

小口径拡張ビットの開発

戸田建設(株) 正会員○岡村 光政 西松建設(株) 正会員 山下 雅之
古河ロックドリル(株) 長谷部 健司 三菱マテリアル(株) 谷元 耕作
MMC リョウテック(株) 藤墳 和夫

1. はじめに

未固結地山、断層破碎帯等の地質不良箇所の山岳トンネル工事 (NATM) では、ロックボルトの機能が地山との定着力不足等によって不十分となる場合がある。その改善を目的として、標準的なボルト孔径の部分的な拡大を容易に可能とする小口径用の拡張ビットを開発した。

2. 小口径拡張ビットの概要

新しい拡張ビットは、左右の刃体が削孔軸方向に直角扇状にスライド拡張する機構を採用し、ビット自体の正回転と打撃・穿孔反力によって拡張削孔を可能とする。

標準径の削孔時にはさや管で刃体のスライドを拘束し、拡張時にはさや管を開放して任意位置からの拡張削孔に対応できる。その際、ビット自体の交換は不要となる。

図1に拡張ビットの構造概念図を示す。

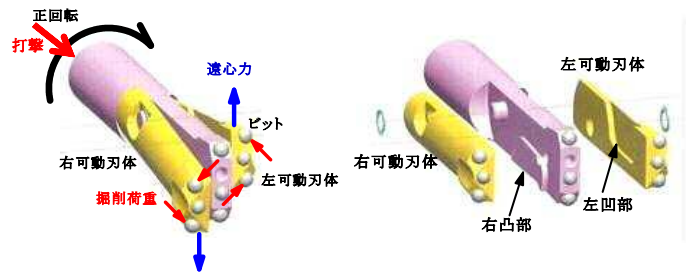


図1 拡張ビットの構造概念図

3. ボルト孔拡張機能の検証

3.1 模擬地山

軟質地山を対象とした場合の拡張ビットの拡張機能を検証するために、ドラム缶（φ570mm×h850mm、容積0.22m³）を利用してモデル地山を作成し、削孔試験を実施した。図2に供試体模式図を示す。

ベースは一軸圧縮強度4.5N/mm²のセメントベントナイト(CB)で、均一材料構成のもの、花崗岩塊や碎石を混合した不均一構成の供試体を作成した。

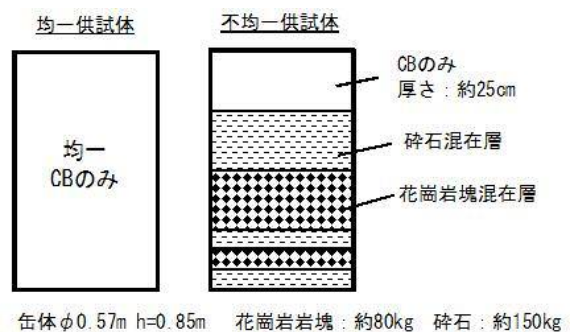


図2 供試体模式図

3.2 削孔試験結果

削孔は油圧削岩機を用いて実施し、機械条件として打撃圧10MPa以下、フィード圧3MPa以下、回転数200rpmを設定した。標準径（φ45）による深さ250mmの先行削孔を実施後、拡張削孔（φ65）を600mm行った。削孔後にシリコンを充填して削孔の雄型を採取し、その形状を確認した。写真1、2に各供試体の削孔形状を示す。いずれの場合も、標準径からの拡張状態が確認され、スライド機構による拡張ビットの機能性が証明された。

CB均一供試体では滑らかな掘削面が得られ、標準部でφ51～53mm、拡張部でφ65～73mmとなり、拡張へのテーパ角度は6～8°であった。花崗岩塊や碎石部ではシリコンが破碎部に充填され掘削面は不均一に見られたが、拡張状況は明瞭であった。

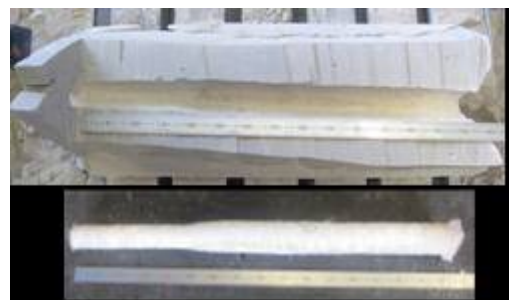


写真-1 均一供試体の削孔試験結果

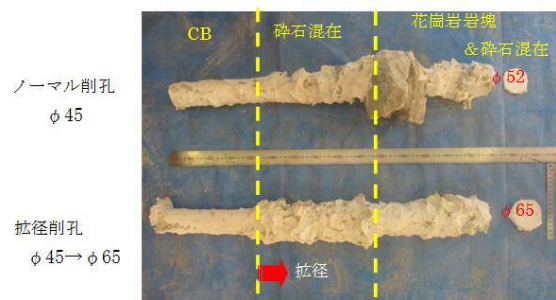


写真-2 不均一供試体の削孔試験結果

キーワード 軟質地山、ロックボルト、拡張ビット

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設(株) 本社土木工事技術部 TEL 03-3535-1614

