

トレンチによる波浪制御効果に対する多層波動方程式による検討

日本大学工学部土木工学科 学生会員 ○滝田 侑平
日本大学工学部土木工学科 正会員 金山 進

1.はじめに

現代において、海岸や港湾への波浪制御には消波ブロックなどを用いた防波堤が用いられていることが多い。しかし、狭い港口や航路などの場所や景観を重視する親水域などにおいて、防波堤の設置が好ましくない場合が出てくる。このような場合の波浪制御方法の一つにトレンチ工というものがある。トレンチ工とは、海底に溝（トレンチ）をつくり反射波を発生させることで波を低減するというものである。本研究では、多層波動方程式を用いたシミュレーションにより、トレンチ工による波浪制御効果の検討を行う。

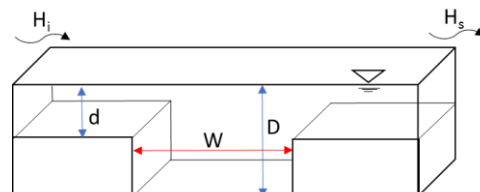


図-1 トレンチイメージ

2.解析方法

水平床を仮定した多層レベルモデルによる多層波動方程式¹⁾を線形化したものでシミュレーションを行う。浅海部の水深を d 、トレンチの水面からの深さ(以下、トレンチ深さ)を D 、トレンチの長さを W とし、浅海部の水深 d を4mと6mの2通り、トレンチ深さ D を、 $q=d/D$ としたときに $q=0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ となるように設定した。 d が4mの場合 D は20m, 13.3m, 10m, 8mとなり、 d が6mの場合 D は30m, 20m, 15m, 12mとなる。トレンチ長 W を100m, 75m, 50m, 25mの4通り、周期 T を8sと12sの2通りとし、以上の条件を組み合わせたケースで比較検証を行った。

波高 $H_i=1$ で入射した入射波が、トレンチを通過後その波高 H_s としてどの程度波高が落ちているかを測定する。なお、通過後の波高 H_s はトレンチ通過後100mの地点の前後25m間の平均をとることとする。

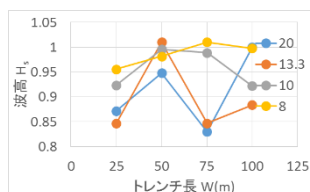
表-1 単独トレンチの通過後の波高 H_s

		q	0.2	0.3	0.4	0.5
		D	20	13.3	10	8
$d=4$ $T=8$	W					
	100		1	0.884	0.922	0.998
	75		0.83	0.847	0.989	1.01
	50		0.948	1.01	0.996	0.982
	25		0.872	0.847	0.924	0.958
$d=4$ $T=12$	W					
	100		0.947	0.844	0.921	0.993
	75		0.916	0.998	0.985	0.972
	50		0.785	0.831	0.928	0.981
	25		0.935	0.94	0.958	0.974
		D	30	20	15	12
$d=6$ $T=8$	W					
	100		0.983	1.03	0.998	0.984
	75		0.978	0.952	0.973	1.01
	50		0.967	1.01	1.01	1.02
	25		0.963	0.968	0.973	0.988
$d=6$ $T=12$	W					
	100		0.991	0.984	0.945	0.945
	75		0.825	0.915	0.993	0.998
	50		0.811	0.846	0.915	0.942
	25		0.977	0.986	0.977	0.988

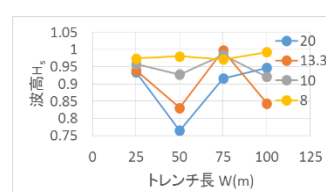
3.解析結果及び考察

3.1 単独トレンチ

表-1に各条件でのトレンチ通過後の波高を示す。図-2と図-3は浅海部の水深が4mのときのトレンチ長とトレンチ深さにそれぞれ着目して作ったグラフである。図-2から見て取れるように、グラフはジグザグとしたものになっており、周期8sと周期12sではその凹凸は反対になっている。またトレンチの長さが高いほど波高が小さくなるということも見受けられなかった。これは浅海部の水深が6mの時も同様であった。このことから波の周期ごとに適切なトレンチの長さがあることが分かる。図-3のトレンチ深さについてのグラフでは、周期8sと周期12sともにトレンチ深さが深いほど、波高は小さくなる傾向が見られた。これはトレンチの両端で発生する反射波が大きくなることや、水深が深いほど水を動かすのにより多くのエネルギーを使うためではないかと考えた。

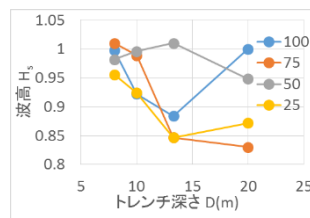


(1)周期 8s

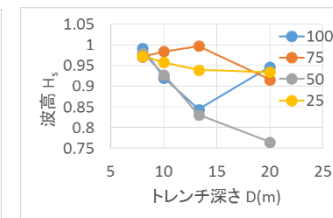


(2)周期 12s

図-2 トレンチ長と波高の関係



(1)周期 8s



(2)周期 12s

図-3 トレンチ深さと波高の関係

キーワード: トレンチ, 波浪制御, 多層波動方程式

連絡先: 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1, kanayama@civil.ce.nihon-u.ac.jp

3.2 複数トレンチ

同一の単独トレンチを2つ組み合わせて複数トレンチとする。今回の検証では、図-4のように長さWの同形状のトレンチ2つを、トレンチと同距離の間隔で直線状に設置することとした。

