

筆者は粘土中に埋め込んだアルミボルトに関するモデル実験を行ない、粘性地山中のロックボルトの軸力、地山の变形等について報告したが、この実験はトンネル周辺の条件を単純化した場合であり、さらに詳細な研究を行なうためトンネルモデルと一体になったロックボルトのモデル実験を考え、寒天モデルを用いた実験を行った。写真-1は寒天モデルをボルトで補強した場合の破壊の例であり、小さな引張強度のためボルトを挿入する程、破壊が早期にまた深く発生する。この疑問点を解決するためにより破壊するモデル材料の開発とその実験を行ない、ボルトの補強効果を調査することとした。本研究はトンネル縦断方向に鏡に水平打ちされるロックボルトの補強効果について行なった実験であり、種類は未補強、ボルト長さ1cm、10cm、6cmの4種類である。

実験の方法：おがくすり入り寒天モデルを用い図-1に示す巾700、高さ600、厚さ100mmのおがくすり入り寒天供試体の中央部に高さ120、長さ350、厚さ100の空洞を製作した。空洞は一部は支持、鏡に近い部分は無支持である。支持部はその力を測定する。供試体を水平な状態で実験準備を終了した後、回転し鉛直な状態に置き寒天モデルの自重の影響を与える。さらにモデルの上面に10kgずつ載荷する。歪ゲージによるボルト軸力、空洞支持力の測定と各荷重時の写真撮影を行なう。

実験結果：図-2は支持装置A～Gの測定結果であり(a)は $l=21$ 、(b)は未補強の場合である。 $l=21$ cmの場合にはいづれの荷重の場合にも圧力が一様に増加しモデルが弾性的性質を保有していることを示している。未補強の場合には $P=20$ kgまでは一様な増加であるのに対して30kgからAの圧力が急増し40kgで最大になり50kgでは減り(Bは増加)している。これはAの部分の寒天が破壊し圧力が後方に流れることを示したものである。

図-3から荷重の増加とともに軸力が有効に発揮され、鏡の押し出しを防止しており、さらに鏡を吹付けコンクリートとボルトで一体化することによりその効果が十分に活用されることを暗示している。

写真-3から未補強の場合30kg載荷時に下端のより破壊が急激に内部に進行し鏡を押し出す。写真-4( $l=21$ cm)では50kgにおいても破壊しない。写真-5( $l=6$ cm)では30kgで破壊せず、50kgで鏡の上下端から徐々によりが進行する。写真-6、-7は破壊部の拡大写真である。

図-5は鏡に作用する土被り圧 $P_v$ と鏡の平均ひずみ $\epsilon_m$ の関係である。図の結果は(i) $l=21$ cmでは50kgまでは弾性状態、(ii) $l=10$ cmでは40kgまでは弾性的、50kgで流動化する、(iii)未補強では30kgで急激により破壊により鏡の歪が解放されていること、等を示す具体的資料である。

結論：軟弱な粘性地山においてもボルトによる鏡の安定化が可能であることをモデル実験により明らかにすることができた。また鏡の安定化に対してボルトの

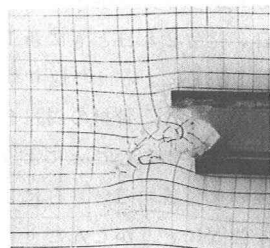
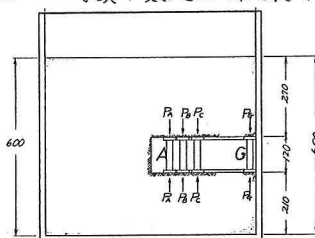
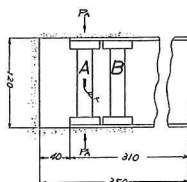
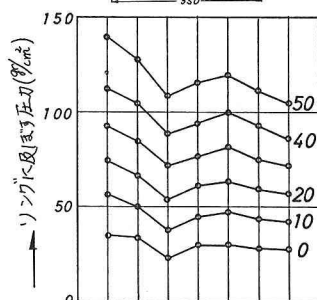


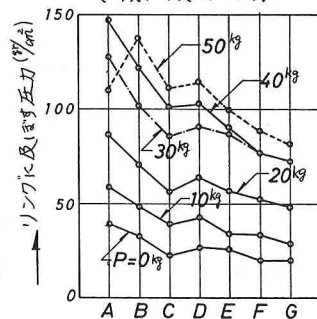
写真-1: 寒天モデルの破壊例

図-1  
装置の概要

(a) ボルト長さ21cmの場合



(b) 未補強の場合



リングA～G

図-2: リングA～Gに作用する圧力

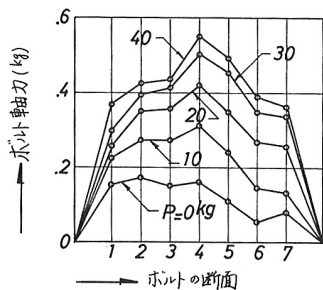


図-3: ボルト軸力の分布( $l=21\text{cm}$ )

