

美和ダム再開発湖内堆砂対策施設 検討委員会

(第5回 委員会)

[2. 湖内堆砂対策施設現地実験]

平成26年6月20日

国土交通省 中部地方整備局
三峰川総合開発工事事務所

2. 現地実験

【目 次】

2.1	1/5縮尺模型実験・・・・・・・・・・・・・・・・	1
2.2	ストックヤードから排出される土砂の挙動の確認実験・・・・・・・・	16

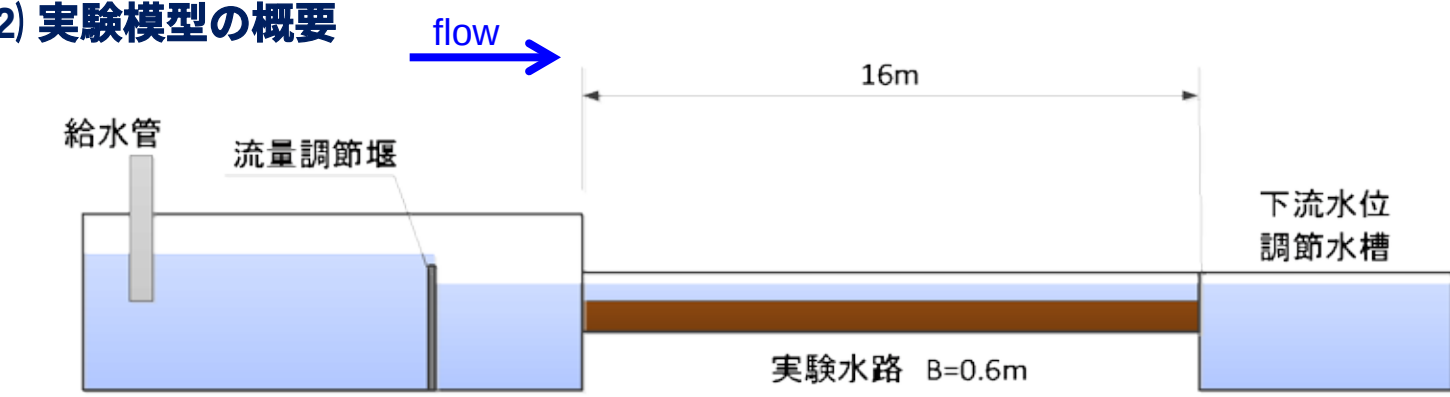
2.1 1/5縮尺模型実験

(1) 実験の目的

【目的①：縮尺効果の確認実験】
縮尺1/5の抽出模型実験での段落ち流れによる排砂速度を把握し、既に把握している1/15と1/25の結果とあわせて、実機スケールでの排砂速度を推定する。

【目的②：実運用時を想定した排砂状況の確認】
実運用を想定して、下流水位、堆砂厚が異なる場合の排砂特性を確認する。
(堆砂厚を変更することにより下流水位との落差を調整し、疑似的に下流ゲートの操作による流出抑制効果の把握を併せて行う。)

(2) 実験模型の概要



項目	諸元
水路延長	16m
水路幅	0.6m

模型全景



模型全景①
導水路部から上流側



2.1 1/5縮尺模型実験

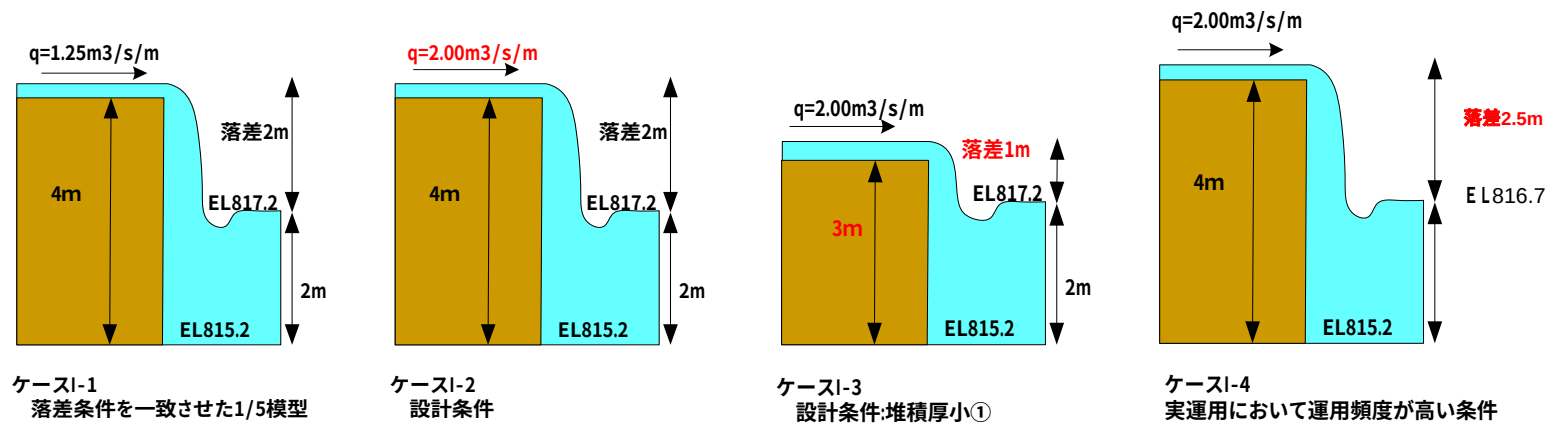
(3) 実験条件

- [縮尺効果の確認実験]
■ 既往実験 (単位幅流量1.25m³/s/m) と相似条件とした実験を実施。<casel-1>
- [基本設計形状と実運用時を想定した排砂状況の確認]
■ 基本設計形状 (落差、流量、下流端水位) を再現して実験を実施<casel-2>
■ 実運用を想定し、堆積厚が少ない場合、下流水位が低い場合を再現して実験を実施。<casel-3,I-4>
※ 堆積厚が少ないケースは段落ちの落差が小さくなるため、ゲート運用による土砂流出抑制についても評価する。

※ 実験土砂は1/25実験と同様に含水比60%に調整した土砂を用いている。

各実験ケース表

ケース No	堆積厚 (m)	実物単位幅流量 (m³/s/m)	模型流量 (m³/s)	下流水深 (m)	備考	実験種類
I-1	4.0	1.25	0.066	2.0	既往実験と相似条件で実施	[縮尺効果の確認実験] [実運用時を想定した排砂状況の確認]
I-2	4.0	2.00	0.107	2.0	設計条件を想定	
I-3	3.0	2.00	0.107	2.0	設計条件で堆積厚が少ない場合	
I-4	4.0	2.00	0.107	2.5	実運用において運用頻度が高い条件を想定	



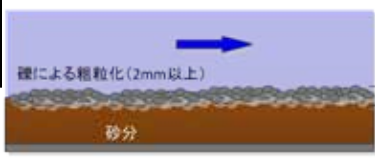
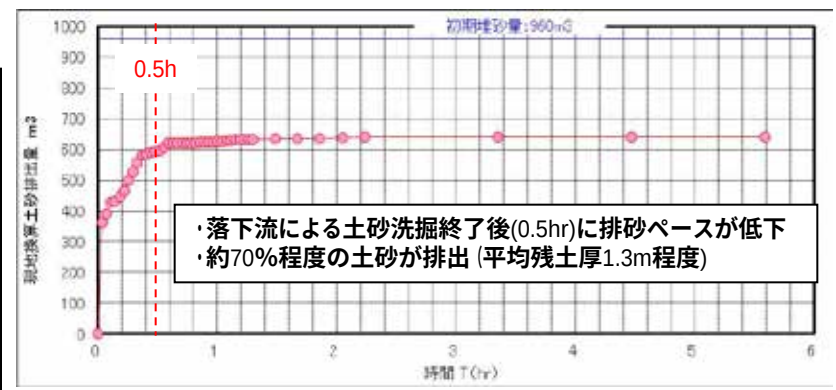
各実験ケースのイメージ

2.1 1/5縮尺模型実験

(4) 縮尺効果の確認実験 (排砂状況:I-1)

- 段落ち部はいわゆる断崖状ではなく、23°程度の斜面となる
- 落下流による洗掘は、段落ち部の形状の変化による影響と混入している礫による影響で床版部まで到達せず、水路全体に実機1.3m厚程度の礫に覆われた土砂が残る。
- 落下流の下流側の河床面は礫(粒径2mm以上)により、表面が粗粒化されて、流水による河床の侵食を阻害する。
- 1/25、1/15で発生したみお筋の形成は、確認できなかった。
 - 1/5では落下流による侵食は水路底面に達しない。
 - 礫が混入していると落下流の下流側に礫が残され、粗粒化することで流水の侵食を阻害する可能性がある

※計画上ストックヤード内へ搬入することとしている分派堰下流の右岸側の表層土砂(バックホウで採取)を実験土砂として使用している。



礫による粗粒化のイメージ

[法肩侵食速度の考え方]
<最大>
計測開始直後の大規模な土砂流出現象を含む侵食速度
<最小>
計測開始直後の大規模な土砂流出現象を含まない侵食速度

time1 (0.01時間後)



落下流の攪乱による土砂洗掘①

time2 (0.1時間後)



