

橋桁に作用する流体力に関する基礎的実験

防衛大学校 学生会員 ○吉田 大祐
防衛大学校 正会員 藤間 功司

1. 研究の背景と目的

2011 年 3 月 11 日に三陸沖を震源とするマグニチュード 9.0 の東北地方太平洋沖地震が発生した。この地震に伴った津波により、道路・橋梁・鉄道をはじめとする生活インフラに大きな影響を与えた。橋梁に着目すると、橋梁の上部構造である橋桁の損傷・流出といった被害が確認されている。

橋梁に関しては、2004 年のスマトラ沖地震により多くの橋梁が津波被害を受けたことから、さまざまな角度からの研究が行われてきた。しかし、未だに津波の波力が橋梁の上部構造である橋桁にどのような影響を与えるかについて、不明解な部分が多い。

本研究においては、擬似的に発生させた津波により、橋桁に作用する波力を測定する基礎的実験を通し、波形が波力に与える影響を考察していく。

2. 水理実験

(1) 実験装置の概要

本研究で使用した実験装置を図-1 に示す。全長 17m、幅 0.4m、高さ 0.3m の矩形断面水路である。勾配 3/5 の斜面の後、水平から 1/60 まで変化可能な長さ 14m の可変勾配区間へ接続されている。また、貯水部と一様水深部の水位差を変化させ、ゲート急開流れを発生させることで津波（段波）を再現する。橋桁模型は 1 種類とし、橋桁の中心部が $X=2.5\text{m}$ の位置にくるように設置する。橋桁に作用する波力の測定には 3 分力計を用いた。また、 $X=2\text{m}$ の位置での位置で水位、流速を測定する。水位には容量式波高計、波速にはプロペラ式流速計を用いた。また、測定時間間隔は 0.01 (s) と設定した。

(2) 実験条件

水理実験は、貯水部と一様水深部の水位差を一定とし、水路内の水深及び橋桁の高さを変化させ、表-1 のとおり、4 ケース実施した。Case1, Case2 では水路床に水がない状態であり、Case3, Case4 では、水路床より 1cm の静水深を橋桁部にとる。なお、各 Case を 3 回

ずつ測定し再現性を確認している。

貯水部の水深を h_0 、ゲート手前の水深を h_1 、橋桁部での水深を h_2 とする。また、水路底面からの桁下高 Z とする。波高計及び流速計の設置位置を A とし、静水深からの水位を H_A 、流速は U_A とする。

(単位: cm)

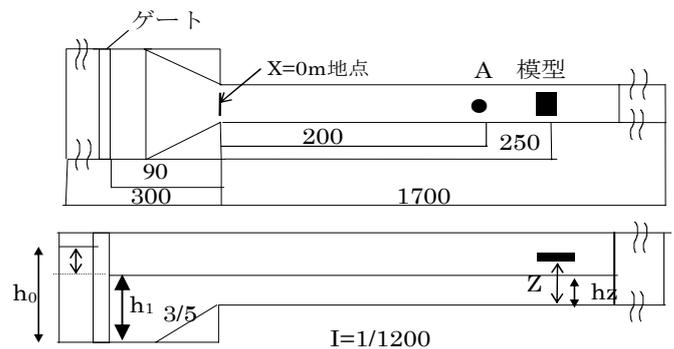


図-1 実験装置の概要

表-1 実験条件

case	桁長	桁幅	桁高	h_0	h_1	h_z	Z
1	25.1	12.0	2.2	35.0	30.0	0.0	1.0
2	25.1	12.0	2.2	35.0	30.0	0.0	2.0
3	25.1	12.0	2.2	36.5	31.5	1.0	1.0
4	25.1	12.0	2.2	36.5	31.5	1.0	2.0

(単位: cm)

(3) 実験結果

a) 橋桁周辺の流況

全てのケースにおいて、 h_0-h_1 を 5.0cm と固定している。Case1 の場合、模型の前面に津波があたり、せりあがるが津波は模型を越波しない。Case2 の場合、模型の高さに津波が達するが、模型の前面には微小な範囲でのみしか当たらないため、越波もしない。Case3 の場合、津波は模型を越波する。Case4 の場合、津波は越波するが、橋桁上面の流速はそれほど小さくなく、上側面には流れの剥離はみられない。

b) 水位

図-2 は実験により得られた水位である。横軸は時刻であり、ゲートを解放した時を 0s とした。縦軸は静

水深を基準とした水位である. h_0-h_1 が一定であっても静水深により水位は大きく異なる. すなわち静水深が 0cm のケースでは, 津波は約 3 秒で A 点に達し, その後, 水位は徐々に増加する. 1cm のケースでは, やはり 3 秒で津波が A 点に達するが, その後, 急激に水位が増加する 5~7 秒のピークは橋桁からの反射である.

c) 流体力

図-3 の向きで流体力の正負を定義するし, F_x, F_z をそれぞれ図-4(a) (b)に示す.

