

10. 道路土工・斜面

10.1 概要

東北地方太平洋沖地震を受けて道路土工・斜面における被災状況の調査を実施した概要を報告する。今回の地震では広範囲で大きな揺れが観測されたことから、2011年3月13日、16日、23日、25日、4月18～22日、6月3日、8～10日、15日に調査を実施している。被災誘因は主に3月11日の本震および4月11日をはじめとする余震による地震動によるものと、津波に起因するものに分類される。図-10.1は、道路土工・斜面における被災調査範囲および主な被災箇所を示したものである。主な被害としては、軟弱地盤上の盛土の崩壊、地山の緩んだ斜面の崩壊、新第三紀岩の斜面における地すべり、道路に隣接する谷埋め盛土の崩壊による道路閉塞、津波による盛土の流出、のり面浸食および斜面对策工の損傷であった。また、橋梁やカルバート等の構造物接続部の段差が顕著であった。以下、これらの概要について示す。

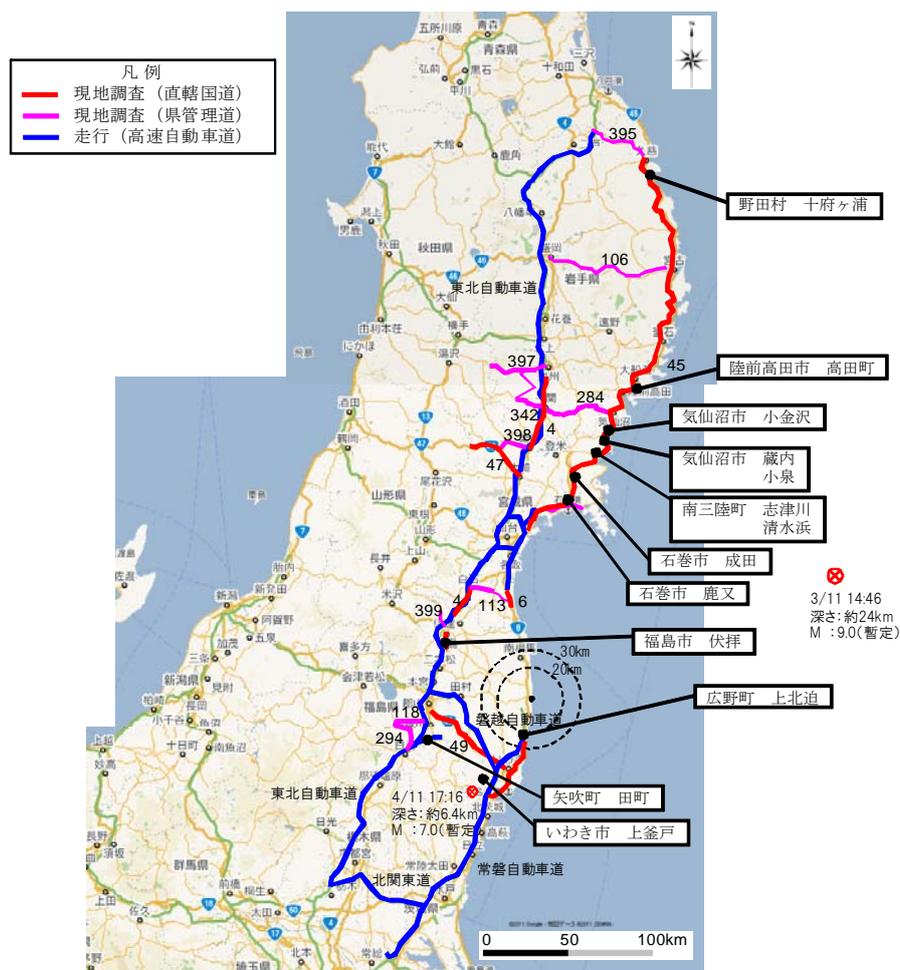


図-10.1 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震における道路土工・斜面分野の被災状況調査範囲および主な被災箇所

