

2016/03/22

平成27年度 第10回十勝川千代田実験水路等アドバイザー委員会

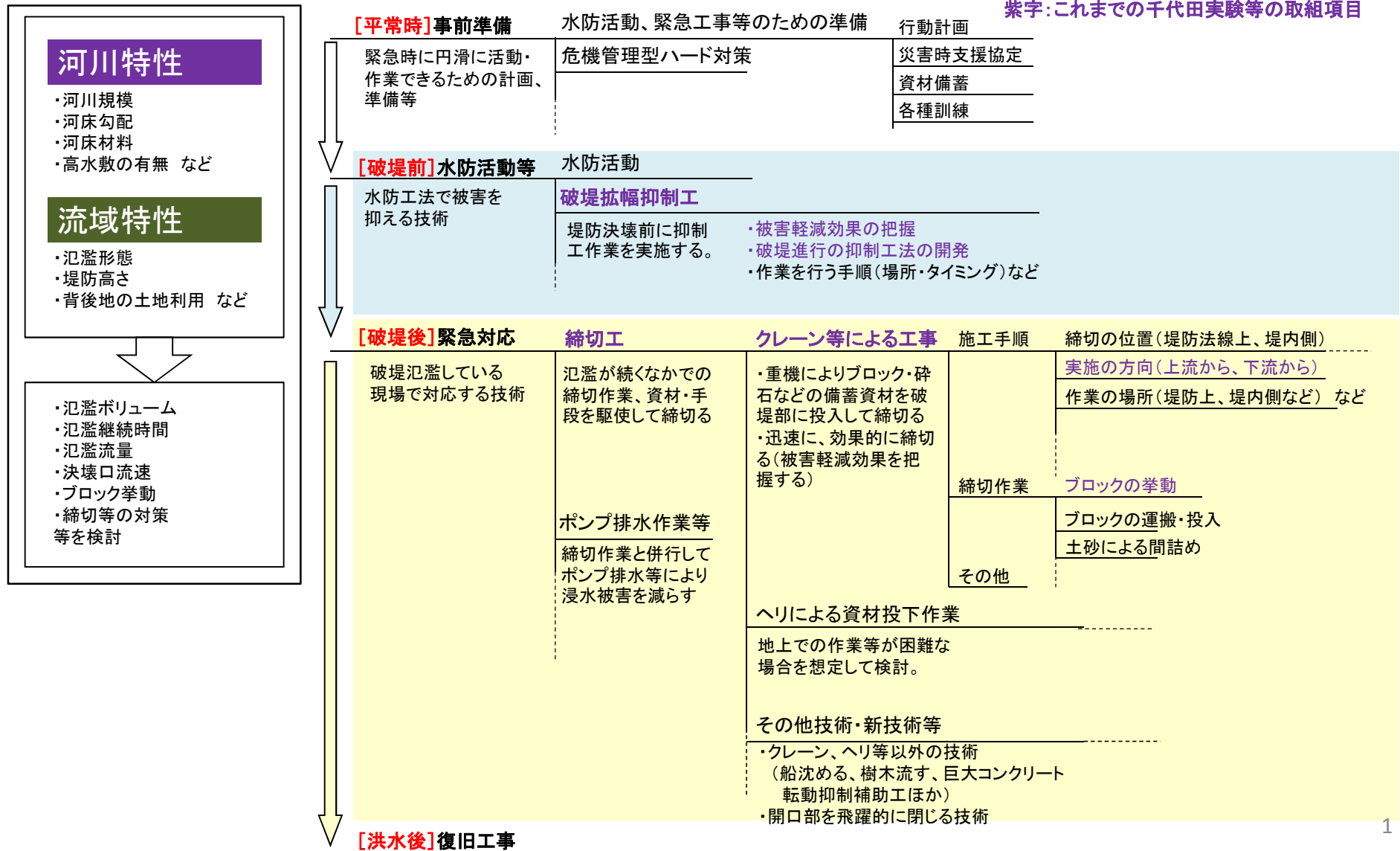
資料1

堤防決壊による 浸水被害の軽減対策について

国土交通省 北海道開発局
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所

堤防決壊による浸水被害の軽減対策について

- ・堤防決壊による浸水被害の軽減のため、平常時や災害時等において、総合的に対策を行う必要。
- ・千代田実験等では破堤前・後の緊急対応に関する調査・研究を実施。河川特性や流域特性を踏まえた検討が必要。



堤防決壊による浸水被害の軽減対策について（緊急工事等の詳細）

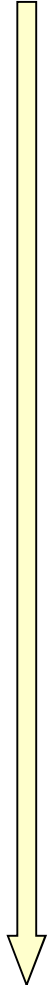
P1右の詳細

・これまでに、締切工については、ブロック挙動、締切方法、締切効果等の検討・実験を実施。

【破堤前】



【破堤後】



破堤拡幅抑制工

- ・破堤進行の抑制工法の開発
- ・破堤進行抑制による氾濫被害低減
- ・作業を行う手順など

紫字:これまでの千代田実験等の取組項目

締切工

基本事項

- ・締切を進めていくことによる被害軽減効果
- ・締切を進めていく位置・方向（堤防法線上、堤内側の破堤部を囲む位置、上下流からの締切など）
- ・河川特性（規模、勾配等）や流域特性（氾濫形態、背後地の土地利用等）を踏まえた締切作業方針の区分 など
- ・作業場所の安全確保（堤防上、堤内側、その他）

締切作業

ブロック投入

・投入したブロックの機能

- ・ブロックの挙動（転動、沈下）
- ・ブロックに作用する流速（ブロック頂部、重心、鉛直分布考慮など）
- ・表面流速からブロックに作用する流速の換算（対数則）
- ・河床の状態、落掘れ、起伏、河床波
- ・移動床（河床の土砂移動による転動・移動促進）
- ・ブロックの形状や投入向き（縦・横） など

・ブロックの流失抑制

- ・転動しにくいブロック（形状）
- ・補助工法の開発 など

・クレーン等による工事

- ・堤防規模（天端幅）による使用できるクレーン規格
- ・ブロック投入までにかかる時間
- ・安全にブロックを投入させる装置（異形ブロック投入安全装置・オートフック） など

・ヘリでの資材投下作業

- ・ヘリによるブロック投入にかかる施工性や時間 など

・ブロックの運搬

- ・備蓄ヤードから破堤部までのブロックの運搬
- ・湿潤状態の堤防上でのトラック運搬（敷鉄板敷設のサイクルタイム計測） など

土砂による間詰め

- ・間詰材（砂利・土砂）の流失対策
- ・使用材料
- ・玉石、割石、土のう、袋詰根固などの組み合わせ など

荒締切（最終段階）

- ・シート等による遮水 など

氾濫域対策

- ・排水や浸水に対する施設整備（ポンプや止水版など設置）など

河川特性、氾濫特性に応じた締切について

P1左の補足

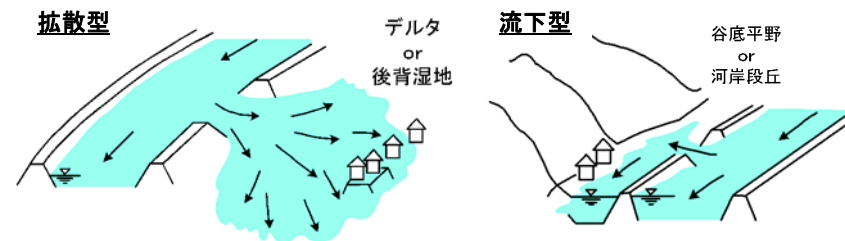
- ・河川特性や氾濫特性を踏まえた、締切作業等の検討が必要。

氾濫特性			河川特性				締切作業
氾濫形態	内容	特性・特徴	河川規模	氾濫時間	氾濫量	浸水日数	
①拡散・流下型	氾濫水が拡散 流下する形態	破堤部からの氾濫が止まっても、 その下流では 時間経過とともに 氾濫が拡大	1級河川等	十数時間 ～数日	大	数日	氾濫が数日間続くため、 早期荒締切が必要。
			1級河川の 支川及び 2級河川等	数時間～ 十数時間	中小	数時間～ 十数時間 (数日)	荒締切の 目途は氾濫時間と締切体積による。
②貯留型	一定の氾濫域 に氾濫水が たまる形態	氾濫中の時間経過とともに一定の 氾濫域で水位が 上昇。 河道水位が低下 すれば、氾濫戻り する。	1級河川等	十数時間 ～数日	大	数日	氾濫が数日間続くため、早期荒締切が必要。 一方、 氾濫戻りの妨げにならないように締切る必要 がある。
			1級河川の 支川及び 2級河川等	数時間～ 十数時間	中小	数時間～ 十数時間 (数日)	荒締切の目途は氾濫時間と締切体積による。 一方、 氾濫戻りの妨げにならないように締切る必要 がある。

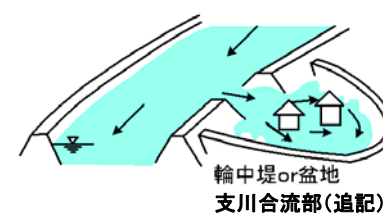
※1天井川などで破堤により流路が堤内地側に切替わってしまう場合は必ず締切が必要。

※2破堤地点より下流の氾濫域では浸水被害が発生するため、排水作業(ポンプなど)が荒締切作業とは別に必要。

①拡散・流下型



②貯留型

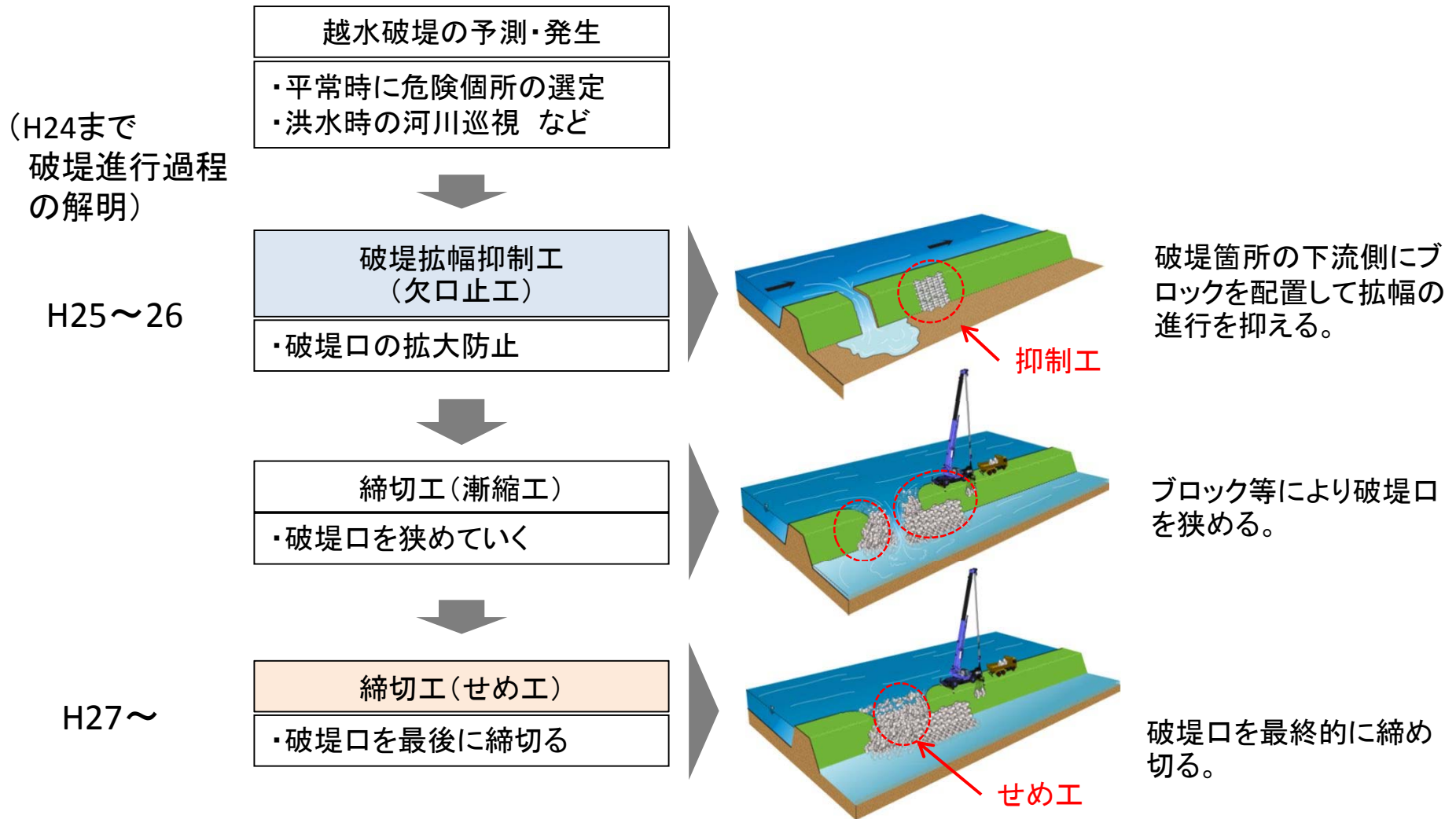


※1参考:天井川



千代田実験水路等における越水破堤に関する実験

- ・平成20年より、越水破堤に関する実験を行っています。
- ・平成27年より、破堤した堤防を締め切る技術の開発に向けた実験等を行っています。



【現地実験イメージ】

これまでの実験結果と課題等について

P3の抜粋

- ・これまでの千代田実験等で取り組んだ結果を踏まえ、今後の実験内容を検討し、実施する。

これまでに取り組んだ項目(抜粋)		実験結果等	課題等
○破堤拡幅抑制工	破堤拡幅抑制工の施工	・破堤拡幅の抑制効果がある。 ・氾濫流量の低減効果がある。 - などの基本効果	・河川特性(川幅や河川勾配、水位等)などに応じた破堤拡幅の抑制効果、氾濫流量の低減効果の検証。 ・作業を行う手順の検討
○締切工			
基本事項	被害軽減効果	・氾濫流量の低減効果がある。 ・締切開口幅と氾濫流量は一価の関係。	・河川特性(川幅や河川勾配、水位等)などに応じた氾濫流量の低減効果の検証
	締切を進めていく位置・方向	・締切方法によって氾濫流量を効果的に低減できる可能性がある。 ・締切方法の違いによる施工の難易性がある。	・効率的な締切方法の検証 ・実際の現場施工の検証
締切作業	投入したブロックの挙動	・流速とブロック転動率の関係がわかった。 ・ブロックを連結することで転動率の限界流速が上昇	・実験では同一の実験条件でもブロックが停止、転動が混在したため、要因の検証
	ブロック投入までにかかる時間	・現地実験時にブロック投入時間がわかった。 - 異形ブロック投入安全装置: 平均4分/個 - オートフック: 平均3分/個	・迅速にブロック投入する方法等の検証 ・効果的に締め切る方法の検証 (ブロック以外の資材、クレーン以外の機材等)

今後、取り組む内容

- ・河川特性等の条件を変えた模型実験を行い、締切作業や被害軽減効果等を検討 など

地域の防災力の向上

水防技術講習会

出水時に水防活動が円滑に実施されるよう一層の技術力向上と伝承を図ることを目的として実施。H27年度は千代田実験に併せて流れのある実験水路において実施。

千代田実験における帯広建設業協会との連携(訓練)

破堤した堤防を締め切るような、高流速の流れにブロックを投入することは、災害時以外に経験する機会が無い。H27年度の千代田実験においてブロック投入訓練を実施。

今後も実験水路を活用した訓練等を検討する。

H27年度 水防技術講習会(帯広開発建設部)の様子

- ・日付:平成27年8月6日
- ・場所:十勝川千代田実験水路

木流工実習



シート張り工実習



地元高校生、管内自治体の防災担当者、消防団、災害協定会社など約120名が参加

帯広建設業協会によるブロック投入状況(訓練)

- ・日付:平成27年6月25日
- ・場所:十勝川千代田実験水路



全5回の各実験で地元建設会社が参加

2016/03/22

平成27年度 第10回十勝川千代田実験水路等アドバイザー委員会

資料2

平成27年度 千代田実験水路現地実験結果

- 0. 実験概要 (P1-5)
- 1. 実験結果(ブロック転動) (P6-36)
- 2. 実験結果(横断締切) (P37-45)
- 3. まとめ(P46-47)

国土交通省 北海道開発局
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所

0. 実験概要

0. 実験スケジュール（昨年度の委員会・検討会資料に加筆修正）

年度	縮尺模型実験(S=1/20)	千代田現地実験
H24年度	H25年度現地実験に向けた模型実験 ・対策工開始位置、ブロック配置方法、数量の検討	破堤拡幅抑制工実験
H25年度	H26年度現地実験に向けた模型実験 ・H25現地実験結果を踏まえて実施	現地実験(破堤拡幅抑制工実験) ・H24模型実験結果を踏まえて実験条件を設定 ・堤内側へのブロック設置により破堤拡幅が抑制されることを確認
H26年度	H27年度現地実験に向けた模型実験 ・ブロック転動及び締切工の実験条件を検討	現地実験(破堤拡幅抑制工実験) ・H25模型・現地実験結果を踏まえて、 <u>より厳しい流況の条件及びより少数のブロックでの抑制実験を実施</u> ・せめ工や締切工に関する知見を得る
H27年度	H28年度現地実験に向けた ・締切工実験の条件を検討 荒締切に関する基礎的な実験 →資料2（一連実験） （越水～破堤～抑制～欠口～荒締切～せめ工）	現地実験(ブロック転動基礎実験・締切工実験)→本資料 ・締切工の工法確立に向けて、まず投入するブロック転動に関する知見を得る ・災害復旧に関して、技術力向上や経験を確保するための訓練としてせめ工実験を実施 ・締切工の施工方法や課題を検証
H28年度	荒締切・せめ工実験	現地実験(縦断堤・移動床によるブロック転動基礎実験・締切工実験) ・局所洗掘箇所でのブロック転動に関する知見を得る ・災害復旧に関して、技術力向上や経験を確保するための訓練としてせめ工実験を実施 ・実際のせめ工時の施工方法や課題を検証

0. 実験の必要性（昨年度の委員会・検討会資料に加筆修正）

実験の目的

被災現場に応じたブロック投入条件の判断基準となる目安を構築

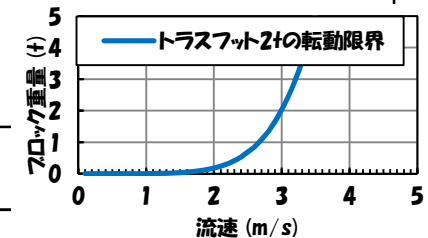
～投入箇所の判断→締切作業時間の短縮効率化→浸水被害の軽減につながることを期待

技術的課題

- ① 被災現場において、流水中に投入したブロックが流出するなど、効率的な投入方法が不明
- ② どの程度の縮尺であれば実現象（縮尺1/1）と相似があるか不明
- ③ 締切施工上の課題（投入ペースなど）、締切に伴う河床・流速変化が不明

実験の内容

- ① 様々な流速下の水中へブロックを投入し、ブロックの挙動特性を把握
- ② 現地実験で縮尺1/1・1/5、模型実験で縮尺1/20・1/100を行い縮尺効果の検証
- ③ 破堤開口部を想定して重機を用いたブロック投入による締切を行い現象を把握



ブロック転動限界流速理論値は静止状態（護岸の力学設計法より）

千代田実験の意義

- ① これまで、ブロックの移動限界実験は、施設規模の制約により、限られた範囲（レイノルズ数 10^4 オーダー）で行われており、実スケール規模では未検証
- ② 実河道はレイノルズ数 $10^5 \sim 10^6$ 程度であることを踏まえると、千代田実験水路（レイノルズ数 10^5 オーダー以上）では、これまで実験が行われていない範囲での適切な検証が可能
- ③ 流れのある中で実災害時でも使用が想定される重機を用いた締切作業による検証が可能

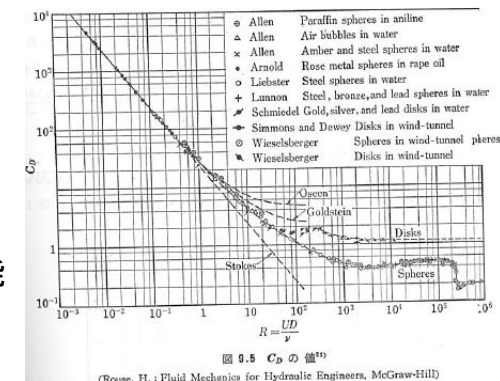


図 9.5 C_D の値¹⁹⁾
(Rouse, H.: Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, McGraw-Hill)

0. 実験概要

A. ブロック転動実験(縮尺1/1) ～6/25・7/6・7/16

通水流量40～60m³/s(流速2.3～2.9m/s)

2tブロックを投入し転動状況の観測

Q=100m³/s(流速3.7m/s)を予定していたが、十勝川本川流量少なく実施できず

B. ブロック転動実験(縮尺1/5) ～7/28

通水流量3～20m³/s(流速1.0～1.6m/s)

2tブロック(縮尺1/5)を投入し転動状況の観測

- ・ブロック転動実験(縮尺1/20・1/100) ～H26年度
つくばにある縮尺模型実験水路で実施
(昨年度の検討会で報告)

C. 実験水路断縮切実験(縮尺1/1) ～8/6

通水流量20m³/s

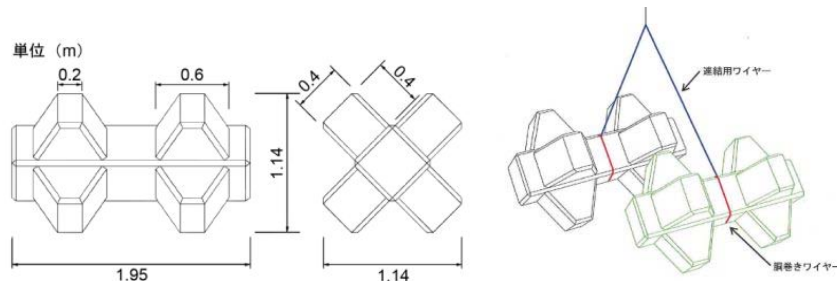
実験水路(下幅8m)を横断方向にブロックのみで締切



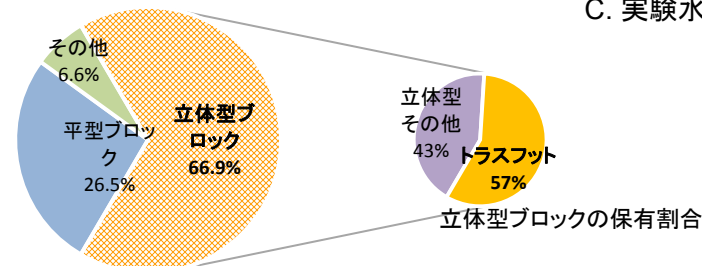
A. ブロック転動実験の様子



C. 実験水路横断締切実験



トラスフット2t型 ～単体(左)と連結(右)のイメージ

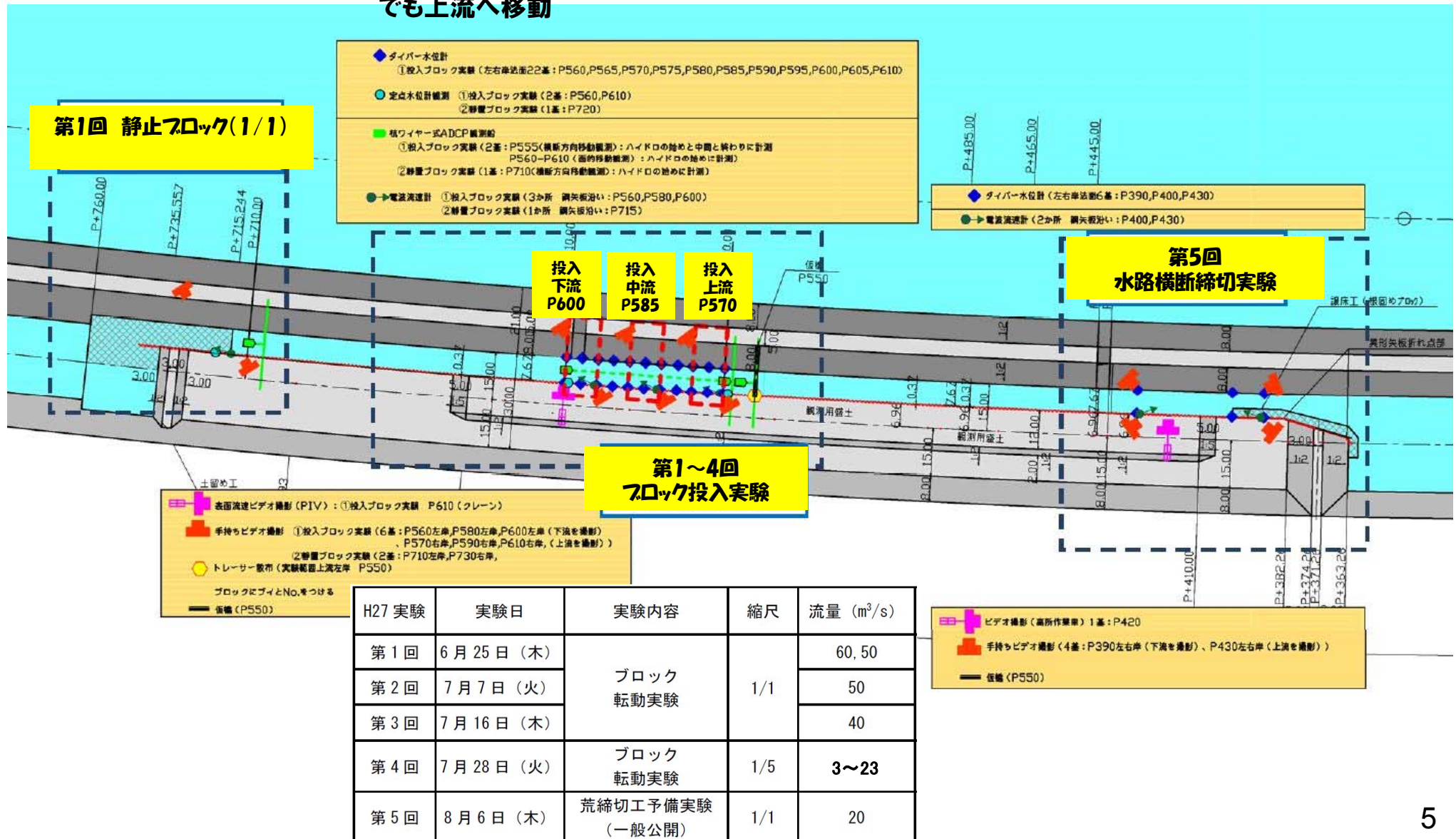


北海道開発局の水防備蓄資材ブロックの保有割合

0. 実験実施概要

ブロック投入実験(縮尺1/1)
 ブロック投入は下・中・上流の3地点
 各地点最大3等を目安に下流から
 ブロック停止が確認された場合は3投未満
 でも上流へ移動

