

1. 調査メンバー

皆川 浩（東北大学），岩城一郎（日本大学），国枝 稔（名古屋大学），内藤英樹（東北大学）
長井宏平（東京大学），細田 暁（横浜国立大学），渡辺 健（鉄道総合研究所）

2. 調査行程

日程：平成 23 年 3 月 27 日～平成 23 年 3 月 28 日

調査構造物：

鉄道高架橋，橋梁

- ① 東北新幹線 白石蔵王～仙台間 南長町高架橋，中長町高架橋
- ② 東北新幹線 仙台～古川間 花京院橋りょう
- ③ 東北新幹線 仙台～古川間 第2小田原高架橋
- ④ 東北新幹線 仙台～古川間 岩切高架橋
- ⑤ 仙台市地下鉄 七北田川橋梁

道路橋梁

- ⑥ 国道4号線 名取大橋
- ⑦ 仙台市道 八木山橋
- ⑧ 仙台東部道路 仙台港北IC付近

その他

- ⑨ プレテンション PC 電柱



調査領域地図（図中の青マークは鉄道構造物，赤マークは道路橋）

（出展：「電子国土」URL <http://cyberjapan.jp/>）

3. 宮城県仙台近郊 調査結果の骨子

今回の調査範囲および調査対象構造物について、その調査結果の骨子を下記に示す。

3.1 鉄道高架橋・橋梁

(a) JR 東日本の鉄道高架橋・橋梁について

JR 東日本の構造物で、津波の被害を受けていないエリアにおいてコンクリート構造物の崩壊を防ぐ目的での耐震補強工法の有効性が確認された。補強は耐力向上でなく、じん性向上を目的とした補強であり、基礎、地中梁の損傷を引き起こしていないことも JR 東日本の調査の結果、確認されている。JR 東日本では各種の耐震補強工法を開発して実用してきたが、現時点（2011/3/28）までの調査では、耐震補強を施した橋脚、柱で変状は全く生じていないとのことであった。

耐震補強が実施されていない橋脚や柱の中で、相対的に耐震性能の低いものに損傷が見られているが、新潟県中越地震で見られた損傷と同様であり、早期に構造物の復旧が完了している。

東北新幹線の構造物で、構造躯体は無損傷であったが、鋼桁の支承が損傷し、レールの変形等の軌道の変状が生じたものがある。鋼桁をジャッキアップして水平移動し、支承を元に戻す復旧作業は早期に完了している。

(b) 仙台市地下鉄の鉄道橋梁について

構造物の崩壊はなかったが、今回、調査対象とした橋梁の橋台のうちの一つに、橋台背面の胸壁の境界部に正負交番力によるものと推定される損傷が認められた。また、この橋台とは対岸にあるラーメン橋梁のうち、ゲルバー桁を支える橋脚の桁受部の角に剥落が確認された。

3.2 道路橋梁

調査を行った国土交通省管轄の道路構造物（橋梁）では、耐震補強が行われており、供用制限するほどの大きな損傷は認められなかった。仙台東部道路の高架橋において、橋梁支承部の損傷に対して、震災後 2 週間強経過後において復旧作業が行われていた。また、道路橋梁では、アバット背面の地盤の緩みなどで、10cm 程度以上の段差が生じている事例が目立った。ただし、調査時点ではすでに復旧工事が実施され、交通解放されていた。

3.3 その他の構造物（プレテンション PC 電柱）

東北新幹線の多くの電柱（400 本以上）に折損などの損傷が生じた。損傷の数が多いことと電気系統の修復の困難さのため、東北新幹線の運転再開の最大の妨げとなっている。

4. 調査結果概要

次ページ以降に、調査対象とした構造物ごとに調査結果の概要を示す。

調査日時：2011 年 3 月 28 日（月）午前 9:50

構造物名：東北新幹線 白石蔵王～仙台間 南長町高架橋 R8～R13・中長町高架橋

構造物管理者：JR 東日本

構造形式：RC ビームスラブ式ラーメン高架橋

竣工年：1979 年 3 月

損傷部材：柱

調査結果概要：

調査箇所においては、東北新幹線と在来線の東北本線が隣接している。東北新幹線の高架橋は RC ラーメン高架橋においては、新潟県中越地震で見られた高架橋の被害と類似の被害が見られた。今回調査した 3 径間のラーメンにおいて、両端部の柱 4 本は、他の 4 本の柱に比べて高さが低い。これは、両端部の 4 本の柱は、3 径間のラーメンの両隣のゲルバー桁を受ける桁受け部を有するためである。その結果、高さが低い柱では、耐力比（せん断耐力／曲げ破壊時のせん断力）が相対的に小さくなり、せん断破壊しやすい傾向を持つ。この調査区間で最も著しい被害を受けたのが、ラーメンの端部の柱であった（図 1）。

