

ボーリング孔内変位計を用いたクリープ係数の設定

大林組 技術研究所 正会員 ○中岡 健一
 大林組 技術研究所 正会員 畑 浩二

1. 目的

膨張性地山は、掘進を中断しても変位が増加することから時間依存性を持つとされている。そのため、膨張性による変位を予測する方法として、時間項を持つ数値モデル (クリープモデル) が提案されている^{例え ば 1,2)}。これらのモデルで解析を行う場合、時間依存 (クリープ) パラメータを設定することが課題となっている。実際の岩盤は亀裂を含んでいるため、地山のクリープ特性を評価するには、亀裂を含まない岩石コアによる室内試験よりも、原位置において計測された結果を用いる方が望ましい。その方法として、計測された壁面変位に対してフィッティング解析を行う方法が考えられるが、支保工や掘削ステップなど現実に則したモデルによる解析が必要で、多くの労力を必要とする。また、計測データのない切羽前方のクリープ特性を評価することは出来ない。猪熊らはボーリング孔壁に水で満たしたゴムチューブを密着させ、地圧によって孔径が縮小することによって水圧が上昇すること、その時間的変化は一次クリープに類似していることを示した³⁾。そこで筆者らは、切羽前方に掘削されたボーリング孔の直径の変化を経時的に測ることができれば、その結果はこれから掘る地山のクリープパラメータを同定するために利用できると考えた。本研究では、ボーリング孔の内空変位を計測する装置を開発し、その計測結果を用いたクリープパラメータの設定を試みた。

2. 変位計の概要

図-1 に変位計システムを示す。先端 (図では左側) が変位計本体で、ネジ付き塩ビ管 (長さ 1 m) をつぎ足しながらボーリング孔に挿入していく。図-2 に変位計本体とセンサー部を示す。本体は長さ約 1 m であり、前部と後部には本体を孔の中央に保つためのリング状の鋼板 (セントラライザー) が取り付けられている。本体中央部にはしずく状に曲げられた薄い帯状の鋼板が固定されており、鋼板の上下端が孔壁と接触する。図に示した鋼板の先端 (図では右側) にはスライダーとともに、リン青銅板 (起歪体) の端部が固定されており、起歪体のもう一方の端部は本体に固定されている。孔壁に変位が生じると、鋼板が上下から押しつぶされ、スライダーが右方向に移動し、起歪体に変形が生じる。孔壁の変位は起歪体の上下面に貼られたひずみゲージによって求められる。本体には、小型カメラが取り付けられており、孔内を確認しながら設置できる。

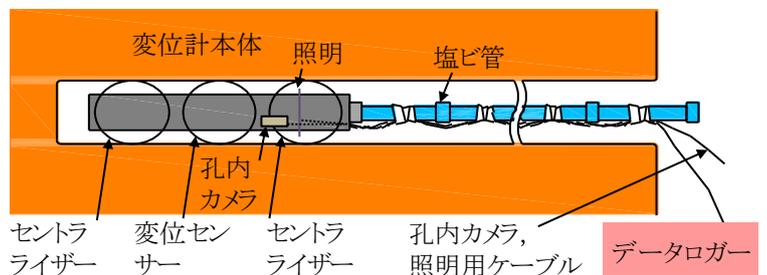


図-1 変位計システム全体

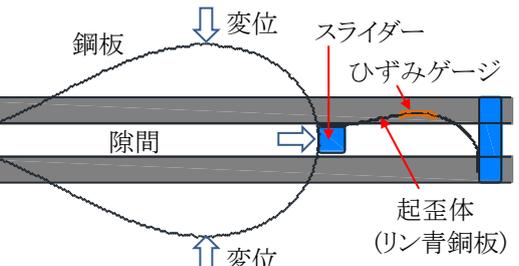


図-2 変位計本体とセンサー部

3. 計測された孔内変位とフィッティング解析

図-3 に、2 地点を同時に計測するため、変位計を 2 つつなげて挿入している様子を示す。トンネル位置の地圧下における岩盤本来のクリープ特性を評価するために、変位計を設置する位置は、トンネル掘削によるゆるみ領域や地圧の変化が大きい領域の外側となるよう、トンネルから離す必要がある。ここでは、計測器

