

II-60

高波浪下における水中放流による海底洗掘の新しい対策工(SPAC)について

東北電力(株)電力技術研究所 正会員 ○佐々木明
東北電力(株)近代火力発電所建設土木課 工藤武美
電力中央研究所我孫子研究所 正会員 池野正明

1. はじめに

火力・原子力発電所において、排水を効率良く放散するために、放水口前面の海底洗掘防止対策工として、波と流れを同時作用させた実験結果を踏まえて、高波浪下における水中放流による海底洗掘に対する対策工として、捨石を用いた新しい対策工を考案したので、以下にその概要を報告する。

- ① 波と流れを同時に作用させると、被覆工先端に渦が発生して洗掘を助長させるとともに砂の巻き上がりや巻き上げにより移送能力が高まる。
- ② 洗掘の進行とともに被覆工間に隙間が生じ、砂が吸い出されて、被覆工は沈下・傾動し、十分な対策効果をあげることができない。（図-1）
- ③ 被覆工先端を捨石で置き換えると、捨石が洗掘斜面を覆うように拡がり、洗掘の進行を抑制する。また、捨石が被覆工と洗掘斜面を滑らかに接続するため渦の発生もない。（図-2）

以上の実験結果を踏まえて、高波浪下における水中放流による海底洗掘に対する対策工として、捨石を用いた新しい対策工を考案したので、以下にその概要を報告する。

2. 新しい対策工の概要

捨石が洗掘斜面に拡がって洗掘を抑制する現象は、河床の表層を粒径の大きい砂礫が覆い、その下の細粒成分の土砂が安定化するアーマ・コートと同様な現象としてとらえることができることから、この新しい対策方法を Spreading Armor Coat 略して、SPACと命名した。

SPACの設計は、図-2のように予想される洗掘斜面を被覆するのに必要な量の捨石で置き換えておけばよいことになる。また、その表面部分は設計波が作用しても安定な重量でなければならないことなどから、次のように考えることができる。

捨石の所要重量(W)は、長谷川・鹿島²⁾による捨石マウンドの耐波浪重量を与える(1)式を用い、底面流速を放水流の流速 U_c と波の振動流の流速 U_w の和として与えることにより求める。

$$W = \frac{\gamma_r (U_c + U_w)^6}{g^3 \text{Frc}^6} \quad (1)$$

ここに、 γ_r ：捨石の単位体積重量、 g ：重力加速度、 Frc ：実験定数（捨石の場合1.90）である。

捨石の所要置換量は、図-3のようなモデルを仮定して捨石が洗掘斜面をほぼ一層で覆うのに必要な展開長さ(L)として次式から求める。

$$D \geq \frac{L}{(\cot \alpha + \cot \beta)} \text{ のとき,}$$

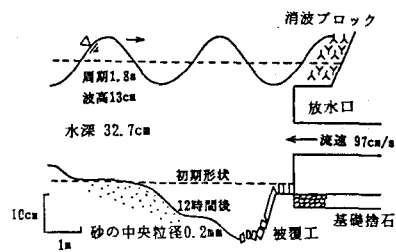
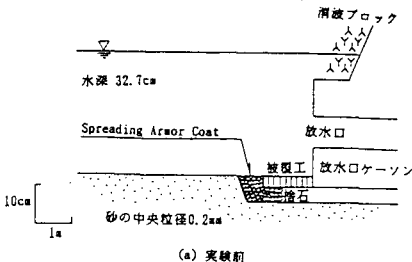
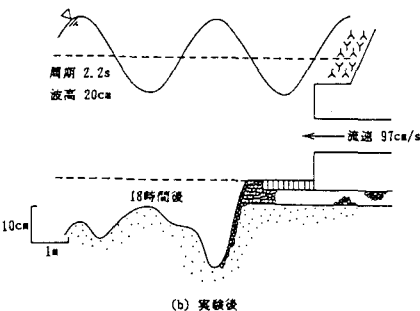


図-1 波と流れを同時作用させた実験結果



(a) 実験前



(b) 実験後

図-2 被覆工先端を捨石で置換えた場合の実験結果

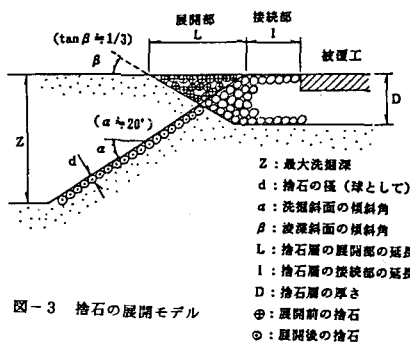


図-3 捨石の展開モデル

$$\frac{1}{2(\cot \alpha + \cot \beta)} L^2 + \frac{d \operatorname{cosec} \alpha}{\cot \alpha + \cot \beta} L - Z d \operatorname{cosec} \alpha = 0 \quad (2)$$

$$D < \frac{L}{(\cot \alpha + \cot \beta)} \text{ のとき, } L = \frac{D}{2} (\cot \alpha + \cot \beta) + \frac{d}{D} (Z - D) \operatorname{cosec} \alpha \quad (3)$$

