

第九章 鑿 岩

第一節 錐及鑽孔

岩石を壊す方法は鑿鎚を以て其の一小部分宛を壊して行くものもあり岩石を火氣で熱して之に水を注ぎ龜裂を生せしめて打壊するものもある。又近頃では重量凡そ10噸餘の重い大鐵棒槌を機械で巻上けて岩石上に落して壊す方法もあるが最も廣く行はれてゐる方法は岩に鑽孔を穿つて之に火薬爆發薬を填装し爆發せしめて岩を壊すものである、下に其方法を述べよう。以上の外に岩に連續した穴を穿つて之に矢を入れて岩を割つたり又截岩機械(Channelling machine)を使用する等種々な方法もあるが是等は切取つた岩即ち石材を建築用材とするが目的で取除きさへすれば宜しいのでないから爰には述べない。

岩岩を破壊するためには其の岩に穴を穿つために

手錐、鑿岩機其の使用方、即ち鑽孔の方法

火薬、爆發薬、導火、雷管

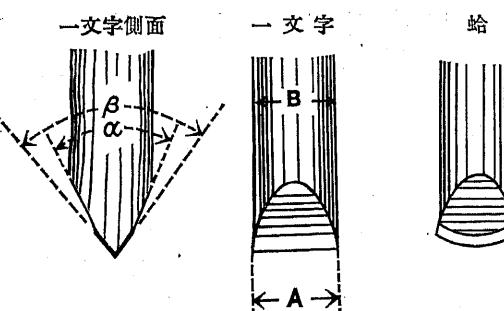
發破方法

を知ることが必要である。

手錐は普通直徑 $\frac{3}{4}$ 吋乃至1吋(19乃至25 $\frac{1}{2}$ 粁)の丸棒若は八角棒で全部焼を入れること(Hardning)の出来るものもあり又出来ない質のものある、出来ない質のものは其の先きに刃に使用する鋼を割り入れるのである。

其の最も多く使用される、錐の形は二種で一文字(Straight)と蛤(Curved edge)とで第百四十八圖にある通り切刃のところで孰

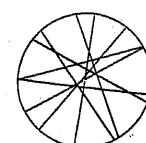
第一百四十八圖



ときでなければ使用さる、こともある。

今述べた錐を左手で岩に宛行つて持ち徐々に回轉させながら右手に鎚を以つて之を擊つので鎚は錐の種類岩質等によつて重量400粁乃至600粁($1\frac{1}{2}$ 乃至 $2\frac{1}{4}$ 粁)柄の長さ7乃至9吋(178乃至229粁)のものから800粁乃至 $1\frac{1}{2}$ 貫目(3乃至 $3\frac{3}{4}$ 粁)柄の長さ9乃至11吋(229乃至280粁)のものを使用する。衝擊のために穴底に出来る切方は左手の運動で成るべく第百四十九圖に示す様に中

第一百四十九圖

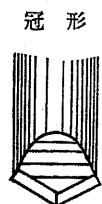


心の一點に各線が集まらない様にするが周圍に粗で中央に密になる譯であるから錐は兩端が早く磨滅する。孔底の中央が凹形になって居ると周圍が幾分か割れ易いから兩端の磨滅が甚だしくない。夫で岩質が軟であると一文字形で硬であると蛤形にする理由である第百四十八圖に示した α 角度は50度乃至60度で β 角度は70度乃至90度である、岩質が硬いと鈍角を用ふる鋸角のものを硬岩に使用すると磨滅が甚だしいAとBとの幅の比例は硬岩であると8と7との比、軟岩であると4と3との比である其の譯は硬岩は普通錐孔の周圍が正確であるが軟岩は

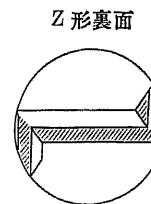
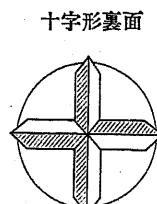
れも少々開いて居る又其の勾配が切刃で鈍くして二段に付けてあるのが多い此の外に或は岩を割つたり其の他の用に供する薄刃形、四角錐等も深い錐孔を穿つ

孔壁が不正確なる故である。頗る軟い岩であると α も β も同角にしたものや切刃に $\frac{1}{32}$ 吋乃至 $\frac{1}{16}$ 吋(25乃至12.5粍)の幅のあるものもある。又時には第百五十圖に示す冠形Vを使用する。

第百五十圖



第百五十一圖



力で使用する
錐先にも第百
五十一圖に示
す十字形、Z形、
X形を適用す

る事もあるが是等は多く鑿岩機用の錐先である。是等は割合に周囲を激しく擊つから硬き岩石の時に都合が宜しいが手力では少し骨が折れ過ぎる。

錐に使用する鐵は先きに刃用鋼を割込んである時は焼を入れる(Hardning)と鍊る(Tempering)とが必要であるので出来上つて熱して居る錐先少許を冷水中に入れて堅めて直に取り出し其の柄にある殘熱で再び熱せられて(Tempering scale)鍛煉溫度に達した時を注目して居て急に水中に全部入れるのであるが特別の質の刃鋼では唯熱して火作りをして形を打出せば夫で宜しいものもある。又錐棒の中心に細い穴の開けてあつて水を通すことの出来るものもある。

手力鑽孔の方法は孔中に突込んだ錐を左手で少しづゝ回轉させて右手の鎚で凡そ毎一秒に一度位の割で打つので二三分時間やると孔底が掘れて岩屑がたまるから之を掃除する其の方法は水の湧き出るところならば錐を急に出入さしてしごけば宜しい又竹筒の節に穴を開けて吸出しても宜しいが水の出

ない孔ならば細い鐵棒の先きを曲げてたゞきつぶし搔淡具(Scraper)を作つて岩屑をかき出しても宜しい。

一番初めに使用する錐は普通口附錐(Starter)を使用するが之を使用しないこともある。口附錐は長さ1½呎(432粍)位で少し幅が廣い其の後に使用するものは孔の深さより6乃至9吋(152乃至229粍)出て居るところまでは其の錐で掘込んで行くが夫より深くなればもっと長いものと取替へて使用する、あまり長く出て居るのも不便である。

鑽孔の進行程度は1乃至1½吋(25乃至32粍)直徑の孔徑で石板石類なれば一時間に一人で1乃至1½呎(0.305乃至0.432米)花崗石類なれば0.2乃至0.5呎(0.061乃至0.153米)である軟岩なれば孔の進行1呎(0.3米)につき錐を三四度取替れば宜しいが堅い岩になると直に錐先が損じるので二三十本以上を取替る必要がある。

手力鑽孔には垂直に近い角度が一番能率が多い鎚撃が充分に効くからである其の能率を列舉すれば

角度傾斜	能率
下向 85°	1.0
60°	0.8
27°	0.6
水平	0.5

鑽孔の直徑は其進行1乃至1½呎(0.305乃至0.432米)に付錐の直徑を $\frac{1}{8}$ 吋(3粍)宛細めて行かないと錐が動かなくなる。餘程上手な者でも4乃至5呎(1.2乃至1.5米)以上の深さになると骨が折れる。下手なものになると孔底が三角形になつて孔が曲つて

深い鑽孔が出来ない。

直徑の大きい $1\frac{1}{2}$ 乃至2吋以上(38乃至51粍)のものになると二人で鑽孔するが便利である一人は錐を持ち一人は鎗を打つので此の時に使用する鎗は8ポンド即ち1貫目(3½磅)以上ある又時には長錐(Jumper)で深い孔を掘ることもある其の時は Churn drill と云つて鎗は使用せず錐ばかりを突込んで掘るのである。

下に示すものは外國に於ける實例である。

口付孔直徑 $1\frac{1}{2}$ 吋(44粍)垂直孔

一人錐持二人錐擊
九時間にて

花崗石 7呎(2.1米)

石灰石 16呎(4.9米)

口付孔直徑 $1\frac{1}{2}$ 吋(38粍)垂直孔

一人 鑽孔
十時間にて

花崗石 4呎(1.2米)

石灰石 $8\frac{1}{2}$ 呎(2.6米)

岩質が非常に堅いとか鑽孔の孔徑が大きいとか又は深いとか若くは多數に急速に鑽孔する必要のあるときは手力では間に合はないから機械力を適用せねばならない。

鑽孔機械の主なる記録は西暦1860年以後の事である其の前にも種々な試みがあつた假令へば1854年に Bartletts drill が Mont Cenis トンネルで試みられたこともあつたが實行される程に有効なものではなかつた。

1861年 Sommeillers drill を Mont Cenis tunnel で使用した。

1863年に Lowe ; Sach の drill が出來た。

1866年に Darlington drill ; Burleigh drill.

