

戦-36 河川堤防の越水破堤機構に関する研究

研究予算：運営費交付金(一般勘定)、北海道開発局受託測試

研究期間：平 20～平 22

担当チーム：寒地河川チーム、寒地技術推進室

研究担当者：島田友典、村上泰啓、石谷隆始、市原哲也

【要旨】

破堤に関する研究は、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である。これを明らかにすることは今後の課題解決に向け非常に重要である。十勝川千代田実験水路において、2009年度より実スケールの3次元越水破堤実験を行う予定であるが、2008年度はその準備段階として計測機器の検証等を目的とし、十勝川千代田実験水路で破堤の横断方向への拡幅過程や落ち掘れに注目した実スケール2次元越水破堤実験を行った。横断方向への破堤拡幅過程について、既往の研究では室内実験結果からの推測にとどまっていたが、今回の実験により実スケールでその現象を捉えることが出来た。

キーワード：十勝川千代田実験水路，横断堤越水破堤，破堤拡幅過程

1. はじめに

近年、台風や集中豪雨などに起因する豪雨災害が多発しており、河川の氾濫による大規模な水害の発生が懸念されている。なかでも堤防決壊による被害は甚大であり、過去の事例ではその8割以上が越水に起因する¹⁾ものであるとされている(表-1)。

越水破堤に関する研究は様々な観点、手法で進められており、それらを整理したものが表-2である。研究手法で大別すると模型実験、現地調査、数値計算となる。まず実験による手法は2次元の実験と3次元の実験に二分できる。2次元の実験(堤外河川の流れを考慮しない正面越流)は更に実物大実験(以下、「実スケール」)と縮尺模型実験(以下、「スケールモデル」)に分類でき、これまでの3次元の実験(堤外河川の流れを考慮した横越流)はスケールモデルのみである。次に現地調査による手法は洪水後に行われるのが通常であるため、最終的な破堤形状等のみ把握可能であり、その過程を解明するには限界がある。最後に数値計算による手法は既往の実験や現地調査の結果との比較より精度を高めていくものであり、実スケールでの3次元の破堤の拡がり過程やその時の水理特性について、比較検証を行うデータの蓄積がモデル精度の向上には重要である。

以上のことから、越水破堤に関する研究の発展には、実スケールにおける3次元越水破堤メカニズム(破堤のきっかけ・破堤幅の拡がり過程・落ち掘れの形成過程・水理特性など)を時系列で把握することが非常に重要であると言える。またこれらが明らかとなることで、

破堤防止対策や破堤後における堤防復旧等の危機管理対策技術の向上、ハザードマップの精度向上など、その成果を行政へ還元することも期待できる。

現在、国土交通省北海道開発局と(独)土木研究所寒地土木研究所では、実スケールの実験水路である十勝川千代田実験水路(以下、「千代田実験水路」)を用いた実験を行っている³⁾⁴⁾。前述の課題を明らかにすべく、2009年度より実スケールにおける横越流3次元越水破堤実験を計画しているところである。しかしながら実験規模が非常に大きく、観測が広範囲で且つ計測項目が多岐にわたることからも段階を踏んで取り組むことが適当であると考え、2008年度は計測機器の機能検証や計測手法の確立を目指すこととした。

まず計測に困難を伴う流水下での破堤履歴の計測手法を確立するため、事前に室内実験を行った。次に千代田実験水路内に横断堤を造成し、破堤部が横断方向へ拡幅する過程や落ち掘れに注目した正面越流による実スケール2次元越水破堤実験を行った⁵⁾。

この実験の結果、横断方向への破堤拡幅過程や落ち掘れ形状について計測できたことから、本実験成果の汎用性について明らかにするため既往の研究との比較を行った。また既往の研究ではスケールモデル実験で推測の域を出なかった横断方向の破堤拡幅過程について明らかにすることが出来た。

表-1 直轄河川における決壊原因の比率(1947～1969年)²⁾

決壊原因	越水	侵食 洗掘	漏水 法すべり	その他	計
箇所数	231	32	15	5	283
百分率	82	11	5	2	100

表-3 選定した計測センサー諸元

	加速度センサー	水温センサー
製造会社	米国オンセット社	
型番	UA-004-64	UTBI-001
計測範囲	± 3 G	-20. 30℃ (水中)
精度	±0. 075G	±0. 2℃
分解能	0. 025G	0. 02℃
時間精度	± 1 分/月	± 1 分/月
寸法/重量	58×33×23mm/18g	30×40×17mm/23g
メモリ	64k (3 軸で21, 800点)	64k (42, 000点)



図-1 選定した計測センサー

2. 破堤履歴の計測手法の検討

千代田実験水路を用いた越水破堤実験を行うにあたり、重要であり且つ課題を伴うのは破堤進行過程を時系列でいかに精度良く把握することができるかということである。本実験においては通水ゲートの操作規則上、通水を任意に断続することが出来ないため、破堤の進行とともにその過程を計測する必要がある。そこで計測手法の選定とその精度把握を目的に複数種のセンサーを用いて室内実験を行った。

2.1 計測センサーの選定

破堤履歴の計測機器として、加速度センサーと水温センサーを候補とし、それぞれ多くの形式の中から形状、価格等を総合的に考慮して、表-3に示した計測センサーを選定した。計測の考え方は、堤体内に埋設した各センサーの設置箇所が崩壊し流出した際に、加速度が発生、あるいは堤体内と流水の温度の違いにより水温変化が発生すると考え、それぞれの値をセンサー内に時系列で記録し、計測値の大きな変化点から設置箇所の破堤時刻を推定しようとするものである。デー

タ取得インターバルはそれぞれ1秒毎とし、加速度センサーは重力加速度も計測することから3軸方向の加速度を取得し、得られたデータを合成加速度として扱うこととした。なお両者共に取得データはセンサー内メモリに書き込む自記式であり、実験終了後に速やかにセンサーを回収しデータを取得する必要があることから、図-1に示すようにセンサーの流出後、速やかに浮上するような加工を行った。

2.2 室内実験の概要

室内実験は寒地土木研究所が所有するガラス製水路(幅1.0m×高さ1.0m×長さ23m)を用いて行った。図-2に示すように水路内の堤体造成箇所全幅に盛土し、側面から流出状況が目視できるようにセンサーを設置した。実験は堤体上流部に一定時間、湛水させたのち流量を増加して破堤させ(全4ケース:各センサーの使用累計数26個)、目視により計測した流出時刻とセンサーの記録時刻を比較することで、センサーの時間精度の検証と現地での適用の可能性を確認した。

2.3 室内実験の結果

一例として各センサーに記録されたデータと、それを元にしたセンサーの推定流出時刻を図-3に示す。この図から、加速度センサーは実流出時刻の5秒後に反応したことが確認できた。水温センサーは堤体内への流水の浸透の影響を受け徐々に反応が始まり、流出時刻近辺で再度、反応を示しているが秒単位での流出時刻推定は困難であった。

