

河川湾曲部を遡上する津波特性に関する実験的検討

(国研) 土木研究所 ○正会員 坂野 章 正会員 石神 孝之
一般財団法人ダム技術センター 正会員 箱石 憲昭

1. はじめに

先の東日本大震災では、海岸部の被害だけでなく、河川を遡上・流下した津波によって、河川堤防等及び沿川流域でも甚大な被害が生じた。これらを踏まえ、今後の河川管理においては、洪水や高潮だけでなく津波を計画的防御の対象として位置づける必要性が指摘される¹⁾とともに、津波に対応した堰・水門等の設計や操作のあり方等について基本的な考え方²⁾が示された。基本的考え方を受け、河川法施行規則及び河川管理施設等構造令施行規則が一部改正され、「津波」や「計画津波水位」の規定等が明確化された(H25.7.5施行)。

本研究は、前述の新しい規定を踏まえ、河川湾曲部を遡上する津波の力学的特性について水理実験により検討したものである。

2. 検討方法

検討に用いた水路は、**図1**に示すように、幅 $b : 1.5\text{m}$ 、長さ L : (湾曲水路 44.5m 、直線水路 51m) の二次元水路部分とゲートによって仕切られた貯水槽部分(幅 1.5m 、長さ 15m) からなるコンクリート製である。仕切りゲートはコンプレッサーによって引上げられる方式とし、段波～波状段波(ソリトン分裂)～碎波の一連の津波変形を再現できる機能を有する。縦段勾配 $I=1/100$ とし、湾曲部は、湾曲角 $\theta=90^\circ$ 、曲率 $r/b=2.5$ とした。この水路に貯水槽水深 $h_1 \approx 55\text{cm}$ で水路下流端水深 $h_0 \approx 40\text{cm}$ に湛水後、仕切りゲートの急開(引上げ速度 $\approx 0.35\text{m/s}$) によって段波を発生させ実験を開始した。ゲート模型(木製)をこの水路全幅で波向きに直角方向で碎波点近傍の 19.0m (静水深 $h=16.0\text{cm}$) の箇所に設置し、ゲート開度毎(対静水深比とした開度 $a/h=0, 0.4, 1.0$ とゲート無の計4条件)に所定位置で波高、流速、波圧について70秒間の同期測定(サンプリング間隔 $=100\text{Hz}$)を行い、直線水路実験の結果も含めて比較検討した。

