

降水量分析と乾湿繰り返しに起因する 泥岩斜面不安定化に関する研究

新井逸郎

Geo-disaster Mitigation Engineering

研究概要

泥岩系の地盤材料は、乾湿繰り返し作用により風化が進行する(図1)。本研究では、降雨に起因する国内外112箇所の斜面災害事例を収集し、各事例について、熱帯降雨観測衛星(TRMM)で得られた斜面災害発生日から過去3年間の降水情報を整理し、発災箇所の地質との関連性を調べた。さらに、せん断応力一定条件で乾湿繰り返しを受ける泥岩礫質土の変形特性を一面せん断試験により検討し、斜面地盤の強度低下モデルを構築して実際の斜面災害事例へ適用した。



図1 乾湿繰り返し前(左)と後(右)の泥岩

降水量分析

崩壊事例は、誘因が降雨であり、現場調査が行われ、発生日、場所、地質(図2)が明確なものを抽出した。過去3年間で既に大きな降雨を多数経験していた崩壊事例が多数存在し、その大部分が乾湿繰り返し風化しやすい地盤(泥岩・片岩・頁岩・凝灰岩)で発生していた(図3)。これは、過去の環境による風化の進行により地盤強度が徐々に低下していったことを示唆する。また、風化しやすい地盤では、無降水日率(降水量1mm/day未満の日)が高く、かつ崩壊時の降水量が低いケースが多く存在している(図4)。これらの崩壊事例は降水量そのものではなく乾燥度合いとの関連性が考えられる。

