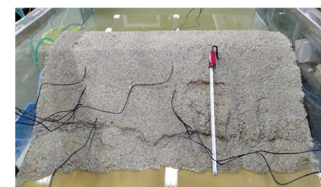


写真2 ため池堤体の縮小模型による降雨実験

2. 検討条件 本研究では、**写真2**に示す縮小模型を用いたため池堤体の降雨実験時の形状を対象とし、**図1(a)**に示す取付部が鉛直面(斜面無しと称す)の解析モデル1、比較として**図1(b)**に示す取付部が斜面(角度28.1°、斜面有り)と称す)の解析モデル2を作成した。両モデルともに三次元ソリッド要素を用いて作成しており、解析物性値は室内試験から設定した**表1**を用いた。また、両解析モデルに対し、築堤解析、浸透流解析を行い、湛水解析にてそれぞれ応力の重ね合わせを行った。浸透流解析では、**図2**に示すように貯水位 $h_w=0.24$  m一定として定常状態を確認後、 $t=210$ min から降雨を与えた。その際、最大雨量を40mm/h(ケース1)、80mm/h(ケース2)、160mm/h(ケース3)とし、最大雨量の影響も併せて検討した。得られた解析結果を基に、各要素の局所安全率 $F_s$ を**式2.1**より算出した。なお、式中の $\sigma_1$ は最大主応力、 $\sigma_3$ は最小主応力である。

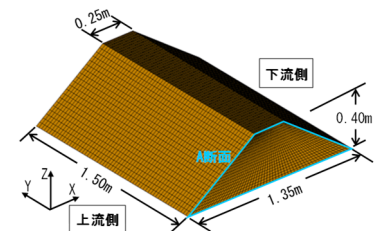


図1(a)解析モデル1(斜面無し)

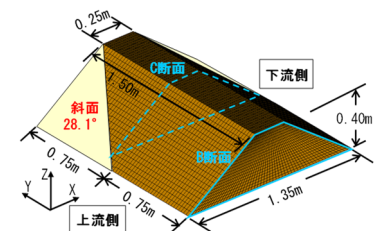


図1(b)解析モデル2(斜面有り)

表1 解析物性値

項目	記号	単位	堤体
飽和単位体積重量	$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	19.7
湿潤単位体積重量	$\gamma_s$	kN/m <sup>3</sup>	17.7
粘着力	c	kN/m <sup>2</sup>	0.5
内部摩擦角	$\phi$	°	34.6
Duncan-chang	K	-	111
モデル	n	-	0.43
パラメータ	$R_f$	-	0.88
静ポアソン比	$\nu_s$	-	0.3
透水係数	k	m/s	$3.4 \times 10^{-5}$
間隙比	e	-	0.63
不飽和浸透特性	$k_s-S_r$	-	実験値を基にVan Genuchtenモデルを採用
	$\psi-S_r$	-	

### 3. 検討結果および考察

**図3**に、解析モデル1のA断面(最大断面)、解析モデル2

\*大阪工業大学 Osaka Institute of Technology, \*\*熊谷組 Kumagai Gumi Co., Ltd., \*\*\*西日本高速道路エンジニアリング関西 West-Nippon Expressway Engineering Kansai Co., Ltd., 宮崎大学 University of Miyazaki  
 キーワード: ため池, 堤体, 豪雨, 浸透流

の C 断面(取付部断面)における降雨開始前(t=210 min)の局所安全率  $F_s$  分布図を示す。同図より、降雨開始前には両断面ともに  $F_s > 1$  であり、破壊していない。

図 4 に、降雨波形をケース 2(最大雨量 80mm/h)とした場合の  $F_s$  分布図を示す。A 断面では降雨開始後の t=220 min, C 断面では t=212 min にそれぞれ法尻付近の要素が  $F_s < 1$  となり、取付部が鉛直面の場合よりも斜面の場合の方が局所的ではあるものの早期に破壊する結果となる。これは、堤内の浸透流に着目すると、取付部が鉛直面の場合は堤体縦断方向(斜面方向, Y 方向)の浸透流が生じない状態であるのに対し、取付部が斜面の場合は堤体縦断方向の浸透流も生じる状態であることから、それが堤体上下流方向(X 方向)および堤体鉛直方向(Z 方向)の浸透流と合成されることで法尻付近の要素の最大せん断応力  $\tau_{max}=(\sigma_1-\sigma_3)/2$  が増加したことが原因ではないかと推察される。なお、最大雨量を変更した降雨波形のケース 1 および 3 の場合においても、 $F_s < 1$  となる時刻は異なるものの取付部が鉛直面の場合よりも斜面の場合の方が早期に破壊する傾向を確認した。

