

日野川の置き土侵食・流送に対する置き土粒度構成および河道内樹木の影響

京都市役所 非会員 上田昭文

鳥取大学大学院工学研究科 正会員 ○和田孝志, 梶川勇樹, 三輪 浩

国土交通省中国地方整備局日野川河川事務所 非会員 今津 勉

1. 背景と目的 鳥取県西部を流れる日野川では、河道内土砂移動の活性化および減少する海浜への土砂供給を目的として置き土が試行されている。しかしながら、設置した置き土が出水により完全には流送せず一部残存する結果となっている。一方で、河川改修に伴い発生する土砂の有効活用が課題となっており、河道掘削土砂の置き土への転用も検討されている。これらを踏まえ、本研究では、混合砂礫を対象とした平面2次元河床変動計算により、出水規模別に効率的な侵食流送が期待できる置き土の粒度構成条件を検討した。また、より現実的な河道条件下での置き土効果を把握するため、河道内樹木による抵抗が置き土侵食流送に及ぼす影響もあわせて検討した。

2. 計算モデル 本研究では、混合砂礫置き土を対象とした侵食流送実験の再現計算により妥当性が確認された平面2次元河床変動計算モデル¹⁾を用いる。当該モデルは梶川・檜谷の平面2次元河床変動モデル²⁾に、混合砂礫移動床における抵抗として Manning-Strickler 式、礫の移動限界掃流方式として Miwa and Parker による式³⁾、砂の移動限界掃流方式として Miwa and Parker と同様の手法で移動限界を定量評価した式⁴⁾を導入したものである。ただし、これまでの検討¹⁾では置き土材料を砂・礫成分から成る2粒径混合砂礫としていたため、大小様々な砂礫から成る河道掘削土砂の置き土利用を想定した場合、その粒径別流送効果を把握することが困難となる。そこで、本研究では、計算モデルの対象粒径階を9つに拡張し、これらの粒径成分を砂成分(粒径2mm未満)、礫成分(粒径2mm以上)にグループ化して扱うことで、2粒径混合砂礫を対象とする礫・砂の移動限界掃流方式^{3), 4)}に適用させた。加えて、本計算モデルでは、置き土地点周辺の河道内樹木による抵抗を富所ら⁵⁾の樹形を考慮した水深の関数として粗度係数に反映させる手法によって組み込み、より現実的な日野川の河道状況を考慮した上で置き土侵食流送効果を把握した。

3. 計算条件 想定する置き土の粒度構成は、日野川現地の河床材料調査結果の整理により得られた日野川国管理区間(0~17kp)を代表する4つの粒度分布パターン(図-1に示す①~④)と、②および③の一部の大粒径成分を除外した2つの変更パターン(図-1に示す②-1および③-1)とした。これらの6つの粒度分布パターンそれぞれに対し、存在割合が一律11.1%となるよう9つの代表粒径を設定した。置き土地点周辺の河道内樹木高分布は、ドローン写真測量により得られた樹木高を含めた表層高分布(DSM)データを計算地形に付加することで作成した(図-2参照)。想定する置き土設置位置(7.0kp付近)は、周辺の河川関連施設や河川事業への影響が比較的少なく、かつ、顕著な河床変動実績を有し土砂移動が活発と判断された箇所である⁶⁾。計算対象は、図-2に示すように、置き土設置地点を含む日野川堰(4.067kp)から8kp地点を含む範囲とした。出水規模条件は置き土が冠水して越流侵食となる平均年最大流量(837m³/s)と、冠水せず側方侵