落下流の攪乱による土砂洗掘②

time3 (0.3時間後)



落下流の攪乱による土砂洗掘③

time1 (0.5時間後)



流水力による河床洗掘が進行(終了時)

time2 (1時間後)



流水力による河床洗掘が進行

time6 (5.6時間後:排水後)



流水力による河床洗掘が進行(通水終了)

1/5縮尺模型実験動画

case1-1: 縮尺効果確認条件 (単位幅流量 $1.25\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ 、下流落差 2.0m)

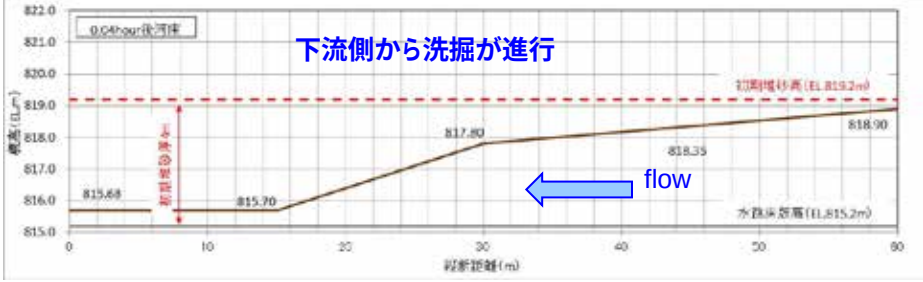


2.1 1/5縮尺模型実験

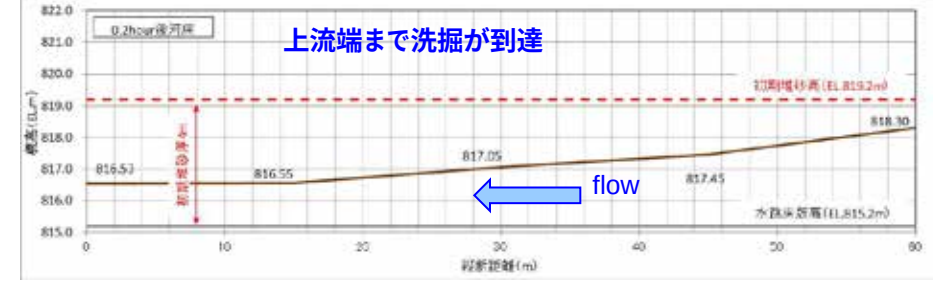
(4) 縮尺効果の確認実験 (河床形状の経時変化:I-1)

- 通水開始直後に土砂の1/3程度が排砂される。
- 通水開始0.2時間後に上流端部でも洗掘が発生し、通水開始0.5～1.0時間後に平坦河床となり、河床形状が概ね安定する。
- 通水開始1.0時間以降は、河床高は概ね安定しており、地形の変化は大きい。
- 堆積土砂厚は0.5時間程度まで下流側から段階的に低下し、最終的には概ね平坦な河床形状で安定する。

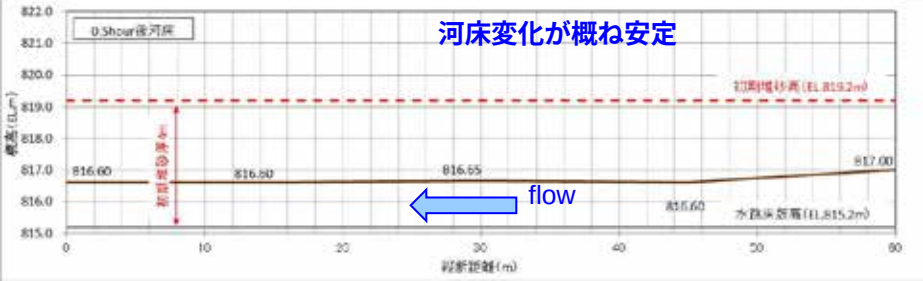
time1 (通水開始0.04h後) 模型時間60秒後



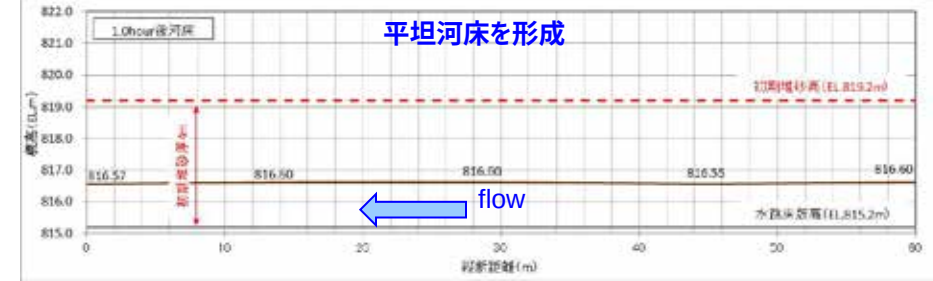
time2 (通水開始0.2h後)



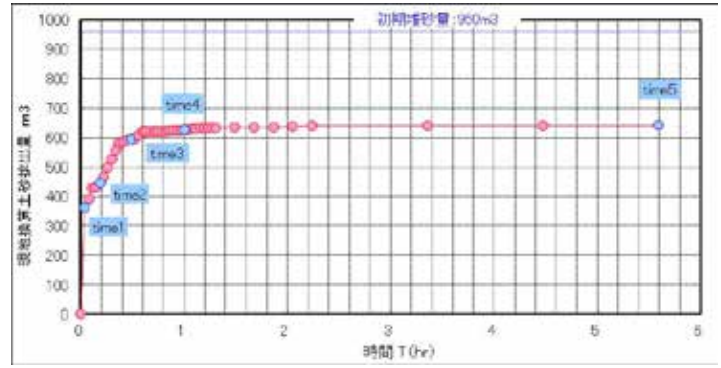
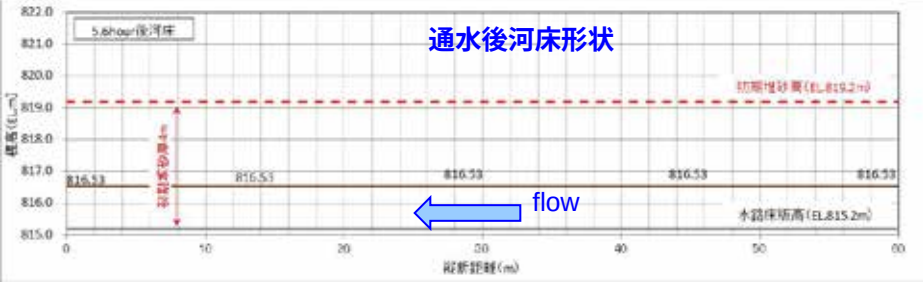
time3 (通水開始0.5h後)



time4 (通水開始1.0h後)



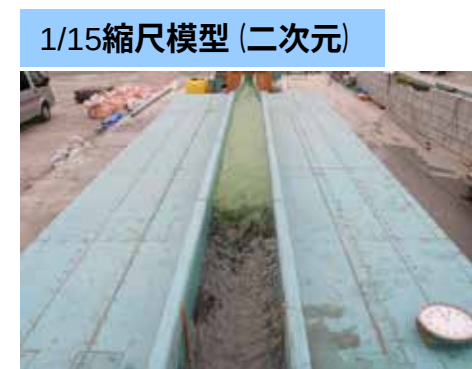
time5 (通水開始5.6h後)



2.1 1/5縮尺模型実験

(4) 縮尺効果の確認実験 (模型縮尺ごとの法肩侵食の進行速度の比較)

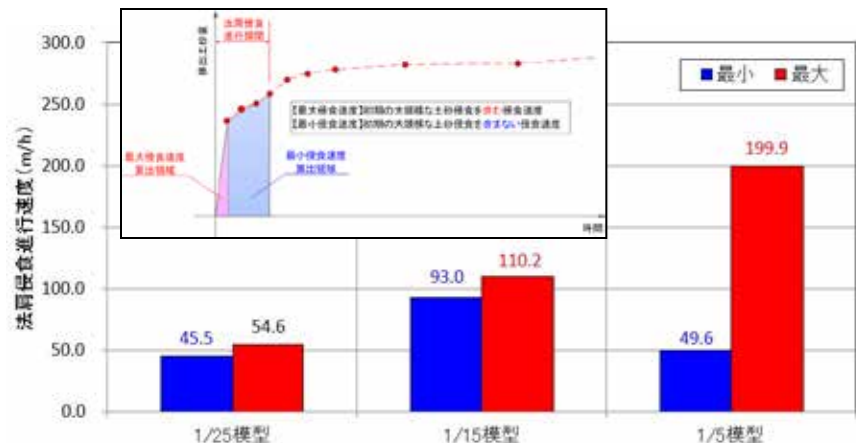
■1/5縮尺模型では、礫の混入があるものの法肩侵食の進行速度は、1/15及び1/25縮尺模型と比較して速く、1/15縮尺模型の約1.3倍 (1/25縮尺模型の約2.5倍) 程度となっている。
➢法肩侵食の形態が模型縮尺によって異なるが、侵食速度に関しては、模型が大きくなるに従って速くなっており、現地規模 (縮尺1/1) においては約65～220m/h程度と推定され、現設計形状では単位幅流量が増加するため、更に早くなると予想される。