1867年に Doering drill ; Dubois & François drill.

1870年に McKEAN drill ; Beaumont & Appleby diamond boring.

1873年に Ferroux drill ; Darlington drill.

1876年に Beaumont drill.

1898年に Hammer drill が出來た。

此の以後のものは以上のものゝ改良又は似寄つたものである。

鑽孔機械(豊岩機といふ)(Rock drill, Bohr ratsche, Pergoir à rocher)には大別して二種ある其の一は衝擊形(Percussion)其の二は回轉形(Rotation)である其の孔徑も18吋(457粍)といふ非常に大きいものを掘つた例もあるが普通爆發用のは平均直徑2吋(25粍)位である。所要の錐先の形は既に述べた一文字蛤、十文字形、Z、X、V形の外に二段刃になつて居る Mohawk bit を稀には使用することもある錐に中央に細い穴があつて夫から水を送つて錐先を冷却し岩屑の取出しに使用したものもある Leyner drill が其の一例である。又は錐横或は一旦錐を抜出してから壓力ある水を孔中に吹込んで錐孔を掃除するものもある。

普通の岩石に使用さるゝものは衝擊豊岩機であるから先づ其説明をする。其の機械は之を大別して二類とする。

第一類は Piston が直に valve の動をするもの。

第二類は Separate valve の付いたもので其の valve が色々ある Tappet Valve, air valve, Corliss valve, Auxiliary valve 等である。

第一類中で著名なものは Konomax drill, Adelaide drill, Darlington drill, Minerra drill 等である詳細な説明は出來ないが岩を擊つ錐が Piston rod の先にあつて Piston が壓縮空氣又は蒸氣で送られて其の Piston が又自身で空氣又は蒸氣を圓筒に入れ又自身が少しづゝ回轉する仕掛けである其の效能は構造簡單で空氣又は蒸

氣が充分に膨脹して働き、運動部分が少なく、全部の重量が軽い事であるが缺點を述ふれば Piston の歸りが速でなく又其の周圍に於ける摩擦があつて磨滅もするし氣漏も起る又非常に力強くもないものである。鑿岩機用の氣壓は平方吋に 60 乃至 120 ポンド(4 乃至 8 気壓)が普通で擊數は一分間に 400 乃至 600 である此の壓力と Piston の面積が有効な力となるので又其の働くは $\frac{1}{2} mv^2$ で、岩を直接に衝撃するもの、物量と其の速度の自乘に比例するから速度は大問題である。

第二類は別に瓣の附けてあるので其一は Tappet valve 附のもので Ingersoll-Rand, Rand Little Giant, Chicago Giant, Sullivan, Taylor Holman, Stephens climax, Rio Tinto 等色々な製品がある又 Horsfield の様な筒徑 18 吋(457 粑)衝撃 12 吋(305 粑)錐先幅 18 吋(457 粑)重量 $1\frac{1}{2}$ 噸といふ例外に大きいものもある、其の効能は錐と孔側との間に摩擦の多いときにも都合がよく擊込んで行くが back pressure が幾分残るので擊の効力を缺く患がある valve の磨損の患もある、蒸氣用に工合が宜しい。air valve 附のものは Ingersoll Eclipse, Rand, Slugger & Konomax, Sullivan, Stephen Climax Imperial, Wood, McKeeinan, Little Hercules, Water Leyner Hardy 等の製品がある Piston の行も歸りも夫々の valve が充分に開くから衝撃が充分に又歸りが宜しい。Corliss valve 附のものは Torpedo 形だけで種類も製品も多くない Auxiliary Valve 附のものは Ingersoll Sergent の Arc Valve 附, Holman の steel ball 附等の製品で其の Piston Cylinder の磨滅が Valve の働きを邪魔しないところが此の形の大效能である。

よき鑿岩機には下の條件が具備されねばならぬ。

構造簡単で丈夫なること、動く部分がなるべく少なること、軽くして小形なれども衝撃部は比較的重きこと、衝撃を受けるものは卿子のみで其運動は長短自由なること、急に衝撃物がなくなつても支障なきこと、錐の回轉は自動たるべきこと、錐の進行が自動である場合には其の進行に準據すべきこと、氣筒内の壓力は甚だしく過大ならざること、取外し組立容易なること。

此の外に彈條(Spring)の働きで鑿孔するものもある又電氣磁氣を適用する Locke, Durkee, Marvin Dietz, Siemen-Halske Adams, Gardner, Siemen-Schuckert もあるが餘り廣くは行はれて居らない、日本では森本工場で製作して居るものは相當の成績である。電氣壓搾空氣式もある Temple-Ingersoll が其例である。小形の空氣壓搾機械を電動機で動かして其の空氣で鑿岩機械を運轉させるもので空氣壓搾機械が小形であるから場合によつては大いに便利な事もある。

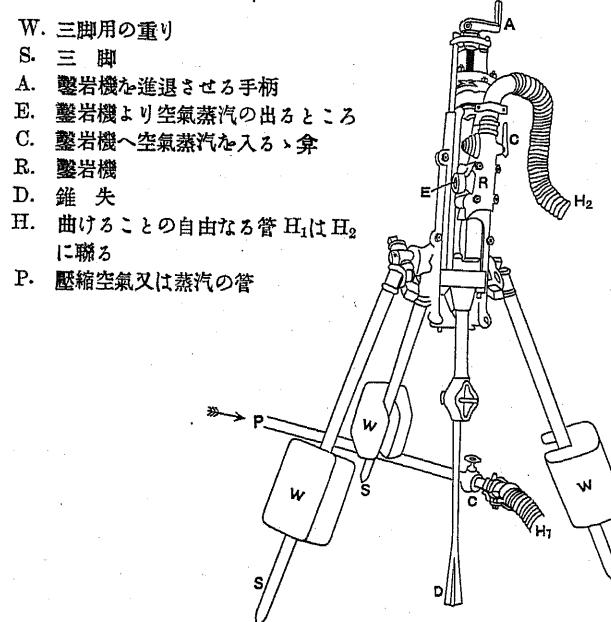
垂直に錐が岩を擊つときのことを考へると其の氣筒面積 6 平方吋(38.7 平方釐)で有効壓力が平方吋 40 封度(2.7 気壓)として衝撃の長さ 5 吋(127 粑)とし其の重量を 50 封度(22.7 噸)とするときの一例を述ぶれば其の働くは $(6 \times 40 \times \frac{5}{12}) + (50 \times \frac{5}{12}) = 120.83$ 呎封度(17 噸米)である。之で錐先が $\frac{1}{8}$ 吋(3 粑)岩を打込むとすれば其の平均壓は $120.83 \div \frac{\frac{1}{8}}{12} = 11669$ 封度即ち凡そ 5 英噸になる此割で回轉して十度打込めば鑿孔の深さ $\frac{1}{8}$ 吋(3 粑)進むと見て宜しい錐先幅は 2 吋と見て一分間 300 撃なれば $\frac{300}{10} \times \frac{1}{8} = 3\frac{3}{4}$ 吋

(95石)進むことになる石灰石なれば此の位の割合になる。

廻轉式鑿岩機(Rotary rock drill)は錐先が段刃形のもあるが普通のは螺旋形である堊土(Chalk)又は軟岩の一様な質のものには適當するが一般の岩には適用しない Trantz, Heise, Elliot, Brandt 式が其の例である。又金剛石を錐先に嵌た Diamond drill もあるが爆發用の鑽孔に使用するのは例外である。

