

# 穿孔内温度 160°C 迄の高温切羽に於ける発破法

下村 行雄・酒井 洋\*

## 1 緒 言

昭和35年11月より昭和38年9月の工期予定で関西電力の新黒部川第三発電所建設工事第一工区(導水路工事)を、大成建設KKが担当された。この工区の隧道中、同地の既設黒部川第三発電所の建設時の記録より、その岩盤温度がピークの箇所で 140~160°C に達する場合が推定されたので、この温度に耐える爆薬並びにその発破法について諮問があつた。

我々は此の諮問に対し種々研究の結果、このような高温箇所にも使用可能な爆薬を製造し得るに到り、2号つた爆薬と命名した。かくて本爆薬を使用し現地の高温隧道内で、穿孔内温度が 140~160°C に達した場合の発破法につき、若干の試験を行いその発破法を検討した。しかしその後この現場では 140°C を越すことは比較的少なく、この発破法の適用は案外少量に終つた。

ところが最近フィリッピン(Benguet Consolidatedより、320°F (160°C) および 280°F (138°C) の岩盤温度の鉱床での発破法について問合せもあり、又その他こうした高温岩盤の事例も今後あり得ると思われるので、その際の参考になればと思い、ここに岩盤温度 160°C 迄の高温切羽に於ける発破方法と注意点とについて報告する。

## 2 従来迄の高温発破について

高温発破の実例については、筆者の調べた範囲では外国にはその報告が見当たらないが、我が国では実例について報告されている。以下その要旨を記す。

2-1 秋田県小和瀬発電所建設工事第1工区第1号隧道本高熱隧道工事は飛鳥土木KKが昭和34年8月~35年10月に施工されたもので、この隧道に関し同社加瀬田氏が報告されているが<sup>1)</sup>、その中主として発破に関する要点を抜粋すれば次の如きものである。

①形状標準馬蹄型内径 1.5m、延長 650m、勾配 965分 1 の隧道

②岩盤温度：坑口より 180m の所から急激な温度の上昇をみ、218m の地点では 95°C (坑内温度 70°C) に達した。230m の地点では 123°C (坑内温度 86°C) という高温に遭遇した。ここで発破の問題、作業員の

健康管理上の問題等で、県当局と打合せの上 約 180m の地点より迂廻することに改定した。その後は岩盤温度 70°C (坑内温度 40°C) 前後を維持し順調なる進行をみた。

### ③高温下の発破作業

現場の状況の解説と共に、日本油脂KK帝国火工品製造KKの資料が転載されている。

③-1 爆薬は日本油脂製高温用けやきダイナマイト(耐熱安定剤を加え、熱分解速度を抑制した膠質ダイナマイト)を使用

③-2 高温用けやきダイナマイトの爆発待時間は表 1 の通り。

表 1

加熱温度 (C)	80	100	120	130	150
爆発待時間(時間)	135 以上	135 以上	14	2	1/4

③-3 又このダイナマイトは硬岩にも適する威力を有している。性能表 2 の通り。

表 2

火薬力 (f) L-kg/cm <sup>2</sup>	爆 速 m/s	弾動白砲 TNT = 100	殉 爆 倍	落錐感度 cm
9,054	6,500 ~6,700	129 ~132	3~5	40~46

③-4 雷管は帝国火工製高温用 MS 電気雷管(起爆薬アジ化鉛、添装薬ヘキソゲン、点火玉トリシネート系、綿巻脚線)使用

③-5 この雷管の温度変化による発火待時間は表 3 の通り。

表 3

試 験 温 度	爆発する迄の時間
130°C	5 時間以上
150°C	3.8 ~ 5 時間
190°C	1 ~ 1.5 "
200°C	7 分

③-6 高温切羽に於ける発破作業の注意点。

③-6-1 穿孔は成る可く下げ孔とし、装薬前に水を入れ温度低下を計る。

昭和37年2月10日受理  
\* 日本油脂株式会社社員 受知員知多郎氏提供

④-6-2 心抜き1発破、続いて払を1発破と言うように分散発破を行う。

④-6-3 装薬～発破に至る時間を短縮する為に作業人員を増加する。

④-6-4 特に高温となり易い天盤の孔は最後に装薬する。

④-6-5 発破機械の老化が激しいので保守には意を用いる。

④-6-6 発破孔の温度測定は装薬前に慎重に測定する。

## 2-2 黒部川第四発電所放水路隧道工事

昭和31～32年大成建設KKが施工されたこの隧道中岩盤温度103°C附近に達する高温地帯があつたが、前記高温用けやきダイナマイトと日本北薬製高温用MS電気雷管を使用し、発破による事故は1件もなく完成された。その工事中日本油脂KKの技術員が多数回立会い、その発破法を協同研究した。その時の経験から前記2-1の④-6の諸注意点が編み出されたのである。その時の記録は多数あるが、前記外の1～2の注意点をひろえば次のようなものがある。