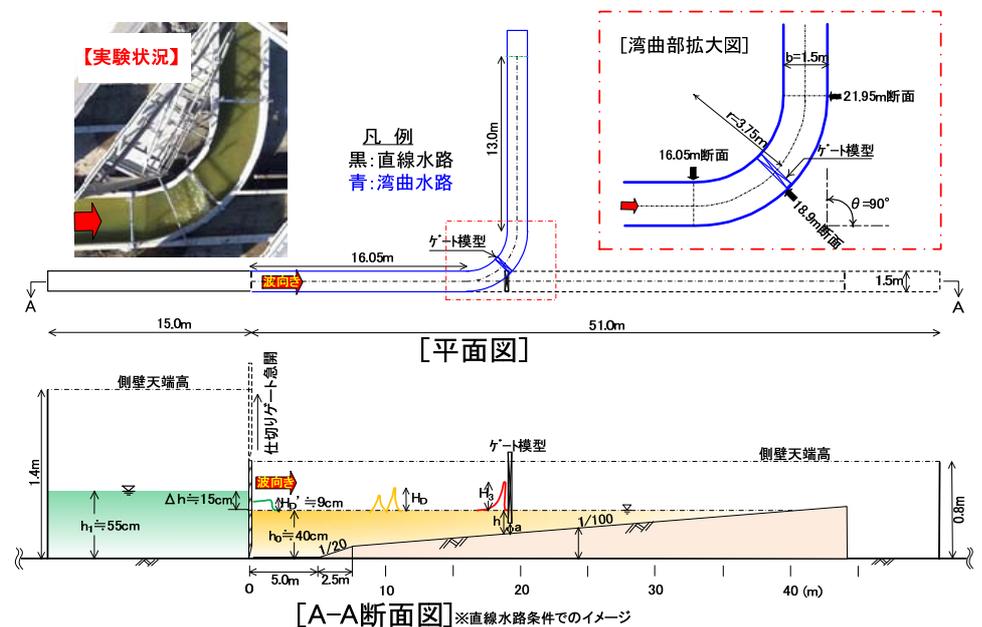


図1 実験水路概要図

この水路に貯水槽水深 $h_1 \approx 55\text{cm}$ で水路下流端水深 $h_0 \approx 40\text{cm}$ に湛水後、仕切りゲートの急開(引上げ速度 $\approx 0.35\text{m/s}$) によって段波を発生させ実験を開始した。ゲート模型(木製)をこの水路全幅で波向きに直角方向で碎波点近傍の 19.0m (静水深 $h=16.0\text{cm}$) の箇所に設置し、ゲート開度毎(対静水深比とした開度 $a/h=0, 0.4, 1.0$ とゲート無の計4条件)に所定位置で波高、流速、波圧について70秒間の同期測定(サンプリング間隔 $=100\text{Hz}$)を行い、直線水路実験の結果も含めて比較検討した。

3. 検討結果

3.1 波高について

図2は、実験結果の一例として、湾曲部代表断面(入口 16.05m 、中央 18.9m 、出口 21.95m) の津波遡上にともなう水位経時変化について、内岸外岸別およびゲート有無別に示したものである。これより、ゲート有無による相違、分裂第1波と第2波の相違、湾曲内外の相違が顕著であることが確

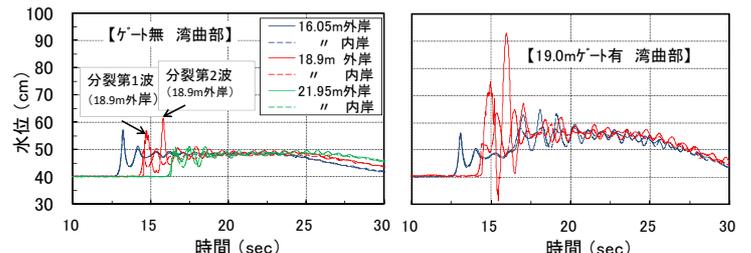


図2 水位経時変化(左:ゲート無、右:ゲート全開)

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (国研) 土木研究所水工研究G水理 T E L 029-879-6783

キーワード 津波遡上、河川湾曲部、波高、波圧、ゲート

認できる。

図3は段波津波の分裂第1波および分裂第2波、それぞれの最大波高（最大水位－静水深 40cm）の縦断分布をゲート開度別に示し、湾曲部3断面では内外岸の平均値をプロットした。これらより次のことが確認できる。
 ①ゲート無で分裂第1波の場合は、湾曲部入口断面をピークに前後断面で徐々に波高が増減する。一方、ゲート無で分裂第2波の場合は、波高は第1波と同様にピークを持つが発生位置は異なり（湾曲部中央断面）、その前後断面で波高はほぼ一定となる。
 ②ゲートを湾曲部中央断面近傍に設置すると、ゲート開度に係わらず、分裂第1波、第2波ともに波高のピーク発生位置は湾曲部中央断面である。
 ③湾曲部以外の断面においては、分裂第1波、第2波の各々でゲート有無およびゲート開度にあまり係わらずほぼ同一値を示す。

図4は段波津波の分裂第1波および分裂第2波の湾曲部各断面における内岸と外岸の最大波高差 $\Delta\eta$ を、ゲート開度別に示したものである。これより $\Delta\eta$ は、いずれの条件（ゲート開度、分裂波）でも湾曲部入口と湾曲部出口の断面でほぼ同一で湾曲部中央で大きいことが確認される。また湾曲部中央での $\Delta\eta$ は、分裂第1波より第2波の方が大きくゲートや分裂波の条件に大きく依存されるが、ゲート開度との相関には一定の傾向があまり見られない（ゲート有ケースの中で、ゲート開度0.4のケースで $\Delta\eta$ が最小）。

