

貯水位変動と降雨浸透を考慮したため池堤体の安定性評価に関する研究

Study on stability evaluation of small earth dam

considering fluctuation of reservoir level and seepage of rainfall

○藤本 哲生* 神山 惇** 鈴木 素之*** 長嶺 栄治**** 同前 浩司****

Tetsuo FUJIMOTO, Atsushi KOYAMA, Motoyuki SUZUKI, Eiji NAGAMINE, Kouji DOUZEN

1. はじめに 平成 30 年(2018 年)7 月豪雨では、西日本を中心として観測史上1位となる降雨により広島県等で 32 箇所のため池堤体が決壊した¹⁾。しかし、山口県では積算降水量が広島県と同程度であったにもかかわらず、ため池堤体にはすべり破壊や決壊等はみられず、貯水池への土砂流入等が生じただけであった²⁾。そこで、本研究では平成 30 年 7 月豪雨時のため池堤体の安定性を検証することを目的とし、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を算定した。

2. 対象ため池の概要 本研究では、山口県東部に位置する大坪ため池を対象とした。当該ため池は、堤高 11.7m、貯水容量 11.5 万 m³の農業用ため池であり、改修工事により旧堤体の上流に遮水ゾーンとして新堤体が配置されている(図 1 参照)。

3. 解析条件

3.1 降雨及び貯水位波形 大坪ため池には水位計等の計器は設置されていないことから、データ統合・解析システム DIAS より国土交通省の Xバンド MP レーダ(XRAIN)合成雨量データを入手し、降雨及び貯水位波形を設定した。図 2 に、2018 年 7 月 5 日から 8 日までの 1 時間及び積算降水量を示すが、XRAIN(堤体直上)とアメダス玖珂観測所(ため池から約 4km の位置)では積算降水量で 68.6mm の差があることがわかる。このうち、本研究では 7 月 5 日 0 時から 7 月 7 日 12 時までを解析対象期間とし、図 3 に示す降雨波形を設定した。

また、同図に示す貯水位波形は、初期水位を常時満水位(EL.94.12m)とし、文献 3)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(放流能力 4.01m³/s)の越流水深 H_d を求め、それを初期水位に足し合わせて設定したものである。

*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., ***山口大学工学部 Faculty of Engineering, Yamaguchi Univ., ****山口県農林水産部農村整備課 Yamaguchi Pref. キーワード:ため池, 浸透流解析, すべり安定解析

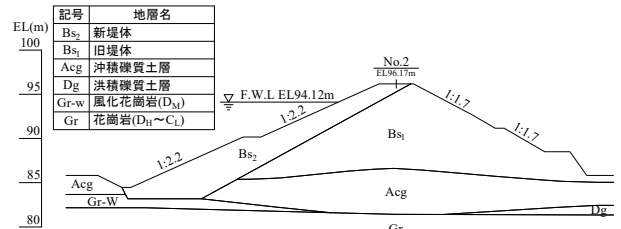


図 1 大坪ため池の横断面図(最大断面)

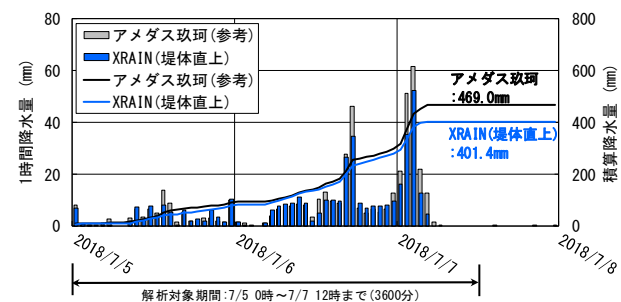


図 2 XRAIN とアメダスの降水量の比較

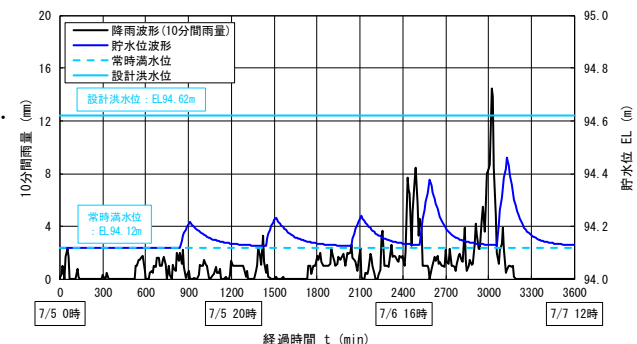


図 3 設定した降雨及び貯水位波形

表 1 解析物性値

地盤定数	記号	単位	堤体				基礎地盤			
			Bs ₂	Bs ₁	Acg	Dg	Gr-W	Gr		
飽和単位体積重量	γ_{sat}	kN/m ³	20.3	20.5	18.3	20.8	21.8	22.8		
湿潤単位体積重量	γ_t	kN/m ³	19.5	19.7	17.5	20.0	21.0	22.0		
粘着力	c'	kN/m ²	30.0	19.6	0.0	0.0	47.7	72.3		
内部摩擦角	ϕ'	°	31.5	30.2	28.6	36.6	37.0	39.8		
飽和透水系数	k_s	m/s	6.2E-07	7.2E-06	3.0E-06	1.3E-04	4.9E-07	3.2E-07		
比貯留係数	S_r	1/m	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-03		
不飽和特性	体積含水率と比透水系数の関係	$\theta-k_r$	-	文献4)SF	文献4)SF	-	-	-		
	体積含水率と水の圧力水頭の関係	$\theta-\psi$	-	文献4)SF	文献4)SF	-	-	-		