表-2に各条件での複数トレンチで通過後の波高を示す。図-5と図-6は単独トレンチと同様にそれぞれトレンチ長とトレンチ深さに着目したグラフである。単独トレンチで得られた表-1のデータと比較しても、表-2の複数トレンチを通過した後の波高の方が小さくなっているのが分かる。また、複数トレンチで得られる波高は、単独トレンチで得られた波高の値を掛け合わせたものよりも小さくなることが多く、そこに複数トレンチとした時の相乗効果やメリットがあるのではないかと考えた。このことが最も顕著に表れている表-2の赤印が付いているケースの波形俯瞰図を図-7に示す。図-7の2つの赤印はそれぞれトレンチのある位置を示しており、1つ目のトレンチで低減された波が2つ目のトレンチを通過後さらに低減され、その波高は1割台と穏やかな波形を描いているのが分かる。

このように、複数トレンチの形にすることで実用レベルでの波浪制御効果を得られたケースもあった。しかし、単独トレンチの時点で効果が小さい場合、複数トレンチとしてもその効果は上がらないという結果も得られた。

4.まとめ

単独トレンチに比べ、複数トレンチにしたときにその波浪制御効果は大幅に上昇することが確認できた。また、トレンチ長についてのグラフがジグザグとした形を描いたことにより、一様に大きなトレンチとする必要もなく、適切な長さがあれば十分な効果が得られることも分かる。

今回の検証での複数トレンチは、同一の形状とし、直線状に2つ配置することとした。しかし、トレンチの個数を増やし形状・配置を変えるなど、複数トレンチと一概に言ってもその形は無数にある。多層波動方程式を用いたシミュレーションにより、トレンチ工による波浪制御の検証を行えることが確認できたので、試行を繰り返し、トレンチ工が景観を考慮した波浪制御の手法として確立されることを期待する。

参考文献

1) 金山進(1997): 強分散性非線形平面波浪場に対する多層モデルの提案, 海岸工学論文集 Vol.44, pp.41-45

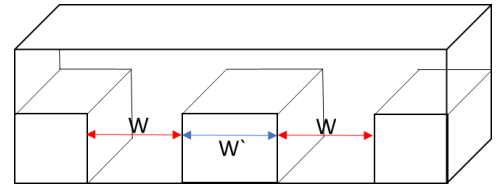
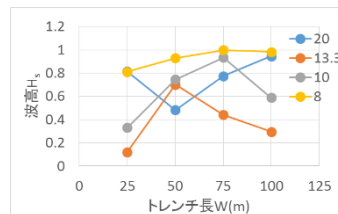


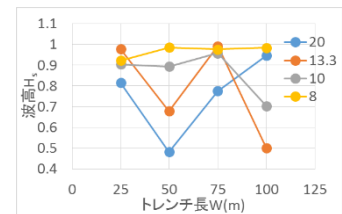
図-4 複数トレンチのイメージ

表-2 複数トレンチの通過後の波高 H_s

		q	0.2	0.3	0.4	0.5	
		D	20	13.3	10	8	
d=4	T=8	W	0.982	0.295	0.588	0.983	
		100	0.585	0.442	0.934	1	
		75	0.98	0.703	0.746	0.93	
		50	0.632	0.12	0.33	0.812	
		25					
d=4	T=12		0.946	0.501	0.704	0.984	
		100	0.775	0.993	0.958	0.976	
		75	0.482	0.678	0.894	0.986	
		50	0.815	0.978	0.904	0.923	
		D	30	20	15	12	
	d=6	T=8		0.973	1.03	0.973	0.942
			100	0.985	0.973	0.985	1
			75	0.793	0.95	1.01	1
			50	0.998	0.995	0.996	0.996
	d=6	T=12		0.999	0.934	0.848	0.859
			100	0.863	0.923	0.988	0.992
			75	0.555	0.633	0.745	0.865
		50	0.863	0.866	0.885	0.902	

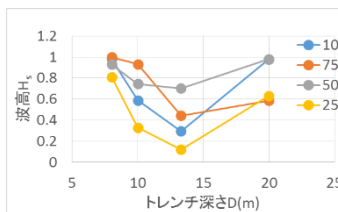


(1) 周期 8s

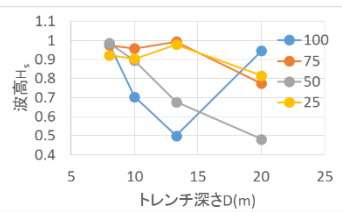


(2) 周期 12s

図-5 複数トレンチのトレンチ長と波高の関係



(1) 周期 8s



(2) 周期 12s

図-6 複数トレンチのトレンチ深さと波高の関係

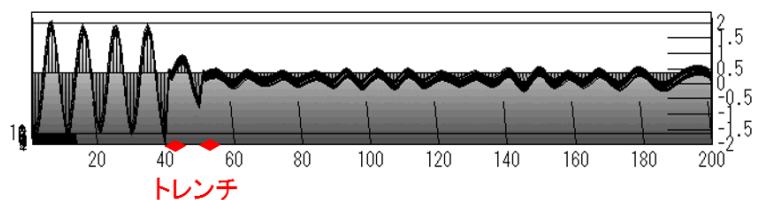


図-7 条件 $d=4, T=8, D=13.3, W=25$ での複数トレンチの波形俯瞰図