

国鉄 鉄道技術研究所 ○正会員 安田 憲彰
 “ “ “ “ 土屋 敬
 鹿島建設 技術研究所 “ “ 須藤 英明

1. まえがき

現在、筆者らはロックボルトのトンネル補強効果を明らかにすべく、大型立体模型試験を実施中である。側圧係数 $K_0 = P_h/P_v = 1.0$ の場合についてはすでに報告した。本報告では、側圧係数が 0.5 の場合の試験結果について述べる。

2. 実験概要

載荷装置、地山材料については、既報告に譲る。^{1,2)} 試験体形状、試験ケースを図-1に示す。トンネルを軸方向で2分割し、同一試験体で異なるロックボルト支保パターンの比較を行った。試験体Aは無支保とし、試験体B・Cはロックボルトの長さ、本数の違いにより支保効果の優劣が判定できるよう配慮した。加圧は1ステップ 0.05 MPa 、持続時間10分の段階載荷とした。

3. 試験結果

1) 内空変位 載荷荷重 P_v と鉛直方向、水平方向の内空変位率 U/D との関係を図-2, 3に示す。まず、鉛直方向の内空変位を見ると、いずれのパターンの場合も変位が増大し始める点は 0.4 MPa (地山強度比 $P_0/P_v = 2.5$) 付近である。ロックボルトのある場合は、無支保の場合に比べて、ロックボルトにより変位の増加が抑制されている。さらに支保パターンの違いに着目すると、ボルト総延長を一定とした場合(B4012とB2024との比較)、ボルトの短いものを多く用いた(B2024)方が効果的であった。次に水平

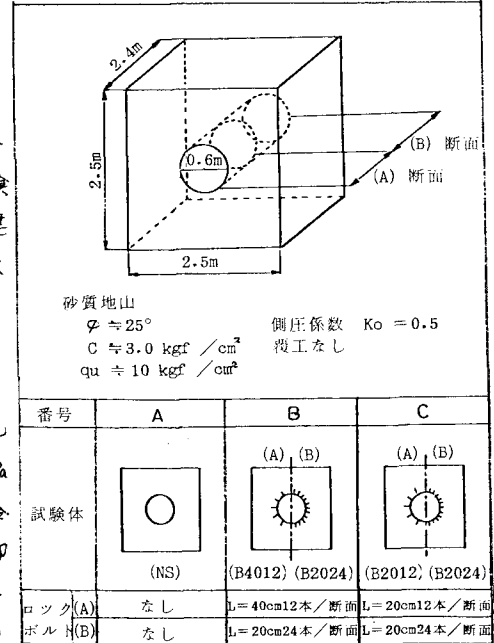


図-1 試験ケース

方向の内空変位を見ると、変位が増大し始める点は無支保で 0.6 MPa 、ボルトがあると $0.6 \sim 0.7 \text{ MPa}$ 付近で、それまでは、トンネル壁面が若干地山に押し込まれるような挙動を示す。また、ロックボルトの長さ、本数の違いによる効果は、地山強度の 1.2 倍程度 ($P_0 = 1.2 \text{ MPa}$, $\gamma_0 = 2.0\%$ 付近) まではほとんど差がな

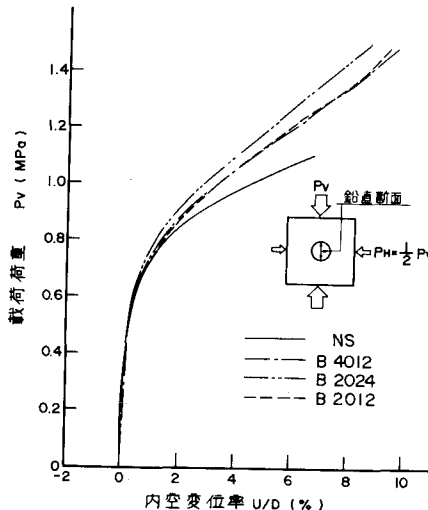


図-2 載荷荷重と内空変位率との関係(鉛直方向)

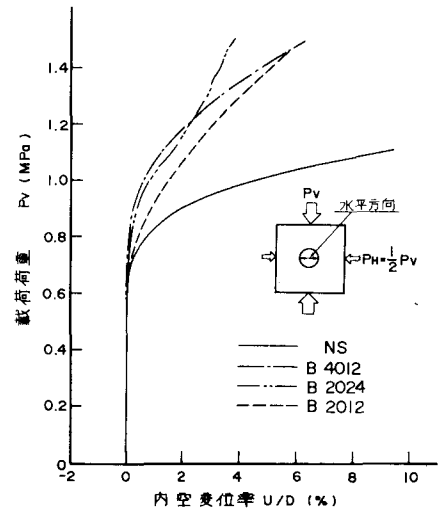


図-3 載荷荷重と内空変位率との関係(水平方向)

