

円錐台堤天端の取水口内に取り込まれる越波量

日本文理大学 学生員 ○河内伴之 正員 樋田 操
九州大学 正員 松永信博 正員 小松利光

1. はじめに 内海、湾内および埋め立て地の周辺等は、停滯水域となり易いため、水質が悪化し易い。その対策として、人工湧昇流により海水交換を促進させて浄化することが考えられる。著者らはこれまで、波浪を堤体内の取水口に越波させて水位差を獲得することにより、人工湧昇流を発生させる方法を考察した^{1) 2) 3)}。その目的で、より多くの越波量および水位差を獲得するには、どのような形状を持つ越波堤と集波堤を組み合わせれば良いかを検討してきた。これまでの二次元実験による研究において、越波量を最大とする斜面堤の法勾配は $1/2 \sim 1/\sqrt{3}$ が最適であることが明らかとなった。また、二次元規則波に対するV字状集波堤の集波比(集波堤の入口幅 B_1 と出口幅 B_0 の比 B_1/B_0)は8以上で、集波長 l と沖波波長 L_0 の比は $l/L_0=0.6$ が最適であることが明らかとなった。以上の研究経過から、実海域に設置する構造物として、写真-1に示す様な、天端に取水口を有する円錐台堤の構造物に、写真-2に示す様な、集波堤を複数取り付けた三次元構造物を考案した。多方向からの入射波は、円錐台堤斜面上を集波壁により波高を増幅しつつ週上し、越波して取水口内に取り込まれ、水位差が獲得される。その越波水を深層部に放流して湧昇流が発生するというわけである。

本研究では、写真-1の円錐台堤について、取水口直径 $D=20\text{ cm}$ の場合の越波量を測定するとともに、写真-2の集波壁を設置した場合についても実験を行い、前報⁴⁾($D=30\text{ cm}$)の結果と比較し検討したものである。

2. 実験装置および実験方法 実験は、前報⁴⁾と同じ水槽を用い、円錐台堤の模型に二次元規則波を入射させて越波量を測定した。図-1において、模型堤高を 53.5 cm 、 $D=20\text{ cm}$ に固定した。斜面の法勾配は $1/\sqrt{3}$ ($\theta=30^\circ$)に固定した。実験水深は $h=48.5\text{ cm}$ (模型の静水面上天端高さ $h_c=5\text{ cm}$)に固定した。入射波は、周期が $T=0.654\text{ s} \sim 1.688\text{ s}$ において、沖波波形勾配 $H_0/L_0=0.020 \sim 0.081$ に変化させて、12条件について越波量を測定した。また、集波壁を設置した実験は、 $B_0=10\text{ cm}$ (固定)として、集波比 B_1/B_0 が1, 3, 6の場合について、沖波波形勾配を $H_0/L_0=0.020, 0.068$ に変化させて、6条件について越波量を測定した。この場合、集波壁長は $l=100\text{ cm}$ ($B_0/l=0.1$)に固定し、 $l/L_0=0.225$ および 0.675 の2条件とした。沖波波高 H_0 は、模型設置前に、予め設置位置での波高を測定して換算した。また、この波高の波形記録を調べて、各条件において、入射波が模型地点に到達後、安定した波高となる波の連続5波の越波量を測定し、平均して入射波1波当たりの越波量 $Q(\text{cm}^3/\text{波})$ を算定した。

3. 実験結果およびその考察 集波壁の無い円錐台堤の無次元越波量 Q/H_0L_0D は、次式で表わされる。

$$Q/H_0L_0D = f(H_0/L_0, h_c/H_0, h/L_0, D/L_0, \cot \theta)$$

法面勾配は $\cot \theta = \sqrt{3}$ に固定している。 $h/L_0=0.109 \sim 0.727$ 、 $D/L_0=0.045 \sim 0.300$ の範囲で変化しているが、以下の議論では、 Q/H_0L_0D と h_c/H_0 および H_0/L_0 との関係について検討する。

