

地震動による地すべり変位量についての試算 Trial Calculation of Landslide Displacement due to Earthquake Acceleration

○楠本岳志*・中里裕臣*

KUSUMOTO Takeshi, NAKAZATO Hiroomi

1. はじめに

平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震や平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震など大地震発生時に地すべりが活動することについては数多くの報告がなされている。しかし、現行の土地改良事業計画設計基準 計画「農地地すべり防止対策」基準書においては、地すべりブロックの安定計算を行う場合には、原則として地震力は考慮しないとされている¹⁾。また同基準書の基準の運用では 2 次元断面のスライス法（簡便法）による安定計算を行うものとしてされている。一方、フィルダムにおいては、円形すべり面スライス法が示されており、地震力が考慮されている²⁾。今回、泥岩を主体とする海成堆積物からなる新第三系の分布域に位置する地すべりにおける GPS 及び地中伸縮計による移動観測において地震時に明瞭な変位が観測されたことから、フィルダムにおけるすべりの安定解析手法を用いて地震動による地すべり変位量について試算を行ったので報告する。

2. 地すべりの概要

今回の検討対象とした地すべりの平面図を Fig.1 に示す。地すべりブロックは幅 1km、長さ約 1.5km の規模で、移動の向きが地すべりブロックの下部で曲がるため、解析測線は 2 か所の折れ点がある。地すべりブロック内では 5 か所において GPS による地表移動観測が、また 1 か所で地中伸縮計による移動観測が実施されており、Fig.2 に示すような結果が得られている。地すべりから約 5km の隔離にある地震観測点で 5 強以上の震度が計測された際に変位が進んでいることが観測されている。

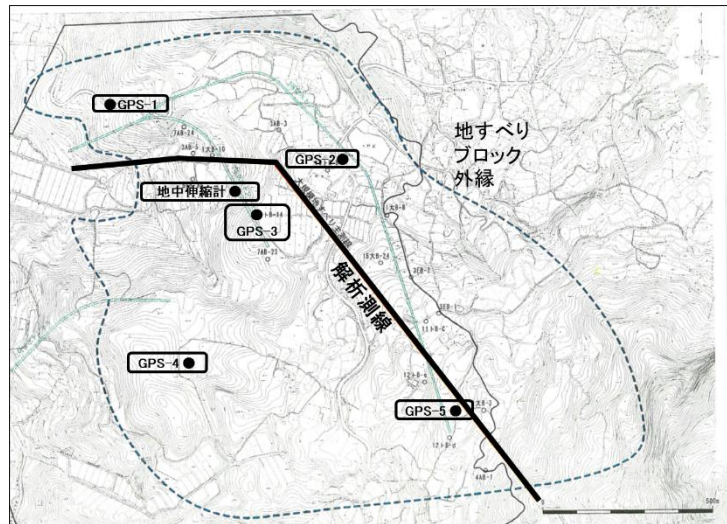


Fig.1 対象地すべりの概略図 Schematic view of Landslide

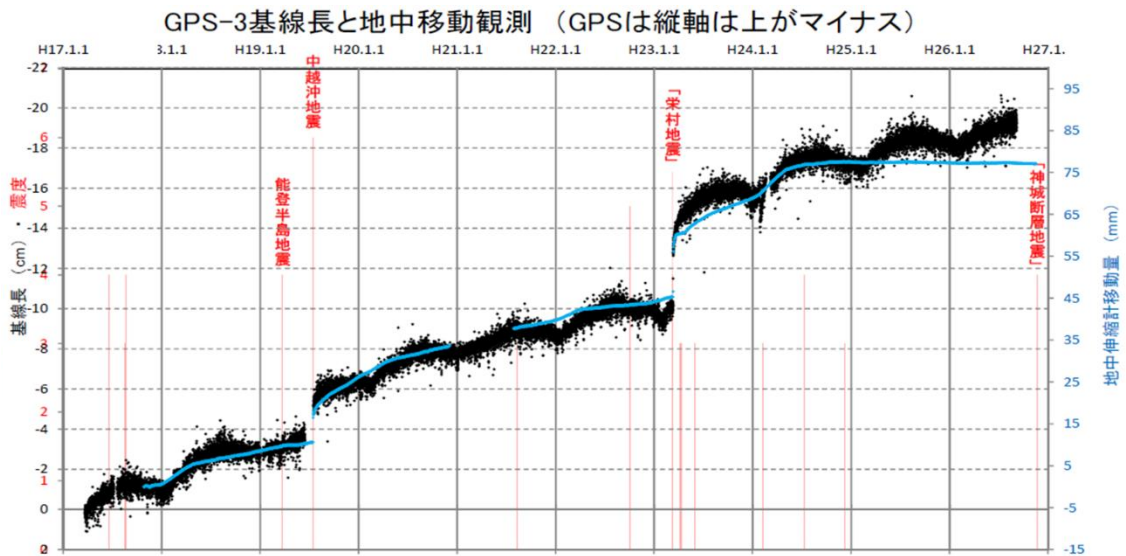


Fig.2 地すべりの変位量と震度 Displacement of Landslide and Seismic intensity

*農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO キーワード：地すべり・地震加速度・円形すべり面スライス法

3. 手法

以下の2式を比較すると、地震力についての項（下線部）のみの違いであることがわかる。このことから、地すべりの安定解析において地震力を考慮するにあたり、標準スライス法（簡便法）にすべり面上に働く地震慣性力の項を追加することとした。

■計画基準 農地地すべり防止対策：標準スライス法（簡便法）

$$F_s = \Sigma (c' l + (W \cos \alpha - U) \tan \phi') / \Sigma W \sin \alpha \quad \dots (1)$$

