

# 彙 報

土木學會誌 第十四卷第一號 昭和三年二月

## 爆薬カーリットを使用する 爆破の成績に就て (第三報)

會員 理學士 野原 彝 夫

### 内容梗概

本誌第八卷第六號及第十一卷第六號に於てカーリットを使用する爆破の成績につき記載せしが、更に諸種爆破の成績を記載説明せんとする。

### 目 次

爆 破	30
第一 爆 崩	30
岩石發破	30
(C) カーリットの新使用法	30
(D) 採炭成績	31
(E) 採鑛成績	31
土發破	32
(D) コンクリート床の崩潰	32
坑道式大發破	32
(B) 鐵道兩切工事	32
豎坑式大發破	32
(D) 鐵山の大發破	33
木材の割裂	37
(A) 薪炭材の大割	37
第二 爆 碎	40
岩盤及玉石の爆碎	40
(D) 除礁工事	40

## 爆 破

### 第 一 爆 崩

#### 岩 石 發 破

##### (C) カーリットの新使用法

カーリットの爆發瓦斯は刺戟臭ある鹽酸瓦斯を含有するが故に此の臭氣を忌み、カーリットは坑内の使用に堪へざるかの心證を生ぜしむるの憾なきに非ず。然れども鹽酸が醫藥として。内服せらるゝことは周知の事實にして、此の鹽酸瓦斯も亦有毒なるものに非ず。而も此の瓦斯は甚だ吸水し易きを以て、カーリットの爆發により一度發生するも空中水分を吸収して霧となり速に沈澱し、又は流水に溶解し去るが故に、他の爆薬より發生する有毒なる一酸化炭素、二酸化窒素瓦斯の如く永く坑内に殘存し、空氣を汚濁するの缺點なし。加之嗅覺神經の臭氣に對する知覺は初めに強く、慣るゝに従ひ加速的に鈍感となるものなり、即ちゼリグナイトの使用に慣れし者が新にカーリットを使用すれば其の爆發瓦斯の臭氣に惱むべし。之と同様にカーリットの使用に慣れし者が始めてゼリグナイトを使用すれば又其の臭氣に惱むべし。此等苦痛は一時的の現象にすぎず。要は爆發瓦斯が衛生上有害なりや否やを討究すべき事項なるべし。

カーリットの爆發瓦斯は有毒なる一酸化炭素及二酸化窒素瓦斯を含有せず、有益なる酸化瓦斯を含有し、無害にして、東海道線保土ヶ谷にあるトンネルはカーリットのみにて掘鑿され、吉敷線鐵道工事場にては切取は勿論、トンネルの掘鑿までカーリットのみを使用され、淄川炭坑、神岡鑛山、吉乃鑛山等に於ては坑内にて盛にカーリットを使用され居れり。

カーリットの爆發瓦斯の臭氣は之に慣れば何等苦痛を與ふるものに非ずと雖も、刺戟臭あることはカーリットの缺點たることを免れず常に之を遺憾とせり。然るに種々研究の結果、粘土と消石灰とを 2 對 1 のに比にて捏ね交ぜ、之を込物に使用する時は爆發瓦斯中にある鹽酸は固定され、刺戟臭は消滅することを發見せり。而も白煙の量は僅少となり、且つ此の白煙は速に沈澱消失することを知れり。是れ消石灰が鹽酸と化合して生ずる鹽化石灰は無害なる中性鹽にして吸濕性に富み、空中水分を吸収し霧を形成することに起因するものにして、此の霧は坑内に浮遊する塵埃を吸着し、沈澱する作用あるものゝ如く、坑内の空氣が著しく清澄となることを觀察せり。

込物中にある過剰の消石灰は坑内の空氣より炭酸瓦斯を吸収し、中性無害なる炭酸石灰となり沈澱するを以て坑内の空氣は之が爲めに淨化せらるべし。

此の新方法に關する試験は、撫順炭坑、神岡鑛山、日立鑛山、豊肥線坂ノ上トンネルにて實施せられ好結果を收め、特に上記トンネル内にては、爆發直後の空氣を分析し、カーリットの爆發瓦斯中には一酸化炭素瓦斯を含有せざることを確められたり。

