

実験に基づく橋梁上部工への津波外力算定式の一提案

株式会社ウエスコ 二井 伸一 九州工業大学 幸左 賢二 九州工業大学 秋吉 秀一

1. 目的

津波外力は、港湾施設、発電所等の直壁構造物を対象とする模型実験が行われ、その結果から算定式が提案されている。しかし、橋梁の場合、従来の津波による損傷が比較的軽微であったこともあり、検討は極めて限られている。そこで本研究では、橋梁上部工模型（以降、桁と呼ぶ）に津波の一波目を模擬した孤立波性状の波を衝突させ、桁に作用する水平力（波力）と鉛直力（揚力）を計測し、その結果から津波外力算定式を提案した。

2. 実験概要及び実験状況

実験概要図を図-1 に示す。使用する長水路は、長さ 41m、幅 80cm、模型位置での水路深さは 120cm である。造波は、スライド式造波板をパソコン制御で操作する。対象橋梁は 1 径間の P C T 桁橋（橋長 19.1m、幅員 10m、構造高 1.7m）であり、模型の縮尺は 1/50 である。分力計は水槽上部に設置し、治具を介して桁に作用する波力と揚力を計測する。図-2 に本実験の特徴を記す。実験の変化条件は 2 つで、その 1 つは桁の位置（静水面から桁下までの高さ）であり、後述する 3 ケースの実験条件に対し、桁の位置を 1cm ピッチで変化させた。2 つ目は波形状であり、同図に示す凸形状を保持したまま桁に作用する波を「砕波無の波」と呼び、凸形状が崩れ、水泡を伴って桁に作用する波を「砕波有の波」と呼び、この違いを考慮した。

図-3 に実施した指令波高と静水深の関係及び波形状の状況を記す。『Case1』の実験条件は、静水深 5cm とし桁下高を 1cm~8cm まで変化させた。波は桁への衝突前に砕波し、桁下から水泡を含む波が進行して少しずつ波高が大きくなり、桁の位置では 10cm 程度になる。『Case2』は 静水深 15cm、桁下高を 1cm~10cm で変化させた。波は凸形状を保持し、桁を包み込むように作用する。桁の位置での波高は 11cm 程度である。『Case3』は、静水深 15cm、桁下高を 1cm~18cm で変化させた。波は『Case1』と同様に砕波し、図の桁位置の場合、波は桁上面より進行し、桁を巻き込むように作用する。桁の位置での波高は 25cm 程度である。