落下流による洗掘が河床に到達せず、表面のみの侵食が上流へ伝搬する。

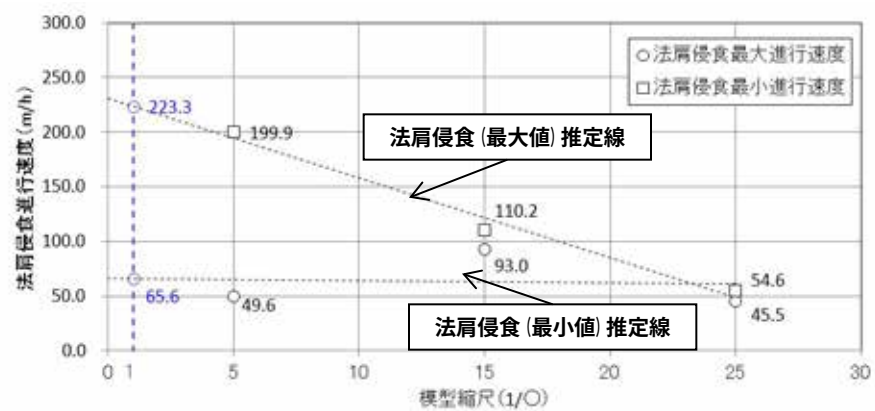
落下流による洗掘が河床に到達し、断崖上に侵食が進行する。

落下流による洗掘が河床に到達せず、表面のみの侵食が上流側に伝搬する。表層の洗掘は傾斜面となっており、約23°程度の角度となっている。



模型縮尺ごとの法肩侵食進行速度

※1/5模型の最大法肩侵食進行速度は、通水開始初期の土砂排出を含む速度となっており、最小法肩侵食速度は、通水開始初期の土砂排出を除く速度となっている。
(他の実験では法肩侵食現象の発生時間内の最大速度と最小速度で求めている。)



模型縮尺と法肩侵食速度の関係

推定線は、3実験の結果から最小二乗法で一次近似した結果から求めている。

2.1 1/5縮尺模型実験

(4) 縮尺効果の確認実験 (縮尺ごとの実験条件と実験結果のまとめ)

模型縮尺	再現方法	堆積厚 ()は模型値	下流落差 ()は模型値	実験材料	段落ち形状	法肩侵食後 残土厚 ()は模型値
1/25	三次元 B=20m	4.0m (0.16m)	2.0m (0.08m)	現地土砂 (礫分なし)	緩やかな勾配 2層※1	1.4m (0.06m)
1/15	二次元 B=7.5m相当	4.0m (0.27m)	2.0m (0.13m)	現地土砂 (礫分なし)	約90°の勾配 1層	0.4m※2 (0.03m)
1/ 5	二次元 B=3.0m相当	4.0m (0.8m)	2.0m (0.4m)	現地土砂 (礫分:多)	約23°の勾配 1層※3	1.3m (0.26m)

※1: 落下流による洗掘が下流水面上で止まり、2回に渡り段落ち流れが発生する
※2: 礫分がない状態の均一な土砂で、一定以上の落下エネルギーを確保できているため、他の条件と異なり残土厚が小さくなっていると考えられる。
※3: 通水開始初期に堆積土砂の1/3が流出し、全体的に現象の進行が速い。



縮尺1/25実験での段落ち状況



縮尺1/15実験での段落ち状況



縮尺1/5実験での段落ち状況

2.1 1/5縮尺模型実験

(4) 縮尺効果の確認実験 (表層土砂の粗粒化状況)

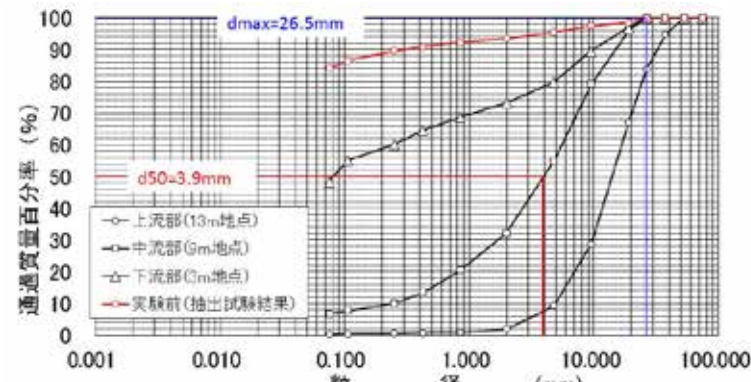
段落ち流れが上流部に到達した後、残置した河床表面に礫が堆積し、土砂の排出を阻害する現象 (表層土砂の粗粒化) が発生する。

【表層土砂の粗粒化状況】

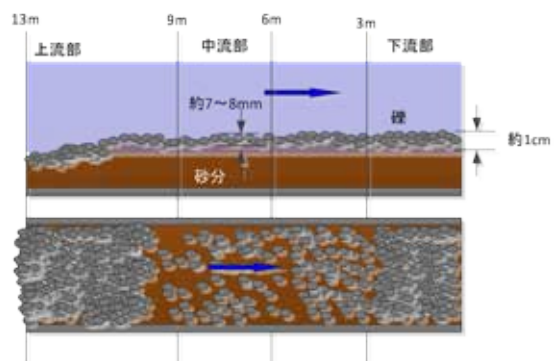
- 下流端近傍 (3m地点) では、表層全面に礫 (d_{50} =約4mm程度) が約1cm程度堆積している。
- 中流部 (6m~9m地点) では、下流端近傍と比較して礫の平面分布の範囲は狭いが、約7~8mm程度の厚さで堆積している。

➢ 現地でストックヤードへの投入土砂に礫が混入した場合、混入粒径によっては実験と同様に表面土砂の粗粒化が発生する可能性がある。

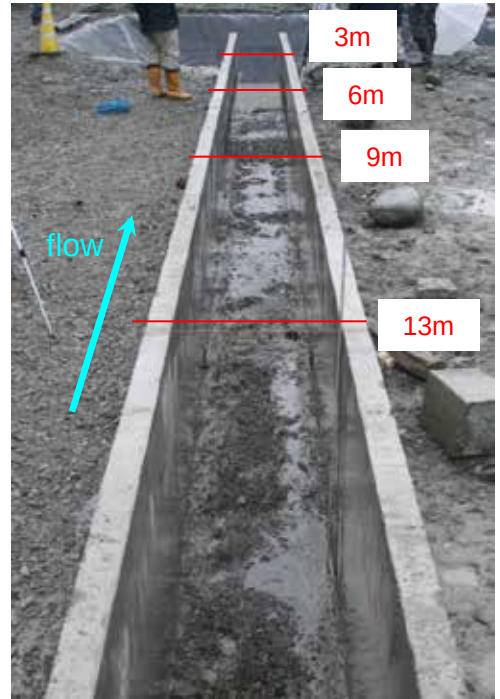
※上流部は、流入部の縮流等の影響を受けるため助走区間 (上流約3m区間) とし実験の評価からは除外している



表層土砂の粒径加積曲線 (地点別)



粗粒化のイメージ



通水後の水路内状況

※表層土砂の粒径加積曲線は、0.075mm以上の砂分・礫分の混入量を評価するため0.075mm以下の土砂については試験対象外としている。

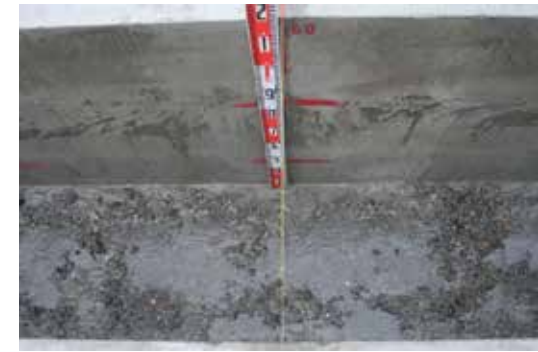
3m地点河床状況



6m地点河床状況



9m地点河床状況

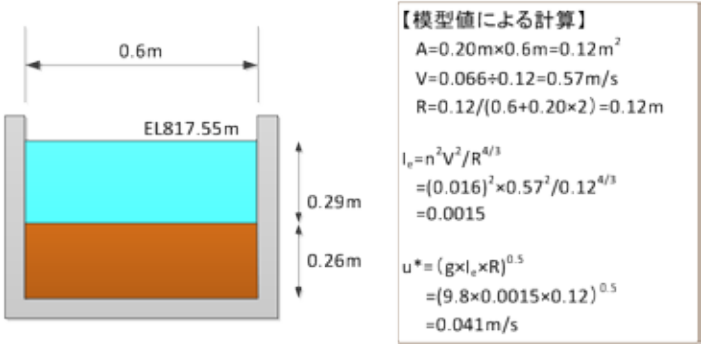


2.1 1/5縮尺模型実験

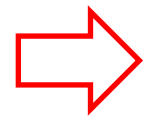
■縮尺効果の確認実験 (現地での粗粒化現象の発生の可能性の検討)