## (D) 採炭成績

大正 15 年淄川炭坑に於て、手掘並にカーリットによる採炭試験を行はれたり、其の成績は次の如し。

第一表 採炭成績

坑名 月日	カーリット使用 採炭百分率					手掘 採炭百分率				
	本坑	北大井	南大井	北大井	平均	本坑	北大井	南大井	北大井	平均
	自 9 月 10 日至 10 月 4 日					自 9 月 10 日至 10 月 4 日				
塊炭	25.5	22.2	24.6	18.6	22.7	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3
壹號洗炭	5.4	5.2	6.9	5.3	5.5	4.9	4.9	4.8	4.8	4.8
二號洗炭	15.3	14.8	13.5	16.9	15.1	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
三號洗炭	6.8	8.0	8.2	9.7	8.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
粉炭	47.0	49.8	46.8	49.5	48.2	63.2	63.0	63.2	63.2	63.1

## (E) 採鑛成績

大正 15 年秋田縣吉乃鑛山にて黑色火薬、ダイナマイト及カーリットを使用し、此れ等爆薬の採鑛力を比較せられたり、其の成績は次の如し。

第二表 採鑛成績

爆薬の種類	孔深	薬量	角度	抵抗線の長さ	鑛量	貯當り量	平均	百分比
	尺	斤	度	尺	立方尺	立方尺		
黑色火薬	4	1.00	73	3.55	36.0	36.0	42.23	40.5
	4	1.20	71	4.70	57.0	47.5		
	4	1.40	70	3.75	70.0	50.0		
	5	1.00	88	4.90	42.0	42.0		
	5	1.40	70	4.35	61.5	43.9		
	5	1.70	65	4.53	70.0	41.2		
	5	2.00	67	4.62	70.0	35.0		
	4	0.30	70	3.60	30.0	100.0		
ダイナマイト	4	0.40	65	3.55	46.0	115.0	104.2	100.0
	4	0.70	70	3.75	73.0	104.3		
	5	0.40	71	4.60	42.0	105.0		
	5	0.60	75	4.70	58.0	96.7		
	5	0.70	55	4.00	79.0	112.9		
	5	0.90	68	4.60	86.0	95.6		
	4	0.30	74	3.75	44.0	146.7		
	4	0.40	70	3.75	72.0	180.0		
	4	0.50	74	3.90	74.0	148.0		
	5	0.40	72	4.20	40.0	100.0		
	5	0.50	74	4.75	64.5	129.0		
	5	0.60	76	4.80	75.5	125.8		
5	0.70	75	4.80	100.0	142.9			

## 土 發 破

### (D) コンクリート床の崩潰

(一) 工事の目的 大震災の爲め横濱市水道局野毛山淨水池のコンクリートに龜裂を生じ、使用に耐へざるに至れり。仍て該コンクリート下床を取除き、新に配水池2個を新設せんがため、短時日間に約2000面坪のコンクリート床を取拂ふことゝなれり。

(二) 施工の概要 コンクリート床に穿孔し、普通の發破により之を崩潰するには、穿孔の延尺は甚しく大となり、之を穿つには夥しき時間と工費を要す、加之此の發破に於ては爆破の威力圏小なるがため發破の數は夥しく多く、従て繁多なる手数を要し工費は不廉なるを免れず。

偶まコンクリート層の下に青粘土層あり、而もカーリットは土發破に使用し優良なるを以て、側面より粘土にオーガーにて穿孔せり。

現場は人家に近接するがため破片を遠く飛散せしむべからず、依て潤儀にて一々装薬の上部に當るコンクリート面を覆ひ、破片の飛散を防止することに努めたり。其の結果發破は唯鈍爆音を發するのみにして、コンクリート床は割裂され吹起さるゝに止り、潤儀は破損せず幾度も之を使用し得たり。

### (三) 穿孔の大きさ、薬量等

穿孔の直径	2"	穿孔數	6-7本
穿孔の深さ	3'-4'5"	穿孔の間隔	6'-7'
穿孔速度	50'/8cc.	起爆方法	電氣齊發
薬包の種類	1½" 薬包	1發當り崩潰面積	7'×6.5'=45.5口'
薬量	225 瓦	1平方尺當り薬量	約5瓦