3.2 浸透流及びすべり安定解析 図1の最大断面の側方及び下方地盤を広くとった二次元 FEM モデルを作成したうえで、非定常飽和・不飽和浸透流解析により堤内浸潤線を推定し、修正フェレニウス法によりすべり破壊に対する安全率 F_s を算定した。解析物性値は表1に示す通りであり、解析開始時の堤内浸潤線は常時満水位を対象とした定常浸透流解析により推定したものを適用した。また、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。なお、使用プログラムは、SAUSE(ニタコンサルタント社製)である。

4. 解析結果及び考察 図4に、各ケースの堤内浸潤線の経時変化図を示す。ケース1では、貯水位の上昇量が最大でも34cmであるため、時間の経過に対して堤内浸潤線に有意な変化はみられない。一方、ケース2では、時間の経過とともに下流法尻付近から堤内浸潤線が上昇し、堤内最高水位となる $t=3170\text{min}$ では下流法肩付近まで上昇している。この原因は、ケース3の堤内浸潤線の経時変化で明らかのように、堤体表面からの降雨浸透によるものである。図5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。前述したように、ケース1では堤内浸潤線に有意な変化がないため、解析期間を通じて F_s は概ね1.40である。一方、ケース2及び3では時間の経過とともに堤内浸潤線が上昇するため、 F_s が初期の1.40から最小で1.06まで大きく低下する。したがって、豪雨時の堤体のすべり破壊に対する安定性評価では、文献5)でも指摘したように、堤体表面からの降雨浸透を考慮することが重要である。

5. おわりに 本文では、平成30年7月豪雨を対象とし、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を算定した。その結果、豪雨時の堤体のすべり破壊に対する安定性評価では、堤体表面からの降雨浸透を考慮することが重要であることを示した。今後は、降雨特性や堤体の透水特性が浸潤線や安全率に及ぼす影響を検討したい。

謝辞 本研究では山口県農村整備課、岩国・柳井・周南農村整備部に多大なご協力を頂いた。関係各位に謝意を表す。
参考文献 1)内閣府 HP: 平成30年7月豪雨による被害状況等について、http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/pdf/310109_1700_h30typhoon7_01.pdf, 2020.4.23 閲覧。2)藤本ら：平成30年7月豪雨による山口県内のため池被害についての調査報告，第74回農業農村工学会中国四国支部講演会講演要旨集，pp.113-115, 2019.10. 3)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.1-346-357.2003.6. 4)(財)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. 5)藤本ら：平成30年7月豪雨による岡山県内のため池被害と破壊メカニズムについての一考察，第61回地盤工学シンポジウム論文集，pp.129-132, 2018.10.

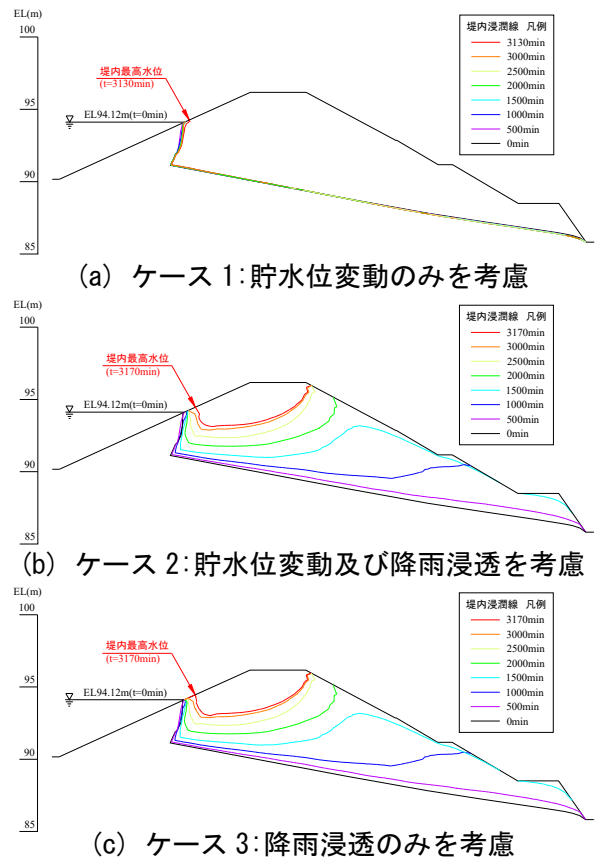


図4 堤内浸潤線の経時変化

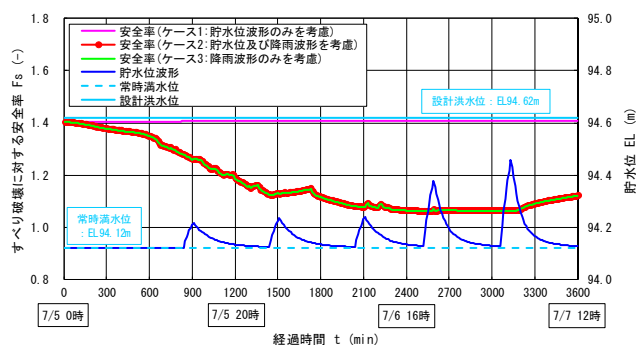


図5 堤体下流面のすべり破壊に対する安全率 F_s の経時変化