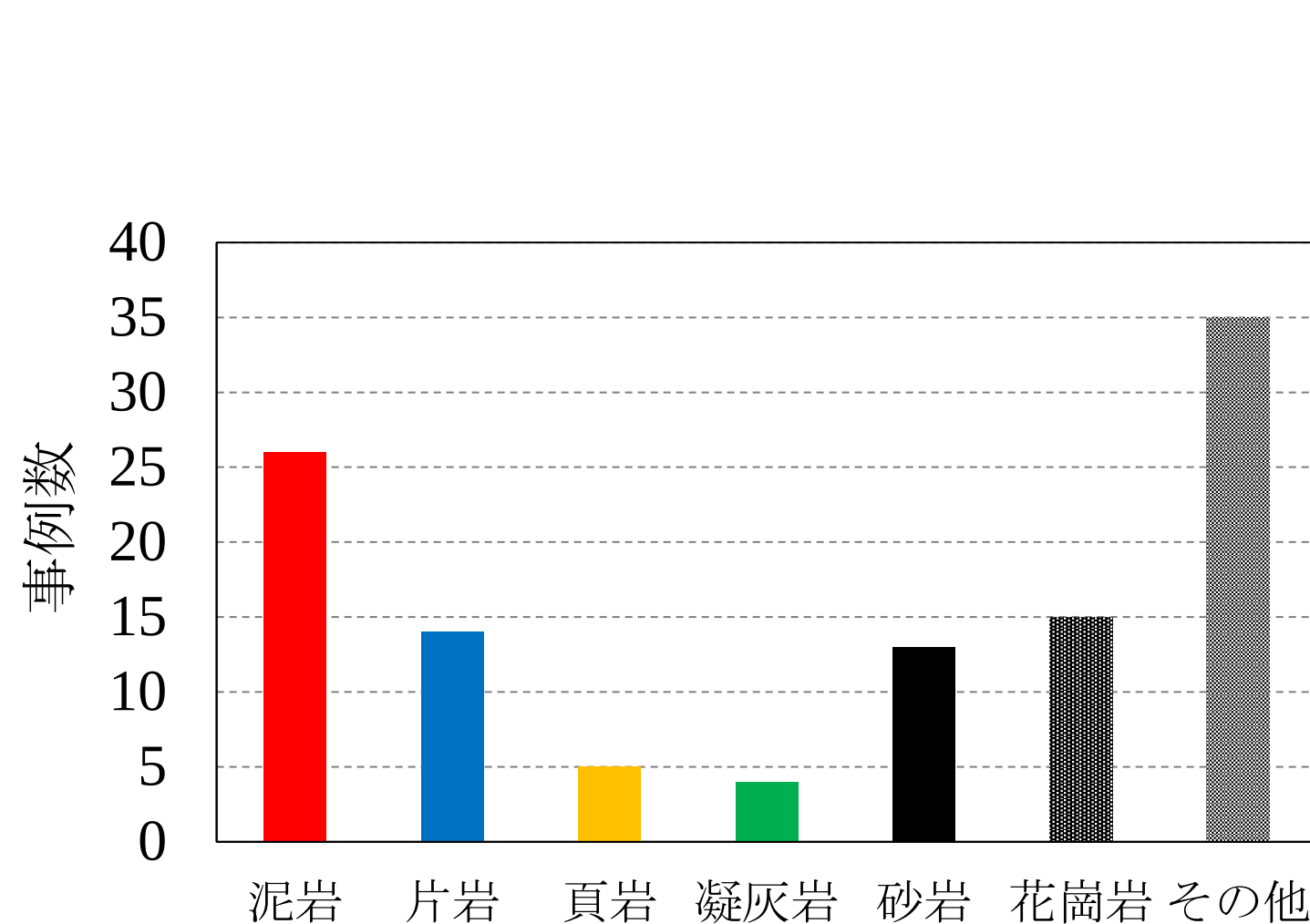


図2 各地質における斜面崩壊事例数
(色付き:乾湿繰り返しにより風化しやすい)

