

橋桁に作用する津波力と桁の流出挙動に関する一考察

名古屋大学高等研究院 正 会 員 中村 友昭
名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○ 澤 祐太郎
名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 水谷 法美

1. はじめに：東日本大震災による津波では、100 以上の橋桁が流出する被害を受けた．そこで、中村ら（2013）は桁に作用する津波力の特性と桁の流出限界の関係を考究するために桁模型に津波を作用させる水理実験を行っているものの、造波装置の限界を考慮して移動が生じやすい軽い桁を用いていたことから、実橋梁に近いより重い桁における津波力と流出限界の関係は未解明である．本研究では、重さの異なる 2 種類の桁に津波を作用させる水理実験を行い、桁の重さが異なることによる作用津波力の特性と桁の流出挙動の差異を考究する．

2. 水理実験の概要：実験装置の概略図を図-1 に、歌津大橋の PC ポステン T 桁を縮尺 1/50 でモデル化した桁模型（長さ 0.30 m）の概略図を図-2 に示す．図-1 に示すように、名古屋大学にあるピストン型造波装置を備えた長さ 16.5 m、幅 2.22 m、高さ 1.0 m の造波水槽内に仕切り板を設け、桁模型の長さより若干広い幅 0.31 m の水路を 3 つ用意した．水路 1 には、桁移動の有無を確認するための桁をアクリル製の橋脚の上に設置した．水路 2 には、図-2 に示す位置に波圧計を貼った桁を 3 分力計に固定して設置した．水路 3 には、桁がない状態での水位変動と流速を計測するために、図-1 に示す位置に電気容量式水位計とプロペラ流速計（水平床上 123 mm）を設置した．桁模型はアクリル板とアルミ板により製作し、それぞれの重量 W は 11.7 N (1.19 kg) と 26.5 N (2.70 kg) であった．表-1 に実験条件を示す．静水深は桁のすぐ下まで水位が上昇してきた状況を想定して桁下高が 0.01 m となるように 0.49 m とし、造波板の全振幅 S を変化させた押し波初動の長周期波 1 波（周期 $T=20.0$ s）を作用させた．

3. 結果と考察：桁に作用する津波力の水平方向成分 F_x の時間変化を図-3 に示す．同図には、プロペラ流速計で計測した水平流速から算出した抗力 F_{xv} も同時に示した．ここで、抗力係数は幸左ら（2010）に倣って 1.72 とした．図-3 より、流速計を桁の高さの中央に設置したために、 F_{xv} は立ち上がりが遅く、減少し終わるのが早いことが分かる．また、 F_{xv} は F_x を全体的に過大評価する傾向も確認できる．ただし、流速計が水没している状態であれば、 F_{xv} は F_x の傾向を概ね捉えられていることから、 F_x の傾向は流速から算出した抗力によって評価できると言える．

桁の流出が生じたケースについて、津波作用開始時、

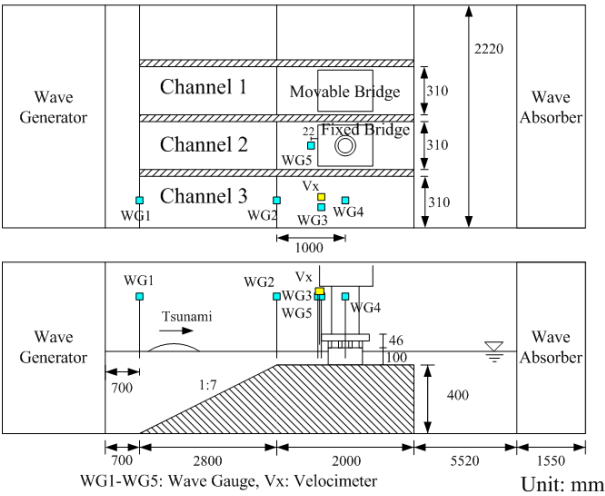


図-1 実験装置の概要図

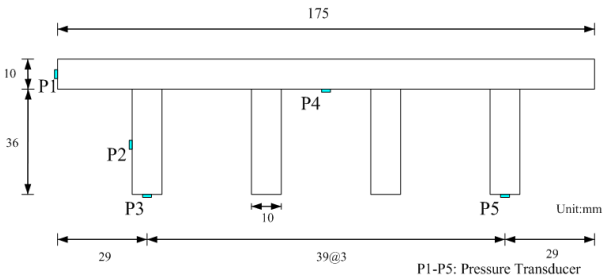


図-2 桁模型の概略図

表-1 実験条件

実験条件	Case No.	桁重量 W [N]	入射波周期 T [s]	造波板の 全振幅 S [cm]	移動の有無
1	Case 1-1	11.7	20	106	移動しない
	Case 1-2	11.7	20	106	移動しない
	Case 1-3	11.7	20	110	僅かに移動
	Case 1-4	11.7	20	110	僅かに移動
	Case 1-5	11.7	20	114	流出
	Case 1-6	11.7	20	114	流出
2	Case 2-1	26.5	20	136	移動しない
	Case 2-2	26.5	20	136	移動しない
	Case 2-3	26.5	20	140	流出
	Case 2-4	26.5	20	140	流出
	Case 2-5	26.5	20	144	流出
	Case 2-6	26.5	20	144	流出

