

2.4.4 頭部排土工の効果検討



(1) 目的

排土工の効果を評価するために、「排土あり（現況）地形の滑動量」と「排土なし地形の滑動量」を比較する。

(2) 拡大崩壊発生の確認

地震前後の現地確認、およびその結果報告記録から、拡大崩壊の発生時期の特定とその変位の状況について推定する。

表 2.4.9 滑落崖の状況

年月日	確認内容
2011/3/9 18:49 メール 国土防災技術 →対策室	3/9, 11時45分の地震発生後の現地確認実施。 とくに変わった変状なし。 
2011/3/13 16:23 メール 国土防災技術 →対策室	監視カメラで滑落崖の広い範囲で崩落確認 伸縮計（自動）で 13.78mm のマイナス変位観測 
2011/3/15 13:18 電話 対策室→ 国土防災技術 社内伝言の メールで保 存	東北地方太平洋沖地震後の荒砥沢地すべり滑落崖の状況(H230315 江坂室長より電話連絡) ・踏査期日 踏査期日は、地震が発生した3月11日の翌日、12日（土曜日）である。 ・滑落崖の状況 崩落は、ほぼ全面で見られ、目視によると長さ250m程度、高さ50mの規模である。溶結凝灰岩が崩落し、軽石凝灰岩の崩落は見られない。崩落した奥行きは、土塁の際まで崩落していることから、1m程度と見られる。崩落した土砂量は、昨年2月の規模と比べおおよそ2倍程度とみられる。 排土した平坦面は、昨年11月に発生したと同様の陥没が1箇所あり、その規模は直径5m、深さ3mである。陥没位置は、伸縮計を設置した付近である。また、平坦面には、50cm程度の積雪がありその上に、滑落崖に沿って20~30cmの落差が形成されている。積雪があるため、地表面は確認できず詳細は不明である。 ● 地上レーザーによる地形の確認

	● 技術職員による踏査
2011/4/8 10:02 メール 国土防災技術 →対策室	4/7夜の地震前後の荒砥沢滑落崖の状況を監視カメラ画像で比較したので結果を送付。 崖錐の形状、軽石質凝灰岩表面の汚れ、山腹の形状による。解像度の問題もあり、概略の状況。 いくつかの場所に変化がみられる。規模は不明であるが崩壊が発生している。 

以上より、拡大崩壊は、H23（2011）年4月7日の余震により発生したのではなく、3月11日の本震により変位が生じたと考えられる。

また、積雪面に生じた落差は20~30cmとされているが、同年融雪後の確認時点では不動域と移動体の落差は目視で確認できない程度であることから、変位量は10cm程度として再現を行う。

