

資源採掘残壁の安定解析のための岩盤物性評価について

名城大学大学院 学生会員 山本 直樹
 名城大学大学院 学生会員 辻野 洋
 名城大学理工学部 正会員 清水 泰弘
 琉球大学工学部 正会員 渡嘉敷 直彦

1. はじめに

ある石灰岩の採掘残壁において、最近、残壁斜面で小規模な崩落が観測された。そこで斜面崩壊の可能性を数値解析で明らかにするため、地質資料、既往資料調査、地形測量現地調査、各種岩石強度試験を行った。ここでは調査・試験結果について報告する。

2. 現場調査

残壁は約 180m の高さがあり、斜面角度が約 80 度の斜面を形成している。この採掘場は以前、根掘り採掘法によって採石を行っていたため、斜面勾配が急であることが現地調査で判明した。斜面高さが高く、斜面勾配が急であり、常時小規模な落石が発生していることから斜面上部・斜面下部への立ち入りが困難であるので、間接的な現地調査として遠望調査や採掘現場の背面斜面の露頭調査などを行った。

その結果岩盤斜面には数多くの共役断層や不連続面が存在していた。そこで、既存の資料と現地調査結果より岩盤分類を行い岩質の判定を行った。図-1 に現場斜面の平面図を示す。また背面斜面において不連続面分布の計測を行った。その結果を図-2 に示す。

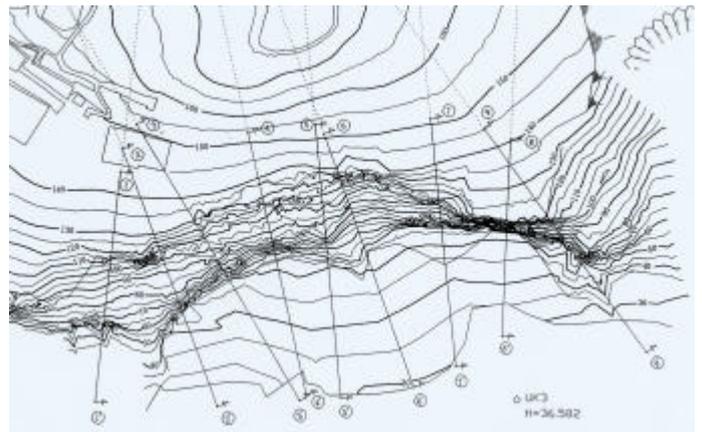


図-1 斜面現場の平面図

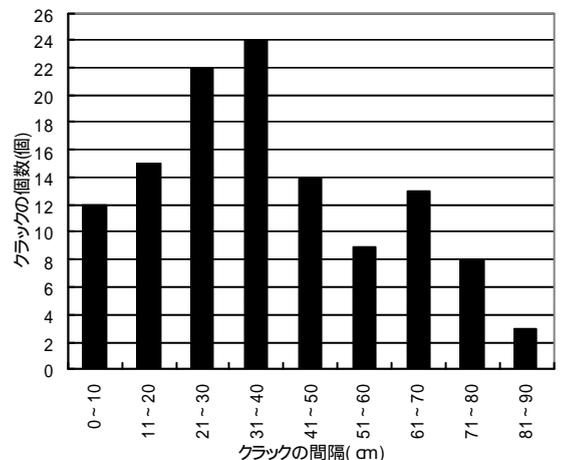


図-2 背面斜面 45m の不連続面間隔
表-1 各種試験結果

3. 室内試験結果

岩石試験は、現場から落石を採取し、その岩石から長さ 50 × 100mm の円柱供試体を作製し、比重試験を行ったところ石灰岩の単位体積重量は 2.7g/cm³ となった。また、一軸圧縮試験、引張強度試験、超音波試験、および表面摩擦角の測定を行った。各種試験結果は表-1 に示すようである。

石灰岩の不連続面のせん断強度を求めるために 50 × 100 × 100mm の立方体の供試体を作製し、不連続面の表面を研磨面、岩石をカットした面、研磨面をヤスリで削った

面を作製し、せん断試験を行った。さらに石灰スラッジ(石灰岩洗浄残留物)

