

VI-81

ロックボルトの施工管理に関する一考察

（株）青木建設 大阪支店土木部 正会員 ○ 本下茂樹

（株）青木建設 技術本部研究所 " 永井哲夫

" 池尻 健

1. はじめに

ロックボルトの施工管理として行われる引抜試験においては、管理基準値の10 tonfまで引抜荷重を載荷して、それまでの荷重－変位曲線の直線性からロックボルトの定着状態が評価されている^{1) 2)}。しかし、この引抜試験で得られる結果は、モルタルと地盤の定着状況や孔口付近の状態により変化するため、荷重－変位曲線の直線性のみで定着状態を評価することは難しい。そこで本研究では、管理基準値付近の荷重－変位曲線の勾配に着目すると、定着状態が的確に評価できることを示す。そして、引抜荷重の増加に伴い孔口から徐々にモルタルと岩盤の付着切れが深部へ進展すること³⁾を考慮して、勾配の管理基準値の設定方法を考案しその妥当性の検証を行う。

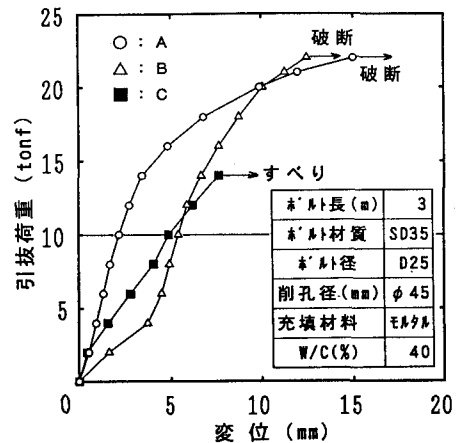
2. ロックボルト引抜試験における管理基準

施工管理として行われる引抜試験においては、引抜荷重が管理基準値の10tonfまでしか載荷されない。そして、試験で得られる荷重－変位曲線の直線性を検討したり、施工前に実施された引抜試験の結果と比較することにより定着状態が評価されている。いま、引抜試験から得られる荷重－変位曲線を大別すると、図－1のように3種類に分けることができる。ここで、タイプAは、立ち上がり部が直線的に増加し定着状態は良いもの、タイプBは、孔口付近の状態が悪いため立ち上がり部が下に凸の曲線の変化を示すものの定着状態は良いもの、タイプCは、立ち上がり部が直線的であるにもかかわらず定着状態は悪いものをそれぞれ表している。そこで、引抜荷重10tonfまでに得られる荷重－変位曲線の直線性、引抜荷重10tonf時の変位および勾配をそれぞれ定着性の判定基準として、各タイプの定着状態を判定し実際のそれと比べると表－1のようになる。なお、本研究では、図－2のように引抜荷重10tonf時以下3点のデータから求めた回帰直線の傾きを勾配(α)と定義する。例えば、図－1のデータから勾配を求めると、それぞれ $\alpha_A=4.66$ 、 $\alpha_B=4.30$ 、および $\alpha_C=1.92$ となる。表－1から、勾配による定着状態の判定結果は実際のそれとよく対応していることが分かる。

以上のことから、ロックボルトの施工管理として行われる引抜試験においては、荷重－変位曲線の直線性や引抜荷重10tonf時の変位よりも管理基準値付近の荷重－変位曲線の勾配に着目すれば、その定着状態を的確に評価できると考えられる。

3. 理論解を用いた管理基準の設定

荷重－変位曲線の勾配により定着状態を定量的に評価するためには、荷重－変位曲線を正しく評価しなければならない。いま、引抜試験時

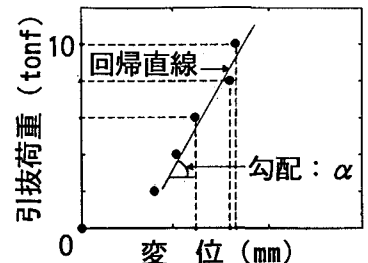


図－1 ロックボルトの引抜試験結果

表－1 定着状態の判定

判定基準	A	B	C
直線性	○	×	○
変位	○	×	×
勾配	○	○	×
定着状態	○	○	×

(○：良好、×：不良)