図-2は、無次元越波量 Q/H_0L_0D と相対天端高 h_c/H_0 との関係を示す。図中、○印は前報($D=30\text{ cm}$)の、そして●印は今回の $D=20\text{ cm}$ の実験結果を示す。また、△、■、+印は、それぞれ集波比 B_1/B_0 が1, 3, 6の集波壁を設けた場合の実験結果を示す。この場合の無次元越波量は、 $Q/H_0L_0B_0$ で求めた値を用いた。図から明らかな様に、 h_c/H_0 の増加に対する無次元越波量の減少率は、 $D=20\text{ cm}$ および 30 cm のいずれの場合にも極めて大きい。また、同じ h_c/H_0 における無次元越波量は $D=20\text{ cm}$ の方が $D=30\text{ cm}$ に比較して小さい。この理由としては、取水口径が小さいほど、円錐台堤の曲率は大きくなり、週上波が越波する前に円錐台堤の両側周辺に逃げ易くなることや越波が取水口を跳び越えて落下し易いこと等が一因として考えられる。集波壁を設置した場合の無次元越波量は、集波比が $B_1/B_0=1$ に比較して、 $B_1/B_0=3$ の場合は $3.0 \sim 3.2$ 倍、 $B_1/B_0=6$ の場合は $2.3 \sim 2.8$ 倍となっており、集波壁を設置することが極めて有効であることが明らかとなった。

図-3は、無次元越波量 Q/H_0L_0D と沖波波形勾配 H_0/L_0 との関係を示す。相対天端高 h_c/H_0 をパラメータとして示したものである。二次元越波堤の実験結果によると、単位幅当たりの無次元越波量 Q/H_0L_0 は、 H_0/L_0 にほとんど依存せず一定である¹⁾。これに対し、集波壁の無い円錐台堤の場合も、バラツキがあるものの、 $h_c/H_0 \leq 1.0$ の範囲では、 Q/H_0L_0D は H_0/L_0 に余り依存しない様に思われる。

4. 今後の展望 本研究は、越波の利用を目的とした三次元構造物の実用化を検討するものである。今後は、取水口径や静水面での周開長、曲率等を考慮して最適形状を決定するとともに、集波壁を設置した円錐台堤の詳細な実験的検討が必要とされる。本研究は、人工湧昇流開発利用研究会の援助のもとで行われたことを付記する。最後に本研究を行うに当たり、協力頂いた、日本文理大学海洋環境研の江口君、下地君、乃村君、濱田君に深く感謝します。