を二つの供試体の間に厚さ 3mm で挟みこみ、それを岩盤斜面における不連続面の介在物とみため

(a) 一軸圧縮・引張試験結果

一軸圧縮強度	引張強度	弾性係数	ポアソン比
MPa	MPa	GPa	0.29
49.2	12.3	31	

(b) 超音波試験結果

伝播時間	音速 (P波)	動弾性係数
μ sec	km/sec	GPa
15.8	6.1	101.2

(c) 表面摩擦角測定結果

自然岩盤表面	研磨面	カット仕上げ面	ヤスリ仕上げ面
48.9°	9.3°	23.7°	19.5°

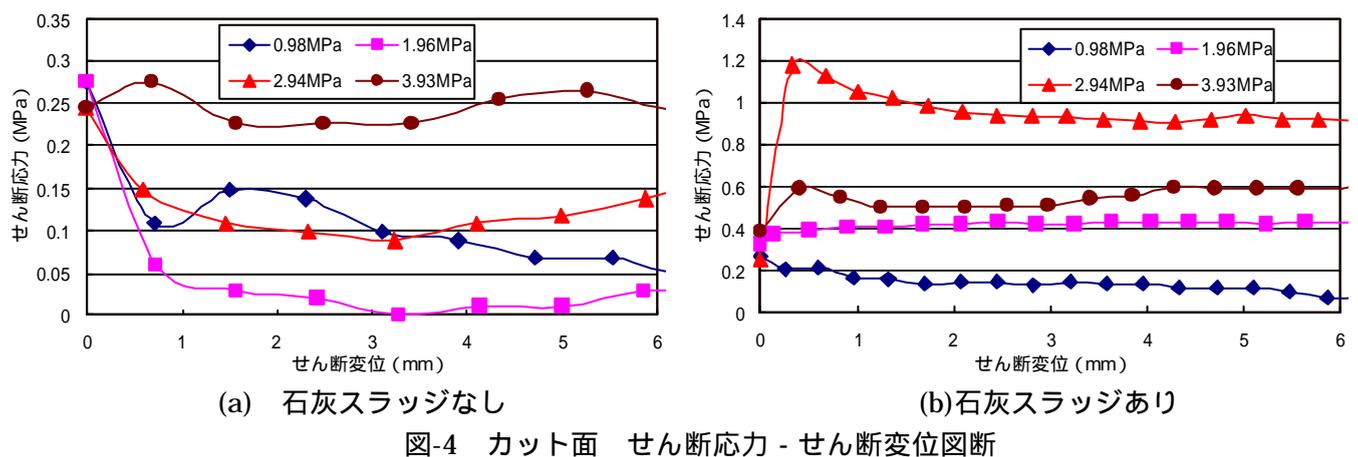
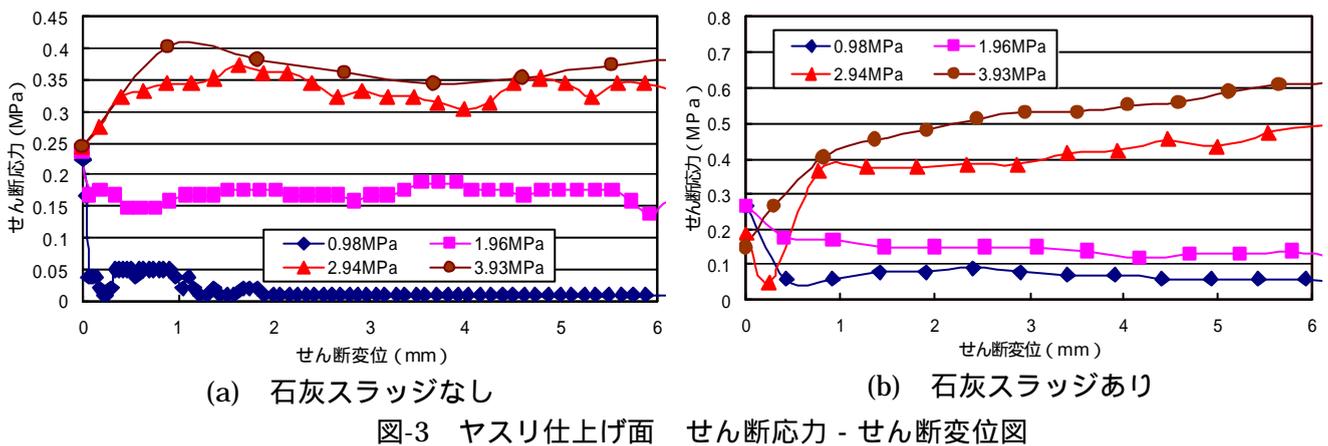
せん断試験を行った。写真-1 に石灰スラッジを用いたせん断試験の様子を示す。せん断試験に用いた拘束圧は岩盤斜面を考慮して、0.98MPa、1.96MPa、2.94MPa、3.93MPa の4種類で拘束した。また石灰スラッジの物性値は単位体積重量 2.7g/cm³、含水比19.6%で、石灰スラッジの主要成分はCaO:47%、SiO₂:6.3%、Al₂O₃:4.3%、Fe₂O₃:1.7%、MgO:0.6%であった。



写真-1 石灰スラッジせん断試験の様子

3.2 せん断試験結果

せん断試験の結果からヤスリ仕上げ面におけるせん断応力 - せん断変位の関係を図-3 に、カット面のせん断応力 - せん断変位図を図-4 に示す。図-3 の(a)と(b)を比較すると石灰スラッジを不連続面に介在したせん断試験の方が、せん断強度が高いことがみられた。これは図-4 においても同じ傾向が見られた。図-3、図-4 を比較すると、ヤスリ仕上げ面の方が高いせん断応力を示している。いずれにしてもせん断応力が1MPa以下であるので、介在物があるなしに関係なく滑りやすいといえる。カット面においてもヤスリ仕上げ面とほぼ同様な値を示した。なお、図-4 を見ると拘束圧に比例したせん断応力の関係にはなっていない。このことはカット面が不連続面の成形の精度が悪いことが原因であると考えられる。



4. まとめ

今回の実験では、各種試験を行うことで数値解析に用いる物性値を決定するために行った。しかし、実際の岩盤斜面では不連続面や共役断層といった岩盤強度を弱める要素が多く存在するために、不連続面を考慮した解析をする必要がある。今回の実験で得たデータを基に、岩盤の物性を考慮した不連続面要素を含んだFEMによる自重・地震荷重による解析を行い、岩盤斜面の安全性を検討する。