

# 第1章 支 保

## 第1節 ばん圧

### 1 ばん圧

地中では、地表からの岩ばんの重量や、地殻変動の際に発生した力などが作用している。これを地圧という。この地圧に対して岩ばん内部にもそれに相応する力(応力)が発生して釣り合っている。

しかし、地下に空洞を設けると、これまでの力の均衡状態が破れ、岩ばんが地圧に持ちこたえられなくなって破壊し、空洞に向かってはみ出してくることがある。この力をばん圧という。

#### (1) 岩ばんの性質

地殻を形成している岩ばんを、その性質により2つに分類する方が、ばん圧を理解するのに都合がよい。その1つは弾性岩ばんであり、他の1つは塑性岩ばんである。弾性岩ばんとは、力を加えると力の量に応じて変形し、力を除くと元の形にもどる性質を持つ岩ばんをいう。堅硬な岩ばんがこれに属す。塑性岩ばんとは、力を加えると変形するが、力を除いても元の形にもどらない性質を持つ岩ばんをいう。粘土のような岩ばんはこれに属す。

岩石は圧縮には強いが、引張りには非常に弱い。代表的な岩石強度を表2.1に示す。なお、この岩石強度は乾燥岩石についての

ものであり、湿潤岩石では極端に強度が落ちるものがある。

従って、坑道の設定はできる限り堅硬な岩ばん中にとるとともに、引張り応力を生じない形状のものを設計することが望ましい。

表 2.1 代表的な岩石強度 (測定例)

種 類	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張り強度 (N/mm <sup>2</sup> )
花 こう 岩	169	5.2
安 山 岩	107	6.2
砂 岩	69 ~ 125	2.6
け つ 岩	98	3.4

#### (2) ばん圧の測り方

坑内のばん圧のようすを知ることは、将来の予測と対策樹立のために極めて大切である。

##### ① ばん圧のかかり方を見る方法

普通、地山内の応力の様子は正確には分らない。そこで、肉眼的観察によって、坑内空洞回りにどんな破壊が生じたかを調べるのが、ばん圧の状況を把握する上に役に立つ。

岩ばんの圧縮応力による破壊(以下「圧縮破壊」という)と、引張り応力による破壊(以下「引張り破壊」という)とは一見して区別がつく。圧縮破壊は、応力の方向に対して45度より小さい角度をなす多くの断面に沿って不規則なせん断破壊として起るか、あるいは力の方向にほぼ平行に不規則な分離破壊として起るかのどちらかである(図2.1参照)。

一方、引張り破壊は応力の方向に垂直に、通常一つの面で分離破壊として起る(図2.2参照)。例えば、空洞の側壁に圧縮破壊が現われたとすると、その部分の圧縮力が岩石の圧縮強度に適したことを示している。破壊の様子から、圧

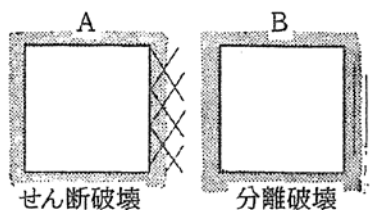


図 2.1 圧縮応力による岩石の破壊

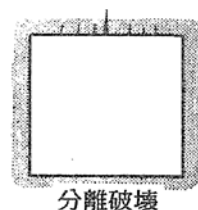


図 2.2 引張り応力による岩石の破壊

縮破壊か引張り破壊かが分かるから、応力集中に関する知識と相まってばん圧現象が把握でき、ひいてはばん圧制御に役立つ。空洞の壁面に破壊が現われ始めてもまだ危険ではないが、警報であることには違いない。力学的な応力の集中を念頭に入れて、どんなばん圧現象が生じるかを常に考える必要がある。

## ② 応力の測定法

ある部分に破壊が起ると、その点の応力が岩石の強度に適したことが分かる。しかし、応力はどんなわずかな採掘によっても、それに応じて多少の変化をする。すなわち岩ばん内のある一点で応力の測定を行なっていれば、どこかで採掘を行うたびごとに応力の大きさ、方向が変化する。この変化は、採掘箇所が測点に近づくほど、加速的に大きくなる。採掘を行なわなければ変化はない。もし、ある時期に採掘によらないで応力の変化が観測されたとするならば、それは岩ばんのどこかで異状のあったことを知らせていることになる。また、採掘の影響を受けて、当然応力の変化があるべきところに変化のない場合は、測点付近の岩石が浮いてしまっていると考えられる。