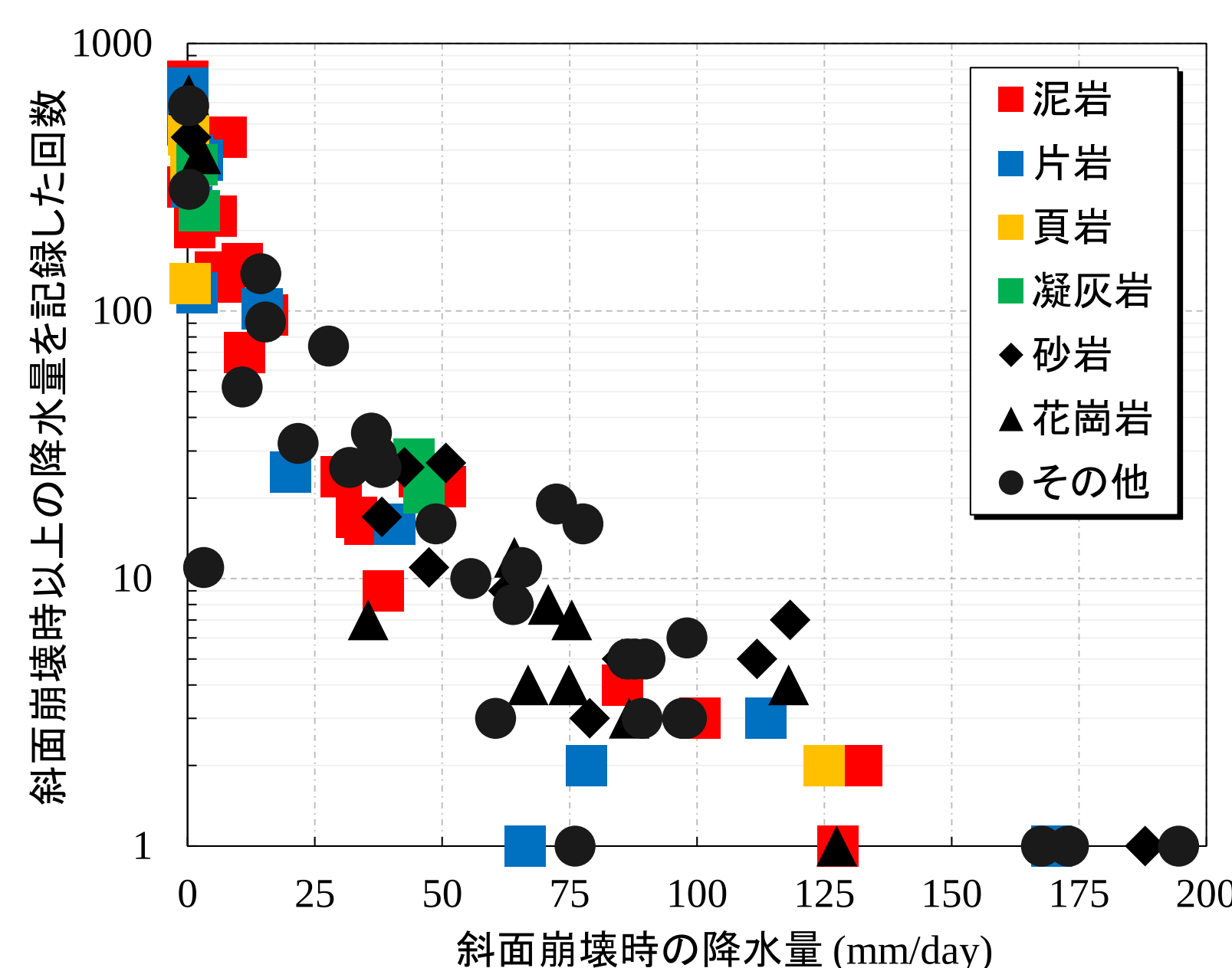


図3 斜面崩壊時の降水量と降水履歴の関係

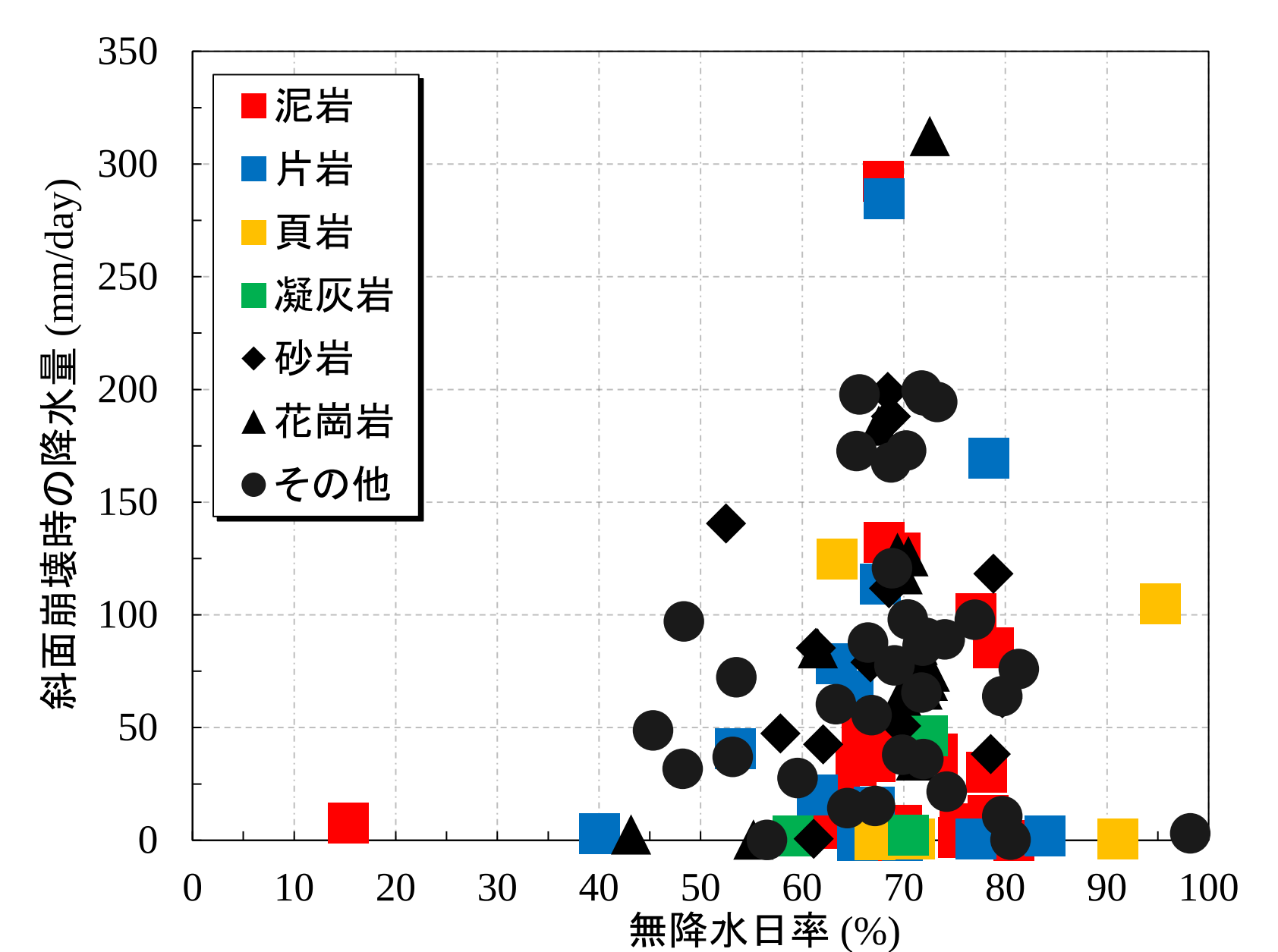


図4 無降水日率と斜面崩壊時の降水量の関係

乾湿繰り返し一面せん断試験およびモデル化

一面せん断試験(図5)により、クリープ载荷中の泥岩礫質土に乾湿繰り返しを与え、せん断変位を測定した。その結果、飽和直前の飽和度が低いほどクリープせん断変位が増加した(図6)。この知見から構築した泥岩礫質土の強度低下モデルを以下に示す。

$$R_N = R_{N-1} - \alpha f(S_r) R_0$$

R_N : N回目の降雨時のせん断抵抗、 R_{N-1} : N-1回目の降雨時のせん断抵抗、 α : 係数(岩種、斜面の勾配など)、 S_r : 降雨直前の飽和度、 R_0 : α に対応するせん断抵抗

このモデルを実際の斜面崩壊事例(図7)に適用した。この事例は2010年2月にパキスタンで発生したもので、乾期と雨期が明瞭な地域(図8)であり、崩壊発生時の降水量はそれほど多くなかった。モデルにより、泥岩斜面地盤の強度低下に及ぼす降水パターン(乾湿繰り返し)の影響を示すことができた(図9)。