- 1/5縮尺模型において、粗粒化発生時の模型摩擦速度0.041m/sから得られる計算上の移動限界粒径と、実際に模型上で粗粒化している粒径は概ね一致している。
- 現地実機規模 (縮尺1/1) で摩擦速度が最も小さくなる空虚時には摩擦速度が0.055m/sとなり、移動限界粒径は4mm程度となる。
- 1/5縮尺模型で発生した礫による粗粒化現象は、現地施設においても4mm以上の礫分が混入すると発生する可能性がある。

①縮尺1/5模型において礫による表層の粗粒化が発生した模型上の摩擦速度を計測値から算出

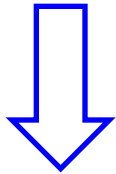


礫による粗粒化発生時の摩擦速度算出 (模型値)



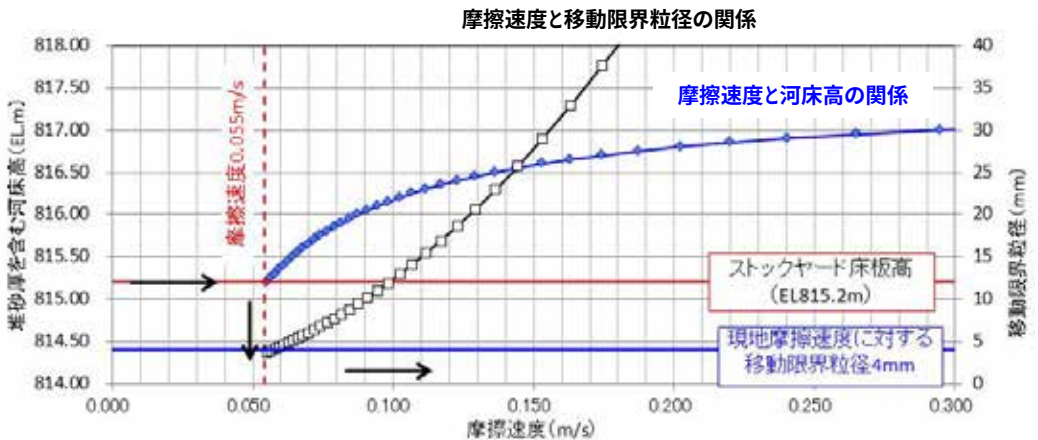
【1/5模型実験結果】
礫を含む土砂において、粗粒化により土砂排出速度が低下する条件を確認
(模型摩擦速度 0.041m/s)
⇒粒径の移動限界摩擦速度※から算出すると約3.8mm程度となり今回堆積した土砂のd50粒径 (3.9mm) と概ね一致している。

※岩垣の式から算出



1/5模型実験結果と同様の評価を現地規模で実施

②現地実機規模 (縮尺1/1) で摩擦速度が最小となる空虚時 (0.054m/s) の移動限界粒径を岩垣式より算出



堆砂厚を含む河床高・移動限界粒径と摩擦速度の関係 (現地規模)

【現地実機規模での推定】
摩擦速度が最小となる空虚時の摩擦速度を算出 (河床高EL815.2m: 摩擦速度0.055m/s)
⇒粒径の移動限界摩擦速度※から算出すると約4.0mm程度となりこれ以上大規模な粒径が混在した場合、模型実験と同様に粗粒化が発生する可能性がある。

2.1 1/5縮尺模型実験

(4) 縮尺効果の確認実験 (まとめ)

[現地規模における法肩侵食の進行速度について]

■1/5縮尺模型の段落ちの進行速度は、1/15及び1/25縮尺模型と比較して速く、1/15縮尺模型の約1.3倍 (1/25縮尺模型の約2.5倍) 程度となっている。

■法肩侵食の形態が模型縮尺によって異なるが、段落ちの進行速度に関しては、模型が大きくなるに従って速くなっており、現地規模 (縮尺1/1) においては約65～220m/h程度と推定され、現設計形状では単位幅流量が増加するため、更に早くなると予想される。

➤「(5) に示す現設計形状における排砂速度」との比較を行うことにより、設計条件における現地規模の進行速度を推定する。

[表層の土砂の粗粒化について]

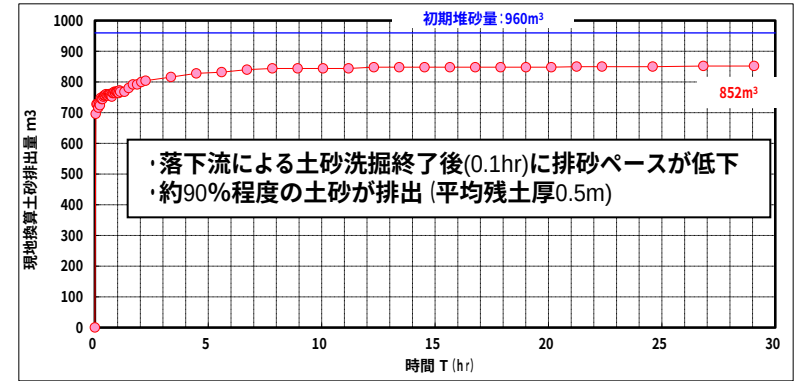
■1/5縮尺模型実験で発生した粗粒化現象は、現地実機施設においても計算上4mm以上の粒径の礫が混入する場合には発生する恐れがある。

➤表層の粗粒化による土砂排出速度 (法肩侵食) の低下が発生しないように、ストックヤード内に土砂を搬入する際に粒径 4mm以上の砂礫を除去する対策 (分級設備を配置して粗粒土砂を除去するなど) が必要である。

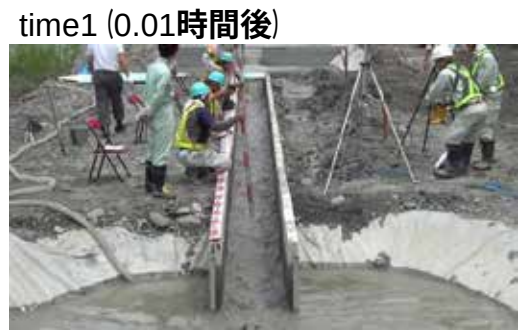
2.1 1/5縮尺模型実験

(5) 実運用時を想定した排砂状況の確認 (排砂状況:I-2,下流落差2.0m)

- 段落ち部は明確でなく緩やかな勾配で全体的に河床が低下する。
- 落下流による洗掘は、洗掘形状の変化による影響と混入している 礫 による影響で、床版部まで到達せず、水路全体に実機0.5m厚程度の礫に覆われた土砂が残る。
- 落下流の下流側の河床面は礫により、表面が粗粒化されて、流水による河床の侵食を阻害する。
- 1/25、1/15で発生したみお筋の形成は、確認できなかった。
 - I-1と同様に落下流による侵食は水路底面に達しない。
 - 混入している礫による影響により、法肩侵食終了後については、排砂量が大幅に減少する。
 - I-1と比較して流入流量が増加したこと、土砂内に混入する礫の規模が小さかったことから、土砂排出量が大きくなったと考えられる。



※case1-1実験土砂を約1.5cmメッシュを通した後の土砂を実験で使用。
case1-1と比較して礫混入量、粒径が小さくなっている。



落下流の攪乱による土砂洗掘①



落下流の攪乱による土砂洗掘②



流水力による河床洗掘が進行①



流水力による河床洗掘が進行②



流水力による河床洗掘が進行③



流水力による河床洗掘が進行 (通水終了)

1/5縮尺模型実験動画

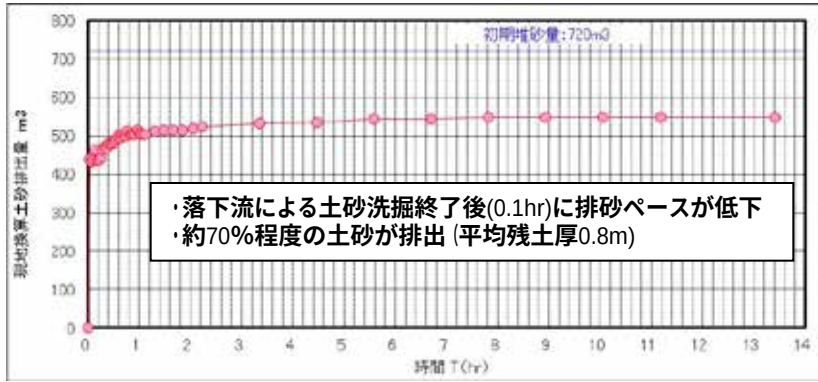
case1-2: 運用を想定した条件 (単位幅流量 $2.0\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ 、下流落差 2.0m)



2.1 1/5縮尺模型実験

(5) 実運用時を想定した排砂状況の確認 (排砂状況:I-3,下流落差:1.0m)

- 段落ち部は明確でなくI-2と同様に緩勾配で全体的に河床が低下する。
- 落下流による洗掘は、段落ち部の形状の変化による影響と混入している礫による影響で、床版部まで到達せず、水路全体に実機0.8m厚程度の礫に覆われた土砂が残る。
- 落下流の下流側の河床面は礫により、表面が粗粒化されて、流水による河床の侵食を阻害する。
- 1/25、1/15で発生したみお筋の形成は、確認できなかった。
 - I-2と同様に落下流による侵食は水路底面に達せず、混入している礫による影響により、法肩侵食終了後については、排砂量が大幅に減少する。
 - 下流端の落差がI-2と比較して小さくなった影響により、通水初期における土砂排出量が小さくなり、残土厚が大きくなる傾向となる。



time1 (0.01時間後)



