

第II部門

高精度粒子法による津波越流時の海岸堤防裏法肩被覆ブロック離脱に関する数値解析

京都大学工学部 学生会員 ○丹羽 元樹
 京都大学工学研究科 正会員 五十里 洋行
 京都大学工学研究科 正会員 原田 英治
 京都大学工学研究科 正会員 後藤 仁志

1. はじめに

大規模な津波が防波堤を越流する際、防波堤裏法肩被覆ブロックが離脱することが分かっている。本研究では、この種の現象の再現計算に先立ってモデルの基礎的検証を行い、大井ら¹⁾の実験結果と比較することで本モデルの妥当性について検討する。

2. 数値解析手法

流体計算には MPS-HS-CHL-ECS-GC-DS-PS-SPP-WPP 法^{2),3),4)}を用いた。kernel 関数には Wendland 型関数を使用し、ブロックの運動の追跡には剛体連結モデル⁵⁾を導入した。

3. 津波越流時の裏法肩被覆ブロック離脱過程の数値シミュレーション

(1) 計算条件

計算領域は図-1 に示す通りである。堤防は五十里ら⁶⁾と同様に、天端幅が 0.08m、高さが 0.245m で、斜面勾配は表裏法面ともに 1:2 とした。裏法面は大井らの水理実験と同様に、透水層を模したポーラス体の上に被覆ブロックを配置する。計算領域最右端は流出境界である。また、粒径は 0.003m で均一とした。H=0.16m である。本研究では、ポーラス体は固定し、裏法面に配置しているブロックは全て可動とした。図-1 に示すように大井らの実験で使用されたブロックは三次元的な形状の多孔ブロックであるが、本計算では二次元計算を行うため、この中央断面を一個のブロックとし、間隙を含めて三つのブロック塊を剛体連結して扱う。

(2) 数値解析結果

図-2 にブロック被災時のスナップショットを示す。ブロック下流端上部を支点に瞬時に転倒しているこ

とが分かる。なお、動画で確認すると、水深が高くなるにつれ、離脱前の裏法肩被覆ブロックの振動が大きくなっており、これらは実験結果と良好に対応している。

図-3 に示す計測点における圧力値に基づき、ブロック転倒開始時刻である $t=3.6s$ 前後の各ブロック塊の上下面の圧力勾配 (= 圧力差 / ブロック厚 b_i)、及び時計回りを正としたブロック重心回りのトルクと角速度 ω を図-4 に示す。最上流側ブロック塊の圧力勾配は重力値を常に上回っており (図-4 最上段図参照)、この時間帯では常に上向き方向の力が働いていることがわかる。また重心周りのトルクのグラフ (図-4 最下段図参照) からほぼ常に時計回りにトルクが作用していることがわかる。しかし、 $t=3.5s$ までは、二つ目のブロック塊に最上流ブロック塊のような重力を超えるほどの大きな上方向の力がかかっていないことから (図-4 二段目参照)、回転しようとするがポーラス体にぶつかるため転倒に至らなかったと考えられる。その後 $t=3.5s \sim 3.6s$ にかけて二つ目のブロック塊に大きな力が働き (図-4 二段目の矢印で示された区間)、重心が浮いたため、 $t=3.6s$ 以降ポーラス体にぶつかることなく回転し、転倒・離脱に至ったと思われる。

