

VI-65

新しいFRPロックボルトの開発とその特性

清水建設株式会社 ○正会員 池田謙太郎
 清水建設株式会社 正会員 関島 謙蔵
 大日本硝子工業株式会社 西本 敬

1. まえがき

NATMで現在一般に使用されている鋼製ロックボルトは、長期的には腐食によってその機能を失う場合も考えられ、永久支保材としては不安が残る。その上、長尺物の場合、重量が重く狭い坑内で取扱うには不便であり、施工性が悪い。また、従来より市販されている繊維強化プラスチック（FRP）製ロックボルトは、頭部耐力が低いために本設用として用いることはできなかった。そこで、新たに本体と同等以上の頭部耐力を有するFRPロックボルトを開発したので、その特性及び坑内試験結果について報告する。

2. FRPロックボルトの概要

2. 1 構造と特徴

FRPロックボルトの本体は、芯材の周囲に樹脂を含浸したガラス繊維束を軸方向に配列し、表面には付着特性を改善するためにガラス繊維束をらせん状に巻き付けている。また、頭部は樹脂を含浸したガラス繊維束を巻き付けて円錐台状に仕上げ、ベアリングプレートの支圧力を受ける構造としている。

FRPのロックボルトの特徴を以下に述べる。

- ① 鋼製ロックボルトと同等以上の引張耐力を有する。
- ② さびることがなく、耐アルカリ性、耐酸性、耐薬品性に優れているので、耐久性が向上する。
- ③ 鋼製ロックボルトの数分の1と軽量で、狭い坑内での取扱いが容易である。

その他、従来より市販されるものと同様に、

- ④ 打設後、掘削機械で容易に切断撤去できるので、鏡打ち等の仮設用ロックボルトとしても使用できる。

2. 2 引張特性

図-2にFRPロックボルトの引張荷重-ひずみの関係を示す。荷重11ton付近で剛性が変化しているのは、芯材に用いた木材の伸び能力（約1%）が、ガラス繊維束の伸び能力（約2%）に比べ小さいために、木材が先に破断し、引張力のすべてがガラス繊維束に乗り移ったことによる。このような現象は、FRPロックボルトの引張特性が芯材の材質に影響される等の問題を生じる。従って、今後は芯材にガラス繊維束より伸び能力の大きい材料を使用して改良する予定である。

