

破堤模型実験の時間縮尺に関する検討

土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○柿沼 孝治
 土木研究所 寒地土木研究所 飛田 大輔
 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 桃枝 英幸
 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 横山 洋

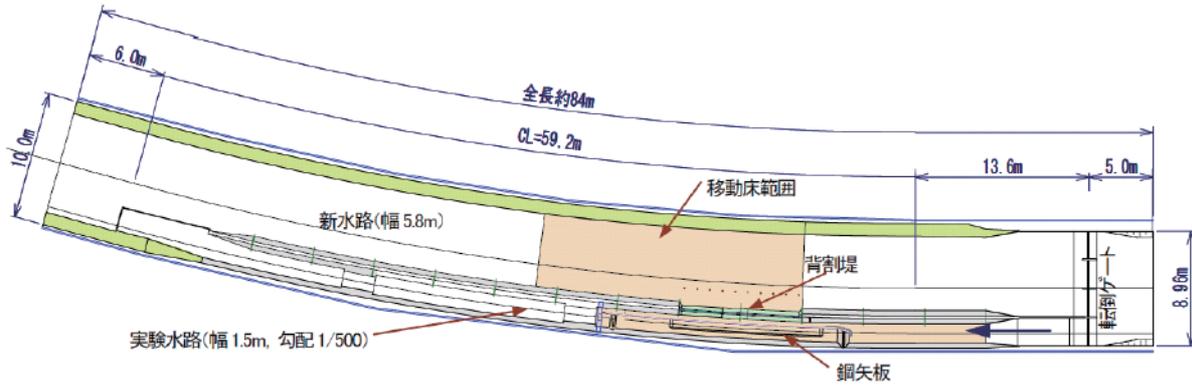


図-1 縮尺模型平面図

1. はじめに

北海道開発局と寒地土木研究所では、H18 に完成した千代田実験水路において、実スケールの破堤実験を行っている¹⁾。これとあわせ、寒地土木研究所では実験準備も兼ねて、千代田実験水路を1/20で再現した縮尺模型による破堤実験を行った。本研究では、1/20縮尺模型による実験結果と、千代田実験水路における実スケール実験結果との比較検討において、流砂の相似則を時間縮尺に適用し考察を行った。

2. 縮尺模型の概要

実スケール実験は、十勝川の千代田新水路に併設された実験水路において、背割堤の一部を破堤実験区間のみ削り取り、所定の断面になるよう整形し、上流ゲートから流量を調節して放流し、破堤の様子を観測するものである。

縮尺模型の平面図を図-1に示す。模型の大きさは、フルード相似則を適用して現地を縮尺1/20で再現し、ハッチングした範囲を移動床とした。河床材料は、十勝川(平均)の粒径加積曲線のうち浮遊成分である2.38mm以下をカットし、これを1/20倍した混合砂とし、d50は0.9mmであった。なお、現地の堤防



図-2 縮尺模型写真

表-1 フルード相似

物理量	現地実験値	単位	フルード相似則		備考
			縮尺	値	
全長	1600	m	1/S	80	S=20
川幅	200	m	1/S	10	
給水量	70	m ³ /s	1/S ^{5/2}	0.039	
河床粗度	0.023	m	1/S ^{1/6}	0.014	
河床材料d ₅₀	11	mm	1/S	0.9※	
時間	100	分	1/S ^{1/2}	22.36	

表-2 実験ケース

現地実験ケース	模型実験ケース	堤防・水路形状					備考
		天端幅(m)	裏法勾配	水路幅(m)	河床勾配	流量(m ³ /s)	
1	C1-1	3	1:2	8	1/500	70	基本ケース
	C1-2	3	1:2	8	1/500	70	
	C1-3	3	1:2	8	1/500	70	
2	C2-1	3	1:2	8	1/500	35	流量変化
	C2-2	3	1:2	8	1/500	35	
4	C4-1	6	1:2	8	1/500	70	天端幅変化
	C4-2	6	1:2	8	1/500	70	

キーワード：破堤，縮尺模型，相似則

連絡先：(独) 土木研究所寒地土木研究所 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3-1-34 011-841-1696

は、シルト分が 15%程度含まれる若干粘着性がある土質であったため、坂野²⁾が破堤模型実験で採用した“砂にベントナイトを配合する手法”を用いた。模型の全体写真を図-2 に、現地と模型の縮尺比を表-1 に示す。

3. 実験の概要

縮尺模型実験では、フルード相似則に従い現地実験を再現した。現地スケールに換算した実験ケースを表-2 に示す。なお、現地実験の 1つのケースに対して、模型では 2 又は 3 ケースを行った。実験では越水をきっかけとした破堤を再現しており、初期は正面越流により裏法が浸食され、次に浸食が表法まで達し、その後縦断方向に破堤拡幅し、終盤では破堤拡幅が収束するという段階が観察されている¹⁾。

