

東北地方太平洋沖地震において被災を受けた橋梁の復旧状況に関する調査

早稲田大学大学院 修士課程1年 野上 雄介

修士課程 1 年 Kea theang meng

早稲田大学 学部4年 有馬 駿

学部 4 年 榎本 佑矢

学部 4 年 関浜じゅん

学部 4 年 竹中 孔信

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震において、地震に伴い発生した津波により多数の橋梁が被災し、特に津波による上部構造の流出は交通機能に多大な影響を及ぼした。これに伴い、本年 2 月に改定された道路橋示方書 V 耐震設計編¹⁾では、津波の影響を考慮した構造計画を行うことが新たに規定された。一方で、津波の影響が避けられない場合に設計に用いることになる具体的な津波作用等は示されておらず、津波による上部構造の移動や流出を考慮した実験や数値解析²⁾の事例が限られていることから今後の調査研究が必要とされているのも事実である。そこで本調査では、今後、津波の影響を考慮した耐津波設計を行っていくに際し、必要な課題の整理や手がかりを探ることを目的として調査を行った。

2. 調査概要

昨年度の合同調査により調査を実施した気仙沼地区～石巻地区間に関しては、昨年度の調査結果を基に、橋梁とその周辺における地域の復旧状況の確認を行い、本年度新たに調査を行った大船渡地区～気仙沼地区間に関しては、土木学会により行われた緊急被害報告書¹⁾等を参考に、地震発生直後と比較してどのような復旧が行われているのかを確認した。なお、調査に際しては、いずれの箇所においても目視による確認を行った。代表的な調査箇所及び調査ルートを表-1、図-1に示す。

表-1 代表的な調査箇所

第1日目 (9.25)		第2日目 (9.26)	
陸前高田地区	沼田跨線橋	陸前小泉地区	小泉大橋
気仙沼地区	気仙大橋	南三陸町	津谷川橋梁
	姉齒橋		歌津大橋
	二十一浜橋	女川町	新北上大橋



図-1 調査ルート

3. 津波による橋梁の上部構造流出メカニズム

既往研究³⁾によると、津波による橋梁の上部構造流出メカニズムは図-2、図-3、図-4に示される3種類に大別することが出来る。(a) 洗掘によって基礎が破壊したり、橋脚自体が破壊した結果桁が流出した橋梁、(b) 津波による上揚力によって桁が持ち上げられた結果、桁が流出した橋梁、(c) 津波による上揚力によって下流側の支承が破断し、桁が回転し、横転する形で流出した橋梁、に大別される。

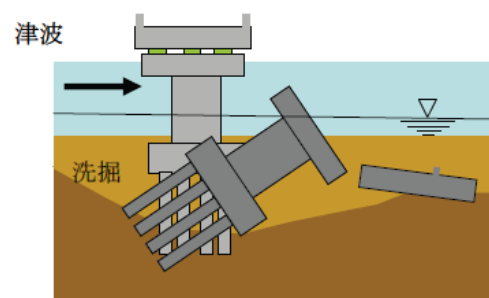


図-2 基礎の洗掘による流出

Key Words 津波，橋梁，復旧性，耐津波設計

連絡先 〒169 - 8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51号館 16階 09号室 秋山研究室

