

根固め工の破壊進展機構の基礎的研究

広島大学大学院 学生会員 ○土井豆政廣
 広島大学大学院 学生会員 盧庚範

広島大学大学院 正会員 内田龍彦
 国土交通省中国技術事務所 山形勝巳
 広島大学大学院 フェロー会員 福岡捷二

1. 序論

河道湾曲部に設置される根固め工の上流端では、大きな抵抗が生じるため局所洗掘が生じ、ブロック群が大きく変形し滑り破壊が生じやすい。根固め工上流端が滑り破壊すると、河岸付近の河床砂が吸出されるため、基礎工が洗掘被害を受け、最終的に護岸の破壊に至る危険性が高い。本研究では、根固め工上流端の設計を念頭に置き、厳しい河床洗掘を受ける根固め工先端部について、根固め工の破壊進展機構を明らかにし、滑り破壊が生じない設計法の検討を目的とする。

2. 実験方法

実験施設(図-1)は、長さ0.9m、幅2.0m、高さ1.2mの大型水槽で平均粒径0.8mmの一樣砂を河床材として高さ1.0mになるように敷き詰めている。図-1のX方向を縦断、Y方向を横断とする。根固め工の最上流端を想定し、根固めブロック(図-2、表-1)を縦横断に連結して配置している。根固め工上流端の大きな局所洗掘による根固め工底部にある砂の流出による破壊を再現するため、静水状態において根固め工前面を洗掘させる。図-3に示すように、初期河床高から先端ブロック下部の最深高までの河床の低下量を ΔZ とし、 ΔZ を変化させ根固め工の変形と滑り限界を測定する。ここで、根固め工敷設幅を B_c 、根固め工平坦幅を L_n 、連結幅を含む根固めブロック1個の支配幅を b 、ブロック重量を w_0 とする。根固め工が滑り破壊まで至らないような設計条件を検討するため、河岸とブロックを連結させ、滑りの駆動力となる河岸近傍で滑りを抑制する力 F を測定する。図-3に示すように、滑り力 F は根固め工に滑りを生じさせないための、平坦部の幅 L_n における摩擦抵抗の不足分を表す。根固め工の滑り限界時の必要敷設幅 B_d は、滑り力 F に抵抗するブロックの摩擦抵抗をブロック幅に換算し、これを敷設幅 B_c に加えれば求まる(式(1))。これにより洗掘深 ΔZ に対する滑りが生じない根固め工の幅を算定できる。実験は、表-2に示すように根固め工敷設幅 B_c を変えて行う。

3. 実験結果及び考察

図-4の(a)、(b)はcase1,2における洗掘深 ΔZ の増加に伴う滑り力 F の測定結果とcase1の変形形状である。図-5は ΔZ に対する必要敷設幅 B_d を各caseについて求めたものである。根固め工が滑りに対する釣り合い状態にある滑り限界を表す図中の曲線よりも上の領域は、根固め工に滑りが生じない安全側の敷設幅の範囲、下の領域は滑りが生じる危険側の敷設幅の範囲を表す。case1において $\Delta Z=0.2\text{m}$ から F が計測され始めるが、 F は大きく増加しない。図-4(b)のように根固め工は河床低下に伴い、先端ブロックから重力によってブロック連結点を支点とし、砂面方向に回転する成分のモーメントを作用させ、先端ブロックの角度を増加させな

