

津波越流により生じる海岸堤防背後における洗掘形状の推定 Prediction of scour profile behind a coastal dike by tsunami overflow

○竹川尚希 澤田 豊 河端俊典

Naoki TAKEGAWA, Yutaka SAWADA and Toshinori KAWABATA

1. はじめに 津波越流による海岸堤防背後地盤の洗掘は、破堤要因の一つとして指摘されている。洗掘対策の要否及び優先順位を検討する上で、洗掘形状を簡易に推定することは重要である。本研究では、水理模型実験を実施し、得られた実験結果と既往研究の結果から最大洗掘深及び洗掘長を簡易に推定する2種類の手法について検討した。

2. 研究概要 著者ら¹⁾が実施した実験と既往研究²⁾³⁾から、法尻に基礎を設置した場合と設置しない場合について、実時間換算10分後の洗掘形状を推定した。全ての実験において、海岸堤防の勾配は1:2である。さらに、本研究において提案された推定式と Tokida and Tanimoto⁴⁾によって実施された東日本大震災の現地調査の結果についても比較を行った。

(1) 渦による洗掘形状推定 護岸の戻り流れを対象に、定在渦から最大洗掘深を算定した野口ら⁵⁾の手法を参考に洗掘形状を推定した。渦によるエネルギー散逸量と越流水により供給されるエネルギーのつり合いから洗掘孔内に発生する渦の半径は式(1)で表される。ここに、 r :渦の半径、 g :重力加速度、 Q :流量、 H :堤防高さ、 h :越流水深である。式(1)の右辺を渦の大きさ R_v と定義した。

(2) 次元解析による洗掘形状推定 洗掘形状は式(2)に示す物理量により規定されたと考え、次元解析を実施した。ここに、 D :最大洗掘深、 L :洗掘長である。 Π 定理より無次元量を用いた式(3)及び式(4)が導かれる。 C と α は模型実験の結果から求められる定数である。

なお、本研究で求められた推定式は、地盤材料の平均粒径 D_{50} が現地換算で0.6~15mmの範囲でのみ適用される。**Fig. 1**に海岸堤防裏法尻で生じる洗掘の概念図を示す。

3. 洗掘形状の推定 **Fig. 2**及び**Fig. 3**に渦の大きさと洗掘長及び最大洗掘深の関係を示す。**Fig. 4**及び**Fig. 5**に無次元量 Q^2/gH^3 と L/H 及び D/H の関係を示す。それぞれの推定式と各実験結果のプロットは、模型縮尺に関わらず、よく一致していることが分かる。法尻に設置された基礎は、越流水による洗掘の軽減を目的とし、その効果は、堤防の規模に対する基礎の大きさに関係する。本研究では、基礎幅 B を堤防高さ H で除した値を基礎幅比 B/H と定義する。**Fig. 2~Fig. 5**から、基礎幅比の違い($B/H=0.10, 0.11, 0.17$)による洗掘長及び最大洗掘深の変化は確認されない。従っ

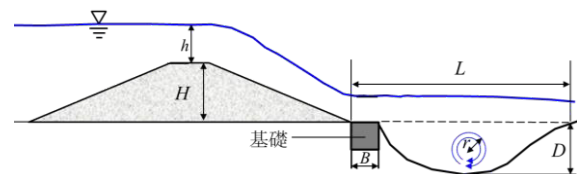


Fig. 1 海岸堤防裏法尻で生じる洗掘
Scour behind coastal dike

$$r \sim g^{-\frac{1}{4}} Q^{\frac{1}{2}} \sqrt{\frac{H^2}{(H + 0.12h)^{\frac{3}{2}}}} \quad (1) \quad f(D, L, H, Q, g) \quad (2)$$

$$\frac{L}{H} = C \left(\frac{Q^2}{gH^3} \right)^\alpha \quad (3) \quad \frac{D}{H} = C \left(\frac{Q^2}{gH^3} \right)^\alpha \quad (4)$$

て、本来ならば、基礎幅比の影響を考慮した推定式を導くべきであるが、本研究では、基礎を設置した場合について一つの推定式を提案した。

異なる手法を用いた2種類の洗掘形状推定に共通する結果として、Fig. 2~Fig. 5に示す推定式の係数より、法尻に基礎を設置した場合の方が、設置しない場合よりも、洗掘長が約1.2倍に増加、最大洗掘深が約0.47倍に減少することが分かる。これは、法尻に基礎を設置することで越流水の方向が水平に変化し、洗掘が水平方向に進行するためであると考えられる。渦による推定(式(1))において、洗掘長及び最大洗掘深は、 $Q^{0.5}$ に比例している。次元解析による推定(式(3),式(4))において、係数 α の値から基礎の有無に関わらず洗掘長は $Q^{0.46}$ 、最大洗掘深は $Q^{0.64}$ に比例する(Fig. 4, Fig. 5)。このことから、洗掘長及び最大洗掘深は、およそ $Q^{0.5}$ 程度に比例すると考えられる。