2-2-1 MS 雷管を使用していたが、それでもカットオフとおぼしき残留や不発雷管が出るので、その処理に万全の注意を払つた。

2-2-2 高温下では薬包を破るとダイナマイトが軟化して流出する恐れがあり、薬包紙を破らないためにも又薬づまりが起らないためにも、荒れ孔をなるべく作らないことと穿孔後の水洗を充分行うことに注意した。

2-2-3 なるべく下げ孔を多くして水タンピングを利用、孔中の温度低下を計つた。

2-2-4 現場従業員に教育講習指導をすることが無事故の基本となるので努力した。

## 2-3 既設黒部川第三発電所導水路隧道

次に稍々古い昭和13年佐藤工業KKが施工された黒部川第三発電所導水路の阿曾原第12号隧道では、岩盤温度130°C～160°Cに達し、その時の発破について南坊、吉川両氏が報告されている。<sup>2)</sup> その要旨は次記の如きものである。

①断面、2.1m×2.4m、穿孔内温度130°Cの現場で桜ダイナマイトによる発破準備中、自然爆発により即死5名、重傷死1名、重傷3名の事故あり。

②松、桜、桐、梅、硝安及び2号硝安の各ダイナマイトの発火試験及び雷管(雷米雷管、テトリール雷管)等の耐熱試験を行い、その結果ダイナマイト、カーリット何れを問わず110°C以上になれば爆発の公算があることが明らかとなつた。

③災害後採用せる発破法

④-1 換気装置を完備し坑内の温度低下を計る。

④-2 岩盤に冷水を注入して孔内の温度を40°C以下に冷却する。

④-3 穿孔内に鉄パイプで冷水を注入し孔内温度を40°C以下に冷却する。

④-4 40°Cかも60°Cになる時間を確かめその程度の時間内で装薬点火を行う。

④-5 1孔内装薬量600～700gに制限する。

④-6 薬包をボール紙筒に納める。

## 3 高温発破の考え方

我々は高温下に於ける発破を安全に且能率的に行うため、70°C以下、70～110°C、110～130°C、140～160°Cの4段階に分けて考えた。130～140°Cは発破が比較的円滑に行われ、ピークが140°Cを越えることがないと思われるときは、110～130°Cの発破法でもよいが、不発残留が時々起るとか、断層等で高温のピークが140°C附近になる恐れがあるときは140～160°Cの方法に従うべきものと考えている。

ここで高温孔内に於ける爆薬類の保証時間に対する考えを述べたい。耐熱度の高い爆薬が得られない頃は、前記2-3例の如く小規模分散発破で短時間に装薬発破を行うようなことが考えられていた。従つて不発残留薬その他発破が何か不調である場合には作業員は非常に危険に曝される訳である。

一般に安全であることは何にも増して優先するものであるが、それと共に能率的であり、経済的であることも亦必要なことは勿論である。この3者の関連によつて発破法も決つて来る。我々は安全を重視し高温穿孔内での保証時間を6時間以上とした。

一般的に装薬から発破迄はかなりの孔数があつても、1時間以内には完結するのが普通であるが、高温切羽での現地の事情は、発破用計器類の誤差、電気雷管の脚線の絶縁度の低下、装薬結線作業等に於ける高温状況下での作業者の思考力判断力の低下、穿岩機シヤベルその他の諸機械の不調等により作業時間も延び易く、不発残留の絶無も仲々期待し難い状態である。依つて不発残留薬の切羽に残っているものの処理に要する時間、およびズリ中にカットオフ等で混入された不発薬が坑外に出される時間等は何れも6時間あれば完結され得るものと判断して保証時間を6時間以上としたのである。

## 4 穿孔内温度140～160°Cの場合の発破

去る昭和36年8月新黒部川第三発電所建設工事第一工区(導水路工事)の1部で、穿孔内温度140°C近くに達し、現在使用中の3号耐熱爆薬(日本化薬製ニトログリセリンを含有しない高温用粉状爆薬)が装薬中に分解する徴候を認め、作業が中断された。依つて急

