

トンネルロックボルト効果に関する一考察

徳島大学工学部 正 眞 藤 井 清 司
徳島大学大学院 学生員 〇 淨 内 明

まえがき 最近、トンネル支保工として鋼アーチ支保工とは構造的に性質の異なったロックボルト支保工が大いに注目されつつある。これは地山内にロックボルトを挿入して、地山自体もある程度の強度を有する一つの構造体となし、それが地山圧を支える支保工とするものである。これは、力学的な考え方として合理的であり、トンネルの開削された空間に支保工がないため、作業空間が大きく、アーチ支保工にみられる余掘りの必要がないなどの特徴があり、さらに試験的な使用において経済的にも安価であると報告されている。しかしながら、ロックボルト使用時の力学的性状に関する研究は、いまだにはほとんど進展していないのが現状である。そこで、本研究はロックボルト効果と、それが地山のクリープによる多大の影響を受けると思われるので、時間の経過によるそれらの変化を知る目的で以下の実験を行い、トンネル周辺地山内のひずみ変化、トンネル断面の変形状態の測定を行いその結果について考察を加える。

実験 トンネル周辺地山の模型としては、セメントモルタル(水:普通ポルトランドセメント:細骨材=1:2:6重量比)でモルタル空中湿潤養生した $100 \times 100 \times 10 \text{ cm}$ の正方形板を用いる。そして作製時に、板厚中央部にゲージ長 12 mm の2方向モールド(抵抗線ひずみ)ゲージを $12 \sim 24$ ヶ所に埋め込んでおく。図-1に示すように、試験体の4辺に載荷枠をあて、その各々にP.C.鋼棒を通して、これを締め付けることにより、地山圧に相当する荷重をかける。トンネル土被り厚に相当する荷重として、上下方向に 70 kg/cm^2 、横方向には土圧係数(K) $\times 70 \text{ kg/cm}^2$ とする。この地山圧は実験期間(2/日間)中、常に所要の値を保つ。以上の荷重を無孔の試験体に載荷した後、実際のトンネル開削に類似させるため、トンネルに相当する半径 10 cm の上半円部に $10 \times 20 \text{ cm}$ の長方形を組合せた馬蹄形断面を開削する。開削の終了と同時にトンネル内壁面に、図-2に示すように、クラウン中央部、左右スプリングライン部、および底盤中央部にダイヤルゲージ($1 \text{ mm}/1000$ /目盛)を設置する。モールドゲージについては無荷重状態から各荷重状態ごとに、そして、ダイヤルゲージ設置時と地山クリープ開始時として、以後時間の経過とともにそれらの経日変化を測定する。

ロックボルトおよび実験種類 本研究の対称とするロックボルトは、実際に使用されているうちの全面接着型を想定し、ロックボルトに締め付け力を与えず、単に地山との付着による効果を期待するものである。そこで実験においては、地山との付着をよくするため全面ねじりボルト(径 8 mm 、長さ 70 mm)をロックボルト模型とする。トンネル開削後のボルト挿入は困難なため、地山試験体の作製時に所定的位置に埋め込んでおく。それらの位置は、上部半円部を8等分する9方向に各々2本/ 10 cm (試験体厚)合計18本を挿入する。本研究では、ロックボルトの挿入・非挿入、土圧係数(K)の違いによる影響をみるため、 $K=0.35$ ・ロックボルト挿入・非挿入の場合、および $K=0.25$ ・ロックボルト挿入の場合の3種類の条件の実験を行う。

実験結果および考察 図-2にトンネル周辺地山内のひずみ変化の一例をあげるが、測定結果から次のことが言える。トンネル壁面に平行な方向に位置しているモールドゲージの変化は、トンネル底部で、孔の開削により、無孔状態の圧縮ひずみから、急激に減少したひずみ値をとる。また他の部分は、開削によって圧縮ひずみは増加している。この変化は弾性的なものであり、これがトンネルを掘削するために生ずる地山内の変化を表わしている。

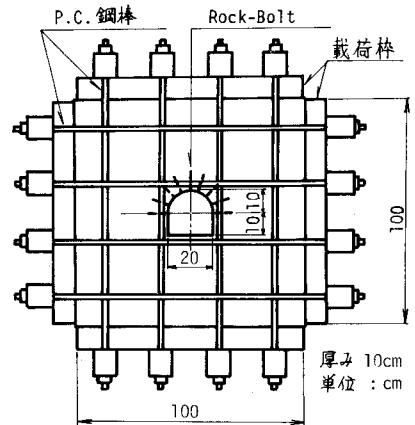


図-1 実験載荷装置

ここで、トンネル底部では盤ぶくれを生じて、圧縮ひずみが減少し、また時間の経過とともに引張に転じている。他では、圧縮ひずみが増加していることから、トンネル断面は収縮していくことが分かる。一方、トンネル断面の中央を中心とした放射方向に位置するゲージは、トンネル側壁部を除いては開削と同時に、換言すれば弾性変形時には圧縮ひずみが減少する。また、トンネル上半円部および底部では、ロックボルトの挿入・非挿入に関して、挿入している場合には経日とともに圧縮

