

河川堤防の決壊に伴う外水流入とその軽減

京都大学防災研究所 正員 村本嘉雄 正員 藤田裕一郎
北陸電力株式会社 正員 ○ 田林 聖志

1. まえがき 破堤に伴う災害の防止・軽減を目的としてその拡大過程に関する基礎的な研究を継続している。本文では、河川流と高水敷を有する大河川の破堤を想定した実験について述べ、破堤部形状と外水流入量に関する検討と考察結果を報告する。

2. 実験の概要 実験には破堤実験装置¹⁾を用い、実験方法も従来と同様であるが、測定及び台車制御をパソコンで大幅に自動化した。実験条件は表の通りで、堤体・低水路形状・構成材料は同一である。従来の実験に比べて堤高を下げ、相対的に高水位を維持した。河道容量が小さいので、図-1のように、通水毎に供給流量を増加させ下流端堰を操作して、Run T-5ではできるだけ高水位を、Run T-6では河道部に河川流を維持するようにした。

3. 破堤部の形状と外水流入量の変化 破堤部の平面形状には、本実験でも時間とともに河川流の影響が明確になり、洗掘穴の中心軸が下流に偏向し、従来のRun T-3等における観察結果¹⁾と同様な変化を示したが、図-2の破堤部横断形状の変化のように、長時間の通水後は多少異なった面も現れる。 $Y=2\text{m}$ （堤内肩）の断面は初期には対称な形状であり、その後最深部が深くなるとともに下流に移動する。同時に、洗掘穴の上流側は地盤面まで埋戻されるので、洗掘穴自体は比較的対称な三角形を保つが全体の形状はかなり歪む。また通水が持続すると上流側堤体も下流側に劣らず侵食される。 $Y=2.3\text{m}$ （内法先）では一定高のリッジを伴い三角形の洗掘穴が深さを増しながら下流側へ移動している。このような破堤部の変化を侵食深・堆積厚の分布によって図-3に示す。堤体部に著しい侵食域が現れ、それが洗掘穴に沿って尾を引き、その両側には堆積が見られる。この分布状態は初期に対称であるが、後期では堤体侵食域が二分され、高水敷の洗掘も明確になる。上流側堤体と高水敷の侵食域には堆積厚のピークが連続していてそこからの土砂が洗掘穴を主に埋戻したことが判る。一方、下流側堤体と洗

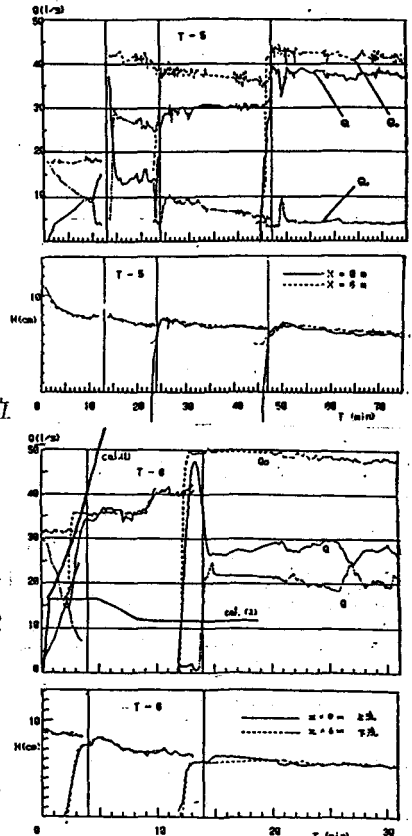


図-1 流量と外水位の時間的变化

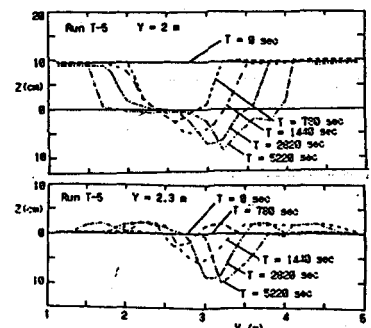


図-2 決壊口横断形状の変化

Yoshio MURAMOTO, Yuichiro FUJITA, Kiyoshi TABAYASHI

掘穴からの流送土砂は堤内に広く分散されるようである。

図-4に、図-1の流入流量 Q を堤体中心の水面幅 B_w で割った単位幅流量 q と高水敷上の水深 h_0 の関係を示す。両実験とも、 q は、接近流速の無い限界流量 q_{cr} ($q_{cr} = (2/3)^{3/2} g^{1/2} h_0^{3/2}$)を表す図中の直線に一度近付いた後下方に離れ、最終段階での q のみの減少を示す。これは、図-2のように実質の流入幅が B_w ほど増加しないため、この点を考慮すれば q_{cr} が q の良い目安になると思われる。