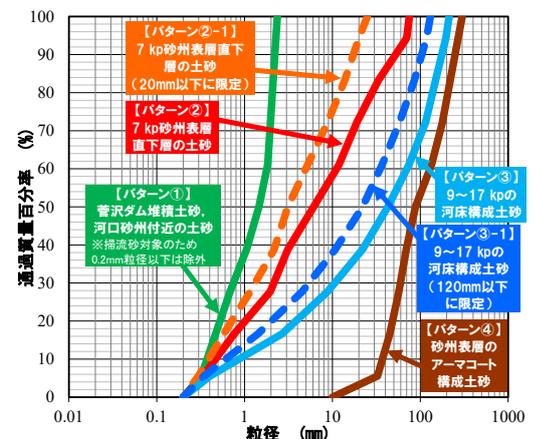
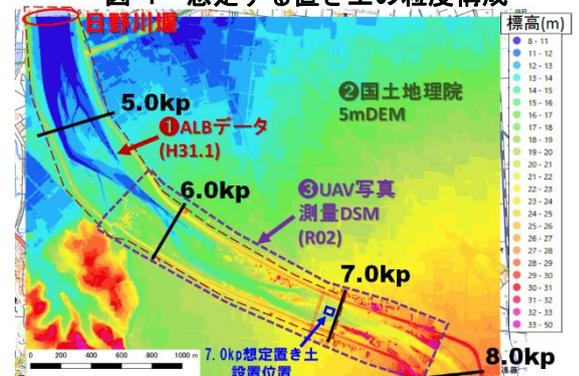


図-1 想定する置き土の粒度構成

図-2 計算地形データ
(河道内樹木高測量データを付加)

キーワード 置き土, 粒度構成, 河道内植生, 平面2次元河床計算, 平均年最大流量

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学工学部社会システム土木系学科 水工学研究室

TEL 0857-31-5284

表-1 計算条件

設定項目	概要					
計算範囲	日野川堰(4.067 kp) ~ 8.0 kp					
地形データ	①H31.1ALB 測量データ(7.0 kp までの河道内), ②国土地理院 5m DEM を組み合わせて使用					
河道内植生	上記地形データに, ③UAV 写真測量 DSM 成果(2020/8/7,10/20 撮影)を付加					
メッシュサイズ	$\Delta x = 5\text{ m}$, $\Delta y = 5\text{ m}$					
計算ステップ	$\Delta t = 0.05\text{ s}$					
総計算時間	6 時間 (21,600 s) ※計算開始から 60 分後までは流れのみの計算を行う 以下の 6 つの粒度分布パターンをそれぞれ均等割合 11.1% と なるよう 9 つの代表粒径を設定					
置き土材料	①	②-1	②	③-1	③	④
	$d_{60} = 1.79\text{ mm}$ $d_{max} = 2.28\text{ mm}$ $f_s = 0.78$	$d_{60} = 4.98\text{ mm}$ $d_{max} = 20.02\text{ mm}$ $f_s = 0.33$	$d_{60} = 11.13\text{ mm}$ $d_{max} = 70.06\text{ mm}$ $f_s = 0.33$	$d_{60} = 34.98\text{ mm}$ $d_{max} = 117.99\text{ mm}$ $f_s = 0.22$	$d_{60} = 70.38\text{ mm}$ $d_{max} = 195.90\text{ mm}$ $f_s = 0.11$	$d_{60} = 129.07\text{ mm}$ $d_{max} = 270.01\text{ mm}$ $f_s = 0$
(D60 粒径を d_{60} , 最大粒径階を d_{max} , 粒径 2 mm 以下含有率を f_s とする)	菅沢ダム堆積土砂・河川部河床材料相当	7 kp 付近の砂州表層下の土砂相当(粒径 20 mm 以下のみ)	7 kp 付近の砂州表層下の土砂相当(粒径 120 mm 以下のみ)	9~17 kp の河床構成土砂相当	9~17 kp の河床構成土砂相当	7 kp 付近の砂州表層のアーマコート構成材料相当
置き土配置	池西ら ⁹⁾ の検討により選定した 7.0 kp 配置案					
置き土量・高さ	土量 2000 m ³ (空隙込), 置き土高 1.5 m					
粗度係数	・固定床部: 0.03 ・移動床部: マニング・ストリクラ式					
流量条件	①平均年最大流量(837 m ³ /s)→置き土が越流侵食となる ②平均年最大流量 1/2 流量(418 m ³ /s)→置き土が側方侵食となる					
下流端水位条件	日野川堰高による自由越流					
河床変動条件	固定床(置き土のみ移動床として考慮)					

食のみとなる平均年最大流量の 1/2 流量 (418 m³/s) とした。設置する置き土量は 2,000 m³ (高さ 1.5 m) である。表-1 に本研究の計算条件をまとめる。