このように、応力の変化の測定は長期にわたって行う必要がある。応力変化の測定に用いられる計器には、光弾性応力計、ボアホール応力計、フラットジャッキ、パイブレッテングワイヤストレスメータ、8素子ゲージなどがあるが、例として光弾性応力計を用いる方法と応力解放法について記す。光弾性応力計で測定する方法はゲージを測定片として使用する。ゲージはほう珪酸ガラスでできており、その直径は35mm、長さは30mmであって、中央に6mmφの孔があいている。このゲージを測定しようとする位置に埋設しておき、携帯用光弾性応力計を用いて等色線模様の変化を観察するか、コンペンセータで読みをとり、解析してその位置にかかっている応力を判断する。

これは、あくまで測定片を埋没してからの応力の変化だけしか得られないから、最初の応力を知らうとすれば、応力解放法によらなければならない。応力解放法とは、測定しようとする位置にヒズミ計を貼り付け、その周囲の岩ばんを透かすと、この岩石は地圧より解放され、若干伸び縮みする。この変化を測定して、そこにかかっていた応力を算出するものである。

## 2 弾性岩ばん内のばん圧

### (1) ばん圧のかかり方

弾性岩ばん内に空洞を設けた場合、どのように岩ばん内の応力が変化するかということは、次の例により分かる。図2.3に示すように、岩石ブロックを圧縮試験機にかけ、圧力を順次大きくしていったところ、1,000kgの力で破壊が起ったものとする。

次に、同じ種類の、従って同じ強さの岩石で、同じ形、同じ寸法のブロックを作り、図2.4のように中央にブロック幅の3/10の直径の穴をあける。このブロックを圧縮すれば、1,000kgの70%、すなわち700kgの力で破壊が起るように思われるが、実際はそれよりもはるかに小さい力で破壊する。

これは、このブロック内に空洞ができたために、応力の分布が変化し、あるところに多く掛かるようになったためである。穴のない場合は、ブロックの横断面上の応力は一様であるが、穴があれば、図 2.5 のように、穴の回りに大きな応力が集中

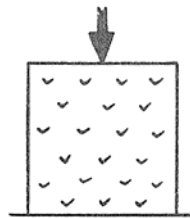


図 2.3  
岩石ブロック圧縮試験

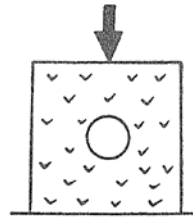


図 2.4

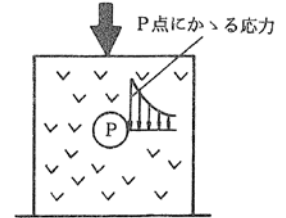


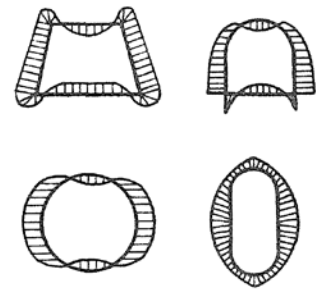
図 2.5 応力分布

する。しかも、応力の最大値がその岩石の強度に達すると岩石の破壊が始まるから、700 kgよりずっと小さい力で破壊する。

このように、穴があるとその回りの応力は大きくなる。これを応力の集中という。坑内の空洞はすべて岩ばん中に作られた穴であるから、その周辺には応力が集中しているわけである。図2.5を見れば分かるが、空洞の回りの応力集中は、空洞壁面から奥に進むにつれて急速に小さくなり十分奥の方に行けば空洞を作った影響はほとんど認められなくなる。

一般に、空洞の上下部には引張り応力、両側には圧縮応力が発生する。この応力は、空洞の形状に大きく影響され、ある形状では引張り応力が全然生じない場合もある。数種の形状の空洞で測定した応力の分布を、図 2.6 に図示する。