新幹線の高架橋については、基本的にせん断破壊先行の柱の耐震補強は終了している。ただし、今回被害を受けた柱は、曲げ先行の柱ではあるが、その中でも耐力比が低い領域のものであった。

近傍の鋼板巻きの耐震補強を行った柱は全く損傷を受けていない。

被害を受けた柱の復旧方法は、新潟県中越地震のときの復旧方法と全く同じである。ひび割れに樹脂注入を行った後、型枠を組んで型枠内に無収縮系のモルタルを注入している応急復旧の様子である（図 2）。

並行する在来線の高架橋（図 3）は阪神大震災の教訓も踏まえた新しい耐震設計規準に従って設計されており、柱のヒンジ部には内巻きスパイラルが配置されていて、非常に高い変形能力を有する。在来線の高架橋の柱には曲げひび割れが認められたが、大きな損傷は認められなかった。



図 1 中長町高架橋損傷状況
(JR 東日本提供)



図 2 応急復旧の様子



図 3 在来線（左）と新幹線（右）

調査日時：2011 年 3 月 28 日（月）午前 10:55

構造物名：東北新幹線 仙台～古川間 花京院橋りょう

構造形式：合成箱桁

竣工年：1980 年 11 月

損傷部材：支承部

調査結果概要：

本橋梁は、全長 74,500mm の合成箱桁橋である。地震動により固定支承の連結部からピンが抜け、支承がおよそその半分の長さ分、横方向にずれた。修復は、桁のジャッキアップにより行われ、調査時には完了していた。なお、修復作業は、橋台両側面にコンクリート壁があり落橋の可能性が認められないため、橋梁下を通過する国道を閉鎖せず行っている。



図 1 橋梁全景（JR 東日本撮影）



図 2 支承損傷状況（JR 東日本撮影）



図 3 修復後

調査日時：2011 年 3 月 28 日（月）午前 11:15

構造物名：東北新幹線 仙台～古川間 第 2 小田原高架橋 R1

構造形式：RC4 径間 2 層式ラーメン高架橋（直角方向 2 径間）

竣工年：1978 年 12 月

損傷部材：橋軸直角方向中層梁

調査結果概要：

調査箇所は、市内中心部の仙台駅に近い位置に存在し、被災時には柱の耐震補強は実施されていなかった。損傷部材である中層梁は、高さ 1.1m、長さ 6.5m、幅 1.2m を有し、ハンチは有していない。事前のヒアリングでは、橋軸直角方向の複数の中層梁において、一様に斜めひび割れの発生が報告されていたが、調査時では既に補修作業が実施されており、ひび割れ状況については直接確認していない。補修工事の都合上、隣接する R2 以降の構造物の状況を詳細には確認できなかったが、補修作業の状況から、概ね同様の損傷が推測される。また、ラーメン構造部端部の桁受部においても、ストッパーによるものとみられるコンクリートの損傷が確認された。なお、他の部材（橋軸方向中層梁、柱、柱梁接合部、スラブ等）では、目視による観察の結果、顕著な損傷は確認されなかった。

中層梁の補修では、損傷部を除去した後にエポキシ系樹脂の注入、桁受部に対しては、さらに橋軸直角方向の変位の制限を目的とした鋼製のストッパーが施工されていた。計画から足場撤去までの全ての工程は、3 月中に終了との予定であった。

本高架橋では中層梁のせん断ひび割れが確認されたが、構造物の崩壊には至っていない。このような損傷は、これまでの地震でも確認されている。なお、軌道の変状は未確認である。



