

金沢工業大学 正会員 土屋 敬
 金沢工業大学大学院 学生員 岡本直樹

1. まえがき

筆者らは、軟岩の応力-ひずみ関係を表現する方法として、破壊接近度法により経路パラメータ n と弾性限界破壊接近度 R_{EL} を用いてきた。本研究では、それを更に改良したものととして n 、 R_{EL} を、側圧 σ_3 を一軸圧縮強度 q_u で割り無次元化した (σ_3/q_u) の関数として表現する構成式を提案する。

2. 解析手法

本研究は、鉄道技術研究所で行なわれた大型トンネル模型載荷実験における試料の低強度モルタルを対象としたものである。三軸圧縮試験(CD)結果から得られた応力-ひずみ曲線と従来の破壊接近度法により解析した曲線の比較図(図1)を検討する。試験値は、側圧が小さい場合は弾性領域から非線形領域への変移が急激に生じ、もろい状態にある。側圧が大きい場合は次第に変形係数が減少しつつも、急激には破壊に至らないしわい状態を示す。この両者の状態は従来の構成式では表現仕切れていない。

そこで n 、 R_{EL} を、側圧 σ_3 を一軸圧縮強度 q_u で割り無次元化した (σ_3/q_u) で表現した非線形モデルを新たに求める。

まず、三軸圧縮試験(CD)結果から得られた応力-ひずみ曲線(図1の試験値)より最も安定した状態における岩盤の変形係数(D_0)と破壊時における岩盤の変形係数(D_f)を求める。また、同試験結果より応力の増分に対するひずみの増分表を作成し、その値に対応する岩盤の変形係数(D)及び破壊接近度(R)を求めた。なお、 D 及び R は次式より算定した。

$$D = \frac{\Delta(\sigma_1 - \sigma_3)}{\Delta \varepsilon} \times 100 \quad (1)$$

$$R = \min \left(\frac{d_{min} \sigma_3 + \sigma_t}{h}, \frac{\sigma_m + \sigma_t}{h} \right) \quad (2)$$

次に D/D_0 - R 曲線(モデル)より、膨らみ具合(a/b)と経路パラメータ n の関係をグラフ化した。(図2)

前述の表で得られた D/D_0 、 R より D/D_0

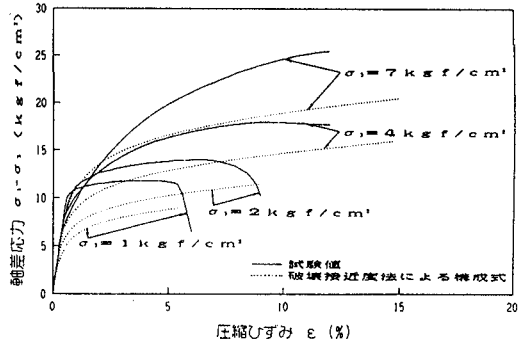


図1 試験値と構成式の比較図

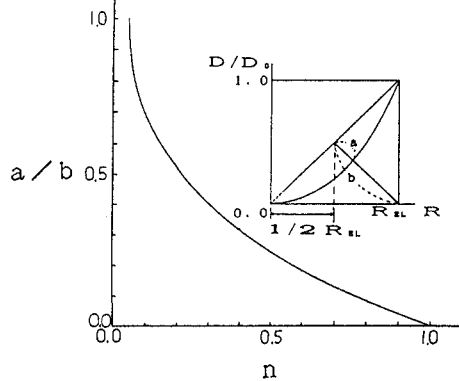


図2 膨らみ具合 (a/b) と経路パラメータ n の関係図

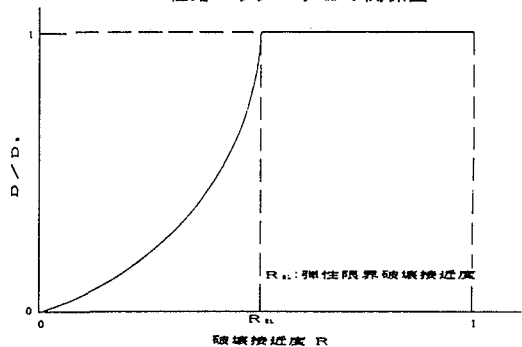


図3 D/D_0 と破壊接近度 R の関係図

- R曲線を作成し(図3)、破壊接近度の上限値(R_{EL})及び a/b を求め図2より n を算定した。

上記の二つの計算を各側圧段階(側圧 $\sigma_3 = 1, 2, 4, 7 \text{ kgf/cm}^2$)で求め、 n 、 R_{EL} と側圧との関係を調べる。

