

橋梁断面に作用する津波外力の分力係数を用いた評価に関する実験的検討

立命館大学 正会員 ○中尾 尚史 立命館大学 正会員 野阪 克義
 立命館大学 正会員 伊津野 和行 立命館大学 フェロー会員 小林 紘士

1. はじめに

橋梁構造物に対する津波外力は規定されていない。橋梁の風による流体力は3分力係数で捉えられていることから、津波による外力も3分力係数で捉えることができれば、津波の速度が推定することにより、津波流速から津波外力を算定することもできると考えられる。本研究では津波外力を設計するための資料や橋梁の安全性を評価するための資料を得ることを目的として、津波流速を考慮した津波外力の算定を試みる。

2. 実験方法

長さ 6m (水路部：長さ 4m, 幅 0.2m/水槽部：長さ 2m, 幅 0.6m) の装置を用いて実験を行った (図-1)。橋梁模型は図-2 のような箱形断面および2主桁断面模型を用いた。

実験では一定量の水を水槽にため、水路との間に設置したゲートを一気に引き上げることで津波を発生させた。発生した津波は橋梁に作用し、そのときに作用する津波外力を計測した。また流速は簡易的に、ゲート開扉から水位計までの距離 (2910mm) をゲート開扉から水位計に到達するまでの時刻で割って平均流速を算出した。

なおサンプリング間隔は 0.01 秒に設定し、60 秒間計測した。波形処理のため、8Hz から徐々に成分をカットし、16Hz 以上の成分は完全にカットするようなローパスフィルタをかけた。本研究では津波外力と流速の関係を検討するため、分力係数 (抗力係数, 揚力係数, 流力モーメント) を用いた。

3. 実験結果

津波の水位、流速および津波による流体力 (抗力 F_x , 揚力 F_z , 流力モーメント M_y) を計測した。流体力は図-3 に示すように定義した。測定値をもとに3分力係数を次のように計算した。

$$C_D = \frac{F_x}{(1/2\rho AU^2)} \quad (1) \quad C_L = \frac{F_z}{(1/2\rho AU^2)} \quad (2) \quad C_M = \frac{M_y}{(1/2\rho ABU^2)} \quad (3)$$

ここで、 ρ は水の密度(1000kg/m³), U は流速, A は水平方向の投影面積($A=5200\text{mm}^2$), B は模型の全幅員($B=70\text{mm}$)。津波外力は作用時間中にその大きさが変動する。そのうちの最大値, 最小値を読み取り、津波の水位に対してプロットした。水位は模型のない時の測定位置の最大水位 h とし、水路床から模型下部までの距離 h_p (40mm) で割り無次元化したものを用いる。図-4 は抗力係数である。抗力係数は2主桁断面および箱形断面とも同

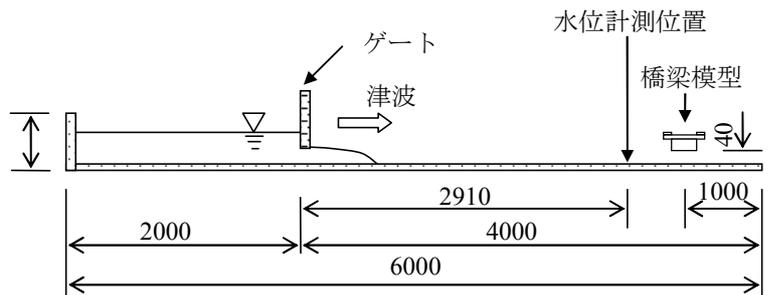
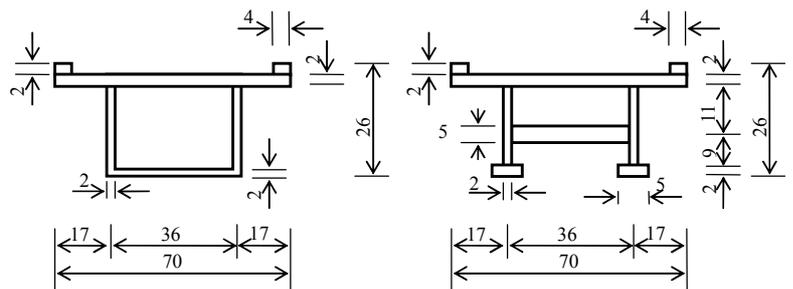


図-1 実験装置



(a) 箱形断面 (b) 2主桁断面

図-2 橋梁模型

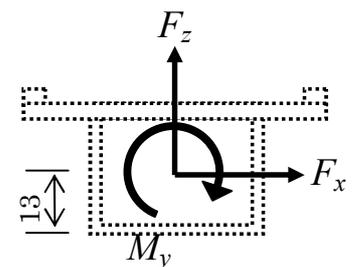


図-3 津波外力の定義

キーワード 津波, 橋梁, 分力係数, 流速

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学総合理工学研究機構 TEL 077-561-3770

じ値となる。 h/h_p が 1.3 以下のときは増加傾向にあるが、それ以降はほぼ一定値 0.7 になる。

図-5 は揚力係数である。津波作用直後に正の値(上向き)をとるが少し時間が経過すると負の値をとる。正の値に着目すると、 h/h_p が 1.3 以上では箱形断面のほうが 2 主桁断面よりも揚力係数が 5%程度大きくなる。また上向きの揚力係数は 1.3 以上でほぼ一定値になる。それらの値は 2 主桁断面では 0.4, 箱形断面は 0.45 程度になる。下向きの揚力係数は両断面ともに -0.25 程度になる。