地中に空洞を作れば、大なり小なりその内部の応力は変化し、岩ばんに空洞がない場合の応力と著しく異なる応力(引張りもしくは圧縮)が働く。空洞の周壁の岩ばんが、この応力に打勝つ強度を持っているならば問題はないが、岩石は引張りに対して非常に弱いので、それに持ちこたえられない場合は破壊することになる。そのため、坑道はできる限り堅硬な岩ばん中に設け、引張り応力の生じない形状のものを設計する必要がある。



坑道側壁、あるいは上下ばんより引いた法線がその点の応力をあらわし断面内は引張り、外は圧縮を示す。

図 2.6 坑道断面形状と応力分布

## (2) 支保に及ぼす影響

岩ばんが丈夫で、空洞の回りに集中した応力に十分耐えうるならば、岩ばんは破壊しないから、空洞に施した支保にはばん圧はほとんど作用せず天ばんの浮石の自重だけが支保の荷重となる。

しかし、空洞の回りの応力集中が高くと、側壁が圧縮破壊を起し、更に天ばんも浮いてくることがある。岩石は破壊を起すと見掛けの体積が増加するから、その分だけ岩石がはみ出し、支保を圧迫することになる。このため、硬い岩ばんでも丈夫な支保を施すと、岩ばん表面のはく離の進行を相当防ぐことができる。

## 3 塑性岩ばん内のばん圧

### (1) ばん圧のかかり方

塑性岩ばん内に空洞を作ると、その壁面上における壁面に垂直な応力は0となる。一方、壁面の接線方向の応力は、空洞を作る以前の大きさより大きくなろうとするが、これと直角な方向の応力が0であるため大きくなることができない。そのため滑りが起り、空洞内へ岩ばんがはみ出してくる。このようなはみ出しは、空洞壁面からだんだん奥に進行する。はみ出した岩石を取り出して空洞をもとの寸法に保っても、はみ出しは続く。しかし、ある程度のはみ出しが進行すると、はみ出した岩石がせりもちにより側方よりの応力を支えることができるようになり、もうそれ以上のはみ出しが起らず、安定する。円形断面坑道の中心を通る水平断面上の応力は図2.7のようになる。

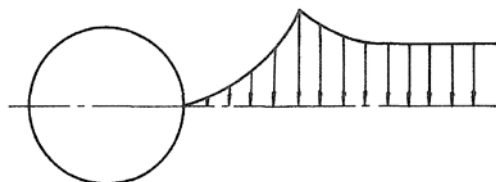


図 2.7 塑性岩盤内の応力分布

壁面付近では応力が最も小さく、奥に進むにつれて大きくなる特徴がある。はみ出しが起ると、岩ばん内に間隙ができ、見掛けの体積が増加する。この増加した分は空洞内にはみ出すより他に行き場所がない。こういう訳で、空洞の周囲の岩ばんが空洞内にはみ出してくるものと思われる。岩ばん内部の摩擦が大きければはみ出しは遅く、小さければ速い。

### (2) 支保におよぼす影響

塑性岩ばんでは、もし内部摩擦が0であれば、流体のように、空洞を作る以前の岩ばん内の応力と同じ大きさの地圧が支保に作用する。この地圧は非常に大きい値を示すものである。例えば、深さ100 mのときは1 m<sup>2</sup>について250 t程度の圧力である。内部摩擦が0でなく、はみ出しが十分起った後に支保を施せば、支保に作用するばん圧は少ない。しかし、まだはみ出しの余地が残っているときに支保を施すと、その後に起るはみ出しによって支保にばん圧が作用する。はみ出しは時間とともに進行するから、支保に作用するばん圧も時間とともに増加する。岩ばん内部の摩擦が同一であれば、早く支保を施した方が支保に掛かるばん圧は大きい。重圧の作用する坑道では、支保が破壊され、何度も仕繰をしなければならないような場合、仕繰のたびごとに岩ばんのはみ出しが次第におだやかになることを経験している。一般に、岩ばんの内部摩擦が大きいほどはみ出しが少なく、早く安定状態に達

