

東日本
大震災
速報

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震によって発生した造成地盤の地すべり

釜井 俊孝*

Landslides in residential slope induced by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

Toshitaka KAMAI*

Abstract

The brief preliminary report on landslides in residential area induced by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (M9.0) was made. Plenty of landslides in the gentle residential slopes that are artificial valley fills (embankments) have occurred by the earthquake in large cities in the affected region, especially in Sendai, Shiroishi, Fukushima, and Iwaki cities. Landslides of the artificial valley fills occurred again on the series of developed slope which has the collapse of valley fill in the 1978 Miyagi earthquake even though the landslide countermeasures. The assessments of slope instability and mitigation works on these slopes should be required urgently.

キーワード：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震, 地すべり, 盛土, 宅地斜面

Key words: The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, landslides, artificial fill, residential slope

1. 被害の実態－タイプと分布－

1.1 概要

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に関する予察的被害分布調査によって、仙台市、白石市、福島市、いわき市、東海村等の市街地においては1978年宮城県沖地震を上回る規模で、甚大な宅地被害が広がっていることが明らかになった。それらは、谷埋め盛土・腹付け盛土の地すべりを主体とする造成地盛土の変動であり、被害は公共

の建物や幹線道路にまで及んでいる。正確な地すべり発生箇所数は現在も調査中であるが、丘陵地における住宅被害の相当部分が盛土地盤の変動によるものと推定される。

盛土の地すべり発生箇所は、仙台市の郊外が最も多い。特に、南部の緑ヶ丘・八木山地区、西部の折立・西花苑・高野原地区、北部の桜ヶ丘・旭が丘・南光台で顕著な被害が認められる。白石市では南東部の緑ヶ丘・寿山地区、福島市では南部

* 京都大学防災研究所
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

のあさひ台地区、いわき市では常磐西郷町で顕著な被害が発生した。

1.2 地表変動のタイプ

今回の震災に際し、造成地で見られた変状の大部分は、切り盛り境界における盛土側の沈下、斜面変動(地すべり、斜面崩壊等)、液状化による隆起・沈下であった。これらの地表変状は、切り土であるか盛土であるかの違い、盛土の厚さ、造成年代、地下水位の高低によって出現する種類と場所が異なっていた。このうち、造成地盤に関連した斜面変動は、図1の様に分類できる。

1.3 顕著な地すべり

(1) 仙台市太白区緑ヶ丘・八木山

図2に緑ヶ丘・八木山地区の地すべり発生地点

を示す。

仙台市南部の太白区緑ヶ丘では、3丁目と4丁目

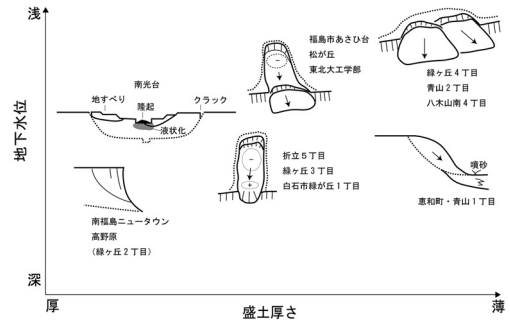
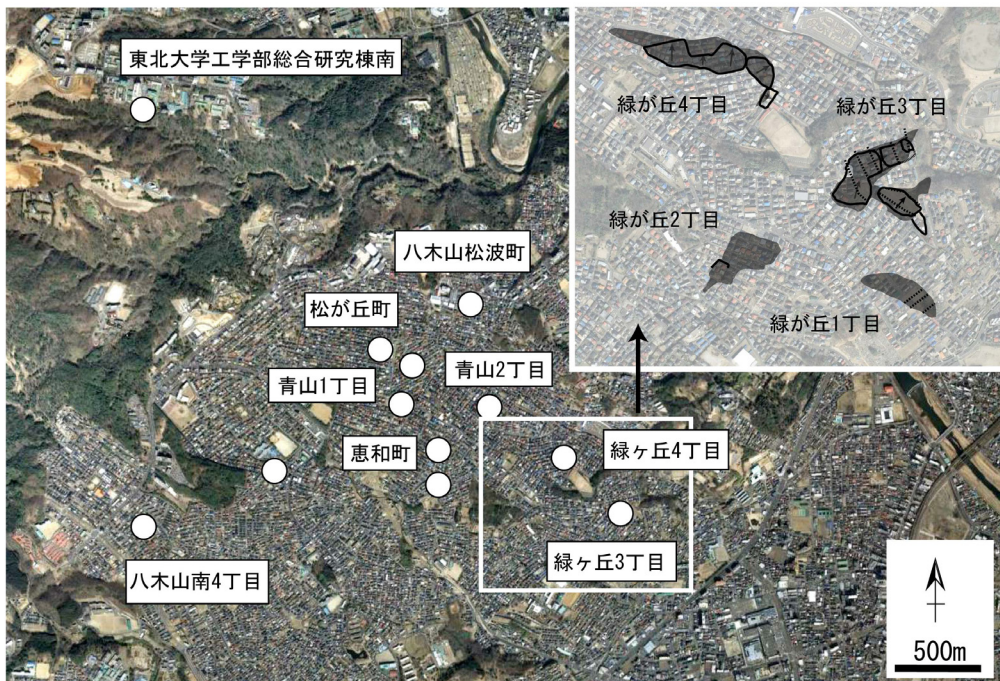


