人為増幅過程における津波分散波の解析精度向上に関する研究

鳥取大学大学院	学生会員	〇山本	遼,	正会員	梶川	勇樹,	正会員	黒岩	正光
東亜建設工業(株))技術開発セ	ンター		正会員	松田	信彦,	正会員	武田	将英
				正会員	江口	三希子,	正会員	西山	大和

1. 目的

従来,著者らは様々な津波波形を発生させることを目的に,電動式スルースゲート(以下,電動ゲート)を 用いた津波造波装置の開発を進めてきた¹⁾.同時に,目標とする津波波形をゲート制御により自動で造波でき るよう,数値モデルを使用した電動ゲート制御法の開発も進めてきた²⁾.この制御法に組込まれている数値モ デルは,電動ゲートの開放により造波された津波を概ね良好に再現できることが分かっている.しかしながら, 分散第1波の波高水深比 η_m/h₀(図-1参照)が 0.50以上となった時に適用している第1波波峰の人為増幅³⁾に より,分散第2波以降の波形の再現性が悪いことが指摘されていた.そこで本研究では,分散第2波以降の解 析精度向上を目的とし,従来開発した数値モデルの改良を行った.

2. 数値モデルの概要

数値モデルには、右に示す1次元の非線形分散波理 論式(式(1)~式(2))を使用した.式(2)の右辺第3項 および第4項は分散項を示しており、右辺第5項が分 散第1波波高の人為増幅・砕波減衰項を表している.

本研究で対象とした水路は、ゲート上流 11m、ゲート下流 14 m、水路幅 0.3 m の水平水路である.計算で は全水路長 25 m を対象とし、ゲート開度のみを条件 として与え、ゲートからの流出流量は Henry 式により 与えた.計算条件として、 $\Delta t = 0.01$ sec、 $\Delta x = 0.1$ m、 マニングの粗度係数 n = 0.01 とした.

3. 数値モデルの改良点

改良点として,次の2項目を検討した.

- 従来²⁾,分散項には表-1 に示す Madsen-Sørensen 式を使用していた.分散項は,分散波の波長に影 響することから,本研究では Boussinesq タイプお よび佐山ら⁴⁾による打切り誤差の補正を施した高 精度計算法との比較を行った.
- ② 従来手法では、分散第1波波高の増幅時、図-1に示すように、第1波を挟む波谷間で式(3)の係数 y に負の値(=-0.12)を与え、フラックスを集中させることにより波高を増幅していた。しかしながら、この手法では、第1波背後の波谷水位が大きく低下し、分散第2波以降の波形が実験値とは大きく離れてしまう。そこで、本研究では、図-1の



$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) = -gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{\tau_b}{\rho} + \alpha_x h^2 \frac{\partial^3 M}{\partial t \partial x^2} + \beta_x gh^3 \frac{\partial^3 \eta}{\partial x^3} + v_y \frac{\partial^2 M}{\partial x^2}$$
(2)

$$v_{\gamma} = \gamma \sqrt{g D \eta} \tag{3}$$

ここに、t:時間,x:水路流下方向軸, η :水位,M:流量 フラックス(=uD),u:断面平均流速,D:全水深(= $h+\eta$), h:静水深,g:重力加速度, τ_b :底面せん断力, ρ :流体の 密度, γ :人為増幅・砕波減衰に係る係数(γ は通常0であ り, γ が負の値のとき流量フラックスの集中に伴う波高増幅 を表現し, γ が正の値のとき運動量逸散に伴う砕波減衰を表 現する).

表-1 分散項における係数について

分散項	α_{x}	β_x				
Madsen-Sørensen式	2/5	1/15				
Boussinesq式	1/3	0				
佐山ら4の高精度計算法	$1/3 - (1 - K_x^2)/12H_x^2$	0				
$\Box \subset U, K_x = \sqrt{gh}\Delta t / \Delta x, H_x = h / \Delta x.$						

キーワード 電動式スルースゲート,津波,分散波,1次元数値モデル

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4-101 鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科工学専攻

TEL 0857-31-5696, FAX 0857-28-7899

赤字で示すように、まず段波波高 H_b を求め、段波波 高と分散第1波波形が交わるところまでに係数 γ に負 の値を与え、分散第1波背後の波谷には係数 γ に正の 値 (= 0.71)を与えることで、波谷の水位低下を抑制 させることとした.

4. 結果と考察

まず、図-2 はゲート上流初期水深 $h_1 = 0.45$ m,下流 初期水深 $h_0 = 0.20$ m,ゲート開度 a = 0.16 m を対象に、 改良点①による比較を示している.津波波形はゲート から 6 m 地点で比較している.ここで、電動ゲートは 瞬時に開放されている.図から分かるように、改良点 ②導入前では、分散第1波背後の水位が実験値よりも かなり低下している.一方、分散第2波の波峰を見る と、僅かではあるが佐山ら4の方法が最も実験波長に 近い.そこで、以後の計算では、分散項には佐山ら4) による方法を適用する.

図-3は、改良点②を施した場合の実験値と計算値との比較である.実験条件は先程と同様である.本研究による計算値は、分散第1波背後の波谷の水位低下が抑えられ、分散第2波以降の波形も良好に実験値と一致している.また、分散第1波の砕波減衰過程も良好に再現できている.

図-4 は、以上の改良点を用いて、他の条件を対象に 行った実験値と計算値の比較を示している.他の条件 においても計算値は実験値と良好に一致しており、本 数値モデルの改良法の妥当性が確認できた.

5. まとめ

本研究では、電動ゲートにより造波された段波津波 の解析精度向上を目的とし、特に分散第1波の人為増 幅過程における改良を行った.分散項の変更および分 散第1波背後の波谷における人為減衰を導入すること で実験値を良好に再現できた.今後は、本数値モデル による電動ゲート制御法を検討する予定である.







参考文献

- 松田信彦,千田優,岩本浩明,江口三希子,武田将英:電動式スルースゲートを用いた段波造波特性,土 木学会論文集 B3(海洋開発),第73巻,2号,pp.I_240-I_245,2017.
- 2) 梶川勇樹,松田信彦,武田将英,岩本浩明,江口三希子,黒岩正光:電動式スルースゲートの段波造波用 制御データの作成手法に関する研究,土木学会論文集 B2(海岸工学),第73巻,2号, pp.I_271-I_276, 2017.
- 3) 岩瀬浩之,深澤雅人,後藤智明: ソリトン分裂の砕波変形に関する水理実験とその数値計算,海岸工学論 文集,第48巻, pp.306-310, 2001.
- 4) 佐山順二,今村文彦,後藤智明,首藤伸夫:外海域における津波の高精度計算法に関する検討,第34回 海岸工学論文集, pp.177-181, 1987.