

Ⅲ-570 ロックボルトの軸力に関する基礎的実験

首都高速道路公団 正会員 江水 淳
 東京都立大学 正会員 西村 和夫
 東京都立大学 正会員 土門 剛

1. はじめに

本実験は平成3年度から始めたロックボルトの引抜きに関する模型実験に引き続き行ったものである。研究の目的は、現在有効利用されているとはいえないロックボルトの引抜き試験について、小型模型を用いて引抜き実験を行い、ロックボルトの引抜き耐力と軸力分布および地圧の作用による場合の軸力分布を関連づけ、ロックボルトの力学的機構をモデル化し、システムロックボルトへの設計および施工管理に結びつけることである。なお、地圧による軸力分布とは、側圧載荷実験として行った。これは図-1のようにロックボルトの拘束圧が切羽の進行に伴って増加するときに発生する軸力と地山状況を模型実験で再現することに着目した実験で、ベアリングプレートの付いたロックボルトに側圧を徐々に載荷し、側圧により生じる軸力の大きさ、分布、それらの側圧、変位との関係を調べるものである。

また、引き抜き実験と、側圧載荷実験の軸力分布について比較、検討した。

2. 模型実験

1)実験条件 前回までボルトモデルとして使用していたベークライトパイプは剛性が大きすぎ、原位置での軸力分布をうまく再現できなかった為、今回はそれより剛性の小さい（約1/2）ポリカーボネイト製の薄肉パイプ（ $\phi=6\text{mm}$ ）の表面を無処理としたものをボルトモデルとして用いた。地山材料は、標準砂（ $\phi=40\sim44^\circ$ ， $c=0\text{kgf/cm}^2$ ， $\delta=26.4^\circ$ ）とガラスビーズを用いた。

2)実験方法 引抜き実験は従来通り図-2に示す実験槽の中心にボルトモデルを吊し、地山材料を詰め蓋をした後、空気圧により拘束圧 σ_c を載荷し一定に保ち、ボルトモデルをリニアドモーターで定変位載荷で引き上げる。この時の引抜き荷重、引抜き変位、軸力分布を測定する。

側圧載荷実験は、図-3に示す実験槽にベアリングプレートをつけたボルトモデルを固定し、地山材料を詰め蓋をする。上からダイヤルゲージを軸対称に配置した後、空気圧により拘束圧 σ_c を徐々に載荷していく。この時の（押し出し）変位、拘束圧、軸力分布を測定する。なお、実験条件は表-1に示す通りで各ケースと