ぎ140°C以上の発破法につき検討するよう依頼があり、筆者らは真島氏（日本カーリットKK）と共に現地に出張し、穿孔内温度140°C～160°Cの発破法を検討した。

試験には2号つた爆薬（日本油脂製）耐熱導爆線（日本カーリット製）および耐熱電気雷管（日本化薬製）を使用した。

4-1 2号つた爆薬について

高温用けやきダイナマイトでは表1で見るとように150°Cでは1/4時間より保証されないので使用することは出来ない。

又爆薬を熱不導体で被覆することも考えられるが、嘗て日本油脂KK武豊工場の研究課で行った試験結果表4からもわかる通り、この方法で時間延長を期待することは非常に困難である。

尚穿孔内温度の注水による温度低下も、大成建設KK

表 4

薬 種	防熱材の類	厚 さ	130°C加熱 爆発待時間
1号竹ダイ マイト	ナ シ	—	56分
"	ボール紙	3mm	59分
"	段ボール紙	3 "	65分
"	石 綿 布	2~3 "	67分
"	石 綿 紙	3 "	91分

で種々試験されたが何れも、爆薬の保証時間を引き下げてよいような結果は得られていない。

依つて此の様な条件下では現在では2号つた爆薬を利用する以外に途はなかつた。この2号つた爆薬の研究経過は酒井が別報により報告する筈になっているが、この爆薬に関する要点を記すれば次の通りである。

4-1-1 性能

表 5

	仮 比 重	殉 爆 倍 ①	爆 速 ② m/sec	白濁値 ③ TNT=1	火 薬 力 L·kg/cm <sup>2</sup>	備 考
2号つた爆薬	1.13	2 ~ 3	4,400	1.16	8,200	
高温けやき	1.48	4 ~ 6	6,000~6,500	1.40	9,500	比 較 値

- 註 ① 紙筒常温の値、高温時には測定していないが恐らく可成り上昇するものと思う。  
 ② 鉄管、常温の値、これも高温時には可成り上昇している。  
 （2号つた爆薬85°Cで約6,000m/sec位と出ている）  
 ③ 常温の値であるのでこれも、高温時には可成り上昇している。

4-1-2 耐熱性

a) 実測値

表 6

温 度(°C)	待 時 間 (分)	爆 否
240	5~10	爆 発
230	10~20	"
220	20~30	"
210	40~60	"
200	150以上	不 爆
190	400以上	"

b) 実測値より Arrhenius 式より計算した待時間並びに保証時間は表7の通り。

c) 製品については全ロット毎に下記の耐熱試験を行い、合格したもののみを送った。

190°C 2時間以上

4-1-3 感度

a) 落錘感度

表 7

温 度(°C)	待 時 間 (日)	保 証 時 間
180	2.0	6 時間
170	9.8	6 "
160	5.1×10	6 "
150	3.0×10 <sup>2</sup>	6 "
140	1.8×10 <sup>3</sup>	6 "
130	1.75×10 <sup>4</sup>	6 "

表 8

温 度 °C	30	90	110	130	160
不 爆 点 cm	15	11	8	5	4

備考、常温の桜の不爆点は11~12cmであり更に高温になれば不爆点の低下は著しい。

b) 多薬量の感度

薬量30gを40cmの落高より鉄管（5kg）を落し、何回目に起爆するかを常温並びに加温時で試験した。結果は表9の通り。

表 9

	常 温	100°C	120°C 珪砂外割 30%添加	140°C
2号つた爆薬 根ダイナマ イト	68回目	7,402回目	177回目	475回目

温度が上昇すると感度が鋭感化されているが、これは温度が上昇すると内部エネルギーが増加し加える外力が少なくなるため、つた2号爆薬に限らず一般の爆薬すべてに云えることである。

## 4-1-4 包 装

高熱水蒸気、高温沸騰水にも耐え、而かも160°C迄の高温に耐え得る包装としてアルミチューブ包装とした。径28mm、1本重量134g 薬長184mm

## 4-1-5 高温時の状態と導爆線ゴム被覆との関係

2号つた爆薬は約90°C以上に長時間置かれた場合は、アルミチューブ内で一部溶融し粉体を混じた状態となっている。

装薬時の摩擦、高温ガスの折口よりの漏出等が少い場合は流出するような事は殆んどないが、しかし実際上には装薬時の圧迫、ざり粉との摩擦等アルミチューブが破れた場合も想定しなければならない。