鑿岩機を取付けるものには第百五十二圖に示した様な三脚

第百五十二圖

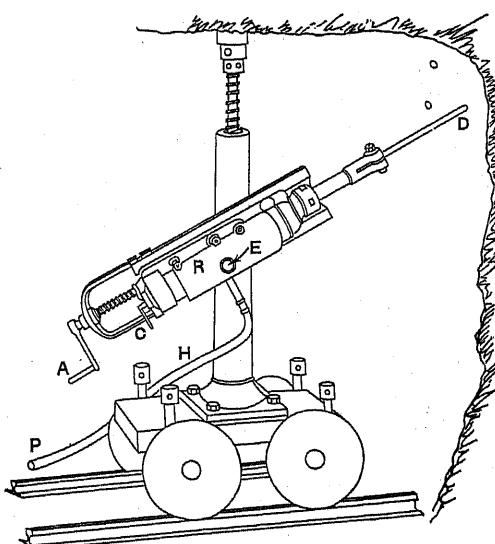


もある其の脚用重りは三個で150封度即 18 貫目(68石)乃至 400 封度即 50 貫目(181石)が普通である、又直徑 3 乃至 5 吋(76乃至 127石)長さ凡そ 6 呎(1.8米)位の柱式で螺旋で垂直にでも又横にでも突張り置き之に鑿岩機壹

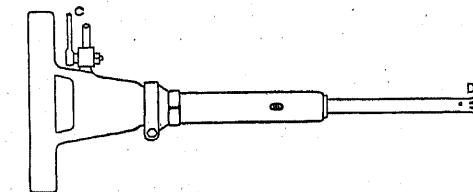
臺或は數臺を取付けるものもある、第百五十三圖に示す様に車臺上に柱があつて運搬の便宜にしたものもある。此種は柱を横にすることがむづかしい。

以上は極めて大要である詳細の事は Weston-Rock drill (1910)

第一百五十三圖



第一百五十四圖



又は各製造所の製品目錄を参照せられたい。二十世紀に入つてから第百五十四圖に示す様な鎗擊鑿岩機(Hammer drill)が至つて輕便で割合に有効であるから多く行はれて來た其の重量は普通は 18 乃至 35 封度(8乃至 16 石)迄であるが例外に輕い凡そ 10 封度(4½ 石)位のものもあれば又すつと重いものもある、之を保持するものに粹形がある Leyner, Stephen, Imperial Hammer Kimber の如き又空氣筒で受け居る Gordon, Murphy Little Wonder 形もあり又全く手や肩で受ける Murphy, Flottmann, Cleveland, Little Wonder, Hardscogg, Hoffmann, Crown, Deitz, Hardy Nipper, Waugh, Sinclair, Sullivan, Little Jap, Little Imperial, Traylor 形がある、前に述べた非常に輕いのは足尾と別子とで作つた形である。」

鎗擊鑿岩機用の壓縮空氣壓力は平方吋に 60 乃至 100 封度(4 乃至 6.8 氣壓)で其の衝擊數は一分間に 1500 乃至 1600、時には 2000 度も擊つから其の衝擊數と速度が多いのとで小形の割には有

力であるが前に述べた衝撃鑿岩機 (Percussion drill) ほどに錐の廻轉が完全でなく又直徑の大きな深い孔又は非常に堅い岩質のところには不向きであるが徑凡そ 1 尺(25 精)位のもので深さが 5 乃至 6 尺(1.5 乃至 1.8 米)迄のものなれば熟練した者には鑽孔が出来る。小形のものを以つて少しく無理な仕事をさせると修理が度々必要になつて来る。

鑽撃鑿岩機の効能は下の通りである。

構造簡單で運動部は機中の一二に止まること、隨つて錐の取替又は位置の變更は瞬時に出來ること、勞働時間の 7 割乃至 9 割が實際穿孔に使用されること、(普通の衝撃鑿岩機では其の取付取外しに手間を要するから全勞働時間の五六割が實際の穿孔時である)多數の淺き錐孔を適當な位置に自由に穿つに適當して居ること、狹隘な場所でも自由に使用することが出來ること、使用するに熟練を要せざること、空氣消費量の僅少なること、一臺の機械を持つた抗夫の仕事は手掘抗夫 6 人乃至 15 人の仕事に相當すること、錐孔の位置が自由に選定が出来るから爆發薬の經濟にもなること。

鑿岩機で鑽孔するときは深さ 2 尺も進むと錐の直徑を $\frac{1}{4}$ 尺(3 精)づゝ縮小して行く、深さ 8 尺(2.4 米)もあるならば最後の錐でも徑 $1\frac{1}{4}$ 尺(32 精)は必要で夫より深いものは最後の錐がより太くないと工合が悪い隨つて最初の口徑が大きくなる。直徑 $1\frac{1}{2}$ 乃至 2 尺(38 乃至 50 精)のもので鑽孔の進行は一分間に花崗石ならば 0.02 乃至 0.10 尺(6 乃至 36 精)、石板石、石灰石ならば 0.2 乃至 0.40 尺(60

乃至 120 精)である堅石ならば 5 分間又都合がよく進行しても深さが $\frac{1}{2}$ 尺乃至 1 尺(150 乃至 300 精)掘れたらば錐先を改める必要がある下に示すものは Eng. News, vol. 51, p. 566 に記載してある一例である。

	氣筒 $\frac{3}{4}$ 小時	直 徑	3 小時 錐	(堅 質 砂 石)
氣壓 平方 小時 封度			80—70	70—60 60—50 50—40
錐 進行 每分			1.3	1.1 1.0 0.6
送風量 每分 立方 尺 (Free air)			124.	117. 100. 10.
錐穴 一 尺 進行 に 要 す る 空 氣 立 方 尺 (Free air)			95.3	106.4 100. 116.4
錐穴 一 立 方 小 時 に 更 す る 空 氣 立 方 尺 (Free air)			13.3	14.8 13.8 15.0

	氣筒 $\frac{3}{4}$ 小時	口附錐 $2\frac{1}{4}$ 小時	終局用錐 $1\frac{1}{2}$ 小時	壓力 平方 小時 70 封度
柔砂石、石灰石			每 尺 進 行	3 分 時
中等砂石			" "	4 "
堅質砂石			" "	5 "
堅質花崗石			" "	6—8 "
柔質岩にて穴先の壊れるもの			" "	8—10 "

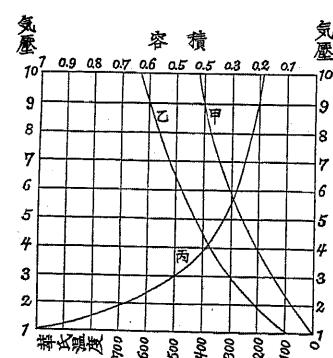
空氣壓搾機械 (Air Compressor) の事は委しく説明することが出来ないから極めて簡単に一言するに止めよう。其原動力として使用されるものは水力もある。Taylor 式は落下する水を以つて直に空氣を壓せしめて之を集めるのである落差 200 尺(60 米)を利用して平方 小時 80 封度 (5.4 氣壓) 以上の壓力を生ずるものもあるが廣く行はれて居るものでない又 Darlington hydraulic piston 式は壓力ある水で piston の働きをさせ之で空氣を壓するものである。回轉運動による Turbo-compressor は非常に多量の壓縮空氣

を使用する大仕掛のところでは適用される Multiple stage にして平方時 100 封度 (6.8 気圧) 以上の壓力に空氣を壓するのもあるが少量用には不適當である。Piston の往復運動をさせて空氣を壓縮さすのは原動力には種々なものもあるが實質には差がない最も廣く使用されて居る空氣壓搾機械を説明すれば。