3.2 波圧について

湾曲部中央断面に設置したゲート模型正面の静水面位置（最大波圧発生位置）に作用する最大波圧について、分裂別、内外岸別（水路両側壁から5cm内側）に示したものが図5である。これより、内岸では分裂第1波も第2波もゲート開度に係わらずほぼ同一であるが、外岸では分裂第1波の方が大きくゲート開度による違いも大きい。また、分裂第1波のゲート外岸でゲート開度1.0（ゲート下端高＝静水面高）の場合の波圧は最大約4.3kpsとなり、分裂前波高（2.5m 地点波高 \div 8.1cm \div 静水圧0.8kpa）の約5倍水深に相当する静水圧とほぼ等しい値である。これは、一般に算定される値（防波堤に作用する波圧は、分裂前波高の3倍の水深に相当する静水圧が作用³⁾）および図6の直線水路の実験値と比較してもかなり大きく、湾曲等によって流れの集中や反射波の状況等が変化したことが要因と考えられる。

4. まとめ

河川湾曲部を遡上する津波として、波高については分裂第2波が湾曲部中央断面の外岸で卓越すること、また同一断面にゲート設置した場合の外岸部ゲート正面では、分裂前波高の約5倍水深に相当する静水圧とほぼ等しい大きな波圧が発生することを確認した。湾曲部では津波遡上に伴う流れの集中や反射波等の影響が複雑であることから、今後は水深や湾曲度等の異なる条件での実験等による定量的検討の必要性が高いと考える。

参考文献

- 1) 津波対策検討会：河川への遡上津波対策に関する緊急提言(案)、2011.8
- 2) 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：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、2011.9
- 3) 国土交通省港湾局：防波堤の耐津波設計ガイドライン、pp.19～25、2013.9

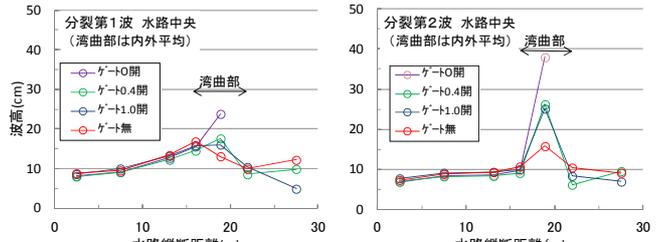


図3 波高縦断図（左：分裂第1波、右：分裂第2波）

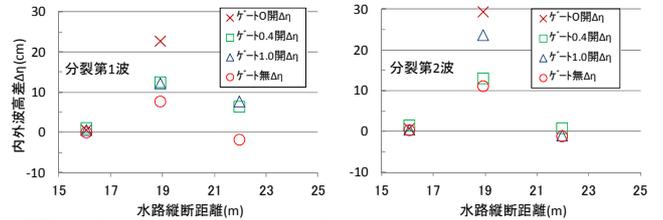


図4 波高差 $\Delta\eta$ （左：分裂第1波、右：分裂第2波）

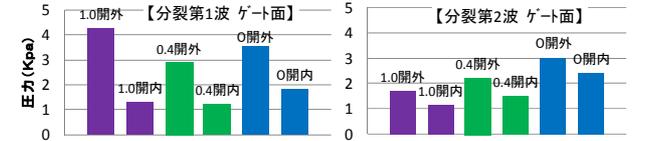


図5 湾曲水路波圧（左：分裂第1波、右：分裂第2波）

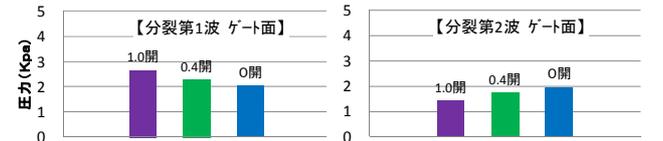


図6 直線水路波圧（左：分裂第1波、右：分裂第2波）