

2019年10月豪雨による表面遮水壁型ため池の破堤メカニズムに関する一考察

A study on the mechanism of failure of facing type earth dam

caused by the heavy rain event of October 2019

○藤本 哲生* 山花 直哉* 栗林 健太郎** 棚谷 南海彦** 黒田 修一**

Tetsuo FUJIMOTO, Naoya YAMAHANA, Kentaro KURIBAYASHI, Namihiko TANAYA, Shuichi KURODA

1. はじめに 2019年10月の台風第19号等の影響によって主に東日本を中心として記録的な豪雨となり、農地・農業用施設に甚大な被害が発生した¹⁾。ため池については14箇所が決壊したが、そのうち3箇所は遮水シート工法を用いた表面遮水壁型のため池であった²⁾。そこで、本研究では宮城県内の表面遮水壁型ため池を対象として浸透流解析及びすべり安定解析を行い、破堤のメカニズムを考察した。

2. ため池の概要 検討対象のAため池は、図1に示すように簡易測量による堤高が8.82mの表面遮水壁型の堤体を有する農業用ため池であり、総貯水容量は26,300m³である。上流面の遮水シートは厚さ約1mmのゴム製であり、その上端は法肩から法長で約2.6m下方まで敷設されていた。当該ため池では、写真1(a)に示すように2019年台風第19号の豪雨により右岸側アバットの洪水吐隣接部が破堤したが、貯水が堤頂部を越流した痕跡がみられたほか、発生時期は不明であるものの、写真1(b)に示すように洪水吐上方の自然斜面が崩壊し、その崩土により洪水吐が埋没して排水機能を喪失していた。

3. 堤体土の土質特性 表1に、ため池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SCsGに分類される砂質土であり、透水係数 k は 10^{-4} m/sオーダーである。

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10月11日から14日までの1時間及び積算降水量を示す。ため池直上の積算降水量は約414mmであり、30~50mm/hの激しい雨が7時間にわたり観測されている。また、図3に示すように同期間のXRAINによる10分間雨量を基に、文献3)に示す方法により貯水位波形を設定したところ、10月13日未明に貯水位が堤頂部を上回る結果となった。

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て

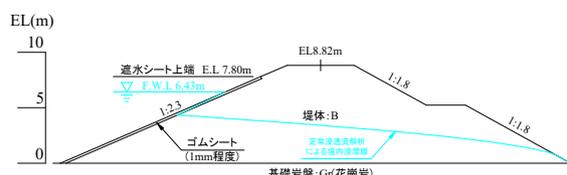


図1 検討対象ため池の横断面図



(a) 破堤の状況



(b) 右岸側自然斜面の崩壊

写真1 検討対象ため池の被害状況

表1 堤体土の土質特性

項目	記号	単位	堤体
			B
飽和単位体積重量	γ_{sat}	kN/m ³	19.8
湿潤単位体積重量	γ_t	kN/m ³	18.9
土粒子の密度	ρ_s	g/cm ³	2.659
間隙比	e	-	0.633
自然含水比	w_n	%	18.0
最大粒径	D_{max}	mm	19.0
細粒分含有率	F_c	%	27.0
地盤材料の分類名(分類記号)	-	-	SCsG
粘着力	c'	kN/m ²	5.7
内部摩擦角	ϕ'	°	36.9
飽和透水係数(D_{10} からの推定)	k_s	m/s	1.2E-04

*大阪工業大学工学部 Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology, **エイト日本技術開発 Eight-Japan Engineering Consultants Inc. キーワード:ため池, 浸透流解析, すべり安定解析

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下流面のすべり破壊に対する安全率 F_s を算定した。その際、堤体の解析物性値は表 1 を、不飽和浸透特性及び遮水シートの物性値は文献 4) を参考として設定した。また、初期堤内浸潤線は常時満水位時の定常浸透流解析より設定した。

