

堤防裏法尻付近の樹林帯密度が落掘の洗掘深・洗掘長に及ぼす影響

埼玉大学 学生会員 ○狩野 匠
埼玉大学 正会員 八木澤 順治
埼玉大学 正会員 田中 規夫

1. 目的

堤防を越流した氾濫水はその水たたき部に大きな洗掘領域（以後、おっぼり）を形成することがある。こうしたおっぼりは、越流時に堤体破壊の要因となる場合もあり、また、家屋の基盤流失や土砂の市街地流入等の被害拡大要因ともなる。水防林や海岸林のエネルギー減衰効果（例えば佐々木ら¹⁾）により、樹林帯によって流体力や洗掘を低減できる可能性がある一方、東北地方太平洋沖地震津波では堤防沿いの海岸林は多くの流木の生産源にもなった。樹林帯を堤防沿いの多重防御施設と位置づけるためには樹林帯の存在による底面せん断力の変化を、堤防越流部の水たたきのような流れ場においても解明しておく必要がある。八木澤・田中²⁾は堤防法尻近傍の角柱群密度を変化させた実験から、角柱群周辺の底面せん断力には極大となる密度条件が存在し、それ以上ではせん断力が減少することを明らかにしている。上記を踏まえ、本研究では、水理模型実験により、樹林帯密度が堤防背後の洗掘に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

(1) 樹林帯モデル・実験条件 実験は長さ 4m、幅 0.42m の水路に木製の堤防モデルおよび裏法尻以降に粗砂を敷き詰めた移動床を設置して行なった(図-1)。樹林帯モデルは裏法尻から 0.1m の範囲に直径 0.04m の木製円柱を千鳥格子状に配置した。本研究では樹木の破壊・漂流は考えないものとし、円柱を水路底に設置した木製板に固定した。実験では表-1 に示すように、4 つの樹林帯密度 N (本/cm²)と 1cm から 5cm までの越流水深 $H1$ (cm) の組み合わせで計 12 通り実施した。越流水深が $H1$ になったときを $t=0$ (min)として実験を開始し、 $t=5$ min, 15min, 30min のときの砂面形、水面形を測定した。なお、本実験では $t=30$ min のときに各実験ケースで砂面形状が平衡状態になることを確認している。

(2) 計測結果の整理 各越流水深ケースにおいて、樹林帯密度 N と最大洗掘深 SD 、最大洗掘長 SL との関係を把握した。また、実験の様子を撮影した映像から跳水発生地点より上流の射流部分の水深 $H2'$ (cm)(図-1)を求めフルード数 Fr を計算した。その際、堤防頂部において限界流が生じる条件と連続式より、 $Fr=(H1/H2')^{2/3}$ として算出した。求めた Fr から各実験ケースで生じた $t=30$ min 時の跳水形態の分類を行った。以上の結果を用いて N 、 $H1$ と洗掘形状との関係を把握し各ケースの比較を行った。

(3) SD 、 SL の定義 樹林帯の洗掘減衰効果は、河床の最大洗掘位置の深さと最大洗掘長さを $H1$ で無次元化した値をそれぞれ SD (Scour Depth)、 SL (Scour Length)と定義し、 N との関係を N - SD 、 N - SL 関係で表した。

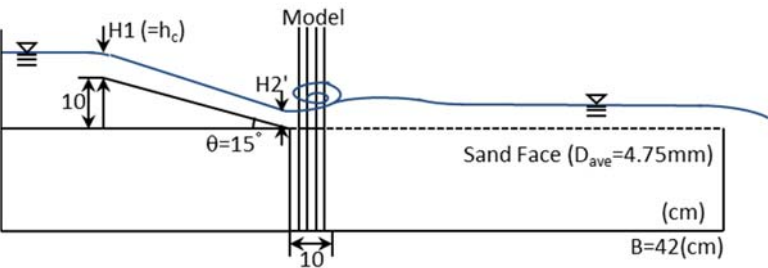


図-1 実験装置概要図

表-1 実験ケース一覧

N (本/cm ²)	0.0321	0.05	0.1283	0.2
$H1$ (cm)				
1		○		○
2		○		○
3	○	○	○	○
4		○		○
5		○		○

