

# 坑道の狭小化および崩落防止のための調査と考え方

樋 口 誠 一\*

## How to Prevent Convergence and Fall in the Gallery.

Seiichi HIGUCHI

### Abstract

Various causes of convergence of the gallery were pursued, and the methods for reasonable supporting determined by investigations on the strata around the gallery were described. The counter measure to prevent fall of rocks in a roadway was also discussed.

#### 1. 坑道の狭小化と崩落防止のための一般論

○坑道の狭小化は坑道開坑による1次地圧または払いの接近による払いの1次地圧との和で周辺岩層が破壊され、その破壊範囲内および周辺の軟弱岩層が自重で開坑部へ沈下動きを生ずることによって生じる。

○狭小化速度はこの動きの範囲内の岩層の強度が小さいほど（すなわち破壊量大または含水粘土化の如く自身軟弱）動きの速度は大である。

動きは開坑表面部より漸次周辺に拡大するもので最初は破壊による膨脹力と表面近くで動きは大であるが動きの範囲が遠ざかるに従い漸減する。なおこの漸減度は岩層強度が大なるほどすみやかである。この後も破壊が続けば、特に開坑表面部で生じれば動きは続く。○坑道表面でこの動きを抑制した際の荷重量は動きの速度が大なるほど増加荷重量は大でついでには動きの範囲内全荷重量となる。払いによる破壊動きの範囲は地表に至るので払いの接近により増大し片盤坑道の如きはついでには払内に含まれ払い跡の動きと共に動くので地表からの全荷重量となる。

坑道支柱による抑制荷重量は1次地圧量でなく2次地圧量である。

a. 動きの範囲の大きさを少なくするには（抑制荷重量を少なくするには）

- i. 岩層強度の大きい所を選ぶこと。少なくとも下盤岩層だけは強度大であること。なお将来共水風化で軟化のおそれの少ない所を選ぶこと。(Fig. 1.)
- ii. 1次地圧量を少なくすること。坑道のみの方は少ないが払い接近する時は非常に増大する。それ

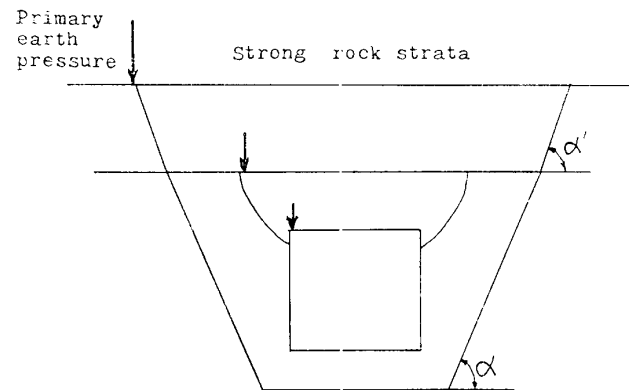


Fig. 1. Range of fracture zone.

で払い接近時は接近による増加地圧量を少なくすること。払いとの間隔を大とすること。払い跡の1次地圧量が少なくなると後開坑すること。払い自身の1次地圧量を充てんで少なくする等の処置を考える。

b. 狭小化動き量を少なくするには（抑制荷重量の増加量を少なくするには）

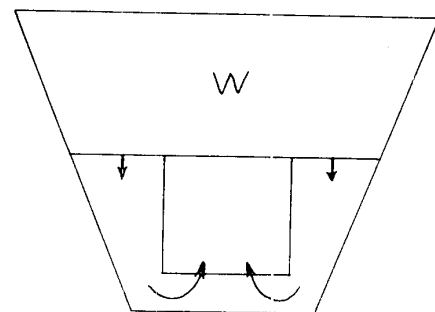


Fig. 2. Mechanism of producing the load in a gallery.

\* 資源工学教室

- i. 岩層強度を大とする。(1次地圧で破壊されても破壊量が少なく強度大であること)。岩層が含水粘土化し難いこと。  
○亀裂破壊時は自己の加圧強化と相いまってすぐ落ち付く。特に下盤岩層強度は大であること。これが動くとなればこれがもとで坑道周辺全体が動くこととなる。
  - ii. 払い跡天井の動きと共に動かさぬこと。坑道下部を払うとその動きと共に動く。特にその破断角内は乱れが大となる。片盤時は充てんで完全に払と隔離すること。
  - iii. 坑道表面からできるだけ荷重に勝つ強度で抑制すること。
- c. 崩落させないためには** (坑道崩落は表面からの部分崩落のみである)。
- i. 新たに破壊させないこと。破壊は掘進当初または払い接近時でその後は表面から水または風化で軟化した際に生じる。また破壊は1次地圧の集中点および2次地圧の引張り点で生じるので軟弱岩層の時はアーチ型がよく堅硬時は四角でもよい。
  - ii. 動きにより表面の破壊岩層をゆるめないこと。できるだけ強く動きを抑制するがよい。また水で亀裂間の摩擦力を小とするので水は切るように努める。
  - iii. 死荷重化部は完全に支持して漏らさないこと。かりに動く際でもそれだけは常に支持して動くこと。
  - iv. 水抜きにより比重差を生じさせないこと。

