

長壁払いにおける落盤防止のための調査と考え方

樋 口 誠 一*

How to Prevent Fall of Roof Rocks in a Longwall Face

Seiichi HIGUCHI

Abstract

Theoretical considerations, methods of investigation and some appropriate counter measures in order not to support the falling rocks, but to create the condition that the fall can not occur, are described in this paper.

1. 払い落盤防止のための一般論

落盤は自重が自己の岩層強度以上となった時に生じる。払いの落盤にはつり天井を保って支点で一時に切断する大荷崩落と表面から小片がばらばら崩落する部分崩落とがある。大荷崩落はつり天井を生じさせないこと、部分崩落は切羽内で小片破壊させないこと、かりに破壊しても亀裂間をゆるめないこと、で防ぐことができる。

この死荷重化した岩層または岩石を支持して崩落させぬことは最後の手段で、少なくとも破壊後の小片をゆるめないように保つか、さらに進んで破壊を生じさせぬよう努めるのが技術者の努めである。ここではこの先手の打ち方について考え論ずることとする。

払い作業場内での崩落および採炭面の崩倒を防ぐには

a. 1次地圧による破壊を小（大）とするには

- i. 1次地圧とは Fig. 1 のように払跡つり天井岩層荷重を支持することによって生じる荷重である。

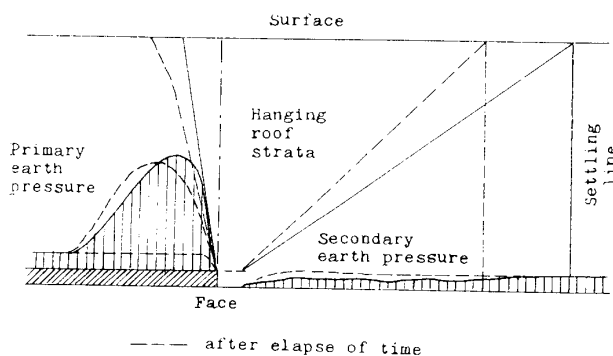


Fig. 1. Distribution of the primary and the secondary earth pressure produced by working the seam.

- ii. 1次地圧を少なくするためには（大とするにはその逆を行なえばよい）。

- 地表からの深さが少ない（浅い）こと。
- 炭層の傾斜が大であること。
- 払い跡および払い長が小であること。
- 採掘山丈が小であること。（人工的には払い跡を全充てんする）
- 天井岩層の強度が小であること。（過去に上層または下層を採掘した）
- 払い進行速度を遅らせること。

- iii. 1次地圧による破壊は

イ) 採炭面（直上直下岩層が非常に軟弱な時はこれも含める）。

- ことに軟弱な時は圧砕か粘り出し。
- 節理があればその部からの剝離。
- 層理があればこの部からの層間剝離。
- 亀裂がなければ表面からの引張り破壊さらに進むとせん断破壊。

この破壊は加圧による破壊で破壊後は採掘自由面へ張り出す。また破壊は一般に採炭層の厚さが1 mの時は内部2～3 m、2 mの時は3～4 m程度進む。

ロ) 下層破壊後の直上天井岩層内

- 層理があれば層間剝離。直天、大天と分離する。
- 層内に節理があればこの亀裂間がゆるむ。
- 岩層が軟弱な時、または堅硬層でも薄層の時は支点でのせん断すべり。
- 岩層が堅硬厚層の時は支点で曲げ破壊。