するから支保に掛かる最大ばん圧は小さく、更に他の条件が同一であれば、剛性支保より可縮性支保の方がはみ出しを許すから、それに加わる最大ばん圧は小さい。

### (3) 弾性岩ばんと塑性岩ばん中のばん圧現象の比較

弾性岩ばんと塑性岩ばんとは、その応力の状態、支保に掛かるばん圧などに著しい差異があるが、これをまとめれば表2.2のようになる。

弾性岩ばん内に空洞を作ると、ばん圧のほとんど全部を岩ばんがささえるから、支保は浮石を支える程度のものでよく、従って支柱費が安くつく。しかし、応力が岩ばんの強度以上に達すると大きな崩落を起す可能性があり、これは普通の支柱ではささえきれない場合がしばしばある。塑性岩ばんでは、絶えず岩ばんが押し出すから、密に支柱を施す必要がある。そのために、支柱費は非常に高くつくが一時に大きな崩落を起す恐れは少ない。

表 2.2 弾性岩ばんと塑性岩ばん中のばん圧現象の比較

弾性岩ばん内のばん圧現象	塑性岩ばん内のばん圧現象
1. 空洞の回りに応力が集中する。	1. 空洞の回りの応力は小さくなる。
2. 時間的に変化しない。	2. 時間とともに岩ばんが空洞に向かって押し出す。したがって、応力も時間とともに変化する。
3. 支保には浮石の自重や、はく離した岩石の見掛けの膨脹による力だけが荷重として作用する。この荷重は通常ごく小さい。	3. 支保には、岩ばんのはみ出しにより、ばん圧が作用する。このばん圧は時間的に変化する通常大きい。これは支保を施した時期、岩ばんの内部摩擦、支保の可縮性などによって異なる。
4. 空洞の上に存在する岩ばんの重量によるばん圧のほとんど全部は岩ばん自身がささえる。	4. 空洞の上に存在する岩ばんの重量による地圧のおもな部分は岩ばん自身がささえ、残りの部分の一部は岩ばんの内部摩擦力がささえ、一部は支保がささえる。

## 4 坑道に働くばん圧

### (1) 静圧を受ける坑道

岩ばんの母体より分離した岩石の重量による静的なばん圧を静圧という。図2.8(A)のように円形の坑道を掘ったものとすれば、地圧が開放されるために、岩石は膨脹して亀裂が入り膨脹した岩石は母体岩ばんから離れ、いわゆる浮石の状態になる。この浮

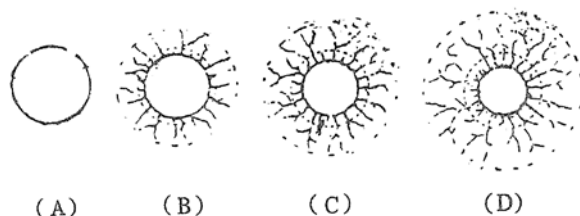


図 2.8 免圧圏の拡大の状況

石には直接地表からの圧力はかからない。すなわち膨脹した岩石は免圧されたことになる。また、岩

石が膨張することにより、新しく生ずる分離面に対して、再び地圧が働いて、その周囲の岩石もまた膨張する。このような作用は、時間が経過すると共に、玉ねぎ状に順次岩ばんの奥部に向かって進行し(図2.8 (A), (B), (C), (D)参照)、岩石の膨張の範囲、すなわち免圧圏は次第に拡大する傾向がある。その圏内の岩石は、膨張破壊とによって容積が増加するため、坑道の断面積は次第に縮小し、甚だしいときは完全に押し潰される。

免圧圏内の岩石には地表からの圧力は直接掛らない。坑道は免圧圏に囲まれているから、坑道支保には直接地圧は掛らず、免圧圏内の岩石重量が静圧として掛かるだけである。従って、免圧圏内の岩石の摩擦による抵抗力と枠の支持力の合計が地圧と等しくなれば、これ以上が変形することもなく、免圧圏の拡大もない。いわゆる“やまが落ち着く”ということになる。直接静圧しか掛らない坑道では、力の掛り方は鉛直方向でかつ小さく、その処置は比較的容易である。

## (2) 動圧を受ける坑道

地圧が直接発動し、岩ばんが動くことにより生ずるばん圧を動圧という。これは静圧よりはるかに強大な力で、坑道周辺の岩ばんを激しく破壊することが多い。方向も鉛直方向だけでなく壁のほり出し、盤膨れも起す。

例えば長壁式採炭切羽付近の坑道では、採掘の影響で広範囲にわたって岩ばんの移動が起り、強大な圧縮および引張り力が掛かることがある。このような動圧を受ける坑道では可縮可屈支保を使ったり、仕繰によって必要断面を維持するなどの処置を要する。