室内実験の結果と、千代田実験水路は屋外にあり、実験中の気温変化等により未破堤箇所でも水温センサーが反応する可能性が考えられること、また破堤崩壊時刻の推定は数分単位が限界であることから、水温センサーは今回の実験目的には不適合であると判断した。

次に加速度センサーの精度検証を行った。図-4は目視による加速度センサーの流出時刻を真値とし、センサーが記録したデータから推定した流出時刻の誤差を示したものである。これより数秒単位の誤差で破堤時刻推定が可能であると考えられ、今年度の千代田実験水路における横断堤破堤実験では加速度センサーを用いることとし、現地での適用性確認を行うこととした。

kkkkk

表-2 越水破堤に関する既往の研究事例

研究手法	キーワード	研究・調査事例	研究概要	成果概要	備考
実物大	越水破堤メカニズム	現地破堤実験 ⁶⁾	越流の耐侵食性に関する実物大研究	芝堤の耐侵食強度の評価、もぐら穴弱点部の侵食形態	2次元実験のため3次元での破堤現象は不明
	耐越水化対策	越水対策実験 ⁷⁾	様々な耐越水工法の比較検討	土堤の破壊メカニズムの解明、危険度別耐越水対策工法の選定方法提案	2次元実験のため3次元での破堤現象は不明
	越流部水理特性	越流時の水位・流速計測 ⁷⁾	上記の耐越水化対策実験に併せて実施	2次元の越流水理特性の把握	2次元実験のため3次元での水理特性は不明
模型実験	越水破堤メカニズム	遠心模型実験 ⁸⁾	遠心模型による越流破壊実験	縮尺模型での堤体内の流れが再現可能	実現象への適用に際し、相似性についての考慮が必要
		堤防決壊口拡大状況 ⁹⁾	縮尺模型による堤防決壊口の拡大状況再現実験	堤防決壊後の拡幅速度と水理現象の把握	研究事例が少ない
	耐越水化対策	特殊な耐越水化対策 ¹⁰⁾	縮尺模型による堤防決壊口の拡大状況再現実験	洗掘防止と氾濫防止を考慮した新たな保護工の提案	費用対効果等、今後実用に向けての検討が必要
	越流部水理特性	坂路がある堤防の越流特性 ¹¹⁾	裏法側に坂路がある場合の流れの集中を実験	3箇所の流れの集中箇所が発生、補強方法を提案	費用対効果等、今後実用に向けての検討が必要
		堤防越流水理特性 ¹²⁾	2次元実験による越流水理特性把握	底面圧力・流速分布・レイノルズ圧力分布の特性把握	越流時の裏法部における水理特性を精度よく再現計算できるモデルの検討が必要
		平面的越流特性 ¹³⁾	河川堤防からの越水状況を再現する計算モデルの構築	SU-FUF-2DFダイナミック氾濫解析モデルで良好に再現	実スケール等での検討が必要
氾濫拡散状況	樹木群による被害軽減効果 ¹⁴⁾	樹木群による破堤決壊拡幅抑制効果の検討実験	樹木群を堤内地に設置することにより堤防決壊拡幅を抑制することを確認	樹木群を具体的に管理する指針化は未実施	
現地調査	被災時	被災事例・要因分析	水害レポート ¹⁵⁾	現地での被災事例・効果的な堤防強化方法の提案	被災時のリアルタイムな外力情報は事後調査のみでは把握困難
		災害調査方法 ¹⁶⁾	越水破堤被災後調査と外力解析	被災後痕跡調査でも定量的に出水時の外力推定が可能	他河川への適用のための追加調査必要
数値計算	越水破堤メカニズム	破堤拡大過程 ¹⁷⁾	破堤拡大過程の計算モデルの開発	破堤決壊口の拡大状況・落掘・土砂堆積状況の再現	実スケールでの検証が必要
		越流破壊 ¹⁸⁾	堤防越流破壊現象の計算モデル化・越水外力を増大させる要因解析	拡張MPS法により単純な条件下なら破堤現象の再現可能、越水外力へ影響を与える要因解析	基礎研究段階
	氾濫解析	実洪水を再現した氾濫解析モデル ¹⁹⁾	数値計算による洪水氾濫状況の再現	氾濫解析モデルの提案	破堤拡幅過程が未解明であり、破堤箇所を与える流量等の境界条件は仮定

3. 千代田実験水路での破堤実験

3.1 現地実験の概要

平成20年8月15日に実施した千代田実験水路での横断堤破堤実験の概要を図-5に示す。高さ2.5m、天端幅2m、法勾配2割の横断堤を水路全幅(下幅30m、上幅40m)において造成した。また破堤のきっかけとなるよう天端中央に幅5m、深さ0.05mの切欠を設けた。用いた土砂は千代田新水路工事で発生した残土であり、土質試験結果は図-6の通り(千代田実験水路河床材料と概ね同じ土質)である。

通水中の主な観測は水位計による水位観測、先に選

定した加速度センサーによる破堤形状の時系列計測であり、通水後には三次元レーザースキャナによる破堤部周辺形状の測量を行った。また図-7に示すとおり、実験状況を記録するため様々なアングルからビデオカメラを用いて撮影を行った。

通水は横断堤の高さ2.25mまで湛水させて、10分間通水停止した後、4m³/sを通水して横断堤の切欠部から越水破堤させ、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。ここで通水流量4m³/sは過去の事例⁷⁾等から判断して決定した(切欠箇所での越流水深を概ね25cm程度に設定)。なお通水再開時

