

橋台の有無による桁への津波作用力特性の実験的検討

九州工業大学 学生会員 秋吉秀一  
株式会社ウエスコ 正会員 二井伸一

九州工業大学 正会員 幸左賢二  
筑波大学 正会員 庄司学

1.はじめに

我が国において、東海・東南海地震による津波被害が懸念されており、それに伴う橋梁の被害が想定される。現在まで実験により建築構造物などの直壁構造への津波作用力については検討が進められている。これに対して、路下空間を有し、線状構造である橋梁については、その特殊な形状に着目した検討はこれまで十分には検討が実施されていない。そこで、筆者らはスマトラ島において津波より流出した橋梁の事例に着目し、実験によって桁への作用力の評価を実施した。

2. 実験概要

使用する長水路は、長さ 41m、幅 80cm、模型設置位置での水路深さ 120cm の片面ガラス張りの水路である。実験の模型周辺の設置状況図を図-1 に示す。橋梁模型の対象は、被害を受けたインドネシアの橋梁とした。縮尺は 1/50 で、模型の橋長は 40cm、幅員 19cm、構造高 3.4cm (実橋の橋長は 19.1m、幅員 10.2 cm、構造高 1.7 cm) とした。実験パラメータは碎波の有無 (指令波高 7cm のとき碎波無、指令波高 10, 15, 20, 23 cm のとき碎波有り)、橋台有無の合計 10 ケースである。橋台無の実験については、図-2 の左に示すように、H6 波高計は側壁の外でかつ、桁中心位置に設置した。橋台有の場合は橋台無のように設置すると、橋台と H6 波高計が干渉するため、図-2 の右に示すように桁の前方 15cm の位置に設置した。同ケースについて実施し、平均的な挙動を示したものと以下に示す。

3.実験結果

碎波の無い津波における橋台有無の作用力変化に着目して検討する。図-3 は『橋台無、碎波無、指令波高 7cm』の実験ケースの作用力と波高の関係である。波高のグラフの傾きが上昇を始めた時刻である 12.0s 付近で水平波力の最大値 14.0N と揚力の最大値 28.8N を記録した。その後、上揚力は急激に減少を始め、負の揚力の値 -17.7N が記録された。図-4 は『橋台無、碎波無、指令波高 7cm』における実験状況図を示す。0.09s には水しぶきの状況から、泡を含まない波が桁の左斜め下から作用している。0.18s には波の塊が桁を覆う。波しぶきは、左上方へ大きくなるので、この時点でも波の作用方向は左上方と考えられる (図-4 の矢印①)。0.27s には波の頂点は桁の中央を少し通過した位置にある。同図上より波高を計測すると 0.09s 後では 13.5 cm、0.18s 後では 12.7cm であった。

図-5 は『橋台有り、碎波無、指令波高 7cm』の実験ケースの作用力と波高の関係である。波高が最大となった時刻付近で水平波力の最大値 8.5N と上揚力の最大値 23.8N を記録した。その後、上揚力は急激に減少し、揚力は負の値 -43.9N となる。このように橋台が

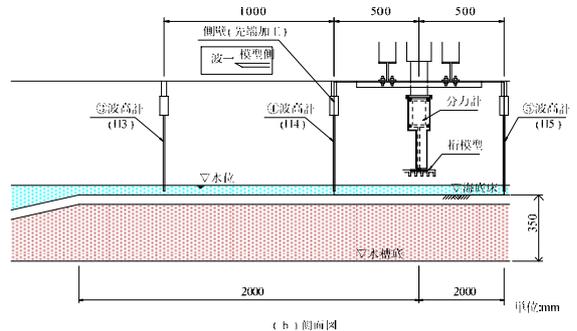


図-1 模型周辺の設置状況図

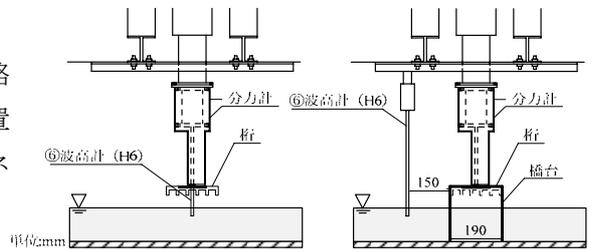


図-2 波高計設置状況 (左:橋台無, 右:橋台有)

