

直立護岸を越流・遡上する津波に関する基礎的検討

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○小林 大輝
 京都大学大学院工学研究科 学生員 白井 秀和
 京都大学大学院工学研究科 フェロー 細田 尚

1. はじめに

防災対策上、津波の特性を明らかにすることは重要である。この特性は、護岸の形状など対象とするものによって変わってくるものが考えられ、それぞれの領域で検討しておく必要がある。対象とする領域のなかで基本となる対象領域の一つとして、直立護岸を越流し遡上する津波が挙げられる。本研究では、この直立護岸での津波を対象とした実験及び数値解析を行い、直立護岸の影響が津波の遡上に及ぼす影響について検討する。

2. 実験

2.1 実験概要

まず、直立護岸を越流し、遡上する津波を対象とした実験を行う。図-1に示すような水路幅 0.1 m、水路長 8.0 m の水路を用いる。この水路の水位が 0.15 m になるまで水で満たした状態にしておく。この状態で水路の端（沖側）で津波を発生させ、それがどのように遡上していくかを観測する。浸水開始地点から -0.50 m、0.00 m、0.50 m の各地点 A、B、C にカメラを設置し、水位の時間経過を測定する。

2.2 実験結果

図-2 は、各地点における水位の時間経過を示したものである。沖側の地点 A に比べて、地点 B（浸水開始地点）では、水位のピークが 1.5 倍程度高く、水位が急激に上昇していることがわかる。また、地点 C では、水位が地点 B に比べて半分程度であり、水位の変化も緩やかであることが確認できる。

図-3 は、津波の遡上過程を示したものである。これらの図から、波が碎波することなく陸上を遡上していることがわかる。高橋ら¹⁾による越波の分類と比較すると、本実験での波は比較的周期が長く、護岸の高さが低いケースであると考えられる。また、護岸付近から遡上方向に水位が急激に低くなっているが、この特徴は、岩崎・富樫²⁾による実験でも確認されており、流

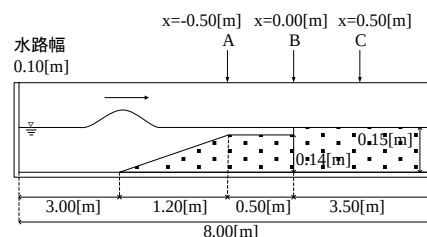


図-1 実験水路

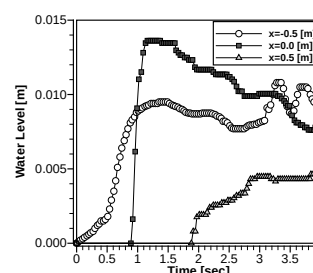


図-2 各地点における水位の時間経過

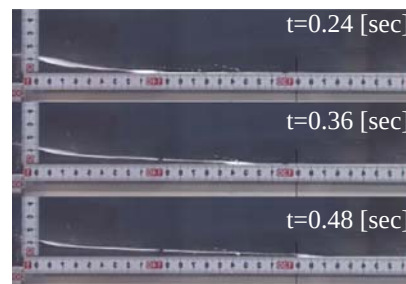


図-3 津波の遡上過程

速の急激な増大と関係していることが指摘されている。

3. 数値解析

3.1 数値解析概要

ここでは、鉛直岸壁を越流し遡上する津波の特性をさらに検討していくために、上で実施した実験の条件に合わせて一次元水深積分モデルによる数値解析を行う。流れの基礎式は次式に示す通りである。

$$[\text{連続式}] \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hV}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$[\text{運動方程式}] \quad \frac{\partial hV}{\partial t} + \frac{\partial hV^2}{\partial x} + gh \frac{\partial z_s}{\partial x} = -\frac{gn^2}{h^{1/3}} V|V| \quad (2)$$

ここに、 t : 時間、 x : 空間座標、 h : 水深、 V : 水深平均流速、 g : 重力加速度、 z_s : 基準水面からの水位、

キーワード 津波遡上, 開水路非定常流, 数値解析

連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 C1-3 河川流域マネジメント工学講座 TEL 075-383-3269

n : マニング粗度係数である。本研究では、粗度係数 0.01 を与える。

数値解析手法として有限体積法を適用する。また、移流項の離散化には、1 次精度風上差分を用いる。

本研究では、Cal-1 と Cal-2 の 2 ケースの解析を行う。まず、Cal-1 では、計算領域を沖側の地点 A からとして、水平陸上部分の長さを 3.5 m とする。また、境界条件として図-2 に示す地点 A での水位を与える。Cal-2 では、計算領域を地点 B から水平陸上部分の長さ 3.5 m までとし、陸上部分での遡上のみを対象とした解析を行う。このケースでは、境界条件として図-2 に示す地点 C での水位を与える。この二つの解析の結果を比較することで直立護岸の影響について検討する。