ブロック投入実験(縮尺1/5)
 上流の1地点で横断方向に移動しながら投入

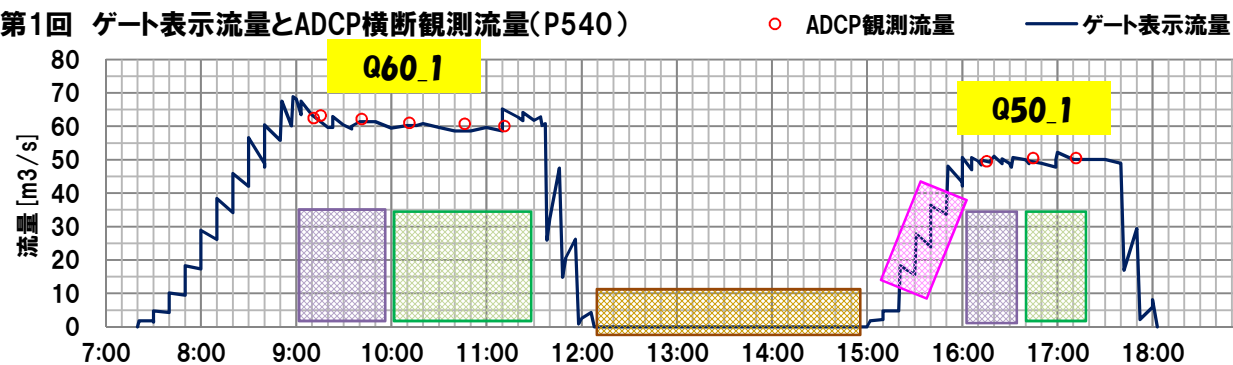


1. 実験結果(ブロック転動)

- A. ブロック転動(縮尺1/1)
- B. ブロック転動(縮尺1/5)
- C. ブロック転動(縮尺1/20・1/100)
- D. ブロック転動のまとめ

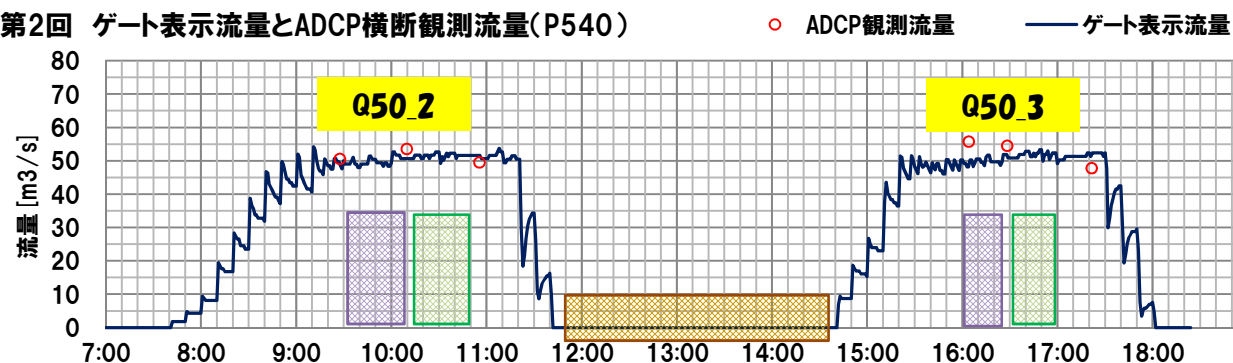
1-A-1. 実施概況

第1回 ゲート表示流量とADCP横断観測流量(P540)



ブロック投入区間において、投入の前にADCP観測船を用いて、縦断観測を実施（河床形状・流速分布の把握）

第2回 ゲート表示流量とADCP横断観測流量(P540)

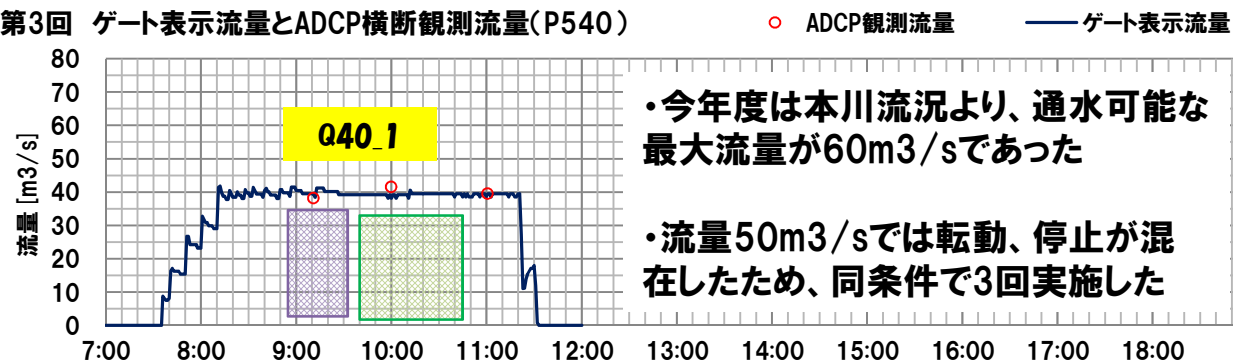


ブロック投入時間帯



午前中に投入したブロックの撤去、および目視により、重機等による簡易河床整形

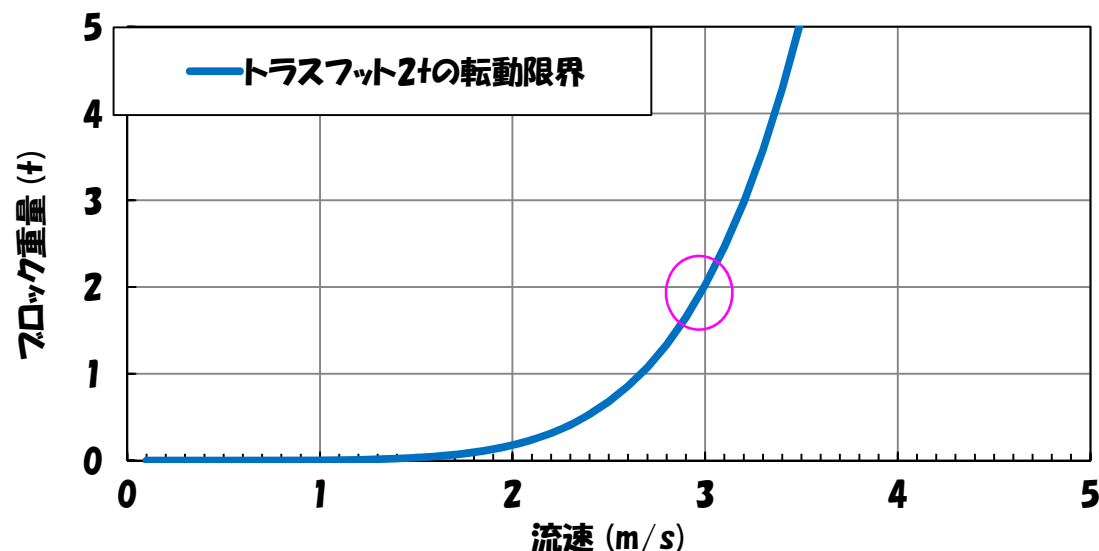
第3回 ゲート表示流量とADCP横断観測流量(P540)



静止ブロックの転動実験

1-A-2. 静止ブロックの転動～転動限界の目安

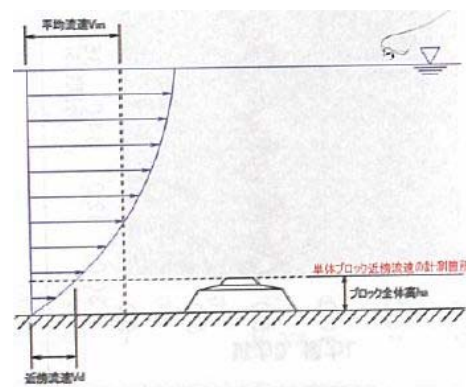
静止状態のトラスフット2tの転動限界流速の目安は3.0m/s
(護岸の力学設計法より)



$$W > a \left(\frac{\rho_w}{\rho_b - \rho_w} \right)^3 \cdot \frac{\rho_b}{g^2} \cdot \left(\frac{V_d}{\beta} \right)^6 \dots (5.28)$$

ここでW;ブロック重量、α;ブロック毎の係数、 ρ_w ;水密度、 ρ_b ;ブロック密度、g;重力加速度、 V_d ;ブロック上端部で評価する設計流速、 β ;群体時の割引係数

護岸の力学設計法より

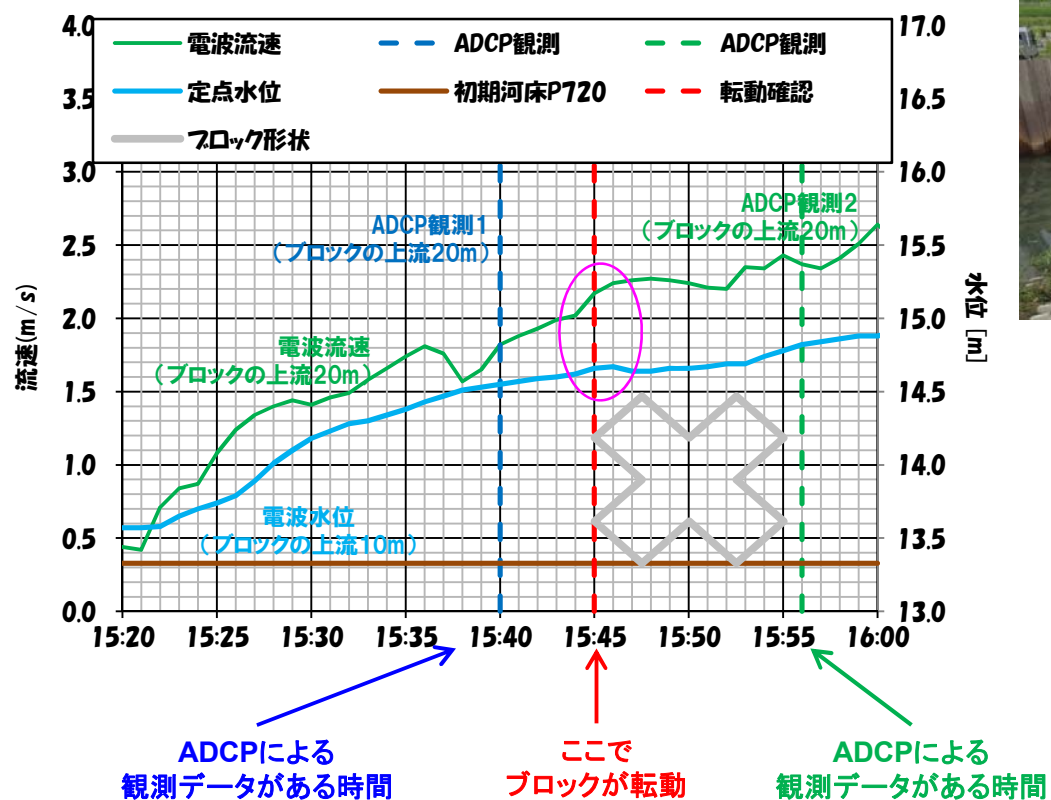


(1) 単体ブロック試験

単体ブロックの設計流速(ブロック全体高の流速で評価)
～護岸ブロック水理特性試験法マニュアルより

今回の実験結果について、トラスフット天端高(h=1.14m)を参考とする(○2tブロックなので、転動限界の目安流速は3m/s)

1-A-2. 静止ブロックの転動～実験結果

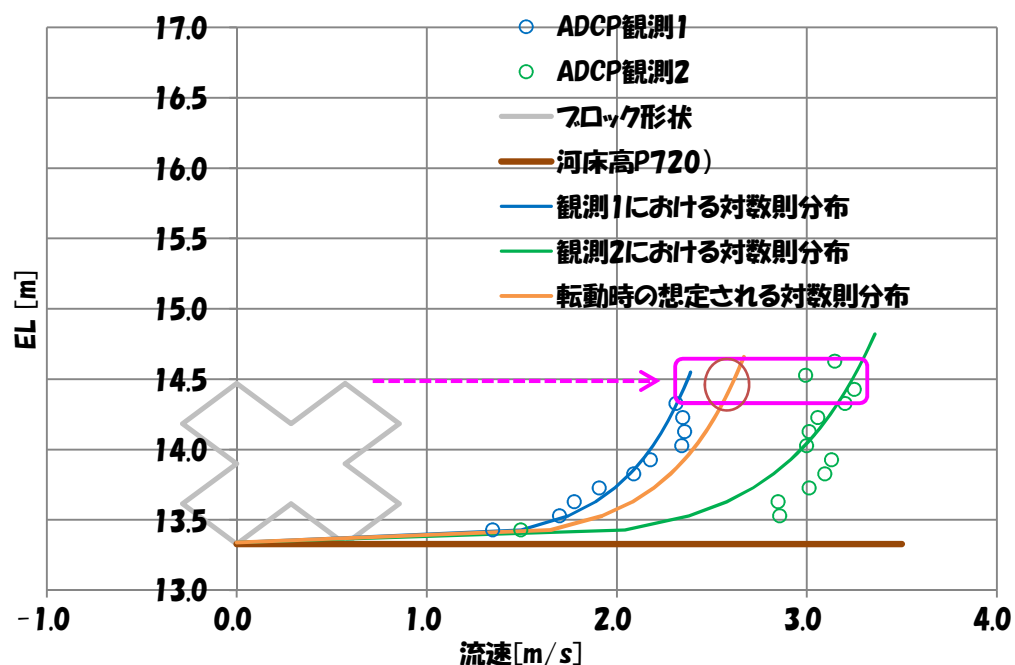


ブロック転動時の表面流速と水位を示す
ADCP観測は転動の前後のみ

なお各観測地点とブロックの設置位置は
最大で20m離れている



1-A-2. 静止ブロックの転動～転動時の流速推定



観測結果よりブロック転動時の天端流速は
2.4m/s～3.2m/s程度と考えられる()

観測結果と対数分布則は概ね一致していることから、
参考までにブロック転動時における対数則分布を示す

これによるとブロック天端で2.6m/s程度と推定()

1-A-3. 投入ブロックの転動～ブロック投入の状況

投入実験の様子(Q60_1)～動画ではQ60_1の中流3投を抜粋



寒地土研
平井上席撮影

1-A-4. 基礎的な平均水理諸量等

	Qo	h	R	u	Iw	Fr	n	φ	Re
	m3/s	m	m	m/s	1/				
Q60_1	61.6	2.44	1.60	2.35	279	0.48	0.035	9.88	3E+06
Q50_1	50.2	2.16	1.47	2.25	399	0.49	0.029	11.84	3E+06
Q50_2	51.3	2.08	1.42	2.23	288	0.49	0.033	10.12	3E+06
Q50_3	52.8	2.13	1.45	2.25	300	0.49	0.033	10.36	3E+06
Q40_1	39.8	1.85	1.30	2.09	201	0.49	0.040	8.27	2E+06

10⁶オーダー

	dm	s	u*	u*c	τ*c	τ*	R/d	Re*
	m		m/s	m/s				
Q60_1	0.018	1.62	0.24	0.12	0.05	0.20	91	4,192
Q50_1	0.018	1.62	0.19	0.12	0.05	0.13	83	3,351
Q50_2	0.019	1.62	0.22	0.12	0.05	0.16	75	4,181
Q50_3	0.019	1.62	0.22	0.12	0.05	0.16	76	4,128
Q40_1	0.017	1.64	0.25	0.12	0.05	0.24	78	4,196

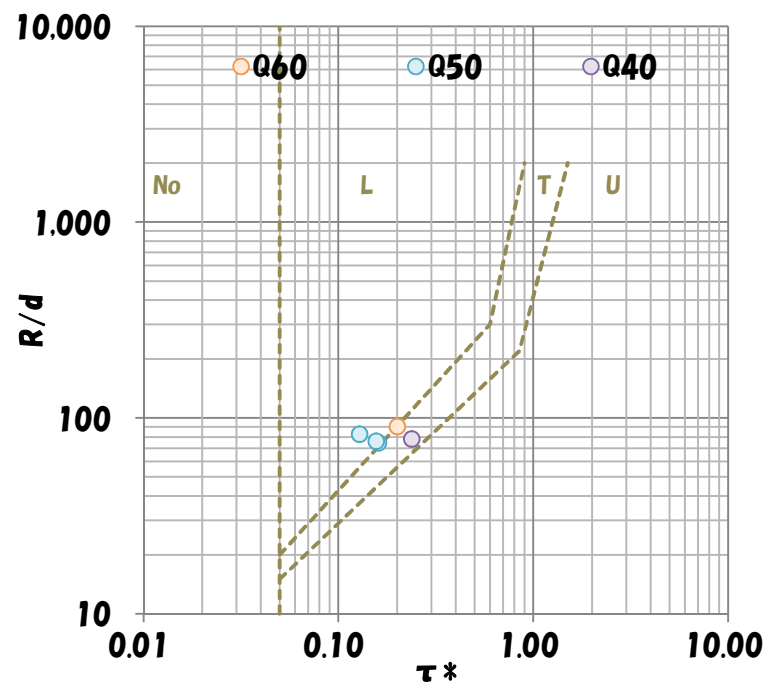
$$Re = u \cdot L / \nu$$

ここでu:流速[m/s]、L:代表長(ブロック全体高)[m]、ν:動粘性係数[m²/s]

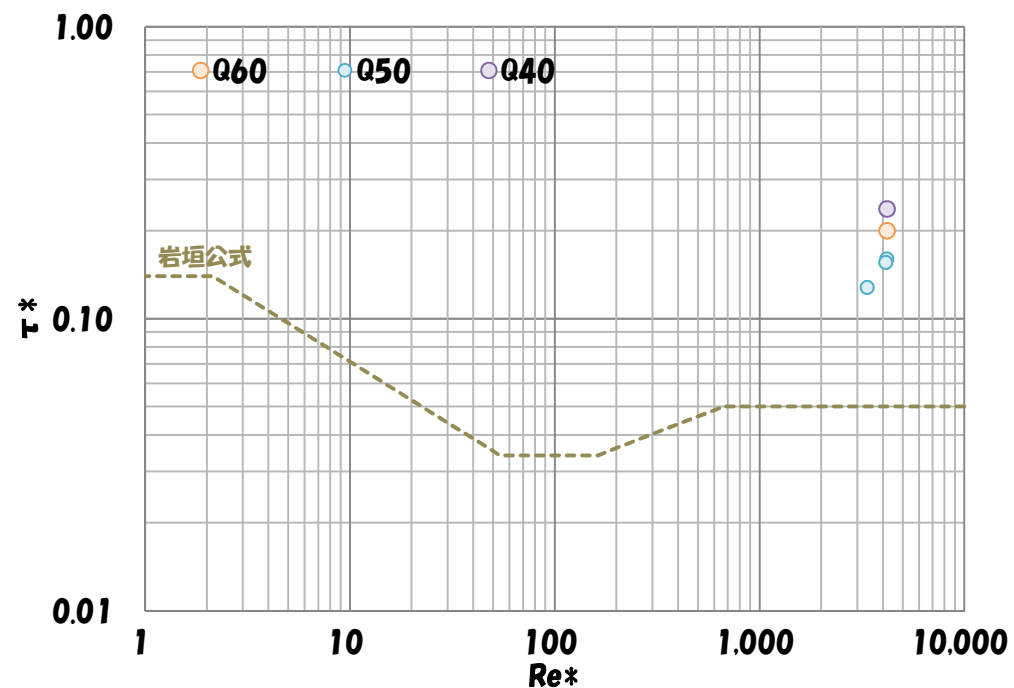
～護岸ブロックの水理特性試験法マニュアル(第2版)より

ここで	Qo	; ADCP横断観測から求めた平均流量値
		なお以降、各ハイドロ最初のADCP横断観測から最後まで平均値
	h	; 水位計観測結果から求めた投入区間の平均水深
	R	; hより算出した径深
	u	; Qoを観測断面積で除した断面平均流速
	Iw	; 水位計観測結果から求めた水面勾配
	Fr	; フルード数 $Fr = u / \sqrt{gh}$
	n	; Manningの平均流速公式より算出した粗度係数 $n = (R^{2/3} Iw^{1/2}) / u$
	u*	; 摩擦速度 $u^* = \sqrt{gRIw}$
	φ	; 流速係数 $\phi = u / u^*$
	Re	; レイノルズ数 (ここでは平均流速で算出)
	dm	; 河床材料通水前後の平均粒径
	s	; 砂粒水中比重 (通水前後の平均)
	u*c	; 限界摩擦速度
	τ*	; 無次元掃流力 $\tau^* = u^{*2} / sgd$
	τ*c	; 無次元限界掃流力
	R/d	; 径深/平均粒径
	Re*	; 粒子レイノルズ数 $Re^* = u^* d / \nu$

1-A-4. 基礎的な平均水理諸量等

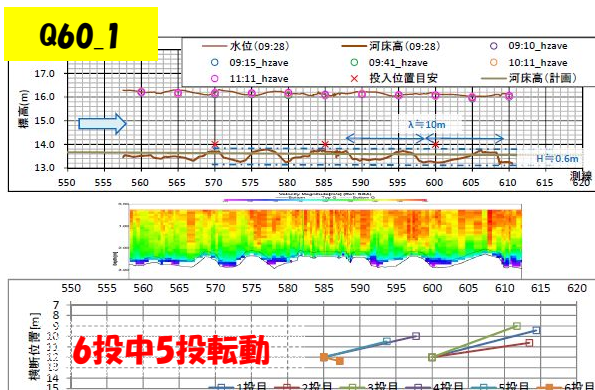


小規模河床形態の領域区分図



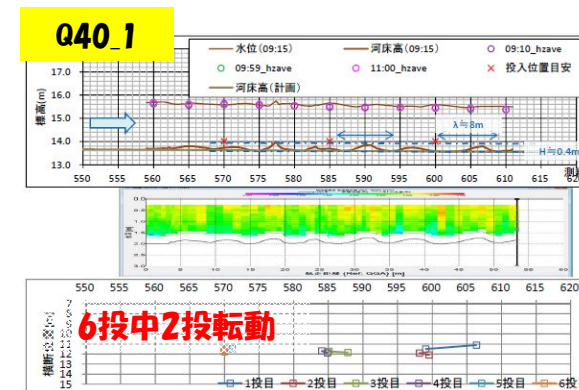
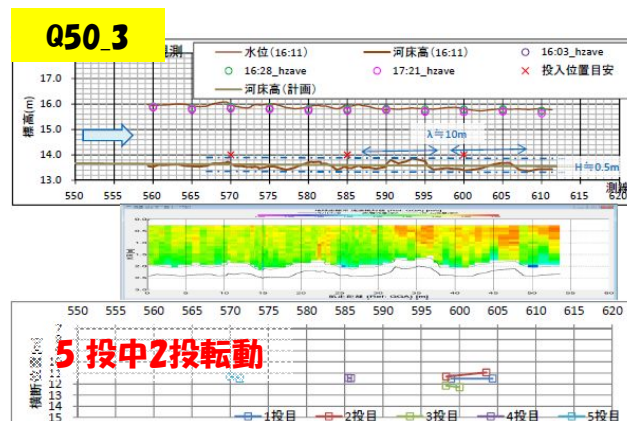
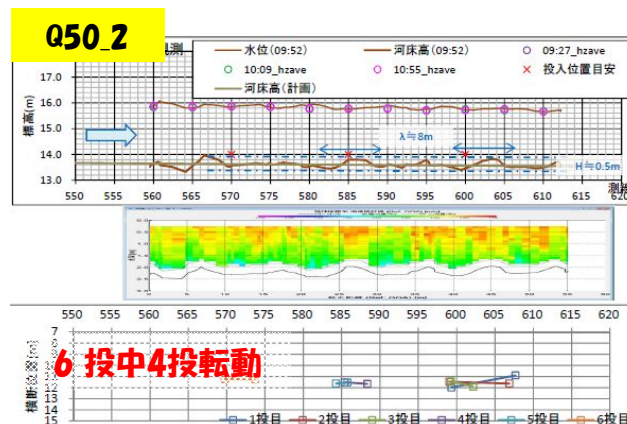
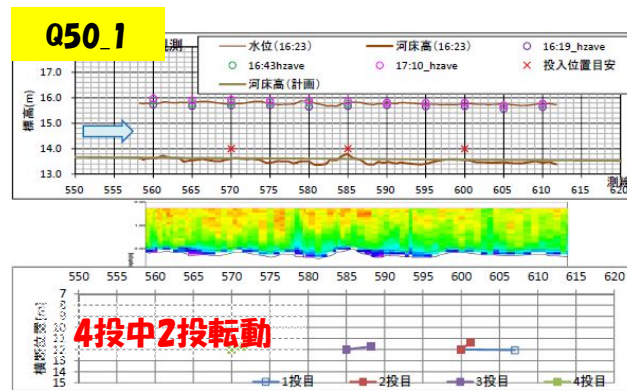
τ^* と Re^*

