

スロープ式造波方法の開発とその特性に関する研究

豊橋技術科学大学 学生会員 ○畠山 純一
 豊橋技術科学大学大学院 学生会員 平間 史泰
 豊橋技術科学大学大学院 正会員 加藤 茂・岡辺 拓巳

1. 緒言

スマトラ島沖地震(2004)等で発生した津波により、浅海域では大規模な地形変化が生じ、侵食・洗掘等の被害が報告されている(成吉ら, 2012)。これを踏まえ、本学でも津波による土砂移動の数値解析が行われている。しかし、数値解析だけでは津波による土砂移動の予測について、その妥当性が確認できない。そのため、津波を模擬した波(段波)による水理実験を行い、波による土砂移動を確認し、実験値と計算結果の比較をすることで、数値解析の精度検証を行うことが必要である。しかしながら、本学の既存実験設備では土砂移動が発生する規模の段波を造波することは困難であるため、新たな造波方法を検討する必要がある。

本研究では、津波を再現した波を造波する際に扱われることの多い、鋭いピークを有する一波を精度よく造波する方法の開発を目的とする。

2. 造波方法の選定

2.1 実験概要

造波方法は多種多様にあり、それぞれの方法での特徴、問題点を事前に把握する必要がある。造波方法全てを検討することは容易でないことから、ある程度種類を絞る必要がある。そこで、ダムブレイク式(a)、水塊落下式(b)、スロープ式(c)の3種類について検討を行った。図-1に検討した造波方法のイメージを示す。また、大型水路(全長14m、幅0.8m、高さ0.6m)での実験を行う前に、簡易水路(全長3.6m、幅0.3m、高さ0.3m)を作成して本研究での造波方法の選定を行うこととした。

2.2 実験条件

スロープ式では1/2, 1/3, 1/4の3つの勾配を設定し、再現性を確認するため、全ての実験を2回行った。実験条件を表-1に示す。

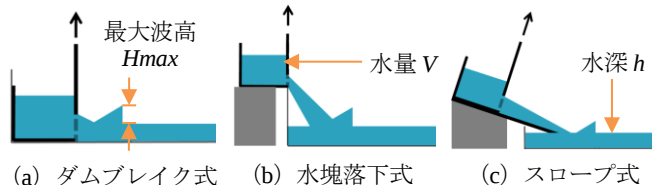


図-1 検討した造波方法

表-1 造波方法選定の実験条件

方式	水量V [L]	水深h [cm]
(a) ダムブレイク	12	5
(b) 水塊落下		
(c) スロープ(1/2・1/3・1/4勾配)		

2.3 実験結果

実験の結果、ダムブレイク式は水と堰板の摩擦力により、板を引き上げた際に渦を巻いてしまう恐れが懸念された。また、水塊落下式は落下した水塊の挙動は一樣ではないために、スロープ式よりも多くの水が必要になると予想され、造波方法としては効率が悪いと考えられる。一方で、スロープ式は水塊落下式とは異なり、スロープにより水の流れを一樣にすることが可能であり、ダムブレイク式のような渦の問題もない。よって、本研究では造波方法をスロープ式に決定した。

3. 簡易水路におけるスロープ式造波方法の検討

3.1 実験概要

造波方法選定の結果から、造波方法はスロープ式(c)に決定した。2章の実験条件は、投入する水量Vと水深hが一定であったため、本章は条件を変化させ、Vとhの関係によって波形にどのような影響が生じるのか、また、波高を得たい場合はVとhどちらが大きく影響するのかを把握する。本章の実験はV, h, 波高の関係に着目するため、勾配は1/3で一定とした。

3.2 実験条件

表-2のように、Vとhをそれぞれ組み合わせて実験を行った。また、再現性の確認のため、実験は各ケース2回行った。

3.3 実験結果

図-2, 3より、水量Vに対して水深hが過大、過小になると、タンク内の水塊であるVのエネルギーが水

表-2 スロープ式造波方法(簡易水路)の実験条件

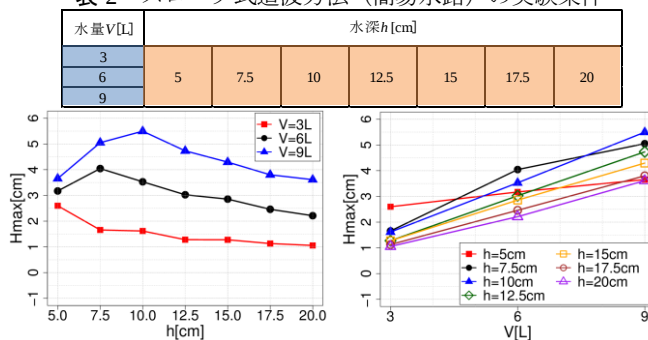


図-2 hに伴う Hmax

図-3 Vに伴う Hmax

路内の水塊（水面）に上手く作用せず、波高が得られないことがわかった。また、波高に最も影響する要素は V であることがわかった。この結果から、効率の良い大きい波高を伴う波の造波には、 V と h の関係が重要であることが明らかとなった。