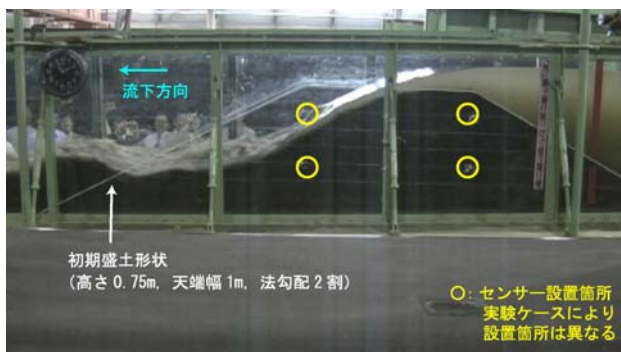


図-2 室内実験の状況

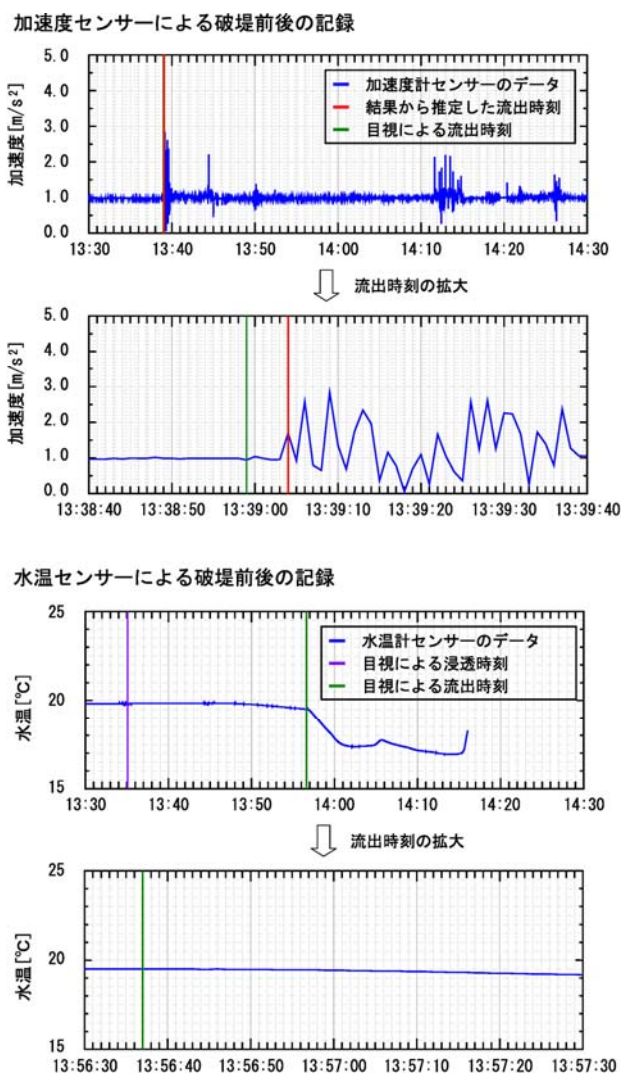


図-3 室内実験結果の一例

の水路内推定流速は概ね7 cm/s(湛水時の水路内横断面面積と通水流量4 m³/sより算出)、また実験状況から流水による堤防表法面の侵食等が見られなかったことから、水路内流速による破堤への影響はなかったと考えられる。

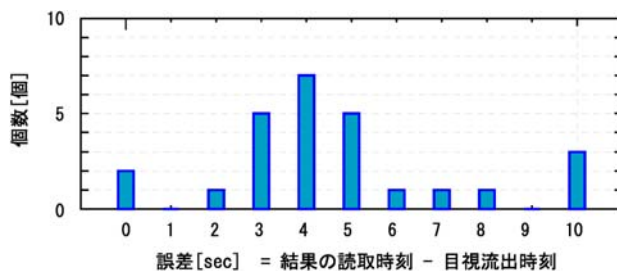


図-4 加速度センサーの誤差分布

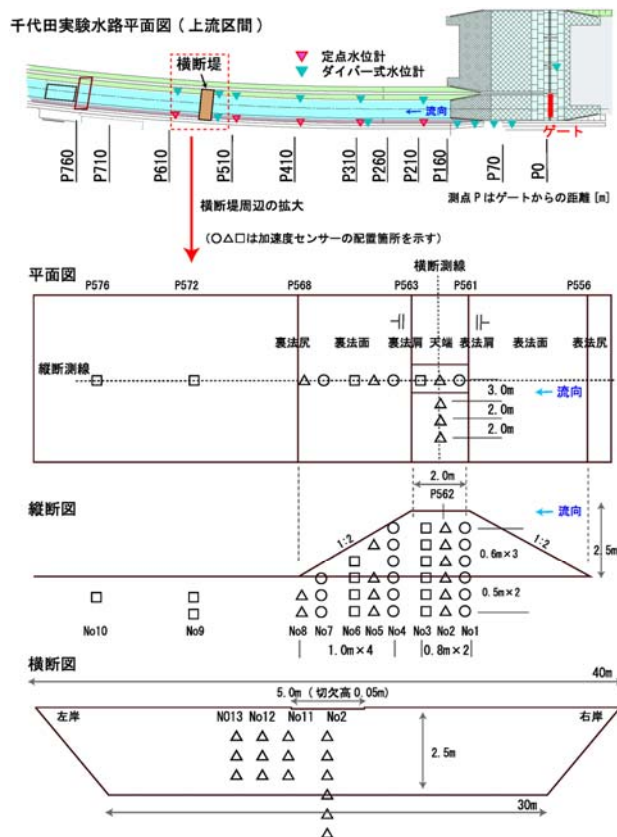


図-5 千代田実験水路での越水破堤実験概要

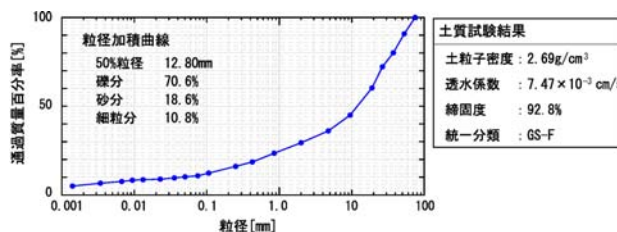


図-6 盛土材の粒度分布・土質試験結果

3.2 現地実験の結果

3.2.1 越流量の推定・破堤進行過程の概要

ゲートから水路内への通水流量と横断堤上流区間の水位を用いて、(1)式より堤防からの越流量を推定した。

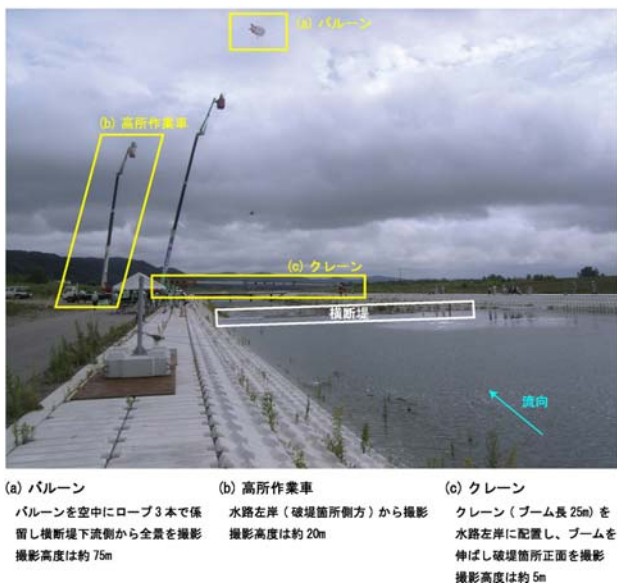


図-7 ビデオカメラを用いた実験状況撮影

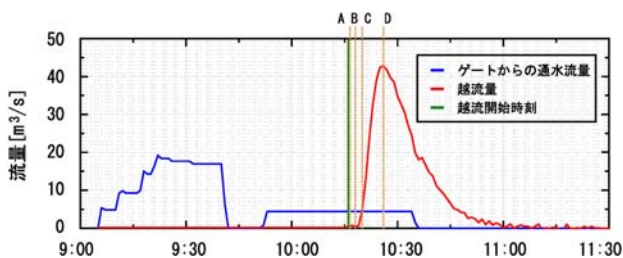


図-8越流入量・破堤の進行状況

$$Q_{out(t)} = Q_{in(t)} - (V_{(t)} - V_{(t-1)})/\Delta_t \quad (1)$$

ここで Q_{out} :横断堤からの越流量、 Q_{in} :ゲートからの通水流量、 V :横断堤上流部の湛水体積、 Δ_t :水位計データは1分毎なので60secである。