図 1 R1 ブロックの損傷状況（JR 東日本提供）



図 2 補修後の状況および横ずれストッパーの設置

調査日時：2011 年 3 月 28 日（月）午後 12:05

構造物名：東北新幹線 仙台～古川間 岩切線路橋

構造形式：3 径間連続 PC ホロー桁

竣工年：1978 年 5 月

損傷部材：橋脚

調査結果概要：

本高架橋は、4 本の橋脚で構成される JR 東北本線を跨ぐ高架橋である。損傷部材である、最も古川側に位置する橋脚は、被災時には補強されておらず、段落し部を起点とする曲げ降伏後のかぶり剥落とせん断ひび割れに伴うコンクリートの剥落が発生していたことが報告されている（図 1）。なお、調査時には、既に RC 巻立工法による補強工事が完了していた（図 2）。

一方、被災時には、中間の 2 本の橋脚には既に RC 巻立による補強が既に施されていたが、これらの橋脚には損傷は目視による観察では確認されなかった。なお、上部構造の死荷重の大きい中間の 2 本の橋脚は、耐震補強がされていたとの説明があった。また、損傷箇所において、軌道における変状は確認されていないとの報告があった。



図 1 岩切線路橋 4P 橋脚損傷状況（JR 東日本提供）



図 2 岩切高架橋 補修後

調査日時：2011 年 3 月 27 日（日）午後 6:00，および，28 日（月）午前 7:05

構造物名：七北田川橋梁および周辺ラーメン高架橋

構造形式：2 連単純鋼箱桁と RC ラーメン高架橋

竣工年：1991 年

損傷部材：胸壁の基部と桁座

本橋梁は仙台市地下鉄南北線の鉄道橋梁である。確認された損傷を以下にまとめる。

1. 橋脚の胸壁の境界部の損傷

橋台の背面（ゲルバー桁側）の胸壁の境界部に曲げ破壊が生じ、鉄筋が座屈し、コンクリートが圧壊した（図 1.1，図 1.2）。これは、ゲルバー桁を支える胸壁の正負交番力によるものであり、設計上は自由端とされていたと考えられる桁からの水平力が胸壁に伝わっていたためと推定される。なお、破壊状況より、胸壁の境界部とコンクリート打ち継ぎ部が一致していた。また、ゲルバー桁の反対側の桁座はゲルバー桁と衝突したとみられ、コンクリート片が落下していた。



図 1.1 胸壁損傷全景



図 1.2 胸壁損傷詳細



図 1.3 ゲルバー桁損傷

2. ゲルバー桁橋脚桁受部

上述の損傷橋台とは対岸にあるラーメン橋梁のうち、ゲルバー桁を支える橋脚の桁受部の角に剥落が確認された（図-2）。これはゲルバー桁の支承が完全には水平方向に自由になっておらず、地震動の水平力が伝わり、ひび割れが発生したものと推定される。

3. 地盤の変状

複数の橋脚および柱基部周辺に地盤変形による亀裂が確認された（図 3）。

4. セン断ひび割れ

ラーメン高架橋の柱で微細なせん断ひび割れが確認された。



図 2 桁受部損傷



図 3.1 地盤の変状(七北田川橋梁 泉中央川橋台)



図 3.2 ラーメン高架橋基部



図 4 ラーメン高架橋柱のせん断ひび割れ

調査日時：2011 年 3 月 27 日（月）午後 2:00

構造物名：国道 4 号線 名取大橋

構造形式：17 径間 5 主桁単純鋼溶接合成 I 桁

竣工年：昭和 38 年 3 月

管理者：国土交通省

損傷部材：RC 橋脚の耐震補強 RC 巻き立て部上端から約 35cm の部位

調査結果概要：

本橋梁の橋脚は RC 巻き立て工法による耐震補強がなされている。巻き立て補強は橋脚張出部より下の部位に施されている（図 1）。

橋脚には巻き立て部上端から上約 30cm の位置において水平方向に幅 0.3mm 程度から最大 5mm 程度のひび割れが生じており（図 2）、P16 橋脚・仙台側においては一部かぶりの剥落と軸方向鉄筋の座屈も確認された（図 3 および図 4）。軸方向鉄筋の座屈は帯鉄筋間隔 1 区間において生じていた。この損傷状況から、RC 巻き立て上端（張り出し部による断面の変化位置）が弱部となって上部工慣性力による曲げひび割れが生じたと考えられる。

