宮城県内（国道45号線沿い）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
関西支社　保全･耐震･防災部
古屋　知真

１．はじめに

平成 23 年 3 月 11 日午後 2 時 46 分頃に発生した東日本大震災により、多くの橋梁が損傷した。

特に、耐震対策済みの橋梁についても損傷していたことから、設計において想定していない被害が発生したということが、一つの問題点として挙げられる。

本調査では、宮城県の国道 45 号線沿いの 8 橋梁（図１）の被害状況を確認すると共に、想定外の被害について、被災状況から損傷メカニズムを分析し、今後予想される巨大地震に備え、現行の設計基準の課題を整理した。

調査日程：平成 23 年 4 月 2 日～4 月 6 日

調査エリア：図１に示す。（対象橋梁 8 橋）

図１　調査エリア

２．主な被害の概要

調査により確認された主な被災状況を表１に示す。本震災における被害は、大きく「津波による被害」と「地震動による被害」であった。中でも、津波による被害が大きく、上部構造が流されてしまった橋梁が見られた。一方で、地震動による被害については、落橋に至るような被害は無く、津波に比べ軽微であった。特に下部構造については、ほとんど被害は見られなかった。

表１　調査結果概要

	調査対象橋梁	被災状況	要因
1	歌津大橋	桁の流失 RC橋脚の損傷	津波
2	水尻橋	桁の流失 橋台背面盛土の流失	津波
3	古川橋	特に大きな損傷なし	－
4	新飯野川橋	特に大きな損傷なし	－
5	天王橋	トラス上横斜材の座屈 沓座コンクリートの損傷 支承サイドブロックの損傷	地震動
6	新天王橋	変位制限構造（鋼製ブラケット）の損傷 橋台背面土の沈下	地震動
7	鳴瀬大橋	ダンパー取付けブラケットの損傷	地震動
8	三陸道利府JCT付近	変位制限構造（鋼製ブラケット）の損傷 桁衝突	地震動

特徴的な被害を以下に示す。

２.１　津波による被害

(1) 桁の流失

沿岸部では、津波により桁が流失している橋梁が見られた（図２）。PC ケーブルやブラケットといった落橋防止構造が設置されていた橋梁についても、津波により、落橋に至っていた。落橋は、橋として「安全性」「供用性」「修復性」が確保できない致命的な被害（道路橋示方書に定義される耐震性能 3 を満足しない）であり、今回の地震被害の中で、最も大きい橋の被害と言える。

左：被災前（歌津大橋）　右：被災後（歌津大橋）

左：被災前（水尻橋）　右：被災後（水尻橋）

図２　桁の流失

(2) 盛土の流失

津波により、橋台背面の盛土が流失し、パラペット背面が見える橋梁が見られた（図３）。

（JR 気仙沼線清水浜駅付近）

図３　盛土の流失

２.２　地震動による被害

(1) 変位制限構造の損傷

橋軸直角方向の変位制限装置の損傷が一部の橋梁で見られた（図４、図５）。比較的長い継続時間の繰返し荷重により、大きい変位が発生していたと考えられる。

図４　変位制限装置の損傷（三陸道利府 JCT 付近）

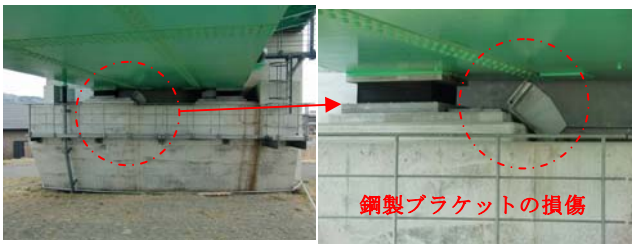
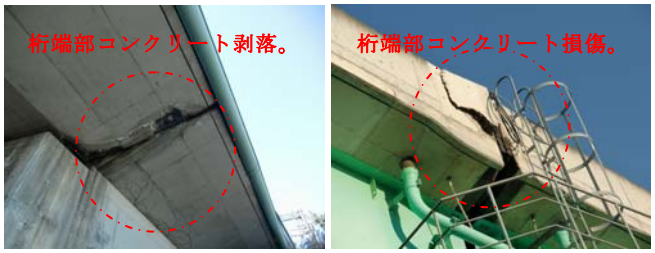