図-6 はモーメント係数である。 h/h_p が 1.3 以上では 2 主桁断面のほうが箱形断面よりもモーメント係数が時計回りのモーメント係数は 35%程度, 反時計回りのモーメント係数は 10%程度大きくなる。またモーメント係数は 1.3 以上でほぼ一定値になる。

4. 橋梁に作用する津波外力の算定

総幅員10.7m, 桁高3.44m, スパン50mの単径間のPC床版の合成桁を想定した。このとき自重は6510kNとなり、支承1個当たりの支点反力は1628kNである。津波の流速を5m/s(流速はスマトラ沖地震により発生した津波の流速)とすると、桁全体に作用する津波外力は、水平方向1505kN, 鉛直方向860kN, 流力モーメント3910.85kN.mとなる。津波により生じる水平方向の支点反力は橋梁の桁一端の2個の支承で752.5kN, 上流側支点の鉛直反力は-1612kNとなる。鉛直方向の負の支点反力の大きさは桁の自重による支点反力に匹敵する。

この橋梁での耐震設計で要求される水平方向の支点反力は、橋梁は両端の橋台で支えるとし、橋台の塑性化を考えずに設計した場合、レベル1で813.8kN, レベル2で5696.3kNとなる。想定した橋梁では、レベル1地震動で設計されるタイプA支承, レベル2地震動で設計されるタイプB支承ともに要求性能は津波外力による支点反力を上回る。分力係数を用いて津波外力を算定した場合、PC床版のような自重が大きい橋梁では津波外力よりも設計耐力の方が大きくなる可能性が高い。しかし自重の小さい橋梁では注意を要する。

5. おわりに

本研究では津波外力を設計するための方法として、分力係数を用いて津波外力を求めた場合の検討を行った。得られた結果は以下のとおり。

- ① 抗力係数および揚力係数と到達水位を無次元化した値と比較すると、 h/h_p が 1.3 以上の場合、抗力係数および上向きの揚力係数はほぼ一定となる。津波の速度(流速)が推定できれば、津波外力を容易に算定することができる。
- ② スパン 50m の合成桁に作用する津波による支点反力を試算した。自重に匹敵する負反力が支点到に生じる。水平方向の支点反力は、耐震設計で要求される反力より小さい値であった。

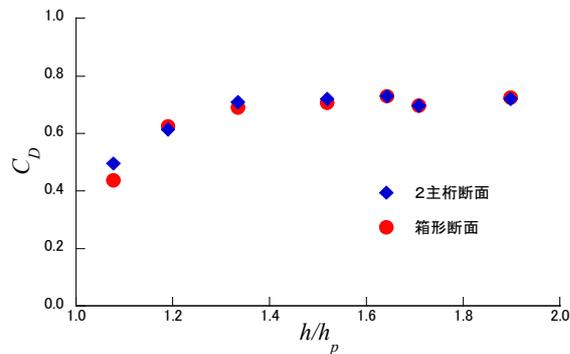


図-4 水位と抗力係数の関係

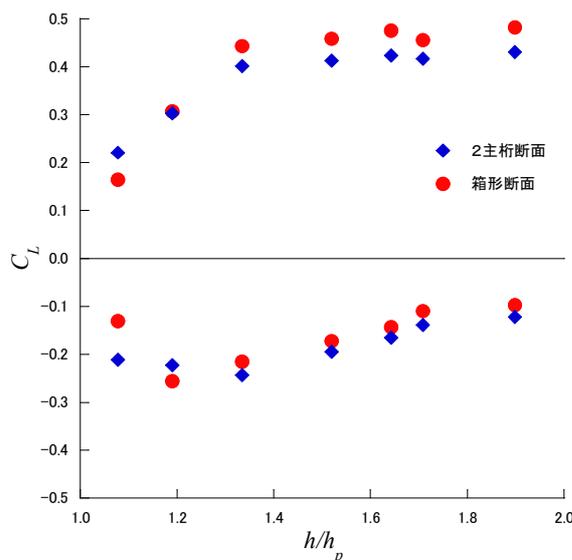


図-5 水位と揚力係数の関係

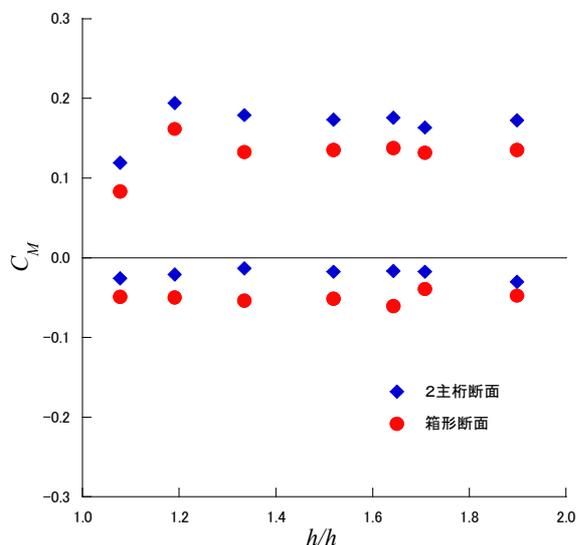


図-6 水位とモーメント係数の関係