

東北地方太平洋沖地震による地盤災害事例

Case Report of Ground Disaster due to The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

木幡 行宏¹

1. 室蘭工業大学大学院工学研究科

Yukihiro Kohata¹

1, Department of Civil Engineering, Muroran Institute of Technology

Abstract

This report is summarized about ground disaster at Narita area in Ishinomaki, Oritate area in Sendai, Hanokidaira area in Shirakawa and Fushiogami area in Fukushima due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. In these area, slope failures or landslides were arised on earthquake motion. Based on the field investigation, the situation of these ground disasters is reported.

Key Words: The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Geotechnical damage, Slope failure,

Field investigation

キーワード：東北地方太平洋沖地震，地盤災害，斜面崩壊，現地調査

1. はじめに

2011年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震は、三陸沖を震源とし、マグニチュード9.0、最大震度7（宮城県北部）に達する、近年の我が国においては、広範囲に未曾有の震災をもたらした巨大地震であった。とりわけ、岩手県、宮城県、福島県の東北3県及び茨城県に甚大な被害をもたらした。著者は、平成23年9月21日～23日に、（財）北海道道路管理技術センターの道路管理技術委員会が主催して実施した、岩手県、宮城県、福島県における地盤災害に関する調査に参加した。

本報は、この地盤災害調査の中で、斜面災害を中心とし、石巻市成田、仙台市青葉区折立、福島市伏拵、白河市葉ノ木平の災害事例についてまとめたものである。

2. 地震・地震動

2011年東北地方太平洋沖地震は、太平洋プレートの沈み込みに起因する海溝型地震であり、地殻内地震である1995

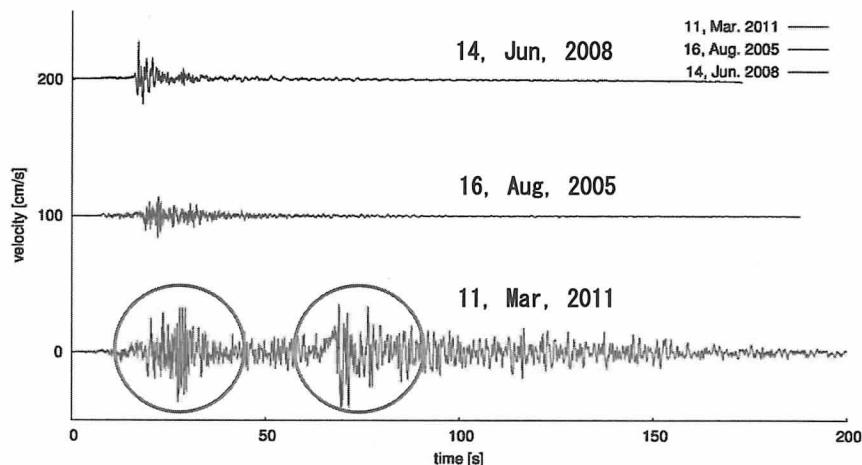


図1 K-NET 仙台における2005年宮城県沖地震、2008年岩手・宮城内陸地震及び本地震との速度波形(EW成分)の比較

表 1 最大水平加速度の記録

最大水平加速度上位 8 記録の観測点

最大水平加速度 (cm/s ²)	観測点
2765	K-NET 築館 (MYG004)
1970	K-NET 塩竈 (MYG012)
1913	港湾地域強震観測 小名浜事 -G
1844	K-NET 日立 (IBR003)
1807	K-NET 仙台 (MYG013)
1614	K-NET 銚田 (IBR013)
1425	K-NET 今市 (TCG009)
1425	K-NET 白河 (FKS016)

