

2013 年台風 18 号における重要文化財後背斜面の地下水位変動

立命館大学理工学研究科

○木村 亘

立命館大学工学部 藤本 将光・深川 良一

(独)防災科学技術研究所 (元立命館大学)

檀上 徹

1. はじめに

京都市に位置する清水寺では、近年だけでも1972年、1999年に斜面崩壊により被害が発生しており、また昨年9月の台風18号によって境内にて斜面崩壊が数箇所発生した。今後の台風や豪雨によって同様な斜面崩壊が発生する危険性があり、斜面の安全性を評価し、崩壊の予測を行う必要がある。

崩壊予測を行う上で、降雨時における地盤内への雨水の地下水位変動を把握することは重要な課題である。そこで本研究では、清水寺境内の重要文化財後背斜面において、崩壊の発生した台風18号と崩壊の発生しなかった降雨における斜面内の地下水位変動の比較を行うことで、斜面崩壊が発生し得る降雨との地下水位変動の特徴を把握することを目的とした。

2. 調査方法

本研究で調査対象とする斜面は、過去に崩壊した斜面に近接する急斜面の一部であり、2004年より現地計測を実施している(酒匂ら, 2006)。本研究では、調査対象斜面内にテンシオメータを設置し、間隙水圧を計測した(図-1)。計測点の14点では簡易貫入試験を行い、その結果に基づいて基盤層境界面までを数点の深度に分け、計測深度として決定した。(表-1)。また、斜面内において10分間雨量を計測した。

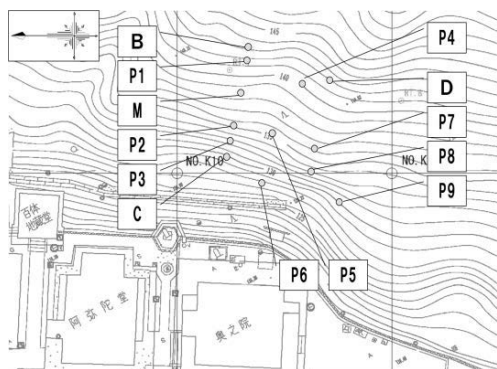


図-1 計測地点の位置

3. 降雨イベントごとの地下水位変動比較

表-2に本研究で使用する降雨イベントを示す。降雨イベント1は調査対象斜面近傍で崩壊が発生した台風18号による降雨である。降雨イベント2は、斜面崩壊は起きなかったものの比較的大きな降雨である。本稿では間隙水圧の計測結果が特徴的であったM地点(6深度)、P6地点(5深度)の2地点の計測結果を示す。各降雨イベントの間隙水圧値の変動を図-2、図-3に示す。また、M地点、P6地点の各降雨イベントの間隙水圧値の推移を表-3に示す。

本研究ではまず、降雨後の排水状態に着目して、各降雨イベント終了後の飽和から不飽和に至る時間について考察する。降雨イベント2のP6-280cmが10月28日22:50よりデータ欠損していたため、欠損直前の20 cmH₂Oを間隙水圧の減衰の閾値とした。その結果、降雨イベント1において、M地点の基盤層境界面であるM-190cmでは約37時間、P6地点の基盤層境界面であるP6-280cmでは約84時間であった。降雨イベント2においては、M-190cmでは約34時間、P6-280cmでは約59時間であった。この結果を基に降雨終了時点から間隙水圧が20cmH₂Oになるまでの減少率を求めた(表-4)。この結果より2計測点ともに、イベントごとに降雨後の間隙水圧の減少率に大きな差は見られなかった。これにより総降雨量が大きく違う場合でも時間当たりの排水量の変化は見られず、本研究の対象斜面においては降雨時の地盤内の排水条件が斜面崩壊を引き起こす要因となりにくいと考えられる。

次に、降雨と間隙水圧値がそれぞれ最大値となる時間

表-1 テンシオメータ設置深度

地点名	計測深度(cm)	地点名	計測深度(cm)
A	40, 80, 100	P3	30, 80
B	40, 80, 100, 200, 260	P4	30, 60, 100, 230
C	40, 80, 100, 230	P5	30, 60, 100, 200, 320
D	40, 80, 100, 200, 300, 400	P6	30, 60, 100, 200, 280
M	20, 40, 60, 80, 100, 190	P7	30, 60, 100, 220
P1	30, 65	P8	30, 60, 100, 200, 300, 370
P2	30, 60, 100, 200	P9	30, 60, 110

表-2 降雨イベント概要

降雨イベント	開始日時	終了日時	連続降雨時間(分)	最大10分間雨量(mm)	累積雨量(mm)
1	2013/9/15 1:30	2013/9/16 8:50	1880	6.6	230.2
2	2013/10/24 14:50	2013/10/26 4:10	300	3	69.4

