

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

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. 緒 言

雷管の熱分解並に爆発機構に関しては Garner, Patry, N. Semenov, 鈴木明氏等の研究がある。Patry の研究は詳細にはわたつては居るが、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、管体に装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、綿塞あり、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、鋼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真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、点火すればその爆真には明瞭に完爆の境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爆長の導火線にて起爆した場合、ダイナマイトの殉爆距離は爆長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塞点火について実験を行つた。

1. 導火線点火と強綿塞式電気点火

a. 試料

3号雷汞標準雷管 薬量 0.4790 g 雷汞単味
 $\Delta=2.3$ 管体内径 5.5 mm 薬高 8.65 mm

b. 測定値 (其の一)

第二種導火線及強綿薬 (N=13.2) 挿入法管綿式
 Anlauf-Strecke=d 耗で表わす。

点火法	No. 2 Fuse	表 1						
		G/C						
		mg	7	15	20	30	35	40
		Δ^*	0.041	0.087	0.116	0.174	0.203	
		P ^o	412	912	1250	1980	2400	
d(mm)	5.50		5.45	6.15	6.70	8.00	8.65	Hg(ONC) ₂ 一部 残

* 薬室 7.25 mm (高) 5.50 mm ϕ (直径)

⊕ Abel-Noble 式 $\eta=0.259$ $f=9701$

を使用す $p = \frac{f\Delta}{1-\eta\Delta}$

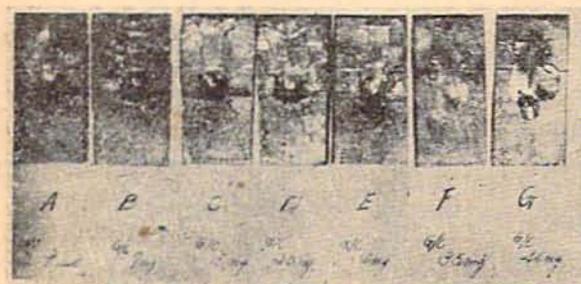


図 1

表1の強綿薬につき p-d curve を作つてみると、図2の如くなる。即ち薬室容積一定の場合には、Anlauf-Strecke=d は強綿薬量多い程長くなることを示している。即ち強綿薬 7 mg 以上使

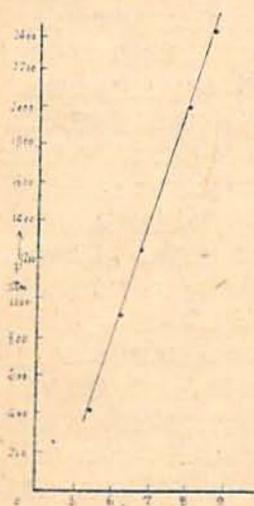


図 2

用すれば、導火線で点火する場合より条件が悪くなることを示している。写真(図1)にこの状況を示す。

この場合強綿薬 35 mg 迄は、強綿薬は完全燃焼しているが、40 mg では管割を生じ強綿薬の燃焼が息づいていると考えられる。即ちこの場合強綿薬 35 mg 迄の燃焼率は 100% である。管体強度と強綿薬の発生ガス圧力より計算した場合は、強綿薬 5 mg 以上では 6 号雷管管体は破壊することになり、又実際に偽薬入雷管について実験するとさうなるが之は燃焼生成ガスが運動をはじめ、更に管体がこの圧力に耐え切れなくなつて破壊するに要する時間を考えた後のことを取扱つて居る結果によるもので、実際はこの破壊前に爆粉の発火が行われて居るので強綿薬 35 mg でも実際雷管は破壊前に点火していると考えられる。

c. 測定値 (其の二)

次の如き試料につき行つた実験の結果は次の通りである。

雷汞単味, 6号管体, 薬量
 0.50 g, 装填圧力 35 kg/ケ
 下向内管, 内管長 4.7 mm

第二種 導火線	綿火薬		某点 火薬	某無瓦斯火薬	
	7 mg	25 mg		1	2
d/mm	4.05	4.30	6.60	4.10	4.20 4.55

即ち b の結果と同じく綿火薬点火の場合は綿火薬量多い程 d も大となる。綿火薬 7 mg と第二種導火線は大抵同一である。

点火玉式は第二種導火線と同一である。無瓦斯導火線も大差無い。

2. 考 察

以上の結果を実用面から考察するときは綿火薬を管綿式に挿入する場合はなるべく綿火薬量を減じ P の値を小にした方が雷管の完全爆轟には有利であることを示している。即ち綿薬量多くなると爆粉の燃焼長が増加し、場合によつては全部燃焼過程のみで爆轟に至らず遂に半爆現象を呈するものである。又無瓦斯段発電雷管に於ては無瓦斯延時装置より瓦斯の発生を見る如き場合には、雷管に相当の工夫を施したものを使用しても往々にして半爆現象を呈するのである。次に綿薬挿入法の問題として管綿式と線綿式について Anlauf-Strecke に及ぼす影響を

