

津波荷重を考慮した PC 道路橋の試設計

(株)ピーエス三菱 正会員 ○植村典生 (株)ピーエス三菱 正会員 大山博明
(株)ピーエス三菱 正会員 古村 豊 九州工業大学 正会員 幸左賢二

1．はじめに

東北地方太平洋沖地震による巨大な津波によって多くの橋梁が損傷落橋し甚大な被害が発生した。道路橋や鉄道橋などのインフラの消失は、地震後の被災地への救援活動や復旧活動など緊急輸送等に遅れを生じさせ、2 次的被害を生じさせる要因となる。これまで我が国の橋梁の設計では、外力に津波の影響を考慮しないことが一般的であったが、今後は防災計画、重要度の高い橋梁においては、設計荷重に津波の影響を考慮する必要があると考えられる。そこで本稿では、設計荷重に津波の影響を考慮した PC 道路橋の試設計を実施した。

2．津波に対する橋梁の構造形式

PC 橋の津波被害調査報告¹⁾によれば、津波による上部構造の流出に伴う落橋は、津波の水平方向の波力と上揚力が上部構造に作用したためと考えられている。そこで、試設計に用いた上部構造の高さを、津波が上部構造に達しない高さとする事で上部構造の流出を防止することとした。さらに想定外に、津波が上部構造に達した場合においても、各部材を表.1 のような構造形式とすることで、上部構造の流出を防止する対策を施した。図.1 に試設計に用いた橋梁の構造図を示す。

表.1 各部材の構造形式とその期待される効果

各 部 材	構造形式	期待される効果
上部構造	PC スラブげた	・閉断面であるため損傷事例の多いTげた断面 ¹⁾ よりも水の抵抗を低減できる
橋 脚	円柱橋脚	・円形断面とすることで任意方向の津波に対して水の抵抗を低減できる
支 承 部	ラーメン構造	・上揚力や浮力に対して弱点となりやすい支承部材をなくすることができる

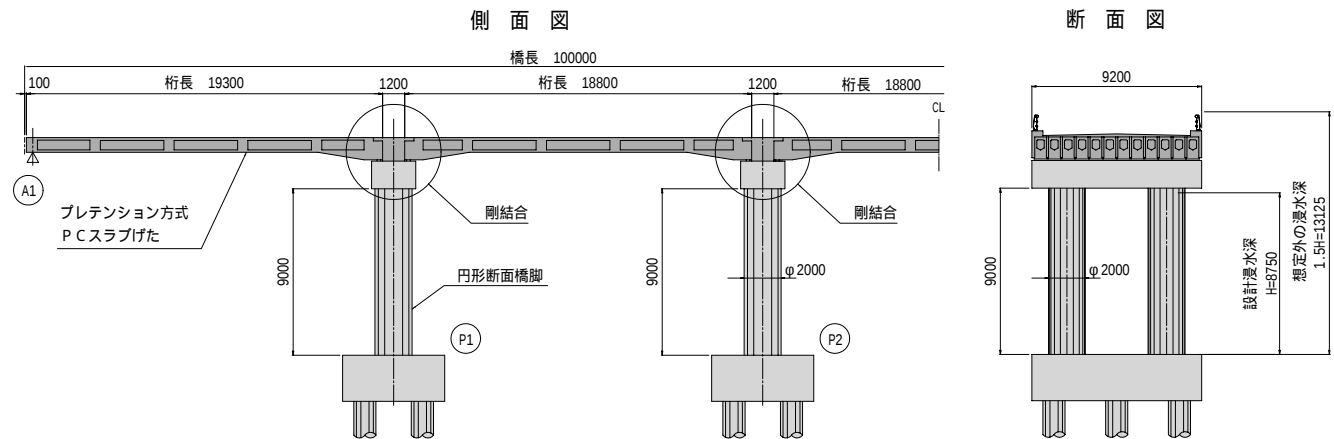


図.1 試設計橋梁の構造図

3．津波による荷重

先般、建築構造物においては、津波荷重の設定方法について国土交通省より通達³⁾がなされた。一方、橋梁については、現時点で研究報告も少なく、津波荷重に対する設計手法は明確化されていない。そこで、本稿では表.2 に示す既往の津波荷重算定式を用いて津波荷重による水平力を算出した。ここで、式(1)³⁾において水深係数 a は、橋梁設置位置を考慮して文献³⁾より 2 とし、浸水深 h は、想定外の津波高さを考慮して設計浸水深の 1.5 倍の高さ ($h=13.125\text{m}$) とした。なお、今回の設計では構造物の形状に基づく抵抗係数 C_d ⁴⁾を考慮した。式(2)²⁾において設計流速 v は、文献^{6),7)}より津波の平均流速が 6m/s 程度、最大で 10m/s 程度であったことが