(四) 摘要 以上の方法によりて穿孔は容易に之を行ふことを得、而も1發當り爆破面積大なるを以て、急速且つ有利に工事を竣工し得たり。

## 坑道式大發破

### (B) 鐵道兩切工事

#### 豎坑式大發破

(一) 場所 中華民國、吉敦鐵路局の鐵道建設工事。吉林基點13軒、大倉組工事場。

(三) 施工月日 大正15年11月9日

(四) 作業の目的 長き丘岡を横斷して鐵道線路を布設するが爲めに兩切工事を行はんとするものにして、切取るべき崖壁の高さは約7米、其の長さは約60米なり。依てフォーメーションの中心線に沿ひて5本の豎坑を掘り、其の各は底部に於て水平坑となる、此の水平坑の長さは1-2米にして、其の方向はフォーメーションの中心線に沿へり。而して此の水平坑

を薬室に宛て一齊爆破を行へり。

(四) 地質 厚さ約 1 尺の表土を有する花崗岩なり。

(五) 堅坑 初めは直径約 5 尺の堅坑を穿ちしが、此の坑内にて工夫の昇降するには梯子を用ひるの不便ありしが故に、後には幅 3 尺、長さ 5 尺の長方形堅坑を鑿つこととせしが、此の坑は掘進の容易なると、一方には其の兩壁に手及足を掛けながら昇降することを得るが故に、別に梯子を要せざるの利益あるを發見し、以後の鑿坑は此の方法によれり。

(六) 装薬並に込物 カーリットは木箱の儘前記堅坑口より麻繩にて吊下げ、坑底に於て該木箱より薬包を取出し装薬を行へり。込物材料は前記の如く吊り下す代りに之を投入し、水メを行ひ、其の都度タコにて衝き固めたり。坑内は大陽光線の強さ充分にして別に燈火を要せず、凡ての作業は甚だ便利に行はれ、込物も殆ど完全に行はれたるのみならず、装薬及込物に要せし時間も亦極めて短少なりき。

(七) 起爆装置 無被覆導爆線の單線を薬室より坑外に布設し、之れを導爆線の幹線に連結し、之れを長さ 12 尺の導火線を取付けたる工業用六號雷管にて起爆せり。

(八) 最少抵抗線の長さ、薬量等

坑道の番號	堅坑の深さ 米	坑道の延長 米	薬室の間隔 米	薬量 瓦
A	6.5	8.5		112.5
B	7.0	8.0	10.5	112.5
C	6.0	7.5	8.8	90.0
D	6.0	7.5	10.0	78.8
E	5.5	6.9	8.5	78.8
計		38.4		472.9

(九) 採石見込坪數 約 500 立坪

(十) 平均 1 立坪當り所要薬量 945 瓦

(十一) 摘要 各薬室とも一様に岩盤を崩潰し、3 間ばかり岩石を吹き上げたり。而して噴出孔の短徑は坑道の深さの 2 倍より稍大にして、豫期の通り爆破を行ひ得たり。

### (D) 鐵山の大發破

南滿洲大孤山に於ける第二回坑道發破の成績につき採鑛局總長久留島秀三郎氏の報告を抄録すれば次の如し。

(1) 薬室及抵抗線の長さ等 大孤山北側、長さ 100 米に達する斷崖を崩潰せんとし、先づ薬室を 3 箇所に選定せり。其の各が有する最小抵抗線の長さ等は次の如し。

	最小抵抗線の長さ 米	崖の高さ 米	崖の高さと最小抵抗線の長さとの比
右薬室	19	26.8	1.4
中央薬室	16	25.4	1.6
左薬室	14	23.8	1.7

各薬室間の距離と其の最小抵抗線の長さとの関係は、各装薬の威力圏が互に交叉し、薬室の中間部分も完全に崩潰せらるゝ様に設計せり。

(2) 坑道 坑道は水平坑道にて、坑口は左に偏し居れり。是右方に於ては採掘作業を行ひ居り開坑し得ざりしが爲めなり。従て坑道は一方に餘り長く、装薬作業には不便なりしも、爆發效果に於ては反つて良好なる結果を得たり、夫は装薬量多く薬長數米に達せし爲め、若し坑口が少しく右方即ち中央に近かりしならば、中央薬室は堅入坑道の中心線迄も装薬することゝなり爆發效果不良に終りしならむ。

