

## 河口堰通過に伴う河川遡上津波の変化に関する検討

東北工業大学 学生会員 ○相馬 滉大  
東北工業大学 正会員 菅原景一・高橋敏彦

## 1. はじめに

2011 年に発生した東北地方太平洋沖地震による津波において河川遡上津波が遡上していく様子が映像として記録されていたことで、河川遡上津波の危険性が再認識された。しかし、従来から河川遡上津波の危険性について認識されており、現地調査や数値解析を用いた研究が行われている。<sup>1)2)</sup>河川遡上津波はその性質から実験水路での再現が難しいこともあり、これまでのところ、実験水路を用いた詳細な検証はなされていないのが実情である。

また、“東日本大震災を踏まえた堰・水門などの設計、操作のあり方について”<sup>3)</sup>によると、津波の河川遡上が予測される場合には、堰を全開にして津波から守ることが操作の原則であるが、現実的には操作が間に合わないことや本来の目的から長時間堰を全開にすることで生じる不利益を考慮する必要がある。さらに、ゲート操作を行う際に必要となる河川津波の流体力を求める計算手法の開発を進める必要があることが述べられている。

そこで、本研究では河口堰を通過する河川遡上津波の最大波高や分裂度などのエネルギーの減衰について検討することを目的とした。

## 2. 研究の概要

図-1 に実験水路の模式図を示した。実験で用いた水路は長さ 10m、幅 0.6m の勾配可変型水路で、水路床勾配は 1/1000 とし、真空ポンプ式造波装置は下流側に設置した。電磁流速計及び容量式波高計は同図に示した位置に設置し計測を行った。津波は所定の高さまで水を引き上げ装置上部の蓋を急開することで発生させた。波高計は造波装置側から順に 1,2,3,4 とし、流速計は 3,4 とする。また、実験条件を表 1 に示した。貯留水深  $H_u$  は 0.1m~0.5m の 5 ケース、初期水深  $h$ 、流速  $V$  はそれぞれ 1 ケース、河口堰モデルを Over Flow(以下 OF), Under Flow(以下 UF)の 2 ケースとし、それぞれ 3 回ずつ造波、計測を行った。

## 3. 河口堰が津波に与える影響

## 3-1 河口堰通過後の波高

図 2 は各河口堰パターンでの波高計 No.3 と No.4 における  $H_u=0.1m$  の場合の水位の時間変化を示したものである。同図より、堰が無い場合に対し、堰がある場合には堰通過後の波高が減少しており、堰が波高を減衰する効果があるといえる。OF では波が堰を越波することでしか上流側へ伝播することができないことに対し、UF は OF より波高計 4 地点で

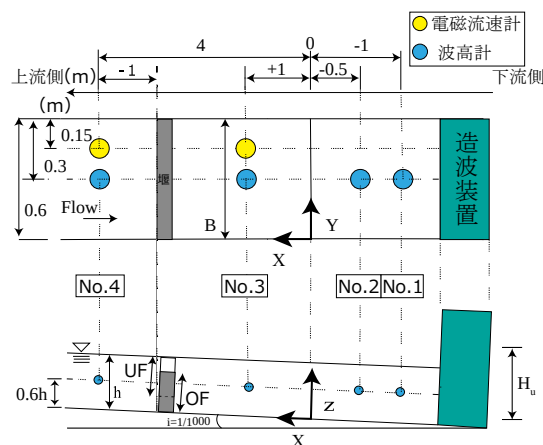
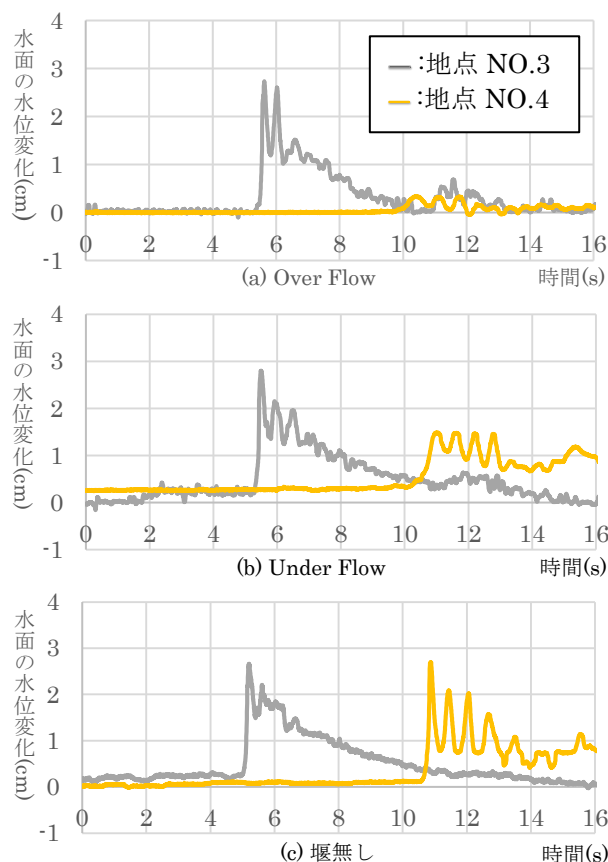