図-4(a)から, 津波が越波する Case3, Case4 の場合, 水平方向の波力の最大値はそれぞれ, 1.49N, 1.29N となる. 津波が越波しない Case1, Case2 の場合, それぞれの最大値は, 0.87N, 0.08N となった.

次に, 図-4(b)から, 越波する Case3 では, 最大値, 最小値がそれぞれ, 0.24N, -1.81N, Case4 では, それぞれ 1.88N, -1.09N と越波の流量によって大きく変化することがわかる. 特に, Case3 ではほぼすべての時刻で F_z が下向きに作用した. また, 越波しない Case1 ではそれぞれ 0N, -0.38N, Case2 では, 0.13N, -0.42N となった.

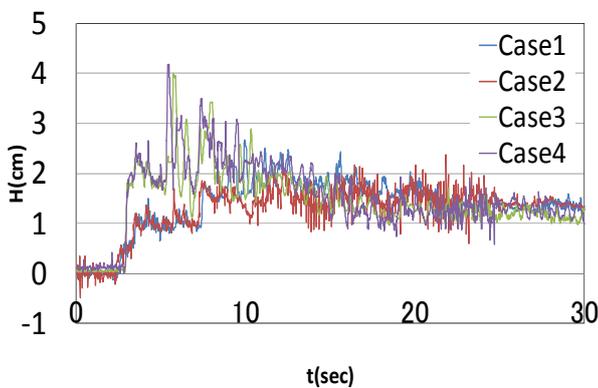


図-2 水位の計測波形

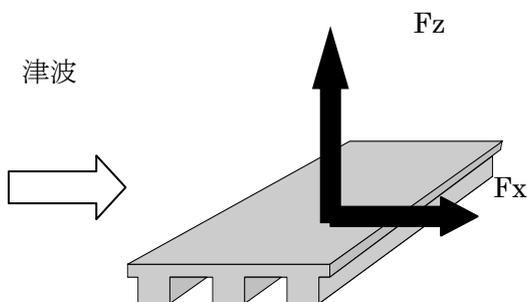
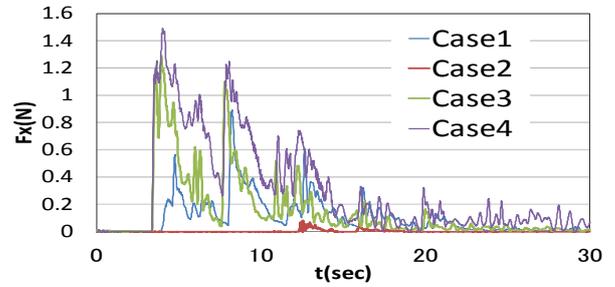
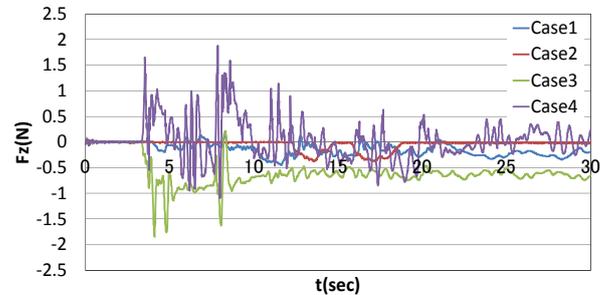


図-3 流体力の正の向き



(a) 水平方向の流体力



(b) 鉛直方向の流体力

図-4 橋桁に作用する流体力の計測波形

(4) 橋桁に作用する流体力に関する影響

貯水高が一定の場合でも, 静水深が影響することで最大波高が変化する. 最大波高は, 水平波力及び鉛直波力の算出に必要であるため, 静水深の有無は流体力に大きな影響を与える一因となる.

幸左らの波力推定式を用いて, 水平波力を算出し, 実験により得られた水平波力と比較をした. その結果, 算出値が実測値の 2~4 倍となった, また, 鉛直方向の流体力についても同様に推定式を用いて上揚力を算出し, 実験により得られた鉛直方向の流体力と比較した. その結果, 実測値が波力推定式より算出した流体力を上回ることはなかった.

次に, 静水深を基準とした桁下高が同様の Case1 と Case3 を比較した. 橋桁に作用する津波の波形によってそれぞれの流体力に差が生じた. また, Case3 と Case4 を比較すると橋桁の設置位置によって越波の程度が変化し流体力に差が生じたことがわかった.

3. 結論

静水深の有無や, 橋桁の設置位置によって越波規模が変化し流体力に差が生まれることがわかった.

参考文献

幸左 賢二, 宮島 昌克, 藤間 功司, 庄司 学, 小野 祐輔, 重枝 未玲, 廣岡 明彦, 木村 吉郎: 道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レポート No. 19-2, P21~29, 2010