資料1

第9回 十勝川千代田実験水路等 実験アドバイザー委員会

平成26年度 破堤拡幅抑制工実験 実験実施報告

実験概要の目次

| 1. | 実験の目的 | P2 |
|----|----------|-----|
| 2. | 第1回実験の概要 | P4 |
| 3. | 第2回実験の概要 | P13 |
| 4. | 実験の結果 | P19 |

H26破堤拡幅抑制工実験の目的

実験は、<u>最も厳しい水理条件(流況)</u>及びより少数のブロックで抑制する条件の2ケースを実施。 千代田実験水路で実験可能な範囲(最も厳しい水理条件から緩い条件まで)で実験を行うことで 実河川への適用を検討。



水理模型実験による予備検討(H24~H25)

■ 現地実験の予備実験として、水理模型実験(縮尺1/20)を行い、ブロックの配置方法や抑制効果を確かめています。

【実験条件】

| | 堤防·水路形状 | | | | 流量 | | |
|-------------|--------------|------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------------|--|--|
| 高さ (m) | 法勾配 | 水路幅 (m) | 堤体 · 河床 材料D ₅₀ (mm) | 水面勾配 (目標) | 通水流量 (m ³ /s) | | |
| 0.15 (3) | 1:2 (1:2) | 0.4 (8) | 0.55 (11) | 1/500 (1/500) | 0.039 (70) | | |

※カッコはフルード相似則による現地換算値

【実験状況】



【検討内容】

- ブロックの<u>配置方向</u>の検討(流れに対するブロックの安定した配置方向を検討)
- ブロックの<u>配置断面</u>の検討(破堤拡幅の抑制に効果的なブロックの配置を検討)
- ブロックの配置位置の検討(破堤開始位置に対し、効果的なブロックの配置開始位置を検討)
- ブロックの<u>連結効果</u>の検討(ブロックを連結した場合の安定性向上について検討)

実験実施計画に基づき、平成26年6月26日(木)に破堤拡幅抑制工の実験を実施。 実験は公開とし、約260人の来場があった。



- 手持ちビデオ撮影(計5基、背割堤破堤部上流:P435、氾濫域ステージP420:鋼矢板側から3基:P440,P460,P500)
- レーザースキャナ(2基:氾濫域P438、矢板P475)

【ブロック配置】

切欠部から下流へ10m離れた堤防横断面上に天端2列、法面3列、法尻1列のブロック配置で 実験を実施(ブロック個数144個、設置延長L=21.2m)



平面配置図



6m

2.5m



ブロックの配置状況

【使用したブロック】

+勝管内で水防資材として最も保有数が多く、河岸保護のための投入資材として実績が高い、 2t型の根固めブロックを使用。



実験に用いたブロック(2t型)

【実験流量】

H22破堤実験の基本ケースの70m³/sを 目標流量として、約2時間の通水を行った。 水面勾配は1/500、Fr数は0.47に設定。



流量ハイドログラフ(実験当日)

【堤体材料】

堤体から採取した材料は砂礫分の多い材料で構成されている。一方、築堤時に採取した盛土 材料は、やや細粒分が多い材料となっている。



【観測項目一覧】

| 区分 | 観測項目 | 前 | 通水 | 後 |
|---|---------------------|---|----|---|
| 北位知測 | 定点水位計観測(電波式) | — | 0 | — |
| | ダイバー式水位計観測 | — | 0 | — |
| 法皇,法法知测 | ADCP橫断観測 | — | 0 | — |
| | 電波式流速計観測 | — | 0 | — |
| | 流況(ラジコンヘリ)写真撮影 | 0 | 0 | 0 |
| | 流況(地上)ビデオ撮影 | — | 0 | _ |
| 破堤氾濫状況観測 | PIV流速観測 | — | 0 | — |
| | 破堤部3D画像解析(水面形状) | — | 0 | — |
| | トレーサー散布 | — | 0 | — |
| 冲担洗掘状 刀捆木 | 加速度センサー観測 | — | 0 | 0 |
| 10, 远流湖久沉韵宜 | 色砂観測 | — | — | — |
| 111月11日11日、11日11日、11日11日、11日11日、11日11日、11日11日 | レーザースキャナー観測 | — | 0 | — |
| 破堤抑制工(依回ノロック)追跡調査 | 破堤抑制工(根固ブロック)移動位置計測 | 0 | — | 0 |
| 3月1日 | 実験水路内、及び氾濫域地形測量 | 0 | — | 0 |
| 四里 | 横断測量(流量観測用) | 0 | — | 0 |
| 河床材料調査 | 実験水路内及び氾濫域河床材料調査 | 0 | — | 0 |
| 堤防材料等分析 | 堤防材料等分析 | 0 | | |
| その他 | ブロック間流速調査 | _ | _ | _ |

【通水状況】









【通水状況】





9時27分 破場幅25m(下流側) 25m 2.5m



【通水後の状況】



【破堤拡幅の進行】

破堤拡幅は、破堤幅約20mに到達後、緩やかに進行し、約60分で下流側に約10m拡幅した。 その後、ブロック設置区間を過ぎると、破堤拡幅の進行速度は再度速くなった。



破堤幅の時間変化

【概要】

第2回目の実験を平成26年7月4日(金)に実施。

【ブロック配置】

第1回実験終了後の地形のまま、切欠部から下流側へ50m離れた堤防横断面上に法尻1列のブロック配置で実験を実施(ブロック個数33個、設置延長L=30m)



【実験流量】

第1回実験と同様の目標流量とし、約2.5 時間の間、70m³/sの再通水を行った。



【ブロック配置状況】



【観測項目一覧】

| 区分 | 観測項目 | 前 | 通水 | 後 |
|---------------------------------------|---------------------|---|----|---|
| 北位知測 | 定点水位計観測(電波式) | — | 0 | — |
| 八位银炉 | ダイバー式水位計観測 | — | 0 | — |
| 法皇,法违知测 | ADCP横断観測 | — | 0 | _ |
| | 電波式流速計観測 | — | 0 | |
| | 流況(ラジコンヘリ)写真撮影 | — | — | 0 |
| | 流況(地上)ビデオ撮影 | — | 0 | |
| 破堤氾濫状況観測 | PIV流速観測 | — | 0 | |
| | 破堤部3D画像解析(水面形状) | — | 0 | _ |
| | トレーサー散布 | — | _ | |
| <u> </u> | 加速度センサー観測 | — | 0 | 0 |
| 吸堤沉湎沉加直 | 色砂観測 | — | — | 0 |
| 1111111111111111111111111111111111111 | レーザースキャナー観測 | — | — | |
| 破堤抑制工(松固ノロック)追跡調査 | 破堤抑制工(根固ブロック)移動位置計測 | — | — | _ |
| ·m 문 | 実験水路内、及び氾濫域地形測量 | 0 | — | 0 |
| /刑里 | 横断測量(流量観測用) | — | — | 0 |
| 河床材料調査 | 実験水路内及び氾濫域河床材料調査 | — | — | 0 |
| 堤防材料等分析 | 堤防材料等分析 | — | — | |
| その他 | ブロック間流速調査 | _ | 0 | |

【通水状況】









【通水後の状況】



【破堤拡幅の進行】 再通水後、破堤拡幅が進行し、ブロック設置位置(破堤幅50m)に到達。 破堤幅約58mから破堤拡幅の進行速度が緩やかとなり、破堤幅60mで通水を停止した。



破堤幅の時間変化

実験結果の整理

実験結果の目次

| 1. | 破堤拡幅 | P21 |
|-----|----------------------------|-----|
| 2. | 崩壊土量 | P22 |
| 3. | 河道と氾濫域の水位 | P23 |
| 4. | 氾濫流量 | P25 |
| 5. | 破堤部周辺の流速 | P28 |
| 6. | 破堤部周辺の水面形 | P30 |
| 7. | 水位・河床高の縦断分布の比較 | P31 |
| 8. | 堤体の縦断形状の変化 | P33 |
| 9. | 無次元掃流力の算出 | P36 |
| 10. | ブロック下部の堤体侵食 | P38 |
| 11. | ブロック内部の流速 | P39 |
| 12. | ブロックの移動状況 | P40 |
| 13. | ブロック重量と流速の関係(実験結果と計算結果の比較) | P41 |
| 14. | 観測データ(参考資料) | P44 |

破堤幅の時間変化

- 破堤幅(天端中央)の時間変化(左図)と変化量(右図)を示す。
- H26実験は、ブロック効果が現れるまではH22実験の破堤拡幅速度と同様。
- 切欠より上流側への破堤進行は、H22実験と概ね同じである。
- H25実験、H26実験の1回目、2回目ともブロックによる抑制効果がみられた。



崩壊土量の時間変化

- 崩壊土量は、加速度センサーの流出結果から平均断面法により求めた。センサーは切欠部より下流側30m地点(ブロック設置区間末端)まで埋設されている。なお、第2回実験の破堤実験区間では、観測データが得られていない。
- H25実験およびH26実験とも、H22実験に比べ、基盤部の流出土量が小さい。
- ブロック到達後は、崩壊土量の変化量は小さくなっている。



河道水位の時間変化

■ 河道と氾濫域の水位と水位差について、破堤実験区間の平均水位から求めた。河道は水路 左岸側の矢板、氾濫域は裏法尻から氾濫域側約60mの位置の観測値である。 ■ H26実験は破堤拡幅とともに水位が低下。H25実験に比べて河道の水位低下が速い。

■ ブロック到達後は、河道水位が高く保たれ、氾濫域水位も上昇している。

※破堤実験区間の平均水位 ・H26実験(切欠部から上流側25m、下流側75mまでの区間) ・H25実験(切欠部から上流側25m、下流側75mまでの区間) ・H22実験(切欠部から上流側25m、下流側50mまでの区間)