この破壊は下部破壊寸前の支持力のある点を

* 資源工学教室

支点として加圧による上下動きで生じる。そして破壊は直天表面から次々上昇し堅硬厚層があれば止むが、払いでは1次地圧量が大きければ地表に達する。

iv. 1次地圧による破壊を小とするには

- 1次地圧量を少なくすること。
- 岩層強度の大きい厚層があること。
- 人工的に可能なことは節理の方向を柱目に近寄せること。

b. 2次地圧による破壊を小とするには

i. 2次地圧とは

払い跡天井岩層の自重沈下動きを支持することによって生じる荷重である。

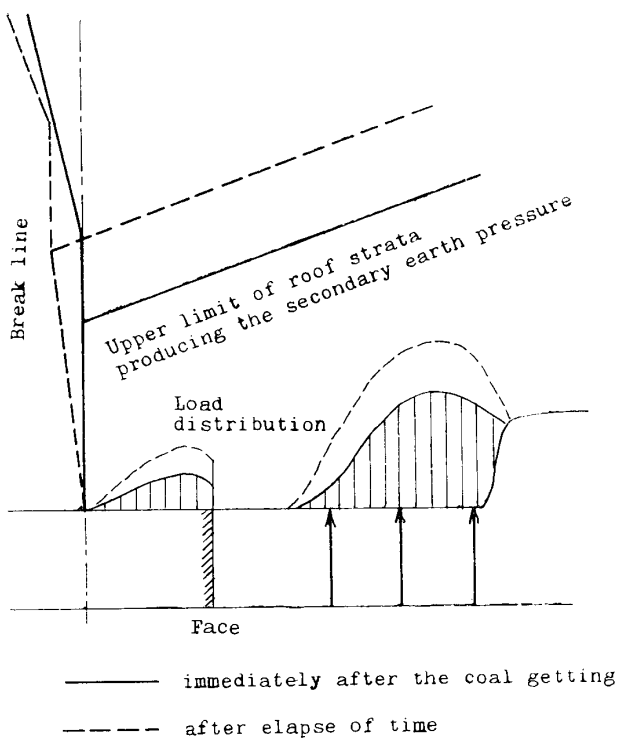


Fig. 2. Distribution of secondary earth pressure and movement of the roof strata.

払いで僕等が利用する2次地圧は、毎日進行する払い作業場付近のみで払い内2~4mの点を支点として払い跡3~4mの間で、普通進行時は直上厚さ10~20m以内の岩層の動きを支持することによって生じる荷重と考えてよい。

ii. 払い内の2次地圧量を小とするには

- 進行速度を大とする。沈下高さも沈下量も少ない間に通過する。
- 1列柱の立て付け荷重を大とする。払い内の支点をこの点に移す。
- 3列柱の突き上げ力を大とする。これを支点と

して払い跡つり天井を短かく高く切断する。(払跡全充てん時は切断時よりつり天井長が大となり2次地圧量は大となる)

○ 切炭を僅かずつ行なう。カッター発破のように一時に長い範囲を切炭すると衝撃荷重を生じる。

iii. 2次地圧による破壊は

1) 採炭面：2次地圧は動きが大で、さらに1次地圧での破壊後であり、亀裂間が開口しさらに加圧で圧砕される。いわゆる採炭面の軟化は2次地圧による。

ロ) 払い内直天表面部：払い内2~4mの点を支点として天井岩層が曲げ沈下するので払い内の支点付近の直天表面部は曲げ力で薄く剥離し圧縮でばらばらとなる。これが採掘と共に部分崩落の基となる。

ハ) 払い内および払い跡の天井岩層内：天井岩層は時間と共に高さも沈下量も増大するのでこれを支点として突き上げると荷重は漸増し

○ 直上部は圧縮破壊。

○ 後方部は軟弱時はくい切り沈下、堅硬時は曲げ、ついには切断。

○ 前方部は表面曲げ引張り破壊を生じる。

また天井岩層が払い内支点として払い跡に進むに従って沈下量が増大するので、既成亀裂間がゆるみ開口すると共に新たに破壊も生じ、岩層強度はますます軟化しついには死荷重化する。

