

報 文

バーンカットに関する二三の知見

(昭和26年5月20日受理)

山 家 信 次

(日本カーリット株式会社)

バーンカット心抜法の技術が導入されて以来、未だ数年を出ないが各鉱山に於てこの発破法が研究され、中には既に日常作業に用いられている鉱山もある。又一方バーンカット爆破機構に関しては既に二三の解説も行われているから一般理論的解明も近いことと思う。

I バーンカット心抜の装薬係数

バーンカット心抜に於ては、装薬長が孔長の50%以上を占め、普通70~80%になるのが適当と考えられているから所謂長孔発破の一種であつて、且つ自由面が極めて極限されているから従来の集団装薬的爆破公式を応用することが出来ない。即ちバーンカット心抜法は次の如き特異性を有する発破と考えなければならぬ。

- (1) バーンカット心抜は一種の長孔発破である。
- (2) バーンカット心抜に於ては自由面は空孔に投射した極めて極限された狭い長方形の面にすぎない。
- (3) この心抜発破に於ては、一般長孔発破又は掃発破の如く孔底面に於て孔に直角な面の剪断破壊を考へる必要がない。従つて装薬は孔口填塞の込物の装薬長を除き装薬は孔内に均一に分布すべきである。

一般に長孔発破に於ては、もし装薬量が適正であれば、同一岩石については爆破さるべき岩石の容積即ち採石量は火薬エネルギーに比例するとの考案がある(野原森夫氏：日本鉱業協会技術部採鉱部会資料7；装薬算定式と抗力係数)。

この仮定は実際に適合するもので火薬のエネルギーは装薬量 L (kg) に比例するから W (m) を自由面への極小抵抗線、 B (m) を孔長とすれば

$$L = C'BW^2 \dots\dots\dots (1)$$

である。ここに C' は爆破係数である。この考案は合理的であり、又一般長孔発破の装薬算定に役立つと思う。

バーンカット心抜に於ては前に述べた二つの要素の中で、第2をある限度に於て同一条件とし、第1の要素のみを取つて考えるときは、長孔発破として式(1)が

用いられると思われる。しかるにバーンカット心抜に於てはその何れもが標準発破と考えられる場合に於ても空孔への距離 W を変えた場合式(1)は近似的にも一致しないで W が大となる程 C' は小となり(第1表参照) 実際には

$$L = CBW \dots\dots\dots (2)$$

が適合する。

近藤氏の研究によれば岩石の破壊に要するエネルギー(落錘試験器に於ける2kg重量の落高で測る)は岩石の厚さの二乗に比例する。今落高を H 、落錘の重さを w 、岩石の丁度破壊される厚さを ϵ 、岩石の破壊に対する抵抗を R とすれば

$$w = (H + \epsilon) \int_0^{\epsilon} R d\epsilon$$

である。然るに実験の結果

$$w(H + \epsilon) = k_1 \epsilon^2$$

であるから

$$R = \frac{d}{d\epsilon} \{w(H + \epsilon)\} = k_1 \epsilon \dots\dots\dots (3)$$

即ち破壊に対する抵抗は、その厚さに比例することになる。

一般長孔発破に於ては、火薬の爆発圧力は孔長に直つて作用するから孔長 B に比例すると考へてよい。従つて式(1)は標準発破に於て利用された火薬のエネルギーが破壊された容積に比例することを示すが、式(2)は標準発破の下で破壊される抵抗線の長さが火薬の爆発圧力に比例することを意味すると云えよう。即ち普通の自由面のある長孔発破では岩石の爆破量は一般火薬のエネルギー(標準発破の場合)に比例するが、バーンカットの如き極めて制限された自由面の発破に於ては、爆薬の爆発圧力が破壊の主要な作用をなすものと考えられる。このことは爆薬の爆発による衝撃波が荷重距離 R に対しては E を火薬のエネルギーとすれば爆発圧力 P は

$$P = k_2 ER^n$$

で示されることでも明かである。ここに n はデメンション次数である。長孔発破に於ては $n=2$ であるが、

バーンカット心抜きに於ては $n=1$ と考えてよいと思ふ。

表1は筆者が見学した場合又は確実な数字の報告を受けたバーンカット心抜きで普通行われる9型式について主として標準発破と考えられるものについて記載した。唯 No. 11~21 の中心装薬型式は神岡本地に於て何れもあまり成功しなかつたがその中「可」の成績を

