

明星大学 正 安井将文

まえがき：筆者は粘性地山中のロックボルトの作用効果を求めるため、粘土中のボルトの軸力測定を行い、ボルトの軸力分布を求め、ロックボルト軸力分布に及ぼすベアリングプレート^{文献(1)}の効果、ボルトの締付けの効果等について実証的研究を行った。また粘土を寒天材料に置換したモデルを用いたボルト付き^{文献(2)}落し戸に作用する圧力と落し戸の垂直降下変位を測定する実験を行い、粘土中のボルトの効果^{文献(2)}を数量的に示した。

これらの研究結果を踏まえ、具体的なロックボルトの有効な施工法を研究するため、筆者は軟弱な地山もしくは土被りの大きな泥岩を対象としてこれらの地山中にトンネル掘削する場合のトンネル周辺の破壊領域を解析するモデル実験を行い、さらにロックボルトを施工した場合の実験を行い、吹付けコンクリートに及ぼす地山の圧力または、ボルト端部(吹付側)の軸力の測定及びトンネル周辺地山の变形を求める実験を行った。今回の報告は実験の概要と材料の製法及び、この実験結果についてまとめたものである。

実験の概要：実験の方法は図-1に示すごとく円形空洞を製作するため外径164^{mm}、高さ100^{mm}の塩化ビニールパイプを型枠の中央にセットし、寒天を流し硬化させ、硬化後空洞及び空洞内の寒天を取り除き空洞を完成させる。完成後、変形状態、破壊状態を観察できるように、寒天

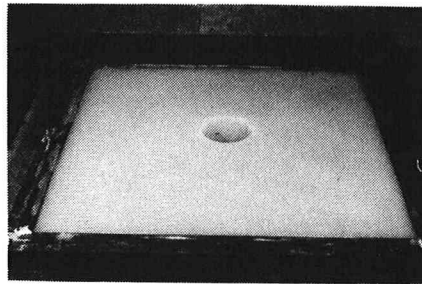


写真-1: 硬化後の供試体

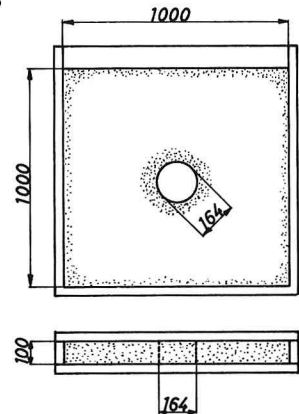


Fig-1 Model of Agaragar

の表面に格子縞を描く。またボルトの存在する場合には、ボルト周辺の吹付けコンクリートに及ぼす地山の圧力を測定するための装置もセットする。この準備の完了した供試体を回転し垂直な自重の場に置く。写真-1は寒天の硬化した時点での供試体の状態である。

寒天モデルの製法：寒天材料として粉末寒天(赤川理化学K.K)を用い、その濃度は実験の目的により異なるが、1.0~2.0% (重量比)である。図-1に示された寒天供試体(1000×1000×100^{mm})に必要な寒天の体積は110ℓであり濃度1%の場合に必要な寒天は1110gである。

粉末寒天を所要の水に加え、加熱し、95℃以上で10分間以上煮沸し攪拌を行う。注型及び硬化後の実験室の環境条件は湿度90%以上、温度15℃の定常状態としている。写真-2は流し込みの用意の完了した型枠の1側であり、寒天は型枠の上方から流し込む。寒天の流し込み温度は50~55℃である。流し込み完了後、温度15℃で48時間冷却硬化させる。

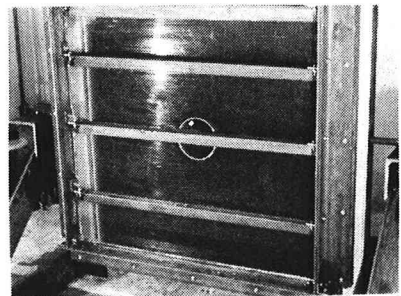


写真-2: 流し込み型枠

円形空洞モデルを製作するため硬化後型枠を水平にし、寒天上面の枠を取りはずし、空洞を形成する塩化ビニールパイプ(外径164^{mm})とパイプ中の寒天を除去し空洞を完成させる。ボルト及び吹付けコンクリートモデルの存在する場合には圧力測定用リングの設置を行い、作動状態を確認する。寒天と型枠(左右側面と底面)の摩擦を小さくするため、硬化後接着した面を一度はがし改めてセットする。また型枠は摩擦を小さくするため、全ての面に塩化ビニール板(厚さ1^{mm})を型枠に接着した。寒天の上面に変位、破壊面の状態を求め易くす

るため水平及び垂直な直線による格子縞を描く。これら準備終了後 寒天の上面に $1100 \times 1100 \times 10^{-3}$ のアクリル板(透明)を当て、供試体の平面ひずみ状態を保持できるようにアクリル板を外側から補強する。写真一は以上の準備の終了した水平状態にある供試体である。

