

岩手三陸地区の橋梁の被害

株式会社エイト日本技術開発
 保全・耐震・防災事業部
 東京支社 保全・耐震・防災部

美藤 友郎

1. はじめに

三陸国道事務所管内の一般国道45号は、弊社で過去に橋梁点検、橋梁補修設計、耐震補強設計などの業務を実施しており、弊社の関係者が何度となく足を運んだ地区である。以下に、東北地方太平洋沖地震での甚大な被害を受けた三陸地区における橋梁の被害について、以下に述べる。

2. 三陸地区の特徴

岩手三陸地区はリアス式海岸という地形的特徴から、陸地は起伏が多く、急な傾斜の山地が海岸にまで迫っている。そのため、平地が少なく、市街地は、港、河口を中心に集まっており、過去に多くの津波被害を受けてきた地域である。

さらに、三陸地区には南北をつなぐ高速道路は無く、現在、三陸縦貫自動車道が大船渡、釜石、宮古、久慈の市街地周辺のごく一部の範囲で開通し、鋭意建設が進められているものの、現時点では南北を縦断する道路は、国道45号のみである。

3. 調査概要

調査対象: 一般国道45号において弊社が、点検、補修設計、耐震補強設計を行ってきた橋梁の被害状況、他

調査者: 森副事業部長、高木 (PM)、美藤 (PM)

調査日程: 4/4 (月) ~ 4/5 (火)



図1 調査位置図

4. 関連業務

三陸地区において、弊社では橋梁関連で、過去に以下の業務を実施している。

【耐震補強設計】

H17 新田橋設計業務 (三陸国道事務所)

※局長表彰

H21 関谷高架橋補強設計業務 (三陸国道事務所)

H21 織笠高架橋補強設計業務 (三陸国道事務所)

【補修設計】

H20 三陸国道構造物保全対策設計業務 (三陸国道事務所)

【橋梁点検業務】

H19 三陸地区橋梁点検業務 (東北技術事務所)

※事務所長表彰

H20 三陸地区橋梁点検業務 (東北技術事務所)

H21 三陸地区橋梁点検業務 (東北技術事務所)

H22 三陸地区橋梁点検業務 (東北技術事務所)

以下に、過去に点検、補修設計、耐震補強設計を実施してきた橋梁並びにその周辺の橋梁他の被害状況について報告する。

5. 調査結果

5.1 概要

岩手三陸地区は、3/11の地震において、計測震度で5弱~6弱の地域が多く、地震による慣性力による目立った被害は確認できず、主たる被害要因は“津波”であった。

これまで、耐震補強など地震時の慣性力に対するの挙動、損傷事例およびその対策については、数多く経験しているものの、津波荷重(浮力)という橋梁設計において、これまで全く考えたことのない荷重が作用した結果を目にして、現地ではかなり頭の中が混乱した。

以下に、大きな被害を受けた橋梁だけでなく、被害の小さかった橋梁も含めて被害状況について示し、限定された事例から多少の無理を承知の上で、流失事例から流されやすいあるいは流されにくい形式、状況などについて整理する。

5.2 各橋梁の被害状況

(1)乙部橋 (田老町)

橋 長：L=38.9m

橋梁形式：PC2 径間単純プレベーム合成桁橋

海岸線からの距離：約 1km

EJEC 関連業務：H17 耐震補強、H20 橋梁点検

被害状況：防護柵破断・流失、桁・下部工は被害無し

乙部橋は、橋面の防護柵が基部から破断して一部を残してほぼ欠損している。橋梁本体については支承周り、変位制限構造、橋脚ともに損傷は見られない。また、下流側 200mほどの位置に架かっていたと思われる橋梁（鋼2単純H鋼桁・2連）のうち、1径間分は乙部橋の下流側すぐ近くのところにあった（写真1）が、もう1径間は乙部橋を超えてさらに上流側にあった。この橋梁が津波により流され、乙部橋を超えて、防護柵をなぎ倒して通過したようである。



写真1 乙部橋状況

(2)宮古大橋 (宮古市)