3. 坑内引抜試験

3. 1 試験方法

鋼製ロックボルト（ $\phi 25\text{mm}$ ， $L=2.5\text{m}$ ）とそれに相当するFRPロックボルトの坑内引抜試験を行い、

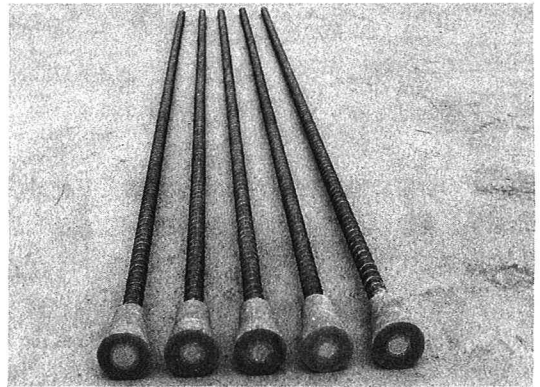


図-1 FRPロックボルトの形状

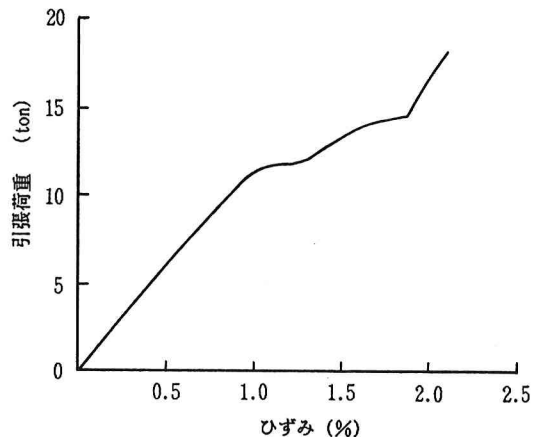


図-2 FRPロックボルトの引張特性

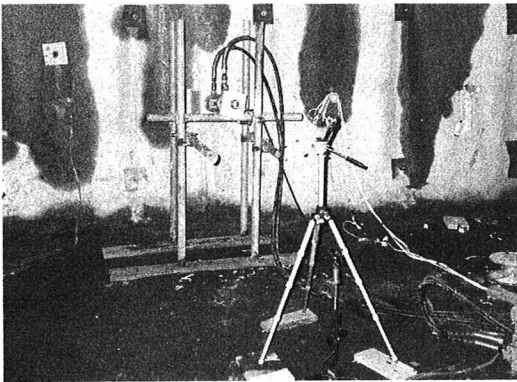


図-3 FRPロックボルトの引抜試験状況

頭部変位及び本体のひずみ分布を測定した。なお、FRPロックボルトについては、頭部をはさみ込み引抜力を与える新しい引抜試験装置を開発して用いた（図-3）。

3. 2 頭部変位

引抜荷重-頭部変位の関係を図-4に示す。FRPロックボルトは鋼製に比べて、荷重が小さい段階から頭部変位が大きい。これはFRPロックボルトの剛性が小さいことや、3.3に述べる付着性状の違いによるものと考えられる。FRPロックボルトの最大引抜荷重はすべて本体の破断によって決まり、十分な頭部耐力を有することが確認された。

3. 3 付着力の分布

図-5にロックボルトに作用している軸力と付着力の分布を示す。なお、FRPロックボルトの軸力は測定したひずみから図-2を用いて求めた。鋼製ロックボルトは常に壁面近くで付着力の大半を占めるのに対し、FRPロックボルトは荷重が増加するに連れて付着力は奥の方で大きくなった。これは、壁面付近ではFRPロックボルトの伸びに定着材が追随できず、付着がほぼ切れ、引抜力がそのまま奥へ伝達されるためと考えられる。なお、地山からの抜け出しはなく、定着も確保されていた。

4. あとがき

新たに開発したFRPロックボルトは、十分な引張耐力を有するので本設用として使用できる見通しが得られた。また、FRPロックボルトは剛性が小さく、大きな頭部変位やひずみが生じてこそ引張力を負担できるので、硬岩よりも軟岩や膨張地山へ適用した方が有効に補強作用が発揮できると考えられる。

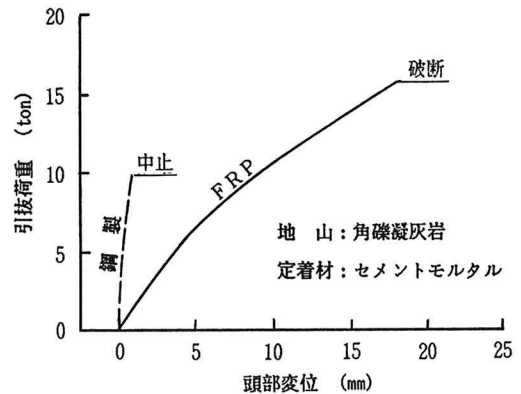
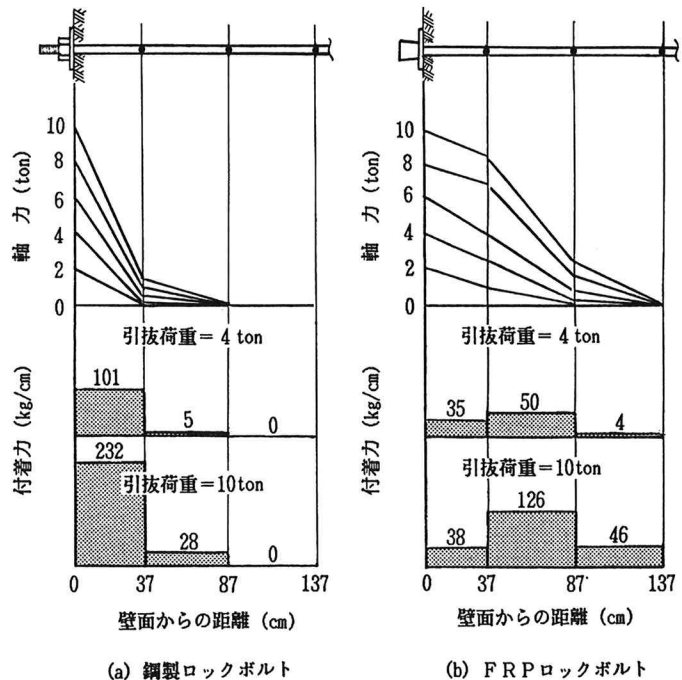


図-4 ロックボルトの引抜荷重-頭部変位の関係



(a) 鋼製ロックボルト

(b) FRPロックボルト

図-5 ロックボルトの軸力と付着力の分布