

河口部から入射する波と流れの相互作用に関する基礎的研究

名古屋大学大学院 学生会員 ○大堀文彦

名古屋大学大学院 正 会 員 李 光浩

名古屋大学大学院 正 会 員 水谷法美

1. はじめに

2003 年 9 月 25 日に発生した北海道十勝沖地震による津波は、沿岸部のみに被害をもたらすだけでなく、複数の河川に進入・遡上したことが確認された。特に、十勝川では河口から数十 km も遡上したことが報告されている(安田ら, 2003)。この事実は河川を遡上した津波が河口部から遠く離れた地域にも災害をもたらす可能性が十分あることを示しており、海岸線のみを対象に行われてきた従来の津波対策に加え、巨大地震が起ころうる海域に河口部を有する河川においても、津波対策が必要であるといえる。しかし、河川のような定常流れが卓越する場に波が進入する場合、河川内の流れと波が共存する複雑な場が形成されてしまう。このような共存場における波と流れの相互作用の実態は明確にはなっておらず、防災面からその解明は急務である。また、波・流れの相互作用の解明は、平常時における河川から海岸への土砂供給プロセスに重要な知見を提供するものである。本研究は、波と流れの相互作用を解明するための基礎的な研究として、3 次元水槽内に河川を模した水路を設置し、海域から河川に流入する津波や風波を想定し、水路を含む水槽内での孤立波と周期波の伝播の特性を検討する。

2. 実験方法

水理模型実験を名古屋大学大学院社会基盤工学専攻の平面波浪水槽(長さ 28m, 有効幅 8m, 深さ 0.8m)で行った。水路内に波と流れの相互作用を生じさせるために、図-1 に示すような模型を水槽内に設置した。すなわち、河口部を想定し、水路から造波板まで 8.0m の領域を設けた。水路は上下流端とも開放し、水路の上流端に水中ポンプを設置し水路内に流れを発生させた。水路内の水位変動を電気容量式水位計(KENEK 製 CHT6-30)で、水粒子速度を超音波ドップラー流速計(SonTek 製 SP-16M00)で計測した。水位変動は下流端から 4.0m の範囲で計測し、水粒子速度は水平方向に下流端から 1 波長間で 1/4 波長毎に高さ方向に 3 点変化させ、計 12 点で計測を行った。実験では、水路内の平均断面流速 $\bar{U}$ を 3 種類(10cm/s, 20cm/s, 40cm/s)変化させ、津波を模した孤立波を 1 波入射させた。なお、入射波高 H_i を 2 種類(3.0cm, 5.0cm)変化させた。比較のため、風波を想定した周期波を使った実験も行った。この際、周期 T_i を 1.0 から 1.8s の範囲で、波高 H_i を 2 種類(3.0cm, 5.0cm)変化させた。

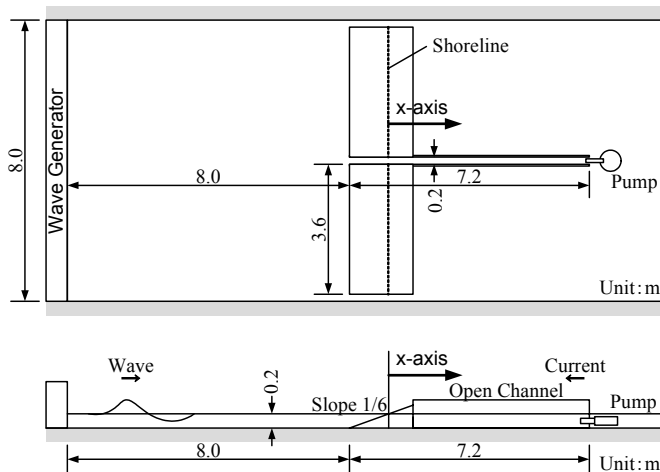


図-1 実験水槽と水路模型の概要

3. 実験結果および考察

(1) 周期波と流れの相互作用

実験結果より波が流れを遡る場合、波高の減衰が顕著に生じる場合と減衰しない場合が確認されたため、まず、周期・入射波高および流速に着目して波高の変化を検討する。検討に用いる H_i は、造波板前の波高とする。図-2 は、 $\bar{U} = 20 \text{ cm/s}$ の流れに周期波を入射させた場合の波高分布に及ぼす周期・入射波高の影響を比較したものである。同図より、波高減衰に及ぼす周期・入射波高の影響はほとんど認められない。続いて、図-3 に流速の影響による波高変化の比較を示す。 $\bar{U} = 10 \text{ cm/s}$ の場合、波高の減衰は小さく、明瞭な相互作用

の影響は認められないが、 $\bar{U} = 40 \text{ cm/s}$ の場合は、波の遡上にと
もなう著しい波高の減衰が認められ、遡上に伴い波高は減衰し
続ける。このことより、波高の減衰に対しては、波の緒元より
も流れの強さの影響が重要であるといえる。また、 $\bar{U} = 40 \text{ cm/s}$
の場合は水路に入射してくる波が沖波波高よりかなり高いこと
がわかる。これは、水路沖側端で既に流れの影響を受けており、
そのため波高が増大したものと考えられ、これにより波が不安
定となり、砕波が発生している。また、水路前面部における相
互作用により、特に流速が速い場合において波の峰線形状が著
しく変形しており、水路中心部でもっとも大きく峰が遅れ、河
口に向かって凹型になることが確認された。そのため、水路に
入射する際に水路入口に波が集中、著しい場の乱れが発生し、
著しい波高減衰を招いたと考えられる。しかし、乱れによる波
高減衰は入射初期に限定されており、その後の波高減衰のメカ
ニズム解明のためには流速に着目し、さらなる検討を加える必
要がある。図-4 に平均水位の空間分布の一例を示す。
 $\bar{U} = 10, 20 \text{ cm/s}$ の場合には平均水位がほとんど上昇してないこ
とが確認できるが、 $\bar{U} = 40 \text{ cm/s}$ においては一様に水位が上昇し
ていることが確認できる。特に水路下流端においては著しい上
昇が認められ、流れが強い場合、波の変化が大きくなるのみで
はなく流れが波から受ける影響も大きくなることが確認された。