図５　変位制限装置の損傷（新天王橋）

(2) 桁衝突

橋台部、掛け違い橋脚部において、桁の衝突による桁端部の損傷が一部の橋梁で見られた（図６）。比較的長い継続時間の繰返し荷重により、大きい変位が発生していたと考えられる。



（三陸道利府 JCT 付近）

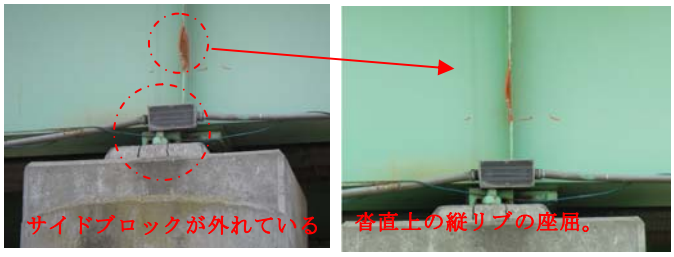
図６　桁衝突

(3) 支承の損傷

天王橋にて、固定支承の沓座コンクリートの損傷（図７）、サイドブロックの損傷（図８）、沓直上の縦リブの座屈（図８）が見られた。

左：天王橋 A2 橋台側面　右：天王橋 A2 橋台前面

図７　支承の損傷

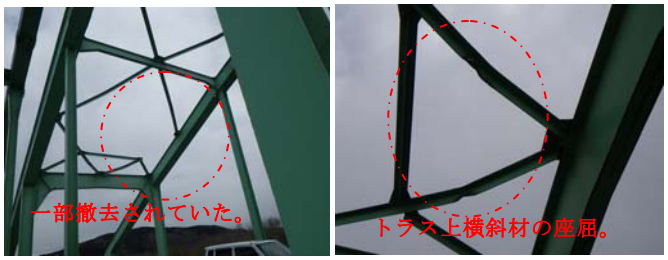


（天王橋 P6 橋脚）

図８　支承の損傷

(4) 上部構造の損傷

天王橋にて、トラス上横斜材の座屈が見られた（図９）。

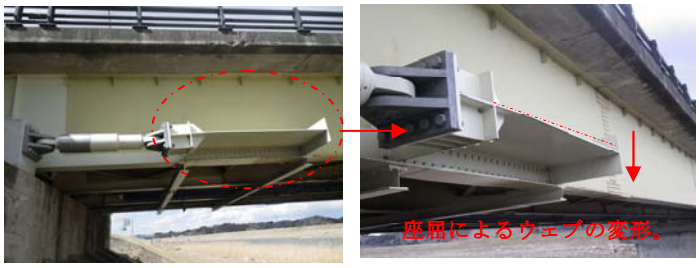


左：破断部（天王橋）　　右：座屈部（天王橋）

図９　トラス上横斜材の座屈

(5) ダンパー取付けブラケットの損傷

鳴瀬大橋 A1 橋台にて、ダンパー取付けブラケットの座屈が見られた（図１０）。座屈に対する設計がなされていなかったと考えられる。



（鳴瀬大橋 A1 橋台）

図１０　ダンパー取付けブラケットの損傷

３．歌津大橋に見る津波被害

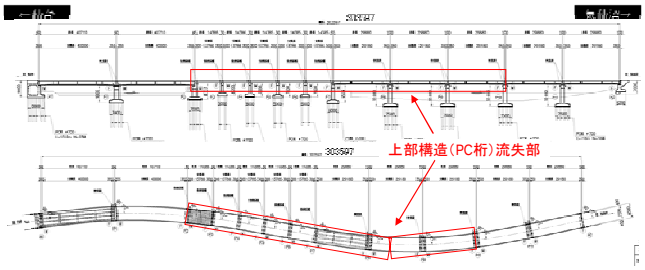
今回の調査対象橋梁のうち､津波による被害(桁の流失：図２）が最も大きかった歌津大橋の被災状況から、被災要因を考察すると共に、現行の設計基準の課題を整理した。