此形には Ingersoll-Sargent, Nordberg, Clayton, Merrill, Rand, Knowles, Curtis 等色々あるが大體に通じたところを説明すると、蒸氣機關で蒸氣を經濟的に膨脹させて使用するものでは蒸氣筒の Piston の動き初めには力が強く其の進歩につれて力が弱くなるに反し空氣筒の方は壓縮されて行くに従つて抵抗が増して来るから蒸氣筒は Duplex にして平均させるが宜しい。

空氣は壓縮されると非常に熱が高まる其の熱を飛散させず

第百五十五圖 に置くときの狀態 Adiabatic Compression



の有様は圖に示した通りで 0°F の一氣圧の空氣を 6 気圧に壓すれば(甲線参照) 300°F に昇り量は(丙線参照)凡そ其の 0.28 になる 100°F の空氣を壓し初めると熱度の昇りが尙甚だしい(乙線参照)夫で熱せられた空氣を冷却する必要がある其の方法は空氣筒中へ直接に冷水驟線を吹き込むものもあるが空氣を濕らす患がある。筒の周圍を冷却するのが多いがそれだけでは効力が少ないので空氣を更に數條の管を通して冷却したり時には水を使用して冷却もする、溫度を高くして置くと冷たくなつたとき

に濕氣が凝結して水となつて不都合な事がある。

壓搾機械から出て來た冷却された空氣は一度空氣溜に入れて其處より管で遠方へ送るもので空氣溜には安全瓣と水抜が必要である。

以上述べた外に廻轉式も Multi-stage Compression もあり又直徑 8 吋 (203 粱) 長さ 5 託 (1.524 米) 位の Mannesmann 管で作つた平方時 2000 封度 (136 気圧) の壓力ある空氣溜を使用することもある、又非常な高地で大氣壓の減少した處に於ける壓縮空氣に對する注意もあるが略することにした Weisbach & Herrman-Mechanics & Air Machinery (1905), Simons-Compressed air (1914), Hiscox-Compressed air and its application 等を參照すれば宜しい。

最後に空氣を送る管のことについて一言しよう、之を詳細に述べるには空氣壓、溫度、管の狀態等色々な事に關係するし色々な式があるが F. Richards の式が簡単である。

$$V = \text{壓縮された空氣の送らるゝ量(毎分立方呎)}$$

$$D = \text{管の直徑(吋)}$$

$$a = \text{係數(直徑に聯關係して)}$$

$$H = \text{入口出口の壓力の差(平方時に對する封度, 即ち管中の摩擦に對するもの)}$$

$$L = \text{管の長さ(呎)}$$

$$V = \sqrt{\frac{10000 D^5 a H}{L}}$$

$$H = \frac{V^2 L}{10000 D^5 a}$$

$$L = \frac{10000 D^5 a H}{V^2}$$

$$D^5 a = \frac{V^2 L}{10000 H}$$

管の直徑(吋)	$D^5 a$	管の直徑(吋)	$D^5 a$
1	0.35	4	860
1½	5.03	5	2919
2	18.08	6	7776
2½	63.47	8	36864
3	177.40	10	120000
3½	413.20	12	313528
		20	4480000

假令へば $L = 11000$ 呎、 $D = 8$ 吋で氣壓は入口で平方吋 80 封度、出口で 75 封度であれば其の差 $H = 5$ となる。

$$V = \sqrt{\frac{10000 \times 36864 \times 5}{11000}} = 409 \text{ 每分立方呎}$$

又未だ壓縮されない空氣 4000 立方呎を平方吋 100 封度に壓して $L = 1200$ 呎の先きで平方吋 92 封度壓力で出したい時は其の空氣量は $4000 \times \frac{14.7}{92+14.7} = 551$ 立方呎であるから

$$V = 551, H = 100 - 92 = 8 \text{ である}$$

$$D^5 a = \frac{551 \times 1200}{10000 \times 8} = 4554$$

是は表に照らして所要の管は 5 吋徑と 6 吋徑の間に相當することが分る。

急に曲つた九十度管のために失ふ摩擦を直管に比すると下に示す様になる。

直徑 5 吋のときは其の直線の長さ 40 吋に相當する

" 3 吋 "	" 25 吋 "
" 2 吋 "	18 吋 "

" 1 吋 " " 18 吋 "

第二節 爆發薬、導火及爆發

爆發薬とは不安定な平衡状態で集團結合して居る固體若くは液體で輕微な攪亂作用で化學變化を起して原容量に比して非常に多量の瓦斯を急激に發生し其の瓦斯は此の化學變化のため放出された莫大な熱で非常に膨脹するものを云ふので今日では比較的力の微弱なものとして居る黑色火薬も其の 1 斛から凡そ 265 乃至 285 リートルの瓦斯と 674 乃至 685 カロリーの熱を出すものである。強力の爆發薬では瓦斯の量も熱量も非常に莫大なものである。

石炭瓦斯と空氣との混合物は點火すると大音響を發し震動を起すが其の 1 リートルから 0.966 リートルの瓦斯が出來其の熱量の發生は 0.854 カロリーに過ぎない。又酸化鐵とアルミニヤム粉との混合したものはテルミットと稱して點火すると攝氏 3000 度と云ふ非常な高熱を出すが膨脹すべき瓦斯を放しないから共に爆發薬とは云へない。

Explosive は何の時代から世界に現存したかは充分に分明でない支那では三國時代にもあつたと云ふ人もあるが確實でない。南宗金時代の戰にある霹靂礮、震天雷と云ふのは火薬である西暦 660 年乃至 667 年頃の Greek fire は硫黃、瀝青、松脂、硝石の混合物で十三世紀に於て Roger Bacon の製作したものも類似のものらしく 1313 年に Freiberg で Schwartz の作つたものは近世の黒色火薬と相似たものである。又十四世紀以降では歐洲各地に

火薬の製造所もあつたが十九世紀になる迄は顯著な進歩はなかつた。

1832年にNancyのBarconnotが澱粉質の物を硝酸に入れると爆発性を帶びることを發見したのが爆發物大革命の序幕で1845年に獨逸のSchönbeinが綿を硝酸に浸すと外見は變化せぬが爆發質のものになることを發見し1846年には伊太利のSobreroがグリセリンを硝硫酸中に入れると黃色を帶びた強大な爆發力あるグリセリンが得らるゝことを發見した之をPyro-glycerine又はXyloidineと稱したけれども液體では取扱が甚だ面倒なので之を一種の赤土に浸込まして今日の所謂ダイナマイト(Dynamite)をAlfred Nobelが製作したのは1866年であつて是から強力爆發薬が實際に使用さることになつた。其の後1867年にBorlinetteがPicric Acidと硝酸曹達、クローム酸加里の合成物を作り1878年にNobelがNitroglycerineとGun cottonの合成物たるBlasting gelatineを作つた1886年にTurpinが作つたMelinite、1887年VeilleのSmokeless explosive、1888年NobelのBallistite、DewarのCordite、1906年のTrinitrotoluol等は主として軍事用のものであつて工事用に供するものはNitro-glycerine加合物とPicric acid加合物が多い。

日本に於ける爆發火薬製造所は板橋、宇治、平塚、王子、岩鼻、目黒等である。

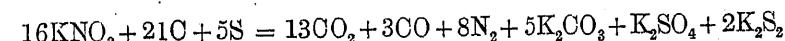
夫等の詳細は後に譲り黑色火薬其の他爆發力の弱いものから説明すると

Low Explosives, Direct Explosives低級直接點火火薬は多く混成火

薬である。其の中で最も普通に多く使用さるゝものは黑色火薬である。其の成分は(軍事用でないもの)重量で

品名 國名	日 本	英 國	佛 國	獨 逸
硝 石	70	75	72	70
硫 黃	15	10	13	14
木 炭	15	15	15	16

黑色火薬の爆發に就いては種々の説があるが今其の一説を示せば



で發火溫度は攝氏2000度以上發生瓦斯の容量は火薬原料の凡そ300倍であるといふ。火を點すれば直に爆發する又265°C乃至280°C熱すれば自から發火爆發するものである。

