

14. 芸予地震による地すべり地の地中変位

株式会社ナイバ ○ 菅 秀哉
 村上 雄治
 大川 義明

1. はじめに

今日まで報告されている地震による斜面災害は、落石や崩壊、盛土の変形といったものが大半を占めており、いわゆる地すべり性崩壊と判断されるものが発生した地震は少なく、徐動性の地すべりについては、背後に多くの地すべり地帯を控えた1964年の新潟地震においても発生が知られていない¹⁾。しかし、兵庫県南部地震で発生した地すべり現象では高速で動く地すべりや徐動性の地すべりも報告されており、災害発生にまで至らない地すべり土塊の変形は多数あるものと考えられる。2001年3月24日に発生した芸予地震(図-1)においても、落石や崩壊などは各地で発生して今なお傷跡を残しているが、地すべりに関しては地すべり土塊の変形に留まっている箇所が多く、ここでは孔内傾斜計で観測された地中変位について報告する。

2. 観測箇所

芸予地震では愛媛県内でも震度5強～震度4の揺れが広範囲に観測された。愛媛県内各地で観測されていた孔内傾斜計によって、地震前後の変位を測定し(図-1)、その大部分で地震による地中変位を認めることができた。なかでも、震度4を記録した中予地方のある地すべり地では、種々の地中変位の形態を認めることができ、地震後の変位速度は数ヶ月経過した今日でも増大傾向を続けているブロックも存在している。

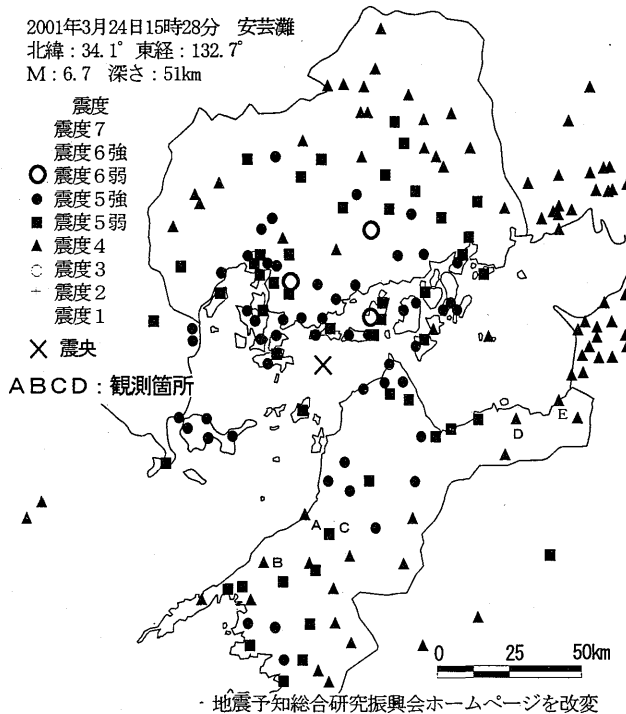


図-1 芸予地震震度分布および観測位置

3. すべり面の変位と地震変位

芸予地震発生以前の観測において孔内傾斜計による深度・水平変位量曲線に明瞭な屈曲が認められ、この変位に累積傾向が継続している場合、この変位は地すべり土塊の全体的な変形を除いたすべり面を挟んだ上下2点間のせん断変位と考えられ、これを「すべり面変位」と呼ぶこととする(図-2)。

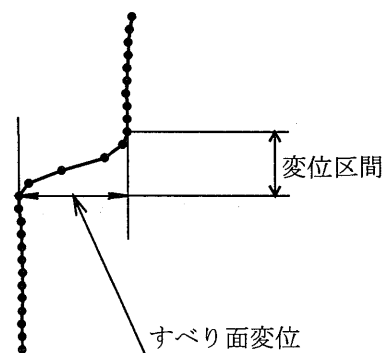


図-2 すべり面変位の概念図

このすべり面変位は、表層のクリープ変位等を除いたすべり面における「変位量」あるいは「変位速度」を示している。芸予地震では、図-3に示すように大部分の観測孔で、現在滑動中のすべり面が地震時に数mm程度変位したものの、すべり面より上部の地すべり土塊内で変形が発生したのも見られた。前者は、単に変位速度が一時的に増大したような形態であるが、後者は地すべり土塊内の変形がクリープ的なS字型の変位曲線を示すことが多い。また、地震前まで継続的に変位していた深度では地震による変位の増大が見られずに、より浅い深度で変位した箇所もあり、地震による変位深度は必ずしもすべり面深度に一致するとは限らず、むしろより浅い深度の変位が大きかったことが特徴である。