図-4 は『Case1』と『Case2』の波高、水平力及び鉛直力の実験結果である。両者の波高はほぼ同じであるが、作用力

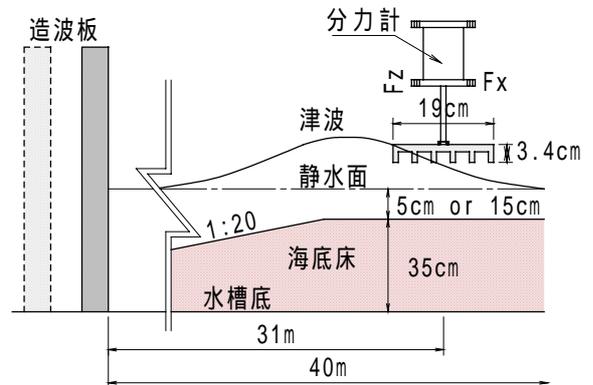


図-1 実験概要図

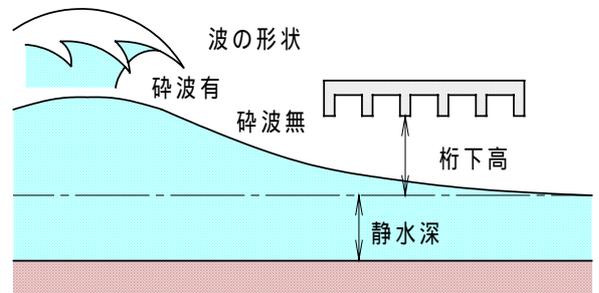


図-2 実験の変化条件

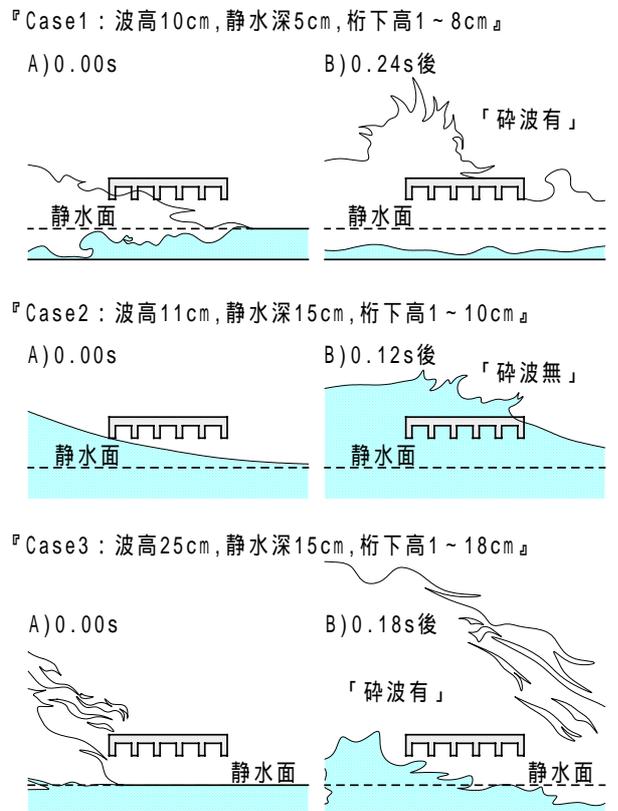


図-3 実験状況

キーワード 津波、橋梁被害、波力、上揚力

連絡先 〒700-0033 岡山県岡山市北区島田本町 2-5-35 株式会社ウエスコ 構造設計課 TEL 086-254-2442

の特性に特徴があり、『Case1(砕波有)』の場合、最大波力が正の最大揚力(鉛直上向きの力で、以後、上揚力と呼ぶ)より大きいが、『Case2(砕波無)』では、その逆の傾向を示す結果となった。このような状況から、波の形状により作用力特性が変化することが分かる。

3. 津波外力算定式の提案

図-5は図-4の要領で抽出した最大波力の結果である。縦軸は、桁中心位置(桁下高+桁高÷2)を実験毎の波高で割った無次元量であり、横軸は波力である。波力の絶対量が多いのは実験時の波高が大きい『Case3(砕波有)』であり、上揚力も同様の結果であった。

図-6は図-5の横軸を被圧面積(桁の側面面積)と波高に対する静水圧で割り、波力を静水圧に対する比で示した無次元量である。なお、同図では同一桁下高の実験結果の平均値を抽出している。図-7は同様に処理した上揚力の図である。図-6、図-7によれば、波力は『Case1』の結果が他の実験ケースを包括し、上揚力は『Case2』が包括する。

ここで、包括する『Case1』、『Case2』の近似線を求め、津波外力算定式を提案する。両図中の横軸である『水平波力/桁側面面積』と『上揚力/桁下面積』はm²当りの作用力とし、qxとqzと表す。近似式中のxはqx/ga_H、qz/ga_{H」となり、また、yはZ/a_H、z/a_{H」となる。ここで、波力はプロットに即した近似線とするため、縦軸値0.5以下では一律に1.9とした。近似式を各記号で表した式を式(1)~(3)に示す。}}

$$Z/a_H = -0.42(qx/ga_H) + 1.30 \quad [Z/a_H \ge 0.5] \quad (1)$$

$$qx/ga_H = 1.90 \quad [Z/a_H < 0.5] \quad (2)$$

$$z/a_H = -2.18(qz/ga_H) + 1.16 \quad (3)$$

上記式のqx、qzを左辺に移動し、これに被圧面積を考慮することで、式(4)~(6)に示す津波外力算定式となる。

$$Qx = gB \int_{Z1}^{Z2} (3.10a_H - Z/0.42) dz \quad [Z/a_H \ge 0.5] \quad (4)$$

$$Qx = 1.90 \times gB Ta_H \quad [Z/a_H < 0.5] \quad (5)$$

$$Qz = gBW(0.53a_H - z/2.18) \quad (6)$$

津波による橋梁被害は、上述の式で算定した津波外力に対し、桁の重量、支承アンカー、変位制限装置等の落橋防止構造の抵抗力と比べることで安全照査が行えると考えられる。

4. まとめ

- 1) 砕波する波が桁に作用すると波力が大きい傾向にあり、砕波が無い波が作用すると上揚力が大きい傾向にある。
- 2) 実験結果より式(4)~(6)に示す津波外力算定式を提案した。この外力と橋梁側の抵抗力を比べることで安全照査が行えると考えられる。