3. 2 数値解析結果及び考察

まず、それぞれのケースにおける水位の時間経過を図-4 に示す。横軸の時間は津波が直立護岸に到達した時の時刻を $t=0$ sec としている。実験と比較すると、Cal-1 では、0.0015 m 程度の違いはあるが、水位の変動を比較的再現できている。これに対して Cal-2 では実験と 0.006 m 程の比較的大きな差がでた。これは、Cal-2 において直立護岸の影響がないためであると考えられる。

つぎに、それぞれのケースにおける水位と流速の空間分布を示す。図-5 は水位の空間分布、図-6 は流速の空間分布をプロットしたものである。水位の空間分布の図から、Cal-1 と Cal-2 で $x=0$ m 付近での分布の形状が大きく異なることがわかる。Cal-1 では、下流方向に水位が急激に下がっており、実験に近い傾向を示している。これに対して、Cal-2 では、比較的緩やかに水位が変化している。また、流速の空間分布においても、水位の分布と同様、 $x=0$ m 付近での分布の形状が Cal-1 と Cal-2 で異なることが確認できる。つまり、Cal-1 では、護岸付近で小さい値となっていた流速が急激に増加しているのに対して、Cal-2 では護岸の影響がないため、 $x=0$ m 付近で比較的大きな値をとるが、急激な増加のない結果となっている。しかし、このような違いがある一方で、護岸付近の領域より下流では、Cal-1 と Cal-2 で近い傾向にある。つまり、いずれのケースも水位の分布が双曲線のような形状をとり、流速の分布はある程度線形的に変化している。

以上のことから、護岸付近では、護岸が水位と流速の空間分布に急激な変化をもたらすが、ある程度の下

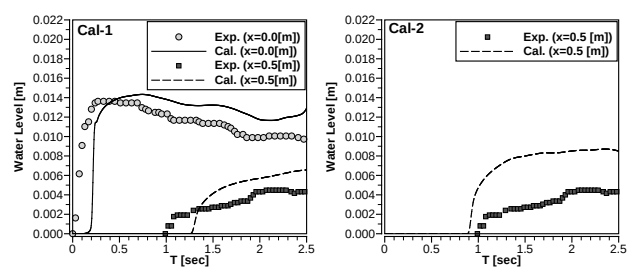


図-4 水位の時間経過

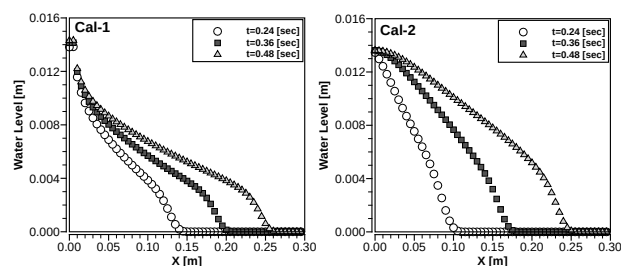


図-5 水位の空間分布

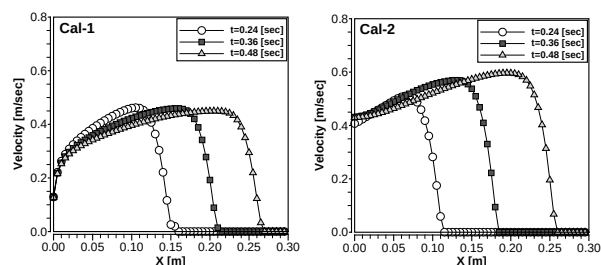


図-6 流速の空間分布

流では、Cal-2 のような水平陸上を遡上する津波の特性を示すようになると考えられる。

4. おわりに

本研究では、直立護岸を越流・遡上する津波を対象とした実験及び数値解析を行うことで、津波遡上における直立護岸の影響について検討した。実験により、直立護岸付近で急激な水位の変化があることが確認された。また、直立護岸を越流・遡上する津波を対象とした数値解析により、実験と同様、護岸付近で水位と流速が急激に変化していることが確認された。その一方で、水平の陸上を遡上する津波の数値解析では、このような変化は見られなかった。しかし、前者のケースでは、護岸からある程度下流になると水位と流速の分布が後者のケースと同様の傾向を示した。

参考文献

- 1) 高橋重雄, 遠藤仁彦, 室善一郎 : 混成防波堤上の越波水の運動と波力に関する実験的研究, 港湾技術研究所報告, 第 31 巻, 第 1 号, pp.3-50, 1992.
- 2) 岩崎敏夫, 富樫宏由 : 水平な陸上への津波の遡上に関する研究, 第 13 回海岸工学講演会講演集, pp.223-229, 1966.