の関係を見ると、崩壊の発生しなかった降雨イベント2では、降雨ピーク時の2地点の間隙水圧値は低かった。降雨ピーク後M-190cmは約15時間、P6-280cmは約20時間かけて間隙水圧が上昇し、最大となった。一方で崩壊の発生した降雨イベント1では、M-190cmでは降雨ピークの4時間前、P6-280cmでは1時間後には間隙水圧値が100cmH₂Oを超えていた。また、間隙水圧値は、M-190cmでは降雨ピーク時の約3時間前で137.57cmH₂O、P6-280cmでは約2時間後で103.23cmH₂Oあり、比較的時間に差が無かった。間隙水圧値の最大値は降雨イベント2に比べて降雨イベント1では、M地点では50cmH₂O、P6地点で約20cmH₂O大きく、大きな差が見られた。これらの結果から、基盤層境界面からの間隙水圧が100cmH₂Oを超える高い地下水位が形成されたとき、崩壊する可能性が高いことが示唆された。またさらに本ケースでは崩壊を起こした降雨イベントの間隙水圧が最大となる時間と降雨強度が最大になる時間が近く、この関係性も崩壊を引き起こす要因となった可能性が考えられる。

4. おわりに

斜面崩壊の発生した降雨と崩壊の発生しなかった降雨における基盤層境界面付近の排水状態の違いを比較した結果、時間当たりの排水量に大きな違いは見られず、本研究の対象斜面では降雨時の地盤内の排水条件は崩壊要因となりにくいことが考えられる。また降雨ピークの時間と間隙水圧値が最大となる時間の関係を比較した結果、崩壊の発生した降雨では時間的差異が無いことが示された。以上の結果から、土層内の地下水位が大きく上昇した状態や、降雨ピーク時と間隙水圧値のピーク時間が近いことが、崩壊の要因となっている可能性が示唆される。

本稿では、2つの降雨イベントのみににおいて降雨と間隙水圧の比較を行ったが、崩壊の要因を明らかにするためにはさらに多くの降雨イベントを用いて比較を行う必要がある。そのため今後も計測を行い、斜面崩壊が発生する可能性のある豪雨時にはその降雨イベントと今回の結果の比較を行っていく必要がある。

表-3 降雨イベント内の間隙水圧値の推移

	M-190		P6-280	
	降雨イベント1	降雨イベント2	降雨イベント1	降雨イベント2
降雨直前の間隙水圧値 (cmH ₂ O)	9/15 1:30	10/24 14:40	9/15 1:30	10/24 14:40
降雨強度が最大時の間隙水圧値 (cmH ₂ O)	9/16 3:40	10/24 18:10	9/16 3:40	10/24 18:10
降雨イベント内の最大間隙水圧値 (cmH ₂ O)	133.24	5.51	95.33	-14.29
降雨終了時の間隙水圧値 (cmH ₂ O)	9/16 9:00	10/26 4:10	9/16 9:00	10/26 4:10
間隙水圧値 (cmH ₂ O)	65.43	58.80	98.13	65.00

表-4 降雨イベントごとの間隙水圧減少率

	M地点		P6地点	
	降雨イベント1	降雨イベント2	降雨イベント1	降雨イベント2
降雨終了後の間隙水圧値 (cmH ₂ O)	65.43	58.8	98.13	65
減衰にかかる時間 (hour)	36.67	33.50	84.00	59.00
減少率 (cmH ₂ O/hour)	1.78	1.76	1.17	1.10

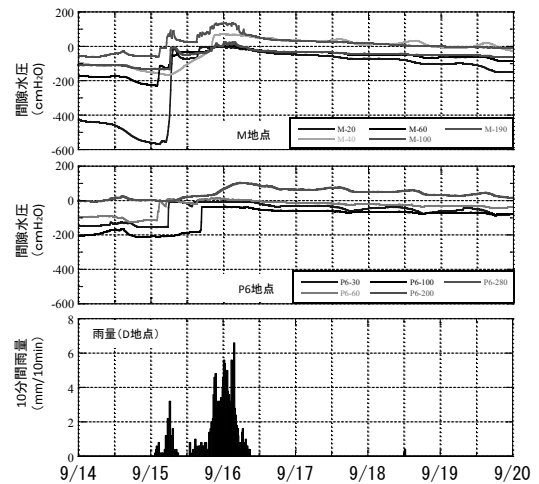


図-2 降雨イベント1における10分間雨量およびM,P6地点の間隙水圧、地温の変動

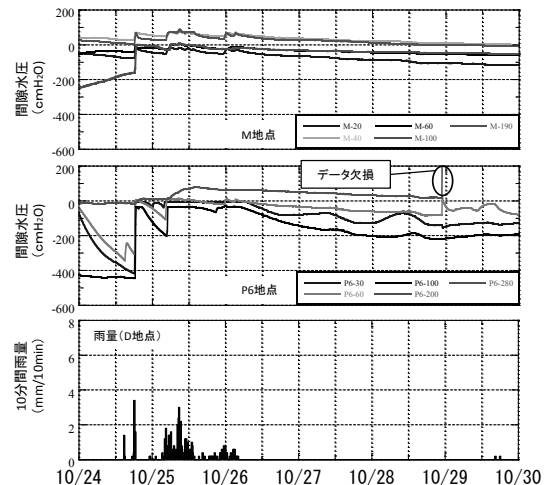


図-3 降雨イベント2における10分間雨量およびM,P6地点の間隙水圧、地温の変動

【参考文献】

酒匂一成, 深川良一, 岩崎賢一, 里見知昭, 安川郁夫: 降雨時の斜面災害防止のための重要文化財周辺斜面における現地モニタリング, 地盤工学ジャーナル, Vol.1, No3, pp.57-69, 2006.