

# 13 重心解析による岩盤崩壊予測の検討

建設省土木研究所 門間 敬一, 土木研究所交流研究員 高木 登  
 日本基礎技術(株): 前 土木研究所交流研究員 小林 豊  
 アジア航測(株) ○小野田 敏, 落合 達也, 荒井 健一

## 1. はじめに

平成 8 年の豊浜トンネル岩盤崩落事故の発生以降、岩盤斜面の崩壊現象に対する調査・対策が重要視されている。しかし、岩盤斜面を崩壊に至るまで計測し、崩壊の日時まで予測した事例は少ない。そのため、観測手法の確立や予測手法の解明は遅れている。ここでは、建設省で実施している全国の岩盤モニタリング対象斜面のうち、自然崩壊した計測事例を基に、主として岩体の重心解析による崩壊予測について述べる。

## 2. 対象岩盤斜面について

本岩盤斜面は、古第三系四万十累層帯の砂岩層からなる高さ約 15m の海食崖で、ややオーバーハンクした壁面に平行する開口亀裂が認められる。最終的に崩壊した A ブロックは、これら亀裂によって、さらに薄い板状の A0~A3 ブロックに区分される。

## 3. 崩壊に至るまでの経緯

A ブロックは、平成 9 年 3 月の観測開始当初からわずかずつ変位が累積していき、徐々に変位速度を増して自然崩壊(転倒)へ至った。その過程は計器計測等により詳細に記録されている。平成 10 年 6 月に A ブロック前面上部で約 2m<sup>3</sup>が崩壊し、同年 9 月の台風時には A ブロックの各計器で急激な変位を示した。同年の 11 月末には A ブロックのうち、前面に位置する A2 ブロックで変位速度が増加し、計測データは一時、3 次クリープ曲線を示した。その後、一旦は変位量が小さくなったが、平成 11 年 2 月 18 日以降再び変位速度が上昇し、A1, A2 ブロックは 2 月 27 日未明に崩壊した(約 5m<sup>3</sup>)。この 2 月の崩壊発生後、前面の A1, A2 ブロックの抑えがなくなり、背後の A3 ブロックが不安定化し、同年 3 月 15 日に崩壊した(約 8m<sup>3</sup>)。今回は A1, A2 ブロックの崩壊について検討したものである。

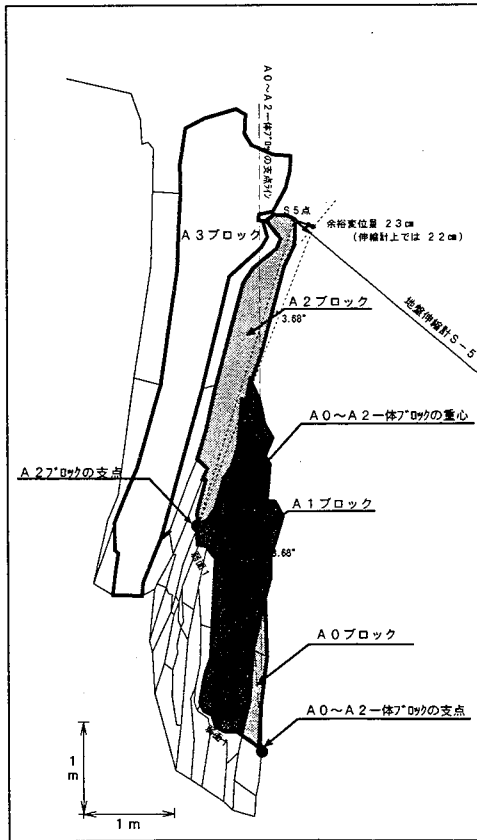


図1 図形解析(重心位置解析)

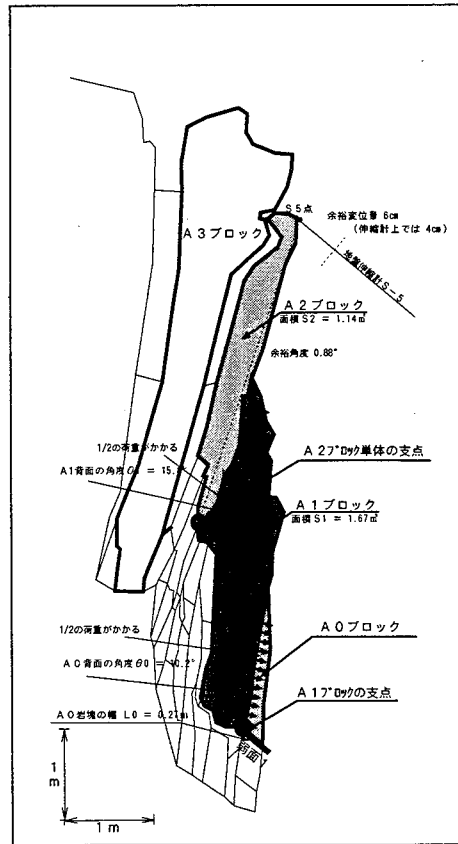


図2 破壊強度を考慮した解析

## 4. 重心解析による崩壊予測の目的および方法

本斜面においては、5~10 分間隔で計測データが得られており、斉藤式での 3 次クリープ予測も逐次試みられている。しかしながら、その計測データを詳細にみると、恒に加速傾向にあるわけではなく、加減速を繰り返すために、予測結果が流動的にな