1-A-5. 投入ブロックの転動状況



上段: ADCP縦断観測結果の内、河床高および水面
中段: ADCP縦断観測結果の内、流速分布
下段: ブロック転動結果

ADCP観測はブロック投入前の結果(前述の■)



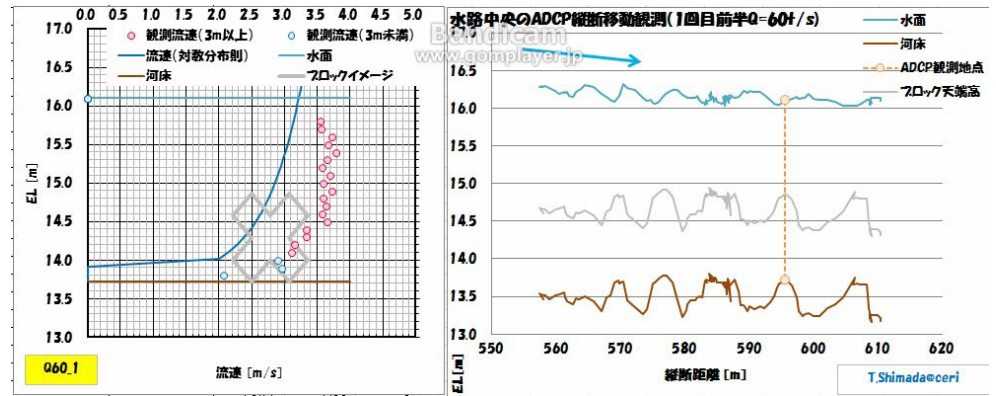
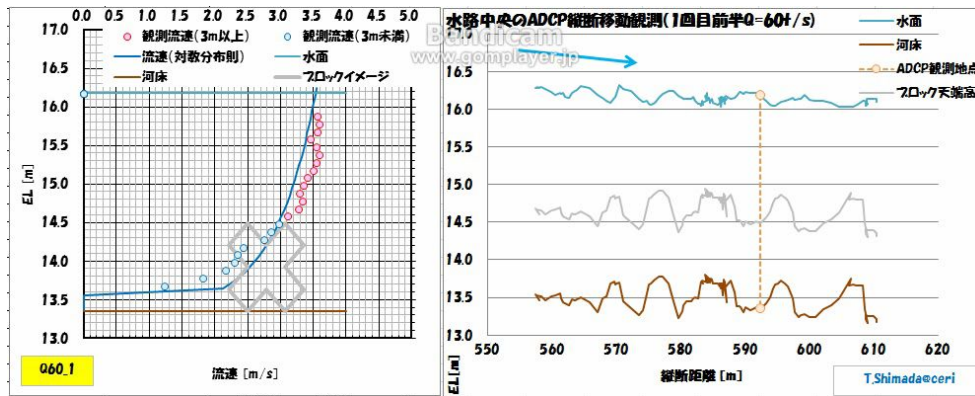
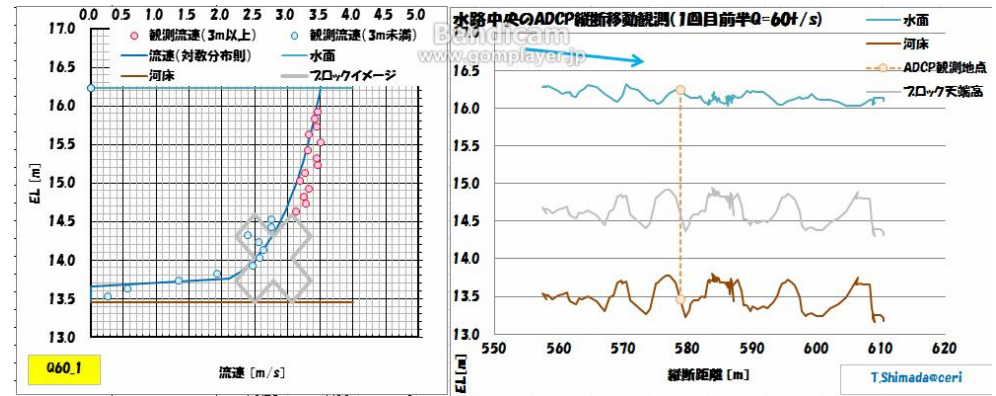
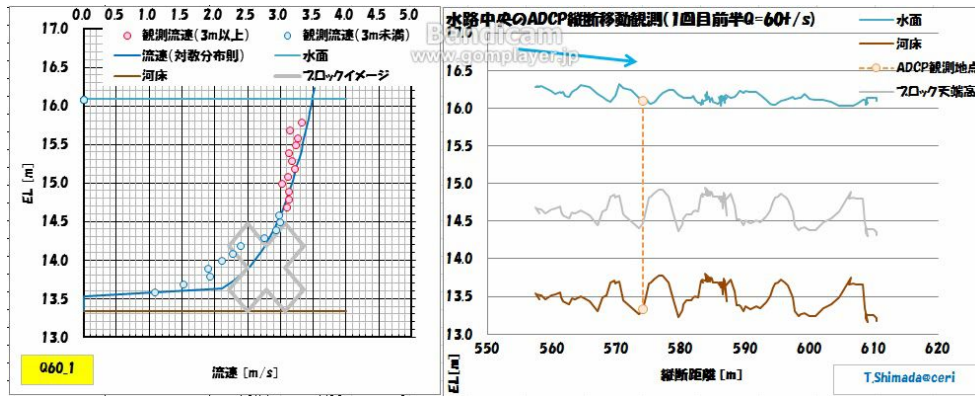
・同流量、同地点の投入であつても転動や停止が混在

・河床波の発生
・それに伴い、水深方向の流速分布が異なる

・次ページ以降、内部流況を確認
各実験条件でどういった流速が多くを占めているか確認

1-A-5. ブロック投入区間の水深方向流速分布

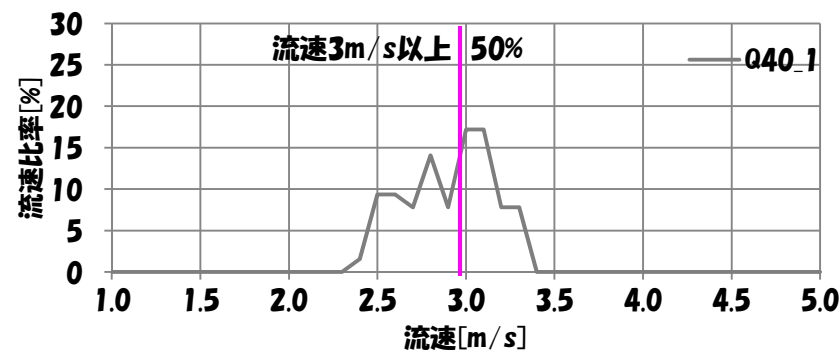
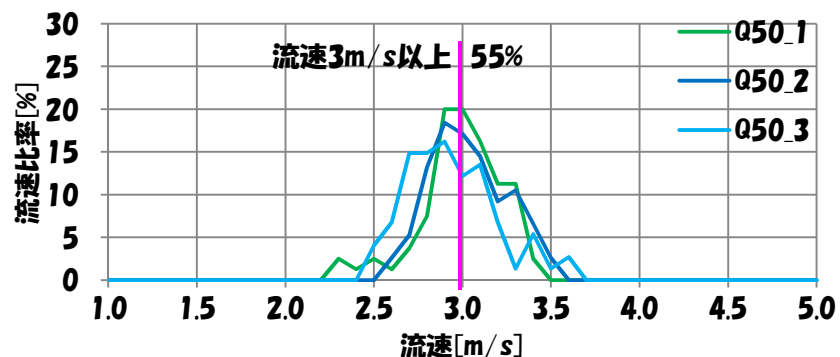
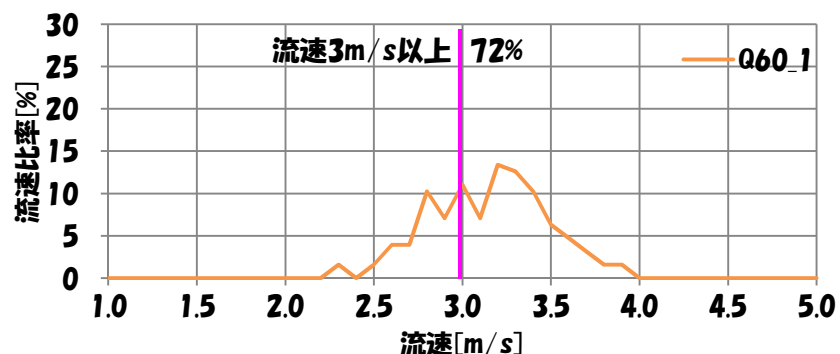
Q60.1



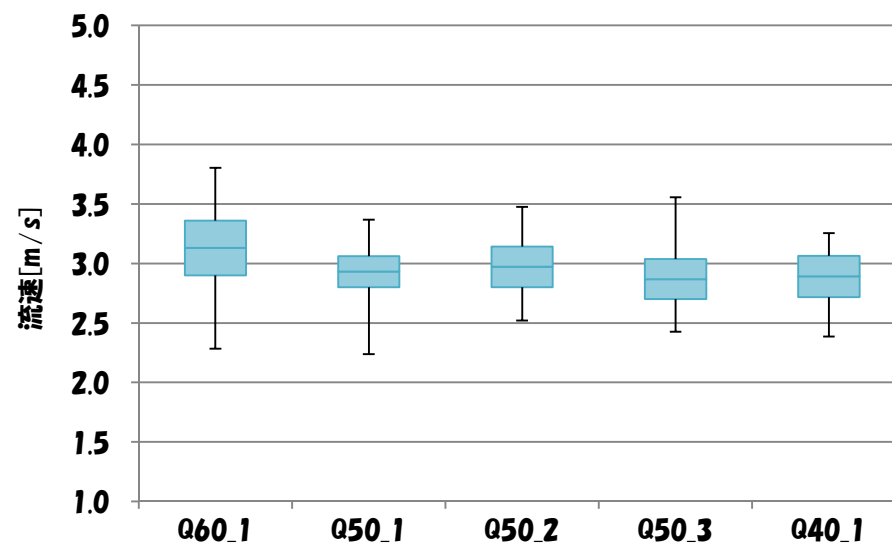
相当粗度 波高程度

1-A-5. ブロック投入区間のブロック天端高の流速

先のデータから、河床より1.14m(ブロック天端高)の流速を全て抜きだす



ブロック天端流速のヒストグラム



ブロック天端流速の箱ひげ図

P13で示した転動数は以下

Q60は5/6投 ・ Q50は8/15投 ・ Q40は2/6投

流速だけでなく河床の不陸等も考慮すると、概ね流速3m/s以上の比率と近い結果

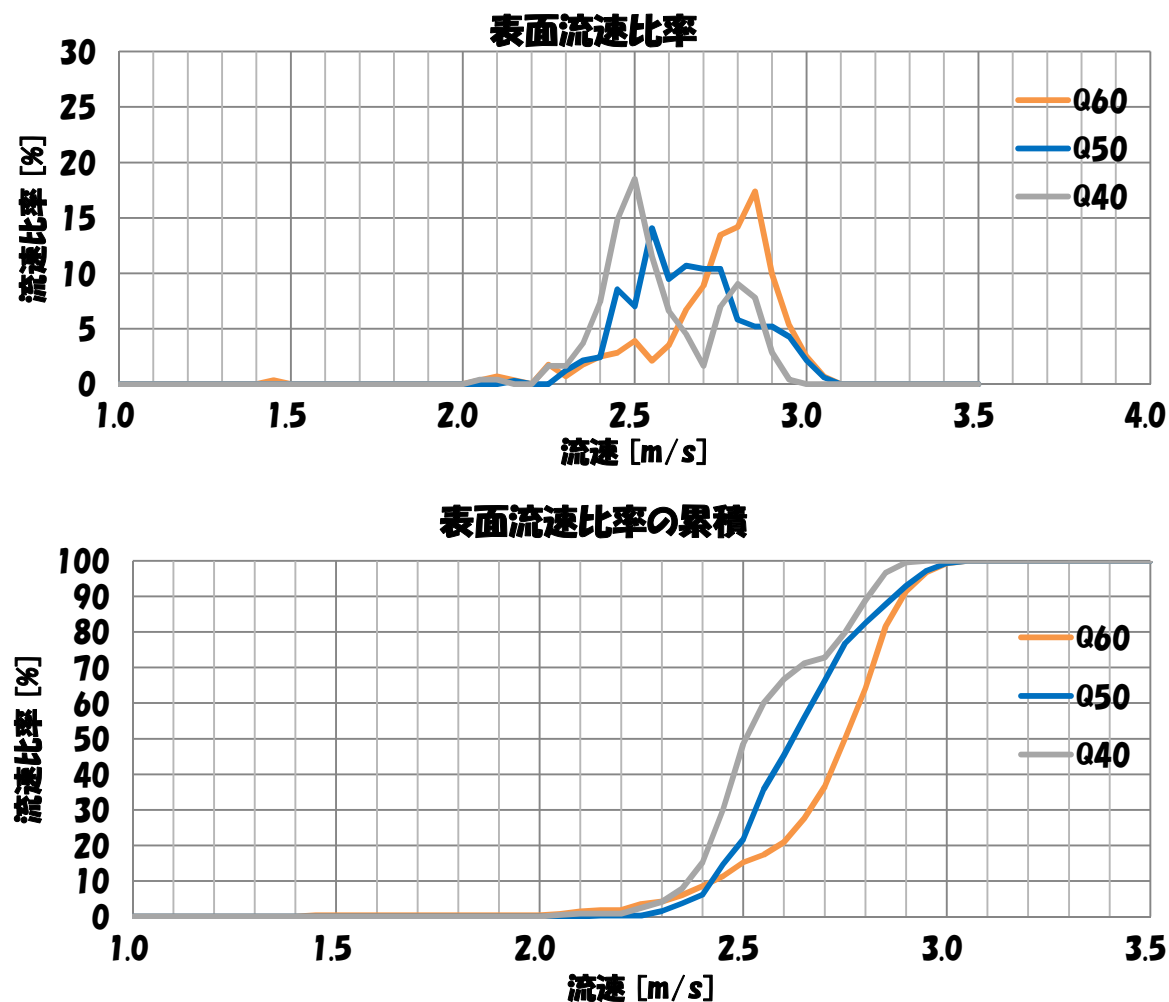
しかし実河川では内部流速は不明

そこで投入地点の表面流速データを次に示す

1-A-5. ブロック投入時間(1投目～最終投)の表面流速

全ページADCPデータは投入する数十分前から一時間以上前のデータ
投入時間・地点のデータ存在するのは表面流速と水位計

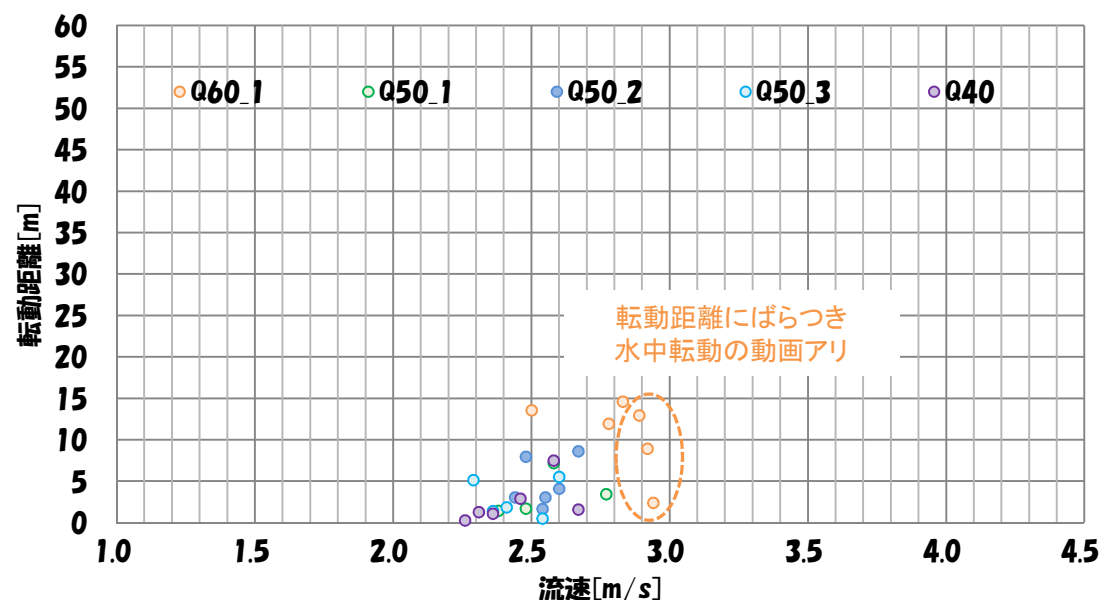
流量毎の流速分布傾向は、ブロック天端の流速分布傾向と概ね一致



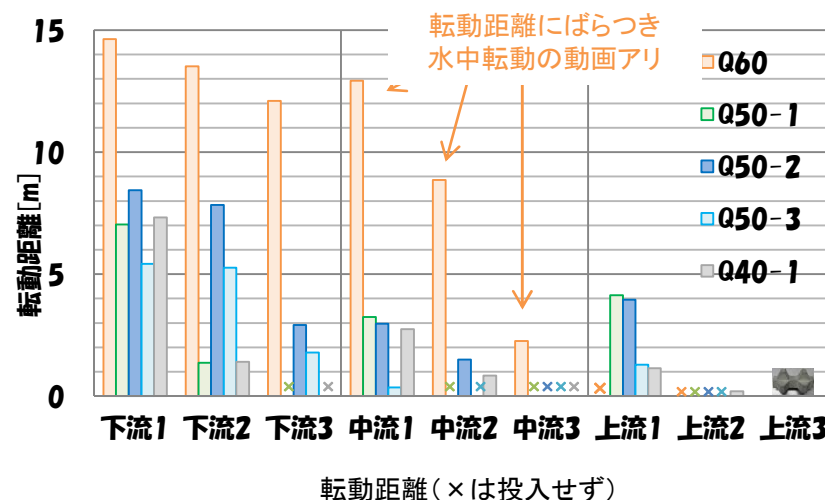
1-A-6. ブロック転動距離と表面流速との関係

先のADCPデータは投入する数十分前から一時間以上前のデータ
投入時点・地点のデータ存在するのは水位計(左右岸)と表面流速(ほぼピンポイント)
ここで表面流速と、転動距離について比較を行う

流速と転動距離(1/1のみ)



流速(表面)と転動距離の関係性



表面流速から転動・停止の判定が出来る可能性
縮尺1/5、1/20、1/100でも同様の比較を行う

1-A-6. 河床着底時の様子

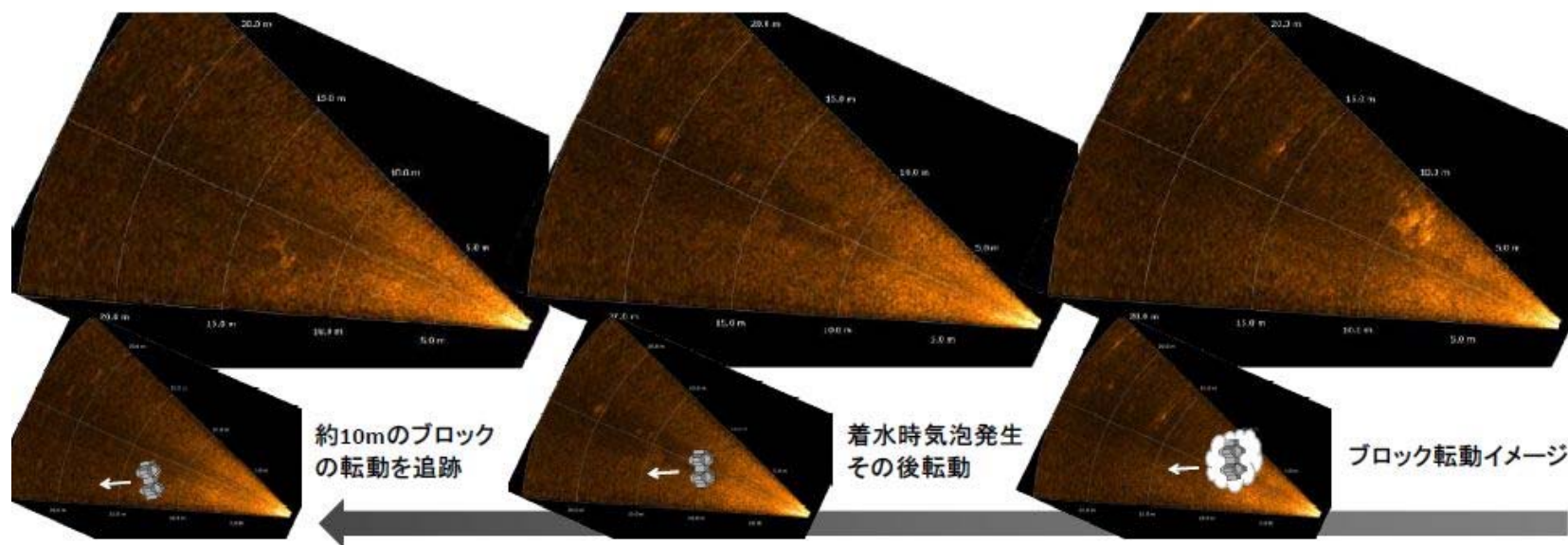
投入実験水中の様子(Q60_1・中流の3投～最初の投入動画と同じもの)



2D水中イメージングソナー

BlueView P900 2周波モデル

●発信周波数:900kHz & 2250kHz ●視野角:45° ●最大計測距離:60m/8m ●最適計測距離:2~30m/0.5~5m ●ビーム幅:1° × 20° ●ビーム数:256 ●ビーム間隔:0.18° ●分解能:2.54cm/1.02m ●最小ピング発信間隔:15Hz ●重量(空中/水中):2.72kg/0.68kg ●耐圧:300m ●寸法(L×W):21.1cm×12.7cm



ソナーから約8.0mの地点に着水し、入水時に発生した気泡が写った後にブロックが転動していく様子を確認した。最終的には16.0m程度の位置まで転動を追跡した。

着底して回転をしながら移動している状況が確認できる

3投目は2投目とほぼ同じ位置に着底。河床が乱された上に落ちたことで停止した可能性

寒地土研と(株)北開水工との共同研究

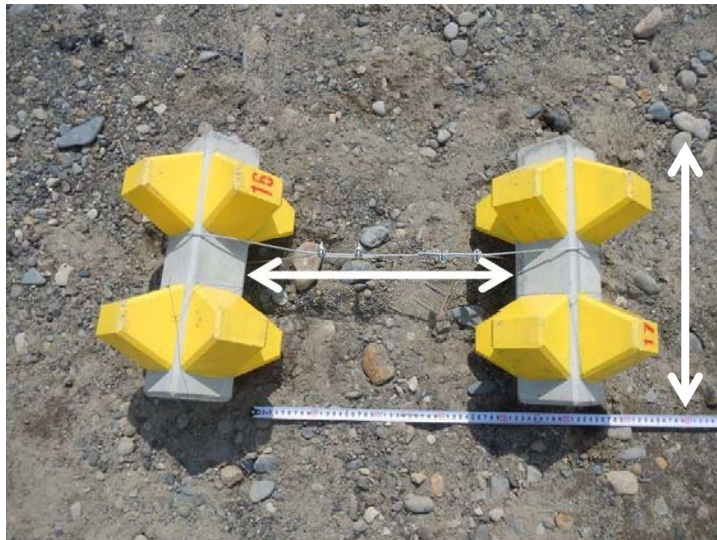
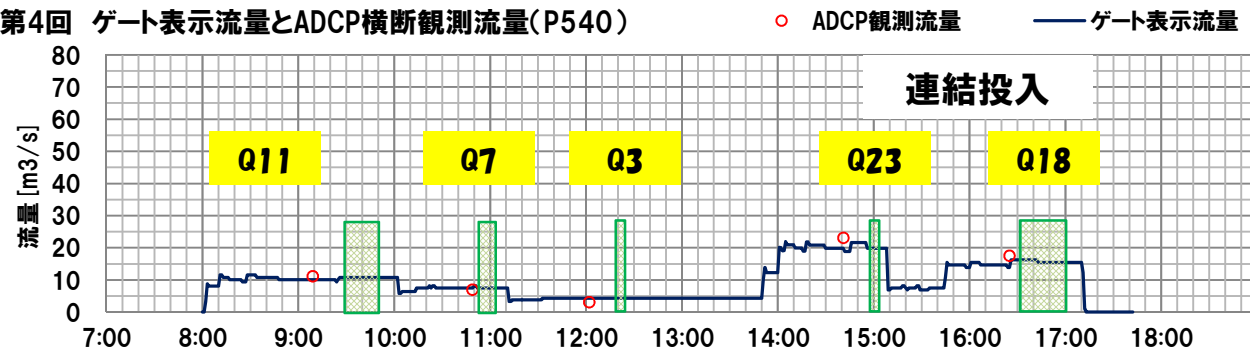
共同研究テーマ「水中ブロックの移動追跡調査技術の開発に関する研究」より