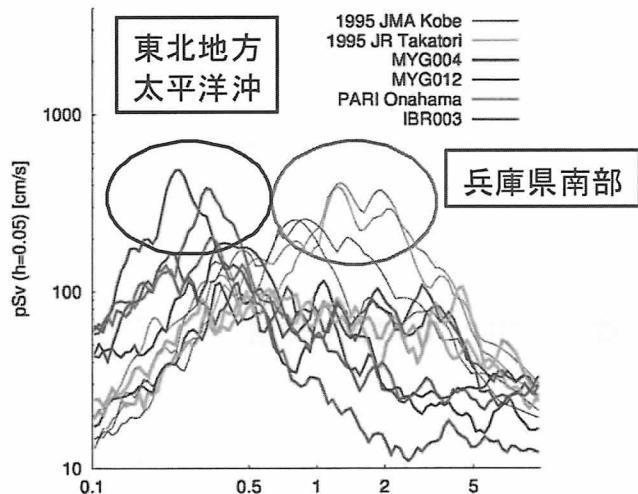


図 2 1995 年兵庫県南部地震と本地震との疑似速度応答スペクトルの比較

年兵庫県南部地震や 2008 年岩手・宮城内陸地震と地震動の特徴が大きく異なる。また、同じ海溝型地震であった 2005 年宮城県沖地震の地震動との特徴とも異なる。図 1 は、K-NET 仙台における 2005 年宮城県沖地震、2008 年岩手・宮城内陸地震及び本地震との速度波形 (EW 成分) の比較を示す¹⁾。東北地方太平洋沖地震における地震動の特徴は、東北地方に沈み込むプレートに沿った全長 400~500 km の低角逆断層のずれに伴い長周期～短周期の幅広い帯域の地震動が長い継続時間で励起されたことである。図 1 に示すように、同じ

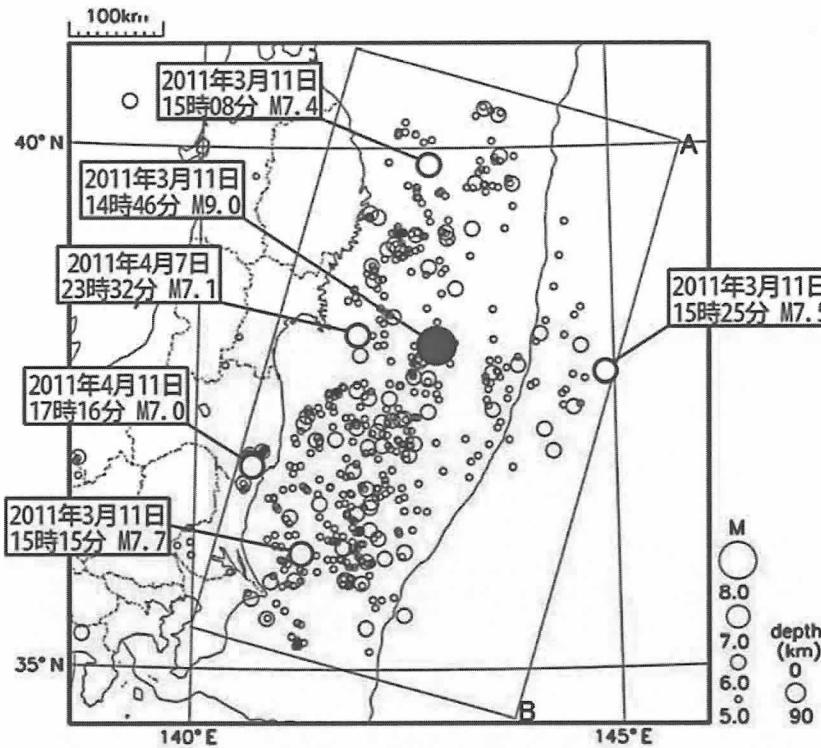


図 3 3 月 11 日以降の地震発生状況（気象庁 HP より）

海溝型地震であった 2005 年宮城県沖地震、2008 年岩手・宮城内陸地震では、継続時間が 50 秒未満であったのに比べ、本地震は、その 3 倍の 150 秒以上も震動していたことが分かる。一方、図 2 に、兵庫県南部地震と本地震の疑似速度応答スペクトルの比較を示す。兵庫県南部地震で神戸市域を襲った強震動は、地殻内地震の横ずれ断層の破壊の進行方向で周期 1~2 秒の大きな長周期パルス波、いわゆる、キラーパルスが発生したのに対し、本地震は 0.5 秒以下の短周期パルス波が卓越しており、構造物の被害が比較的少なかったのも特徴の一つである。また、表 1 には、K-NET による最大水平加速度上位 8 地点の記録を示したが、上位 8 地点ではすべて 1400 cm/s² 以上で、築館では 2765 cm/s² の非常に大きな水平加速度を記録していることが分かる。さらに、今回の地震の特徴のひとつとして、本震以後も大規模な余震が発生したことである。図 3 に、3 月 11 日～4 月 11 日までの間の地震発生状況を示す²⁾。M>7 の余震が 5 回発生しており、その後の被害拡大の大きな要因になった。我が国で発生する地震