ることが多い。従って、変位量(傾動量)がどの程度に達すると、実際の崩壊に至る(加速現象が継続する)のかをあらかじめ予測しておくことが重要と考えられる。

そこで、まず実際の約3ヶ月前(平成10年11月20日)に行った2次元断面スケッチを基に、トプリング崩壊が推定される岩体が、支点と重心の位置関係だけから今後どの程度傾動すると転倒するかについて予測することとした。

### 5. 重心解析結果

A2ブロックやA1ブロック単体だけを考えた場合、それぞれのブロックで重心が支点よりも前方にあるため、11月時点で既に転倒モードにあり、前面の支えとなるA0ブロックがキーとなって耐えているのが推定できた。しかし、崩壊に至るまでは常に背後ブロックが前面にもたれかかっていることから、複数のブロックが一体化していることが考えられる。その場合、どの複合岩塊パターンでも11月の時点から後3~8°程度の傾動(20~50cm程度の変位)が生じると崩壊に至ることとなる。実際の2月の崩壊と最も近い想定パターン(範囲)の解析では、崩壊余裕角度は3.68°(変位量22cm)であった。実際の11月中旬から2月27日の崩壊までの変位量は約16cmであることから、この想定よりもやや早い段階で破断を生じ崩壊に至った可能性がある。

### 6. 破壊強度を考慮した解析結果と手法の適応性

ここまでは、単純に岩体の周囲が亀裂により分離されているという仮定で、岩体の支点と重心位置関係のみから解析したが、実際には、亀裂が形成されている岩体部分があることによって崩壊に至っていないことが推論された。このため、岩体のせん断強度を仮に $\tau = 3\text{kgf/cm}^2$ とし、背後ブロックの転倒に伴って増加する背後からの荷重の変化に着目して、余裕傾動量を予測することとした。

ブロックの最前面のA0ブロックに背後ブロックからの荷重がすべて掛かるとすると、11月時点で既にせん断破壊が生じていることになる。従って、背後ブロックから前方ブロックへの荷重伝達は、全重量を一度に伝播するのではなく、支点部へ段階的に荷重が掛かっていく状況を想定した解析とした。この想定パターンの解析では結果的には実際の崩壊(変位量約16cm)よりも早い段階(崩壊余裕角度0.88°=変位量4cm)で崩壊する予測結果となった。このことから、この解析手法では、せん断強度の設定の仕方に検討の余地があると考えられる。

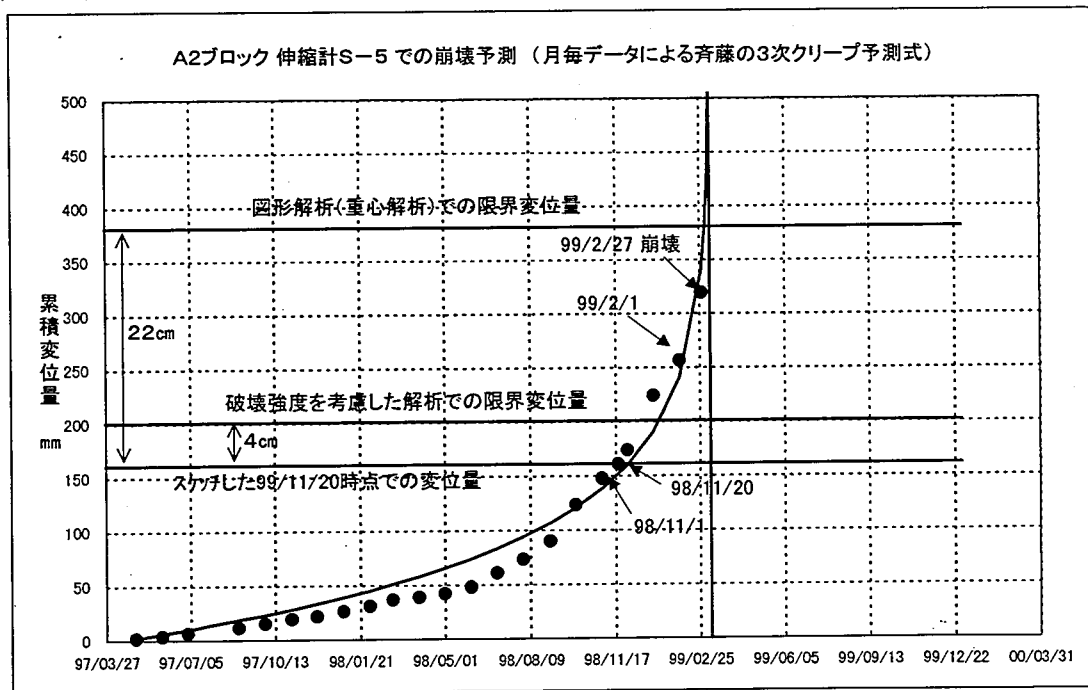


図3 A2ブロックの長期間データでの予測

### 7. まとめ

今回の解析は、崩壊の約3ヶ月前の既にかなり傾動している状態の岩体スケッチを基に2次元断面で実施したものである。そのため、岩盤の破壊強度等を考慮した場合でも、スケッチに表れない側部の接触関係等によって、結果(予測精度)が左右されることが予想できる。したがって、3次元的な解析による精度向上が課題として挙げられる。また、予測手法上、精度の高い岩体スケッチが必要となる。ただし、概略的には、単純な重心解析のみでもおおよそ崩壊に近いことは予想でき、厳密な3次クープ予測に頼らずとも岩体の形状、支点の位置等を把握する事により、崩壊時期の予測は可能と考えられる。

### [参考文献]

- 1) 門間敬一他(1999):岩盤斜面崩壊画像と計測結果の紹介,平成11年度地すべり学会研究発表会講演集 P.585-586