

## 人工降雨による実斜面崩壊実験と斜面変動

(独)森林総合研究所  
千葉大学

U. S. Geological Survey

(独)防災科学技術研究所  
京都大学防災研究所

○ 落合博貴・三森利昭・大倉陽一・松井琢郎  
寺嶋智己・牧原浩太郎・藍原誠志・谷田部慶憲  
Mark E. Reid  
森脇 寛・岡田康彦  
佐々恭二

### 1. はじめに

茨城県真壁郡大和村に位置する加波山(かばさん)中腹の茨城森林管理署管内小井戸国有林内の自然斜面において、人工降雨による斜面崩壊実験を実施した(図-1)。本実験の目的は、従来行われてきた室内崩壊実験の研究成果を基礎に、自然斜面において人工降雨により斜面崩壊発生に至る斜面水文現象および斜面変動を観測し、崩壊土砂が流動化する動的過程を把握して、斜面崩壊および流動化の発生メカニズムを実証的に明らかにすることである。自然斜面に水を供給し、崩壊や地すべりを発生させた実験は、これまで4例<sup>1, 2, 3, 4)</sup>が知られている。今回は特に、豪雨時の斜面崩壊現象において土層が崩壊して流動化する過程を解明するため、崩壊流動化時の斜面土層内における過剰間隙水圧の変動と土層の破壊との関係に着目し、斜面土層に動的間隙水圧計、土壌水分計、変位計等のセンサーを設置した。

なお、本研究は文部科学省科学技術振興調整費の先導的研究における課題「地震豪雨時の高速長距離土砂流動現象の解明」の一部として実施された。

### 2. 実験方法

実験斜面は、茨城県真壁郡大和村、茨城森林管理署管内小井戸国有林の伐採跡地の平均勾配約33度、斜面長約30mの比較的平滑な斜面であり、細粒の花崗岩を基岩とし、花崗岩の風化したマサ土が厚さ1~3mに堆積している(図-2)。斜面の上端は尾根部に近いいわゆる鹿沼土を含む関東ローム層が分布しており、土層を構成するマサ土にはロームが混入している。斜面は、根系の影響低減と人工降雨により供給した水の周辺への散逸を防ぐため、鉄板を土層に深さ約1mまで打ち込んで斜面を幅5mに仕切り、地表にはムシロを張って地表流の発生を抑制し、降雨の土層への浸透を促進させた。人工降雨に用いる水は、実験斜面の直下を流れる渓流水を取水堰でせき止め、斜面に設けた合計80m<sup>3</sup>の貯水タンクに貯留した。実験時には、貯水タンクの水をポンプによって一定圧力で斜面上に仮設した合計24本の撒水ノズルに送り、人工降雨とした。斜面の変動、土層内の間隙水圧等を観測するための各種センサーは、実験前に斜面に設置および埋設され、センサーからの信号はケーブルにより観測小屋まで導かれ、小屋内に設置された計測機器に接続され1/100秒の間隔で観測を行った。

