

## 千代田実験水路における横断堤越水破堤過程

土木研究所寒地土木研究所 ○正会員 島田 友典  
 北見工業大学 正会員 渡邊 康玄  
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 横山 洋  
 北海道開発局帯広開発建設部 非会員 辻 珠希

## 1. はじめに

越水破堤に関する研究は様々な観点・手法<sup>1)</sup>が進められているが、特に実スケールでの3次元越水破堤メカニズムについて未解明な部分が多く、これらを時系列で把握することが非常に重要である。このメカニズムを明らかにすることを目的に、2009年度より十勝川千代田実験水路<sup>2)</sup>での実スケール3次元越水破堤実験を予定しているが、それに先立ち2008年度は正面越流による実スケール2次元越水破堤実験<sup>1)3)</sup>を行った。

本論文では、実験結果より得られた破堤崩壊量と破堤開口部における水理量を用いて、破堤進行過程及び開口部における水理特性について検討を行なった。

## 2. 破堤実験の概要

図-1に横断堤の形状・主な観測項目、及び盛土に用いた土質試験結果を示す。実験水路への通水は、横断堤上流部に堤防天端高から-0.25mまで湛水させ10分間の通水停止後、4m<sup>3</sup>/sで通水を再開し、横断測線方向への破堤拡幅が概ね落ち着いた時点で実験を終了した。

## 3. 破堤実験の結果

図-2に横断堤からの越流量 $Q$ 、及び単位時間当りの越流量変化率 $dQ/dt$ を示す。また図-3に加速度センサーの記録から推定した破堤進行過程とステレオ撮影測量<sup>3)</sup>の結果を用いた水面形状の一例を示す。

縦断測線方向の破堤進行について次のことが言える。裏法面部全体と裏法肩付近が崩壊(越水開始~10:18)、天端箇所において下流側から順次、鉛直方向下方に向かって崩壊が進行(10:18~20)、河床高より上の堤体部分大半が崩壊(10:20)、縦断測線上の堤防崩壊が概ね終了する10:20前後より落ち堀れの形成が始まる。

横断測線方向の破堤進行について次のことが言える。横断堤の中央が鉛直方向下方に崩壊進行(10:18以降)、10:21~22や10:25~26にかけて堤防天端が急激に拡幅、これ以降も同様の現象を示している。この結果よりある地点において鉛直方向下方に侵食が進み、周辺の堤体が不安定となることで塊となり崩壊、これを繰り返しながら拡幅過程が進行していることがわかる。

## 4. 越水破堤の進行過程に関する検討

破堤進行過程と水理量の時系列変化を検討するにあたり、縦断測線上及び横断測線上の崩壊量 $Al \cdot Ac$ (図-4)、越流量 $Q$ と水面幅より算出した単位幅越流量 $q$ 、越流