図-8に通水流量と(1)式より求めた越流量を示す。なお累計越流量は40,000m³程度であり、概ね累計通水流量と一致していた。

また図-9・図-10は実験時に撮影したビデオ画像である。堤防からの越流開始は10時16分頃からであり、越流開始直後である時刻Aでは切欠部の裏法面全体にガリ侵食が見られる。時刻Bは越流開始から2分後であり、裏法面の侵食が鉛直方向に進行し、また天端部侵食が開始している。時刻Cは越流開始から4分後であり、縦断測線上の堤防部分が概ね全崩壊しこれ以降、横断測線方向へ破堤幅が拡幅していく。時刻Dは越流開始から10分後であり、越流量ピーク(42.74m³/s)をむかえている。この破堤過程は堤防の土強度が弱い(細粒分が少ない)と言われている場合と一致⁷⁾しており、

これより今回の実験は土強度が弱い条件下であったことがわかる。

3.2.2 破堤の進行状況(縦断測線方向)

図-11の上段は縦断測線上に配置したセンサーの記録より判読したセンサー配置地点の推定崩壊時刻である。ここで縦軸は水路河床を基準高0mとした高さを示し、越水開始時刻ではそれぞれのセンサー配置箇所における堤防高を示している(No.1~3は天端切欠箇所でありEL2.45m、No.4~7は各箇所の法面高、No.8及びNo.10は水路河床でありEL0.00mとなる)。越水開始時刻以降はセンサーの設置高と推定崩壊時刻をプロットしている。図-12・図-13の左はセンサー設置箇所の推定崩壊時刻を用いてセンサー間は直線補間とし、時刻A~Dにおける1分毎の破堤進行過程を推定したものである。

越水開始から時刻Bにかけて、裏法面部全体と裏法肩付近が崩壊している。次に時刻B~Cの間では天端箇所において下流側から順次、鉛直方向下方にむかって崩壊が進み、時刻Cで河床高より上の堤体部分の大半が崩壊している。またこの時間帯のうちに、法面部は河床高まで全て崩壊している。時刻C以降については天端箇所についても河床高まで下流側から順次崩壊している。更に法尻から下流では河床高より低い部分についても侵食しており、時刻C前後、つまり縦断測線上の堤防崩壊が概ね終了する時刻前後より落ち掘れの形成が始まったと推定することが出来る。

3.2.3 破堤の進行状況(横断測線方向)

図-11の下段、図-12・図-13の右はセンサー記録を用いた横断測線上の破堤進行過程である。表記方法については縦断測線方向の結果と同じである。なお横断堤センターより右岸側にはセンサーの配置はしていないが、実験状況の目視観測で左右岸対称に崩壊が進んでいたことを確認していることから、左岸の結果を用いて右岸の崩壊過程を推定している。

横断堤センターに配置したNo.2において天端より2m程度崩壊が進んだ後、No.11の崩壊が開始している。No.11が天端より鉛直方向下方2m程度崩壊が進んだ後、No.12の崩壊が開始している。またNo.11、No.12とも天端から鉛直方向下方1.5m程度はほぼ同時期に崩壊している。実験時、及び撮影状況からも横断方向への破堤の拡がり過程について次のことが言える。例えばNo.11に注目すると、近傍のNo.2の下層が削られることによりNo.11付近が不安定となり、No.11の上部が塊となり崩壊、次にNo.11の下層が削られることによりNo.12付近が不安定となり、No.12の上部が塊となり崩