図1 2011年東北地方太平洋沖地震による造成地盛土の斜面変動

Fig. 1 Landslides of residential artificial fills induced by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake



- 八木山・緑ヶ丘地区の主な造成地盤の地すべり
- 今回の変動域
- 主な谷埋め盛土 (78年に変動)
- ⋯ 78年災害後に施工された鋼管杭列

図2 仙台市太白区緑ヶ丘・八木山地区の地すべり発生地点

Fig. 2 Landslides distribution in Midorigaoka and Yagi-yama region in Sendai city

目で顕著な地すべりが発生した。変動した範囲は広く、三丁目で約80棟、4丁目で約100棟の住宅が巻き込まれた。

3丁目地すべりは、幅約60m、長さ約230mの北部ブロックと幅約130m長さ約50mの南部ブロックに分かれている。いずれも谷埋め盛土の最上部に顕著な引張域（滑落崖、沈下等）が発達し、下流側斜面には隆起、石垣やブロック積擁壁の押し出し等の圧縮変形が出現した。北部ブロックでは、1978年宮城県沖地震の際に施工された鋼管杭の杭頭が沈下によって露出し、杭列の前面で圧縮、背面で引張の変位が認められた。すなわち、この谷埋め盛土の地すべりブロックは杭列によって複数の浅い小規模なブロックに分断され、個々のブロック内の比較的小範囲の変形によって宅地の傾動、損傷等の被害が発生した。

4丁目地すべりでは、谷壁に貼り付けられた緩傾斜の盛土（腹付け盛土）が幅約300m、長さ約60mの範囲で変動した。地表の変状は3丁目地すべりに比べて顕著であり、地すべりによって斜面全体が大きく移動したと考えられる。調査ボーリングによれば盛土の最大の厚さ（すべり面深度）は、6-7mである。地下水位は地表面下2m以浅に認められ、一部では自噴している。盛土は、主に新第三系の凝灰岩を母岩としているが、粘土化が進行しているため全体に軟弱である。

八木山地区は緑ヶ丘地区から連続する丘陵であり、同様の谷埋め盛土・腹付け盛土が分布している。太白区青山1丁目（3箇所）、青山2丁目、松が丘（2箇所）、恵和町（2箇所）、若葉町、八木山松波町、八木山東（2箇所）、八木山南、長町字越路、東北大学青葉山地区の少なくとも15箇所に比較的まとまった被害地域（盛土の地すべり）が点在している。

上記のうち、青山2丁目では緑ヶ丘4丁目と同様の腹付け盛土が幅約210m、長さ約50mの範囲で大きく変動し、住宅約30棟が巻き込まれている。斜面全体の地下水位が高く、地震後には法尻の亀裂から約6リットル/分の大量の湧水が噴出し続けている。青山1丁目と恵和町の地すべりは薄い腹付け盛土の変動である。末端部が沖積面を

覆っている部分では沖積面で液状化の痕跡が認められる。

八木山松波町では、住宅7棟とマンション1棟を巻き込む幅約35m、長さ約100mの谷埋め盛土の地すべりが発生した。八木山南4丁目では貯水池から連続する盛土が小規模に崩壊した。東北大学工学部総合研究棟の南側では、谷埋め盛土が崩壊し建物1棟を巻き込まれた。