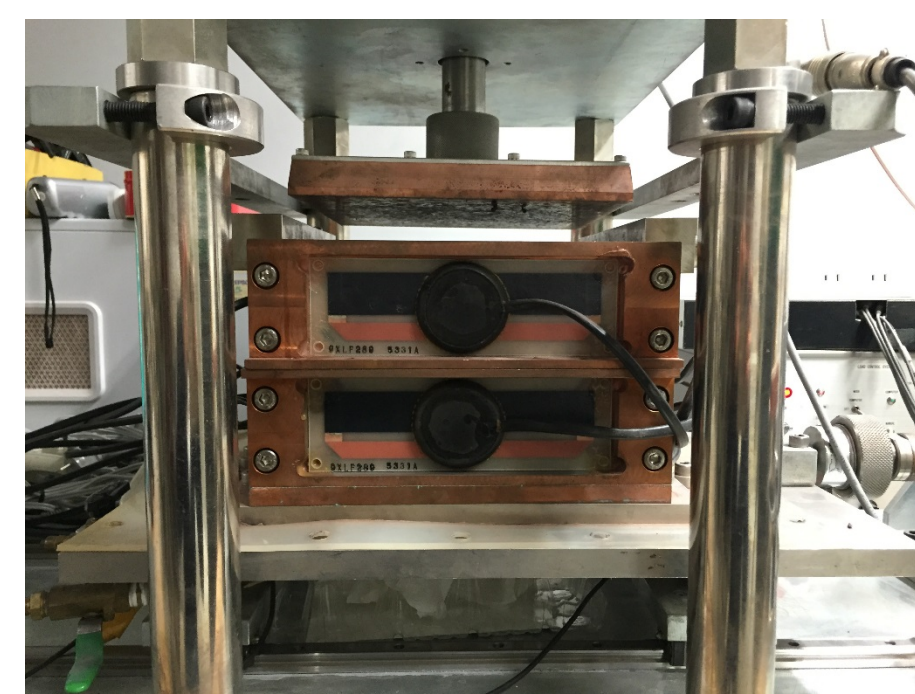


図5 一面せん断試験機

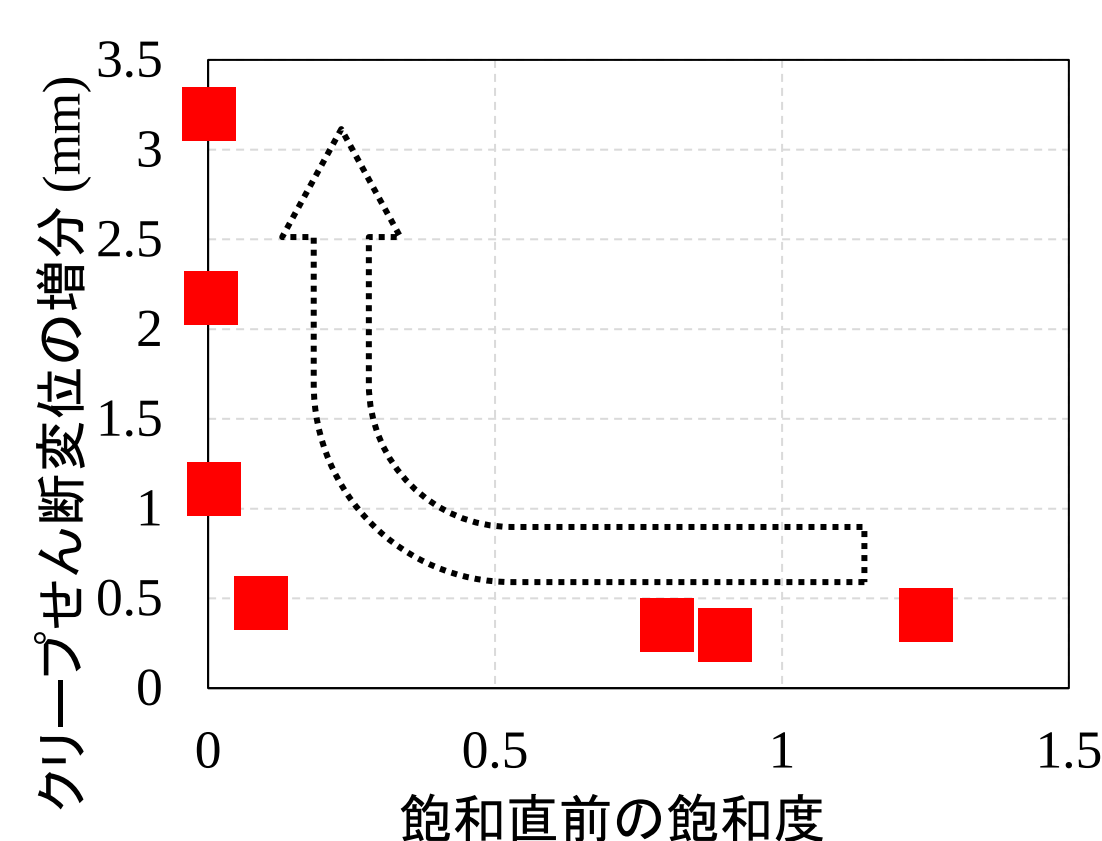


図6 飽和直前の飽和度と飽和によるクリープせん断変位の関係



図7 斜面崩壊事例 (2010年 パキスタン)

