

火 藥 協 會 誌

第 5 卷 第 1 號

昭和 18 年 6 月 20 日 發行

研 究 ・ 報 文

緩燃導火線燃焼秒時の試料長さに依る變化

(昭和 18 年 3 月 16 日受理)

會 員 吉 田 銀 次 郎*

摘 要

緩燃導火線の燃焼秒時測定に際し試料の長さを變へると長い程時間割合は短縮するが、同一導火線の燃焼秒時は一次式を以て表はされる直線的のものであり、長さに依る變化は其式に含む恆數に依る差である事を實驗から誘導指摘し、合せて測定上生ず可き誤差範圍を示した。

I. 緒 言

緩燃導火線燃焼秒時の測定は 1m の長さを以てする事が通則であるが、場合により 0.5m 或は 1 尺で行ふ場合がある。此の長さを變へた測定値を其儘 1m へ換算する誤を犯す者もあり、又は換算に於て一定數を増減して計算する者もあるが之も單なる經驗或は推測に依るもの

表 1. 測定長さ變化の計算秒時

イ) 試料 第 II 種導火線

測定長 (m)	0.025	0.050	0.075	0.100	0.125	0.150	0.175	0.200	0.225	0.250	0.300	0.400	0.500	1.000
計測秒時	3.6	7.4	10.8	14.0	17.4	21.0	24.2	27.5	31.0	34.6	41.2	54.0	67.6	134.9
1m へ換算 (sec)	144	148	144	140	139.2	140	138.2	137.5	137.7	138.4	137.3	137.0	135.2	134.9
1m との差 (sec)	+9.1	+13.1	+9.1	+5.1	+4.3	+5.1	+3.3	+2.6	+2.8	+3.5	+2.4	+2.1	+0.3	0

ロ) 試料 第 II 種導火線

測定長 (m)	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
計測秒時	66.2	129.4	192.0	254.4	381.2
1m への換算 (sec)	132.4	129.4	128.0	127.2	127.1
1m との差 (sec)	+3.0	0	-0.6	-2.2	-2.3

註 1) 試料は一連中測定長順序に 1 本宛採取し又元に戻る如くして 5 本を採り、5 回計測したる平均値とす

2) 同一長さに於ける計測時の差は (イ) に於て 0.4 sec (ロ) に於て 2 sec 以内にして ±2% 以内なり

* 日本火藥製造株式会社技師

で理論的のものでは無い。一般に長さを短縮したものは長く増大したものは短かく秒時が出る事が通則と認められて居る。例へば實測値に於て表 1 の様な結果が得られる。

此傾向は第 I 種第 II 種でも同様に現はれるもので、緩燃導火線の燃焼秒時（以下秒速と略稱する）は試料の長さと共に比例して出るものではない。此間の理由を此處に解析する。

II. 燃 焼 秒 時 の 測 定 方 法

秒速を測定する方法として通常正しいとされて居るのが次の操作である。

イ) 測定すべき導火線より全長 1m 餘を切斷採取し其中間 1m の両端部に中心に略達する刻目を附し、全長の一端末に點火し第一の刻目より噴火せる際秒時計を始動し、他の刻目より噴火せる際、秒時計を終止して此間の所要時間を読み秒速とす。

ロ) 測定時試料は水平板状に直線状に置き、風の影響を受けざる場所に於て行ふ。通常 3 回計測せる秒時を平均す。

所が製造工場の如き多量に試験する所では次の様な簡便方法を探つて居る向が多い。

イ) 長さ 1m を切斷採取し（所に依り 0.5m 又は 1 尺を以てし後に補正換算する變則もあり）點火より終末噴火迄を計時す。

ロ) 點火は直接炭火へ觸れしめ又は線香、燐火の如き適當なる方法を探る。

ハ) 連続試験の際は、秒時計を動かして 10 sec. 20 sec 又は 30 sec 毎に時計指針の到達時を見つゝ點火す。終末噴火を豫想し其直前指針の動きを注視し、噴火時刻を 120 sec に 3 sec 遅れ又は 130 sec に 4 sec 早しの如く直ちに算出す。

III. 測 定 方 法 に 依 る 誤 差 範 圍

測定方法を上述の簡便方法とした際如何なる秒時誤差が起るか討檢する。

イ) 導火線長さの誤差 一定長を切斷する際導火線に彎曲癖が付いて居つたり又難撓性の爲、一定の丁規に當ても正確を期し得ない。1m 切斷に於て 5mm 位の最大誤差を生ずる事がある。又切口が斜になつたりするから 1~2mm の誤差は通常である。0.5m 切斷でも 2~3mm の誤差は生ずるし試料が長くなれば誤差回数は多くなるが先づ 5mm 位の範圍と見られる。

ロ) 點火時の誤差 秒時計を動かして乍ら點火するので、點火せんとする時刻の 1sec 前位から用意して火に接觸する。此間の時間は經驗による感で定める。此の誤差は 1sec 以内と見做される。