寒天の性質：寒天の材料特性を調査するため一軸圧縮試験、三軸せん断試験(UU)を行った。

一軸、三軸の供試体は $\phi 50^{mm}$ 高さ 10^{cm} である。これらの結果から一軸圧縮テストにおける応力-歪曲線を図一に三軸試験結果を表一に示す。

Table-1: Results of triaxial shearing Test

	σ_1 (kg/cm ²)	σ_3 (kg/cm ²)
1	0.359	0.25
2	0.620	0.50
3	0.881	0.75
4	1.132	1.0

$$\mu = 1.0\%, \sigma_g = 130\%, \sigma_c = 30 \sim 40\%, \varphi = 0^\circ, C = 50\%, E = 400 \sim 900\%$$

実験結果：写真一は素掘り円形トンネルの破壊の一例である。破壊は側壁部の局所破壊と内部に進行する引張破壊が現われている。写真中の白い線がせん断破壊面である。せん断破壊面の交差した側壁部のブロック状の押し出し破壊が確認される。写真二は側壁部にボルトを挿入し、ラバーボルトにより側壁部を補強した場合の実験例である。

写真一(a)は直立後載荷し、空気圧を発生させた状態で破壊は発生していない(ボルト軸力、図一三、A点)。写真一(b)は、左側に破壊が進行した状態(ボルト軸力、図一三、B点)。写真一(c)は、側壁部が完全に破壊した状態を示したものである。図一三にこの実験から得られたボルト端部(内空側)に作用するボルト軸力の例を示す。

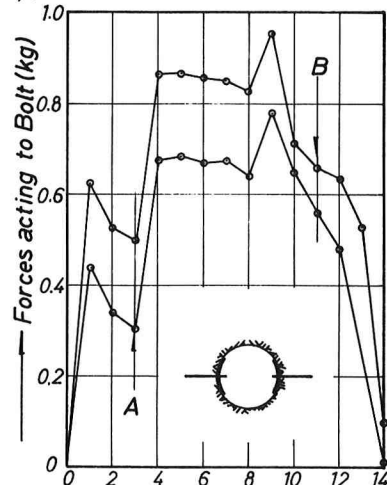


Fig-3: Forces acting to Bolt

参考文献

- (1) 「粘土中のロックボルトの補強効果に関する研究」 トンネルと地下 Vol. 11, No. 7 安井将文
- (2) 「寒天中のボルト付と岩に作用する圧力の測定」 第34回土木学会年次学術講演会 講演概要集(国) 安井将文

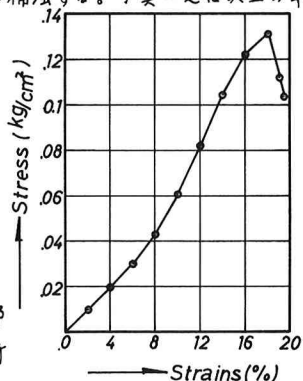
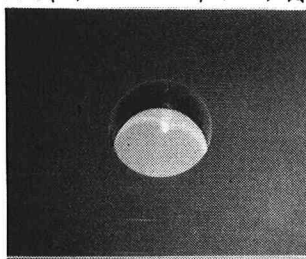
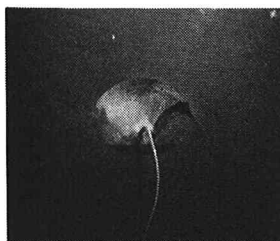


Fig-2 Stress-Strain Curve



3-a



3-b

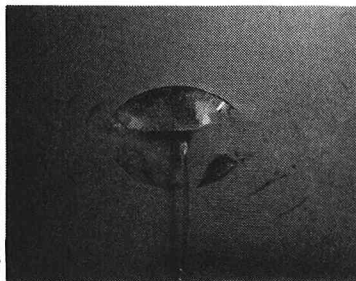
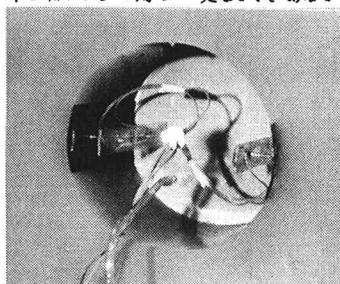
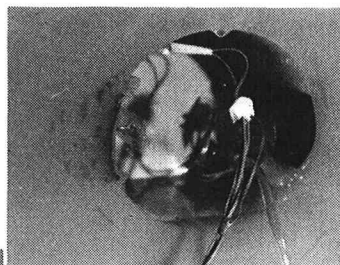


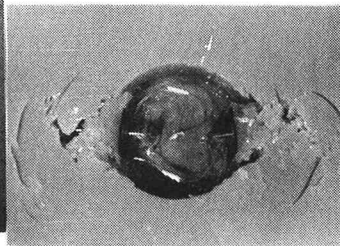
写真-3: 素掘りトンネルの破壊。



4-a



4-b



4-c

写真-4: 側壁部補強の例。