1. 実験結果(ブロック転動)

- A. ブロック転動(縮尺1/1)
- B. ブロック転動(縮尺1/5)
- C. ブロック転動(縮尺1/20・1/100)
- D. ブロック転動のまとめ

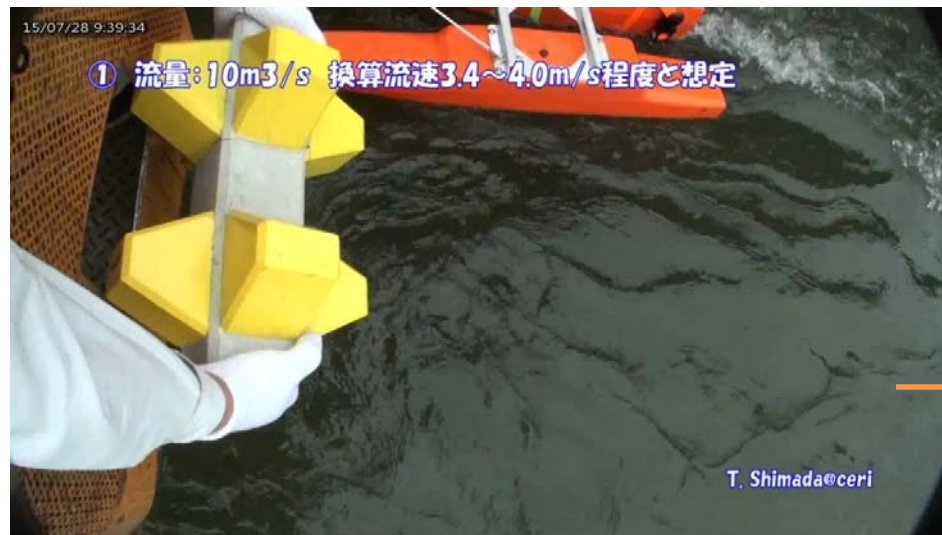
1-B-1. 転動実験の実施概要

第4回 ゲート表示流量とADCP横断観測流量(P540)



ブロック連結状況～ブロック長手距離程度を離す

1-B-2. 1/5ブロック実験の実施状況



1-B-3. 基礎的な平均水理諸量等

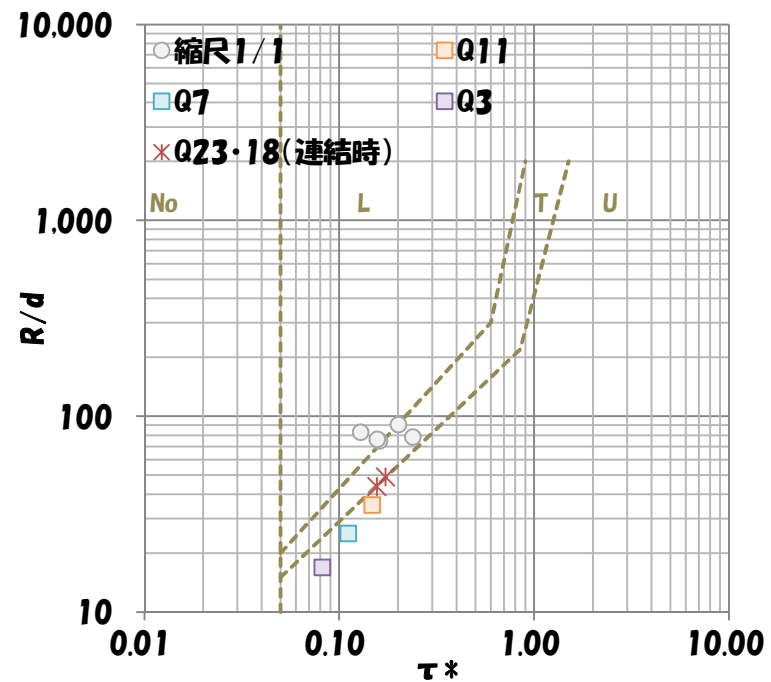
	Qo	h	R	u	Iw	Fr	n	ϕ	Re
	m ³ /s	m	m	m/s	1/				
Q11	11.2	0.78	0.65	1.57	148	0.57	0.039	7.54	4.E+05
Q7	7.0	0.53	0.47	1.34	141	0.59	0.038	7.43	3.E+05
Q3	3.1	0.34	0.31	0.96	128	0.52	0.042	6.20	2.E+05
Q23	23.1	1.17	0.91	1.88	175	0.56	0.038	8.34	4.E+05
Q18	17.5	1.01	0.81	1.89	173	0.60	0.035	8.83	4.E+05
	dm	s	u*	u*c	τ *c	τ *	R/d	Re*	
	m		m/s	m/s					
Q11	0.019	1.62	0.21	0.12	0.05	0.15	35	3,853	
Q7	0.019	1.62	0.18	0.12	0.05	0.11	25	3,338	
Q3	0.019	1.62	0.15	0.12	0.05	0.08	17	2,866	
Q23	0.019	1.62	0.23	0.12	0.05	0.17	49	4,170	
Q18	0.019	1.62	0.21	0.12	0.05	0.16	44	3,961	

10⁵オーダー

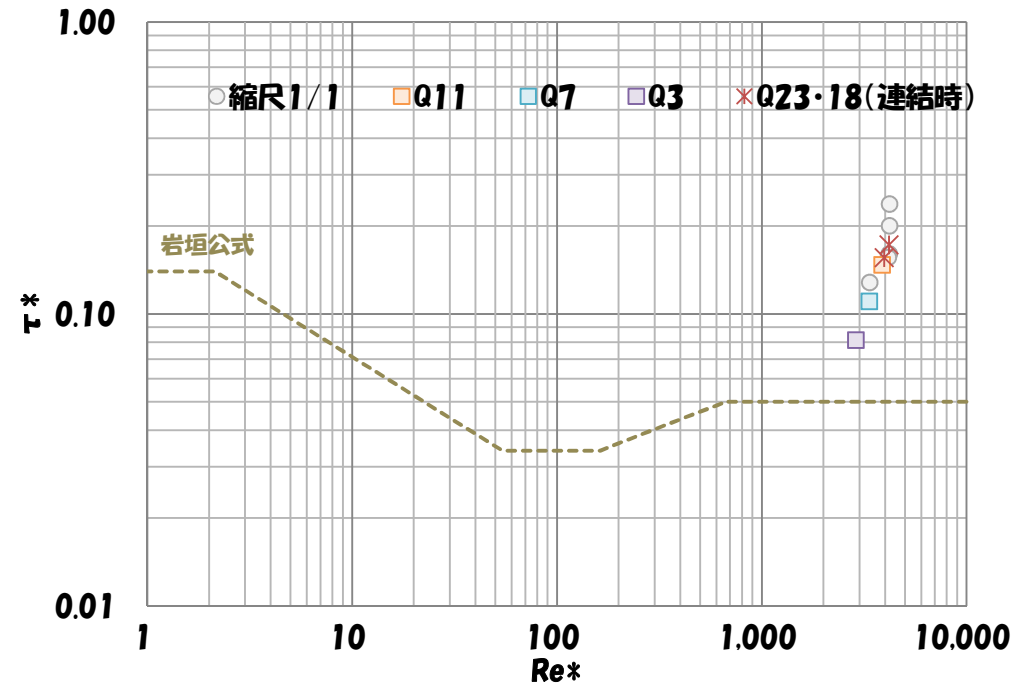
ここで	Qo	;	ADCP横断観測から求めた平均流量値
		;	なお以降、各ハイドロ最初のADCP横断観測から最後まで平均値
	h	;	水位計観測結果から求めた投入区間の平均水深
	R	;	hより算出した径深
	u	;	Qoを観測断面積で除した断面平均流速
	Iw	;	水位計観測結果から求めた水面勾配
	Fr	;	フルード数 $Fr=u/\sqrt{gh}$
	n	;	Manningの平均流速公式より算出した粗度係数 $n=(R^{2/3}Iw^{1/2})/u$
	u*	;	摩擦速度 $u^*=\sqrt{gRIw}$
	ϕ	;	流速係数 $\phi=u/u^*$
	Re	;	レイノルズ数（ここでは平均流速で算出）
	dm	;	河床材料通水前後の平均粒径
	s	;	砂粒水中比重（通水前後の平均）
	u*c	;	限界摩擦速度
	τ *	;	無次元掃流力 $\tau^*=u^{*2}/sgd$
	τ *c	;	無次元限界掃流力
	R/d	;	径深/平均粒径
	Re*	;	粒子レイノルズ数 $Re^*=u^* d/v$

Q23と18は連結投入

1-B-3. 基礎的な平均水理諸量等



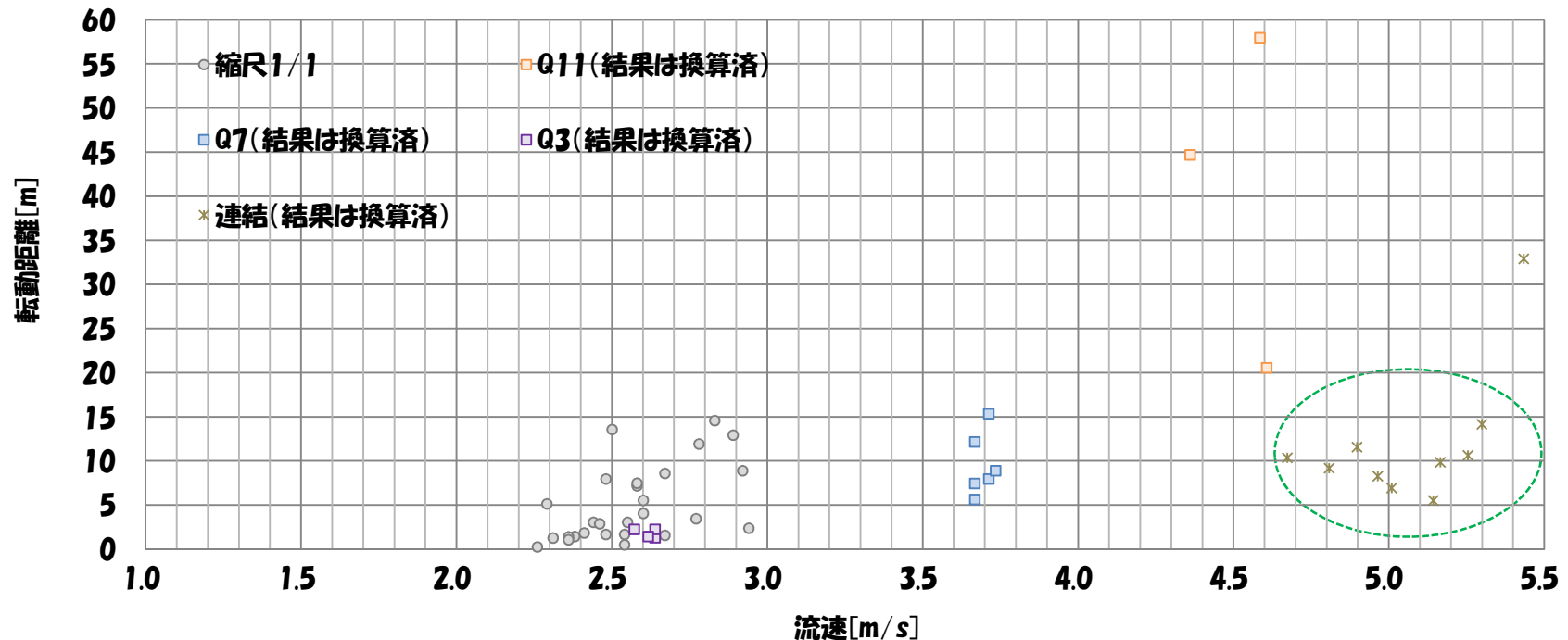
小規模河床形態の領域区分図



τ^* と Re^*

1-B-4. ブロック転動距離と表面流速との関係

流速と転動距離(縮尺1/1に1/5を追加)



縮尺1/1と1/5の単体を比較

河床形状等によりばらつきはあるが、概ね傾向は一致している

○連結することで単体よりも停止しやすくなっており、連結の有効性が確認できる

1. 実験結果(ブロック転動)

- A. ブロック転動(縮尺1/1)
- B. ブロック転動(縮尺1/5)
- C. ブロック転動(縮尺1/20・1/100)
- D. ブロック転動のまとめ

1-C-1. 1/1と1/5と1/20の実験状況の比較

縮尺1/1



縮尺1/5



縮尺1/20



1/20と1/100実験は平成26年度につくば模型実験水路で実施(昨年度の検討会で既報)

1-C-2. 基礎的な平均水理諸量等

縮尺
1/20

想定値 ↓	Qo m ³ /s	h m	R m	u m/s	Iw 1/	Fr	n	φ	Re
Q100	0.056	0.13	0.13	0.78	294	0.67	0.019	11.77	4.E+04
Q70	0.039	0.12	0.11	0.65	400	0.61	0.018	12.36	4.E+04
Q50	0.028	0.09	0.09	0.62	313	0.66	0.018	11.83	4.E+04
Q35	0.020	0.08	0.08	0.48	588	0.53	0.016	12.92	3.E+04
	dm m	s	u* m/s	u*c m/s	τ*c	τ*	R/d	Re*	
Q100	0.001	1.65	0.07	0.026	0.03	0.21	103	83	
Q70	0.001	1.65	0.05	0.026	0.03	0.14	90	66	
Q50	0.001	1.65	0.05	0.026	0.03	0.14	71	66	
Q35	0.001	1.65	0.04	0.026	0.03	0.07	65	47	

10⁴オーダー

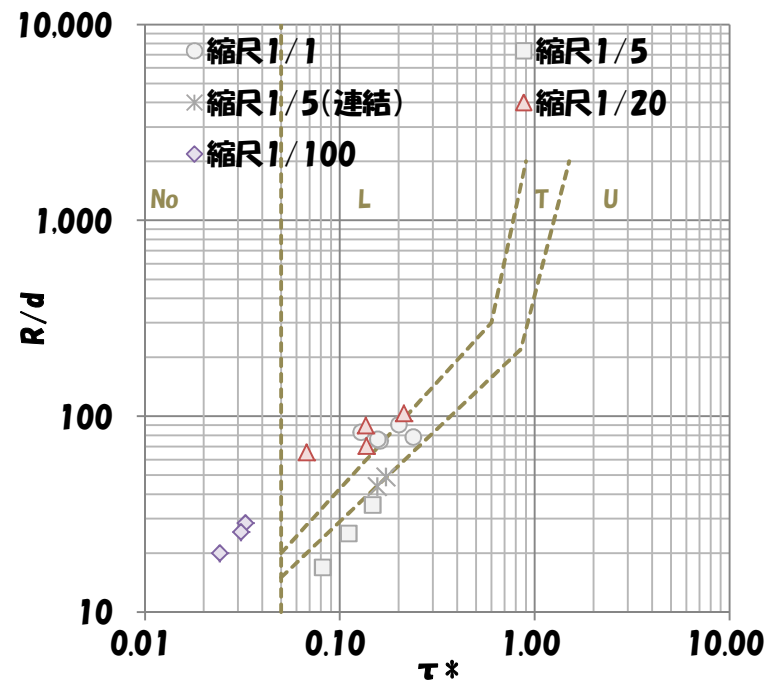
縮尺
1/100

想定値 ↓	Qo m ³ /s	h m	R m	u m/s	Iw 1/	Fr	n	φ	Re
Q15	0.008	0.036	0.036	0.53	526	0.89	0.009	20.56	6.E+03
Q12	0.007	0.033	0.032	0.48	500	0.84	0.010	18.94	5.E+03
Q7	0.004	0.025	0.025	0.36	500	0.73	0.011	16.38	4.E+03
	dm m	s	u* m/s	u*c m/s	τ*c	τ*	R/d	Re*	
Q15	0.001	1.65	0.03	0.026	0.03	0.03	28	33	
Q12	0.001	1.65	0.03	0.026	0.03	0.03	26	32	
Q7	0.001	1.65	0.02	0.026	0.03	0.02	20	28	

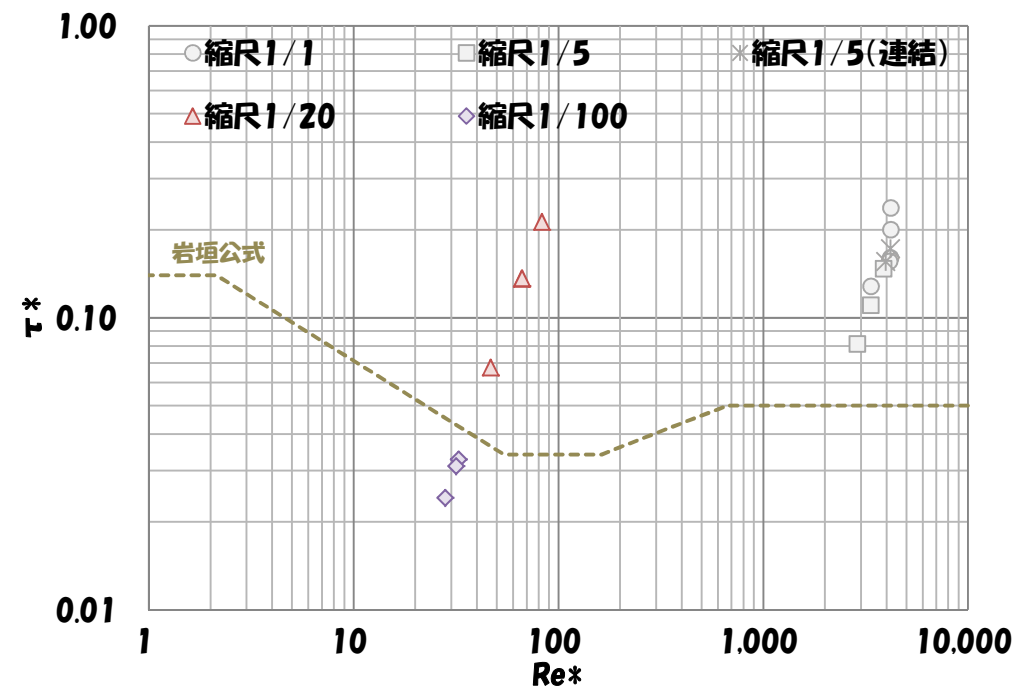
10³オーダー

ここで	Qo	;	ADCP横断観測から求めた平均流量値
			なお以降、各ハイドロ最初のADCP横断観測から最後まで平均値
	h	;	水位計観測結果から求めた投入区間の平均水深
	R	;	hより算出した径深
	u	;	Qoを観測断面積で除した断面平均流速
	Iw	;	水位計観測結果から求めた水面勾配
	Fr	;	フルード数 $Fr = u / \sqrt{gh}$
	n	;	Manningの平均流速公式より算出した粗度係数 $n = (R^{2/3} Iw^{1/2}) / u$
	u*	;	摩擦速度 $u* = \sqrt{gRIw}$
	φ	;	流速係数 $\phi = u / u*$
	Re	;	レイノルズ数（ここでは平均流速で算出）
	dm	;	河床材料通水前後の平均粒径
	s	;	砂粒水中比重（通水前後の平均）
	u*c	;	限界摩擦速度
	τ*	;	無次元掃流力 $\tau* = u^2 / sgd$
	τ*c	;	無次元限界掃流力
	R/d	;	径深/平均粒径
	Re*	;	粒子レイノルズ数 $Re* = u* d / \nu$

1-C-2. 基礎的な平均水理諸量等



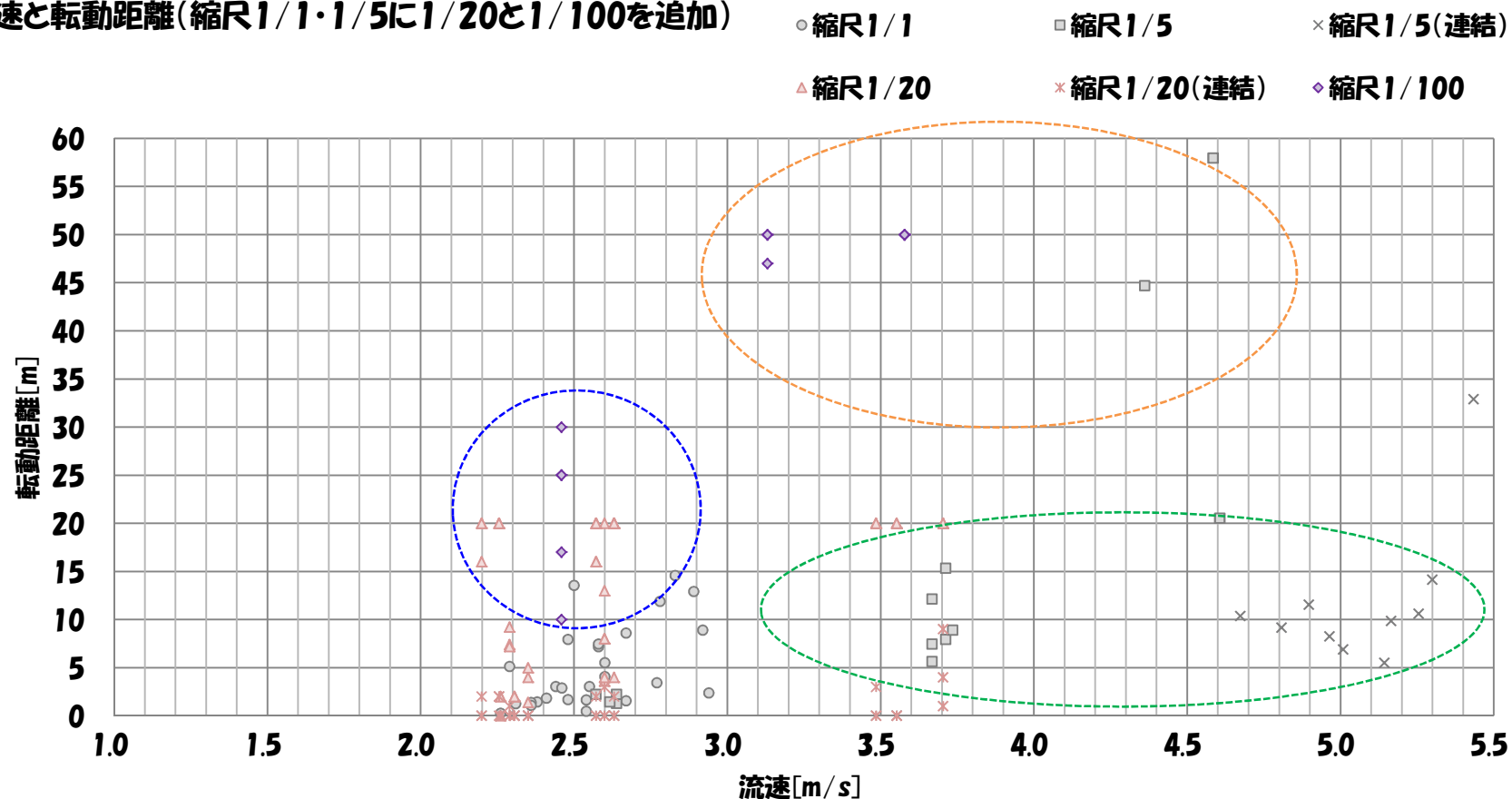
小規模河床形態の領域区分図



τ^* と Re^*

1-C-3. ブロック転動距離と表面流速との関係

流速と転動距離(縮尺1/1・1/5に1/20と1/100を追加)



- 縮尺1/20、1/100ではともに1/1と比較して特に低流速部において転動距離が長い
- 一方で流速が高くなると傾向は近くなっている
- 連結することで単体より停止しやすい傾向は1/5と同様である

1. 実験結果(ブロック転動)

