

橋梁上部工への作用津波波力に与える津波及び桁形状の影響

(株)高速道路総合技術研究所  
 エム・エムブリッジ(株)  
 三菱重工業(株)

正会員 ○広瀬 泰之 正会員 青木 圭一  
 正会員 鈴木 俊光  
 正会員 四條 利久磨 正会員 藤田 豊

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、多数の橋梁が流出し災害復旧、人や物資輸送の遅れが発生した。緊急時にも交通網がインフラの機能を維持するためには、架橋位置ごとに異なる津波特性と橋梁の被害を適切に評価する必要がある。そのためには、津波流速以外にも様々な影響を受けて変化する橋梁へ作用する津波波力の大きさを把握することが重要となる。そこで、標準的な高速道路橋を対象に、上部工形式と津波形状に着目した水路模型実験と数値解析による再現性の検討を行った。ここでは、津波波力の大きさと傾向について水路模型実験の結果を報告する。

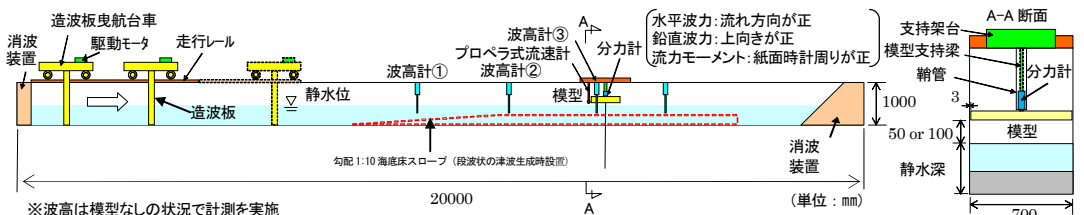
2. 実験概要及び解析概要

実験は、図-1に示す長さ20m、断面幅0.7m、断面高さ1.0mの水路を使用して津波が橋桁に作用する状況を模擬した。実験模型は2車線のPC箱桁及び鋼4主桁桁として、橋梁を波の種類により表-1に示す実寸法の縮尺1/50、若しくは1/100の部分模型を用いた。また、造波した津波の種類は、表-2に示す孤立波、段波、砕波として、実橋での最大津波高10mを想定して、静水面からの桁下高と津波高の比は、0.5とした。造波は、スライド式造波板を用いて、移動量、移動速度を制御すること、スロープ設置の有無の使い分けにより行った。計測項目は、水平及び鉛直波力、流力モーメント、津波流速、津波高であり、計測は各波で3回実施した。

表-1 対象橋梁の実寸法

桁形式	箱桁	鋼桁
幅員(m)	11.64	11.64
構造高(m)	3.18	3.55
重量(kN/m)	212	153

注)構造高：主桁高+壁高欄高



※波高は模型なしの状況で計測を実施  
 ※波高計③は表示不十分であるが実際は模型中心に設置して計測  
 ※分力計のサンプリング周期は1000Hz

図-1 実験設備概要

表-2 津波一覧

波の種類	模型縮尺	津波高(cm)	桁形状	波面勾配θ° (流速v <sub>m</sub> /s)
孤立波	1/50	20	箱桁	19.7(0.99)
			鋼桁	-
	1/100	10	箱桁	2.4(0.66), 8.8(0.64)
			鋼桁	2.4(0.66)
段波	1/50	20	箱桁	15.2(1.03), 16.1(1.08), 18.5(1.14), 24.8(1.19), 31.0(1.28), 50.2(1.36)
			鋼桁	50.2(1.36)
砕波	1/100	10	箱桁	1.0(2.22)
			鋼桁	1.0(2.22), 36.1(0.96)

