

III-425

河川堤防におよぼす降雨の外力評価

岐阜大学工学部 正会員 宇野尚雄 杉井俊夫
 岐阜大学大学院 学生会員 ○亀井雄介

1. まえがき

本研究は降雨・洪水をうける堤防の安全率の変化から外力評価を試みるものであり、今回洪水外力を固定、モデル堤防を設定し解析により降雨外力について評価・考察を行った。

2. 解析方法とモデル堤防

堤防形状は、昭和35年建設省が淀川堤防(大塚地区)で実施した浸透破壊実験で使用された断面(法面勾配:1割5分、天端幅:2m、堤高:4m)と同一とし、上記の淀川実験堤防と同じ単断面規模で考えたモデル(不透水性基礎上)で均質断面とする。飽和・不飽和浸透流解析を行い、Crank-Nicolsonの陰解法を使って基礎式の差分式表示をし近似解を求める。距離間隔は高さ方向50cm水平方向は法面部で75cm中央部で50cmとする。表法尻地点における格子点の座標を(0,18)としている。初期の圧力水頭の分布は底面で0とし、堤体内ではどこでも全水頭が0、すなわちどの点でもその高さに等しい大きさの負の圧力水頭を与える条件とする。また斜面安定解析では全重量・間隙水圧法により、逐次近似法を用いて安全率Fsを求める。

透水条件については、長良川砂質土の透水実験で得られた近似式をもとにして、土質に対する透水係数および体積含水率を表1のように定める。堤体の安定性低下を浸透水によるものに限定して考えると、浸透を生じさせる洪水継続時間という外力条件が堤体の浸透性および断面形状と密接な関係をもつことになる。ここで多種の洪水パターンを考える必要があるが、今回は24時間で水位350cmに達し一定となる外水位に固定して解析を行った。なお水位は1時間ごとに与え、透水解析は300秒間隔・安定解析は1時間ごとに行うものとする。水の浸透に伴う土性変化を考慮した解析で、c、φのうちφは一定とし問題をcの強度低下においた¹⁾。また、降雨強度r_i(cm/s)と浸透能の大小により境界条件を堤内に浸透、表面を流出に分類した。

表1 透水係数と体積含水率

土質		透水係数 (cm/s)	体積含水率
砂	$h_p \geq 0$	1.90×10^{-3}	0.4
	$h_p < 0$	$0.19 / (h_p^2 + 100)$	$0.4 / (1 + 2.5 \times 10^{-3} h_p^2)$

透水条件については、長良川砂質土の透水実験で得られた近似式をもとにして、土質に対する透水係数および体積含水率を表1のように定める。堤体の安定性低下を浸透水によるものに限定して考えると、浸透を生じさせる洪水継続時間という外力条件が堤体の浸透性および断面形状と密接な関係をもつことになる。ここで多種の洪水パターンを考える必要があるが、今回は24時間で水位350cmに達し一定となる外水位に固定して解析を行った。なお水位は1時間ごとに与え、透水解析は300秒間隔・安定解析は1時間ごとに行うものとする。水の浸透に伴う土性変化を考慮した解析で、c、φのうちφは一定とし問題をcの強度低下においた¹⁾。また、降雨強度r_i(cm/s)と浸透能の大小により境界条件を堤内に浸透、表面を流出に分類した。

3. 解析ケースの説明

- ①外水位 ZWH=350.0 (cm)
- ②降雨パターン(図1)
- ③4日間総降雨量(カッコ内は長良川流域における超過確率)²⁾
760mm/4DAYS (0.2%)

4. 結果と考察

4日間総降雨量760mmについて降雨強度のパターンの違いによる累積雨量で整理したものが図3である。図中の直線は、飽和の透水係数0.0019 (cm/s)を表す。また、図4は3日後までの安全率Fs~時間(hr)の関係を示し、外水位のみ(降雨ナシ)を比較のために載せている。いま、安全率Fsが1.0を割る時刻t_(Fs=1)で外力を評価するならば、この場合、Bの降雨が最も早く安全率1.0を割り、危険であることを示しているといえよう。最初の降り始めはBが最も降雨強度(図3中の傾き)が大きく、12時間後よりA1とCが最大となっている。しかし、破壊時(約25時間経過時)には、累積雨量としてはA1、Cの方が多くなっているにもかかわらず、Bが最も危険となるのは降雨強度と飽和透水係数の関係にあると考えら

