

建設省土木研究所 服部 泰英

1. まえがき

昭和58年5月26日正午頃、秋田、青森両県の県境沖の日本海で発生した地震の規模は、気象庁によればマグニチュード7.7、震源の位置は北緯40.4°、東経138.9°、震源の深さは5kmであり、秋田、能代で震度5の強震である。一般被害は、死者及び行方不明者104人、負傷者293人、家屋の全壊1447棟、半壊2805棟で、がけ崩れによる被害は、秋田県で42箇所、青森県で17箇所発生した。特に、がけ崩れが多発した秋田県八竜町を中心とした砂丘地帯について調査を行った。

2. がけ崩れ

今回のがけ崩れ被害は、図-1の通り、秋田県における被害は、能代市、八竜町を中心とした日本海沿岸の砂丘堆積物、男鹿半島の沿岸部の段丘堆積物、米代川の沿川、雄物川の沿川の段丘堆積物等の沖4紀に形成された4地域に集中している。また、青森県における被害は日本海沿岸の段丘堆積物地帯である。被害箇所数は表-1の通り秋田県で42箇所、青森県で17箇所である。そのうち人家に被害のあるものの14箇所、全壊半壊等45棟、これはがけ崩れ周辺の人家が直接地震動によって被害を受けたものが大半である。また、人家に被害を与えなかったものの45箇所と比べていて、がけ崩れによる被害は少ない。

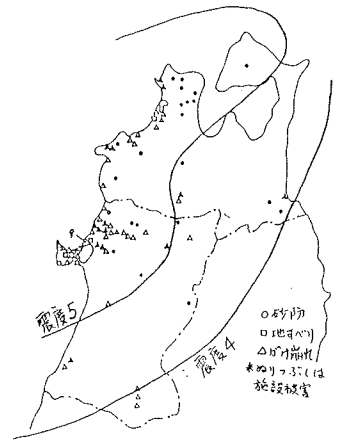


図-1、被害位置図

表-1 がけ崩れ被害

3. 砂丘地帯のがけ崩れ災害

調査地は、八郎湯と日本海を境とする約2km幅でほぼ南北に延びる砂州上に形成された。能代市、八竜町、若美町の低丘陵地である。低丘陵地の西側斜面は緩く主要農作物であるメロン畑で、東へ南側斜面は急で崖の下には人家が密集している。砂丘を形成している地質は沖4紀現世の沖積層からなり、現在でも地表の変動が続いている。

本地域の植生は、ブナクラス域自然植生のうち沿岸部風衝地にみられるエゾイタヤ、シナノキ群落及びその風衝側北へ西斜面に成立するカシワ群落であろうと思われる。ただし、災害地の砂丘東側に分布するのは、エゾイタヤ、シナノキ群落である。

概況調査は、17地区について地表調査（亀裂、地形、植生）を実施した、その結果は表-2に示す。

県名	秋田県	青森県	合計
発生数	42	17	59
人家に被害の有ったもの	10	4	14
人家に被害の無ったもの	32	13	45
被害状況			
人的被害	0	0	0
全壊	15	3	18
半壊	9	4	13
一部破損	6	8	14
施設被害件数			
急傾斜地崩壊防止施設	8	6	14