図1 流れ場の模式図

表1 実験条件

|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| 造波装置貯留水深 $H_u(m)$ | 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 |
| 初期水深 $h(m)$       | 0.04                    |
| 流速 $V(m/s)$       | 0.3                     |
| 河口堰のパターン          | Over Flow, Under Flow   |

図2 地点 NO.3 と地点 NO.4 の水位の時間変化 ( $H_u=0.1m$ )

キーワード： 河川遡上津波, ソリトン分裂, 河口堰

連絡先 〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学都市マネジメント学科 TEL:022-305-3550

の最大波高が高くなっている。これは UF では堰を越波しない小規模な波においても堰下を通過した水流は上流側に伝播したためであると考えられる。

### 3-2 最大波高の変化の割合と分裂度

図3は分裂度と最大波高の比  $\eta_4/\eta_3$  の関係を示したものである。分裂度  $\chi$  は  $\eta_{\max}$  を分裂第1波の波峰高さ、 $\eta_t$  をそれに続く谷の高さとして  $\chi = (\eta_{\max} - \eta_t)/\eta_{\max}$  から求めた。

同図によると、OF の場合には  $Hu=0.1\sim 0.4m$  で分裂度は約0.6とほぼ一定だが、波高比は増加している。これはOFでは堰を超えることで上流側へ波が伝播する為、越波水深が大きい波ほど伝播量が大きくなるからである。また、 $Hu=0.5m$  では波高比、分裂度共に小さくなっているが、これは、津波の規模が大きくなると分裂に要する距離が長くなるため、ソリトン分裂が発達していないためであると考えられる。

UF においても規模の大きい波では分裂が発達していないのは OF の場合と同様であるが、堰の下側からも波が伝播するため波高比は、越波しない  $Hu=0.1m$  の場合でも0.5程度、それ以外の場合には、0.8程度に纏まっている。

### 3-3 越波波高と分裂度の関係

図4は越波波高と分裂度の関係を示したものである。同図からUFでは越波波高が高くなるにつれ、分裂度が低くなっている。OFは波の規模が大きい  $Hu=0.5m$  を除いて越波波高によらず0.6程度になっている。これは波の規模が大きい  $Hu=0.5m$  からの波は堰の影響を受けにくくなると考えられる。そのためUFにおいても波の規模が大きい  $Hu=0.4, 0.5$  では分裂が発達していない。

図5は越波波高と最大波高比の関係を示したものである。同図によると、OF、UFどちらも貯留水深の増加に伴って最大波高比が増加する傾向にあるが分裂が発達していない  $Hu=0.4, 0.5m$  では波高比も高くない。