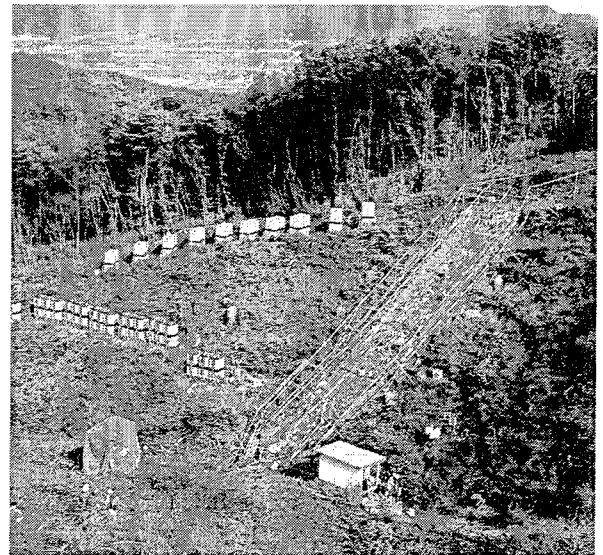


図-1 加波山(茨城県真壁郡大和村)の国有林に設けた現地崩壊実験斜面

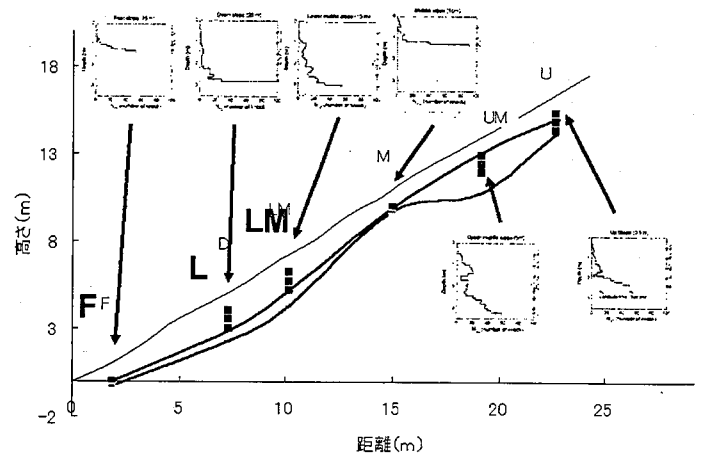


図-2 実験斜面の土層深分布と土壌水分計の埋設位置

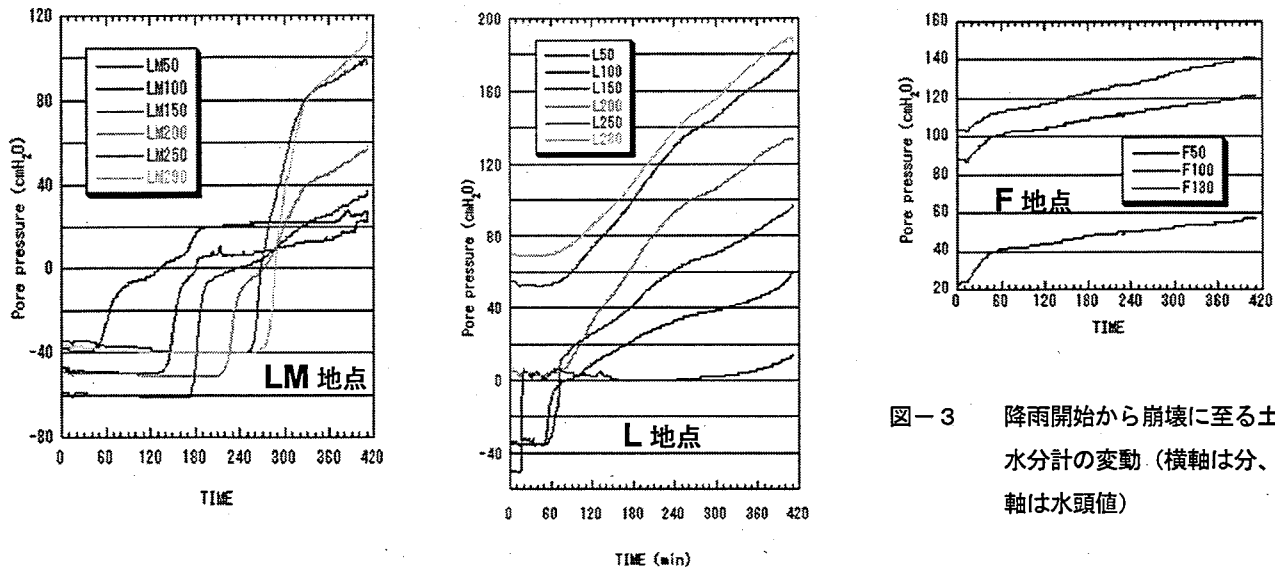


図-3 降雨開始から崩壊に至る土壌水分計の変動（横軸は分、縦軸是水頭値）

### 3. 実験結果の概要

崩壊実験は、2003年11月12日12時から人工降雨を開始し、平均降雨強度78mm/hで4時間30分経過したが、斜面下部と中央部に飽和水面が確認されたものの斜面の変動は観測されず、崩壊は発生しなかった。2回目の実験は同月14日に実施された。平均降雨強度78mm/hで9時13分降雨開始、15時頃には斜面の中下部が表層まで飽和し、斜面中央部の伸縮計で変位が観測されはじめた。その後、加速度的に変位が大きくなり速度約1m/sec、累積変位約50cmとなったところで16時3分、降雨開始から6時間50分28秒経過後、斜面下端から斜距離で約17mの地点を滑落崖として崩壊が発生した。崩壊発生時には、崩壊した部分の土層はすべて飽和状態に達していた(図-3)。崩壊土層深は約1mで、崩壊土砂量は約40m<sup>3</sup>であった。崩壊した土塊は、急激に流動化して土石流化し、対岸に乗り上げて速度を落とし、地形に沿って右に方向を変え約30m流下して先端が停止した。崩壊の流動化に伴い土層内で過剰間隙水圧の急激な変動が自然斜面において初めて観測された(図-4)。