4. 大型水路におけるスロープ式造波方法の検討

4.1 実験概要

簡易実験の結果から、津波造波において、スロープ式の利用が有効であることがわかった。この結果を踏まえ、大型水路による造波実験を行い、3章の結果から明らかとなった傾向について、実験スケールを増大させても同様の傾向が見られるのか確認を行った。

4.2 実験条件

表-3のように、3章同様 V と h をそれぞれ組み合わせて実験を行った。尚、本章の実験は再現性確認のため、各ケース5回ずつ行った。

4.3 実験結果

平均値に最も近い H_{max} が計測された $V=100L$, $h=3cm$ のケースの波形を図-4に示す。大型水路においても鋭いピークを示す波形が確認できた。図-5, 6より、 V, h に対する H_{max} は3章と同様の傾向が見られた。しかし、実験スケールが大きいために、同条件での H_{max} に1~2cm 前後のばらつきが生じてしまうことが明らかとなった。

5. 最大波高 H_{max} , 水量 V , 水深 h の関係性の検討

3章で明らかとなった H_{max} の造波に適した V と h の関係が存在すること、波高に最も影響する要素は V である等の結果を4章でも確認することができたため、本章では H_{max}, V, h の関係性について検討を行った。 H_{max} の造波に適した V と h の関係に着目した結果、簡易・大型水路共に H_{max} と h , タンクの V_t (cm^3) と水路の V_f (cm^3) の比が一定であるという特徴が確認された。図-7, 8に代表して簡易水路で確認された特徴を示す。この特徴から、簡易・大型水路それぞれで利用可能な関係式(1)~(4)を提案した。また、 V_f の算出方法は、水路の全長 $L \times$ 幅 $B \times$ 水深 h とした。

表-3 大型水路の実験条件

水量 $V[L]$	水深 h [cm]		
60	20	25	30
80			
100			

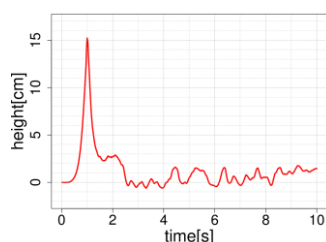


図-4 $V=100L$, $h=30cm$ の波形

簡易水路

$$h = ((H_{max} + 0.3407))/0.5757 \quad [cm] \quad (1)$$

$$V_t = 0.1111V_f - 3000 \quad [cm^3] \quad (2)$$

大型水路

$$h = ((H_{max} - 4.3514))/0.3673 \quad [cm] \quad (3)$$

$$V_t = 0.0357V_f - 20000 \quad [cm^3] \quad (4)$$

上記の関係式を利用することにより、それぞれの水路で効率良く H_{max} の造波を行うための条件指定が容易になる。ここで、 $V_f = L \times B \times h$ である。

6. 結論

本研究は、津波を再現した波を造波する際に扱われることの多い、鋭いピークを有する一波を精度よく造波する方法の開発を目的とした。図-4から、目標とする鋭いピークを示す一波を確認でき、開発したスロープ式造波方法は大きなエネルギーを持った第一波を想定した実験を行う際に、有効な方法であることが確認できた。したがって、本研究において造波方法の開発に取り組んだ元々の目的である、津波による土砂移動に関する数値計算の妥当性の確認を行うための、水理実験に活用できると考えられる。今後、大型水路で実験を行うにあたって、 H_{max} の1~2cm 前後の誤差を考慮しなくてはならない。そのためにも造波精度の向上が求められる。それにあたり H_{max} , V , h の関係を元に提案した関係式について、データを増やしてより正確にすることが可能になれば、実験効率の向上に大きく寄与すると考えられる。

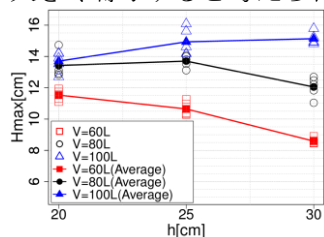


図-5 h に伴う H_{max}

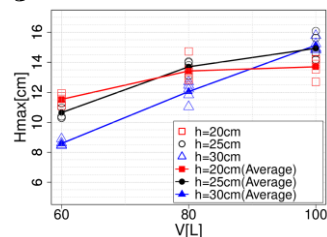


図-6 V に伴う H_{max}

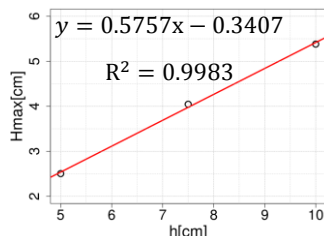


図-7 H_{max} と h の関係

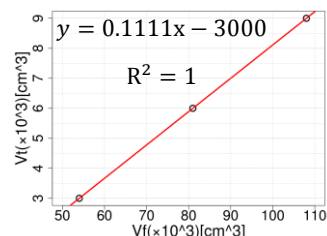


図-8 V_t と V_f の関係

参考文献

成吉兼二・山本吉道・石井俊輔 (2012) : 津波による護岸前面洗掘と海底地形変化の予測モデルの改良, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.68, No.4 (地震工学論文集第31-b巻) I_1179.