キーワード 橋梁構造物、津波、津波力、落橋、水理実験

連絡先 〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学高等研究院 Tel: 052-747-6519

桁移動開始時、桁移動開始後の様子を写真-1 と写真-2 に示す。ここで、同写真の右が沖側、左が岸側である。桁移動開始時に注目すると、軽い桁の場合には、写真-1(b)より、上昇した水面が張り出し部の下面に作用したところで桁が移動し始めたことが確認できる。それに対して、重い桁の場合には、写真-2(b)に示すように、張り出し部の下面に作用したところでは桁の移動は生じず、水面が張り出し部を超えてさらに上昇し、桁の上に水塊が載った状態で移動を始めたことから、桁移動開始時の水位は桁の重量によって異なることが分かる。また、写真-1 に示した軽い桁について、中村ら (2013) は、桁に作用した鉛直上向きの津波力のために静止摩擦力が低下し、その低下した静止摩擦力を水平津波力が上回ることによって桁が移動し始めたことを明らかにしている。一方、重い桁の場合には、上述したように桁の上に水塊が載っており、その水塊には静止摩擦力を増加させる効果があると考えられるため、その静止摩擦力を超える水平津波力が作用して流出が生じた可能性が示唆される。続いて、桁移動開始後に着目すると、軽い桁の場合には、写真-1(c)に示すように、橋台から落下した後、水面上に浮かびながら漂流する様子が確認できる。それに対して、重い桁の場合には、

写真-2(c)から確認できるように、桁の左側を下にして大きく傾いた状態になっていることが分かる。その後、桁が仕切り板を支える金具に衝突したことから、桁が裏返った状態となるかについては確認できていないものの、上述したように桁が大きく傾いた状態になっていることから、東日本大震災時に歌津大橋の PC ポステン T 桁で確認されているように桁が裏返った可能性が示唆される。以上より、移動開始時の水面の状態や移動開始後の桁の流出挙動は桁の重量の影響を受けることから、桁の流出現象を水理実験で検討する際に桁の重量を適切に設定することの重要性が指摘できる。このことは、実橋梁により近い重い桁を用いることによって実際の桁の流出要因をより適切に評価できることを示していることから、今後、重い桁に対するさらなる実験と考察を行うことで、桁の流出に与える津波力の影響についてさらなる検討を行っていく所存である。

謝辞：本研究は、財団法人海洋架橋・橋梁調査会橋梁技術に関する研究開発助成（研究代表者：中村友昭）と科学研究費補助金基盤研究(A)（研究代表者：長岡技術科学大学・丸山久一；課題番号：24246079）の補助を受けたことを付記し、謝意を表す。 **参考文献：**[1] 中村ら (2013)：土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 69, No. 2, 投稿中。 [2] 幸左ら (2010)：構造工学論文集 A, Vol. 56A, pp. 454-463。

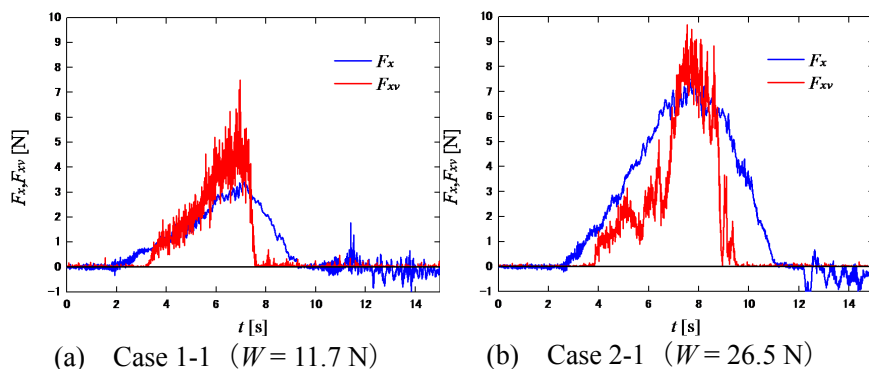


図-3 桁に作用する水平津波力の比較