表-2. 地表調査結果一覽表

地区名	斜面形状	方位	斜面傾斜 大傾斜角	斜面傾斜 (°)				断面形状		断面規模 (平均)			植生	
				上	中	下	中・下 平均	長さ m	高さ m	長さ m	高さ m			
地蔵原 1	平陸斜面	NE	27.5	-	33	34	33	1.1	55~70	130	30	21.5	イタヤカエデ、トリホコ クサキ	h=18~15m, φ=20~30cm 40~50年
2	2	E	30.0	-	35	35	35	1.5	60~65	200	30	21.0	ニセアカシヤ	h=15m, φ=15~18cm
戸崎 1	2	SE	27.5	13	36	30	32	1.3	45~55	250	30	22.5	アカマツ シノダケ	h=15~25m, φ=20~30cm 40~50年
2	2	N	15.0	-	33	33	33	0.5	50~55	90	15	9.5	ササ シノダケ	h=3~4m
過道	2	E	20.0	16	35	32	32	2.0	40~50	80	20	16.0	クロマツ	h=10~15m, φ=10~15cm 12~13年
1	2	SE	16.5	18	37	33	35	2	50~60	50	22	13.0	イタヤカエデ、クサキ 林床オシロイ	h=15~20m, φ=20~60cm, 30~50年
2	2	E	21.0	2	34	35	33	0.8	55~65	50	30	18.0	イタヤカエデ、コナラ	h=15~18m, φ=20~40cm, 30~50年
大谷地	2	NE	15.0	5	35	42	38	0.6	2	30	16	11.0	チシマザサ シノダケ	
1	2	S	19.0	20	33	34	20	50~60	30	20	11.5	イタヤカエデ、オニグルミ チシマザサ	h=12~15m, φ=15~20cm, 30~40年	
2	2	SE	24.0	27	40	40	40	1.5	42	50	25	16.5	イタヤカエデ チシマザサ	h=18~20m, φ=20cm, 30~40年
砂間沢	2	2	18.0	-	31	35	34	2.3	55~65	50	13	10.0	シノダケ チシマザサ	h=3~4m
中台	2	S	18.5	15	30	40	35	2.1	50~65	200	20	11.5	ボゾラ、クロマツ	h=15m, φ=15~18cm, 20~25年
馬岡 1	2	NE	28.0	-	37	34	35	0.7	65	50	30	20.0	ニセアカシヤ、クロマツ	h=5~10m, φ=5~15cm, 5~15年
2	2	E	18.5	15	40	40	40	1.2	40~50	25	15	10.5	クロマツ、スギ	h=15~20m, φ=15~20cm, 20~25年
3	2	S	32.0	-	39	34	36	3.3	60~65	130	40	24.0	クロマツ	h=20~22m, φ=20~30cm, 25~30年
五明光 1	2	SE	11.0	12	33	33	33	0.5	50~65	100	10	5.0	ニセアカシヤ、クロマツ	h=15~18m, φ=20~22cm, 20~25年
2	2	N	18.0	-	34	34	34	0.4	45	80	20	12.0	ソウ 日本	h=5.0m, φ10cm
平均値			21.4	15.9	35.1	35.1	34.8	1.4	55.5	93.8	22.4	14.9		

斜面形状を大きくとらえれば、全ての地区が平衡斜面といえる。これは丘陵を構成する地質が均一な砂丘砂であるため、斜面の傾斜が砂の安息角に落ちつき、降水の多くはすみやかに浸透し、地表水の集中化が起りにくく、したがって斜面の変状化は、地震による崩れ、風食、人為的な切り取りによるが、最終的には平衡斜面となる。

斜面の被害は、低丘陵の傾斜変換点付近に数10cm~3mの段差を伴う亀裂を生じ、その下方斜面内をほとんど乱すことはなく末端が数m押し出した断面形状を示している(図-4参照)。平面的には冠頭落差及び亀裂が同一標高ではほぼ直線的に連続している。

斜面災害地のほとんどは、斜面脚部を切り取られている。これは宅地の拡大、畑地の造成等によるが、構成地質が砂丘砂であるため、比較的作業が容易であり、これまでに大きな斜面災害にあって経験が乏しいと思われる。

斜面災害は、面向けの斜面は傾斜が緩く、17調査地点に限る。7見れば全くない、斜面災害の起りやすい斜面方位は17ヶ所の結果から東-南向けの斜面と考えられる。

前頭標高は、1/1000地形図の読み取りでは15~25m間の等高線間隔が概して密で、25m以上ならば15m以下の等高線間隔が全般に粗である。五明光1の11mが最低、黒岡3の32mが最高、平均は21.14mである。