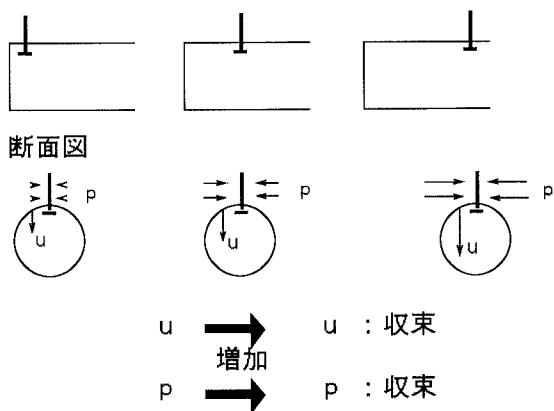


図-1 切羽の進行に伴うロックボルトの位置

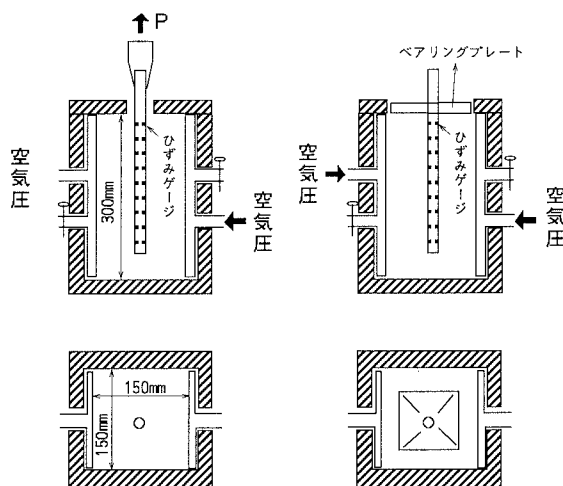


図-2 引抜き実験装置図

図-3 側圧載荷実験装置図

も数回ずつ行っている。

3. 実験結果と考察

今回は地山材料として標準砂を用いた実験結果を取り上げる。前回までの引抜き実験では、ボルトモデルの軸剛性が大きく軸力分布は直線的となり原位置での軸力分布を再現したとは言い難かったが、今回ボルトの剛性を小さくしたため、引抜き荷重の小さいときはボルト頭部側だけに軸力が作用して凹曲線の軸力分布になり、さらなる荷重の増加に伴い、軸力がボルトの先端部へ作用して、軸力分布形状が凸曲線へ移行していくという原位置での軸力分布を模型実験で再現することに成功した（図-4）。また、この様な傾向は、地山材料、埋め込み長さを問わず現れた。

次に、図-5に示す側圧載荷実験に軸力分布をみてみると、低拘束力時にもボルト先端部に軸力が作用しボルト頭部に向かい直線的に伸びているのがわかる。また、拘束圧の増加に伴い軸力も比例して大きくなるが、軸力分布形状は変化していない。この様な結果は、すべてのケースに現れた。

以上2つの実験結果を比較してみると、引抜き実験における軸力分布形状と側圧載荷実験における軸力分布形状には今回の実験のように、ボルト全長にわたって均等に側圧が作用する場合には大きな差があることがわかる。土砂地山でのボルトの挙動は地山のせん断力に支配されていることは前々回の発表で明らかにされているが、今回の実験から周囲を固定してボルトを引抜く時に生じるボルト軸力の発生メカニズムと、切羽の進行に伴うボルト軸力のそれとは異なっているといえる。これは以前から指摘されていたことだが、今回の実験はこの様な考え方を裏づけるものとなった。

4. 今後の課題

今回の実験では、地山材料として $c=0$ という特殊な条件についてのみの検討しか行えなかった。今後は以前の実験で用いた c の存在する地山材料等で実験を行い、さらに適用範囲を広げるとともに、引抜き実験におけるボルト軸力の発生メカニズムと側圧載荷実験におけるそれを明らかにし、関連付けて検討することが必要である。

表-1 実験条件

◆引抜き実験

地山材料	側圧(kgf/cm ²)	埋め込み長(cm)
標準砂、ガラスビーズ	0.25, 0.5, 1.0	12, 18, 24, 30

◆側圧載荷実験

地山材料	埋め込み長(cm)
標準砂、ガラスビーズ	12, 18, 24, 30

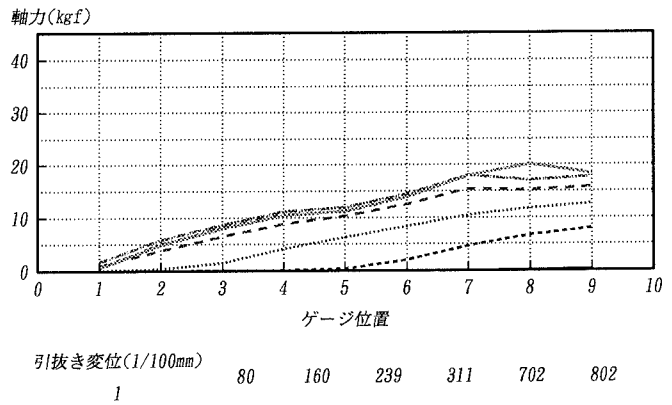


図-4 軸力分布図（埋め込み長さ24cm）

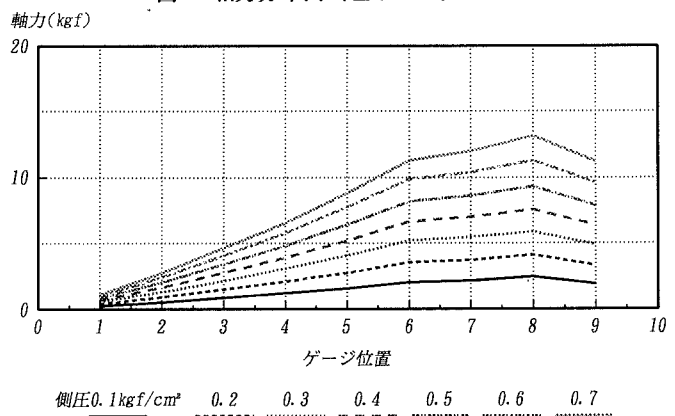


図-5 軸力分布図（埋め込み長さ24cm）