10.2 地震動による被害

10.2.1 造成地（谷埋め盛土）の崩壊による道路の閉塞（国道4号線：福島県福島市伏拝）

3月11日の地震に起因して、国道に隣接する谷を埋めた宅地盛土の崩壊により、宅地盛土のり面面の下方を通る国道を閉塞した。崩壊した宅地盛土は丘陵地におよそ40年前に谷地形を埋めて造成されたものである。崩壊土砂は、宅地造成時に地山を掘削した際の発生土と思われる火山碎屑物が主体の粘性土で、崩壊土砂量はおよそ11,000m³であった。崩壊



写真-10.1 国道に隣接する宅地の谷埋め盛土の崩壊（全景）

面や崩土からは湧水が見られ、被災の要因は地山からの浸透水等により常時盛土内に水が存在したことでであると推定される。

また、当該箇所から数十メートル程度起点側の国道の盛土のり面においても、盛土のり面のすべり破壊が見られた。当該区間は前述の宅地盛土と同じ沢部の末端部を埋めた盛土であり、被災の要因は前述の宅地盛土と同様に地山からの浸透水等により常時盛土内に水が存在したことでであると推定される。



写真-10.2 崩壊上部の状況



写真-10.3 崩壊頭部の状況



写真-10.4 崩壊中央部の状況



写真-10.5 道路を閉塞した崩土

(写真提供：福島河川国道事務所)

10.2.2 軟弱地盤上の盛土の被災

(1) 盛土および補強土壁の変状（あぶくま高原道：福島県矢吹町田上）

被災箇所は、N値3程度、厚さ10 m程度の粘性土からなる軟弱地盤上の盛土および補強土壁である。上り線側が暫定の盛りこぼしで、下り線側が補強土壁（テールアルメ）である。本線車道部の地盤は機械式攪拌工法ないしペーパードレーン工法がなされていた。しかしながら、橋台盛りこぼし部の地盤は改良が不足していたため、橋台盛りこぼし部において盛土の沈下およびのり面のはらみだしが発生した。上り線側の路肩では、橋台より前後約30 mの区間で50cm程度沈下し、路面に最大30 cm程度のクラックが道路縦断方向に数列現れた。一方で、補強土壁区間がある下り線の路面の変状は比較的軽微であった。また、橋台本体には顕著な沈下や変位はみられない。

補強土壁は橋台アバット部に対して内側に変位していた。補強土壁の低い位置ほど内側への変位が大きくなっており、アバット部との間を接続しているH鋼のところに隙間ができ、パネル背面から土砂の少量のこぼれだしがある。補強土壁がアバット部に対して外側ではなく内側方向へ変位している理由として、補強土壁の下の部分が反対側上り車線側の沈下およびのり面のはらみだしの影響で引き込まれているものと推察される。



写真-10.6 盛土のすべり



写真-10.7 盛土のすべりによる路面の亀裂



写真-10.8 補強土壁の変状

(2) 軟弱な基盤部を含む腹付け盛土の被災（国道6号線：福島県広野町上北迫）

現地は、沼地のある公園沿いの国道であり、沼地に接する基礎地盤とともに盛土が延長約70mに渡り崩壊した。盛土高は10m～15m程度である。被災箇所は、過去航空写真から推察すると、元は沼地脇の丘陵部を切土してその前後の小規模な沢を埋めた箇所に構築した対面2車線のコンクリート舗装の道路で、道路拡幅の際に沼地側ののり面に腹付けした盛土部と推察される。また、終点側の元地形は沢地形となっており、一部沢を埋めた盛土となっていると推察される。沼に接する盛土の基盤部は、沼の縁に設けられた柵の移動量から推定すると約20m側方に流動した。腹付け部の盛土部は、上り線側の2車線を含んで崩落した。被災箇所の災害前日までの3月の累積降水量は20mmであり、事前降雨の影響はほとんどなかったと考えられる。また、盛土内には地下排水、のり尻にふとんかごが設置されており、盛土内の排水対策は行われていたようである。ただし、調査時の崩壊箇所ののり尻部の側面の状況を見ると、盛土内は乾燥しているが、ふとんかごが設置してある盛土部のり尻以深はかなり湿っており、調査前日までの2週間の降水量は約10mm程度であったことから、盛土の基礎地盤部の水位は常時高かったものと推察される。以上から、3月