S P A C は、施工部分を深さ D 、斜面勾配 $\tan \beta$ で浚渫し、そこに粒径 d の捨石を投入し、捨石表面を均して完成となる。S P A C と被覆工の接続部分の長さ (1) は S P A C と被覆工との間に隙間が生じないように捨石の粒径 d の 5 倍程度が必要と考える。なお、洗掘深さ (Z) は、牛島・清水の手法³⁾で予測する。

3. S P A C の効果確認実験

S P A C の効果と捨石の安定性について実験により確認した。実験は造波水路 (長さ 35.2m × 幅 0.7m × 深さ 1.0m) 内に実験模型をすえつけて行った。造波装置は電気油圧サーボ駆動のピストン式を使用した。また、水路には電動ポンプ、開閉弁、配管系を取り付けて放水流が循環するようにした。吸込口は造波装置の前で水路壁を跨いで配管し、吐出口は造波装置の反対側の水路端に放水口模型 (幅 0.7m × 高さ 9cm) として取り付けた。放水口前面にはコンクリート版 (13.3cm × 13.3cm × 厚さ 3.3cm) を被覆工模型として 10 列並べ、中央粒径 0.2mm の砂を厚さ 40cm に入れて水深が 32.7cm になるようにした。S P A C の展開部分は、7g の碎石を用いて、 $Z = 40\text{cm}$ 、 $D = 10.7\text{cm}$ 、 $d = 1.7\text{cm}$ 、 $\alpha = 20^\circ$ 、 $\tan \beta = 1/3$ を条件に、(2) 式から $L = 60\text{cm}$ とした。初期形状は放水流によって S P A C の先端が既に洗掘されているものとして勾配 20° の砂斜面とした。これに、放水口での流速 97cm/s、底面での平均流速 26.6cm/s の放水流と周期 2.2s、波高 20cm の規則波を同時に 60 時間作用させた。

図-4 に、初期形状、8 時間後、30 時間後および 60 時間後の形状を示す。時間の経過とともに砂斜面上部が崩れ、その砂が砂斜面下部と水路底に堆積するとともに捨石の先端部が移動・展開し始めた。実際にはこの堆積部分は下流に移動するものと考えられることから、捨石の展開斜面を延長した線より上の部分 (図中の斜線部分) を適宜除去した。図中の破線は式 (2) より求められた予想展開斜面である。黒い三角形 (▼) は S P A C の先端の位置を示している。22 時間後には S P A C の先端が水路底まで達し、洗掘斜面全体に展開して予想展開斜面とはほぼ一致した。このことから図-3 のモデルの妥当性が認められた。その後 60 時間まではほとんど変化がなく、S P A C に層洗掘斜面は安定であり、法肩の表層部分の捨石も動揺・移動がなく安定であった。

4. むすび

この新しい対策方法 S P A C は、捨石が海底の洗掘に伴って移動することを最初から想定し、その移動した状態で洗掘の進行を食い止めるというこれまでにない設計手法である。また、材料の捨石が安価に入手しやすく、施工も容易であることから経済的にも優れた方法ということが出来る。現在建設中の当社火力発電所放水口工事において実際に施工されている。

今後は、アーマコート機能の向上と高波浪時の安定性向上のために粒径の異なる捨石を混ぜて目潰し層を形成させる実験や平面水槽での実験などを実施し、S P A C の設計手法の合理化を図るとともに、S P A C の効果について追跡調査を実施することになっている。

【参考文献】

- 1) 佐々木明・斎藤敏行・清水隆夫：高速放流下における海底洗掘対策について，平成 2 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要，pp. 158-159，1991
- 2) 長谷川寛・鹿島遼一：連係性のある新型緩傾斜護岸ブロックの開発，海洋開発論文集 Vol. 6，pp. 293-298，1990
- 3) 牛島省・清水隆夫：乱流モデルを用いた温排水水中放流による海底洗掘の予測，海岸工学論文集第 37 巻，pp. 389-393，1990

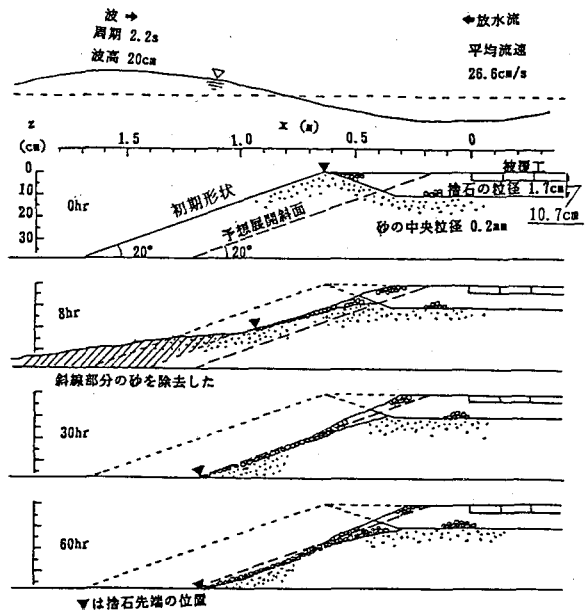


図-4 S P A C の効果を確認した実験結果