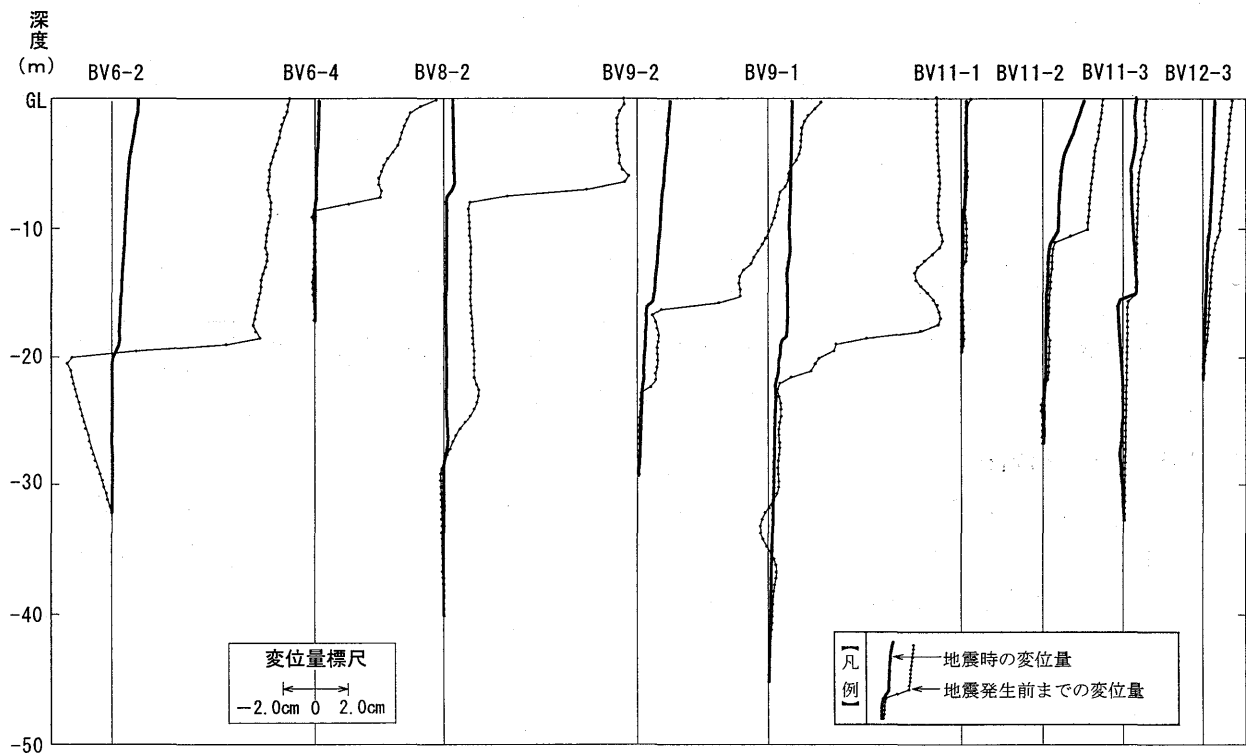
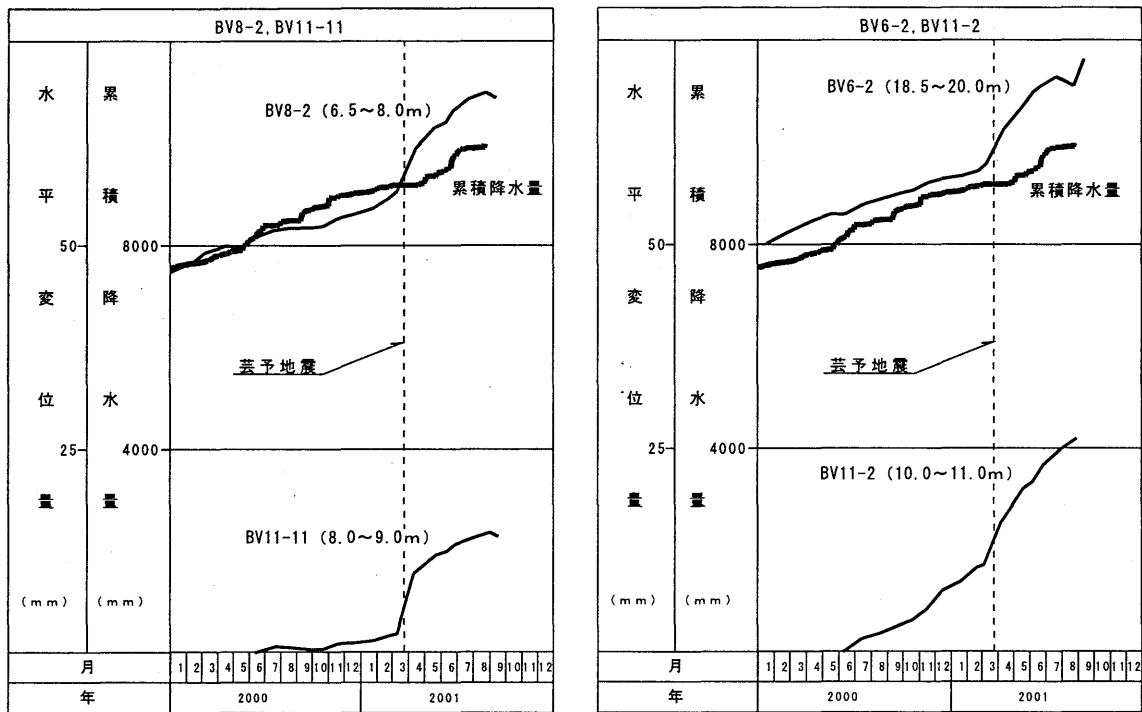