(3) 対象地震波

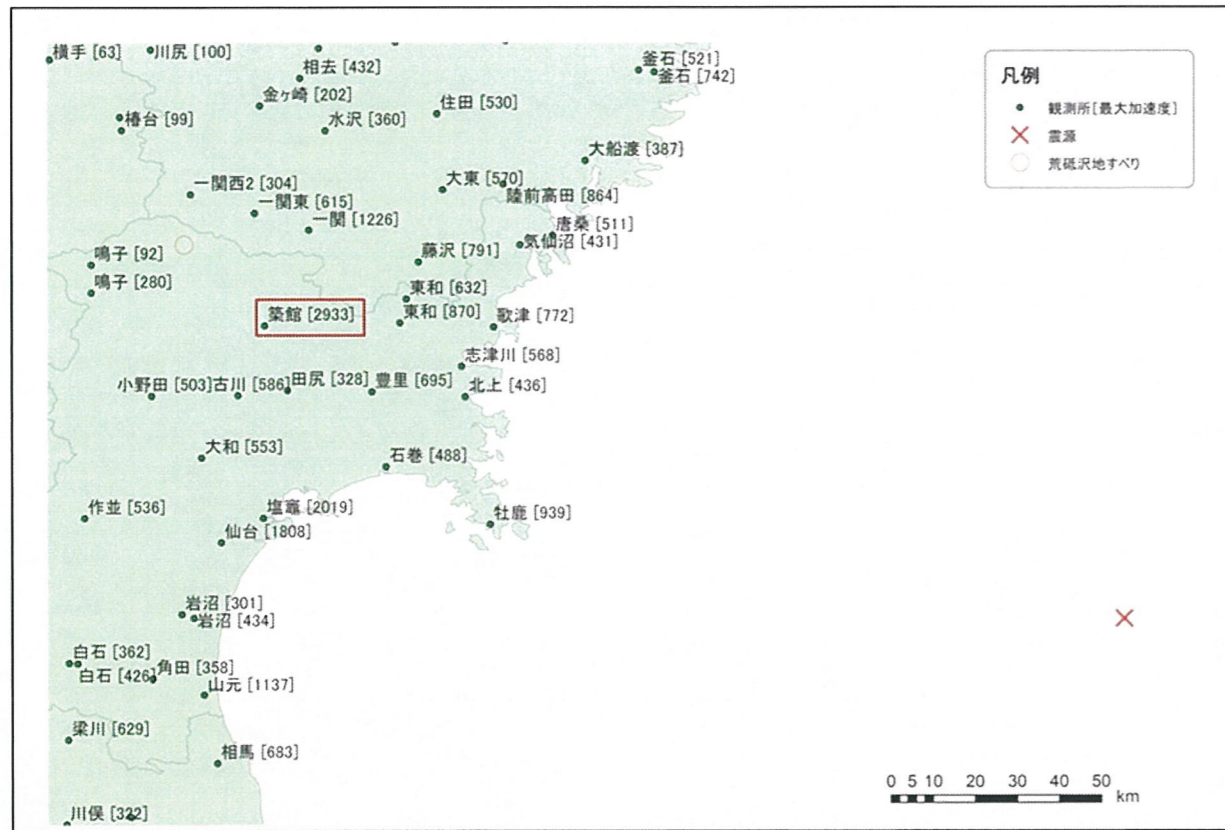
地震波は、最大加速度を観測されたK-NET観測所の築館における観測波を使用する。

- ・対象地震波：H23（2011）年3月11日 14:46:00（M9.0）
- ・対象観測所：築館（MYG004）

地震の概要

地震名	「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」
地震発生時刻	平成23年3月11日14時46分
発生場所(震源位置)	三陸沖(北緯38度06.2分、東経142度51.6分、深さ24km)
規模(マグニチュード)	9.0(モーメントマグニチュード)
最大震度	7(宮城県栗原市)

気象庁HPより(<http://www.jma.go.jp/jma/menu/jishin-portal.html>)



※最大加速度は、三成分合成値を表す

図 2. 4. 23 荒砥沢地すべりと観測所 [最大加速度] の関係

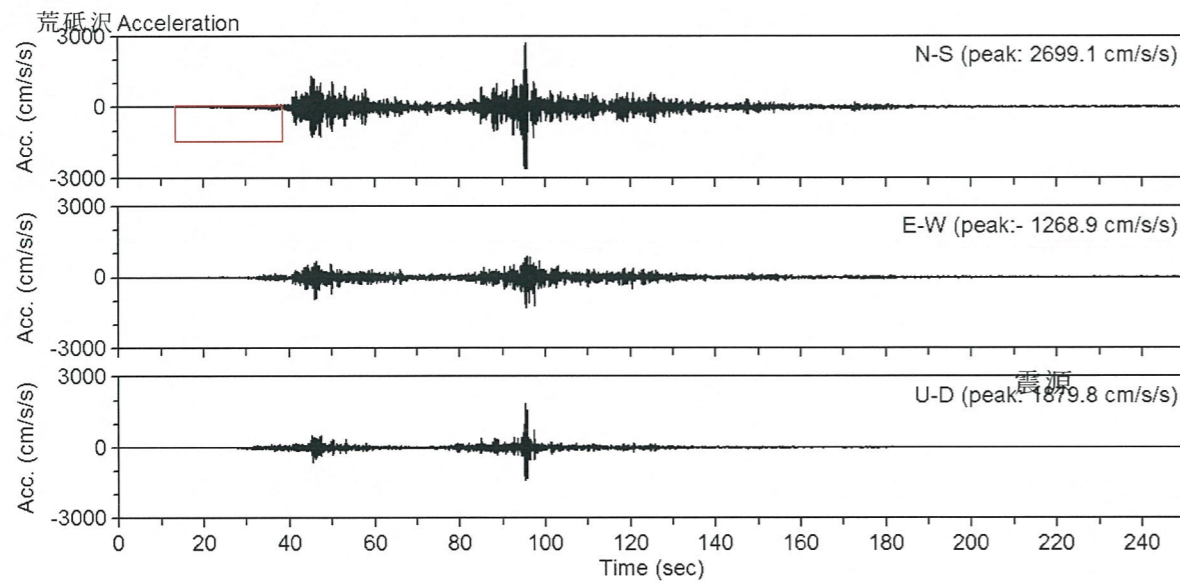


図 2. 4. 24 加速度時刻歴 2011/3/11 14:46 [築館 (MYG004)]