キーワード 津波，PC 道路橋，スラブげた，円柱橋脚，ラーメン構造

連絡先 〒104-8215 東京都中央区晴海二丁目 5 番 24 号 (株)ピーエス三菱 技術本部 TEL03-6385-8051

表.2 津波荷重算定式

		津波荷重の算出式（水平方向の力）	算定式の特徴
式(1)	静水圧式	$qz = \rho g (ah - z) \times C_d$	浸水深 h から波圧 qz が算出可能
式(2)	抗力式	$p_H = \frac{1}{2} \rho_w C_d v^2$	水の流速 v から波圧 p_H が算出可能
式(3)	抗力式	$F_d = \frac{1}{2} \rho_s C_d B (hu^2)_{\max}$ $(hu^2)_{\max} = gR^2 \left(0.125 - 0.235 \frac{z}{R} + 0.11 \left(\frac{z}{R} \right)^2 \right)$	津波遡上高 R および標高（海拔） z から波圧力 F_d が算出可能

ら、10m/s とした。式(3)⁵⁾において津波遡上高 R は、文献⁵⁾より浸水深の 1.3 倍の値とし、標高 z は、1.0m とした。そして、荷重の組合せは、津波荷重、漂流物の衝突力、上揚力および浮力を考慮した。なお、本稿では、作用する水平力が最大となる式(1)の津波荷重を適用した解析結果について述べる。

4. 構造解析

上部工を線形要素、下部工をファイバー要素とした立体骨組解析モデルを用いて津波荷重等によるプッシュオーバー解析を実施した。なお、津波荷重および漂流物衝突力の載荷方向は、橋軸線に対して直角方向より載荷した。構造解析の結果、津波荷重作用時の発生断面力は、上部構造および基礎構造は部材降伏点以下、下部構造は耐力以下となった。図.2 は津波荷重作用時の構造解析モデルの変形図である。津波荷重による上部構造の水平変位は 110mm 程度となった。

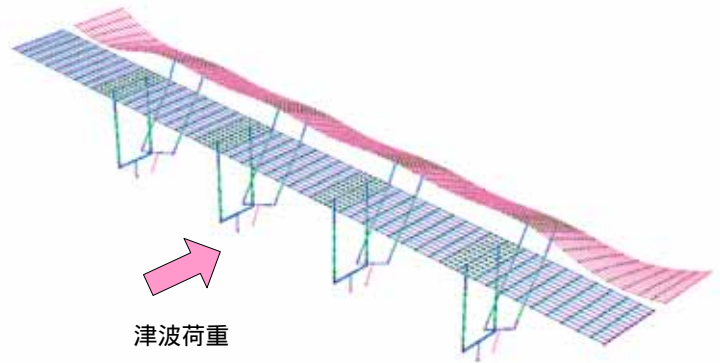


図.2 構造解析モデル(変形図)

5. まとめ

本検討で用いた構造形式は、想定外の津波が作用した場合においても落橋を防止することが可能であり、津波荷重に対する高い抵抗性が確認できた。なお、今回の検討では、連続高架橋の中間支点部および支間部に着目して構造検討を実施した。このためモデル橋の上部構造の端部は支承支持構造としており、上揚力等に対する損傷対策に着目していない。今後は津波対策を踏まえた上部構造の端部の構造検討を進める予定である。現在、津波の影響を考慮した橋梁の研究報告は極めて少なく、今後、多くの研究や検討報告が期待される。最後に津波が想定される橋梁の計画について、本検討が一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) (社)プレストレストコンクリート技術協会：東日本大震災と PC 構造物，2012.2.
- 2) (社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻），p.268，2007.7.
- 3) 国土交通省：東日本大震災における津波による建築物被害をふまえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針，2011.11.
- 4) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 共通編，pp.43-44，2002.3.
- 5) Federal Emergency Management Agency of the United States(FEMA)：Guidelines for Design of Structural Design Criteria，2008.6.
- 6) Li Fu，Kenji Kosa，Hideki Shimizu，Tatsuo Sasaki：Damage Analysis of Utatsu Bridge Affected by Tsunami due to Great Eastern Japan Earthquake，第 14 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.111-118，2011.7.
- 7) 東京大学生産技術研究所：40.津波危険地域における建築基準等の整備に関する検討 中間報告書その 2，2011.10.