

東京電力・猪苗代電力所
土木技術検討資料

TEXT

②

トンネルの破壊機構とロックボルト効果

概 説 書

昭和 63 年 9 月

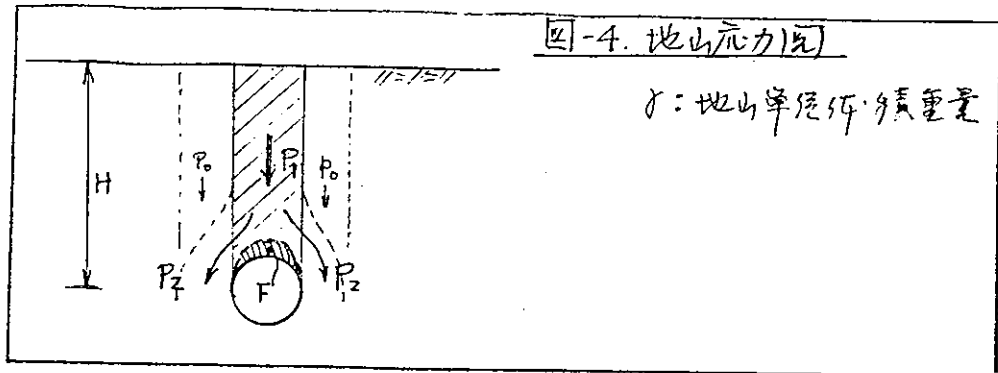
日本工営(株)地質部

千 田 正 雄

① トンネルの変状と応力の関係の解説

トンネル変状形態を理解していただくために、一般的トンネル変状のメカニズムについて概説する。

a). 土被りのあるトンネルの応力と変状形態。

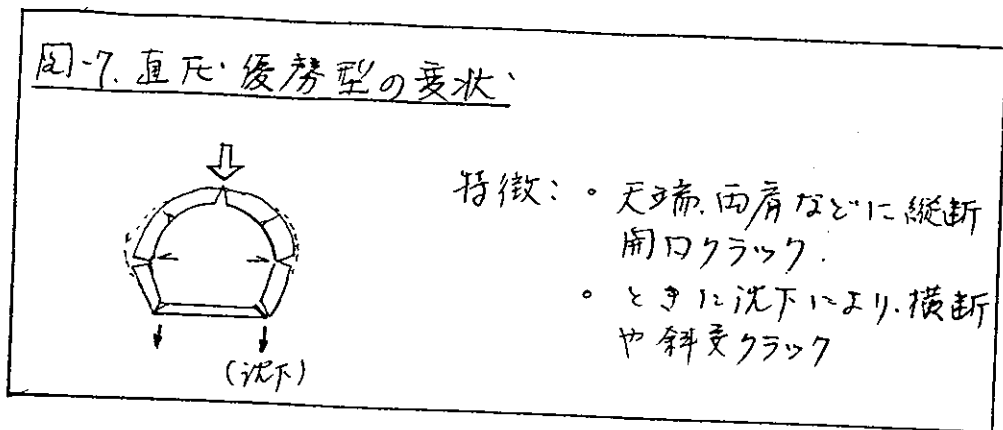


- 1) トンネルが建設される前は、この地点の地山応力は、
 $H \cdot \gamma = P_1$ である。
- 2) トンネル掘削により、 P_2 なる応力の反力が除去されてこの応力の作用圏が失われ、 P_1 は必然的に P_2 に転移される。
- 3) トンネル側壁には、トンネル掘削前から $H \cdot \gamma$ の作用応力があったものに P_2 が加算される。
- 4) 側壁の圧縮応力が不足すれば、側壁が圧屈破壊する。

((* 側壁岩盤圧縮強度 σ_c と、 $H \cdot \gamma$ の比を地山強度比 (γ_n) とし、地山が安定するには、小断面トンネルで $\gamma_n \geq (\gamma_n = \frac{\sigma_c}{H \cdot \gamma})$ 以上を必要とし、大断面では、4 程度以上を必要とする。))