キーワード クリープ, ボーリング孔, 原位置試験

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林組技術研究所 TEL 042-495-9603

の設置深度を 1D(10 m) 程度とした。図-4 に計測された孔内変位と、フィッティング解析による結果を示す。横軸の時間は計測位置が削孔された時点を 0 とした。解析結果は計測開始時点からの増分変位を表している。解析方法はボーリング孔をモデル化した軸対称有限要素法とし、筆者らが開発したクリープモデルを用いた。図より各トンネルのボーリング孔で計測された変位にはクリープが見られ、フィッティングの結果は計測変位とよく一致している。



図-3 ボーリング孔内変位計の挿入状況

各トンネルで計測された天端沈下量と側壁変位の平均の収束値は A, B, C トンネルそれぞれ 380, 20, 10 mm で、小さな変形で収束した B, C トンネルのボーリング孔にもクリープが生じており、これらのトンネル掘削時においてもクリープが生じている可能性がある。

表-1 に設定したパラメータを示す。表中、斜字がフィッティングにより設定した値である。本モデルによるクリープの進行は式(1)による $f(p)$ に比例する。

$$f(p) = \exp[q(\sqrt{J_2} - c_c - \sigma \tan \phi_m)] \quad (1)$$

ここで、 J_2 は応力の第二不変量、 c_c はクリープ粘着力、 σ は $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ の平均値、 ϕ_m はクリープ摩擦角である。 q はクリープパラメータで経験的に 21 としている。式(1)から c_c は負値も許容される。その他のクリープパラメータも経験的な値とし、変形係数などについては Hoek & Brown が提案した、岩石の一軸圧縮強さや切羽観察による GSI を用いる方法により設定した。

今回計測した 3 つのトンネルでは、ボーリング孔の変位が大きいほどトンネル壁面変位が大きくなっているため、切羽前方で計測すれば、これから掘削する地山の良否を判断する目安となる可能性がある。

4. まとめ

本研究ではボーリング孔内変位計を開発し、計測された変位に対してフィッティング解析を行うことにより、クリープ係数を設定することが出来た。また、得られた変位の大きさから、地山の良しあしを判断できる可能性があることが分かった。今後は、得られたパラメータを用いたトンネル掘削・支保工構築解析と現場で計測された変位との比較を行い、この方法の適用性について究明していく。

参考文献

- 1) 中岡健一, 畑浩二, 蔣宇静: 岩石のクリープとひずみ軟化を評価する数値モデルの提案, 土木学会論文集 F1 (トンネル工学), Vol. 70, No.3 (特集号), pp. I_43 - I_56, 2014.
- 2) 大槻英夫, 田坂嘉章, 鈴木康正, 大森剛志, 岸田潔, 足立紀尚: 土・水連成ひずみ軟化型弾粘塑性モデルの拡張と堆積軟岩空洞掘削問題への適用, 第 35 岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.231-236, 2006.
- 3) 猪熊明, 真下英人: 膨張性地山のトンネル土圧と変位予測, 地質と調査, 1995

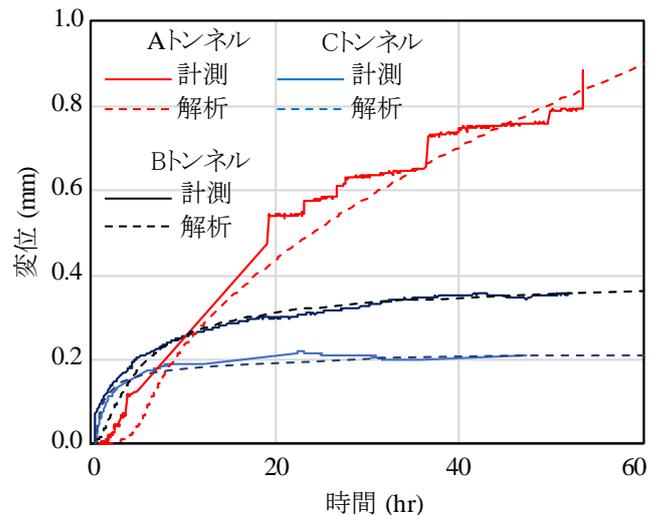


図-4 孔内変位とフィッティング解析の結果

表-1 設定されたパラメータ

	トンネル		
	A	B	C
変形係数 (MPa)	3580	530	3137
ポアソン比	0.25	0.3	0.3
クリープ摩擦角 ϕ_c (°)	24	24	33
クリープ粘着力 c_c (MPa)	0.592	0.005	-0.22
残留摩擦角 (°)	0	24	32
残留粘着力 (MPa)	0.16	0.046	0
土被り (m)	123	37.7	60.8

斜体: フィッティングによって設定した値