

東北地方太平洋沖地震津波による道路橋の被災分析

国土技術政策総合研究所 正会員 ○横井 芳輝
国土技術政策総合研究所 正会員 玉越 隆史

1. はじめに

平成 23 年（2011 年）の東北地方太平洋沖地震では、津波により東北地方から関東地方と広い範囲で甚大な被害が発生した。道路橋においても、津波による上部構造の流出や橋台背面土の流出など過去にあまり例のない被害がみられた。一方で、今後も巨大津波を伴う地震の発生可能性があるものと考えられており、震災時の道路ネットワーク機能の確保の観点などから、道路橋の整備や管理にあたって津波の影響を適切に評価できる技術の確立が重要な課題となっている。

本研究では、東北地方太平洋沖地震における津波による道路橋の被災の有無および形態に関する情報を幅広く収集するとともに、水理シミュレーションなどによって道路橋に影響を及ぼした津波の性状を推定した。その上で推定された津波によって道路橋に作用した外力を推定した結果と実被害の相関の分析を行い、道路橋の津波による被災可能性の推定手法について検討を行った。

2. 橋梁架橋位置の津波の特性

地震発生直後から、現地橋梁の調査、道路管理者からの情報収集、衛星写真の分析により沿岸部に位置する約 200 橋の道路橋の被害状況を把握した。本研究において検討対象とした橋梁の被害状況の内訳を表-1 に示す。

検討対象橋梁の橋梁架橋位置での津波の特性（流速、流向、水位等）を求めるため、津波伝搬・遡上解析を実施した。計算手法は、「平成 23 年東北地方太平洋沖地震による津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き（案）」¹⁾に従い実施した。地形、構造物、粗度等の入力データについては、10mメッシュとし、津波発生モデルは、藤井・佐竹Ver4.6 モデル²⁾とした。図-2 に、津波伝搬・遡上解析から得られた各橋梁架橋位置での津波の浸水高さと流速を示す。なお、浸水高さは地表面又は静水面からの津波高さ、流速は橋軸直角方向の流速を示しており、両者とも、津波の一波目の押し波における最大値とした。この図より、今回検討対象とした道路橋の架橋位置における津波の最大流速は 12m/s 程度、最大浸水高さは 19m 程度であった。一方で、津波遡上解析により得られた流速や浸水高さと被害状況には明確な相関は見られず、それぞれの橋の構造条件等の諸条件によっても被害状況が異なると考えられた。

3. 被害状況と津波作用力の関係分析

津波伝搬・遡上解析により得られた橋梁架橋位置の津波の浸水高さ及び流速を用いて、津波作用力を算出した。作用力 P_H は、橋桁側面に水平方向に作用するものとして静水圧 P_1 と流体力 P_2 との合計として算出した。

$$P_H = P_1 + P_2 \tag{1}$$

$$P_1 = \rho_w \cdot g \cdot b \int_{z_1}^{z_2} (h' - z) \tag{2}$$

$$P_2 = 1/2 \cdot \rho_w \cdot C_d \cdot A \cdot v^2 \tag{3}$$

表-1 調査対象橋梁

橋種	流出	未流出	計
鋼橋	41	34	75
コンクリート橋	56	73	129
計	97	107	204

注)なお、橋種については、衛星写真からの推定も含む。

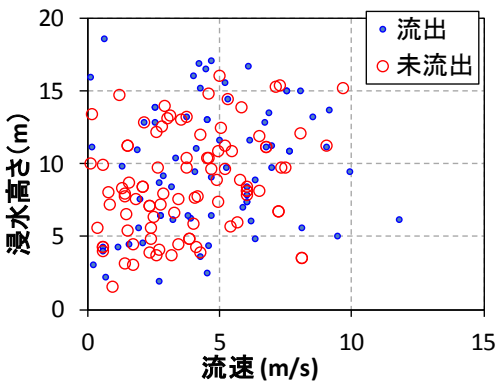


図-2 津波伝播・遡上解析による橋梁架橋位置の津波の流速及び浸水高さ

ここで、 ρ_w ：津波の密度（=1030kg/m³）、 g ：重力加速度（=9.8m/s²）、 b ：桁長（m）、 h' ：静水面または地盤面高さから津波水位までの高さ（m）、 z ：静水面または地盤面から圧力算定位置までの高さ（m）、 $Z1$ ：静水面または地盤面から桁下面までの高さ（m）、 $Z2$ ：静水面または地盤面から桁上面までの高さ（m）、 C_d ：抗力係数（=1.4）、 A ：受圧面積（m²）、 v ：流速（m/s）