iv. 2次地圧による破壊を少なくするには

- 2次地圧量を少なくすること。
- 1次地圧による破壊量を少なくする。人工的には柱目に近づける。

c. 払い内岩層の水による軟化を少なくするには

岩層が軟化すると破壊も生じやすく崩落も生じやすくなる。

水成岩は一般に水が表面から内部に浸透して軟化する。ことに亀裂が発達すると、まずこれを伝って流下し、さらに周辺岩層表面より内部に軟化させるので軟化範囲が非常に拡大する。

i. あらかじめ天井または下盤内に高圧の含水層があれば水抜きして減水減圧させる。

ii. 払い作業場内では支柱の突き上げ力を大とし、または進行速度を大とし沈下を防ぎ亀裂の開口を生じさせぬ。

iii. 昇り払いとして払い跡の滴水を払い面に流入さ

せぬ。また上部払い跡水の流下は上添いで完全に
取り去り、払い内に流下させぬ。

- iv. 下盤より噴水する際は、あらかじめ水抜きす
ると共に完全充てんして速に加圧噴出以上の強度と
する。

d. 大荷防止のためには

大荷には初圧と周期圧とがあり、払い跡抜柱後な
おつり天井をすることによって生じる。

岩層強度が大のときは曲げにより切断困難である
が、軟弱な時はせん断で食い切り沈下し切断は楽で
ある。

- i. 1次・2次地圧量を大とし破壊量を大とし岩層
強度を小とする。
- ii. 岩層強度が非常に大で、払い跡沈下を生じない
時は払いを更新する以外手はない。
- iii. 払い跡が僅かでも沈下を示す以上、1次地圧に
よる破壊を生じているので、3列柱の突き上力を
大とすればこれの切断は可能である。支柱の突き
上げ力のみで不足する時はチョークで増枠するか
または発破で補う。突き上げ力の目安はほぼ山丈
の20倍 t/m^2 でよい。
- iv. かりに大荷を生じた際：大荷は突き上げ力を大
とし払い跡を切断すれば生じないものであるが、
時に不足して生じることがあるので、この際は増
し枠して突き上げ力を大とする。なお支柱間をチ
ェーンで連絡し全体構造物とし傾かぬように、も
ちろん1本も倒れないようにすること。

e. 部分崩落防止のためには

払い内で小片破壊を生じさせぬことで

- i. 払い内に生じる1次・2次地圧量をできるだけ
少なくすること。これには払い面をまさ目にする
こと、2次地圧量を零に近くすること。
- ii. 払い跡立柱密度を大とし、少なくとも作業場内で
天井を沈下させぬこと。
- iii. 死荷重部は完全に当たり付けると共に支持して
漏らさぬこと。

f. 採炭面の崩倒防止のためには

eの部分崩落防止iを行なえばよい。

2. 払いの落盤防止のための調査と考え方

a. 柱状図(全体略図と精密付近図)の作製

- i. 地表からの深さ：1次地圧量の略算に用いる。
- ii. 過去の払い跡の位置とその採掘時期：払い跡天
井岩層内に生じた破壊と動きから岩層強度(特に

直上10mの崩落部分内とその破断角部内の痛みの
多い所と普通部分内)を推察し、これより1次地
圧の減量を略算する。

- iii. 含水層：この層と払いとの間の岩層の性質より
払いの採掘による湧水の発生状況を推察する。例
えば平時か、大荷時のみか、払内か、払跡かこの
水を採掘法支柱法で防水可能か、または集中水抜
すべきかの検討を行なう。
- iv. 払い直上20m間の岩層の状況：各岩層の厚さ、
強度、亀裂剥離の状況から、1次・2次地圧での
破壊と破壊後の強度を推察し、なお水がある際は
水による軟化度も調べる。
○大荷崩落防止のために：崩落硬の膨張率を考慮
して大荷を生じる天井岩層の厚さを推察し、大
荷は曲げによるかせん断によるか、3列柱の突
き上げ力をどの程度に行なうべきかを推察する。
○部分崩落防止については：直天表面の破壊は1
次地圧によるか2次地圧によるかの判定とその
範囲および死荷重化範囲と破壊岩石の大きさを
推察し、カッペ幅、成木幅およびその強度を推
察する。
- v. 払い直下2m間の岩層の状況：
イ) 各岩層強度から支柱の盤敷きの大きさを平時
および含水時について定める。
ロ) 片盤坑道の狭小化防止のための堅硬層を下盤
とする岩層を選ぶこと。