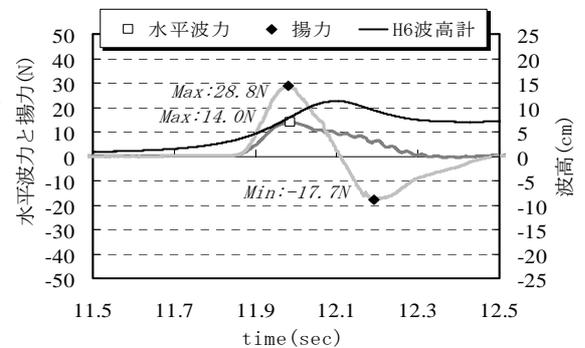


図-3 作用力と波高

(橋台無, 碎波無, 指令波高 7 cm)

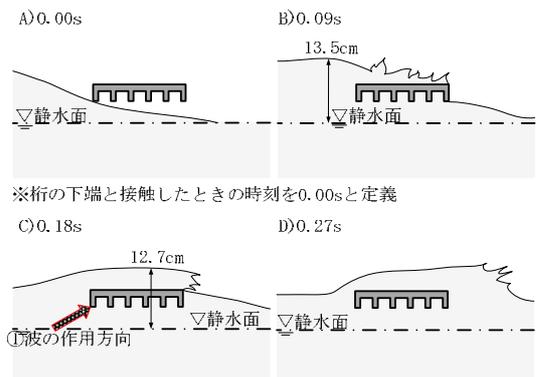


図-4 実験状況図 (橋台無, 碎波無, 指令波高 7 cm)

有る場合の負は揚力の値は、橋台が無い場合と比べ 2.5 倍大きな値となった。図-6 は『橋台有り、砕波無、指令波高 7cm』における実験状況図を示す。0.09s に波は橋台の無い実験条件と同様に、左斜め下から作用している (図-6 の矢印②)。0.18s には波の形状を保ったまま急激に波高が大きくなり桁に載る。0.27s にはさらに波高が大きくなり泡を含まない波が桁に載る。同様に同図上より波高を求めると 0.18s 後では 19.3 cm, 0.27s 後では 20.2cm であった。桁に波が作用するときの波高は、橋台無 13.5cm, 橋台有 20.2cm となる。これを桁上部を基準面にとると橋台無 5.3cm, 橋台有 11.9cm となり 2.2 倍の差となることから結果的に下方向の揚力が 2.5 倍になったと考えられる。図-7 に橋台の影響の模式図を示す。同図の矢印は波の流れ方向を示す。橋台が無い場合、波は桁の上面と下面に分かれて通過する。このとき、波の急激な波高上昇は見られない。これに対して、橋台が有る場合、橋台に波がせき止められ、桁前面で波高が急激に上昇し、瞬時に桁へ落下し、大きな負揚力が発生する。

図-8 に砕波の有る場合と無い場合における橋台の有無での波力と揚力の関係を示す。指令波高 7 cm のときは砕波無、指令波高 10, 15, 20, 23 cm のときは砕波有りの実験条件となる。この図のプロットは各ケース 5~10 回行った。同一条件における平均値である。指令波高が大きくなるに従い水平波力、上揚力も大きくなり、作用力と指令波高は比例の関係にある。橋台が有るときは水平波力は橋台が無いときの水平波力に比べ、指令波高 7, 10, 15, 20, 23 cm において、それぞれ 1.1, 0.9, 0.8, 0.9, 0.9 倍程度であり、橋台の有無による水平波力の差は小さい。また、水平波力は指令波高に比例して大きくなった。一方、上揚力については、橋台が有るときの上揚力は橋台が無いときに比べ、指令波高 7, 10, 15, 20, 23 cm において、それぞれ 0.8, 1.0, 1.1, 1.0, 0.9 倍程度であり、橋台の有無で上揚力に大きな差異は生じていない。