得たものを載せた。

表については空孔の型式、場所、岩石とその硬軟、抵抗線長 W (空孔と装薬孔との距離) 孔長 B 、装薬長 b 、火薬種、薬量 L 、孔長装薬長比 b/B 及爆破係数 C として 51 種の実験につき $L=CWB$ 及 $L=C'W^2B$ より C 及 C' を計算した。表2は表1の説明である。

表 1

No.	型式	場所	符号	硬軟	岩石	W cm	B m	薬種	L kg	b/B	$C' = L/W^2B$	$C = L/WB$	備考	
1	●—○	明延	II	軟	合銅 diabase	18	1.42	カーリット ダイナマイト	4 2	0.675	0.288	14.7	2.64	
2	○—●—○	♪	III	中硬	diabase	9	1.45	♪		0.675	0.262	57.4	5.16	
3		神岡	3-3	中硬	空地	16	1.66	カーリット		1.35	0.80	35.43	5.66	
4		♪	3-5	♪	♪	20	1.53	特 樹		1.53	0.50	22.30	4.46	
5		♪	3-13	♪	片麻岩	27	1.45	カーリット		1.238	0.88	10.92	3.27	
6		♪	3-14	♪	♪	30	1.55	特 樹		1.238	0.56	7.96	2.46	
7	○●○	明延	X	硬	合銅 diabase	9.3	1.59	カーリ ダイ 2	6 2	0.900	0.54	66.7	6.12	
8		生野	I	軟	石英粗面岩	10	1.60	カーリ ダイ 2	8 2	1.125	0.73	70.2	7.02	
9		♪	II	♪	凝灰岩	10	1.60	カーリット		0.788	0.54	49.25	4.92	
10	○●○	神岡	3-12		片麻岩	29	1.50	♪		1.35	0.81	9.52	2.84	
11		神岡	1-2	中硬	空地	15	2.04	新 樹		2.363	0.63	51.9	7.70	不良
12		♪	1-3	♪	♪	15	1.95	♪		1.575	0.46	35.4	5.32	不良
13		♪	1-4	♪	♪	18	1.93	♪		♪	0.53	24.4	4.39	可
14		♪	1-3	♪	♪	20	20.3	♪		2.365	0.71	26.9	5.39	不良
15		♪	1-7	♪	♪	24	2.00	♪		1.575	0.46	12.9	3.27	可
16	○●○	♪	1-8	♪	♪	25	1.97	♪		2.365	0.71	19.8	4.94	可
17		♪	2-2	♪	♪	14	2.03	カーリット		2.250	0.89	54.3	7.60	不良
18		♪	2-3	♪	♪	15	1.85	荻		2.138	0.94	43.8	6.59	不良
19		♪	2-8	♪	♪	21	1.95	新 樹		3.150	0.84	38.5	8.08	可
20		♪	3-6	♪	♪	22	1.53	特 樹		1.350	0.60	18.6	4.08	弱い
21		♪	3-4	♪	♪	19	1.53	♪		♪	0.68	20.2	4.65	少し弱い
22		神岡	3-2	中硬	空地	15	1.50	カーリット		1.350	0.90	40.6	6.10	
23		生野	III	♪	石英粗面岩	12.5	2.00	カーリ ダイ 2	8 2	1.125	0.59	36.0	4.50	
24		日原	0		石灰石	31-37	1.50	特 樹		1.35	0.87	9.3-6.6	2.9-2.4	
25		♪	I		♪	30-35	1.42	♪		1.125	0.80	8.8-6.5	2.65-2.3	
26		♪	II		♪	30-20	1.34	♪		1.350	0.80	11.2	3.36	
27		♪	III		♪	30	1.41	♪		1.125	0.76	8.85	2.66	
28		神岡	1-1	中硬	空地	15	2.00	新 樹		1.575	0.53	33.2	4.97	
29		♪	1-6	♪	♪	20	1.97	♪		1.575	0.53	20.0	4.01	
30	○●○	♪	2-4	♪	♪	18	2.00	♪		2.362	0.74	36.5	6.57	
31	○●○	♪	2-5	♪	♪	21	2.10	カーリット		2.362	0.78	25.5	5.36	