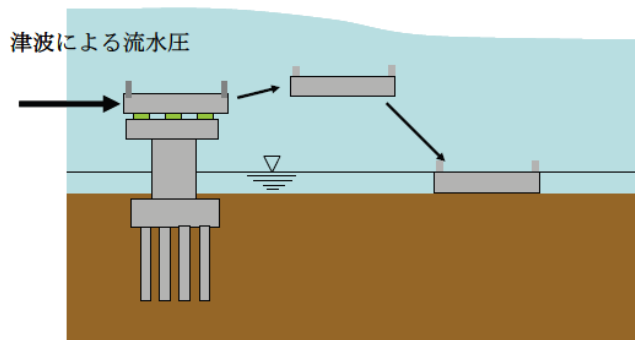


図-3 津波上揚力に伴う桁の流出

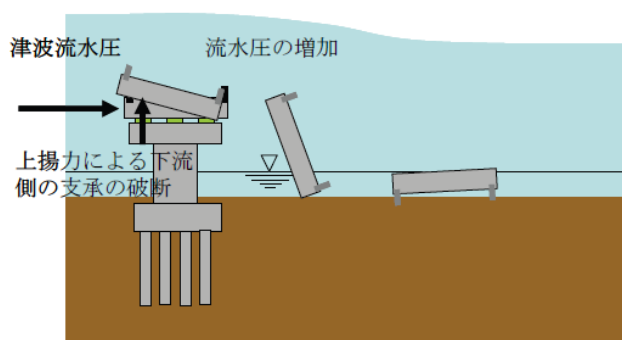


図-4 津波上揚力による桁の回転流出

4. 調査結果

本調査では、前述に示されるような橋梁の上部構造流出メカニズムにより上部構造が流出した橋梁を中心に調査を行った。ここでは、今後発生が確実視される東海・南海・東南海地震をはじめとした大規模災害を前に、既設橋梁が津波被災後にいかに迅速に交通機能を回復することが出来るか、すなわち橋梁の復旧性と、従来の耐震設計において考慮されていなかった、地震に伴い発生する津波の影響を考慮した耐津波設計があるとしたらどのような構造形式が望ましいのか、以上の2点に絞って本調査結果を基に以下に報告する。

① 橋梁の復旧性

写真-1、写真-2、写真-3に示される橋梁は、宮城県気仙沼市本吉町の二十一浜川を渡る国道45号線上にある橋長17m(単純PCプレテンT桁橋)の二十一浜橋である。本橋梁は、写真-1からも分かるように、橋梁両側の盛土部分が大量に流出し、通行不能な状態であった。一方、写真-2、写真-3に示されるように本調査において確認を行った際には、大規模な損傷を免れた橋脚部分を再利用しながら仮橋がなされていた。

次に写真-4、写真-5に示される橋梁は、国道398号線上の北上川河口に架かる橋長566m、主径間84.8mの7径間単純トラス橋の新北上大橋である。写真-4に示されるように本橋梁は、津波により左岸側の2径間の上部構造が流出したが、写真-5においては、大きな被災を免れた残りの5径間部分を再利用しながら復旧を行ったことが分かる事例である。

以上に示した2つの事例は、被災を免れた既設部分を再利用しながら復旧を行った事例である。橋梁の安全性を担保しながら、限られた予算の中で、早急に交通ネットワーク機能を回復していくような柔軟な復旧が求められている。