このような場合にゴム、竹、粘着テープ等が混在するときはその耐熱性は急激に低下する。その実験結果

表 10

条 件	温 度 (°C)	待時間 (分)	爆 否
アルミニウム管に10cm程度の傷を2本入れ導爆線と共に加熱鉄管に挿入する	160	225	爆 発
同 上	170	110	〃
裸薬と導爆線を加熱鉄管の中に入れる	170	80	〃
同 上	162	170	〃
〃	160	260	〃
〃	150	>360	不 爆

は表10の通り。

## 4-2 耐熱電気雷管について

日本化薬製の耐熱MS電気雷管を使用した、これは150°Cで2時間保証されているが、それ以下の温度についてはパンフレットに明示されていない。しかし何れにしても表3の帝国火工品製のものと同程度の耐熱性と思われる、140°C以上の穿孔内での使用は危険である。

## 4-3 耐熱導爆線について

140°C以上において穿孔内に電気雷管附薬包を装薬することは、前記4-2に述べたようにその使用限度を越えるので、導爆線を使用し孔外で起爆することが必要となる。

導爆線の一般に使用されているものは、ペンスリッ

表 11

煮沸時間 (hr)	起 爆 性 <sup>(1)</sup>				形 状
	A	B	C	D	
0	10/10				
2	3/4		3/3		外部に被覆されているパラフィンが流出、ピッチ麻糸芯薬異状なし、切口2~3cmほどより糸がとけている。
3	2/6	3/3	4/4	1/1	パラフィン流出。ピッチ防止の役目を失い、内側の麻糸、芯薬は湿り、全体的に湿っているようである。
4	—	4/4	4/4	—	芯薬の湿りひどし。他は3hrと同じ
5	2/3	3/3	3/3	3/3	〃
6	3/6	4/4	6/6	5/6	〃

注 ①起爆方法

A) 導爆線の外側に6号雷管をつける

B) 〃 切口に 〃 の先端をつける

②分母は回数、分子は爆発回数を示す

トの第2種導爆線である。本品の加熱された地下水が噴出する箇所での形状、起爆性を検討するため1.5% NaCl溶液中で2~6時間煮沸し6号雷管による起爆性を試験した。結果は表11のように吸湿による起爆性の低下も若干認められた。

C) 2本の導爆線の間に6号雷管をつける

D) 導爆線に6号雷管を2本付ける

又加熱状態の形状及び起爆性も試験した。表12に見るように、130°C以上の温度に4時間で不爆となる。依つてヘキソゲン導爆線の必要を生じた。

以下耐熱導爆線については日本カーリット真島氏の説明文を転載する。

表 12

温 度	時 間	起 爆 性	形 状
170°C	5hr	0/3	パラフィン、ピッチは完全に流出、導爆線自体がボロボロで炭化したような状態、芯葉は溶融しピッチと共に流出す。
140°C	6hr	0/3	パラフィン、ピッチは流出し麻糸、紙は若干炭化、芯葉は溶融して流出。
130°C	4hr	0/5	加熱された部分に変色、芯葉は流出。
120°C	4hr	4/4	パラフィン流出、ピッチ少し浸み出している他変化なし。
120°C	6hr	4/4	同 上

耐熱導線は2号つた爆薬を完全に爆轟させ且つそれ自身高温度に対して耐久性のある伝爆装置である。日本カーリットでは種々研究の結果、芯葉として普通のペントリットは融点が低いのでヘキソゲンを使用し被覆に綿紙等を使わず、耐熱性のよい良質ラテックスを用いた。

研究の基礎としては皆つて帝国石油KKより依頼のあつた高温用高压用石油採掘用の Jet Perforator の data を利用した。以下耐熱導爆線の性能及び御使用上の注意事項を略記する。

4-3-1 耐熱性

オイルパスにて160°C 5時間熱するもゴムの弾性がわずかに低下する程度にて性能に変化なし。

4-3-2 起爆性及び平行殉爆

普通の6号雷管を横に結合すれば容易に爆轟し爆轟の中断現象なし。2本の導爆線を平行に鉛板上に並べる平行殉爆値は4mmである。

4-3-3 切断方法

導爆線を2つに切断して使用する場合には切断しようとする点の左右約1cmの所をセメント袋用細糸にてしばり、安全カミソリの刃にて静かに切断する。

4-3-4 感 度

ヘキソゲンは特に高温時は衝撃及び摩擦に対して極めて感度が鋭敏であるから、取扱いは充分注意を払うこと。

4-4 発破について

4-4-1 耐熱電気雷管の使用限度を越えること

耐熱雷管としては4-2に記した如く140°C以上の穿孔内の場合には6時間の保証がなされていない。従つて此の場合たとえ爆薬の耐熱性はあつても親ダイを孔中に入れることは保安上危険である。

