

# III-573

## 降雨・洪水をうける堤防の安定性変化

岐阜大学工学部 正会員 杉井俊夫  
岐阜大学大学院 学生会員 ○亀井雄介  
NTT（株） 小田雅克

**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）で砂質土からなる均質断面とする。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<sup>1)</sup>。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。

表1 透水係数と体積含水率

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、土質に対する不飽和の透水係数および体積含水率を関数で定義し表1のように定める。今回、24時間で水位350cmに達しその後一定となる外水位に固定して解析を行い（図1）、強度定数C（0.5tf/m<sup>2</sup>）、 $\phi$ （30°）は一定とし、強度定数の低下を考えていない。

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

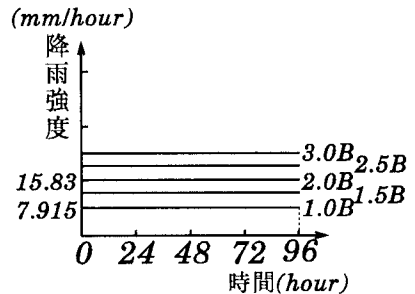
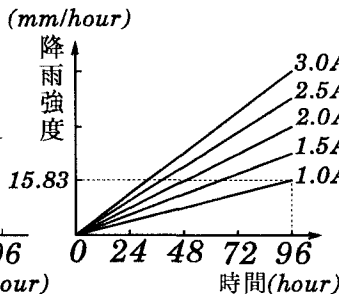
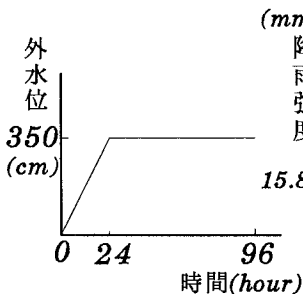


図1 ハイドログラフ

図2 Aパターン降雨強度～時間

図3 Bパターン降雨強度～時間

### 3. 解析ケースの説明

#### ①（Aパターン）降雨強度の単調増加（図2）

降雨強度の単調増加（ $\partial R_t / \partial t$ が一定）で降り始めから4日で760mmになる降雨パターン（降雨強度～時間のグラフで傾き0.165（mm/hour<sup>2</sup>）を基準とし、その傾きを1.5、2.0、2.5、3.0倍した降雨パターンを用いる。

#### ②（Bパターン）降雨強度一定（図3）

Aパターンと同様に、降雨強度一定で4日で760mmになるパターンを基準とする。

**4. 結果と考察** 降雨の有無による安全率の低下について解析ケースで述べた降雨パターン（A、Bパターン）と降雨なしの場合について、安全率Fs～時間（hour）の関係を図4、5に示す。この図より降雨なしの場合は安全率が約3日まで一定でその後下がり始めるのに対し、降雨を考慮した場合、Aパターンは12時間後から徐々に安全率Fsが下がり始め、Bパターンは4時間後から下がり始めるのがわかる。これは降雨なしの場合、表法面からのみ外水位による浸透があり裏法面への浸透に時間がかかるため安全率の低下への影響が遅れるのに対し、降雨ありの場合は、実際すべり破壊のおこる裏法面に降雨により上部からの浸透があり自重の増加が起こり、初期の段階から安全率Fsの低下がおこるといえる。

また、安全率  $F_s$  が急激に低下する時間が各々のパターンでみられる。そこで安全率の低下速度 (1/min) ~ 時間 (hour) の関係を整理すると (図6, 7)、安全率  $F_s$  が急激に低下する時間  $t$  (down) が顕著にあらわれていることがわかり、またそのグラフの形状が類似していることもわかる。安全率  $F_s$  がある時間を境に急激に低下する理由として、裏法側で降雨による堤内の飽和度上昇により、透水性の増加が、外水位の堤内浸透を促進し結果的に自由水面の急激な上昇により安全率  $F_s$  の急激な低下が起こると推察できる。

次に降雨パターンの違いと  $t$  (down) の関係においてAパターンでは降雨強度の勾配 ( $\partial R_t / \partial t$ ) (mm/hour<sup>2</sup>) と安全率  $F_s$  が急激に低下する時間  $t$  (down) で整理したものを図8、またBパターンでは降雨強度と  $t$  (down) で整理したものを図9に示す。Aパターンでは勾配 ( $\partial R_t / \partial t$ ) が急、Bパターンでは降雨強度が大きい降雨パターン程速い時間に  $t$  (down) が現れることがわかる。これは降雨強度が大きいため、降雨による透水性増加が外水位による浸透に速く影響することによる。

