

岩石の膨潤と強度低下を考慮した弾塑性モデルの斜面掘削問題への応用

応用地質株式会社 正会員 ○奥井 裕三
 応用地質株式会社 正会員 國村 省吾
 一般社団法人 応用地質学会 正会員 大塚 康範
 公立大学法人 首都大学東京 正会員 西村 和夫

1. はじめに

筆者らは、岩石の吸水膨張(膨潤)と膨潤による岩石の強度低下を同時に考慮した弾塑性モデルをトンネルの盤膨れ変状解析に対して提案している[1]。提案する解析手法では、岩石の吸水膨張(膨潤)による膨潤ひずみをトンネルや斜面掘削等の応力解放による平均応力の減少と関連付け、さらに、膨潤ひずみの発生による岩石の強度等の低下を考慮している。本手法では、拘束圧(上載圧)がある値よりも小さくなった場合に膨潤ひずみが発生すると仮定しているため、拘束圧の除荷過程で膨潤ひずみを求める試験[2][3]等が必要である。提案する手法は主にトンネルへの適用を目的としたものであるが、本論文では、文献[2]に示されている切土のり面の変状事例において、提案する手法の適用性について検証した。

2. 切土のり面の変状と膨潤圧試験結果

図1に示す道路のり面の掘削後、上り線の路面の隆起や石積み擁壁の変状が発生し詳細な調査が大塚ら[4]により実施された。この現場では特に、拘束圧の除荷過程における吸水膨張試験[2]が実施されており、それによると、掘削による上載圧の除荷過程における岩石の膨潤ひずみから現在の路面隆起量を説明できるだけでなく将来に発生する路面隆起が推定されている。

地質構造は、新第三紀中新世の安山岩溶岩が主体で山側へ若干傾斜する構造である。全体に熱水変質を受けており、膨張性粘土鉱物が確認されている。図1に解析断面の地質構成を変質度区分Ⅰ～Ⅴで分類して示す。変質度区分の概略を示すと変質度Ⅰ、Ⅱは、膨潤は発生せず、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴと数値が増えるにつれて変質の度合いが大きくなり、膨潤性が大きくなる。

図2にB₃-1スライディングマイクロメーター位置における変状発生からの累積変位の推定値を示す。図3は当該地で実施したボーリングコアから作成した供試体による吸水膨張試験の結果である。この試験は、切土掘削前の土被り荷重を上載圧として载荷してから吸水させ、さらに段階除荷を行ってその都度膨潤ひずみを計測する試験である。図3は試験結果から膨潤ひずみと上載圧の関係図としてまとめられたものである。

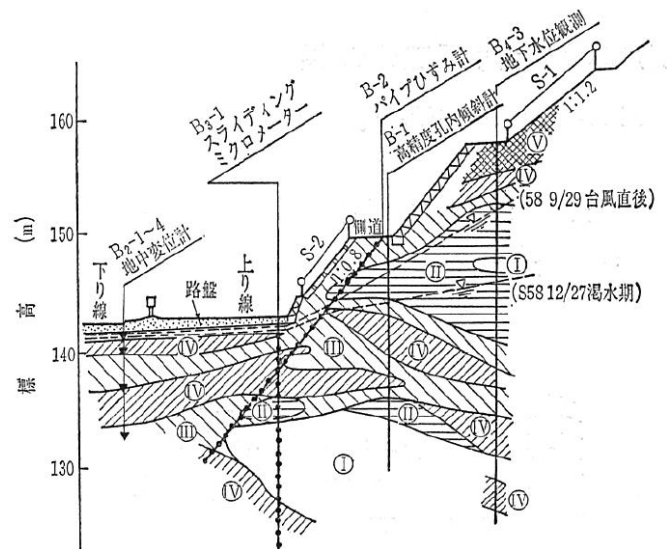
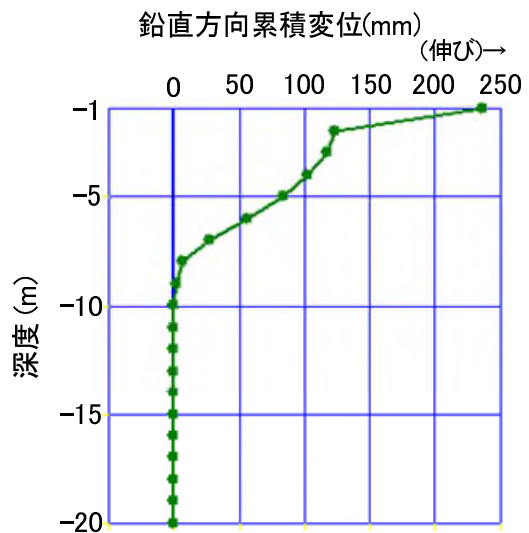


図1 解析断面の地質構成と計測位置[2]

図2 変状発生からの累積変位
(B₃-1スライディングマイクロメーター位置)

キーワード 盤膨れ, 応力解放, 膨潤, 現場計測, 数値解析, 切土

連絡先 〒331-8688 埼玉県さいたま市北区土呂町 2-61-5 応用地質株式会社 TEL048-652-4956

図3より、上載圧が完全に除荷された段階で、自然乾燥試料で約9.5%程度、乾燥試料で約16%の膨潤ひずみが発生しており、上載圧(拘束圧)により発生する膨潤ひずみが減少することを示している。

3. 岩石の膨潤と強度低下を考慮した数値解析結果

図4に解析メッシュを示す。解析メッシュは変質区分に応じた物性値を設定した。物性値については、文献[4]に示されている岩石試験等で決定された物性値を使用した。

図5に解析結果として、図2に示した地中変位の再現結果を示す。この解析では、図3に示す自然乾燥状態の上載圧と膨潤ひずみの関係を使用した。すなわち上載圧を全て除荷した場合に9.5%の膨潤ひずみが発生する場合である。