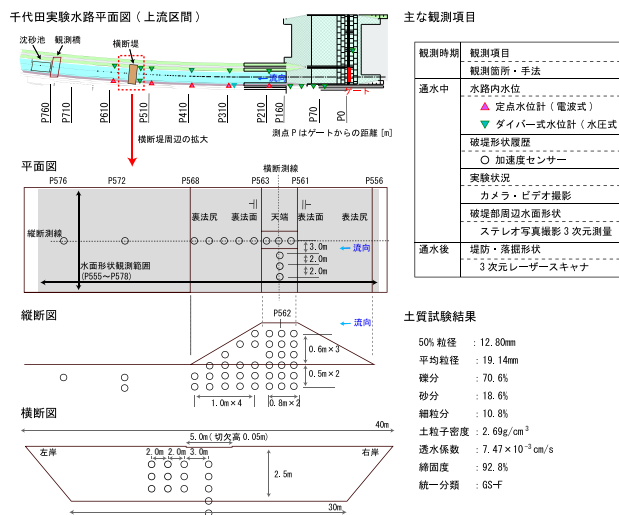


図-1 千代田実験水路での横断堤越水破堤実験概要

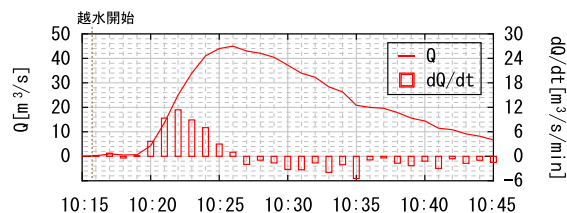


図-2 横断堤防からの越流量

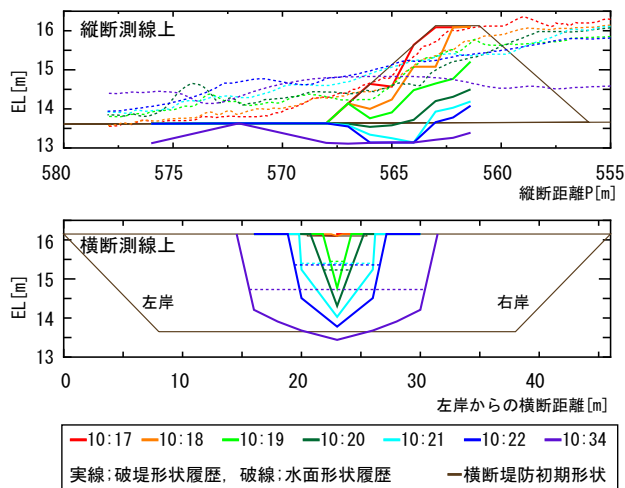


図-3 破堤進行の状況

量 $Q$ と横断測線上の通水断面積より算出した平均流速 $U$ 、無次元掃流力 $\tau_*$ と、それぞれの単位時間当りの変化率を図-5に示す。

Key Words: 破堤拡幅過程, 越水破堤, 千代田実験水路

〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 土木研究所寒地土木研究所 TEL 011-841-1639

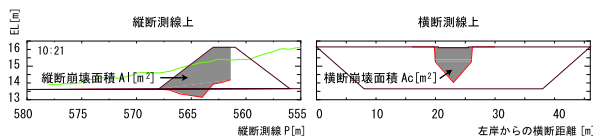


図-4 縦横断測線上における崩壊量の算出例

### (1) 破堤崩壊量 $AI \cdot Ac$

縦断測線上の崩壊量  $AI$  は裏法面・天端侵食が進行している 10:18 から急激に増加しており、天端が全崩壊した 10:19 に変化率のピークを迎えている。これ以降、崩壊量の変化率が徐々に減少していく。

次に横断測線上の崩壊量  $Ac$  は、縦断測線上の崩壊変化率ピークである 10:19 から崩壊が始まっており、10:21 に 1 回目、10:23 に 2 回目の変化率ピークを迎え、その後も間欠的な崩壊を見せる。

### (2) 単位幅流量 $q$ ・平均流速 $U$

単位幅流量は 10:20 に変化率のピークが出現する。これは縦断測線上の崩壊が顕著となった直後であり、堤外から堤内へ急激な水が流れ込むとともに、この時点では横断測線上の崩壊量  $Ac$  の変化が少ないためである。また同時に流速も急激に増加し、10:20 に実験中における最大値を迎えている。

10:21 には横断崩壊量  $Ac$  の変化率が 1 回目のピークを迎えたことで、単位幅流量の変化率は低下している。しかし越流量自体は増加していることから、10:22 に再び単位幅流量が急増しており、続いて 10:23 に横断崩壊量の 2 回目の変化率ピークを迎え、単位幅流量の変化率は落ち着いてくるようである。

10:20 以降の初期段階では、単位幅流量の変化率ピークと横断測線上崩壊量  $Ac$  の変化率ピークが交互に出現している。

### (3) 無次元掃流力 $\tau_*$

無次元掃流力の算出にあたっては、エネルギー勾配を用いるのが最もよいと考えられるが、今回の観測結果から算出することが困難であるため、水面勾配を用いている。10:19 から増加をはじめ 10:21 に最大値を迎えている。その後、10:23 までは概ね一定値で推移している。縦断測線上の崩壊量  $AI$ 、横断測線上の崩壊量  $Ac$  とは明確な対応は見られない。これより破堤は掃流力のみ起因しておらず、破堤部の斜面の不安定による崩落等も複合し、進行していると考えられる。しかしながら今回の結果のみからでは、その詳細を明らかにすることは困難である。