## 第2節 坑道の支保と落ばん対策

坑内支保の目的は運搬や通気、人の通行や作業に必要な断面の維持並びに落ばん災害の防止にある。そのためには、その箇所の使用目的に合った大きさ、ばん圧の状態に応じた設計と、より合理的なきめ細かい管理に努めなければならない。

### 1 坑道支保の分類

坑道支保は、次のように分類できる。なお、それぞれを組み合わせたものなどもある。

#### (1) 使用する材料による分け方

- ① 木材支保
- ② 鋼材支保
- ③ コンクリート支保
- ④ コンクリートブロック支保
- ⑤ れんが支保

#### (2) 形状による分け方

- ① 正方形、矩形、梯形支保

- ② 多角形支保
- ③ アーチ形支保
- ④ 円形支保
- ⑤ 楕円形支保

### (3) 可縮可屈性による分け方

- ① 剛性支保(断面積も形状もともに変わらない構造)
- ② 可縮支保(断面積が小さくなることができる構造)
- ③ 可屈支保(断面形状が変わることができる構造)
- ④ 可縮可屈支保(断面積も形状もともに変わることができる構造)

### (4) 使用期間による分け方

- ① 一時的支保(採炭坑道のように比較的短期間使用する坑道)
- ② 永久的支保(主要運搬坑道のように長期間使用する坑道)

## 2 坑道支保の材料

### (1) 木 材

杵材、矢木（成木）材として木材が使われる。利点としては支保の施工が早くて簡単であり、重量が軽く、それ自体がある程度の可縮性をもち、必要に応じて壁透かしをし、木材の裏込めを行えば可縮性は一層増してくる。仕操作業も容易である。

しかし欠点として、腐りやすく、強度が弱い。支保材として最も広く使われている木材は、かし、落葉松および松である。各種木材の平均強度を鋼材と比較して、表2. 3に示す。

表 2. 3 各種木材の平均強度

	比 重 (kg/m <sup>3</sup> )		強 度 (N/mm <sup>2</sup> )		
	乾 燥	湿 潤	圧 縮	引張り	曲 げ
か し	700	600	45	69～94	82
落 葉 樹	650	800	50	40～70	90
松	500	600	41	49～71	77
も み	450	550	38	47～59	69
え ぞ 松	400	500	32	40～53	63
鋼 材	7,900		490 ～690		

木材強度は、湿潤状態では2/3くらいに低下し、しかも湿った木材は腐敗しやすく取り扱いに不便なので、よく乾燥したものを使用することが望ましい。長期間使用する木材支保に対しては、腐敗を防ぐため防腐処理をすることがある。これは、皮をはぎ十分乾燥させた木材を、防腐剤中に浸漬したり薬剤を圧入したりするもので、寿命は浸漬法で2～3倍、圧入法で5～10倍に延びる。

## (2) 鋼 材

坑道支保として最近では木材よりも鋼材が多く使用されている。従来多かった古レールに代って最近では坑枠用型鋼の使用が増加してきている。古レールは22kg, 30kg, 37kg, 50kgの4種類があり、それぞれ1m当りの重量を呼び名としている。

坑枠用型鋼としては、断面の形がI形をしたSMI 105, 115および125などのI型鋼が多く使われ、可縮性を持たせたトーサンハイツマンのU型鋼なども使われている。鋼材は断面積が小さくて強度があること、腐朽しにくいことなどから、維持期間の長い坑道、回収可能な箇所などでは有利であるが、坑木に比し高価で、現場状況に合せた加工がしにくいなどの欠点がある。

## (3) コンクリート

コンクリートは、坑口、立坑・機械座など長期間維持する箇所などで支保材として使われている。ただ、強度は圧縮に強く（普通ポルトランドセメントの28日強度30～35N/mm<sup>2</sup>）、曲げに弱い（5～6N/mm<sup>2</sup>）ので、曲げ応力にも耐える必要がある場合は鉄筋コンクリートにする必要がある。一般にコンクリート支保は、いったん破壊されたとき、その補修が困難になるので、偏圧（動圧）が少ない箇所に施工することが多い。