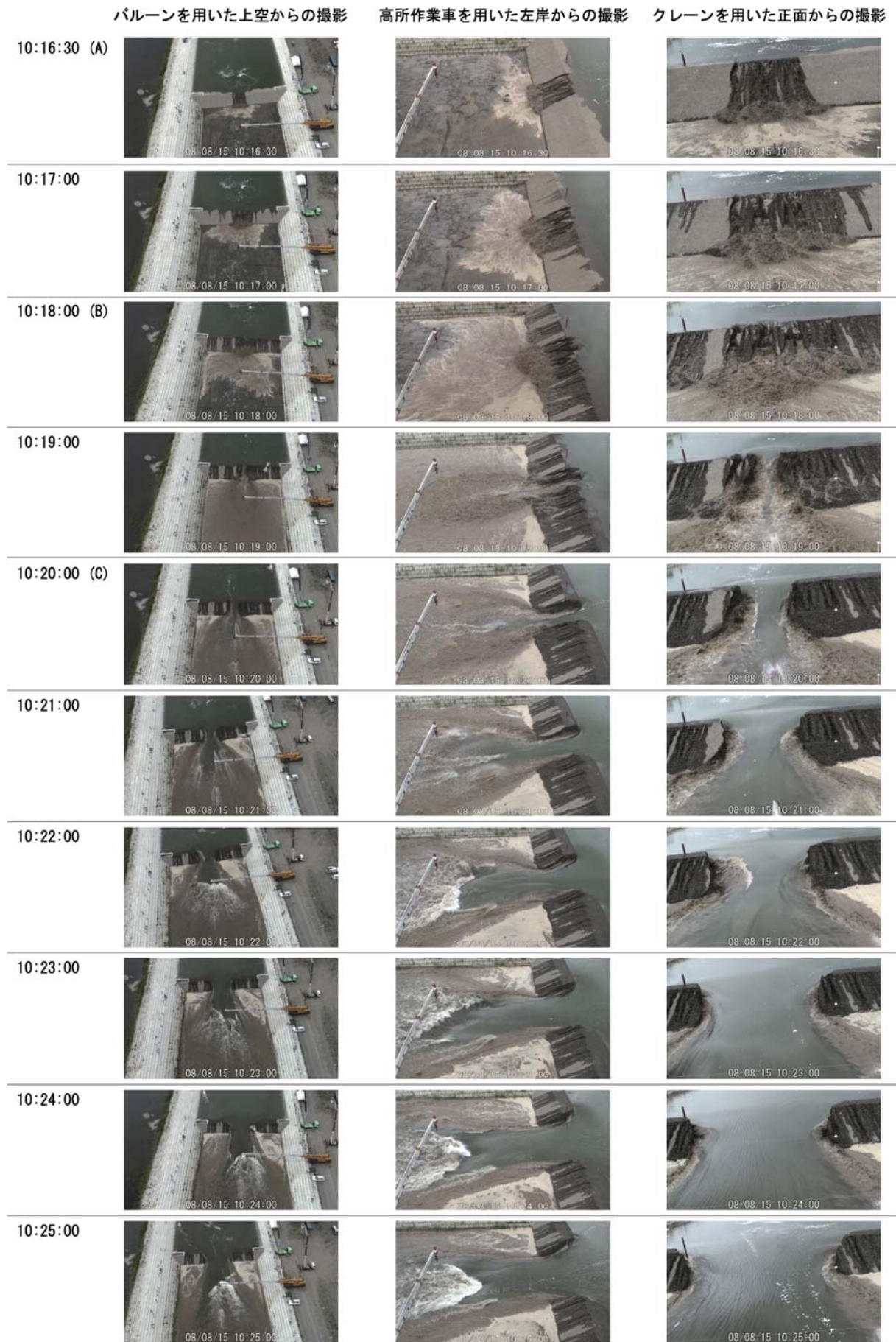


図-9 実験状況(1) (平成20年8月15日10:16:30~10:25:00)

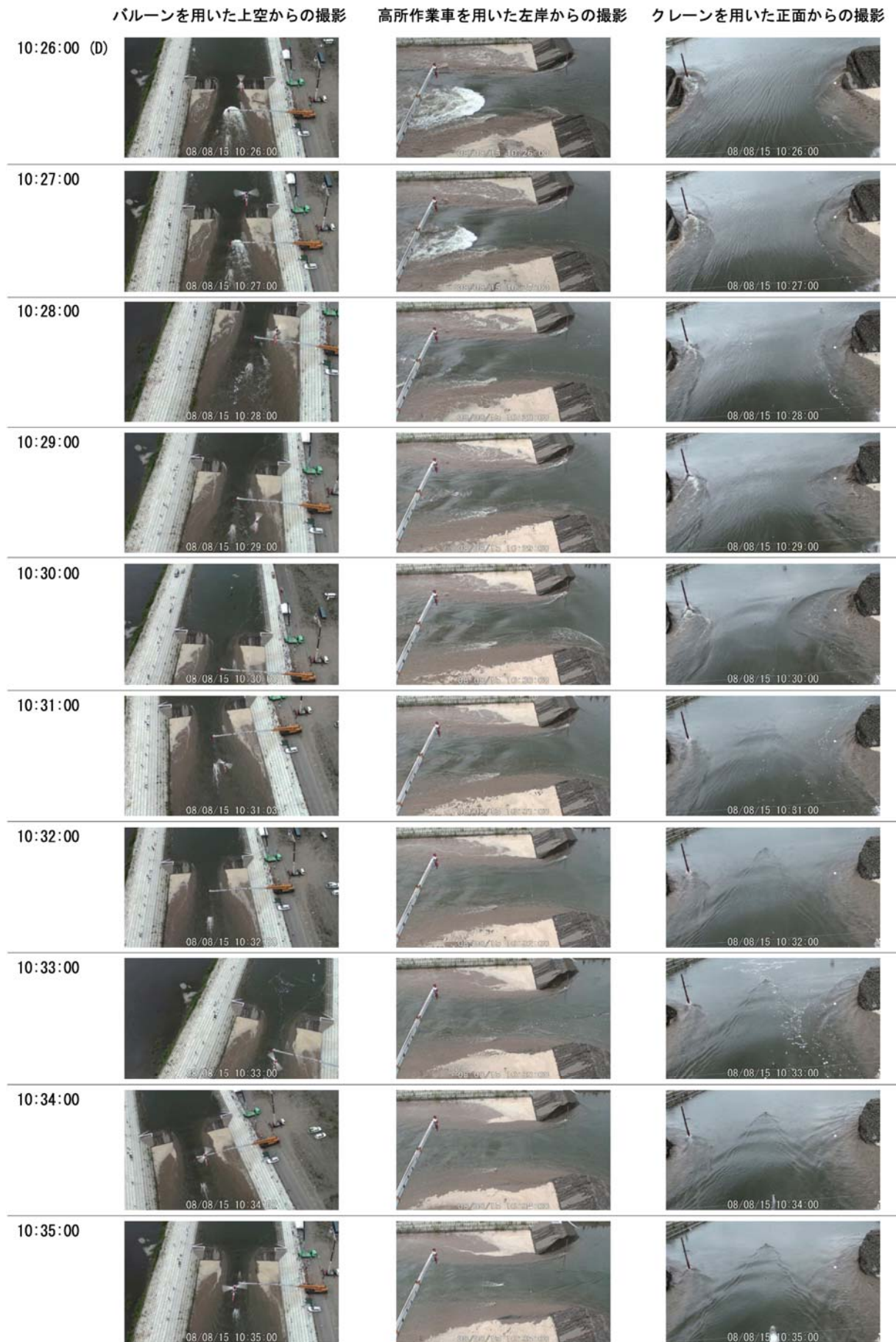


図-10 実験状況(2) (平成20年8月15日10:26:00~10:35:00)

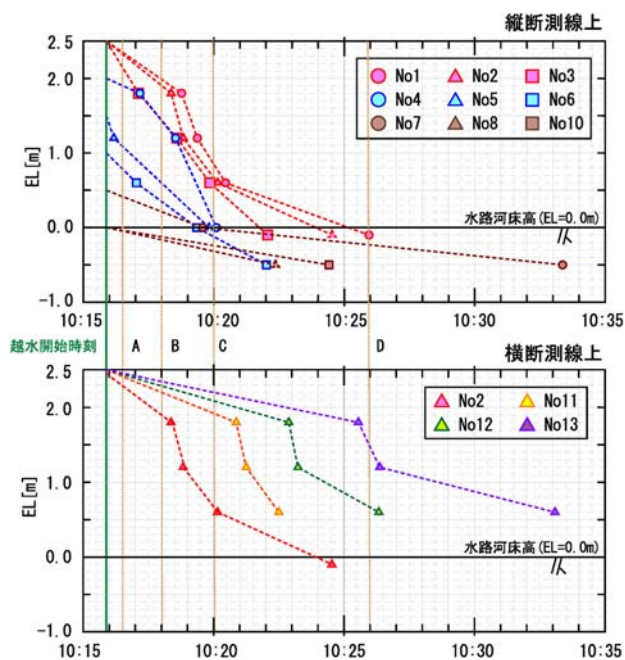


図-11 加速度センサー設置位置(高さ)毎の推定崩壊時刻

壊、といったことを繰り返しながら破堤拡幅が進行していると言える。これについては後述の破堤の拡幅過程で検討を加える。

3.2.4 破堤の最終形状

図-14は実験終了時の形状を三次元レーザースキャナ、及び洗掘箇所の水部ではトータルステーション(トランシットと光波測距儀を一体化した測量機器)を用いて計測した結果を画像表示したものである。堤防の破堤部開口形状は表法側が大きく開いた八の字をしており、また落ち掘れの最大洗掘深の発生箇所は等高線の集中で示された裏法尻近傍にあり、既往の室内実験結果⁹⁾と一致している。