4.まとめ

津波による桁への作用力特性を把握するため、砕波の有無、橋台の有無に着目し、本実験を行った。

- 1) 砕波の無い実験条件において、波力は橋台有りの実験条件が橋台無の実験条件に比べ 1.1 倍、上揚力について橋台が有る場合は無い場合に比べ 0.75 倍となり、橋台の有無による差は小さい。下揚力については、橋台有りでは橋台無と比べ、2.5 倍大きくなったが、これは橋台により押し上げられた波が、桁上部へ落下し、桁へ作用するためであると考えられる。
- 2) 水平波力は指令波高に比例して大きくなり、橋台が有る場合が無い場合に比べ 0.8~1.1 倍程度であり、橋台の有無による水平波力の差はほとんどない。上揚力についても指令波高に比例して大きくなり、橋台の有る場合が無い場合に比べ 0.8~1.1 倍程度の差であった。よって、橋台の有無による水平波力、上揚力の差が生じないことが分かった。

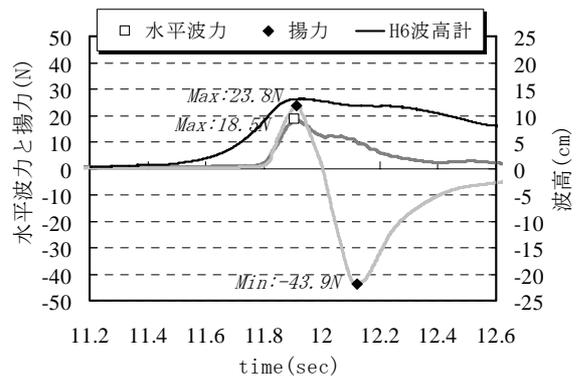


図-5 作用力と波高 (橋台有, 砕波無, 指令波高 7 cm)

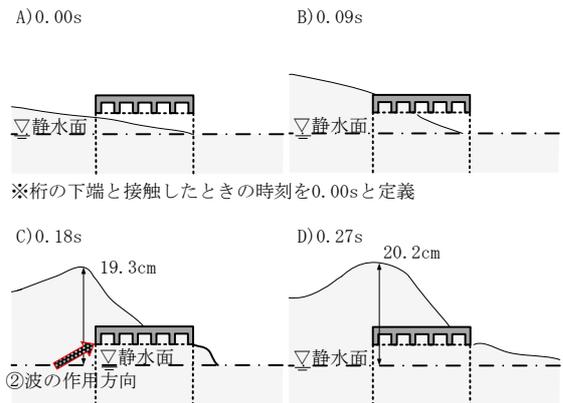


図-6 実験状況図 (橋台有, 砕波無, 指令波高 7 cm)

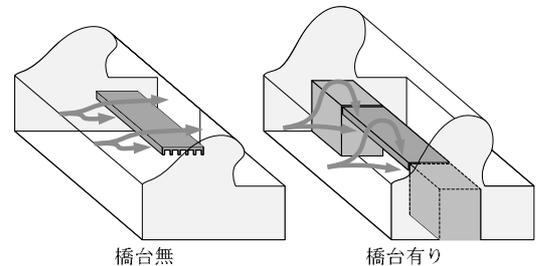


図-7 波の動き

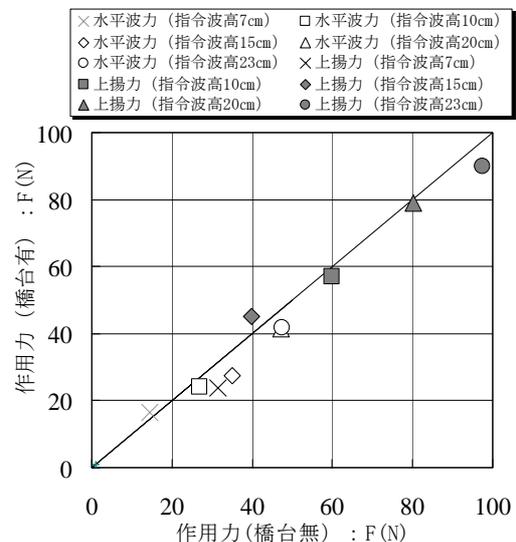


図-8 橋台有無における波力・上揚力の関係