

2.2.2 宮城県内の土砂災害発生状況

2.2.2.1 調査方法

2011年東北地方太平洋沖地震では、発災後、宮城県内全域をカバーする空中写真・衛星画像等が得られなかったため、以下のように土砂災害発生箇所を把握した。ここで用いているデータは、主として国土技術政策総合研究所研究委託業務「地震による斜面変動の発生実態と特徴の類型化」成果報告書（(社)日本地すべり学会, 2012）に基づいている。

地震後、主に3月～4月に行われた1) 宮城県防災砂防課による土石流危険渓流・急傾斜地崩壊危険箇所・地すべり危険箇所の点検結果、2) 同県森林整備課による災害発生箇所点検結果から、宮城県内の土砂災害箇所の把握を行った。また、3) 林野庁東北森林管理局による所管地域の山地災害箇所調査結果、及び、震源に最も近く震度6強の範囲が広がる宮城県東部の石巻東部・牡鹿半島地域における4) 宮城東部土木事務所所管の道路沿いの斜面崩壊箇所について、データを入手した。また、5) 丘陵地の造成宅地で多数の被害が発生した仙台市について、仙台市都市整備局の調査資料を入手した。これらに、筆者らの現地調査結果を加えて土砂災害発生箇所を整理した。

その結果から、6) 斜面災害が集中している地域について、斜面災害発生場や斜面運動の特徴、地震動との関係について検討した。

2.2.2.2 土砂災害発生状況

1)の点検結果では、斜面の崩壊・落石やキレツ発生等の報告が348箇所と最も多く、地すべり危険箇所では1箇所、地すべり地塊中の変動、6箇所、部分的変状が見られた。また、67箇所の土石流危険渓流で、土石流の発生は報告されていないが、点検個票の確認から少なくとも17渓流で新規崩壊が認められた。2), 3)の結果では、64箇所の崩壊と2箇所のキレツ発生が見られた。1), 2)による発生箇所の分布は、県内全域にわたっているが、震源に近いほど多いわけではなく、

先第三系の硬質岩からなる北上山地よりも、主に新第三系からなる奥羽山脈とその東側の丘陵地及び松島湾周辺に多い。4)では、道路沿いの多くは法面崩壊や斜面防災施設の被害で、自然斜面での崩壊・地すべりは少ない。この中で、地すべり地形の分布(1/50000地すべり地形分布図 石巻)がほとんど無い牡鹿半島で、3月11日または4月7日の余震で2箇所の風化岩地すべりが発生したのが注目される。また、津波が侵入したことによる崩壊や斜面侵食・土石流発生被害は非常に少ない。

5)では、海拔200m程度以下の新第三系・第四系丘陵を盛土造成した斜面宅地で、少なくとも65地区約4,100軒の宅地(仙台市, 2011)で住宅・宅盤や擁壁などに主に本震による地表変動で被害が生じた。このうち被害の甚大な15地区で仙台市により被害状況調査や地質調査・監視及び対策の検討が進められた。

また、6)の対象としたのは、崩壊が集中し今後の人家・道路・農地等への被害危険性が高い松島湾周辺地区、仙台市の丘陵宅地で被害が大きい太白区緑ヶ丘4丁目、同青山2丁目、泉区南光台4丁目である。これらは2-2-5で述べる。

2.2.2.3 斜面変動特性と分布の特徴

以上のデータから、宮城県内の斜面変動発生箇所(本震と余震の区別はできていない)516箇所を認めた(図-2-1)((社)日本地すべり学会, 2012)。内訳は、地すべり19箇所、崩壊259箇所、土石流危険渓流での崩壊17箇所、変状204箇所、人工斜面(丘陵造成宅地)22箇所、土石流1箇所が確認された。このように、宮城県内で発生した斜面変動は大半が崩壊であった。森林整備課による県内61箇所については崩壊面積のデータがあり、すべて1ha未満で最大0.56ha、平均0.14haであった(図-2-2)。