図-14より、落ち掘れの形状は延長Lが約28m、最大洗掘深Dが約0.8m、また堤防の天端開口幅Bが約18mである。図-15はこれらの形状特性を、既往の室内実験(最終破堤形状に至るまでの実験過程も含む)、及び現地調査資料(実災害時)⁹⁾と比較したものである。この図より今回の実験結果は既往データの範囲内に収まっていることがわかる。但し今回の実験データは最終形状についてのデータであり、既往の室内実験ではこの形成過程についての検討が進められているので、今後、千代田実験水路でも落ち掘れの形成過程のデータを蓄積し検討を行うことが重要であると言える。

4. 破堤の拡幅過程

破堤の拡幅過程については、スケールモデル実験で

天端の破堤開口幅についての検討事例⁹⁾はあるが、堤防内部の破堤過程まで含めた詳細な検討を行った事例は少ない。今回の実験では横断堤破堤部の拡幅過程をビデオ撮影により、横断堤内部の崩壊過程を加速度センサーによりデータを取得できたため、以下では破堤の拡幅過程について検討を行う。

図-16の上段は単位幅越流量を示す。越流幅をここでは横断堤の横断測線上から越流した水面幅と同じと仮定した。下段は横断堤天端が横断方向に拡幅した開口幅、及び時間当たりの開口幅変化率(dB/dt)を示したものである。これらの幅はともにビデオ画像から1分毎の値を読み取ったものである。

まず開口幅の進行過程について、横断方向拡幅初期の2分程度は緩やかに進行しているが、時刻B以降、拡幅が急激に進行している。そして時刻D以降は拡幅が緩やかとなり、その後一定値へと落ち着く。既往の実験では特に初期の拡幅について天端幅が広いほど、緩やかな拡幅時間が長く続くと言われている。河川管理施設等構造令でも流量規模に応じて、堤防天端幅は3~7mとなっており、また耐越流性を持ち始める天端幅は4~7mと言われている⁷⁾。これらも踏まえると、今回の実験では天端幅が2mであったことから、横断方向拡幅初期の緩やかな時間帯が短かかったとも考えられる。

次に開口幅変化率が最も大きいのは越流量ピークの時間D、及び単位幅流量ピークより以前に発生している。藤田ら⁹⁾は破堤の拡幅過程は掃流作用ではなく堤体が鉛直方向下方に崩壊が進み、これにより周辺土砂が不安定な状態となり拡幅が進むと推定している。

今回の実験では時刻Cで開口幅変化率の最大値が現れている。時刻Cは図-11に示したように、縦断測線上において堤体の大半が崩壊している時間であり、このため周辺土砂が不安定となり、急激に横断方向への拡幅が進んだと考えられる。また10:30までは開口幅変化率のデータから見て連続的に拡幅が進行しているが、10:30以降、藤田らが指摘したように間欠的な拡幅が確認できる。No. 13センサーの最深部設置箇所付近が崩壊した時刻(図-11参照, 10:33)から4分後には2m/minの開口幅変化率が現れており、既往の推測の域から実スケールの実験結果として確認することが出来た。

今回は実スケールの実験でセンサーを設置した堤防内部も含めた進行過程を計測することが出来たことにより、横断方向への破堤メカニズムについて一知見を得ることが出来たと言える。