## 5. まとめ

本論文では次のことが明らかとなった。越水が始まると裏法面の侵食が始まり、天端崩壊が進行する。天端全体が侵食した後に、縦断測線上の崩壊量変化率がピークを迎える。次に天端拡幅の変化率、及び単位幅流量が変化率ピークを迎え、流速は最大値となる。次に横断崩壊量変化率がピークを迎え、以降、単位幅流量変化率のピークと横断崩壊量変化率が交互に出現す

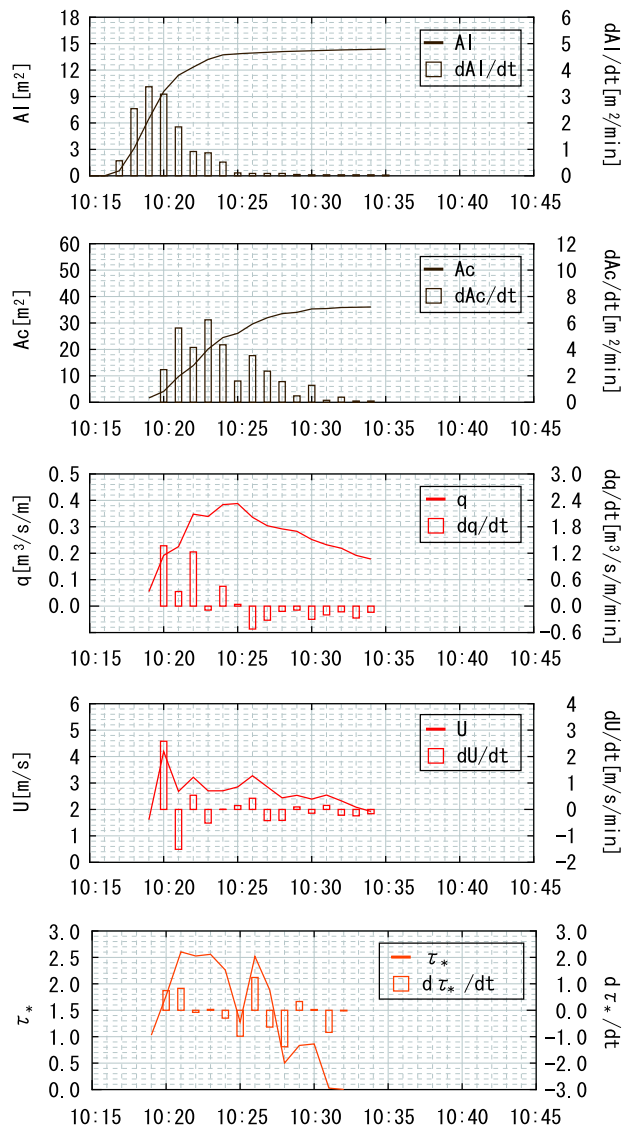


図-5 破堤崩壊量・各水理量等の時系列変化

る。これ以降、鉛直方向下方の侵食により近傍の堤体が不安定となることで、破堤拡幅が進行していく。

今後は実スケールでの 3 次元越水破堤実験等から、より詳細に現象を明らかにする予定である。

**謝辞:** 十勝川千代田実験水路での実験実施にあたっては十勝川千代田実験検討会から助言を多く頂いた。ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 島田友典・渡邊康玄・横山洋・辻珠希：千代田実験水路における横断堤越水破堤実験，水工学論文集，第 53 巻，pp.871-876，2009.
- 2) Tomonori Shimada・Yasuharu Watanabe・Hiroshi Yokoyama：BASIC STUDY ON SEDIMENT BEHAVIOR IN THE CHIYODA EXPERIMENTAL CHANNEL, International Conference on Hydro-Science and Engineering, Vol.8, pp.2520-2529, 2008.
- 3) 島田友典・渡邊康玄・横山洋・辻珠希：千代田実験水路横断堤における堤越破堤の拡幅過程，河川技術論文集，第 15 巻，2009.(投稿中)