図2に示した地中変位は、盤膨れの進行途中の変位であるが、ここでは、7%の段階とした場合に図2に示した地中変位と概ね一致した。地中変位は、深度1~2mと2~5m、5m~9mで変位勾配に違いがあるが、これは、図4に示す物性値の違いによるものである。すなわち、表層から変質区分V、非膨潤要素(強度小)、変質区分IVの順番となっていることから、深度2~5mの変位速度が遅くなっているためであると考えられる。

5. 今後の課題と展望

拘束圧の除荷過程を考慮した吸水膨張試験が実施された道路のり面の変状事例へ、岩石の吸水膨張と強度低下を考慮した弾塑性モデルを適用した。

その結果、のり面掘削後に発生した盤膨れを精度よく再現することができた。

岩石試験結果から変位を再現できたことから、今後は事前の予測にも本手法が使える可能性があることが示された。

<参考文献>

- [1] 奥井裕三, 西村和夫, 岩石の吸水膨張と強度低下を考慮した山岳トンネルの変状再現モデル, 土木学会論文集 F1 (投稿中)
- [2] 大塚康範:膨張性地山(技術手帳),地盤工学会誌 64(2),pp.37-38, (公社), 地盤工学会 2016.
- [3] Madsen, F.T.: Suggested Methods for laboratory testing of swelling rocks, Int. journal of Rock Mech. and Mining Sci., Vol.36,pp.291-306,1999.
- [4] 大塚康範,満弘之:膨張性に起因する変状切土のり面の対策工とその効果,応用地質年報,No.8,pp43-57,1986.

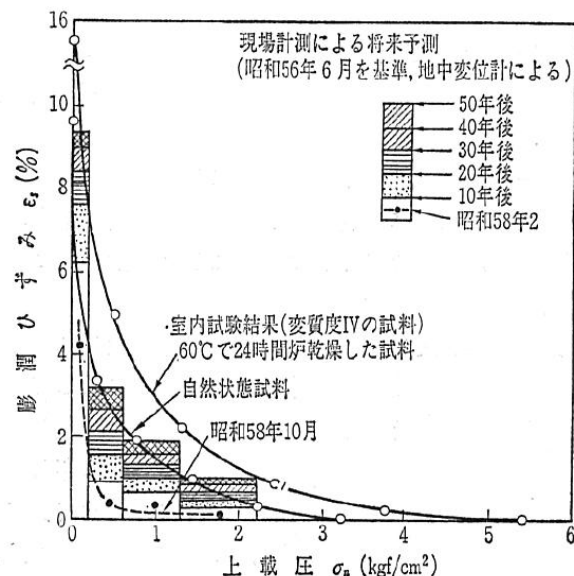


図3 膨潤ひずみと拘束圧(上載圧)の関係[2]
(図中の曲線が岩石試験結果)

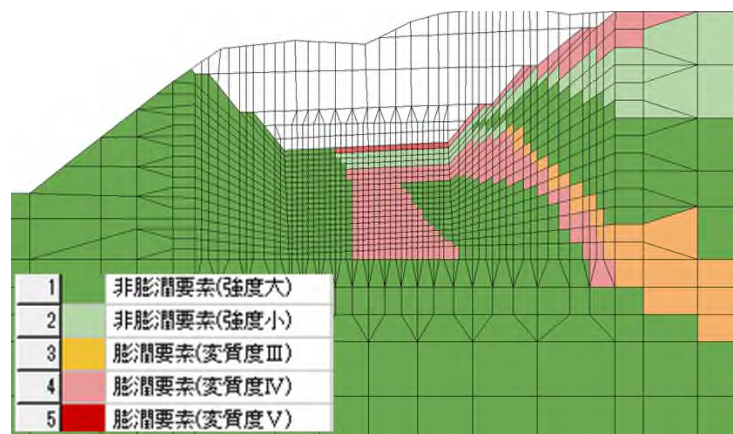


図4 解析メッシュと要素のモデル化

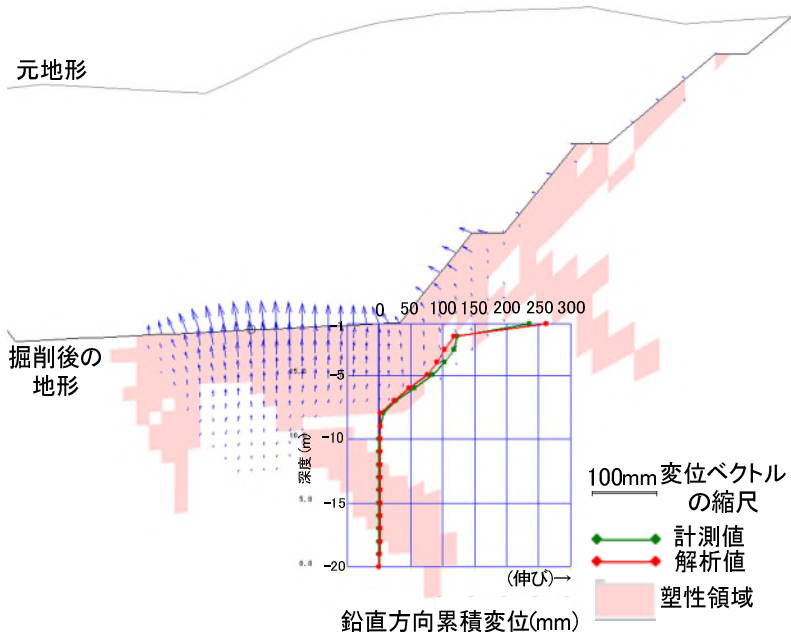


図5 地中変位の再現解析結果