

滿弘之

- 116 -

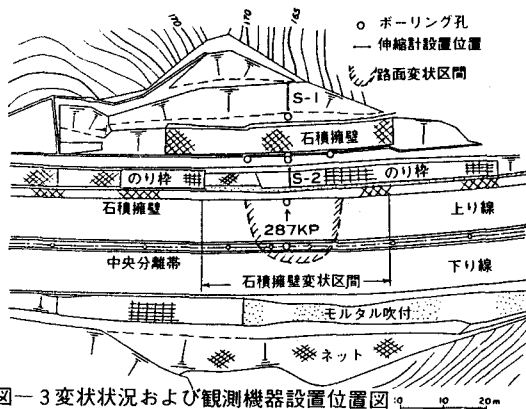


図-3 変状状況および観測機器設置位置図

変位量は浅くなるにつれて累積され、地表部では大きな変位量を示す。図-4(b)は深度間の相対変位からひずみを求めて、その経時変化を図示したものである。表層部と1.2m以深では、ひずみ量に大きなギャップがある。図-5でも、深度1.7mと2.7m地点のメジャリングマーク間を境に大きなギャップがあることが読みとれる。また表層部はひずみが段階的に増大している。この変動の増大する時期は年毎に若干の差はあるが、6～7月頃（梅雨期）、9～10月頃（台風期）、12～1月頃（降雪期）であり、季節的な影響によるものと思われる。これに対し深度1.2m以深では季節的な影響はほとんど認められず、ほぼ直線的なひずみの増大となっている。そのひずみ速度は深度1.2m～3.0m間で0.15%/年、3.0～6.0m間で0.11%/年、6.0～10.0m間で0.04%/年程度である。表層部（深度1.0～1.2m間）も経年的には、直線的にひずみが増大していると見ることができる。そのひずみ速度は、昭和60年初めまでは2.5%/年程度であったが、その後はやや落ち着いた傾向がうかがわれ、表層部の土砂化の進行が推察される。

4. 地山物性

図-2の変質度区分に従って分類した岩石の物理・力学特性を、図-6に示す。同図よりわかる様に、有効間隙率などの物理特性と一軸圧縮強度などの力学特性は、変質度とは正の相関関係にある。

図-7(a)、(b)に、CEC

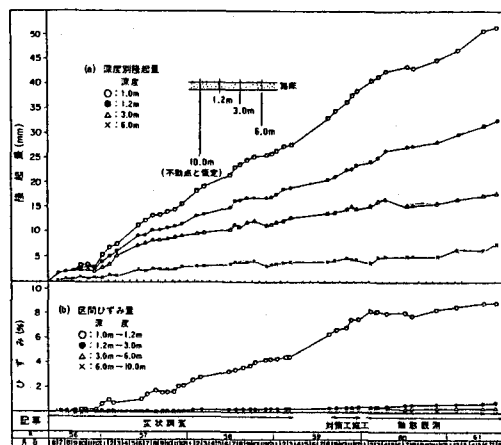


図-4 地中変位計より求めた路面隆起量及び区間ひずみの経時変化

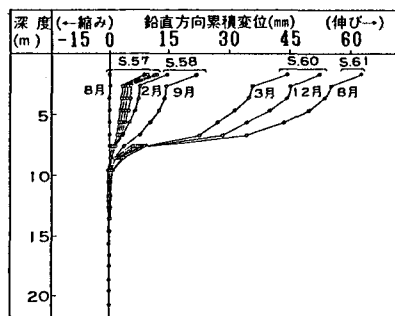


図-5 スライディングマイクロメーターにより求めたのり部鉛直方向変位の経時変化

変質度	密度 ρ_t (g/cm ³)	吸水率 W_{sat} (%)	有効間隙率 μ (%)
I	1.0	1.5	2.0
II	1.5	2.5	3.0
III	2.0	3.0	4.0
IV	2.5	3.0	4.0

