

橋梁への開孔床版設置による津波力低減効果

八戸工業大学 ○小谷 晃司、小幡 千将
(株)長大 正会員 蛇川 高宏
八戸工業大学 正会員 長谷川 明

1. はじめに

2011年3月東北地方太平洋沖地震による津波で多くの橋梁が被災し、橋梁上部工の流出が発生したことから、橋梁には津波対策が必要であると考えられる。津波力低減のためにフェアリングを使用した実験から、水平力に対し効果的であるが、鉛直力には逆効果となることがあることが示されている。このため、スリット付きフェアリングを考案し、その実験結果から、両者の津波力低減に、一定の効果が得られている。

耐風安定性向上のために、フェアリングの他にグレーチングを使用した開孔床版の利用がある。ここでは、これを津波力低減に応用することを検討するため、水理実験を行って検証した。

2. 実験方法

実験は、被災した橋梁モデルを作成し、ゲート式水路で行った。対象とした橋梁は、気仙大橋(全長181.5m、鋼鈑4本主桁)とし、実験水路幅の関係から、縮尺を1/50、フルード数一定として実験を行った。津波被害の報告書¹⁾を元に、実験に用いる流速は1m/secとした。計測には、分力計、流速計を各1台、波高計2台を用いた。分力計は模型上部に、流速計は模型重心位置の水路背面に、波高計は模型の前後30cmの位置に、それぞれ設置した。図-1に水路全体の概略図、図-2に実験の側面写真を示す。

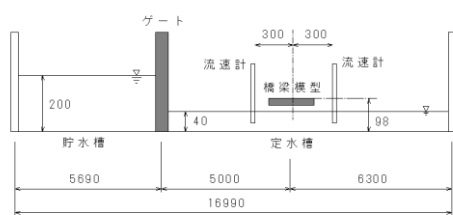


図-1 水路概略図

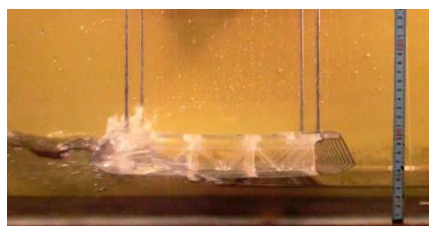


図-2 実験側面 (MK2+SFB14)

3. 橋梁模型

(1) 模型と開孔

模型の材料には、アクリルを用いた。長さ270mm、幅員266mm、地覆を含む桁高48mmとした。実験に用いた模型は、開孔率が異なる5個とした。MK0は、開孔なしの試験体で、津波力の基準値を測定した。MK1は開孔率19.5%、MK2は49.7%、MK3は9.0%(張り出し部のみ)、MK4は35.9%とした。開孔率は開孔面積を床版面積で割った値である。模型の例を、図-3に示す。

(2) フェアリング

フェアリングは、1mm厚のステンレス製で、両側面に取り付けた側面フェアリングと、箱形で桁全体を覆う箱形フェアリングの2種類を使用した。これまでの実験結果から、側面フェアリングは、断面が側面下部1/4で折れフェアリング高さの1/2だけ突き出た三角形形状をなすものF2とし、箱形フェアリングは、この側面フェアリングにフラットな底板が取り付けられた形状SF80としている。スリットは10個の矩形とし、この矩形幅を14mmを側面、箱形に施したものを使用した。それぞれ、SF14、SFB14と呼ぶ。模型の例を、図-3に示す。



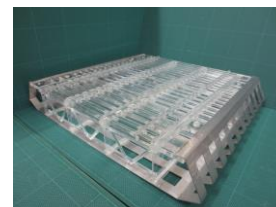
MK0



MK2



MK4+SF14



MK4+SFB14

図-3 実験使用した橋梁模型例

4. 実験結果と考察

(1) 津波力波形

本論文では、津波が最初の衝突時から1秒間を衝撃時 (i)、衝突した後の2～5秒間を定常時 (s)とする。水平方

向の力を F_x 、鉛直下方向の力を F_z として表す。よって、水平方向の衝撃時の力は $F_x(i)$ と示される。本論では、図中の $F_x(i)$ 、 $F_x(s)$ 、 $F_z(i)$ 、 $F_z(i)$ 、 $F_z(s)$ の5成分を抽出し比較した。

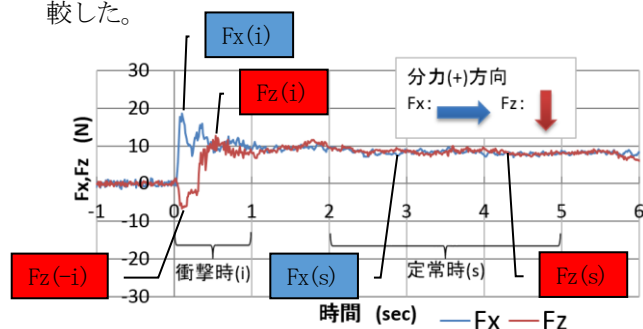


図-4 F_x, F_z 時刻歴曲線 (MK0)