4. 決壊口の拡大と外水流量の予測 決壊口拡大過程の限界流モデル²⁾に若干の修正を加え検討する。図-5のように諸量を定義し、断面I(堤内肩)に支配断面が生じII断面が流砂のCheck Point であると考え、両断面間に運動量則を適用し、

$$2qu_2^3 - [2qu_1 + g(h^2 - d^2) - u_2 L'] u_2 + 2gd^2 qu_2 + gq^2 = 0$$

堤外とI断面間のエネルギー保存則及び支配断面の関係から

$$H = h + Q^2 / (2gA_w^3) + Z_0, \quad Q = (gA_w^3 / B_w)^{1/2}$$

但し、(1) $Z_1 = Z_0$, (2) $Z_1 = \max(Z_0, Z_0)$ の2ケースを考え、流砂量式には芦田、道上式を用い、 u_1 は $u_1 = u_2 / c$ で見積る($c=13$)。堤体流送体積 V_B は堤体部 V_L と地盤 V_0 に分け、破堤口形状の相似性を仮定し、 $D=0.04L$, $D=2Z_0$, $\Delta B=2\Delta Z_0$ とすると、変化量は、

$Z_0 \geq Z_0$ では、 $\Delta V_L = \{1_0 + m_s(H_B - Z_0)\} (H_B - Z_0) \Delta B$, $\Delta V_0 = 0$,
 $Z_0 > Z_0$ では、 $\Delta V_L = 2(1_0 + m_s H_B) H_B \Delta Z$,

$$\Delta V_0 = LD(mD/3 + B_0/2)(\Delta L/L + \Delta B/B_0 + \Delta D/D)$$

Run T-6についての計算結果を図-1と6に示す。(1)では B_w は大体合っているが、 Q の増加が大きく、 Z_0 の低下がそのまま Q の増加につながり、一方、(2)では Q の増加がある時点で抑えられ、その結果 h が低下し B が増加しても B_w が減少する結果となった。これらは堤体部とI断面間のエネルギー損失を適切に評価すべきことを示唆している。

5. あとがき 外水流入の軽減に重要な決壊口の早期の締切について、河川流のある場合次の2点

に留意が必要である。破堤部の下 図-5 モデルの記号説明図

流側に発達している洗掘穴に締切資材を投入しても流失されてその効果は薄い。洗掘穴が埋戻される上流側では資材の残存率は高いが長時間の流入後には高水敷の洗掘で水みちが付近に生じる場合がある。今後これらの点についても定量的考察を加えねばならない。

参考文献 1)村本・藤田・田村:昭60関西年講 2)藤田・田村・村本:21回災害シンポ,1984

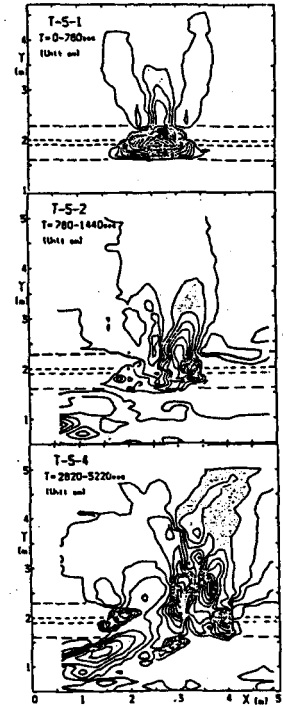


図-3 侵食深と堆積厚の分布

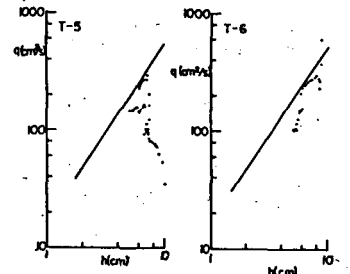


図-4 単位幅流入流量の検討

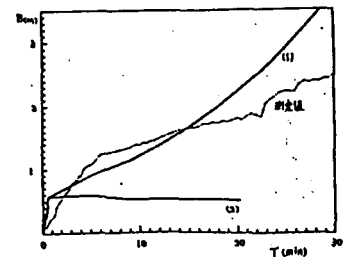


図-6 水面幅の計算結果の比較