(2) 孤立波と流れの相互作用

孤立波が入射する場合、図-5 に例示した無次元波高の空間分
布に示されるように、流れを遡上しても波高の減衰が見られず、
逆に遡上にともない波高が若干増大することが確認された。流
速が大きい場合によりその傾向が強く見られるため、流速によ
って波高の変化が特徴づけられているといえる。また、波高減
衰の大きな要因の一つとしてあげられた入射に伴う砕波が発生
することもなかった。周期波において、確認された水路前面部
における目視観察による波峰の変形も周期波に比べ小さく、水
路入射に伴う乱れによる波高の減衰は発生しなかったとみなせ
る。一つの理由として、孤立波の作用時間が長いことがあげら
れ、孤立波が流れから受ける影響は、周期波の場合とは異なる
ことが指摘できる。この結果は、より作用時間の長い津波がよ
り河川を遡上しやすいことを示しており、内陸部においても津
波の危険性が無視できないことを示唆するものである。

4. おわりに

本実験により、周期波と孤立波は流れから受ける影響が異なることが示された。特に孤立波においては流れを遡上することにより、波高が増大することが確認され、これは作用時間の長い津波が河川を遡上することにより内陸部に被害をもたらす可能性が十分にあること示すものである。今後は、波と流れの相互作用の内部機構についてより詳細な検討を行っていく予定である。

【参考文献】安田ら(2003), 土木学会論文集, No.768/II-68, pp.209-218

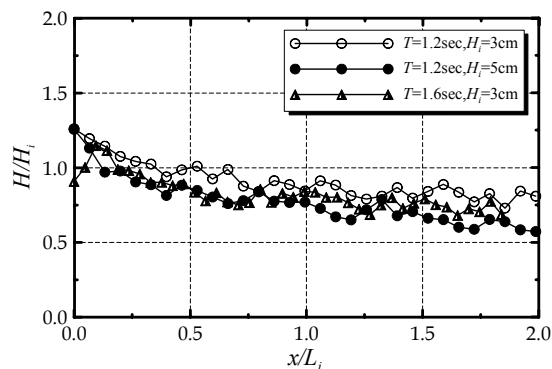


図-2 波高の空間分布に及ぼす
周期・入射波高の影響($\bar{U} = 20 \text{ cm/s}$)

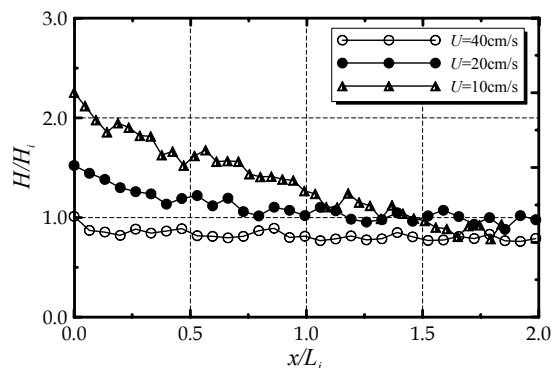


図-3 波高の空間分布に及ぼす流速の影響
($T=1.2\text{sec}$, $H_i=3\text{cm}$)

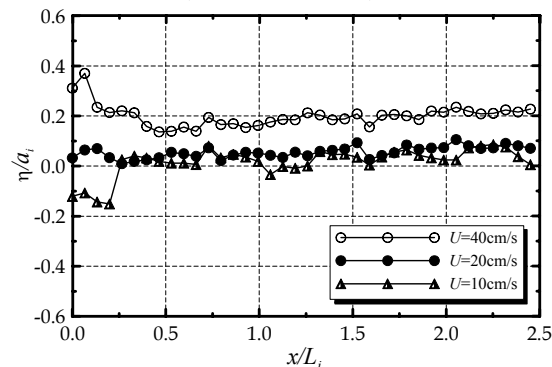


図-4 平均水位の空間分布($T=1.2\text{sec}$, $H_i=3\text{cm}$)

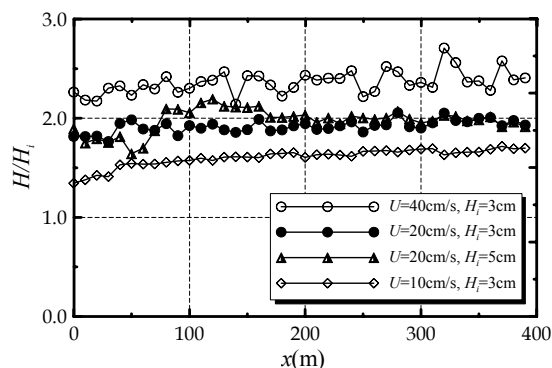


図-5 孤立波の波高の空間分布