

捨石堤背後の土砂吸い出しと捨石堤背後の水位変動に関する考察

名古屋大学工学部 学生会員 ○ 倉光 泰樹
名古屋大学大学院 学生会員 中村 友昭
韓国慶尚大学校 正 会 員 許 東秀
名古屋大学大学院 正 会 員 水谷 法美
名古屋大学大学院 フェロー 岩田好一朗

1. はじめに：近年，快適な環境を創造するために人工海浜の建設が行われている．しかし，一部の人工海浜では，波の作用により，埋立土砂が前面に設けられた緩傾斜護岸や突堤から海域に吸い出され，人工海浜に陥没が発生する事例が数多く報告されており，兵庫県では死亡事故が発生するまでに至った．そのため，現在までにケーソン型防波護岸を対象とした研究（例えば高橋ら，1996；重村ら，2002）が行われている．一方，許ら（2004）は水理模型実験と数値計算により捨石護岸背後の埋立土砂の吸い出しを取り扱い，アーセル数や捨石護岸の幅が土砂吸い出しに影響を与えることを見出しているが，捨石や埋立土砂の粒径が及ぼす影響については検討していない．そこで本研究では，直立型の捨石護岸を対象に水理模型実験を行い，捨石や埋立土砂の粒径が土砂吸い出しに及ぼす影響を考察するとともに，直立堤背後での水位変動が吸い出し現象に与える影響についても検討を加える．

2. 水理実験概要：名古屋大学の2次元造波水路（長さ30 m，幅0.7 m，深さ0.9 m）を使って模型実験を行った．直立護岸を構成する捨石として平均粒径 D_{50} が30 mmと20 mmの2種類の砂利を用い，埋立土砂として平均粒径 d_{50} が0.45 mmと0.10 mmの2種類の珪砂を用いた．また， $D_{50}=30\text{mm}$ のとき，護岸幅 B を60 cm，90 cm，120 cmの3種類を変化させ，合計5種類の構造物を対象とした（表-1）．実験は実験-1と実験-2の2種類に分けて行った．実験-1は吸い出しの有無を確認する実験で，その装置を図-1に示す．各構造物に対して，入射波高 H_i を2種類，入射波周期 T を5種類変化させた合計10種類の波を対象に，計50ケースの実験を行った．入射波高と護岸前後の水位変動を3台の電気容量式水位計を使って計測し，サンプリングタイム1/100 sで記録した．波の作用時間は30分間とし，吸い出しの過程をデジタルビデオに記録した．実験-2は捨石護岸内および埋立土砂内の水位変動と圧力変動を測定する実験で，その装置と計測位置を図-2に示す．実験には表-1の構造物2を使用し，入射波高 H_i を2種類，入射波周期 T を5種類変え，波を1分間作用させた．圧力は間隙水压計で計測し，水位とともにサンプリングタイム1/1000 sで記録した．

表-1 5種類の構造物

構造物	護岸幅 B (cm)	捨石粒径 D_{50} (mm)	埋立土砂粒径 d_{50} (mm)
1	60	30.0	0.45
2	90	30.0	0.45
3	120	30.0	0.45
4	90	20.0	0.45
5	90	30.0	0.10

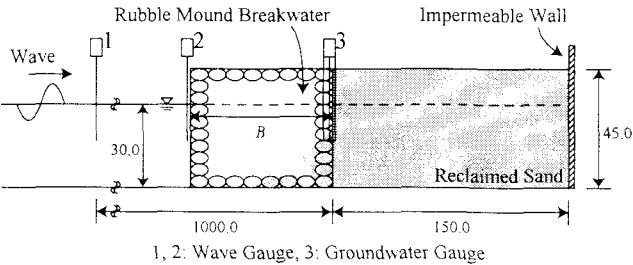


図-1 吸い出しの有無を確認する実験の断面図
(unit:cm)

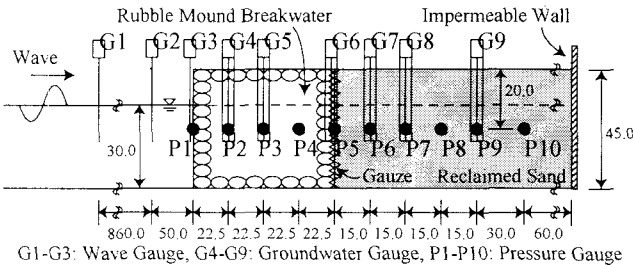


図-2 水位変動と水圧変動を計測する実験の断面図
(unit:cm)

3. 実験結果及び考察: 実験-1 より得られた結果から, アーセル数 $Ur = H_i L^2 / h^3$ と図-1 の G3 での水位変動の全振幅 H_s と水深の比 H_s / h の関係を, 護岸幅と波長の比 B/L , 埋立土砂の平均粒径と捨石の平均粒径の比 d_{50} / D_{50} をパラメータとして図-3 に示す. 図には, 吸い出しが生じなかった場合を No Suction, 吸い出しにより空洞ができた場合を Cave, 陥没まで至る吸い出しが生じた場合を Cave-in とし示してある. なお, 実際に陥没 (写真-1) が確認できたのは1 ケースだけであった. 図-3 より, B/L が小さい条件では H_s / h が大きくなり, 土砂吸い出しが発生しやすいことが分かる. $H_s / h < 0.02$ では吸い出しは発生しないが, $H_s / h > 0.04$ ではほとんどのケースで吸い出しが発生している. 一方, $0.02 < H_s / h < 0.04$ では Ur が大きいほど吸い出しが発生しやすい傾向が認められる.