4. ロックボルト引抜き抵抗力の検討

4.1 引抜き抵抗力の算定

ロックボルトの引抜き抵抗力 R は、地山と定着材間のせん断力 $R(1)$ 、定着材とボルト間のせん断力 $R(2)$ 、ボルト本体の引っ張り強度 $R(3)$ のいずれかで定まる。

部分的に拡径されたロックボルト工では、 $R(1)$ は図3に示すように拡径部の抵抗 $R4$ に加え標準部のテーパーでの支圧抵抗 $R2$ と地山とのせん断力 $R1$ の和、または支圧部のコーンせん断抵抗 $R3$ の和によって定まるものと想定した。

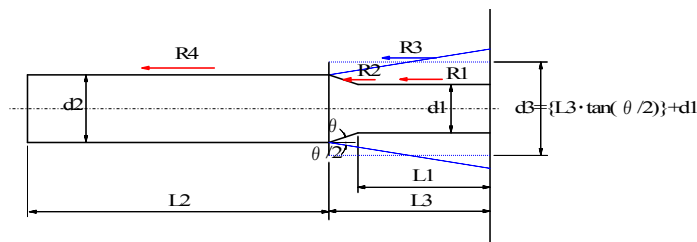


図-3 部分拡径ロックボルトの引抜け抵抗（概念）

$$R = \{R(1), R(2), R(3)\} \min \quad \dots \dots (1)$$

$$R(1) = R3 + R4 \quad (R3 \leq R1 + R2 \text{ の場合}) \quad \text{または} \quad R(1) = R1 + R2 + R4 \quad (R3 > R1 + R2 \text{ の場合}) \quad \dots \dots (2)$$

$$R1 = \tau_o \cdot \pi \cdot d1 \cdot L1$$

; 標準部の引抜き抵抗

$$R2 = qa \cdot (d2 - d1) / (2 \sin 2\theta) \cdot \pi \cdot (d2 + d1) / 2$$

; テーパー部の支圧抵抗

$$R3 = qs \cdot \pi \cdot d3 \cdot L3 = qs \cdot \pi \cdot \{ \tan(\theta/2) \cdot L3 + d2 \} \cdot L3$$

; 拡径部によるコーンせん断抵抗

$$R4 = \tau_o \cdot \pi \cdot d2 \cdot L2$$

; 拡径部の引抜き抵抗

θ ; 拡径テーパ部の角度（前述の模擬地山試験より概ね 10° が設定される）

τ_o ; 地山と定着材間のせん断抵抗

qa ; 地山の支圧抵抗強度 $qa = \sqrt{A/A_q} \cdot qu$ ただし $\sqrt{A/A_q} \leq 2.0$

qs ; 地山のコーンせん断抵抗 $qs = 0.23 \sqrt{qu}$ qu ; 地山の軸圧縮強度

4.2 引抜き抵抗力の試算結果

洪積粘性土層を対象とし、部分拡径ボルトの引抜きせん断抵抗を想定した。粘性土の粘着力を 0.074 N/mm^2 、 $\tau_o = 0.06 \text{ N/mm}^2$ 、 $qu = 0.15 \text{ N/mm}^2$ に設定し、標準径 $\phi 45 \text{ mm}$ 、拡径 $\phi 65 \text{ mm}$ の削孔を行う。この場合、テーパ部角度 θ を模擬地盤試験結果から 10° とすると $R(2) = 1810 \text{ kN}$ 、ロックボルトは D25 を設定するとそのネジ部の引っ張り耐力 $R(3)$ は 173 kN となる。図4に拡径部長さを変数としたロックボルトの引っ張り抵抗を示した。ボルトの全長は 4 m としている。

部分拡径ボルトは全長拡径パターンに比べてその引っ張り抵抗が増し、拡径長さ 3 m の時に標準パターンの 1.81 倍、長さ 1 m の拡径においても 1.60 倍の抵抗の向上が見込めるものと想定される。

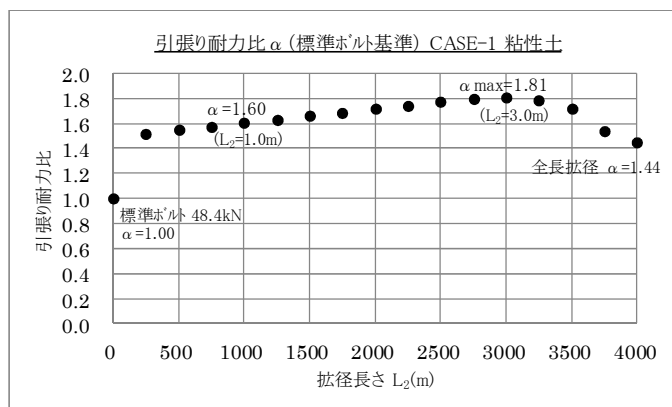


図4 拡径部の長さに応じた引っ張り抵抗

5. まとめ

今回開発した拡径ビットは、削孔方向に直角にスライドする機構を新たに工夫したもので、その出来形に関する有効性が確認された。また部分拡径されたロックボルト工は、軟質な不良地山においてその引っ張り抵抗を増加させるのに有効であることが想定され、引き続き、実地山での施工試験を実施して検証を進める予定である。

以上のことを踏まえ、今後、工法として経済性、ビットの耐久性等も勘案し、引き続きその実用化を図っていくものである。