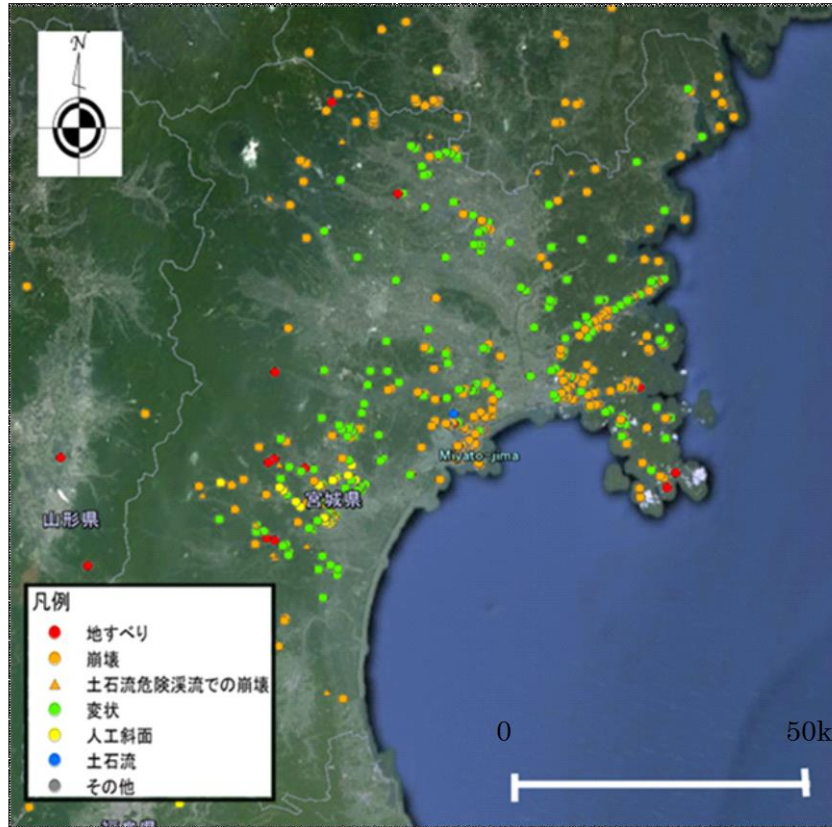


図-2-1 宮城県内の斜面変動分布（背景は Google earth）

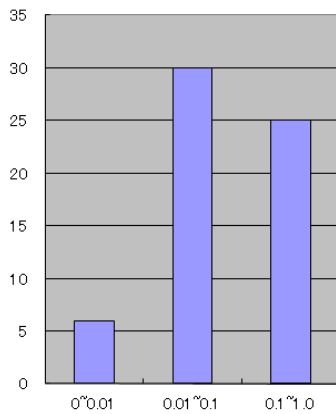


図-2-2 宮城県内の崩壊(森林整備課報告分)の面積頻度分布

2.2.2.4 斜面変動分布の地形・地質面での特徴

図-2-1からは、おおまかには県内の斜面変動発生域は、震源に近い牡鹿半島から南三陸町、石巻周辺および松島湾周辺に多く見られる。震源に近い沿岸部で先第三系の砂岩・粘板岩・礫岩および石灰岩からなる北上山地南部隆起帯、あるいは中新世～鮮新世の厚い堆

積岩で構成される仙北丘陵東部において崩壊が多発している。一方、県南の沿岸部に位置し、先第三系砂岩・粘板岩（時代未詳）と花崗岩類で構成される阿武隈山地北部隆起帯では極めて少ない。

石巻市街地周辺地域は、先第三系硬質岩からなる小起伏山地が北上川沿いの沖積平野に面している所に崩壊が多い。5章で述べる松島湾周辺地域と同様に、石巻平野では内陸まで浜堤列が広がっていること（松本, 1991：図-2-3）から、石巻市牧山・渡波など縄文海進時に海岸侵食を受けた急斜面が多くなっていて、そこが崩壊しているケースが多い。



図-2-3 石巻平野臨海部の地形（松本，1991）

2.2.2.5 斜面変動集中地域における特徴

2.2.2.5.1 松島湾周辺地域の斜面崩壊

松島湾は仙台市の北東約 20km に位置している（図-2-4）。この周辺では、松島町から東松島市の鳴瀬川河口周辺にかけて広がる丘陵地や湾内の島嶼部の丘陵地で数多くの崩壊が発生している。

崩壊が多発しているのは約 10km 四方の範囲であり、今回の地震（本震，最大余震（4 月 7 日）のいずれかで発生したかは特定できず）で発生したとみられる 76 箇所（図-2-5、写真-2-1～2-3）の斜面変動を確認した（図-2-5、写真-2-1～2-3）。