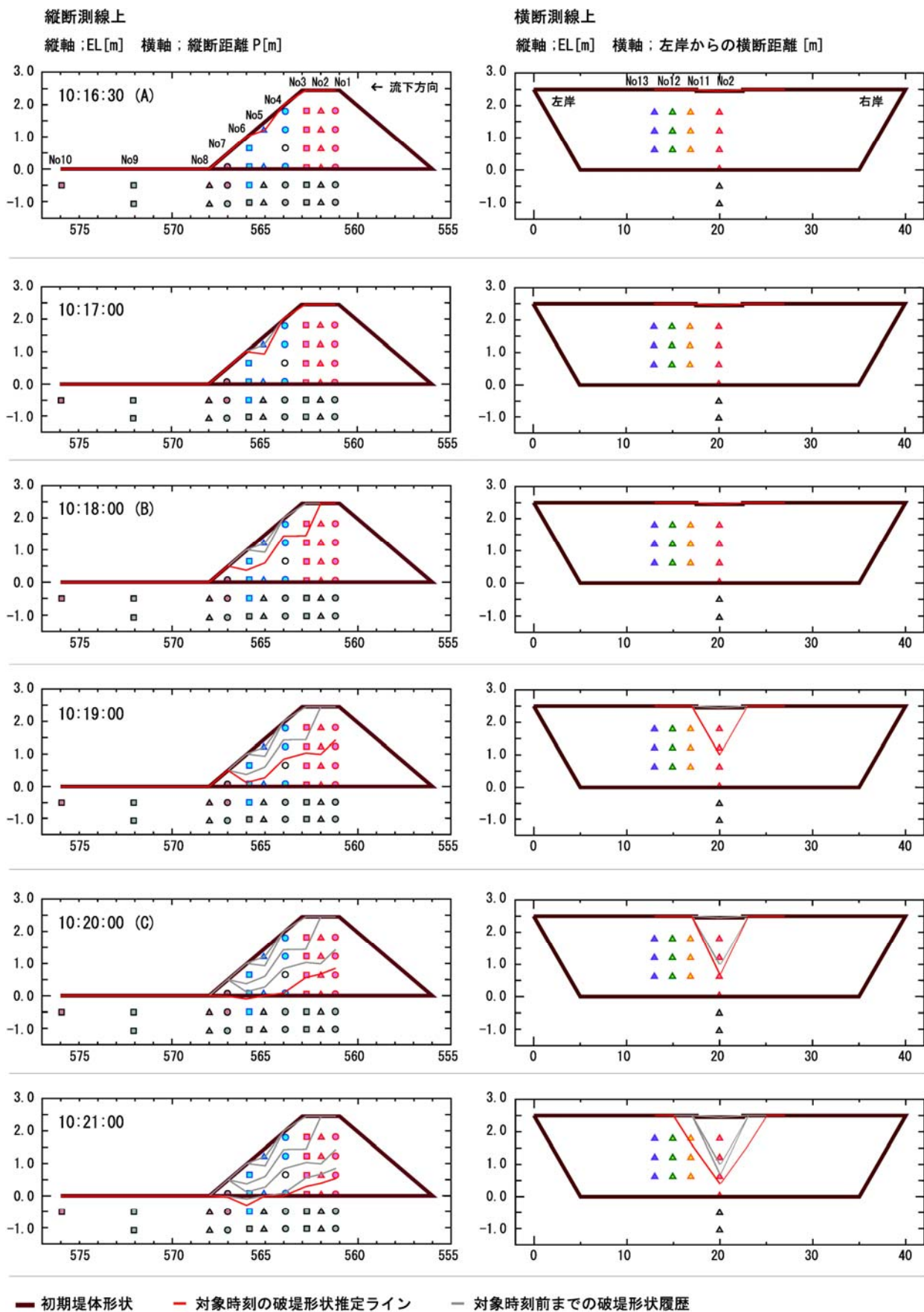


図-12 加速度センサーの記録を用いた破堤進行過程の推定(1) (10:16:30~10:21:00)

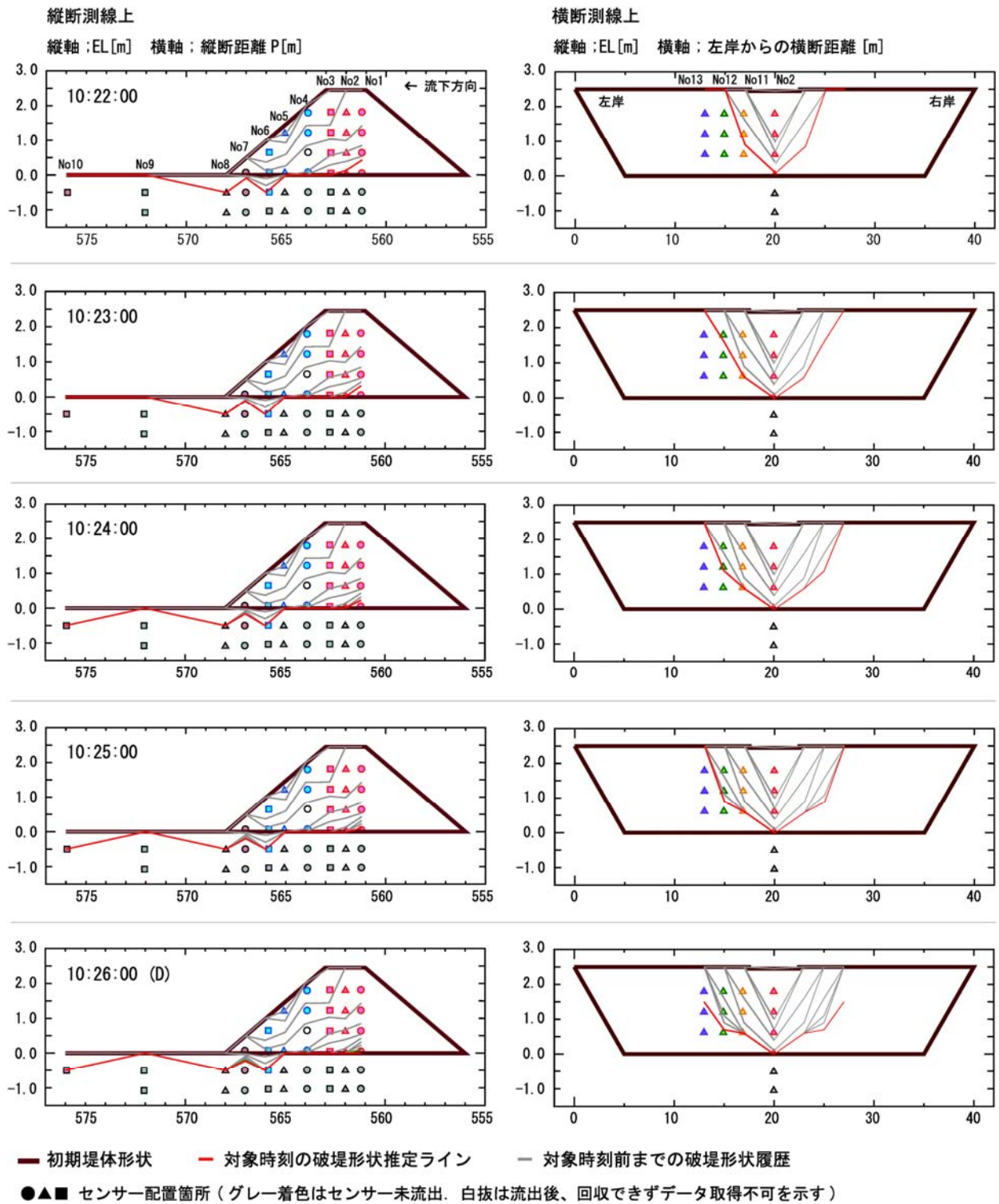


図-13 加速度センサーの記録を用いた破堤進行過程の推定(2) (10:22:00~10:26:00)

5. おわりに

本論文では、計測が困難である流水下での破堤履歴の計測手法の検討結果、及びその計測手法を用いた実スケールでの横断方向拡幅が再現できる正面越流による2次元越水破堤実験結果について述べた。この結果より次のことが明らかとなった。

1. 加速度センサーを用いることで、実スケールで通水を止めることなく不可視部分の破堤進行過程を計測する手法が確立できた。
2. 千代田実験水路で形成された落ち掘れの形状特性は、既往事例の範囲内であった。これは今後、千代田田実験水路での越水破堤実験で得られた知見を、他の