4-4-2 導爆線起爆の必要性

前述の如く孔中に雷管を入れることは出来ないので爆薬の起爆には、耐熱導爆線を使用して雷管を孔外に出すことが必要となる。

4-4-3 2号つた爆薬の被筒を漏れたものと有機

物と混在する場合の耐熱性の低下

前述の第7表に示すように2号つた爆薬の葉包のままの耐熱性は従来の如何なる爆薬よりも優れた値を示している。しかし高温孔内では葉包の内容物の一部が溶融していて、これがアルミチューブのきずから或いはその折込部等から流出することもあり得ると考えられる。このような場合有機物が混在すると表10に示すようにその耐熱性は低下する。

然し実地試験ではこの流出は後述の薄鉄板カバーで、生起するチャンスは少いと思われるがカットオフ等でその絶無は期待し難い。従つて装薬時の有機物の混在は極力避けねばならない。

4-4-4 孔口迄の装薬の必要性

前述のように導爆線を使用しなければならないが、この耐熱性のあるものは今の所工業製品としてはゴム被覆より出来ない。且つこのゴムが前述の様に2号つた爆薬の溶融状態と高温下で混ざるのは、出来るだけ避けることが望ましい。従つて爆薬を孔口迄装薬し孔口の1個の葉包のみを導爆線で起爆することとした。

4-4-5 不発残留薬の防止

高温孔中に不発残留を生じないことは危害予防止非常に大切なことである。この為には次の実施方法並びに注意事項が必要である。

①爆薬、雷管、導爆線を予め薄鉄板でカバーし1孔装薬分を前以つて坑外で作成する。

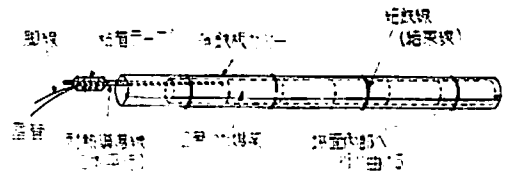


図 1

図1のように薄鉄板カバー中に1孔装薬分の2号つた爆薬を入れ、上部の1本に耐熱導爆線2本を平行に沿わせ、これをカバー外に引き出し雷管をつける。(この部の詳細は図2参照)

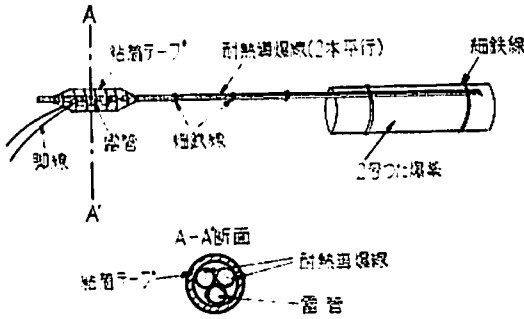


図 2

この導鉄板カバーは所々細鉄線（結束線）で締めつける。尚一般の場合でも共通であるが、特に注意を要するのは選搬中の爆発を防ぐ為脚線端末を必ずショートすることである。

この目的は次の通りである。

- a) 薬包を密着させて殉爆を完全にする。
- b) 高温孔内での作業を単純化する。
- c) 薬包とざり粉、小岩石等の孔内での摩擦による薬包の損傷を防止する。
- d) 不発残留を判り易くする。
- e) 導爆線を2本平行にしたのは爆轟中断を防ぐためである。

#### ② 斉発の部分発破とする。

段発で全断面発破は望ましいことではあるが、孔中に雷管を入れることが出来ないのでは、もし段発を使用するときは後段部分の雷管がはね飛ばされて駄目となる。依つて止むを得ず斉発の部分発破（例えば、心抜一払一土壁一天盤一踏）とする必要がある。この場合斉発には全部1段の延時薬のない雷管を使用する必要がある。実地試験中にも2段又は3段の1種類を斉発として使用し、雷管装着部が飛ばされたものが出ている。

又踏部の不発残留は最もわかり難いので必ずズリ取りをした後、踏部だけの斉発をかけ発破後充分の点検を行うことが必要である。

#### ③ 雷管の予備導通テストを行うこと。

雷管は全部使用前にその導通抵抗を測定し、抵抗値の過大過小なもの及び導通のないものは取除くことが必要である。これは常温の場合にも必要なことであるが、殊にこの場合は発破時の斉発性に悪影響を及ぼすのを防ぐと共に、装薬後不通等で調査する時間を短縮するためである。