図-3 地震前および地震時の孔内傾斜計深度・水平変位曲線

各孔内傾斜観測孔では図-2に示すようなすべり面と判断される深度が2箇所以上ある場合が多く、浅いすべり面と深いすべり面が同一断面上に存在し、これらの変位は年間を通じて常時継続的に進行していることが確認されている。浅いすべり面においては、地震時の変位がいずれの場合でも顕著に現れているが、深いすべり面でも深度の深いすべり面については、地震時の変位が認められないことも多い。また、急斜面部に設けた観測孔（図-3；BV11-2，BV11-3など）では浅いすべり面より上部の表層部数mの土塊が変形したことを示す場合も観測された。この種の変形は過去の観測中には出現しなかった変形であり、地震によってすべり面とは別の表層部が変形したことを示している。

4. すべり面における変位速度

すべり面における変位速度について、地震前と地震後の変化について注目すると、多くの観測孔では地震時に一時的に滑動速度が増大したものの、地震後の滑動速度は地震前の滑動速度に一致している（図-4(a)）。しかし、図-4(b)に示すように地震後の滑動速度の増大が今なお継続しているブロックがみられる。これらのブロックでは、横ボーリング工が施工されており、地下水位観測孔を設けて水位を観測しているが、これらに変化は認められなかった。



(a)地震後に変位速度が回復したブロック

(b)地震後に変位速度が増大したブロック

図-4 地震前後における変位速度

5. 地質層準との対比

ここで取り扱った観測箇所は、いずれの箇所においても地質的には三波川帯の塩基性片岩を主とする地質帯で、いわゆる風化岩すべりの様相を呈しており、地質状態としては表層から地下深部に向かって次のように区分される（図-5）。

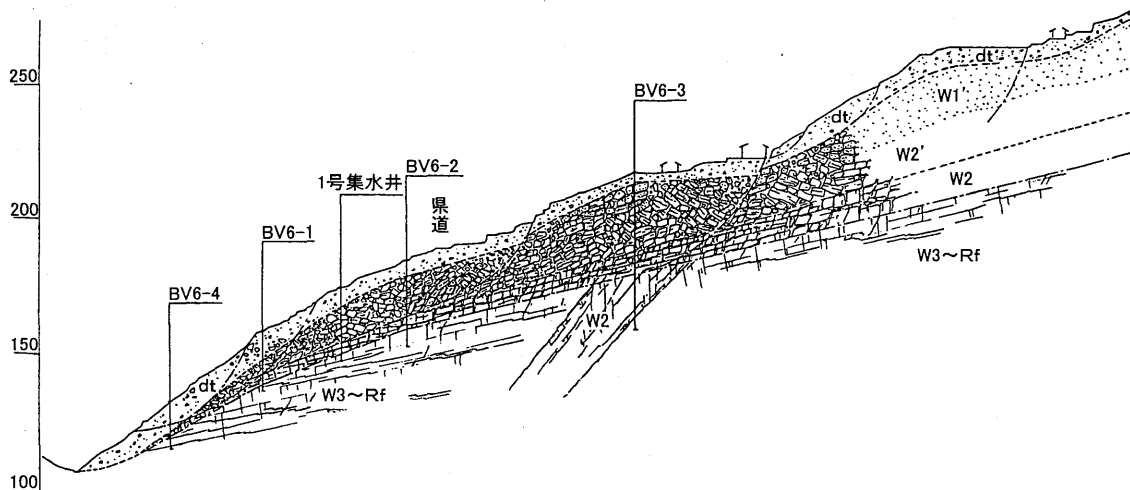


図-5 風化岩すべりににおける地質層準

- 1) 崩積土・崖錐堆積物 (dt) : 礫混り土砂で遠方から運ばれて堆積した堆積物
- 2) 転石・転石群 (W1) : 地すべり性の堆積物で礫、転石、岩塊を主とし、地すべり性の淡緑灰～乳緑灰色を呈するいわゆる青粘土を伴うことが多く、各礫の片理面構造等が乱れているもの。
- 3) 移動岩盤～移動岩塊 (W2') : 地すべり、岩盤クリープによって移動した形跡のある岩盤で、開口亀裂の発達や流入粘土、流入土砂や青粘土の挟在、などで特徴づけられるもの。
- 4) 亜基岩 (W2) : 比較的新鮮堅硬であるが、開口亀裂が発達してクリープ岩盤の様相を呈するが、概ね基岩に準ずると判断されるもの。