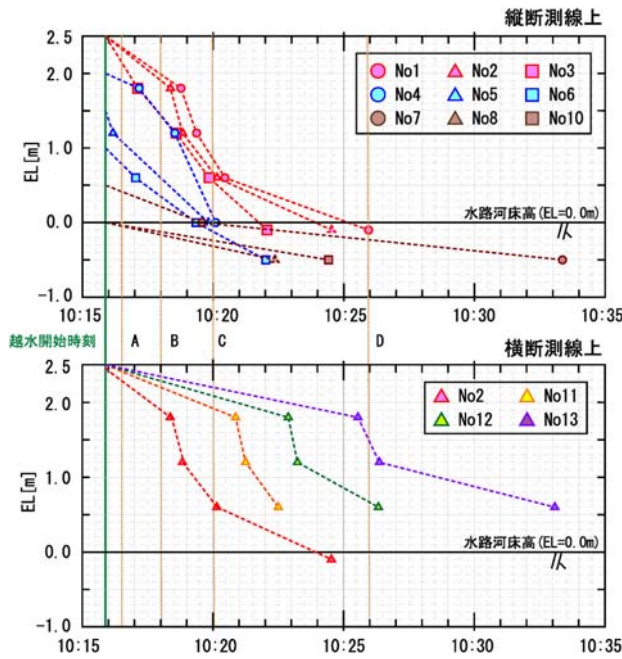


図-14 実験終了時の横断堤、及び落ち掘れ形状

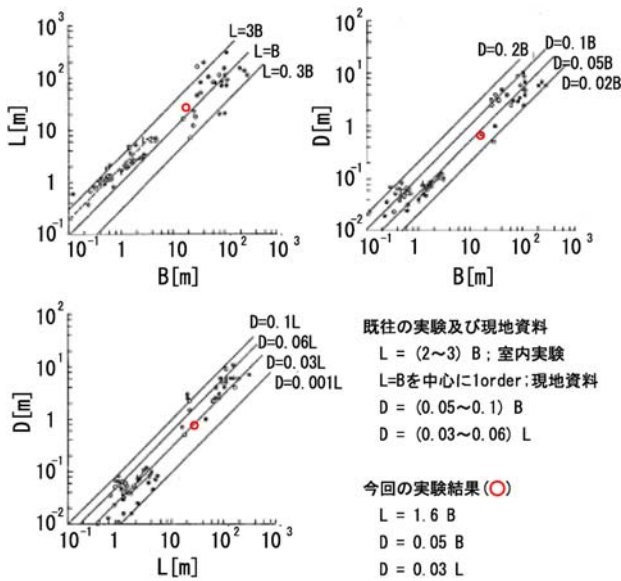


図-15 落ち掘れの形状特性9)

研究について適用することが可能であることを示している。

- 破堤部の横断方向への拡幅過程は掃流作用ではなく鉛直方向下方に崩壊が進み、周辺土砂が不安定な状態になることで拡幅が進むことがわかった。これは既往の研究では室内実験結果の推測にとどまっていたが、実スケールでその現象を捉えることが出来た。

今回は正面越流による2次元実験のため決壊口からの拡幅は対称に進行したが、実現象では横越流とな

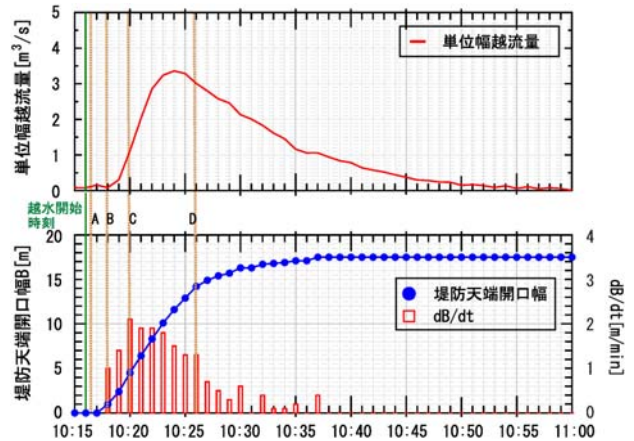


図-16 横断堤の単位幅越流量(上段)と破堤拡幅過程の時間変化(下段)

るため破堤軸が堤防と直交せず、破堤拡幅も上下流方向に非対称に進む可能性がある。これらについては次年度以降の3次元実験で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水路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します。

参考文献

- 吉川勝秀：河川堤防学，技報堂出版，pp.98，2008。
- 盛土構造物の崩壊と対策に関する研究，建設省土木研究所資料，第2017号，1983。
- T.Shimada et al. : Basic hydraulic characteristic of the Chiyoda experimental channel, RiverFlow2008, Vol.3, pp.1805-1813, 2008。
- 島田友典ほか：十勝川千代田実験水路の基礎的な土砂挙動特性，土木学会応用力学論文集，Vol.11, pp.699-707, 2008。
- 島田友典ほか：千代田実験水路における横断堤越水破堤実験，土木学会水工学論文集，第53巻，2009。
- 例えば，北川明ほか：一閑遊水地における越流小堤の耐侵食力に関する現地実験，土木学会水工学論文集，第39巻，pp.489-494，1995。
- 例えば，越水堤防調査最終報告書-解説編-，建設省土木研究所資料，第2074号，1984。
- 例えば，木村勝行ほか：越流に伴う破壊現象に関する研究，ダム工学会論文，No.35, pp.215-223, 1999。
- 例えば，藤田裕一郎ほか：河川堤防決壊口の拡大過程に関する実験，土木学会年次学術講演会第2部，第42回，pp.559-560, 1987。
- 例えば，奥田浩司ほか：排水機能を持つ堤防裏法尻保護工に関する実験的検討，土木学会水工学論文集，第51巻，pp.751-756, 2007。
- 東高德ほか：堤防形状3次元性を考慮した対越水堤防強化，土木学会年次学術講演会第2部，第55回，pp.338-339, 2000。

- 12)例えば, 田中祐一朗ほか:河川堤防の越流に関する研究, 土木学会年次学術講演会第2部, 第48回, pp.424-425, 1993.
- 13)重枝未玲ほか:ダイナミック氾濫解析モデルによる河川からの溢水・越流流量の予測, 土木学会河川技術論文集, 第11巻, pp.169-174, 2005.
- 14)例えば, 樹林帯による破堤後の減災効果に関する検討, 国土交通省国土技術政策総合研究所河川部河川研究室, 2002.
- 15)例えば, 辻本哲郎ほか:矢作川および境川流域における2000年9月豪雨災害, 土木学会河川技術論文集, 第7巻, pp.71-76, 2001.
- 16)福岡捷二ほか:越水を伴う洪水流による堤防被災機構の調査およびその解析, 建設省土木技術資料30-3, pp.21-26, 1988.
- 17)例えば, 辻本哲郎ほか:破堤拡大過程と河川特性の関係について, 土木学会河川技術論文集, 第11巻, pp.121-126, 2005.
- 18)例えば, 後藤仁志ほか:越流水による河川堤防浸食過程のグリッドレス解析, 土木学会水工学論文集, 第46巻, pp.439-444, 2002.
- 19)例えば, 大坪郁宜ほか:東海豪雨を対象とした氾濫解析, 土木学会河川技術論文集, 第7巻, pp.35-40, 2001.

Cross-Levee Breach Experiment by Overflow at the Chiyoda Experimental Channel

Abstract : Mechanism of levee breach of three-dimensions by overflow is not clarified. It is important to clarify the problem. Experiments of levee breach in three-dimensions by overflow using the Chiyoda Experimental Channel will start in 2009. As its preparation step, we carried out an experiment of breaching process of lateral overflow across levee by overflow for verification of measuring equipment etc. We established measurement to the time series levee breach using scale model experiment together. We clarified about breaching process of full-scale levee.

Key words : Chiyoda experimental channel, Cross-levee breach by overflow, Breaching process of levee.