(4) 加速度の補正

K-NETで観測されている加速度と解析断面の測線方向 (R 測線) は一致していない (図 2. 4. 25)。測線は、東から 6° 南に回転している。これを変換式により主測線方向の加速度を算出する。なお Z (鉛直) 方向の変換作業は発生しない。

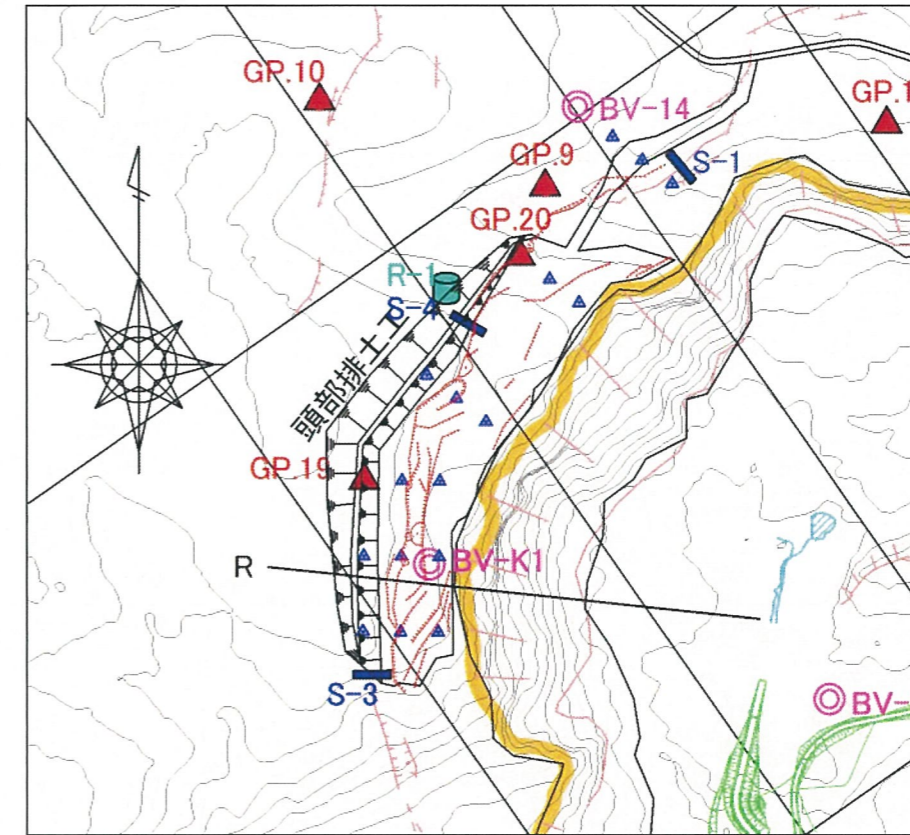


図 2. 4. 25 測線位置図

変換式

主測線方向：
$$\alpha = \alpha_{NS} \times \sin(-6^\circ) + \alpha_{EW} \times \cos(-6^\circ)$$