写真-10.9 崩壊箇所（全景）

11日の本震により、沼地に接する基礎地盤がすべり、それに伴い腹付け拡幅した盛土部が崩壊したものと考えられる。

応急復旧として、センターラインに矢板打設及び大型土のう設置による被害拡大防止策がとられ、2車線が確保された。



写真-10.10 末端部の状況



写真-10.11 末端内の状況



写真-10.12 現地空中写真（1947年：道路整備前）

（出典：国土地理院空中写真 1947年米軍撮影）



写真-10.13 現地空中写真（1975年：道路拡幅・整備前）



写真-10.14 現地空中写真（2003年：道路拡幅整備後）

（出典：Google 衛星写真 2003年撮影）



写真-10.15 現地空中写真（2011年3月18日：被災後）

（出典：Google 衛星写真 2011年3月18日撮影）



写真-10.16 移動した沼の縁の柵



写真-10.17 崩壊後の沼の状況

破線：移動した沼の縁の柵
破線囲み内：沼の水中の影の状況から、
底泥の盛り上りと推察される

(出典：Google 衛星写真 2011年3月16日撮影)



写真-10.18 崩落した路面部の状況



写真-10.19 旧コンクリート舗装盤境
(拡幅盛土部が大きく崩落)



写真-10.20 切土部の舗装盤下の基岩
(盛土部の喪失により切盛り境で旧コン
クリート舗装盤が破断している)



写真-10.21 崩壊下部の側方の状況
(公園内の周囲ののり尻部がふとんかご
で補強されている)



写真-10.22 のり尻下部のしみだし
(ふとんかご設置位置を境にしみだしが
確認される)



写真-10.23 のり尻下部の公園内の整地箇所の被災状況
(碎石およびポリエチレン管による排水工が確認される)

(3) 軟弱な基盤部での拡幅道路のすり付け盛土の被災（国道45線：宮城県石巻市鹿又）

現地は、右折レーンを設けるために拡幅した道路へのすり付け部である。3月11日の本震に伴い、すり付け部で立ち上げた盛土部が変状した。基礎地盤が軟弱であるため道路拡幅部は既設盛土のり面上にEPSによる軽量盛土により構築されている。被災箇所は拡幅部のすり付け区間であり、EPS盛土の基礎となっている盛土のり面がEPS盛土を含めてすべりが崩壊した。盛土の崩壊に伴い、盛土のり尻部の水路の側壁を押し倒した。盛土前面の民地部のブロック塀や周辺地盤部には目立った変状は認められない。崩壊した区間の前後を含めて盛土の全体的な沈下に伴い路面全体に沈下が見られる。起点側の未崩落部のEPSは支柱部を含めて前面に変位するとともに、EPS基礎地盤及び背面土となっている盛土部の沈下に伴いEPS自体は背面側に傾斜している。崩壊部と反対車線側ののり尻部には、腰留め擁壁の傾斜、民地の土間コンクリートにクラック、水平変位が見られた。以上のような状況から、軟弱地盤上に構築された盛土のり面上にEPS盛土によりの拡幅を行った箇所において、EPS基礎となる盛土部において変状が生じたものと考えられる。崩壊箇所の周辺地盤に目立った変状は認められないことから、主たる変状は軟弱地盤上の盛土部で生じたものと推察される。ただし、反対車線側の民地には変状が見られることから盛土基礎地盤の変状の可能性もあり、今後詳細な地盤調査が必要である。



