

噴流による現地侵食試験

財団法人建設技術研究所 ○小田 晃・長谷川祐治

京都大学大学院農学研究科 水山高久

筑波大学大学院生命環境科学研究科 宮本邦明

1. はじめに 河岸・溪岸侵食による山腹崩壊は新たな土砂生産源となり土砂氾濫の原因となる。そのため、河岸・溪岸侵食の予測は重要なテーマである¹⁾。しかし、現地の河岸・溪岸は一般に粘着性を有するため、それらの侵食予測は困難である。わが国の河岸・溪岸、並びに地山を対象に侵食試験を行ない、それらの構成材料である粘着性材料の物性値と侵食速度等との関係を知ることは、今後の粘着性材料の侵食予測に大きく貢献すると考えられる。また、侵食予測のための現地における簡易な侵食実験手法も確立できる。

今まで著者らは水路試験と現地で噴流試験を実施してきた²⁾。しかし、現地での噴流試験の中には砂礫で構成されている場所もあり、噴流試験の目的である粘着性材料の侵食予測法について言及するにはデータが少なかった。そこで、今回、著者らが実施してきた粘着性を有する材料の侵食速度と粘着力等の関係²⁾を踏まえ、新たに22箇所・28地点の粘着性材料で構成されている河岸・溪岸・地山に対し、噴流による現地侵食試験(CRL-AET: Civil Engineering Research Laboratory-Anti Erosion Test)と土質試験を行ったので結果を報告する。

2. 噴流試験概要 噴流は河岸・溪岸・地山面に対してほぼ直角に噴射させる。ノズルから河岸等の表面までの噴射距離は50cmである(写真1)。連続噴射時間は10sec、20sec、30secであり、各々の時間での侵食深を調べた。噴流は市販の噴霧器のノズルを直噴用ノズル(ノズル直径1.2mm)に取り替えたものを使用した。なお、噴流試験後に使用した水量を計測し、噴流時のノズルからの平均流速がどのケースもほぼ同じ(23.9cm/s)であることを確認した。噴流試験と同時に山中式土壌硬度計による土壌の支持力も計測している。また、粘着性材料の粘着力は三軸圧縮試験から求めた。



写真1 噴流試験実施状況

3. 噴流試験の結果

3.1 粘着力と侵食速度の関係 噴流を10秒間継続させた場合と、30秒間継続させた場合の侵食速度と粘着力の関係を図1、図2に示す。なお、ここでの侵食速度とは噴流による侵食深を噴射時間で除した値である。図中の黒丸(●印)が今回新たに実施した現地調査結果である。噴射時間が長くなるとデータのばらつきが少なくなり、粘着力と侵食速度の関係が明確に示されるようになる。噴射時間が短い場合のデータのばらつきの原因として、対象とした河岸等の表面の硬さが考えられる。そこで、硬度計により、河岸等の表面の硬度を計測した値と噴流を10秒間継続させた場合の侵食速度の関係を調べた。

