

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

A study on the mechanism of sliding failure of small earth dam caused by the heavy rain event of August 2019

○藤本 哲生* 神山 惇** 林部 伊織* 横尾 匠* 末次 大輔**

Tetsuo FUJIMOTO, Atsushi KOYAMA, Iori HAYASHIBE, Takumi YOKOO, Daisuke SUETSUGU

1. はじめに 2019 年 8 月 26 日から 29 日にかけての豪雨により、佐賀県武雄市のため池堤体に被害が生じ、3 箇所(神水川、福井田、吉ノ谷)で下流面のすべり破壊、1 箇所(余里)で浸透破壊が確認された。そこで、本研究では 2019 年 8 月豪雨によるため池堤体下流面のすべり破壊の発生メカニズムを明らかにするために、堤体土の土質試験結果を基に貯水位変動と降雨浸透を考慮した浸透流解析により堤内浸潤線を推定し、堤体のすべり破壊に対する安全率の経時変化を調べた。なお、本文では紙面の都合上、3 箇所のうち福井田ため池を対象とした検討結果について述べる。

2. 対象ため池の概要 福井田ため池は、高さ 7.86m、均一型の堤体を有する農業用ため池であり、貯水容量は 6.8 千 m³ である(図 1 参照)。当該ため池では、図 1 及び写真 1 に示すように 2019 年 8 月豪雨によって堤体下流面の右岸側アバット付近において法肩付近から法尻の布団かごの上部付近を通るすべり破壊が発生した。

3. 堤体土の土質特性 表 1 に、福井田ため池の堤体土の不攪乱及び攪乱試料による室内土質試験結果を示す。堤体土は SF-G に分類される砂質土であり、細粒分を多く含むことから透水性は低く、D_c=93.7%と良く締まった状態である。

4. 解析条件

4.1 降雨及び貯水位波形 図 2 に、データ統合・解析システム DIAS より入手した堤体直上の XRAIN 合成雨量による 2019 年 8 月 27 日から 28 日までの 1 時間及び積算降水量を示す。同図には参考として近傍のアメダス嬉野観測所(ため池から約 10km)の値も併記しているが、両者には大き

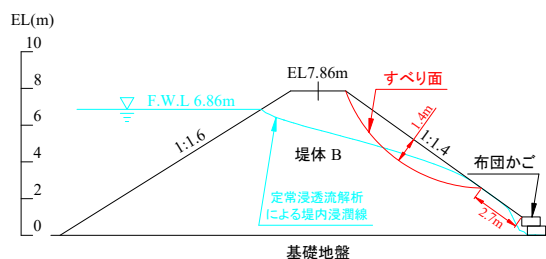


図 1 福井田ため池の横断面図



写真 1 下流面のすべり破壊(右岸側より撮影)

表 1 堤体土の土質特性(福井田ため池)

湿潤密度	ρ_t	g/cm ³	1.886
乾燥密度	ρ_d	g/cm ³	1.446
土粒子の密度	ρ_s	g/cm ³	2.721
自然含水比	w_n	%	30.6
最大粒径	D_{max}	mm	19.0
細粒分含有率	F_c	%	37.0
地盤材料の分類名(分類記号)	-	-	SF-G
透水係数	k	m/s	7.7E-07
締固め度	D_c	%	93.7
粘着力	c'	kN/m ²	3.5
内部摩擦角	ϕ'	°	36.3

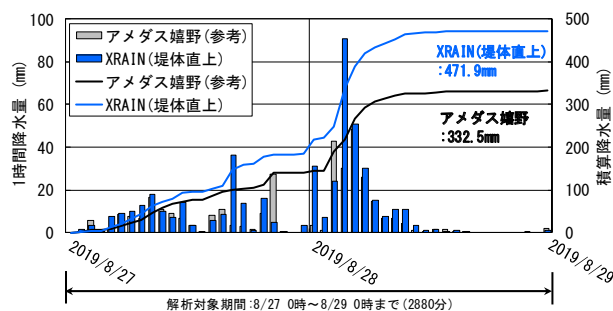


図 2 XRAIN とアメダスの降水量の比較

*大阪工業大学工学部 Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology, **宮崎大学工学部 Faculty of Engineering, Miyazaki Univ. キーワード:ため池, 浸透流解析, すべり安定解析

な差があるといえる。また、図3に示す同期間のXRAINによる10分間雨量を基に、文献1)を参考として合理式による洪水ピーク流量 Q_p から水位上昇側及び低減側の任意時刻の洪水流量 Q 、さらに洪水吐の越流水深 H_d を求め、それを初期水位(常時満水位 EL.5.98m)に足し合わせることで、図4中に示す貯水位波形を設定した。