河道水位の時間変化

※H22実験は、破堤実験の基本ケース(ブロックは設置していない)

河道水位と破堤幅の関係

- 破堤実験区間の河道と氾濫域の平均水位と破堤幅の関係を示す。河道水位は、水路左岸の 矢板側と水路中央1点で観測した平均値、氾濫域は裏法尻から氾濫域側約60mの位置の観 測値である。
- H26実験のブロック到達後では、破堤幅が広がっても河道水位が低下せず高い状態が保たれている。
- H26実験は、ブロックが破堤部に落下し基盤洗掘を抑制し、かつ抵抗になったことで、破堤部 周辺の水位が高く保たれたと考えられる。 ※破堤実験区間の平均水位

・H26実験(切欠部から上流側25m、下流側75mまでの区間)
・H25実験(切欠部から上流側25m、下流側75mまでの区間)
・H22実験(切欠部から上流側25m、下流側50mまでの区間)



氾濫流量の時間変化

- 氾濫流量の時間変化(左図)と変化量(右図)を示す。流量は破堤実験区間の上下流流量の 差分とした。
- H26実験の氾濫流量は、ブロック到達後に変化量が小さくなる。ブロック設置範囲を超えると 変化量は大きくなる。



氾濫流量の時間変化

氾濫流量と破堤幅の関係

- 氾濫流量と破堤幅の関係を示す。流量は破堤幅毎の平均値である。
- H26実験の1回目において、ブロック設置区間の氾濫流量では、同じ堤体幅で比べるとH22実験より常に小さい。
- H26実験の2回目で破堤が停止した時点の氾濫流量は、H22実験の終了時点の氾濫流量より小さい。



氾濫流量と破堤幅の関係

単位幅当りの氾濫流量比

■ 急流河川における氾濫流の特性と、その定量的な扱いについて検討し、氾濫流量に及ぼ す開口幅の影響を調べている^{※)}。これらを参考に破堤幅と単位幅の氾濫流量比の関係を 整理した。単位幅当りの氾濫流量比は、次式より求める。

 $q_2 = \frac{Q_2/W}{q_1}$ q_1 :上流流量と川幅(水路幅)の比、 q_2 :氾濫流量と破堤幅の比

 $\overline{q_1}^{-}$ $\overline{Q_1/B}$ Q_1 :上流流量、 Q_2 :氾濫流量、B:川幅(水路幅)、W:破堤幅(天端中央の幅)

■ 同じ破堤幅を比べると、H26実験では、ブロックが無い場合に比べ、ブロック設置範囲の単位幅当りの氾濫流量比は小さい。



※土木学会 河川懇談会 平成9年度開始共同研究成果 山坂ら:扇状地河川における氾濫被害に関する研究

破堤部周辺(裏法尻周辺)の流速

【第1回実験】

H26破堤拡幅抑制工実験

■ 破堤部周辺の表面流速(PIV観測結果)について、H22破堤実験と比較すると、ブロックが あることで流水に対する抵抗が増加し、裏法面から裏法尻周辺にかけて表面流速が抑制されている。



H22破堤実験

破堤開口部中央の流速分布

■ 氾濫流の流出特性を把握するため、開口部中央の表面流速(PIV解析)の一例を示す。
■ 氾濫流は、開口部中央付近で流速が速く、上下流端で遅い分布となっている。

■ 下流端の流速は、概ね同じ傾向を示す。また、H26実験とH22実験では、H25実験に比べて 上流端側の流速が速い傾向を示す。





破堤部周辺の水面形

- 画像解析(ステレオ解析)から得られた破堤部周辺の水面形を示す。
- H26実験の破堤幅20mでは、H25実験に比べ、河道を含む破堤部周辺の水位が高い。
- 水路左岸の水位に比べ、破堤部周辺の水位が高いことから、次項で破堤部周辺の水位と 河床高の縦断分布について整理する。



H26破堤拡幅抑制工実験(第1回目)



H25破堤拡幅抑制工実験(第1回目)



※破堤幅は、切欠部より下流側を示す。

水位·河床高の縦断分布の比較(切欠から下流10m)

- 同一破堤幅における破堤部周辺の水位縦断分布について、画像解析(ステレオ)結果を示す。 また、天端中央の加速度センサーの流出結果と実験後の河床高も示す。
- 破堤幅10mでは、天端中央の水位は、切欠付近が低く、破堤部下流端は高い。



破堤幅10.5m(切欠部より下流側10m、上流側0.5m)

※太線はブロック設置範囲



※図中の時間は、越水開始からの経過時間を示す。

破堤幅11m(切欠部より下流側10m、上流側1m)

t=92min

裏法尻

天端中央

表法尻

水位·河床高の縦断分布の比較(切欠から下流20m)

■ H26実験のブロック区間(太線)は、到達前の区間に比べ、水位が高い。 ■ H26実験は、H25実験に比べて基盤に近い部分の堤体崩壊が進行していない。 ■ H25実験と比べ、河道側と裏法尻の水位差が大きい。

t=22min t=172min 裏法尻 裏法尻 天端中央 天端中央 表法尻 表法尻 Flow ※太線はブロック設置範囲 17 17 16 16 15 15 Ξ Ξ Ц Щ 14 14 13 ---- 初期堤体形状 --- 初期堤体形状 - 0 - 天端中央センサー流出高 - 0 - 天端中央センサー流出高 天端中央河床高(実験後) 天端中央河床高(実験後) 12 水位(表法尻) 水位(表法尻) 20 10 0 -10 30 20 10 0 -10 水位(天端中央) 水位(天端中央) 縦断距離 [m](切欠部を0mとして下流側をプラス、上流側をマイナス) 縦断距離 [m](切欠部を0mとして下流側をプラス、上流側をマイナス) 水位(裏法尻) 水位(裏法尻) H25第1回実験 H26第1回実験 破堤幅21.5m(切欠部より下流側20m、上流側1.5m) 破堤幅22m(切欠部より下流側20m、上流側2m)

※図中の時間は、越水開始からの経過時間を示す。

水位·河床高の縦断分布の比較(切欠から下流30m)

- H26実験は、破堤部の水位と堤体高がH25実験と比べ高く、河道側と裏法尻の水位差は依 然として大きい。
- H26実験はブロックがあることで、基盤に近い部分の堤体崩壊が進行せず、破堤部周辺の水 位が高く保たれたと考えられる。



※図中の時間は、越水開始からの経過時間を示す。



※太線はブロック設置範囲



破堤幅36m(切欠部より下流側30m、上流側6m)

破堤幅32m(切欠部より下流側30m、上流側2m)

水位·河床高の縦断分布の比較(H26とH25の比較)

- H26第2回実験のブロック1列とH25実験のブロック3列の違いについて、破堤拡幅停止時の 水位縦断形を比較する。
- H26実験の河道と裏法尻の水位差は、H25実験の破堤拡幅停止時に比べて小さい。



※図中の時間は、越水開始からの経過時間を示す。

堤体の縦断形状の変化

 加速度センサーの流出結果から堤体の崩壊過程を推定
H26実験は、ブロックの床固めにより、H25実験に比べて 堤体部における落掘深さが小さい。



※破堤幅は天端中央間の幅を示す。 ※実線:ブロック設置範囲、点線:ブロック未設置範囲


無次元掃流力の算出





破堤幅11m(下流側10m、上流側1m)

破堤幅20.5m(下流側20m、上流側0.5m)

破堤部周辺の無次元掃流力

■ 各破堤幅まで拡幅した時刻の無次元掃流力を示す。参考として破堤幅の時間変化も示す。
 ■ H26実験は、ブロック設置範囲の掃流力がH25実験と同程度に落ちている。
 ■ H26実験1回目で掃流力が小さいのに破堤が停止しなかった要因を次項で考える。



ブロック下部の堤体侵食

- 加速度センサーの流出結果と流況(PIV観測結果)からブロック下部に水が走って堤体が侵食 されたことが推定される。
- 越水開始から20分経過後の破堤幅は19mであるが、破堤幅25mの位置に設置した加速度センサーのうち、裏法中央のセンサーは基盤近くまで流出している。
- PIV観測結果では、ブロック設置下流端(破堤幅31m)の下部からの流水が確認できる。



ブロック内部の流速

【流速の比較(第2回実験)】

- 電磁流速計をブロック内に設置し計測。計測間隔は1秒とし、1分の移動平均値として整理。
- ブロック内で最大1m/s近い流速が観測された。
- ブロック内部の流れは、表面の流れ(PIV解析)に比べ、総じて遅かった。



ブロックの移動状況(第1回実験)

【第1回実験】

- 破堤拡幅抑制工(根固ブロック)の通水による挙動を把握するため、トータルステーションで通 水前後の位置計測を行った。
- 水平移動量が最も大きい2列目の天端ブロックでは、氾濫域の上流側へ約20m移動した。また、河床部に近い法尻3列のブロックの最大沈下量は約2.2mとなった。
- 氾濫域へ移動したブロック周辺では、流速が約4m/sから約2m/s程度であった。
- 47番目(7列目)以降では、天端ブロック以外は、ほぼ移動していない。



破堤幅12.5m

根固めブロックの挙動(第2回実験)

【第2回実験】

- 法尻に設置したブロックはほぼ移動が認められず、沈下量が最も大きい1番目のブロックで約0.6mである。
- あらかじめ河床部に設置しているブロックは、河床低下による沈下はあるが、群体として安定しており氾濫流への抵抗となっていたと考えられる。