図-6において、地盤が粘土のようなφのない地盤では、 P_1 なる応力を支持するのは P_2 なる地山剪断力であり、φのある地盤では P_2' である。

この形態のときは、一般に P_1' よりも P_1 の応力が優劣となり、直圧優劣型の変状となる。

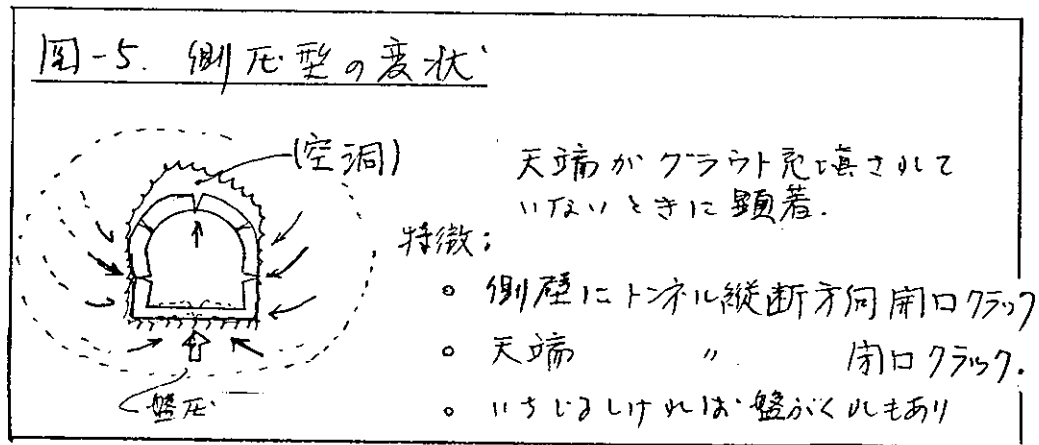


その他、直圧、側圧とも大きく両者に分割困難な複合型もある。

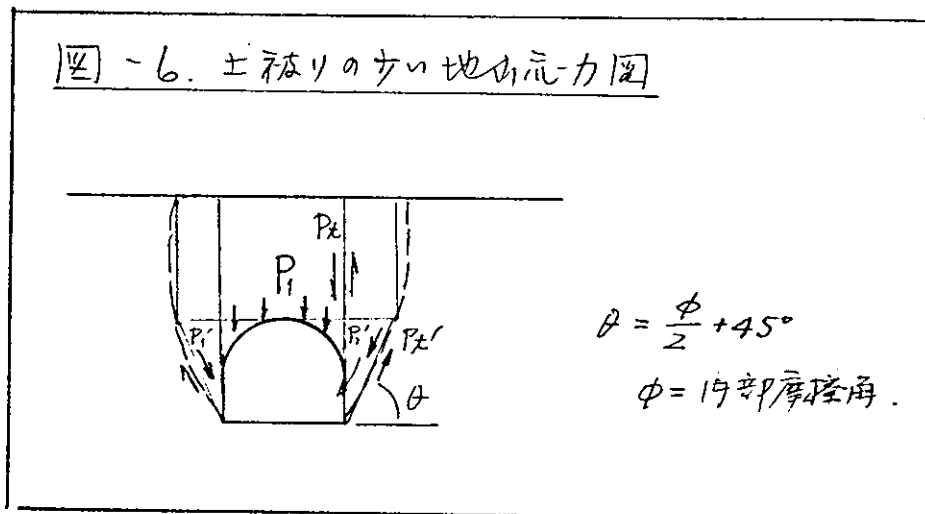
両者とも、当然であるが、トンネル断面が大きくなれば、応用応力が大きくなり不安定になる。

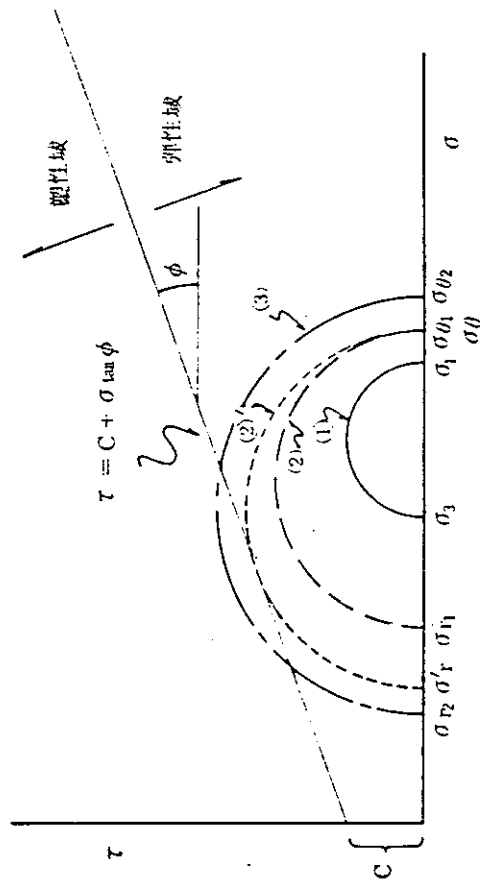
ホ) 1)~2) のメカニズムの中で、図-4の Fの部分
 分は、側圧不足になりセ=断強度が低下し、その部
 分の自重よりも、地山の引張り強度が不足(割れ目など
 より)すると落盤となる。