## 2. 坑道の調査と考え方

坑道は各所で状況変化を生じるので、その場その場で次の調査と考え方を行ない適正支柱を施すべきである。

- a. 柱状図の作製** (全体略図：天井5m下盤2m間の精密図) と各岩層強度の測定
- i. 地表からの深さ：1次地圧の略算。
  - ii. 過去の払い跡とその採掘時期：1次地圧の減量と直上岩層の軟化度の推察
  - iii. 含水層：坑道開坑時およびその後の湧水の状況 (特に断層払跡付近) の推察。
  - iv. 直上5m間の岩層の状況とその強度 (亀裂の状況破壊後の状況) および水による軟化：破壊範囲の大きさ死荷重化部の大きさの推察。
  - v. 直下2m間の岩層の状況とその強度および水による軟化度：盤膨れ発生範囲と堅硬下盤層の選

定。

### b. 平面図の作製

- i. 断層および湧水ヶ所：湧水原因の調査。
- ii. 過去および将来の坑道と払いの開発時間との関係：1次地圧量と破壊範囲の大きさの推察。

### c. 坑道の動きと痛みの調査

#### イ) 肉眼打診調査

- i. 坑道周辺表面の岩層の亀裂死荷重化の状況 (できれば時間的変化)：天井側壁上部が破壊する時はアーチ、堅硬時は直線・下盤が軟弱な時支柱め入り込み、傾く時はその原因を求め対策を施す。
- ii. 湧水流水時：湧水原因を追求し将来の湧水量の増減から防水か集中水抜かを定め流水時は周辺岩層軟化は極力防止する。

#### ロ) 測定

- i. 天井下盤間のひずみ量：中央部のみでよく動き量を開坑時から落ち付き時までの時間的変化を求めたい。
- ii. 側壁下部間のひずみ量：開坑時およびその後の時間と動きを求める。
- iii. 破壊軟化ヶ所の穿孔抵抗：破壊範囲死荷重化範囲盤膨れ範囲を求む。

### d. 過去の各種条件時の坑道の動きと痛みの調査結果のしゅう集

- i. 各種条件とは：各種周辺岩層の状況および強度変化時、坑道と払い採掘の上中下および時間変化時、片盤坑道時、断層時、湧水時、掘進先と完成坑道時等。
- ii. 調査結果：調査ヶ所時間の平面図記入、付近柱状図、岩層強度および各条件、と坑道周辺の破壊範囲の大きさおよび表面の動きと痛み、特に狭小化の時間的変化と破壊死荷重化範囲の変化を詳しく。

### e. 支柱決定に当たっての調査と考え方

- i. 坑道目的より開坑時の最小積と使用年数を推察する。
- ii. 柱状図岩層強度平面図より岩層強度最大部を選び破壊範囲、死荷重化部の大きさを定めさらに坑道の形を決定する。
- iii. 湧水時は防止か集中水抜かを定め、坑道内流水時はビニール、樋で周辺岩層の軟化を防ぐ。
- iv. 払いとの関係から破壊範囲の大きさを最小とする工作を行なう。
- v. 目下の坑道調査を行なう。この結果は動きが最大時か中間時か落ち付き時かを定める。

- vi. 過去の類似条件時と比較検討して将来の変化状況を推察する。
- vii. 施枠に当たっての考察事項。
- イ) 支柱の目的の検討（狭小化防止，崩落防止，水漏防止，芸術等）
- ロ) 周辺破壊範囲死荷重化範囲の大きさより剛性か可縮性か，成木の強度の判定。
- ハ) 可縮性時は開坑積，切り詰め時期，支柱使用期間を決定する。
- ニ) 支柱選定に当たっては：支柱各部の目的を検討しその将来の強度を調べて適正材を選ぶこと。すなわち
- 骨枠：狭小化防止か崩落荷重の支持か，剛性か可縮かそのひずみ量。
- 成木：可縮のためか，均等荷重のためか，崩落防止のためか，骨材補強のためか，当たり付けのためか。
- 継ぎ：骨枠補強，必要に応じて強度間隔を。
- ホ) 岩層強化時は破壊範囲の大きさより適正補強剤とその厚さを定める。
- セメント注入，吹き付け，ノリ注入，補強剤の埋め込み等。
- ヘ) 盤膨れのおそれのある際はその防止を優先的に行なうこと。水切り，パイリング等
- 付記。この理論の実技例を各種条件下について示した分は九州技連会誌に近く発表する。