のうち、M7 以上の地震は 2~3 回/年であり、また、兵庫県南部地震においても、M7.3 であったことを考えると、余震を含めて、今回の一連の地震は、近年では経験したことのない大規模な地震であったことが明らかである。

3. 石巻市成田における自然斜面崩壊

図 4 に、石巻市成田（合戦谷より石巻方）の国道 45 号線（一関街道）に面した自然斜面崩壊現場の調査箇所を示す。ここでの推定震度は 6 強であり、この斜面崩壊は地震動に因るものと考えられる。斜面崩壊地周辺の地形は、西向きの凸型斜面で、斜面

傾斜角は 40 度程度の急傾斜地である。写真 1 に示すように、崩壊地は遷急線付近から幅 50~60 m 程度の馬蹄形の形状を示しており、厚さ 2 m 程度の表層崩壊であった。また、国道 45 号に近接して北上川が流れている。本調査では、対岸から崩壊地を俯瞰することはできなかったが、鳥居らによれば³⁾、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ことが報告されている。写真 2 は、崩壊土砂による道路閉塞状況である。調査は地震発生から 6 ヶ月経過した 9 月に行



図 4 石巻市成田(合戦谷付近)の調査箇所



写真 1 国道 45 号沿い切土斜面の崩壊状況



写真 2 国道 45 沿い切土斜面崩壊による道路閉塞状況

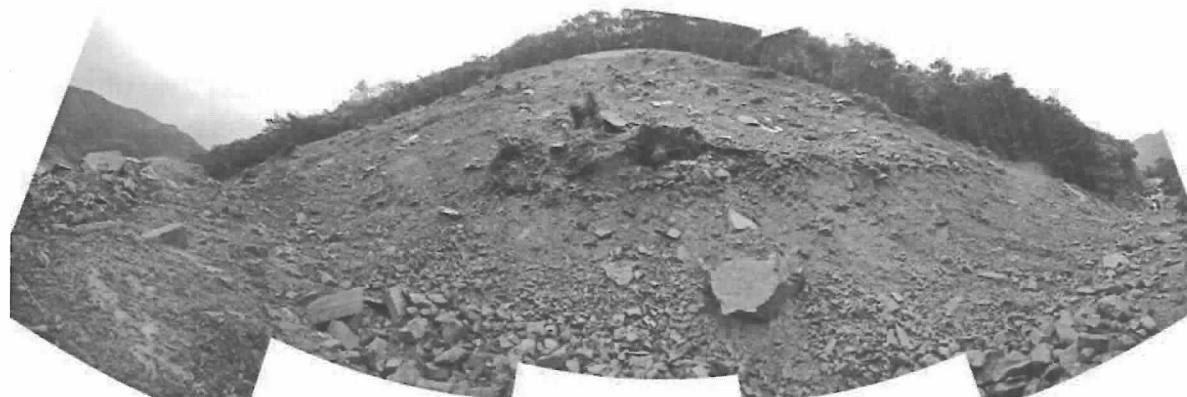


写真 3 国道 45 号沿いの切土斜面崩壊箇所の全景



写真4 ポケット式ネットの破損状況



写真5 崩壊斜面上部のアンカーによる復旧施工状況

われたが、この時点でも復旧されておらず、崩壊土量の大きさが窺える。また、崩壊箇所は北上川に面しており作業ヤードが非常に狭いことも、復旧が進展しない一因であると考えられる。写真3に切土斜面崩壊箇所の全景を示す。崩壊箇所の地域には、中生代の堆積岩（黒色頁岩）が広く分布しており、崩壊土砂は0.2～0.4m程度の岩塊、礫混じり土であった。写真4には、ポケット式ネットの破損状況を、写真5には、崩壊斜面上部のアンカーによる復旧施工状況を、それぞれ示す。ポケット式ネットは支柱が崩壊土砂で折れ曲がっていることが分かる。また、復旧は崩壊斜面上をアンカーによって補強することから実施されていた。