以上、a)の形態のときは、天端からの垂直応力より
 も側方応力が優勢となって、側圧優勢型(図-5)の
 変状が発生する。



b). 土祓りの少ないトンネルの応力と変状





(2)の状態での毀系安全率 S, F②

$$\left[S, F(2) = \frac{\sigma_{h_1} - \sigma_{r_1}}{\sigma_{\theta'} - \sigma_{r'}} \right]$$

図-8 モール・クーロンの破壊基準

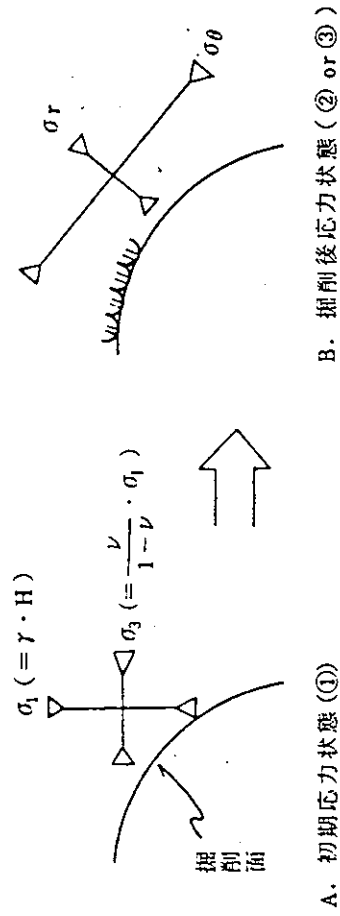


図-9 トンネル掘削時の周辺地山の応力変化概念図

昔のトンネル工法

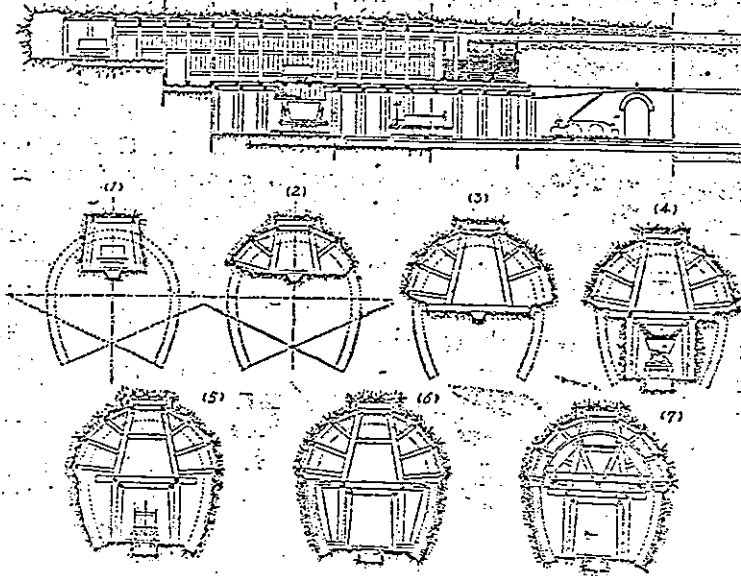
古典的トンネル工法 (資料, 小林榮朗; 隧道工学 1934より)

第5節 日本式掘鑿法

此の方式は第1節2に述べた方法で頂設
導坑内へ轉, 矢板, 撐及び撐柱を施し, そ
れに就いて丸形を掘鑿して一の撐及び二の
桁を入れて假りの杖梁を支へる。次に中管を掘鑿して大引を敷き, 撐柱を大立と繋り替へ, 三