5) 基岩 (W3~Rf) : 新鮮堅硬, あるいは風化岩であっても割れ目は密着し, 緩みや地質構造の乱れがほとんど認められないもの。

図-6には, 地震前に確認されているすべり面の深度および今回の芸予地震で新たに変位が発生した深度を示した。各観測箇所では, 既に述べたように浅いすべり面と深いすべり面が 2枚存在するところが多く, 浅いすべり面の大部分は上記1)~2)の淡緑灰~乳緑灰色を呈するいわゆる青粘土が分布する深度であることが多い。深いすべり面は, 上記3)~4)で認められ, 深いものではGL. -38m のところで滑動していることが判っている。

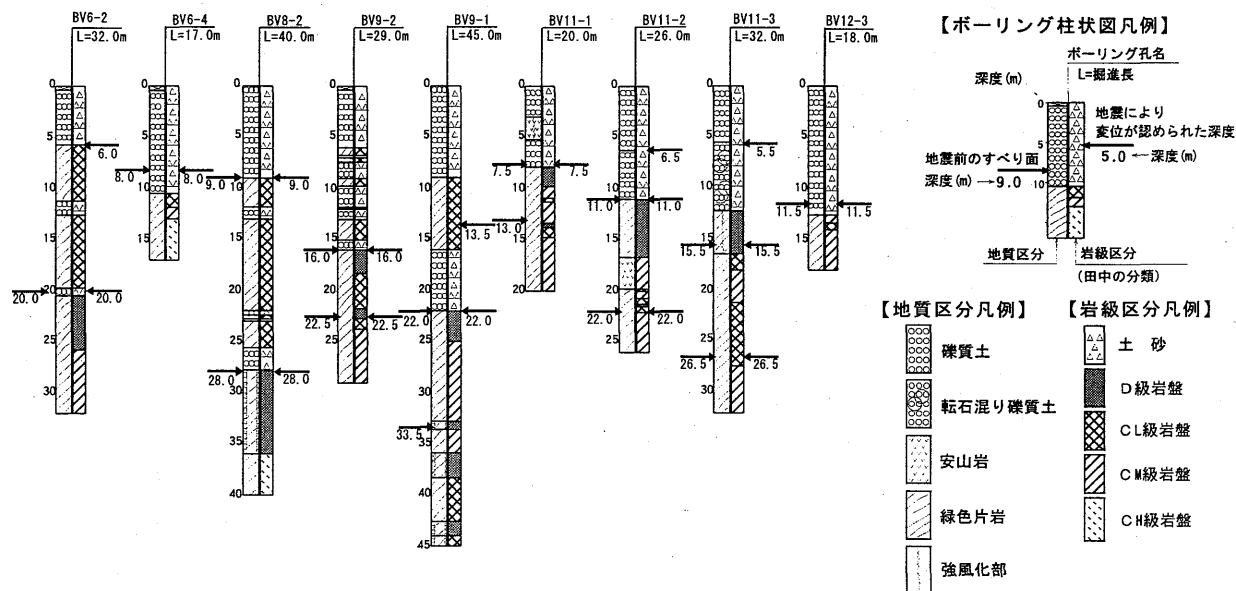


図-6 地質柱状図とすべり面の位置

6. あとがき

本稿では芸予地震による地すべり地の地中変位について, 愛媛県内の震度4を記録した地すべり地の観測資料を用いた。県外の震度3の地域でも多くの地すべり地で地中変位が記録されており, 少なくとも震度3~4程度の地震によって一時的あるいは相当の継続期間を持って移動速度が増大することが明らかとなった。いわゆる地すべり性崩壊発生などの災害に至ることは, 過去の事例からも強震の場合には多々経験しているところであるが, ここで報告したような徐動性の地すべり現象は, 数mm~数cm/年程度の変位速度である。しかし, 降雨や地震などによって変位速度が増大し, 地すべり地内の民家や道路構造物などは生活上の許容限度を超えた段階で災害となる。大規模な徐動性地すべりは, その防止工事として変位を抑止することには相当の困難を伴うと考えられるが, 動態状況を監視しながら変位速度を抑制するような対策も進める必要があると考えている。

【参考文献】

1) 古谷尊彦 (1996) ; ランドスライドー地すべり災害の諸相一, 古今書院, p. 49-58