

- 4) T. Kihara, J. Phys. Soc. Japan 6 184 (1951)  
 5) J. E. Lennard-Jones and A. E. Ingham, Proc. Roy. Soc. A 107, 636 (1925)  
 6) T. Kihara and S. Koba, J. Phys. Soc. Japan 7 (1952)  
 7) J. G. Kirkwood, E. K. Mann, B. J. Alder, J. Chem. Phys. 18 1040 (1950)  
 8) R. J. Buehler, R. H. Wentorf, Jr., J. O. Hirschfelder, C. F. Curtiss J. Chem. Phys. 19 61 (1951)  
 9) G. B. Kistiakowky, Explosions (Encyclopedia of Chemical Technology vol. 5 p. 948 (1950)  
 10) 本報文の内容は第4回国際燃焼シンポジウム(ボストン 1952)に提出した。

Molecular Theory of Detonation

By Taro Kihara and Tsutomu Hikita

By means of the intermolecular potential  $U(r) = \lambda r^{-n}$  ( $\lambda > 0, n > 3$ ), a theoretical equation of state of high temperature gases under the whole region of pressures has been introduced.

$$\frac{kT \cdot \alpha}{pv} = \frac{1 - \alpha x}{1 + ax + bx^2 + cx^3}$$

n	a	b	c	$\alpha$
9	0.958	1.635	- 0.928	1.878
12	0.998	1.411	- 1.773	1.569

The application of this equation of state to detonation phenomena has also been treated. Under the assumption of fixed decomposition equation, the density variation of detonation velocity for PETN, TNT and Tetryl has well been explained in the case of  $n=9$ , and information about the value of  $\lambda$  has been obtained.

(Department of Physics and Department of Applied Chemistry, University of Tokyo)

資源技術試験所保土ヶ谷実験所  
 新設爆発試験坑道設計概要

(昭和27年5月6日受理)

爆発試験坑道設計委員会

山 家 信 次

目 次

第1章 経過, 第2章 設計方針及構造説明, 第3章 計画に必要な基礎計算, 第4章 強度計算, 第5章 仕様書, 附圖1 瓦新爆発試験坑道組立図, 附圖2 同安全弁詳細図

第1章 経 過

通商産業省工業技術庁資源技術試験所(旧鉱業技術試験所)に於ては横浜市保土ヶ谷区仏向町保土ヶ谷実験所に爆発試験坑道を設置するに当りこれが設計を炭鉱火薬懇談会に諮問されたので同会では別に爆発試験坑道設計委員会〔委員名: 山本祐徳(東大) 下村彌太

郎(東大) 伊木正二(東大) 中野実(早大) 多田四郎(鉱技試験所) 佐野初雄(石炭協会) 津村信二(三井) 関亨(三菱) 増田三郎(北海道炭鉄) 千藤三千造(日化協) 南坊平造(日化) 山家信次(カーリット)〕を作つて審議した, 審議は25年7月4日及19日の二回に亘つて行はれた, その経過は次の通りである。

外国(主として米, 英, 仏, 日, 独)に於ける爆発試験坑道に関しては佐野秀之助先生, 長谷川次郎氏及筆者の見学報告がある。表1は直方支所の試験坑道と山本祐徳氏の炭鉄火薬研究会での報告とを比較したものである。

本表で見ると直方試験坑道は爆発室の直径を最初米

表1 各国爆発試験坑道比較表

国及所在地	爆 発 室			全長(m)	白 [砲 砲 腔]		備 考
	直径(m)	長さ(m)	容積(m <sup>3</sup> )		直径(mm)	長さ(cm)	
白 Patnages	1.6	5.0	10.0	20	55	50	
仏 Montlucon	2.0	3.5	7.0	9.9	30	60	
独 Derne	1.35×1.8	5.0	10.0	25	55	60	精 同
英 Buxton	1.52	5.5	10.0	15.2	55	120	
米 Bruceton	1.9	6.1	17.8	30.5	57.2	54.6	
日	直 方(旧)	1.89	3.68	10.0	34.12	55	55
	直 方(現)	1.52	3.68	6.67	34.12	55	120