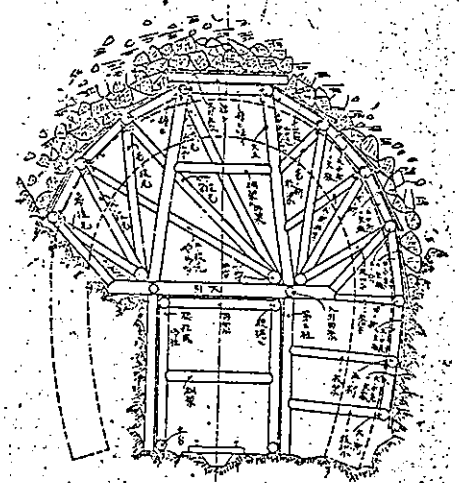
①

第 292 圖 管子径道に於ける日本式掘鑿順序



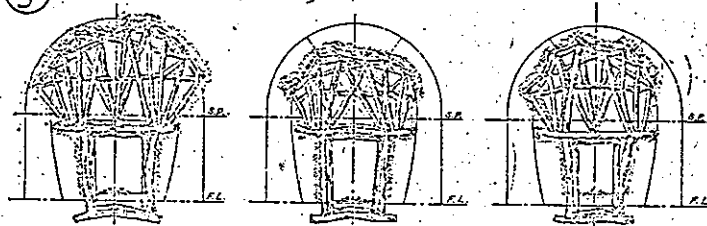
②

第 205 圖 側掘鑿の場合の支保工

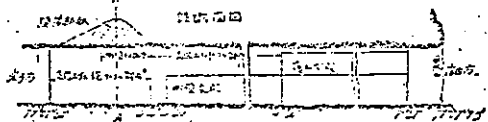


③

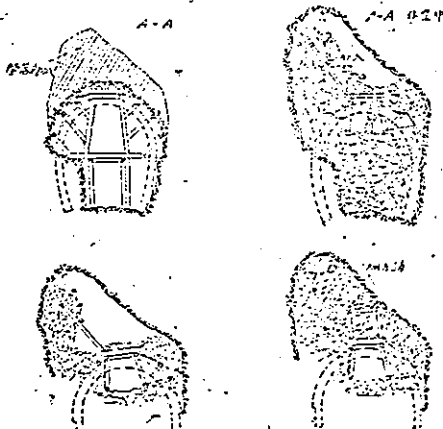
第 337 圖 折換段支保工掘鑿段形の狀態



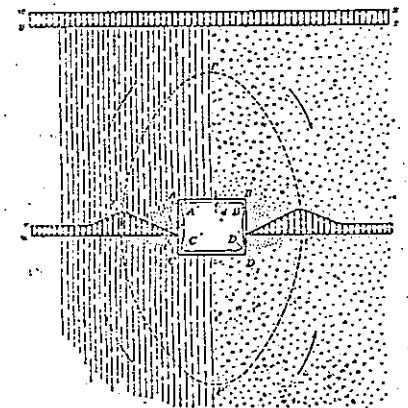
第 397 圖 第 2 法利發造山圖工



④



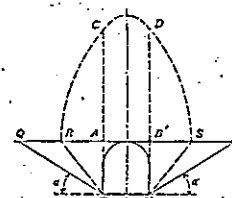
第 231 圖



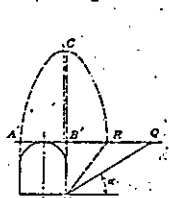
第 232 圖



第 233 圖

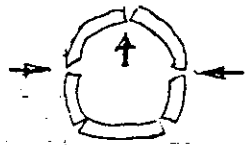


第 234 圖



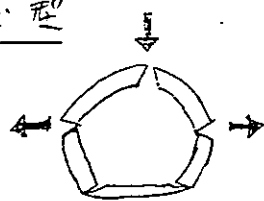
トンネルの変状クラックの原因と変状形態

側圧型



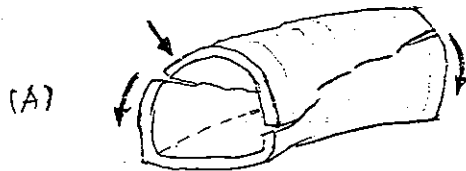
土かぶり比較的太く天端に空洞残しているときなど

直圧型



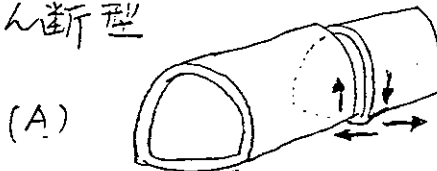
土かぶり薄く軟質地山のときに多い。
(圧座ありときもある)

