

津波による道路構造物の被害に関する研究

金沢大学工学部 学生会員 平松 博貴
 金沢大学大学院 正会員 宮島 昌克
 同 池本 敏和

1. はじめに

我が国は太平洋プレートがユーラシアプレートに沈み込む地帯に位置することや、数多くの活断層が存在することなどからも分かるように、世界有数の地震多発国である。2007年3月25日に発生した能登半島地震や同年7月16日に発生した新潟県中越沖地震など大規模地震がたびたび発生している。日本は世界的にも地震発生の頻度が高く、四方が海に囲まれていることから、津波被害の懸念がされている。

地震は大規模な揺れによる被害をもたらすうえに、津波をも引き起こす可能性がある。津波被害の特徴としては、地震発生後、沿岸地域への津波の到着が早く、避難活動や対応の実施に対して時間的な余裕がないことが挙げられる。

我が国でも今後30年以内に40～50%の確率で東海・東南海・南海地震の発生が危惧され、5mを超える巨大津波の発生が予測されている。道路基盤は地震や津波災害時に緊急・復旧活動を支える交通基盤として機能することが期待されていることから、津波来襲時にその機能が確実に発揮されるためには十分な強度を必要とする。しかしながら、我が国では津波により橋梁が被災した事例や道路盛土が流出した事例が少なく、津波来襲時の道路構造物の安全性評価は行われていない。

以上より本研究では、津波規模の予測および道路構造物に対する津波外力の影響を検討し、津波による被害想定を実施することで、それに基づいた対策を検討する。

2. スマトラ島西海岸における現地調査

津波被害の一例として2004年12月26日に発生したスマトラ沖地震によるインド洋津波により、インドネシア一帯に甚大な被害が発生した。インド洋津波では建物ばかりでなく、社会基盤施設、特に橋梁や道路盛土などに代表される道路構造物に大きな被害が発生した。例えば、スマトラ島西海岸道路では、供用延長250kmのうち、80kmに至る道路流出(写真-1)および、橋梁173橋のうち73橋が流出(写真-2)し、その機能を失った。

そこで2007年8月10日から16日までの7日間、他大学との共同研究でスマトラ沖地震によるインド洋津波によって被害を受けた橋梁、道路構造物の被害状況を把握するために現地調査をスマトラ島西部海岸において行った。現地では津波班、橋梁班、道路班とそれぞれの専門分野に分かれて、被害を受けた橋梁付近の現地測量と周辺海域の水深調査、周辺住民に聞き込みおよび被害状況調査を行った。表-1に示す34橋梁区間で現地調査を行い、区間内の構造種別(RC桁、鋼桁、橋脚、橋台、盛土部、切土部、舗装部など)ごとに、損傷状況をランク分

表-1 調査した橋梁一覧と被害程度

No.	橋梁種別	被災ランク	特徴
1	3径間PC桁橋	B	桁が50cm移動
2	1径間PC桁橋	B	桁が50cm移動
3	10径間PC桁橋	A	桁流出、柱流出、橋台裏側の洗掘
4	2径間PC桁橋	B	桁が80cm移動
5	2径間鋼トラス桁橋	A	トラス橋が下流へ流出
6	3径間ボックスカルバート桁橋	C	損傷なし
7	2径間RC桁橋	C	損傷なし
7-1	RC桁	C	損傷なし
7-2	RC桁	C	損傷なし
7-3	RC桁	C	損傷なし
8	スパン25mRC桁	A	桁流出
9	鋼トラス桁、鋼桁	A	桁流出
10	2径間RC桁橋	A	桁流出
10-1	ボックスカルバート桁橋	C	損傷なし
11	鋼トラス桁橋	A	桁流出
11-1	ボックスカルバート桁橋	C	損傷なし
11-2	RC桁	B	桁が3m移動
11-3	RC桁	B	桁が1m移動
12	2径間トラス桁	C	損傷なし
13	1径間鋼桁	B	桁が2.4m移動
13-1	2径間鋼トラス桁橋	A	桁流出
14	1径間鋼トラス桁橋	A	桁流出
14-1	1径間鋼トラス桁橋	C	損傷なし
15	6径間PC桁橋	A	桁流出
16	3径間PC桁橋	A	桁流出
17	1径間RCスラブ橋	A	桁流出
18	1径間鋼トラス桁	A	桁流出
19	1径間鋼トラス桁	A	桁流出
20	未確認	A	桁流出、橋台裏側の洗掘
21	未確認	A	桁流出
22	2径間鋼トラス桁橋	A	桁流出
23	3径間鋼トラス桁橋	C	無損傷
24	未確認	A	橋梁周辺の大規模な洗掘
25	鋼トラス桁橋	A	桁流出、橋梁周辺の大規模な洗掘

A: 桁が流れる等使用できないほどの損傷

B: 桁移動など軽微な損傷、使用するには問題ない

C: 損傷なし

けた。

また表-1では橋梁No.の数字が大きくなるにつれて橋梁は南に位置し、南に行くほど橋梁の被害が大きくなっている。写真-2から分かるように34橋梁のうち18橋梁が橋桁の流出を起こし、橋梁としての機能を果たせなかった。また、橋桁が数十センチから数メートル移動していたが、そのまま使用されている箇所もいくつか見られた。さらに、橋梁周辺の道路に大規模な洗掘が起き、写真-1のような道路盛土の流出が起きていた場所も確認できた。

踏地調査から、道路構造物が津波によって被害を受けたとき、橋桁が流出するなどの被害に目を奪われがちだが、実際には道路にも大きな被害が生じていることが確認できた。現地では海岸線の道路が大きく流出しており、大幅に迂回せざるを得ないところも多く、道路ネットワークとしての機能を果たすためには、橋梁だけでなく道路の安全性評価の検討が必要だと考えられる。



写真-1 津波による道路被害（流出）



写真-2 津波による橋梁被害（流出）

3. 今後の課題

現在、堤防などの構造物に作用する津波荷重の評価に関する研究は進んでいる。朝倉ら¹⁾によって、直立護岸を越流した津波を想定した実験によって求められた以下の津波波圧算定式が与えられている。

$$p_m(z) = (3\eta - z)\rho g \cdots (1)$$

p_m : 津波波圧 (0 $z/3$) z : 陸上地面を基準とした上向きの正の座標
 η : 遡上水深 ρ : 流体の密度 g : 重力加速度

しかしながら、この算定式は堤防や建築物に対するもので、道路盛土では適用されない。そこで、既存の津波波圧算定式は道路盛土に適応できるかどうかの検討を行っていく必要があると考える。また、道路盛土にかかる津波荷重には流速のパラメータも関係すると予測されるので、新たに流速を考慮した津波荷重の評価を考える必要がある。被害事例としては道路盛土が洗掘および流出しているところも多いので、洪水によって堤防が洗掘された被害事例と比較することで、津波波圧による影響を考慮していくことを今後考えている。さらに、写真-1のような道路被害が再現できるような水槽を作成し、模型実験を行う予定である。

参考文献

- 1) 朝倉良介, 岩瀬浩二, 池本毅, 高尾誠, 金戸俊道, 藤井直樹, 大森政則: 護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第47巻, pp.911-915, 2000.
- 2) 日下部毅明, 渋谷研一, 片岡正次郎: 国土技術政策総合研究所資料, No.316, 2006.
- 3) 岡田恒男, 菅野忠, 石川忠志, 高井茂光, 館野公一: 津波荷重と津波避難ビルの構造設計法について, (財)日本建築センター, http://www.bcj.or.jp/c05/02/src/tsunami2006_2.pdf