ブロック重量と流速の関係

■ ブロックの移動限界について、護岸の力学設計法に示される次式を用いて検討した。



ここに、Wはブロックの空中重量、 ρ_w は水の密度、 ρ_b はブロックの密度、gは重 カ加速度、 V_d はブロックに作用する流速である。 α はブロックの形状に係わる無 次元定数、 β は群体配置したときの割引係数である。土木研究所が行った実験 では、5種類のブロック形状に対して α 、 β を求めている。



ブロック重量と流速の関係(実験結果と計算結果の比較)

- H26実験で用いたブロックの単体(α値)のブロック重量と流速の計算結果を示す。
- ■参考として、本実験のブロック形状に近い長方形型(護岸の力学設計法より)の計算結果(点線)、及び北海道開発局がS47に4種類の実物ブロックを低水路内に設置して行った転動実験の結果も併せて示す。
- 計算結果より小さい流速でも転動しているのがわかる。これは、計算ではブロック静止状態からの移動限界を示すため、今回のような落下状態からのブロック移動限界が小さいことを示唆する。



ブロック重量と流速の関係(実験結果と計算値の比較)

※護岸力学設計法における流

速の計測箇所は ブロック頭部

観測データ

河道の縦断河床形状の比較

- 河道中央の実験前後の縦断河床形状を示す。河床高は測量結果である。
- H26実験は、切欠より下流10mの区間(ブロック未設置)で、初期河床高より低下し大きく洗掘が生じている。また、H25・H22実験に比べ、河床高は高い。
- 切欠より下流側では、堆積が生じ、概ね同じ高さの河床高となっている。



河道(水路中央)の縦断河床形状の比較(実験前後)

色砂観測

【設置位置】

1断面に6箇所設置し、5断面で計測した。6箇所×5断面=30箇所



堤防基盤の洗掘(落掘)

【色砂観測結果(第1回実験)】

- 堤体基盤の洗掘は、ブロック到達前(破堤幅10mまで)の区間で最大約0.7m、ブロック到達 後は約0.5m掘れている。
- H25実験はブロック到達前(破堤幅15m)に最大約1.8m掘れていることから、H26実験では ブロックが堤体基盤の侵食を防いだと考えられる。



| 色砂番号 | 実験後の 状況 | 計画河床高 (m) | 流出した 加速度センサー高 ① (m) | 第1回通水後 河床高 (m) | 第2回通水後 河床高 (m) | 色砂高 ② (m) | 最大洗掘深 (m) | 最大再堆積厚 (m) | ① - ② (m) |
|-------|------------|--------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| B-1-2 | 未洗掘 | | 14.31 | 14.25 | 13.87 | | | | |
| B-1-3 | 未洗掘 | | 14.31 | 14.54 | 14.35 | | | | |
| B-1-4 | 未洗掘 | 10.71 | 14.31 | 14.55 | 14.22 | | | | |
| B-1-5 | 色砂確認 | 13.71 | 13.56 | 14.53 | 14.22 | 13.42 | 0.29 | 1.11 | 0.14 |
| B-1-6 | 色砂確認 | | 13.56 | 14.37 | 14.17 | 13.41 | 0.30 | 0.96 | 0.15 |
| B-1-7 | 色砂確認 | | 13.56 | 14.37 | 14.39 | 13.41 | 0.30 | 0.98 | 0.15 |
| B-3-2 | 未洗掘 | | 14.30 | 14.19 | 14.20 | | | | |
| B-3-3 | 色砂確認 | | 13.55 | 14.55 | 14.44 | 13.41 | 0.29 | 1.14 | 0.14 |
| B-3-4 | 色砂確認 | 12.70 | 13.55 | 14.56 | 14.51 | 13.39 | 0.31 | 1.17 | 0.16 |
| B-3-5 | 色砂確認 | 13.70 | 13.55 | 14.59 | 14.36 | 13.41 | 0.29 | 1.18 | 0.14 |
| B-3-6 | 未洗掘 | | 14.30 | 14.68 | 14.53 | | | | |
| B-3-7 | 未洗掘 | | 未流出 | 14.46 | 14.36 | | | | |
| A-1-2 | 未洗掘 | | 15.03 | 14.58 | 14.50 | | | | |
| A-1-3 | 色砂確認 | | 13.53 | 14.59 | 14.63 | 13.07 | 0.64 | 1.56 | 0.46 |
| A-1-4 | 未洗掘 | 12.60 | 14.28 | 14.68 | 14.75 | | | | |
| A-1-5 | 色砂確認 | 13.00 | 13.53 | 14.55 | 14.38 | 12.99 | 0.72 | 1.56 | 0.54 |
| A-1-6 | 未洗掘 | | 14.28 | 14.59 | 14.60 | | | | |
| A-1-7 | 色砂確認 | | 13.53 | 14.34 | 14.34 | 13.31 | 0.40 | 1.03 | 0.22 |
| A-2-2 | 未洗掘 | | 15.03 | 14.57 | 14.51 | | | | |
| A-2-3 | 未洗掘 | | 14.28 | 14.53 | 14.27 | | | | |
| A-2-4 | 未洗掘 | 12.60 | 15.03 | 14.55 | 14.45 | | | | |
| A-2-5 | 未洗掘 | 13.00 | 14.28 | 14.39 | 14.29 | | | | |
| A-2-6 | 色砂確認 | | 13.53 | 14.34 | 14.56 | 13.39 | 0.29 | 1.17 | 0.14 |
| A-2-7 | 色砂確認 | | 13.53 | 14.07 | 14.19 | 13.35 | 0.33 | 0.84 | 0.18 |
| A-4-2 | 未洗掘 | | 15.02 | 14.62 | 14.47 | | | | |
| A-4-3 | 未洗掘 | | 15.02 | 14.54 | 14.49 | | | | |
| A-4-4 | 未洗掘 | 13.67 | 15.02 | 14.76 | 14.64 | | | | |
| A-4-5 | 未洗掘 | 13.07 | 14.27 | 14.32 | 14.58 | | | | |
| A-4-6 | 未洗掘 | | 14.27 | 14.20 | 14.15 | | | | |
| A-4-7 | 色砂確認 | | 13.53 | 13.64 | 13.78 | 13.22 | 0.45 | 0.56 | 0.31 |

色砂観測







| 状況 | 洗圈深 (m) |
|---------------|---|
| 未洗掘 | 0.00 |
| 未洗掘 | 0.00 |
| 未洗掘 | 0.00 |
| 色砂確認 | 0.29 |
| 色砂確認 | 0.30 |
| 色砂確認 | 0.30 |
| 未洗掘 | 0.00 |
| 色砂確認 | 0.29 |
| 色砂確認 | 0.31 |
| 色砂確認 | 0.29 |
| 未洗搬 | 0.00 |
| 未洗掘 | 0.00 |
| 未洗掘 | 0.00 |
| 色砂確認 | 0.64 |
| 未洗掘 | 0.00 |
| 色砂確認 | 0.72 |
| 未洗擱 | 0.00 |
| 色砂確認 | 0.40 |
| 未洗掘 | 0.00 |
| 色砂確認 | 0.29 |
| 色砂確認 | 0.33 |
| 未洗擱 | 0.00 |
| 未洗掘 | 0.00 |
| 141111 C 1111 | |
| | 状况 未未、他色色色未。 他色色色未。 他的砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂砂 |

色砂観測(B-1)

■ B-1-5, B-1-6, B-1-7 地点では河床高以下まで洗掘後、再堆積した。
 ■ B-1-2, B-1-3, B-1-4 地点では河床高までは洗掘されなかった。



色砂観測(B-3)

■ B-3-3, B-3-4, B-3-5 地点では河床高以下まで洗掘後、再堆積した。
 ■ B-3-2, B-3-6, B-3-7 地点では河床高までは洗掘されなかった。



色砂観測(A-1)

■ A-1-3, A-1-5, A-1-7 地点では河床高以下まで洗掘後、再堆積した。
 ■ A-1-2, A-1-4, A-1-6 地点では河床高までは洗掘されなかった。



色砂観測(A-2)

■ A-2-6, A-2-7 地点では河床高以下まで洗掘後、再堆積した。
 ■ A-2-2, A-2-3, A-2-4, A-2-5 地点では河床高までは洗掘されなかった。



色砂観測(A-4)

■ A-4-7 地点では河床高以下まで洗掘後、再堆積した。



レーザースキャナー観測

■ P438氾濫域側、P475鋼矢板裏側の2地点において、氾濫域による根固めブロックの挙動 を把握。レーザースキャナー観測を2分間隔にて実施

第1回通水(平成26年6月26日): 8:50~11:30で81計測し、時系列でデータ整理





堤体材料分析(破堤断面スケッチ)

■ 上流側



堤体材料分析(破堤断面スケッチ)