本崩壊現場は、国道45号が北上川と崩壊斜面に挟まれた場所であり、これと類似の北海道の地形は、道路が海岸と自然斜面に挟まれた箇所と考えることができ、このような場所で被災すると、作業ヤードが非常に狭く、復旧に時間要することになると考えられる。

4. 仙台市青葉区折立の谷埋め盛土地すべり

図5に、仙台市青葉区折立の調査箇所を示す。当該箇所は、東北道仙台I.C.のすぐ近くに切り盛りして造成された斜面上の宅地であり、いわゆる、谷埋め盛土である。ここでの推定震度は6弱～5強であった。写真6は地すべり発生箇所を示しているが、すべり方向は写真手前から折立小学校方向に向かっている。写真7、8に家屋被害状況を示す。写真に示すように、すべり線上の家屋に被害が集中しており、局所的に激しく家屋が傾いている。写真9は、斜面下側から上方に向かって撮ったものであるが、写真手前側には道路アスファルト面にクラックが見られるのに対して、写真奥の斜面上方ではクラック



図5 仙台市折立の調査箇所



写真6 地すべり発生箇所



写真7 造成宅地盛土部の家屋被害状況（1）



写真8 造成宅地盛土部の家屋被害状況（2）



写真9 路面被害状況と切土部(写真奥)の状況



写真 10 側溝の破損状況と家屋倒壊状況(写真奥)

が見られず無被害である。写真 10 に道路側溝の破損状況を示す。また、写真奥には、激しく右方向に傾いた家屋が見える。発災から 6 ヶ月たった時点でも、ライフラインは復旧していない状況であり、行政的避難勧告の対象地区となっていた。図 6 は、折立地区の宅地造成における盛土部と切土部を示している⁴⁾。図に示すように、本造成地は、もともと、尾根筋と沢地で構成されていた地盤を切り盛りすることで造成した宅地である。現地調査による印象では、旧沢筋部や切盛境界部に地盤変状が集中しているようである。また、兵頭らによれば、現地の盛土材は、やや粘性のある細粒分盛土材であると報告している⁵⁾。

以上から判断すると、ここでの崩壊は、旧沢筋に造成した盛土内への地下水の流入と、今回の地震による間隙水圧の上昇による結果として、盛土斜面のすべり的崩壊が生じたと考えられる。