ねじれ応力型

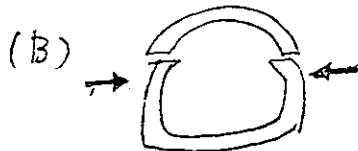


直圧型と側圧型の交換部および地すべり、不平等沈下

せん断型

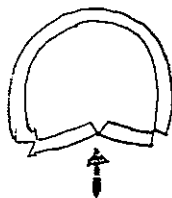


地すべり、不平等沈下



側圧型の応力時、天端コンクリートが強くて空洞が存在しないときなど。

盤圧型



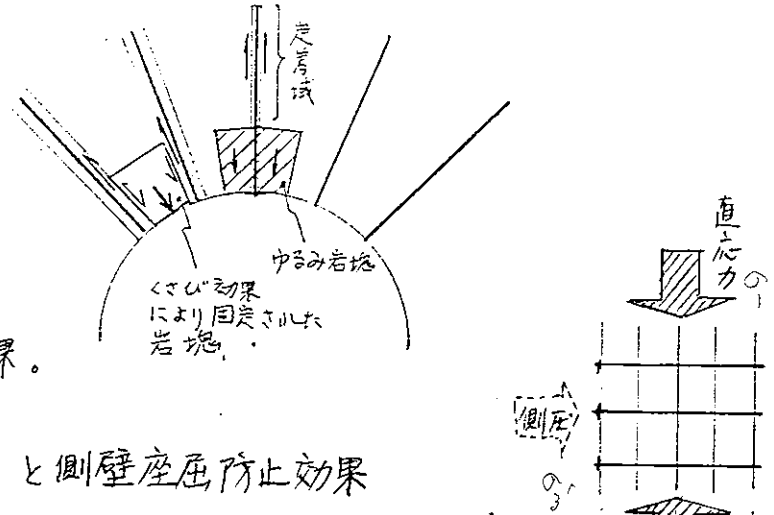
地山が盤ぶくれや、外水圧により押しあけられている。

その他、はらみだし(放射クラック)、はく離、はく脱 などある。

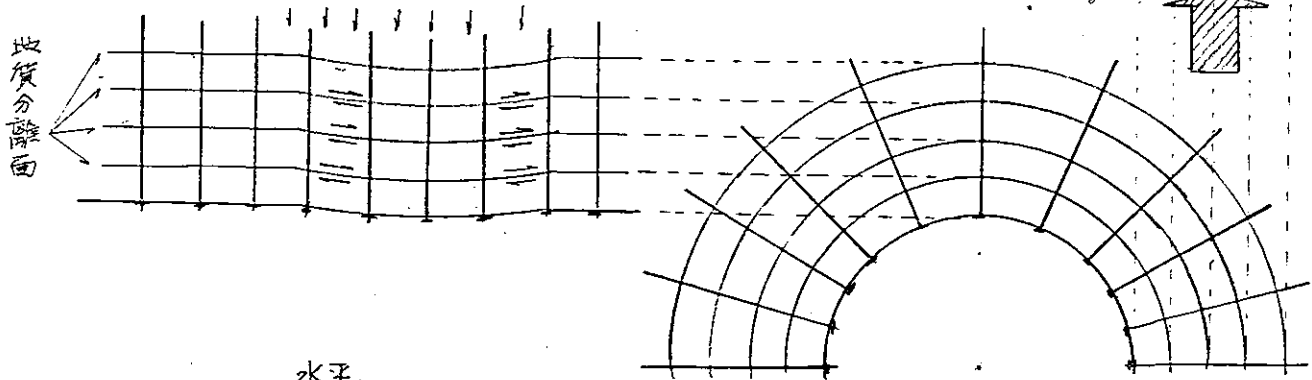
② ロックボルトの効果の解説

1) 吊下げ効果と楔効果

ゆるみ岩塊と定着域の強度で吊下げる効果。ボルト間の岩塊がくさび効果で抜け落ちが抑制される効果。



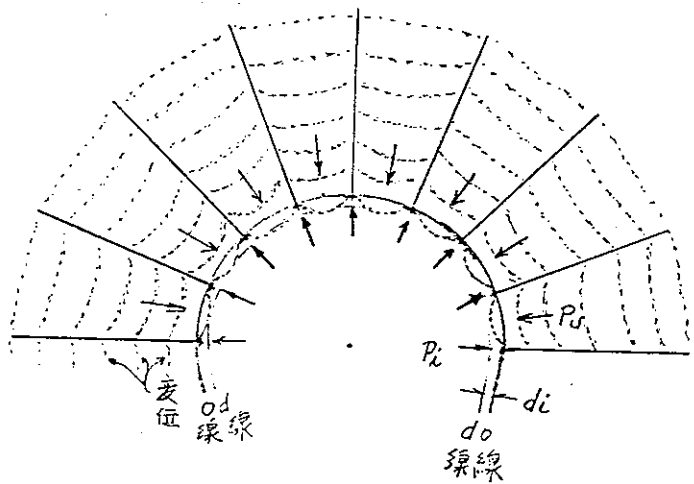
2) 梁の形成効果 (縫付け効果) と側壁座屈防止効果



地質の分離面が層状と仮定したとき、ボルトの縫付け効果で岩層が一体化し、桁高の大きい梁が形成されて支保効果を発揮する。垂直層状に対しては、側圧効果を発揮して、側壁のはらみ出しを防止する効果を発揮する。

