

1999年集集地震に誘発された草嶺地すべりの発生メカニズムとしての頁岩および断層ガウジの動的弱化

Dramatic weakening of shale and fault gouge as a mechanism for Tsaoling landslide induced by 1999 Chi-Chi earthquake

宮本 祐貴^{1*}, 嶋本 利彦¹, 東郷徹宏¹, Raehee Han¹, Jia-Jyun Dong², Chyi-Tyi Lee²

Yuki Miyamoto^{1*}, Toshihiko Shimamoto¹, Tetsuhiro Togo¹, Raehee Han¹, Jia-Jyun Dong², Chyi-Tyi Lee²

¹広島大学大学院, ²National Central University, Taiwan

¹Graduate School of Hiroshima University, ²National Central University, Taiwan

草嶺地すべりは1999年に台湾で発生した集集地震により誘発された中で最も大規模な地すべりである (Chigira et al., 2003;ほか)。鮮新世の卓蘭累層と錦水頁岩の地層境界面に沿って1.3 km³の土塊のすべりが発生した。土塊は緩やかな斜面(14°)上ですべったにも関わらず、すべり速度は数十m/sに達し、谷底の川を横断した。このような高速地すべりを起こすメカニズムを良く理解するために、草嶺地すべり地から採取した頁岩ガウジと粘土質層面断層ガウジを用いて、すべり速度0.01~1.3 m/sの高速摩擦実験を行った。XRD分析の結果、頁岩と粘土質断層ガウジはともに石英、斜長石、イライト、カオリナイト、緑泥石、モンモリロナイトを含み、両者の鉱物組成に大きな違いは見られなかった。実験は含水状態と乾燥状態の両方の試料に対しておこない、垂直応力は厚さ約150 mの地すべり土塊底部での上載岩圧に相当する3 MPaを载荷した状態で行った。全ての実験結果において、初期摩擦から定常摩擦係数0.05~0.15 (摩擦角3°~8.5°)への劇的なすべり弱化が見られた。この値は、離散要素法(Tang et al., 2009)による定常摩擦係数0.15 (摩擦角8.5°)やSaint Venant equations (Kuo et al., 2009)による定常摩擦係数0.1 (摩擦角6°)といった値と一致する。含水条件下の断層ガウジの場合、初期摩擦係数は0.2もしくは初期の摩擦角は11°であった。このことから、含水状態の粘土質断層ガウジは地震動が加わらない場合においても土塊を斜面上に維持することが不可能なため、すべり面が含水した断層ガウジによって広く覆われていた可能性は低い。一方、乾燥状態の粘土質断層ガウジと含水状態の頁岩ガウジは類似の挙動を示し、初期摩擦約0.6 (摩擦角30°)の後に数mの弱化距離を伴ってすべり弱化を起こした。つまり、2~3 mすべった後に、すべり弱化のメカニズムによって摩擦係数が初期摩擦から斜面の傾斜角に相当する0.25まで低下し、急速崩壊へと発展した。頁岩と断層粘土ガウジの両方で、定常摩擦係数を異なるすべり速度に対してプロットすると、速度の増加にともなって定常摩擦が顕著に減少することがわかる。この高速下での低摩擦が草嶺の高速地すべりを起こしたと考えられる。このように、今回の実験結果から、草嶺地すべりの発生と高速すべりを理解する上で重要な基礎的な情報を得ることができた。

文 献

Chigira, M., Wang, W. N., Furuya, T. and Kamai, T. (2003). "Geological causes and geomorphological precursors of the Tsaoling landslide triggered by the 1999 Chi-Chi earthquake, Taiwan", Eng. Geol., 68, 259-273.

Kuo, C. Y., Tai, Y. C., Bouchut, F., Mangeney, A., Pelanti, M., Chen, R. F., and Chang, K. J. (2009). "Simulation of Tsaoling landslide, Taiwan, based on Saint Venant equations over general topography" , Eng. Geol., 104, 181-189.

Tang, C. L., Hu, J. C., Lin, M. L., Angelier, J., Lu, C. Y., Chan, Y. C. and Chu, H. T. (2009). "The Tsaoling landslide triggered by the Chi-Chi earthquake, Taiwan: Insights from a discrete element simulation" , Eng. Geol., 106, 1-19.

キーワード:草嶺地すべり,高速摩擦,弱化

Keywords: Tsaoling landslide, High velocity friction, Weakening