## (4) その他

上記の支保材料のほか、れんが、合成樹脂なども使用できるが、現在では一般的でない。いずれにせよ、支保材料の選択は使用箇所のばん圧、断面積の大小、坑道の用途ならびに維持期間も考慮して定めなければならない。

# 3 坑道支保の形式

## (1) ばん圧と坑道支保の形式

坑道の形によって応力のかかり方が異なるが、例えば、坑道を素掘りのまま放置しておくと天ばんは崩落してアーチ形になり安定することが多い。このことから考えると、梯形坑道よりアーチ形坑道の方が無理な応力がかからず、支保によい影響を与えることが分かる。また同じ材料を用いても支保の形式によって支保自体の強さが異なる。例えばリング枠の方がアーチ枠より強度が大きい。

一般的には、断面の形を縦軸の長さが2で横軸の長さが1の割合の楕円形、またはしずく形にすれば支保に掛かる荷重は最も小さくなり、梯形の断面では支保は比較的破壊しやすい（図2.12参照）。



図 2.12 坑道断面形状の例



## (2) 坑道支保の呼び名と方法

坑道支保にはいろいろな呼び名があり、同じ支保でも地域別、石炭、金属鉱山別にも異なっているが、一般的なものについて、以下に記す。

### ① 一般の木材坑道支保

- a) 三つ桙 木材坑道支保の基本形である。なお図の  $b/a$  を「しのび」という(図2.13参照)。
- b) 合掌桙 形状がアーチ桙に似ており、大加背でばん圧の強い箇所に使われる。各部材の接合が可縮可屈性を持っているのが特長であるが切り込み、締め、を正確に行う必要がある。使用する部材の数により四枚合掌桙、五枚合掌桙の2種類がある(図2.14、図2.15参照)。

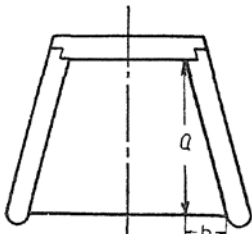


図 2.13 三つ桙

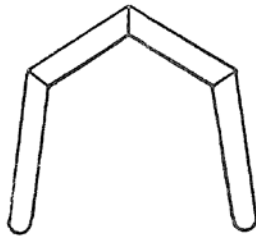


図 2.14 四枚合掌桙

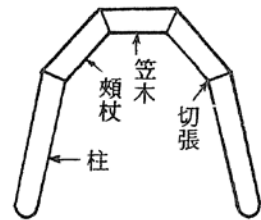


図 2.15 五枚合掌桙

### ② 鋼材支保

- a) 鉄梁 三つ桙の梁材を鋼材としたもので、普通30～50kgレールを使用するが、I型鋼も使用されている(図2.16参照)。
- b) アーチ桙 標準的な剛性支保で、I形鋼または30～50kgレールを使用する(図2.17参照)。
- c) モール桙 接合部と足に連結丸太を入れて可縮可屈性としたもので、モール継ぎ手を使用する。塑性岩ばんでばん圧の強いところに良い(図2.18、図2.19参照)。

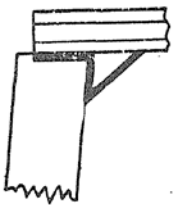


図 2.16 鉄梁

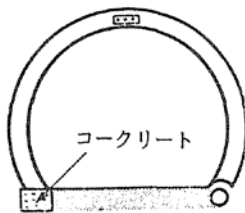


図 2.17 アーチ桙

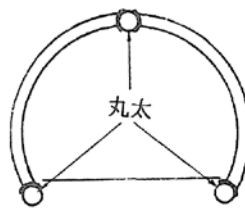


図 2.18 モール桙

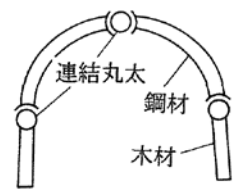


図 2.19 モール桙

- d) 可縮鋼桙 桙の部材が互に入りこんでいて、滑りにより可縮の機能を持たせた支保で、代表的なものとしてU形鋼を使ったトーサンハインツマン型鋼支保がある(図2.20参照)。