実験した成績は次の通りである。

	管綿式	線綿式
G/C 35 mg d mm	8.65	4.65

即ち綿火薬量は同一の 35 mg でもその挿入方法により Anlauf-Strecke は大なる差がある。之は燃焼焔の噴出方向並に吹付時間及爆粉の連鎖反応に於ける n の値を考えれば説明可能なる現象であらう。

4. 爆粉密閉度の影響

爆粉密閉度により Anlauf-Strecke に差を生ずるわけであるが、現用工業雷管について、之に影響ありと考えられる各要素を考えてみるに、

1. 管体強度
2. 内管強度
 - 1) 内管肉厚
 - 2) 内管長
 - 3) 点火孔径
3. 内管と管体との嵌合度
4. 爆粉の密閉方法

以上がここで述べんとする密閉強度に関係する事項である。さて以下各項目について述べることにする。

1. 管体強度

- 1) 次の試料につき第二種導火線をを用い実験した。
試料 M: 管体に縦に 2 本の割目のあるもの
(割目は薬が見える程度)
試料 L: M の ④ 部を除去せるもの
試料 A: 普通管体のまま

試料	A	M	L
至完爆距離 d mm	5.50	6.90	8.65

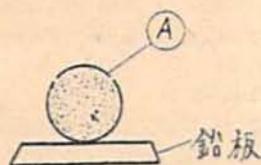


図 3

以上の如く管体強度小なるもの程 Anlauf-Strecke も大なることを示している。

- 2) 試料 雷承單味、六号管体(内管無し) $\Delta=2.26$

綿薬量	管体補強法	d mm
3 mg	補強せず	半爆
	薬室のみ補強	7.45
	全管体補強	5.15

即ち 1) の場合と同様 d の値は管体強度小なる程大となつている。又綿薬室のみを補強しても半爆は無くなつている。

2. 内管強度

1) 内管肉厚

管体長 35 耗、管体厚み 0.15 耗六号管体、内管長 5 耗、孔径 2.3 耗、ヘキソゲン 0.28 g 110 k/個、テトリール 0.16 g、爆粉 0.40 g 35 k/個の試料につき内管肉厚をかへ、Anlauf-Strke の長く出る綿薬量即ち 25 mg 管綿式で行つた結果は次の如くである。

内管厚み	半爆数/試料数
0.1 mm	1/50
0.2	0/50
0.4	0/50

即ち内管肉厚薄いものは半爆の発生をみる。ということとは Anlauf-Strecke 大ということである。

2) 内管長

内管長は長い程半爆の発生は少くなることは従来も発表されて居る。その一例を示せば次の如くである。

内管長	G/C 35 mg 半爆率
3.3 mm	7/300
4.8	3/300
6.1	0/300

3) 点火孔径

内管下向式の場合は点火孔径小なる程半爆の発生は少い傾向を示して居り実験結果は次の如くである。

1) で述べたと同一条件の試料につき孔径のみを変えたもの。

点火孔径	G/C 25 mg
1.5 mm	0/50
2.3	0/50
3.5	4/50

3. 内管と管体との嵌合度

爆粉量 0.35 g の試料について強綿薬 25 mg による半爆試験では内管外径小なるものは半爆 2/50 嵌合度正常のものは 0/50 となつている。

4. 爆粉の密閉方法

爆粉の密閉方法には上向、下向、二重内管其他各種の変形が考えられ製造業者も雷管半爆絶滅をこの密閉方法の改良工夫により達せんものと研究して居る傾向がある。本項は之以上触れないことにする。

5. 爆粉装填比重の影響並に電気雷管に於ける塞栓の影響

爆粉装填比重と半爆率の関係は先に当協会誌に磯原氏の詳細なる研究発表があるが、Anlauf-Streckeの観点より筆者の行つた実験の結果は次の通りである。

1. 導火線点火の場合の Δ の影響

試料 雷汞単味 内径 6.2 mm 薬高 11 mm 6号管体

k/ケ	20	35	50	90	130	150
Δ	2.26	2.56	2.86	3.16	3.48	3.62
d mm	5.65	7.00	6.80	7.90	半爆	半爆
燃焼薬量*	0.383g	0.536	0.586	0.750*		

* d より計算せる薬量

即ち導火線点火の場合 Δ とともに Anlauf-Strecke も大となり本実験では $\Delta=3.48$ 即ち圧力 130 k/ケ で半爆の発生をみる。

綿薬量	取付法 其他	k/ケ	Δ	d mm	20	35	50	90	130	150
					2.26	2.56	2.86	3.16	3.48	3.62
3 mg	硫黄長 10 mm	d mm	半	10.25	半	13.25	-	11.65		
7 mg	{ 同 上	d mm	半	8.90	7.85	10.90	8.25	-		
		d mm	半	8.60	6.70	9.20	-	-		
25 mg	{ 硫黄長 10 mm	d mm	9.45	半	半	半	-	-		
		d mm	11.0	10.40	9.80	-	11.25	5.50		