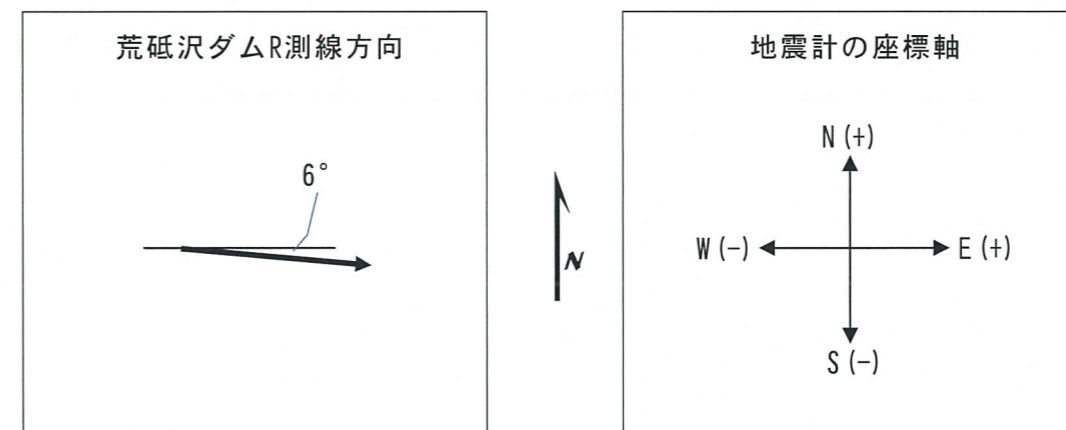


図 2. 4. 26 座標軸の関係

変換した角度補正後の地震波を図 2. 4. 27 に示す。測線方向が東方向に向いているため、観測波の E-W 方向の波形に近い形状となっている。また、最大加速度は-1234gal となっている。

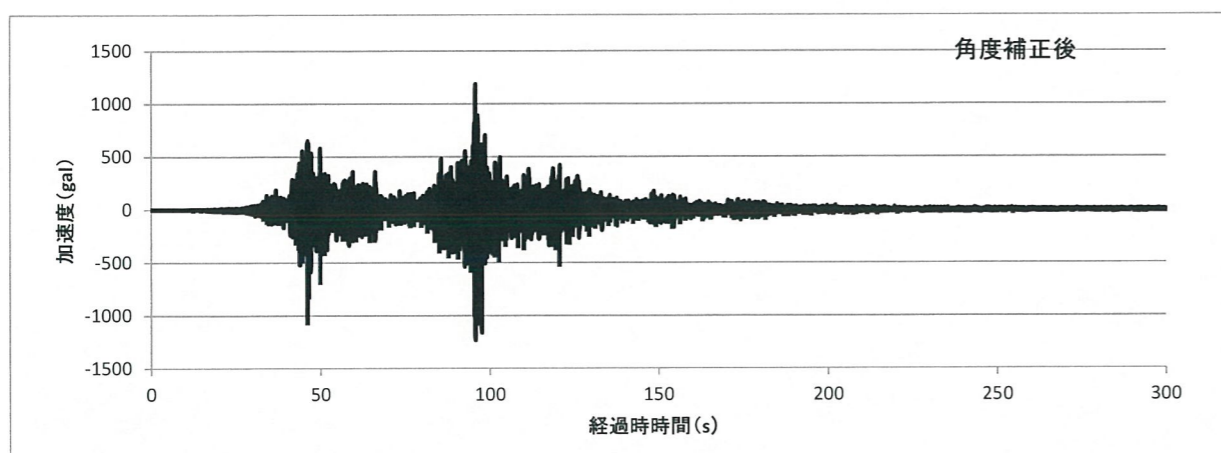


図 2. 4. 27 角度補正後の地震波

#### (6) 解析法

検討ではニューマーク法を用い、排土前地形および排土後地形の地震動による頭部滑落崖の滑動量を比較する。

ニューマーク法は、極限平衡法の安定解析式を用いた地震時の変形計算手法である。計算に必要なパラメータは、安定計算に使用される単位体積重量およびすべり面のせん断強度（内部摩擦角，粘着力）だけであり，変位に関する定数は必要としないので，実用的かつ簡便な手法である。

#### ○作業手順

##### [排土後地形]

- ① 築館の観測波を与えて，滑動量を計算する。
- ② 移動土塊の滑動量を，排土面の変動量と比較をする。
- ③ 滑動量が異なる場合には，移動量を再現できるように地震波を調整する。