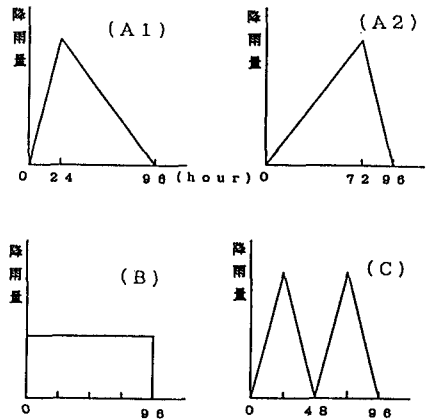


図1 降雨パターン

れる。それを示すために図5, 図6にBとA1, Cの堤体内の飽和度分布の違いを示す。この図からBの方がA1, Cより降雨により飽和されていることが示される。このように破壊時のA1, Cの降雨強度は飽和透水係数よりかなり大きくなっており、降雨量は表面流として流れてしまうため地盤に浸透する雨量としては飽和透水係数に近いBの方が影響が高いと推察される。次に、図7に $t_{(F_s=1)}$ 時のすべり面(破壊規模)を示す。実線がA1, A2, Bパターンで中心(15.2, 12.6), 半径5.40、破線がCパターンで中心(14.4, 12.6), 半径5.30を表している。これにより、 $t_{(F_s=1)}$ は各パターンにより異なるけれども、Cを除き破壊規模はほとんど同じ表層破壊であることがわかる。またCのような破壊規模が異なる場合については、 $t_{(F_s=1)}$ 以外の検討が必要であると考えられる。

5. あとがき

(1)安全率の低下には、累積降雨量よりも降雨強度(降雨変化量)の大きさが強く影響しており、降雨外力の評価の上で飽和透水係数と降雨強度の大小関係が重要であることが得られた。

(2)降雨に関する外力評価において降雨変化量と考えた累積雨量の関数形を考察することにより降雨パターンの定量的表現法とパターン評価の必要性を確認した。

また、本解析ケースの他に、累積降雨量、外水位の大きさを変えたケースも行っており、(3)降雨パターンが異なる場合には累積降雨量の増加に伴い、パターンによる $t_{(F_s=1)}$ の差が明確に現れる。

(4)外水位の大きさにより、堤防の安定性に対する降雨パターンの影響が異なる。

ことが得られた。

【参考文献】

1) 宇野尚雄・田中進・杉井俊夫:洪水時の堤防の安定性変化, 不飽和土の工学的性質研究の現状シンポジウム発表論文集, 土質工学会, 不飽和土の工学的性質に関する研究委員会, pp.285~292, 1987

2) 石原安男:退官記念集, p.22, 1990

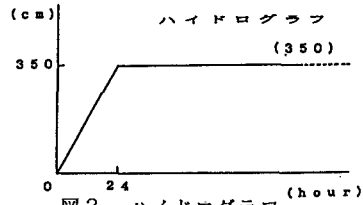


図2 ハイドログラフ

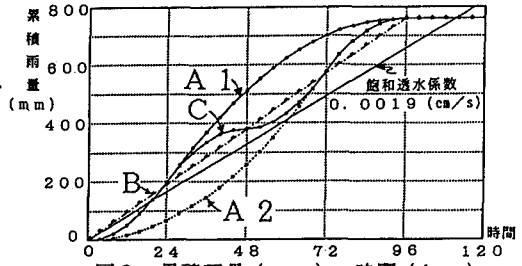


図3 累積雨量 (mm) ~ 時間 (hr)

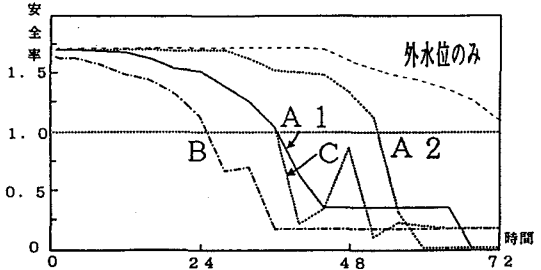


図4 安全率 F_s ~ 時間 (hr)

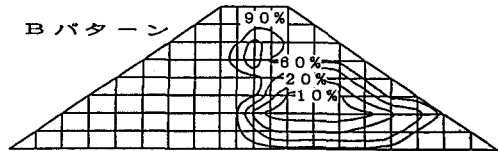


図5 破壊時(約2.5時間経過時)の飽和度分布

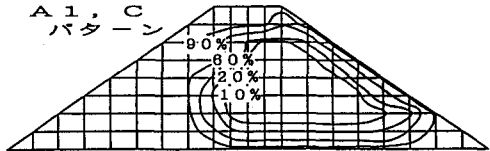


図6 破壊時(約2.5時間経過時)の飽和度分布

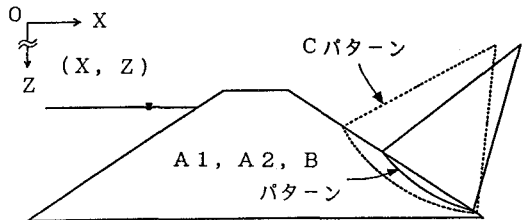


図7 $t_{(F_s=1)}$ 時のすべり面