即ちこの data の示す通り 6号雷管体の場合はバラッキ大で一定の関係を見出し得なかつたので次の実験を行つた。

綿薬量	取付法 其他	k/ケ	Δ	d mm	20	35	50	90	130	150
					2.26	2.56	2.86	3.16	3.48	3.62
3 mg	{ 硫黄長 10 mm	d mm	5.15	5.75	5.00	-	5.00	6.90		
		薬量 g	0.350	0.441	0.430	-	0.520	0.750		
10 mg	{ ゴム栓	d mm	6.00	5.75	5.00	5.65	5.65	4.10		
		薬量 g	0.410	0.441	0.430	0.540	0.590	0.446		

即ち管体補強せる場合と然らざる場合とは、d の値を全然異にし然も補強せる場合はお互のバラッキ小である。G/C 点火の場合は Δ 大にして導火線にては半爆を生ずる Δ に於ても、管体強度大なれば半爆を生じない。

点火玉式	d	無塞栓	硫黄長					金属栓
			2 mm	4 mm	6 mm	8 mm	10 mm	10 mm
G/C 10 mg	6.30	{ 不着火	-	-	-	-	4.80	5.50
			7.50	7.05	7.50	5.65	5.95	5.00

即ち G/C の如くガスの発生を見る場合には塞栓密閉強度大なる程 Anlauf-Strecke は小となる。即

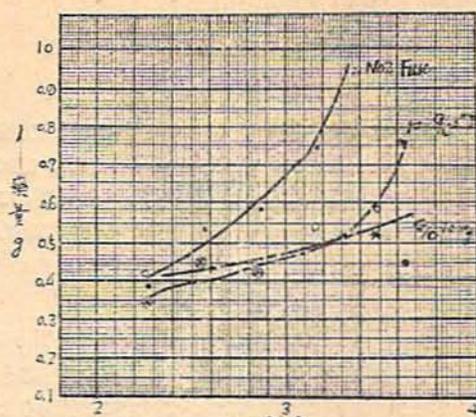


図 4

2. G/C による電気点火の場合の Δ の影響

1) 6号管体についての実験

試料は1に同じ

2) 管体強度を大とした場合

試料は上記と同様なるも外管にて補強したものの

3. 塞栓密閉強度の影響

点火玉式と G/C 式について電気雷管に於ける塞栓密閉強度の Anlauf-Strecke に及ぼす影響について実験せる値は次の如くであつた。試料雷汞標準雷管 (3号)

ち威力的に見ても大となると考えられる。然しガスの発生を見ない完全点火玉式では、無塞栓でも不着

火とならず密閉強度の影響はあらはれていない。点火玉式であつても点火玉からガスの発生を見る場合には、密閉強度が大なるものがよいといえる。

§ 6. 爆粉水分の影響

吸湿せる雷管は半爆現象を呈することは良く知られた現象であるが、之を Anlauf-Strecke の面から考えた実験成績は次の如くである。試料は3号雷管標準雷管で第二種導火線で点火した場合である。

雷管水分%	0	0.21
d mm	5.50	6.70

即ち吸湿せるものは Anlauf-Strecke も大となる。即ち半爆を生じやすくなるわけである。

§ 7. G/C 点火の場合 G/C 水分の影響

試料は §6 と同じ

G/C 水分%	1.22	3.43	4.20
d mm	7.15	8.15	9.45

即ち G/C 水分多い程 Anlauf-Strecke も大となる。爲 G/C の平衡水分は約 3% なるため 3% 以上の水分を持つた G/C を使用した場合は過剰の水分は爆粉

に移行し、§6 で述べた原因による半爆現象を呈するにいたる。

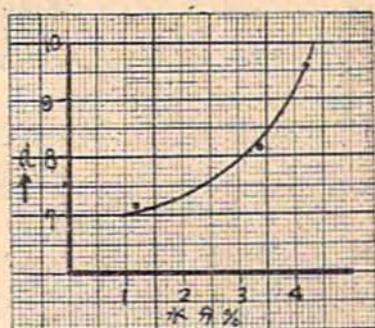


図 5

結 言

以上は工業用雷管の基礎的研究の一部であるが、本研究を行うに当り終始御鞭撻を賜つた北口寛二郎氏並に工学博士日野熊雄氏に厚く感謝する。以上

註(1) J. C. Clark: Flash Radiography Applied to Ordnance Problems, J. Appl. Physics vol. 20 April 1949.

“Anlauf-Strecke” of Blasting Caps.

By S. Kinoshita

The mercury fulminate blasting cap for industrial use, takes the combustion process from ignition to detonation. This phenomenon is so-called the “Anlauf-Strecke.” The length of the “Anlauf-Strecke” which is a governing factor for explosibility of caps, is effected by the methods of ignition and the other factors. Untill now the investigation on this problem has not been done. In this report I introduced a new method to measure the length of Anlauf-strecke and gave some experimental data.