

第二次北陸支部福島県・宮城県地区地盤災害調査報告書

2011年7月5日版

1. 目次

- ・白河市葉ノ木平災害現場視察報告書
- ・白河市岡ノ内災害現場視察報告書
- ・白河市北ノ入災害現場視察報告書
- ・仙台市青葉区折立地区住宅地崩壊現場の踏査結果報告
- ・仙台市太白区緑ヶ丘災害現場視察報告書

2. 調査団

氏名	所属	担当セクション
松本 樹典	金沢大学	総括
西本 俊晴	前田工織(株)	、
松井 守	ダイチ(株)	、
野坂 徹	(株)村尾地研	
桜井 幹郎	北陸基礎(株)	
柿島 浩志	(株)アーキジオ	、
山田 洋正	(株)村尾地研	、
矢野 亨	ダイチ(株)	
須田 明弘	ダイチ(株)	、
陰地 章仁	(株)アーキジオ	、

3. 調査日程

1. 2011年5月10日 福島県須賀川市
2. 2011年5月11日 福島県白河市
3. 2011年5月12日 宮城県仙台市
4. 2011年5月13日 宮城県気仙沼市～福島県相馬市

白河市葉ノ木平災害現場視察報告書

Inspection report of Hanokitaira disaster site at Shirakawa city

1. はじめに

本報告は、第二次北陸支部福島県・宮城県地区地盤災害調査団が、去る5月10日～13日に実施した現地調査のうち、福島県白河市葉ノ木平地区の自然斜面崩壊に関する視察報告である。(亡くなられた13名の皆様のご冥福をお祈り申し上げます。)

2. 崩壊状況

2.1 崩壊地上部

崩壊地の上部は、明瞭な頭部滑落崖(崩壊地南西縁)と左側方崖(崩壊地北西縁)に画されている。頭部滑落崖は六反山山頂付近より北東側に開いた円弧状を呈し、



図-1 位置図(google map)

数m～5m程度の落差を伴っている。左側方崖は、もとの稜線よりやや外側(ゴルフ場側)に形成されており、北東方向に伸びる直線状を呈し、数m～10m程度の落差を伴っている。



写真-1 崩壊地全景。対岸(被災家屋の背面斜面)より崩壊地を望む。

崩壊地の内部は、広い範囲で崩土に覆われているが、滑落崖がもとの稜線を跨ぐように形成されているため、崩土の一部は外側(ゴルフ場側)に流出している。



写真-2 頭部滑落崖～側方崖の状況。滑落崖はもとの稜線を跨ぐように形成されている。崩壊は、もとの稜線より外側に及んでいる。



写真-3 頭部滑落崖より側方崖を望む。側方崖はもとの地形を直線的に切っている。

2.2 崩壊地下部

崩壊地の下部は、やや急傾斜を示す東向き谷状地形を呈しており、移動土塊により表層が削剥されている。右岸側には擦痕を伴う滑落面が露出している。擦痕の方向は、上部～下部に向かい、北東方向～東方向へと変化しており、土塊の移動方向が次第に変化したことを示しているものと考えられる。

左岸側は広い範囲で薄い崩土に覆われ、末端付近には

杉の倒木群が分布している。倒木群は表側(もとの山側)の樹皮が滑らかに削られた状態で、斜面勾配方向(南東方向)とは斜交する東方向に倒れており、土塊が東方向に杉の上を滑っていったこと示しているものと考えられる。

2.3 崩壊地の下方

崩壊地より下方は、葉ノ木平集落のひろがる平坦な低地である。崩土は斜面末端から対岸までの約 100m 区間の全長にわたり、低地を閉塞する形で堆積している(調査時には、被災した家屋周辺の崩土の除去、崩土の整形

が完了していたため、詳細は不明である)。家屋や車両が原形を留めない程度まで破壊されていること、崩土の一部が家屋等を飛び越えて対岸斜面に到達(衝突)していること等から、崩壊した土塊は、かなり高速で低地を滑走したものと推定される。



写真 - 4 崩壊地下部の状況。もともと谷地形であり、右岸側には擦痕を伴う滑落面が、左岸側には一様な方向に倒れた杉の倒木群がある。



写真 - 5 被災地背面の状況。移動土塊は、平坦地を100mほど滑走、家屋を破壊し、背面斜面に到達している(倒木も見られる)。

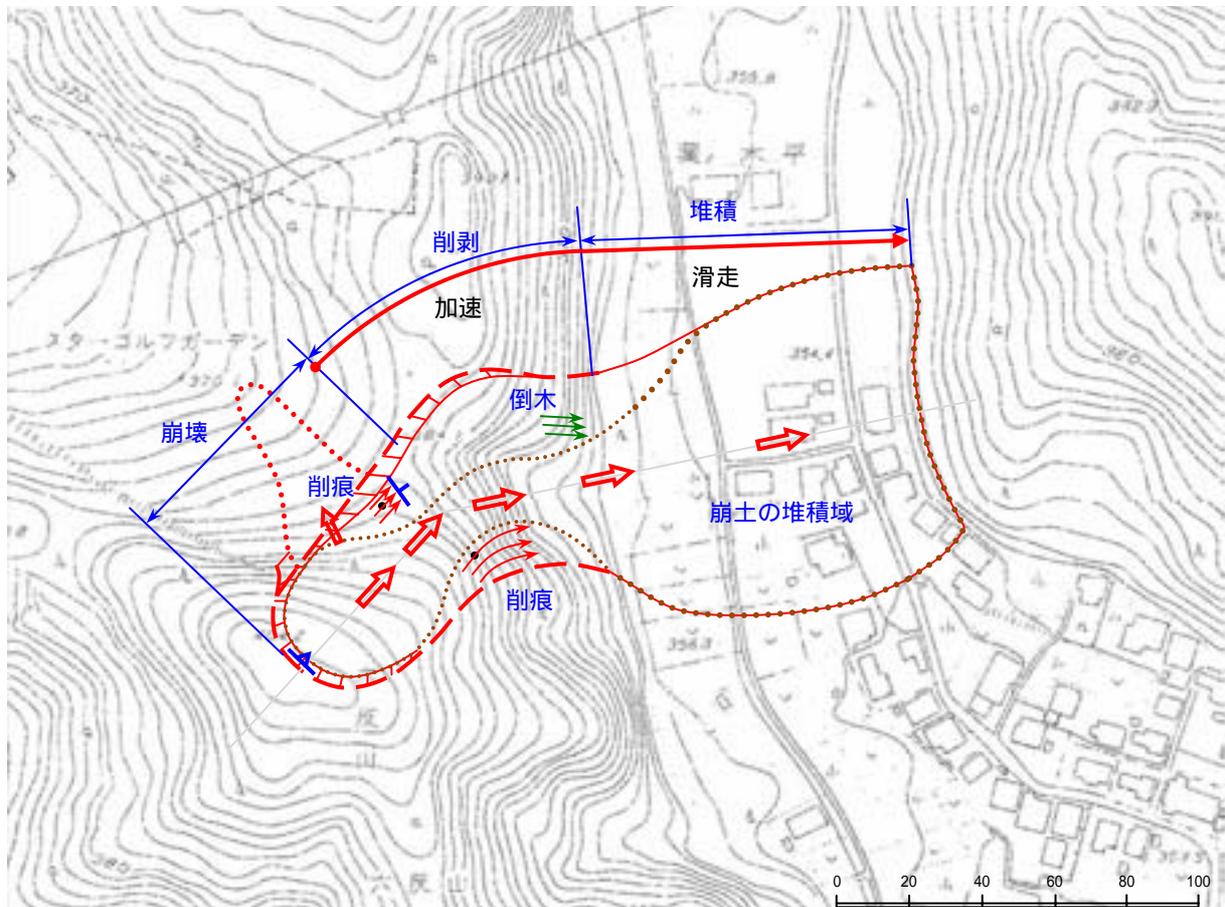


図 - 2 崩壊地の平面図(地形図に崩壊状況を模式的に重ねたもの)

2.4 崩壊地の地質

(1) 地質分布

崩壊地に分布する地質は、基盤の表層(古期崩積土～古土壌¹⁾)と、これを覆う風成の軽石～火山灰層であり、前者はすべり面～側方崖下端付近に、後者は主に滑落崖、側方崖に分布している。

基盤の表層土質は、高含水で指圧でつぶすと液状に泥濁化する。軽石は、粒子間の結合が弱く手で容易につぶせる程度に脆弱である。火山灰は、指先が貫入する～指先で容易に砂状にほぐせる程度に軟質である。

(2) 地質構造

崩壊地の地質は、古期崩積土～古土壌、軽石層、火山灰層が成層した構造である。基盤岩表層、および、軽石～火山灰層の地層面は、崩壊部の斜面勾配方向と一致する北東傾斜を示している(流れ盤)。また、地層面の傾斜は、滑落崖～側方崖にかけて、緩傾斜(10°程度)～急傾斜(30～40°程度)～緩傾斜(10°～水平)と変化しており、全体として盆状を示している。



写真-6 側方崖の地質状況。軽石～火山灰層は、基盤の凹地を埋めるように盆状に堆積している。枠線は写真-7。

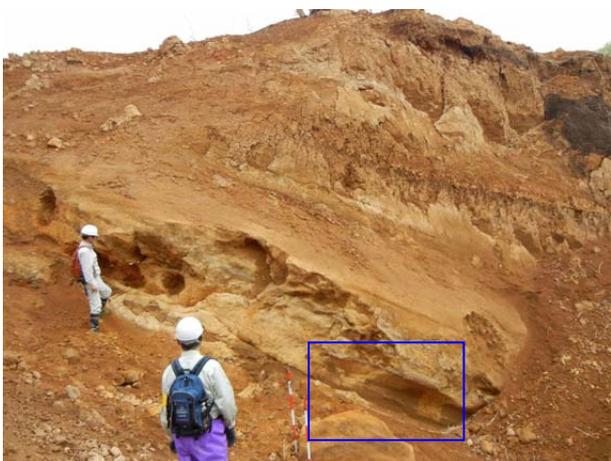


写真-7 側方崖に分布する軽石～火山灰層。この部分では、地層は急傾斜(30～40°)を示している。露頭中の穴は、他機関によるサンプリング跡。枠線は写真-8。

(3) すべり面

すべり面は、側方崖下方および谷地形右岸側上部の2箇所に露出している。いずれのすべり面も、古期崩積土～古土壌の上面付近に形成されており、北東方向の明瞭な擦痕を伴っている。また、側方崖下端部には、軽石層の側面に地層面方向の擦痕が認めらる(一見滑落崖様に見える急崖が、側方崖であることを示している)。

