

網式消波ユニットの耐波安定性に関する基礎実験
Experiment on applicability of net-type wave dissipating unit

○平石哲也

○Tetsuya HIRAISHI

A net-type unit which composes about 30cm rubbles in it is developed. The unit is intended to reduce the wave energy and tsunami pressure generated in accidental condition beyond the design. The rubble layer overlapped in the polyester nets can reduce the impulsive forces due to the huge wave and tsunami. Several stability coefficients have to be revealed to make a design of seawalls and breakwaters. A water channel experiment is carried out to estimate the stability coefficients using the scaled unit model of 1/50 related with 6 and 8ton in prototype. The stability in tsunami flows is moreover investigated in order to obtain the applicability of the unit as counterweights.

1. はじめに

2011年3月11日の東北太平洋沖地震による津波では多くの海岸堤防が破堤している。その原因として、津波波力による胸壁の破壊、引き波時の局所的な流圧力による堤体破壊等が指摘されている。これらの要素に加えて、堤体前面の法先洗堀による構造物の安定性低下も大きな要素となっている。近年、河川堤防の法先洗堀防止工として網状のネットに200~500kg 砕石を詰め、袋状にした柔軟性を有する網式（あみしき）材が用いられるようになってきている。ただし、網を成型し、吊り下げることができるように4t型までが製作され、一部の河川堤で用いられているだけである。本研究では、この網式材を海岸および港湾構造物の消波ならびに法先洗堀防止工（網式消波材）として活用するために、大型の6tおよび8tに相当する実機の試験製作ならびに耐久性試験を実施し、洗堀に強い海岸堤防および防波堤の消波被覆工の開発を目的とした。

また今回の津波による被害を受け、津波規模をレベル1およびレベル2の2段階に分けて海岸と港湾を防御することが提案されている。レベル1津波は、設計対象となる歴史上繰り返された津波であり、これに対しては護岸と防波堤は十分安定でなければならない。レベル2津波は、将来想定される最大規模の津波であり、防波堤や護岸だけでは防御できず、総合的な警報・避難システムの確立が目指されている。ただし、防波堤と護岸は倒壊してしまわないように‘粘り強い’構造を持

つことが要求されるので、堤体工法に砂礫層によるマウンド（カウンターウェイト）を構築し、その抵抗で堤体の滑動やわずかな転倒を許すが、大きな転倒や倒壊を防ぐ。この時越流した津波によって砕石層が動かされないように十分安全な被覆層を必要としており、本網式消波材の活用が期待できる。そこで、津波流作用下での安定係数を求め、設計ができるようにした。

2. 高波に関する安定性

使用模型は、タイプ6t、8t型であり、水槽水深：88cm、模型天端高：93cmした。模型床高は水路床より78cmである。水路幅：100cmより徐々に縮流させる。対象模型幅は50cm護岸前面の勾配は1/2にしている。模型設置位置前面波高は模型を設置しない状態であらかじめ解析をした値を用いる。模型実験では、水路の両端は水路壁面との間に波消しブロック20t型および15t砕石（現地換算）を積んで緩衝材とした。実験で用いた波高および周期をまとめる（（ ）が現地換算値）；
実験ケース

- 1) 対象周期 $T_{1/3}=1.0(7.1)s, 1.2(8.5)s, 1.4(9.9)s, 1.6(11.3)s, 1.8(12.7)s, 2.0(14.14)s$
- 2) 波高レベル：7~12cm (3.5m) ~ (6m)
- 3) 被災個数
移動個数を被災とみなし N_r は20分間で取得した。（時化のピーク継続時間は2時間とされている）

4) 実験の配置

各網式消波材ユニットは 99 個を使用した。天端に 3 個の網式消波材ユニットが設置できるように碎石 (2cm) でマウンドを製作し、膜体ブロックは 6t 型および 8 t 型を同時に設置し、同一波を使用した。網式消波材及び緩衝材用ブロックはすべて 2 層積みとした。網式消波材ユニットの幅は 5 列で、千鳥に配置している。なお、本実験の最大周期は 2s (現地 14.1s)、波高 8.4 cm (4.2m) であり、被災率も最大となる。写真の右図は、模型断面を示し、ガラス面との摩擦による影響を避けるために、壁面と網式消波材ユニット模型の間に緩衝材として波消しブロックを設置している。