国のそれに取り爆発室容積を英国同様 10m<sup>3</sup> としたように思はれる、その後英国の認可爆薬(成分既知)をこの坑道で試験したが英国の成績から相当の偏差があるので爆発室の直径を英国と同様に改めた、それで爆発室の容積は 10m<sup>3</sup> から 6.67m<sup>3</sup> に減少されることになった。又同時に白砲も英国と同一にした。

本邦では従来改修後の直方試験坑道に於て安全爆薬その他の検定を行っているから以後設備される試験坑道も研究試験以外に検定試験を行ふ可能性を考えて試験成績の均一性を保たせることが便利である。

更に又爆薬火工品及瓦斯炭酸に関する種々の研究に使用し得ることも考慮して坑道設計委員会は本章に述べるような設計方針を立て大綱を決定した。

次にこの設計の実施計画は委員たる筆者が当り機械設計及製図は日本カーリットの岡崎寺正純氏、基礎工事計算は同じく松田誠三氏にお願いした。ここに両氏に對し厚く感謝する。又細部の製図及製作並に掘付は株式会社月島機械製作所で行つた。

## 第2章 設計方針及構造説明

### 1. 設計方針

1. 原則として新試験坑道は鉄架技術試験所直方支所の現試験坑道の試験成績と同一成績を与えるよう計画すること即ち爆発試験室、白砲位置及試験方法は直方支所のものと同じにすること。

2. 新設坑道は上記の原則の下に可及的実験研究を行い得るよう改造考案すること。

3. 以上の方針により次の設備をすること。

i) 第2爆発試験室を作つた

従来の爆発試験室の寸法及内面構造は直方のものと同一とし(直径を減少したための二重壁をなくした)その隣りに第2爆発室を作つた(図参照)従つて

第1爆発室容積:  $\pi/4(1.520)^2 \times 3.680 = 6.678\text{m}^3$

第2爆発室容積:  $\pi/4(1.900)^2 \times 2.300 = 6.521\text{m}^3$

即ち第1第2の爆発室容積合計 13.199m<sup>3</sup>

尚 第1爆発室長 3.680m

第2爆発室長 2.300m

機 坑 道 長 28.470m

全 坑 道 長 34.450m

ii) 坑道の周囲の開孔を密閉し得るようにすること  
特種試験のため安全窓等を全部閉鎖して実験し得るよう次の設備をした。

(a) 発條式安全弁付蓋を取りつけ同時に紙蓋にも取りかえられるよう計画した。(詳細図b参照)

(b) ガラスのぞき窓のガラス破損予防のため鉄蓋を取りつけた。(詳細図観測窓参照)

(c) 煙噴出窓に密閉蓋を取りつけた。(詳細図c参照)

iii) その他の附加設備

(a) 爆発圧力計を取りつけた(爆発圧力計については別に報告する)