さらに降雨強度の勾配 ( $\partial R_t / \partial t$ ) と  $t$  (down) に比例関係があることがわかり、今回解析を行ったパターン以外の勾配 ( $\partial R_t / \partial t$ ) や降雨強度をもった降雨パターンにおいて、 $t$  (down) の予測の可能性が示唆された。

5. あとがき ①降雨強度の単調増加, 降雨強度一定の両者において、安全率が急激に低下する時間  $t$  (down) が確認された。②降雨強度が強いほど  $t$  (down) が早く現れ、その間には比例関係があることが認められた。今後  $t$  (down) による整理より外力評価について検討を続けていく予定である。

【参考文献】 1) G.D. スミス・藤川洋一朗: 偏微分方程式の解法, サイエンス社, pp. 1 ~ 56

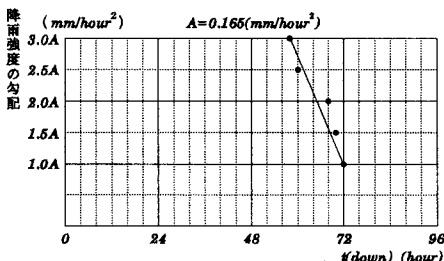


図8 Aパターン降雨強度の勾配~ $t$  (down)

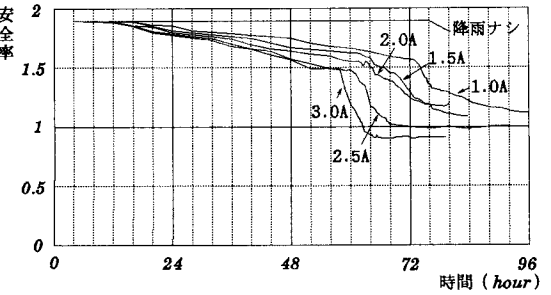


図4 Aパターン (降雨強度の単調増加) 安全率  $F_s$  ~ 時間

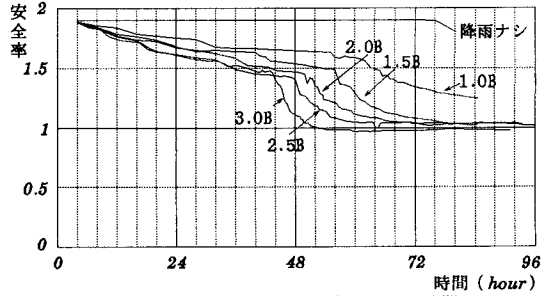


図5 Bパターン (降雨強度一定) 安全率  $F_s$  ~ 時間

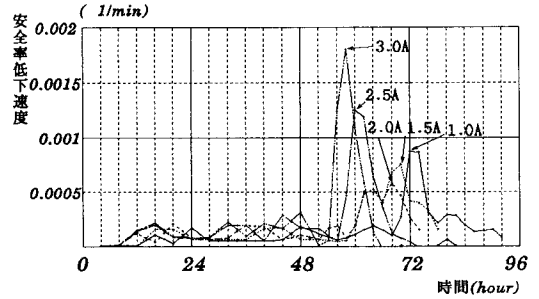


図6 (Aパターン) 安全率低下速度~時間

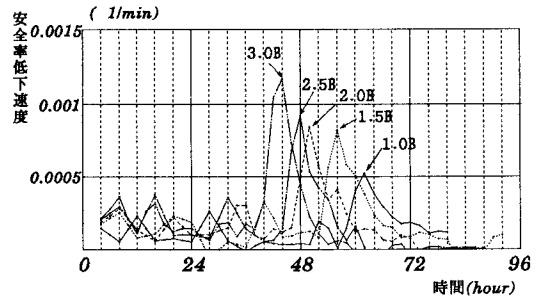


図7 (Bパターン) 安全率低下速度~時間

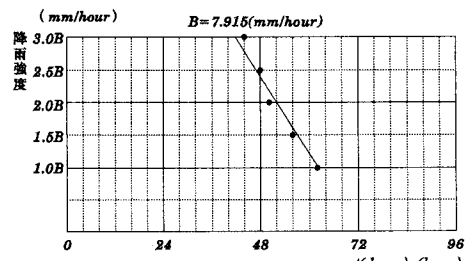


図9 Bパターン降雨強度~ $t$  (down)