若し何等かの理由で接觸後 1sec 以上噴火が遅れた時は 1sec 遅れ 2sec 遅れの如く其時々条件を入れて居る。尙正則な方法に於ても噴火の始發期を正確に知る事は困難である。噴火は相當時間つゞき其状態に強弱を伴ふから正則法でも 1sec 以内に誤差は生ずる。

ハ) 終末點觀測の誤差。終末噴火は瞬間的であるが視感覺と秒時計操作の遅れ等人間の感覺的誤差が伴ふ。之を大きく見て 1sec とする。

ニ) 時計の狂ひ。通常用ひられるのが 1/5 秒計で稀に 1/10 秒計を用ひる。之以上時計に狂ひが有つたら秒時計の資格はない筈であるが時計の調整を常に行ふ譯で無いから之も大きく 1sec と探る。

以上操作上の諸誤差により秒速に及ぶ綜合誤差を次の範圍と計算し得る。緩燃導火線の秒速

は 150~100 sec/m が通常であるから誤差が最大に影響する 100 sec/m を假に採る.

誤差の項目 最大誤差	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	計
	5~2 mm.	1 sec	1 sec	1 sec	
0.25 m 測定	2/250	1/25	1/25	1/25	12/100
0.50 m 測定	3/500	1/50	1/50	1/50	7/100
1 m 測定	5/1,000	1/100	1/100	1/100	3.5/100
2 m 測定	5/2,000	1/200	1/200	1/200	1.75/100

以上の如く省略法で測定した際は 1 m の試料で ± 3.5 sec の誤差が導入されて来る. 従て市販品に標記された 10 sec 飛びの燃焼秒時なるものが, 試験時と變化無いとして假に ± 5 sec 以内の實測値を集約標記したものであつたとしても此内には前記の ± 3.5 sec の誤差を含んで居るから 120 sec 標記が 130 sec とすべきものか 110 sec とすべきものであつたか解らない事になつて何等信頼すべきもので無い様になる. 正則の測定方に依ても(イ)項 1 mm (ロ)及(ハ)合せて 1 sec (ニ)で 1/5 sec 位の誤差は免れまいから綜合誤差として 1 m で 1.3% の最大誤差となる. 表 1 以下に掲げる數値は試験法に正確を期した實驗であるから 3.5% 迄の誤差は無いつもりであるが 1.3% 位の誤差は免れない. 例へば表 1 の數値は前者ならば誤差範囲内のものとなるが後者の誤差ならば換算値は範囲外となり \pm の傾向が一致して居る點から是は實驗誤差と見做し得ないものである.

IV. 實 驗 値

過去 1 ケ年に各種導火線の長さを變へて測定した結果を表 4 迄 16 例掲げる. 被覆は市販の第 I 種第 II 種第 III 種の形態を採つたものであるが, 使用した火薬は市販品用のもの及特殊研究用のもの等種々で, 特殊品は秒速變化の目的で火薬に加工したものである. しかし黒色火薬を使用した事に變りはない. 秒速値は 3~10 回測定した平均値である.

表 2. 第 III 種 導 火 線 秒 速

測定長m 試料番號	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
ハ	52	109	162	217	270	325	381	435
ニ	68	165	252	335	417	510	592	680
ホ	78	157	234	310	387	467	551	629
ヘ	68	135	199	271	337	404	477	454

表 3. 第 II 種 導 火 線 秒 速

測定長m 試料名	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00		
ト)	46	97	142	186	230	278	322	368		
チ)	78	154	237	316	398	475	560	640		
リ)	94	164	242	317	393	475	550	635		
ヌ)	59	122	179	238	300	363	422	480		
測定長m 試料名	1/8	1/4	3/8	1	1 1/2	1 3/4	2			
ル)				125.4	187.3	208.0	248.1			
ワ)	42.5	65.5	87.5	129.9						
測定長m 試料名	0.025	0.050	0.075	0.100	0.125	0.150	0.175	0.200	0.225	0.250
ヅ)	3.6	7.2	11.0	14.0	17.2	20.0	23.2	27.2	30.4	33.4

表4. 第I種導火線秒速

測定長 m 試料名	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
カ)	36	79	119	151	193	239	280	321
ヨ)		112		231		350		470

