

トラップ式ダブルリーフ（潜堤型）の消波機能

岐阜大学 学生会員 ○石川敦功, 正会員 陸田秀実, 安田孝志

【1. 緒言】

著者らは、これまで、ジェット突入時に生成されるスプラッシュを抑制するとともに大規模水平渦をスリット部で捕捉（トラップ）し、スリット内の渦拡散を活発にして、消波効果をさらに高める人工リーフ、トラップ式ダブルリーフの開発を進めてきた。その結果、トラップ式ダブルリーフは、孤立波、クノイド波（規則波）および不規則波に対して、セットアップおよび消波効果の点で優れていることが水理実験により実証されている¹⁾²⁾³⁾。

本研究では、実海域への適用を考慮して、これまでリーフ型であったトラップ式ダブルリーフを潜堤型とし、セットアップ、戻り流れおよび消波効果について検討するとともに、最適断面形状についても検討した。また、トラップ部での圧力変動およびその周辺での音圧変動についても検討を加えた。

【2. 実験方法と条件】

西松建設（株）技術研究所所有の片面ガラス張り2次元波浪水槽（ $L65\text{m} \times B1.0\text{m} \times H1.6\text{m}$ ）内に鋼製2段ステップのダブルリーフを図-1に示すように設置し、一様水深 $h_1 = 36.0[\text{cm}]$ 、スリット構造を有する場合（トラップ式）と無い場合（ソリッド式）について不規則波（有義波高水深比 $H_{1/3}/h_1 = 0.264 \sim 0.384$ 、無次元有義波周期 $T_{1/3}\sqrt{g/h_1} = 10 \sim 12$ ）を入射させた。なお、 X_1 は1段目リーフ長、 X_2 は2段目リーフ法先からのトラップ設置位置をそれぞれ示している。時間波形の計測は、図中の14台（W01～W14）の容量式波高計を用い、流速は測点C1（スリット沖側端部）および測点C2（スリット岸側端部）において電磁流速計を用いて計測した。また、高速ビデオカメラ（NAC社製、200コマ/秒）によって砕波変形およびジェット突入時の空間波形変化を撮影した。

実験条件は、表-1に示すとおりである。ここで、 d は天端水深を示す。

【3. 実験結果】

3.1 消波効果

図-2は、有義波高 $H_{1/3}/h_1 = 0.354$ 、有義波周期 $T\sqrt{g/h_1} = 10.8$ の波がトラップ式ダブルリーフ（ $X_1/h_1 = 5.6$ 、 $X_2/h_1 = 0.0$ ）に入射した場合の時間波形変化を各波高計ごとに示したものである。スリット設置位置は測点W07～W08の区間であるが、その後の波高低下はW09以降において著しい。

図-3は、 X_1/h_1 および X_2/h_1 の違いによる波高減衰の空間的変化を示したものである。横軸 X/d はリーフ法先からの距離、縦軸は各測点での有義波高 $H_{1/3}/h_1$ を入射波の有義波高 $(H_{1/3}/h_1)_0$ で無次元化したものである。

さらに、詳細に伝達率を評価するため、図-4にソリッド式およびトラップ式における最も岸側の測点W14の透過率 $K_T = (H_{1/3})_{W14}/(H_{1/3})_{W01}$ を示す。ここで、横軸は有義波高天端水深比 $H_{1/3}/d$ である。この図から、トラップ式ダブルリーフは入射波高が大きいほど高消波が期待でき、その透過率 K_T はほぼ0.25程度まで低下しており、本研究で対象とする潜堤型のトラップ式ダブルリーフの消波効果のほどがうかがえる。

図-5はリーフ形状による比較を行い、透過率から評価した最適断面形状を検討したものである。1段目リーフ長 X_1/h_1 が5.6～8.3区間の時、透過率が最も低下する傾向にあり、施工費等の経済的断面を考えた場合、 $X_1/h_1 \approx 5.6$ 程度が望ましいと判断される。また、1段目リーフ長を $X_1/h_1 = 5.6$ と固定し、トラップ位置 X_2 を変化させた場合、設置位置が2段目リーフ法先から遠ざかるにつれ透過率は悪くなる傾向にあり、 $X_2/h_1 = 0.0$ （すなわち、2段目リーフ法先にトラップ岸側端部がある場合）の時、最も透過率が低下する。したがって、トラップ位置は $X_2/h_1 = 0.0 \sim 1.0$ 程度にすることが重要である。

3.2 セットアップ・戻り流れ抑制効果

図-6は、砕波後の最も岸側にある波高計W14の平均水位の変動量 $\bar{\eta}/d$ の時間変化を示したものである。この図から、トラップ式（点線）の場合、ソリッド式（実線）に比べてW14でのセットアップが著しく抑制されていることがわかる。また、図-7は、このときの各測点における平均水位 $\langle \bar{\eta} \rangle$ の空間分布を示したものであり、横軸 X/d はリーフ法先からの距離を示している。トラップ式（破線）の場合、セットアップおよびセットダウンが抑制され、最大で50%の低下が期待できる結果となっており、砕波点前後において発生する大きな水面勾配が抑えられている。

図-8は、トラップ部沖側端部C1の岸沖方向の移動平均流速 $\bar{u}/\sqrt{gh_1}$ の時間変化を示したものであり、岸向きを正としている。トラップ式（破線）の場合、ソリッド式（実線）に比べて、岸沖方向の移動平均流速の変動が若干ではあるが低く抑えられ、全体的に岸向き平均流を低減させる傾向にある。