また、Fig. 4及びFig. 5より次元解析による推定式では、現地調査の結果と比較して洗掘形状が大きく評価される傾向にある。一方、Fig. 2及びFig. 3より渦による推定式において、現地調査の結果は、概ね推定式線上に位置していることが確認される。

4. まとめ 本研究では、津波越流により生じる洗掘形状を異なる2種類の手法により推定した。次元解析及び渦による推定式に共通する結果として、法尻に基礎を設置することにより洗掘長は約1.2倍に増加、最大洗掘深は約0.47倍に減少することが明らかとなった。また、洗掘長及び最大洗掘深は、およそ $Q^{0.5}$ 程度に比例すると考えられる。現地調査の結果は、概ね渦による推定式の線上に位置していることが確認された。

参考文献

1) Takegawa et al. (2017): Influence of Liquefaction on Scour behind Coastal Dikes due to Tsunami Overflow, International Journal of Geotechnical Engineering. (in press) 2)三戸部ら (2014) : 津波越流により生じる海岸堤防裏法尻の洗掘現象に関する実験, 土木学会論文集, 70(4), 1147-1152. 3)鳩貝ら (2012) : 津波の越流による海岸堤防の裏法尻の洗掘に関する水理模型実験, 土木学会論文集, 68(2), 406-410. 4) Tokida, K. and Tanimoto, R. (2014): Lessons for countermeasures using earth structures against tsunami obtained in the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Soils and Foundations, 54(4), 523-543. 5)野口ら (1997) : 津波遡上による護岸越波および前面洗掘の大規模模型実験, 海岸工学論文集, 44, 296-300.

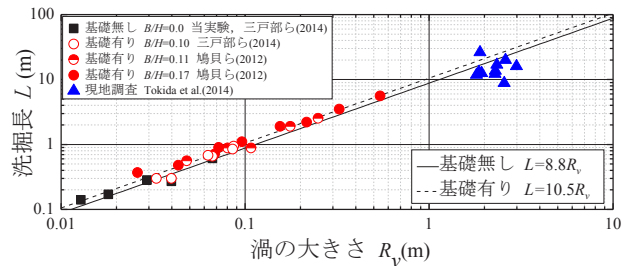


Fig. 2 渦の大きさと洗掘長の関係
Relationship between eddy scale and scour length

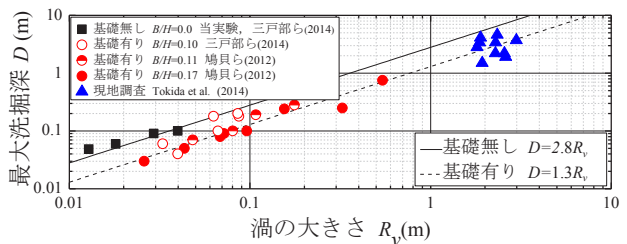


Fig. 3 渦の大きさと最大洗掘深の関係
Relationship between eddy scale and maximum scour depth

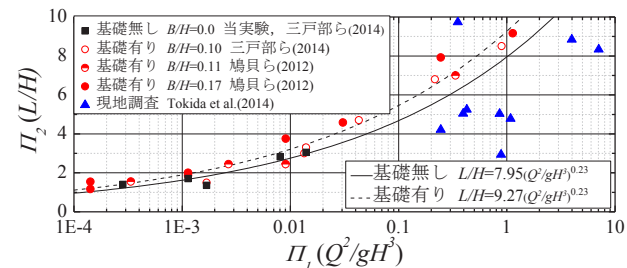


Fig. 4 L/H と Q^2/gH^3 の関係
Relationship between L/H and Q^2/gH^3

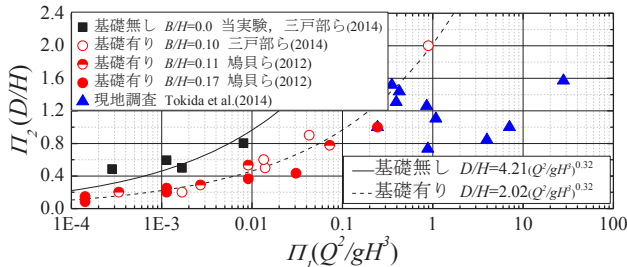


Fig. 5 D/H と Q^2/gH^3 の関係
Relationship between D/H and Q^2/gH^3