■設計基準 ダム【フィルダム編】：円形すべり面スライス法

$$F_s = \Sigma (c' l + (W \cos \alpha - U - \underline{W \sin \alpha} - \underline{W e \sin \alpha}) \tan \phi') / \Sigma (W \sin \alpha + \underline{W e \cos \alpha}) \quad \dots (2)$$

ここに、 F_s ：安全率、 c' ：すべり面の粘着力（有効応力表示）、 l ：すべり面の長さ（m）、 W ：スライス重量（kN/m）、 U ：すべり面上に働く間隙水圧の力（kN/m）、 ϕ' ：すべり面の内部摩擦角（°）（有効応力表示）、 α ：すべり面が水平方向に対してなす角度（°）、 W_e ：すべり面上に働く地震慣性力（kN/m）

また、 $W_e = KW$ 、 $K = a/g$ により地震力（すべり面に働く地震時の加速度）を設定した。

ここに K ：設計震度、 a ：地震の加速度、 g ：重力加速度（=980gal）

4. 試算結果

(2)式に地すべりから約7.5kmの離隔にあり、当該地すべり地と同様の地質からなる KiK-net の調査井底で観測された加速度を用いて、安全率が1を下回る場合に、滑動モーメントと抵抗モーメントとの差を質量で除して加速度を求め、加速度から速度、さらに移動距離を算定した。加速度は解析測線の方向に沿うように南北方向と東西方向の加速度を合成して与えた。結果は Table 1 に示すとおりで、GPS による観測値との比で 45%～164% となった。このうち、中越沖地震について時刻歴で見た変位量は Fig. 3 のとおりである。

Table 1 地震動による地すべり変位量の試算結果
Estimation of Landslide Displacement due to Earthquake Motions

地震の発生日時 / 近傍の観測震度 / 地震名	変位量試算結果	実測値(平均値)比	実測値(最大値)比
2007/(H19)/07/16 10:13 / 6弱 / 中越沖地震	12.1mm	163.5%	72.5%
2010(H22)/10/03 09:26 / 5弱 / 名称なし	0.02mm	実測では明瞭な変位は観測されず	
2011(H23)/03/12 03:59 / 5強 / 「栄村地震」	11.9mm	109.7%	45.3%

加速度は解析測線の方向に沿うように南北方向と東西方向の加速度を合成して与えた。結果は Table 1 に示すとおりで、GPS による観測値との比で 45%～164% となった。このうち、中越沖地震について時刻歴で見た変位量は Fig. 3 のとおりである。

5. まとめ

今回、地震時における地すべり変位量の算定に円形すべり面スライス法を適用することによって、実際の変位量に近い値を算定することができた。

ただし、GPS

観測の結果には広域的な地殻変動の成分が含まれているという指摘もある³⁾。今後は、変位の発生時刻や観測精度の検証を行うとともに、鉛直方向の加速度の影響や間隙水圧の変化との関係や、他の地すべりにおける適用性について検討を進めたい。

謝辞：本研究では新潟県農地部及び国立研究開発法人防災科学技術研究所 KiK-net のデータを使用させていただきました。ここに記して御礼申し上げます。

引用文献：1)農林水産省農村振興局計画部資源課監修 社団法人農業土木学会(2004)土地改良事業計画設計基準計画「農地地すべり防止対策」、2)農林水産省農村振興局(2003)土地改良事業計画設計基準設計ダム技術書フィルダム編、3)中里ほか(2006)新潟県釜塚地すべりにおける中越地震前後のGPS移動観測事例、農工研技報 205, 103-107。

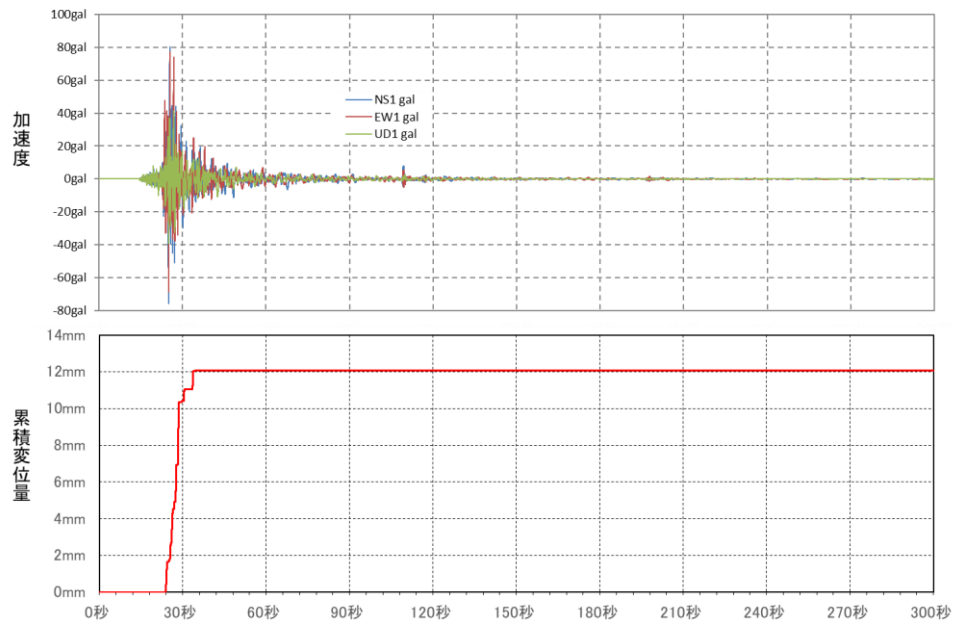


Fig.3 時刻歴で見た変位量の累積 Amount of Displacement seen in Time History