

2009 年度に提案した水平作用力評価式の適用性の検討

九州工業大学 学生会員 ○田中 将登
大日本コンサルタント (株) 正会員 佐々木 達生

九州工業大学 正会員 幸左 賢二
(株) 長大 正会員 佐藤 崇

1. はじめに

2009 年度に著者らが行った津波実験によって、段波性状の津波の水平作用力は津波の最大波高と橋梁模型の被圧面積を関数とする式によって評価されることが提案された。そこで、本論文では、2009 年度に提案した段波性状の津波作用力評価式の適用性を明らかにすることを目的として、他機関の実験と著者らの実験結果の比較を行った。

2. 実験概要

実験の全体図を図-1 に示す。左端の造波装置はスライド式造波装置である。6 つの波高計、1 つの流速計、1 つの分力計を水路に沿って設置し、計測開始時間を同期させた。V1 流速計と H6 波高計は、橋桁模型の真横に設置した。写真-1 は実験状況を示す。同写真に示すように、段波性状の津波を空中に設置した桁模型に作用させた。図-2 は本実験パラメータの模式図を示す。パラメータは①静水面から桁中心までの距離を示す桁中心位置、②模型設置位置での測定波高である。

3. 実験結果

図-3は横軸を津波が桁模型に作用する際の分力計から得た最大水平作用力を桁の側面積と波高から得た水圧で無次元化したもの、縦軸を桁中心位置と計測波高の比率とし、各ケースの無次元化波圧分布を示す。同図より、全ての桁波高比においてCaseAの横軸の値が最大となる。そこで、CaseAについて、桁波高比と無次元化波圧の相関を示す近似直線を求めた。近似直線の算出過程を以下に示す。桁波高比に対する無次元化波圧が急変する桁波高比0.5以上の分布については最小二乗法で近似し、0.5以下の分布については平均した。

i) $Z/a_H \geq 0.5$ の場合 $F_x = \rho g (3.10 a_H - 2.38 Z) A$ (1)

ii) $Z/a_H < 0.5$ の場合 $F_x = 1.90 \times \rho g a_H A$ (2)

4. 水平作用力評価式の適用性の検討

ここでは、著者らと他機関の実験結果を比較した。表-1 は本検討において比較に用いた他機関の実験一覧である。

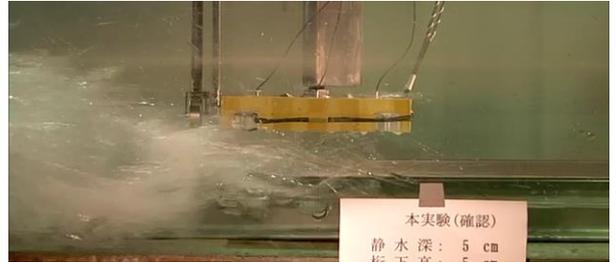
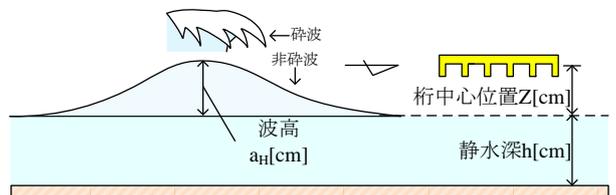


写真-1 実験状況



Case	波形状	静水深 h [cm]	波高 a_H [cm]	桁中心位置 Z [cm]
A	砕波	5	10.3	0.7~9.7(1cmピッチ)
B		15	25.3	0.7~19.7(1cmピッチ)
C	非砕波		11.3	0.7~11.7(1cmピッチ)

図-2 実験条件

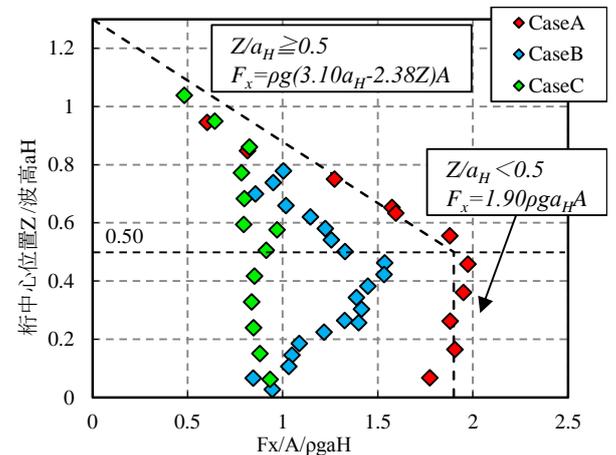


図-3 桁波高比と無次元化波圧の関係

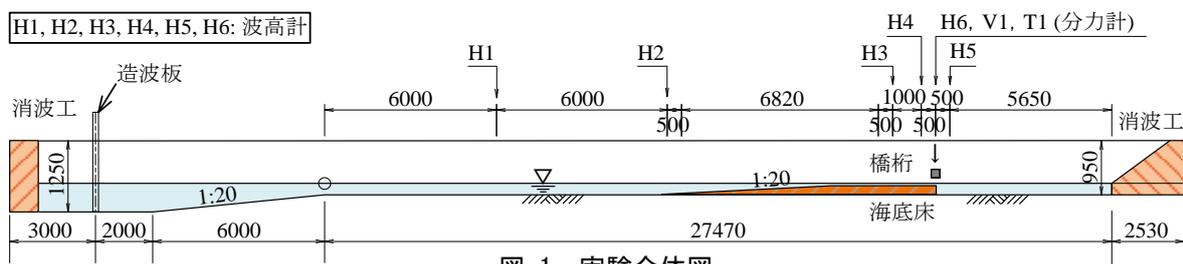


図-1 実験全体図

図-4は前述した図-3の無次元波圧分布に他機関の実験結果を追加したものである。同図より、概ね全ての結果を CaseA で包括する。このことから著者らが提案した津波の水平作用力評価式は概ねすべての段波性状の津波の水平作用力を安全側に見積もると考えられる。ここで、CaseA の近似直線に概ね全てのケースが包括されているものの、提案式の直線からプロット点が離れる。このことに関して、フルード数が正確に考慮されていないと考え、無次元化波圧が明らかに異なる砕波と非砕波に分類し、各波形状におけるフルード数と水平作用力の関係を整理した。非砕波については各ケースの無次元化波圧の変化が小さく、フルード数との関係性を明確に示すことが難しいため、ここでは砕波について示す。