坑道の延長は次の如し。

堅入坑道	16.34 米
左枝坑道	11.30
右枝坑道	52.75

但し堅入坑道中心より中央薬室中心迄 14 米

坑道作業開始時は 7 月 3 日にて、其の掘鑿工程は次の如し。

坑道	作業日数	工数	延長	工賃	爆薬代	合計	掘造 1 米 當り經費
本坑道	19	65.5	16.34	36.20	59.60	95.80	5.80
右枝坑道	53	273.0	52.75	204.33	267.04	471.42	8.94
左枝坑道	15	54.0	11.30	41.35	36.99	78.34	6.93
計	92	392.5	80.39	281.93	363.63	645.56	平均 8.05

(3) 装薬及填塞 装薬量の算出には  $W=C.L^2.H$  式を用ひたり。嘗て  $C=0.6$  とし、爆薬 1 疋當り爆破量 10 疋とせしに、其の結果は豫想せし限界迄完全に爆破せられたるが、尙大塊が比較的多く、小割に相當の手数と爆薬を要せしを以て、寧ろ爆薬の使用量を増す方有利ならむと判断し、今回は  $C=0.7$ 、爆薬 1 疋當り 8.0 疋として計算せり、次表は計算値を表はす。

薬室	推定採量	H	L	C=8 CL <sup>2</sup> H	8 疋 1 kg 所要薬量	使用薬量	
						カーリット	プラスチックセラチン
左薬室	25 428	23.8	14.0	3 265	3 180	2 993	15
中央薬室	46 528	26.0	17.5	5 574	5 810	5 603	15
右薬室	63 602	27.0	21.0	8 335	7 950	8 393	15
計	135 558			17 174	16 940	16 989	45

使用カーリットは 1 箱 2 發入 (22 cm×22 cm×22 cm) なる立方體のものを主とし、其の間を充填するに 1 箱 70 發入 (45 mm×200 mm) の薬包を使用せり。今回の經驗に徴するに 1 箱 2 發入りの薬包のみにては装填率を不良ならしむる故、1 箱 4 發入 (11 cm×22 cm×22 cm) を混用する方良好なりと思はる、其の率は 2 發入 2 箱に對し、4 發入

箱位の比に於て。

装薬は 10 月 20 日午後 2 時に開始し、右薬室より始め右坑道の装薬、填塞を完了し、左薬室に移り、10 月 24 日午前 10 時全部の填塞を完了せり。

爆薬及込物の運搬は臺車により、本坑道の奥には鐵板を布き、臺車の廻轉に便し、右坑道には軌道を布き手操作業は作業場附近に止めたり。

込物には粘土を用ひず、土砂交り碎石を使用せり。

装薬、込物の作業工程は次の如し。

#### 装 薬 工 程

箇 所	就業人員	操業時間	工 賃
右枝坑道引立	58	6.5	38.00
同 中 間	35	2.5	12.50
左枝坑道引立	33	2.0	8.80
計			59.30

#### 填 塞 工 程

坑 道	就業人員	操業時間	工 賃	填塞容積	1 立方米當 り填塞工賃
右枝坑道引立	40	8.0	51.40	立方米 2.18	2.35
中間装薬	50	8.5			
右枝坑道中間	35	1.4	18.55	10.9	1.70
装薬1本坑道引立	21	4.2			
左枝坑道引立	33	4.4	12.90	8.5	1.52
	22	3.0			
木 坑 道	22	7.4	14.39	16.1	0.85
計			57.24	58.1	平均 1.67

(4) 點火法 坑道式爆破にはコルドウ導爆線を使用する方安全、且つ最も確實なり。殊に坑道内にて電燈を使用し居る場合、電氣雷管を使用することは好ましからざるも、今回は導爆線の在庫品なかりしたため、止むことを得ず電氣點火法によれり。

不發を惧るゝが故に豫備装置として、各獨立したる導電線 2 線を備へ、各導線は各装薬を直列に連絡し、坑口にて此等を並列に結線せり。坑道内の導線は木箱に收め之を庇護せり。

プライマーとして數個のプラスチックゼラチンを一塊とし、之に電氣雷管 3 個を装入せるものを各装薬毎に裝備せり。即ち各装薬は獨立したるプライマー 2 個宛を有す。

導線は全部新品を用ひ、萬々電燈線より漏電することなきを期せり。

(5) 爆破の狀況及結果 鈍重にして而も力強き地響を感じ、見れば此の時遅く彼の時既に速し、懸崖の中腹は今や前方に押し出され、風を孕める帆の如し、頓て中腹は裂かれ、崖