3. 崩壊要因など



写真-8 側方崖下端付近の軽石層に認められる地層面方向の擦痕。

当地区の崩壊については、3月11日の巨大地震時の強く長い地震動が直接的な誘因となったことは疑いないものと思われる。素因としては、地山が脆弱であること、地層面が流れ盤であること、地層面が盆状を呈し、下方の谷地形部で地層面が足を出す形となることなどが挙げられる。また、今回の調査では、湧水や表流水は全く確認されなかったが、崩壊した土塊の末端部は谷地形に位置しており、地下水が何らかの要因になった可能性もあるものと思われる。

当地区の崩壊は、基盤の表層付近をすべり面として土塊が滑動し、滑動中に加速された土塊が、低地を高速で滑走したものと考えられる。このような土塊の高速移動をもたらした原因として、第四紀火山碎屑物の地震に伴う液状化現象が挙げられることが多い。当地区のように地下水の少ない状況下での火山碎屑物の液状化現象の発生機構については、今後慎重に検証していく必要があるように思われる。

参考文献

- 1) 千木良雅弘・中筋章人・藤原伸也・阪上雅之：2011年東北太平洋沖地震による崩壊・地すべり(福島、栃木)および地震断層(福島)調査結果, 京都大学防災研究所HP, 2011.

・白河市岡ノ内災害現場視察報告書

Inspection report of Okanouchi disaster site at Shirakawa city

1. はじめに

本報告は、第二次北陸支部福島県・宮城県地区地盤災害調査団が、去る5月10日～13日に実施した現地調査のうち、福島県白河市大信隈戸岡ノ内地区(図-1)の自然斜面崩壊に関する視察報告である。(亡くなられた1名の方のご冥福をお祈り申し上げます。)



図-1 位置図注1)

2. 被害の状況

2.1 被害状況

発生日：平成23年3月11日(金)

被害状況：死者1名、全壊家屋1戸(崩壊土砂の流出により被災)注2)

崩壊形態：地すべり、ブロックの長さ約80m、幅約45～50m、崩壊土砂の流出距離約50m、幅約60m

3. 地形・地質の概要

3.1 地形概要(地形図からの読み取り)

(1) 地すべり地周辺の地形

岡ノ内地区の地すべりは、標高467.7mを頂部とした丘陵地の南向きの斜面の末端部で発生している。この丘

陵地は大局的に見て等高線は丸みを帯びているため、斜面の起伏は全体的になだらかなものと推察される。崩壊地では、等高線が谷側に突出していることから、凸状の尾根地形を呈していたと推定される。特に標高380mの等高線を境にして下方斜面の勾配が緩くなり、約20°の傾斜である。また、地すべりブロック隣接して東西には谷地形が認められる。西側の谷地形先端部に小山が見られる。なお、これらの斜面の裾には、幅3～4mの林道が北西-南東方向に延びている。

斜面末端部は谷底平地と接しており、その平地には概ね北東へ流下する河川に沿って、道路が延びており、民家が点在する。谷底平地は主に水田等の耕作地に利用されている。



図-2 踏査地周辺の地形図注3)

(2) 地すべり地の地形

地すべり地の末端部にある林道の標高は概ね355mで、地すべり頭部の滑落崖は末端部より比高30m(標高395m)である。滑落崖の比高は8～12m、傾斜角は50～60°である。すべり面勾配は17～20°である。崩壊土砂は50m流動し、最終的に斜面脚部にあった民家を直撃し、破壊し、道路まで押し出している。踏査時には、崩壊土砂は一部が撤去されていた。(写真-1、-2)



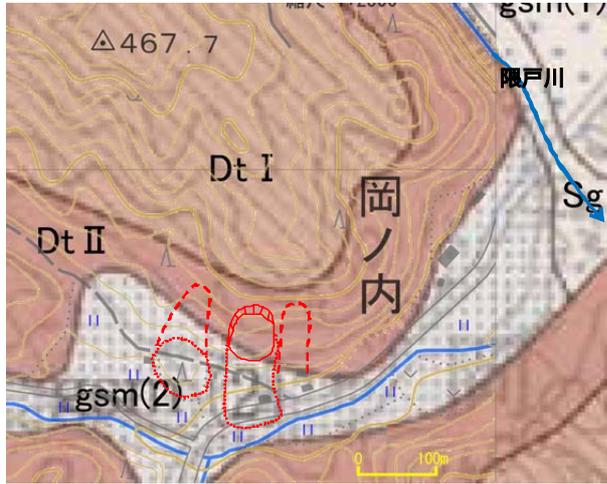
写真-1 地すべり地全景



写真-2 土砂流れの方向

3.2 地質概要

岡ノ内地区の地質(図 - 3)は、第四紀の更新世から完新世にかけて堆積した火山性堆積物である石英安山岩質凝灰岩 (Dt)及び (Dt)が広く分布しており、丘陵地の基盤を成している。これらは一括して白河層と呼ばれ、その下位のものを Dt , 上位のものを Dt と区分されている。



表層地質図 凡例			
第四紀	完新世	現河床堆積物	Sg 砂・礫
		低位段丘堆積物	gsm(1) 礫・砂・泥(1)
		低位・扇状地 段丘堆積物	gsm(2) 礫・砂・泥(2)
第四紀	未詳	表土、火山灰層	ts 黒ボク, 粘土, 凝灰岩片(軽石)混じり火山灰
		白河層	Dt 石英安山岩質 凝灰岩
更新世			Dt 石英安山岩質 凝灰岩

図 - 3 踏査地周辺の表層地質図^{注4)}

Dt の特徴は、岡ノ内地区では、弱溶結～非溶結のものが多く、灰白色で結晶質の凝灰岩が分布する。

Dt の特徴は、成層した凝灰(5～25m)を挟んで上部と下部に分けられるが、岡ノ内地区では下部層が分布している。下部層は、灰色～暗灰色の細粒の凝灰岩で、溶結の程度は低い。表面が酸化した異質礫を含むことが多い。また、踏査結果から少なくとも岡ノ内地区においては、表層に未固結の軽石や凝灰岩片等を含む火山灰層や粘土層が分布しており、本報告ではこれらの層を ts と表記する。谷底低地とその周辺には、現河床・氾濫原堆積物で砂礫からなる現河床堆積物(Sg)が分布しており、未固結の礫や砂・泥からなる低位段丘・扇状地堆積物(Sg,gsm(1), gsm(2))が分布している。

4. 踏査結果

4.1 踏査の結果

(1) 頭部滑落崖

頭部滑落崖は非常に明瞭である。傾斜角度 50～60°である(写真 - 3)。滑落崖には擦痕が認められ、その方向は N27°W である(写真 - 4)。なお、滑落崖より上方斜面には、開口亀裂等の変状は認められなかった。

頭部滑落崖の露頭は、表土(黒ボク)が崖上から-0.2～0.4mまで分布し、白色の(軽石質)凝灰岩片が多く混入した土砂が-2.0m、崖下までは凝灰岩片を混入している褐色の粘土混じり砂が分布する。

(2) 頭部

残存する崩壊土砂の層厚が 1m 前後とみられ、所々ですべり面が露出している。頭部域のすべり面の走向傾斜は N63°E, 18°S である。



写真 - 3 頭部滑落崖の全景。



写真 - 4 頭部滑落崖の削痕。



写真 - 5 右(西側の)側壁部の全景。



写真 - 6 写真-5丸印の拡大写真

(3) 右(西側の)側壁部

右(西側の)側壁部は非常に明瞭で、比高 3m 程度の壁が形成されている(写真 - 5)。側壁崖の傾斜角度は 70~80° 程度である。側壁部の露頭(写真 - 6)は、表土(黒ボク)が崖上から-0.2m、褐色の粘土が-0.5m、白色の(軽石質)凝灰岩片が多く混入した土砂が-2m、崖下までは凝灰岩片を混入する褐色の粘土混じり砂が分布する。

また右側壁部に近い位置にすべり面の露出箇所があり、その走向傾斜は、N82°W,20°S(写真 - 7)である。このすべり面には擦痕が認められ、その方向はN7°Wである。



写真 - 7 右(西側の)側壁部付近のすべり面。

(4) 左(東側の)側壁部

左(東側の)側壁部は頭部域にのみ見られ、ここには黒ボクが厚く堆積している(写真 - 8)。それよりも下方斜面は、東側の谷地形に隣接しており、側壁がない。大きな岩塊を含めた崩壊土砂は、斜面に生えていた木々に押し被さり、押し流しつつ堆積している。



写真 - 8 左(東側の)側壁部の様子。

(5) 中央部

地すべりブロック中央部では、崩壊土砂がある程度残存しているが、層厚は薄い(写真 - 9)。すべり面が露出している箇所が所々に認められ、その走向傾斜は N68°E,17°S である(写真 - 10)。すべり面は、滑らかな粘土であり、含水は中位~やや少ないである。

(6) 末端部

地すべり発生直後には林道を覆っていた崩壊土砂は、踏査時には、部分的に崩壊土砂が撤去されて、林道の通行が可能となっている。林道の上部では崩壊土砂の下部に、倒木や倒れ込んだ植物が挟まれた黒色の表土が認められる(写真 - 11)。つまり地すべりの末端部は林道よりも上方位置にあると判断できる。