また、降雨開始後の t=224 min には、降雨浸透の影響によって解析モデル 1 および 2 ともに堤体が飽和して定常状態となったが、図 5 に示すように、 $F_s < 1$  となる範囲は A 断面および C 断面ともに堤体上流側へ拡大し、すべり面の形状を呈していた。

4. おわりに 本研究では、ため池堤体の豪雨に対する安定性に及ぼす取付部の形状の影響を把握することを目的として、三次元有限要素法により取付部の形状を変化させた場合の堤内浸潤線や局所安全率の変化を検討した。その結果、取付部が斜面の場合は斜面無しの場合よりも早期に局所安全率が 1 を下回ること、また、その傾向は本研究で検討した最大雨量の範囲では不変であることを確認した。したがって、ため池堤体の豪雨時に対する安定性を検討する際は、取付部の形状によっては最大断面だけではなく取付部付近の断面も検討する必要があると考えられる。今後は、取付部の斜面の角度を変更した場合の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局：土地改良事業設計指針「ため池整備」, pp.66-72, 2015.
- 2) 藤本ら：2019 年 8 月豪雨によるため池堤体のすべり破壊の発生メカニズムに関する一考察, 第 70 回農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.290-291, 2021.

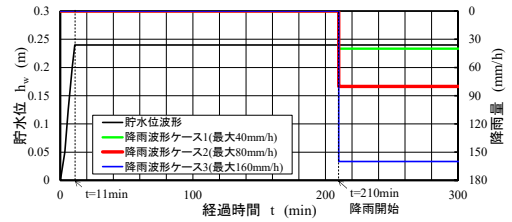
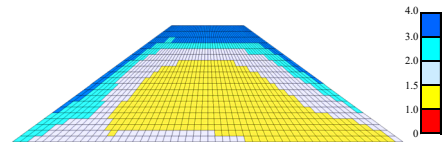
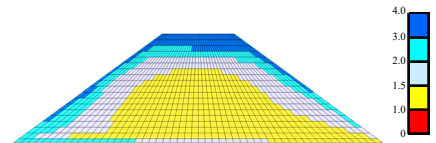


図 2 貯水位および降雨波形

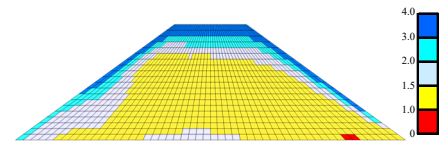


(a) 解析モデル 1 (A 断面)

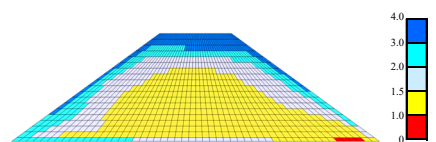


(b) 解析モデル 2 (C 断面)

図 3 降雨開始前 (t=210min) の  $F_s$

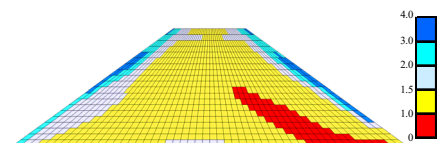


(a) 解析モデル 1 (A 断面) : t=220min

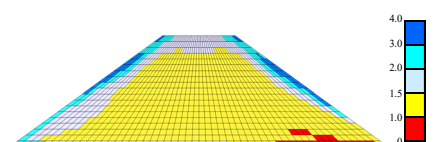


(b) 解析モデル 2 (C 断面) : t=212min

図 4 初めて  $F_s > 1$  となる時刻



(a) 解析モデル 1 (A 断面) : t=224min



(b) 解析モデル 2 (C 断面) : t=224min

図 5 定常状態となる時刻の  $F_s$