黑色火薬は焰硝とも稱し其の重さ水に能く似て居る其の立方呎は62封度、一立方米は993升、一封度は28立方呎、1立方尺は7貫400匁、1貫目は2升1合即ち0.13立方尺である。極めて細微な粉末を混合してあるから其の粉末の儘で極めて小量のものならば手掌の上で點火しても迅速に燃えて害を残さぬが之を粒状に固めると爆發が遲鈍になる其の粒の太さで爆發速度の加減が出来る。普通工事用の黑色火薬は製造に甚だしき手數も掛らぬが或る特別の目的のものは硝石も純粹でなければならず木炭の木質、燃燒、溫度、燒工合等が頗る面倒である。

黑色火薬の外にも直接點火火薬が色々ある木炭の製法又は含炭物の種類で褐色のものもある。鹽素酸加里45%、硝石35%、炭20%又は鹽素酸加里50%、満倅5%、糠炭45%或は鹽素酸加里75%、炭25%、鹽素酸

加里43硫化鐵43硫黃14.其の他青酸加里、硫酸満倅等種々なる含炭物の混合されたものもあるが其の安定と効力其の取扱の便宜から考へて普通の場合には黒色火薬に及ばないから工事用には黒色火薬の外は一般に使用なれない。

黒色火薬其の他直接爆發する低級火薬は混成火薬であるから水が掛かると乾いた後でも混成分は不平均になるから宜しくない又濕つて居つては爆發しない水中で使用するときは水氣のために絶體に濕らない事が必要である。

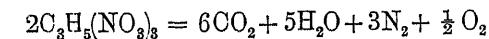
直接に爆發しない強力な爆發薬間接點火高級爆發薬(Indirect High explosives)は多數あるが先づ Nitro-glycerine の含有されてあるものが最も多く使用されるものであるから其の分から説明をしよう。黒色火薬等と相違して水中でも使用に差支がない。

グリセリン $C_3H_5(OH)_3$ を硝硫酸に入れると出來るものは
Mono-Nitroglycerine $C_3H_5(NO_3)(OH)_2$ 不安定で水に溶解する
Di—Nitroglycerine $C_3H_5(NO_3)_2(OH)$
Tri—Nitroglycerine $C_3H_5(NO_3)_3$ 爆發薬の原料

である。爆發用ナイトログリセリンは淡黄色透明無臭の油で甘味があるが嘗めると頭痛を來して毒であるコーヒーを飲むと中毒を幾分緩和すると云ふ事である。比重1.6其の固結したものは攝氏の凡そ10度でないと充分の液體にはならないが固結せんとする温度は今少し低くある。水には殆んど溶解しないがアルコールには容易に溶解する。其の溶解した液は爆發性を帶びない。

ナイトログリセリンは強く衝撃すると爆發する水の沸騰溫

度位では變化はないが160°C以上になると褐色蒸氣を發しやがて爆發する其の充分に爆發したときの一例は



であつて強き有毒瓦斯は含有して居らぬ。其の1升の爆發で凡そ700リートルの瓦斯と1580カロリー3000度以上の熱度を發生し其の反應速度は一秒時凡そ1600米である。

ナイトログリセリンは液體で其の取扱が至極不便であるから之を染込みます固體に就いて種々と研究された結果1866年 Alfred Nobel が一種の褐色をして居る硅土 Kieselguhr が都合の宜い事を發見した。ナイトログリセリン75に硅土25を合せたものが即ち Dynamite No 1 で紅褐色を帶びた赤土を油で固めた様なものである。

ダイナマイトの普通商品は高11吋幅12吋長さ30吋($0.28 \times 0.30 \times 0.76$ 米)の銅釘の木箱の中に10個の紙箱に分納してある。其紙箱中に直徑1乃至 $1\frac{1}{2}$ 吋(25乃至38粍)長さ4吋乃至6吋(100乃至150粍)の裝薬(Catridge)と直徑 $\frac{3}{4}$ 吋(19粍)長さ2吋(51粍)位の小裝薬(Primer)と混せて35乃至36本の紙包が入れてある。商標は金字塔、地球、列車、斧、鷲印が周知である。No.1よりも弱い力の入用などころでは Deutsch No. 2. Nitroglycerine 40, Nitrate of Soda 40, Rosin 6, Sulpher 6, Kieselguhr 8 或は English No. 2. Nitroglycerine 18, Nitrate of Soda 71, Paraffin 1, Charcoal 10 が使用される。又 No.3と稱して前記より更に少量の Nitroglycerine を含有して居るものもある。是等爆發薬の極めて少量へ直接點火すれば燃燒するが爆發しない。爆發させるには雷管を用ふるのであるから間接點火と云

ふ併し多量になると燃焼して居る中に熱度が高くなつて来て爆發する。

Blasting gelatine とはナイトログリセリン 92 乃至 93 綿火薬 8 乃至 7 より成るもので黃色な琥珀飴の様なもの、紙包にされたもので比重 1.6 でダイナマイト No. 1 よりも強力である。

Racha Rock と云ふのは Nitro-benzine 21 と Pot. Chlorate 79 との混合物で其の鹽素酸加里は袋入にしてあつて使用する際に Nitro-benzine 液中に浸すのである、又之に Picric acid $C_6H_2(NO_2)_3OH = 2CO_2 + 3CO + 3N + C + 3H$ の加はつて居るものもある。其他色々な爆發薬がある、下に示してあるのは大阪砲兵工廠で作製發賣して居る。

硝酸アンモニヤを含有して居るものは爆發するときの溫度が低いために引火瓦斯のあるところで使用するに適する、之を安全爆發薬と稱して居る。

松印 Blasting Gelatine 淡黃、半透明、軟性膠質、耐水性アリ。

強靭ナル岩石、水中ニアル岩石ノ破壊用

竹印 Blasting Gelatine

松印ヨリ力弱シ外見相似タリ耐水力アリ

櫻印 Gelignite

竹印ヨリモ力弱シ外見相似タリ、岩片ヲ大形ニ破壊ス耐水力アリ

梅印 Samsonite

耐水力アリ、外見櫻印ニ似タリ破壊力鶴龜印ノ間ニアリ

日本製爆破薬一覽表 (西松火薬草 Page 239)												
薬種	外國名	製造所	薬包長	薬包徑	薬包量	使用電管	ニセトロリヤン	木薬	硝酸アンモニヤ	硫酸	炭酸	木炭
松印 竹印 櫻印	Blasting gelatin Gelatin dynamite (Gelignite)	岩鼻 " " "	2.97-3.27 2.97 1.95-2.97	3/4-11/16 3/4 3/4-11/16	15-100 45 45-100	六號 " " "	92.5 7.5 60.0	5.5 19.5 4.0	5.0 29.0 7.0			
梅 蘭 楓	Sansontie Carbonite Grisonite	" " "	2.97 2.17 3.50	3/4 7/8 3/4	45 25 45.5	" " "	58.0 30.0 44.0	40 30.0 12.0	17.0 33.0 2.0	14.0 2.0 2.0		
鶴 龜 鷹	Dynamite No. 1. No. 1. Low grade dy.	" " "	2.17 2.17-2.97 2.17	7/8 3/4-7/8 3/4-7/8	40 40-45 40	三號 " " "	75 70 15.5		2.5 3.0 55.0			
不凍 松 猿 大	Nonfreezing dy. " " "	" " "	2.97-3.27 1.9-2.97	3/4-11/16 3/4-11/16	15-100 45-100	六號 " " "	69 46	10 4				
石ナマ 猿 大	不凍 猿 大	" " "	90-100 90-100	20-27 20-27	25-50 25-50	三號 " " "	50 36.5	50 10.0				
鐵桶 火 山藥	一號 二號 Potentite Potentite	宇治 " " "	90-100 90-100	20-27 20-27	25-50 25-50	六號 " " "			智利 23			
硝安 全號 一號 黑火 山藥	Ammonite Ammonite Round blasting Powder	" " "	85 85 目黑	21 21 形	25 25 3.5-5.5				70			
										15		
											7	70
											12	88
												15

