

# 地震動による地盤と建造物の被害

後藤 浩之\*・高橋 良和\*・楢田 泰子\*\*・高橋 章浩\*\*\*・盛川 仁\*\*\*\*

## 1. はじめに

3月11日14時46分に三陸沖を震源とするマグニチュード9.0 (Mw) の地震が発生した。気象庁により「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake)」と命名された<sup>1)</sup>この地震では、宮城県栗原市築館で震度7を観測し、また宮城県、福島県、茨城県、栃木県の広い範囲で震度6強を観測している<sup>2)</sup>。本地震のメカニズムは西北西-東南東方向に圧縮軸をもつ逆断層型地震で、太平洋プレートと北米プレートとの間で発生したプレート境界型地震である。今回の地震断層は南北方向に広がっており、その余震域も長さおよそ500km、幅およそ200kmに及んでいることも報告されている<sup>3)</sup>。

東日本大震災と命名された本地震による災害は、津波と原子力発電所事故の被害が主である。しかしその一方で、河川堤防などの土構造物、新幹線高架橋などの構造物、家屋被害など地震動による被害が宮城県から岩手県を中心に発生している<sup>例えば4-6)</sup>。4月7日に発生した余震の影響もあり、例えば東北新幹線は地震後一ヶ月以上経過した4月29日に全線開通した。

本報告は、地震発生直後(3/14-16)に宮城県から岩手県にかけて調査した内容を中心として、本

地震の地震動による被害の概要を報告するものである。ただし、東北地方から関東地方にかけての広い範囲が被害域であるため、被害調査対象地域はその中でもごく限られた地域であったことを予め断っておく。

## 2. 地盤被害の概要

本地震による地盤被害としては、河川堤防盛土の被害、造成地の被害が挙げられる<sup>4)</sup>。また、関東地方を中心とした広範囲に及ぶ液状化被害も報告されている<sup>5,8)</sup>。

河川堤防被害に関して、国土交通省によると阿武隈川、名取川、北上川、鳴瀬川で津波によるものと考えられる堤防流出・決壊が計25箇所にはのべることが報告されている<sup>7)</sup>。また、堤防沈下、堤防崩れ、堤防クラックなどが報告されており、例えば鳴瀬川は堤防沈下27箇所、堤防崩れ25箇所、堤防クラック183箇所である<sup>7)</sup>。このうち、津波に関連しない地震動による直接的な被害も鳴瀬川、江合川、吉田川で認められたことが報告されている<sup>4)</sup>。江合川の堤防では天端の沈下、天端の開口クラック、法面のクラックなどが複数認められ、法尻に噴砂が見られる箇所もあった。写真1は江合川に架かる県道1号の橋梁である江合橋の

\* 京都大学防災研究所  
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University  
\*\* 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻  
Department of Civil Engineering, Kobe University  
\*\*\* 東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻  
Department of Civil and Environmental Engineering,  
Tokyo Institute of Technology

\*\*\*\* 東京工業大学大学院総合理工学研究科人間環境システム専攻  
Department of Built Environment, Tokyo Institute of  
Technology



写真1 江合橋左岸下流側の堤防盛土の被害  
(撮影日：2011/3/14)

左岸下流側の堤防の被害の様子である。堤体は側方に大きく変形するとともに大きな沈下を生じており、その結果、堤防天端部に設けられた路面にはクラックが発生し、不同沈下を生じていた。信号待ちをして停止していたと思われる道路上の車両は身動きが取れず、乗り捨ててある状態であった。基礎地盤は砂質シルトや粘土で主に構成されており、また、細粒分を多く含む噴砂がクラック内に見られたことから、堤体や砂質シルト層の液状化が、堤防大変形の原因の一つであると考えられる。

造成地の被害は仙台市を中心に発生し、北中山、桜ヶ丘、南光台、旭ヶ丘、鶴ヶ丘、緑ヶ丘、折立、西花苑、相互台で地盤変状が報告されている<sup>4)</sup>。例えば、緑ヶ丘は1978年宮城県沖地震で被害の発生した造成地であるが、1丁目は鋼管杭、コンクリートもたれ擁壁、集水井などの対策工が功を奏して被害が認められなかったが、3丁目と4丁目では1978年の地震と同じ箇所でも顕著な地盤変状が発生している<sup>4)</sup>。仙台市青葉区桜ヶ丘4丁目では緩やかな斜面上の宅地で地盤変状が認められた(写真2)。路面上には斜面方向と垂直に複数のクラックが発生し、上下方向にギャップのあるものも認められた。斜面下手方向に地盤が移動したことに起因したものと考えられる。クラック部から水道管被害によるものと考えられる漏水も発生していた。なお、斜面下端部には噴砂が認められた。