写真 - 9 ブロック中央部の様子。



写真 - 10 すべり面の様子。

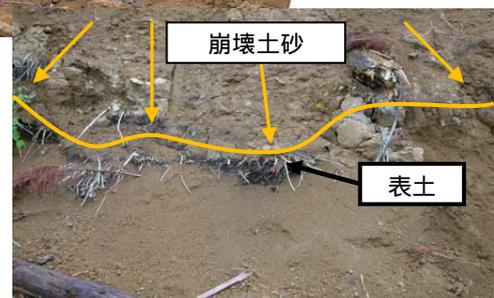


写真 - 11 地すべり末端部の様子。



写真 - 12 西側斜面の様子。谷地形を呈し、小山が形成されている。

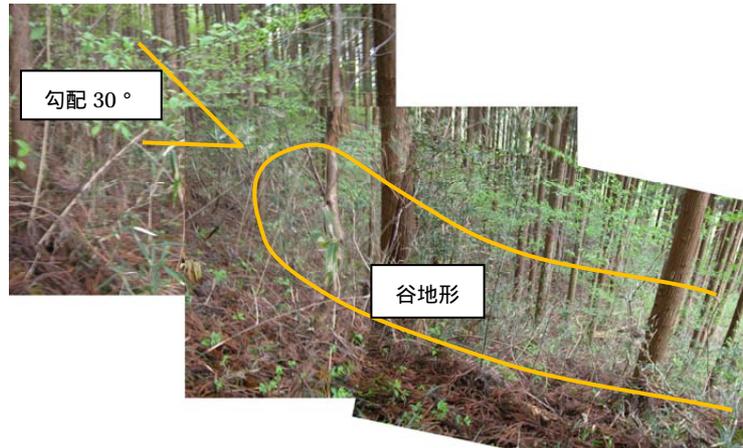


写真 - 13 東側斜面の様子。
谷地形を呈する。

(7) 地すべりブロックに隣接する東西の斜面

1) 西側斜面

谷地形を呈している(写真 - 12)。地すべりブロックの頭部滑落崖位置と同じ~やや高い位置に谷地形の源頭部がある。谷地形の先端部には、林道の付近から下流側に土砂が堆積したと推察される小山がある。この谷地形部の崩壊土砂が堆積して形成された過去の地すべりの痕跡である可能性が高い。

2) 東側斜面

谷地形を呈している(写真 - 13)。地すべりブロック頭部滑落崖と同じ標高に沢地形の源頭部があり、その斜面勾配は 30 度前後と急傾斜面である。谷地形の下流側には土砂の堆積している地形が認められない。



写真 - 14

(8) 地下水について

地すべりブロック内には地下水の湧出あるいは湧出跡が認められなかった。ただし、地すべりブロックと隣接する東側斜面の末端部には、風化作用を受け表面が褐色化した安山岩質凝灰岩の露頭(写真 - 14)が認められた。そこには地下水が毎分 20 リットル前後湧出している(写真 - 15)。貯留枡が設置されていることから常に水が得られていたと推察される。

(9) 崩壊土砂

道路に及んだ崩壊土砂は、白灰色や暗灰色の凝灰岩塊や岩片が含まれている。岩塊は、ハンマーの打撃で割れる硬さであり、基質は褐色の火山灰あるいは砂である(写真 - 17)。地すべり頭部と末端部の中心をそれぞれ結んだ方向が N7°W であるが、すべり面の傾斜方向と若干ずれている(写真 - 16)。



写真 - 15



写真-16 地すべり頭部から末端部を望む。すべり面構造や擦痕の分布を記した。



写真-17 崩壊土砂に含まれる凝灰岩片。

4.3 地すべりの層序

踏査の結果、次のような層序を確認した。

黒ボクを含む表土が 0.4m 程度の層厚で、斜面表面を覆っている。その下位には軽石質な凝灰岩片が混じる火山灰、その下位にすべり面となった粘土の層が分布している。

また、斜面と低位段丘・扇状地堆積物と接する箇所には、DtII層が露出しており、ハンマー打撃で金属～半濁音を発する程度の硬さであった。

4.4 推定地質断面図(地形図からの読み取り)

推定地質断面図(図-4)によると、地すべり前の地形勾配(20°)と、露出していたすべり面勾配(17～20°)がほぼ同一であることがわかった。

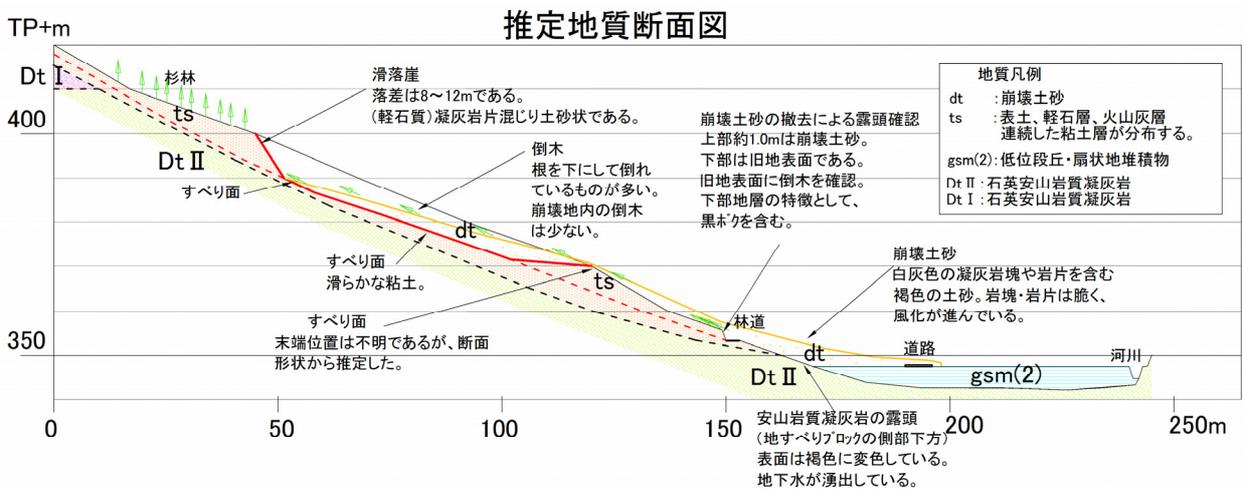


図-4 推定地質断面図

5. 地すべり機構

5.1 地すべり発生の素因

基盤である Dt 層の上に、脆弱な地層(ts)が分布していたこと、その ts 層の中にすべり面となり得る粘土が層状に分布しており、さらにその粘土層が流れ盤構造であったこと、等が挙げられる。

なお通常の地すべりの場合、地下水によりすべり面に過剰間隙水圧が発生するが、今回の地すべりは地下水の湧出の痕跡が認められなかったため、地下水を素因として挙げることは慎重な検討が必要である。

5.2 地すべり発生の誘因

平成 23 年 3 月 11 日 東北地方太平洋沖地震 による地震動。

6. 考察

6.1 崩壊土砂の性質

崩壊土砂は、滑落崖直下でも岩塊は少なく、細かく粉碎された状態になって、下方斜面へと流出している。滑落崖を含め、地すべりブロック内では地下水の湧出等の痕跡が認められなかったことから、地下水の作用以外で、細粒分化する機構があると推察される。その可能性を以下に挙げる。ただし崩壊した土砂の性質を正確に把握するには、十分な試験や解析、検討が必要となる。

- 1)凝灰岩の基質の火山灰の粒径がそろっていることで、締め固まりにくい物性であったことに加え、陸生層で地質年代が若いため、締め固まりにくい環境でもあった。
- 2)地すべりが発生した箇所が、地震動が増幅される傾向が強い尾根地形であったため、強震により基質の粒子間の結合が弱まり、細粒分化した。
- 3)軽石質な凝灰岩は、この軽石の内部に地下水を含むことができるため、地震動によって軽石質凝灰岩が圧縮を受けると、軽石の内部の水が浸み出し、過剰間隙水圧が発生して「液状化」を引き起こしたため、地層全体が細粒分化した。しかしこの場合、白色の軽石質な凝灰岩の付近に液状化の痕跡が認められていないため、可能性は低いと考えられる。

6.2 崩壊土砂の流出方向

当地区の地すべりの崩壊土砂の流出方向が林道よりも上方斜面では、地すべり頭部と末端部の中心をそれぞれ結んだ線(N7°W)から 22~27°東へ傾いた方向のようにみられる(写真 - 16)。その理由を以下に挙げる。

- 1)地すべりの中心線沿いで確認したすべり面の傾斜方向と流出方向が概ね一致していることから、崩壊土砂の多くは東側へと流出した。
- 2)地すべりの西側は尾根地形のため、土砂がそれ以上広がることはできないが、東側は側壁がなく谷地形になっているため土砂の流入を許すことになった。
- 3)強い地震動により東側への広がりを助長することになった。

(不明点 1)地すべり中心線の方向とすべり面の傾斜方向が一致しないことについては、不明である。ただし後述の 6.3 節に関連事項を示す。

(不明点 2)末端部は踏査時点で崩壊土砂の撤去や整地が行われていたようで、流出方向や範囲は不明である。

6.3 すべり面の形状

右(西側の)側壁付近のすべり面では、走向傾斜が中心線よりも西へ 15°傾いている。このことから、すべり面の形状は、尾根地形のように凸型を示している可能性がある。正確な形状を把握するには詳細な調査が必要である。

6.4 尾根地形の残存

地すべりの西側には尾根地形が残存している。その理由について、次の可能性を挙げる。

- 1)強い地震動によって凝灰岩を構成する粒子の結合が弱まり、その「緩み」が応力の開放を受けやすい谷地形がある東側を中心に発生し、地すべりに至った。すなわち、より西側の位置では、尾根地形全てを滑落させるほど「緩み」が生じなかった。
- 2)地すべりの西側にある小山が、尾根の末端を押さえる盛土のような役割を果たしたため、西側の尾根が残存した。
- 3)地層の要因として、局所的に脆弱な地層 ts の分布が少ない(ts)、あるいはすべり面となった粘土層の分布がなかったため、西側の尾根が残存した。ただし、この地層分布を要因とする場合、その可能性は低いと考えられる。それは東西の沢地形の成因を地すべりと考えると、地すべりが隣接して発生しているのに、地層の連続性が部分的に途切れているとは考えにくいためである。