### 4. 考察

土層の0.5mの深度において、崩壊発生の数秒前から間隙水圧が一時的に低下して負圧を発生し、その後急激に上昇して崩壊が発生した。この現象は、土層のせん断に伴う体積膨張によると考えられ、人工斜面における観測事例<sup>9)</sup>がある。また、過剰間隙水圧は約100cmH<sub>2</sub>O以上に達して土層が流動化した。従来人工斜面を用いた研究で観測されてきたこれらの現象を、自然斜面において初めて確認することができた。

#### <参考文献>

- 1) 岡 寿麿(1972):「人工地すべり」が起した波紋—大自然の力を見なおそう—, 科学朝日, 1972年1月号, pp.152-153.
- 2) 八木則男、矢田部龍一、榎明潔(1985):降雨時の斜面崩壊予知に関する室内及び現地実験、地すべり、Vol. 22, No.2, pp. 1-7.
- 3) 山口伊佐夫、西尾邦彦、川邊洋、芝野博文、飯田千徳(1989):人工地すべりの発生と流動について—静岡県由比における野外実験から—, 森林航測, Vol.158, pp.3-9.
- 4) Harp, E.L., Wells II, W.G., and Sarmiento, J.G (1990): Pore pressure response during failure in soils, Geological Society of America Bulletin, vol.102, pp.428-438.
- 5) Iverson R. M. and LaHusen R.G (1989): Dynamic pore-pressure fluctuations in rapidly shearing granular materials, Science, 246, 769-799.

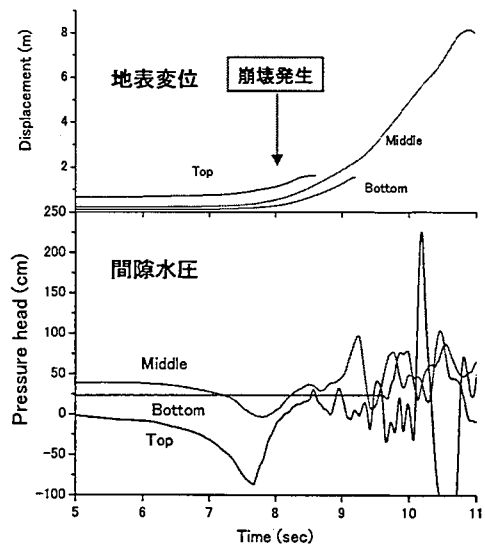


図-4 崩壊発生時の崩壊部分の地表変位・速度と間隙水圧の動的変動