図－2 勾配の定義

のロックボルト、モルタルおよび岩盤を図-3のようにモデル化して考える。ロックボルトとモルタル、モルタルと岩盤が完全に剛結しているならば、引抜試験においては孔口から外にでている部分のロックボルトの伸びを測定することになる。一般に、この部分の長さ（ l_1 ）は50cm程度⁴⁾であることから、引抜荷重10tonf時のロックボルトの伸び量（ Δl_b ）は0.5mm程度となる。しかし、この値は実際の引抜試験で得られるものよりかなり小さい。そこで本研究では、図-4に示すように引抜荷重の増加に伴い孔口から徐々にモルタルと岩盤の付着切れが深部へ進展すること³⁾を考慮してモデル化を行う。そして、これをもとに理論解を誘導して荷重-変位曲線を定量的に評価し、勾配の管理基準値の設定方法を以下のように考える。

- ①ロックボルト軸方向のせん断応力の分布を次式で表現する。

$$\begin{aligned} \tau &= \tau_{\max} \exp(a - b l_2^{1/3})(l_2 - x) & : 0 \leq x \leq l_2 \\ \tau &= \tau_{\max} \exp(2a - 2b l_2^{1/3})(x - l_2) & : l_2 \leq x \leq l \end{aligned} \quad \dots (1)$$

- ②せん断応力 $\tau(x)$ を積分してせん断力 $Q(x)$ を求め、これをもとにロックボルトに作用する軸力 $N(x)$ を求める。
 ③鋼材の応力-ひずみ関係に軸力 $N(x)$ を代入してロックボルトの変形量を求める。
 ④勾配の管理基準を理論的に求めるため、鋼材の降伏条件や荷重-変位曲線に関する拘束条件のもとに限界勾配を求める。
 そして、これを勾配の管理基準値と見なす。

4. 適用例

最後に、前章で考案した勾配の管理基準の設定法を用いて、引抜試験結果を評価する方法の妥当性を検証する。ここでは、モルタルと岩盤の間のせん断応力分布に関するパラメータを実験結果から求め、勾配の管理基準値を設定している。なお、検証に用いた引抜試験の結果は図-1に示したものである。本提案法による評価の結果は表-2に示すようであり、その妥当性が明らかである。

5. おわりに

今後、さらに数多くの引抜試験結果を用いて本提案法の妥当性の検証を行う予定である。

【参考文献】

- (1) (社) 日本道路協会：道路トンネル技術基準（構造編）・同解説，1989.6.
- (2) 近畿地方建設局：土木請負工事必携，1992.6.
- (3) Aydan, Ö. : The Stabilization of Rock Engineering Structures by Rockbolts, Dr. Eng. Thesis, Nagoya Univ., 1989.10.
- (4) (財) 鉄道総合技術研究所：NATM設計施工指針，1987.7.
- (5) (社) 土質工学会：土質工学会基準—グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説，1990.

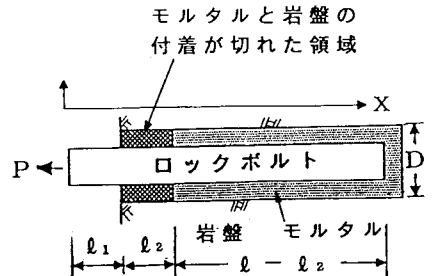


図-3 引張試験のモデル図

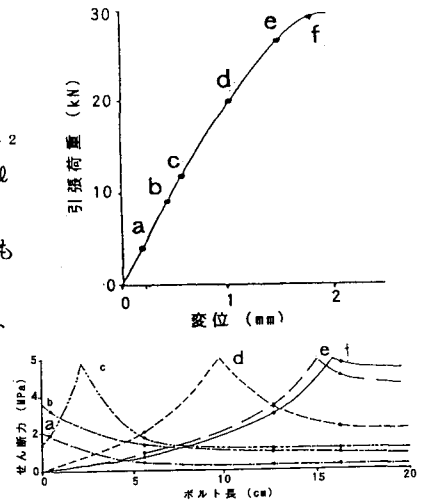


図-4 付着切れの進展

表-2 定着状態の評価

	A	B	C
実測勾配	4.66	4.30	1.92
管理勾配	4.26~4.92		
判定	○	○	×
定着状況	○	○	×