なお、効力係数 C_d は、道路橋示方書・同解説（Ⅰ 共通編）³⁾に示される橋脚の流水方向端部の形状に定まる係数を参考に 1.4 とした。また、水平力が作用する橋桁側面の高さは、主桁、床版、地覆を含む高さとして設定した。抵抗力は、支承アンカーボルトの終局せん断耐力の総和とした。なお、支承の詳細図面等の入手ができなかったものについては、昭和 48 年道路橋支承便覧⁴⁾の参考図集及び（一社）日本支承協会HP⁵⁾の標準設計図を参考に設定した（表-2）。

表-2 支承抵抗力の算出

種類	支承抵抗力
線支承	1.20R _d
BP・A沓、BP・B沓	1.05R _d
パット型ゴム支承	0.80R _d
ゴム支承	4.00R _d

R_d: 上部構造の死荷重反力

図-3 に被害状況と津波作用力と抵抗力の関係をコンクリートT桁橋（24 橋）、コンクリート床版橋（35 橋）、鋼桁橋（26 橋）の 3 種類の橋種に分けて示す。なお、ここでは、図面あるいは現地調査にて諸元を把握できている橋梁を対象とした。また、水門の真裏に位置する橋梁や並列橋の陸側に位置する等局地的な影響を受けたと思われる橋梁などについては、対象から除外した。図には、線形判別分析（切片=0）により得られた判別線も示している。どの橋種においても、概ね 70%程度の判別率となっており、概ね判別線にて流出の有無を判別できた。一方で、未流出と判定される橋でも流出している橋もあるため、評価水準については今後も検討が必要と考えている。また、橋により判定水準も異なることから、こうした構造特性を反映した統一的な作用力の評価手法の確立に課題が残っている。

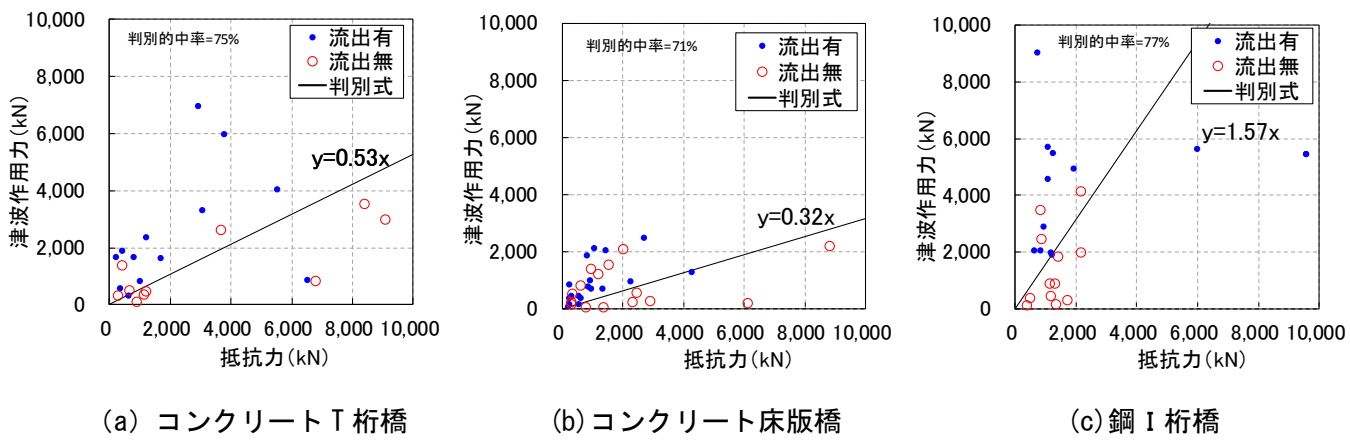


図-3 津波による水平作用力と抵抗力と被害状況との関係

4. まとめ

本研究では、東日本大震災により津波の影響を受けた道路橋を対象に、被災状況と抵抗力、津波作用力との関係を整理した。その結果、水理シミュレーションにより推定した津波の水位と流速を用いて算出した津波作用力と支承耐力に基づく抵抗力との関係から道路橋の津波による被災可能性を評価できる可能性があることが分かった。一方で、津波作用力と抵抗力との大小関係には乖離がある結果となっており、各影響要因の反映方法について引き続き検討を進める。

参考文献

1) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室、国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室：平成 23 年東北地方太平洋沖地震による津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き（案）、2011 年 7 月
2) (独) 建築研究所 HP (<http://www.kenken.go.jp/>)
3) (公社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（Ⅰ 共通編）、2012 年 3 月
4) (社) 日本道路協会：道路橋支承便覧、1973 年 4 月
5) (一社) 日本支承協会 HP：<http://www.bba-jp.org/>