■ 下流側



堤体材料分析

■ 堤体材料の分析結果

| 原位置· | | | | | | | | | | |
|------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 年度 | | H26 | H26 | H26 | H26 | H26 | H26 | H26 | H26 | H26 |
| 測線 | | P470 築堤天端 | P480 築堤天端 | P490 築堤天端 | P455.5 築堤上層 | P455.5 築堤中層 | P455.5 築堤下層 | P509.4 築堤上層 | P509.4 築堤中層 | P509.4 築堤下層 |
| 実験実施 | 6日 | H26.6.26 | H26.6.26 | H26.6.26 | H26.6.26 | H26.6.26 | H26.6.26 | H26.6.26 | H26.6.26 | H26.6.26 |
| 実験前· | 後 | 実験前 | 実験前 | 実験前 | 実験後 | 実験後 | 実験後 | 実験後 | 実験後 | 実験後 |
| 1) 土質言 | 式験結果 | | | | | | | | | |
| 言問 | 査 地 点 | 破堤部 (背割堤) | 破堤部 (背割堤) | 破堤部 (背割堤) | 破堤部 (背割堤) | 破堤部 (背割堤) | 破堤部 (背割堤) | 破堤部 (背割堤) | 破堤部 (背割堤) | 破堤部 (背割堤) |
| 試 | 料 名 | 砂礫材 | 砂礫材 | 砂礫材 | 砂礫材 | 砂礫材 | 砂礫材 | 砂礫材 | 砂礫材 | 砂礫材 |
| 試 | 料採取地点 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 礫 分 G (%) | 72.5 | 76.9 | 74.5 | 75.1 | 81.8 | 80.4 | 73.2 | 77.0 | 79.1 |
| | 砂 分 S (%) | 25.0 | 20.5 | 23.3 | 20.4 | 16.7 | 16.9 | 21.9 | 19.5 | 19.5 |
| 粒 | シルト分M (%) 粘 + 分 C (%) | 2.5 | 2.6 | 2.2 | 4.5 | 1.5 | 2.7 | 4.9 | 3.5 | 1.4 |
| | | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 106 | 75 | 75 | 75 |
| 度 | <u>段 八 祖</u> 佳 60 % 粒 径 D (mm) | 12 900 | 15 500 | 16 800 | 17 530 | 10 010 | 23 100 | 13 570 | 16.670 | 19 550 |
| | 50 % 粒径 D (mm) | 8 500 | 11 100 | 10.800 | 12,060 | 14 560 | 15 590 | 9 301 | 11 790 | 14.080 |
| 特 | 30 % 粒径 D ₅₀ (mm) | 2 480 | 3 800 | 3 040 | 3 3 3 4 | 5 783 | 5 866 | 2 682 | 3 728 | 4 505 |
| 44 | 20 % 粒径 D (mm) | 1,000 | 1 430 | 1 1 8 0 | 0.007 | 2 4 2 6 | 2 103 | 0.955 | 1 284 | 1.832 |
| 11 | 10 % 粒径 D ₁₀ (mm) | 0.425 | 0.486 | 0.482 | 0.296 | 0.596 | 0 474 | 0.300 | 0.341 | 0.583 |
| | 均等係数山。 | 30.40 | 31.90 | 34.90 | 59.00 | 33.00 | 49.00 | 45.00 | 49.00 | 34.00 |
| | 曲率係数山心 | 1 10 | 1 90 | 1 10 | 2 10 | 2.80 | 3 10 | 1.80 | 2 40 | 1.80 |
| | 液性限界W.(%) | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| コンシス | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | - | - | - | - | - | - | - | _ | _ |
| 特性 | 塑性指数In | - | - | - | - | - | - | _ | - | - |
| + | <u>上に渡</u> 泉 粒子の密度 0. (g/om ³) | 2 697 | 2 687 | 2 688 | 2 666 | 2 681 | 2 665 | 2 670 | 2 665 | 2 671 |
| | 然含水比W。(%) | 3 20 | 3 30 | 3 50 | 2.90 | 4 20 | 3 40 | 2.60 | 2.80 | 2.50 |
| | | | 粒径幅の広い | 粒径幅の広い | 粒径幅の広い | 粒径幅の広い | 粒径幅の広い | 粒径幅の広い | 粒径幅の広い | 粒径幅の広い |
| 日本 | 、統一土質分類(細分類) | 砂質礫 | 砂質礫 | 砂質礫 | 砂質礫 | 砂質礫 | 砂質礫 | 砂質礫 | 砂質礫 | 砂質礫 |
| | | (GWS) | (GWS) | (GWS) | (GWS) | (GWS) | (GWS) | (GWS) | (GWS) | (GWS) |
| 締 | 試 験 方 法 | B-b | B-b | B-b | | | | | | |
| 固 | 最大乾燥密度ρ _{dmax} (g/cm ³) | 1.893 | 1.884 | 1.890 | | | | | | |
| め | 最適含水比W _{oot} (%) | 1.8 | 1.9 | 1.5 | | | | | | |
| 透 | 試験方法 | 定水位 | 定水位 | 定水位 | | | | | | |
| 水 | 供試体作成条件 | 現場密度 | 現場密度 | 現場密度 | | | | | | |
| 性 | 透水係数k (cm/s) | 2.37E-02 | 2.57E-02 | 2.73E-02 | | | | | | |
| | 試 験 方 法 | 三軸 | 三軸 | 三軸 | | | | | | |
| | 供 試 体 作 成 条 件 | 補止現場乾燥密度 水温時気法 | 補止現場乾燥密度 水温時気法 | 補止現場乾燥密度 水温昭気法 | | | | | | |
| せ | 試驗条件 | CD | CD | CD | | | | | | |
| | <u>いい</u> お 売 力 C (kN/m ²) | 60 | 74 | 4.4 | | | | | | |
| 命 | 全応力 <u>協調</u> Φ (°) | 38.8 | 38.4 | 38.6 | - | | | | | |
| 度 | 有 効粘 着 カ C' (kN/m ²) | | | | | | | | | |
| | 応 力 内 部 摩 擦 角 Φ' (°) | | | | | | | | | |
| | 強度增加率 S./P | | | | | | | | | |
| 2)現場。 | 2) 現場透水試驗結果 | | | | | | | | | |
| 試馬 | <u></u> | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 試馬 | 흊地点 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 試馬 | _余 条件 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 試馬 | ¢深度 G.L− (m) | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 透 7 | K係数 k (cm/s) | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 粒径か 透 水 | ら求めた 係 数 透水係数 k(cm/s) D ₂₀ | 3.59E-01 | 8.25E-01 | 5.28E-01 | 3.57E-01 | 2.82E+00 | 2.02E+00 | 3.23E-01 | 6.42E-01 | 1.47E+00 |
| 7 (| | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | 1 |



■ 6月26日第1回通水前後計測データ

白:6月26日通水前(6月22日計測) 赤:6月26日通水後(6月28日計測)



地形変化

地形測量結果より通水実験による地形変 化をレーザー計測および横断測量結果より 河床コンターを作成



水理量と無次元せん断力の平面分布

※破堤幅(天端中央間)は切欠部から下流側の値を示す。



60

資料2

第9回 十勝川千代田実験水路等 実験アドバイザー委員会

平成27年度 実験実施計画

目 次

| 1. | 実験計画基本方針とスケジュール | P2 |
|----|----------------------|-----|
| 2. | 現状の課題と実験方針 | P6 |
| 3. | 現地実験で用いる資材 | P14 |
| 4. | 縮尺模型実験による検討 | P15 |
| 5. | 現地実験(案) | P18 |
| 6. | 地域の洪水対応力の向上 | P24 |
| 7. | 公募による民間の技術力を活用した技術開発 | P26 |

- 1-1 実験計画基本方針
 - ◎ H24年度以降の実験テーマについて

第6回 実験アドバイザー委員会で実験方針について検討(H24年3月15日)

【行政的ニーズ】 ◎ 減災の早期解決への貢献 ・万が一災害が発生した場合でも被害を最小限にとどめる減災対策を進める。 ◎ 越水後の減災手法の確立 これまでの工法は越水防止が主であり、越水後の減災手法の確立が望まれる。 ◎ H22~23「越水破堤現象のうち河川堤防の破堤拡幅機構に関する研究」の 研究成果の応用 研究で得られた知見を活用し、実際の治水計画・河川管理に応用できる技術開発を行う。

【方針】H24年度以降は「越水破堤の<u>被害軽減技術</u>に関する研究」を実施

・これまでの知見を活かし、破堤による氾濫の軽減・減災の工法を確立することを目指す。

《参考》H23年12月水防法改正「国は緊急を要すると認めたとき特定緊急水防活動(決壊箇所の締切等の被害拡大防止のための処置)」を実施 → <u>被害軽減技術開発の必要性大</u>

1-2 越水破堤現象の被害軽減技術として想定される工法案

| 越水破堤 プロセス | 現象 | 有効な対策 | | 水防工法 | | | 千代田での 検証の有効性 |
|--------------|---------------------------------|---------|------|---------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Step1 | 越水開始後、越水部の裏法 面・裏法肩が侵食される | は五月金の切割 | 被害軽減 | シート+土のうエ | | 法面をシートで覆い、法面侵食を 抑制 | × (二次元で可) |
| (初期破堤段階) | 天端は裏法肩から表法肩に向 かって徐々に侵食される | 広面使良の抑制 | 対策 | 緩傾斜堤防 | → 越水 背割堤 | 法面勾配を緩くし、法面侵食を抑 制 | × (二次元で可) |
| Step2 | 越水部の表法肩まで侵食が到 達すると、急激に断面が侵食さ | 堤防天端や法尻 | 被害軽減 | のり尻保護工 | HA RU-VI | 堤内側法尻部の深掘れ防止によ る侵食抑制 | 0 |
| (拡幅開始段階) | に徐々に進行 | 部の強化 | 対策 | 天端アスファルト 保護工 | <u>赵</u> 水。 73.27ルト 府訂選 | 堤防断面の侵食を抑制 | 0 |
| Step3 | 堤体断面の大半が侵食される と、破堤拡幅が急激に進行し、 | 任意の地点での | 緊急復旧 | 破堤抑制工 | 302 | 堤体上にブロックを積み、開口拡 大を抑制 | 〇 H25・H26実施 |
| (拡幅加速段階) | 進行方向は主に下流側となる | 堤体侵食抑制 | | 締切工 (漸縮工) | プロック・語マット | 破堤部の締め切りを行い、早期復 旧を図る | 0 |
| Step4 | 氾濫流の主流部がほぼ一定の 幅で下流へ移動 | 早期の緊急復旧 | エ法 | 締切エ (せめエ) | 破堤箇所 | 破堤部の締め切りを行い、早期復 旧を図る | O H27 |
| (拡幅減速段階) | 氾濫流はほぼ一定で推移し、 破堤拡幅速度は遅くなる | 対策 | | バルーンエ法など | R | 破堤部に資材を投入し、開口拡大 を防ぐ | 0 |



