

置土土砂の輸送特性に関する一考察

株式会社建設環境研究所 ○伊藤英恵・富田邦裕・井内拓馬
 京都大学防災研究所 竹林洋史

1. はじめに

ダム下流河道への土砂の還元を目的として、置土が行われている。置土は、排砂バイパストンネルなどのように大規模な施設を必要とせず、現況河道を活用して、比較的实施しやすい土砂還元の方法であるが、出水時に土砂を流下させることから、出水の規模等により十分に土砂が流出しない場合があり、置土の目的が達成されない等の課題があるのが実情である。置土された土砂の浸食量や下流での流砂量の時間変化特性は、出水波形や置土形状、置土した土砂の粒径などの影響を受ける。本研究では、置土土砂の輸送特性に与えるいくつかの因子の内、置土の形状に着目し、いくつかの代表的な置土形状に対して置土の土砂の流出過程の違いを平面二次元の河床変動解析を用いて比較検討を行った。

2. 解析方法及び解析条件

解析に用いた流れの基礎方程式は、竹林ら¹⁾と同様の水深平均された平面二次元流れの基礎方程式である。河床近傍の流速は水深平均流速の流線の曲率から求めており、二次流強度の係数はEngelund²⁾と同様に7を用いた。流砂形態は掃流砂のみを考慮し、掃流砂量は河床の縦横断勾配の影響を考慮した芦田・江頭・劉の式³⁾を用いた。河道形状は、幅25m、長さ100m、縦断勾配1/150の直線流路であり、置土の領域を除くと平坦河床である。初期河床材料の粒度は図1に示すものであり、平均粒径は9.6cmである。本解析では河床材料の粒度と置土の粒度を同一としている。上流端からの流量は600m³/sの定常給水とし、下流端の水深は等流水深とした。各解析条件の置土の形状の違いを表1に示す。置土は計算区間の上流端から60mを置土上流端として右岸側に設置した。置土の土量はすべて同一である。Case1は流下方向に長く横断方向に短い一般的な置土の形状である。Case2は流下方向に短く、横断方向に長い形状である。Case3は流下方向も横断方向も短い、Case1やCase2と比べて高さが2倍である。Case5はCase1を流下方向に間引きしたものであるが、高さはCase1の2倍である。Case6は平面的な形はCase1と同様であるが流下方向に置土高さが線形的に高くなるものである。Case7はCase6と逆に流下方向に置土高さが線形的に低くなるものである。なお、本解析条件では全ての置土が冠水する条件である。

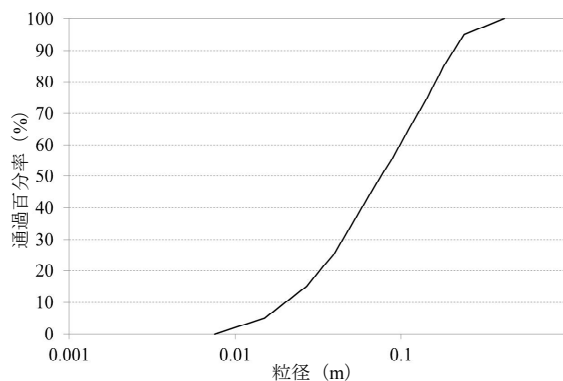


図1 河床材料の粒度

3. 結果と考察

図2にCase1の河床変動量の時間変化を示す。置土の浸食の初期の段階では、置土下流端が浸食されていることがわかる。これは、置土の下流側面の流下方向勾配が急なため、置土を越流した流れが急勾配で置土の下流に流れ、掃流力が大きくなったためである。河床変動開始から40秒後では、置土の浸食領域は河道の中央側に移動する。これは、置土によって妨げられた流れの一部が置土の左岸側周辺を流下するためである。また、この時点では置土の上下流域に土砂の堆積域が形成されていることがわかる。さらに、60秒の段階では置土の上流側が最も浸食されていることがわかる。

表1 解析条件 (置土の形状)

	流下方向の長さ (m)	横断方向の長さ (m)	高さ (m)	個数
Case 1	16	6.25	0.5	1
Case 2	8	12.5	0.5	1
Case 3	8	6.25	1	1
Case 5	2	6.25	1	4
Case 6	16	6.25	0~1	1
Case 7	16	6.25	0~1	1

これは、置土下流部は置土上流域から多くの給砂があるが、置土上流域は置土による堰上げ背水の影響で掃流力が低下し、流砂量が減少するため置土上流域への土砂の供給が少ないためである。

図3にCase1～3の置土上流端から40m下流の断面流砂量の時間変化を示す。解析開始直後、流砂量が急激に大きくなり、その後一旦小さくなった後に流砂量が再度増えていることがわかる。解析開始直後の流砂量の急増は、置土による置土上流域の水位上昇と左岸側への流れの集中による流砂量の増加である。そのため、横断方向に長く置土を設置したCase2と置土の高さを高くしたCase3で解析開始直後の流砂量が大きくなっている。置土の土砂の流出による流砂量の増加は、約12秒後からである。約12秒後からの流砂量の変化を見ると、Case1に比べて横長であるCase2や高さが高いCase3は流出が遅れている。しかし、最終的に流出した土砂の量は高さが高いCase3が最も多く、続いてCase2、Case1の順番となっている。これらの結果は、置土上流域の水面の堰上げによって置土領域の水面勾配が大きくなり、掃流力が大きくなることが強く影響していると考えられる。ただし、置土の高さを高くすると流量によっては冠水しなくなり、越流による浸食ではなく、側方浸食が卓越することとなり、置土の浸食速度が遅くなる場合もある。また、置土上流域の水位上昇は、置土上流域の治水安全度を下げることとなるため、注意が必要である。