此表は西松氏著火薬學 239 頁より轉載す

蘭印 Carborite 白色軟質、鎔質、耐水力ナシ
 黒色火薬ノ凡二倍ノ力アリ
 楓印 Grisontite 白色脆弱、餅質、耐水力ナシ
 鶴印 Dynamite 淡紅色、緒赤色、耐水力ナシ
 岩石ヲ小片ニ破壊ス
 龜印 Dynamite 鶴印ニ似タリ
 不凍松櫻 Non freezing Dynamite
 外見松櫻印ニ似テ耐水力アリ、0°C = 溫度下リテ
 モ凍縮セズ

Ammonia Dynamite		Celtite
Ammonia Nitrate	75	Nitro-glycerine 56-59
Paraffin	4	Nitro-Cotton 2-3.5
Charcoal	3	Pot-Nitrate 17-21
Nitro-glycerine	18	Wood Meal 8-9
Atlas Powder		Ammonium oxalate 11-13
Nitro-glycerine	61	Moisture 0.5-1.5
Wood pulp	14	Dualin
Pot. Nitrate	21	Nitro-glycerine 50
Magnesium Oxide	3	Fine Saw dust 30
Moisture	1	Nitrata of Potash 20
Carbo-Dynamite		Hercules Powder
Nitro-glycerine	90	Nitro-glycerine 75
Charcoal	10	Pot. Chlorate 1
Carbonite		Pot. Nitrate 2
Nitro-glycerine	17.76	Sugar 1
Nitro-Benzene	1.70	Magnesium Carbonate 21
Soda	0.42	Gelatine dynamite
Pot. Nitrate	34.22	Nitro-glycerine 62.50
Barium	9.70	Collodion cotton 2.50
Cellulose	1.55	Salt Petre 26.25
Cane Sugar	34.27	Wood pulp 8.40
Moisture	0.38	Soda 0.35

Gelignite		Nitro-glycerine 10 20
Nitro-glycerine	60-61	Coal dust 6 8
Nitro-cotton	4-5	Nitrate of Ammonia 30 30
Wood pulp	9-7	Picric acid 54 42
Pot. Nitrate	27-29	Rend rock
Giant Powder		Pot. nitrate 40
Nitro-glycerine	40	Nitro-glycerine 40
Sod. Nitrate	40	Wood pulp 13
Resin	6	Paraffin Pitch 7
Sulphur	6	Vigorite
Kieselguhr	8	Sod. Nitrate 30
Permonite		Nitro-glycerine 30
Pot. perchlorate	31-34	Char coal 5
Nitro-glycerine	3-4	Saw dust 5
Collodion cotton	5-1	Yonchite
Ammonium nitrate	39-43	Ammonium perchlorate 25
Trinitro-tulerene	11-13	Ammonium Nitrate 30
Starch	5-9	Sodium nitrate 15
Wood meal	1.5-3.5	Trinitro-toluene 10
Moisture	0-2.5	Solt 20
Petrofracteur		Vulcan Powder
Pot. chlorate	67	Sod. Nitrate 52.5
Pot. nitrate	20	Nitro-glycerine 30.0
Nitro-Benzene	10	Sulphur 7.0
Antimony Sulphide	3	Charcoal 10.5
Picrates		

Modern high explosives

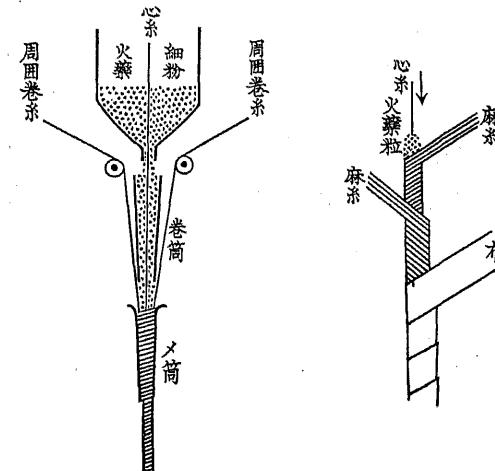
Gun Cotton Compounds	Nitro-glycerine Compounds Ammonia dynamite	Nitro-Banzine and other nitro Compounds Ammonia
Gun Cotton	Atlas powder	Bellite
Potentite	Blasting gelatine	Cheddite
Tonite	Carbo dynamite	Hellhoffite
	Carbonite	Kinetite
	Celtite	Punlastite
	Cardite	Petrofractor
	Dualin	Picrates
	Dynamite No. 1. 2. 3. 4.	Racha rock

Extra dynamite	Racha rock special
Gasmits	Roburite
Gelatine dynamite	Schutze powder
Gelignite	Securite
Giant powder	Yonekite
Hercules powder	
Judson powder	
Litho-fractor	
Meganite	
Permonite	
Rend rock	
Rhxite	
Safty nitro powder	
Stonite	
Telsit	
Vigorite	
Voughes dynamite	
Vulcan powder	

導火 Fuze には普通點火用、電氣導火の二種がある。普通點火用の物も陸地用即ち乾いたところに使用するものと水中用と二種ある。

普通點火用の導火は黒色火薬の細粒を麻糸で二重に巻いた其の上にペンキ其の他の塗料が塗つてある中央部の火薬粒の中に細い糸が一本入れてあるのは第百五十六圖示す様に製造の時に漏斗の中に火薬を入れて其中を細絲を通して引くと夫れに附いて平均に火薬が降つて来る其の漏斗の下に麻糸を巻いて火薬を包み込むのである麻糸を二重にしてペンキ又はコールターを塗り其の上に幅 $\frac{1}{2}$ 吋(13粁)位の布で巻いて其の上を尚一度塗材を施してあるものもある充分丁寧に巻いて能く塗料で塗つてあるものは暫時は水中に浸しても差支へないが何

第一百五十六圖



十分も數時間も水中に浸した儘にして置くものは中に火薬粒が入れてある細い鉛管を心にして其の周囲を絲布で覆ふてあるものである。普通導火を一般に Bickford Fuze と稱して直徑は $\frac{3}{16}$ 乃至 $\frac{1}{4}$ 吋($4\frac{3}{4}$ 乃至 $6\frac{1}{2}$ 粁)普通の商品は一巻が 24 呎(7米)ものである

點火すると其の長さ 1 呎燃えるに 15 秒乃至 45 秒を費すものが普通である特製のものは之よりも遅く又壓縮した火薬を入れたものは 1 秒時に 120 呎(36 米)も燃える。綿火薬を心に入れて鉛管で作った特別用のものは 1 秒時に 1000 呎乃至 20000 呎(300 乃至 6000 米)も燃える。點火方法は各導火に一火を附けるが普通であるが時には一本の導火の先に特別な接合物 Bickford-Volley firer があつて其先きに急速導火數本が附いて居つて同瞬時に爆發するものも又は雷管の衝撃によるもので點火する時に絲を引くものである。電氣導火のことは雷管の説明をした後に述べた方が便宜である。

普通導火は日本では佐渡と石見と大阪製とが多く實用される。

雷管(Detonator)で普通工事用に供するものは直徑凡そ $\frac{1}{4}$ 吋(6 粁)長さ凡そ $\frac{5}{8}$ 乃至 $2\frac{1}{2}$ 吋(15 乃至 60 粁)の底のある薄き銅管で其の

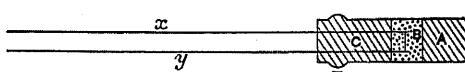
長さの二割乃至五割の部分に雷汞が詰めてある。雷汞とは Fulminate of Mercury $Hg(CNO)_2 = Hg + 2CO + 2N$ で之を擊つか徐々に $152^{\circ}C$ 或は急に $200^{\circ}C$ に熱するか又は硝酸か硫酸を之に注ぐか雷閃 (Spark) を通すと強力な爆發を爲すものであるが又永い間 $90^{\circ}C$ 位で熱して置くと爆發性が消える今普通雷管の寸法を示せば。