橋 長：L=308.2m

橋梁形式：鋼単純合成箱桁・2連、鋼4径間連続非合成箱桁

海岸線からの距離：約 1km

EJEC 関連業務：H20 補修設計、H22 橋梁点検

被害状況：主桁一部変形、検査路・排水管破断

宮古市役所近くに位置し、船が衝突する姿がテレビで放送されていた橋梁である（写真2）。桁に船などの接触痕はあるものの、著しい損傷は見られない。津波は桁下以下の高さであったようである。



写真2 宮古大橋

(3)宝来橋、宝来橋側道橋 (下閉伊郡山田町)

■宝来橋

橋 長：L=80.0m

橋梁形式：PC単純ポステン箱桁・2連

海岸線からの距離：約 10m

EJEC 関連業務：H22 橋梁点検

被害状況：無し（路面に土砂堆積）

■宝来橋側道橋

橋 長：L=91.4m

橋梁形式：鋼単純鋼桁（デッキプレート）・3連

海岸線からの距離：約 10m

EJEC 関連業務：H22 橋梁点検

被害状況：上部工流失

宝来橋は、山田湾に面しており、関口川を跨ぐ橋梁である。宝来橋は海側、宝来橋側道橋は山側に位置しているが、海側・道路橋のPC桁は目立った損傷は確認できなかったものの、上流側にある鋼桁（デッキプレート）は、50mほど上流まで流され、上下逆さまになり、堤防の上に横たわっていた（写真3,4）。



写真3 宝来橋側道橋の流失状況



写真4 流失し天地逆になった宝来橋側道橋

起点側の土工部が流失していたため、橋梁も含め通行止めであった。しかしながら、山田町は平行して自動車専用道路である三陸縦貫自動車道（山田道路）が一部完成しており（図2）、緊急車両、自衛隊の車両などのうち、山田町を通過するだけの車両がそちらを通過していたため、山田町市街地には著しい渋滞は見られなかった。



図2 山田湾周辺

(4) 矢の浦橋（釜石市）

橋長：L=108.6m
 橋梁形式：鋼3径間連続鋼床版鉸桁橋
 海岸線からの距離：約0m
 EJEC 関連業務：H20 橋梁点検
 被害状況：桁衝突痕多数、防護柵変形、背面盛土沈下

釜石港の近く、甲子川に架かる3径間の鋼床版鉸桁橋である（写真5）。矢の浦橋については、鋼床版で比較的重量が軽いということもあり、流失している可能性があると思っていたが、意外に

も橋梁本体には目立った損傷は見られず、防護柵が変形あるいは欠損している程度であり、仮設ガードレールが設置されていた。

しかしながら、併設している上流側の水管橋については、3径間のうち2径間が流失しており、上流側の南リアス線（大船渡～釜石）よりもさらに上流まで（300mほど）流されていた（写真6）。



写真5 矢の浦橋



写真6 矢の浦橋上流側の水管橋の流失

(5) 片岸大橋（釜石市）

橋長：L=68.0m
 橋梁形式：鋼単純合成鉸桁・3連
 海岸線からの距離：約100m
 EJEC 関連業務：H22 橋梁点検
 被害状況：主桁の変形、1部防護柵流失

防潮堤のすぐ近くに位置する橋梁で3径間のうち、最も縦断線形が低くなっている径間についてのみ、防護柵が流失し、主桁の下フランジが大きく変形していた（写真7）。また、すぐ海側に県道の橋梁（PC プレテン床版橋）が新たに架設されていたが、片岸大橋における水位からみて、完全に水没したと思われるものの、防護柵が変形している以外は特に損傷は見られなかった。



写真7 片岸大橋 上部工の変形

(6)荒川橋 (釜石市)

橋 長：L=40.0m

橋梁形式：PC 単純ポステン T 桁・2 連

海岸線からの距離：約 600m

EJEC 関連業務：H20 補修設計、H22 橋梁点検

被害状況：無し



(被災前：H22.10)

(被災後：H23.4)

