

# 集中豪雨に伴う斜面の安定性に関する地盤の風化の影響評価に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○尾方裕介 フェロー会員 蔣 宇静  
 長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖 正会員 杉本知史  
 長崎大学大学院 正会員 李 博 学生会員 東 幸宏

## 1. はじめに

わが国の地形は山岳が多いという特徴を有しており、国土の約70%は山岳・丘陵地帯である。山岳・丘陵地帯の表層付近における典型的な成層状態として、地山の風化・堆積によって形成された地盤が見られ、地震や集中豪雨によりしばしば斜面崩壊が発生し、その被害が大きくなる。そのため斜面安定解析の精度向上は重要となる。斜面安定解析は同一層においては土質定数が均一であるという仮定のもと行われるが、実際は風化等の影響により様々な粒径の土粒子や岩によって構成されているため土質定数は均一とは言い難い。そこで本研究では風化を定量的に表現し有限差分法による応力浸透流連成解析を行うことで、風化が及ぼす斜面安定への影響の評価を行うことを目的としている。

## 2. 本研究で考える風化の影響とは

風化は風雨の影響により、粗粒分が細粒分が変わっていく現象である。そのため、地盤においては基本的に、表面付近が最も風化の進行が速く、深い部分ほど風化が進んでいないということになる。また、風化により粒度分布が変化すると、土の物性値も変化する。そこで本研究では風化による地盤の状態の変化を強度定数の変化によって表現することとした。図-1は風化の作用による深度毎の粘着力、内部摩擦角の変化の概念図である。一般的に風化が進行し続けると強度定数は低下するものと考えられている。風化の形態は軟岩部分まではクラックが入るようなものが主であるが、そこから礫分などの土粒子が増加するように粒度分布が変化する。そこで、深度毎に強度定数が変化するモデルを用いることで風化を解析において表現することとした。また、表層崩壊に影響を与えると考え、風化土層の影響に特に着目し解析を行うものとした。

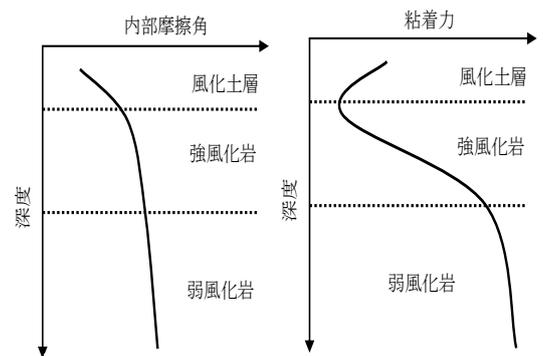


図-1 風化による強度定数変化の概念図<sup>1)</sup>

## 3. 解析モデル

図-2は解析のモデルと境界条件を示したものである。モデル全体の大きさは幅30m高さ26mであり、強風化岩の上に風化土層が6m存在するものである。風化土層の厚さに関しては、実際のボーリングデータを参考に決定した。強風化岩に関しては、風化土層との間に大きな地盤材料の特性の違いを与えないために強風化岩をAとBのグループに分け、段階的な変化を与えた。また、解析におけるその他の物性値は表-1の通りである。

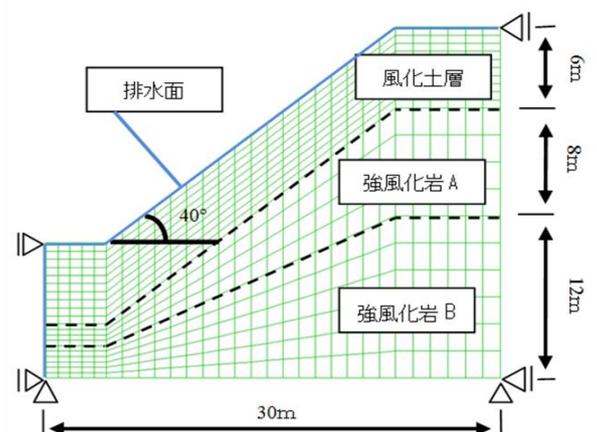


図-2 解析モデル

表-1 各物性値

	内部摩擦角 °	粘着力 kPa	ポアソン比	密度 kg/m <sup>3</sup>	弾性係数 MPa	透水係数 m/sec	飽和度 %
風化土層	図-2ならびに表-2に示す値		0.3	1800	200	3.00E-05	40
強風化岩A	38	30	0.13	2000	300	1.00E-06	40
強風化岩B	40	100	0.13	2100	600	1.00E-07	40

#### 4. 解析ケース、物性値の設定

本解析では風化を考慮した地盤に降雨を与えることにより、斜面安定解析を行う。解析ケースとして図-1に示したような強度定数の変化を取り入れた。強度定数の変化は様々な風化の程度を表現するために3つのケースを設定した。風化の影響を考慮した解析と比較するために、強度定数が一定であるケースを設定した。それらを表-2に示す。この強度定数は図-3に示す解析ケースの表層部のものである。case1.1~3.3, case1.0~3.0の6ケースでそれぞれ降雨強度25, 50, 100(mm/h)を与える。これにより、18ケースの解析を行うものとした。