V. 實驗結果より實驗式の誘導

以上の測定値を縦軸に試料長を横軸に採つて圖表を描くと、總てが直線を以て示される故に導火線の秒速と長さの關係は

$$y = a + bx$$

なる直線式で與へられる事を知つた。依て a 及 b を求めて代入すれば長さ x に對する秒速 y を計算出来る譯である。

然るに各實驗結果が示す圖表の直線は勾配が一様でないから、 a 及 b は其導火線固有のものであり、全般的の恒數では無い。例を表1の數値に採つて計算する。

(イ) 測定長 (x) m	實測秒 sec	各項の差	各項の b の價	b=136.2 として a の價	b=136.2 a=0.12 として y の價	實測秒 との差	同左實測秒 に對する比
0.025	3.6	0.025 b=3.8	152	+0.2	3.5	-0.1	2.8%
0.050	7.4	0.025 b=3.4	136	+0.6	6.9	-0.5	6.7
0.075	10.8	0.025 b=3.2	128	+0.6	10.3	-0.5	4.6
0.100	14.0	0.025 b=3.4	133	+0.4	13.7	-0.3	2.1
0.125	17.4	0.025 b=3.6	144	-0.4	17.1	-0.3	1.7
0.150	21.0	0.025 b=3.2	128	+0.6	20.5	-0.5	2.4
0.175	24.2	0.025 b=3.3	132	+0.4	23.9	-0.3	1.2
0.200	27.5	0.025 b=3.5	140	+0.3	27.3	-0.2	0.7
0.225	31.0	0.025 b=3.6	144	+0.4	30.7	-0.3	1.0
0.250	34.6	0.050 b=6.6	132	+0.6	34.2	-0.4	1.2
0.300	41.2	0.100 b=12.8	128	+0.3	41.0	-0.2	0.5
0.400	54.0	0.100 b=13.6	136	-0.5	54.6	+0.6	1.1
0.500	67.6	0.500 b=67.3	134.6	-0.5	68.2	+0.6	0.9
1.000	134.9	(平均=136.2)		-1.3	136.3	+1.4	1.0
(平均 = +0.12)							

(ロ) 測定長 (x) m	實測秒 sec	各項の差	各項の b	b=125.8 として a の價	b=125.8 a=3.16 として y の價	實測秒 との差	同左實測秒 に對する比
0.5	66.2	0.5 b=63.2	126.4	+3.3	66.1	-0.1	0.15
1.0	129.4	0.5 b=62.6	125.2	+3.6	129.0	-0.4	0.31
1.5	192.0	0.5 b=62.4	124.8	+3.3	191.9	-0.1	0.05
2.0	254.4	1.0 b=125.8	126.8	+2.8	254.8	+0.4	0.16
3.0	381.2	(平均=125.8)		+3.8	380.6	-0.6	0.15
(平均 = +3.16)							

即 (イ) 及 (ロ) の導火線は

$$(イ) \quad y = 0.12 + 136.2x \quad (ロ) \quad y = 3.16 + 125.8x$$

なる式で與ふ可き秒速を有するもので 136.2 及 125.8 sec が眞の秒速で有つて 0.12 及 3.16 は

何等かで導入された恒数と見做し得る。

同様にして前掲各表の實驗値から實驗式を計算すると表5のようになる。但し實測値中圖表を描いて直線から離脱したものは直線上の點に補正したから此値及同數も列記して置いた。

表5. 實驗値より實驗式への計算値

試料番號	實測值數	b の値	a の値	y の値と實測値との差			圖上補正值	
				最高	最低	平均	回數	最高數
(イ)	9	136.2	+0.12	+1.4	-0.1	-0.07	0	0
(ロ)	5	125.8	+3.16	-0.6	-0.1	-0.08	0	0
(ハ)	8	218.8	+1.34	+4.84	+1.8	+3.30	0	0
(ニ)	8	342.8	-6.7	-5.8	-0.4	-1.06	5	+3
(ホ)	7	314.2	-2.05	+3.0	0	-0.5	0	0
(ヘ)	8	273.2	-1.5	-4.4	-0.7	-0.51	3	+1
(ト)	8	183.6	+0.84	+4.4	0	+1.4	+6	5
(チ)	8	321.6	-4.0	+1.6	0	+0.45	+2	5
(リ)	8	314.8	+2.55	-2.8	0	-0.25	+3	5
(ヌ)	8	240.4	-1.08	+3.5	0	+1.36	-3	4
(ル)	4	123.0	+2.1	+0.4	0	-0.01	0	0
(ヲ)	4	129.1	+0.7	-1.2	+0.2	-0.05	0	0
(ワ)	10	129.6	+0.9	+1.24	+0.1	-0.23	0	0
(カ)	8	161.4	-4.6	-1.7	-0.1	-0.12	-4	5
(コ)	4	119.3	+7.5	-0.7	+0.2	-0.08	0	0

表5を通覧してaの値は±何れとも一定して居らず又各試料に於て異つて居る。計算に依る秒速は實測補正值とは大なる差を示して居らないが、實測値との間には±5 secに及ぶものもある。之は測定誤差と共に導火線の秒速が構造上不均一なる爲に生じた所の差ではないかと見られる。aの値は何を示すものか始發時即點火した端に於ける燃焼進行の遲延に依るものと想定されが眞の理由は研究中である。

VI. 結 論

- i) 緩燃導火線の燃焼秒時は實驗操作に依り最大 3.5% 位の誤差が導入される。
- ii) 一つの緩燃導火線の長さに依る秒時の變化は $y = a + bx$ なる直線式で表はされる。茲に y は總秒時數 x は測定長さである。
- iii) 上述實驗式の a 及 b は其導火線固有のものであつて一般的の恒数では無い。
- iv) a なるものゝ生ずる原因は不明瞭であるが始發の際に生ずるものである。
- v) 上述に依り異つた長さで測定した秒速をそのまま基準値へ計算換する事は妥當でない。

(以上)