b. 払いの状況

- i. 払い長：肩深中央部の軟化・硬化部分の範囲を
推察し、支持力を変えるかを判定する。
- ii. 進行速度(1方および1日)：2次地圧のかかり
方を推察する。
- iii. 払い内の湧水の状況(肩か、深か、中央部か、
切羽面か、払い跡か、大荷または断層面か、進行
の遅れた時か、その折の水量とその変化)：湧水
発生の原因すなわち亀裂の発生とそのゆるみの状
況を考察し、進行速度、支柱法で防水が可能か強
制水抜きを行なうべきかの判断を行なう。
- iv. 切炭の状況(ピック、発破、ホーベル、カッタ
ー)：採炭による衝撃荷重のかかり方の推察を行
なう。
- v. 過去の払い跡との関係(払いの肩部採掘、下部
または上部採掘等)：肩部採掘による破断角部内
の天井岩層の痛みがどの付近までどのように痛む
か、下部採掘時の痛み、ことに破断角部の痛みは
どうかによる支柱法の変化の考察と上部採掘時は

このための1次地圧量の減量による天井岩層の痛みを推察し支柱強度を考えること。

c. 払い支柱の状況

- i. 支柱自身の特性（荷重可縮）について少なくとも3ヶ月以内の測定値：本払いに適当か否かの判断を行なう。
- ii. 盤敷きの大きさ（平時と水廻り時について下盤内めり込みの状況）：適否の判断を行なう。
- iii. カップの幅および長さ：天井の乱れからその適否を検討する。
- iv. カップ上の状況（地下か矢木かくさびかおよびその可縮度）：その目的は当り付けか突き上げかの区別を十分行なっているか。
- v. 立柱法（千鳥か格子か、切羽面からの距離支柱間の寸法）：適正の判断

d. 目下の払い内各所の乱れの状況の肉眼調査

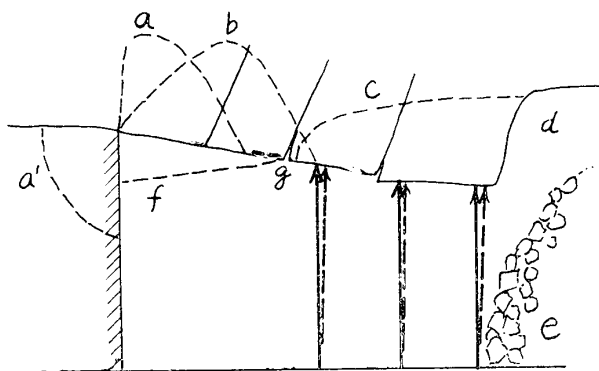


Fig. 3. Fissure formation and caving in the longwall face.

- i. a（採掘と同時に崩落）：1次地圧による破壊か、2次地圧による破壊かを崩落硬および残りのつり天井面から推察し
 - 1次地圧時は：目の方向を変える、全充てんにするか、注糊強化か、これらでもできない時はカップを炭面内に突込み隙間なく矢板を入れて防ぐか。
 - 2次地圧時は：2次地圧を零に近くすること。
- ii. a'（採炭面の崩倒）：目の方向を変えるか2次地圧量を少なくするか。
- iii. b（採炭後暫くして崩落）：多少の直天強度はあるので人為的に可能性が大である。破壊は1次地圧か2次地圧か、時間経過によるので進行速度を大とする。切羽と支柱との間隔が開き過ぎたためできるだけ接近して立柱すること。カップと天井間の当り付けを十分にす。立て付け荷重不足時はチョック、増し枠または切羽面に立柱す