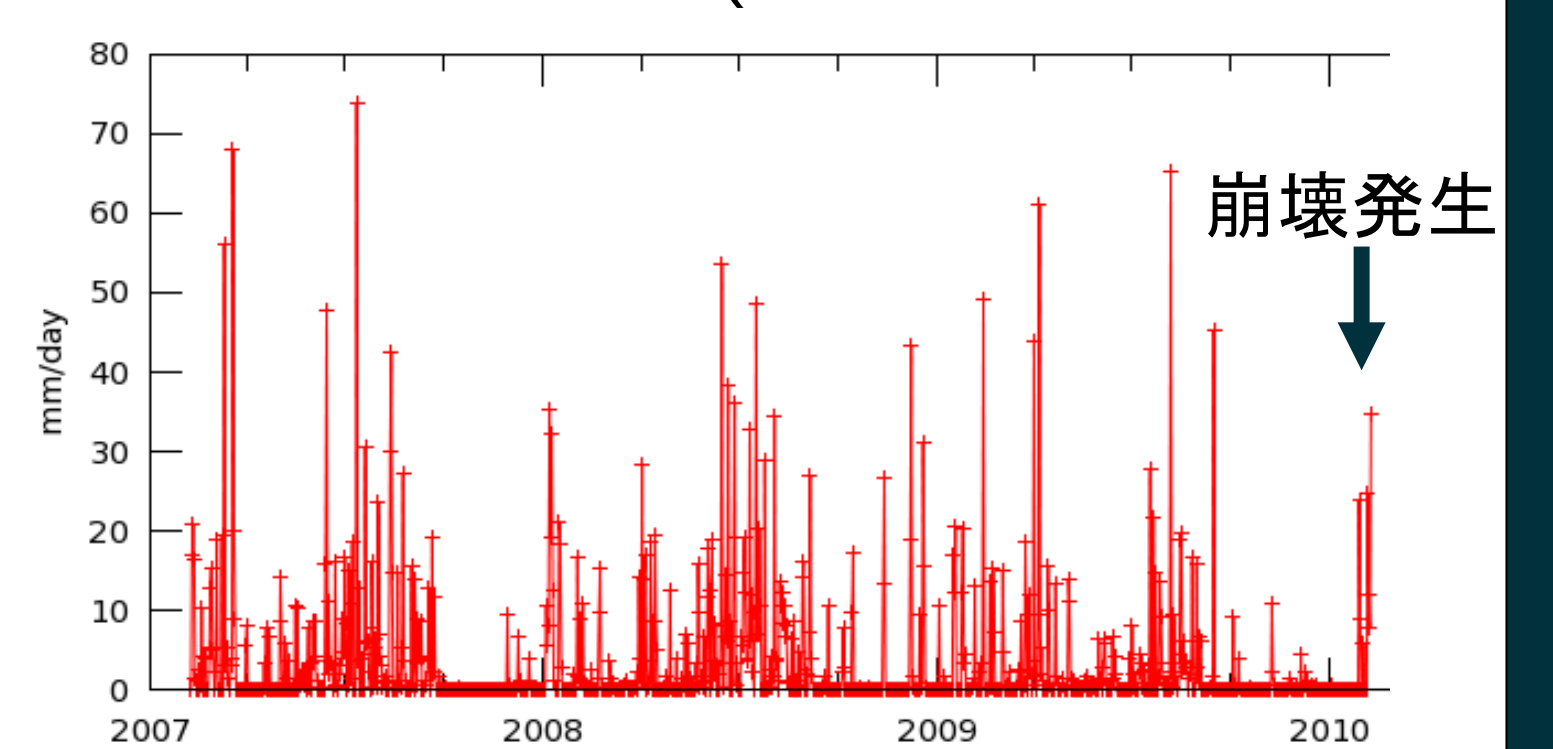


図8 斜面崩壊前過去3年間の降水量

