

斜板に作用する津波力に関する水理実験

八戸工業大学 学生会員 ○中村 悠人、清藤 雄士
八戸工業大学 正会員 長谷川 明
(株) 長 大 正会員 虻川 高宏

1. 概要

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震では、地震によって発生した津波により多くの橋梁が被害を受けた。このことから、津波が橋梁に与える影響について考察する必要があると考え、水路を用いた水理実験による考察¹⁾を行ってきた。その結果、水平抗力を軽減できる津波対策としてフェアリングを取り付けることが有効であった。その実験をもとに、斜板の角度によって作用する津波の分力、挙動がどのように変化するかを考察し、推定計算によって津波力を算定できるかを検討した。

2. フェアリング実験概要²⁾

フェアリングによる軽減効果を考察するために、水平抗力 F_x の比較図を図-1に示す。衝撃時はフェアリングなしが 31.0N に対し、側面フェアリングが 16.5N の 47.0%、箱型フェアリングが 11.3N の 63.7%と軽減効果が確認されている。また、定常時はフェアリングなしが 11.0N に対し、側面フェアリングが 8.8N の 20.0%、箱型フェアリングが 6.2N の 43.6%と軽減効果が確認されている。

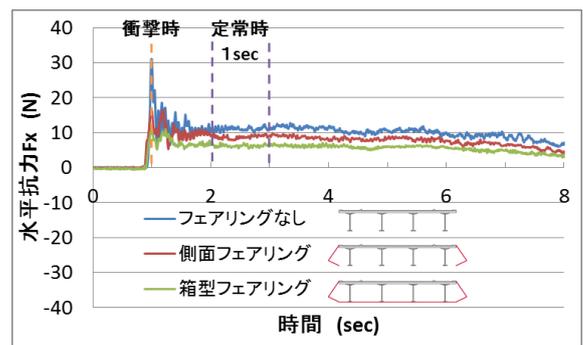


図-1 水平抗力 F_x の比較

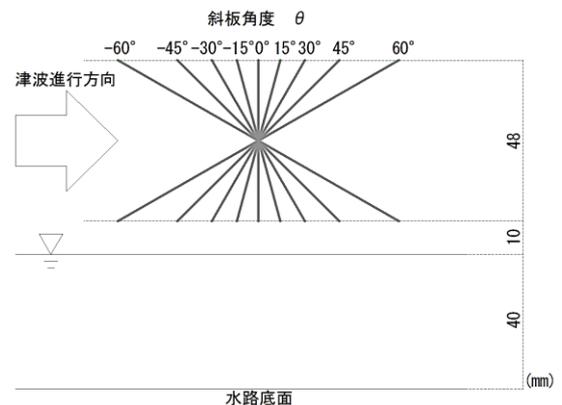


図-2 斜板の設置状況

3. 斜板の実験概要

- (1) 実験水路：全長 17m、全幅員 60cm の水路を、貯水槽 5.7m と定水槽 11.3m に分断するようにゲートを設置し、これを引き上げることで模擬津波を発生させた。また、水路は斜板設置水路と同位置の流速を計測する水路に、縦方向に分断した。
- (2) 斜板：気仙大橋を基準に考察を行うため、斜板の高さを 48mm とした。斜板はステンレス製のものを用いて、水面に対して垂直である板を 0° とし、津波浸入側へ傾けた板 -15° 、 -30° 、 -45° 、 -60° と津波流下側へ傾けた板 15° 、 30° 、 45° 、 60° を用いて実験を行った。
- (3) 実験条件：定水槽水位を 4cm、水面と斜板端部の間を 1cm として流速 1m/sec の津波を発生させた。斜板、設置条件を図-2に示す。
- (4) 実験結果：衝撃時と定常時の状況写真を図-3に示す。衝撃時は斜板角度が 0° 付近であるほど衝突した津波の跳躍高さが高くなっている。また、津波浸入側に傾いているものは波を押さえつけているが、津波流下側に傾いているものは波が斜板上を乗り越えている。定常時は、津波浸入側に傾いた斜板では、斜板が水平になるほど跳躍する波の量が少なく、水は斜板の下部を流下することが強いられている。一方、後者では、水平に近くなるほど跳躍して流れる波の量が多く、また斜板に発生する後流が大きく乱れている。

