

1. 研究の目的

河床や海底面上に構造物を設置すると、構造物周辺に3次元的な加速流や渦流が形成される。これに伴い、掃流力が場所的に変化し、結果として構造物周辺の河床面や海底面が洗掘を受けることがある。最も広く知られている洗掘現象は、水中橋梁基礎の周辺に発生するものであり、橋梁水理学の中心的な課題として、長年にわたり研究が重ねられてきた。しかしながら、特に、施工時や維持補修時には、より正確に洗掘深さを予測することが求められている。橋脚のまわりの河床低下量を推定する場合、大規模河床変動、中規模河床変動、局所洗掘の総和として考える必要がある。ここでは、局所洗掘を対象として予測精度を考察して、予測式の使用上の留意点を示したい。

2. 研究方法

我が国の設計実務においては、建設省土木研究所において、須賀ら¹⁾が、多くの実測データから作成した洗掘深の予測図が用いられている。この図には、橋脚の洗掘深を考える上で考慮すべきパラメータがほとんど取り込まれており、汎用的である。しかしながら、数式の形で表現されていないため、例えば、確率的な設計手法をとる場合のように、水理条件や地盤条件の変化が洗掘深の変化に及ぼす影響を総括的に検討しようとする場合等においては、毎回図を参照しなくてはならず不便である。

そこで、ここでは、最大洗掘深の実測値と後述する3種類の予測式による評価値との比較を行う。比較に用いたデータは、須賀ら¹⁾が収集したデータに、鹿島技術研究所での水理実験結果を加えた総数529のデータである。また、構造形式としては、もっとも基本的なケースである円柱に対する洗掘深について考える。

予測式としては、比較的最近提案されたものとして Federal Highway Administration (FHA) の式²⁾ 及び国際水理学会 (IAHR) の提案した式³⁾ および著者らが提案した式⁴⁾ の3つとする。

第一のFHAの式は、Richardson and Davis²⁾が、コロラド州立大学(CSU)式を基礎に、実務用に提示したものであり、橋脚の形状が円柱の場合は次式に簡略化される。

$$\frac{Z}{D} = 2.0K_3K_4 \left(\frac{h_0}{D} \right)^{0.35} F_r^{0.43} \quad (1)$$

ここに、 Z ：洗掘深、 D ：橋脚幅（円柱の場合は直径）、 h_0 ：橋脚上流側の水深、 $F_r = V/\sqrt{gh_0}$ ：フルード数、 K_3 ：河床状態に関する係数（1.1～1.3）、 K_4 ：混合粒径砂の場合に生じるアーマリリングの効果を表す係数（0.7～1.0）である。

第二の、国際水理学会 (IAHR) の式は、次式で示される。

$$\frac{Z}{D} = 2 \tanh \left(\frac{h_0}{D} \right) \quad \text{動的洗掘} \quad (2a)$$

$$\frac{Z}{D} = \left(\frac{2N_s}{N_{sc}} - 1 \right) 2 \tanh \left(\frac{h_0}{D} \right) \quad \text{静的洗掘} \quad (2b)$$

ここに、 $N_s = V/\sqrt{\Delta g d}$ ：Carstens の導入したセディメント数である。

第三の予測式は、著者らが、須賀らの図と同様に、考えられるパラメータ（水深、流速、砂粒径、比重、構造物幅）をすべて含む形で洗掘深の評価式を示したもので、以下の式である。

$$\frac{Z}{D} = \max \left[\frac{N_s - N_{sc}}{\frac{\{\log(h_0/d_m)\}^4}{30.0} + \frac{N_s - N_{sc}}{2.7}} \tanh \frac{h_0}{D}, 0 \right] \quad (3)$$