(b) 主要部はX型電気溶接とした。

尚本坑道試験装置の製作仕様書は第5章に記載する。以下第3章の計算によつて爆薬の最大装填量 1.400kgを用いた場合に発生する坑道内最大圧力は次の通りである。

衝撃波圧力 23.3 kg/cm<sup>2</sup>

メタン爆発圧力 10.8 kg/cm<sup>2</sup>

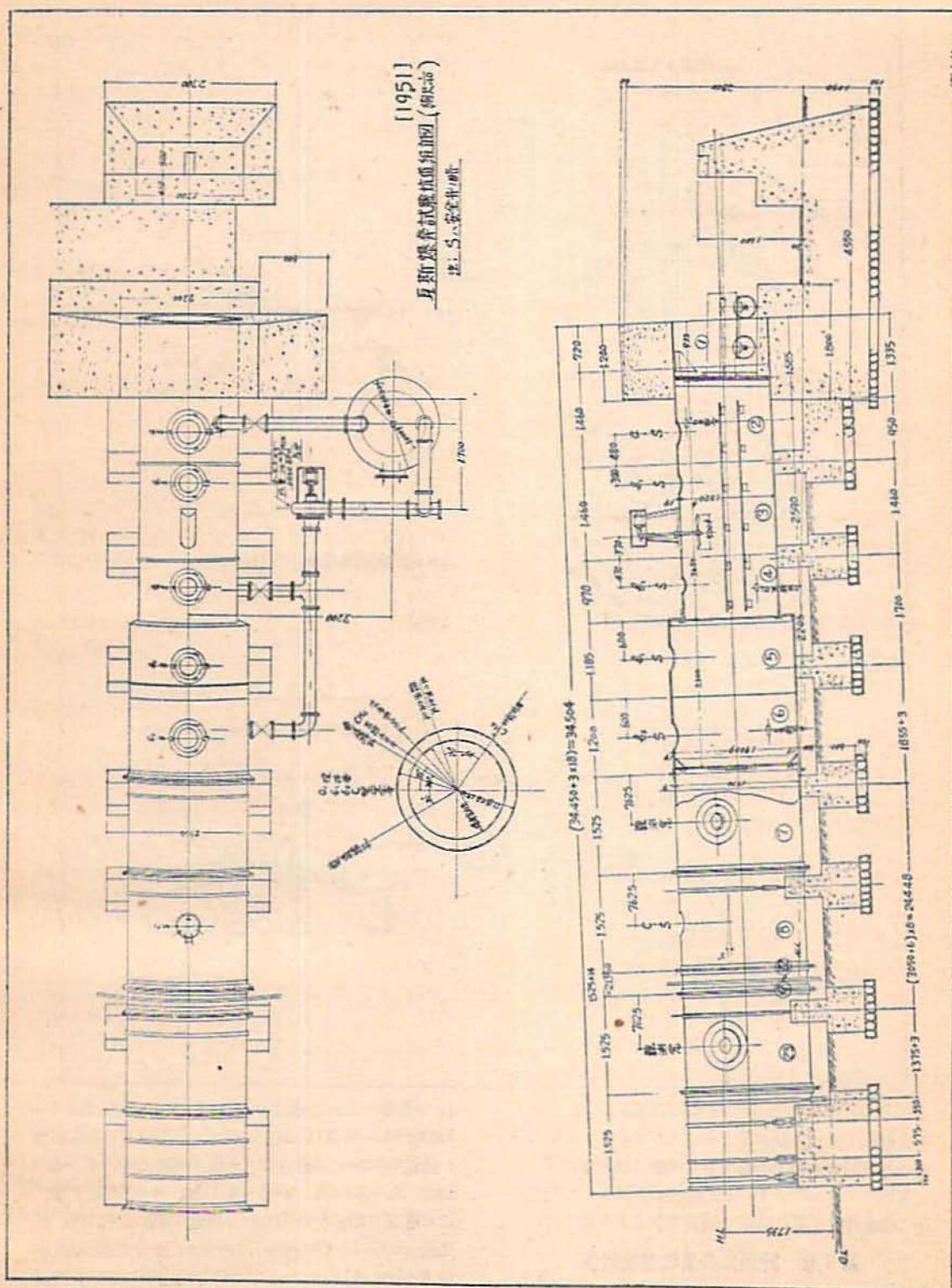
炭酸爆発圧力 9.35kg/cm<sup>2</sup>

尚これらの圧力はどれも瞬間作用であるから坑道内強度は第1爆発室 25kg/cm<sup>2</sup>、第2爆発室 20kg/cm<sup>2</sup>坑道を 9kg/cm<sup>2</sup>として設計した。

### II 構造説明

瓦斯爆発試験坑道組立図で示す如く坑道の内側は直方試験室のものと同様である。坑道の全長は 34.45m(バックングの厚さ含まず)第1爆発室は内径 1.52m 外殻厚さ 19mm、第2爆発室は内径 1.90m 外殻厚さ 19mm、それ以外の坑道は内径 1.92m 外殻厚さ 9mmである。坑道軸は水平に對し 3°の角度で前方傾斜している。白砲移動設備、瓦斯循環装置は直方のものと大差ないが第2爆発室ができたため瓦斯送入口が2ヶ所となつた。

組立図で外殻板③④の部分は第1爆発室である。両内側に各々二段の炭酸板があり攪拌機はベベルによる回転とした。第2爆発室は外殻板⑤⑥の部分で④⑥



の境及⑥⑦の境にはボール紙用の隔壁がある。Sは安全弁であるが詳細図に記載してあるようにD<sub>1</sub>は菱

バネ式安全弁付で紙隔壁に取りかえることも出来る。D<sub>2</sub>は密閉蓋付でD<sub>1</sub>のぼねのない部分の相似である



$\eta=0.8$  として  $p_0$  を求めた。

$$p_0 = f \frac{d}{1-\eta d} = 10,000 \frac{0.5}{1-0.8 \times 0.5} = 8,000 \text{ kg/cm}^2$$

