泥水混相流による、繰り返しヘッドカット移動特性

千葉工業大学大学院　学員　　○上野　龍
坂本　康明
千葉工業大学　　ﾌｪﾛｰ　　瀧　和夫

1.はじめに

国土の７５％は山地であり、急峻な地形のため土砂災害が起こりやすく、更に昨今の異常気象による集中豪雨は、土砂崩壊を併発させている。降雨時の土壌粒子を含む泥水混相流は、河川でも局所洗掘を発生させ、流路形成の一因となっている。本研究では開水路実験から、泥水混相流が形成するヘッドカット現象を観察し、泥流濃度変化及び流量変化により、繰り返し発生したヘッドカット移動特性を明らかにした。

２．実験装置及び方法

本実験で用いた矩形断面開水路は長さ４ｍで、蛇行を伴う流れとならないように幅を２cm とした。
また、実験用河床材料は珪砂(d_{50}=75μm)である。実験方法は砂と水とをあらかじめ所定の濃度(C=0.05、0.1、0.2)に調整し泥水を水路上流端より連続的に自由落下させ、水路床上に層状の砂粒子沈降堆積層を形成させる。やがて堆積層が下流端まで到達し、更に供給砂量と排出砂量との均衡が保たれ、河床が平衡状態となり、下流側の任意の位置で局所的に洗掘を生じさせる。この時の河床形状をビデオとカメラにより撮影し、画像処理にて所定の量を測定し、解析を行った。本実験の条件を表１に示した。

表1実験条件

RUN	泥水流量(cm3/s)	泥水濃度C
1	17.03	0.05
2	18.14	0.1
3	16.36	0.2
4	25.24	0.05
5	21.15	0.1
6	22.19	0.2

3. 実験結果及び考察

洗掘面移動速度は各々の実験条件においてほぼ一定であり、洗掘形状を変えずに遡上していくことが観察された。また、各実験条件での移動速度は流量と高い正の相関(R^2=0.81　ここで R^2は相関係数)があることが図１より明らかとなった。洗掘形状はヘッドカット洗掘現象として多く扱われているような河床面からの離脱 [1)]という現象ではなく、スロープ状のなだらかな形でも洗掘面は形状を変えずに遡上するのが観察できた。

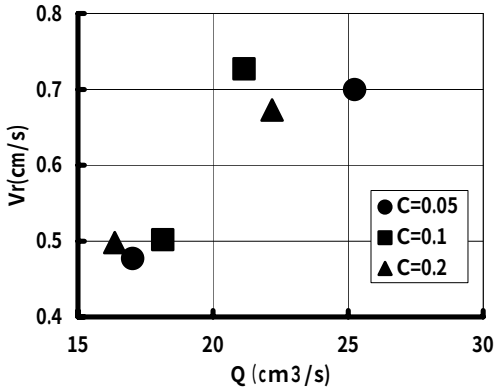

図１　泥水流量と洗掘面移動速度の関係

RUN２、RUN４、RUN５、RUN６においては平衡勾配を超えて一度下流側から洗掘が始まり、しばらくすると、はじめに発生した洗掘地点と、ほぼ同じ位置から繰り返し洗掘が発生した。洗掘面に沿って削られた砂量分により洗掘穴直下流の河床上の泥流濃度は高くなり、元の河床の平衡勾配の限界を超えるため、繰り返し洗掘が発生すると考えられる。隣り合う洗掘穴の距離をλ(cm)とし、泥水流量との関係を図２に示した。

キーワード　ヘッドカット　局所洗掘　矩形断面開水路　泥水混相流　土砂崩壊
連絡先　〒275-8588　千葉県習志野市津田沼 2-17-7　千葉工業大学　TEL047-478-0452

写真１は繰り返し発生した洗掘の様子である。RUN１と RUN３についての洗掘は単一なものであったため洗掘間距離λの測定はできなかった。泥流濃度 C=0.1 の流量変化によると、泥水流量の増大に伴い、洗掘間距離も長くなる傾向にあることがわかった。