変質度	一軸圧縮強度 q_u (kg/cm ²)	弾性係数 E_s (kg/cm ²)	超音波速度 V_p (m/s)
I	0.1	10	1000
II	1.0	100	1000
III	10	1000	1000
IV	100	10000	10000

図-6 変質度区分毎の岩石物性(物理及び力学特性)

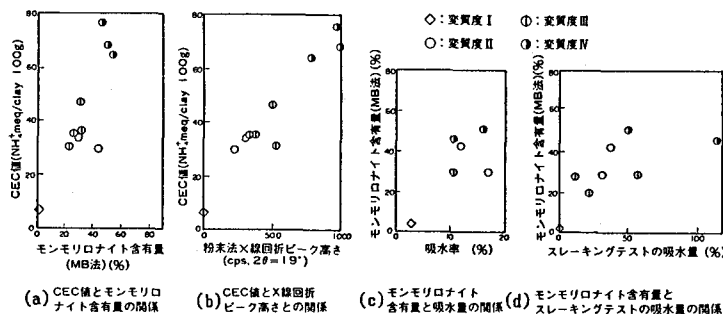


図-7 変質度区分毎の岩石物性(物理化学的特性)

値とX線回折（粉末法）におけるピーク高さ、モンモリロナイト含有量（MB法定量）の関係を示す。この三者は、明瞭な相関があり、本地域の岩石は相当量のモンモリロナイトを含有し、CEC値はモンモリロナイトの含有量に大きく影響を受けていることがわかる。交換性陽イオンの内訳は、Caが卓越しており、カルシウムモンモリロナイトである。モンモリロナイト含有量と吸水率およびスレーキング試験による最大吸水量との関係を、図-7(c)、(d)に示す。いずれも良い相関を示しており、吸水率およびスレーキング性にモンモリロナイトが大きな影響を与えていることがわかる。

5. 対策工の考え方

対策工は、ロックボルトと吹付けコンクリートを採用した。対策工の範囲と、その効果確認のための動態観測用機器の設置位置を図-8に示した。対策工の基本的な考え方は、膨潤に伴う強度劣化によって生ずるすべりに対して、ボルトのせん断力と引拔抵抗力で所定の安全率（ $F_s = 1.2$ ）を確保しようとするものである。しかしながら、強度劣化の将来予測が非常に困難であること、一方ではロックボルトによる膨潤ひずみの拘束効果も期待されることから、図-9に示す現場管理を行いながら段階的に対処することとした。検討の結果、膨潤劣化により予想される表層2～3mのすべりに対し、厚さ15cmの吹付けコンクリートと長さ4mのロックボルトを1mの打設間隔で施工することとした。

6. ロックボルトと吹付けコンクリートの挙動

スライディングミクロメータによる地中変位測定と、ひずみゲージ方式のロックボルト軸力測定、及びカーボメータ、デフォーメータによる吹付けコンクリート応力測定結果を用いて、対策工施工後の変状のり面の挙動について述べる。

図-10に287KP断面の計測結果を示す。のり尻部の軸力計はシステムロックボルトの一部であり、8段目はシステムロックボルト外の無処理区間に打設したものである。システムロックボルト打設区間では、無処理区間に比べて膨潤ひずみが拘束された結果となっている。一方、無処理区間に打設したロックボ