6.5 今後の地すべり活動と対策

この岡ノ内地すべりの今後の地すべり活動とその対策について述べる。

踏査により頭部滑落崖の上方斜面に後退亀裂が認められなかったため、短期的には山側への地すべり拡大の可能性は小さい。しかし、ts 層の中にある粘土層が潜在的なすべり面として山側へと分布しているとみられ、長期的には、降雨・融雪水等が多くなると不安定化し、山側斜面が今回同様の地すべりが発生する可能性がある。したがって、滑落崖には法面対策工等が必要と考えられる。地すべり斜面に残存する崩壊土砂の量は少なく、多くは末端部へと細かく粉碎されて流出している。ただし東側の谷地形には 1m 大の岩塊や土砂が多く堆積しており、二次的な土砂災害を防止するためには、土砂の撤去等の対策が必要である。

一方、右(西側の)側壁部は尾根地形の一部が残存しており、今後も同様の地震動、あるいは降雨・融雪水によっては滑落する可能性は否定できない。ただしこれまでのことは地表踏査段階における評価のため、今後の詳細な地質調査の成果を期待したい。

7. おわりに

今回の東北地方太平洋沖地震によって発生した岡ノ内地すべりは、通常の地すべりでは比較的“発生しにくい”尾根地形で発生している。特に今回の踏査から地すべりの素因や崩壊土砂の性状、あるいはその場所（範囲）で地すべりが発生しなければならない理由について、ある一定の評価（推定）をしたが、解明には至っていない。岡ノ内と同じ地形、地質条件を示す斜面はこの他にも多数あり、今回の地震動による地すべり発生の有無がどのような条件で決まったのか、その点について調査を進めて、予防的な対策が効率よく実施されていくことが必要と考える。

以 上

参 考 文 献

- 1)Google マップ, 岡ノ内周辺 .
- 2)(独)土木研究所 土砂管理研究グループ地すべりチーム 武士 俊也：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, 平成 23 年 5 月 13 日 .
- 3)国土地理院：数値地図 2500(空間データ基盤), 岡ノ内周辺 .
- 4)福島県農地林務部農地計画課：土地分類基本調査 長沼 及び 表層地質図, p25-29, 1987 年 3 月, (国土交通省土地・水資源局国土調査課ホームページより) .

白河市北ノ入災害現場視察報告書

Inspection report of Kitanoiri disaster site at Shirakawa city

1. はじめに

本報告は、第二次北陸支部福島県宮城県地区地盤災害調査団が、5月10日～13日に実施した現地調査のうち、福島県白河市北ノ入地区の自然斜面崩壊に関する視察報告である。

北ノ入崩壊地は東北新幹線「新白河駅」から北東へ約6km離れた標高350～420mの小高い丘陵地の西側斜面に位置する。



図 - 1 震源地 (google map)

2. 崩壊の状況

崩壊箇所は、尾根を分断するように丘陵地の山頂で発生し、その規模は幅約30m、長さ約95m、高低差約25mである。崩壊によって生じた土塊は小さい沢筋に沿って水平距離で約250m移動し、末端部は崩壊箇所から50m下の谷底低地の中央部にまで達している。(図-3参照)

2.1 崩壊地の状況

崩壊箇所頭部には南西側を開いた馬蹄形を呈する滑落崖が形成されている(写真-1)。滑落崖の比高差は5mである。崩壊ブロック左壁の上側には、崩壊土砂が乗り上げている。崩壊時、地震の左右の揺さぶりにより崩壊土

塊の一部が左壁表面に乗り上げたものと思われる。また、崩壊地の内部に崩壊面の擦痕を確認する。擦痕は南東方向に20°傾斜する。(写真-3参照)

2.2 崩壊地の直下

崩壊地の末端は急傾斜し、南向きの谷状地形に連続する。崩壊土砂は他に地形に沿って移動方向を南側へと変えてる。ここでも右壁には崩壊土砂が乗り上げ、斜面の上部にある杉の木が山側(東側)になぎ倒されている。一方で谷底近くにある杉は沢地形に沿って南側に倒されており、これは崩壊土砂が南方向へと移動を変えたためと考えられる。

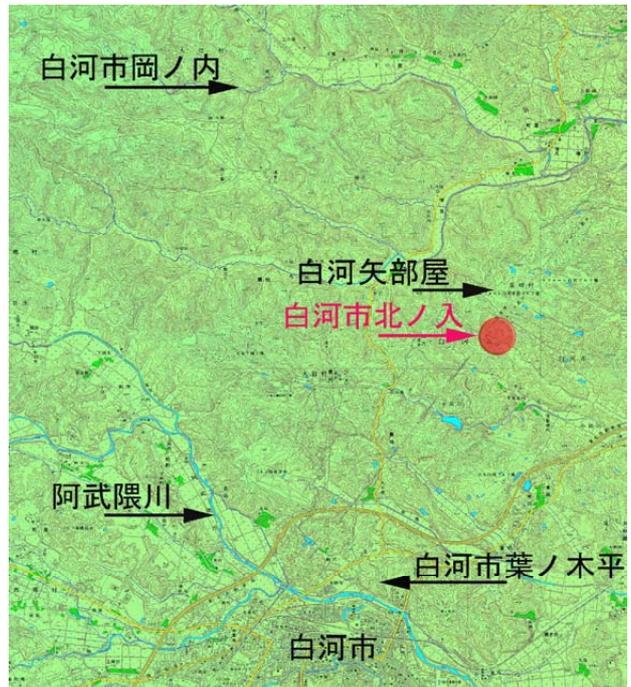


図 - 2 位置図 (地図センター)

2.3 崩壊地の下方

崩壊地の下方は、谷底低地につながる比較的傾斜のゆるい沢地形を呈する。崩壊土砂は、沢地形始点付近の急斜面から南東方向へ移動し、沢地形中央部付近で移動方向を南西方向へと変化させ、谷底低地の中央部にまで達している。その間、約250mにわたり沢地形内には大きさ20～30cm(最大で100cm)の岩塊を伴う土砂が堆積している。崩壊土砂の末端部の高さは、約3～5mである。移動方向を変えながら350mにわたり移動したことや、

現地盤の形状をほとんど維持していないことから、崩壊土砂はかなり高速で沢地形内を移動したものと考えられる。(写真-7参照)

3. 崩壊地の地質

3.1 地質の分布

本調査では、調査地周辺の地質を広く観察する時間を取れなかったためその詳細を把握するには至らなかった。そのため、崩壊地の地質については、東日本大震災で発生した後、土砂災害を精力的に調査された千木良ほか(2011)¹⁾を参考にした。

崩壊地に分布する地質は、溶結凝灰岩を基盤とし、これを覆うように火山砕屑物が分布する。火山砕屑物には黒ボク、白色の粗粒砂層(白色粗粒砂層)、軽石を含む粘性土層(軽石質粘性土層)、暗褐色の粘性土層(暗褐色粘性土層)が介在する。この内、軽石質粘性土層と暗褐色粘性土層はすべり面の下で、白色粗粒砂層は滑落崖で、そして、黒ボクは沢地形内の崩壊土砂の下で確認される。

すべり面の下は、軽石質粘性土層と暗褐色粘性土層が互層状に分布する。すべり面下の軽石質粘性土層は、軟弱かつ高含水で、粘着力が強い。指ですりつぶすと、粘土が指にへばりつく。一方、滑落崖に分布する白色粗粒砂層は、ハンマーで容易に破壊でき、破片は指圧で砂状にすりつぶすことができる。軽石質粘性土層とは対照的に、低含水である。

3.2 地質構造

崩壊地の地質は、溶結凝灰岩の表層に火山砕屑物が成層した構造である。火山砕屑物の地層面は、崩壊地で露出するすべり面とほぼ平行である。滑落崖で認められる白色粗粒砂層の走向・傾斜はN21°E・20°Eである。

3.3 すべり面

すべり面は崩壊地で露出し、火山砕屑物の中の軽石質粘性土層で生じたようである。すべり面の走向・傾斜はN4~9°E・約20°Eであるが、擦痕の走向・傾斜はN20°E・20°Eで、これは火山砕屑物の走向・傾斜とほぼ一致し、すべり面は流れ盤構造を呈している。(写真-3参照)

4. 崩壊土塊の物理特性

表-1の室内土質試験結果は以下で採集した土の物理特性である。

- ・No.1 白河市葉ノ木平、中段すべり面下で採取
- ・No.2 白河市岡ノ内、すべり面下で採取
- ・No.3 白河市北ノ入、軽石質粘性土で採取

この結果を見ると、すべり面下の軽石質粘性土は高液性限界のシルト又は粘土である。ただし、火山灰の物理試験は堆積粘土と同じ方法では容易には解決出来ない問題が沢山ある。ここで判ることは、山頂部及び尾根にあっても自然含水比は大きく、飽和度も高いことである。

表-1 室内土質試験結果

物理的特性	単位	No.1	No.2	No.3	
土の湿潤密度	g/cm ³	1.633	1.439	1.413	
土の乾燥密度	g/cm ³	1.041	0.798	0.750	
土粒子の密度	g/cm ³	2.663	2.646	2.653	
土の自然含水比	%	56.1	85.2	87.7	
土の間隙比	-	1.560	2.325	2.539	
土の飽和度	%	97.5	91.9	92.7	
粒度特性	礫分	%	0.0	0.9	0.4
	砂分	%	3.9	16.0	4.7
	シルト分	%	26.5	32.7	36.3
	粘土分	%	69.6	51	58.6
土の液性限界	%	90.7	104.9	96.1	
土の塑性限界	%	41.5	47.5	48.3	
粘着力 <i>c</i>	kN/m ²		36.0		
せん断摩擦角	°		3		

5. 崩壊はなぜ発生したのか

崩壊が発生した直接的な誘因は、平成23年3月11日の地震による激しく長い振動であることは間違いないと思われる。しかし、なぜ局所的にこの箇所だけが崩れたのかは疑問である。一般には、崩壊箇所の地形や地質及び地下水等が素因として上げられる。特に、地すべりや斜面崩壊の素因の多くは地下水にある。新潟県中越沖地震でも、急斜地の崩壊では湧水が確認された。しかし、今回、調査した箇所では、崩壊箇所内やその周辺部で水が全く認められなかった。