【H27年度実験実施方針】 「破堤拡幅実験」及び「破堤拡幅抑制工実験」の知見を用いて「締切工」の技術開発を実施

1-3 破堤拡幅抑制工・締切工のフロー



《参考》

| | 工 法 | 目的 | 内容 | | |
|------|-------------------|--|---|--|--|
| 荒締切工 | 欠口止工 (破堤拡幅抑制工) | ・決壊口の拡大を防止。 ・荒締切の基部の保護。荒締切の延伸による流速増加による基部の洗掘防止。 | 拡大が進行している箇所や荒締切の基部をブロックなどで被覆、または、その前面に遮蔽物を投入する。 | | |
| | 漸縮工 | ・決壊口を狭める。 | 荒締切材料の投入または打設により、荒締切を延伸する。 | | |
| | せめエ | ・狭められた決壊口を最後に締め切る。 | 決壊ロが狭めるに従い早くなる流速に対し、それまでの漸縮エより耐流速が 高いものを大量に短時間に投入または打設し決壊ロを閉塞する。 | | |

出典)堤防決壊部緊急復旧工法マニュアル 財団法人 国土開発技術研究センター

1-4 千代田実験水路における破堤拡幅抑制工に関する実験スケジュール(案)

| 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 | |
| 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、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 ・せめエ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模型実験 ・締切工実験の条件を検討 | 現地実験(ブロック転動基礎実験・締切工実験) ・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 | | 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、技術カ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 |
| | 破堤抑制エ・せめエ | 実験の成果とりまとめ |

2-1 締切工の現状と課題

【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。



破堤幅約8m(せめ部の想定破堤幅)で は最大で約5m/sの高流速が生じる

千代田実験水路における H26破堤拡幅抑制工実験の流況解析結果

2-2 河川堤防の締切工に関連する既往の研究事例の整理

| 研究方法 | 研究項目 | 文献 | 研究内容 |
|----------------|---------------------|--|--|
| 旧地钿木 | 被災事例と要因分析 | 建設省河川局:災害堤防の締切工法研究會報告書、社団法人 日本河川協会、S29 | 締切の実災害事例(S16~S28の19事例)について、被災要因の分析を行い、復旧工法 決定までの経緯や復旧工法の構造や工時内容と留意点を整理している。 |
| 坊地副首 | 被災事例と要因分析 | 締切工法研究会∶応急仮締切工事、社団法人全国防災協会、 全国海岸協会、S38 | 締切工事の意義や実施にあたっての調査や計画などをはじめとして、主要な締切工事 (S34における伊勢湾台風など21事例)の実災害事例を整理している。 |
| 現地実験 ブロックの移動限界 | | 北海道開発局∶根固めエに関する調査研究、北海道開発局技 術研究発表会、S46~S48 | 豊平川において移動限界実験を行っている。滑動はブルドーザーを用いて摩擦係数を 求め、転動は低水路にブロックを設置し出水による移動状況を把握している。また、転 動における移動限界流速について、模型実験(1トン縮尺1/30)により検証している。 |
| | ブロックの移動限界 | 建設省土木研究所:河川護岸の根固めブロックエに関する調査 報告、S55 | 根固めブロックの水理機能について、移動限界流速やブロックの埋め込み効果、群体としての機能特性について整理している(4トン縮尺1/25)。 |
| 模型実験 | ブロックの移動限界 | 矢澤昭夫ほか(土木研究所):急勾配水路における根固めブロッ クの移動限界に関する実験的研究、新砂防Vol39、No.4、S61 | 急流河川に用いられる根固めブロックの望ましい形状を検討するために、固定床、移動 床で実験を行い、ブロックの安定性の検討と検証手順を整理(ブロック高3.3cm~ 7.2cm)。 |
| | ブロックの移動限界 | 山本太郎ほか:洪水の流水中にブロックを投入した際の転動し やすさに関する水理実験と力学的考察、水工学論文集、第59巻、 2015 | 移動床模型実験(2トン縮尺1/20)により、流水中に投入されたブロックと静止状態のブ ロックの挙動について、形状の違いによる転動しやすさを検証し、力学的な考察を加え ている。 |
| | ブロックの落下挙動 | 吉川教正ほか(京都大学):多相場の数値解法による複雑形状 ブロックの水中投入の数値計算、水工学論文集、第52巻、2008 | 複雑な形状のブロックが水面上から水中投入され、それらが水底部に堆積する状況を 再現する数値解法について、模型実験(ブロック高6cm)と比較を行い、検討している。 |
| 数値解析 | ブロックの落下挙動 | 三井順ほか((株)不動テトラ総合技術研究所):魚礁ブロックの 水中落下挙動に関する研究、海岸工学論文集、2011 | ブロックの水中落下挙動に関する模型実験(9.9トン~11.8トン縮尺1/60)と数値計算に より、安定した落下挙動となる魚礁ブロック形状の開発を行い、現地の流れ場を考慮し た着底位置およびその分散範囲の予測を短時間で行う手法を開発している。 |
| 資機材 | ブロック投入装置 | 井良沢道也ほか(土木研究所):災害復旧対策資機材の開発に ついて、砂防学会誌vol. 54、2001 | ブロック投入を短時間に正確かつ安全に行うための投入装置、施工性を向上した防災 シートや災害資機材の検索システムを開発している。 |
| 開発 | 無人化施工 | 次世代無人化施工技術研究組合(19法人 ^{※)} :遠隔操作による 半水中作業システムの開発、H26~ ※土木研究所含む | 従来対応できなかった水中や水際での迅速な施工に向けて、水中の土砂掘削や根固 めブロックの設置等の遠隔操作による半水中作業システムの開発を行う。 |
| | ブロックの移動限界 | (財)国土開発技術センター:護岸の力学設計法、山海堂H10 | 根固めブロックの静止状態からの移動限界について評価式を示している。 |
| | ブロックの水理特性 値の計測方法 | 護岸ブロック試験法検討委員会:護岸ブロックの水理特性試験 法マニュアル(第2版)、(財)国土開発技術センター、H11 | 護岸の力学設計法で必要となる水理特性値の計測方法マニュアルを整理している。実 験条件として、レイノルズ数1×10 ⁴ 以上、縮尺1/10程度以上を基本としている。 |
| 技術指針 | 技術的事項の整理 | 建設省河川局、土木施設災害復旧工法研究会:土木施設災害 復旧工法解説編、山海堂、S52 | 被災要因と適用工法を分類し、設計や施工の手法及び留意点を体系的に整理している。 また、復旧工法の構造や工時内容について、実災害事例をもとに整理している。 |
| | 技術的事項の整理 | (財)国土開発技術センター:堤防決壊部緊急復旧工法マニュア ル、H1 | 復旧工事の実態調査を行い、解析と検討を加え、破堤から緊急復旧工事及び本堤復旧 までの一連の対策要領を系統的に整理している。 |



赤字:実験(研究)で解明が必要な事項-水理量との関係などがわかれば効率的な作業計画・投入が可能となる事項。 青字:新たな開発が必要な事項-行政、研究所だけでなく、メーカーなどとも協力、公募などで解決が必要となる事項。 緑字:現場対応で出来る事項 - 重機や人数などで対応できる出来る事項。 紫字:事前調査で分かる事項 - クレーン規格と投入ブロック重量の関係から、現状でも整理するできる事項。

2-4 既往事例から得られた課題と要因(荒締切工)

荒締切における課題と要因

- ① 荒締切の施工を進めることで、破堤断面が縮小化し、流速の増加や河床洗掘(河床低下)が 進行する。
- ② 荒締切を上流側(又は下流側)から施工することで、流速や洗掘などの増加により、破堤部が 下流側(又は上流側)へ拡幅進行(増破)する場合がある。
- ③ 荒締切部では、時々刻々変化する河床低下対策が必要だが、水面下を把握できない状況で の作業は困難である。
- ④特に、せめ部では、高流速と河床洗掘の影響により、大重量のブロックも流出する。



既往事例から得られた荒締め切りの課題イメージ図 (左:平面図、中:縦断図、右:横断図)

2-5 締切実験の目的の整理

研究の内容 現場条件に応じたブロック投入条件の判断基準

実験の意義

水中へ投入されたブロックが河床へ接地する状況における<u>移動限界流速を把握</u>する。
 メカニズムを明らかし、<u>モデル化を行い一般化に向けた検討を行う</u>(模型実験の活用検討)。
 河床形状の違い(局所洗掘で形成される斜面など)による影響について検証を行う。



千代田実験の意義

- ② 実河道はレイノルズ数10⁵~10⁶程度であることを踏まえると、<u>千代田実験水路(レイノルズ数</u> <u>10⁵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</u>である。10
2.現状の課題と実施方針

2-6 実験結果の適用イメージ

青字:現地実験 橙字:縮尺模型





2.現状の課題と実施方針

2-7 締切工実験 実験ステップごとの課題解決



※模型実験の値は現地スケールに換算

2.現状の課題と実施方針

2-8 現地実験の方針

- ◆実験条件設定の課題
- ・ブロック耐転動性の検討において、縦断堤による横流出で流速分布が一様でない複雑な流れ場の実験では、結果の分析が困難である。
- ・そこで、実験による分析が重要と考えるが、千代田現地実験では限られた水理条件、限られた回数しか実験ができない。そのため、一般化するには限界がある。
- ・よって、模型実験と千代田現地縮尺実験、千代田現地実大実験を組み合わせて検討を行う。