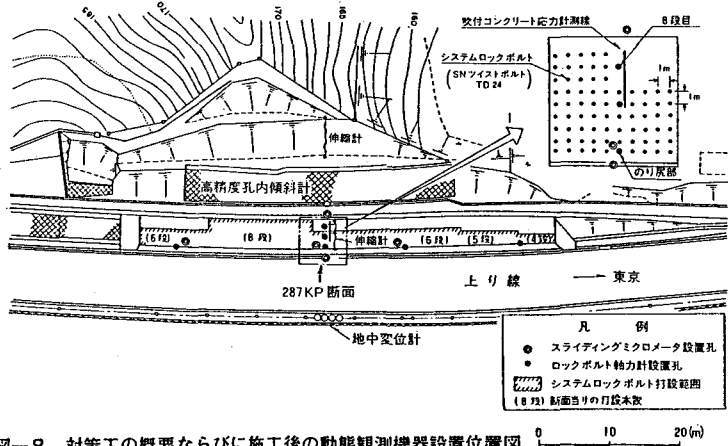


図-8 対策工の概要ならびに施工後の動態観測機器設置位置図

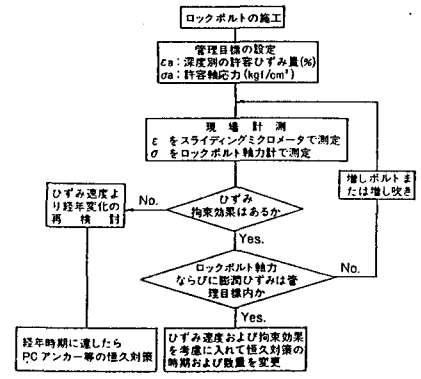


図-9 ロックボルト及び吹付けコンクリート工による対策工と現場管理流れ図

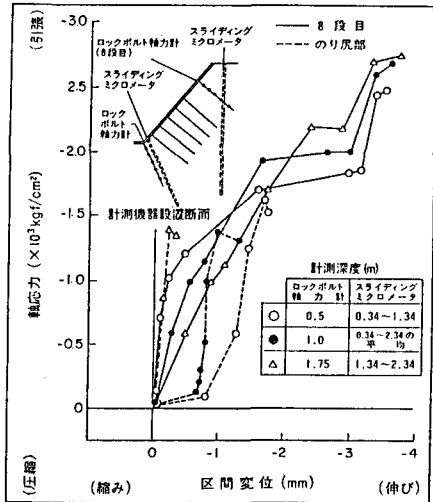


図-10 軸力と区間変位の関係(287KP)

ルトでは大きな軸力が発生し、荷重負担が地表部より深部へと順次移行しており、ボルト体の地山拘束効果が良好に発揮されている様子がうかがえる。また、図-11に示すように、ロックボルトに発生する応力としては、曲げ応力よりも軸応力の方が顕著であり、地すべり的な変形挙動よりも、膨潤的な変形挙動が卓越していることがわかる。

次に、図-12に吹付けコンクリートに作用する曲げモーメント分布を示した。計測した測線は、図-8に示す通りである。システムロックボルト施工区間に比べて、ロックボルト無処理区間に、大きな曲げモーメントが作用している。また、ロックボルトの打設位置付近で負の曲げモーメントが生じており、ロックボルトのひずみ拘束効果を反映した結果となっている。

図-13は、軸力計と変位計が併設されている287KPのり尻部における、スライディングミクロメータ及びロックボルト軸力計の計測結果を、室内膨潤試験で得られた膨潤曲線グラフ上にプロットしたものである。ここで、横軸は、ロックボルトの打設間隔が1mであることから、ロックボルト1本が1m四方の荷重を負担しているものと仮定して求めた荷重強さを表している。また、膨潤ひずみの管理目標値は、現対策工で許容される膨潤ひずみ量としている。

結果を見ると、浅部では膨潤ひずみの拘束効果が顕著に現われ始め、見掛け上の上載圧の増加が著しい。一方、深部では膨潤ひずみの伸びが大きく、拘束効果もまだ充分発揮されていない区間も一部に認められるが、全体的には浅所と同様にひずみの拘束効果が着実に現われている結果となっている。

7. あとがき

施工後の動態観測の結果、膨潤性地山に対してロックボルトのひずみ拘束効果と吹付けコンクリートのカバー効果が相乗的に発揮されることが確認され、本工法の膨潤性地山における新しいのり面保護工としての有効性が示された。

参考文献

- 1) 中出尚夫, 植本直之, 入佐純治(1985): 変質安山岩の風化に伴う切土路面およびのり面の変状について, 切土のり面および斜面の風化と安定に関するシンポジウム発表論文集, 土質工学会
- 2) 中出尚夫, 植本直之, 入佐純治, 大塚康範, 満 弘之(1986): 現場計測結果からみた膨潤性地山におけるロックボルト及び吹付けコンクリートの挙動, 第41回年次学術講演会講演概要集, 土木学会