破堤口が拡幅始めると、基本的にほぼ一定速度で拡幅していき、ある幅に達すると拡幅の進行速度が低下する。図-3 に、越水開始からの時間(分)と破堤ボリュームの関係を示す。破堤ボリュームは、破堤口幅(破堤箇所の縦断方向の開口長さ)に堤防断面を乗じて求めた。実際には基盤の深掘れや堆積の影響があるが、ここでは概ねの傾向を検討するため、基盤より上の堤防が縦断的に流失されるものとした。また、時間についてはフルード相似則を適用している。ここでは、破堤拡幅が一定している間の破堤ボリュームの時間変化(傾き)に注目するとケース 1 と 4 は現地が小さめ、ケース 2 ではバラつきがある。

ここで、移動床では、時間縮尺がフルード相似則で表現できないことを踏まえ、時間縮尺の補正を試みた。破堤ボリュームの相似比が縮尺比の 3 乗となるように時間を補正する。模型実験と実現象で長さ L の縮尺を S(=20)、河床材料の粒径比を k とし、堤体崩壊量 V を Meyer Peter Muller の掃流砂量式で表すと、破堤ボリュームと時間の関係は式(1)である

$$\frac{V_m}{V_p} = \left(\frac{1}{S}\right)^3 = \frac{8(\tau_{*m} - \tau_{*cm})^{1.5} \sqrt{sgd_m^3 T_m B_m}}{8(\tau_{*p} - \tau_{*cp})^{1.5} \sqrt{sgd_p^3 T_p B_p}} \quad (1)$$

ここで $S=L_p/L_m$, $k=d_p/d_m$ である。また添え字の p, m はそれぞれ実現象と模型実験の値を示す。これを整理すると、破堤口拡大速度 w には、以下の相似則が成り立つ。

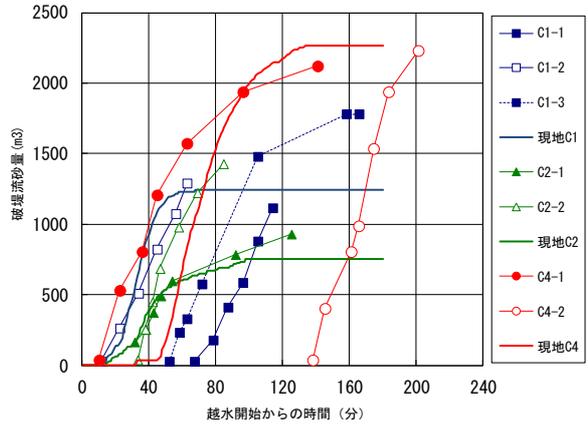


図-3 破堤ボリュームの時間変化(補正なし)

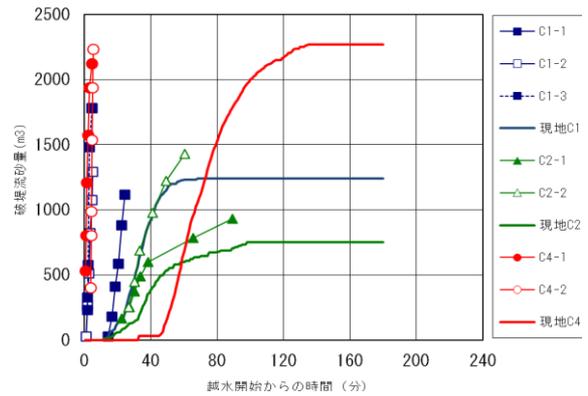


図-4 破堤ボリュームの時間変化(補正あり)

$$\frac{w_m}{w_p} = \left(\frac{1}{S}\right)^{0.5} \left[S^{1.5} k^{-1.5} \left(\frac{\tau_{*m} - \tau_{*cm}}{\tau_{*p} - \tau_{*cp}} \right)^{-1.5} \right] \quad (2)$$

[]内がフルード則での値からの補正值となり、時間に乗じればよい。ここでは、図-3 の整理において、既にフルード相似の時間縮尺である $1/20^{0.5}$ が考慮されている。

上記の補正係数を乗じた結果を図-4 に示す。ここでは、補正前に比べて、ケース 1 と 4 では大きくなり、ケース 2 では現地の傾向に近づいた。

4. おわりに

本研究では、千代田実験水路における破堤実験と、そのフルード縮尺模型での実験に関して、時間縮尺に移動床相似則を適用して、再現性に関する考察をおこなった。結果は、補正により再現性が向上したとは言えない結果となった。今後の実験では、破堤口周辺における水位の計測について留意する必要がある。また、破堤現象に注目する場合は、渡邊らが提案する粒径縮尺を用いることが望ましい。