- A. ブロック転動(縮尺1/1)
- B. ブロック転動(縮尺1/5)
- C. ブロック転動(縮尺1/20・1/100)
- D. ブロック転動のまとめ

1-D-1. ブロック転動実験のとりまとめ

前項までで様々な縮尺での行ったブロック転動実験の整理を行った

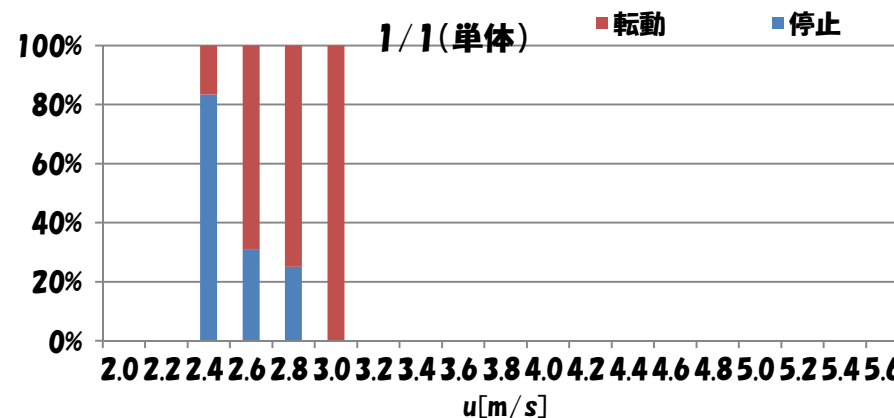
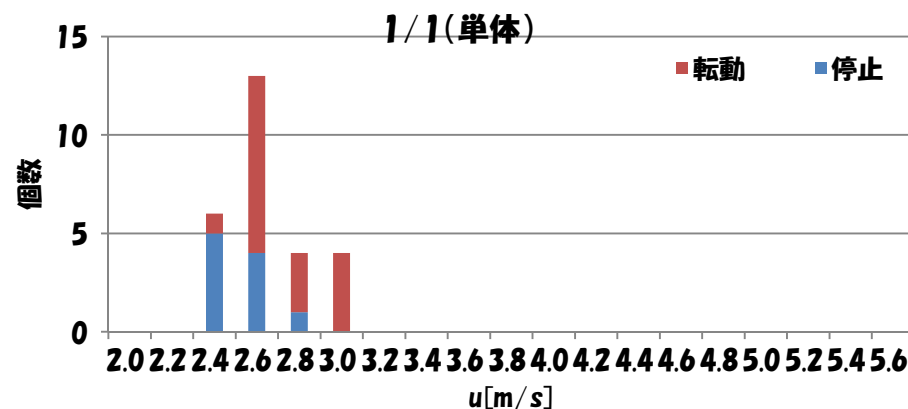
なお実災害時の現場で活用するには投入した地点にどの程度、とどまるのか、その時の流況はどの程度なのか？が重要となる

そこでここではブロックの転動率、停止率を流速ごとに行う

ブロックの転動については投入や着底姿勢により、流れによる転動だけではない

そこで投入姿勢の不確実性など考慮して、ブロックの2面分(1.14m/辺 × 2辺)の2m以下を停止として扱うことにした

1-D-2. ブロック転動・停止率(1/1)

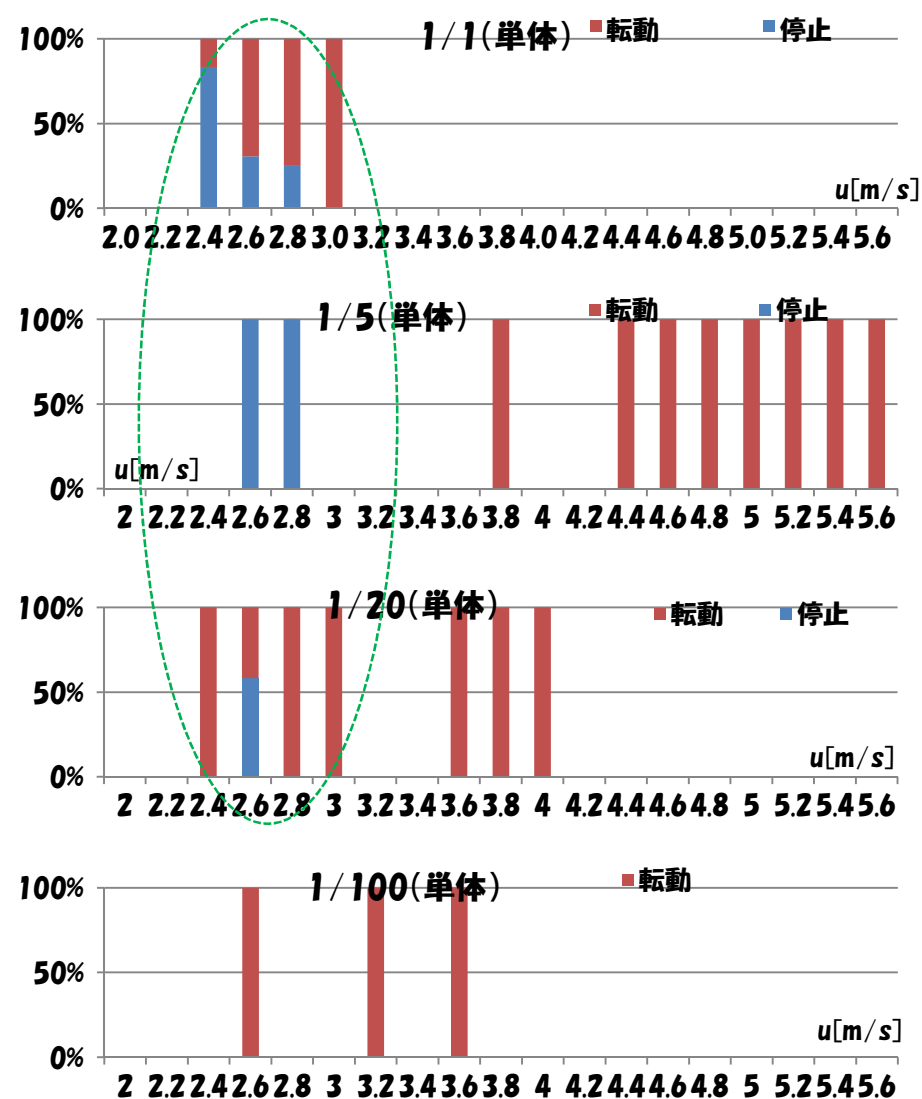
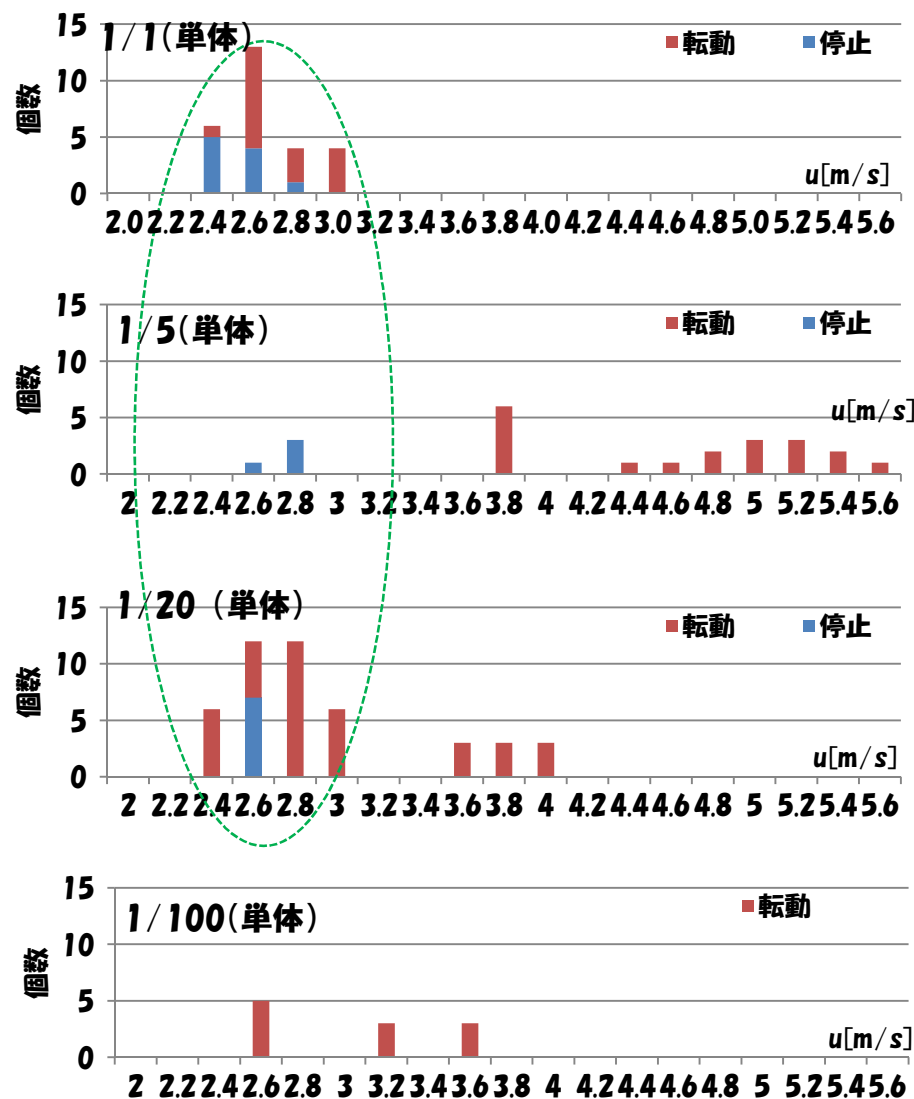


※流速 u の表記は例えば3.0m/sなら2.8～3.0m/s

流速低下とともに停止率は上がる

- 流速2.2～2.4m/s → 停止率80%
- 流速2.4～2.6m/s → 停止率30%
- 流速2.6～2.8m/s → 停止率25%
- 流速2.8m/s～ → 停止率 0%

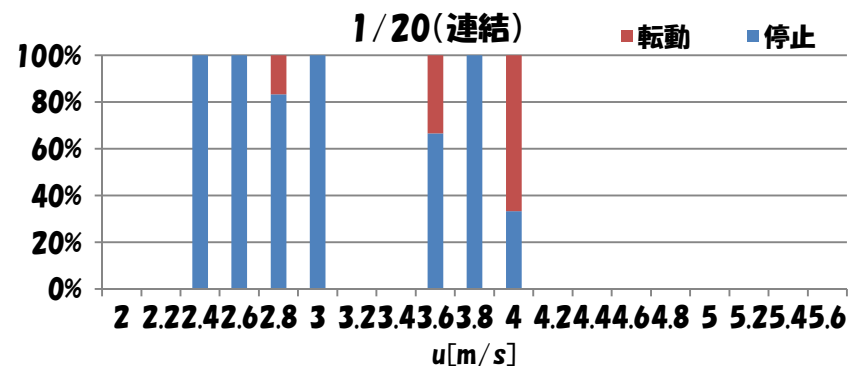
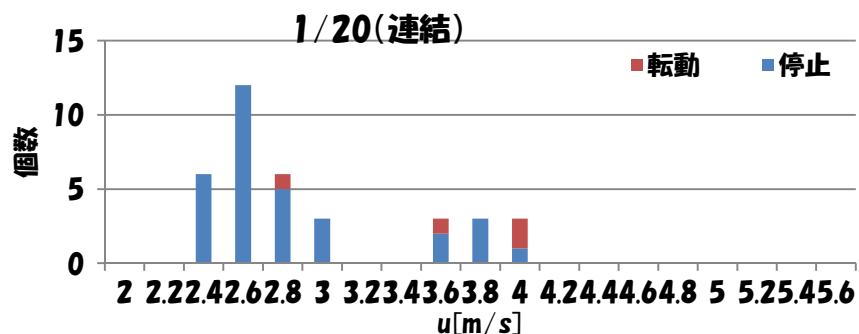
1-D-2. ブロック転動・停止率(単体全ケース)



※流速uの表記は例えば3.0m/sなら2.8~3.0m/s

○ 概ね転動の傾向は一致(縮尺1/1~1/20)

1-D-2. ブロック転動・停止率(連結)



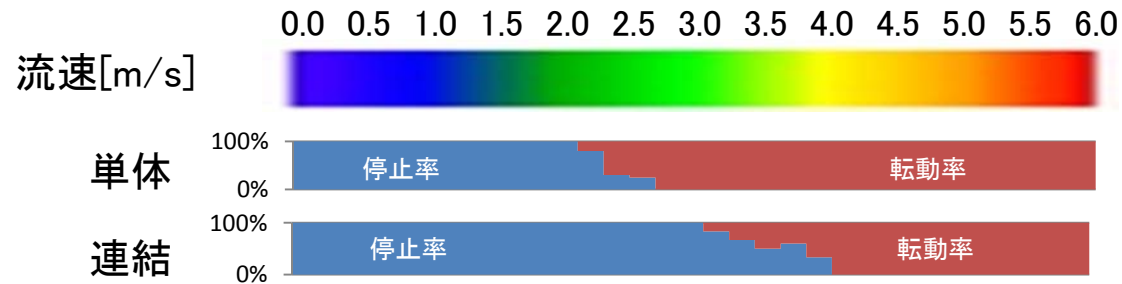
連結することにより、単体と比較して大幅に停止率は向上

一方で流速3.6m/sを超えると停止率は低下し、4.6m/s以上だと、全てが転動している

これは実災害時において、本ブロックを用いる場合は、他の場所への投入、他のブロックを準備する、などの対応が必要となる

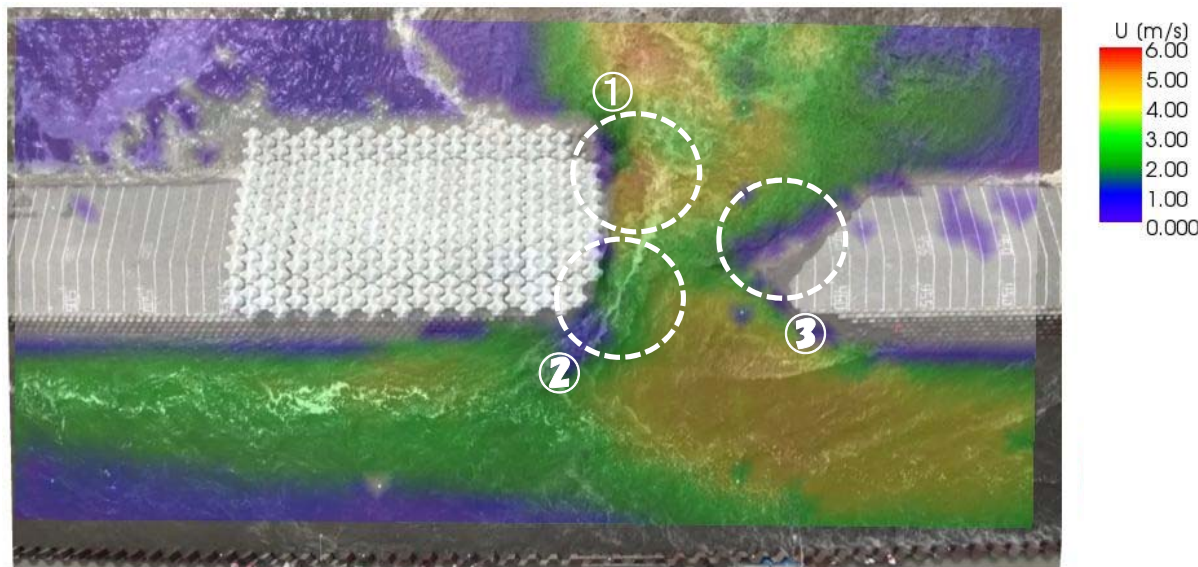
1-D-3. 現場での活用イメージ

○流速と停止率・転動率の関係



※ここでは縮尺1/1・1/5・1/20を中心に整理した

○締切の効率化に向けた作業計画イメージ



※H26千代田実験水路における破堤拡幅抑制実験の1例

ブロック手配・運搬中に現地版が簡易に表面流速を計測し、効率的な投入計画を立てておく

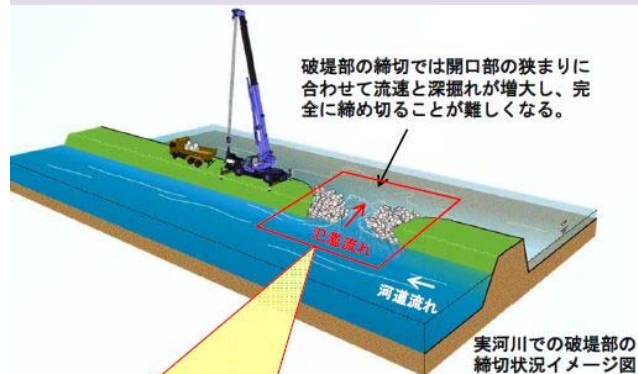
①投入は避けるべきエリア

②できれば連結を推奨、単体なら流出率が多いため、多めの個数準備し、欠口止に

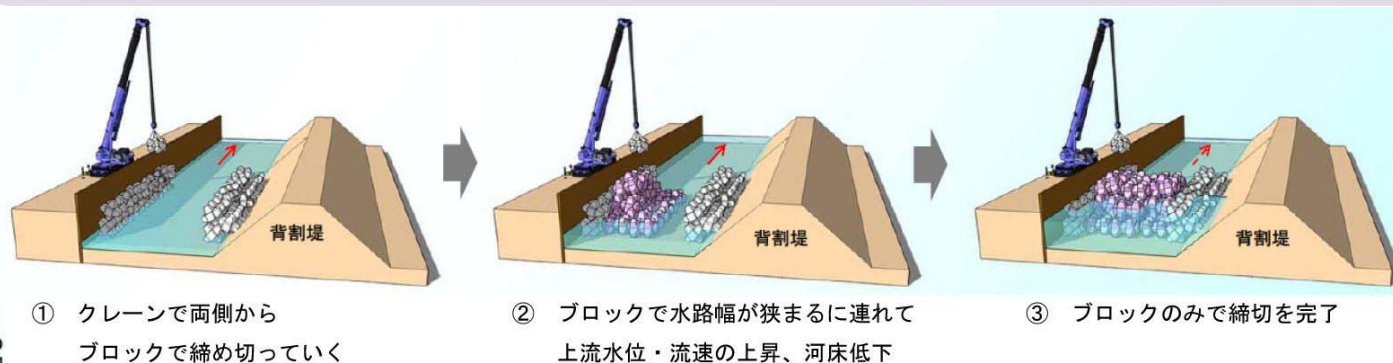
③単体でも停止が期待。ここをきっかけに締め切っていく。

2. 実験結果(横断締切)

2-1. 実験・観測概要



○平成27年度 せめ工予備実験

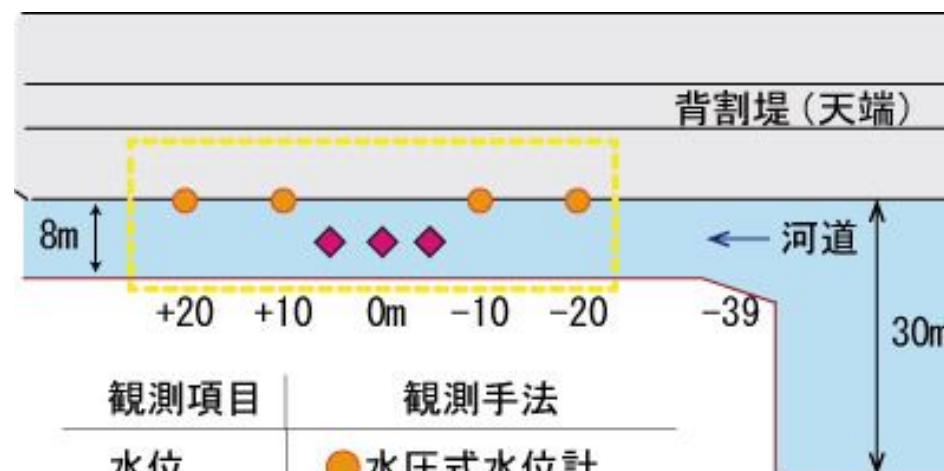


締切のうち最終段階のせめ工を想定

ブロックのみで締め切ることによる

・流速変化 ・水位変化 ・深掘状況 などの確認

観測概要



観測項目	観測手法
水位	● 水圧式水位計
平面流況	○ PIV
河床変動	◆ 加速度センサー

2-1. ブロック投入方法の比較



空中切り離し装置による投入

ブロックを所定の位置に安全・確実、且つ迅速に投入可能な空中切り離し式投入装置を開発した。開発装置は構造が単純で切り離し操作が容易な機械式とし、最大重量ブロックは8 t迄とした。また、実際の災害現場で投入装置を使用してブロック投入する際に、ブロック重量から油圧式クレーンの機種選定の基礎資料となる運用手引き（案）も作成した。

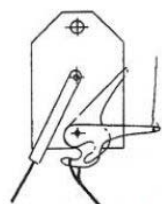
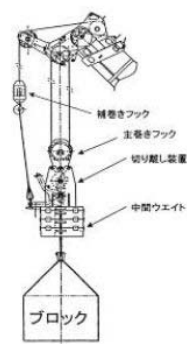
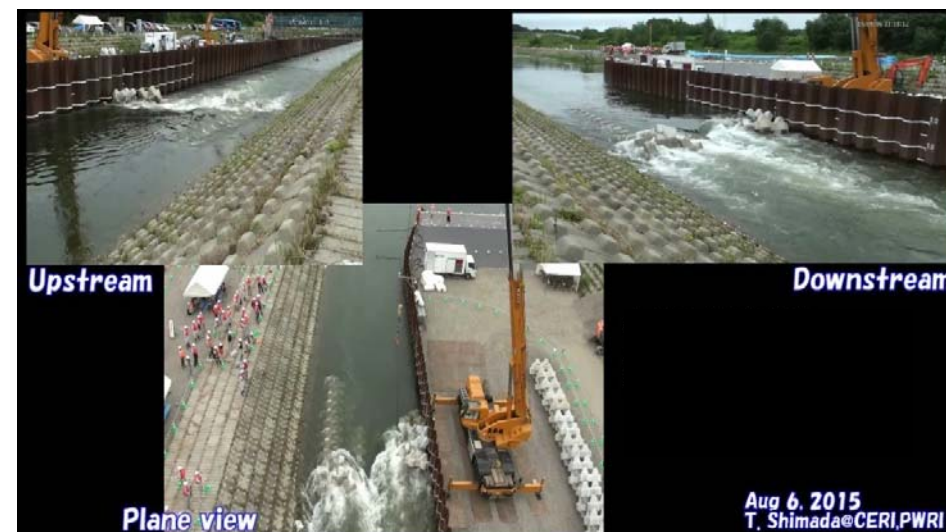


図-2 切り離し構造図

運用手引き（案）構成

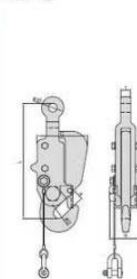
- I. 投入装置の適用範囲
- II. 投入装置の概要
- III. 移動式クレーンの選定
- IV. 投入作業
- V. 保管上の注意

国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所HPより



オートフックによる投入

オートフック PAT.®



■特長

- 吊り荷が着地すると、フックの回転により、吊りワイヤは自動的にフックから解除します。
- 空荷の時、フックが回転しないように回転防止装置が付いています。
- 小型で軽量。
- 吊り荷ワイヤを回収できます。

■用途

テトラポットやケーソン、人口漁礁、煙突、広告塔の設置作業など、フックからシャッフルをはずすのに危険を伴う作業に大きな効果があります。

規格サイズ コード	使用重量 (t)	シャッフル 径φ (mm)	寸法 (mm)							重量 (kg)	価格 (円)
			φD1	φD	A	B	C	T	L		
02	2	22	28	34	30	101	160	32	368	14	
03	3	24	32	36	30	111	168	36	379	18	
05	5	30	36	46	36	122	165	42	432	23	
06	6	38	48	56	46	145	193	54	496	37	
10	10	42	54	66	53	164	213	60	524	50	
15	15	50	64	84	65	189	240	72	600	75	
20	20	60	74	95	78	198	295	86	670	107	
25	25	65	80	103	79	213	315	96	695	135	
30	30	70	86	115	76	236	328	102	811	172	

※印は受注生産となります。※ ワイヤの角度は 5° 以内でご利用下さい。



港湾での流石ブロック設置工事
(オートフック15t使用)



吊り上げ作業
(フックに荷重がかかった状態)



吊り荷が所定の位置に着地
(負荷がなくなったため、フックは自動的に解除)

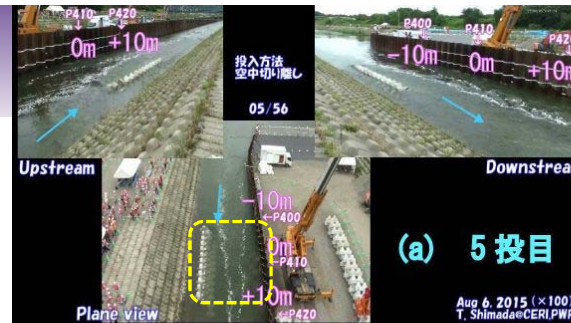


ワイヤ880mm径により吊りワイヤを回収する場
合

建設機械等カタログより(コンドーテック総合カタログNo.27-1)