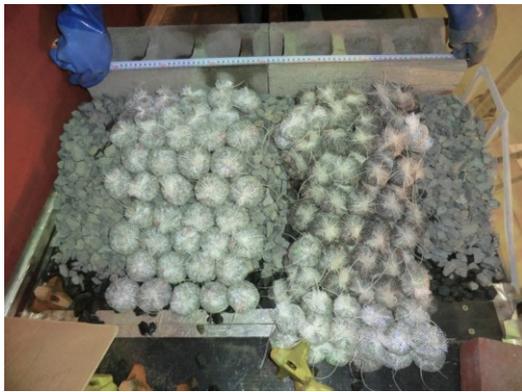


写真-1 網式消波ユニットの模型と実験状況

表-1 K_D 値の評価に用いる被災率

T _{1/3} 現地 (s)	7.1	8.5	9.9	11.3	12.8	14	*
6t	1%	◎	◎	10%	1%	5%	5
8t	◎	◎	◎	9%	7%	3%	6

◎ : 全く動かない

* : 周期 10s 以上の偶発波浪についての平均値

実験結果から、それぞれの周期で被災率が 2% となる波高レベルを逆算して、安定係数を求めた。一般に長周期の波にブロックは弱いですが、本実験で対象とした繊維索を用いて碎石を活用した網式消波材の安定度は、表-1 に示すように、ユニットが動いても落ちずに斜面上にとどまっているので、より高いものとなる。多少の変形を許容するならば、Resiliency (粘り強さ) が発揮できる構造物になり得る。

3. 津波に対する安定性

図-2 に津波高(入力値)に対する移動個数を示す。

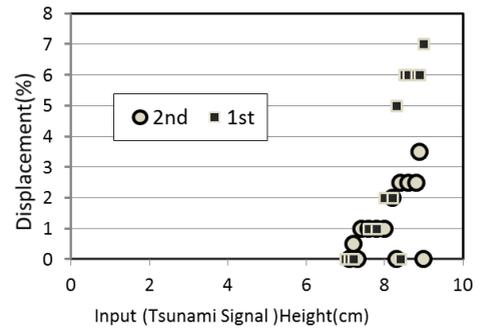


図-2 津波流速に対する移動個数

津浪高と最大津波流速は、あらかじめ模型ユニットを設置しない時に相関を測っている。網式消波材の無い状態で測定した最大流速の変化から読み取った、限界流速は 63cm/s から 68cm/s であった。これを安定定数イスマッシュ式で検討する。イスマッシュ定数 y の計算は次式で行った。

$$W = \frac{\pi w U_o^6}{48 y^6 g^3 (w/w_o - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad (1)$$

ここで、

- ユニット重量 $W=8000\text{kg}$
- 津波流速 $U_o=4.45\text{m/s} \sim 4.81\text{m/s}$
- ユニットの単位体積重量 $w=2.6\text{t/m}^3$
- 水の単位体積重量 $w_o=1.0\text{t/m}^3$
- マウンド勾配 $\theta=0$

である。

以上を用いると、イスマッシュ数定数 y の計算結果は大よそ、 $y=0.592 \sim 0.639$ となる。この値は、岩崎ほか⁵⁾が定常流速で行った実験値 0.9 に比べて小さいが、非定常の津波流速を与えているので、その影響が現れ、津波流に関するイスマッシュ数 y は約 0.6 程度で表されるものと考えられる。

4. まとめ

本実験において 6t および 8t 型の網式消波材の耐波安定性と津波安定性について検討を行った。その結果、以下のことが判明した；

- 1) 網式消波材は被覆ブロックとして柔軟性を有しており、変形しても移動する割合が少ない。
- 2) 安定係数 K_D で耐波安定性を評価すると 6t および 8t で、それぞれ約 $K_D=5$ および 6 が得られた。
- 4) 津波流に対するイスマッシュ定数 y は 0.6 程度になる。