考えられる素因の一つとして、すべり面直下で確認された、火山砕屑物に介在する軽石質粘性土層の存在である。軽石質粘性土層は、一般的に多孔質な特長を持ち、そのため保水性が極めて高く「液状化しやすい地層である」と考えられている²⁾³⁾。この軽石質粘性土層は室内土質試験の結果でも高含水、高飽和度を有する。このことから、地震動により、この土が液状化した可能性が考えられる。ただし、谷底低地の崩壊土塊には、径20~30cmの岩塊が多く残り、全体が液状化したと考えにくいことから、液状化は火山砕屑物の中の軽石質粘性土層付近だけで発生したと可能性が高い。つまり崩壊の素因は、脆弱な火山砕屑物が流れ盤構造を呈すること。この火山砕屑物に高含水の軽石凝灰岩層が挟在し、この地層が局所的に液状化したことにより崩壊したと考えられる。

6. 崩壊土砂はなぜ流れたのか

崩壊土砂の移動距離は、比高差が約50mの場所で、水平距離で200m以上移動している。水があれば、密度流となり、状況によっては数kmにわたって流れた例がある。

しかし、調査地では湧水がなく、また崩壊が発生した当時の天気でもほとんど雨が確認されていない。なぜ崩壊土砂が長距離にわたって流れたのか疑問である。

考えられる要因の一つは、地震の振動時間である。今回の地震では、内陸部で大きな振動はなかったが、振動時間は3分以上とこれまでに類を見ないほど長かった。そのため、崩壊土砂は、液状化を繰り返しながら小さな岩塊に分解されながら流れたと考えられる。

特に中段にある旧滑落崖で、崩壊土砂は加速し、遠くまで流れたものと思われる。

7. 崩壊地の危険性

崩壊土砂は、尾根を少し越えている。そのため、これ以上後退する可能性はない。しかし、崩壊地には土塊がまだ残る。火山砕屑物の特長を考えると、これから梅雨時期に入ること、余震がまだ発生する可能性があることを考慮すると、この周辺で崩壊が再発することが考えられる。

現在、農道は通行止めである。斜面の調査及び対策を行われるまで、通行止めを実施するのが妥当である。崩壊土砂を撤去し、通行は可能であるが、この時は警報機付きの伸縮計を設置することを進める。また、農道を使用する地元の人に、崩壊の危険性について警告し、連絡体制を明確にしておく必要がある。

さらに、崩壊地から400m 東南東方には、民家がある。民家は、崩壊箇所と地形的が似た南側に開けた沢地形の末端部にあり、この民家の住人にも、北ノ入の崩壊状況を伝え、地形の変化等に十分注意するよう警告しておく必要がある。

8. おわりに

今回の崩壊で、なぜ、崩壊したのか、なぜ、移動したのか、推測は出来るが明確な回答は出来ない。しかし、地すべり災害は予測できなければ、対策は出来ない。人命も救えない。葉ノ木平で近所のおかさんが言われた一言に「私の親族はここに住んでいてここで亡くなりました。なぜ、ここだけが崩壊し、今私が住んでいるところがなぜ助かったのでしょうか、私の住んでいるところは大丈夫でしょうか」。私は、明確な回答は出来ませんでした。正直、今でも回答出来ません。ただ、いえることは、今回の地震の特徴は、約3分以上と長い揺れが続き、被災地も岩手県から千葉県までと長い。この長い被災地においてすべての物が破壊したわけではない。古い建物、欠陥や問題がある建物・土木構造物・造成地、弱い自然地盤や自然斜面で破壊、損傷、崩壊が発生している。いいかえると、ここ白河火山砕屑物が分布する自然斜面は崩壊しやすい弱い自然斜面でないかと思われる。これから、ハザードマップの見直しや丘陵地の住宅造成が進むと思われる。これらの場所の選定や造成工事を行う場合は、今回の被災を十分考慮し、詳細な調査を行うことを進める。

参考文献

- 1) 千木良雅弘・中筋章人・藤原伸也・坂上雅之：2011東北太平洋沖地震による崩壊・地すべり(福島、栃木)および地震断層(福島)調査結果, 京都大学防災研究所HP2011
- 2) 京都大学・防災研究所・斜面災害研究センター・高知大学・教育研究部・自然科学系農学部門「葉ノ木平の流動性地すべりと基盤振動特性」2011/4/25
- 3) 風岡修・千葉県環境センター地質環境研究室, 40 URBAN KUBOTA 「3. 第四紀火山砕屑物の液状化・流動化」2003.3

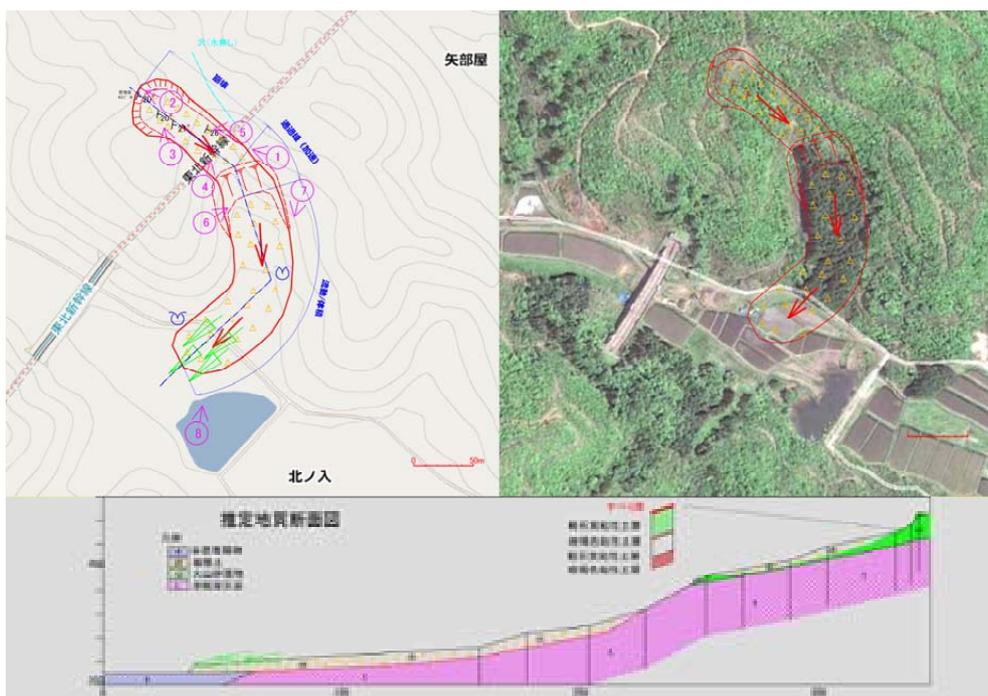


図 - 3 踏査平面図及び推定地質断面図 (google map)



写真 - 1 崩壊地全景



写真 - 2 滑落崖



写真 - 2 - 1
白色粗粒砂層
層厚 15cm, 連続する。
粗粒, 軽い, 脆い。



写真 - 2 - 2
ブロック状に採取した軽
石質粘性土層, 軟質, 重
い, 保水性が高い。



写真 - 3 すべり面





写真 - 4 崩壊ブロック内の崩壊土砂
径20～40mmの岩塊を含む。



写真 - 5 崩壊ブロック左壁下部の擦痕



写真 - 6 崩壊ブロック下部の旧滑落崖



写真 - 7 崩壊ブロック下部から下を撮影



写真 - 7 - 1
移動土塊, 径 70cm



写真 - 7 - 2
移動土塊
灰白色の粗粒砂層を介
在する。



写真 - 8 崩壊下部を撮影
流木のほとんどが下部に押し出されている。



写真 - 8 - 1 基盤の溶結凝灰岩
暗灰色, 固結,
ハンマーで容易に破壊する。

「仙台市青葉区折立地区住宅地崩壊現場の踏査結果報告」

Reconnaissance Report of Landslide Disaster in Oritate Housing Area in Aoba, Sendai City

1. はじめに

2011年3月11日、宮城県牡鹿半島沖にてマグニチュード(M_w)9の東北地方太平洋沖地震が発生した。この地震では津波による被害が多く報告されている。しかし、内陸部でも家屋の倒壊、地すべり、斜面崩壊が発生している。ここでは宮城県仙台市青葉区折立地区で発生した斜面崩壊について報告する。

宮城県仙台市青葉区折立は、JR仙台駅より西へ約6km隔たった東北自動車道仙台宮城ICの西側に位置する。



図 - 1 案内図

この折立地区は、昭和40年後半に造成された団地で、現在、456世帯が住んでいる。折立地区を含む仙台市では、これまでに何回か大きな地震に遭遇している。

- 1978年宮城県沖地震 M7.4 震度5(仙台市)
- 2008年岩手・宮城内陸地震 M7.2 震度5弱(青葉区)
- 2011年東北地方太平洋沖地震 M9.0 震度6弱(青葉区)

折立地区とほぼ同時期に造成された仙台市太白区緑ヶ丘地区では、1978年宮城県沖地震において、地すべりが発生し対策工事が実施された。しかし、今回の大震災では、対策工による一定の効果を発揮する事ができたものの、地表変位を完全に抑止出来ず被害が広がったと考えられる。

一方、仙台市青葉区折立地区では、これまでの1978年宮城県沖地震等による被災はなかったため、これまでに何ら対策工事は行われておらず、今回の地震で大きな地すべり災害となった。

2. 被害状況

調査地は、丘陵地の北側斜面を造成した住宅街である。視察した被災地は、その住宅街の東端に位置する折立である。住宅が被災した部分は、北北東～北東方向に傾斜した斜面地形内で、空中写真-1の赤破線範囲に住宅被

害が集中している。



空中写真 - 1 被災後の空中写真(H23年4月6日)

(1)被害:

