III－117　若干の粘着力を有する粒状体地山におけるロックボルトの作用効果

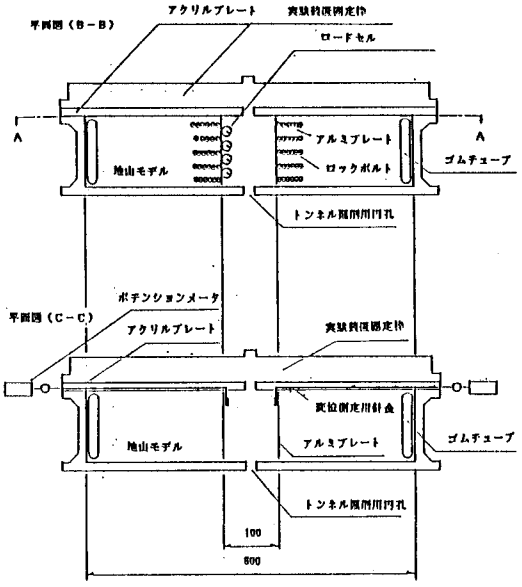
東京都立大学　正会員　今田　徹

1、概要

ロックボルトは種々の地山において使用されているが、その理論的な設計法には未解決の点が多く残されている。特に連続体として挙動すると考えられる土砂など一様と見なされる地山におけるロックボルトの挙動については明らかにすべき点が多い。そこで、筆者等は今までに実験が比較的容易な粒状体地山に関して模型実験を行い、粒状体地山におけるロックボルトの作用は、地山の変位によって生ずるロックボルトの軸力が肌落ち防止工を通して地山に伝えられ、掘削面周辺に肌落ち防止工、ロックボルトおよび地山からなるあたかも弾性的なリングが構成され、トンネルの安定が保たれることを示した。[1)]粘着力のない粒状体地山では、支保圧ゼロの状態では耐荷能力を持たないので、ロックボルトには荷重の載荷と共に直ちに軸力が発生し、周辺地山はリングとして作用するが、粘着力を有する地山の場合は支保圧がゼロの状態でも耐荷能力を有しているため、ロックボルトの挙動は異なってくるものと考えられる。このため、若干の粘着力を有する粒状体地山を作成し、ロックボルトの挙動を求める実験を行ったので、その結果を報告する。

2、実験方法

実験で実際の状態におけるロックボルトの挙動を模擬することは難しい。本実験では、無応力の状態でロックボルトを設置した地山模型を作成し、切羽の進行に伴う地山の変位は荷重を載荷して与えるという方法によって行った。実験には図－１に示す内径60cm、高さ12.5cmの鋼製の容器の上面にアクリル製の蓋をした実験槽を用いた。実験槽の外周にはゴムチューブが配置されており、空気圧によって模擬地山に載荷できるようになっている。この実験槽内にロックボルト、肌落ち防止工を含む径10cmのトンネル模型を作成し、ゴムチューブで載荷してトンネルに変位を与えロックボルトの挙動を調べる。上下面にはテフロンシートを敷き摩擦が極力生じないようにした。肌落ち防止工は0.5mmのアルミ板で、短冊状にして互いに重ね合わせ、リングとしての支保効果を持たないようにしてある。ロックボルトには径3mmの装飾用のボールチェインを用いた。ロックボルト軸力の測定は短冊の１枚にロードセルを取り付けて行った。変位は掘削面の変位をロッドで実験槽外に導きポテンショメータによって測定した。実験に用いた地山材料は径2mmのガラスビーズ、酸化亜鉛およびワセリンの混合物である。その混合比率はそれぞれ20:5:1である。酸化亜鉛及びワセリンは粘着力をもたせるため用いたものである。この混合物は混ぜただけの状態では粘着力を示さないが、圧力を加えることにより粘着力を持つようになる。３軸試験の結果は内部摩擦角 22°、粘着力 0.17Kg/cm²である。実験の手順は次の通りである。まず、トンネル模型を含む地山模型を実験槽内に設置する。このときトンネルの内空部分にはビーズ玉を満たし、トンネルが掘削されていない状態を模擬する。次に、2 Kg/cm²の載荷圧を与え地山を固結させる。載荷圧をゼロに戻し、トンネル内空部のビーズ玉を抜きトンネルを掘削をする。次に、0.1Kg/cm²ごとに2Kg/cm²まで載荷し、変位及びロックボルトの軸力を計測する。実験はロックボルトの設置間隔 P=25mmおよび15mm（正方形配置）の２種類についてロックボルトの長さ L を数種類変化させて行った。