4. 計算結果と考察

4-1. 粒度構成が置き土侵食流送に及ぼす影響

平均年最大流量 (837 m³/s) 流下時における 5 時間経過後の置き土流送土砂の堆積厚分布を図-3 に、置き土流送土砂の堆積量の時間推移を図-4 に示す。粒度構成別の置き土流送効果を比較すると、粒度構成①および②は置き土地点より 1000 m 以上下流まで土砂が流下し、置き土残量は初期設置量の 1 割以下となったのに対し、粒度構成③は 400 m 程度下流まで土砂が流下したものの置き土の 7 割が残存し、粒度構成④はほぼ全量が残存した。以上より、粒度構成②と③の間、 d_{60} で考えると 11.13~70.38 mm の範囲に平均年最大流量規模に対する流送限界粒度条件があると考えられる。また、①のほうが②よりも小さい粒径成分で構成されているにもかかわらず、両者が概ね同じような流送効果となった。これは、砂含有率 f_s (粒径 2 mm 以下成分の割合) が①では 0.78, ②では 0.33 となり、計算モデルの礫の移動限界掃流力算定式³⁾が $f_s = 0.4$ 程度で最小となる特性が反映された結果であると考えられる。このことから、砂含有率 f_s に着目すると、平均年最大流量規模に対する流送限界粒度条件は $f_s = 0.11 \sim 0.33$ (粒度構成②と③の f_s の間) にあると推察される。なお、平均年最大 1/2 流量規模に対する流送限界粒度条件は、粒度構成①と②の間、すなわち $d_{60} = 1.79 \sim 11.13\text{ mm}$, $f_s = 0.33 \sim 0.78$ の範囲にあると推察される。

粒度構成②および③と、これらから大粒径成分を除外した変更パターン (②-1 および③-1) から成る置き土の侵

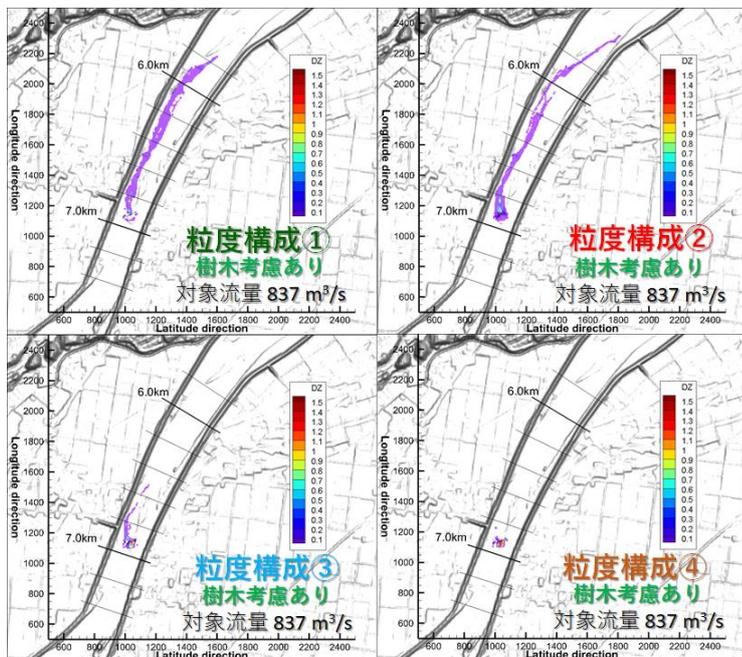


図-3 流量条件 837 m³/s における置き土粒度構成別の流送土砂堆積厚分布 (樹木考慮あり)