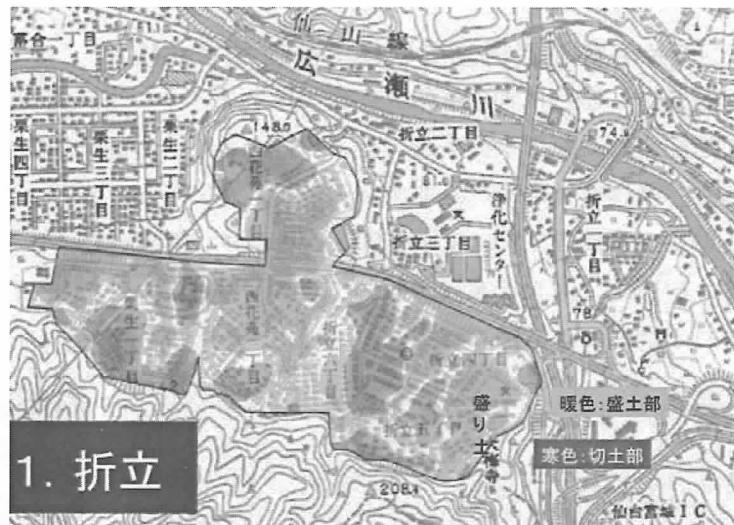


図6 仙台市折立の宅地造成における盛土部と切土部⁴⁾

5. 福島市伏拝の谷埋め盛土斜面崩壊

図 7 に、福島市伏拝の調査箇所を示す。ここでの推定震度は 5 強であった。写真 11 は崩壊箇所の全景である。当該箇所は、国道 4 号に面しており、斜面上部は、あさひ台団地と呼ばれる宅地造成地で、造成前は沼地であったと報告されている⁶⁾。また、当該箇所の谷埋めに用いられた盛土材は、保水性の高い粘土質の火碎流堆積物である⁶⁾。写真 12 は、崩壊直後の状況であり、写真 13 は崩壊土砂による国道 4 号の閉塞状況である。ともに、国土交通省東北地方整備局の HP に掲載されたものである。当該箇所は片側 2 車線、計 4 車線の国道であるが、崩壊土砂は国道を乗り越え、写真 13 の左側にある沢まで達しているようである。写真 14 には、斜面上部のあさひ台団地の家屋被害状況を示す。家屋の基礎地盤が、すべり土塊の一部であったため喪失している。写真 15 は、国道 4 号の崩壊斜面上流側に設置さ



図 7 福島市伏拝の調査箇所

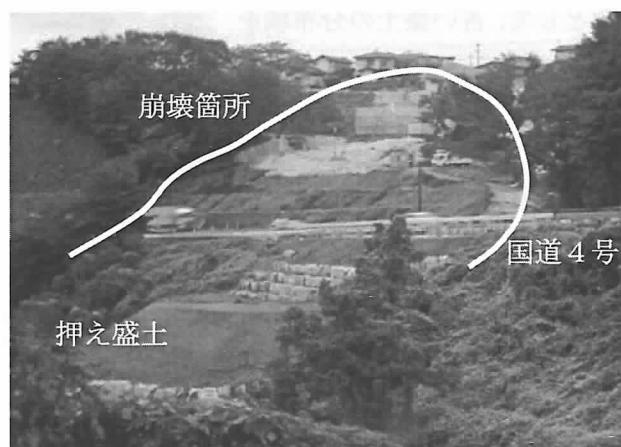


写真 11 崩壊箇所の全景



写真 12 崩壊直後の状況



写真 13 崩壊土砂による国道 4 号の閉塞状況



写真 14 崩壊斜面上部の家屋破損状況



写真 15 布団カゴによる仮復旧状況

れた布団カゴによる押え盛土であり、仮復旧的なものであると思われる。一方、崩壊斜面下流側には、写真 11 に示すように、大規模な押え盛土が設置されていた。

ここでの崩壊は、谷埋め盛土内の間隙水圧が地震動により上昇し、地すべり的な崩壊を生じさせたと考えられる。幹線道路の地震対策として、古い盛土の分布域を把握しておくことが重要であると思われる。

6. 白河市葉ノ木平の地すべり

図 8 は、白河市葉ノ木平の調査箇所を示している。ここでの推定震度は 6 弱であった。写真 16 に、地すべり発生箇所の全景を示す。この地すべりにより、10 戸の家屋が全壊し、13 名が亡くなっている。武士によれば、最大斜面長 160 m、末端での移動距離 120 m、最大斜面幅 70 m、最大堆積幅 120 m、最大深さ 10 m と報告されている⁷⁾。写真 17 は、地すべり崩壊源の滑落崖を示すが、上部にす