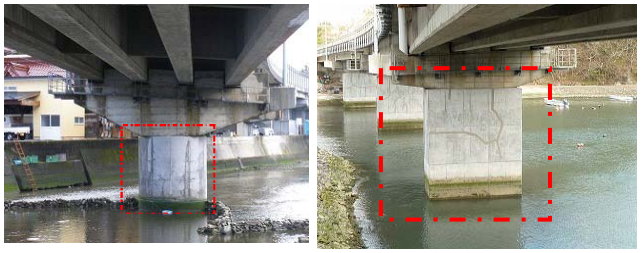
３.１　構造概要

当該橋梁は、1972 年竣工の橋長 303.6m 全 12 径間の PC 橋であり、H14 道路橋示方書に準じた橋脚の RC 巻立て補強（図１１)、落橋防止システム（図１２）の設置が実施済みであった。

表２　歌津大橋橋梁諸元

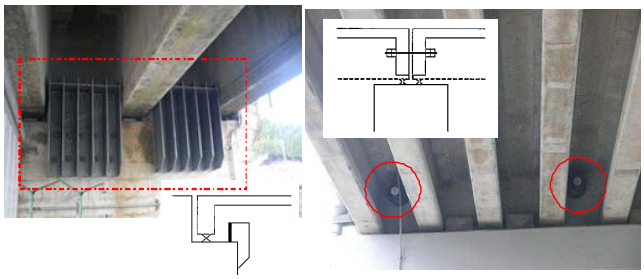
･橋長	303.60m
･総幅員	8.30m
･径間数	12径間
･上部工形式	PC2径間単純ポステンT桁橋
	＋PC5径間単純プレテンT桁橋
	＋PC5径間単純ポステンT桁橋
･下部工形式	ラーメン式橋台、T型橋脚、逆T式橋台
･基礎形式	PC杭、直接基礎
･竣工年度	1972年
･設計活荷重	TL-20
･適用示方書	昭和39年　鋼道路橋設計示方書





左：P1 橋脚　　右：P9 橋脚

図１１　橋脚の RC 巻立て補強（震災前撮影）



左：橋台部（鋼製ブラケット）
右：掛け違い部（PC ケーブル）

図１２　落橋防止システム（震災前撮影）

３.２　津波による被害

津波により両端 2 径間を除く、8 径間の PC 桁が、上流側に流されていた（図１３～図１５)。落橋防止構造である PC ケーブルは破断し、一部の鋼製ブラケットがコンクリートから剥がれ落ちている状況が確認された（図１６)。

図１３　歌津大橋_津波による桁流失

（被災前）　　（被災後）

図１４　津波による桁流失前後

図１５　上流側に流された PC 桁

図１６　落橋防止構造の損傷

３.３　桁の流失メカニズムについて

特徴的な被害が確認された P9 橋脚、P7 橋脚の被災状況より、桁の流失メカニズムについて考察した。いずれも、津波による水平力以外に、大きな上揚力が作用し、落橋に至っていることが確認できる。

(1) P9 橋脚被災状況

P9 橋脚については、梁前面に図１８、図１９に示すような桁の橋軸直角方向の移動に抵抗する鋼製ブラケットが設置されていた。しかし、この鋼製ブラケットに損傷が無く、桁のみが流失していたことから、水平力が作用する前に一度、桁がブラケット位置よりも高く浮き上がった後に、落橋したと考えられる。

