

国土技術政策総合研究所 ○伊藤英之・小山内信智・清水孝一
 消防大学校消防研究センター 新井場公德
 国土地理院地殻活動研究センター 小荒井衛・佐藤浩
 アジア航測株式会社 白杵伸浩・千葉達郎

1.はじめに

2006年2月17日10:36頃、フィリピン南レイテ州ギンザウゴン付近で、大規模な地すべり災害が発生し、死者154名、行方不明者900名を越える災害が発生した。災害直後から各国による救助・救援活動が開始されたが、厚く堆積した土砂により救援活動は困難を極め、また、時間の経過とともに生存者発見の可能性は低くなることから、2月24日に捜索活動はうち切られた。我々は、内閣府災害対応調整費を受け、レイテ島災害における救援活動の実態を把握するとともに、災害を引き起こした土砂災害の実態を明らかにするため、現地調査を行ったので、報告する。

2. 災害発生の時系列

当該地域は、新生代新第三紀の火山岩類で構成され、これらは弱変質を受けている。また、付近には第一級の活断層であるフィリピン中央断層がNW-SE方向にのびており、地質は脆弱である。

図.1 に災害発生前のタクロバンおよびマーシンにおける日雨量を示す。レイテ島では2006年2月1日より断続的な降雨が観測され、マーシンでは2月11日に最大日雨量227mmを記録している。また、災害が発生した2月17日までのマーシンにおける累加雨量は627mmに達している。図.2 に被災地の全景写真を示す。崩落壁右岸側には、NE-SW方向の層理面を持つ塊状溶岩が露出し、左岸側には節理面が不明瞭に発達した火砕岩が認められる。崩壊は、ギンザウゴン村西側斜面、標高約780m付近で発生し、崩壊の規模は全長約1,000m、最大幅約400m、最大深は鉛直方向で約100m程度と見積もられる。崩壊によってもたらされた土砂の最大到達距離は、4,500m程度に及ぶ。現地調査より、堆積物は大きく最大数m程度の火山碎屑岩や火山岩塊からなるブロックと、円礫を多く含む火山砂からなる細粒堆積物に分類される。また、ブロック部には特徴的にジグソークラック構造が認められる。堆積物の特徴よりブロック部は山体崩壊による流山ブロック、細粒堆積物は山体崩壊直後に発生した土石流堆積物と判断される。また、山体崩壊堆積物の外縁部には、ブラストによって吹き飛ばされた家屋も確認される。こ

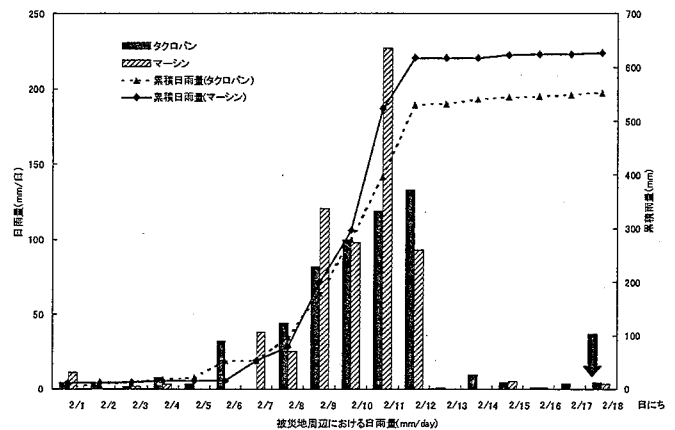


図.1 被災地付近における日別降水量分布. 灰色部:レイテ州都タクロバンにおける日別降水量, 斜線部:被災地に近いマーシンにおける日別降水量分布, 矢印は災害発生日を示す。

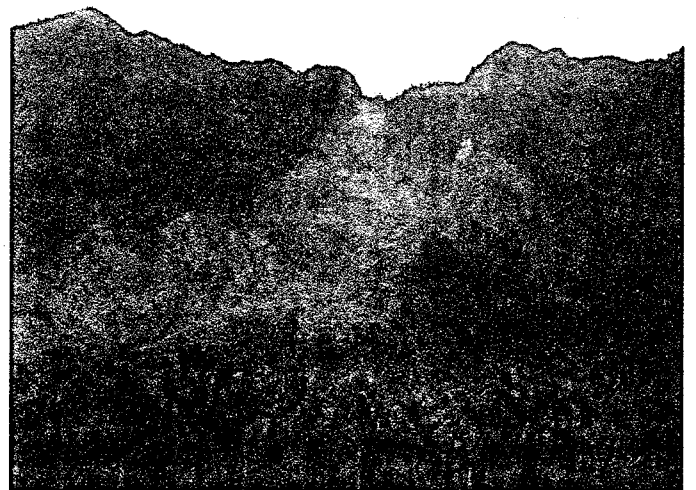


図.2 レイテ島地すべり災害の全景写真. 崩壊源頭部右岸最上流部に塊状溶岩が認められる。

これらの観察事実より、今回の災害は、山体崩壊（岩屑なだれ）であったことを強く示唆していると考えられる。

3. 岩屑なだれの挙動解析

図.3に ASTER データより作成した縦断面図を示す。崩壊は標高約 700m 付近から発生し、最大 38° の急勾配を形成した。また、土砂堆積域の平均河床勾配は 3~7° であり、DEM より計測された岩屑なだれの最大到達距離は約 4,500m であった。災害発生前の降雨状況や被災者へのヒアリングより、災害発生以前の斜面は水に飽和していたことは間違い。また、岩屑なだれは平均勾配 38° の斜面において発生し、平均勾配 20° の斜面を著しい侵食を伴って流下している。目撃証言からもかなりの高速で流下したことがわかっている。