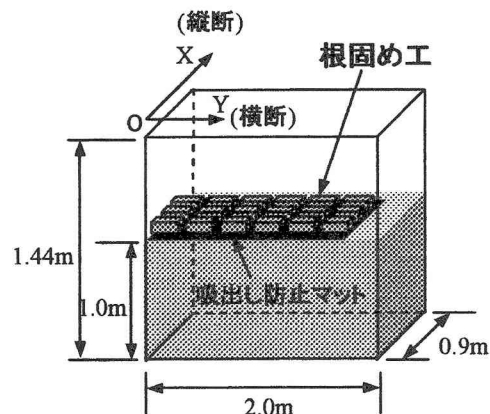


図-1 実験施設



図-2 根固めブロック

表-1 根固めブロック諸元

幅	0.15m
高さ	0.1m
比重	2.3
連結幅	0.085m

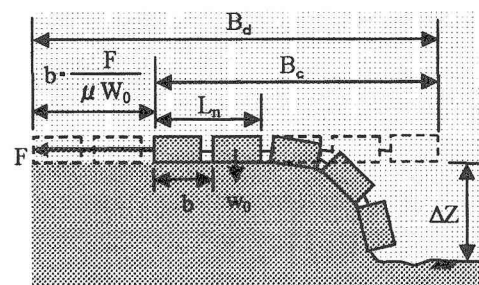


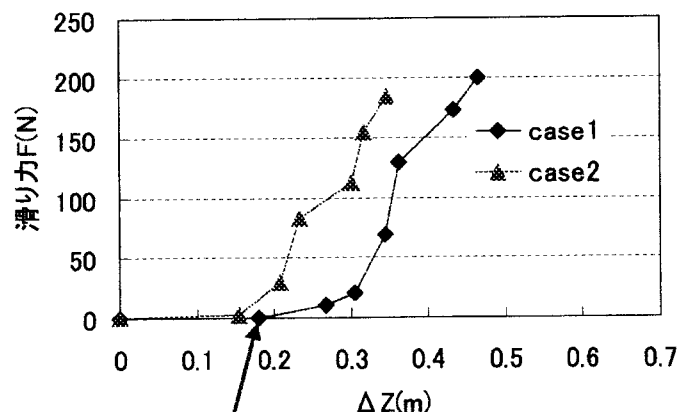
図-3 諸量の定義

$$B_d \geq B_c + b \cdot (F / \mu w_0) \quad (1)$$

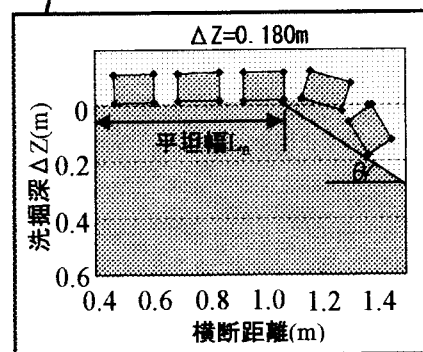
表-2 実験条件

	根固め工敷設幅 B_c (m)
case1	1.09(横断方向にブロック5個)
case2	0.86m(横断方向にブロック4個)

がら変形する。その角度は砂の安定勾配である水中安息角 θ より大きいため、砂面角 θ の場合に比べて根固めブロック下部からの土砂が流出すること及び変形範囲が広がることを抑制する。このため、変形していない根固め工平坦幅 L_n での摩擦抵抗はほとんど減少せず、滑り力 F は小さい。これは必要敷設幅 B_d がほとんど増加せず根固め工の洗掘深が増加しても洗掘に対する安定性が高いことを示す。洗掘が大きくなるとブロック下部からの土砂流出抑制効果が小さくなるため、 $\Delta Z=0.3\text{m}$ を越えた辺りから滑り力 F は急激に増加し、滑りに対処するための B_d は大きくなる。case2 では根固め工に滑りが生じ始める点から滑り力 F は大きく増加する。これは、同一のブロック条件、初期条件でも、 ΔZ に対して必要敷設幅 B_d は一義的には決まらず、根固め工の敷設幅 B_e により異なることを示す。case2 では先端ブロック角度の増加に伴う滑り方向へのブロック重力成分の増加に抵抗する摩擦抵抗を持つ平坦幅のブロックが少なかったため、滑り力 F が大きくなる。このため先端ブロック角度の増加による土砂流出と変形範囲の抑制の効果を生かすためには、洗掘深 ΔZ の増加に対して先端ブロック角度の増加率が大きい根固め工変形過程で根固工に滑りが生じない根固め工平坦幅を確保することが必要である。



(a) 洗掘深 ΔZ と滑り力 F (case1, 2)



(b) 根固め工変形形状 (case1)

図-4 洗掘深と滑り力及び根固め工変形形状

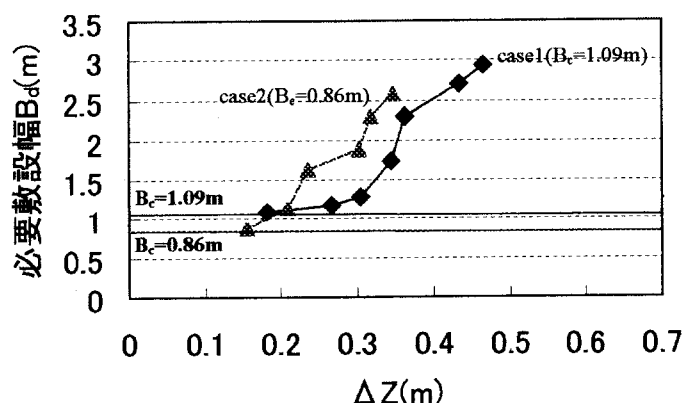


図-5 洗掘深と必要敷設幅

以上の結果をふまえて、根固め工に滑りが生じない必要敷設幅 B_d の算定方法を検討する。図-5を見ると、case2 ($B_e=0.86\text{m}$) の $\Delta Z=0.153\text{m}, 0.207\text{m}$ における必要敷設幅 B_d は、case1 ($B_e=1.09$) での滑りが生じる危険領域の敷設幅の範囲内に存在する。また、case2 の $\Delta Z=0.234\text{m}, 0.301\text{m}$ は case1 の滑りが生じない安全領域の敷設幅の範囲内にある。このように敷設幅 B_e が異なると、必要敷設幅 B_d の評価が異なるため滑りに対する安全領域か危険領域かの判定が不明確になってしまう。想定される洗掘深 ΔZ において、滑りが生じない適切な必要敷設幅 B_d を算定するためには、敷設幅 B_e を変えて $\Delta Z \sim B_d$ の特性曲線を複数個描き、 ΔZ に対する B_d の関係を表す一本の包絡線から B_d を算定する必要がある。

4. 結論

前面での大きな局所洗掘により滑り破壊が生じ、根固め工の破壊のきっかけとなる根固め工上流端に作用する滑り力を直接測定し、滑りが生じない必要敷設幅 B_d を決めるための考え方を示した。根固め工前面の河床洗掘に伴う根固め工に作用する滑り力 F の増加特性は、根固め工敷設幅 B_e によって異なる。

参考文献

- (財)国土開発技術研究センター：護岸の力学設計法，山海堂，平成12年。
- 内田龍彦・福岡捷二・福島琢二：河床の洗掘による根固め工の変形特性に関する研究，河川技術論文集，第8巻，2002。