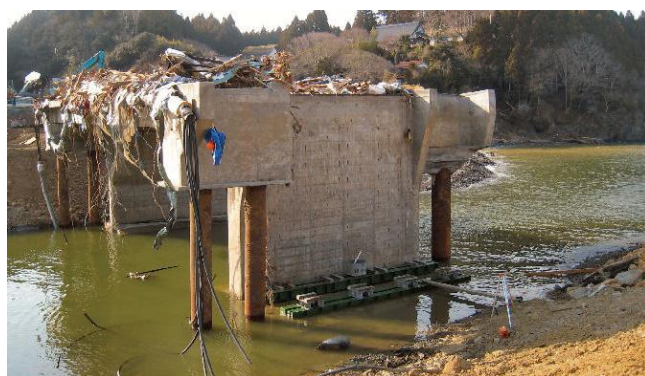


写真-1 被災直後の二十一浜橋

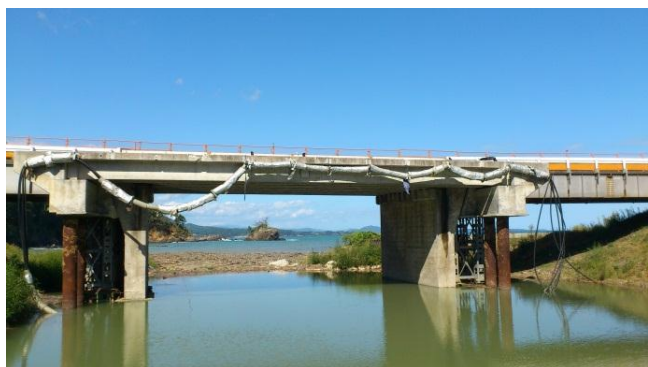


写真-2 二十一浜橋の復旧状況



写真-3 二十一浜橋の復旧状況



写真-4 被災直後の新北上大橋



写真-5 現在の新北上大橋

② 橋梁の対津波設計

次に、従来の耐震設計において全く考慮がなされていなかった、地震に伴い発生する津波の影響を考慮した耐津波設計がありえるとしたらどのような構造形式があるのか本調査では、前述の既往研究に示した、津波による上部構造流出メカニズムに着目をしながら耐津波設計の可能性を探った。写真-6 に示される橋梁は、陸前高田市に流れる気仙川の河口付近を跨ぐ国道 45 号線上にある橋長 182m の 5 径間鋼コンクリート連続版桁橋である気仙大橋、写真-7 に示される橋梁は、気仙大橋から上流に向かって 700m ほど進んだ箇所に架橋されていた姉齒橋で、共に津波による上揚力等により落下防止装置がねじ切れたりするなどして、上部構造が流出した事例である。また本調査では、歌津大橋・小泉大橋をはじめとして、これらと同様の被害(上部構造が流出して橋脚部分が残るタイプの被害)が多く見られた。一方、橋脚が大きな損傷を免れた橋梁の中で、橋脚を再利用しながら復旧がなされている事例は、本調査では前述の二十一浜橋を除いて確認することが出来なかった。災害発生後の橋梁の果たすべき第一の役割として、緊急車両の通行・救援物資の運搬等をはじめとする交通ネットワーク機能の確保が挙げられる。そこで今後、津波の影響を考慮した耐津波設計を行っていくに際しては、津波に対して無損傷を目指すのではなく、例えば、一定以上の津波に対しては上部構造の流出を許容して、被災後ただちに仮桁を用いた応急対応を可能とするような、一定の損傷を許容した上で復旧性(resilience)を持った橋梁の設計のあり方が望ましいのではないかと考える。



写真-6 現在の気仙大橋



写真-7 現在の姉齒橋

5. まとめ

本調査は、今後、津波の影響を考慮した構造計画・耐津波設計を行っていくに際し、必要な課題の整理や手がかりを探ることを目的として行った。以下に得られた知見を整理する。

- ① 本調査では、被災を免れた既設部分(橋脚)を再利用しながら復旧を行った事例を確認した。橋梁の復旧を行っていくに際し、橋梁の安全性を担保しながら、限られた予算の中で、早急に交通ネットワーク機能を回復していけるような柔軟な復旧が必要であること
- ② 様々な面で不確実性を有する津波に対して耐津波設計を行っていくにあたっては、津波に対して無損傷

を目指すのではなく、例えば一定以上の津波が襲来した際には、上部構造の流出を許容し、復旧・補修段階では、残った橋脚を再利用して早急に新たに桁をかけ直すことが出来るような復旧性(resilience)を持った設計を行っていくという思想を持つべきであること

などが挙げられる。

これら復旧への対策、耐津波橋梁の開発と併せて、被災後の道路ネットワークの復旧優先度の判定等を確実に行っていくことを以て、今後、発生が確実視される巨大複合災害に対して備えていく必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会地震工学委員会：東日本大震災被害調査団緊急地震被害調査報告書，2011.
- 2) 二井伸一，幸左賢二，運上茂樹，庄司学：津波による橋梁被害の解析的検討，第 11 回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp. 81-88. 2008.
- 3) 幸左賢二，二井伸一，庄司学，宮原健太：スマトラ沖地震に伴う津波による橋梁の被害分析，構造工学論文集，Vol.65.pp891-pp900，2010