落下流の攪乱による土砂洗掘①

time2 (0.04時間後)



落下流の攪乱による土砂洗掘②

time3 (0.1時間後)



流水力による河床洗掘が進行①

time4 (1.0時間後)



流水力による河床洗掘が進行②

time5 (5時間後)



流水力による河床洗掘が進行③

time6 (13.4時間後:排水後)



流水力による河床洗掘が進行 (通水終了)

1/5縮尺模型実験動画

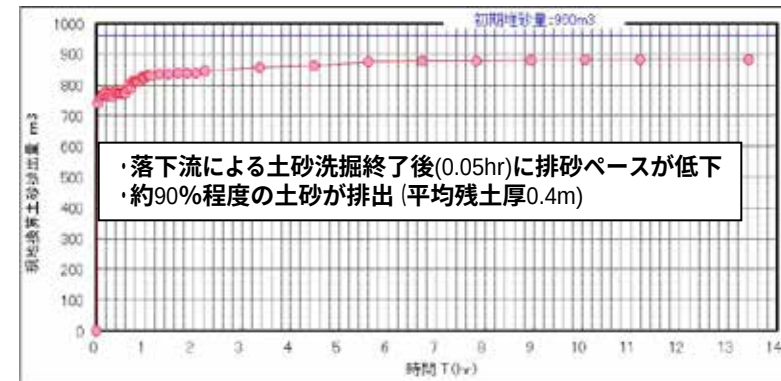
case1-3: 運用を想定した条件 (単位幅流量 $2.0\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ 、下流落差 1.0m)



2.1 1/5縮尺模型実験

(5) 実運用時を想定した排砂状況の確認 (排砂状況:I-4,下流落差2.5m)

- 段落ち部は明確でなくI-2と同様に緩勾配で全体的に河床が低下する。
- 落下流による洗掘は、段落ち部の形状の変化による影響と混入している礫による影響で、床版部まで到達せず、水路全体に実機0.4m厚程度の礫に覆われた土砂が残る。
- 落下流の下流側の河床面は礫により、表面が粗粒化されて、流水による河床の侵食を阻害する。
- 1/25、1/15で発生したみお筋の形成は、確認できなかった。
 - I-2と同様に落下流による侵食は水路底面に達せず、混入している礫による影響により、法肩侵食終了後については、排砂量が大幅に減少する。
 - I-2と比較して下流落差が増加したことによる影響で、通水初期における土砂排出量が若干大きくなる(約4%増加)。



time1 (0.01時間後)



落下流の攪乱による土砂洗掘①

time2 (0.02時間後)



落下流の攪乱による土砂洗掘②

time3 (0.04時間後)



落下流の攪乱による土砂洗掘③

time4 (0.1時間後)



流水力による河床洗掘が進行①

time5 (1.0時間後)



流水力による河床洗掘が進行②

time6 (13.4時間後:排水後)



流水力による河床洗掘が進行(通水終了)

1/5縮尺模型実験動画

case1-4: 運用を想定した条件 (単位幅流量 $2.0\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ 、下流落差 2.5m)



2.1 1/5縮尺模型実験

(5) 実運用時を想定した排砂状況の確認 (設計条件における現地実機規模の最大法肩侵食の進行速度の推定)

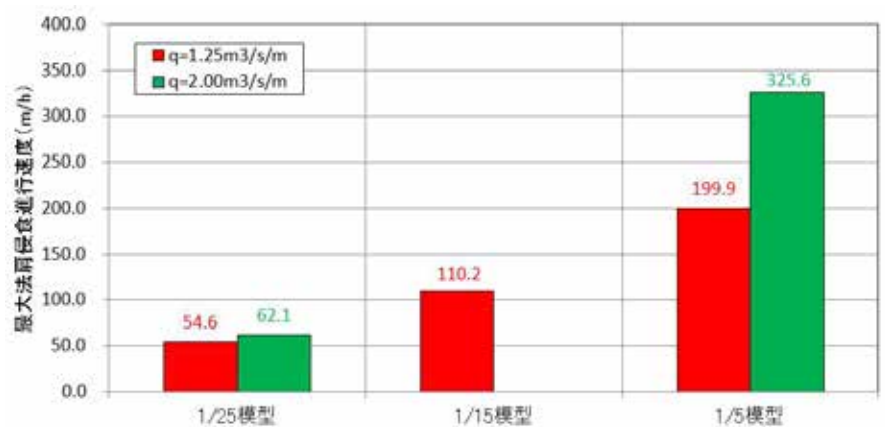
■設計条件における最大法肩侵食進行速度は約326m/hとなり、「縮尺効果の検討実験」での200m/hの約1.6倍となる。
➤設計条件における現地実機規模(縮尺1/1)においては最大約380m/h程度と推定され、段落ち流れによる洗掘は約0.7時間で上流端に達すると推定される。

※最小値については、1/5縮尺模型での排砂の進行が速く、実験結果が評価できない(参考として下図中には最大侵食速度と同様の上昇率の場合の推定線を示している)。

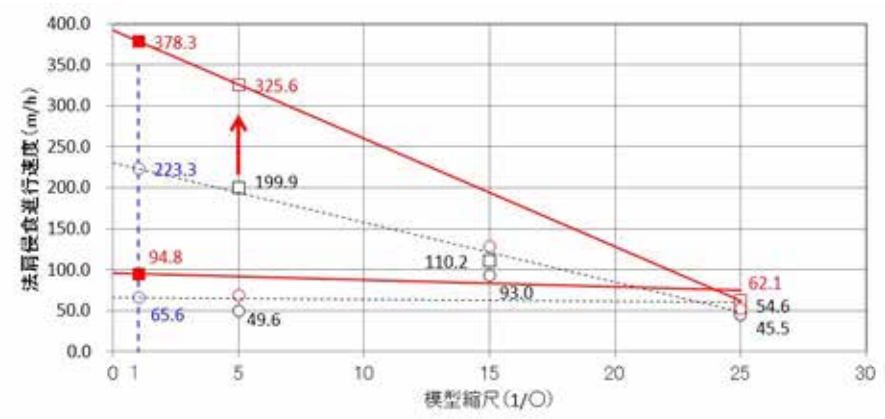
1/5縮尺模型 (縮尺効果の検討 $q=1.25\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)



1/5縮尺模型 (設計条件: $q=2.00\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)



最大法肩侵食進行速度の時系列変化



模型縮尺と法肩侵食速度の関係

2.1 1/5縮尺模型実験

(5) 実運用時における排砂状況確認実験 (堆積土砂厚・下流水位の影響)

[下流落差により影響を受けない現象]

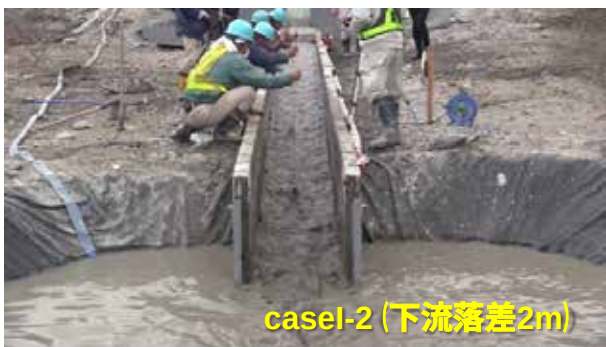
- ・落下流による洗掘は、段落ち部の形状の変化による影響と混入している礫による影響で、床版部まで到達しない。
- ・下流落差によらず、混入する礫による表層の粗粒化が発生し、通水初期における排砂現象が全排砂量に占める割合が大きくなる。
- ・1/25、1/15で発生したみお筋の形成はない。

[下流落差による影響を受ける現象]

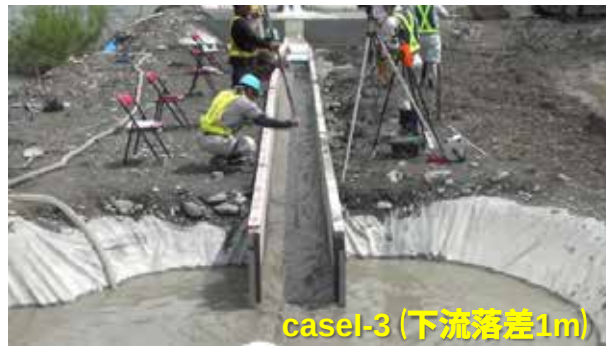
- ・下流落差が小さくなるに従って、法肩侵食速度が小さく、残土厚が大きくなる傾向となる。