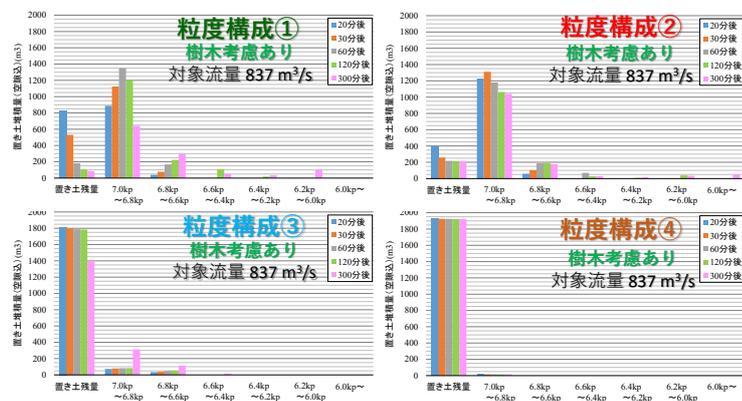


図-4 流量条件 837 m³/s における粒度構成別の置き土流送土砂堆積量の時間推移 (樹木考慮あり)

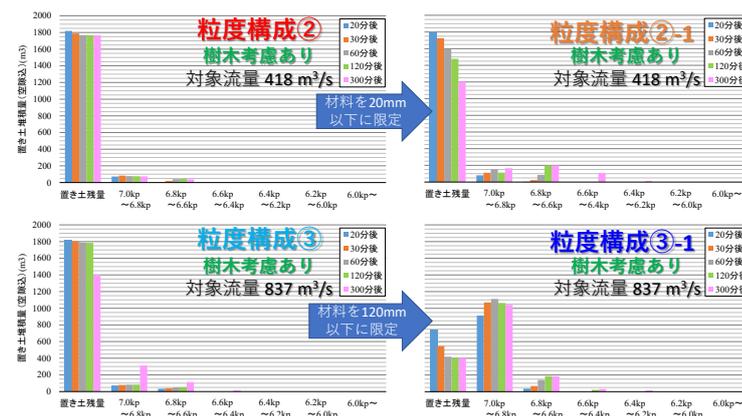


図-5 粒度構成パターンの変更による置き土流送土砂堆積量の変化 (樹木考慮あり)

食流送効果の変化を図-5に示す。粒度構成②-1および③-1のほうが粒度構成②および③の置き土よりも流送効果が增大しており、上記の流送限界粒度条件を裏付ける結果となった。さらに、図-6に示す平均年最大流量規模に対する置き土地点周辺の無次元掃流力 τ_* (粒径70.0 mm対象)分布より、置き土の直下流部に粒径70 mm成分が流送しにくい領域(無次元掃流力 τ_* が0.05未満の領域)があることから同流量規模に対する流送限界粒度条件が妥当であることが確認できる。この結果は、置き土地点周辺の無次元掃流力 τ_* と、置き土材料の移動限界掃流力 τ_{c0} との大小関係を把握することで置き土流送効果を概略的に予測可能であることを示唆している。

4-2. 河道内樹木による抵抗が侵食流送に及ぼす影響 図-7に河道内樹木による抵抗を考慮しない場合の平均年最大流量規模に対する無次元掃流力 τ_* (粒径70.0 mm対象)分布を示す。この図と図-6の比較から、河道内樹木を考慮したほうが水みち部での無次元掃流力 τ_* が大きいことがわかる。これは、樹木抵抗によって砂州上(水みち部以外)での洪水流の流下が滞ることで水みち部に流れが集中することが原因と考えられる。

図-8に粒度構成②の置き土に対する樹木抵抗考慮の有無別の侵食流送効果を示す。平均年最大流量流下時は樹木抵抗を考慮しないケースのほうが置き土が多く流送されているが、平均年最大流量1/2流量流下時は樹木抵抗を考慮したケースの方が置き土が多く流送される結果となった。これは、河道全体に洪水流が流下する平均年最大流量流下時では、樹木抵抗により河道内の洪水流の流下が滞ることで置き土侵食流送効果が小さくなったためであると考えられる。一方、平均年最大1/2流量流下時では、樹木抵抗によって砂州上への洪水流の流下が制限されることで水みち部に洪水流が集中し、水みち部の水深および掃流力が増加したことによると考えられる。以上より、河道内樹木による洪水流への抵抗を考慮することで、洪水規模別の置き土侵食流送特性をより合理的に表現することが可能となった。