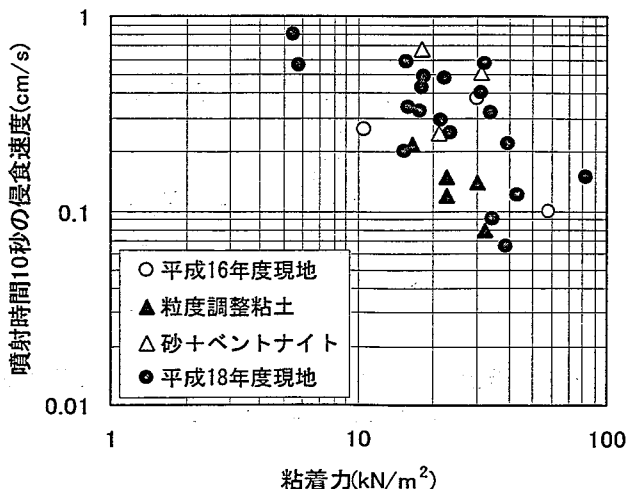


図1 粘着力と噴射時間10秒の侵食速度の関係

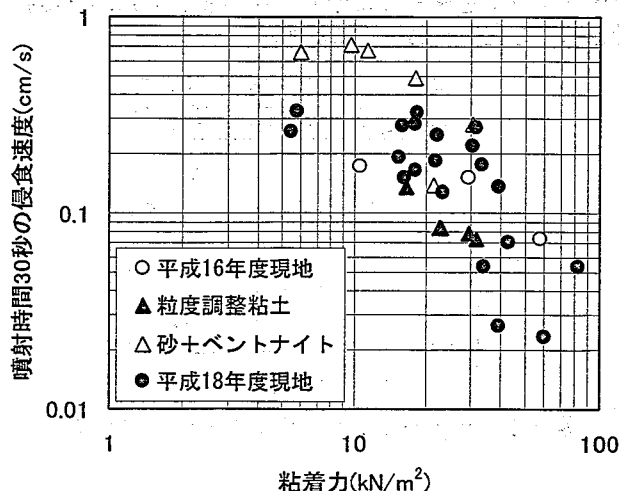


図2 粘着力と噴射時間30秒の侵食速度の関係

3.2 硬度計による支持力強度と侵食速度の関係 図3に硬度計で計測した支持力強度と噴射時間10秒の侵食速度の関係を示す。硬度計の計測できる限界（コーンの長さ）が4.0cmであることから、ここでは10秒間での侵食深が4.0cm以上の事例は省いた。この図から、土の表面の硬さも侵食速度に影響する傾向が示された。天候等の影響で左右されやすい土の表面の硬さが無視できると考えられる30秒程度の噴流継続時間を採用すれば、河岸を構成する同一材料に対して差の無い侵食速度の結果が得られると思われる。

3.3 60%粒径と侵食速度の関係 粘性土（三角座標等から分類）に分類される箇所での60%粒径と侵食速度の関係を図4に示す。新たに増えたデータからも粘着性を有する材料は、粒径が大きくなると侵食速度が増加する傾向が確認された。粘土・シルト等の粒径の細かい材料でも粒径は侵食速度の変化に影響することが示された。

3.4 無次元時間と無次元侵食速度の関係

著者ら²⁾が求めた無次元時間と無次元侵食速度の関係式(1)に基づいて今回のデータを加えて再整理した(図5)。

$$\phi \left(\frac{E_j}{V}, \frac{t}{d_{60}} \sqrt{\frac{c}{\rho_s}} \right) = 0 \quad \dots (1)$$

ここに、 c は粘着力、 d_{60} は60%粒径、 E_j は噴流による侵食速度、 t は時間、 V は噴流のノズル出口における平均流速、 ρ_s は粘着性材料の湿潤密度である。この図から、2005年度までの現地での噴流試験のデータ(○印)も概ね同じ傾向であり、式(1)の関係の妥当性が示された。なお、図5中の点線は2005年度までのデータに関する最小二乗法による近似線である。2007年度までのデータによる近似式の係数(図5中に記す)を基に侵食速度の推定式を再整理した。

$$\frac{E}{u_*} = 0.0103 \left(\frac{E_j}{V} \right)^{1.03} \quad \dots (2)$$

ここに、 E は河岸と平行方向の流水による侵食速度、 u_* は摩擦速度である。

4. おわりに 現地の噴流試験結果を新たに追加し、提案した侵食速度の関係式の妥当性が確認できた。今後は、さらに現地での噴流試験データを集めるとともに、水路による侵食実験を実施し、河岸の侵食速度と噴流による侵食速度との関係について検討を進める予定である。

謝辞 本研究に当たり河岸・溪岸の噴流試験実施に御配慮いただきました立山砂防事務所、湯沢砂防事務所、並びに現地試験にご協力いただきました土浦ジステック(株)に感謝の意を表します。参考文献 1)例えば、澤井健二:粘着性土の侵食と堆積, 1994年度水工学に関する夏期研修会講義集Aコース, p. A-4-1~17, 1994. 2)小田晃・水山高久・宮本邦明・長谷川祐治:粘着性材料の侵食速度推定法, 砂防学会誌, Vol. 59, No. 5, p. 56-61, 2007.