斜面傾斜は、亀裂より上部、亀裂から脚部間を概ね二分する代表的地形変換点をもってそれより亀裂までを中部、それより脚部変換点までを下部とし、亀裂から脚部変換点の傾斜を平均傾斜として表した。上部傾斜: 15.9°, 中部傾斜: 35.1°, 下部傾斜: 35.1°, 平均傾斜: 34.8°である。

頭部亀裂ならびに斜面全体の現状から比較的低い板状のすべり面と考えられる。これは、大谷地、追泊2、砂間沢、芦崎等で確認される末端形状から推定可能である(図-3参照)。

崩壊の規模は、調査地17地区の平均値を示すと、

平均幅: 93.8 m, 平均長さ: 22.4 m, 平均高: 14.9 m

亀裂が最も長く連続するのは、芦崎地区で340 m, ついで地蔵脇の330 mである。

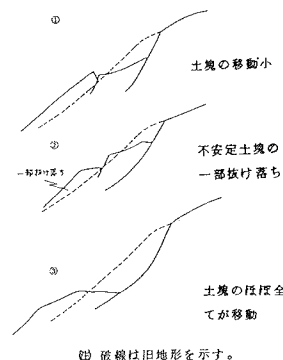


図-2. すべりの発達過程

4. 地蔵脇のがけ崩れ.

この調査は、地震で多数の被害が発生した砂丘地帯の一つである地蔵脇の斜面崩壊地において、微地形と亀裂及び地震時の斜面安定計算等に必要の基礎資料を得るために行った地盤調査である。

1. 亀裂調査(図-4参照)

斜面脚部の納屋裏は、地震前には約2mの平場が有。だが災害発生と同時に平場は土砂で埋めつくされた。納屋裏より水平距離で6.5m間は33°、それより2m間は25°で、この地形変化点で中約10mの横長馬蹄形状の小崩壊頭部に当り、これより水平距離で8m間は35°傾斜、この付近が中腹に生じた約15m中の亀裂頭に当り、水平距離10mにて最も大きな傾斜変換点となる。この間の傾斜は37°。4m、10°で最頂部亀裂となる。最頂部亀裂面の傾斜は55~75°、落差90mであり、後背域はメロン畑となる。

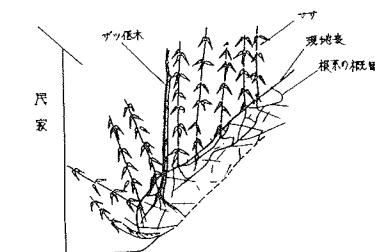


図-3. 末端状況図

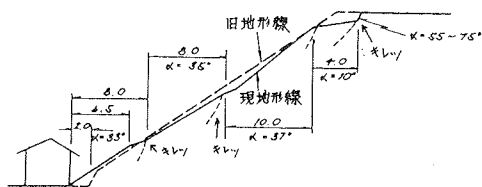


図-4 地蔵脇の断面図

2. 植生調査

調査地北側斜面には、イタヤカエデ、サトイネリノが優占する天然性二次林が分布し、南側斜面には、ニセアカシヤの人工林が分布する。急傾斜地より上段の砂丘平坦地はメロン畑として利用されており、畑地から斜面の変る場所にはボブの喬木が単列状に分布している。

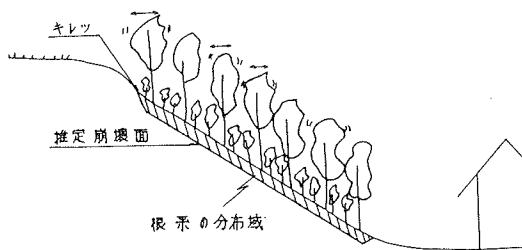


図-5 崩壊地モデル

植生と崩壊との関係については、地蔵脇及び周辺の崩壊地の観察によると特定の植物群落において、崩壊が多発しているということは確認されたことから考えて、植物の種類と崩壊との関係は無いものと思われる。しかし、今回のように地震による崩壊は、調査地を図-5のようなモデルで考えてみると、地震時に高木は前後左右に揺さられることにより根系が密な場合には、揺れが