写真8 荒川橋

国道45号の荒川橋については、周辺の電柱、木々、看板などは一切無くなっていた(写真8)ものの、橋梁には目立った損傷は見られず、桁などの状況を見ても水位が桁付近まで上がった形跡はなかった。しかしながら、図3に示すように荒川橋を挟んで海側に県道、町道の橋梁が2橋、上流側に南リアス線の橋梁が1橋の4橋が並んでいる場所であり、最も下流側にあるPC場所打ち中空床版橋(図3,①下流側市道;熊の川橋)については、パッド型ゴム支承が流失していた。また残っているゴムパッドも津波により横に移動しており、浮力を受けつつ横から押されていたことが伺えた。また、荒川橋のすぐ下流にある昭和初期に建設されたであろうと思われる3径間のRC桁(図3,③旧荒川橋)については、老朽化も著しく流失の可能性が高いと想像していたが、目立った被害は見られなかった。さらに、上流側の南リアス線の鉄道の橋梁(図3,④)については、3径間PC桁のうち河川上の最も桁高の高い径間が流失し、上流側数十mのところ、横たわっており、支間中央から2つに折れ、シースがむき出しになっていた(写真9)。



図3 荒川橋周辺の橋梁の状況



支間中央で桁が折れ、PC鋼材が露出している

写真9 荒川橋上流の南リアス線の落橋

(7)沼田跨線橋 (陸前高田市)

橋 長：L=65.2m

橋梁形式：PC ポステン単純 T 桁・3 連

海岸線からの距離：約 200m

EJEC 関連業務：H19 橋梁点検、H20 補修設計

被害状況：上部工流失



(被災前：H21.4)

(被災後：H23.4)

写真10 沼田跨線橋 流失状況

3径間すべての上部工が完全に流失し(写真10)、上流側20m程度のところまで流されていた。跨線橋であったが、鉄道は機能していないため、線路上を埋める形で、盛土にて迂回路が確保されていた。また、T桁の桁間に落橋防止としてRC突起が設けられていたが、RC突起の基部や橋脚の基部には水平力によるひびわれは見られなかった。つまり、衝撃的に浮力が作用し浮き上がったものと思われる。



写真 11 沼田跨線橋 橋台背面から橋脚を撮影 (8)川原川橋 (陸前高田市)

橋 長：L=28.8m

橋梁形式：PC ポステン中空床版

海岸線からの距離：約 300m

EJEC 関連業務：H20 橋梁点検

被害状況：背面土流失、防護柵変形

橋梁本体は流失等しておらず、橋梁としての構造は何とか保っているものの、A1 側背面土が流失しているため、国道が分断されていた。調査時点(4/5)では、仮橋が設置されており (写真 11)、片側交互通行で供用されていた。同仮設橋梁は、昭和 54 年に日本鉄塔工業(株)が北陸地方整備局に納めた製品であり、北陸で保管されていたものが利用されているとのことであった。それほど前から応急組立橋が存在していたこと、その応急組立橋が現在まで北陸地整に保管されていたこと、それが今、陸前高田市で利用されていること、に驚いた。



写真 11 川原川橋 応急橋梁による交通確保 (9)気仙大橋 (陸前高田市)

橋 長：L=181.5m

橋梁形式：鋼 3 径間連続非合成鈹桁橋、鋼 2 径間

連続非合成鈹桁橋

海岸線からの距離：約 300m

EJEC 関連業務：H19 橋梁点検

被害状況：上部工流失

ダンパー設置、支承をゴム支承に取り替えなどにより耐震補強が実施されていた橋梁である。ダンパーについては、下部工付のアンカーボルトは損傷が見られなかったものの、上部工側との接合ブラケットのボルトが破断していた (写真 12)。また、数年前の耐震補強でダンパー設置に加えて、支承をゴム支承に交換しているが、直角方向のサイドブロックおよびアップリフト対策が施されている支承ではなかったため、浮力に抵抗するものが無く、ゴム支承が破断し (写真 14)、桁が流失したようである。



写真 12 気仙大橋 A1 橋台 前面の状況



写真 13 気仙大橋 (起点側より撮影)



(被災前：H19. 5)

P3 橋脚



(被災後：H23. 4)

