

豪雨に対する河川堤防の安全性に関する確率論的アプローチ

広島工業大学大学院 学生会員 ○市川 勇人 復建調査設計株式会社 正会員 清水 豊
復建調査設計株式会社 フェロー会員 吉浪 康行 広島工業大学工学部 フェロー会員 中山 隆弘

1. 研究目的

河川堤防の崩壊メカニズムはいまだ明確ではないので、その安全性を破壊確率で評価することは難しい。したがって、現状では、非定常浸透流解析結果を用いた円弧すべり法による安定計算によって安全性を評価することが多い¹⁾。

しかし、堤防を構成する土の単位体積重量や内部摩擦角等には、不可避の不確実性が存在することは論を待たないので、本研究では、確率論的立場に立って、豪雨時の堤防の安全率について検討を行った。

2. 解析モデル

2.1 堤体モデル

まず、想定した堤防の幾何学的形状寸法を図1に示す。また、各層の土質特性の仮定値を表1に示す。

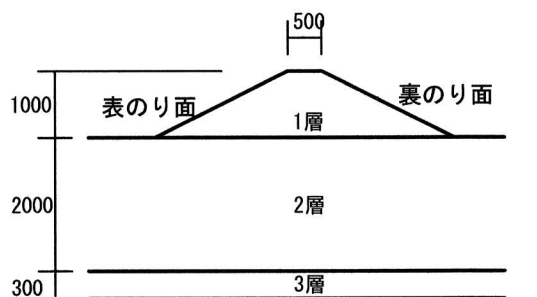


図1 堤体モデル (単位: cm)

表1 各層の土質特性

	1層	2層	3層
透水係数 (cm/s)	1.0×10^{-1}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-1}
単位体積重量 (kN/m ³)	20.0	18.0	20.0
粘着力 (kN/m ²)	1.0	0.0	0.0
内部摩擦角 (°)	40	30	40

2. 浸透流解析および解析結果

2.1 浸透流解析

非定常浸透流解析は非定常の外力（降雨、河川水位）を与えて経時的に浸潤面の位置や水頭の変化を追跡するものである。本研究では、これにより得られた着目時点の浸潤面形状を用いて円弧すべりによる

安定計算を行った。解析に用いた外力を図2及び表2に示す。また、任意の時点の浸潤面形状を図3に示す。なお、浸透流解析はニタコンサルタント(株)で開発された「SAUSE」により行った。

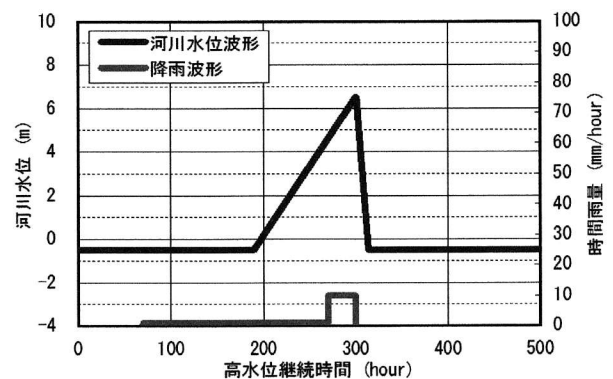


図2 降雨モデルおよび河川水位の時間的变化

表2 外力条件表

河川水位波形		降雨波形	
経過時間 (hour)	河川水位 (m)	経過時間 (hour)	時間雨量 (mm/hour)
0.000	-0.500	0	0
190.000	-0.500	70	0
299.000	6.500	70	1
300.000	6.500	270	1
314.000	-0.500	270	10
500.000	-0.500	300	10
		300	0
		500	0

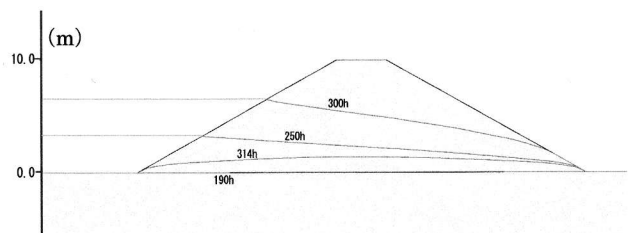


図3 浸潤面形状

3. 斜面安定解析および解析結果

今回使用した富士通エフ・アイ・ピーで開発された「COSTANA」では Bishop 法が使用されており、わが国の多くの設計基準に対応している。

図4に、裏のり面の安全率の時間的变化を示す。

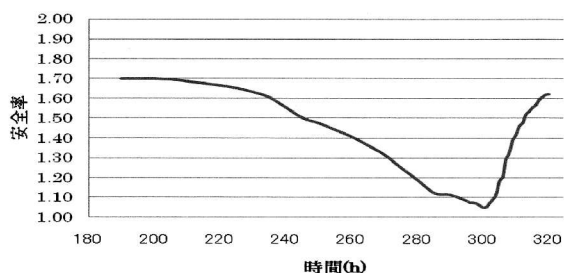


図4 裏のり面の安全率の時間的变化

図より、湿潤面上昇に伴い安全率が低下し、さらに図2および図3との比較により、河川水位および堤体内の水位がほぼ最高水位に達した時に堤体がもっとも危険な状態を呈することが理解できる。

