

東北地方太平洋沖地震 宮城県北部地域第一次被害調査速報 (A3 グループ)

First Reconnaissance Report of Geotechnical Damage in the Northern Area of Miyagi Prefecture due to The 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (A3 Group)

鳥居 宣之 (とりい のぶゆき)

神戸大学大学院 助教

肥後 陽介 (ひご ようすけ)

京都大学大学院 助教

鏡原 聖史 (かがみはら さとし)

㈱ダイヤコンサルタント関西支社 課長代理

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の被害状況を地盤工学的視点で把握するため、平成23年4月5日～10日に、東北支部と関西支部合同で宮城県北部地域における第一次調査を実施した。本報告は、河川堤防、橋梁基礎、切土斜面、盛土斜面を対象に調査した結果を速報として報告するものである。

2. 調査団員・調査行程

2.1 調査団員構成

調査団員は、表-1に示すとおりで、宮城県北部地域に限られた日数で調査することから、全6グループに分かれて調査を実施した。筆者らは、グループ名をA3とし活動を行った。

2.2 調査行程

A3グループの調査行程を以下に示す。

平成23年4月5日

南三陸町歌津字伊里前(歌津大橋被害, 伊里前漁港), 南三陸町県道225号泊崎半島線(道路被害), 気仙沼市本吉町二十一浜(二十一浜橋被害), 気仙沼市本吉町下宿(小泉大橋被害)

平成23年4月6日

栗原市大林(迫川堤防被害), 登米市東和町(新北上川堤防被害), 石巻市合戦谷(道路斜面被害), 石巻市北上町橋浦(新北上川堤防被害), 石巻市北上町十三浜(新北上川堤防被害)

平成23年4月7日

石巻市県道2号石巻鮎川線(道路被害)

平成23年4月8日

仙台市太白区緑ヶ丘(宅地盛土被害), 仙台市青葉区西花苑, 折立, 八木山南(宅地盛土被害)

平成23年4月9日

大崎市県道253号鳴子池月線(道路被害), 栗原市築館薬師ヶ丘(旧地すべり崩壊地), 仙台市泉区泉ヶ丘(道路被害), 仙台市泉区福岡(盛土被害)

平成23年4月10日

仙台市青葉区粟生, 高野原(宅地盛土被害)

3. 被害状況

A3グループが調査した宮城県北部地域の主要な被害について、構造物ごとに分類して概要を述べる。

3.1 河川堤防被害

(1) 迫川左右岸堤防被害(栗原市大林)

旧北上川合流地点から30 km 上流に位置し、右岸左岸ともに大きな変状が見られた。津波は到達しておらず、地震動による被害である。まず、左岸の被害状況は、写真-1に示すように、堤内地(以降、川裏と呼ぶ)側が大きく崩壊していた。崩壊箇所の近くには天端のアスファルトにクラックも発生しており、クラックと崩壊を合わせた延長は500 m 程度であった。また、堤外地(以降、川尻と呼ぶ)部の道路面の沈下は1.5~2.0 m 程度であった。右岸の被害状況は、写真-2に示すように川裏側に変形し、天端および法面にクラックが発生していた。天端は大きく波打ち、その延長は500 m 程度であった。崩壊発生の要因としては、以下のことが考えられる。左岸の堤防は堤内地に降りるためのスロープが取り付けられており、取り付け部で特に大きな崩壊が見られたことから、他の部位と固有周期が異なり、接合部などが崩壊のトリガーになった可能性がある。右岸はアスファルト舗装されておらず、堤防は足で踏むと容易に変形する程軟弱で

表-1 調査団員構成

調査団構成		氏名	所属
東北支部	代表者	京谷孝史	東北大学
	連絡代表者	山川優樹	東北大学
	団員	加藤凜治	東北大学
		東瀬康孝	パシフィックコンサルタンツ㈱
		高橋一雄	㈱テグノ長谷
四国支部応援	団員	渦岡良介	徳島大学
関西支部応援	団員	石丸真	電力中央研究所
関西支部	代表者	岡二三生	京都大学
	連絡代表者	木元小百合	京都大学
	団員	鳥居宣之	神戸大学
		鏡原聖史	㈱ダイヤコンサルタント
		肥後陽介	京都大学
		吉田信之	神戸大学
		山下典彦	神戸市立工業高等専門学校
		深田隆弘	JR西日本
		飛田哲男	京都大学
甲斐誠士	㈱ダイヤコンサルタント		



写真一 迫川左岸側の被害状況



写真二 迫川右岸側の被害状況



写真三 新北上川左岸側の被害状況 1



写真四 新北上川左岸側の被害状況 2



写真五 新北上川左岸側の被害状況 3



写真六 歌津大橋の被災状況

あり、左岸の変状の見られた箇所も同様に軟弱であった。河川水位は堤防法尻部のレベルと比べて低い川裏、川表ともに水田があり、基礎地盤部は比較的含水量が多かった事が考えられる。