## 4. まとめ

本研究では、河川を遡上する津波に及ぼす河口堰の影響について水理実験によって検討を行った。その結果、全体的な傾向として堰が無い場合と比べてOF、UFどちらも波高の減衰がみられた。また、OFに比べUFは堰下を水流が通過することで  $Hu=0.1m$  のような規模が小さく堰を越波しない波でも上流側に伝播しやすいことが確認された。また、越波波高はOFが  $Hu=0.5m$ 、UFが  $Hu=0.4, 0.5m$  と一定の高さを超えると分裂度が大幅に減少することなど、限定的だが河口堰が及ぼす影響についての一端を説明することができた。

### 参考文献

- 1) 茅根ら(2014):東北三県における津波の河川遡上特性,土木学会論文集 B1(水工学)vol.70, No.4, I\_1165-1170. pp1165-1170
- 2) Shinji SATO(2015):Characteristics of the 2011 Tohoku Tsunami and introduction of two level tsunamis for tsunami disaster mitigation, Proc. Jpn. Acad., Ser. B 91 (2015), vol.91
- 3) 東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技術検討委員会(2011): 東日本大震災を踏まえた堰・水門等の設計、操作のあり方について

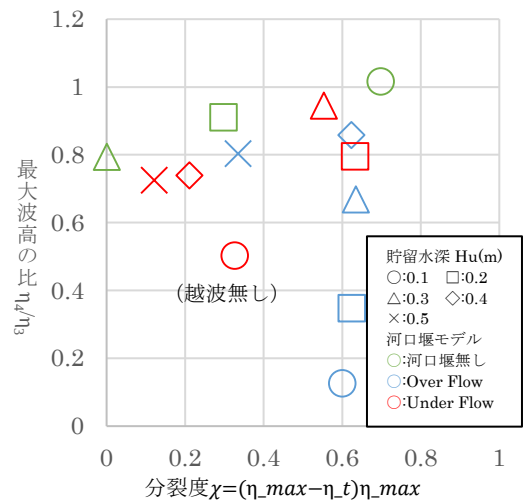


図3 最大波高の比と分裂度の関係

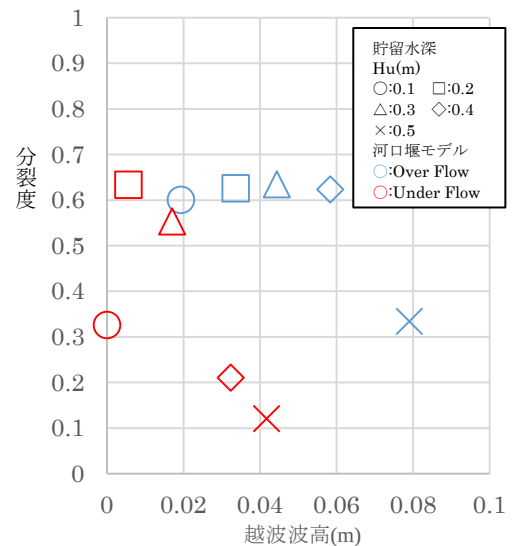


図4 越波波高と分裂度の関係

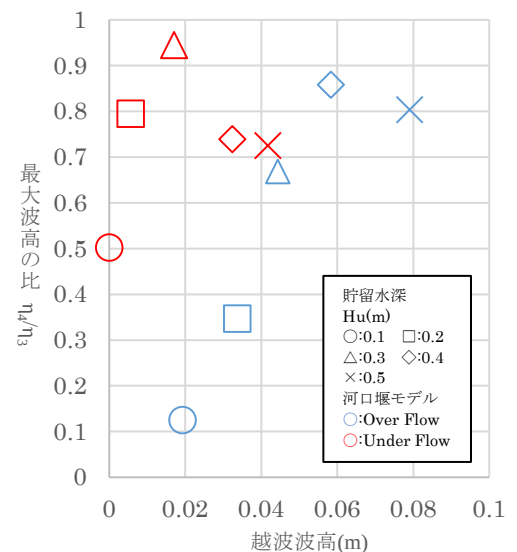


図5 越波波高と最大波高比の関係