図4にCase5～7の置土上流端から40m下流の断面流砂量の時間変化を示す。置土を分散させて置いたCase5は、Case1とほぼ同じ結果となった。これは、置土と置土の間の空間を置土から崩れてきた土砂が速やかに埋め、Case1とほぼ同じ置土の形状となったためと考えられる。置土の高さが流下方向に異なる下流にCase6と向かってCase7を比較すると、上流側を高くしたCase7の方が流出土砂量が多くなることがわかる。

4. おわりに

いくつかの代表的な置土形状に対して置土の土砂の流出過程の違いを平面二次元の河床変動解析を用いて検討を行った。その結果、置土の浸食卓越箇所は時間的に変化すること、置土による置土上流域の水面の堰上げが置土の浸食に強く影響を与えていることなどが明らかとなった。

参考文献 1) 竹林：ながれ，2005。2) Engelund：ASCE，1974。3) 芦田ら：水工学論文集，1991。

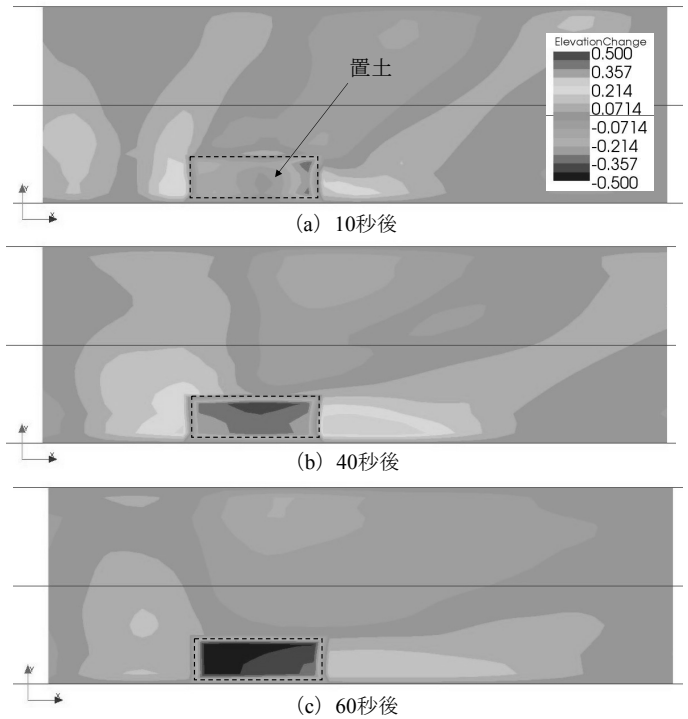


図2 河床変動量の時間変化 (Case1, 描画には iRIC の GUI を用いた)

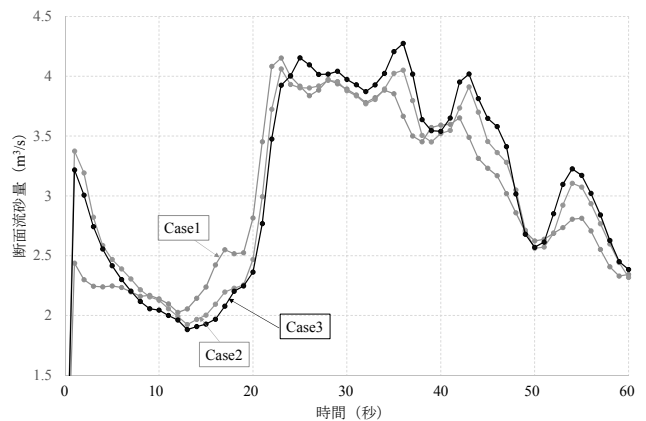


図3 置土下流の断面流砂量の時間変化 (Cases1～3)

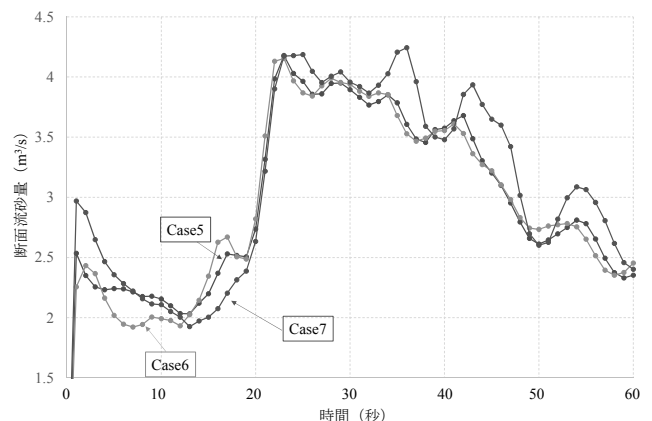


図4 置土下流の断面流砂量の時間変化 (Cases4～6)