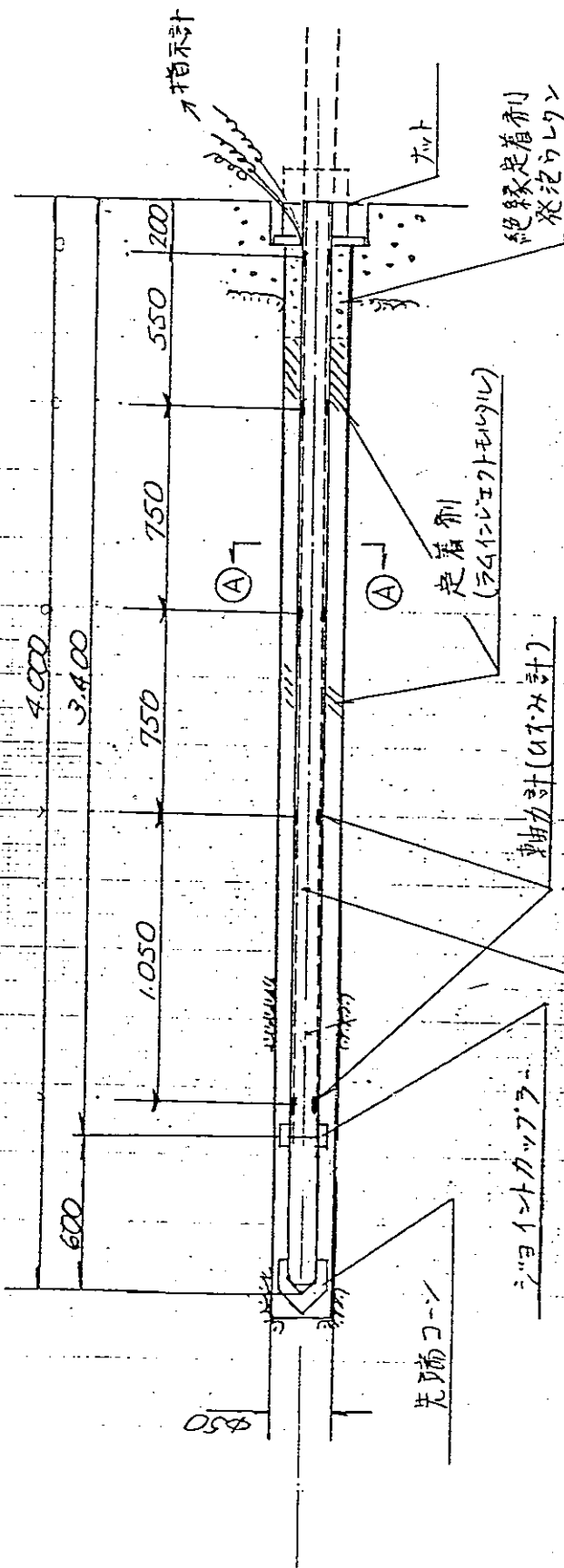
3) アーチ形成効果

トンネル周辺に近づくにしたがい地山のゆるみ変位が大きくなるがこの変形差を抑制固定化することにより、トンネル周辺部の岩盤自体が支保効果を発揮する。