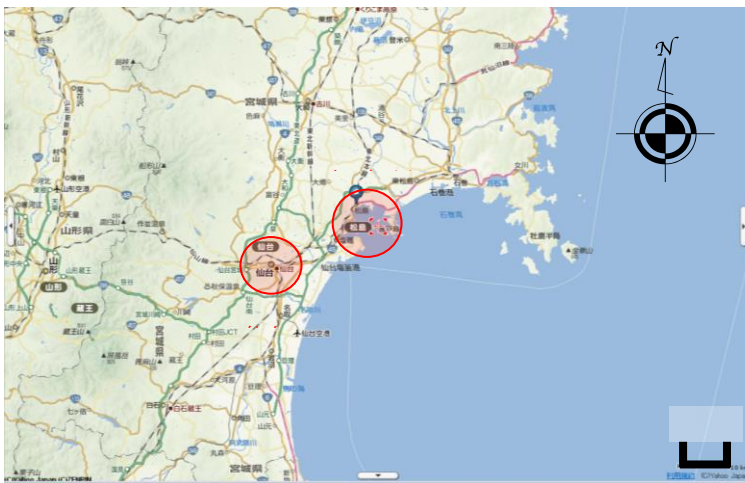


図-2-4 本節で述べる斜面変動集中域の位置

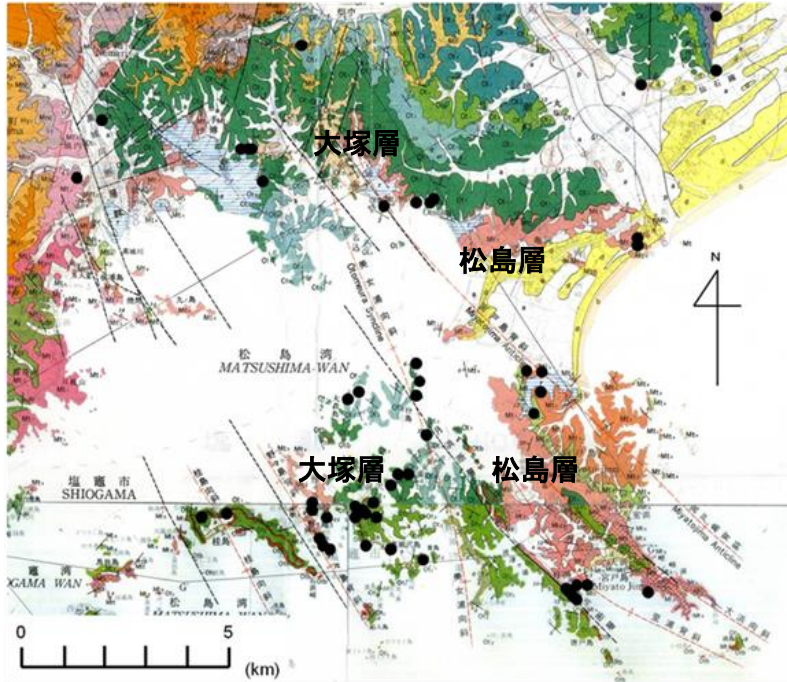


図-2-5 松島湾周辺の地質と崩壊箇所分布(黒丸)
 (松島層：桃色系 大塚層：緑色系)



写真-2-1 大塚層・シルト岩部層の露頭 (右写真は左写真の斜面上部の拡大)



写真-2-2 大塚層・シルト岩部層の海食崖における割れ目間隔に規制された崩壊
 (左：著しく破碎された崩積土 中：径数十 cm の崩壊岩塊 右：巨大崩壊岩)



写真-2-3 寒風沢島での津波（写真左から）とがけ崩れ
による人家破壊

松島湾周辺地域は、侵食されやすい新第三紀中新世の大塚層・松島層堆積岩(凝灰岩に富み、軟質岩)が分布しており、多数の節理・層理・断層を伴っている。このため風化剥離、海食によって急崖を作り易く、島嶼部さらには沿岸近くの内陸部でも海進時に形成された海食崖がみられる(写真-2-1, 2-2)。また松島湾周辺の発達する丘陵地は概ね 100m以内の標高しかなく開析が進んでいる。

塩釜市内の寒風沢島・野ノ島・宮戸島や松島町手樽・大塚地区、東松島市野蒜や小野地区では、急斜面(ほとんどが海食崖に相当)下に古くからの集落が立地し、また新たな住宅地となっている箇所もあり、今回の地震により崩壊土砂が人家を破壊したり農地を埋没させる被害がみられる。被災から9カ月たった時点でも、応急対策もなされていないところも多く、崩壊地だけでなくその周辺斜面には崩壊に至らないまでもキレツやはらみ出しが生じている斜面もみられる。この地域に