折立を中心に、本震で崩壊の可能性がある「危険」と判定された家屋が69戸あり、「要注意」は115世帯ある。さらに、仙台市は震災後、43世帯を災害対策基本法に基づいて、立入を制限する「警戒区域」に指定されている。

(2)規模:

長さ225m(最大)、幅145m(最大)

(3)地すべり範囲:

地すべり頭部から左右側壁部は亀裂・段差地形、末端部の押し出しなど地すべり地形の輪郭が明瞭で連続性が確認できる。

3. 地形・地質の概要

3.1 地形

折立地区は、丘陵地の北東端斜面にある。この丘陵地は、蕃山(ばんざん)丘陵と呼ばれ、奥羽山脈から青葉山丘陵まで東西に続く舌状台地の一部を呈する。蕃山丘陵の北側を広瀬川流域の愛子(あやし)盆地が、南側を名取川流域の旧秋保盆地に分けている。蕃山丘陵自体も東西に長い尾根状地形を持ち、西から標高366mの「蛇台蕃山」、373mの「西風(ならい)蕃山」、356mの「蕃山」の3つの峰が連なっている。なお、折立地区北側は、広瀬川上流域の愛子(あやし)盆地の平坦地になる。

被災した折立地区は、急峻な丘陵地斜面を造成し、北東方向に階段状を呈する住宅街である。地区東端および南端は、丘陵斜面がそのまま残っている。南側丘陵斜面は、集水性の高い沢地形が存在すること、及び後述する(図-5)「造成宅地地盤図」から、被災区域は深い谷状地形を埋立盛土したものと思われる。



図 - 2 調査地（折立）周辺の地図

3.2 地質

調査地である折立地区住宅街の表土下部には、洪積世の段丘礫層が分布する。この礫層の上位は玉石混じり礫層で礫はやや硬い。下位は、あずき大～こぶし大の礫からなり、基盤岩付近では砂礫層となっている。相対密度は幾分緩く上位礫層より劣っている。住宅地上方斜面は、鮮新世竜ノ口層の砂質～凝灰質泥岩が斜面中腹を横断している。この一角を含む蕃山丘陵は、新第三紀火山岩類（鮮新世安山岩類に相当）からなる。なお、三滝層に属する集塊岩は、安山岩塊～角礫が火山灰から熔岩で凝結されたものを言う。

現在は、1970年（昭和45年）頃に造成によって、丘陵地斜面の切土・盛土が行われ、地盤は場所によって埋立盛土、地山切土が入り込んだ地盤となっている。

表層地質図凡例			
半固結堆積物	gm1	礫・砂	低位段丘 洪積世
"	gm2	礫・泥	高位段丘 洪積世
"	mss	泥岩・砂岩	竜ノ口層 鮮新世
火山性堆積物	Trp1	浮石質凝灰岩	花壇層上部 鮮新世
"	Ag1	集塊岩	三滝層 鮮新世
"	Ab1	安山岩質岩石	三滝層 鮮新世



図 - 3 調査地(折立)周辺の表層地質図
 参考資料；5万分の1 都道府県土地分類基本調査(仙台)
 1967年 (国土交通省 HP より抜粋)

4. 現地踏査



写真 頭部段差地形（段差は0.7m程度）



写真 開口(引張り)亀裂



写真 左側方部の開口(引張り亀裂)亀裂



写真 右側方部の段差亀裂と擁壁の損壊



写真 末端部の押出（擁壁は約2m乗り上げた）



写真 公園横道路のせん断破壊

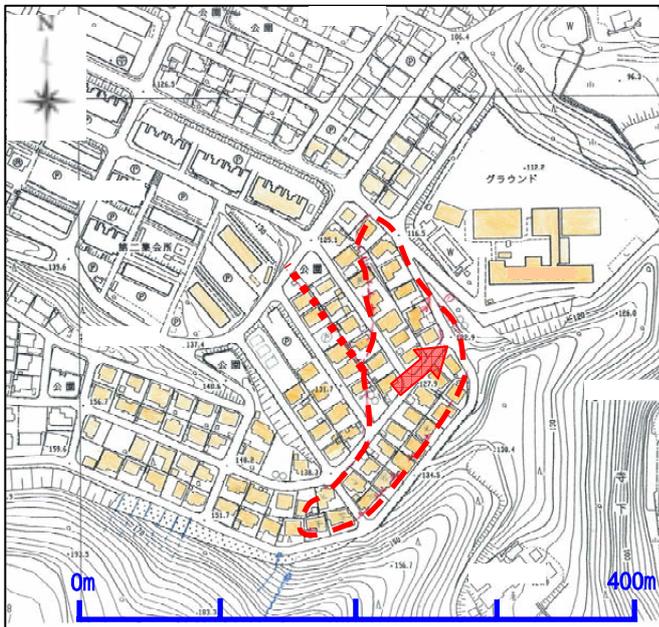


図 - 4 折立地区写真位置平面図

4.1 地すべりブロック

ブロック頭部（写真）から幅 35m × 長さ 100m 程度の北東方向の細長い輪郭を呈し、地区中央空き地付近（ ）から北へ拡大するように開口亀裂が延び、小学校正門に面した道路付近が末端部（写真）となる。最終的には最大幅 140m、最大長さ 200m 規模の地すべりブロックになる。

移動方向は、北東から北北東方向（斜面の傾斜方向とほぼ一致）と思われる。

- ・ブロック頭部：住宅地敷地内の段差亀裂（写真）
- ・ブロック末端部：小学校敷地横の道路に押出された擁壁（家屋ごと道路に約 2m 乗上げた）
また、この付近の道路も小学校側に孕み出すように変形（写真）
- ・ブロック右側部：東南端の住宅地敷地内をほぼ一直線に入った段差亀裂（最大 0.7m）
住宅地境界のほとんどの擁壁が損壊や段落ち変形（写真）
- ・ブロック左側部：写真の亀裂からほぼ北方向に延びる開口亀裂（写真）

図 - 4 に示す赤の点線部分は、地区中央（写真 付近）から北北西方向に並ぶ擁壁が沈下し、その延長線上は、公園横の道路を横断する亀裂（せん断破壊）まで続く（写真）。この道路上の亀裂（せん断、横ズレ）跡はやや古く、今回の大震災による地すべり災害前に発生したものと思われる。

4.2 地下水状況

末端部（小学校近く）の観測孔は、孔内水位 GL. - 0.9m 付近と見られる。湧水は、地区内道路上に浸みだし程度が 2 箇所で確認されている。但し、これは、水道管工事が行われた形跡があり湧水かどうかは疑わしい（水道管からの漏水も考えられる）。

折立地区南側の丘陵地斜面には沢状地形（集水地形）が存在し、流水が認められる（写真）。南西側法面には擁壁と水抜きポ - リングが施され、水抜きポ - リングは 10 本程度あったが、排水があるのは東端の 1 本のみである。約 15L/分の排水量がある（写真）。

この地区は、南側の丘陵地斜面から地表水・地下水が多く供給され、地下水の賦存性は高いと推測できる。



写真 地区南側斜面の沢地形(流水あり)



写真 丘陵地斜面の擁壁と水抜きボ - リング

4.3 地すべり滑動の状況

折立地区では、調査ボ - リングが終了しており、水位観測孔と移動量観測孔が埋設されていた。また、写真の開口亀裂の動きを確認するため地盤伸縮計が設置されていたが、記録紙が取り付けられていなかった。(ボ - リングコアや孔内水位・移動量観測結果は未確認)

移動状況は把握できないが、地元住人の話では、余震や降雨等で被災家屋の変状がさらに進んでいるとのこと。地すべりの再滑動の恐れがあると考えられる。

4.4 その他

参考資料の図 - 5「造成宅地地盤図」より、今回の地すべり発生ブロックは、ほぼ盛土部分に該当するものと思われる。この部分は造成前の谷地形分を埋め立てて、1970年頃に住宅地として使用されてきた。

地すべりは、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(盛土厚)は10m未満である。

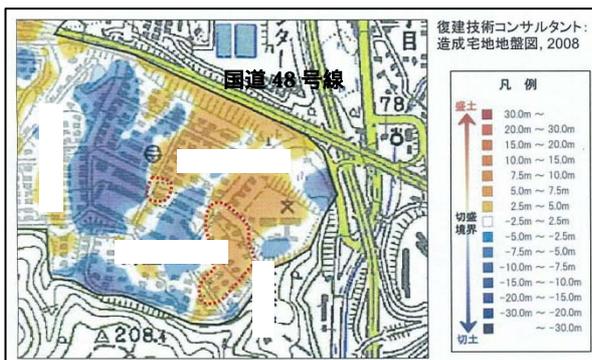


図 - 5 被害と造成宅地地盤図との比較

5. 地すべりの素因・誘因

5.1 素因

・折立地区は、丘陵地斜面を切り崩し(地山切土)、谷を埋めたり(埋立盛土)、斜面に土を盛って(斜面盛土)、造成された土地である。このうち、埋立盛土で地すべりが発生した。

・被害は、「盛土」や「盛土と切土の境界」に集中している。盛土は揺れが大きくなりやすく、切土との境界では、盛土の揺れで崩れ、この境界部分との間に大きな段差が生じやすい。

・埋立盛土部分は、これまでの地震動の履歴により、不安定化していた。

・この埋立盛土部分は、地山と比較すればル - ズな地盤であり、雨水や地下水が帯水しやすい地層であることも素因の一つと考えられる。

5.2 誘因

・今回の地すべりの発生誘因、明らかに「東北地方太平洋沖」地震と考える。造成後、これまで遭遇した深度5では、地すべり発生には至らなかった。しかし、今回の深度6弱とこれまでにない大きな地震動によって、埋立盛土が不安定化したものと考えられる。

・また、今回の地震動によって、埋立盛土内の間隙水圧が上昇(?)した可能性も考えられる。

6. 踏査時の問題点

(1) 踏査時、写真 付近に設置されていた地盤伸縮計の観測が行われていない。(写真)