H27年度(1年目)現地実験

(1) ブロックの耐転動性の検討

- 水理条件を一定に保った状態でブロックの耐転動性を検討するために、 矢板区間でブロックを流水中に投入実験を行う。
- ・千代田実験水路では、縮尺1/1実験と縮尺1/5実験を実施し、縮尺による
- <u>相似性を確認する。</u>
- ・縮尺1/20の模型実験も実施して相似性を確認する。

(2) ブロックによる締切の検討

<u>締切工における基本的な課題や問題点を把握</u>するため、締切の実験を行う。

H28年度(2年目以降)現地実験

(1) ブロックの耐転動性の検討

<u>局所洗掘箇所でブロックの耐転動性を検討</u>するために、縦断堤・移動床 でブロックを流水中に投入実験を行う。

(2) 実際の破堤現場を想定した締切の検討

1年目の実験結果をふまえ、実際の破堤現場を想定して、縦断堤・ 移動床での締切工の実験を行う。 背割堤区間に よる実験

縱断堤•移動

床による実験 13

3.実験に用いる資材

【使用する資材の検討】 堤防の緊急復旧対策においては、早期に決壊部を締め切る必要がある。決壊部は、高流速で 厳しい氾濫流の流況となるため、流水に耐える資材が求められる。また、災害時には、迅速な対 応が必要であり、資材の調達や施工が容易な必要がある。



【投入するブロック】 一級河川十勝川の水防備蓄資材として最も保有数が多く、河岸保護のための投入資材として 実績が高い2トン型の根固めブロックを使用する。また、ブロックの連結などによる工夫を検討。



根固めブロック投入による河岸侵食箇所の応急対策状況(H23.9音更川)

4.縮尺模型実験による検討

4-1 模型実験の概要

(1)ブロック投入実験

•現地実験(千代田実験水路)の縮尺模型(S=1/20)で移動床の水理実験を実施

【実験条件】

| | | 流量 | 条件 | | | |
|-------------|---------------|--------------|------------|---------------------------------|------------------|-----------------------------|
| 高さ (m) | 右岸鋼矢板 (勾配) | 左岸護岸 (勾配) | 水路幅 (m) | 河床材料 D ₅₀ (mm) | 水面勾配 (目標) | 通水流量 (m ^{3/} s) |
| 0.15 (3) | 1:1 (1:1) | 1:2 (1:2) | 0.4 (8) | 0.55 (11) | 1/500 (1/500) | 0.020~0.056 (35~100) |

※カッコはフルード相似則による現地換算値

【投入するブロック】



左から 単体2トン、ワイヤー連結(固定)、ワイヤー連結(フレキシブル)

【投入方向の定義】

【実験状況】投入位置はP565、P585、P605の3箇所





<

<

横方向>

流下方向に対してブロックの

長手方向が垂直(流れに対し

ブロック投影面積が大きい)

<縦方向> 流下方向に対してブロックの 長手方向が平行(流れに対し ブロック投影面積が小さい)

4.縮尺模型実験による検討

- 4-2 模型実験の結果
 - ・単体ブロックで投入方向が横の場合、流速3.0m/s以上でほぼ全てブロックが移動する。
 - ・投入方向を縦方向(投影面積が小さい)の場合、流速3.5m/sより大きい流速で移動する。
 - ・連結ブロックの場合、固定に比べ、フレキシブルの方が噛み合わせ効果により移動しづらい。

| 投入方法 | | | | Q=100m ³ /s Q=70m ³ /s | | Q=50m ³ /s | | | $Q=35m^3/s$ | | | | | | |
|---------------------|-----------|-----------|---------------|--|----------|-----------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
| | *** * * * | *** 3 * * | +17-3 (5) *** | 測点 P605 | P585 | P565 | P605 | P585 | P565 | P605 | P585 | P565 | P605 | P585 | P565 |
| | 投入力问 | 投入回奴 | 水深 2.86(m) | 2.73(m) | 2.67(m) | 2.36(m) | 2.36(m) | 2.39(m) | 1.87(m) | 1.82m) | 1.80(m) | 1.67(m) | 1.71(m) | 1.68(m) | |
| | | | 流速 3.9(m/s) | 3.6(m/s) | 3.6(m/s) | 3.0(m/s) | 3.0(m/s) | 2.9(m/s) | 2.5(m/s) | 2.5(m/s) | 2.5(m/s) | 2.5(m/s) | 2.5(m/s) | 2.5(m/s) | |
| | | 1回目 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | 0 | 0 | 0 | |
| | | 2回目 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | 0 | 0 | × | |
| | +# | 3回目 | × | × | × | 0 | 0 | × | × | × | × | 0 | 0 | 0 | |
| W (1 | 1臾 | 4回目 | | | | × | 0 | × | | | | | | | |
| 単体 (2t) | ~ | 5回目 | | | | × | × | × | | | | | | | |
| (20) | | 6回目 | | | | × | × | × | | | | | | | |
| | | 1回目 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 縦 | 2回目 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| | | 3回目 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| | | 1回目 | 0 | 0 | 0 | 0 | × | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 連結固定 (2t+2t) | - | 2回目 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| (21) 20 | | 3回目 | 0 | 0 | × | 0 | 0 | × | 0 | 0 | 0 | | | | |
| | | 1回目 | 0 | × | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 連結フレキシフル (2t+2t) | - | 2回目 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| (21) 20 | | 3回目 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

ブロック投入実験の結果

※1回転以内は停止

※図中はフルード相似則による現地換算値。流速は、断面中央のブロック頭部近傍の平均流速を示す。



$$W > \alpha \left(\frac{\rho_W}{\rho_b - \rho_W}\right)^3 \cdot \frac{\rho_b}{q^2} \cdot V d^6$$

W:ブロックの空中重量、ρ_w:水の密度、ρ_b:ブロックの密度 g:重力加速度、V_d:ブロックに作用する流速 α:ブロック形状に係わる無次元定数

ブロック重量と流速の関係(計算値と実験結果) ※護岸の力学設計法より

4.縮尺模型実験による検討

4-3 模型実験の結果

(2)締切工実験

締切工実験の条件:投入位置P410、流量20m³/s、流速1.8m/s程度(実スケール)

【実験経過】

- ・ブロック投入間隔:現地で3分間(模型で40秒) ・ブロック投入60個:ほぼブロック天端からの越水なし ・61個目から袋詰め工投入
- ・74個目から土砂投入

【実験結果】

- ・ブロック投入による転動や流下は生じない。
- ・ブロックのみでは、隙間からの流水や土砂を止水することはできない。
- ・隙間からの流出を防止するには、シートなどの止水の工夫が必要。





ブロックの耐転動性の検証

①実験の必要性

- 水中へのブロック投入における基礎的な挙動特性について把握し、ブロックの適切な投入方法へ反映する 必要がある。(移動限界となる水理量の把握)
- これまで、ブロックの挙動について実河川規模における検証は行われておらず、模型実験との縮尺効果の 影響については、把握できていない。

②実験目的・位置付け

- 一様流況(定常流)の条件下における水中へ投入したブロックの挙動特性を明らかにする
- ・実験条件一定のもと、水理量(流速など)とブロック重量等から移動限界を推定する
- ・現地実験で1/1縮尺実験と1/5縮尺実験(中縮尺実験)を行い、模型実験で行った1/20縮尺実験(小縮尺実験)とあわせて、縮尺効果の検証を行う。

③実験で得られる成果

・様々な水理条件下でのブロックの基礎的な挙動特性把握
 ・ブロックの移動限界流速の推定(以下はイメージ図)





第1~2回現地実験(6月下~7上旬)

<u>ブロックの転動基礎実験①~②(縮尺1/1)</u>

◆実物大規模の転動特性を把握

【実験条件】 〇通水流量: Q=100、50、35m³/s Oブロック投入位置:P565、P585、P605

第3~4回現地実験(7月中~7下旬)

ブロックの転動基礎実験③~④(縮尺1/5)

◆1/5縮尺の相似性の把握

【実験条件】 〇通水流量: Q=35、20、7、3m³/s Oブロック投入位置:P565、P585、P605

【実験対象区間の上下流端の水理諸量】

【実験対象区間の上下流端の水理諸量】縮尺1/5を1/1相当へ換算、()内は換算前

| | 流量100m3/s | | 流量100m3/s 流量35m3/s | | | 流量35m3/s (1/1時V=5m/s相当) | | 流量20m3/s (1/1時V=4.2m/s相当) | | 流量7m3/s (1/1時V=3.0m/s相当) | | 流量3m3/s (1/1時V=2.2m/s相当) | |
|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|----------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 測点 | P610 | P560 | P610 | P560 | 測点 | P610 | P560 | P610 | P560 | P610 | P560 | P610 | P560 |
| 水深 (m) | 3.1 | 3.1 | 1.7 | 1.7 | 水深 (m) | 8.4(1.7) | 8.5(1.7) | 6.5(1.2) | 6.6(1.2) | 3.2(0.6) | 3.2(0.6) | 1.9() | 1.9() |
| 流速 (m/s) | 3.0 | 3.0 | 2.2 | 2.2 | 流速 (m/s) | 5.0(2.2) | 4.9(2.2) | 4.2(1.9) | 4.2(1.9) | 3.0(1.3) | 3.0(1.3) | 2.2() | 2.2() |
| フルード数 | 0.55 | 0.54 | 0.55 | 0.54 | Fr数 | 0.55 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.53 | 0.53 |
| レイノルズ数 | 3.5 × 10 ⁶ | 3.4 × 10 ⁶ | 2.5 × 10 ⁶ | 2.5 × 10 ⁶ | Re数 | (5.1*10 ⁵) | (5.0*10 ⁵) | (4.3*10 ⁵) | (4.2*10 ⁵) | (3.1*10 ⁵) | (3.0*10 ⁵) | (2.3*10 ⁵) | (2.3*10 ⁵) |
| 相対水深比 | 2.7 | 2.7 | 1.5 | 1.5 | 相対水深比 | (7.4) | (75) | (5.7) | (5.8) | (2.7) | (2.7) | (1.6) | (1.6) |