4. あとがき 本研究により、出水規模別に効率的な侵食流送が期待できる置き土の粒度構成条件が推定された。

また、置き土地点周辺の無次元掃流力 τ_* と置き土材料の移動限界掃流力 τ_{c0} との大小関係から侵食流送効果を概略的に予測可能であること、河道内樹木による洪水流への抵抗を考慮することで洪水規模別の置き土侵食流送特性をより合理的に表現可能となったことが示された。ただし、これらの結果は、置き土位置の現場条件(周辺地形)や流量条件(洪水継続時間、供給ハイドログラフ形状)の影響を受けることが想定されるため、様々な粒度構成条件、現場条件、流量条件下で更なる検証を行う必要がある。なお、今回の計算では、富所らの方法⁹⁾を用いて樹木による洪水流の抵抗を考慮したが、当該手法の妥当性について日野川の実際の洪水水位データと計算水位との比較により確認する必要がある。

謝辞 本研究は国土交通省中国地方整備局日野川河川事務所との共同研究により実施しています。本研究を行うにあたり、日野川河川事務所には日野川に関する現地資料の提供等様々なご協力をいただきました。

参考文献 1)木下ら, 第75回土木学会全国大会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM), II-200, 2020, 2)梶川・檜谷, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.69(4), pp.I_631-I_636, 2013, 3)Miwa, H. and Parker, G., Earth Surface Process and Landforms, Vol.42(9), pp.1355-1364, 2017, 4)小林ら, 第72回土木学会中国支部研究発表会講演概要集(CD-ROM), pp.127-128, 2020, 5)富所ら, 水工学論文集, Vol.45, pp.775-780, 2001, 6)池西ら, 第71回土木学会中国支部研究発表会講演概要集(CD-ROM), pp.133-134, 2019

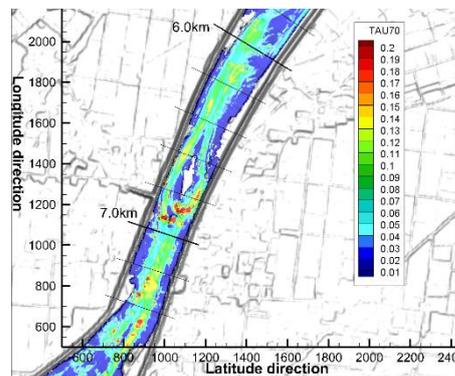


図-6 流量条件 837 m³/sにおける無次元掃流力 τ_* 分布(粒径70 mm対象)(樹木考慮あり)

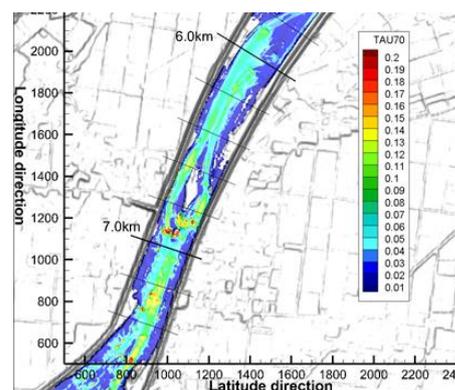


図-7 流量条件 837 m³/sにおける無次元掃流力 τ_* 分布(粒径70 mm対象)(樹木考慮なし)

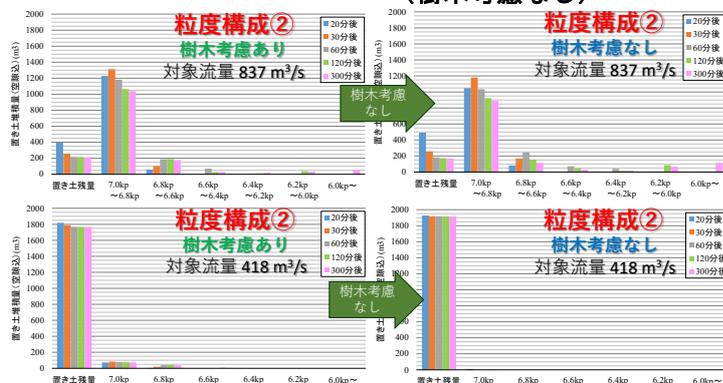


図-8 樹木考慮の有無による置き土流送土砂堆積量の変化(粒度構成②対象)