写真2 仙台市青葉区桜ヶ丘4丁目の斜面上に認められた路面のクラック (撮影日：2011/3/14)

### 3. 構造物被害の概要

津波被災地では、津波による構造物の被害が太平洋沿岸に多く報告されているが、地震動による構造物被害は限定的である。その中で東北新幹線の被害は、他の構造物被害と比較して顕著である。JR 東日本の報告によると<sup>9)</sup>、沿線上の架線柱の被害は約540箇所、高架橋の被害は約100箇所など計1,200箇所にのぼる。北上駅－新花巻駅間の第1中曽根BL(高架橋)(図1)では、高架橋柱が大きく損傷し、コアコンクリートが玉石状に破碎して主鉄筋がはらみだし、軸力支持能力を喪失している様子が認められた(写真3)。第1中曽根BLは両端にゲルバー桁を有する一層ラーメン高架橋であり、このような損傷はラーメン端部柱にのみ見られたため桁の落下に直接繋がることはないが、単純桁を支持する重要な柱である。また、仙台駅－古川駅間の二層ラーメン高架橋では耐震補強された柱部ではなく横梁に損傷が認められた(写真4)。なお、本震以降復旧作業が進められていたが、4/7に発生した余震によって再度被害が発生している<sup>9)</sup>。本震で被害を受けた高架橋は応急的な補強がなされたため損傷は軽微であったが、本震時に無被害と判断された高架橋で被害が発生している。

その他の構造物被害は、主として宮城県北部の大崎平野に集中している。特に、大崎市古川、登



図1 北上駅－新花巻駅間の東北新幹線被害の概要と第1中曽根BLの位置



写真3 東北新幹線北上駅－新花巻駅間の第1中曽根BLのラーメン高架橋柱の大きな損傷 (撮影日：2011/3/15)



写真4 東北新幹線仙台駅－古川駅間の高架橋横梁の損傷 (撮影日：2011/3/15)

米市迫町佐沼では、局所的に家屋の被害が集中している箇所が認められた。このうち、大崎市古川の古川駅北西側では複数の倒壊家屋や液状化被害が見られた。図2は古川駅北西側で調査を実施したルートとルート上に認められた倒壊家屋、大きな損傷を受けた家屋、マンホールの浮き上がり、

噴砂の位置を整理したものである。なお、調査は3/14-4/7の数日間で行われており、4/7の余震による影響を受ける前の状況である。大崎市古川には防災科学技術研究所K-NET古川観測点と気象庁による大崎市古川観測点が位置している。両者ともに、震度6強を観測しているが、4/26現在で地震記録が公開されているのはK-NET古川観測点のみである。両観測点は直線距離で約1 kmであるが、周辺の被害状況を調査すると気象庁古川観測点の位置する南側の方が被害は顕著である。液状化による噴砂、マンホールの浮き上がりなどの被害は主に古川駅西側の駅前大通で見られ、その西側に