3. 結果および考察

図-2は、実験結果から得られた N - SD 関係、 N - SL 関係を示したものである。この図から、 N が大きいほど SD 、 SL ともに減少する傾向にあることが分かる。一方で、 $H1=3\text{cm}$ の条件では $N=0.05$ 本/ cm^2 のケースにおいて、それよりも低い密度条件と比べて SD 、 SL が増加していることが分かる。 N が増加すると流れに対する抵抗は増大するが、通水断面積が減少することで樹林帯内では流れが加速される。流れに対する抵抗の増加は洗掘の軽減に寄与し、樹林帯内の局所的な加速は洗掘の増加に寄与すると考えられる。これらのことから、 $H1=3\text{cm}$ のケースでは、樹林帯の抵抗による洗掘の軽減効果は樹林帯内の流れの加速による洗掘の増加より小さく、他の密度条件よりも洗掘が進行したものと考えられ、八木澤・田中²⁾で確認されたものと類似の現象が生じていることがわかった。表-2は、 $t=30\text{min}$ 時における跳水始点の直上流の Fr を示したものである。樹林帯密度の違いが詳細に検討できた $H1=3\text{cm}$ のケースに着目すると、 $N=0.05$ 本/ cm^2 の場合のみ Fr が小さいことが分かる。 Fr から跳水形態を分類すると、 $N=0.0321$ 本/ cm^2 、 0.1283 本/ cm^2 、 0.2 本/ cm^2 では動揺跳水および定常跳水に分類されるが、 $N=0.05$ 本/ cm^2 では波状跳水および弱跳水に分類される。波状跳水、弱跳水は跳水によるエネルギー減衰がほとんど得られない、もしくは小さいことが知られている。したがって樹林帯による効果が他の条件と比較して小さいことが分かる。以上のことから、越流水深の条件によっては、洗掘を増大させてしまう樹林帯密度があることが示唆された。

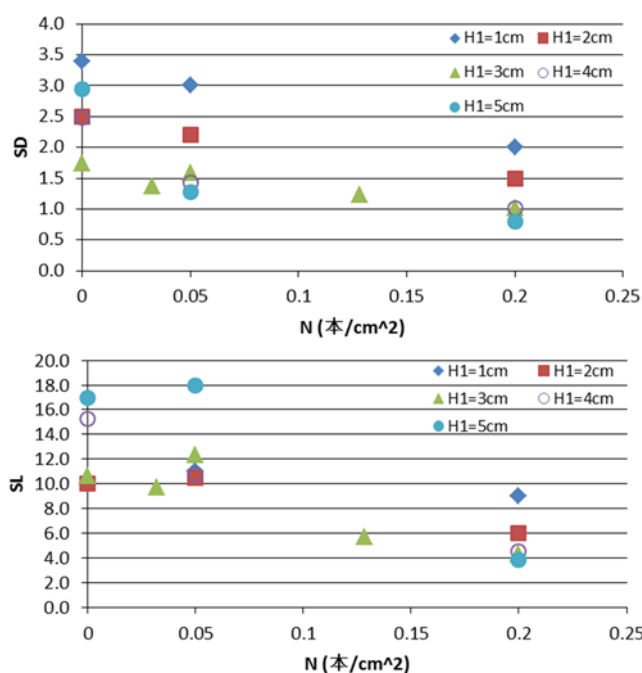


図-2 N - SD 関係、 N - SL 関係による各条件の比較

表-2 跳水上流側フルード数 Fr

$H1(\text{cm})$	Fr			
	$N=0.0321$	$N=0.05$	$N=0.1283$	$N=0.2$
1		5.1		4.9
2		1.8		4.6
3	4.4	1.5	3.7	4.3
4		1.4		2.9
5		2.2		3.4

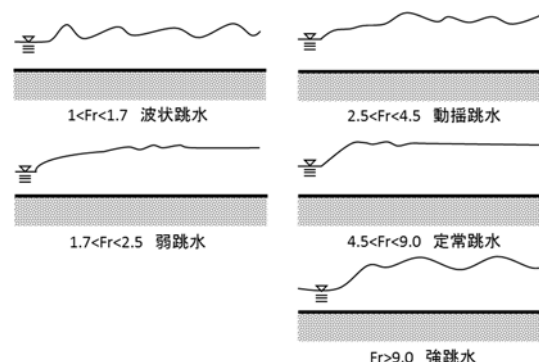


図-3 フルード数による跳水の分類

4. 結論

樹林帯密度を大きくするほど洗掘に対する減衰効果は増加するが、樹林帯密度と越流水深の条件によっては洗掘の拡大を引き起こすため避けた方がよい樹林帯密度が存在することも示唆された。今後は、法面勾配など検討項目を増やすなどしてさらに実験を行い、得られた結果に一般性があるかを確認する必要がある。

謝辞 本研究を行うにあたり、JSPS 科研費基盤研究 (B) (No. 24310127)および若手研究 (B) (26821097)助成の一部を使用した。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 佐々木 寧・田中 規夫・坂本 知己、津波と海岸林—バイオシールドの減災効果—、共立出版、209 ページ、2013 年 2 月
- 2) 八木澤順治、田中規夫、射流中の角柱体に作用する抗力および周辺の底面せん断力に関する実験的研究、土木学会論文集 B2 (水工学)、第 57 巻、2013。