(2) 被災した住民は、他区の公共施設等へ強制的に避難されているようだが、被害の少ない近隣住民のほとんどが避難せず従来どおりの生活がなされているようだ。地すべりの移動状況は把握していないが、地すべり滑動が収束しているとは思えず、余震や降雨等によって再滑動することも考えられるため、周辺への警報・避難を促す手立てが必要と考えられる。



写真 地すべり観測(観測孔と伸縮計)



写真 被災ブロック近くで住宅の新築工事

(3) 被災した地すべりブロックからは、やや離れてはいるものの、近くで住宅の新築工事が進められており、地

すべりブロックの上方に位置するが進めて大丈夫なのだろうか？（写真 ）。

また、図 - 5 の造成宅地地盤が正しいとすれば、盛土と切土の境界付近に相当するため、下方の地すべりブロックの滑动によっては、影響を受ける可能性も考えられる。

(4) 地すべりブロックの北西部に隣接する県営住宅付近まで、亀裂（せん断）が続いているようだ。今後の状況（余震や豪雨等）によって拡大し、県営住宅に被害が及ぶことも考えられる。予防的対策を念頭に置いた調査が必要と思われる。（写真 ， ）



写真 公園横道路のせん断破壊



写真 県営住宅内の道路に亀裂

(5) 被災した地すべりブロックより下方（北側）から国道 48 号線まで埋立盛土となっている。詳細な調査は行われていないが、現時点では、外観上、住宅や道路には目立った変状はないようだ。盛土の層厚や地下水、当時の施工状況等により地すべり滑动に至っていないと見られる。

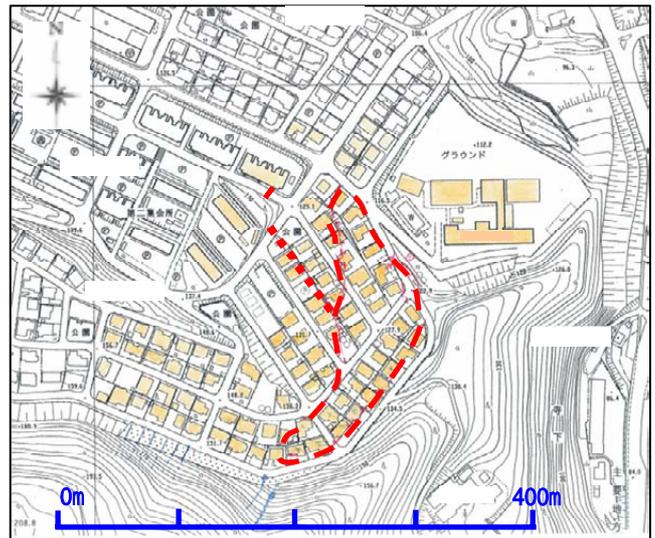


図 - 6 折立地区写真位置平面図(その 2)

7. 今後の対応

7.1 折立地区の対応について

前章まで、地すべりブロックは被災した区域を一つのブロックとして想定していたが、前述の写真の亀裂やブロック内の沈下や押し出し状況等から 4 つの小ブロックが存在すると考えられる。

今回発生した地すべりは、いずれも埋立盛土部分が滑动したものと考えられる。このため、滑动した盛土の問題点を明らかにして、盛土全体が動かないような工法が必要となるだろう。また、地下水状況は把握していないが、南側丘陵地沢地形の流水や横ボーリングの排水状況から、この造成地内にも地下水が多く賦存し、地震によって、盛土と地山の境界部に過剰な間隙水圧が発生したものと思われる。

このような結果から、宅地造成地（埋立盛土）の耐震化の検討、すなわち、盛土全体が初動変形も含めて滑动しない工法や液状化対策、そして地下水対策を検討すべきと考える。

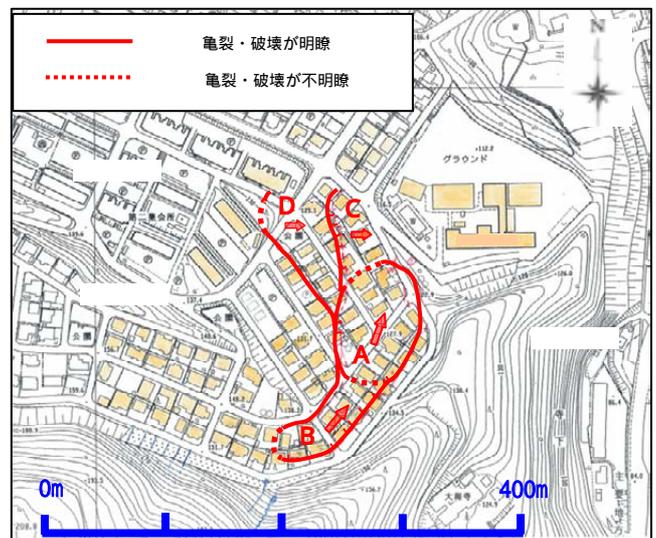


図 - 7 折立地区の想定地すべり小ブロック

表 - 1 折立地区の小ブロック一覧

参 考 文 献

小ブロック名	規模 長さ×幅	地すべりブロックの特定	移動方向
A	100m× 90m	当初A・B一体と想定したが、ブロック幅が拡大すること、右側壁部の沈下差があることからブロックを分けた。 頭部：空き地の開口亀裂-ESE方向（不明瞭） 末端部：道路の押し出し部分 右側壁：住宅敷地内の段差亀裂 左側壁：人家と擁壁の押し出し-SW方向（不明瞭）	小学校南側は地山のため移動方向が制限され北北東方向に移動
B	100m× 30m	頭部：住宅敷地内の亀裂（不明瞭） 末端部：Aブロック内（不明瞭） 右側壁：住宅敷地内の段差亀裂 左側壁：人家と道路との境界の亀裂	左右側壁に平行するものとし北東方向に移動
C	30m（？） ×80m	頭部：住宅敷地内に連続する亀裂 末端部：道路からNE方向に変状が見られず不明 右側壁：Aブロック内（不明瞭） 左側壁：道路からNE方向に変状が見られず不明	頭部の連続する亀裂に対して直交方向（東方向）に移動
D	35m（？） ×100m	頭部：住宅敷地内の沈下亀裂、県営住宅付近の道路の亀裂（一部不明瞭） 末端部：Cブロック内（不明瞭） 右側壁：Aブロック内（不明瞭） 左側壁：道路からNE-N方向の変状見られず不明	Cブロックの後退性すべり Cブロックと同様に東方向に移動

- 1) 経済企画庁：1967年 5万分の1都道府県土地基本分類図（仙台）、国土交通省HP
- 2) 復建コンサルタント：造成宅地地盤図，復建コンサルタントHP

以 上

(1) 地盤調査

・盛土範囲と盛土底面深度 盛土地盤や基盤岩の性状，地下水位 / 間隙水圧の状況等の把握

(2) 対策工の検討

- ・盛土破壊対策工法（盛土分断工法，家屋周辺囲い込み工法）
- ・擁壁転倒防止工法（鉄筋挿入工 or アンカ - 工；擁壁部分の拘束が必要）
- ・液状化対策工法（地盤改良工法，地下水排除工法）
- ・地下水対策工法（地下水排除工；メンテナンスも含めて数十年以上の使用に耐えうるものが必要）

これらの調査・対策工は，小ブロック毎に調査・精査し，恒久的な盛土地盤の耐震化を進めていくことが望ましい。

7.2 折立地区以外の対応について

同じ仙台市内の宅地造成地（埋立盛土地盤）であっても，斜面災害（地すべり）が発生しなかった地区もあるため，これらの埋立前の地形や地盤性状だけでなく，造成年代，盛土工事の内容等，様々な方面から違いを見極め，検証しておくことが必要と考える。

8 . おわりに

最後に，今回の震災で，大津波の被害から逃れようと高台で生活する事を考える人は多い。しかし，そこが丘陵地を切り拓いてつくられた造成地（埋立盛土）場合，地震動履歴によるゆるみの発生や，地下水の状態変化によって，今問題になっていない造成地でも“潜在的な”地すべりの可能性が否定できない。とくにこれから台風や梅雨に入ってくると雨量あるいは地下水が増えるので，新たな地すべり災害が懸念される。

このような知見から，埋立盛土の地すべり災害に対して，予防的な対策を行えるような調査・システムづくりが必要となるだろう。また，建築物の耐震化だけでなく，脆弱地盤（埋立盛土や軟弱地盤）の性状を調査し，耐震化を進めることが今後必要と考える。

． 仙台市太白区緑ヶ丘災害現場視察報告書

Report about the on-site inspection of a disaster at Midorigaoka ,Taihaku district,Sendai

1 . はじめに

2011年3月11日、宮城県牡鹿半島沖を震源としてマグニチュード(Mw)9.0の東北地方太平洋沖地震が発生した。今回の地震では大津波が発生し、東北地方の太平洋沿岸部は壊滅的な被害をもたらした。内陸部においても、斜面崩壊、家屋の倒壊が発生している。ここでは仙台市太白区緑ヶ丘の被災視察について報告する。同地区は1978年に発生した宮城沖地震で一度被災を受け、対策工が行われているところでもある。

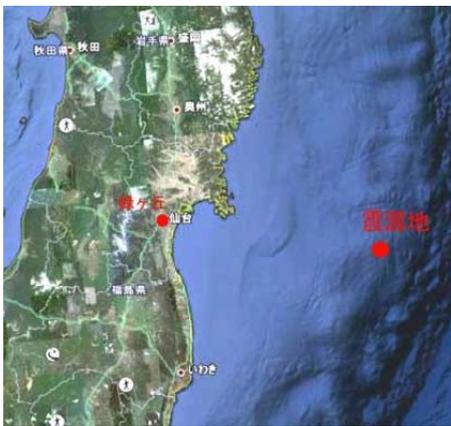


図 - 1 震源地

2 . 仙台市太白区緑ヶ丘

2.1 地形と地質

仙台市太白区緑ヶ丘は標高200m前後の丘陵地である。この丘陵地は北西から南東に傾斜する。この谷間を小河川が流下する。視察した緑ヶ丘は丘陵地の北東斜面に位置する。この斜面を切り開き、住宅が建設されている。その多くは、斜面に沿って階段状に造成され、盛土部の多くはブロック積みであるが、高いところではコンクリートよう壁で作られているところもある。