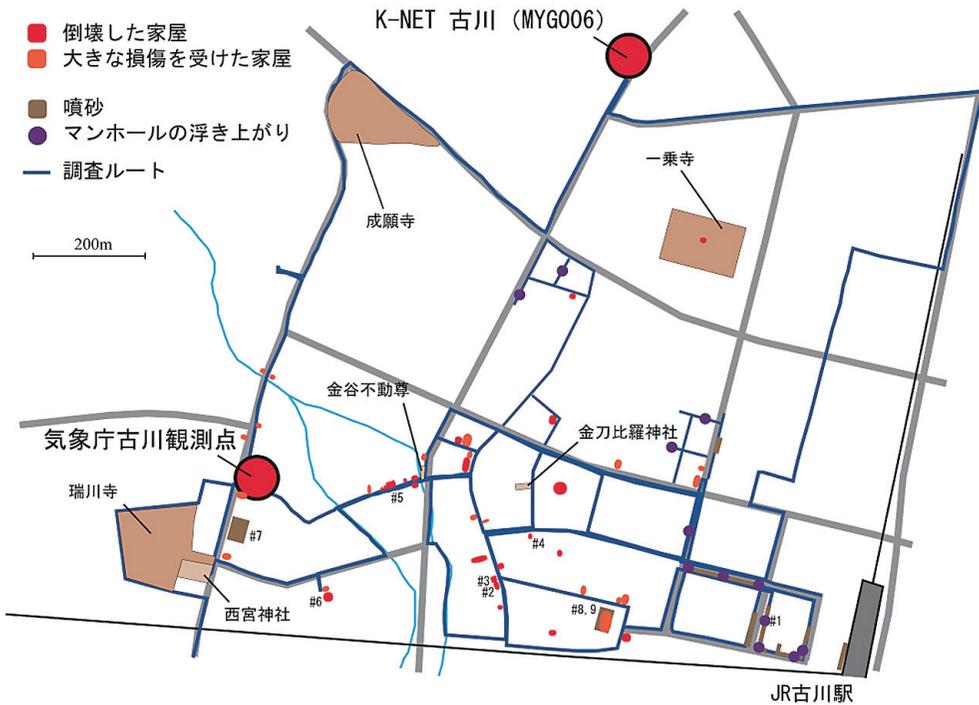


図2 大崎市古川の被害の様子と地震観測点位置



写真5 大崎市古川中里の木造家屋の被害（撮影日：2011/3/14）



写真6 大崎市古川中里のアパートの傾斜（撮影日：2011/4/7）

位置する古川中里，古川南町，古川荒川小金町などで木造家屋の被害が認められた(写真5)。また，古川中里では傾いたアパートが見られ(写真6)，周辺に噴砂が認められている。

なお，本地震で震度7を観測した栗原市築館では，観測点周辺を含めた市街地の調査をしたとこ

ろ家屋の外壁の剥離など構造的には軽微な被害が散見される程度であった<sup>10)</sup>。これは，構造物等への影響が懸念される1-2秒の周期帯域のレベルが大崎市古川の記録では高く，栗原市築館の記録では低いことによるものと考えられている<sup>4)</sup>。

#### 4. まとめ

東北地方太平洋沖地震の地震動による地盤被害、構造物被害は津波被害と比較して限定的であるものの、内陸部で河川堤防、新幹線高架橋、造成地などの被害が発生した。ただし、被害域が広範囲に及ぶため地震動による被害の全体像が未だ掴めない状況である。今後、地震動強さと関連させながら被害メカニズムが解明されることを期待したい。また、主に4/7の余震に起因した本震によるものではない被害も発生していることから、本震被害と分離した整理が必要であることも指摘したい。

#### 謝 辞

本報告にあたり、土木学会地震工学委員会被害調査団の皆様には現地被害調査にあたり多大なるご支援、ご協力を頂きました。また、京都大学防災研究所の皆様には現地調査に際して、安全面に配慮した助言や支援を頂きました。感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 気象庁, 平成23年3月11日14時46分頃の三陸沖の地震について(第2報), <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/11c/201103111620.html>, 2011年3月11日
- 2) 気象庁, 平成23年3月11日14時46分頃の三陸沖の地震について, <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/11b/201103111600.html>, 2011年3月11日
- 3) 気象庁:「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の地震について(第15報), <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/13b/201103131255.html>, 2011年3月13日
- 4) 土木学会東日本大震災被害調査団(地震工学委員会), 緊急地震被害調査報告書(暫定版), <http://committees.jsce.or.jp/report/node/40>, 2011年4月11日
- 5) 地盤工学会, 東北地方太平洋沖地震の災害調査情報, [http://www.jiban.or.jp/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1053:2011newzealand&catid=52:2008-09-15-02-30-46&Itemid=29](http://www.jiban.or.jp/index.php?option=com_content&view=article&id=1053:2011newzealand&catid=52:2008-09-15-02-30-46&Itemid=29), 2011年
- 6) 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター, 東北地方太平洋沖地震に関する情報, <https://sites.google.com/site/tohokuunivdrcr/home>, 2011年3月20日
- 7) 国土交通省, 災害情報(55報), <http://www.mlit.go.jp/common/000139083.pdf>, 2011年4月26日
- 8) 鉾田泰子・片桐 信, 東北地方太平洋沖地震における水道施設被害調査報告, [http://www2.kobe-u.ac.jp/~kuwata/earthquake/tohokukanto2011/report\\_CHBIBR\\_v1.pdf](http://www2.kobe-u.ac.jp/~kuwata/earthquake/tohokukanto2011/report_CHBIBR_v1.pdf), 2011年4月3日
- 9) JR 東日本, 東北新幹線の地上設備の主な被害と復旧状況(2011年4月17日現在), <http://www.jreast.co.jp/pdf/restore02.pdf>, 2011年4月17日
- 10) 後藤浩之, 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震 地震動に関する被害調査報告, <http://www.catfish.dpri.kyoto-u.ac.jp/~goto/eq/20110311/0402report.pdf>, 2011年4月4日

(投稿受理:平成23年4月28日)