#### 5. 解析結果および考察

表-3は解析結果であり、図-4は塑性化したメッシュを示したものである。表-3からわかるように風化を考慮したケースはすべて崩壊に至っている。しかし、風化を考慮していないケースではほとんどが安定状態を保ったままであった。このことから、風化を考慮することによりそれまで安定とされていたはずの斜面が本来は不安定となる可能性があることが分かった。case1.1~case3.3において同一の降雨強度では最終的な崩壊時間や崩壊範囲はほとんど変わらないものであった。しかし図-4からもわかるようにケース毎に最終的な崩壊に至るまでの破壊部位には差異が生じていた。case1.1では風化土層の中層部で早い段階から破壊が始まる。また、降雨時間22時間では法尻部分で小規模な滑り面が形成され、その後大きな崩壊が発生する。case3.3では斜面中腹部の風化土層底部から破壊が始まっており、表層部の崩壊はほとんど生じないまま大きな崩壊が発生する。これらの差異が生じる理由は表層部の粘着力の違いに起因する部分と大きいと考える。また、土層中に破壊部が発生すれば応力が集中すると考えられる。その結果、case1.1は比較的早く斜面が崩壊すると予想できるが、他のケースとの崩壊時間の差があまり生じていない結果となった。これはcase1.1は降雨が始まってすぐ土の自重の増加や地盤内の応力の集中により多少破壊が生じたが、図-5からもわかるように最終的な崩壊は風化土層全体が飽和し風化土層底部で間隙圧が上昇したことにより引き起こされたと考えられる。

#### 6. おわりに

本研究では強度定数を変化させることにより風化による地盤の状態変化を再現し解析を行った。風化を考慮した地盤は風化を考慮していない地盤よりも安定性の低いものとなった。また、風化の進行程度の違いを表現するためにいくつかのケースを設定したが、これらの解析結果から、最終的な崩壊範囲は似たものであっても風化の程度の違いにより、崩壊の過程が異なることが分かった。今後の展望としては風化の影響を現実的に考慮するためには透水係数や間隙率といった浸透にかかわる物性値の影響も考慮していくべきと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 西田一彦, 青山千彰: 物理強度特性からみた乱さないまさ土の分類 土木学会論文集 第352号/III-2 pp159-168 1984年12月

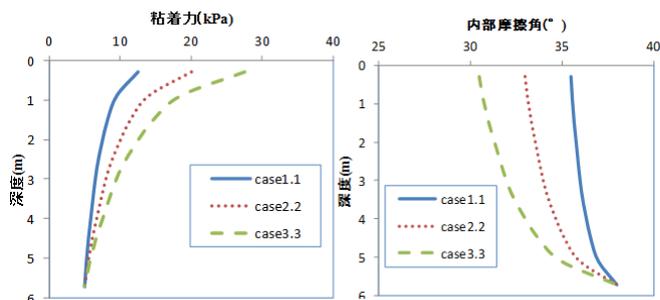


図-3 風化を考慮した強度定数の設定ケース

表-2 強度定数を一定としたケース

	case1.0	case2.0	case3.0
粘着力 kPa	12.5	20	27.5
内部摩擦角 °	35.5	33	30.5

表-3 解析結果(表中の値は崩壊時間)

降雨強度 (mm/h)	case1.1	case2.2	case3.3	case1.0	case2.0	case3.0
	(h)			(h)		
25	60	60	60	-	-	-
50	27	27	27	27	-	-
100	23	23	23	23	-	-

「-」は安定 数値を記入してあるものは崩壊

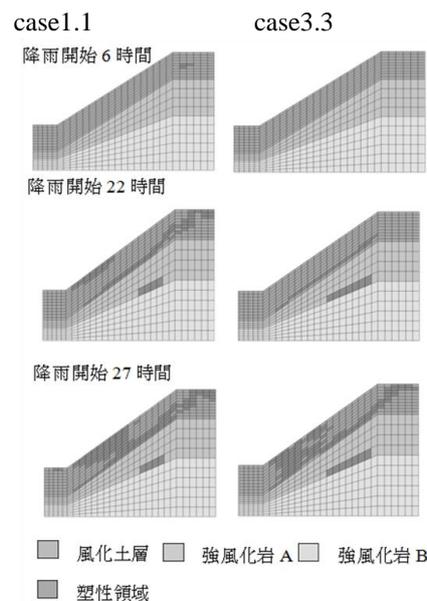


図-4 降雨強度50mm/hにおける各降雨時間ごとの破壊状況

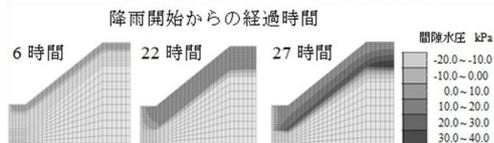


図-5 間隙水圧の経時変化