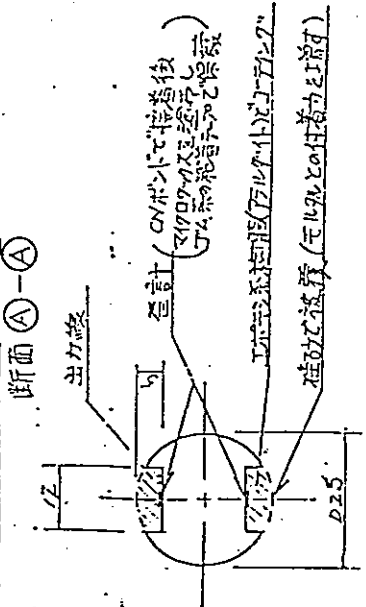
ロックボルト軸力計設計図

ロックボルト軸力計
 $L=4,000$ (3,400+600)
 5点用, 本数 6本



全ネジ 異形棒鋼 $\phi 25$ SD35

ボルト種断面図



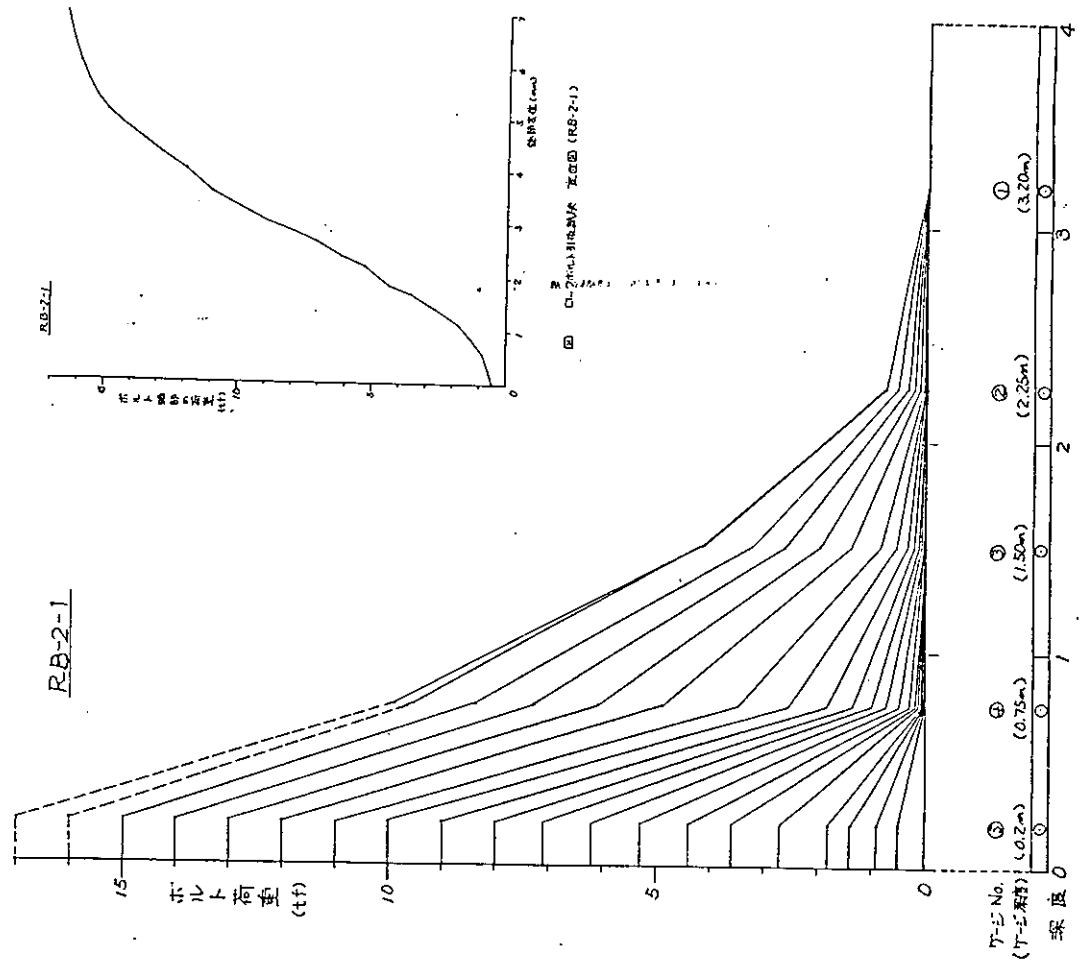
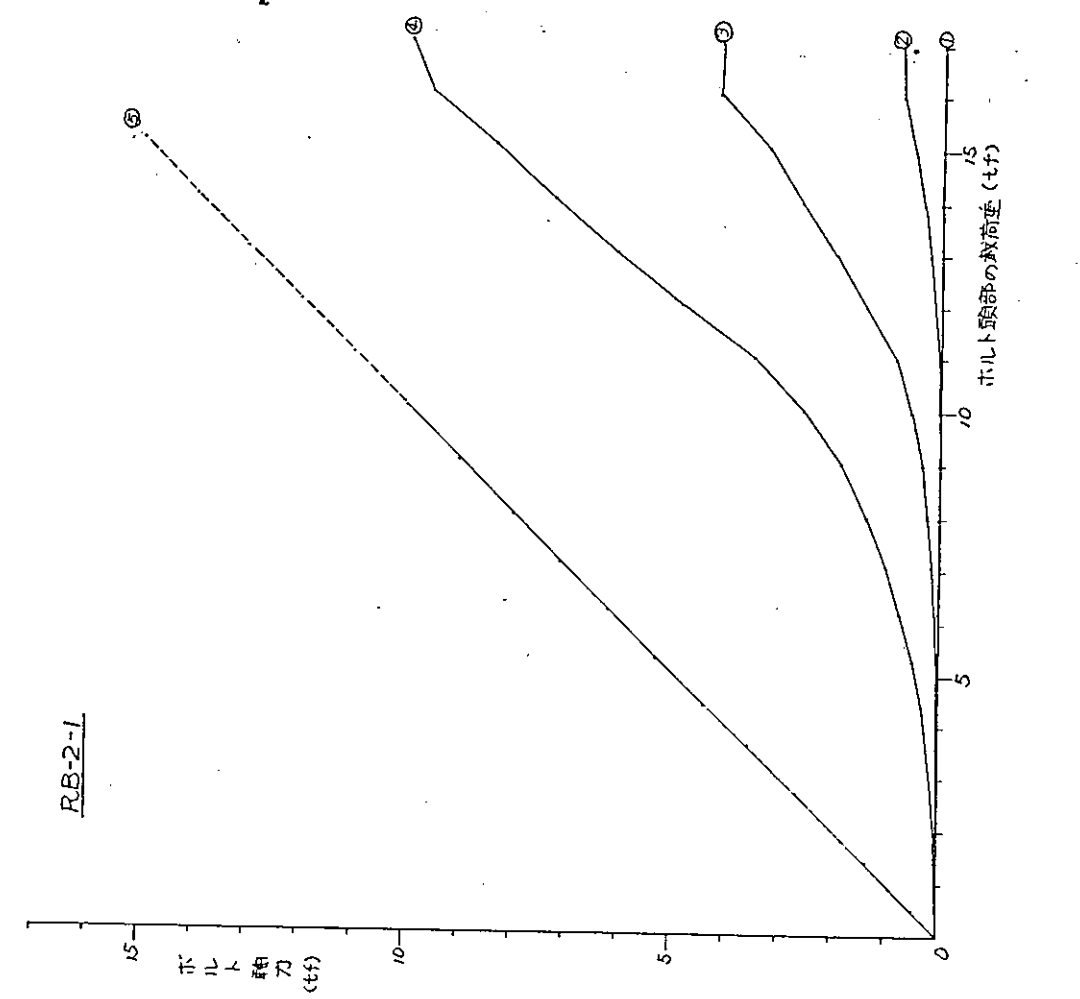


図 軸力測定結果 (RB-2-1)