（2）仙台市青葉区折立・西花苑・高野原

青葉区折立5丁目、西花苑1丁目、高野原1、2、3丁目で顕著な地すべり災害が発生した。

折立5丁目では、谷埋め盛土と切り土斜面の2箇所顕著な地すべりが発生した。谷埋め盛土の地すべりは、幅約60m、長さ約220mで旧谷地形に沿って形成されており、変状の分布から推定される層厚は10m未満である。約30棟の住宅を含む大規模な地すべり移動体が形成された。地すべり圧縮域の変状が顕著であり、この部分で多くの住宅が破壊された。明瞭な頭部滑落崖は見られないが、右翼部には引張割れ目が連続する。一方、左翼には右横ずれのせん断変位を持つ引張割れ目が発達する。折立団地は1965-1970年に造成された比較的古い住宅地である。1978年宮城県沖地震の際に被害を受けた鶴ヶ谷団地とほぼ同時期の開発であるが、当時の被害は知られていない。切り土部の地すべりは、幅約60m、長さ約50mで住宅2棟が巻き込まれた。新第三系中にすべり面を持つ基岩の地すべりであると考えられる。

西花苑1丁目では、新第三系中にすべり面を持つ基岩の地すべりが発生した。自然状態で残された斜面には地すべり地形が認められる事から、今回の変動は地すべりの再活動であると考えられる。頭部で住宅4棟が巻き込まれ、末端部の土砂が住宅地に迫った。

高野原は、丘陵の頂部を標高155m前後に平坦化し、造成された台地状の住宅地である。中央部は切り土、周縁部は盛土で構成されている。主に2丁目の北側斜面で盛土の地すべりが発生した。周縁部の変状は約400m連続し、谷埋め部分では谷の形状に沿って地すべりの範囲が台地の内部に

数10m 拡大している。変状の顕著な4箇所で、末端の急斜面が崩壊した。

（3）仙台市青葉区桜ヶ丘・旭が丘・泉区南光台

仙台市北部の七北田丘陵の造成地では1978年宮城県沖地震の際にも顕著な被害が発生した。桜ヶ丘4丁目では、幅約30～50mの地すべりブロックが県道264号線の西側に少なくとも3箇所認められる。盛土の液状化に伴う緩斜面上の変動であるが、宅地被害の程度は比較的軽微である。

旭が丘では2丁目から3丁目にかけて、13箇所の地すべりブロックが集中的に発達している。基本的には北北西に流下していた主谷と、それに合流する支谷を埋めた谷埋め盛土の変動であり、主に北向き、西向き、南西向きに移動している。主谷の谷筋であったと思われる地域では噴砂痕が存在し盛土の液状化が発生したと考えられる。

南光台では、南光台2丁目から6丁目、南光台南1丁目の広い範囲に地表変状が分布する。変状の多くは、切り盛り境界上の引張クラックであるが、旭が丘と同様に支谷を埋積した部分で末端部（圧縮域）が形成され、地すべりブロックに発展している。こうした地すべりは、南光台地域で少なくとも5箇所確認できる。特に、南光台南1丁目では、幅約70m、長さ約150mの地すべりブロックが発達し、末端部の顕著な隆起によって多数の住宅に被害を与えている。

また、3丁目の地下鉄・旭が丘駅から鶴ヶ谷に至る幹線道路でも地すべりブロックが形成され、交通に若干の支障を発生させている。6丁目の主谷の出口では盛土斜面が崩壊し、5棟の住宅に被害が発生した。

（4）白石市緑が丘

白石市緑ヶ丘1丁目では、1978年宮城県沖地震の際、顕著な地すべりが発生した。当時はブロックがほぼ完全に崩壊し流動化したため、地すべり対策が実施され、跡地は公園となっている。今回も同じ斜面で地すべりが、幅約80m、長さ約130mにわたって発生した。地すべりの規模は1978年当時とほぼ同様であるが、今回の変動では