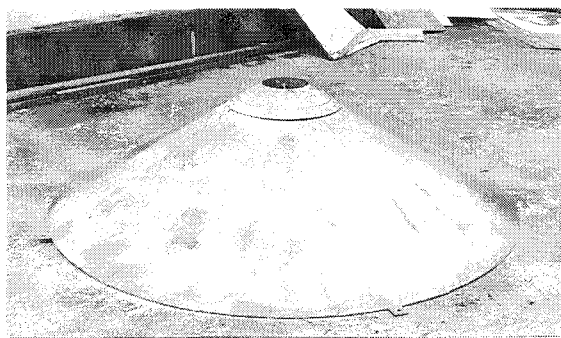


写真-1 円錐台堤（集波壁なし）

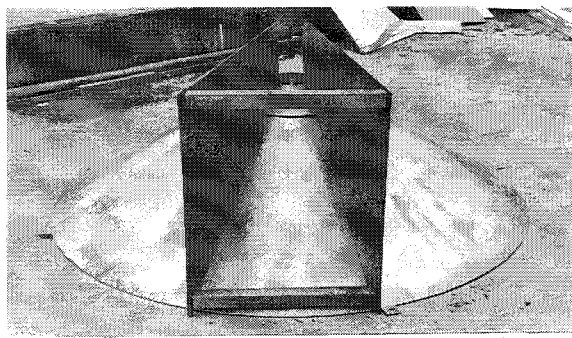


写真-2 円錐台堤（集波壁あり、 $B_1/B_0=6$ ）

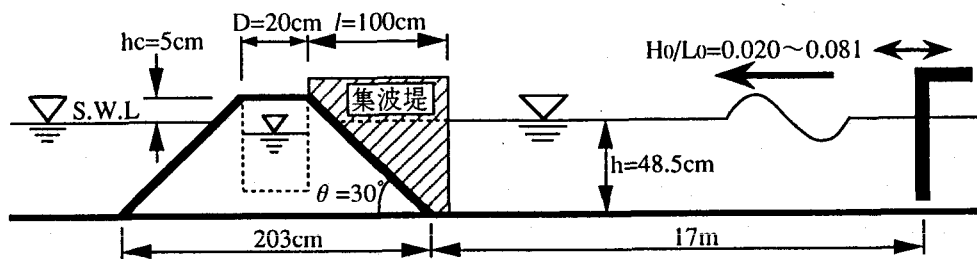


図-1 実験装置

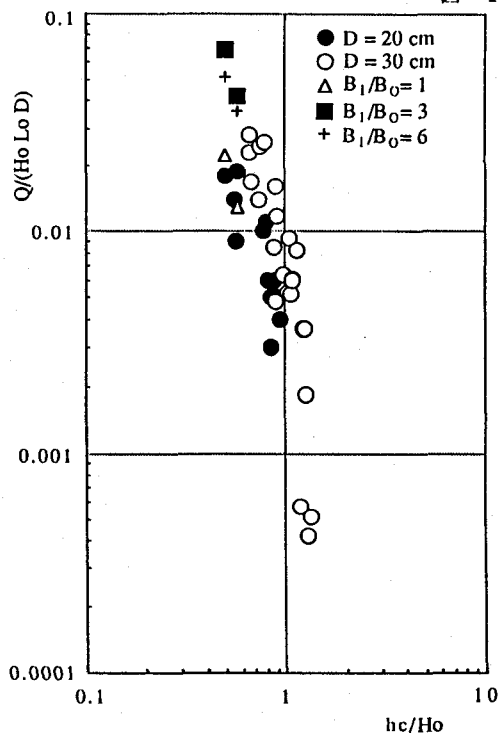


図-2 無次元越波量と相対天端高との関係

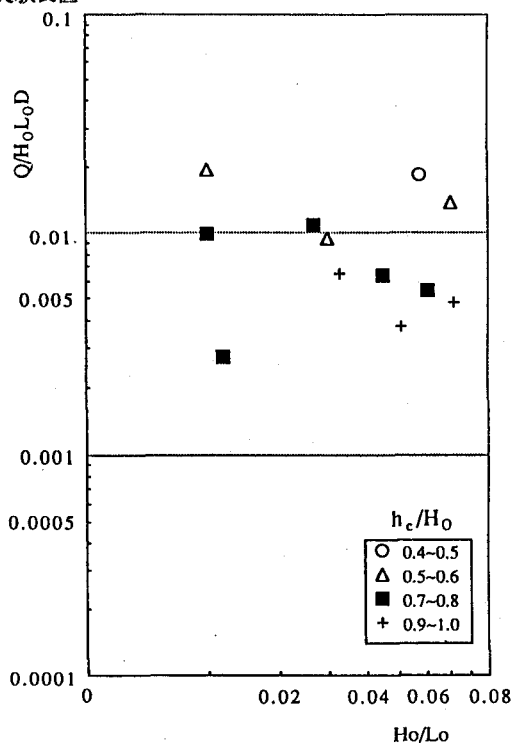


図-3 無次元越波量と沖波波形勾配との関係

参考文献

- 1) 小松・松永ら：越波を利用した水位差獲得に関する基礎的研究，水工学論文集，第35巻，pp. 549～554，1991.
- 2) 小松・松永ら：V字状集波堤による二次元規則波の増幅率に関する研究，水工学論文集，第36巻，pp. 717～720，1992.
- 3) 小松・松永ら：二次元越波堤による波浪エネルギー獲得に関する基礎的研究，海洋開発論文集，第8巻，pp. 105～110，1992.
- 4) 田村・植田ら：三次元構造物の越波量に関する基礎的研究，平成3年度土木学会西部支部講演概要集，pp. 202～203，1992.