※水深と流速は、1次元不等流計算の値 ※相対水深比(ブロック高と水深の比)

| | 流量5 | 0m3/s |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| 測点 | P610 | P560 |
| 水深 (m) | 2.1 | 2.1 |
| 流速 (m/s) | 2.5 | 2.4 |
| フルード数 | 0.55 | 0.54 |
| レイノルズ数 | 2.5 × 10 ⁶ | 2.5 × 10 ⁶ |
| 相対水深比 | 1.8 | 1.8 |

実験スケジュール

| H27実験 | 実験時期 | 実験縮尺規模 | 流量 (m ³ /s) | 想定流速 (m/s) |
|-------|------|--------|---------------------------|---------------|
| 第1回 | 6月下旬 | 1/1 | 100 | 3 |
| 第2回 | 7月上旬 | 1/1 | 35、50 | 2.2、2.5 |
| | 7日山句 | | 7 | 3 |
| 第3回 | 7月中町 | 1/5 | 35 | 5 |
| 第4回 | 7日下句 | 1/5 | 3 | 2.2 |
| | 7月下旬 | | 20 | 4 |

19

第1~2回現地実験(6月下~7上旬)

ブロックの転動基礎実験①~②(縮尺1/1)

◆実物大規模の転動特性を把握

【実験条件】

〇通水流量: Q=100、50、35m³/s 〇河床勾配1/500 ○河床材料d₅₀=11mm ○ブロック重量:2.137t

【実験方法】

①ブロックを5分に1個投入する。

②投入作業は、転動し易い単体→連結の順位に行う。

③ブロックの投入方向は、縮尺模型実験で事前に確認した転がりやすい方向。 ④3個×3箇所=9個のブロック投入後、給水を止めて、ブロックを回収する。

⑤ブロック単体の初期状態の違い(静止と投入)による移動限界流速を把握するた め、通水前に単体ブロックを事前に設置しておき、流速増大により転動するかどう か確認を行う。

⑥ブロック設置直上流でADCPによる定点流速計測を行い、静置ブロック転動時の 水深・流速を把握する。





第1回実験流量

20

第3~4回現地実験(7月中~7下旬)

<u>ブロックの転動基礎実験③~④(縮尺1/5)</u>

◆1/5縮尺規模でのブロック転動の相似性の把握

【実験条件】

〇通水流量: Q=35、20、7、3m³/s 〇河床勾配1/500

〇河床材料d₅₀=11mm 〇ブロック重量:17kg

【実験方法】

①実験は1日で2流量実施する。河床変動の小さい小流量から実施する。
 ②ブロックを5分に1個投入する。

③投入作業は、転動し易い単体→連結固定→連結(フレキシブル)の順位に行う。
 ④ブロックの投入方向は、縮尺模型実験で事前に確認した転がりやすい方向。
 ⑤3個×3箇所=9個のブロック投入後、給水を止めて、ブロックを回収する。

⑥ブロック単体の初期状態の違い(静止と投入)による移動限界流速を把握するため、通水前に単体ブロックを事前に設置しておき、流速増大により転動するかどうか確認を行う。

⑦ブロック設置直上流でADCPによる定点流速計測を行い、静置ブロック転動時の 水深・流速を把握する。



実験イメージ



第5回現地実験(8月上旬)

<u>ブロック投入による締切工実験</u> ブロック投入工法の検証

〇通水流量: Q=20m³/s 〇河床勾配1/500 〇河床材料d₅₀=11mm 〇ブロック重量:2.137t

実験の必要性

・荒締切のうち、既往事例からも作業が困難な締切工の技術開発は 減災技術の向上に重要

②実験の目的・位置づけ

・水理量、河床洗掘に応じて、既往のブロックを用いた効果的な投入

方法、締切工作業等の検証

・締切工の施工方法や課題を明らかにする

・実験流量はブロックが流量20m³/s、流速2m/s程度で実施する。

・締切箇所の上流水位は、一定となるように水位調整を行う。

③実験で得られる成果

・H27年度実施予定の縦断堤を用いた締切工実験計画の立案の参考 ・水理量に応じた既往ブロックの効果的な投入方法

・締切工の施工方法や課題の抽出

・災害復旧に関する技術力向上や対応作業の経験





第5回実験流量

ブロック隙間からの流水を止める工夫(案)

| 資材 | 施工の工夫 | 実現性 |
|--|---|--------------------------------------|
| シルトフェンス(ダムフェンス) (ダム湖の流木止・河川の濁水拡散防止) | せめ部に張り付くように浮かせて流す。 ネット部分を遮水シートに変えて、シート下部に重りをつける。 | 〇 ・浮かせて流すため投入が可能 ・遮水できるまで投入する。 |
| 敷鉄板 | 投入したブロックにもたれかかるように敷鉄板を投入する。 | 〇 ・投入が可能 ・遮水できるまで投入する。 |
| 土のう(大型・小型) | ブロックの隙間を塞ぐように土のうを投入する。 | △ 完全に遮水できない |
| 割栗石 | ブロックの隙間を塞ぐように割栗石を投入する。 | △ 完全に遮水できない・大量に必要 |
| 遮水シート | 広げた状態で、シート下部に重りをつけて投入する。 | × 流水中にシートを張ることが困難 |
| 不織布(吸出し防止材) | 広げた状態で、シート下部に重りをつけて投入する。 | × 流水中にシートを張ることが困難 |

◆ダムフェンス(シルトフェンス)等のようにフロートと <u>ネット(シート)、ウエイトを組み合わせたフェンス</u>を破 堤部に流下させ、流出を停止させる方法が効果的。

◆一般的に、流れの穏やかな箇所に設置することを 前提に開発されているため、流れの速い場所での設 置を考慮した製品開発や破堤部にフェンスを誘導さ せる技術開発が必要。



6.地域の洪水対応力の向上

<u>根固めブロック投入の実践</u>

出水時における河岸や堤防浸食・決壊時には応急対策として根固ブロックの投入を行うことが多い。

河道流れがない、または流れの緩い箇所へのブロック投入は通常の工事でも行うことはあるが、投入後にブロックが流されるような高流速下へ投入することは、災害時以外にはほとん ど経験する機会がない。

そこで平成27年度の実験では、帯広建設業協会の協力を得て、ブロック投入・せめ工実験 に参加・投入実施をしてもらい、関係者の技術力向上を図る。



根固めブロック投入による河岸侵食箇所の応急対策状況(H23.9音更川)

高流速流れへのブロック投入は実洪水以外に経験する機会がほとんどない

6.地域の洪水対応力の向上

<u>木流し工の実践(水防技術講習会)</u>

出水時における水防活動が円滑に実施されるよう一層の技術向上と伝承を図ることを目的 とし、水防技術講習会を毎年実施している。

この中で木流し工の訓練も行っているが、陸上での作業・設置のため、実洪水を想定した河道流れのある箇所への投入は実洪水以外に経験することはほとんどない。

そこで実験水路下流区間を活用し、実験に併せて河道流れのある箇所に投入する木流しての訓練を行い、関係者の水防技術力向上を図る。



H24年度に帯広開発建設部で行った水防技術講習会の様子 写真は木流し工の講習の様子であるが、堤防法面に設置して終了 実際に流れのある箇所での木流し工投入の経験は重要

【参考】平成24年時の参加者は関係機関の水防 担当者、災害協定幹事会社・協力会社、防災エキ スパート、帯広開建職員(約80名)

7.公募による民間の技術力を活用した技術開発

- 1. 水中ブロックの移動追跡調査の開発に関する研究
 - 水中に投下したブロックが原位置に留まり有効に機能している かを確認する手法は少ない。
 - 水中を移動するブロックを追跡可能な技術について、専門的な 各種計測技術を有する民間企業と共同で、ブロックの移動追 跡調査技術を開発する。
 - ・投入ブロックに計測機器を設置し、追跡調査を実施予定。
- 2. 掃流砂計測技術の開発に関する研究
 - ・<u>掃流砂の無人計測技術はADCPを始めとして数多くの手法</u> が開発されてきたが、土研式採砂器などの有人観測との比 較や数値解析との比較を行うのが一般的。
 - ・複数の掃流砂計測の無人計測技術を同一条件で比較・検証し、各種計測技術の含有する問題点を抽出し、より精度の高い計測技術を、民間企業と共同で開発する。
 - ・実験水路通水時に実施する掃流砂計測試験地点において、 複数の掃流砂計測を試行予定。





H23.9十勝川水系音更川における侵食災害



ADCPによる掃流砂移動量計測 (H26.6.26実験水路下流にて)

平成 27 年度 実験観測計画

- 1. 観測設定方針
- 2. 観測項目
- 3. 実施時期別観測項目
- 4. 観測計画全体図
- 5. 観測位置図

国土交通省 北海道開発局 独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所

資料3

1. 観測設定方針

表 1 実験予定内容

| ケース | 実施予定日 | 実験内容 |
|-----|----------|---------------|
| 1回目 | H27年6月下旬 | ブロック転動の基礎実験1 |
| 2回目 | H27年7月上旬 | ブロック転動の基礎実験2 |
| 3回目 | H27年7月中旬 | ブロック転動の基礎実験3 |
| 4回目 | H27年7月下旬 | ブロック転動の基礎実験 4 |
| 5回目 | H27年8月上旬 | 締切工実験 |