キーワード：2011年東北地方太平洋沖地震、津波力、斜板、水理実験、推定計算

連絡先：〒031-8501 八戸市妙字大開 88-1 八戸工業大学 TEL 0178-25-8075 FAX 0178-25-8075

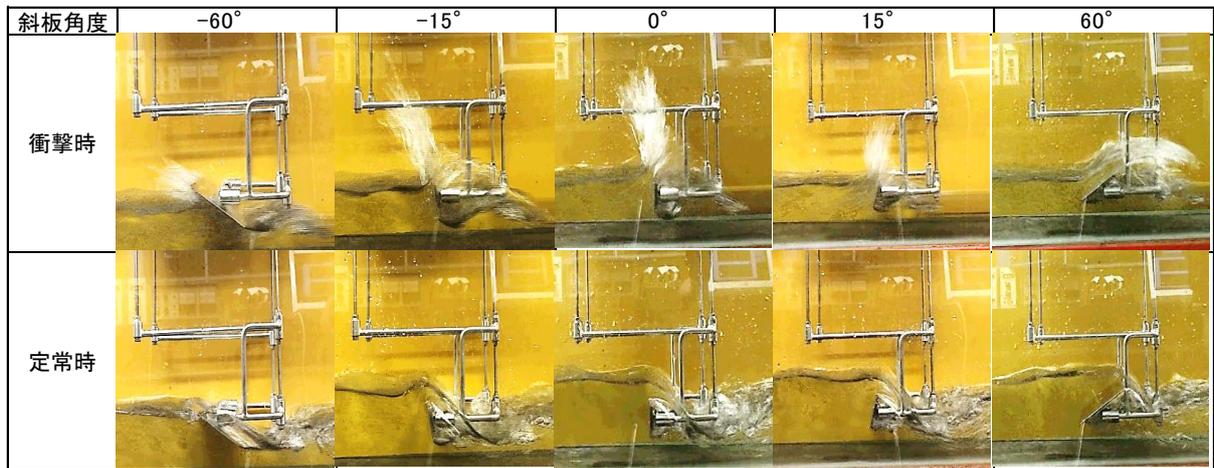


図-3 衝撃時と定常時の状況写真

4. 推定計算方法

斜板に作用する水平抗力を計算で求められるようにするため、推定計算を行い実験値との比較を行った。水平抗力 F_x は式-1 で求められるものとした。

$$F_x = \rho g C_d A V_x^2 / 2 \quad \text{式-1}$$

$\rho g = 1000 \text{ kg/m}^3$, $C_d = 0.99$, $A = 0.01296 \text{ m}^2$, $V_x = 1 \text{ m/sec}$ として計算を行った。フェアリング設計の際に統一した抗力係数にすることで設計を容易にするため抗力係数 C_d はどの角度でも 0.99 で計算を行った。また、斜板表面の摩擦係数 μ は、斜板がステンレス製であることから $\mu = 0$ とし考慮しなかった。

斜板に作用する水平抗力 F_x を斜板に沿う力 F_{xs} と斜板に垂直に作用する力 F_{xn} に分け、 F_{xs} は $\mu = 0$ であるため 0 とする。 F_{xn} を水平力 F_{xd} と鉛直力 F_{zd} に分け、 F_{xd} を斜板の角度 θ と F_{xn} から求める。以上をまとめると、式-2 から斜板に水平に作用する力 F_{xd} が求められる。図-4 に説明図を示す。

$$F_{xd} = F_x \sin^2(-\theta + \pi/2) \quad \text{式-2}$$

5. 計算結果

実験値と推定計算の結果の比較図を図-5 に示す。斜板角度 0° の抗力係数 C_d を使用したため、両者の 0° の値は一致している。計算値は流れに対して垂直な斜板角度 0° の結果を最大とし、角度の増大に伴って放物線状に減少している。実験値は計算値と比較すると斜板角度 0° 付近の値が高く、角度が大きくなるほど値が減少していることがわかりやすくなっている。

6. まとめ

本文では、橋梁に作用する津波の水平抗力 F_x を斜板に作用する模擬津波から計算によって推定することができるかを検討した。今後の課題として、立体を用いた実験や抗力係数 C_d の設定、回転モーメントを考慮した検討等が挙げられ、今後はそれらを考慮した実験を行う必要があると考えている。

参考文献

- 1) 中村悠人ら：津波による気仙大橋流出に関する水理実験、土木学会第 67 回年講、I-103、2013
- 2) 虻川高宏ら：フェアリング設置による津波減災効果 ～気仙大橋における事例～土木学会第 67 回年講、I-104、2013

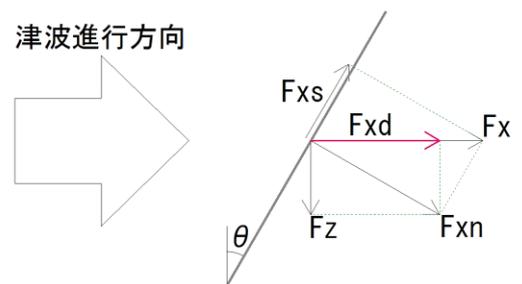


図-4 推定計算解説図

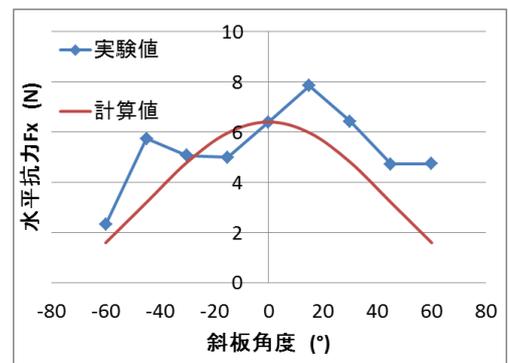


図-5 実験値と計算結果の比較