図 2.20 トーサンハインツマン型鋼桙

### ③ コンクリート支保

a) コンクリート コンクリートは圧縮に強く、引張り、曲げに弱いので、ばん圧の強いところでは、鉄筋入りにしないと割れやすい。また下ばんが水を含み、ばん膨れしやすい箇所には下ばんを掘り込んでコンクリートを打設するインバート施工することがある(図2.21、図2.22参照)。

b) コンクリートブロック コンクリートは、それ自体は剛性支保として使われるが、これをコンクリートブロックとして、間に木材を入れて可縮性を与えれば、更に坑内支保としての適用性を増大する(図2.23参照)。その他、P Sコンクリート支保がある。

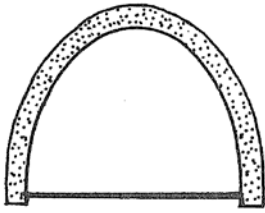


図 2.21 コンクリート支保

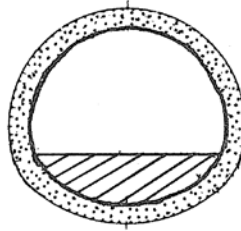


図 2.22 コンクリート支保

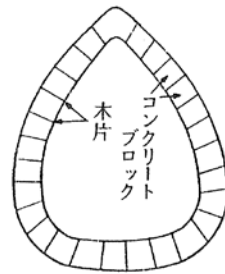


図 2.23 コンクリートブロック

## 4 静圧および動圧を受ける坑道の支保

静圧を受ける坑道の支保に掛かる荷重は、免圧圏内の岩石重量であり、特にそのうちの天井部分の重量が大きい。この場合、免圧圏が拡大すると支保に掛かる荷重が増加するから、免圧圏が拡大しないように支保を施さなければならない。従って、このような坑道では、剛性支保がよい。ばん圧が強く、岩ばんがあまり堅固でない場合でも、支保が過度の可縮性を持つことは、かえって強大なばん圧を誘導することになるから、わずかな可縮性と可屈性を持たせることによって、免圧圏拡大の速度をゆるやかにする必要がある。

坑道支保のうちで、最も難しいものは、動圧を受ける坑道の支保である。ことに、採炭切羽では空洞ができたために岩ばんの移動が起るばかりではなく、全体として上ばんが採掘跡に沈下する。これは、静圧坑道に掛かる荷重よりもはるかに大きく、しかもばん圧は切羽の進行とともに変化する。従って、支保には強大な力が掛かってくる。また、その方向も変動する。これらの理由のため、動圧を受ける坑道の支保は、剛性枠を破壊限度まで使うか、可縮性や可屈性のもの、または両者を組み合わせたものとなる。しかし、必要断面積を維持するためには可縮したままではすまない場合があり、このときは拡大作業を必要とする。このため、あとで仕繰がしやすいように、変形、可縮後の処置(枠回収、部材取替など)が容易な枠種を選ぶことが多い。

## 5 坑道支保支柱時の留意事項

### (1) 坑道掘進における一般的留意事項

主要坑道は、できるだけ堅固な岩石中にとることが望ましい。たとえ、立入掘進坑道であっても、断層、湧水、粘土帯、旧坑地帯などは極力避ける。また、斜坑開さくにあたっては、岩石の成層面に対して、落ばんの影響が少ないように坑道傾斜を取るべきで、いつまでも保坑困難に苦しむことのないようにする。坑道形状は、岩石の引張り応力になるべく小さくなる形を選ぶべきである。主要運搬坑道、通気坑道、排水坑道、人道等はそのほとんどが長期間維持すべき坑道であるため、保坑には常に留意し、手入りを継続する。無粋坑道の場合は、天ばん側壁を常に点検し、浮石処理を行うが、このとき、落した後の点検を忘れてはならない。また、支保のある坑道においては、支保の状況を調べ、杵の腐朽、折れ、割れ、あごの圧縮程度、杵のゆるみ、つなぎの状態、裏込めの状況、踏前の状態、湧水の変化などによって判断し、補修すべきは早急に実施していくことが大切である。