##### [排土前地形]

- ④ 同様の条件で，滑動量を計算する。
- ⑤ 排土前と排土後の滑動量を比較して，排土工の効果を検討する。

#### (5) 対象断面

拡大崩壊を対象とする。断面図を図 2. 4. 28 に示す。

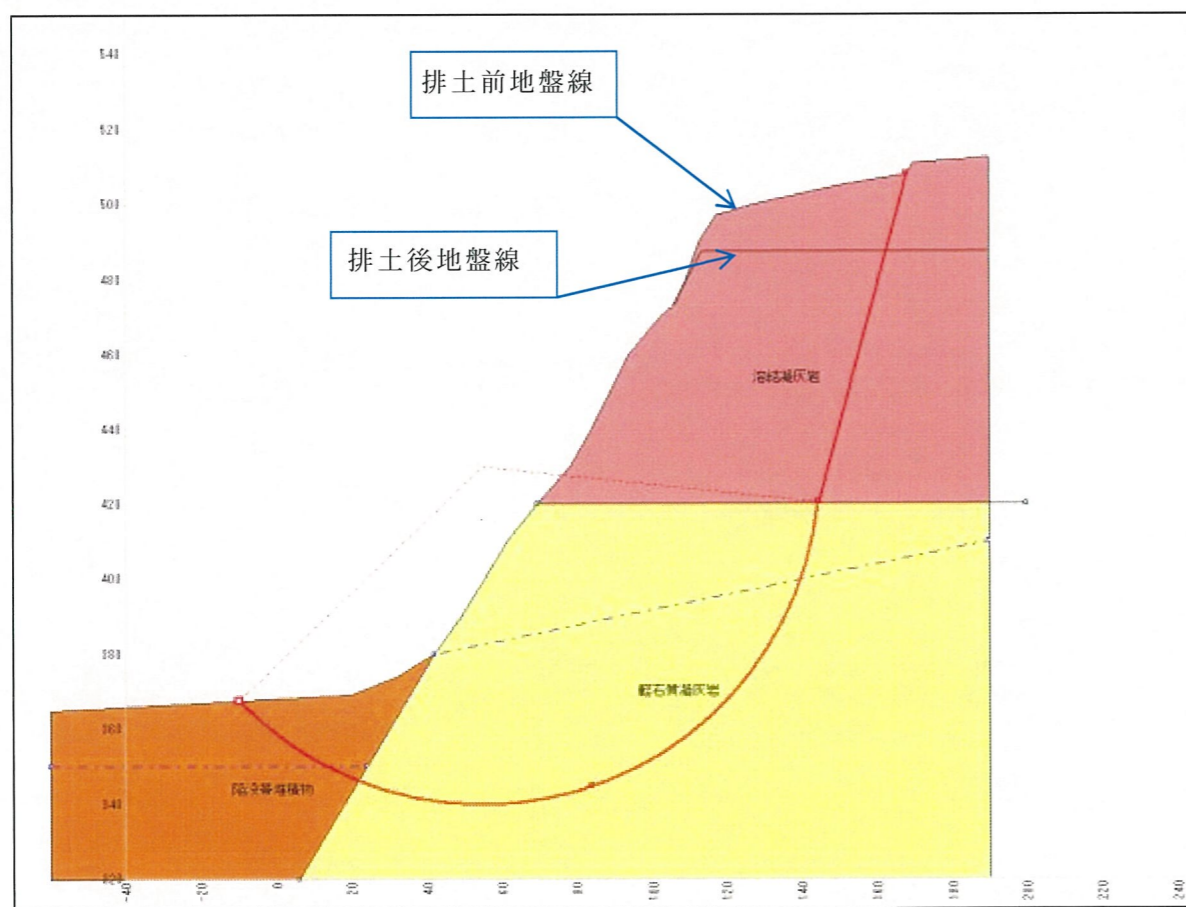


図 2. 4. 28 拡大崩壊断面図 (R 測線)

ニューマーク法の概要を図 2. 4. 29 に示す。安定解析式によって、安全率  $F=1.0$  となる水平震度（水平降伏震度）を計算し、それを超過する分の加速度を時間で 2 回積分することで、変位量が計算される。