#### ④ 発破器の性能確認

一般に電気雷管は高温時にはその抵抗が増大する。又坑内の流水湿気は結線部分の絶縁度を低下させる。尚高熱のため雷管の脚線、補助母線及び母線等の被覆

が侵され易い。これ等の理由の他、斉発性を高めるためにも、使用発破器の能力は出来るだけ大きいものが望ましく、又定期的にその性能を確認して置くことが必要である。

#### ⑤ 結線を確実にし、かつ導通抵抗を確認する。

完全な発破を行うため、常温の場合と同じく、結線を確認に行い、切羽で光電池利用の導通試験器を使用してその導通を確認する。次いで補助母線及び母線を結線した後発破地点で抵抗値を調べ、計算値の10%以内であることを確認する。

#### ⑥ 発破母線の絶縁抵抗の定期的測定

発破回路中のリークは不発孔の原因となる。又ぜんぜん発破がかからない場合には、その原因の究明等に不測の時間を要し、装薬したまま長時間経過する恐れがある。殊に母線は高温多湿地帯にあり常時の注意も不十分となり易いので、特に定期的に検査して絶縁不良ヶ所を発見することが望ましい。

#### ⑦ 発破用アクセサリの予備品の整備

前述の如く、装薬して放置することは許されないし、又一旦装薬してから引出したりすることは、高温下で爆薬及び火工品の感度が鋭感となっているので危険であり、行い難い状況にある。依つて発破器、テスター、補助母線、母線、込め棒、粘着テープ、結束線等の予備品は常に整備しておく必要がある。

#### 4-4-6 装薬前後の注意

4-1-3で述べたように一般的に爆薬及び火工品は、温度の上昇と共にその感度は非常に鋭感となるものである。従つて高温下での総ての操作に万全の注意が必要である。装薬を容易にするため穿孔径はなるべく大きいものが望ましい。又穿孔後必ず空気又は水で孔中を充分に掃除しておくことが必要である。尚一旦装薬し高温になったものを再び取り出したり押し込んだりすることは危険である。注水等で温度低下が確認された場合以外は行つてはならない。

#### 4-4-7 再発孔への装薬の注意

再発孔へ装薬するときは必ず孔中の残留薬に注意し、孔中の温度を注水により低下させた後行わなければならない。

#### 4-4-8 部分発破に適する穿孔配置

心抜部分をなるべく大きくする。心助、払、土壁、天盤、踏等の穿孔配置は各段の整発数になるべく多くなるよう、又ズリの堆積状況等を考慮した分散発破に適するものとする必要がある。

#### 4-4-9 薬包及び火工品結束場の整備

耐熱用雷管は普通品より敏感であり、導爆線と共にその取扱いは特に注意が必要で、常に爆薬とは離れた位置に置くように習慣づけることが必要である。又1

孔装薬分の葉包、火工品を結束する位置は落石、通行、重量物のない全な位置で充分のスペースをとることが必要である。その取扱いについても摩擦、衝撃のないように万全の注意を払うことは勿論である。

4-4-10 薄鉄板カバーの長さについて  
心抜、払と長さを2本建として用意した方がよい。

4-4-11 温度測定の確実化  
岩盤温度の測定は出来る限り正確に測定し、 $160^{\circ}\text{C}$ を越す場合は本法でも危険であり発破法は再検討しなければならない。

4-4-12 岩盤冷却、装薬時の時間短縮等  
出来る限りの岩盤冷却や装薬時の時間短縮のための手早い操作、器具の整備整頓、連絡の緊密化等のことも重要であることは勿論である。

4-4-13 発破後の孔尻の点検  
発破後の孔尻を充分注意して点検し、残薬の有無を確認する。

4-4-14 不発残留薬の処理  
高温孔内より残留薬の引き出しは危険であるので、次の方法による以外はない。

① 雷管がついたまま残っている場合、及び雷管が吹き飛ばされている場合

注水冷却後孔外に出ている薄鉄板部を開き注意して導爆線に雷管を粘着テープで付け再発する。

② 導爆線部が飛ばされ装薬の一部が出ている場合

注水冷却後葉包の楕に導爆線附葉包を細鉄線で付け起爆させる。実験中の実例を参考までに記す(図3)