以上のことから、トラップ式ダブルリーフは、トラップ部でのジェットの捕捉によって岸向きの水塊の移動（質量輸送）および運動量・エネルギー輸送のすべてを抑制し、その結果として、セットアップや戻り流れを減少させていると考えられる。

なお、トラップ部に作用する圧力および砕波点付近の音圧に関する考察は発表的に紹介する予定である。

[4. 結語]

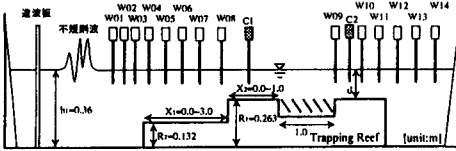
現地への適用を考慮した潜堤型のトラップ式ダブルリーフは、これまでのリーフ型のトラップ式ダブルリーフに関する一連の研究結果と同様に、不規則波に対して一定の消波効果が得られ、透過率としては0.25程度まで低下させることが可能であり、それに対する最適形状は、 $X_1/h_1 \approx 5.5$ 、 $X_2/h_1 = 0.0 \sim 1.0$ 程度が望ましいことが分かった。また、この構造物はセットアップおよびセットダウンを抑制すると同時に、天端上の岸沖方向流速を低減させることが可能であり、遠浅海浜に近い機能を有していると言える。

[参考文献]

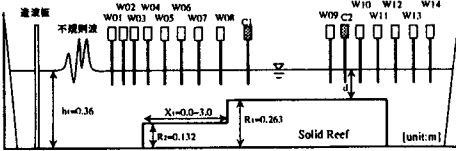
- [1] 安田ら(1996):第43回海岸工学論文集,pp786-790.
- [2] 安田ら(1997):第44回海岸工学論文集,pp761-765.
- [3] 安田ら(1998):第45回海岸工学論文集,pp706-710.

表-1 実験条件

Reef	Type	Run	h_1 [cm]	d [cm]	$H_{1/2}/h_1$	$H_{1/2}/d$	$T_{1/2}/(g/h_1)^{1/2}$	X_1/h_1	X_2/h_1
Single	Solid	S02	36.0	9.7	0.3625	1.3454	12.0	0.00	x
		D07	36.0	9.7	0.3490	1.2953	11.5	5.56	x
		D08	36.0	9.7	0.3442	1.2774	11.4	6.94	x
		D09	36.0	9.7	0.3535	1.3120	11.9	4.17	x
		D10	36.0	9.7	0.3488	1.2945	11.4	2.78	x
		D11	36.0	9.7	0.3487	1.2941	11.6	1.39	x
		D12	36.0	9.7	0.3400	1.2619	11.6	8.33	x
		T06	36.0	9.7	0.3488	1.2884	11.8	5.56	2.78
		T07	36.0	9.7	0.3469	1.2875	11.2	5.56	1.39
		T08	36.0	9.7	0.3540	1.3138	10.8	5.56	0.00
Double	Solid	T09	36.0	9.7	0.3472	1.2886	11.8	5.56	0.56
		T10	36.0	9.7	0.3546	1.3168	11.3	5.56	1.94
	Trap								



(a) トラップ式



(b) ソリッド式

図-1 実験水槽の概略図

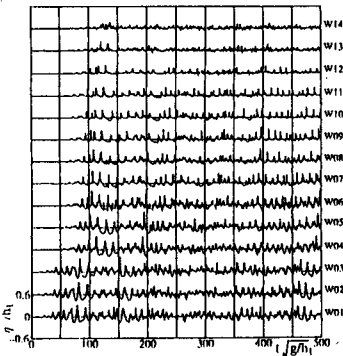
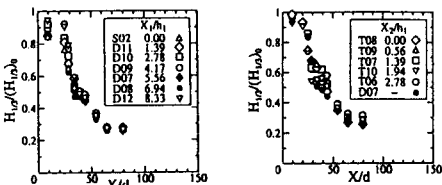
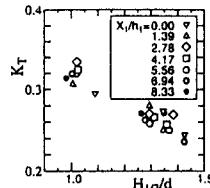


図-2 各測点の時間波形

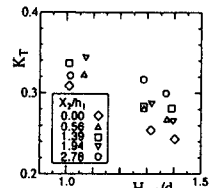


(a) X_1/h_1 による比較 (b) X_2/h_1 による比較

図-3 波高減衰の空間的变化

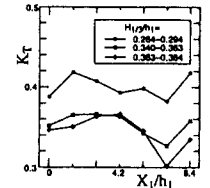


(a) X_1/h_1 による比較

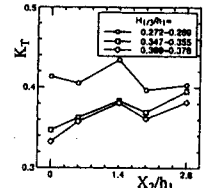


(b) X_2/h_1 による比較

図-4 有義波高天端水深比 $H_{1/2}/d$ と透過率 K_T の関係



(a) X_1/h_1 と K_T の関係



(b) X_2/h_1 と K_T の関係

図-5 リーフ形状と透過率の関係

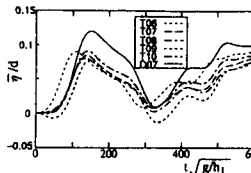


図-6 平均水位の変動量 $\bar{\eta}/d$ の時間的变化

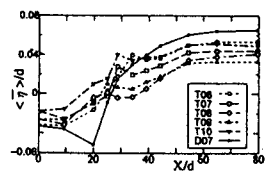


図-7 平均水位の $\langle \bar{\eta} \rangle / d$ の岸沖方向の空間分布

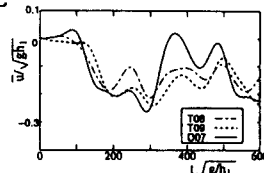


図-8 移動平均流速 $\bar{u}/\sqrt{gh_1}$ の時間的变化