

III-230 粒状体地山における ロックボルトの作用効果(3)

東京都立大学 正員 今田 徹
東京都立大学 学生員 田原 信芳

1. 概要

硬岩や中硬岩の地山に対するロックボルトの設計法に関しては経験的な側面が強いが、ある程度の目安がある。しかし、土砂や軟岩の場合の設計は現状において、その考え方が明確でない。トンネルの天端および側壁部に設けられたロックボルトの挙動についてはすでに報告し¹⁾安定を保つために必要な長さとして掘り込み間隔の関係およびロックボルトの軸力について検討した。しかし、側壁部のロックボルトの挙動については天端部の局所的な安定によってトンネル全体の安定が規定されたため、十分な検討を行うことができなかった。そこで、条件を明確にするため、側圧係数1の平面応力状態での粒状体地山のロックボルトの挙動についての試験を行ったので報告する。

2. 実験方法

実験は直径60cm、高さ12.5cmの鋼製容器に地山として $\phi=2\text{mm}$ のビーズ玉をつめ、中央に径10cmのトンネルを設け外側のチューブにより地山に外圧を加えることにより行った。ロックボルトと肌落ち防止工からなる支保構造を所定の位置に据え付け、トンネル内側を含めて容器をビーズ玉で満たし、次に上面にアクリル板をのせ鉄製の蓋をする。この状態がトンネル掘削前の状態となる。容器の底部にはトンネル部にトンネル径より小さな孔が設けられており、この部分の蓋を外すことによりビーズ玉を取り出し、トンネル掘削を模擬する。トンネルを掘削した後に外圧を0から 1.8kgf/cm^2 まで徐々に上げる実験Aと、外圧を0から 1.0kgf/cm^2 に上げた後トンネルを掘削し、さらに 1.8kgf/cm^2 まであげる実験Bの二種類の実験を行った。実験Bはロックボルトの施工時期の影響を見るために行ったものである。実験A、Bともロックボルトの軸力は外圧が0のときから 100gf/cm^2 毎にロードセルにより測定した。ロックボルトには $\phi=3\text{mm}$ のボールチェーンを用い、肌落ち防止工には厚さ0.5mmのアルミ板を短冊状にしたものを用いて、肌落ち防止工がリングとして働き地山を支持することがない様にした。従って、この実験では地山はロックボルトによってのみ支持されることになる。実験A、Bともロックボルトのピッチ：Pを25mmにし、長さ：LをL/Pが5から順次短くし崩壊が生じるまで行った。

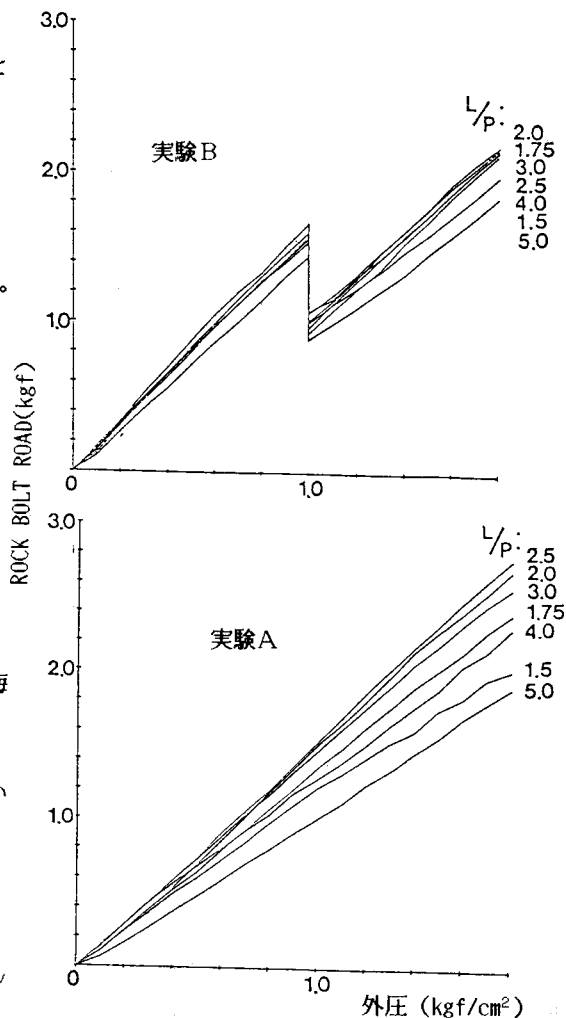


図-1

1) 参考文献: "粒状体地山におけるロックボルトの軸力(1)" 今田 1983.10 J.S.C.E.年講III
"粒状体地山におけるロックボルトの軸力(2)" 今田、野々上 1984.10 J.S.C.E.年講III

3. 実験結果および考察

代表的な実験結果を図-1、2に示す。図-1より実験A、Bとも一定の L/P において、外圧の増加に対し軸力がほぼリニアに増加している。図-2より実験A、Bとも一定の外圧において L/P が5から小さくなるに従い軸力は大きくなり、 $L/P=2.0\sim 2.5$ 付近をピークとし、それより L/P が小さくなると軸力も小さくなっている。

ロックボルトの軸力の測定値から得られる支保反力 P_i と、載荷重としての外力 P_o から地山をCoulombの降伏条件に従う完全弾塑性体と仮定して、見かけの弾塑性境界までの距離： C を求めると、図-3が得られる。実験Aの C は載荷重の増加とともに一定値に収束する傾向がある。実験Bにおいてはトンネル部のビーズ玉を抜くことにより、一気に拘束圧が減り変位が大きくなり C が大きくなるが、実験Aと同様に外圧の増加に伴い C は L/P の値で定まる固有の値に収束していく傾向がある。

L/P と C との関係をプロットしたものを図-4に示す。実験A、Bとも外圧によらず $L/P=2.3$ 付近を極小値として C の値が増加している。 L/P が大きくなると C が増加するのはボルト長が長いとロックボルトの軸力が地山に分散される長さが長くなるため、塑性リングとして安定を得るのに必要な P_i が小さくなるためであると考えられる。一方、 L/P が小さくなると C が増大するのはロックボルトの引き抜き耐力が不足し P_i が得られなくなり崩壊に近ずき、変形の増大によって塑性域が広がり新たな釣合状態に落ちつくようになるためと考えられる。

実験A、Bを比較してみると、実験Bにおける外圧 1.0kgf/cm^2 で拘束を失ったトンネル周辺の地山は L/P が大きいときはロックボルトが長く、変位の拘束が大きいので実験Aの値に近づくのが早い。一方、 L/P が小さいと安定状態になるのに必要な P_i を得るのにより大きな変位を必要とするため、外圧 1.8kgf/cm^2 度ではまだAの状態に至っていないものと考えられる。また、 $L/P=2.3$ 以下の場合には実験A、Bとも引き抜き耐力が不足する結果、不安定状態に向い両者が比較的早く近づくものと考えられる。

以上のように、 L/P が定まればトンネルのまわりの見かけ上の塑性領域の幅は外圧に左右されない固有の値をとることが明かとなった。 P_i の値はロックボルトが地山によって拘束されることにより得られるので、トンネル壁面が変位することがロックボルトが働くための条件であり、十分な変位があれば途中の経過が違っていても、最終的には L/P で定まる一定の状態になることが示唆される結果が得られた。

今回の実験では測定の困難さからトンネル壁面の変位の計測を行っていないが、 P_i を得るには変位が重要な役割を持っているものと思われるので、今後、変位を含めた検討を行っていく予定である。実験にあたっては立石記透君の手を煩わせた。ここに謝意を表する。