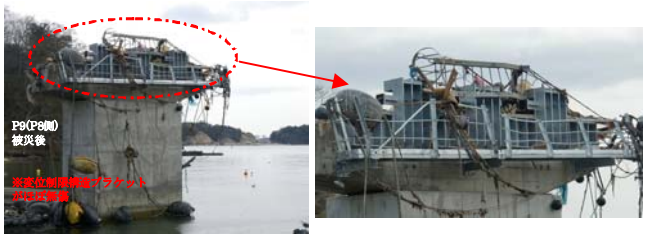
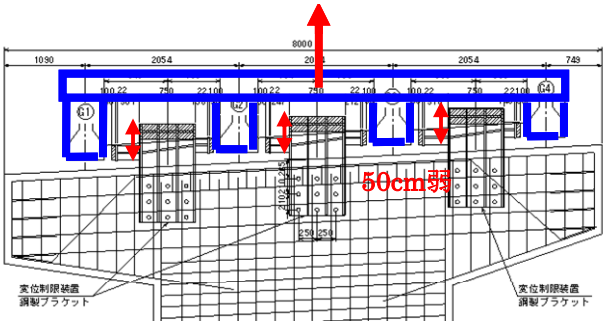


図１７　P9 橋脚の変位制限構造



※桁が 50cm 以上浮き上がらなければ、水平方向の移動に対し、ブラケットが損傷する構造であった。

図１８　P9 橋脚上の桁流失メカニズム

※橋軸直角方向への変位に対し、ブラケットが抵抗する変位制限構造が設置されていた。

図１９変位制限構造の類似構造（A2 橋台）

(2) P7 橋脚被災状況

P7 橋脚については､陸側の鋼製ブラケットが損傷しているものの、海側のものは損傷していないことが確認された。図２１に示すように、津波により桁が浮き上がった後に、落橋に至ったと考えられる。

（被災前）　　（被災後）

図２０　P7 橋脚の変位制限構造

※桁の海側が浮き上がった後に、陸側への水平力が作用していたと考えられる。

図２１　P7 橋脚上の桁流失メカニズム

(3) 類似被災事例（水尻橋）

歌津大橋同様、桁の流失が確認された水尻橋についても、支承のピンチプレートが持ち上げられる形で損傷していることから、桁が浮き上がる方向に、力を受けていたと考えられる。

図２２　類似被災事例（水尻橋）

４．今後の設計の課題

被災調査の結果、落橋防止システムが設置されていたにも関わらず、結果的には落橋してしまっている橋梁が見られた。落橋防止システムは、想定外の地震力や変位、変形に対し、橋として致命的な損傷である落橋を防ぐためのフェールセーフ機構であるが、今回の津波に対しては、機能しなかったと言える。

今後の設計では、これまで考慮されていなかった津波に対する対策が課題となる。

今回の調査では、落橋に至った要因の一つとして津波による上揚力が確認された。しかし一方で、一部の委員会（※）の実験研究より、伝播してくる波の状態（段波、孤立波、砕波等）や、橋梁の構造諸元（桁高、主桁形状等）により、津波が橋梁構造物に与える影響は、異なることが確認されている。現在、この津波による影響について、ま

だ十分な情報が蓄積されていない状況であり、今後、更なる実験研究等によるデータ蓄積に基づく設計法の確立が必要と考える。

※「地震時保有水平耐力法に基づく耐震設計法研究小委員会（平成 22 年（社）土木学会地震工学委員会）_津波が橋梁に及ぼす影響評価 WG」

５．まとめ

今回の橋梁を対象とした調査では、津波による被害が大きく、地震力による被害は、比較的軽微であることが確認された。特に、津波による被害については、桁が落橋しており、2 次被害、復旧性という観点からも今後避けなければいけない被害と言える。今回のような津波の影響は、現行の設計では想定されていないため、宮城県以外の地域も含め、今回の橋梁の津波被害データを整理、分析することで、津波を考慮した設計法確立のための基礎資料とすることが重要であると考える。