雷管番号	1	2	3	4	5	6	7	8
雷 梅 瓦	0.30	0.40	0.54	0.65	0.80	1.00	1.50	2.00
管 長 粱	16	22	26	30	35	35	40	58
管直 径 粱	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0

商品は百本入の罐で鳥居印、草花印が普通品である。

電氣導火は第百五十七圖に示す通り電線を雷管中に仕込ん

第百五十七圖



だもので三室に區分して
ある。Aのところは雷汞(鹽
酸加里の如きもの、混合

してあるものもある)の入れてあるところ、Bのところは點火剤が
入れてあつて電線xyの兩端間の細き白金線(弱電用)が白熱する
か又は電閃が飛ぶ(強電用)様になつて居る。點火剤は Pot. chlorate
と antimonite との粉末混合或は之に類似のもので電流によつて
發火し其の火によつて雷管が破裂する。Cには Sulpher cement
Gutta percha 等の絶縁物が入れてあつて同時に電線が動かぬ様
にしてある時には雷管がZの様に口元で少し脹らしてあるの
もある。又此の上に包覆が出來て居る。然らざればAの所が外
部から壓せられると爆發する患がある。xyの細電線は長さ2

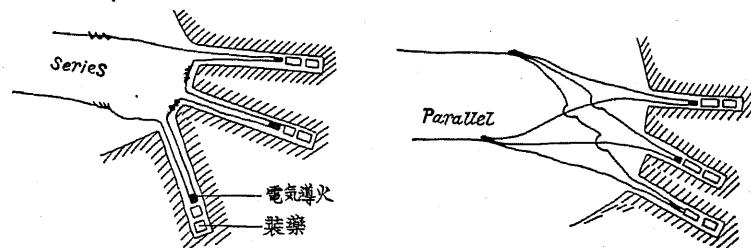
乃至6呎(0.6乃至1.8米)ある。特別に作った導火には送電後一定
時の後に爆發するのもある。

電氣導火の點火は強電池、蓄電池、磁電機、電流のある電線等に
よるもので其の導火費用は普通陸地用導火の凡そ十倍に當り
取扱が面倒であり電流を起し又は通する手數を要するが其の
效能は取扱が安全であり、點火前に極めて弱き電流で接合の善
惡を試験することが出來、數發同時にも又一定に確實に時間を
隔て、爆發さす事も出來又爆發せざるものは後に爆發する患
がないが普通導火であると消火したと思つたものが中部の火
薬は斷ぎれて居つて導火の周圍に火が移つて居つて徐々に燒
け續け復た中部の火薬に點火して燃え始める危険があるから
爆發しなかつたときは5分時以上相當長い時間待つて居る事
が必要であるが電氣導火では其の必要がないから水の湧き出
るところトンネル豊坑掘鑿の時に適用すると非常に便宜な事
もある。普通導火は取扱上折る事は禁物である巻いてあるもの
を静かに延するものである又電氣導火は遠隔なところから點
火する事も出来る。非常な遠方から點火した例は1913年 Pan
ama Canal の大西太平兩洋間の水の區堤を最後に大爆發をや
つて相通せしめたのは2000哩(3200基米)先きの Washington で大統
領が Switch を切つたのであつた。

電氣導火用の電線接続方法は場合により Series にも亦 parallel
にも續く Straight-series, Multiple series, Zig zag, Three wire system 等の
接続法がある。

爆發薬の取扱方法は書物で讀んで直に實行するのは宜しく

第一百五十八圖

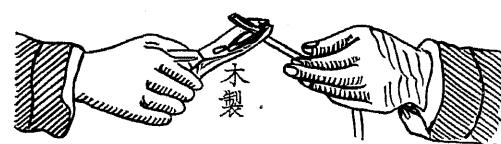


ない實驗のある人に就て稽古するが宜しい。尤も其の取扱方法は至つて簡単である今其の大略を述ぶれば

黒色火薬を使用する場合は錐孔中が濕氣がなければ直に火薬を適當な深さに填充し火薬中に導火の一端を入れ能く木楔で壓し其の上を乾いた粘土粉細砂等で填充して行き導火の出て居る端へ點火すれば宜しいが濕氣のあるところでは導火火薬を水氣の入らない袋中に入れて之を錐孔中に裝置しなければ發火しない。

爆發藥使用法

第一百五十九圖



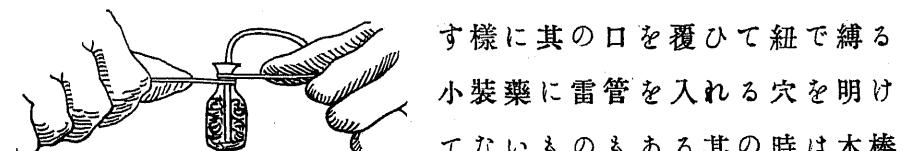
(一)先づ導火線を適當な長さに切斷し其の先を雷管中に入れ導火繩の抜け出ぬ様に雷管の口を第百五十九圖に示す木製のヤットコ状のもので鉄壓して置く。此の時導火が深く入り過ぎて雷汞を摩擦するか又は雷汞を鉄壓すると爆發するから注意してやらねばならぬ。

(一)水氣のあるところで使用するときは導火繩と雷管の續目から濕氣が浸入する患があるから此處へ油脂の類を塗つて濕

氣の入らない様にするが肝要である。

(一)小裝藥プライマーを取り其の一端の紙を開き其の中に雷管

第一百六十圖



付の導火を入れ第百六十圖に示す様に其の口を覆ひて紐で縛る小裝藥に雷管を入れる穴を明けてないものもある其の時は木棒

で之に穴を明けてから雷管を挿込むので決して雷管で直に挿込んではいけない。

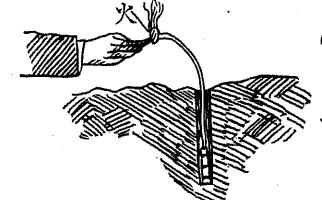
(一)導火と雷管との接合場は包紙の中ではあるが爆發藥の上に出で居ないと導火の火が直に爆發藥に點火して幾分燃焼してから雷管が爆裂してそれからでないと適當に爆發藥が爆裂しないから爆發が不完全で有害瓦斯も出來る。

(一)爆發藥を裝置すべき錐孔の深さと岩質形狀とにより大形裝藥の適當な分量を孔中に入れ木製(鐵棒を使用すべからず)槊杖で徐々に壓下す(第百六十一圖参照)。

第一百六十一圖



第一百六十二圖



(一)其の上に前に述べた雷管導火を裝置した小裝用プライマーを入れ(壓下すべからず)て後に水或は砂粘土粉等で上部を填充す。

(一)導火の先は第百六十二圖の様に斜面に切つて置くか少しほ

つして置くと點火し易い又數發を速に點火しようと思ふときは導火先に少量の石油を注いで置くと容易に引火する。

(一) 凡そ 5°C 或は 6°C 位でダイナマイトは固結し始める氷結しては爆發力が無くなるから適當の溫度を與へて柔かくすることが必要であるが直接火氣に當るのは危險である湯で温めた器物中に入れるので湯中に直に入れると柔かくなつたら速に取り出して置くがよい。

(一) ダイナマイトは日光に曝したり火熱を受くるところに置くは危險である。

(一) 雷管と爆發薬とは同一近處に貯置してはいけない。

(一) 水を以て填充した場合を除くの外は發火しなかつた錐孔に觸ることは危險である、水で填充したものは導火を徐々に引出すと小裝薬が附いて出て來ることがある。粘土粉砂で填充した場合は其の穴の近くに新に孔を鑿つて之に爆發薬を裝置して點火すれば其の爆發で前のものも一所に爆發するものである尤も新錐孔はあまり舊孔に接近しては鑽孔中に危險の起る患れがある。