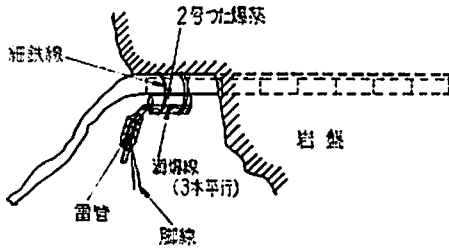


図 3

③ カットオフの状態になった場合

充分注意して岩盤に注水冷却後葉包が切れている場合は、中の粉体を木片等で充分取り出し、ここに導爆線を細鉄線でまとめたものを入れ孔外に雷管結着部を出して再発する。実験中の実例を参考に記す。(図4)

若し図5の如く葉包が破れていない場合は、その端面を充分注水冷却の後、端面を針金等で破り、後注水を行い葉を湿润状態として取出し前述の方法に準じて再発破する。

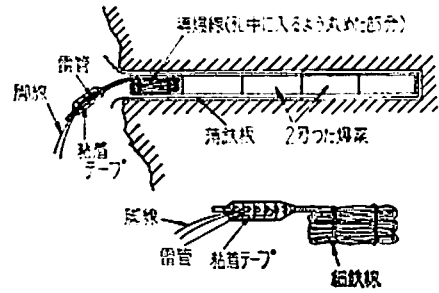


図 4

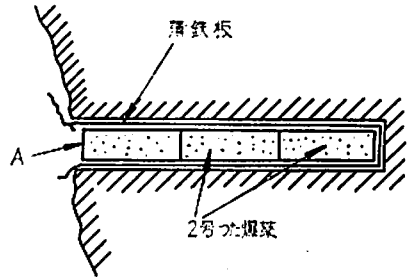


図 5

Aを注水冷却後破り、又注水冷却して薬をとり出す。

4-4-15 新黒部川第三発電所高熱隧道試験結果  
穿孔内温度 $130^{\circ}\text{C}$ に達し暫らく掘削が中止されていたので、穿孔内温度は $117^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{C}$ 附近(各孔により異なる)のものであった。

断面:  $17\text{m}^2$ , 岩質: 花崗岩, 孔径:  $38\text{mm}$ , 爆薬: 2号つた爆薬。導爆線: 耐熱導爆線, 雷管: 耐熱電気雷管 (MS)

7 発破立会った記録は表13の通りである。

5 穿孔内温度  $130^{\circ}\text{C}$  以下の場合の発破

5-1 穿孔内温度  $110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{C}$  の場合

此の温度範囲では耐熱電気雷管は前記第3表に見られるように、5時間以上の保証あり、穿孔内に親ダイを入れることは、装薬ズリ取り迄を不発処理を含めて5時間以内とすれば一応使用可能と見てよい。爆薬ではニトログリセリン入り高温用ダイナマイト類の時は、表1で示すように $130^{\circ}\text{C}$ で保証時間は2時間でその使用は危険である。しかし $110^{\circ}\text{C}$ 附近ではかなりの耐熱時間の保証はあるが、感度が稍々鋭感となるので他に代る良い爆薬があれば、それを使うべきだと考える。

之等を種々勘案して一般的に $110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{C}$ では2号つた爆薬又は特殊処理した硝油系爆薬等ニトログリセリンを含まない爆薬の使用が適当である。此の両者については前者は後者に比し威力は大きく完爆性に優れているが、高温時の感度は後者より高いので取扱いには注意を要する。

表 13

発破順序	位置	孔数	1孔爆薬本数	使用雷管	完爆孔数	残孔長も	残孔長きの不発残薬	結果
①	心 抜 心 助	4	9	1 段	4	0	0	完爆、荷重と節理の関係で残孔長長きものを生ず
		8	7		8	3	0	
②	心 助 (再 発)	3	6	1 "	2	0	1	不発残留1は註3)参照
③	払	15	8	1 "	15	2	0	完爆、荷重、節理の関係で残孔長きもの
④	土 壁 払 再 発	12	7	1 "	13	0	0	完爆、起砕良好
		1	7					
⑤	踏 助 踏	7	7	3 "	13	0	1	1孔不発は註2)参照
		7	7					
⑥	天 盤 " 助	7	7	2 "	10	0	4	4孔不発は註2)参照
		6	7					
⑦	払 再 発 天盤再発 " 助再発 払 再 発	1	5	2 "	4	0	0	完 爆
		2	5					
		1	6					
		1	1					