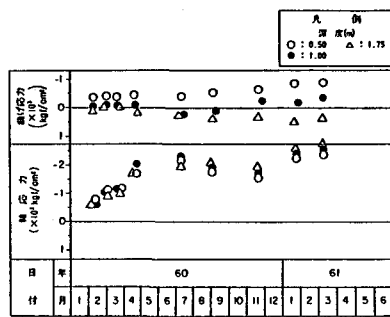


図-11 ロックボルト軸力計による深度別応力の経時変化(287KP, 8段目)

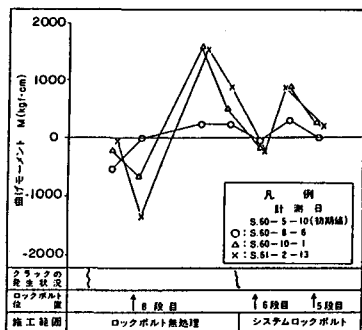


図-12 吹付けコンクリート応力計による曲げモーメントの経時変化

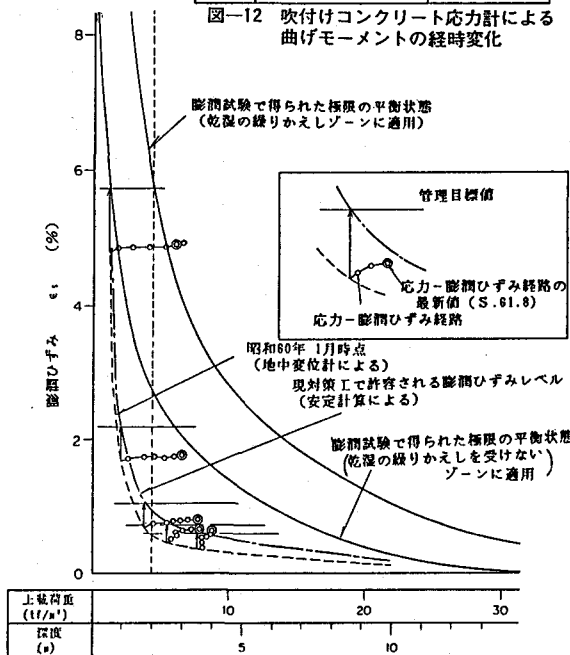


図-13 計測結果から見た膨潤性地山におけるロックボルトのひずみ拘束効果(287KP, のり尻部)

(24) Deformation of Cut Slope caused by Swelling
and its Implementation of Countermeasures

J. H. P. C.	Kunio	Nishizawa
J. H. P. C.	Naoyuki	Uemoto
OYO Corporation	Yasunori	Ohtsuka
OYO Corporation	Hiroyuki	Mitsu

Summary

At the Kosugou area of Tohoku Expressway, vertical deformation of road surface and cracks of the retaining wall were found in 5 years after the completion of construction . Data actually measured had been accumulating over 3 and half years since 1981 . Consequently it was suggested that the cause of the deformation was due to swelling of altered andesite . Based on the results obtained , rockbolting and shotcrete were applied to the deformed area on a slope as its countermeasure in 1984 .

In this paper , Author describes the behavior of cut slope which consists of potentially swelling rocks and the mechanical and geochemical properties of the rocks . Finally the effectiveness of rockbolting and shotcrete is discussed .

The results are summarized as follows .

- 1) The altered andesite contains a large quantity of montmorillonite , which mobilizes remarkable features of swelling . From this fact and the results of field measurements , it was concluded that the cause of deformation was due to swelling of the rocks , which in turn should be the result of stress relaxation by excavation .
- 2) GEC value and diffracted peak height of X-ray powder method have a good correlation to montmorillonite content . Moreover, density, water absorption and effective porosity are also available for good indices of potential swellingness and alteration .
- 3) According to the deformation behavior measured after the countermeasure , it was shown that rockbolting and shotcrete sufficiently constrains strain induced by swelling .