なお、巻き立て部が完全に地中にある P16 橋脚周辺において、地震動に対する橋脚の応答によるものと推測される地割れが確認されている（図 5）。

本橋梁では地震動によって複数の橋脚に曲げひび割れが確認されたが、供用制限するほどの損傷ではなかったため、調査当日も通常通り供用されていた。なお、橋脚のせん断ひび割れは見られず、橋梁上部工および支承部などにも顕著な損傷は確認されていない。



図 1



図 2



図 3



図 4 (図 3 の損傷部の接写)



図 5

調査日時：2011 年 3 月 27 日（日）午後 4:15

構造物名：八木山橋

構造形式：3 径間中央ヒンジ PC 箱桁橋

竣工年：昭和 39 年 10 月

管理者：仙台市

損傷部材：鋼製高欄，アバット背面の地盤沈下による路面段差の発生

調査結果概要：

遠望目視点検結果ではあるが，橋脚および桁には大きな損傷は認められない（図 1）．本橋梁の支間中央部近傍の鋼製高欄に変形が認められた（図 2，図 3）が，これらは 3 ヒンジアーチ構造によって，地震前の供用時にすでに発生していたものである．高欄の変形は他の部位でも確認されている（図 4）．なお，支間中央部のジョイントに大きな変形は認められなかった（図 2，図 5）．

八木山側のアバット背面の地盤沈下により，路面段差が発生していた．（図 6，図 7）．この段差は調査時点でアスファルトすりつけによる補修が施されており，すでに供用が再開されていた（図 8）．



図 1



図 2



図 3

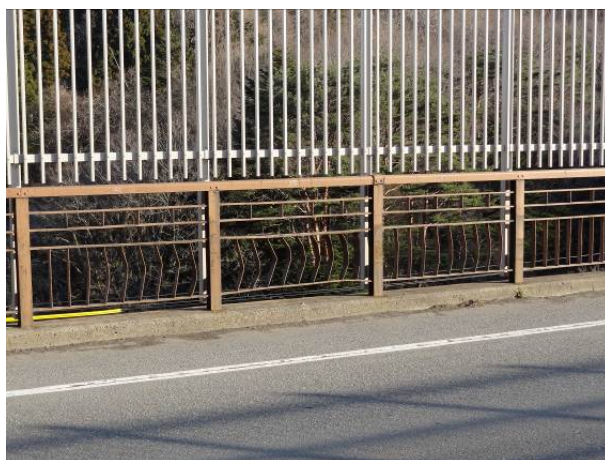


図 4



図 5



図 6



図 7



図 8

調査日時：2011 年 3 月 28 日（月）午後 16:25

構造物名：仙台東部道路 仙台港北 IC 付近（P69 周辺）

構造形式：RC 単柱式橋脚，鋼製単柱式橋脚

管理者：NEXCO 東日本

竣工年：確認中（当該区間は 2001 年に開通）

損傷部材：なし

調査結果概要：

調査箇所は，仙台平野東部を南北に縦断する高速道路であり，高架下を県道 10 号線が通っている．仙台港北 IC 付近は，津波による被害が生じていると報告されているが，少なくとも約 1.5km 南下した当該地点では，RC 橋脚，鋼製橋脚ともに地震による損傷は認められなかった．また，外観上は上部工にも損傷などは認められなかった（図 1，図 2）．ただし，桁の橋軸直角方向の移動を制限する装置とみられる部品が移動していることが目視により確認された（図 3，図 4）．

また，詳細は不明であるが，P56 上では，車線規制（片側 2 車線を 1 車線）をしながら支承部の補修とみられる工事が行われていた（図 5）．



図 1



図 2



図 3



図 4



图 5

調査日時：2011 年 3 月 28 日（月）午後 1:10

構造物名：東北新幹線 電柱

構造形式：プレテンション PC 電柱（蒸気養生）

損傷部材：電柱

調査結果概要：

東北新幹線で、約 470 箇所（2011 年 3 月 18 日時点での情報）で電柱の折損・傾斜・ひび割れが確認された（図 1）。過去の地震でも、電柱の損傷（折損，傾斜，ひび割れ）は発生していたが，今回の地震では，損傷数が多く，広範囲にわたる．そのため，東北新幹線の土木構造物の被害の復旧は比較的早期に終了する見込みであるが，電柱および架線の復旧に長い時間を有する状況となっている．



図 1 東北新幹線の電柱の損傷