写真１　繰り返しヘッドカット洗掘

図３は泥水流量と洗掘最大深さ Sd(cm)との関係を示した。これも泥水流量が増大するに伴い、最大洗掘深さも増大するという関係が得られた。

唯一泥水濃度に関して顕著な関係が認められたのは図４より、平衡勾配 I と平衡勾配上の流速との関係である。泥水濃度が高くなると、平衡勾配も大きくなる。しかし、流速 v (cm/s)と平衡勾配は反比例の関係にある。これは、砂粒子径一定のもと、砂の鉛直方向の沈降速度が一様であることから、流下方向の流速が速くなると、河床にとどまるまでに下流へと流されてしまうためと考えられる。

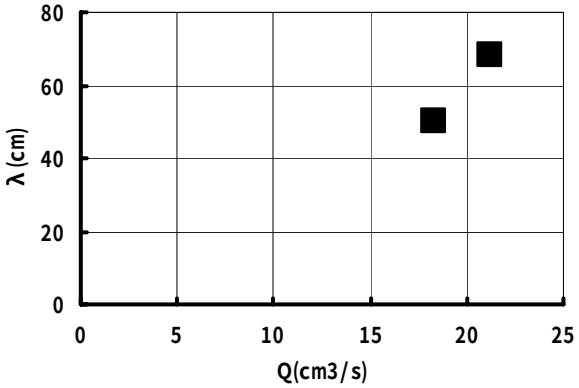

図２　泥水濃度 C=0.1 での泥水流量と洗掘間の距離の関係

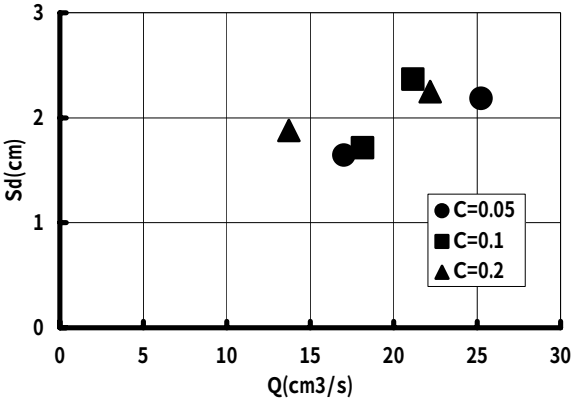

図３　泥水流量と最大洗掘深さの関係

４.まとめ

本実験において次のことが明らかとなった。

1)洗掘は単一に起こるものだけではなく、繰り返し発生する。

2)ヘッドカット移動速度と洗掘深さは流量に依存する。すなわち単位時間当たりの洗掘量は流量に依存する。

3) 洗掘間距離は泥水濃度一定のもと、泥水流量が増大するに伴い長くなることがわかった。

4) 平衡勾配は泥水濃度と正の相関をもち、流速とは負の相関をもつ。

５.参考文献

1)Sean J. Bennett and Carlos V. Alonso, Shyam N. Prasad, Mathias J.M.Romkens; Experiments on headcut growth and migration in concentrated flows typical of upland areas, WATER RESOURCESRESEARCH, VOL.36,NO.7,pp1911-1922.,2000

2)土木学会；水理公式集 pp76-77

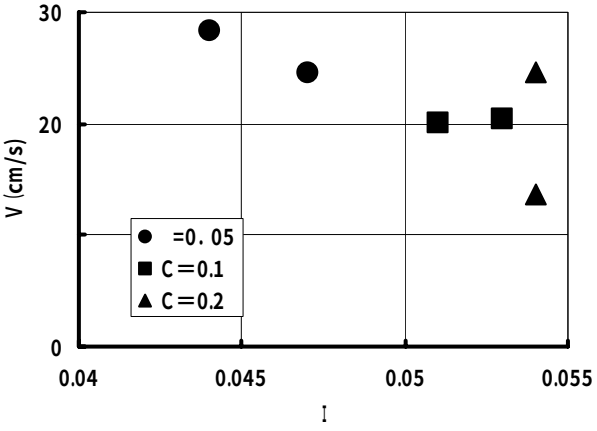

図４　平衡勾配と流速の関係