(2) 新北上川中流域左岸堤防被害（登米市東和町）

登米市東和町米谷～登米市津山町柳津（新北上川河口より38 km 上流）にかけて、新北上川左岸で堤防の被害が見られた。対岸から観察した限り、右岸においても左岸と同等の被害が観察された。いずれも、応急復旧されて、被害としては限定的であったと言える。写真一3の箇所は、法肩付近で川表および川裏側にクラックが発生しており、損傷の延長は150 m 程度であった。川裏側の道路にもアスファルト舗装に損傷が見られ、川表、川裏の双方に変形した事がうかがえる。当該箇所は川裏側の道路に出るためのスロープ盛土が取り付けられており、(1)の迫川左岸堤防と同様のメカニズムが考えられる。写真一4では、天端縦断方向に55 m 程度のクラックが見られた。クラックの深さは10 cm、クラックの幅は2 cm 程度であった。川裏側にはほとんど変状は見られなかったが、川表側には法尻に近い個所でクラックが発生しており、そこから法肩にかけても、コンクリートの階段や舗装に損傷が見られた。写真一5では、樋門と接合した堤防に損傷が見られた。その他の樋門においても同様の被害が見られた。樋門の接合部は、地震時の樋門構造物と堤防の変位の振幅や位相が異なり、盛土が構造物から打撃を受けるようなメカニズムが推察された。

(3) 新北上川下流域左岸堤防被害（石巻市北上町十三浜）

新北上川河口から1～3 km 上流にある堤体が津波によって流失したと考えられる地点で、現在は既に盛土に

よる仮復旧が進んでいた。堤外地からの津波(押波)による越流、および堤内地から川側へ向かっての引き波の越流で堤防が浸食された事が主たる原因と考えられる。これは、洪水時の越流で河川堤防の川裏側が浸食されるメカニズム¹⁾と類似している。越流による消失が見られなかった他地点の堤防の損傷は限定的であったことから、地震動自体による損傷は軽微であったものと考えられる。ただし、その損傷部が大きな流失へのトリガーとなった可能性は考えられる。

3.2 橋梁被害

(1) 歌津大橋橋梁被害（南三陸町歌津字伊里前）

橋桁が津波によって落橋していた。地震動によって、橋脚や桁の取り付け部が損傷し、そこへ津波が到来し浮力と流れによる水圧で桁が外れたと考えられる。写真一6に示すように落橋した桁の一部は道路面が下になっており、海側から斜め上方向に桁下面に大きな水圧が作用した事がわかる。橋脚部には大きな損傷は見られなかった。橋脚の長手方向は津波の流れに対して平行で、水圧を受ける面が相対的に小さかったためと考えられる。

沿岸部の護岸は裏込めの土と共に津波の引波によってほとんど消失している。浸食深さは1～2 m 程度であった。

(2) 二十一浜橋橋梁被害（気仙沼市本吉町二十一浜）

二十一浜橋は、写真一7に示すように津波によって桁が流されて、取り付け部の土が浸食される被害があった。調査時には、迂回盛土と仮設の橋桁による仮復旧が完了していた。二十一浜橋の陸側にあるJR 気仙沼線の盛土は、浸食によりほぼ消失していた。

(3) 小泉大橋被害橋梁被害（気仙沼市本吉町下宿）

小泉大橋はすべての桁が津波によって流された。橋脚は右岸から見る限り大きな損傷は無かった。特徴的な被



写真一七 二十一浜橋の被災状況



写真一八 小泉大橋周辺の護岸被災状況（上流側）



写真一九 小泉大橋周辺の護岸被災状況（下流側）



写真一〇 国道45号沿い切土斜面上部の自然斜面崩壊

害は、橋の上流側近接部の護岸付き堤防が右岸、左岸ともに崩壊していたが（写真一八）、一方で、下流側には被害がほとんどなかった事である（写真一九）。小泉大橋のやや上流側に位置する樋門でも同様に樋門の上流側

堤防に損傷が見られた。この原因については以下のことが考えられる。パルス的な地震動が南東方向に卓越し、上流側護岸が構造物に押し当てられて損傷を受けた。また、橋の上流の護岸コンクリートには、橋桁などの流された構造物がぶつかってできたと考えられる引っかき傷が見られた。このような漂流物の打撃も上流側堤防損傷の一つの要因と考えられる。JR 気仙沼線の橋梁も津波が橋梁の上を超えており、橋桁が落ちる被害を受けた。また、橋梁の取り付け部は盛土構造であったが、津波による浸食で大きな被害を受けていた。

3.3 道路斜面被害

(1) 国道45号自然斜面崩壊（石巻市合戦谷）

国道45号の切土斜面上部の自然斜面が地震動によって崩壊したものと推察できる。斜面崩壊地周辺の地形は、西向きの凸形斜面で斜面傾斜角が40度と急傾斜である。崩壊は、写真一〇に示すように遷急線付近から幅50～60 m、厚さは2 m程度の表層崩壊が発生していた。崩壊土砂は0.2～0.4 m程度の岩塊、礫混じり土でH23/4/6現在、崩壊土砂が道路を埋め、車両通行止めとなっていた。また、崩壊地の上には明瞭なクラックが認められ、地表面伸縮計で変位の計測が行われていた。対岸からの崩壊地周辺を望むと崩壊地の左右の自然斜面部にも不安定移動土塊と思われる馬蹄形の形状が認められる。崩壊メカニズムとしては、道路切土斜面上部の凸形の自然斜面が地震による振動によって不安定化し崩壊したものと推察される。ただ、周辺の凸形斜面では同様な地震外力を受けていると考えられ、過去の地震による斜面崩壊の事例²⁾に当てはめると、今回の地震では崩壊に至っていないが、今後の降雨によって崩壊する可能性もあり、注意が必要である。