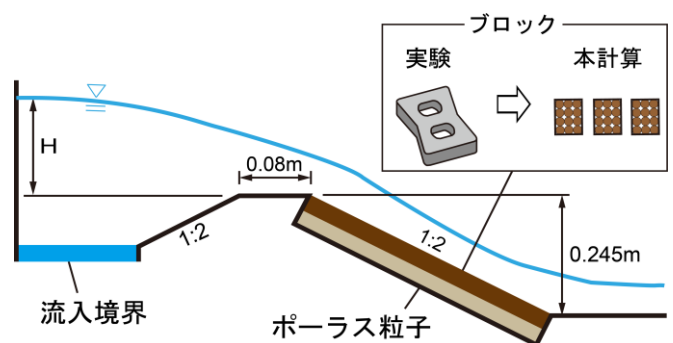


図-1 計算領域

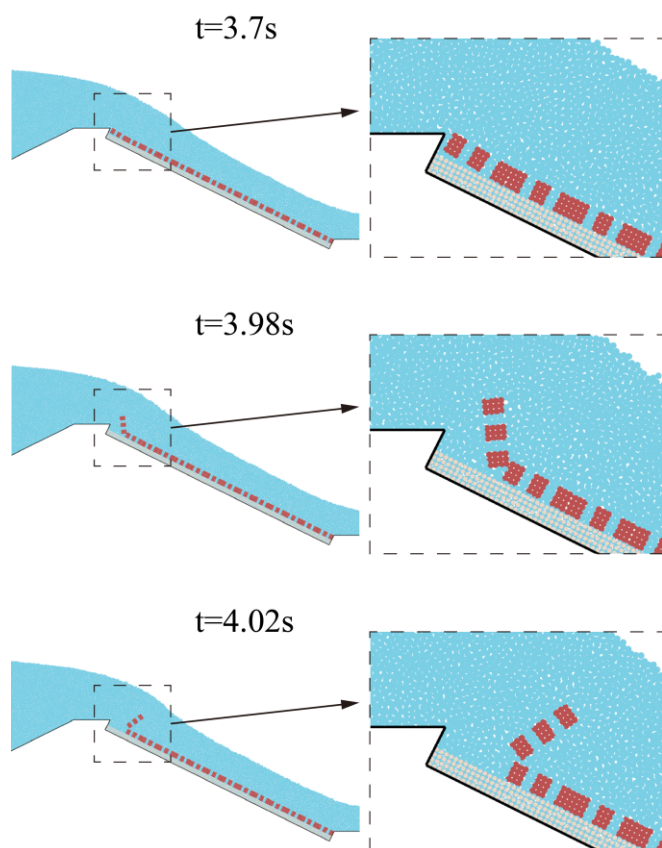


図-2 計算結果

4. おわりに

本研究では、越流時における裏法肩被覆ブロック離脱過程の数値解析を行い、既往の実験結果と比較することで本モデルの妥当性について検証した。また、ブロックの離脱挙動に関してブロック周りの圧力差及び重心周りのトルクから考察した。

今後はポーラス体も可動とするモデルを構築し、全ブロック被災過程のシミュレーションを実施したい。

参考文献

- 1) 林建二郎, 大井邦昭, 河野茂樹: 粘り強い構造の海岸堤防に用いられる護岸ブロックの安定性に関する基礎的研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 69, No.2, pp.946-950, 2013.
- 2) 後藤仁志: 粒子法 連続体・混相流・粒状体のための計算科学, 森北出版, 289p, 2018.
- 3) S. Koshizuka and Y. Oka: Moving Particle Semi-implicit Method for Fragments Incompressible Fluid, *Nuclear Science and Engineering*, Vol.123, pp.421-434, 1996.
- 4) H. Ikari, A. Khayyer, and H. Gotoh: Corrected higher

order Laplacian for enhancement of pressure calculation by projection-based particle methods with applications in ocean engineering, *J. Ocean Eng. Mar. Energy*, Vol. 1, No. 4, pp. 361-376, 2015.

- 5) S. Koshizuka, A. Nobe and Y. Oka: Numerical analysis of breaking waves using the moving particle semi-implicit method, *Int.J.Numer.Meth.Fluids*, Vol.26, pp.751-769, 1998.
- 6) 五十里洋行, 原田英治, 後藤仁志: 津波越流時の海岸堤防裏法肩被覆ブロック離脱挙動の再現のための数値モデルの開発, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.62, 2018 (掲載決定) .

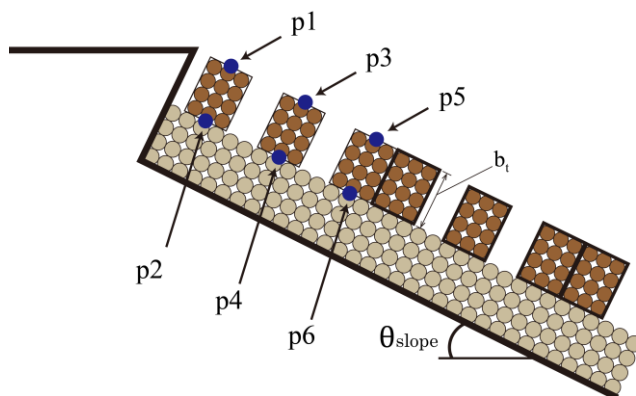


図-3 圧力計測点

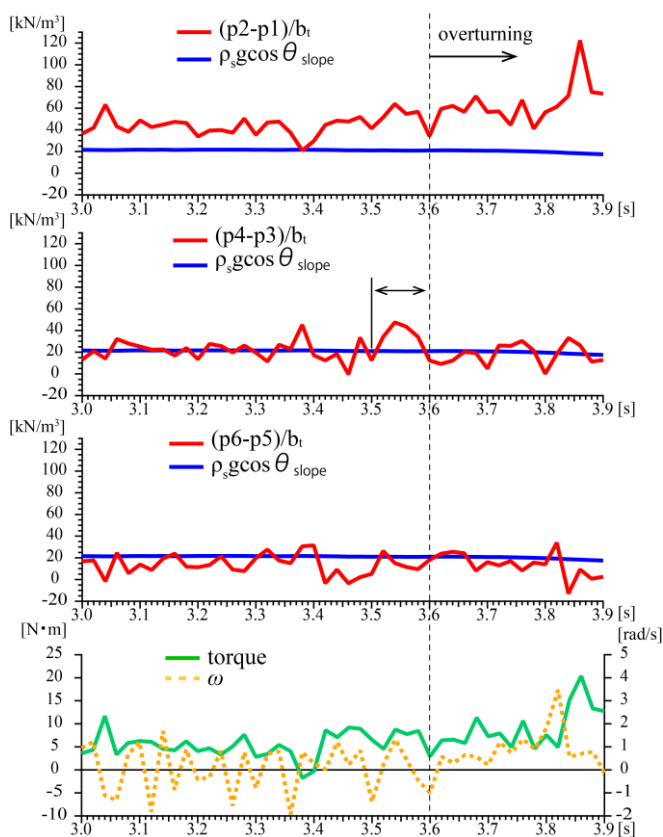


図-4 各ブロック塊に作用する圧力差及びブロック重心周りのトルクと角速度