この付近の地質を図-2に示す。図幅では最上部に第四期のローム(L)又は段丘堆積物(gm)が分布する。この下部に新第三紀の泥岩・砂岩(mss)が分布する。地質構造は地形と同じように北西から南東に傾斜する。

2.2 高盛土の損傷

図-3は踏査図である。踏査は図幅右側を斜面の上から下に向かって歩く。高く盛られた所では5~10mのものもある。ブロック及びコンクリート壁に亀裂は見られるが、建物に影響するような大きな亀裂ではない。また、

その亀裂も今回の地震で発生したか判断が難しいが、亀裂の連続性が乏しく、多くは古い亀裂と思われる。



図 - 2 周辺地質



写真 - 1 高盛土のブロック積工、損傷は見られない。

2.3 住宅内の亀裂

亀裂の特徴は引張部と圧縮部に分けられる。図-3に示す赤線は引張亀裂、緑線は圧縮亀裂である。

ゴルフ場前の圧縮亀裂(写真-6)が特に、ここ緑ヶ丘のすべりを代表するものと思われる。この亀裂は斜面に平行に(普通は斜面に直交する)圧縮亀裂が発達する。水路脇のアスファルトが持ち上がり、アスファルトは押され反対側の水路でまた盛り上がる。この背後に滑落崖がある。この滑落崖には旧地表面が露頭する。他に、旧地表面が露頭するところは、松ヶ丘ゴルフ場の南東斜面である。ほとんどは宅地造成により、切土と盛土の境界はよくわからない。

滑落崖は40~50cmの段差が発生し、圧縮亀裂と同じ方向に連続する。(写真-2)この滑落崖に伸縮計が設置し

である。滑落崖と圧縮亀裂までの距離は短い。また、斜面の法尻でも圧縮部があり、斜面がはらみだした状態で静止している。圧縮亀裂のある道路の水路で湧水を確認する。(写真 - 5)湧水量は少ないが滑落崖の方向からの湧水である。滑落崖の亀裂は連続する。この亀裂に沿って歩く。約 25m 歩いたところで斜面の亀裂は途切れる。住宅内の方向に少し歩く。道路を横断する亀裂を見つける。亀裂は住宅街に向かう亀裂と元に戻る亀裂がある。元に戻る亀裂は住宅で途切れる。斜面の亀裂を追った時、5m 程度進んだところで、住宅方向の亀裂を確認(写真 - 2)たが、住宅で途切れる。この亀裂を図面上にプロットすると、住宅の下で連続しているように思える。道路の亀裂にもどる。亀裂は住宅街で左右に分かれる。右側の亀裂は約 7.0m 程度進むと途切れる。一方、左側に伸びる亀裂は、家の庭先を通り家と家との間を抜けるようにして連続する。亀裂幅が大きい。(写真 - 7)ここに 2 基目の伸縮計が設置されている。よう壁で亀裂を見失うが、反対側の道路に出て亀裂を確認する。ただし、亀裂は連続しない。数条の亀裂が見られる。どれも方向性は似ている。この方向に向かって歩く。50cm 程度の圧縮亀裂？(引張部になぜ圧縮亀裂があるか判らなかつたが、数十 m 先で不思議な亀裂を見つける。この亀裂が影響しているものと思える)を確認、同じところに引張亀裂を確認する。この亀裂の方向は途切れた亀裂の方向と同じである。亀裂に沿ってさらに歩く。道路を挟んで三軒目まで亀裂が続く。四軒目で少し変わった亀裂を見つける。今までの引張亀裂は 斜面上に直交するように開いていたが、この四軒目の亀裂は連続する亀裂の方向にズレ、家の支柱が同じ方向に傾く。(写真 - 9)この亀裂が 10m 程度連続する。亀裂の方向が変わると引張亀裂にもどる。少し途切れるところがあるが連続する。時間に制約があり、亀裂の追跡を終える。時間の制約で元に戻る。元に戻るときは、引張亀裂より二軒～三軒低いところを歩く。道路に圧縮亀裂やよう壁の転倒を確認する。圧縮亀裂は連続するところ約 7m 程度あるが、引張亀裂ほど連続しない。(詳細に追えば、連続性はあるかもしれない)圧縮亀裂は 2 基目の伸縮計が設置してあるところでも確認する。長さは約 5.0m 程度である。

3 崩壊規模とすべり面

時間の制約ですべての亀裂を確認したものではないが、現地で確認した亀裂を図 - 3「踏査図」にプロットした。この図面に日本地理学会佐藤浩¹⁾らが作成した盛土分布図を重ねると図 - 4 の「亀裂と盛土分布図」となる。図 - 4 の盛土分布図は青色が切土部、茶色が盛土部である。平面的に見ると、谷を盛土により埋め立てたように見えるが、現場は少し違う。青色が昔の尾根(切土面)、黄色から茶色に変わるのが昔の斜面方向である。茶色は谷部である。住宅はこの谷部に向かって階段状に作られている。半切り半盛り？、その境界は不明である。最初は盛土と切土の境界付近で亀裂が入り被災を受けて

いると思っていた。しかし、図 - 4 を見て気がつくと思う。引張亀裂は旧尾根部の斜面に沿って連続する。この引張亀裂の下方数 m～数十 m に圧縮亀裂入る。また、圧縮亀裂付近で湧水が確認された。この亀裂や湧水の状況から判断すると、今回の地震による被災は盛土による被災ではなく旧地表面の表層すべり又は盛土と旧地表面の境界ですべりが発生したと思われる。すべりの深度も 3m 程度と浅く、すべり幅も長いところでは 25m、ほとんどは 10m 以内であると思われる。

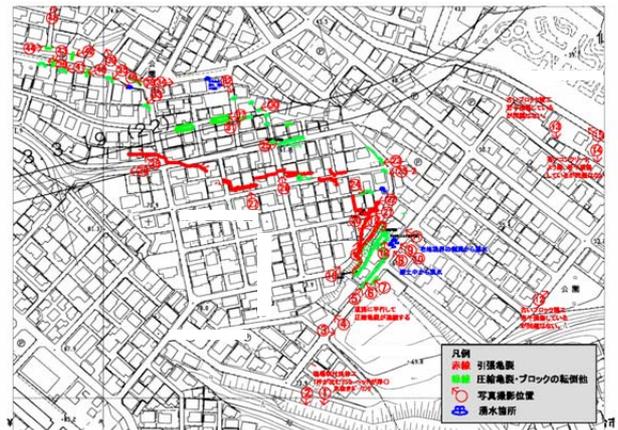


図 - 3 踏査図



凡例 青：切土部、茶色：盛土部

図 - 4 亀裂と盛土分布図

4 すべりの要因

すべりの誘因は地震である。すべりの素因は、地質的には地表面に分布するローム、泥岩の特性、流れ盤構造が考えられる。圧縮部に湧水が確認されることを考慮すると尾根付近に高い地下水があり、これも素因と考えられる。今ひとつ上げると、引張亀裂箇所を確認した横ずれである。なにゆえ、横ずれが発生したのか、地震の揺れで生じたものであれば、誘因、リニアメントがあれば素因にもなると思われる。いずれにしても、同じ盛土の中でも崩壊が発生した箇所とほとんど影響がなかった箇所に分かれる。ここで大きな要因を考えると地形や地質及び地下水の流れが被災の有無を分けたと思われる。

5 伸縮計の設置

ゴルフ場前の崩壊と図-4 で示す旧尾根部の先端に、伸縮計が設置されている。私の見間違いかもしれない。すべりは、盛土全体がすべり出したものではなく、あくまで旧尾根を取り巻くように旧地表面がすべり出したものである。したがって、すべりの方向も、規模も異なる。これらを考慮すると、伸縮計の設置場所は旧尾根を取り巻くように数基の設置が望まれる。また、伸縮計の役割は観測はもちろんであるが、ここは住宅密集地である。ここに住む人たちへの危険を知らせる方法でもある。詳細な設置課程は確認できないが、災害の基本は人命が最優先である。警戒基準、連絡体制をとり、いつでも避難できる体制はとらなければならない。災害に安全、安心はないと思う。

6 おわりに

東北地方太平洋沖地震では、津波により海岸地帯が多

大な被害を受け、今後は津波災害対策の見直しが進むと思われる。その一つに丘陵地地帯を切り開くことも考えてゆかなければならないと思う。しかし、丘陵地の中でも災害は発生する。丘陵地を切り開く上で大事なことは

地形をよく判読する

地質を把握する

水の流れ、地下水の有無を明確にする

災害が良く発生する地形は、地すべり地形、断層（リニアメント）、沢地形である。地質的には、流れ盤構造、泥岩、凝灰岩（火山碎屑物）が分布するところ。水は地下水の高いところや水が集まりやすい場所である。地下水は、同じ形状をした丘陵地の中でも谷を挟んで地下水の高いところと、低いところがある。また、災害はこれらが複合したところで多く発生する。このようなところに住宅造成を行う場合、十分な調査と詳細な対策検討が必要である。

参考文献

- 1) 高佐藤浩, 中埜貴元: 仙台市緑ヶ丘における地すべり性地表変動の状況について 3., 2011



写真 - 2 道路が沈下, 40~50cmの段は発生している。



写真 - 3 民家中央部に向かって後退性亀裂が形成されて、民家斜面下側地盤が沈下している。



写真 - 4 斜面下側の擁壁の破損状況と地盤の隆起状況



写真 - 5 湧水を撮影する。



写真 - 6
道路に連続する圧縮
亀裂を撮影
亀裂が盛り上がる。



写真 - 7 庭に発生した引張亀裂



写真 - 8 道路補修後、側溝に沿って圧縮亀裂が連続



写真 - 9 横ずれにより支柱が傾く。



写真 - 10 斜面对策としてアツカ併用の現場吹付法枠が設置されている。(塩ビ管は水抜きパイプ)



写真 - 11 法枠頭部の珪砂吹付工が浮き上がっている。
地震の影響では無いと思われるが、補修は必要である。