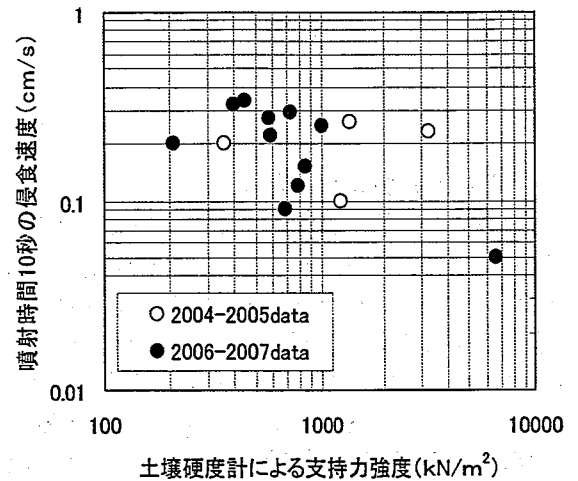


図3 土壌硬度計による支持力強度と噴射時間10秒の侵食速度の関係

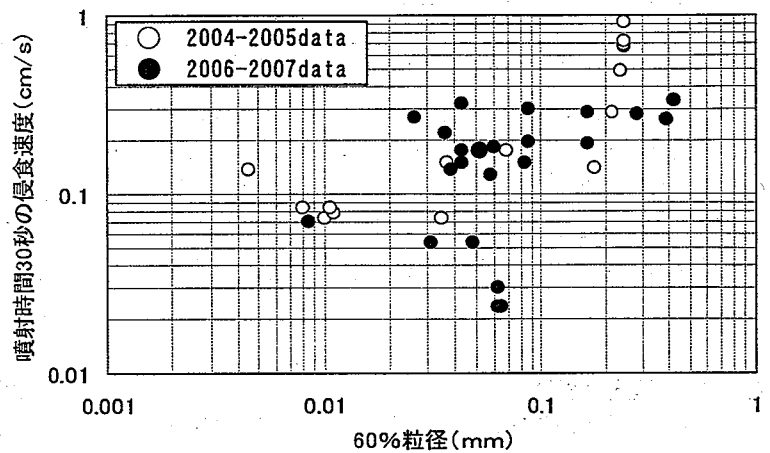


図4 60%粒径と噴射時間30秒の侵食速度の関係

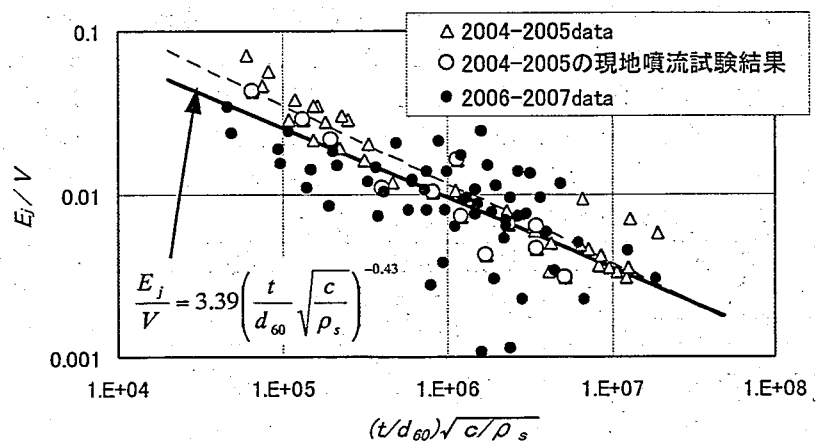


図5 無次元時間と無次元侵食速度の関係