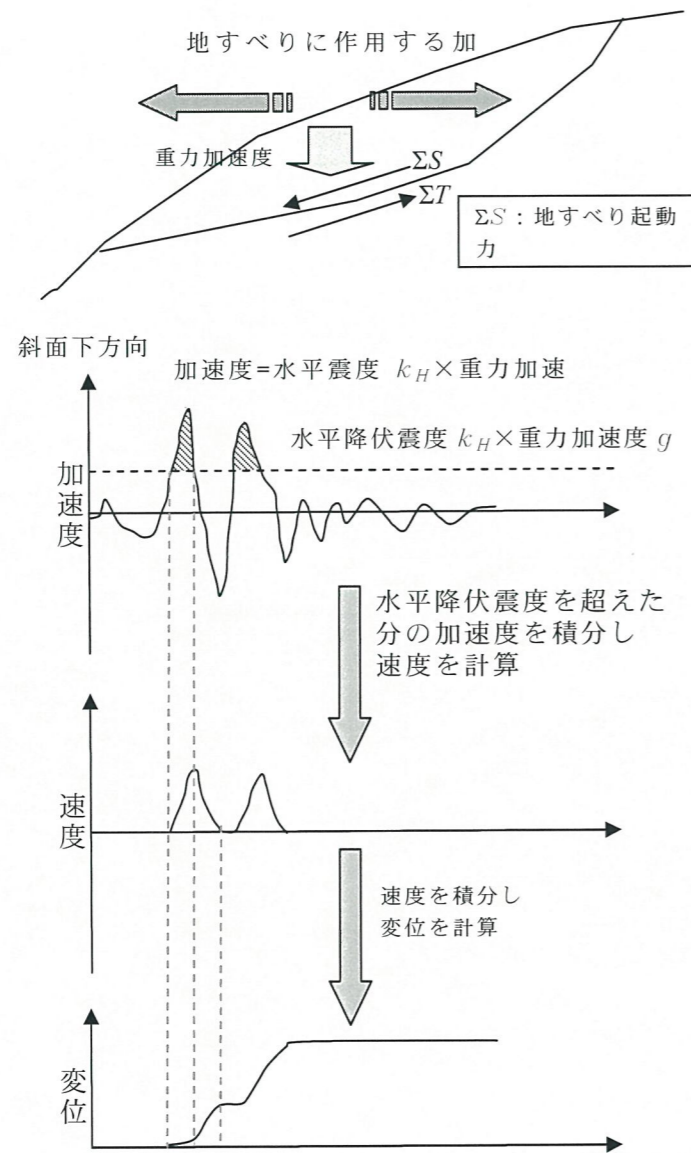


図 2. 4. 29 ニューマーク法の概要

(図は中村<sup>1</sup> (2010) に加筆)

(7) 計算結果

ニューマーク法による排土前後の検討結果を図 2. 4. 30 に示す。排土後の変位量が約 10cm となる様に地震波を調整した結果、K-NET 築館の観測波を 0.185 倍とした場合に変位量を再現することができた。同様の地震波を排土前地形に与えた場合は、4.74m の変位量となった。

初期安全率と計算安全率を表 2. 4. 10 に示す。初期安全率の差と最小安全率の差はほぼ同じ程度であるが、最終的な変動量を見ると 43 倍の変位が現れており、排土により地震時の変動量が軽減されたことが確認できた。

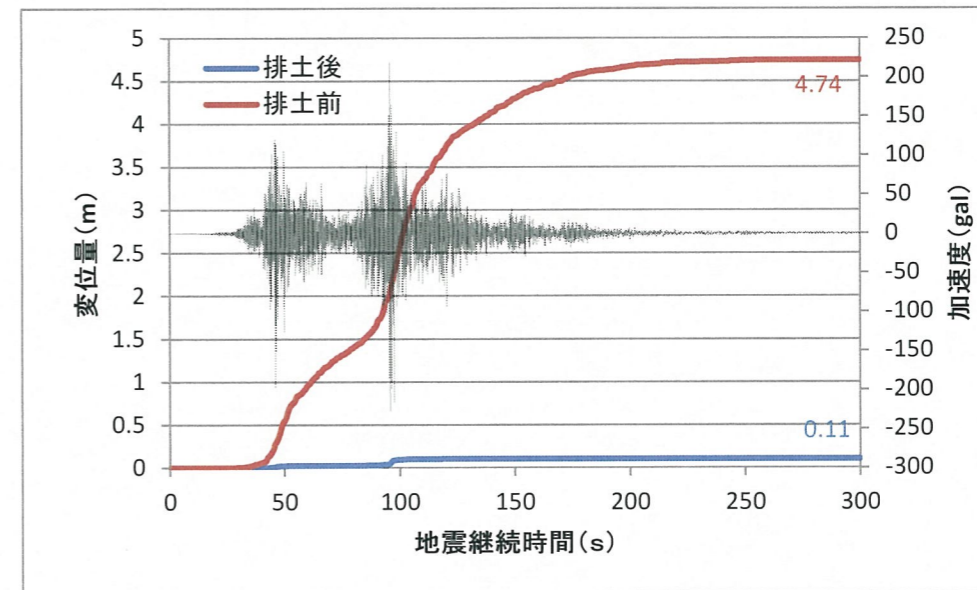


図 2. 4. 30 計算結果 (排土前後の比較)