の頂上は其の直下に窪み落ち、砂塵は一時に揚がる、壯快なる哉。

少時は小爆音の隨所に起るを聞けり、是或は装薬の一部が吹き飛ばされ爆發するには非ずやと考へられしも、具さに爆音の發する箇所を見るに崩潰したる跡の崖の一部に發煙するあり、爆音を伴ふことを知れり。而して其處は到底爆薬の小片が吹き飛ばされたりとは考へ得ざる所なり。察するに爆發の瞬時爆發瓦斯の發散する道なく一部は高壓の下に地山の中に侵入し、前面の岩石が崩潰するや、漸く龜裂を通じ發散する際に爆音を發するものならむと考へらる。

爆發の結果は非常に良好にて豫想の崩潰限界線を若干超過し、碎石の程度は豫想以上の好結果を得たり。而して小割の爲めには殆ど勞力も、爆薬をも要せざる程度の小破片を得、爾後の手積作業は非常に容易なりき。尤も大塊もなきに非ずと雖も之は爆破のために平衡を失ひ上部より轉落したるものにして、寧ろ爆破の副産物と稱すべきものなり、爆碎せられたる崖壁は原形を維持しながら數米前方に押し出され居れり。

爆破せし箇處に噴火口の如き窪部を生じ居れるが、之は其の部分の岩石が抛出されたるに非ずして、正面の崖が前方に押し出されたるが爲めに生じたるものなり。

前同に比し、兀當り多量の爆薬を用ひしが、結果は前回に優り、然も今回は唯少量のブライマーの外、全部廉價なるカーリットを使用せしめ、爆薬費は前回より遙かに小額なりき。

以下本爆破に要せし費用を掲げて報文を終る。

坑	道	掘	鑿	費			
		工	賃				281.93
		火	薬				363.63
		其	他				104.44
		計					750.00
装	薬	費					
		工	賃				59.30
		火	薬	カーリット	755 箱		20 762.50
				プラスチックセラテン	2 箱		67.50
				電氣雷管八號	18 發		3.00
		計					20 833.00
填	塞	作	業	費			
		工	賃				97.24
		材	料				23.55
		計					125.79
		合	計				21 768.09

出産量 135 500 噸として、1 噸當り 16 錢となる。



## 木材の割裂

### (A) 薪炭材の大割

農村附近に在る薪炭材は概ね直径大ならずして、之を小切り、即ち横切りにし又は大割り、即ち縦割りにすることも困難ならず。然れども遠隔の處女林にある薪炭材は直径大にして 3 尺を超過するもの少からず、之を大割すること甚だ困難にして手間を要すること多く、甚だしきは大割すること能はずして之を放棄するものすらありしが、時としては黑色火薬を使用し大割を行ひ居れるものありと聞けり。カーリットは爆發威力大なるが故に之を大割に使用し有利なるべしと考へ試験を行へり。

(1) 試験材 試験材としては楡、桐、栗を選定するを適當と考へしも、之を購入すること能はず、止むを得ず直径 15-25 cm の素性よき松材を長さ 60 cm に小切り、乾燥せざる間に使用せり。試験結果を齊一ならしむるために節につきては特に注意を拂ひ、各試験材は餘り大ならざる節 1 個を有するもののみを用ひたり。

福島縣及岩手縣の現場に於て楡及桑の大割を行ひ、其の結果より此れ等材の松に對する大略の比較抵抗を測定することを得たれば併せて記載せり。

(2) 穿孔 ポート錐を用ひ試験材に穿孔するとき、錐を直角に向くる時は切り粉が大きくなり、幾度も錐を抜き取り切り粉を取去ることを要し、而も錐は重くして孔壁は荒れ、且つ試験材は爆破により大割さるゝよりも横斷さるゝ傾向多し、然るに錐を 45° に向け穿孔すれば、切り粉は細小となり、一度も錐を抜取る必要なく、容易に穿孔し得て、孔壁は滑かなり。且つ試験材は大割され易く、横斷さるゝ傾向少なし、依て試験は 45° の孔につき施行せり。

節の位置に關係なく、試験材の中央に穿孔せしに成績不良なりき、依て節の中心より材の半径だけ材の長さの中點に向て隔りたる點より 45° の傾を以て穿孔し、節の中心點を含む材の横斷面の中心に薬包の中心がある様にせしに好成績を擧げ得たり。