は、津波による甚大な被災を受けて避難生活を送っている住民もおり、復旧・復興において早急な危険斜面調査・監視が必要である。

斜面崩壊の運動タイプは岩屑崩落、岩盤崩壊のタイプが多い(図-2-6)。また、層理面をすべり面とする岩盤すべりも認められた。また、崩壊発生場の斜面特徴を把握する為に、崩壊が起こったのが斜面の山腹(frank)か、尾根(crest)かに分け、さらに山腹における斜面の横断形が凸型(convex)、凹型(concave)、直線斜面(straight, 以下 st)かに分け、全部で5種類に分類した(図-2-7)。

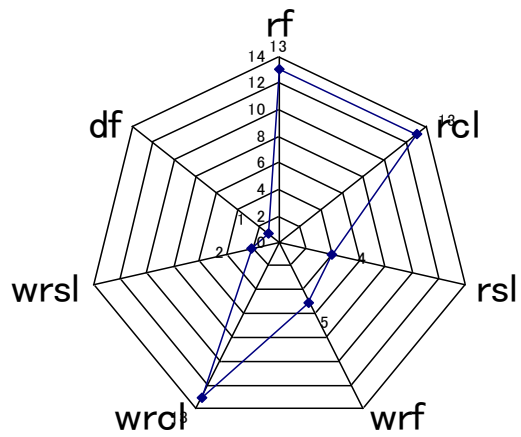


図-2-6 運動タイプ別発生箇所数

rf : 岩崩落 rcl : 岩盤崩壊 rsl : 岩盤すべり
wrf : 風化岩崩落 wrcl : 風化岩崩壊 wrsl : 風化岩すべり
df : 土石流

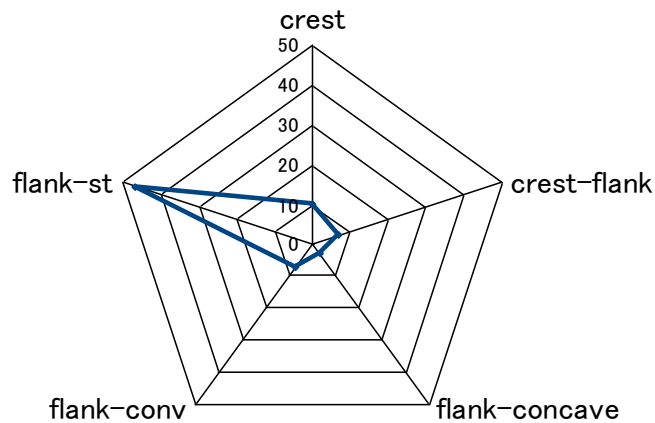


図-2-7 斜面形状の分布

crest : 尾根 crest-flank : 尾根～山腹上部
flank-concave : 凹型山腹斜面 flank-conv : 凸型山腹斜面
flank-st : 直線山腹斜面

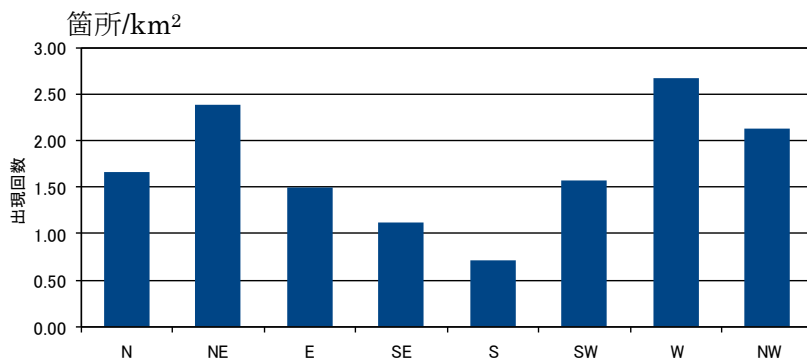


図-2-8 崩壊地の斜面方位別発生密度(箇所/km²)

その結果、発生源はほとんどが現在または過去の海食崖からなる比高 10-30m 前後の急斜面で、山腹の直線斜面 (frank-st) が圧倒的に多く、次いで尾根または尾根斜面から山腹直線斜面の境界部 (凸状斜面) に認められ、凹型斜面にはほとんど発生していない。