表 2 観測項目の設定方針

| 項目 | 目的 | |
|--------|---|------------------|
| 実験内容 | ブロックの耐転動性の実験と締切工の実験 | |
| 実験ケース | 1回目(6月下旬予定):ブロック投入(縮尺 1/1 実験)とブロック静置(縮尺 1/1 実験)による耐転動性を把握する。 | |
| | 2回目(7月上旬予定): ブロック投入(縮尺 1/1 実験)とブロック静置(縮尺 1/1 実験)による耐転動性を把握する。 | |
| | 3回目(7月中旬予定):移動床でブロック投入(縮尺 1/5 実験)とブロック静置(縮尺 1/5 実験)による耐転動性を | |
| | 把握する。 | |
| | 4回目(7月下旬予定): ブロック投入(縮尺 1/5 実験)とブロック静置(縮尺 1/5 実験)による耐転動性を把握する。 | |
| | 5回目(8月上旬を予定):ブロックを投入して締切工を実施する。 | |
| 基本方針 | ブロック投入実験:P560~P610(縮尺 1/1、1/5) | |
| | ブロック静置実験:P710~P730(縮尺 1/1、1/5) | |
| | 締切工実験:P390~P430(縮尺 1/1) | |
| | 実験に合わせて計測項目を設定する。 | |
| | | |
| 水位 | ブロックの転動の評価基準として、ブロックにかかる揚力、抗力を計測するために、水面形、水深を計測する。計測方法は | ダイバー水位計、定点水位観測によ |
| 水深 | ダイバー水位計、定点水位観測を実施する。 | |
| 流速 | ブロックの転動の評価基準として、ブロックにかかる揚力、抗力を計測するために、流速を計測する。 | 表面流速はPIV解析と電波式流速 |
| ブロック挙動 | ブロックの挙動を把握するため。ブロックの転動時刻と経路を把握する。 | ブロックとブイをロープで繋げブロ |
| | | ブロック転動状況を数か所から撮影 |

| 計測方法 |
|--------------------------------|
| |
| |
| |
| にる計測 |
| を計、ADCPによる計測を実施する。 |
| ユックの位置を判定する。(1回目、2回目) ジを行う。 |









実験4回目(7月下旬) ----ゲート流量 ~相似性把握(縮尺1/5) × 投入·転動(5分毎3投) 120 100 ゲート流量[m3/s] 80 60 ×単体(1/5)~転動と想定 (固定(1/5)~転動と想定 40 ○連結(1/5)~停止と想定 ○単体(1/5)~停止と想定 ○固定(1/5)~停止と想定
 ○連結(1/5)~停止と想定 20 0 60 120 180 240 300 0 実験開始からの経過時間[min]

図 4 第4回目千代田実験通水パターンの流量ハイドログラフ



図 5 第5回目千代田実験通水パターンの流量ハイドログラフ



2. 観測項目

| | | | 公] 大歌就则換口 | |
|----------|-----------|----------------------------------|--|--|
| 計測項目 | 詳細項目 | 計測内容 | 具体的計測方法 | |
| 水位・流量 | 給水量 | 堰コンより算出 (水路上流流量計測で補足) | ゲート上流水位、ゲート高から越流量換算式より算出 | ゲート操作室 |
| | 水路内水位 | 水位計による計測 | ダイバー式水位計 | 投入ブロック実験:22基P560締切工実験:6基P390, |
| | | | 定点水位計測(既存機器活用) | 投入ブロック実験:2基 P560、 静置ブロック実験:1基 P720 |
| | 水路内流速 | ADCP 観測船による計測 | 杭ワイヤー式 ADCP 計測: ADCP 観測船を横断方向、 縦断方向に移動させながら計測 | 投入ブロック実験:2基 P555 静置ブロック実験:1基 P710 |
| | | 流速計による計測 | 電波式流速計 | 投入ブロック実験:3か所 P560 静置ブロック実験:1か所 P71 締切工実験 :2か所 P4 |
| | | piv による計測 | ブローイングマシーンによるトレーサー投入(1 か所) | 投入ブロック実験:トレーサー投 静置ブロック実験:トレーサー投 |
| 流況 | 流撮撮影 | 流況記録、モニタリング ブロック転動状況記録、モニタリング | クレーン・高所作業者によるビデオ撮影 作業員によるビデオ撮影(横断堤付近上下流の左岸側) | |
| | ブロック転動状況 | ブロックの転動状況を記録、モニタリング | ビデオ撮影による挙動記録、水中での視認性の向上(ブ イをブロックに取り付けることで視認性を向上させる。 また、ブロックに No をつけて移動状況を把握する。) また、ブロックに加速度センサーを設置する。 | |
| 河床高・河床材料 | 通水前後の洗掘状況 | 洗掘深計測 | レベルによる地形測量 | 投入ブロック実験:10本 P555 静置ブロック実験:1本 P720 締切工実験 :3本 P390.F |
| | 河床材料調査 | | 土質試験(密度試験、粒度試験) | 分流堰上流:4 断面×3 点=12 点 投入ブロック実験:4 点 P555、 締切工実験 :3 点 P390 I |

計測場所

)~P610 左右岸 ,P400、P430

P610

横断方向、P560~P610(縦断方向)

60,P580,P600(全て鋼矢板沿い) 15(鋼矢板沿い) 2400、P430

投入 P550 投入 P550(投入ブロック実験のトレーサーと共用)

5~P610

P410,P430

P565,P585,P6050 P410,P430

3. 実施時期別観測項目

表-4 各観測項目と調査実施時期

| | | 調査実施時期 | | | | | | | | | |
|----------|-----------------------|--------|---------|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|--|
| 区分 | 計測項目 | | 第1、2回 | | | 第3、4回 | | | 第5回 | | |
| | | 通水前 | 通水中 | 通水前 | 通水中 | 通水後 | 通水後 | 通水前 | 通水中 | 通水後 | |
| 水位計測 | ダイバー式水位計計測 | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| | ゲート高越流水深計測 | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| | 量水標(P200 右岸 開口部法面) | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 流量・流速計測 | ADCP横断計測 | | 0 | | | 0 | | | | | |
| | 電波式流速計計測 | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 破堤氾濫状況計測 | 流況(地上)ビデオ撮影 | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| | PIV表面流速計測 | | 0 | | | 0 | | | | | |
| | トレーサー散布 | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| ブロック挙動観測 | 写真・ビデオ撮影 | | | | | | | | | | |
| | 第1~4 回実験ではブイをブロックに取 | | | | | | | | | | |
| | り付ける。また、ブロックに No をつけて | | 0 | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | |
| | 移動状況を把握する。 | | | | | | | | | | |
| | 第3回実験ではブイは取り付けない。 | | | | | | | | | | |
| | 加速度センサー計測 | | | | | ○ (熱罟ブロ | | | | | |
| | (静置ブロックブロックに加速度センサ | | 〇(静置ブロッ | | | | | | | | |
| | ーを取り付け、ブロックの静止から転動 | | ク実験のみ) | | | リノ天歌の | | | | | |
| | 状態を観測) | | | | | (40 | | | | | |
| 測量 | 横断測量(流量計測用) | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | |
| | 千代田分流堰上流横断測量 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | |
| 河床材料調査 | 実験水路内河床材料調査 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | |
| | 千代田分流堰上流河床材料調査 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | |

4. 観測計画全体図



図 6 観測位置全体図

5. 観測位置図

- (1) 第1回、第2回実験の観測位置図(第1回:6月下旬、第2回:7月上旬)
- 1) 観測計画(第1回、第2回実験)



図 7 観測位置図(第1回、第2回)

```
・実験区間:P560~P610
・ブロック投入位置:P565、P585、P605(各測線に1個)
・使用ブロック 根固めブロック(縮尺 1/1) 30個
・実験方法:単体、連結(2個ワイヤー固定)、連結(2個ワイ
ャー柔軟)の順で各3個づつ投入する。
・実験流量:①6月下旬:100m³/s(縮尺 1/1 実験)
②ブロック投入実験
・実験区間:P710~P730
・ブロック静置位置:P720
・使用ブロック 根固めブロック(縮尺 1/1)1個
・実験方法:単体
・実験流量:①6月下旬:100m³/s(縮尺 1/1 実験)
②7月上旬:50m³/s
```





図 8 横断測量、河床材料観測位置図(第1回、第2回)

- (2) 第3回、第4回実験の観測位置図(第3回:7月中旬、第4回:7月下旬)
- 1) 観測計画(第3回、第4回実験)



図 9 観測位置図(第3回、第4回)



・ブロック投入位置: P565、P585、P605(各測線に1個) ・使用ブロック 根固めブロック(縮尺 1/5) 30 個 ・実験方法:単体、連結(2 個ワイヤー固定)、連結(2 個ワイ ヤー柔軟)の順で各3個づつ投入する。 ・実験流量:①7月中旬:5、35m³/s(縮尺1/5実験) ②7月下旬:3、20m³/s(縮尺 1/5 実験) ・使用ブロック 根固めブロック(縮尺 1/5)1個 実験流量:①7月中旬:35m³/s(縮尺 1/5 実験) ②7月下旬:20m³/s(縮尺 1/5 実験)





図 10 横断测量、河床材料観測位置図(第3回、第4回)

(3) 第5回締切実験 実験観測位置図(第5回:8月上旬)

1) 観測計画(第5回実験)



図 11 観測位置図(第5回)

・実験区間:P390~P430
・ブロック投入位置:P410
・実験流量:20m³/s



図 12 横断測量、河床材料観測位置図(第5回)