32	神岡	2-6	中硬	全地	20	2.10	萩	2.362	0.91	28.2	5.63		
33	〃	2-7	〃	〃	22	2.00	新 桐	2.362	0.84	24.4	5.38		
34	〃	3-1	〃	〃	15	1.75	カーリット	1.238	0.79	29.8	4.17		
35	〃	3-10	〃	〃	14	1.34	〃	1.238	0.90	39.9	6.58		
36	佐渡	I	〃	石英岩	20	1.60	〃	1.125	0.78	17.6	3.52		
37	〃	II	軟	凝灰岩	20	1.70	〃	0.900	0.58	13.2	2.65		
38		佐渡	III	軟	ヤクイ凝灰岩	35	1.40	カーリット	0.675	0.53	3.94	1.38	
39		生野	VI	中硬	石英粗面岩	19	1.80	カーリイ 10	1.350	0.68	20.1	3.94	
40		〃	VII	〃	凝灰岩	19	1.30	カーリイ 6	0.900	0.72	19.2	3.65	
} リーマービット使用													
41		神岡	3-7	中硬	全地	16.5	1.50	カーリット	1.238	0.83	30.4	5.01	
42		〃	3-8	〃	〃	21	1.50	特 桐	1.238	0.62	18.1	3.80	
43		神岡	3-9	中硬	全地	W 14 W ₁ 12	1.30	カーリット	1.238	0.89	46.4	6.50	
44		〃	3-10	〃	〃	W 21 W ₁ 9	1.42	特 桐	1.238	0.63	19.8	4.15	
45		生野	IV	最硬	石英粗面岩	W 12 W ₁ 10	1.70	カーリイ 10	1.238	0.78	60.1	6.61	
46		〃	V	硬	〃	W12.5 W ₁ 10	2.05	カーリイ 9	1.238	0.63	38.6	4.83	
47		〃	VI	中硬	〃	W 10 W ₁ 9	3.05	カーリイ 11	1.800	0.64	59.0	5.90	
48		神岡	2-1	中硬	全地	15	2.00	新 桐	2.25	0.93	49.9	7.50	
49		〃	2-9	〃	〃	25	2.00	〃	2.363	0.72	18.9	4.73	
50		常磐	2	軟	砂岩	33	1.50	〃	0.450		3.23	0.94	過 装
51		〃	3	〃	〃	50	1.40	〃	0.450		1.29	0.654	

表 2 説 明

場 所	符 号	会 社 名	月 日	参 考 出 所
明 延	XI	大 平 鉱	25. 8. 8	発破研究会報告
〃	XII	〃	25. 7. 20	〃
〃	X	〃	25. 5. 22	〃
生 野	I	〃	24.	} 鉱業所報告
〃	II	〃	24.	
〃	III	〃	24.	
〃	IV	〃	24.	
〃	V	〃	24.	
〃	VI	〃	25. 5. 18	} 発破研究会報告
〃	VII	〃	25. 5. 18	
〃	VIII	〃	25. 5. 20	
神 岡	1-	神 岡 鉱	24. 8. 18	発破研究会, 工業火薬協会誌
〃	2-	〃	24. 8. 20	10, 113, 1949
〃	3-	〃	24. 8. 18	同 上, 神岡鉱山実施
佐 渡	I	大 平 鉱	25.	同 所 報 告
〃	II	〃	25.	〃
〃	III	〃	25.	〃
日 原		奥多摩 I	24. 11. 7	石灰石鉱業協会報告 (24. 12)
磐 崎 鉱		常磐炭鉱	24. 5. 2	山本祐徳氏報告

表1の結果次の結論が導かれる。

- (1) 装薬長と孔長との比 b/B は No. 1 及 2 を除き全部 0.5 以上であるから一応長孔発破の性質を持つものと考えてよい。
- (2) 空孔への距離 W の変化に対しては $C=WB$ は変化しないと見てよいが $C=L/W^2B$ は W が大となるとかなり小さくなり常数と見ることができない (No. 11~16 No. 17~22 及 No. 28~35 参照) 従つて (2) 式が適合する。
- (3) 標準装薬量はバーンカット心抜の型式即ち装薬孔の数と空孔の数には関係しないようである。これは一見奇異の感を与えるが、これは既述したようにバーンカットの如き極めて制限された自由面の発破に於ては爆発圧力が破壊の主要な作用をなすもので空孔の圧縮には火薬のエネルギーの一部分のみが使用されることになる。