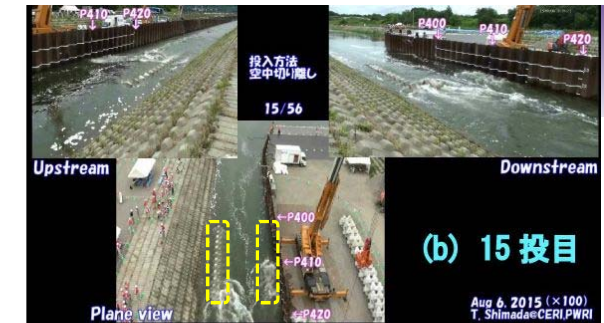
2-2. 実験状況

(a) ブロックは水面下にあり、空中切り離し装置による投入



(a) 5 投目

(b) 河道中央を流れるように、河道両側にブロックを投入

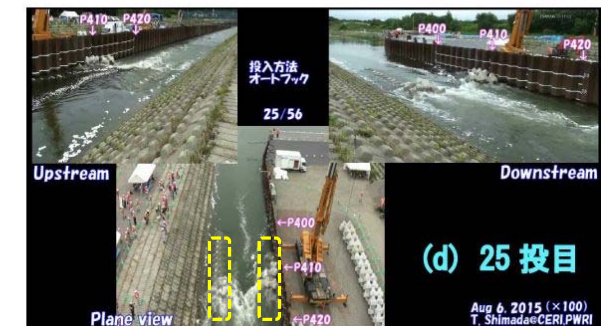


(b) 15 投目

(c) 水面にブロックが出てきたため、オートフックによる投入に切り替える



(c) 20 投目

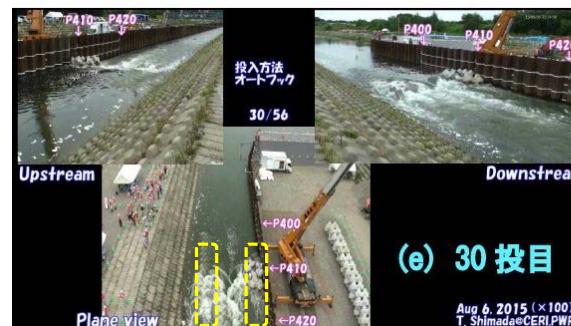


(d) 25 投目

(d) 河道中央を空けた状態で、両側にブロック投入を継続

(e) //

(f) //



(e) 30 投目



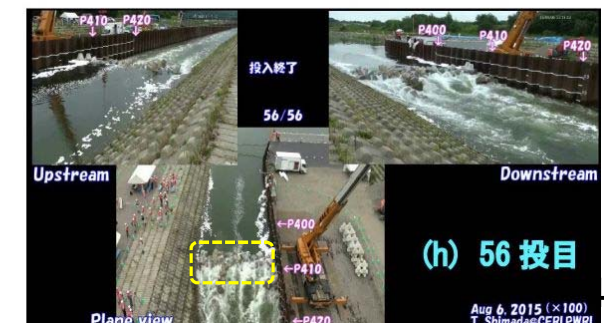
(f) 37 投目

(g) 開口幅が3.5m程度となり、最も流速も高くなる(後述)

(h) 横断方向全体に水面より上にブロックが出たため終了

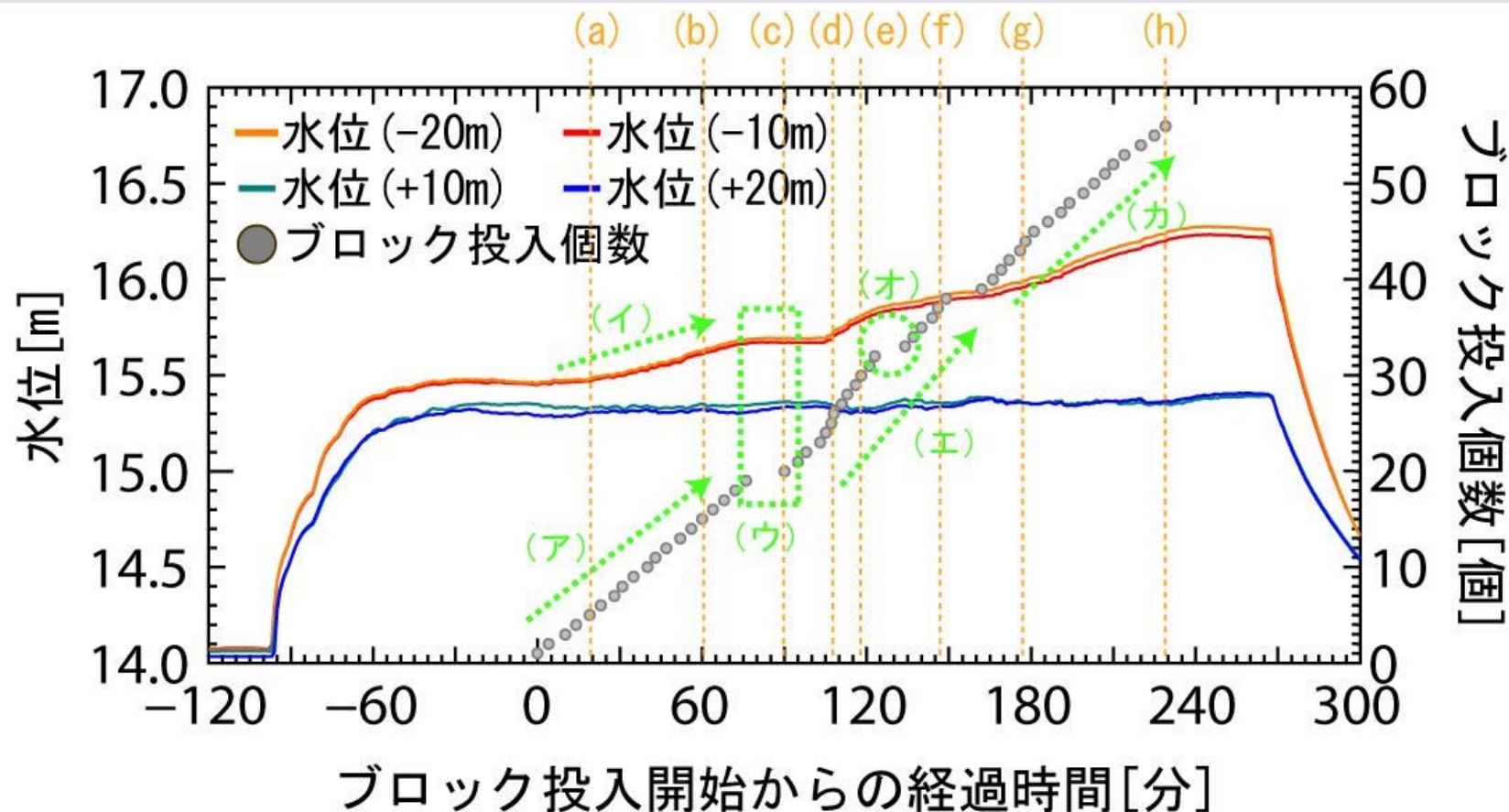


(g) 43 投目



(h) 56 投目

2-3. ブロック投入個数と水位変化



- (ア); 水面上にブロックが出ておらず、オートフックでの投入は困難であるため空中切り離し装置で投入
- (イ); ブロック投入に伴い上流の水位が徐々に上昇
- 水面上にブロックが出てきたのち、オートフックに切り替えたため、(ウ)に示すように投入間隔があいており、水位上昇も止まっている
- (エ)はオートフックによる投入。オートフックはクレーンにかかる荷重が500kg以下になるとワイヤーが外れる仕組みになっているため、吊り上げたブロックを投入済のブロックなどに着底させる必要がある。そのため水面上にブロックが出ている場所にしか投入はできない。
- なお投入間隔があいた(オ)はワイヤーがブロック間に挟まったため、その対応に要した時間である。オートフックは投入済みのブロックに着底させる必要があることから、実災害時の流れのある中での投入には注意が必要である。
- そしてオートフックを用いた投入がこれ以上は危険と判断をしたため、(カ)では再度、空中切り離しに切り替えて最後まで実験を行った。
- 流水中に投入を行う初めての実験ということでもあり、投入は慎重に行ったがブロック1投あたり3分半～4分程度のペースで投入が可能であった

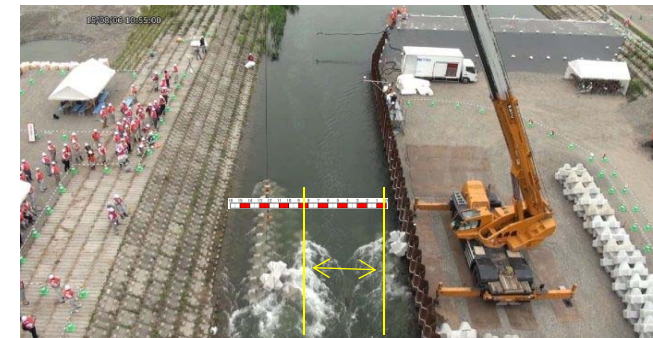
2-4. ブロック投入個数と開口部締切状況



(a) 開口幅約13.0m(5個投入)



(b) 開口幅約9.0m(15個投入)



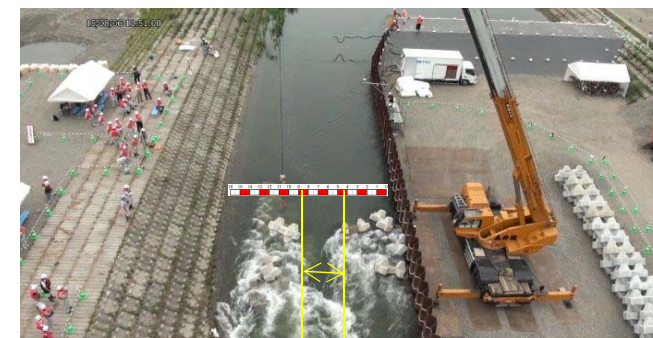
(c) 開口幅約8.0m(20個投入)



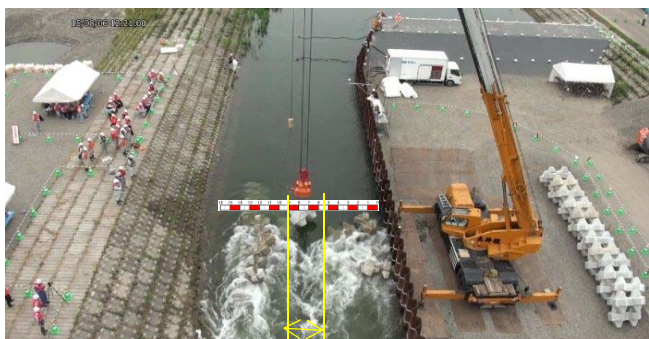
(d) 開口幅約6.5m(25個投入)



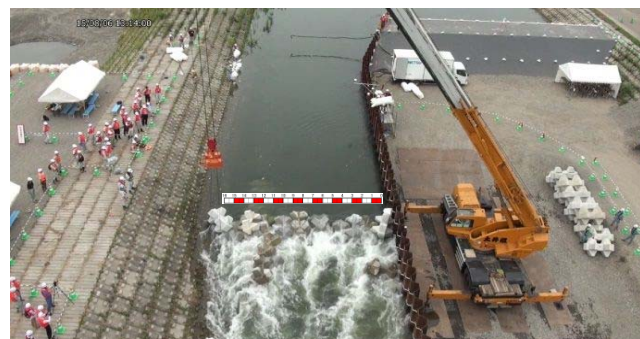
(e) 開口幅約5.5m(30個投入)



(f) 開口幅約4.0m(37個投入)

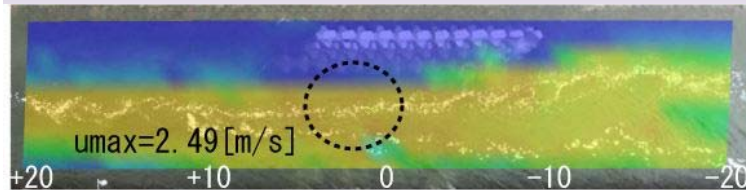


(g) 開口幅約3.5m(43個投入)

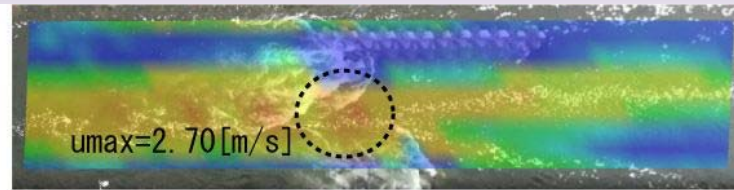


(h) 開口幅約0.0m(56個投入)

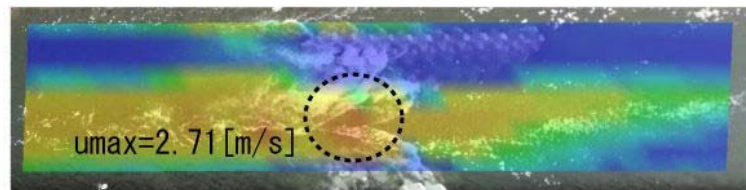
2-5. 流況



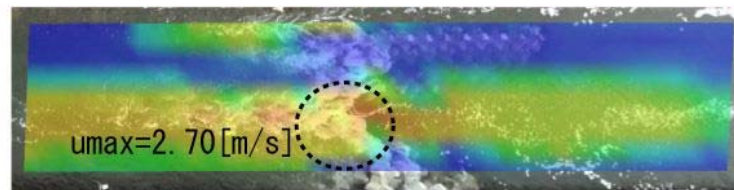
(a) 5 投目



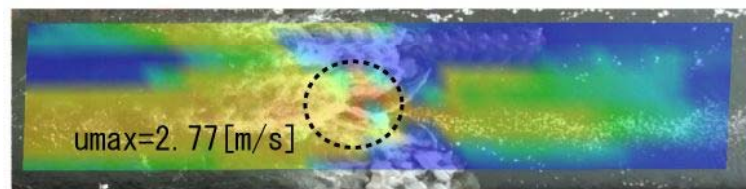
(b) 15 投目



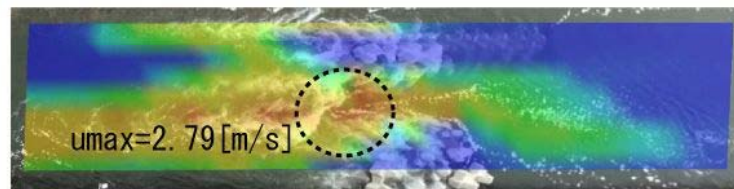
(c) 20 投目



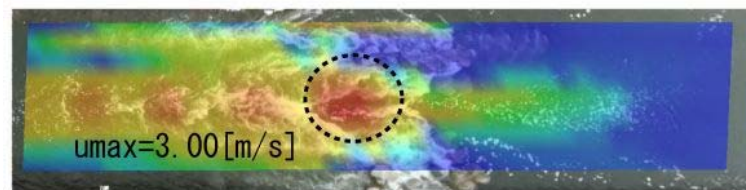
(d) 25 投目



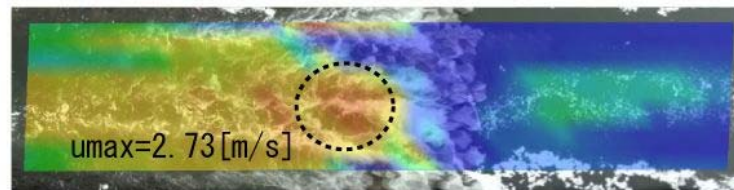
(e) 30 投目



(f) 37 投目

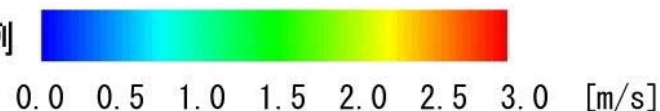


(g) 43 投目



(h) 56 投目

流速凡例

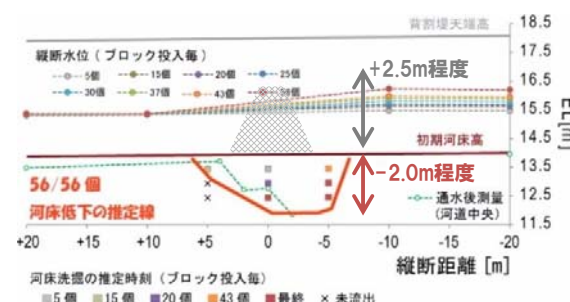
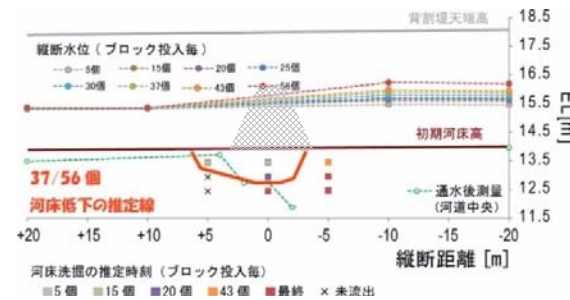
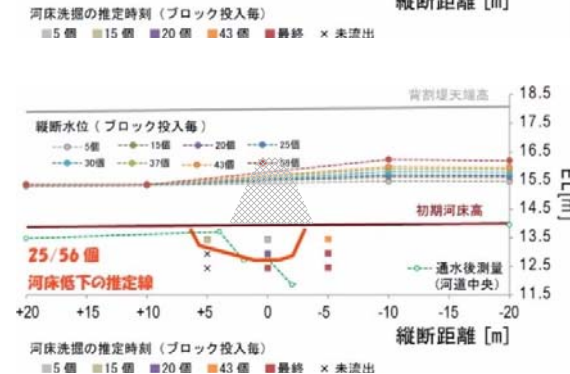
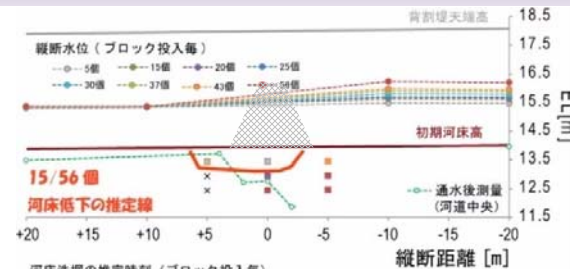
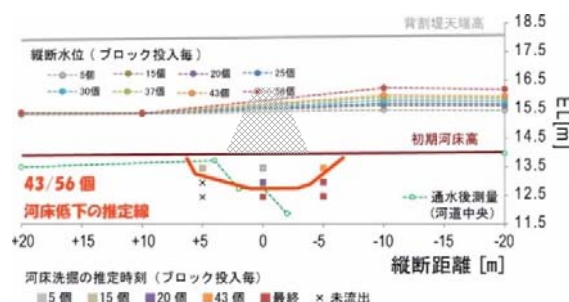
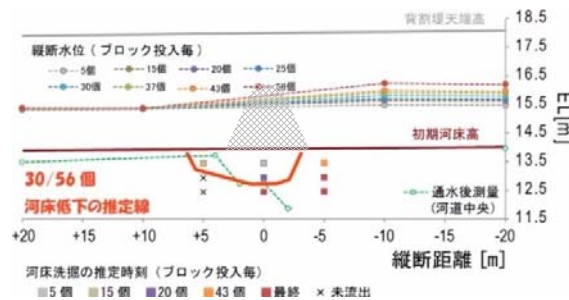
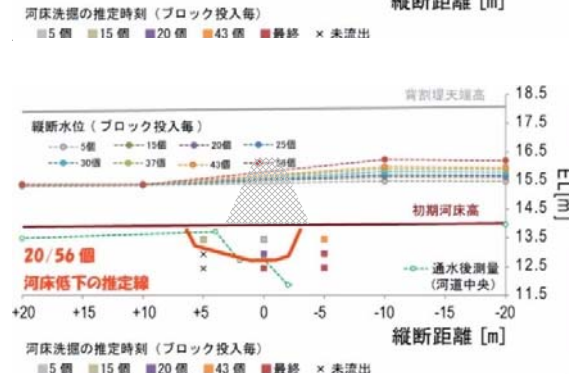
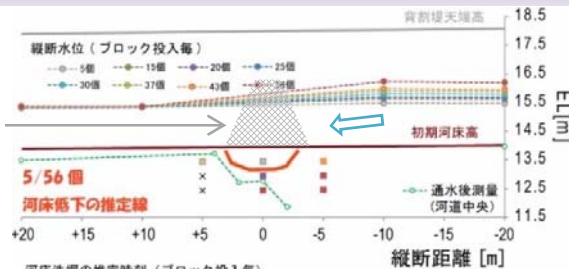


iRIC Software
Changing River Science

- 今回の実験では水路中央を最後に締め切るように両側からブロックの投入
- 前頁グラフよると開口部中央である丸で示した箇所について、最初である(a)は流速2.5m/s程度
- 締め切るに伴い流速が上昇しており、最も開口部が狭くなった(g)では最大3.0m/s
- これは実際の締切作業においても開口部を狭くするに従い、流速の上昇が想定され、例えばブロックの転動なども念頭に置いた締切手順検討の必要性を示唆している。
- 一方で今回の実験では、先行投入したブロックに引っかかる形で、流れによるブロック転動や流出は見られなかった。これはある程度、ベースとなる部分にブロックがとどまることで、それ以降の効率的な投入が可能であることを示唆している。

2-6. 河床洗掘-1

最終的な
ブロック
堆積形状
の推定



•水路横断方向の中央に加速度センサーを設置

•加速度センサーの結果より、河床低下ラインの推定を行う

•ブロック投入後から、投入に応じて河床は低下

•最終的には初期河床から最大2.0m程度の洗掘

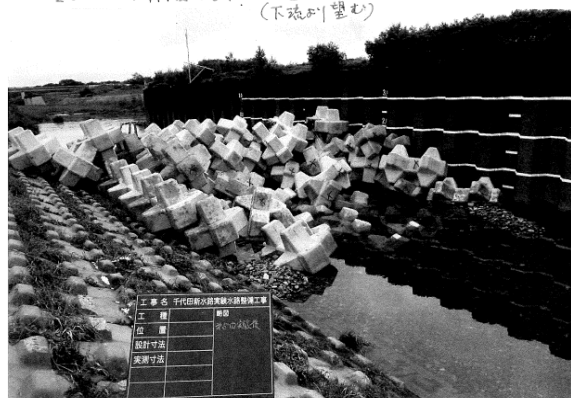
•なお実験後の状況より投入により完成した締切高は2.5m程度(56投後の右下図)

•これより投入個数に対して5割程度が河床以下にあると推定でき、締切高に寄与できていない可能性

$$\begin{aligned} & \text{締切高} \div (\text{締切高} + \text{洗掘深}) \\ &= 2.5\text{m} \div (2.5\text{m} + 2.0\text{m}) \\ &= 0.55 \end{aligned}$$

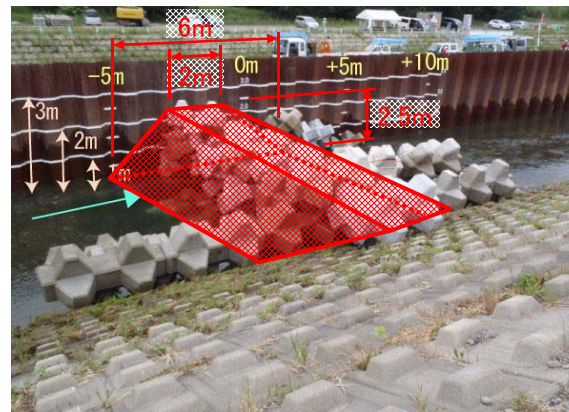
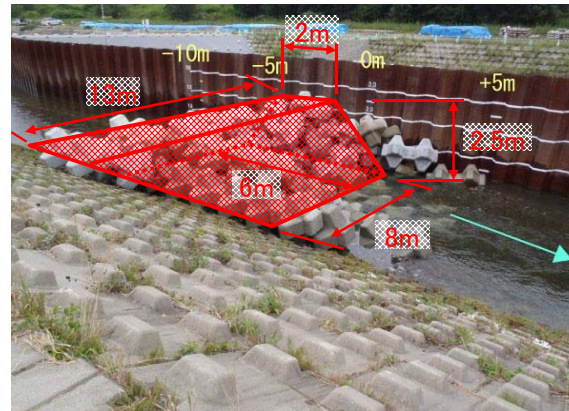
2-6. 河床洗掘-2

① 河床より上、及び下にあるブロック個数N



- 実験後の状況写真より初期河床より上にあるブロックを数えると30個
- これより河床以下にあるブロックが26個と推定できる
- 河床より上にある個数÷投入個数=30個÷56個=0.53となり、投入した個数の半程度は締切高に寄与せず、河床以下に埋没していたと推定できる

② 仕上りの空体積V



- 河床より上の仕上がった空体積Vは

$$(2+6)/2 \times 2.5 \times 2.5 \times 10 = 100\text{m}^3$$

③ 空隙率a

$$N = \frac{V(1-a)}{v}$$

N=個数(個)
 V=空体積(m³)
 v=1個当り空体積(m³/個)
 a=空隙率

ここで仕上がり部分について、N=30個、V=100m³、
 v=2.53m³/個(1.14m×1.14m×1.95m)なので、
 空隙率a=0.24

国土交通省土木工事数量算出要領より
 (乱積の場合の数量算出方法)

•前頁の河床低下や、本項の河床埋没など、これらは締切時に必要なブロック備蓄、数量推定にあたり、ブロックの転動流出だけでなく、河床洗掘も考慮し**ロス率を見込んだブロック数量の計画準備の重要性を示唆**している

3-1. まとめ

【ブロック転動実験】

- ・流速とブロック転動率の関係について、**実災害現場で活用を念頭に**整理
- ・開発局が最も所有するタイプのブロックについて、**単体**では転動の境界値が**流速2.0～2.5m/s**
- ・**連結**することでその境界値は大きくなり、**流速3.0～4.0m/s**
- ・これらの結果を基に現場での効率的で効果的なブロック投入を期待（**破堤だけでなく河岸決壊等**でも）
- ・なお縮尺1/20以下の実験では結果のばらつきも見られた