フルード数の算出には式(3)を用いており、代表流速には、著者らの各ケースは断面平均流速、庄司らの実験では鉛直方向の水平流速分布が確認できなかったため、桁位置での最大水平流速を用いた。

$$Fr = U / \sqrt{g(h+a_H)} \quad (3)$$

ここで、 U :代表流速、 h :桁位置での静水深、 a_H :計測波高

図-5は横軸を CaseA のフルード数に対する各々のフルード数の比率、縦軸を各桁波高比において評価式より算出した算出水平作用力 $F_x(cal)$ に対する計測水平作用力 $F_x(me)$ の比率として、砕波のケースにおけるフルード数と水平作用力の関係を示す。同図より、若干のばらつきはあるもののフルード数の増加に伴い、縦軸の水平作用力の比率が増加する。

$$(F_x / A / \rho g a_H)' = \{Fr(CaseA) / Fr\} (F_x / A / \rho g a_H) \quad (4)$$

図-6は砕波の各ケースのフルード数を合わせることを目的として、図-4の横軸を式(4)に示す式で補正を加えたものである。同図より、図-4に比べ CaseB が CaseA に近づき、庄司らの全てのケースが近似直線の内側に移動する。

4. まとめ

- (1) 2009年度に提案した段波性状の津波の水平作用力算出式と、他機関より得られた作用力を比較した結果、概ね全ての実験結果を提案式が包括する。従って、2009年度に提案した津波の水平作用力算出式は概ねすべての段波性状の津波の水平作用力を安全側に見積もると考えられる。
- (2) 桁模型に作用する水平作用力の無次元化波圧はフルード数の補正を加えることで近似直線に漸近する。従って、無次元化波圧分布の変化はフルード数の影響であると考えられる。

参考文献

- 1) 幸左ら；津波による橋梁への水平作用力に関する実験的検討，構造工学論文集，Vol.57A，pp.442-pp.453，2011。

表-1 著者らと他機関の実験一覧

機関	波形状	桁形状
九工大	砕波	張出無6主桁
	非砕波	
庄司ら	砕け寄せ型砕波	張出無6主桁
	巻き波型砕波	
	ドライベッドの遡上波	
中尾ら	砕波	矩形，張出有2,4主桁
荒木ら	非砕波	矩形
林ら	非砕波	PC箱桁橋
有川ら	非砕波	張出有7主桁
中村ら	非砕波	張出有4主桁

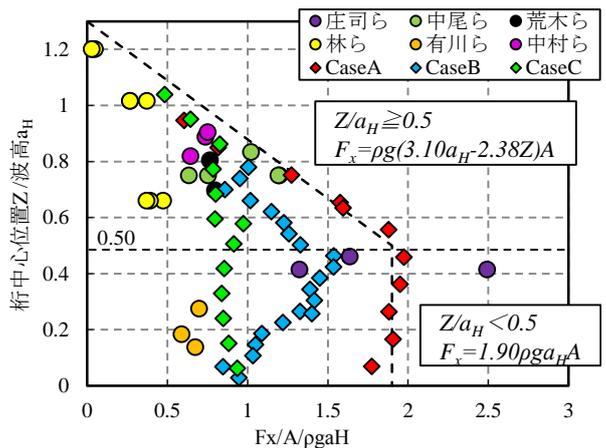


図-4 無次元化波圧分布

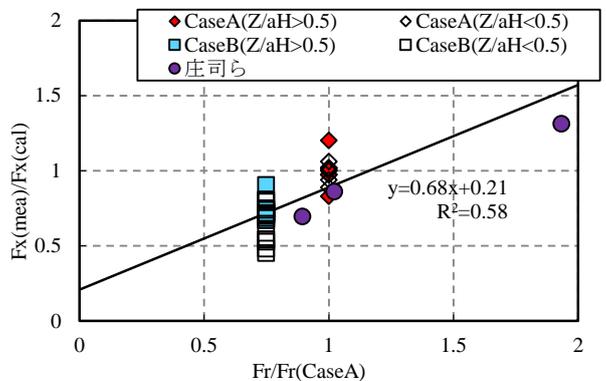


図-5 Fr 比率と計測算出 F_x 比率の関係(砕波)

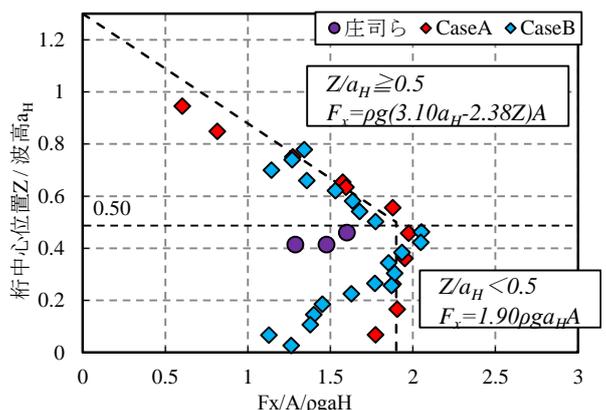


図-6 Fr 補正後の無次元化波圧分布(砕波)