以上の見地からある型式に於ける C の値を一応知ることができたから、これと同種類の岩石発破に於てこの C 及 B が与えられて W を推定すれば式 (2) より L が求められる。もしこの L が孔長 B に b/B が 80% 位になるように装填出来ればよいから、与えられた孔徑で装填が困難な場合は、普通装薬量適切なままで式 (2) により W を短縮させねばならぬ。かくして式 (2) によつて心抜計画がなされてよい。

II 制限された自由面に対する発破係数

従来取扱はれている発破係数の測定は、無限に広がる自由面に対してなされたものであるが、破壊が起る自由面が制限されているときの発破係数に関しては、まだ測定されていない。火薬の爆発衝撃によつて岩石は爆発中心から、固有の角度を以て剪断破壊をすることは既に実験的に明かにされているが、自由面が制限されているときは、この破壊面に外部的に抵抗が加えられた結果、剪断破壊がより大なる応力を要する制限破壊となり、発破係数が増大することとなる。

バーンカット心抜発破に於ては、剪断変位の起るのは空孔の爆発孔に対する投射面のみであつて、爆薬の爆発圧力は主としてこの変位に費され、尙一部は穿孔に直角な自由面に作用して自由面への破壊を起すこととなる。然るに補助孔及拂孔内の爆薬は既にバーンカット心抜などの発破によつて破壊された自由面への破壊となる。換言すれば、普通の V カット及ピラミッドカットの如き掘進長の短い爆破に於ては、拂発破は二自由面の普通発破と考えてよいが、掘進長の相当長い発破にあつては、拂発破でもある制限された自由面に於ける長孔発破である。

図1に於て ABCD をバーンカットによつて生じた空洞とし E の拂発破を行う場合 $\angle BEC = \theta_1$ なる

ある制限された自由面に対する長孔発破であつて、その底面に於ては BEC の面積だけの剪断応力が働くべきであるから、バーンカット心抜法の如く孔長にそつて平均に爆発力を分布することなく、拂発破では底面に作用する剪断力だけが加わるが、その他の孔の部分では孔長に沿つて直角に平均に作用するのが望ましい。従つて E 孔における爆薬の爆発合力は中央より後部にあることとなる。

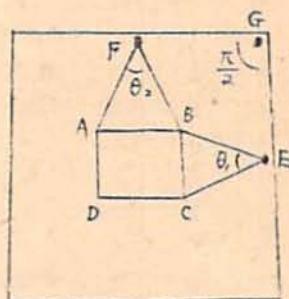


図 1

次に F 点に於ても E 点と同様に $\angle AFB$ なるある制限された自由面に対する長孔発破であるが、限孔 G に於ては自由面は一応 FBE となり $\angle FGE = \theta_3 = 90^\circ$ に相当する自由面となる。かくして一般に $\frac{\pi}{2} \left(\frac{\pi}{2} \right)$ より大なることもありうるが何れにしても π より小なるある制限下の自由面発破となる。

勿論制限のない自由面に相当する θ は何度であるかと云うことは、岩石によつて異なり θ は π より小なことは間違がないが、近藤氏の実験によると煉瓦で $\theta = 130^\circ$ 近くである。

筆者が前節のバーンカット試験に於て拂まで施行されたものの内、大体標準発破と考えられるものの成績を集め限孔について装薬量 L 、孔長 B 、装薬長 b 、並に b/B 抵抗線 W を求め b/B が長孔発破に該当する場合前節式 (2) $L=CWB$ から $C=L/WB$ を求め同時にその点火順からこの発破に於ける自由面に対する角度 θ を測定した。

発破係数 C は自由面に対する向角 θ の函数であるが、この函数の形式は空孔のない場合を $C=\infty$ とし (岩石にも Void があるから厳密にそうはならない) 又 $\theta \cong$ 約 130° の時には自由面は無限と考えて C は一定であるべきである。そしてこの函数の形を一応双曲線として