根系分布全体に広がり土塊ごと一体となり、板状に崩落する。この場合、崩壊の頭部は傾斜の変換点付近で多く発生している。

③. 地盤調査の結果

サウンディングによると、 $N_c = 2$, $N_{sw} = 0$ 、電気探査比抵抗 $1000 \Omega - m$ の付近は、地表面から最深でも $2.5 m$ 、平均的に $1.5 m$ ラインがすべり面層として判定される。当層の判定は、亀裂部におけるテストピット断面の観察、土壌硬度試験から、当層と下位層では、根系密度、堀削壁面維持の難易、手感触による含水比、硬度等の差が見分けた。また、土質試験により、三軸圧縮の結果は、自然状態で、 $C = 0$, $\phi = 33.8^\circ$ 、飽和状態で、 $C = 0$, $\phi = 31.7^\circ$ であった。

④. 安定解析

今回発生した地震の規模は気象庁によればマグネチュード 7.7 で、秋田、能代で震度 5。地震による加速度は推定式から $140 gal$ であった。また、土木技術資料「日本海中部地震被害調査速報」によれば、強震計による最大加速度は、秋田港で 209 、八郎湯で $175 gal$ であった。いずれにしても今回の地震で地蔵脇地区の砂層に作用した最大加速度としては $140 \sim 210 gal$ を考えるのが妥当であり、水平震度として、 $K_h = 0.14 \sim 0.21$ を考える必要がある。

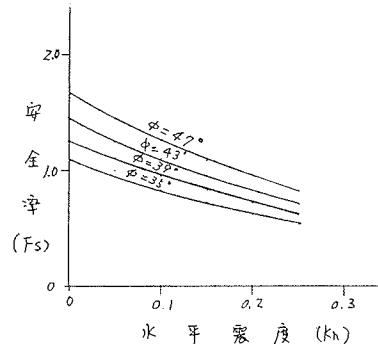


図-6 $F_s - K_h$ の相関図

地震時の斜面の安定解析には水平震度 K_h を考慮に入れた Jambu 法を用いた。崩壊面としては、斜面調査用簡易貫入試験における $N_c = 2$ の深さをとった。計算結果を図-7 に示す。今回の地震では地震観測結果から水平震度として、 $0.14 \sim 0.21$ が考えられ、地震崩壊時の安全率として、 $0.7 \sim 0.9$ と推定される。したがって、今回の崩壊地での（斜面傾斜角が $35^\circ \sim 40^\circ$ の範囲の斜面）内部摩擦角が斜面傾斜角よりやや大きめの強度をもつ砂層が、安全率でおよそ $1.0 \sim 1.4$ の範囲で平衡を保っていたのが震度 V（水平震度 $0.14 \sim 0.21$ ）の地震により、安全率が $0.6 \sim 0.9$ と低下し、がけ崩れが発生したものである。

5. まとめ

- ①. 日本海中部地震による被災した斜面と非災斜面の間における違いとして一つは斜面の平均傾斜があげられる。被災した斜面は 30° 以上、非災斜面は 30° 以下であった。
- ②. 被災斜面は、斜面形状を変える人工の手がかなり小なり加えられていたが、なかでも斜面脚部における切さはすべての斜面について行われていた経緯がある。
- ③. 被災斜面の災害現象としては、頭部亀裂が明瞭で、亀裂下方斜面形状はそれほど旧地形と変わらず、末端部が全体に押し出された形状である。
- ④. 頭部亀裂の発達は傾斜変換点に位置し、傾斜変換ラインに沿って連続する。
- ⑤. 崩壊末端部は押し出した土砂が平場に押し出した形状ないしは平場近くの旧斜面に乗り止ったままの Z 形状があり、災害現象からは比較的浅い層の板状すべりと推定される。