(2)開孔による津波力の変化

MK0 (開孔率0%)、MK2 (49.7%)、MK3 (9.0%)の3ケースについて、 F_x および F_z を比較した。これを図-5,6に示す。これらの図によると、 F_x の衝撃時には、あまり変化は見られないものの、定常時のMK2は他の2ケースに比較し大きな津波力となっている。これは、開口部が水平方向の抵抗となっていることが理由と考えられる。

F_z をみると、床版全面に開孔を施したMK2では、衝撃時も定常時も、大幅な鉛直力の減少が見られた。張り出し部のみを開孔したMK3は、衝撃時には揚力を低減するものの、定常時は開孔をしないMK0と同程度となった。この結果、衝撃時のみを低減したい場合には、張り出し部のみを開孔することで一定の効果を得られることがわかった。

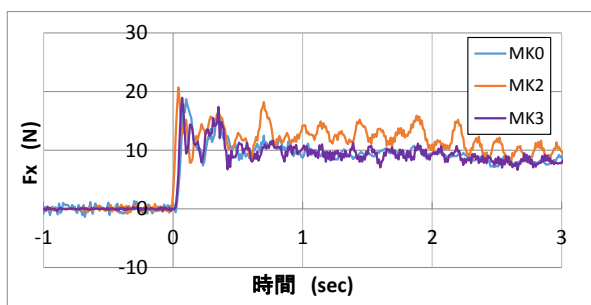


図-5 F_x 時刻歴曲線

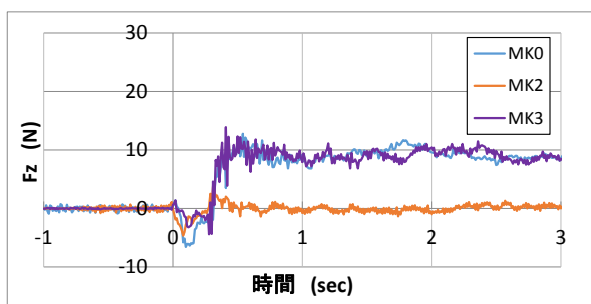


図-6 F_z 時刻歴曲線

(3)開孔率と津波力低減

5種類の開孔率の異なる橋梁模型実験結果から、開孔率と各分力のMK0に対する比を図-7に示す。ここでは、全ての橋梁模型にフェアリングはついていない。図より、 F_x では多少の減少がみられた。 F_z では、3つの着目した津波力は、いずれも開孔率の上昇に伴い著しい減少が見られた。特に、鉛直下向き方向の力の低減効果が著しい。これは、橋梁上面をながれる津波が、開孔によって下部に円滑に流れることが理由と考えられる。

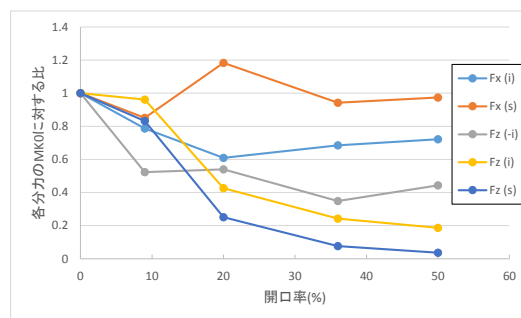


図-7 開孔率と各分力のMK0に対する比

(4)フェアリングとの組み合わせ効果

開孔床版とフェアリングを組み合わせた橋梁模型の分力を計測し、その結果を比較した。これを図-8に示す。図より F_x と F_z の減少効果が見られたのは、MK2+SFB14で、つまり49.7%の全面開孔床版と、スリット付き箱形フェアリングの組み合わせであった。

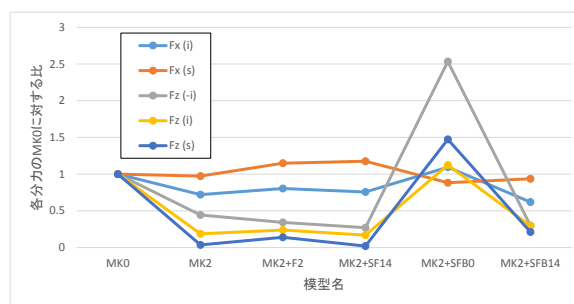


図-8 フェアリング付きMK2のMK0に対する比

5. おわりに

気仙大橋をモデルに、津波によって発生する鉛直方向の力への対策として、床版の開孔率、またフェアリングと開孔床版を組み合わせた津波力軽減効果の検証を行った。その結果、開孔率を上げることで鉛直力に対して減少効果を見込めることが確認できた。またフェアリングとの組み合わせで、スリット付きの箱型フェアリングが5成分いずれにも有効であることを確認した。今後は、実用性を加味した橋梁構造を研究していきたい。

参考文献

- 1) 土木学会：津波による橋梁構造物に及ぼす波力の評価に関する調査研究委員会報告 2013