$$C\theta^n = \text{Const} \dots \dots \dots (4)$$

と置いた。 θ は上述の如く約 130° 以上では一定と考えてよいが、実際発破の場合も θ はこれ以上増加しないから近似的に一定と考えてよい。

式 (4) からこの対数を取つてみると $\log C$ は $\log \theta$

に対して直線になるから、この式が適合すると考えてよい。即ち

$$\log C = A - n \log \theta \dots \dots \dots (5)$$

として第3表にこの A, n の値を示した。

次にAの物理的意味を求めするために便宜上 $\theta = 100^\circ$

としたとき $n \log 100^\circ = 2n$ とすれば式 (5) は

$$\log C = \log C_{100} + n \log 100 - n \log \theta \dots (6)$$

となる。それより C_{100} を求めると第3表のようになる。

表 3

A, C_{100} , n の値

No.	第1表 No.	場 所	硬 軟	岩 石	A	$\log C = \log C_{100} + n \log 100 - n \log \theta$	C_{100}	\bar{C}_{100}	\bar{n}
1	8	生野 I	軟	lipaleit	1.87	$-0.07 + 1.94 - 0.97 \log \theta$	0.851		
2	9	” II	軟	凝灰岩	2.03	$-0.19 + 2.22 - 1.11 \log \theta$	0.646		0.851
3	23	” III	中硬	lipaleit	1.205	$-0.315 + 1.524 - 0.762 \log \theta$	0.484	0.673	(軟中硬)
4	45	” IV	最硬	”	2.56	$-0.14 + 2.70 - 1.35 \log \theta$	0.724		
5	46	” V	硬	”	2.28	$-0.22 + 2.50 - 1.25 \log \theta$	0.603		1.30
6	39	” VI	中硬	”	1.42	$-0.096 + 1.516 - 0.758 \log \theta$	0.802		(硬)
7	40	” VII	”	”	1.29	$-0.22 + 1.312 - 0.656 \log \theta$	0.603		
8	1	明延 XI	軟	diabase	0.97	$-0.27 + 1.20 - 0.600 \log \theta$	0.537		} 0.554
9	2	” XII	中硬	”	0.71	$-0.19 + 0.90 - 0.450 \log \theta$	0.646		
10	7	” X	硬	”	1.26	$+0.034 + 1.226 - 0.613 \log \theta$	1.081		
11	24	石灰石 0			3.04	$-0.76 + 3.80 - 1.90 \log \theta$	0.174	} 0.192	} 1.84
12	25	” I			3.90	$-0.78 + 4.68 - 2.34 \log \theta$	0.166		
13	26	” II			2.76	$-0.74 + 3.60 - 1.75 \log \theta$	0.182		
14	27	” III			2.09	$-0.61 + 2.70 - 1.35 \log \theta$	0.245		
15	36	佐波 I	中硬	石英脈	0.835	$-0.245 + 1.08 - 0.54 \log \theta$	0.569	} 0.378	} 0.53
16	37	” II	軟	凝灰岩	0.65	$-0.35 + 1.00 - 0.50 \log \theta$	0.447		
17	38	” III	”	”	0.57	$-0.51 + 1.08 - 0.54 \log \theta$	0.309		
18		棚原			1.67	$-0.21 + 1.88 - 0.94 \log \theta$	0.617		0.94
19	50	常磐	軟	砂岩	-0.05	$-0.75 + 0.70 - 0.35 \log \theta$	0.178		0.35

この成績を見るに生野系岩石では $\bar{C}_{100} = 0.673$ であり C は岩石が軟質から硬質に進むにつれて増加し、 n も幾分増加するように見える。

明延の鉱石についても大体生野と同様の傾向にある。石灰石は $\bar{C}_{100} = 0.192$ で岩石が発破に対してかなり弱いことを示すが n は反対に 1.84 で大である。(この値は石灰石の性質によるものか尙研究を要する)

佐波の石英脈及凝灰岩は何れも近似の成績をあげ、 C_{100} は生野明延より小である。又最も軟いと思われる常盤盤崎坑の砂岩は $C_{100} = 0.178$, $n = 0.35$ で何れもかなり小さく砂粒間の凝集力が小さいことを示している。

自由面が制限された長孔発破では、表3から次の結論が得られる。

(1) 孔長 B, 抵抗線 W, 薬量 L, 爆破係数 C 又発破孔から自由への制限角度を θ とすれば I で述べた如く無限の自由面に対して発破が行われたとすれば式 (2)

$$L = CWB$$

で示される。

(2) 然るに装填孔から制限された自由面への角度を θ とすれば式 (4)

$$C \theta^n = \text{Const}$$

なる式が制限された自由面の長孔発破に適合する。ここに式 (6) により C は爆破係数であり n は岩石による係数である。

(3) $\theta = 100^\circ$ に於ける C の値 C_{100} 及 n を求めたのが表3である。C は所期の如く硬い岩石では大となりヤクイ又は軟い岩石では小であるが、 n は岩石によつて定まる係数であつて石英粗面岩では 0.85~1.30, diabase では 0.55, 又石灰石は大で 1.8 近くであるが凝灰岩では 0.5, 砂岩では 0.35 位になる。