➢下流の排砂ゲート開度を調整することにより、堆砂面上の水位と下流端の水位差を小さくすることにより、排出する土砂濃度を低下させる効果が期待できる。

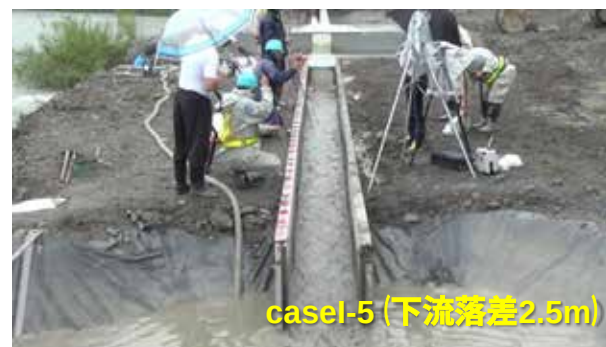
➢一方で下流落差を小さく調整しすぎると、残土厚が大きくなり全体的な土砂排砂機能(効率)が低下する。



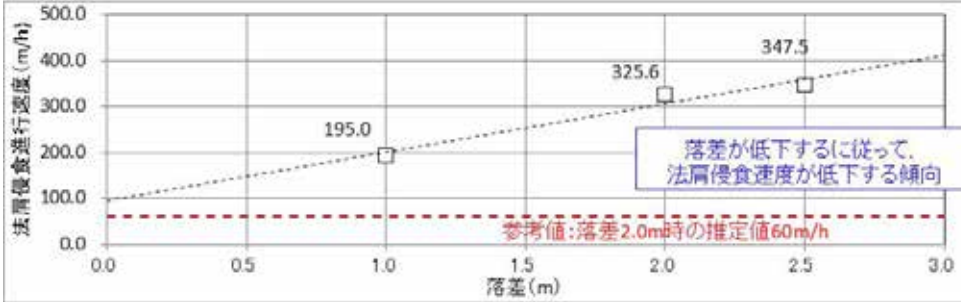
case-2 (下流落差2m)



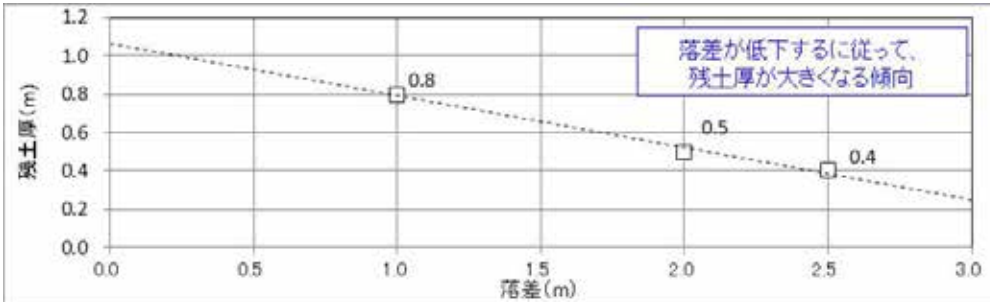
case-3 (下流落差1m)



case-5 (下流落差2.5m)



下流落差と法肩進行速度の関係



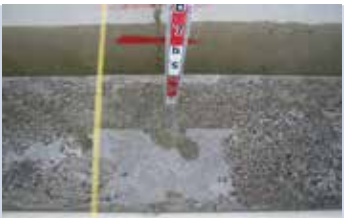
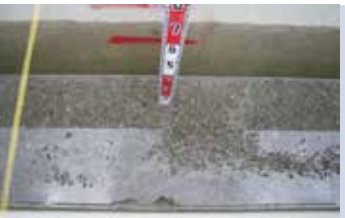
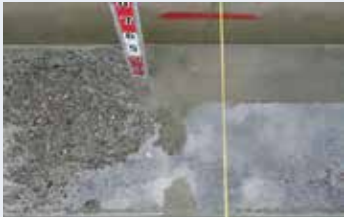
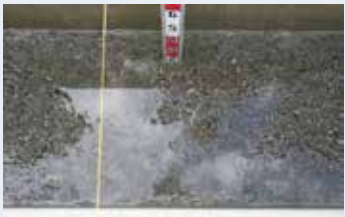
下流落差と残土厚の関係

各ケースごとの排砂状況

2.1 1/5縮尺模型実験

(5) 実運用時における排砂状況確認実験 (摩擦速度と河床面の状況)

- [通水後河床の状況]
- ・「縮尺効果の検討 (I-1)」と同様に、河床表面で礫による粗粒化が発生している箇所もあるが、一部範囲では粗粒化が発生せず、実験土砂が表面上に現れている。
- [安定河床時の摩擦速度 (模型値)]
- ・「縮尺効果の検討 (I-1)」と比較して河床面の低下量が大きくなったため、安定河床時の摩擦速度 (模型値) は0.02m/s程度まで低下しており、対象土砂の移動限界摩擦速度0.044m/s以下となっている。
 - 1/5模型実験では縮尺の影響による摩擦速度の低下により堆積土砂を全て排出させることは困難である (縮尺模型の限界)。
 - 現地 (1/1縮尺) では計算上摩擦速度は対象土砂の移動限界摩擦速度0.044m/s以上となることから、礫を除外した土砂を搬入した場合には、土砂は排出されると考えられる。

ケース番号	下流落差	法肩侵食後残土厚	安定河床時摩擦速度 [模型値]	河床状況 (3m地点)	河床状況 (6m地点)	河床状況 (9m地点)
I-2	2.0m	0.5m	0.018m/s			
I-3	1.0m	0.8m	0.019m/s			
I-4	2.5m	0.4m	0.026m/s			

2.2 スtockヤードから排出される土砂の挙動の確認実験

■ストックヤード～トラップ堰の離隔基本的な考え方

- ストックヤードとトラップ堰の離隔は、土砂バイパストネルに粗粒土砂の流入を防止するため、所定の離隔を考慮する必要がある。
 - ストックヤードの配置設計上は、離隔を最小限とし、配置の自由度を高めることが望ましい。
- ⇒机上検討で最小限必要な離隔を整理したうえで、その妥当性を模型実験で確認する。

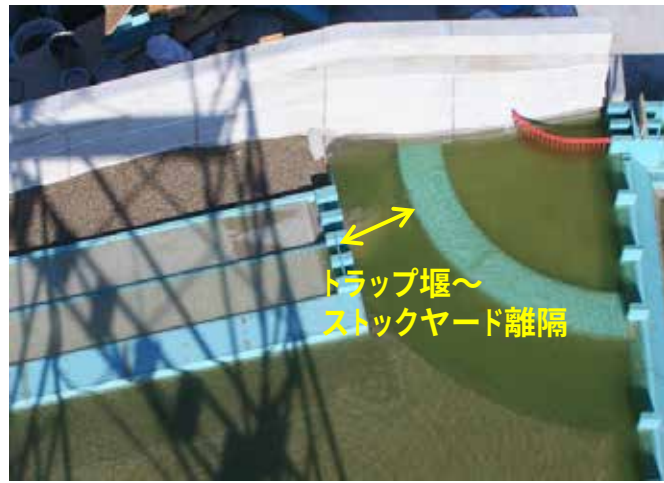
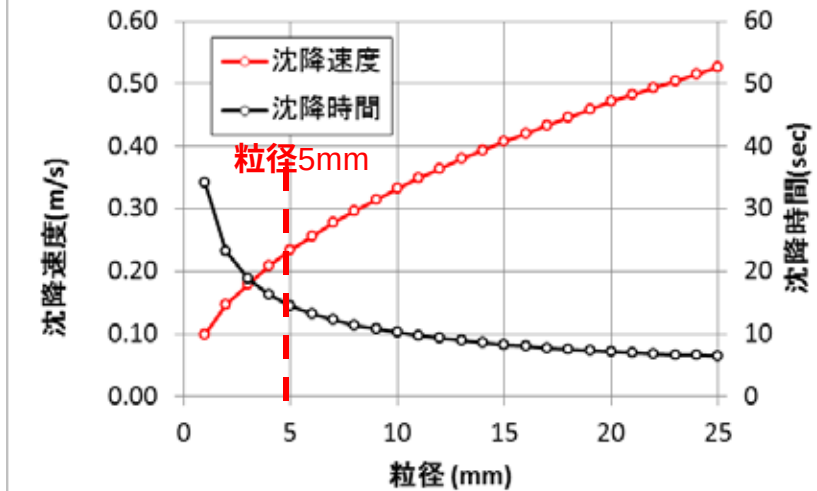
[机上検討における離隔設定の考え方]

ヤード下流端の水面から水平に放出された土砂が、水平流速と沈降速度の合成ベクトルで落下していくと仮定し、分派堰水位+817.2mとトラップ堰天端標高EL814.0mの標高差3.2mを沈降するのに必要な時間と流速から評価し、必要な離隔を算出。

[粒径毎の沈降速度と必要時間]

1mm～25mmの沈降速度と、土粒子が3.2m落下するのに必要な沈降時間を下図に示す。沈降時間は5mmで15秒程度となる。運用時の下流水位は+817.2mより低い状態も想定されることや、ストックヤード出口付近の流速のばらつきを考慮して10秒程度の余裕分を見込むと、必要な離隔は25m ($25s \times 1m/s = 25m$)となる。