掘進作業に際しては、次の点に注意が必要である。

- ・坑道における落ばんは発破直後に最も多い。発破によって坑道周壁の岩石は影響を受け、多くの亀裂を生ずるが、これに地圧の開放が加わることにより、次第に浮石の危険を増す。発破後は、発破の煙が消えてから浮石の点検を十分に行い、先受けなどにより天ばんを早急に囲うべきである。
- ・落ばん、落石の災害は、杵入前の引立面での作業、あるいは杵入中における天ばんの崩落や作業面の倒かいによるものである。従って、これらの災害を防止するためには切羽面の点検とともに、先受け、作業面押えを確実に行うことが必要である。

### (2) 木杵支柱時の留意事項

- ① 杵脚または打柱は、元口(太い方の切口)を上にし末口を下にするのがよい。
- ② 笠木は柱より太いものを使用する。
- ③ 曲った坑木は、張り出した方を外側にして使用する。
- ④ 笠木には枝や節の多い坑木を使用しない。
- ⑤ やむをえず坑木を切る時は末口側を切る。
- ⑥ 杵を締め、裏込めをするときは、中心に集中荷重がかからないようにする。
- ⑦ ばん圧の強い箇所では、笠木と柱の切込み部は密着させ、特にえび尻の空げきはくさびを入れて締めあげた方がよい。
- ⑧ 杵間保持の切張りは、正しい位置に確実に施し、転位脱落した際はすみやかに入れ直す。
- ⑨ 坑道の側壁、踏前などを計画勾配にそろえてから、根掘りを硬岩でも10 c m、軟岩では15 c m以上確実に行う。
- ⑩ 杵入を行う場合、特に発破終了後の箇所においては、天ばん、側壁をよく点検し、落石防止などのため、努めて仮押えを行うか、必要に応じて仮杵を施した後作業をする。

## 6 その他の坑道支保

### ルーフボルト支保

ルーフボルトは、天ばんにせん孔した孔の奥にボルトを固定し、このボルトで天盤を吊るす働きをするものである。支柱を施すまでもないが、長い間に浮石の生ずる恐れがある硬岩とか、構造上枠入れをしないとじゃまになるような硬岩の箇所で使用すれば有効である。

代表的なルーフボルトについて、次に記す。

#### ① くさび型ルーフボルト

ボアホールにこのボルトを叩きこむと、くさびによりとまる。内壁もいたみやすく支持力は弱い、取り付けは容易で安価である(図2. 27参照)。

#### ② さや型ルーフボルト

先端にナットがねじこまれており、ボルトを回すとナットが引きよせられて四つ割りのさやが広げられて孔壁に密着する(図2. 28参照)。

#### ③ 接着支保ボルト

接着剤(主剤と硬化剤)の入ったカプセルをあらかじめボアホール内に入れ、これをボルトで壊して攪拌し、その接着力でボルトと岩ばんを固定するもので、やや弱い岩ばんでも使用できる(図2. 29参照)。

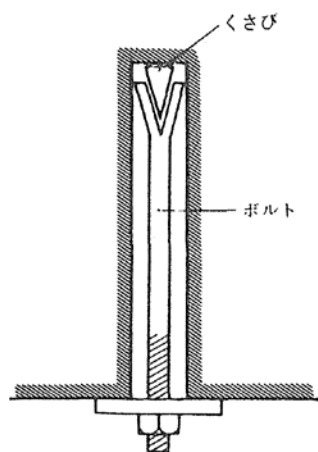


図2. 27 くさび型ルーフボルト

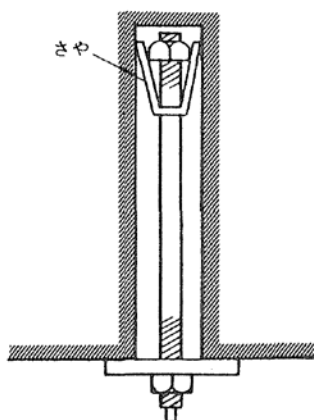


図2. 28 さや型ルーフボルト

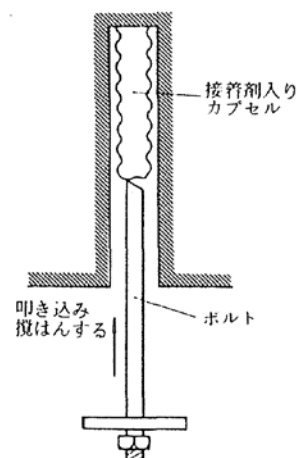


図2. 29 接着支保ボルト