る。もちろん1次・2次地圧量はできるだけ少なく、親子カップを用いる等空間を少なくする。

- iv. c（支柱直上部が破壊崩落間洩りする）：1次・2次による粉化防止と共に
 - 支柱の突き上げ力が大き過ぎてそのための破壊時は：カップ幅を大として単位面積当りの突き上げ力を小とする。また支柱間隔を密にする。ネットを張っても間洩りは防ぐ。いずれにしても突き上げ力は絶対必要であって減少は許されない。
 - 天井沈下量増大のためのゆるみを生じる時は突き上げ力を大として動かさないこと。
- v. d（抜柱後のつり天井の状態）：少なくとも抜柱後直ちに崩落して天井につかえ隙間がないようにあるべきだ。つり天井を示す際は3列柱の突き上げ力不足で強度を増すべきだ。チョック増し枠および発破補強も行なうがよい。
- vi. e（抜柱後の崩落硬の姿）：かりにa, b, c, 等の乱れを生じなくても常にこのeを見て先手をもって処置するべきである。1次地圧によるか2次地圧によるかを判断してこれに応じての対処すること。
- vii. f（切り前からくい切り沈下した際）：直天は堅硬であるが大天が非常に軟弱で、特に過去の払いの破断角等で軟化しているかつり天井長が大で支柱の突き上げ力が不足で切羽支点としてくい切ったかである。前者は支持力の強化、後者はつり天井の切断すなわち突き上げ力の不足を意味している。
- viii. g（直天内に亀裂が発生し払い跡に進むに従って開口時にすべりを生じる。および支柱が払い跡に傾く）：支柱突き上げ力不足で支点が払い内に生じ沈下によるゆるみのために生じたもので突き上げ力を大とすれば生じなくてすむべきである。

e. 過去の払い進行中の乱れの状況

- i. 各乱れ時（断層大荷部分崩落、湧水等）の状況を払い進行図上に記入、この際の処理結果を調べる。
 - ii. 特に大荷部分崩落荷重増大時はその原因を究明する。
 - iii. 湧水時は水量継続時間等をつまびらかにし、その原因を究明する。
- 以上の事実から適正対処法の考察する。

f. 払い測定結果

- i. 払い跡沈下量の測定

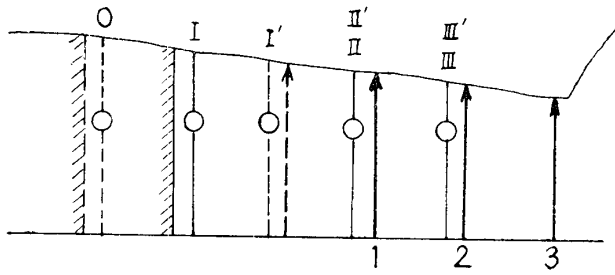


Fig. 4. Measuring points.

ii. 払い支柱荷重の測定

払いの肩・深・中央部の3ヶ所で1時間ごとに図のように切前支柱側らで測定し時間（作業種別を記入）沈下および荷重曲線を書く。

払い天井の沈下，支柱にかかる荷重の状況が判明するのでこれより目下の支柱立て付け荷重および突き上げ力が適正であるか否かの判定ができる。

iii. 払い跡ダイヤルゲージ沈下計での測定

同前個所，時間および採炭直後，抜柱直後に1分間ごとの沈下量を5分間連続測定する。

これより天井の動き，天井岩層の乱れの状況が知れるので適正支柱突き上げ力およびカッペ幅が決定される。

g. 払い支柱の決定

以上各種の調査結果を総合して平時および大荷，断層等で特に乱れた際の支柱規格が判明するので，平時から強化支柱を施すか，悪化時にこれに応じて増し棒等の補強するか等を考慮して，今度は絶対に払い内での崩落事故のない適切な支柱法を決定すべきである。

付記. なおこの理論調査法等の実例は近く九州炭磁技連会誌に記す。