また、斜面崩壊範囲の大きさは、3章で述べた崩壊と同程度である、崩壊が多いのは、大塚層のシルト岩主体で層理・節理面や亀裂の発達ที่著しい所である。同じくこの地域に多い塊状の軽石凝灰岩類 (松島層) では斜面崩壊は少ないが、これを石材として切り出したり、洞穴を人為的に拡大・利用していた場所では、それが潰れる被害が各所で出ている。塊状のため節理が発達しにくく、大きな岩塊で崩壊を起こす。このため、長い揺れでシルト岩に比べ崩壊範囲が拡大することはなく崩壊地規は小さい。

一方、崩壊地の発生斜面の方向は N, NE, W, NW に多い (図-2-8) なお、この斜面方位ごとの崩壊発生密度

は、方位ごとの発生数を、この地域の斜面方位ごとの分布面積で割ったものであり、この地域の斜面方位分



写真-2-4 東松島市牛綱の石灯籠の転倒 (矢印は転倒方向 S40W)

布の偏りの影響を取り除いている ((社) 日本地すべり学会, 2012)。この地域の幾つかの灯籠や石仏の飛躍方向や落石の方向からは強い地震力が NE から E 方向から

働いたと推定される（写真-2-4）。

全体にはヤセ尾根や途中に遷急線を持つ海食起源の岩盤からなる急斜面で崩壊が集中している。これは、降雨で凹状斜面に崩壊が多い点と異なる特徴である。凸状の地形が強く震動する地形効果による地震動の増幅も原因の可能性もある。また、1978年宮城県沖地震でも、今回と同様の海岸周辺の急斜面で崩壊が発生した（東北大学地質古生物学教室、1979）。

2.2.2.5.2 仙台市の丘陵造成宅地での斜面変状

丘陵宅地の盛土部での斜面変状は、1978年宮城県沖地震でも多数報告され、今回対象とした太白区緑ヶ丘4丁目、青山2丁目では、ほぼ当時と同じような位置に大きな開口キレツが発生した。近接する緑ヶ丘3丁目では、当時発生した地すべりブロックで、移動量は小さいものの地すべり発生後施工された抑止杭の杭頭変位と斜面変状が現れた。これら、3地区では常時湧水が見られ、本震発生時にも地下水位が高かったと推定される。これらの斜面変状発生箇所は盛土範囲内にあり、平均傾斜7-10°程度の斜面に階段状に宅地が造成され、各宅盤間は高さ1.5-3m程度の練石積またはブロック積み擁壁となっている。

青山2丁目では、幅20m、長さ40m(平均傾斜10°)

のゆるい尾根状斜面が3m斜面傾斜(北東)方向に地すべりを生じ住宅3棟が全半壊した(写真-2-5)。

この背後には、NW-SE方向に断続して盛土部の宅地や道路にキレツ・段差が生じた(図-2-9)。一方、緑ヶ丘4丁目でもNW-SE方向にのびる斜面と東向き斜面の盛土部に斜面変状が生じた(図-2-9)。これらの箇所を断続する開口キレツや大きな段差を頭部、隆起を末端部とみなして変動範囲と方向を調べると、全体として北東方向に動いているが、1~数軒の宅盤単位で変動が生じ、その方向も一定していないと考えられた。青山2丁目では、地すべり背後の宅盤にある歪計で4/7余震後に変動が見られない(仙台市・復建技術コンサル