3. 実験結果

図-2に、計測1回目の波力時刻歴と最大波力時の流況を示す。波力最大値について、水平波力は、孤立波、段波で箱桁に対する鋼桁の値が約1.5倍となり、投影面積比率(=3.55/3.18)1.1より特に大きい結果となった。流況から分かるように鋼桁において、津波入射側に対して下流側の桁にも津波が作用しているためと考えられる。一方で、鉛直上向き波力は、鋼桁の方が箱桁よりも小さく、また、その比率は孤立波、段波、砕波の順で小さい値となった。流況より、孤立波のように、主桁間の全てで津波により閉断面となっているかいないかの差が原因として考えられる。さらに、流力モーメントは、段波、砕波で、鉛直波力による影響が大きいいためか、鋼桁の方が箱桁よりも小さい値となった。

ここで、実験では、流速が同一でないため、図-4の通り水平、鉛直上向き波力に対して、抗力、揚力係数を算出して波力を評価した。抗力係数は、波の種類に関係なく波面勾配に対して増加傾向、揚力係数は、増加後、一定若しくは減少傾向である。

キーワード 津波、孤立波、段波、砕波、箱桁、鋼桁

連絡先 〒194-8505 東京都町田市忠生1-4-1 (株)高速道路総合技術研究所 TEL042-791-1621

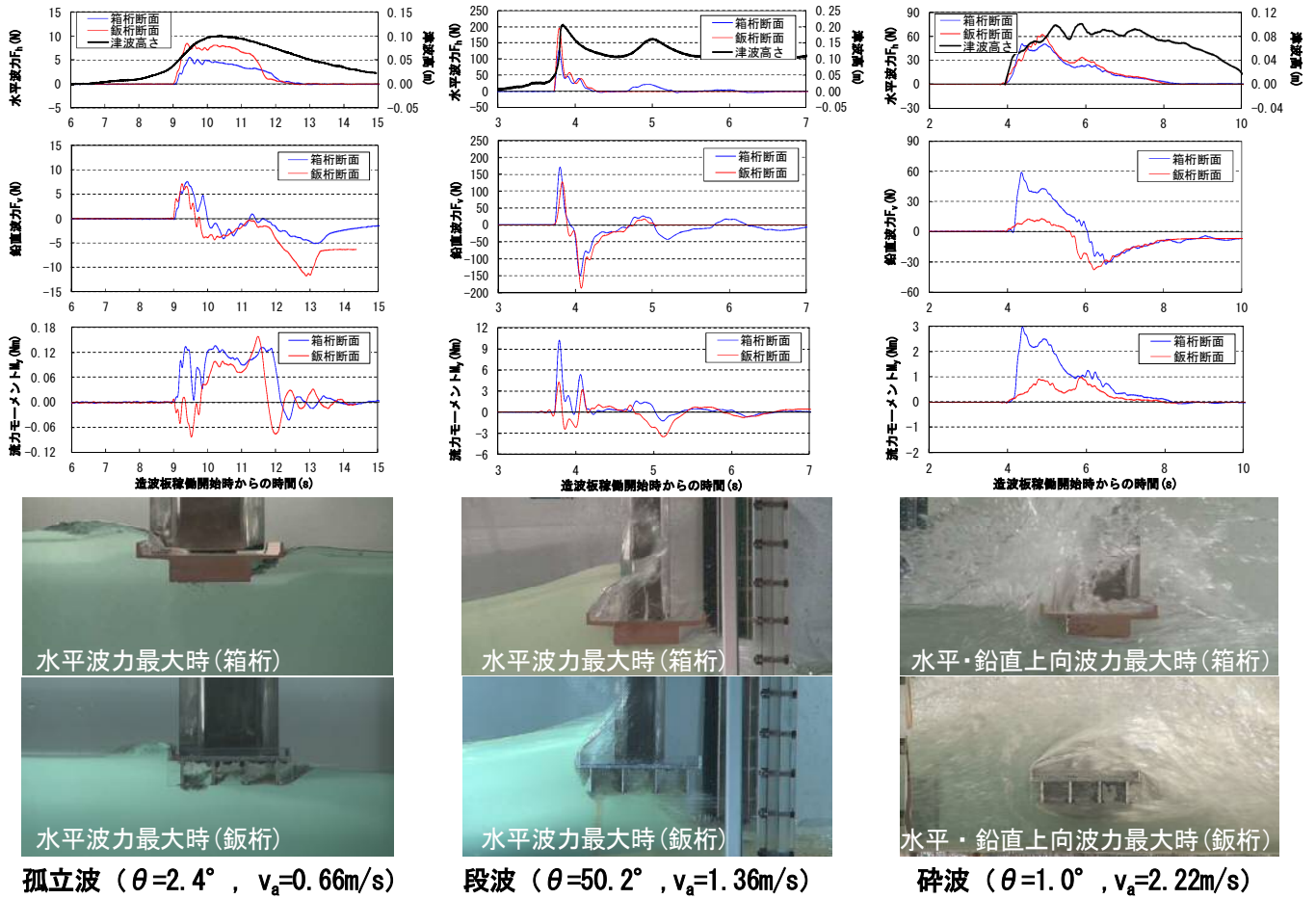


図-2 波力時刻歴及び最大波力時の流況

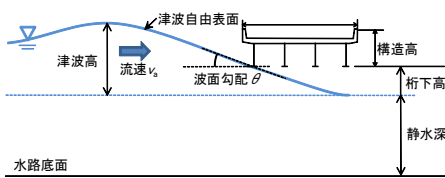


図-3 波面勾配の定義

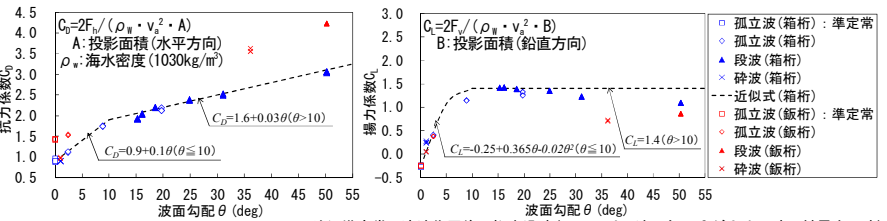
但し、この変化の割合は、箱桁と鉄桁で異なる。