薬包の直径より 1 分位大なる直径の錐にて孔を穿ち、其の深さは次の如くせり。

$$L = \frac{l}{2} + 1.414 \gamma$$

此の式の  $l$  は薬包の長さ、 $\gamma$  は試験材の半径を示すものにして、孔の深さは試験材の中心より薬包の長さの 1/2 丈け深し、即ち大割すべき力を加ふる點に装薬の中心を置くべし。

(3) 薬包の大きさ 大割することを目的とし截斷することを忌むものなれば、爆壓が廣き範囲に加はる様に薬包は出来る丈け長くすべし。但し試験用薬量は甚だ僅少なれば薬包の長さを大きくすることよりも、薬包の直径を 5/8" よりも小ならしむること能はざることに拘束され、直径を 5/8" と定めたり。

(4) 起爆 工業用六號雷管にて起爆し試験を行ひ、次に小割發破の場合に於て込物を入念に施し雷管を使用せず導火線によりカーリットを點火、起爆せしと同様、乾燥粘土を込物となし、最後に込物を充分叩き固め、導火線に點火し、カーリットに點火、起爆せしめたり。

#### (5) 試験

##### A 工業用六號雷管を使用し直徑を異にする試験材に對する藥量の決定

カーリットの使用量不足し試験材を大割すること能はざりしもの、並に使用藥量過剰にして試験材が多數の破片に裂けたる結果は之を省略し、試験材が二つに大割され、而も0.5-3.0米吹飛ばされたるものを中庸なりとし、試験材の直徑を異にするもの、藥量を示せば次の如し。

##### 松材に對する藥量

藥量	直徑	長さ	斷面積	節の位置	結果
1.5	15.0	60.6	909	30	3 裂飛散
	15.0	60.6	909	30	2 裂
	15.0	61.2	917	6	2 裂飛散
2.0	17.4	60.6	1 054	18	2 裂
	17.8	60.6	1 079	27	2 裂飛散
	17.8	60.6	1 079	9	2 裂飛散
2.5	18.4	60.6	1 115	6	2 裂飛散
	18.8	60.6	1 139	30	3 裂飛散
	18.8	57.6	1 083	15	2 裂飛散
3.0	19.6	61.8	1 211	12	2 裂飛散
	19.6	60.6	1 188	30	2 裂飛散
	19.6	62.1	1 217	12	2 裂飛散
4.0	21.8	60.6	1 321	21	2 裂飛散
	22.4	60.6	1 357	9	2 裂飛散
	22.4	60.6	1 357	24	2 裂

大割に使用するカーリットの使用量は試験材の割らるべき面積に比例すとも考へらるれば、試験材の長さ及斷面積をも記載せり。

##### B 雷管を使用せず導火線にてカーリットに點火起爆せしむる場合、直徑を異にする試験材に對する藥量の決定

試験材が二つに大割され、破片が0.5-3.0米吹飛ばさるるものを中庸とし、試験材の直徑を異にするものにつき藥量を定めたり。

##### 雷管を用ひぬ松材に對する藥量

藥量	直徑	長さ	斷面積	節の位置	結果
3	15.6	60.9	950	6	2 裂飛散
4	16.0	60.5	980	27	2 裂

5	16.2	58.0	940	30	2 裂飛散
	16.2	59.4	962	7	2 裂飛散
	16.2	60.8	985	15	2 裂飛散
6	17.2	60.6	1 042	16	2 裂飛散
	17.2	60.6	1 042	25	2 裂飛散
	17.4	61.0	1 061	20	2 裂
7	18.4	60.6	1 115	25	2 裂飛散
	18.8	61.2	1 151	9	2 裂飛散
	18.8	60.0	1 128	14	2 裂飛散
8	20.4	60.6	1 236	16	2 裂飛散
	20.6	61.0	1 257	8	2 裂飛散
	21.0	62.0	1 302	16	2 裂

直徑大なるもの程カーリットの使用量は大にして、此の増加の程度は A の場合と異なることを知れり。

C 雷管を使用し直徑相等しき試験材につきカーリットの使用量を變化したる場合の結果  
 直徑 15 纏の松材を試験材となし、之を高さ 1 米の臺の上に立て、1.5-4.0 瓦のカーリットを使用し、工業用六號雷管にて起爆し、破片の重量、並に其の飛散したる距離を測定し、結果の比較を行へり。(次表の如し)