流動化は免れ、末端部を激しく隆起させて停止した。

（5）福島市あさひ台

西向き斜面上で2箇所の谷埋め盛土の地すべりが発生した。特に、あさひ台公園付近の幅約60m、長さ約150mのブロックでは、末端部の約80mが崩壊し、土砂が国道4号線に達した（写真1）。崩壊ブロックの頭部陥没帯では地表で湧水が見られる。このブロックでは25棟の住宅が被害を受けた。南側にも小規模な谷埋め盛土地すべりが発生し、住宅4棟が被害を受けた。



写真1 福島市あさひ台における谷埋め盛土地すべり

Photo 1 The artificial valley fill-type landslide in Asahi-dai in Fukushima city

2. 1978年当時の対策

今回、1978年当時の変動域（東北大学、1979）とほぼ重なる様に顕著な地すべりが、仙台市太白区緑ヶ丘3丁目、4丁目と白石市緑が丘1丁目が発生した。一方、仙台市太白区緑ヶ丘1丁目の盛土では全く変状が認められず、3、4丁目の状況とは大きく異なっている。また、2丁目の盛土では一部で頭部と思われる引張割れ目群が認められるが、末端は不明瞭である。変形が小さく、移動体が形成されるほどでは無かったためと考えられる。

こうした状況は、仙台市緑ヶ丘1丁目における対策工事が所定の効果を発揮し、地すべりの発生

を抑制出来た事を示している。3丁目地すべりにおいても、鋼管杭は地すべり土圧に抵抗して杭頭に変位が見られることから、盛土底にすべり面を持つ地すべり（1978年の地すべり）に対しては一定の効果を発揮したと推定される。

一方、白石市緑ヶ丘1丁目においても仙台市緑ヶ丘3丁目の状況と同様に、対策工事は効果を発揮したと考えられる。すなわち、1978年には完全な崩壊に至ったのに比べて、今回の変動は限定的であった。特に、集水井からの集水ボーリングが及んでいると思われる範囲では、変形が少なく、地すべりはその領域の前面でブレーキが懸かった様に停止している。

しかし、今回の震災ではこうした地すべり対策工事の限界も露呈した。仙台市緑ヶ丘3丁目地すべりでは、杭列の間に小規模で浅い地すべり（盛土内破壊）が複数発生したことが、広範囲の住宅被害に繋がったと考えられる。しかし、対策工事が行われなかった緑ヶ丘4丁目の被害に比べ、3丁目における相対的な被害程度は軽減されている。

白石市緑ヶ丘1丁目の事例は、対策工事の効果は集水井の集水域にはほぼ止まった事を示している。この事は、限られた数の集水井では、地すべり斜面全体の地下水排除が難しい事を意味している。

3. 予見可能性と今後の見通し

仙台市太白区緑ヶ丘・八木山地区は、震災以前から盛土の地すべりに関する様々な予測手法のテストフィールドであった。今回の震災では、これらの手法の有効性を評価する上で有意義なデータが多く得られた。太田・釜井（2011）のまとめによると、ローラースライダモデル（釜井ほか、2004）を効果的に組み込んだ手法の成績が良好である。この事は、多くの地点で盛土底面の強度が著しく低下したことを示している。

現地での証言と調査時の観察によれば、3月11日以降も、余震によって地すべり変動が一部で断続的に続いている。こうした地すべりは、今後の降雨状況によっては活動が更に活発化する事が予

想される。したがって、早急に被害実態の全貌を解明し、観測体制を整備すること、対策工事の開始が望まれる。

追記

このたびの東日本大震災でお亡くなりになった方々に、心からの哀悼の意を捧げるとともに、被災者の皆様に心よりお見舞い申し上げます。

現地調査は、主に釜井俊孝、太田英将、坂靖範、村尾英彦が実施した。本研究に当たっては、「東日本大地震に関する緊急調査経費」（防災研究所）、及び科研費・基盤B（23310125）の一部を使用した。

参考文献

- 釜井俊孝・守随治雄・笠原亮一・小林慶之：地震時における大規模宅地盛土斜面の不安定化予測、地すべり学会誌、Vol. 40, No. 5(157), pp. 29-39, 2004.
- 太田英将・釜井俊孝：2011年東北地方太平洋地震に伴う造成地盛土の地すべり、平成23年度応用地質学会関西支部研究発表会、2011.
- 東北大学理学部地質古生物学教室：1978年宮城県沖地震に伴う地盤現象と被害について、東北大地質古生物研報、80, pp. 1-97, 1979.

（投稿受理：平成23年5月28日）