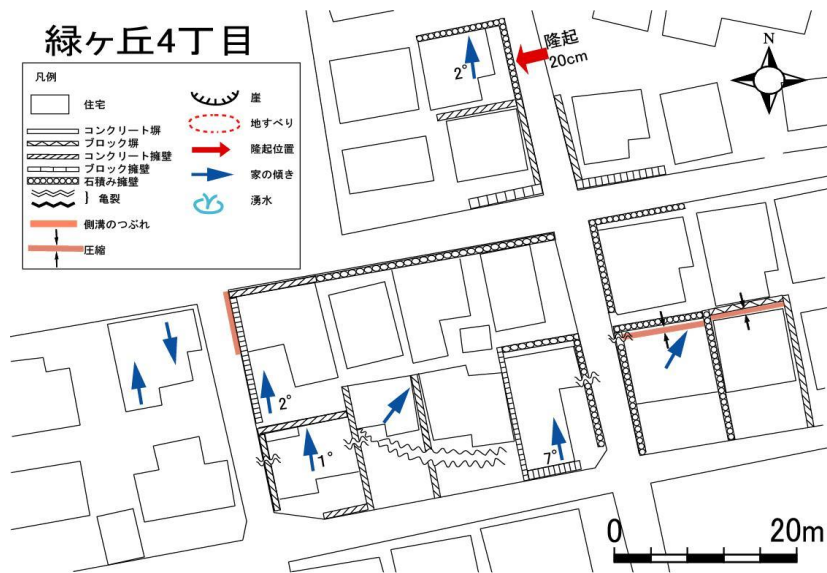
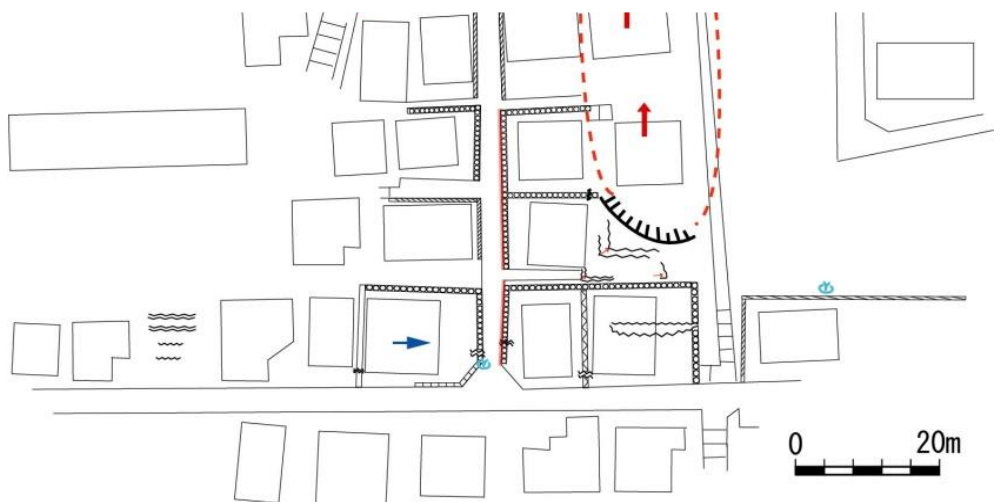


図-2-9 青山2丁目(上)、緑ヶ丘4丁目(下)の斜面変状



写真-2-5 青山2丁目の盛土宅地のすべり



タント（株），2011）のに、その背後の宅盤ではキレツが拡大したことから、両地区の変動範囲は、動きの異なるいくつかの斜面変動範囲の集合体と言える。また、南光台2丁目で幅40m、長さ30mの範囲が1.4m移動した箇所では、その範囲の両側部に断続するせん断キレツは認められない。また、どの地区でも多くの宅盤で沈下が現れた。これらのことから、宅地斜面変状は、長時間の強い揺れで、凝灰質砂質盛土が沈下したり、小ブロック単位で同一方向でなく塑性変形で移動したものの集合体であり、やや急な斜面で変位が大きい場合に地すべりになったと推定される。

一方、これら箇所でのキレツ幅・高さの経時変動と降雨・余震回数の推移の関係からは、余震回数の減少に伴い変動は8月下旬までに収まり、9/23-24の連続降雨にはほとんど変位がみられない。

2.2.2.6 まとめと今後の検討

全体に震度6弱以上が広範囲で、本県での東北地方太平洋沖地震による土砂災害の発生は全域に及んだが、相対的に軟岩（新第三紀以降）からなる地域で発生が多かった。亀裂の発達した層状岩盤からなる急斜面とくに新旧の海食崖の発達する松島湾周辺で岩盤崩壊が多く発生した。また造成盛土宅地の斜面変状では、長い強震動で移動方向の異なるいくつかの小ブロックでの沈下や塑性変形やすべりが生じた。しかし、降雨による変状継続の可能性は低いと推定される。今後、地震動の強さ・周期・方向や揺れの長かったことによるその累積的効果と崩壊や地すべり発生との関係検討が必要である。

文献

松本秀明（1996）：石巻の歴史 第1巻 通史編（上） pp. 7-13, 石巻市史編さん委員会編, 石巻市発行.

仙台市（2011）：仙台市宅地保全審議会専門部会技術専門委員会第7回資料.

（社）日本地すべり学会（2012）：地震による斜面変動の実態把握と特徴の類型化 報告書（国土交通省国土技術政策総合研究所委託）.

土谷樹生・対馬美紗・檜垣大助（2012）：東北地方太平洋沖地震における仙台市丘陵宅地の斜面変状特性，東北地域災害研究，Vol. 48, pp. 47-50.

東北大学地質古生物学教室（1979）：1978年宮城県沖地震に伴う地盤現象と災害について，地質学古生物学教室研究邦文報告，第80号，pp. 1-98.