この $n - (\sigma_3/q_u)$ 、 $R_{EL} - (\sigma_3/q_u)$ 関係を単純化するため種々のグラフを描き、直線性を示すグラフを調べる。それぞれ回帰計算を行ない関係式を求める。

求められた関係式より各側圧段階における n 、 R_{EL} を逆算する。得られた2変数を用いて各々の三軸圧縮試験の逆解析を行ない応力-ひずみ曲線(図4の解析値)を作成する。この逆解析はプログラムより算出する。

最後に図4の試験値と解析値を比較し、 n 、 R_{EL} と側圧の関係を決定する。

3. 解析結果

最も安定した状態及び破壊時における岩盤の変形係数は、試験値よりそれぞれ $D_0 = 1800 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $D_f = 24 \text{ kgf/cm}^2$ となる。

前述の表より D 、 R を求めるがデータ数が多いためプログラムを作成し、作業の簡略化を計った。

次に $D/D_0 - R$ 曲線(図3)を作成し、 n 、 R_{EL} を求める。側圧との関係をグラフ化すると図5、図6になる。これより n は標準目盛のグラフにおいて、 R_{EL} は両対数目盛のグラフにおいて直線性を示す。回帰計算を行なった結果は以下の関係式となる。

$$n = -0.230 \times (\sigma_3/q_u) + 0.463 \quad (3)$$

$$R_{EL} = 0.893 \times (\sigma_3/q_u)^{0.646} \quad (4)$$

この2式より得られた値と試験結果の比較図(図4)を作成する。この図より線形部は、ほぼ直線形を示し解析値と近似している。しかし、非線形挙動を始める部分は解析値の方が幾分早い傾向にある。応力によらず全ての解析値が試験値の破壊値を下回っている。このため解析値を用いて種々の計算を行なった場合は実測値より解析値の方の値が小さく出ると考えられる。また、側圧が $1, 2 \text{ kgf/cm}^2$ の場合は、非線形部の傾きをよく表わしている。しかし $4, 7 \text{ kgf/cm}^2$ の場合は、解析値の方が傾きが小さくなっている。これは三軸圧縮試験が一定の増加型を示していないためである。

4. あとがき

今回の研究では、一つのデータをもとに材料の物性値を簡略的に求めているが、今後多くのデータを検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 土屋敬他：ロックボルト・吹き付けコンクリートトンネル工法の設計に関する研究、1986

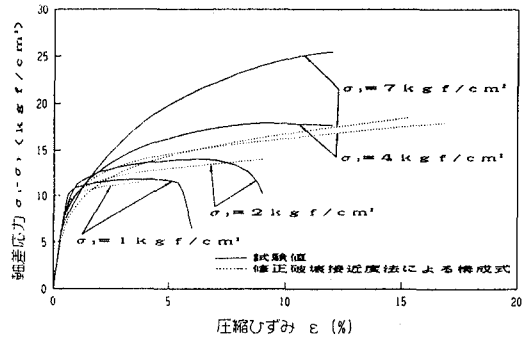


図4 試験値と修正構成式の比較図

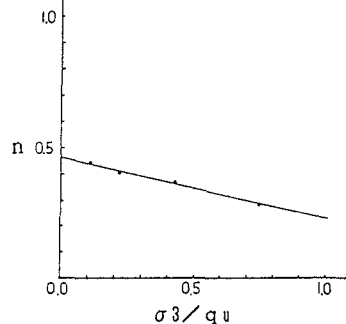


図5 側圧と経路パラメータ n の関係図

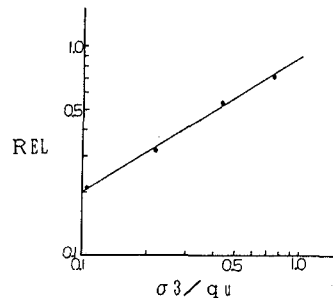


図6 側圧と弾性限界破壊接近度 R_{EL} の関係図