火薬爆發薬を使用して岩石を破壊することを俗に發破(はっぱ)又はフードルを掛ると云ふ。其の方法は岩質、岩層、形狀、割目等甚だ複雜な條項によつて其の錐孔の方向、深さ、裝用の種類分量、發破方法が決定されるので大に實驗の効によることが必要であつて文書で記載することは頗るむづかしくあるが今注意條項の幾分を述ぶれば。

(一) 黒色火薬即ち焰硝を用ふるときは其の錐孔の方向と發破壞

に對する最少抵抗の方向と一致しては宜しくない高級爆破薬なれば一致しても幾分の効果がある。

(一) 一平面を顯はす岩石を破壊さすときは其の面より四十五度の傾ある方向に錐孔を向けるが効果が一番宜しい垂直の方に近くなると穴先が爆發されずに残る、裝薬の量が適當より過多なれば垂直に近く過少なれば岩面に銳角で宜しい。

(一) 特別なる突出形狀のところでは其の都度適當な錐孔の方向を撰定することが必要である又岩石には割れ易き方向と割れ難き方向とあるから其の質を見分けることが必要であるが實驗の少い人には出來難い。

(一) 岩石に薄い割目のある場合の錐孔の方向は其の割目に直角なるを好とし又其割目を利用することに注意しなければならぬ。

(一) 割目と割目との距離が大きいときは破目の方に向直角に錐孔を穿たない方が宜しい事もある。

(一) 岩石割目のところへ裝薬を置くのは効果が宜しくない割目の手前で止めて置くと普通は其の先の割目まで破壊して効果も宜しい。

(一) 連發爆發を爲すときは各發毎に適當な効を成さしむる様に考へ總べてを同一時に爆發せしむるか其の内に順序をつけ一部分づゝ或る瞬時^ひを隔て、爆發せしむるか考へる必要がある。

(一) 軟きネバキ岩石には太き淺き錐孔硬きハシコキ岩には細き深き孔を好とす。

(一) 黒色火薬は爆発が遅いから岩石を大形に破壊し高級爆發薬は岩石を細小形に破壊す。

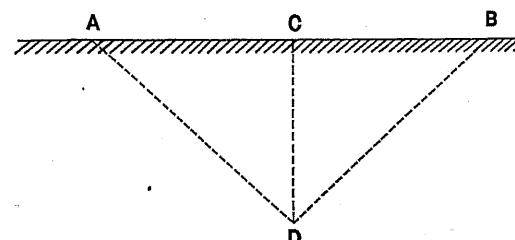
(一) 爆發薬の力の比較は頗るむづかしいが鉛筒試験によると Blasting gelatine 100, Dynamite No. 1. 67, Picric acid 60, Carbonite 50, Fulminate of mercury 29, Gun powder 6, の割合であつて Blasting gelatine の 1 封度が 1000 乃至 1150 foot-ton の爆發力がある。

(一) 岩の強靭さの比較は Limestone を 1.0 として Dolomite 1.0, Slate 1.2, Granite 1.5, Quartzite 1.9, Basalt 2.3 であるが此強靭度と所要爆發薬の量とは必ずしも比例しない。

(一) 普通黒色火薬を使用して破壊する場合の岩石は割合に破壊し易いものであるから所要火薬は其の岩石の一立坪に對して 300 尻乃至 2 貫目であるが強靭な岩石になると $1\frac{1}{2}$ 乃至 6 貫目を要するが之に Dynamite No. 1 を使用すれば 100 尻乃至 400 尻で適當である。凡そ Dynamite No. 1 なれば火薬用量の $\frac{1}{6}$ 乃至 $\frac{1}{15}$ である Blasting gelatine ならば Dynamite の $\frac{2}{3}$ 位で適當である。

(一) 適當に鑿たれた錐孔に裝置する Dynamite は通例其の孔の深さの $\frac{1}{3}$ 乃至 $\frac{1}{4}$ 位で宜しい其の用量は岩石の露出面硬度、凝集力、龜裂の有無、其の比重、爆發すれば岩石が落ちて来るか又は打上げる必要があるか、單獨爆發が連發か、岩の傳熱の様子、爆發薬の種類、其の裝置の量及方法によるもので之を算式で顯はす事はむづかしくもあり又不完全であるが今其の一班を第百六十三圖に示せば AOB が岩面で D に爆發が裝置してあ

第一百六十三圖



つて之を爆發をさすとき岩質が一様であるならば ADB の圓錐形の穴が鑿たれる。CD が最少抵抗距離である普通の場合では CD を ω とし

AC 或は CB を γ とし AD 或は BD を e とすれば $\frac{\gamma}{\omega} = 1$ 乃至 1.5 或は $\frac{e}{\omega} = 1.4$ 乃至 1.8 とするときが工合が宜しい $e = \sqrt{\omega^2 + \gamma^2}$ であるから L を装薬の量と C 及 R を係數とすれば $L = CR\omega^3$ で示す譯である。C は C_1 爆發薬の種類と C_2 岩質とによるもので C を $C_1 \times C_2$ とするものもある。 C_1 はゼラチンならば 0.7、一號ダイナマイトなれば 1.0 ラカロックなれば 1.30 で C_2 は花崗石なれば 1.00 石灰石、石板石なれば 0.5 である。隨つて花崗石にダイナマイトを使用したとき $C = 1.0$ で石板石にラカロックを使用すれば $C = 0.65$ である。

以上の係數は實際に試験して定めるもので最少抵抗の距離は前に述べた通り錐孔の深さの普通三分の二の場合が多い。L を装薬の量(尷)とし ω を最小抵抗(尺)とすれば $C = 1.0$ としたときの場合は大凡そ下の式で顯はせる $L = 3\omega$ 乃至 $L = 6\omega$ 尤も最少抵抗の距離 ω は 2 尺乃至 3.5 尺のときに限る。之を表で示せば

ω 尺	2.0	2.5	3.0	3.5
L 尻	25—50	50—90	75—140	100—180

Guttmann-Blasting には下の表がある。

鑿穴直徑(耗)	鑿穴深(米)	装薬長(耗)	装薬量(瓦)	最少抵抗線の距離(米)
3/4吋(19)	3呎2吋(0.77)	9吋(229)	0.22ボンド(100)	2呎4吋(0.71)
1 (25)	4 2 (1.27)	12 (305)	0.50 (227)	3 2 (0.97)
1½ (38)	6 3 (1.90)	18 (457)	1.75 (1248)	4 9 (1.45)
2 (51)	8 4 (2.32)	24 (610)	4.20 (1905)	6 4 (1.93)

琵琶湖疏水工事の長等山トンネルは岩質が石英班岩、砂石、石板岩、角硅岩であつて其の掘鑿凡そ1500立坪の掘鑿に使用したものは其の一立坪に平均して一號ダイナマイト3.36封度其の毎一封度に雷管4.7個普通導火9.3尺であつたが外氣で鑿岩をするときは爆發薬使用量は此半分で充分である。歐米では爆發薬の使用量が日本より二倍三倍以上であるのは鑿岩機械を多く使用するのと仕事を急ぐ爲めである。

火薬爆發薬に關する法令

爆發物取締罰則	明治十七年十二月	太政官布告三十二號
火薬類制限外買入ノ件	明治三十二年五月	内務省令三十四號
銃砲火薬類取締法	明治四十三年四月	法律五十三號
	大正六年七月改正	法律二號
同上施行細則	明治四十四年三月	勅令十六號
	大正三年十月	内務省令二十六號
	大正六年十月	勅令百八十四號
	大正六年十二月	内務省令十六號
銃破火薬販賣ノ件	明治四十四年三月	内務省令十七號
火薬類運送及貯藏規則	明治四十四年四月	遞信省令九號
	大正五年七月改正	遞信省令四十號
火薬類銃砲拂下規則	明治四十四年四月	陸軍省令四號
爆發物貯庫規則	明治四十四年六月	内務省令四十四號
銃砲火薬類取締令	大正元年八月	勅令三號
火薬類鐵道運送規則	大正四年十月	内閣令一號