さらに、表-3は、実橋に作用する津波波力をモリソン式の抗力項に、各波で3回計測した結果から算出した流力係数の平均値、東北地方太平洋沖地震級の津波を想定した流速 6m/s<sup>1)</sup>を代入して計算した結果である。これより、水平方向以外にも、通常、他の荷重では想定されないような死荷重を大きく超え

表-3 実橋に作用する津波波力の試算

波の種類	水平波力		鉛直上向波力	
	箱桁	鉄桁	箱桁	鉄桁
孤立波 (準定常)	54.0	94.0	-54.1	-51.1
孤立波 (θ=2.4°)	66.0	101.0	90.1	84.1
孤立波 (θ=19.7°)	126.7	-	279.7	-
段波 (θ=50.2°)	180.2	278.6	238.8	188.5
碎波 (θ=1.0°)	53.0	64.4	57.1	13.6

単位 [kN/m]



注) 準定常: 津波作用後の桁水没時(ここでは、波面勾配θが2.4の時の結果を示す)

図-4 流力係数

る鉛直上向き波力が、作用することが明らかとなった。また、水平波力は、箱桁に対して鉄桁の方が大きく鉛直上向き波力はその逆の傾向となった。

#### 4. まとめ

今回対象の橋桁に作用する津波波力は、水平方向で箱桁よりも鉄桁で大きく、鉛直上向き方向では、箱桁及び鉄桁で同様もしくは、鉄桁で小さい値となった。また、各津波の波面勾配の増加に伴う流力係数の変化傾向は、箱桁、鉄桁同様であった。

#### 参考文献

- 1) 神宮司, 幸左ら 画像及び数値解析手法を用いた気仙大橋の津波被害分析第16回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム