

徳島大学工学部 正員 小田英一

1. まえがき: 軟弱な地山中にトンネル工事を行う場合, トンネル覆工に強大なる土圧が作用したり, 膨張性
地圧がかかることがある。この場合コンクリートブロックの可縮性空殻覆工構造として, ブロックとブロックと
の間になじみを良くするため緩衝材として松板材を挿入する工法があつた。また鋼製支保工で土圧を支持しても,
材料の可撓性の故にある程度変位をおこす。このような覆工または支保工が可縮性のときは土圧の緩和現象が
おこることが経験されている。この問題の基礎的研究として, 模型実験により土圧と覆工変位関係の研究した。

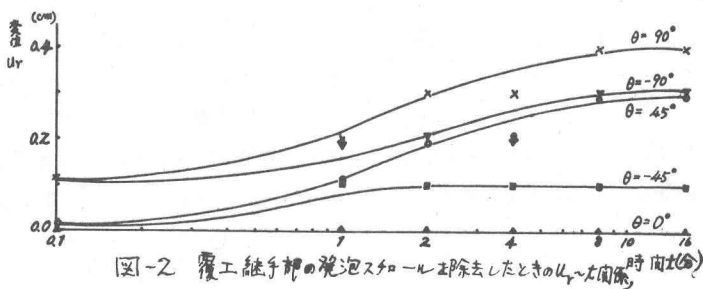
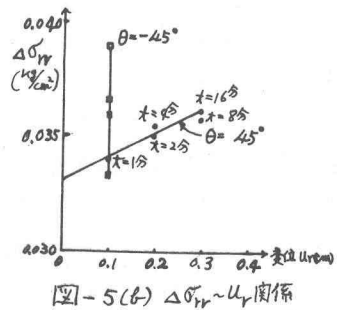
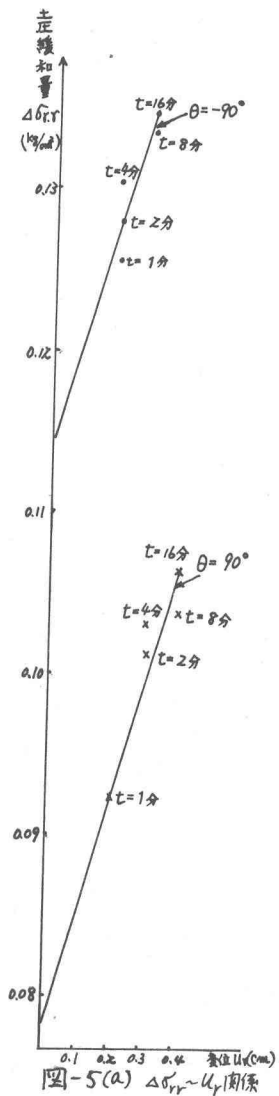
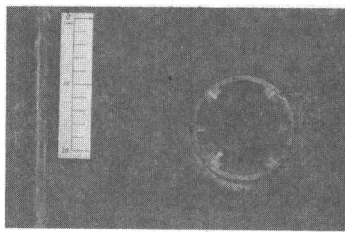
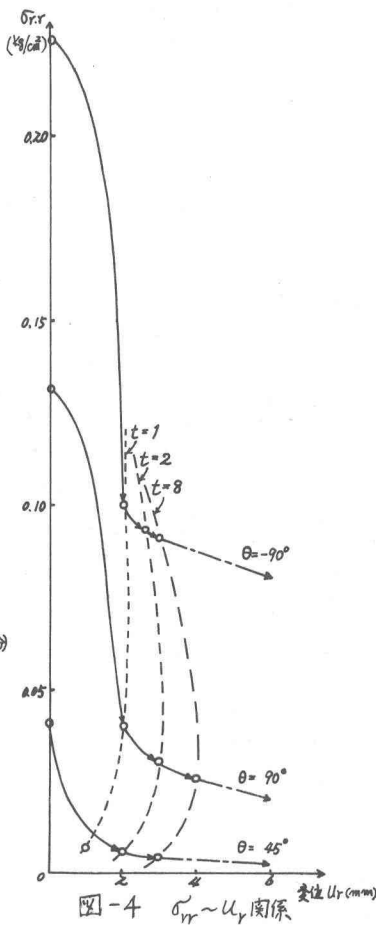
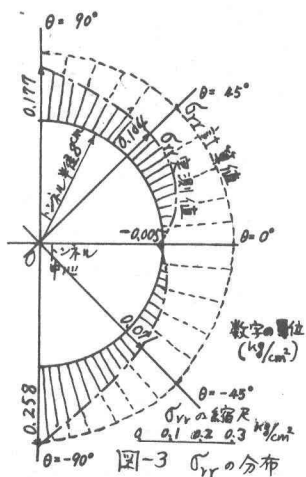
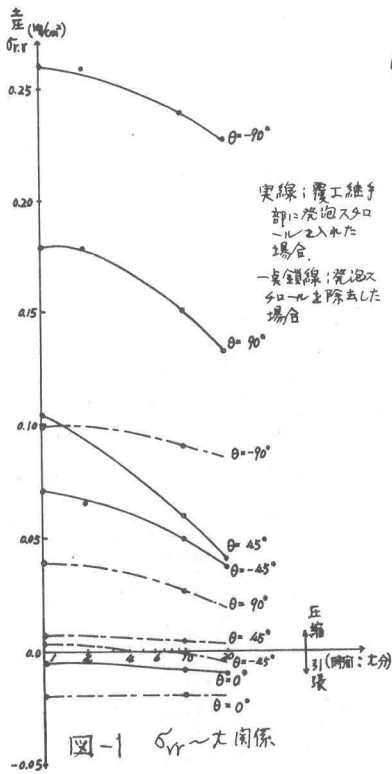
2. 模型実験の概要: トンネルの模型実験に用いた模型箱は $60 \times 10 \times 70 \text{ cm}$ の鋼製のもので, $60 \times 70 \text{ cm}$ の前面に
は硬化ガラスをはめている。後面の鋼板中央に直径 12 cm の円孔をあけ, 土材料を箱につめるときは蓋をす3構造
となつている。また蓋取り付け用ねじより土圧計のロード線を取り出すようにしている。地山としての土材料を
水で飽和させ模型箱に一定条件でつめ, 段階荷重をかけ, 最終荷重 $p = 0.845 \text{ kg/cm}^2$ で土圧を密し, 载荷には7日間
主要して地山材料を作つた。 $60 \times 70 \text{ cm}$ の面の中央に直径 16 cm の円孔を地山材料にあけ, これに写真-1に示す可
縮性覆工模型を挿入した。この模型箱の $10 \times 60 \text{ cm}$ の上面にトンネル土被り荷重として $p = 0.545 \text{ kg/cm}^2$ をかけた。

覆工の半径方向土圧測定には共和電業社製BE-2KCの小型土圧変換器(直径 3 cm)を用いた。実験として
は土被り荷重による可縮性覆工の半径方向の変位 U_r と半径方向土圧 σ_{rr} の測定を行つたのである。実験における圧
密してえられた地山用土材料はつぎのような性質である。 $L.L. = 40\%$, $P.L. = 28\%$, 粒度試験より砂 15% ,
シルト 69% , 粘土 16% で, シルト質ロー 40 土である。単位重量は 1.85 g/cm^3 , 含水比は $40 \sim 43\%$ であつた。

この土の圧密非排水三軸圧縮試験結果より, モーラー-ロンの強度常数は $c = 0.1 \text{ kg/cm}^2$, $\phi = 28^\circ$, $c' = 0.04 \text{ kg/cm}^2$,
 $\phi' = 38^\circ$ であつた。Brookerにより静止土圧係数 $K_0 = 0.95 \sin^2 \phi'$ を用いて, オアソン数 $m = \frac{1}{K_0} + 1 = 4.03$ となる。

3. 模型実験結果: トンネル模型実験における载荷分布荷重 $p = 0.545 \text{ kg/cm}^2$ の応力レベルでは, 地山材料の弾
性係数 E_x は Duncan, Chang の双曲線応力-ひずみ関係と応力に依存した材料の性質を再利用してえられる式より求
めると, $E_x = 6.6 \text{ kg/cm}^2$ となる。この载荷重のとき, 写真-1に示す可縮性覆工模型の継手部の溝に可縮性を与え
た発泡スチロールを入れたときの覆工に作用する σ_{rr} が時間的に変化する様相, およびこの荷重条件のまま発泡
スチロールを除去して, 土圧に対応して覆工模型が大きく収縮しう状態のときの σ_{rr} が時間的に変化する様相
を図-1に示す。このときの U_r の時間的変化を図-2に示す。なお図-3には $p = 0.353 \text{ kg/cm}^2$ が载荷された直
後の σ_{rr} の分布の実測値と, 理論より求めた計算値とを並べて示している。ただし θ は水平軸より時計方向の角を正と
して測つた角度を表わす。可縮性覆工模型の継手部の発泡スチロールを除去して, 覆工模型が大きく変形したと
きの U_r と σ_{rr} の関係は時間をおまづパラメータとして表わしたものが図-4であつて, 覆工の可縮性が甚しいと
きは σ_{rr} の著しい土圧の緩和現象が起つていことがわかる。

4. 考察: 図-3のトンネル覆工土圧 σ_{rr} の分布をみると, 計算値の σ_{rr} と実測値の σ_{rr} を比較して, $\theta =$
 90° と $\theta = -90^\circ$ の位置ではその値が近似しているが, その他の位置では実測値の方が小となり, $\theta = 0^\circ$, $\theta = 45^\circ$,
 $\theta = -45^\circ$ では実測値は計算値より相当小となつてゐる。これは模型箱の左右の大きさが有限である条件が入り,
水平方向の土圧があまり発生しなかつたためと考えられる。図-5には可縮性覆工模型の発泡スチロールを除去
して, U_r を大きく発生させた値と土圧の緩和量 $\Delta \sigma_{rr}$ の関係を示しているが, $\theta = 90^\circ$, 45° , -90° の位置とし
 U_r と $\Delta \sigma_{rr}$ の間には線形関係があることがわかつた。 $\theta = -45^\circ$ では U_r の変化はないが, 土圧緩和は生じてい
る。これは前述の模型箱の左右の有限の条件が影響したものと考えられる。



- 参考文献
- 1) Proc. of A. S. C. E. Vol. 96 No. 5MS, Sept. 1970, p. 1635
 - 2) 小田英一: 「軟弱地中のトンネル土」 土木学会中国支部第13 年同門会発表資料, 昭36-11-8