H_s / h と入射波の関係を検討するため, 実験-2 より得られた捨石護岸及び埋立土砂内の無次元波高 H/h の分布を図-4 に示す. また無次元圧力振幅 $p/\rho gh$ の変動特性を図-5 に示す. なお, x は護岸前面を基準とした距離である. 図-4, 図-5 とともに, 入射波高が大きくても捨石護岸内で, H/h と $p/\rho gh$ はかなり減衰していることがわかる. また捨石護岸の中央付近から捨石護岸と埋立土砂の境界までに H/h と $p/\rho gh$ が大きくなるケースがある. これは, 捨石護岸に進出した波が埋立土砂の前面で反射し, その影響が現れているものと考えられる. これらが吸い出しに及ぼす影響については現段階では明らかではないが, 前述したように H_s / h が大きいほど埋立土砂が捨石護岸側へ流出しやすいため, 捨石護岸内の波変形の機構を明らかにし, 捨石護岸と埋立土砂の境界における波高を小さくすることが, この埋立土砂の吸い出し現象を防ぐ一つの方法であると考えられる.

4. 結論: 本論では, 捨石護岸と埋立土砂の境界における水位変動が吸い出し現象に与える影響について検討した. その結果, 水位変動の増大が土砂吸い出しを助長させることが確認できた. さらに解析結果については講演時に発表する.

参考文献

- 1) 重村ら (2002), 海工論文集, 第 49 巻, pp.871-875. 2) 高橋ら (1996), 港研報告, 第 35 巻, 第 2 号, pp.3-63. 3) 許ら (2004), 海工論文集, 第 50 巻, pp.791-795.

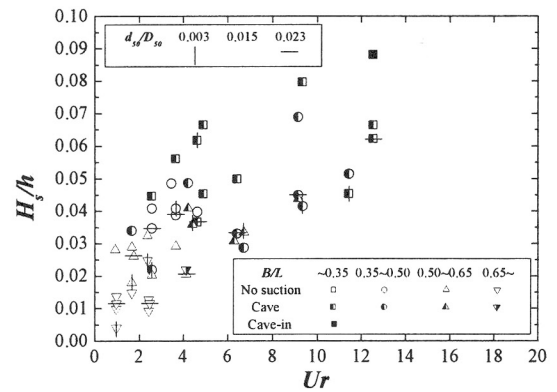


図-3 H_s / h と Ur の関係

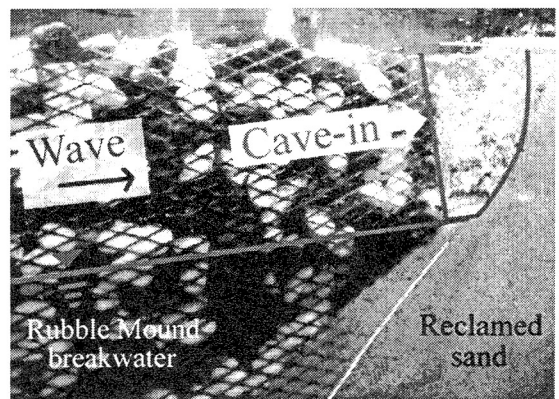


写真-1 陥没発生の様子 (Cave-in)

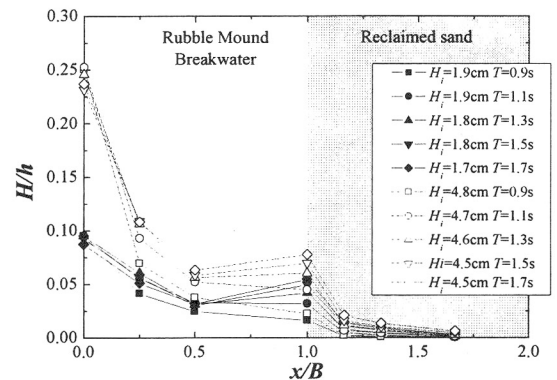


図-4 H/h の減衰

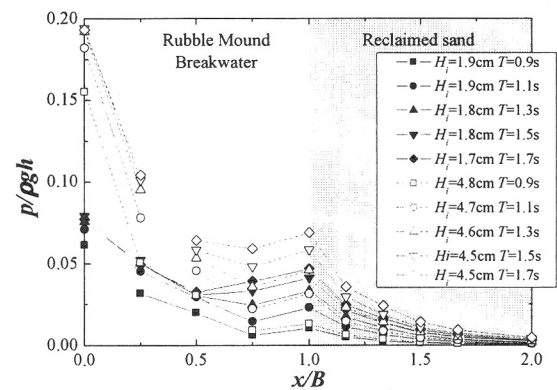


図-5 $p/\rho gh$ の減衰