(4) 与えられた W, B 及 θ に対して装薬量 L を見出すに際し爆破係数 C を見出すには式 (4) より

$$C \theta^n = C_{100} \times 100^n = K$$

より

$$C \theta = K \theta^{-n}$$

を求め、この $C \theta$ を用いて式 (2) に代入して

$$L=C_0WB=K_0^{1/2}WB$$

を得る。之から L が求められる。

終りに本研究に関し発破研究会及関係諸山の御好意に対し衷心感謝を表明する。

文 献

- 1) 近藤賢氏：太平洋工業研究報告
- 2) Taylor: Proc. Roy. Soc. London A, 201, 167 (1950)

工業用雷管の基礎的研究

(第一報)

(昭和26年3月1日受理)

木 下 四 郎

(日本化薬株式会社飯塚作業所)

1. 結 言

雷管の熱分解並に爆発機構に関しては Garner, Patry, N. Semenoff, 鈴木明氏等の研究がある。Patry の研究は詳細にはわたつて居るが、燃焼距離数 cm 乃至数 10cm という雷管の堆積物を抜つて居り、管体に充填された雷管については研究され得ないと述べている。然し工業用雷管に於ては Patry の研究し得ないと述べた極く僅かの燃焼距離の差が雷管完爆、半爆の原因となるもので、その究明無くしては工業用雷管の系統的改善は行われない。然し遺憾乍らこの種研究は従来行われて居らないが、1943 年長谷部富彦氏は Kast の猛度計により完全爆轟に達するに要する燃焼距離即ち至完爆距離 (Anlauf-Strecke) を求めた貴重な実験がある。然し同氏も雷管爆粉等の点火方法の差異による Anlauf-Strecke の差異については何等言及されていない。然し実用上は導火線点火をするか、電気点火をするかの差があり、電気点火でも点火玉あり、綿薬あり、更にその薬量装填状況等種々の差があり、皆 Anlauf-Strecke に差を与えるものである。即ち雷管の完爆半爆に大なる影響あるものである。

2. 実験の方法

上述の如く Anlauf-Strecke というものの研究が重要となるが、銅管体に入つた状態のものは写真撮影も不可能であるし、硝子管に装填したものでは実情にそぐしないので、R. G. Vines が液体爆薬を金属板上で爆発させその爆境で完爆の境界を判定しているのにヒントを得て、雷管を鉛板上に横臥せしめ鉛板上の準線と雷管内薬面とを一致せしめ、点火すればその爆境には明確に完爆の限界が認められることを発見した。

本実験法は写真撮影法等に比較すれば鉛板を使用するので一見極めて粗雑なる実験の如き印象を与えるが、前述せる如くその燃焼距離は極めて短く Patry も写真撮影に於てすら捕捉することの出来なかつたものを、以下の実験 data が示す如く微妙に表現している。雷管研究の新方法としてここに発表することとし、現在迄に行つた実験の一部を述べたいと思う。

3. 点火方法による至完爆距離の変化

雷管或は爆粉の Anlauf-Strecke は、管体の密閉強度其他の條件が同一でもその点火方法により変化することは筆者の実験により確認された。之が実用面に表われたる現象は、工業用雷管の半爆現象である。この Anlauf-Strecke の変化について直接述べた文献は見当たらないが、この観念により説明されると思われるものは次の通りである。即ち鈴木富治氏は標準六号雷管を各種長さの導火線にて起爆した場合、ダイナマイトの殉爆距離は長さの大なるもの程大となることを示して居るが、之は同一雷管であり乍ら点火方法の差によりその起爆力に差のあることを示すものである。又同一導火線を用いた場合爆粉面との間隙を異にすれば間隙大なるものは、半爆発生率も大となることは実験により明らかであり、やはり着火力の強弱により起爆力に差のあることを示して居る。

さて之等は何れも点火方法により、爆粉の Anlauf-Strecke に差が生ずるために起因することは明らかであるが、未だ点火方法の差異による Anlauf-Strecke の差異という考えは述べられていない。そこで前述の実験方法を使用し下記試料について導火線点火及び各種綿薬点火について実験を行つた。

1. 導火線点火と強綿薬式電気点火