ひずみが増加の傾向を示すが、非挿入では逆の傾向を示す。土圧係数による相違は、土圧係数が小さい $K=0.25$ では、特にクラウン部において引張ひずみが進展する。すなわちクラウン部付近では土圧係数が小さくなると引張破壊すると思われる。断面変形は図-3に示す様に、トンネル断面の上下および横方向の経日形状変化から、土圧係数0.35では、一時トンネル横方向で収縮現象をみせ、その後膨張に移行するが、土圧係数0.25では横方向の拘束が小さ

いため、以上のような変動はみせず単に左右に広がる。やはり土圧係数が大きいと、上下・横方向ともにトンネル断面の変形量は短期間で一定値に平衡する様相を示している。これらの実験からは単に地山との付着だけでロックボルトの効果は期待できるのは、軟弱な地盤を安定な地盤にあずける、いわゆる釣り下げ効果と、本研究では想定しているが、膨張性地山内にトンネルを掘削する場合、地山の膨張制御効果だけではなくと思われる。すなわち、本研究におけるようなある程度以上の強度を有する地山では、ロックボルトの締め付け力により積極的に地山にプレストレスを与えるとその効果は発揮されるが、今回の場合その効果はほとんど認められなかった。

*参考文献 藤井「トンネルのロックボルト」その1,4の2 昭和49.50年度中四国支部講演集、藤井・藤田「ロックボルトを設置した……」昭和51年度中四国支部講演集、藤井・藤田「逐次開削トンネル周辺地山弾性地山におけるロックボルト効果について」第32回土木学会講演集 Ⅱ-241

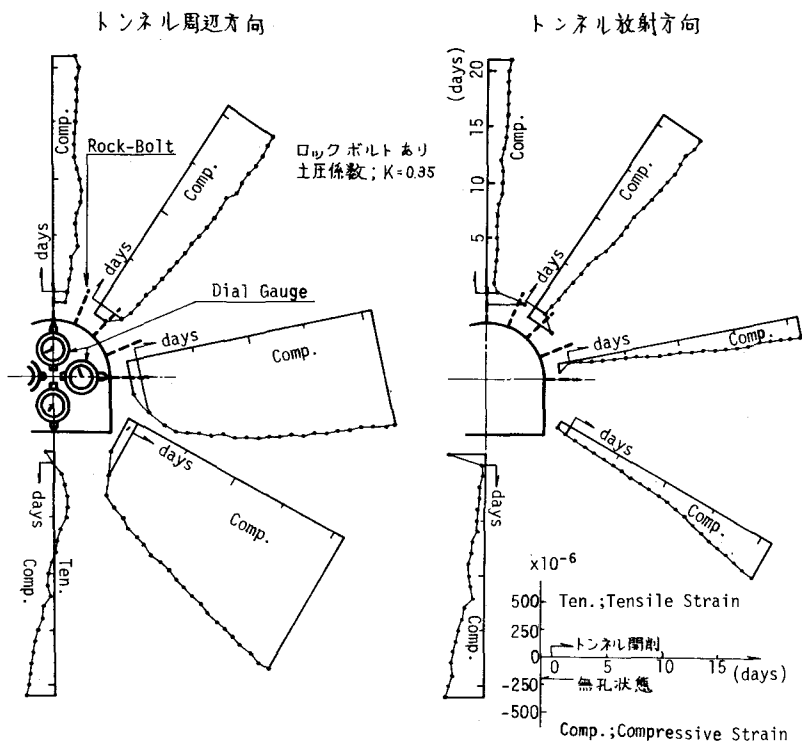


図-2 トンネル周辺地山内の経日ひずみ変化

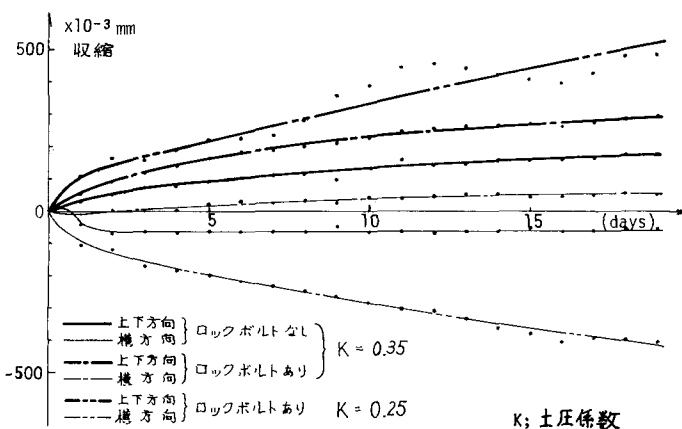


図-3 トンネル上下・横方向断面経日形状変化