【横断締切実験】

- ・現地条件が良好であれば最速で**1投あたり3～4分程度**での投入が可能
- ・特に空中**切り離し装置**は投入箇所（流況等）に左右されず**指定した場所に投入が可能**であった
- ・**開口部が狭まるにつれ、流速の上昇、河床の低下**が確認できた
- ・特にブロック投入量の半数程度は河床以下とロス率が50%程度であった
- ・これは締切を行うにあたり、**ブロックの転動流出だけでなく、河床洗掘等も考慮しロス率を見込んだ水防資材の計画準備の重要性**を示唆している
- ・なお基礎的な横断締切であったため、破堤開口部を想定し締切に伴う氾濫流量低減効果の検証が必要

3-2. アンケート結果

今回の実験に協力して頂いた帯広建設業協会の方に、実験後のアンケートを実施
実験を通じて実災害時の締切作業で必要と感じたことなどについて答えて頂いた
以下に主な回答を示す

- ・実災害現場ではヤードの状況など相当、厳しい状況だと考えられ、足場の確保が重要
- ・ブロック投入にあたり大部分の築堤幅は狭く、ラフタークレーンが設置できない場合、クレーン付バックホウを用いる状況が多々あると考えられる
- ・ブロック投入だけでなく、ブロックの搬入経路も確保できるかが課題
- ・築堤が決壊・侵食が進行している状況で、どこまで近づくことが出来るか？立ち入り禁止範囲をどこまでにするか？などの判断が現場では求められることから、これらを想定した訓練や教育も重要
- ・人員・機械・資材・施工方法等を明確にし、作業工程を計画するなど机上訓練も備えとして有効
- ・災害復旧は昼夜を通しての作業となり、人員確保が最重要。また夜間時の照明確保も重要
- ・どのような人数で作業編成すれば良いかがおおよそわかった
- ・今回のような実験を継続して行うことで、災害対応に有効に活用できると期待
- ・災害への備え、防災意識を継続させる意味でも今回のような実験は有意義
- ・開発局職員と建設業協会で見解交換含め、実務交流の機会が緊急時のスムーズな対応にも生きてくる

2016/03/22

平成27年度 第10回十勝川千代田実験水路等アドバイザー委員会

資料3

破堤氾濫流量の軽減技術に関する模型実験結果

－ 根固ブロック等を用いた破堤開口部の荒締切 －

- 0. 荒締切工の現状と課題 (P1-4)
- 1. 模型実験概要 (P5-9)
- 2. 模型実験結果 (P10-16)
- 3. 考察 (P17-21)

国土交通省 北海道開発局
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所

0. 荒締切に関する現状と課題

0. 締切工の現状と課題（昨年度の委員会・検討会資料に加筆）

【現状】

近年も全国の河川で破堤被害が生じているが、破堤時の緊急的な締切工事は事例が少なく、締切工の**効果的な施工方法**は確立されていない。

【課題】

災害時に破堤部周辺の流れを観測した事例は少なく、実際に生じた水理量に基づく詳細な検討が困難である。また最後の締切箇所である「せめ部」は、高流速や深掘れの発生により**現場作業が困難であり作業手順などの確立が必要**である。



決壊口の両側を石俵で補強
(S34伊勢湾台風)

昭55.7.20 決壊部の復旧作業



せめ部にH鋼
(S55淀川大堰緊急締切)



ブロック投入
(S61小貝川災害)



閉塞前の激しい流れ
(H14千代田新水路復旧)

0. 近年の被災事例(2015年9月関東・東北豪雨～鬼怒川破堤)



出典：国土地理院ウェブサイト、<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27.taihuu18gou.html>

0. 荒締切に関する研究の必要性

【社会的要請】

- ・河川整備が進んだ今日でも、豪雨に伴う河川堤防からの越水や堤防決壊による被災が全国各地で頻発し、大規模な水害被害が発生
- ・最近でも昨年9月の関東・東北豪雨では鬼怒川において越水に起因するとされる破堤が生じ、甚大な被害が発生
- ・大規模氾濫に対する減災のための治水対策検討小委員会 提言骨子(案)においても、“氾濫した場合も含めた「水害リスクの低減を図る」施策へと充実を図る”、とある
- ・このような中、堤防決壊から破堤拡幅に至った場合でも、破堤開口部からの氾濫流量を抑制することで、被害規模（浸水範囲・浸水深・到達時間等）を少しでも抑えることが求められている

【研究の目的・達成目標】

- ・堤防から越水等による堤防決壊時のような非常事態時においても、被害規模を最小化するために、破堤氾濫流量を軽減する技術の構築
- ・得られた対策技術を現場で適用するための技術指針の作成への提案

1. 模型実験概要

1. 実験目的

実験の目的

荒締切により氾濫流量を軽減し、減災につなげるための基礎的な知見を得る

技術的課題

- ① 荒締切により破堤開口部が狭まるにつれてどのような現象が生じているか不明
- ② どのような手順で荒締切を進めると効率的で効果的が不明

実験の内容

- ① 越水から破堤、破堤拡幅抑制、荒締切、せめ工までの一連で模型実験を行い現象を観測
- ② 荒締切は複数の方法で行い、締切作業効率・氾濫流量低減効果を把握

1. 実験概要

【水路形状】（※模型縮尺は1/20であり、以降は縮尺1/1相当に換算した値を示す）

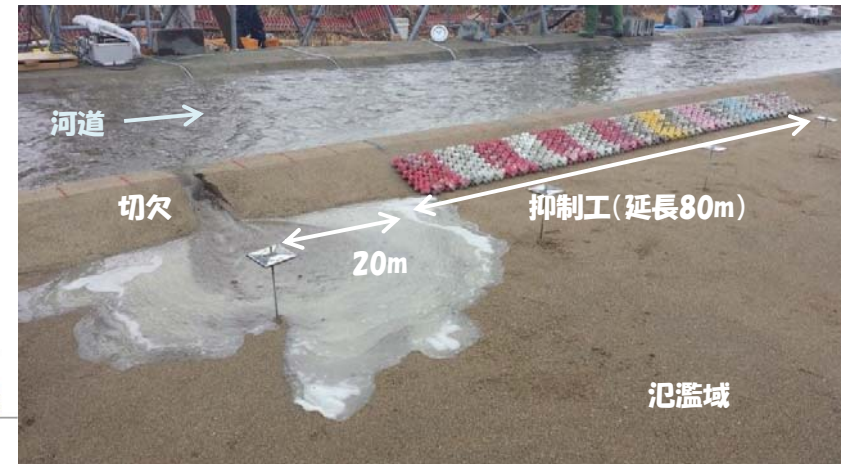
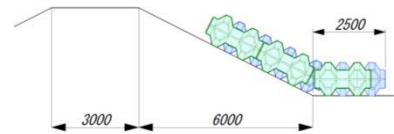
- ・水路下幅30m、左右岸ともに2割勾配（※千代田実験水路の水路下幅は8m）

【堤体形状】

- ・堤防高3m・天端幅3m・裏表法勾配2割
- ・堤体延長140m
（越水開始の切欠きは上流から20m地点）

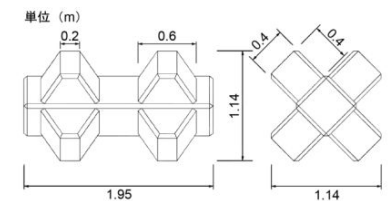
【通水流量】

- ・315m³/s程度の定常流量
（水位高い状態で早急に締め切ることが求められており、ピーク流量継続として設定）



【抑制工】

- ・トラスフット2tを切欠から下流20m～100m区間に裏法尻中心に設置



トラスフット2t型

【締切等の対策工を開始するタイミング】

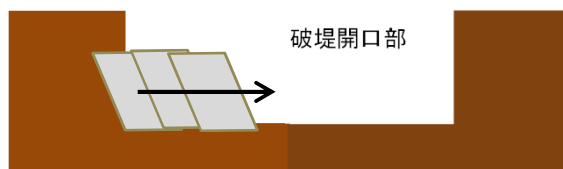
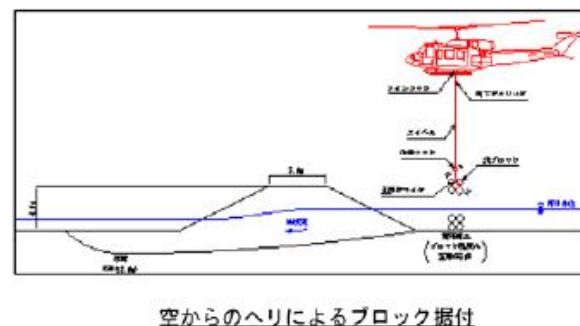
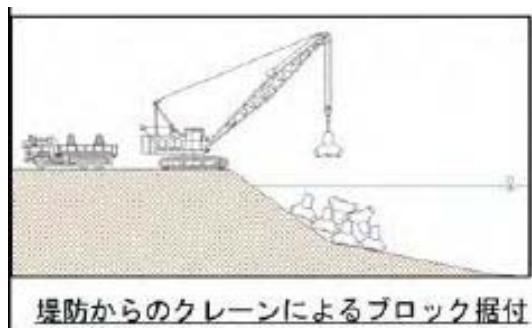
- ・越水～破堤拡幅～抑制工と一連の実験により、破堤拡幅進行が抑制された状態をスタートとして荒締切等の対策工を開始する

1. 実験概要

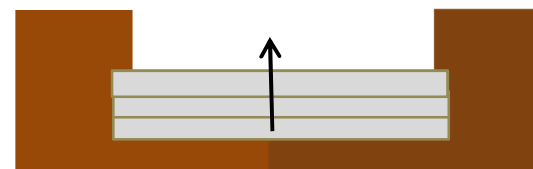
荒締切の方法は漸縮工と底上工を想定

漸縮工は従来から採用されているクレーンによるブロック投入と、
ダンプトラック・ブルドーザによる砕石投入を想定（ケース1・2）

底上工はヘリコプターによるブロック投入を想定（ケース3）



漸縮工のイメージ
(破堤開口部の端からブロック等で前進)



底上工のイメージ
(破堤開口部の底全体をブロック積上げ)

ヘリコプターによるブロック投入工法運用マニュアル(案)、
北陸技術事務所、平成23年2月 より一部抜粋

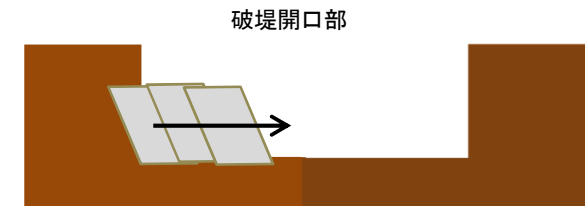
1. 実験概要

ケース1 片側締切実験

漸縮工を破堤開口部の下流からのみ行う

2tブロックをクレーンを用いて1投ずつ投入し、ダンプ・ブルによる砕石で間詰め

既存工法で締め切る場合に減災効果はどの程度か？実現に向けた課題は？

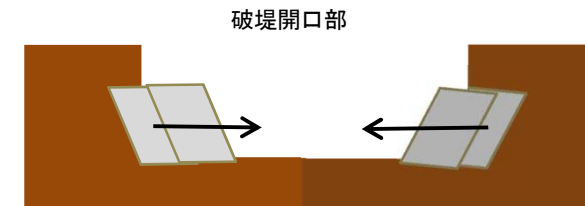


ケース2 両側締切実験

漸縮工を破堤開口部の上下流から重機2セットで同時に行う

2tブロックをクレーンを用いて2投ずつ行い砕石で間詰め

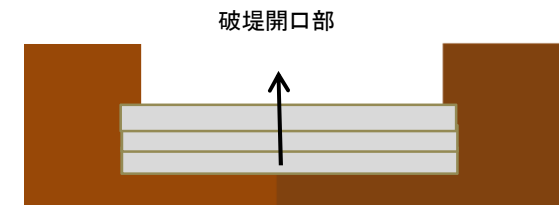
ケース1に対してブロック投入ペースを4倍とした場合の減災効果などを把握



ケース3 底上締切実験

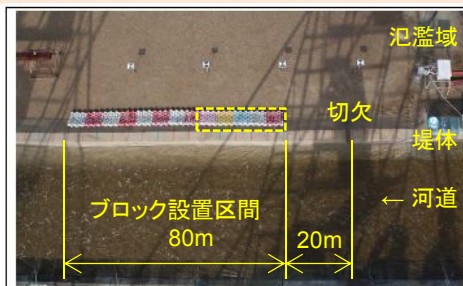
ヘリコプターを想定し、破堤開口部に面的にブロックを投入する

砕石による間詰めは行わず、ブロックのみで面的に投入した場合の減災効果を把握



2. 模型実験結果

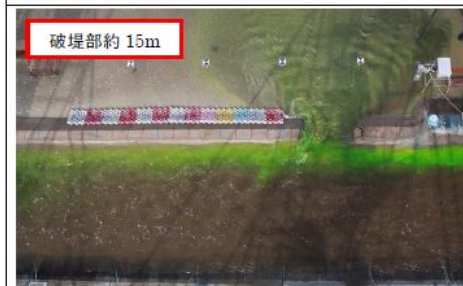
2. 実験状況(ケース1 片側締切)



越水開始 12:01:40



580 秒後 (現地換算 43.2 分後) 12:11:20



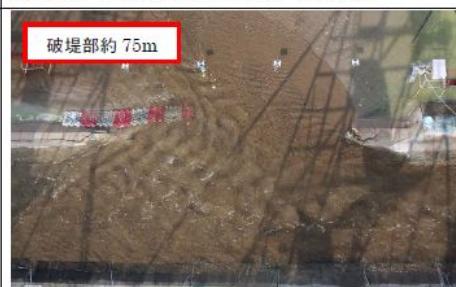
200 秒後 (現地換算 14.9 分後) 12:05:00



840 秒後 (現地換算 62.6 分後) 12:15:40



330 秒後 (現地換算 24.6 分後) 12:07:10



1230 秒後 (現地換算 91.7 分後) 12:22:10



470 秒後 (現地換算 35.0 分後) 12:09:30



通水後



投入開始 12/24 13:54:00



9:52:00 経過 (現地換算 44 時間 8 分) 12/26 16:04:00



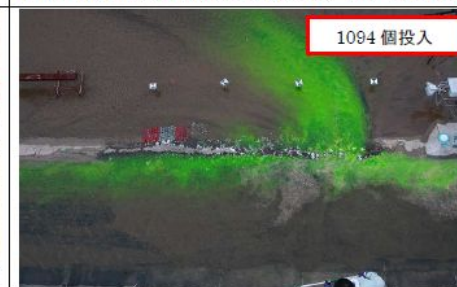
1:02:50 経過 (現地換算 4 時間 41 分) 12/24 14:34:30



11:58:40 経過 (現地換算 53 時間 34 分) 1/5 12:59:50



4:04:40 経過 (現地換算 18 時間 14 分) 12/25 12:20:10



13:40:30 経過 (現地換算 61 時間 9 分) 1/5 16:26:10

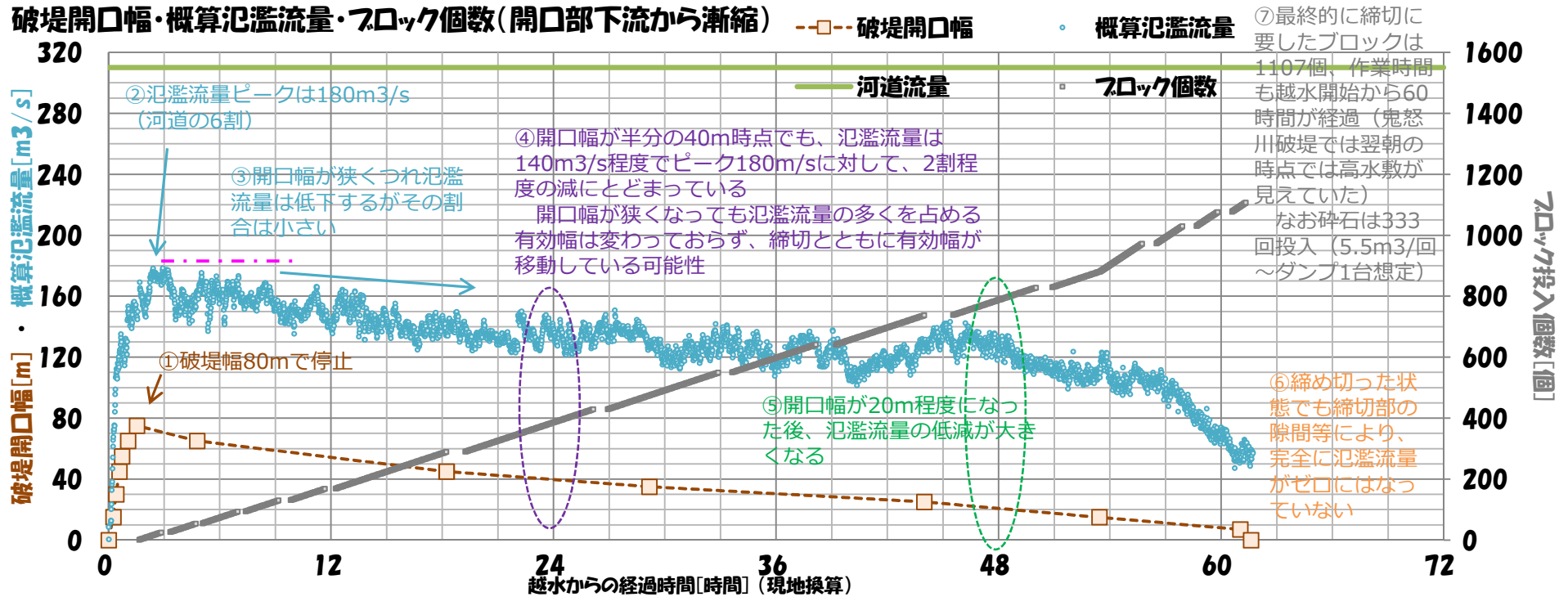


6:33:10 経過 (現地換算 29 時間 18 分後) 12/25 16:30:10

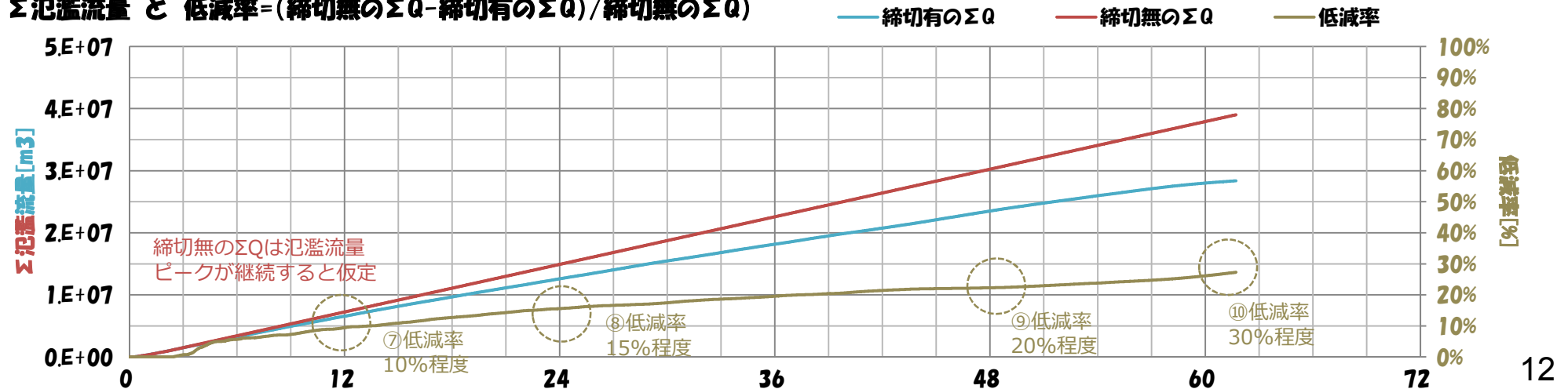


13:48:20 通水後 (現地換算 61 時間 44 分)

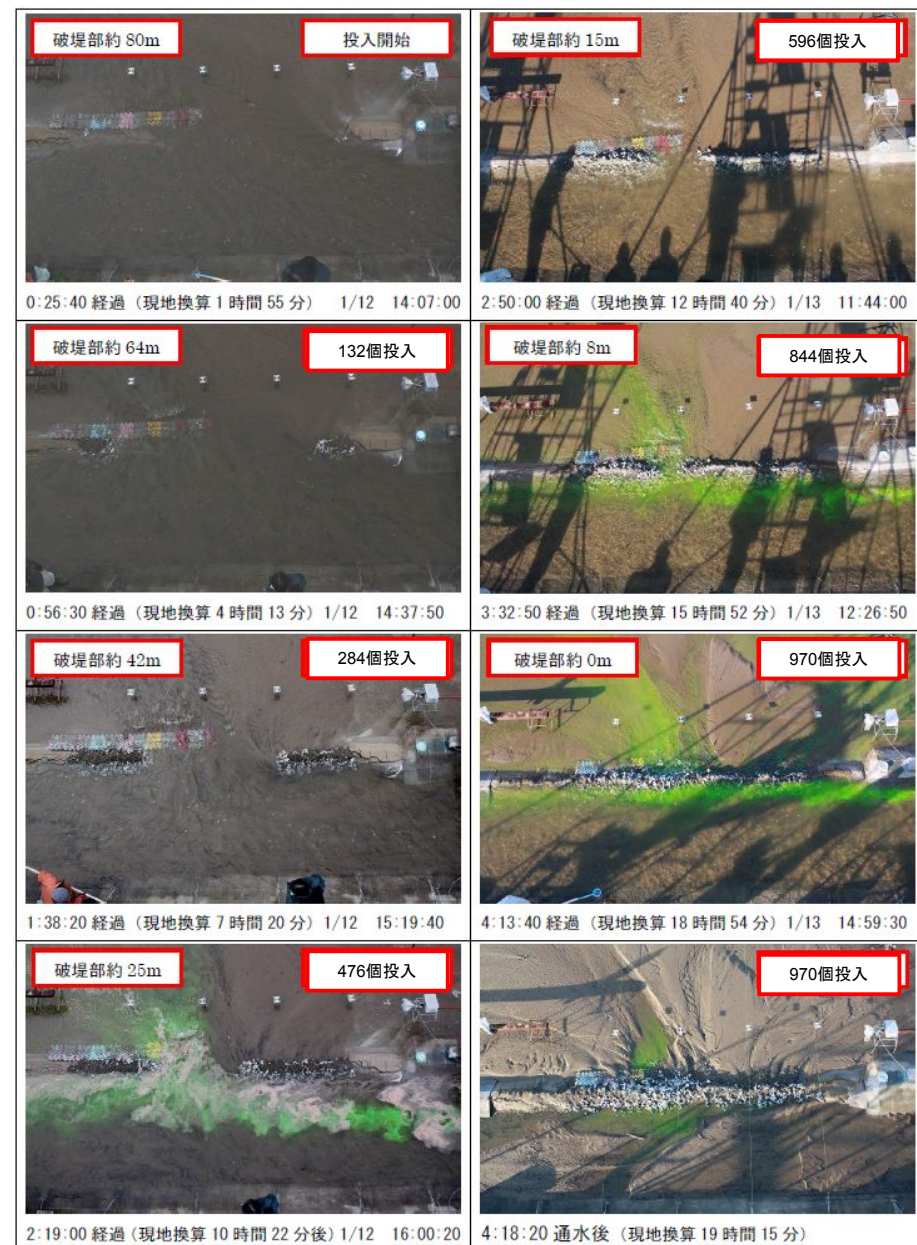
2. 実験結果(ケース1 片側締切)



Σ氾濫流量 と 低減率 = (締切無のΣQ - 締切有のΣQ) / 締切無のΣQ



2. 実験状況(ケース2 両側締切)

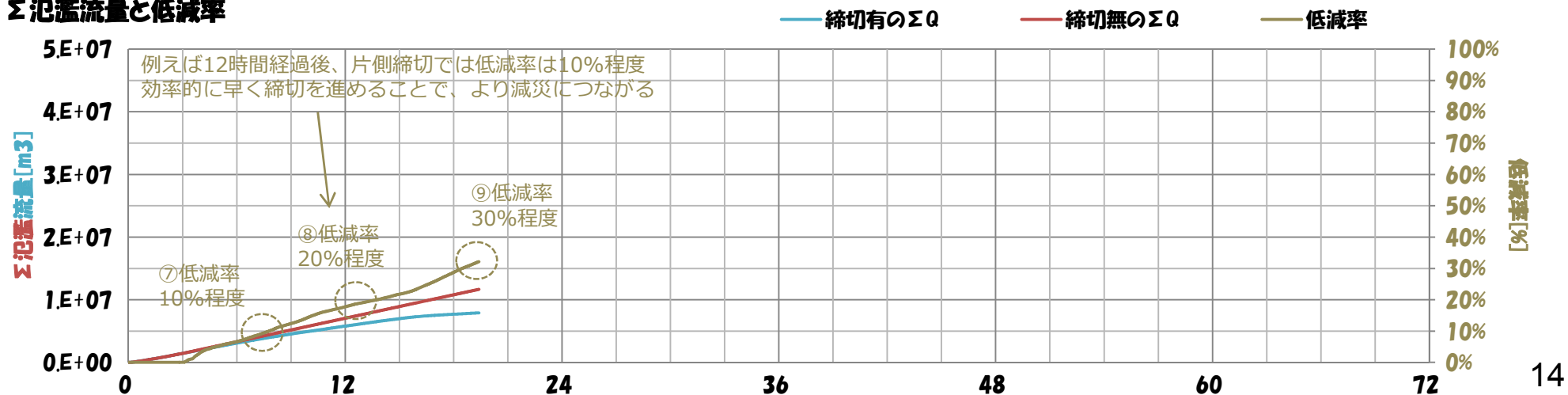


2. 実験結果(ケース2 両側締切)