表 2. 4. 10 安全率と変動量の比較

	排土後	排土前
初期安全率(-)	1.10	1.00
最小安全率(-)	0.68	0.62
変動量(m)	0.11	4.74

東北太平洋沖地震で生じた拡大崩壊の変位量の推定値 (0.1m) を再現させる条件 (断面形、崩壊面形、水位分布、崩壊面の粘着力・せん断抵抗角) を初期値として、排土前の断面を与えると、地震後 40 秒前後から変位が大きくなり、約 100 秒後からさらに三次クリープ的に変位し、その変位量は 4.74m にも達する。

地震時の変位量は、排土の効果により 0.1m の変位である。排土前 (H20 岩手・宮城内陸地震) には最大 10m の亀裂が既に形成されており、H23 東北太平洋沖地震による予測変位量を加えれば、 $h_{max} \approx 15m (10+4.7)$  に拡大したことになる。

極限平衡法による再現のため、崩壊に至るか否かの判断はできないが、排土工実施していなければ大きな変位を生じることとなり、排土工の効果が大いことが理解される。

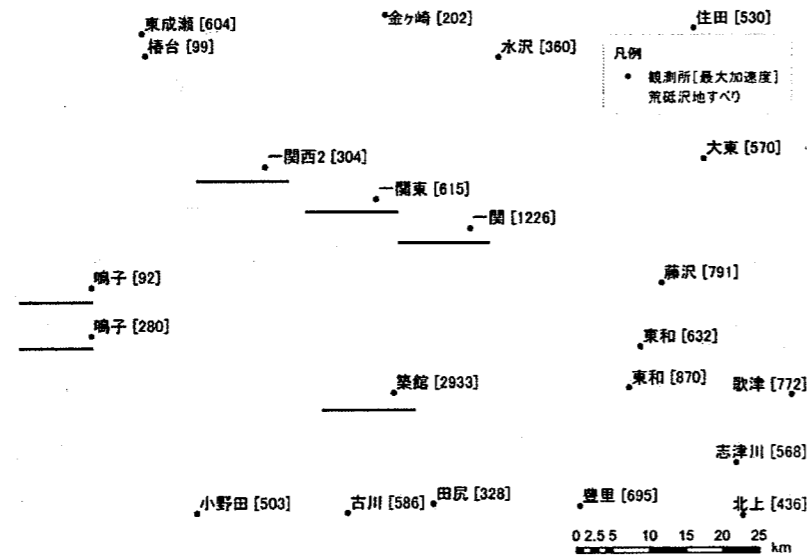
<sup>1</sup> 中村浩之(2010): 地震と地すべり (その 3) —地震動が地すべり斜面に与える影響と地震地すべり対策—, 斜面防災技術, Vol.37, No.2(110号), pp.35-42.

(参考)

築館の観測地震波を 0.185 倍した加速度の大きさについて、周辺の加速度と比較を行った (表 2. 4. 11, 図 2. 4. 31 荒砥沢地すべりと観測所 [最大加速度] の関係 (荒砥沢地すべり周辺拡大図))。調整後の加速度は周辺の観測所における加速度と比べて概ね同程度の加速度となっている。

表 2. 4. 11 解析に用いた加速度と周辺観測波の比較

コード	観測点名	最大加速度(ガル)			三成分合成値(ガル)	計測震度
		N-S	E-W	U-D		
MYG004	築館	2700	1268	1880	2933	6.6
	×0.185倍	500	235	348	543	-
IWT010	一関	998	852	353	1226	5.9
IWTH26	一関東	521	513	562	615	5.6
IWTH28	一関西2	266	289	156	304	5
MYG005	鳴子	254	206	158	280	5.1
MYGH02	鳴子	85	81	56	92	4.2



※最大加速度は、三成分合成値を表す

図 2. 4. 31 荒砥沢地すべりと観測所 [最大加速度] の関係 (荒砥沢地すべり周辺拡大図)