A1 橋台

写真 14 気仙大橋 ゴム支承破断

5.3 桁流失について

今回調査したごく限定された橋梁からの情報だけではあるが、桁流失に着目し、5.2 に示した事例から得られた知見を以下に整理する。

① P C 橋の方が鋼橋よりも流れにくい

☞当然であるが、重いP C 桁の方が流失に対する抵抗性が高い。

例) (1)乙部橋、(5)宝来橋、宝来橋側道橋

②多主桁の橋梁は流れにくい

☞多主桁橋梁は、上向きの力に多くの支承で抵抗するため冗長性を有している。逆に2 支点の場合などは、1 つの支承側浮力で破壊されると、残りの支承に荷重が集中し破壊されてしまうので流されている。特に荒川橋上流の南リアス線の橋梁については、桁高が高いことに加え、浮力及び水平力により2 支承のうち片側に大きな上揚力が作用し、一方の支承が壊れたのち、もう片方も損傷したものと推定できる。

例) (9)矢の浦橋、矢の浦橋の上流側水管橋、荒川橋上流側の南リアス線の橋梁

③アップリフト止めの無い橋梁は流失の可能性が高い。

☞P C 橋であってもプレテン形式の場合、パッド型支承が一般的なであり、アンカーバーも設置されているものの、上向きの力には抵抗せず、浮力で流されているものが多い。

例) (14)沼田跨線橋、(16)気仙大橋



写真 14 アップリフト止めの有る支承

つまり、コンクリートの多主桁橋で、支承にピンチプレートが設置されている支承 (BP 沓など) を使用している橋梁は津波による桁流失に対する抵抗性は高いと言える。

津波による損傷メカニズム及びその対策方法について、シミュレーションにより浮力を求め、対策設計の荷重を定めるのは、津波の大きさ、地形、進行速度、流失物による水平力の増大など多くの要素が関係し、困難であると現地を見て感じた。

今後、海岸線近くの同じような位置に橋梁を設置するのであれば、設計荷重の設定は困難であるものの、上記のような定性的な情報をより多く整

理し、“流れにくい橋”を建設しておくことが必要である。

6. おわりに

岩手三陸地区における橋梁の被害は、地震による慣性力の影響はあまり見られず、圧倒的に津波によるものであった。

耐震補強は一定の効果があつたが、細々と橋梁の予防保全的観点からの橋梁点検、補修設計、詳細調査を行ってきたことは、“流失”により一瞬にして消し去られた。

現地を見た際には、壊滅的な街の状況など、様々な被害を目にするにつれ、津波の圧倒的な破壊力に、思考回路が停止し、なぜ壊れるのか、など考えてもムダなようにも思えた。

気を取り直し、「5.3 桁の流失について」に述べたような定性的なことは言えるのではないかと考えた。その作用荷重の大きさを求め、設定することはできなくとも、5.3 に述べたような定性的な情報をより多く集め、津波抵抗性の高い橋梁はどのようなものかを整理しておくことは重要なことである。

三陸の地形を考えた場合、海沿いに市街地が発展し、道路が必要となるのはやむを得ない状況にある。市町村道を含む全ての橋梁が津波に対して流失しないようにすることは、現地の被害状況から見て、不可能であると思われる。しかしながら、国道4 5号のような被災時に緊急輸送道路となるような道路は、自衛隊の緊急車両をはじめ、復旧のための各種緊急車両が通行する。それらに限っては流失しない津波対策を講じた橋梁が必要であると強く感じた。

三陸地区は、津波に対する意識が高い地域であり、我々も橋梁点検業務などの際には、津波ハザードマップを作業計画書に入れ、津波浸水想定区域内での作業については、十分留意の上実施していた。一方、心のどこかで「ここまで津波が来るはずない」と思っていたのも事実である。この4 年間ほどの間に、年間の1 / 3 ~ 1 / 2 ぐらいの期間、弊社の誰かが現地で作業を行っている状態であった。その間、地震が発生したことも何度かあったが、幸いにも3/11の地震の際には、関係者が誰も現地に居なかった。このことは奇跡的であったと言っても過言ではない。

今後は、今回、現地で確認した事象、今後蓄積される最新の情報を踏まえた橋梁計画を行っていきたいと考えている。 (以上)