粒径毎の沈降速度と3.2m沈降に要する時間



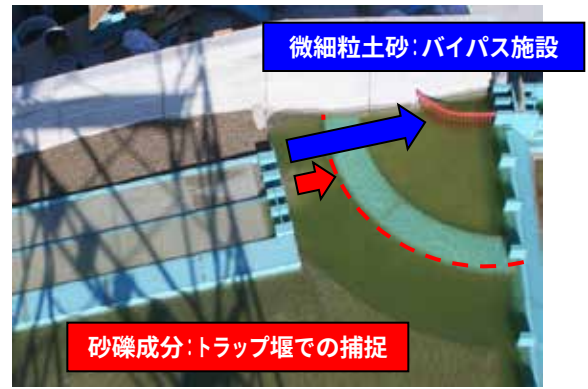
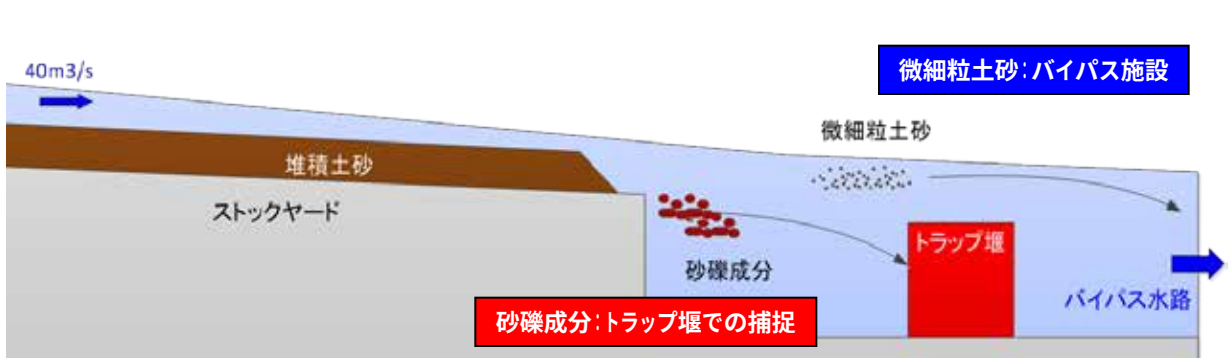
ストックヤード下流端では水深2m、通水幅20m(片側)で流量が $40m^3/s$ となるため、ストックヤード出口付近断面平均流速は $40/20/2=1m/s$

ストックヤードとトラップ堰の離隔25mの妥当性を実験で確認する。

2.2 スtockヤードから排出される土砂の挙動の確認実験

■実験の目的

ストックヤード運用時は微細粒土砂はバイパス施設へ、砂礫成分はトラップ堰で捕捉することとしている。
実験は、貯砂ダム地点流量、ストックヤード内河床形状を変化させ土砂性状ごとの排出状況を確認することを目的に行った。



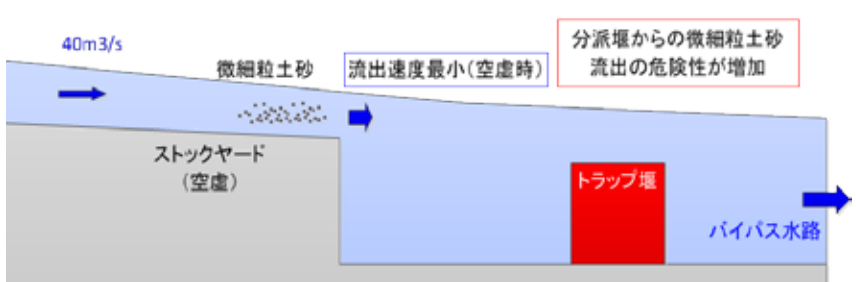
■実験概要

「微細粒土砂」と「砂礫成分」のストックヤードからの排出状況をそれぞれ確認した。

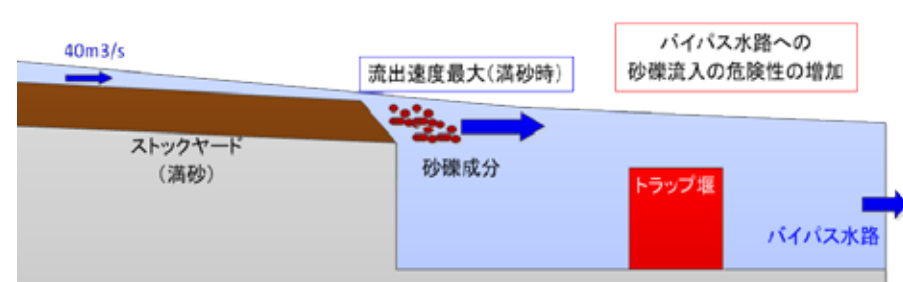
【微細粒土砂 (染料)】
微細粒土砂を染料で再現し、ストックヤードから流出した染料が分派堰から流出することなく、バイパス水路に引き込まれることを確認
※ストックヤードからの流出流速が最小となり、分派堰方向に土砂が移動する危険性が最も高いストックヤード内空虚時に検討

【砂礫成分 (浮遊運動の相似性を考慮した砂)】
砂礫成分を沈降速度が一致する模型縮尺相当の砂で再現し、ストックヤードから流出した砂礫成分がトラップ堰に捕捉されバイパス水路内に流入しないことを確認
※ストックヤードからの流出流速が最大となり、トラップ堰を土砂が通過する危険性が最も高いストックヤード内満砂時に検討

微細粒土砂の検討イメージ



砂礫成分の検討イメージ



2.2 スtockヤードから排出される土砂の挙動の確認実験

■微細粒土砂の流出状況の確認実験の概要

全体模型実験を用いた微細粒土砂の流出状況の確認

ストックヤード内に搬入された微細粒土砂のストックヤードから排出される状況を実験によりを確認する。
微細粒土砂は、沈降せず水面上を浮遊した状態（流水と同一の挙動）で流下するため、ストックヤード内の水を染料（青色）で着色し、挙動を把握した。

実験条件模型縮尺1/50
＜形状条件・流量条件＞
○形状条件：ストックヤード幅40m、隔壁ありの形状で、下流端の流速が最も大きくなる状況を想定し、ストックヤード内は空虚状態を固定床で再現した。
○流量条件：貯砂ダム地点流量は100,300,600m³/sの3流量で、ストックヤード内は40m³/sを片側で通水する。
○下流水位条件：下流端は運用に合わせた水位条件を設定した。

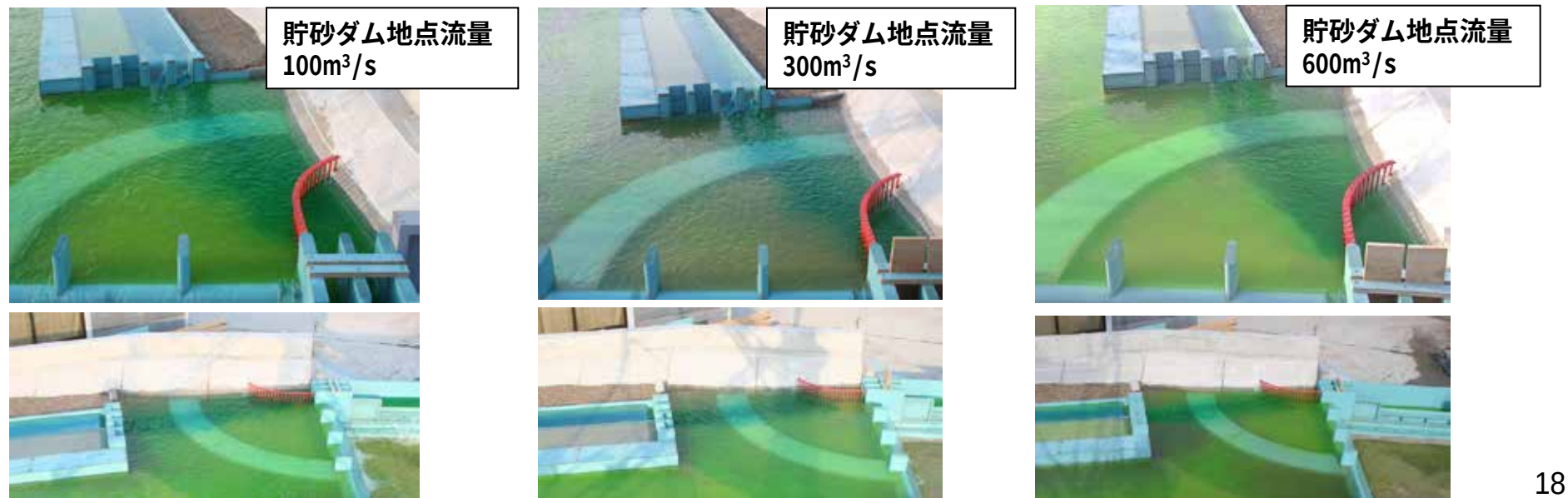
表 微細粒土砂の流出状況の確認ケース

ケース No.	貯砂ダム地点流量	ヤード内流量	下流水位	ヤード内河床条件	計測項目
1	100m ³ /s	40m ³ /s	EL.816.74m	空虚状態	流況
2	300m ³ /s		EL.816.74m		
3	600m ³ /s		EL.817.45m		

※ストックヤード下流端標高は、EL815.2mに設定し実験を実施

■微細粒土砂の流出状況の確認実験結果

・全ての流量条件において、微細粒土砂はバイパス方向に流下し、分派堰方向に流下することはない。
➢ストックヤード外に排出された微細粒土砂は、全量バイパスに流入し、効率的な排砂が可能であることが確認できた。