長さが大きく影響することも示すことができた。なお未だ実験資料が不足ではあるがボルトの存在による破壊の状態の変化を求めることも可能と考えられる。

従って軟弱な粘性地山をロックボルト、吹付けコンクリートで補強する場合のモデル実験としておがくすり寒天モデルの適用が可能と考える。

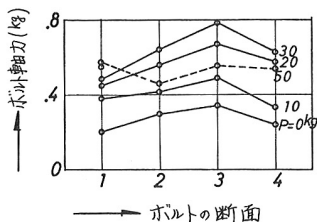


図-4: ボルト軸力の分布( $l=10\text{cm}$ )

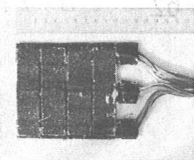
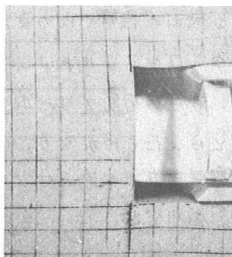
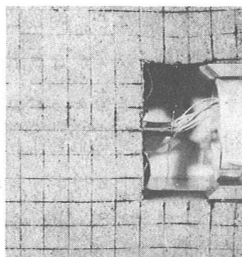


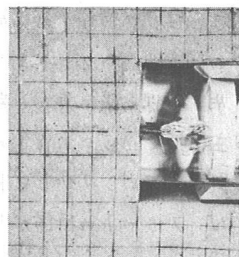
写真-2 ボルトレジン ( $l=10\text{cm}$ )



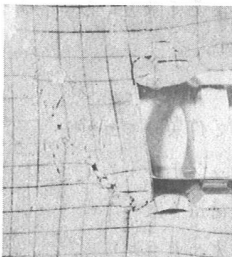
3-(a)  $P=0\text{kg}$



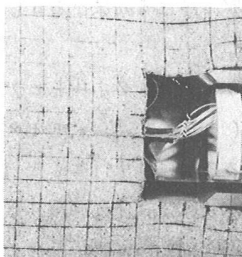
4-(a)  $P=0\text{kg}$



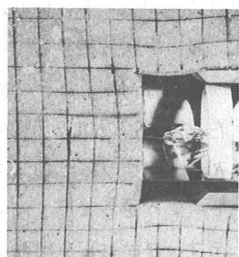
5-(a)  $P=0\text{kg}$



3-(b)  $P=30\text{kg}$  破壊発生



4-(b)  $P=30\text{kg}$



5-(b)  $P=30\text{kg}$

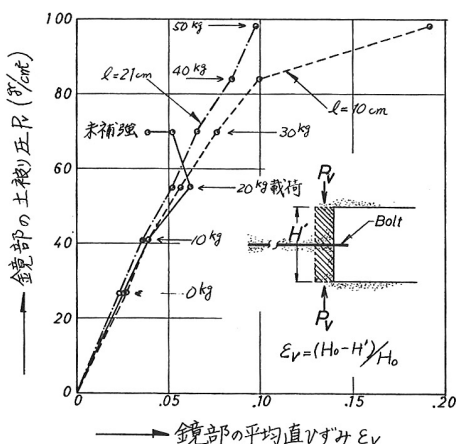


図-5: 鏡部の土被り圧と直ひずみの関係

#### 参考文献

- (1) 安井将文「粘土中のロックボルトの補強効果に関する実験と考察」トンネル地下 Vol. 11, No. 6, 1980年
- (2) 安井将文「寒天を用いたトンネルモデルによる周辺地山の破壊実験」明星大学研究紀要-理工学部-第17号, 昭和56年
- (3) 安井将文「粘性地山におけるロックボルトの作用に関する模型実験と考察」トンネル地下, Vol. 13, No. 10, 1982年

写真-3 未補強空洞の場合

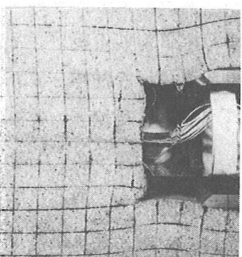


写真-4:  $l=21\text{cm}$ で補強

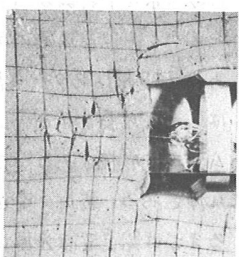


写真-5:  $l=6\text{cm}$ で補強

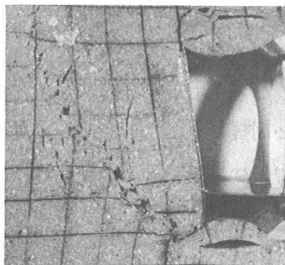


写真-6: 未補強の場合の鏡のすべり

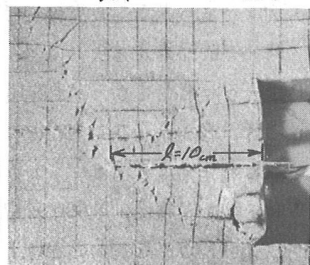


写真-7:  $l=10\text{cm}$ の場合のすべり破壊