キーワード：洗掘、最大洗掘深、精度 連絡先：調布市飛田給 2-19-1、電話 0424-80-3024, fax0424-89-7087

ただし、 N_{sc} は限界セディメント数であり、ここでは、1.4 を与えた。

3. 結果および考察

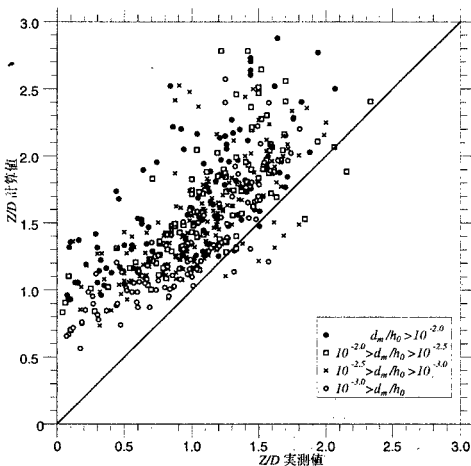
式 (1) ～ 式 (3) により予測される洗掘深と実測値との比較をそれぞれ図 1, 図 2, 図 3 に示す。式 (1) と式 (2) は、ほとんどすべての点で、計算値が実測値に比べて大きく、洗掘深が最も大きくなる水理条件に対する値を予測するものと考えるべきで、与えられた水理、地盤、構造条件に対して、最も確からしい洗掘深を与えるものではないことが分かる。これ以上は掘れない深さを知りたいとの要望には答えられるものであるが、条件によっては、これらの評価方法では、安全側にすぎる傾向がある。特に、式 (2) でこの傾向が強い。これに対して、式 (3) は、実測値と計測値とは良い相関があり、平均的な傾向を示す式であることがわかる。また、ほとんどの実測値は、予測値の 0.5 倍～1.5 倍の範囲にあることがわかる。

4. 結論

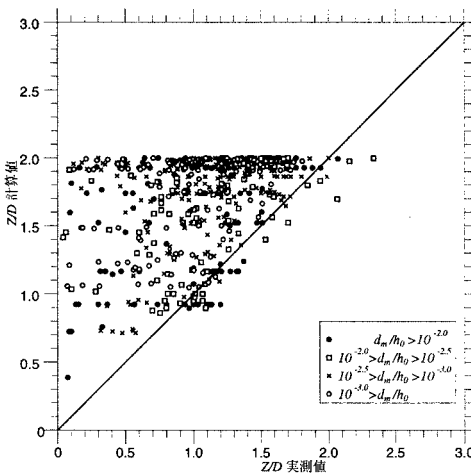
本報告では、橋脚の周辺の最大洗掘深を示す 3 種類の評価式の精度について、予測値と実測値と比較することにより評価した。その結果、式 (1)、式 (2) は、ばらつきの有るデータの最大包絡傾向を予測するもので、条件によっては、安全側の予測値を与えることがわかった。一方、式 (3) として提案した新しい洗掘深の評価式は、平均的な傾向を与えるが予測値の 5 割程度のばらつきをみる必要があることがわかった。

参考文献

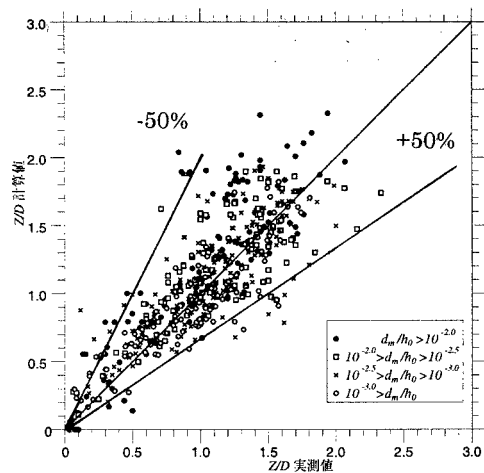
- 1) 須賀堯三ら(1982) 土研資料, 第 1797 号.
- 2) Richardson and Davis (1995):
Pub. No. FHWA-IP-90-017, HEC No.18.
- 3) Breusers, Nicollet and Shen(1977):
J. of Hyd. Res., Vol. 15, No. 3, pp.211-252.
- 4) 池谷毅ら(1999) 鹿島建設技術研究所年報.



図－1 式 (1) による計算値と実測値



図－2 式 (2) による計算値と実測値



図－3 式 (3) による計算値と実測値