い。それ以上の荷重段階になると、ボルト総延長を一定とした場合、鉛直方向と同様、ボルトの短いものを多く用いた方が効果的であった。また、ロックボルト本数の違いに着目すると、本数を多く用いた方が明らかに効果的であった。このことは、地山強度比に応じて、ロックボルト支保の最適パターンが存在する事を示している。

ii) トンネル周辺地山の破壊状況 図-4には載荷試験後の破壊状況を目視で観察した結果を示す。鉛直方向は、ひび割れが密に発生している領域(以後、破壊領域と云う)が少ないが、水平方向はトンネル壁面よりかなり奥深くまで破壊領域が発達している。また、各支保パターンで比較すると、まず、無支保の場合は、水平方向でトンネル壁面より約 $d=25\text{cm}$ までクラックが発生していたが、ロックボルトのある場合は、B4012で $d=10\sim20\text{cm}$ 、B2024で $d=5\sim15\text{cm}$ 、B2012で $d=15\sim20\text{cm}$ となっていた。鉛直方向は無支保の場合を除き、各支保パターンともほとんど破壊されていなかった。これは、 $K_0=0.5$ の載荷条件のため、水平方向にクサビ状の破壊が生ずるためと考えられる。

iii) ロックボルトの軸力分布 図-5には、ロックボルト軸力の分布図を示す。載荷々重 $P_v=0.6\text{MPa}$ 付近までは、ロックボルトに軸力の発生がほとんど見られない。その後は、 P_v の増加に伴い、水平方向ロックボルトにかなり大きな引張力が生ずる。しかし鉛直方向ロックボルトには、軸力はほとんど生じていない。

4. まとめ

今回の試験により、次の事が明らかになった。

1) 側圧係数0.5で載荷する場合、トンネル水平方向の地山にクサビ状の破壊が発生する。

2) ボルトの有効な適用範囲は地山強度比約1.7以下の部分である。

3) ロックボルト総延長を一定とした場合、内空変位で見ると、鉛直方向はボルトの短いものを多く用いた方が効果的である。水平方向では地山強度比約0.8以下になるとボルトの短いものを多く用いた方が効果的である。

4) 載荷々重の増加に伴い水平方向はロックボルトに大きな引張力が生じ、破壊の進行を防ぎ、押し出し変形を抑制する。鉛直方向は、内空変位は増加するが、破壊はそれほど発生せず、ロックボルトにも引張力は発生しない。このことは、鉛直方向ロックボルトは省略し得る可能性があることを示している。

なお数値計算との比較は当日発表の予定である。

参考文献 1) 土屋、安田、須藤、「ロックボルトによるトンネル補強効果に関する試験(その1)」第37回年講Ⅲ-169 2) 土屋、安田、田沢、須藤、「大型模型実験によるロックボルトの補強効果の検討」第15回岩カシンポジウム論文集

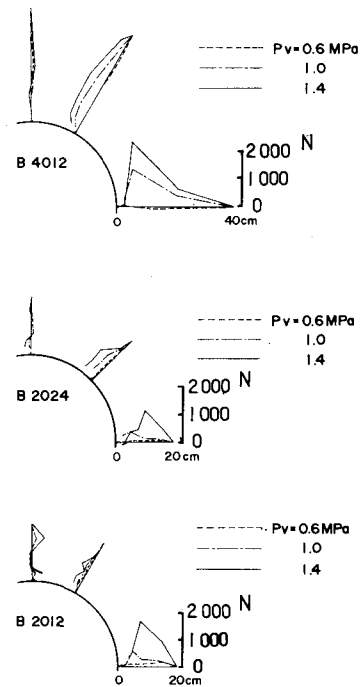


図-5 ロックボルトの軸力分布の例

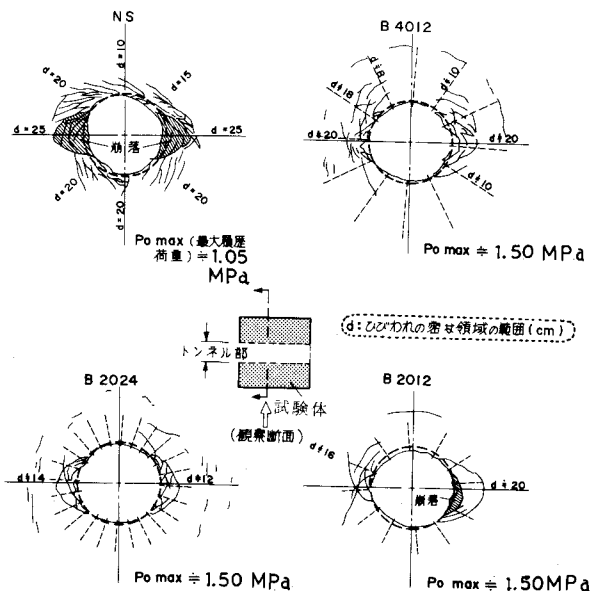


図-4 トンネル周辺地山の破壊状況