4.2 浸透流及びすべり安定解析 図1の横断面を対象とした二次元FEMモデルを作成し、降雨及び貯水位波形を考慮した非定常飽和・不飽和浸透流解析により堤内浸潤線を推定後、修正フェレニウス法により図1に示すすべり面の安全率 F_s を算定した。その際、堤体の解析物性値は表1を基に設定し、不飽和浸透特性のみ文献2)を適用した。また、解析開始時の堤内浸潤線は常時満水位時の定常浸透流解析により推定したものを適用した。なお、堤内浸潤線及び F_s に与える貯水位及び降雨波形の影響を検討するために、ケース1として貯水位波形のみを考慮、ケース2として貯水位及び降雨波形を考慮、ケース3として降雨波形のみを考慮した解析を行った。

5. 解析結果及び考察 図4に、ケース1~3における堤体下流面の F_s の経時変化を示す。ケース1では解析期間を通じて F_s は概ね1.32であるが、ケース2及び3では F_s は初期の1.32から徐々に低下し、ケース2では $t=1,960\text{min}$ 、ケース3では $t=1,970\text{min}$ に1未満となる。図5に、ケース2の F_s が初めて1未満となる $t=1,970\text{min}$ の堤内浸潤線を示す。ケース1では解析期間における貯水位の上昇量が最大でも約53cmであるため、堤内浸潤線は解析開始時からほとんど変化していない。一方、ケース2及び3では堤内浸潤線が上昇し、下流法肩付近及び布団かごの背面を除いて堤体が飽和した状態となっている。この原因は、ケース2と3の堤内浸潤線の差異がわずかであることから明らかのように、堤体表面からの降雨浸透の影響によるものであると判断される。

6. おわりに 本研究では2019年8月豪雨によるため池堤体下流面のすべり破壊の発生メカニズムを明らかにするために、貯水位変動と降雨浸透を考慮した浸透流解析により堤内浸潤線を推定し、すべり破壊に対する安全率の経時変化を調べた。その結果、堤体下流面のすべり破壊は堤体表面からの降雨浸透の影響によって堤内浸潤線が上昇したために発生したことを明らかにした。

謝辞 本研究では、武雄市農林課に多大なるご協力を頂いた。また、本研究は、土科学センター財団の研究助成を基に実施した。ここに記して、関係各位に深く謝意を表す次第である。

参考文献 1)農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準設計ダム技術書共通編，pp.I-346-357.2003.6. 2)国土技術研究センター：河川堤防構造検討の手引き(改訂版)，pp.54-55，2012.2.

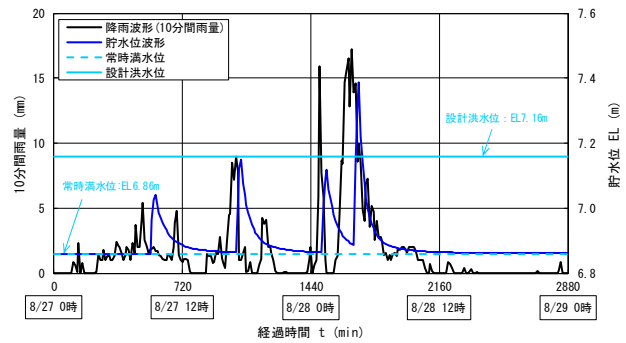


図3 設定した降雨(XRAIN)及び貯水位波形

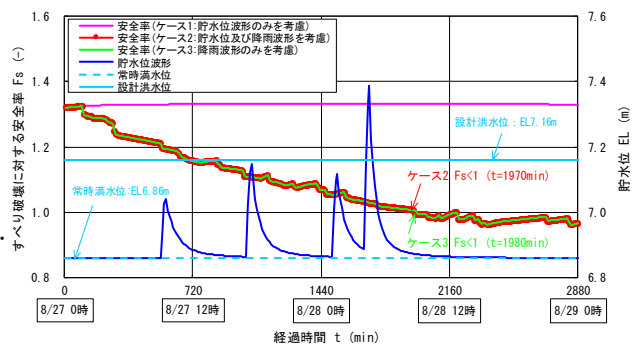


図4 堤体下流面のすべり破壊に対する安全率 F_s の経時変化

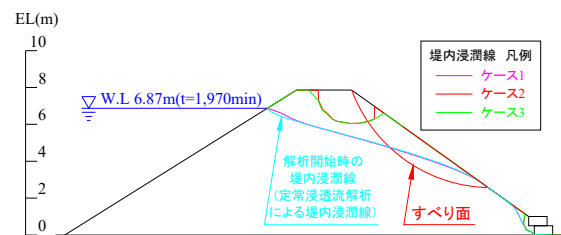


図5 ケース2の F_s が初めて1未満となる時刻の堤内浸潤線($t=1,970\text{min}$)