写真-10.24 現地空中写真（2002年2月27日：拡幅前）

（出典：Google 衛星写真 2002年4月27日撮影）



写真-10.25 現地空中写真（2003年3月22日：拡幅後）

（出典：Google 衛星写真 2003年2月22日撮影）



写真-10.26 現地空中写真（2011年3月14日：被災後）

（出典：Google 衛星写真 2011年3月14日撮影）



写真-10.27 現地空中写真（2011年3月30日：応急復旧後）

（出典：Google 衛星写真 2011年3月30日撮影）



写真-10.28 被災箇所の状況（全景）
（EPSの側壁パネルの柱が2本残されているが、前傾が見られる。）



写真-10.29 のり尻部の状況
（近傍の家屋には変状は見られない）



写真-10.30 側溝側壁の転倒
(変状に伴い側溝が押され、盛土側の側壁が転倒しているが、前面のブロック壁には特に変状は見られない)



写真-10.31 EPS部の状況（支柱は前面に傾斜するとともに、EPS自体は盛土の沈下に伴い後方に傾斜している）

10.2.3 国道沿いのゆるみ斜面の崩壊（国道45号線：宮城県石巻市成田）

斜面の崩壊は3月11日の本震に起因して発生し、本震から約3日後に再び崩れた。崩壊土量は不明である。斜面の地質は三疊紀の粘板岩で、空中写真判読結果とボーリング調査結果から地山の深い範囲でゆるんでいることが推定される。



写真-10.32 斜面崩壊による国道の閉塞（全景）

破線：崩壊範囲、点線：上部斜面に生じた滑落崖

（写真提供：仙台河川国道事務所）



写真-10.33 本震から10時間後の状況

（写真提供：仙台河川国道事務所）



写真-10.34 本震から約3日後の状況

（写真提供：仙台河川国道事務所）



写真-10.35 上部斜面に生じた滑落崖
(矢印間)



写真-10.36 斜面内に生じた亀裂
(矢印の部分)



写真-10.37 左側部末端の状況



写真-10.38 崩壊斜面上方のボーリング
コアの状況

0～12m：強風化し黄色～褐色を呈する。

多数の亀裂とそれらを充填する粘土が観察される。

12m 以深：相対的に硬くなり、黒～灰色を呈する部分が増える。依然として多数の亀裂およびそれらを充填する粘土が観察される。

(写真提供：仙台河川国道事務所)



写真-10.39 崩壊斜面周辺の空中写真判読図 (写真：国土地理院)

6.2.4 地滑りによる県道の被災 (県道いわき石川線：福島県いわき市上釜戸)

4月11日の余震に起因して、地すべりが発生し県道を閉鎖した。崩壊土量は不明である。地質は、新第三紀の凝灰質堆積岩である。地すべりのつま先にはグラウンドアンカー工を施した切土のり面があり、地すべりによって損傷した。



写真-10.40 地すべりによる県道の被災状況 (全景)

破線：地すべりの範囲、太矢印：地すべりの概略の移動方向

(写真提供：福島県)



写真-10.41 左側部末端の状況



写真-10.42 末端部の路面の隆起



写真-10.43 被災したグラウンド
アンカー工



写真-10.44 右側部末端の状況



写真-10.45 地すべり地内の亀裂・段差



写真-10.46 地すべり頭部の陥没帯

10.3 津波による被害

10.3.1 のり面保護工の被害

3月11日に発生した地震および津波に対して、ほとんどののり面保護工での損傷は確認されなかったが、津波による若干の損傷が見られた。一つは、のり枠工（プレキャストコンクリートののり枠工および吹付けのり枠工）の損傷、もう一つは津波によるモルタル吹付け工のはく離である。

(1) プレキャストコンクリートのり枠工（国道45号線：岩手県野田村十府ヶ浦）

プレキャストコンクリートのり枠工の内側のぐり石とのり枠背面の土が流出し、のり枠の一部も流されていた。津波はのり枠工上部まで達しており、流失したのり枠は引き波により背面土砂ごとさらわれたものと推察される。



写真-10.47 プレキャストのり枠
の被災箇所



写真-10.48 プレキャストのり枠
の被災状況
(のり枠の一部・枠内のぐり石が流失)