5. 解析結果及び考察 図 4 に、堤体下流面の F_s の経時変化を示す。 F_s は、初期の 1.80 から降雨浸透の影響により徐々に低下し、 $t=2,220\text{min}$ において最小値である 1.31 となる。これは、図 5 に示す堤内浸潤線の経時変化より、堤内浸潤線が下流法尻付近から上昇し、 $t=2,160\text{min}$ において遮水シート背面部を除いて堤体が飽和するためである。以上の結果から、A ため池は豪雨によって堤体下流面のすべり破壊は生じないことから他の原因により破堤したと推察される。ここで、前述した現地の越流痕及び推定した貯水位波形が堤頂部を上回ることから、越流による下流面の侵食が破堤の原因として考えられる。文献 5) において指摘されているように、越流により洪水吐から水が溢れると洪水吐の周囲が侵食され、それが周囲に波及して破堤に至る。A ため池についても破堤箇所が洪水吐の隣接部であることから、越流による下流面の侵食が破堤の原因である可能性が高いと考えられる。

6. おわりに 本研究では、宮城県内の表面遮水壁型ため池を対象として浸透流解析及びすべり安定解析を行い、破堤のメカニズムを考察した。その結果、豪雨によって堤体下流面のすべり破壊は生じないことから、現地の越流痕や推定した貯水位波形をもとに越流による下流面の侵食が破堤の原因である可能性が高いことを指摘した。

謝辞 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)内閣府：令和元年台風第 19 号等に係る被害状況等について(令和 2 年 4 月 10 日版), http://www.bousai.go.jp/updates/r1typhoon19/pdf/r1typhoon19_45.pdf(2022.4.6 閲覧) 2)藤本ら：2019 年台風第 19 号等による豪雨で決壊したため池堤体の特徴と決壊要因の推定, 土木学会論文集 B1, Vol.76, No.1, pp.370-384, 2020.12. 3)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, 2021.8. 4)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.54-59, 2012.2. 5)鈴木健吾, 篠原麻太郎, 守屋博貴, 二瓶泰雄, 長谷部由莉, 五十川周, 矢野真一郎, 赤松良久：平成 29 年九州北部豪雨による福岡県朝倉市山の神ため池の決壊・洪水氾濫状況, 土木学会論文集 B1, Vol. 74, No. 4, pp. I_1183-I_1188, 2018.

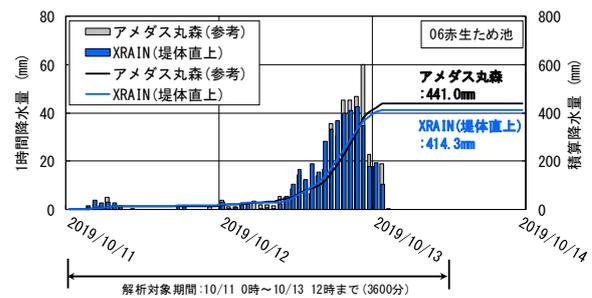


図 2 XRAIN によるため池直上の降水量

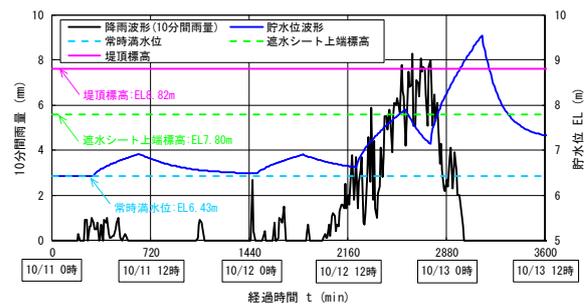


図 3 設定した降雨(XRAIN)及び貯水位波形

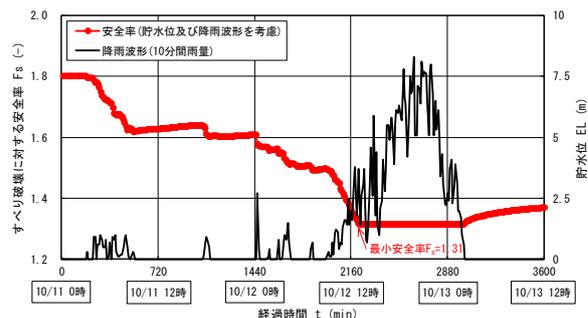


図 4 堤体下流面のすべり破壊に対する安全率 F_s の経時変化

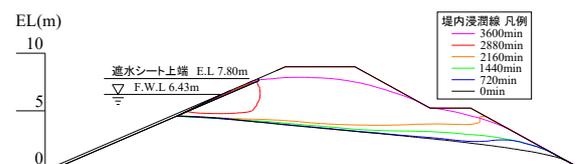


図 5 堤内浸潤線の経時変化