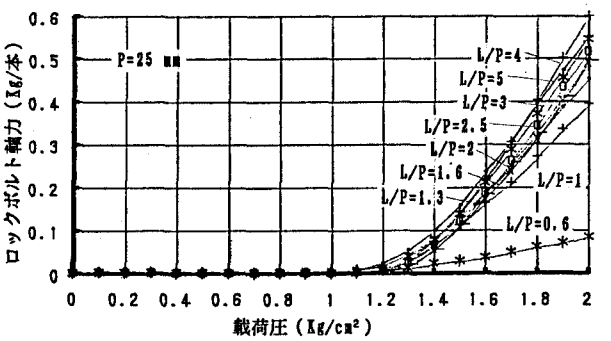
図－１

---

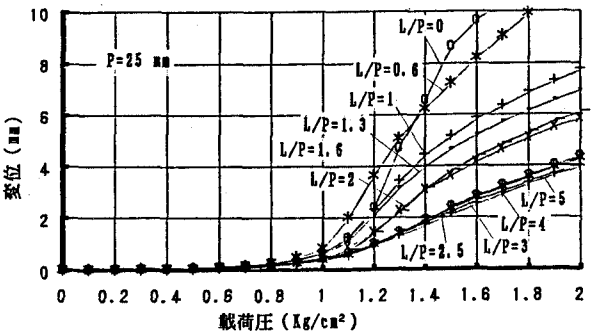
1)　粒状体地山におけるロックボルトの作用効果について（４）第４３回土木学会年次学術講演会概要集

3、実験結果及び考察

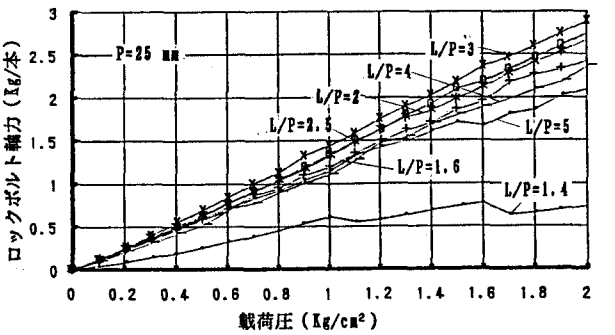
図－２はP=25mmの場合について、載荷圧と掘削面におけるロックボルト軸力との関係を示すもので、載荷の初期においては軸力は殆ど生ぜず、ロックボルトに軸力が生ずるのは載加圧が1Kg/cm²を超えてからとなっている。図－３は、載加圧と掘削面の変位との関係を示すもので、載荷の初期において生ずる変位は小さく、軸力の場合と同様の傾向を示している。図－４は粘着力がない場合の載荷圧とロックボルト軸力との関係を示すものであるが、この場合は載荷の初めから載荷圧に比例した軸力が生じている。粘着力の有無によって挙動に大きな差のあることを示している。変位とロックボルト軸力の傾向は非常に良く似ており、地山が降伏して変位が大きく生ずるようになて初めて変位の増加に対応してロックボルトに軸力が生じ、ロックボルトが働くようになる。P=15mmの場合も傾向は同じである。図－５は載荷圧2Kg/cm²のときのロックボルトの軸力をL/Pとの関係で示したもので、図－６は同様の条件で変位について示したものである。P=15mmの軸力はP=25mmの値に換算してある。ロックボルトに生ずる軸力はL/Pが2.5程度以上となるとほぼ同じ値を示している。それ以下の長さではP=15mmの方が効きがよく、短くなるにしたがって軸力が増加する傾向を示しているが、P=25mmの場合はこの傾向は認められない。図－６の変位の傾向からロックボルトの効果を見ると、L/Pが2.5以上では変位はほぼ同じでロックボルトを長くしても変位の抑制には効果がないことを示している。



図－２



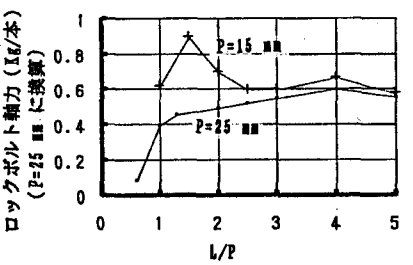
図－３



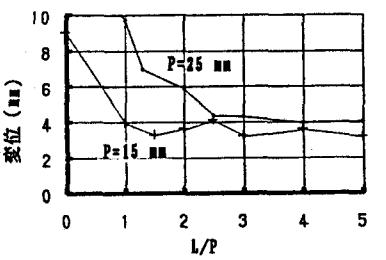
図－４

4、まとめ

粘着力がある場合とない場合とでは、ロックボルトの挙動に大きな差があることを明らかにすることが出来た。すなわち、粘着力がなく初めから塑性化する場合は載荷圧に比例してロックボルト軸力が生ずるのに対し、粘着力のある場合は、地山が自立できる状態の載荷圧ではロックボルトは殆ど効果を示さず、地山が降伏して大きな変形を生ずるようになって初めて作用し始める。しかし、その後の作用の仕方は粘着力のない場合と同じ傾向を示す。なお、本実験を行うに当たっては立石君（現東京都）の手を煩わせた。謝意を表する。



図－５



図－６