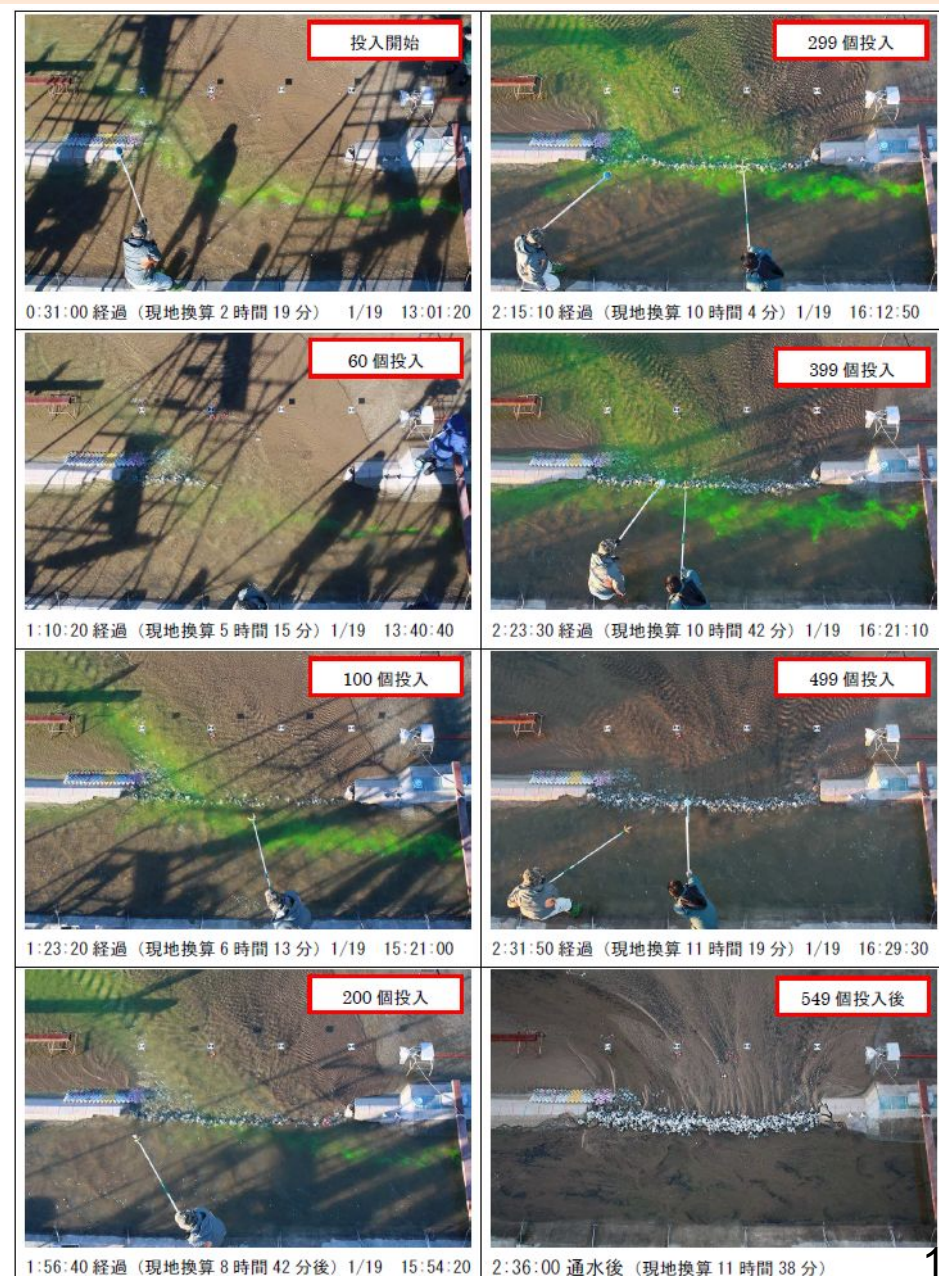
破堤開口幅・概算氾濫流量・ブロック個数(開口部上下流から漸縮)



Σ氾濫流量と低減率



2. 実験状況(ケース3 底上締切)

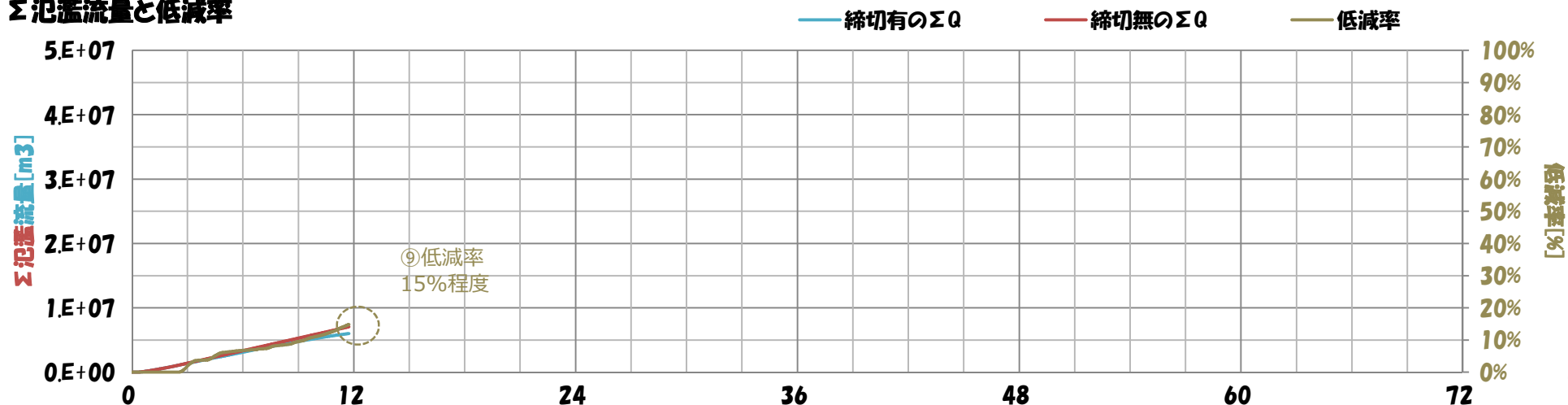


2. 実験結果(ケース3 底上締切)

破堤開口幅・概算氾濫流量・ブロック個数(開口部全体を河床から底上げ)



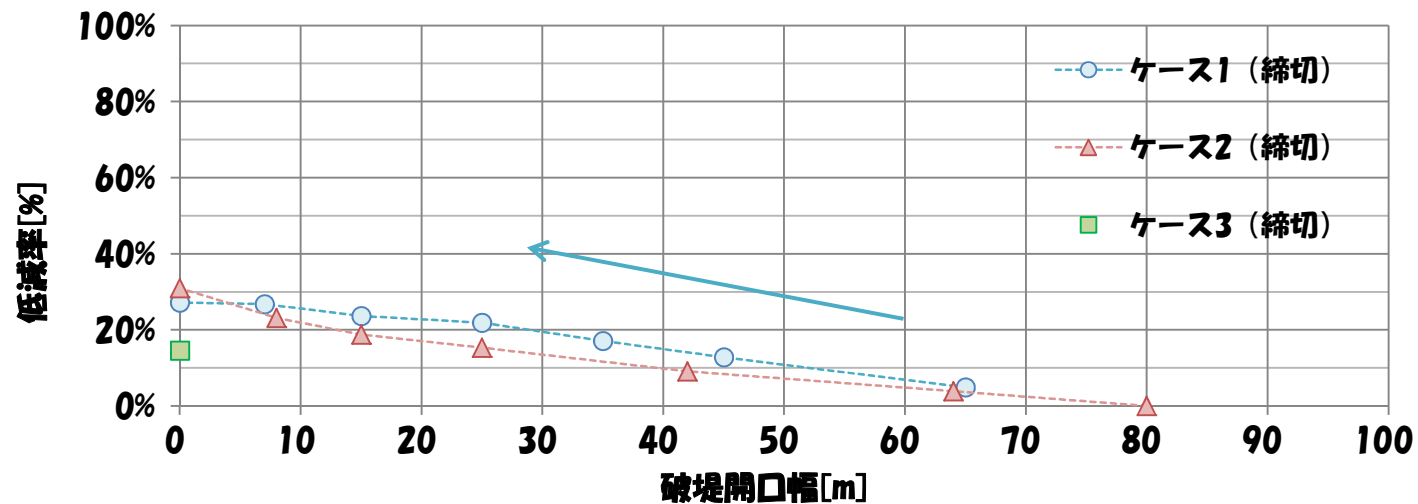
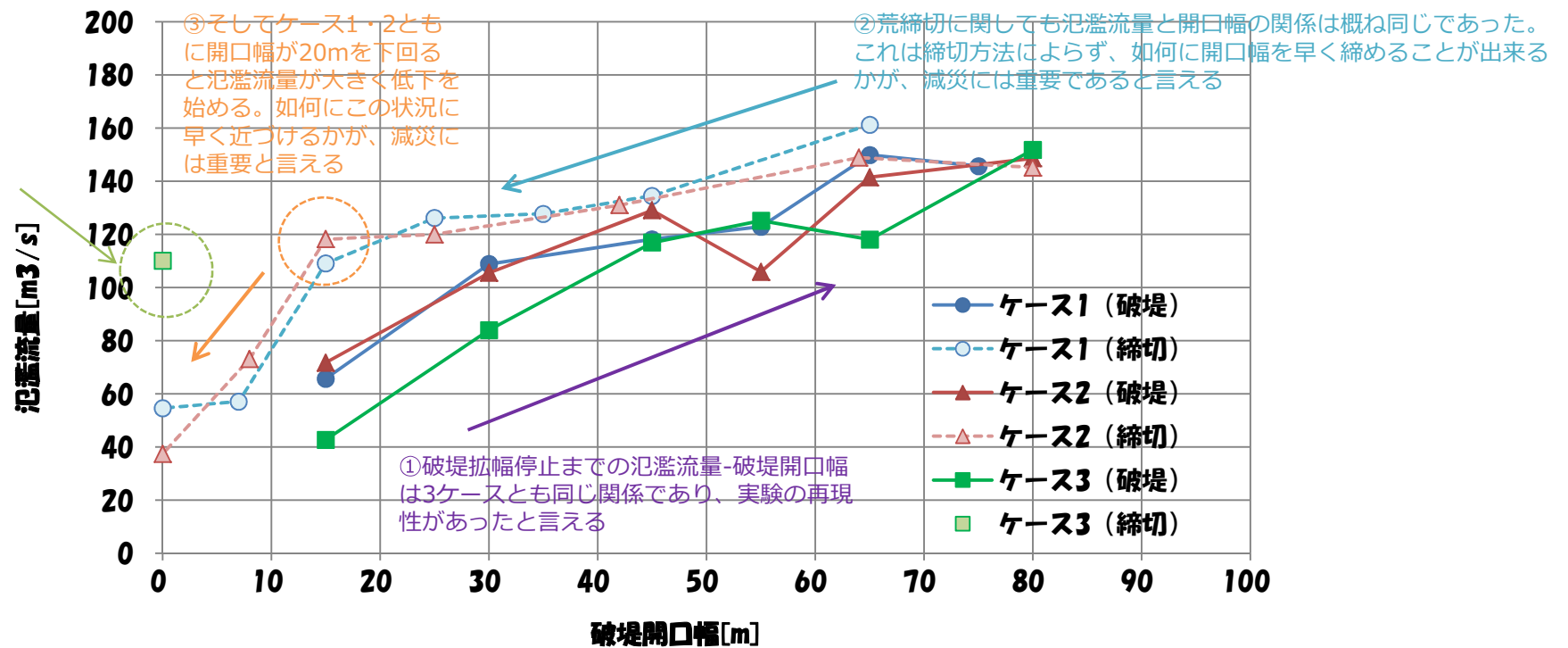
Σ氾濫流量と低減率



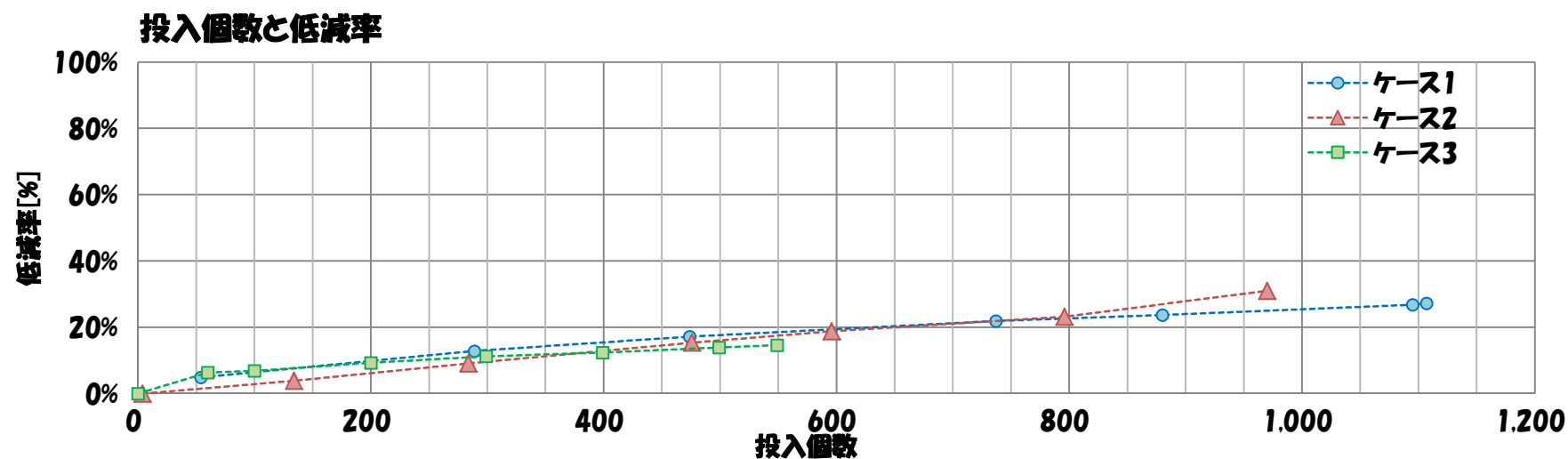
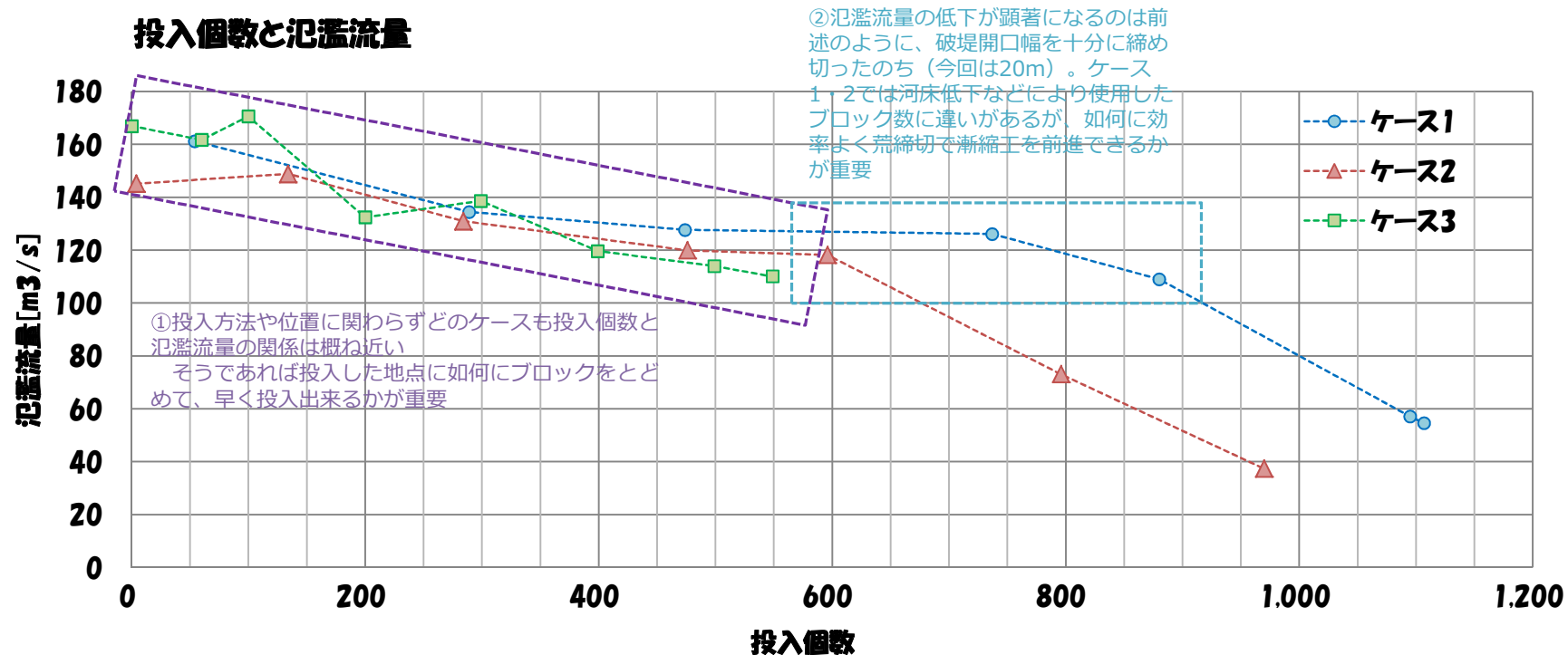
3. 考察

3. 破堤開口幅 と 氾濫流量・低減率

④またブロックのみによる締切ケース3では、氾濫流量の低下は少なく、碎石による間詰めがない場合に比べると最終的な減災効果は小さいかもしれない

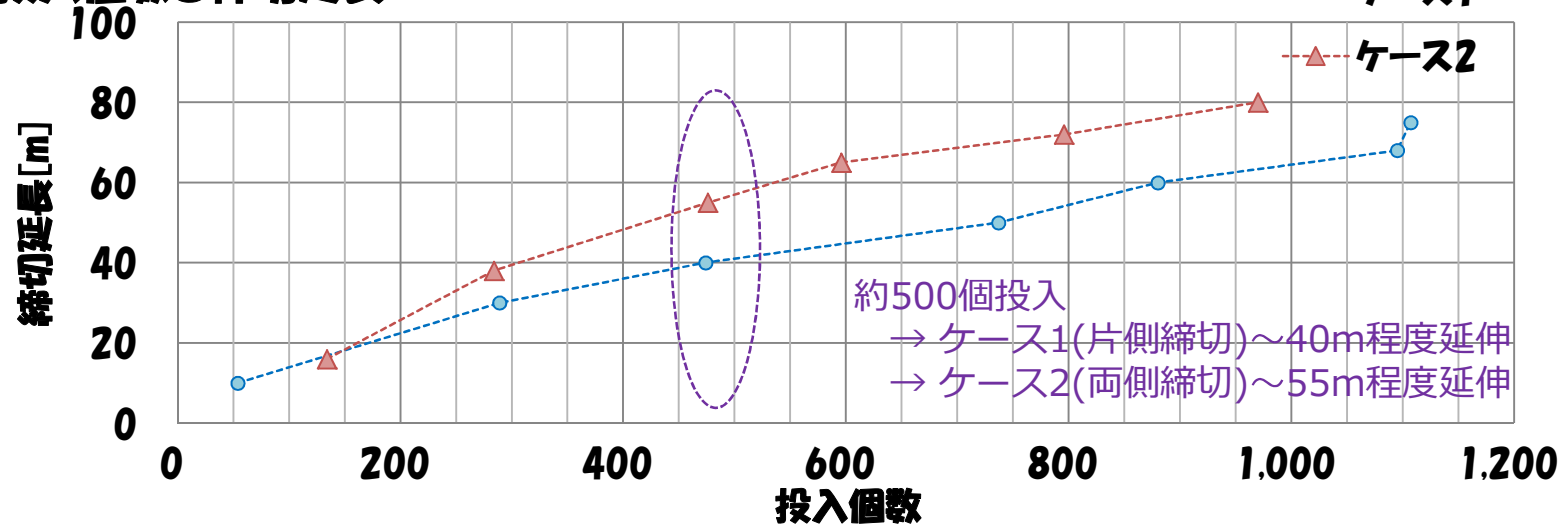


3. ブロック投入個数 と 氾濫流量・低減率



3. ブロック投入個数と締切延長、ロス率の推定

投入個数と締切延長



【参考】想定した締切形状に対するロス率（河床以下）の推定

仕上形状1500m³とすると（上幅3m・下幅9m・法勾配1割・延長80m）

- ・ ケース1は3700m³なので河床部に2200m³（ロス率60%）
- ・ ケース2は3200m³なので河床部に1700m³（ロス率45%）
- ・ ケース3は1800m³なので河床部に300m³（ロス率20%）

※仕上形状は想定値のため、実際のロス率は異なる可能性（場所によっては天端幅が3m以下の場所もあるなど）

投入個数が同じでも投入順序等により
締切延長やロス率が異なる

→ 効率的な締切延伸につながる可能性

$$N = \frac{V(1-a)}{v}$$

N = 個数 (個)
V = 空体積 (m³)
v = 1 個当り空体積 (m³/個)
a = 空隙率

ここで空隙率は現地実験（資料1）の結果よりa=0.24とした

3. まとめ

- ・ 締切に伴い氾濫流量の低減が確認できた
- ・ 破堤締切開口幅と氾濫流量の関係性は概ね同じであった
- ・ 締切方法によらないのであれば、如何に早く締め切るかが重要と言える
- ・ 締切方法等の工夫により効率的に締め切れる可能性（延伸・ロス率など）
- ・ 一方でブロックによる締切は相当、時間がかかる可能性
- ・ また河床勾配一定(1/500)の実験であるため、氾濫流量の有効幅が存在する条件
- ・ 緩勾配（正面越流に近い流況）など多条件での締切現象などの把握も必要

2016/03/22

平成27年度 第10回十勝川千代田実験水路等アドバイザー委員会

資料4

平成28年度 実験実施予定(案)

国土交通省 北海道開発局
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所

1. 平成27年度の実験結果(資料3)と課題

資料3の結果より、

- ・締切りに伴う氾濫流量の低減
- ・締切開口部と氾濫流量の関係
- ・締切方法の違いによる締切効率の違い

などが明らかとなった

一方で今回は限られた条件下での実験であった

①河道条件が一定

例えば河床勾配が一定(1/500)であるため、氾濫流量は有効幅が存在し、開口部下流に流れが作用することで、下流側は締切しづらく上流側は締切やすかった

しかし河床勾配を緩くした場合、Fr数が小さい条件であれば、氾濫流は正面越流に近くなると考えられ、この場合の締切方法による氾濫流量低減に相違は？(例えば下流域のイメージ)

②河道流量が一定

水位が高い状態での締切を目指していること・分析を容易にすることを目的に、河道流量を越水時の高い状態で一定としたが、ハイドロを考慮した場合に氾濫流量低減に相違は？

③河道幅が狭い

河道幅30mと狭いため、もっと河道幅を広げた場合に氾濫流量低減に相違は？

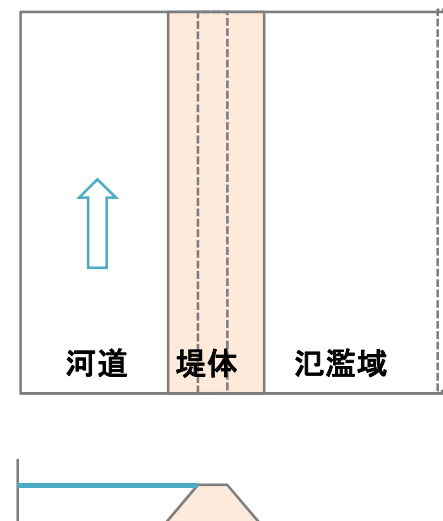
など、特に河道諸元に応じた現象、締切減災効果など明らかにする必要がある(現場を見据え) 1

2. 平成28年度の進め方(案)

つくばにある模型水路は縮尺1/20と規模が大きいメリットもある
一方、様々な条件で実験を行うことは困難

そこで平成28年度前半は規模を小さくし、様々な条件で実験を行い定性的な現象の把握(破堤進行・氾濫流量低減など)を行う

ここで得た知見をもとに、平成28年度後半ではつくばの模型実験を行う



(参考)
水路諸元等は今後、検討を行うが概ね1/50の縮尺を想定
例えば堤防高・天端幅を3~5mとすると、模型では6~10cm

以上の実験は夏～秋頃を目安に行い、定性的な知見を取りまとめる

秋以降は必要に応じて締切手順も考慮してつくば模型実験を実施

これらの結果を総合的にとりまとめ、オペレーション検討などもかねて必要に応じて
平成29年度以降に千代田実験水路で実験を実施予定