- 註 1) 上表中、残孔長長きもの再発は、充分注水冷却後装薬したことは勿論である。  
 2) ⑤⑥に生じた不発残留薬は何れも1段の雷管なく、止むなく2段、3段を使った場合で、恐らく延時薬のパラッキに起因するものであろう。この他の原因としては、導爆線の薬切れ、導爆線の交叉、結線間違い等も考えられる。  
 3) ②の場合45Ωの回路抵抗であったが、発破器のスイッチを入れても全く不発、発破器をとり替えてやつと発破がかかった状況、後刻調査の結果、母線の被覆破損で一部リークし通電々流不足によるものであろうことが推定された。しかし導爆線の薬切れも考えられるので以後2本並列使用とした。  
 4) 不発薬には全部導爆線がついて居り、芯薬の燃焼中断による不発残留は発生していなかった。

その他の発破に関する注意事項は常温の場合と変りない。

5-2 穿孔内温度70°~110°Cの場合

此の温度範囲の場合は前記2-1の小和瀬の例ののうに、高温用ダイナマイトと高温用電気雷管(MSの製造可能)とを使用し、小和瀬に於て行われたような注意の許に発破すればよい。

5-3 穿孔内温度70°C以下の場合

70°C以下であればダイナマイト、雷管共に普通の種類のを常温と同じような一般的注意の許に発破すればよい、

結 び

以上穿孔内温度160°C迄の高温発破について、新黒部川第三発電所建設工事の現地試験を中心に記述した。終りに現地試験では大成建設KK宇奈月出張所の大熊所長以下関係者各位、日本カーリットKKの真島氏に多大の御協力を賜ったことをここに感謝致します。

文 献

- 1) 加瀬田, 土木建設, 1961, No.5, P.40~49
- 2) 南坊, 吉川, 工火協誌, 1941, Vo.2, No2, P115~P130

The Blasting Method at the High Temperature Face where the Temperature is to 160°C Degree in the Bore Hole.

Yukio Shimomura and Hiroshi Sakai

—How to carry out the blasting with safety and efficiency at the high temperature face—

I considered it in several cases. i. e.

: below 70°C degrees

: from 70°C to 110°C degrees

: from 110°C to 130°C degrees

: from 140°C to 160°C degrees

and tried to give an account of its blasting



method and safety precaution on the basis of field experience.

(1) In case the temperature in the bore hole is from 140°C to 160°C degrees.

The special explosive No. 2 Tuta that has been contrived to withstand to high temperature, should be loaded into the bore hole to the end of it

—the bore hole is over-all filled with the explosive—

and special high temperature proof detonation fuse should be inserted into the side of primer cartridge which was loaded in the outer end of the bore hole, and from which the detonation fuse should extend to the outside, and the end of which should contact with special high temperature proof blasting cap.

Before attempting to load the explosive, it had better to arrange the explosive in order, hole by hole, on the steel-tin plate. And deviding the blasting operation into several times, at first cutting and then breaking the rest of the round, the multiple row is fired simultaneously, one after another according to the blasting order.

The reason why such the method should be adopted, is as follow.

: Because only the explosive is safety under such condition, but blasting cap has no proof to stay in such the high temperature 150°C degrees for more than two hours, it is impossible to put the primer cartridge in the bore hole.

Experience has shown that the No. 2 Tuta explosive will be safety in high temperature, 190°C degrees for six hours, (calculating value has shoun 160°C degrees for more than fifty days) but using the detonation fuse and other

supply, the schedules of blasting operation must be established so that the operation from loading to mucking may have been finished within six hours.

As explosive, generally, become more sensitive, at high temperature so operator must prevent the charging from occurring misfires. If themisfire occured, care must be taken sufficiently to deal with it.

(2) In case the temperature in the bore hole in from 110°C to 130°C degrees.

Under such condition, it is possible to use the special high temperature proof MS blasting cap and put the primer cartridge in the bore hole. Consequently, conventional blasting can be done by full face technique.

The explosive which used in this case is No. 2 Tuta explosive or another special high temperature proof explosive in which any nitroglycelin does not include.

In case temperature is from 130°C to 140°C degrees.

1) If the condition of underground is bad it belong to No.1.

2) If it is comqerably safety it belong to No.2.

(3) In case the temperature in the bore hole is from 70°C to 110°C degrees.

It is possible to use the high temperature proof Keyaki dynamite and special high temderature proof blasting cap.

Conventional blasting can be performed with ordinary case.

(4) In case the temperature in the bore hole is below 70°C degrees.

Common dynamite and ordinary cap can be used.