2.2 スtockヤードから排出される土砂の挙動の確認実験

■砂礫の捕捉機能の確認実験の概要

全体模型実験を用いたトラップ堰の砂礫の捕捉機能の確認
現地で実施した縮尺1/5実験で混入した粗粒分のd50粒径(5mm程度) ～d80粒径程度(20mm程度)を想定して、実験により捕捉効果を確認する。
対象とする現象はstockヤード下流端からの流出した土砂の沈降現象であるため、浮遊運動の相似性を考慮して実験条件を設定した。

- 実験条件: 模型縮尺1/50
- <形状条件・流量条件>
- 形状条件: stockヤード幅40m、隔壁ありの形状で、下流端の流速が最も大きくなる状況を想定し、stockヤード内は満砂状態を固定床で再現した。
 - 流量条件: 貯砂ダム地点流量は100,300,600m³/sの3流量で、stockヤード内は40m³/sを片側で通水する。
 - 下流水位条件: 下流端は運用に合わせた水位条件を設定した。
- <土砂条件>
- 対象粒径: 粒径は実物の5mm、10mm、20mmに相当する3粒径とする。
 - 実験土砂: 対象とする現象は沈降現象であることから、沈降速度と流速の比率が実物と模型とで一致する比率で設定した (右図参照)。
※沈降速度と流速の比率が合うように設定すると、実験土砂の粒径は幾何学的縮尺よりも大きくなる。
 - 供給土砂: 給砂土砂量はstock土砂の10%に相当する3,000m³とし、5mm、10mm、20mm相当の土砂を1000m³ずつ、同時に給砂する。
※実験砂は単一粒径土砂である珪砂を用いた。

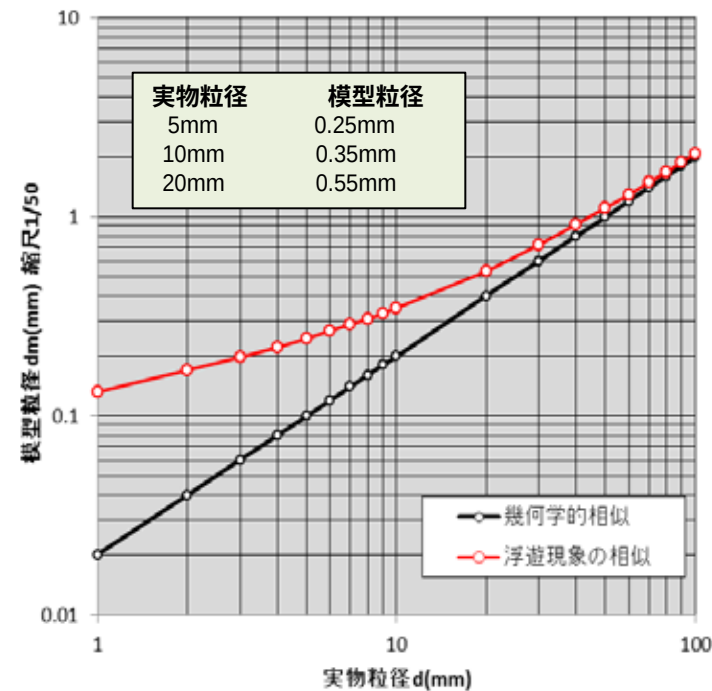


図 原型粒径と模型粒径の関係

表 砂礫の捕捉機能確認実験ケース

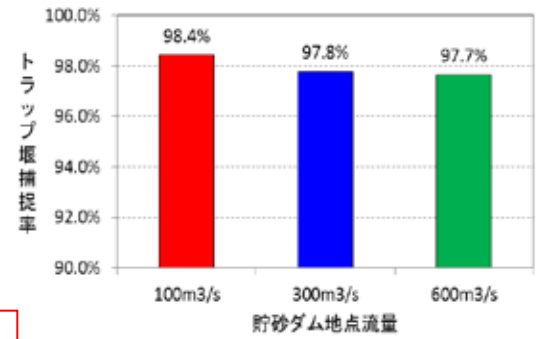
ケース No.	貯砂ダム 地点流量	ヤード内流量	下流水位	ヤード内 河床条件	投入土砂量	計測項目
1	100m ³ /s	40m ³ /s	DL.816.74m	満砂状態	3000m ³ 5mm,10mm,20mmを各1000m ³ 同時に給砂	流況、捕捉土砂量
2	300m ³ /s		DL.816.74m			
3	600m ³ /s		DL.817.45m			

※stockヤード下流端標高は、EL815.2mに設定し、トラップ堰前面標高はEL810mで実験を実施

2.2 スtockヤードから排出される土砂の挙動の確認実験

■砂礫の捕捉機能の確認実験結果

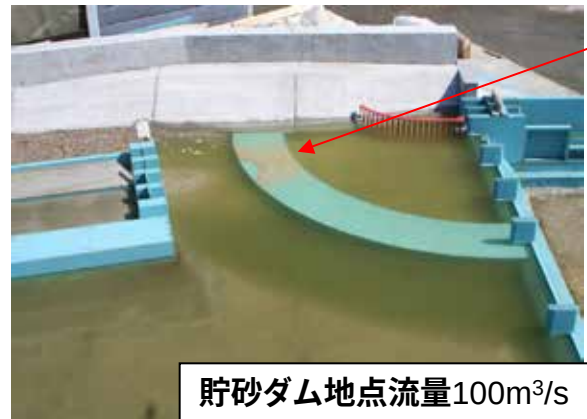
- ・砂礫分は、全ての流量条件において概ねトラップ堰の上流側に堆積する (投入土砂量の約97%) ため、懸念されていたバイパスへの砂礫分の流入は殆どない。
- ・粒径10、20mm相当の土砂については全てトラップ堰により上流側で捕捉され、粒径5mm相当の土砂のみが、少量バイパスへ流入する。
- 現在設定されているストックヤード下流端部からトラップ堰までの離隔25mがトラップ堰の5mm以上の砂礫を捕捉効果を発揮するために適切な条件である。



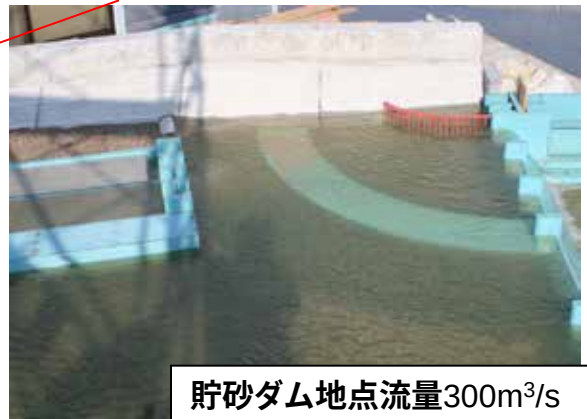
トラップ堰の天端に粒径5mm相当の土砂が堆積 (投入土砂量の約1.2%) するが、トラップ堰の捕捉効果と考えることができる

図 流量ごとのトラップ堰による砂礫捕捉率
※砂礫捕捉率=トラップ堰前面に堆積土砂量/投入土砂量
(トラップ堰上部の土砂は含まない)

土砂の排出状況



貯砂ダム地点流量100m³/s



貯砂ダム地点流量300m³/s

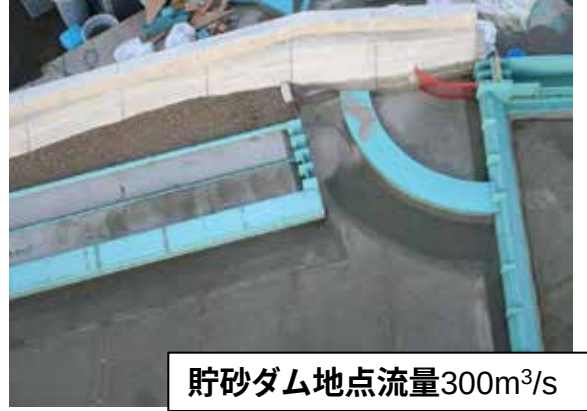


貯砂ダム地点流量600m³/s

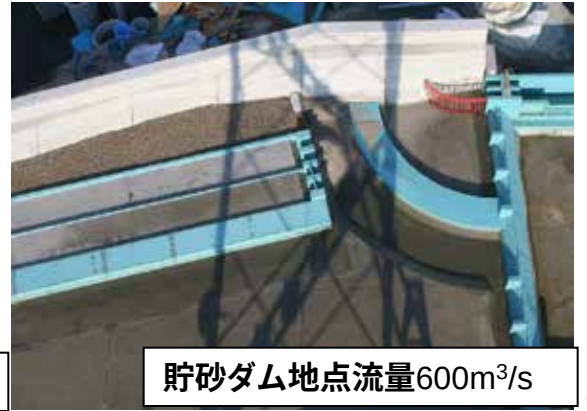
通水後の土砂堆積状況



貯砂ダム地点流量100m³/s



貯砂ダム地点流量300m³/s



貯砂ダム地点流量600m³/s