図 8 白河市葉ノ木平の調査箇所

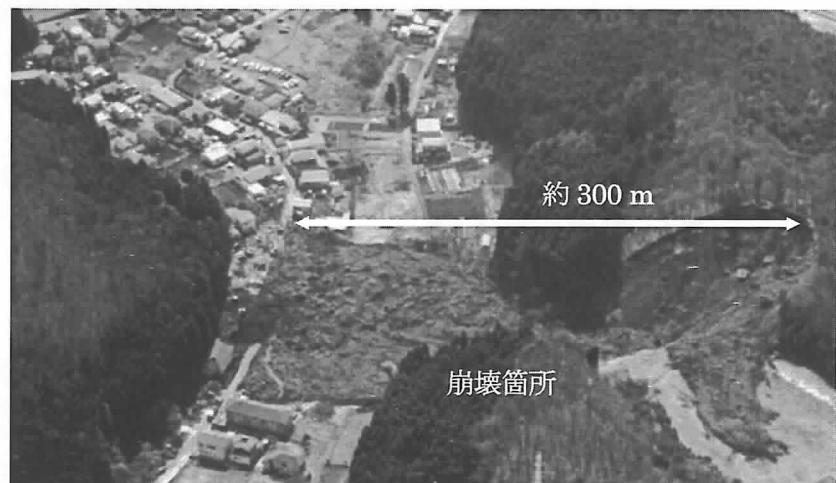
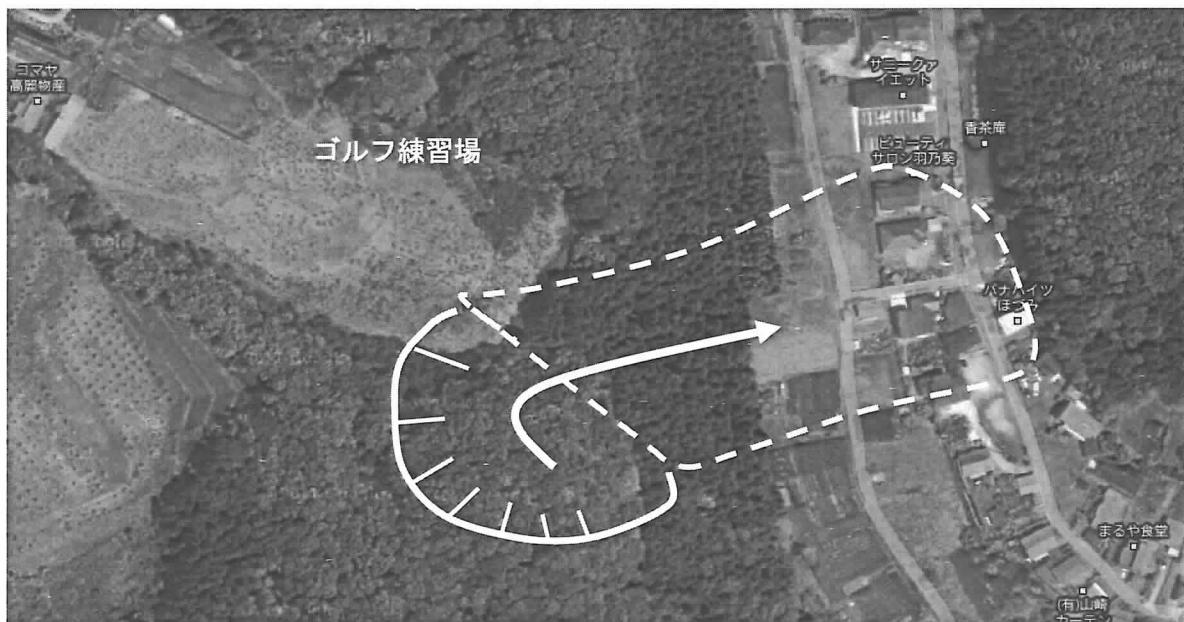


写真 16 白河市葉ノ木平地すべりの全景（国土交通省 HP より）

べり面が見られ、その周辺には湧水が確認された。写真 18 は、地すべり箇所末端から崩壊源を望んだものであり、写真 19 は滑落崖の近影である。また、写真 20 は地すべり発生前の状況である。写真から分かるように、斜面崩壊の形態は「く」の字型である。中村によれば、崩壊のほとんどは、葉ノ木平地



写真 17 地すべり崩壊源（滑落崖）とすべり面の状況



区に流れたが、崩壊斜面上部の一部は、ゴルフ練習場側方向にも流れいでいる、ここで崩壊は上下二つの崩壊から構成されていると報告している⁸⁾。地すべり地の地質構成は、基盤がデイサイト（石英安山岩）質溶結凝灰岩層で、その上面の風化した粘性土帶が主すべり面を形成し、その上に緩いローム層が堆積している⁸⁾。これらの地層は、15~20° の勾配で傾斜していることから、崩壊前の斜面勾配も 15~20° であったことが推察される。実際に、当該箇所は土砂災害危険区域には未指定であった。なお、発生箇所の地形は凹型斜面の谷頭部であった。一般に、地すべり発生箇所の土質には、水分が多量に含まれ、泥濿化している場合が多いが、当該箇所の土質は、泥濿化していなかった。