直徑相等しき試験材に對し藥量を異にする場合の結果

藥 量(瓦)	1.5		2.0		2.5		3.0		4.0	
	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
直 徑(纏)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
長 さ(纏)	60.6	61.2	61.5	61.2	61.0	61.0	63.0	60.5	60.0	60.5
斷 面 積(平方纏)	910	920	920	920	915	915	945	910	900	910
節 の 位 置(纏)	18	23	11	19	26	25	21	25	26	25
總 重 量(纏)	12 380	11 850	12 640	12 570	12 210	10 410	11 850	10 690	10 850	12 140
破 片 の 數	—	—	2	2	3	4	3	4	6	5
破 片 の 重 量(瓦)	殆ど割れ 龜裂		8 790	9 060	7 050	2 010	4 320	4 180	950	1 050
距 離(纏)			2.34	1.68	0.83	1.65	0.64	2.62	5.36	0.55
相 乘 積			20.6	15.2	6.5	3.3	2.8	10.9	5.1	0.6
重 量			3 680	3 450	3 530	5 170	5 380	5 060	3 280	1 980
距 離			3.83	4.36	1.00	1.75	1.03	3.07	5.38	2.32
相 乘 積			14.1	15.0	3.5	9.0	4.5	15.6	17.6	4.6
重 量					380	1 110	2 040	560	3 340	5 170
距 離					4.57	3.63	1.00	7.52	5.85	3.13
相 乘 積					1.6	4.0	2.1	4.2	9.0	16.3
重 量							2 400	600	610	3 390
距 離							6.86	9.58	7.31	6.00
相 乘 積							16.5	5.7	4.3	20.3

薬量	1.5		2.0		2.5		3.0		4.0	
重量									210	150
距離									9.66	15.60
相乗積									2.0	2.3
重量									200	
距離									11.03	
相乗積									2.2	
相乗積の和	—	—	34.7	30.2	11.6	32.8	9.4	36.4	40.2	44.1

薬量不足すれば大割を行ふこと能はず、若し薬量過剰なる時は次第に破片の数を加ふることを認む、然れども破片を飛散する距離、並に破片の重量と其の距離との相乗積の總和は薬量と直接比例せざるものゝ如し。

D 雷管を使用せず、橋及桑を大割せし結果

目分量にてカーリットを装薬し、工業用雷管を使用せず、橋及桑を大割せし結果は次の如し。

橋及桑を大割せし結果

樹種	薬量	直径	長さ	断面積	結果	摘要
橋 (生)	18.8	61	70	4 270	2 裂飛散	福島縣耶麻郡中ノ澤
"	9.4	30	70	2 100	2 裂飛散	"
"	9.4	30	70	2 100	2 裂飛散	"
"	9.4	30	70	2 100	2 裂飛散	"
橋 (枯)	18.8	45	70	3 150	2 裂飛散	福島縣石城郡平町 過剰
"	9.4	30	70	2 100	6 裂飛散	" 1/2 薬量にて充分か
"	9.4	30	70	2 100	5 裂飛散	" 1/2 薬量にて充分か
桑 (枯)	9.4	30	70	2 100	10 裂飛散	" 1/3 薬量にて充分か
"	9.4	30	70	2 100	8 裂飛散	" 1/3 薬量にて充分か

(6) 結論 樹木は其の生育せし土地の氣候、地勢、地質により強韌の度を異にすべしと雖も、カーリットの所要高には大差なきものゝ如く、少量のカーリットにて廉價に薪炭材の大割を行ひ得ることを知れり。

松材の大割は困難なれども、橋は比較的容易にして、生木は枯木に比し多少カーリットの多量を要するものゝ如し。

第二爆 碎

岩盤及玉石の爆 碎

(D) 除礁工事

伊豆神津島前濱の暗礁を爆破除去されし工兵中尉松原作治氏の報告を抄録すれば次の如し。

$$L = W^3 \cdot c \cdot d$$

前式の  $L$  は薬量を示す尺数、 $W$  は威力圏の半径を示す米数、 $c$  は岩石の抗力係数、 $d$  は填塞係数なり。

此の算式は空中に於ける爆破に適用すべきものなれども、之を水中に適用する爲めには  $W$  及  $c$  は其の儘とし、填塞係数  $d$  のみを變化すれば充分なるべし、然るに水は空氣に比し比重甚しく大にして勢力の逸散を防止する力強きが故に空中に比し水中の  $d$  は當然小となるべきなり。故に實驗を行ひ其の  $d$  の値を決定せんと欲す。

