

1. 緒言

本文は、石膏を用いた模擬岩盤内に鉄筋を挿入し、これを引抜く実験を行ない、その先端の接着長さとの関係を調べ考察を加えたものである。ロックボルトの機能としては、いわゆるNATMにみられるように、膨脹性地山をボルトを中心としたブロック効果で押える支保工的な役割と、強度を要求されるアンカーとしての役割に大別されるが、本実験は、主として後者に関する基礎的データを得ることを目的としたものである。

2. 実験方法

ロックボルトの先端のアンカーの方法には、機械的タイプと接着剤を用いた接着タイプが代表的なものであるが、本実験では後者の方法によった。すなわち、直径10mm、長さ100cmの先端に所定の長さ(表-1)にアラルダイトを塗布し、あらかじめ養生した模擬岩盤(30×30×6cm)の中央にもうけた穴に挿入、接着後1日養生し引抜き実験を行なった。載荷方法及び荷重の検出は、センターホールジャッキ及び同ロードセルを用いた。その状況を写真-1に、実験の諸元を表-1に示す。

模擬岩盤 (石膏)	寸法	30×30×6cm
	配合	石膏:水=1:0.6
ロック ボルト	寸法	φ1×100cm
	接着長さ	2cm, 4cm, 6cm

表-1

ロック ボルト 引張強度	接着長さ	強度(%)	変動係数
	2cm	55.0	26.4%
	4cm	32.4	10.8%
	6cm	30.7	11.4%
模擬岩盤せん断強度 (石膏)		30.5	9.7%
接着剤せん断強度 (アラルダイト)		108.1	8.9%

表-2 実験結果

3. 実験結果

3.1 ロックボルトの引抜き強度

接着長さを変えた3種類の実験を各15回実施し得られた引抜き強度を表-2に示す。これから明らかなように、接着長さの増加に伴いその強度は減少することがわかる。ロックボルト先端の状態は、アラルダイトに石膏が附着した状態で破壊が生じている。すなわち、模擬岩盤である石膏と接着の境界より若干石膏内に入った領域におけるせん断破壊と考えられる。

3.2 模擬岩盤及び接着剤のせん断強度

模擬岩盤用材料である石膏のせん断強度は、石膏の立方体試体(35×35×35cm)の圧縮せん断(回転型圧縮せん断ダイス)を行ない、その包絡線とx軸との交点より求めた。その値を表-2に示す。

一方、アラルダイトのせん断強度はφ1cmの鉄片2枚の先端を長さ1cm、すなわち、単位面積で接着し、この接着面に平行に引張ることにより求めた。その結果を表-2に示す。

4. 考察

4.1 引抜き強度の寸法効果

一般に、試験片の寸法の増加に伴って強度が低下する現象を寸法効果と呼び、圧縮強度や引張強度にみられる現象である。図-1の実線は、表-2の引抜き強度の実験結果を図示したものであるが、本実験においても寸法効果が現われている。接着面の増加に伴って、接着面内の欠陥や存在確率の増加が、この理由と考えることがで

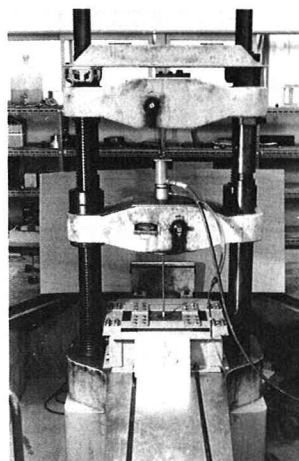


写真-1

きよう。そこで、周知の最弱リンクモデルの適用を検討する。すなわち、接着面積 S_1 及び S_2 をもつボルトの引抜き強度を X_1 及び X_2 とすると、次式が得られる。

$$\frac{X_2}{X_1} = \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^{1/m} \quad (1)$$