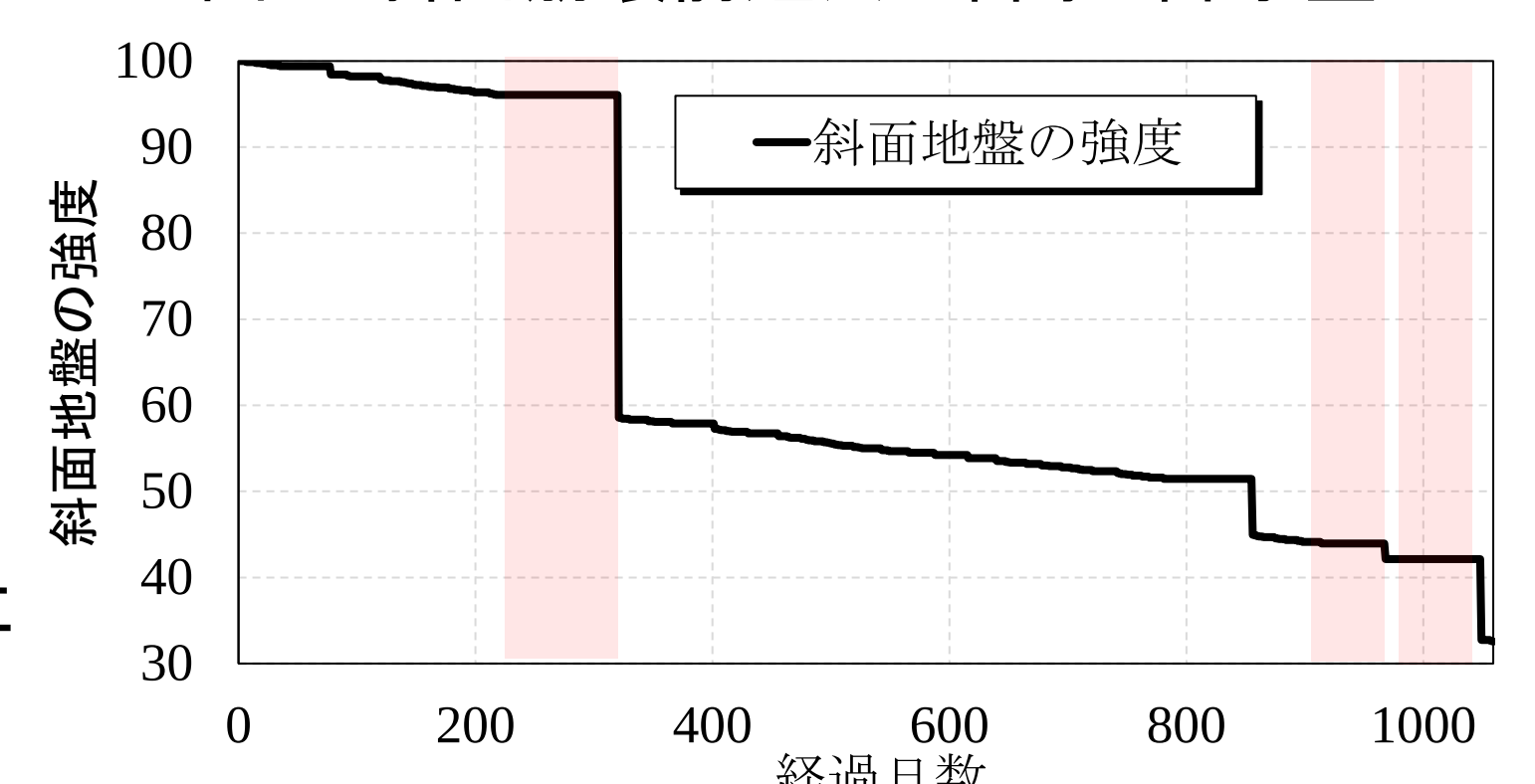


図9 泥岩斜面不安定化の様子