本岩屑なだれの流下・堆積特性は、1984 年御嶽山伝承くずれ（芦田・江頭,1985）あるいは、1997 年秋田県澄川地すべりに伴う岩屑なだれ（林・他,1997）とも酷似している。よって、芦田・江頭(1985)のモデルを用いて、運動特性の説明を試みた。

芦田・江頭(1985)は、土塊内部のせん断ひずみがある値に達したときに、崩土の流動化が起こるものと考え、このひずみエネルギーは、土塊と斜面との摩擦仕事によって供給されるものと仮定して、内部構造が完全に破壊されるために必要な移動距離の条件を次式のように提案している。

$$\frac{U_f}{\sqrt{gh_f}} = \left\{ \frac{U_{fo}^2}{gh_f} e^{2ax/hf} - \frac{b}{a} (1 - e^{2ax/hf}) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

ここに、 U_f ：土塊の移動速度、 U_{fo} ：飽面をいくつかの勾配ごとに折れ線で近似したとき、各斜面における上流端の移動速度、 hf ：土塊の最大移動厚、 x ：各斜面の上流端からの移動距離、 $f b$ ：土塊と斜面との間の流体抵抗係数、 θ ：斜面勾配、 λ ：土塊の空隙率、 ρf ：土塊全体の平均密度である。

今、 $\theta=38^\circ$ 、 $\lambda=0.4$ 、 $\rho=1.0\text{g/cm}^3$ 、 $\rho_s=2.65\text{g/cm}^3$ 、 $f b=0.02$ とし、土塊の内部摩擦角を計算より、 $\phi=8,10,15$ と仮定して(1)式を解くと、土塊の移動速度は、最大 63.5~67.6m/s となる（図.4）。図.4より、 ϕ がいずれの値であっても、標高 550m までは加速領域となり、このときすでに 50m/s に達している。また、標高 235m 付近で、それぞれ最大速度（63.5~67.6m/s）に達している。

この計算結果は、目撃証言より推定された流下速度である 100~150km/h（諏訪、2006）よりは若干速いが、防災科学技術研究所の広帯域地震計によって測定されたレイテ島地すべりの震動継続時間（継続時間約 50 秒；山中、2006）とも整合が良い。

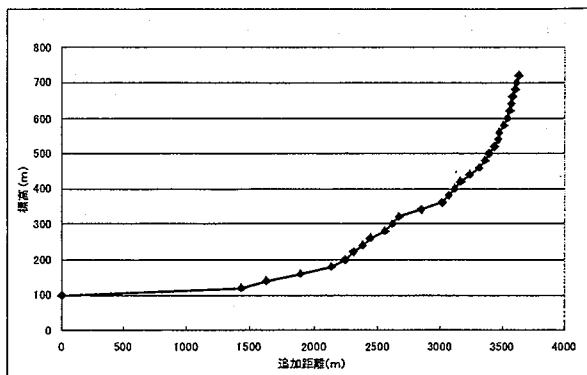


図.3. DEM から作成した縦断面図(左が下流側)。

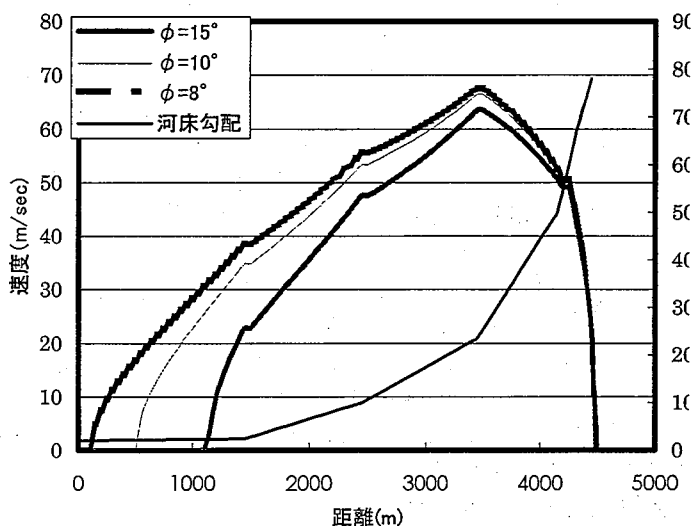


図.4 岩屑なだれの移動速度と河床勾配との関係