4. 土の力学的特性のばらつきと安全性について

4.1 土の力学的特性のばらつき²⁾

図5(a)および(b)は、それぞれ実際の堤防等から採取した土の単位体積重量および内部摩擦角のばらつきを示すヒストグラムである。これらの図より、前者については約8%、後者のについてはより大きい約15%の変動係数が存在していることが理解できる。

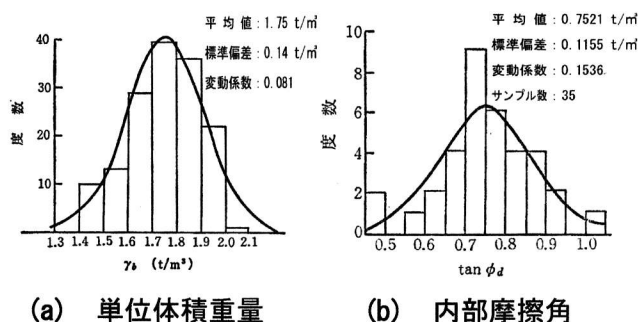


図5 単位体積重量と内部摩擦角のばらつき

したがって、今回は、堤防の安全性をこのように土が本来有する力学的特性のばらつきを考慮して検討した。なお、透水係数のばらつきと空間的ばらつきも考慮した方が望ましいが、今回はそれらについては考慮外としている。

4.2 解析条件

図5(a)および(b)のデータ等を参考にして、今回は、表3に示すように、1層の単位体積重量と内部摩擦角を変化させて、一般に被害が大きいと言われていた裏のり面の安定性を安全率によって検討してみた。

表3 解析条件

単位体積重量(kN/m³)	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0
超過確率(%)	14.2	7.64	3.67	1.62	0.62
内部摩擦角(°)	38	39	40	41	42
超過確率(%)	40.1	30.9	22.7	15.4	10.0

4.3 解析結果

紙面の都合により、解析結果の一部を図6および図7に示す。それぞれ内部摩擦角のばらつきの影響のみを考慮した場合および単位体積重量のばらつきの影響のみを考慮した結果の一部である。ふたつのパラメータが安全率に及ぼす影響が理解できるが、確率論的考察を行うための解析は今後の課題である。

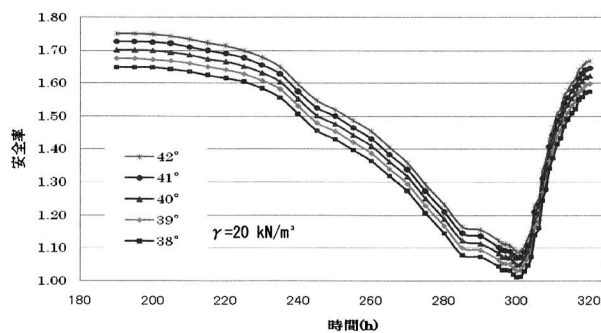


図6 内部摩擦角のみの変動を考慮した解析結果

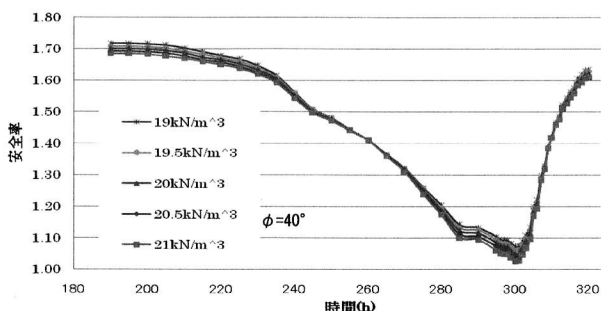


図7 単位体積重量のみの変動を考慮した解析結果

参考文献

- (1) 吉川勝秀編著：河川堤防学、pp. 92-94、山海堂、2007年11月。
- (2) 松尾 稔：地盤工学 信頼性設計の理論と実際、技報堂出版、1984年3月。