写真-10.49 のり枠背後の土砂流出
による隙間

(2) 吹付けのり枠工（国道45号線：岩手県野田村十府ヶ浦）

吹付けのり枠工の内側の密閉用の吹付けモルタルと背面の土砂が流出した。のり枠内の吹付けモルタルの厚さは数センチ程度で、津波の衝撃で金網（ラス）ごと破壊され、背面土砂とともに流失したものと推察される。のり枠自体は地震動によるものと思われる座屈による損傷が確認された。



写真-10.50 吹付けのり枠工の被災箇所
（全景）



写真-10.51 のり枠の損傷箇所
（内部の吹付けモルタルは、一部残ったがほとんど部分で金網ごと流亡した）



写真-10.52 のり枠下部の損傷
（金網型枠内のモルタルも破砕）



写真-10.53 のり枠の交差部の損傷
（金網型枠が破断し補強筋と枠も分離）

(3) モルタル吹付け工（国道45号線：宮城県気仙沼市蔵内、宮城県気仙沼市小泉）

津波による吹付けモルタルの流失が数箇所を確認された。これらの箇所は、いずれの箇所も津波が吹付け上端部を越えていた。背面の地山に崩壊跡は見られず、津波の衝撃により吹付けモルタルの一部が損傷し、引き波により流失したものと推察される。



(a) 仙沼市蔵内



(b) 気仙沼市小泉



(c) 気仙沼市小泉

写真-10.54 吹付けモルタルの流失跡

10.3.2 盛土および擁壁の被害（国道45号線：気仙沼市、陸前高田市、南三陸町）

3月11日の本震後に発生した津波に起因し、大規模な盛土の損傷が発生した。特に、構造物取付部等で多くの盛土が流出した。

擁壁については擁壁背面の盛土が津波により崩壊し、それに伴い一部擁壁も被災したケースがみられた。また、引き波によると考えられる、擁壁基礎地盤の洗掘により擁壁が倒壊し、道路が流出した事例も見られた。



写真-10.55 津波による盛土の被災
(気仙沼市小金沢)



写真-10.56 津波による盛土の被災
(気仙沼市小金沢)



写真-10.57 津波により橋梁上部工とともに橋台背面盛土が流出
(陸前高田市高田町 沼田跨線橋)



写真-10.58 切土のり面のブロック積擁壁
 (南三陸町志津川)
 (津波が擁壁の上端を越えたが、擁壁には被災がなかった)



写真-10.59 盛土側面のブロック積擁壁
 (南三陸町上大坊)
 (津波が道路面(盛土上面)を越えたが、擁壁には被災がなかった。)



写真-10.60 L型擁壁の倒壊
 (大槌町浪板吉里吉里)
 (津波がL型擁壁の上端を越え、擁壁が倒壊した)



写真-10.61 擁壁の倒壊
 (山田町山田)
 (津波が擁壁の上端を越え、擁壁が倒壊した)

10.4 まとめ

これまでの調査範囲においては、今回の東北地方太平洋沖地震による道路土工・斜面関係での主な被害としては、軟弱地盤上の盛土の崩壊、地山の緩んだ斜面の崩壊、新第三紀岩の斜面における地すべり、道路に隣接する谷埋め盛土の崩壊による道路閉塞、津波による盛土の流出、のり面浸食および斜面对策工の損傷であった。

斜面関係では、地すべりや斜面崩壊による道路の閉塞が数カ所で確認されたが、中越地震、岩手宮城内陸地震等の過去の直下型地震で見られた大規模な斜面災害はあまり見られなかった。

道路土工関係では、最も大きな被害は津波による被害であり、構造物取付部等で多くの盛土が流出した。地震動による被害としては、宅地盛土の崩壊に伴う道路閉塞や軟弱地盤上の腹付け盛土での被災に見られたように、谷埋め部、切盛り境や腹付け盛土等では、現地条件によっては大規模な崩壊に至ることは今回の地震でも確認された。特に、基礎地盤が軟弱でのり尻近傍が水辺になっている箇所では、大規模な崩壊に至った事例がみられ、被災原因等について今後詳細な調査が必要である。