ここに、 m はいわゆるワイブル分布における均一性係数であり、強度の変動係数から得られる材料定数である。

本実験における均一性係数 m を求めるためには、実験個数(各15個)が不充分であるが、表-2の変動係数の平均値を用いると $m=7$ を得る。これを用いて引抜き強度の低下を計算した結果を図-2に破線(○印)で示した。接着長さ2cmを基準としてある。実験値と比較すると、計算値よりも実験値の方が強度低下が大きいが、接着長さの小さい2cm付近でその傾向が著しい。

4. 2 引抜き強度と接着剤及び模擬岩盤のせん断強度との関係

図-1に示した1点鎖線及び2点鎖線は、それぞれ破断面積 1cm^2 (図-1 □印)及び 6.25cm^2 (図-1 △印)のせん断強度の実験値をもとにして、(1)式を用いて得たせん断強度の計算値である。すなわち、ボルトの引抜き強度のみならず、接着剤及び石膏(岩盤)のせん断強度にも寸法効果を考慮したためである。

この図から明らかなように、ボルトの引抜き強度は、接着剤及び石膏(岩盤)のせん断強度の中間にあり、接着長さが大きい場合には、模擬岩盤である石膏のせん断強度にほとんど一致している。接着長さ2cmの場合は石膏のせん断強度より相当大きく、見掛け上接着剤のせん断強度にやや近くなっている。

5. 総括

本実験のような接着タイプのロックボルトでは、その引抜き強度は接着剤とアンカーされる岩盤の強度との間にあることはある程度予想されることであるが、圧縮強度などと同様に寸法効果のあることが明らかとなった。これらをまとめると次のようである。

(1) 接着剤の効果が充分期待できる接着長さ以上においては、その強度低下の傾向は直列モデルで説明される傾向(1)式)と一致し、かつ、接着剤に比べて強度の小さい岩盤(石膏)の強度に近づく。

(2) したがって、接着長さが大きい場合には、せん断強度の小さい方(本実験では模擬岩盤)の寸法効果を考慮することにより、ボルトの耐力力を評価できる。

(3) 接着長さが小さい場合は、直列モデルの傾向からはずれることから、並列要素をも考慮する必要がある。

(4) 換言するならば、接着長さの大きい場合は、接着面境界近傍は一定のせん断破壊となるのに対し、その長さが小さい場合には、前者に比較して応力分布が異なるためと考えられる。本実験の傾向は、接着剤に比べてその強度が小さい軟岩などにはある程度あてはまると考えられるが、亀裂が多く、強度の大きい硬岩などの場合にはさらに検討が必要である。ボルトの直径の効果、その表面の形状の影響、接着剤と岩盤の強度比及びボルトの変位等についても検討が必要であり、新ためて検討を加えたい。

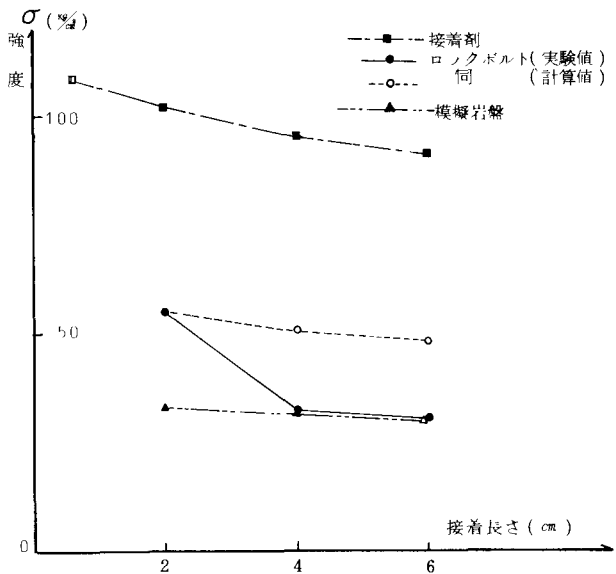


図-1 模擬岩盤及び接着剤のせん断強度とロックボルトの引抜き強度の関係