(1) 實驗 カーリットを使用して、安山岩より成る暗礁を外部装薬、岩孔装薬及穿孔装薬法により爆破せり。

外部装薬法により水中の岩盤を爆砕することは空中作業に比し效果甚だ大なり。而も特別の器材を要せず、其の作業は容易にして迅速に施工し得るの利益あり。

岩孔装薬法は暗礁の側面にある天然の岩孔に装薬するものにして、外部装薬より效果大なり、其の岩孔は深き程效果大なるの理なり。

穿孔装薬法は穿孔に装薬する方法にして、外部装薬法よりも著しく效果大なり、然れども穿孔に要する時間及費用大にして、其の作業は迅速なること能はず不厭たるを免れず。

(2) 薬包 薬包は水上に於て容易に取扱ひ得る大さ、即ち 25 尺内外となし、若し 1 箇處に多量の装薬を必要とする時は右薬包數個を集團して誘發することとせり、

薬包には防水罐を用ひ電気點火法を採用し、必ず豫備點火装置を準備せり、其の導電線としてゴム被覆線を用ひ、其の線端はゴム栓を貫通せしめ、電気信管と結線し、信管は爆薬中に挿入し、ゴム栓にはゴム液を塗布し罐に挿入せり。

### (3) 薬包沈設作業

装薬を沈設するには潜水器を使用すべし。若し爆破すべき箇所浅きか、堪能なる裸體潜水夫を有する場合には、動作緩慢なる潜水器よりも裸體潜水夫によるを便利なりとす。

導線は陸上にて豫め充分に整理し置くことを要す、殊に多數の場合に於ては各導線を整理し、木札を附し其の區分を明にし置くべし。

暗礁に近き一定位置に船を止め沈設作業を行ふには、波の大きさを考へ、適度に暗礁と隔離したる處に前後に錨にて船を錨定し、尙一挺櫓にて操作せり。

薬包の罐には操作綱及重錘を附し、其の操作綱にて薬包を水底に下し、潜水夫をして薬包を所要場所に装置せしめ、船にて起爆作業を行ふ。

### (4) 實驗結果

外部装薬 (第一圖参照)

岩孔装薬 (第二圖参照)

穿孔装薬 (第三圖参照)

$$W^3 \cdot c \cdot d = L$$

$$3^3 \times 3 \times d = 24$$

$$d = 0.3$$

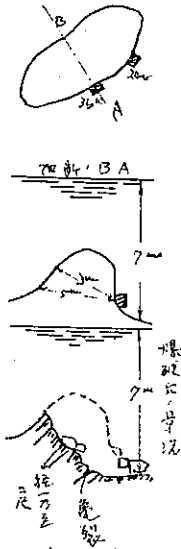
$$5^3 \times 3 \times d = 36$$

$$d = 0.1$$

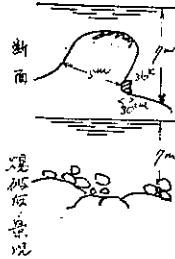
$$1.5^3 \times 3 \times d = 0.38$$

$$d = 0.04$$

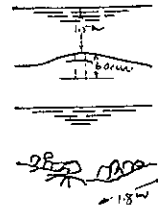
第一圖



第二圖



第三圖



(5) 除礁量

装薬位置の水深

約 8 米

番号	装薬量 (疋)	装薬法	破環威力圏の半径 (米)
1	36	岩孔	4
2	25	外部	3
3	25	外部	3
4	25	装薬	3
5	25	装薬	3
6	25	装薬	3
計	161		

爆破立米數

$$7 \times 12 \times 4.5 = 378$$

カーリット 1 疋當り除礁量

$$378 \div 161 = 2.35 \text{ 立方米}$$

其の場合 = 2.2 立方米

(6) 結尾 填塞係數は夫々 0.3, 0.1 及 0.04 にして装薬量は穿孔爆破最も小にして, 岩孔爆破之に次ぎ, 外部装薬最も大なることを知れり。

終に臨み, 新なる施工法によるカーリットの爆破を行はれ, 且つ其の成績を抄録することを容されし諸氏に深き感謝の意を表し, 研究實驗に少なからず指導を仰ぎし東京帝國大學教授工學博士青木保氏に厚き感謝の意を表す。