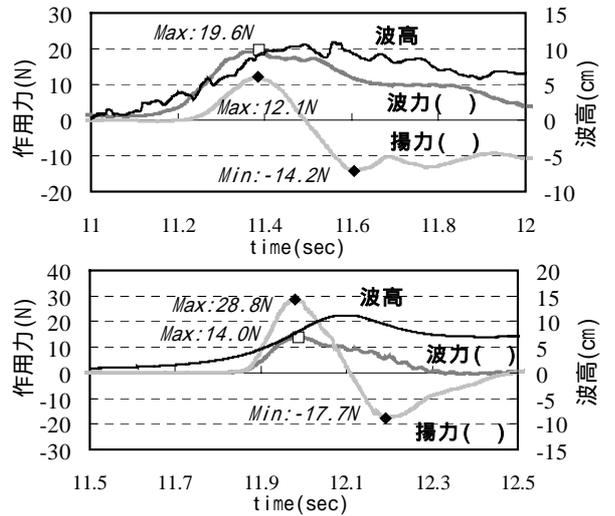


図-4 実験結果(上:Case1,下:Case2)

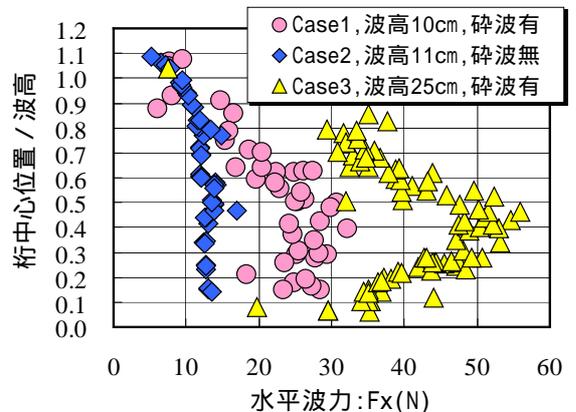


図-5 桁位置/波高と水平波力の関係

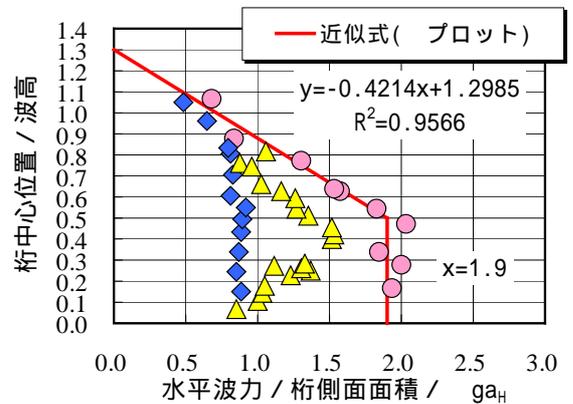


図-6 桁位置/波高と無次元波力の関係

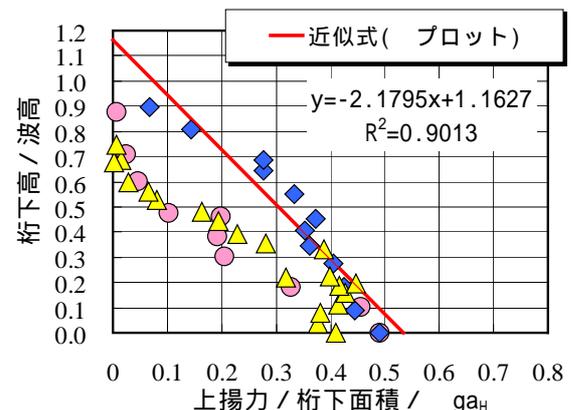


図-7 桁下高/波高と無次元上揚力の関係