(2) 牡鹿半島（西部）における道路切土斜面被害

写真一〇に示すように、道路切土法面では、表面工が施工されていない箇所において、表層崩壊型の斜面崩壊や落石が発生していた箇所が多く見られた。崩壊は斜面横断形状が凸型を呈する斜面において遷急線付近から発生していた。ただし、落石防護柵が施工されポケット容量が十分な箇所では、崩土が道路上に到達するような被害には至っておらず、待ち受け型の対策工の効果が発揮されていた。一方、表面工が施工されている切土法面は、ほとんどの箇所では被害が発生していなかったが、一部の法面では、法枠工やモルタルの浮き上がり、モルタル表面の亀裂や一部崩落などの被害が発生していた。

(3) 牡鹿半島（西部）における道路盛土斜面被害

写真一〇に示すように、谷側（盛土部）で数 cm から数10 cm程度の沈下やガードレールの傾倒、舗装面でのクラックの発生などの地盤変状が見られた。このような盛土部における変状被害は多数の場所で見られた。

(4) 牡鹿半島（西部）における自然斜面崩壊

海岸沿いの自然斜面では、表層崩壊型の斜面崩壊が発生している箇所が数カ所確認できた。

3.4 造成盛土被害

(1) 泉ヶ岳スキー場周辺の盛土被害（仙台市泉区泉ヶ



写真-11 道路切土部での被害 (県道2号石巻鮎川線)



写真-12 道路盛土部での被害 (県道2号石巻鮎川線)

岳)

泉ヶ岳スキー場付近の南東向きの盛土斜面である。周辺の地形図コンターから南向きにゆるく傾斜した斜面地に盛土されている。盛土斜面の崩壊は、写真-13に示すように幅32 m、高さ15 mで、崩壊土砂から盛土材は細粒分を多く含む材料であった。また、盛土背面の平坦面にはいくつかのクラックが認められた。降雨および雪解け水が、そのクラックに流入していた。崩壊メカニズムとしては、地震動によって崩壊したものと推察されるが、雪解け水や降雨などが直接盛土内に浸透し、細粒分を含む盛土材の含水比が高くなり、盛土材料の強度が低下していた可能性も考えられる。

(2) 福岡浄水場の盛土被害 (仙台市泉区福岡)

北東向きの谷埋め盛土斜面で、地震動によって盛土が変状した箇所である。浄水場への進入道路の下部盛土は、沈下によるクラックが道路上に認められ、盛土表面に施工されていたコンクリートブロックが、写真-14に示すように一部隆起し、ブロックの接続部で折れ曲がっていた。また、盛土法尻でU型水路が破損していた。さらに盛土斜面に向かって右側では幅15 m程度で土塊が崩落していた。浄水場への進入道路の上部盛土では傾斜は30度程度と比較的ゆるいが、幅20 cm程度の開口クラックが複数認められた。クラック部から見える盛土材料は、粒径のそろった砂質土であった。

4. おわりに

内陸部において河川堤防の損傷や斜面崩壊が見られた



写真-13 盛土斜面の崩壊状況 (泉ヶ岳スキー場周辺)



写真-14 盛土斜面の崩壊状況 (福岡浄水場)

が、被害は限定的といえ、沿岸部では津波による土構造物の浸食被害が多くみられた。特徴的な現象として、地震動によって河川堤防、道路盛土の土構造物が変形し、その後、津波が押し寄せ、例えば護岸や天端の損傷部などをトリガーに浸食が始まり大きな被害へと発展していった事が考えられる。この浸食メカニズムは、洪水時の越流による堤防の被災メカニズムに類似していると言える。また、谷地形を呈する箇所では津波の引波が集まってくる事が考えられ、海側 (川で考えると川表) の土が大きく浸食されていた箇所も多く見受けられた。これが今回の地震における沿岸部の堤防や盛土での典型的メカニズムとなっていると言える。これらについては、事後解析や実験などで検証する必要がある。

今後は、多くの被災現場の情報を集約し、調査研究することによって、津波に対応した耐浸食性を考慮した土構造物を必要な場所に取り入れ、一日も早い被災地の復興を祈るとともに、今後発生する海溝型地震に備えて安全で安心な国土の形成に役立てる必要がある。

参考文献

- 1) The Japanese Geotechnical Society: emergency survey team for ground damage resulting from torrential rains in Fukui, July 2004, Soils and Foundations, No. 46, Vol. 6, pp. 869~884, 2006.
- 2) 沖村 孝・鳥居宣之・永井久徳: 地震後の降雨により発生した斜面崩壊メカニズムの一考察, 建設工学研究所論文報告集, No. 40-B, pp. 97~114, 1998.

(原稿受理 2011.5.10)