以上より、葉ノ木平で発生した地すべりは、地震動によって、緩いローム層下面の粘性土層がすべり面となり一気に滑り落ちたと推察される。ただし、地すべり発生箇所の周辺も同じ土質と考えられるが、地すべりが発生しておらず、なぜ、当該箇所のみに地震動によって、地すべりが発生したかを検討することが、今後の課題であると思われる。また、土砂災害危険区域に指定された場所に住んでいる住民は、地震発生とほぼ同時に避難行動に移れるようであるが、当該箇所は土砂災害危険区域に指定されておら

ず、結果として、住民の避難行動が遅れたのかもしれない。

今後、土砂災害危険区域に指定されていない地域の斜面下に生活する住民に対しても、巨大地震が発生した際には、すぐに避難行動を取るように啓蒙していく活動が必要であろう。

7. おわりに

本報告は、東北地方太平洋沖地震による地盤災害事例について、宮城県、福島県での事例を述べたものであるが、これらの事例を通して、今後、地震動による斜面災害を減少させるには、以下に示す事項が重要になってくると考えられる。

- ・道路が河川と斜面に挟まれた箇所で、地震による斜面崩壊が生じると、作業ヤードが狭いために復旧が遅れる可能性があるため、日常から復旧手順を検討しておく必要があると考えられる。
- ・谷埋め盛土や切り盛り境界は、巨大地震によって崩壊する可能性が高いと考えられる。このような箇所の存在をあらかじめ把握しておくことが重要である。
- ・今後、土砂災害危険区域に指定されていない地域の斜面下に生活する住民に対しても、巨大地震が発生した際には、すぐに避難行動を取るように啓蒙していく活動が必要であると考えられる。

東北地方太平洋沖地震による未曾有の災害に対する復興は、ようやく本格化するところであるが、その一方で、今後、想定される東海・東南海・南海地震の連動型巨大地震に対する備えへの教訓を数多く示したと考えられる。多くの犠牲者を出した今回の巨大地震による様々な経験を無駄にすることなく、巨大地震に対する防災・減災へのハード／ソフト両面の研究及び技術開発を推し進めていくことが重要であることを今回の地盤災害調査によって改めて強く感じた。

謝辞

本報をまとめるにあたって、著者と共に今回の調査に参加したHRS(株)大浦宏照氏より、資料をご提供頂いた。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 防災科学技術研究所「強震観測網(K-NET)」 <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>
- 2) 気象庁(2011年)「東北地方太平洋沖地震余震分布」 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 3) 鳥居宣之、肥後陽介、鏡原聖史(2011)「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)」『地盤工学会誌』Vol.59, No.7, pp.56-59.
- 4) 古関潤一、若井明彦(2011)「宮城県内陸部の被害、東北地方太平洋沖地震災害調査報告会(第一回)資料、地盤工学会」『http://www.jiban.or.jp/file/saigai_koseki_wakai_0411_ver4.pdf』.
- 5) 兵動正幸、鈴木素之、野田翔兵、古川智、岸田健太朗(2011)「東北地方太平洋沖地震における宅地被害調査報告(仙台市および山元町)」『地盤工学会、二次調査情報、http://www.jiban.or.jp/file/file/saigai_hyodo_suzuki_noda_furukawa_kishida_ver6.pdf』.
- 6) 中村晋(2011)「福島県内陸部の地震被害、東北地方太平洋沖地震災害調査報告会(第一回)資料、地盤工学会」『<http://www.jiban.or.jp/file/file/4-11nakamura1.pdf>』.
- 7) 武士俊也(2011)「東北地方太平洋沖地震発生直後の斜面災害状況と福島県白河市の地すべり災害」『http://japan.landslide-soc.org/news/2011/2011051303_takeshi.pdf』、日本地すべり学会災害報告会「東日本大震災における斜面災害の実態」.
- 8) 中村晋(2011)「福島県中通り地区およびいわき地区の地盤災害」『地盤工学会誌』Vol.59, No.6, pp.44-47.