### I 爆発室内壁に於ける衝撃波の圧力

爆発の爆発によつて生ずる球面衝撃波の最高圧力は爆心の函数であるが、空気の如き圧縮流体の理論の解析は困難であるが集中された爆心はエネルギーが急激に遊離した場合には Sir G. Taylor によつて計算されている。この解析は爆心附近では適合しないが爆発室内壁の距離に於ては適用される範囲である。今  $E$  (kcal/g) を遊離されたエネルギー、 $R$  (cm) を爆心(この場合は白砲の砲口に当る)よりの距離、 $p_1$  (atm) を衝撃波の圧力とすれば  $1 \text{ kcal/g} = 4.2 \times 10^{10} \text{ erg}$ ,  $1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dyne}$  であるから

$$p_1 = \frac{0.155E}{L^2} = \frac{0.155 \times 4.2 \times 10^{10} \times Q \text{ (kcal/g)}}{10^6 L^2}$$

上記の白砲装薬質量  $L=1,400 \text{ g}$ , 爆発熱量  $q=0.950 \text{ kcal/g}$  とすれば  $Q=qL$  であるから、爆発室の半径  $R=72 \text{ cm}$  を上式に代入すれば

$$p_1 = \frac{8.68 \times 10^6}{R^2} = \frac{8.68 \times 10^6}{(72)^2} = 23.3 \text{ atm}$$

となる。これが外殻に於ける衝撃波面の最大圧力である。この面に於ける衝撃波の反射圧に関しては複雑のため外殻は完全剛体と考へないことにする。

尚この場合の衝撃波の速度  $U$  は Rankine-Hugoniot 式により

$$\frac{U^2}{a^2} = \frac{1}{2\gamma} [\gamma - 1 + (\gamma + 1)p_1]$$

$$\frac{u}{U} = \frac{2(p_1 - 1)}{\gamma - 1 + (\gamma + 1)p_1}$$

ここで  $a$  は空気内の音速 (335 m),  $u$  は空気の流速であるから  $\gamma=1.4$  とすれば

$$\frac{U}{a} = 4.49 \quad U = 1505 \text{ m/sec}$$

$$\frac{u}{U} = 0.795 \quad u = 1195 \text{ m/sec}$$

となる。爆発坑道内の衝撃波の速度は実験上約 1500 m/sec であるからかなりよく一致している。

### II 爆発ワスの音速 ( $a$ ) 及衝撃波速度 ( $D$ ) 白砲内に於ける爆発ワスの音速 $a$ は

$$\gamma = 1.4, \quad p_1 = 8000 \times 10^6 \text{ kg/m}^2,$$

$$V_1 = \frac{2,850}{1.4} \times 10^{-2}$$

であるから

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{\gamma p_1 V_1} \\ &= [1.4 \times 8 \times 10^6 \times \frac{2,850}{1.4} \times 9.80 \times 10^{-2}]^{1/2} \\ &= 1495 \text{ m/sec} \end{aligned}$$

又この爆発ワス内の衝撃波速度  $D$  は

$$D = \sqrt{a^2 + \frac{\gamma+1}{2} p_1 V_1}$$

に代入すれば

$$\begin{aligned} D &= \left\{ (1.495 \times 10^3)^2 + \frac{2.4}{2} \times 9.80 \times 8 \times 10^6 \right. \\ &\quad \left. \times \frac{2,850}{1.4} \times 10^{-2} \right\}^{1/2} = 2,050 \text{ m/sec} \end{aligned}$$

### IV 爆発ワスの噴出速度 ( $w$ ) 及噴出エネルギー

爆発が爆発して白砲口から噴出するワス速度は普通

$$w = \sqrt{2g \frac{\gamma}{\gamma+1} p_1 V_1}$$

から求めるがこの爆発では  $p_1 = 8000 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$ ,  $V_1 = \frac{2,850}{1.4} \times 10^{-2} \text{ (m}^2/\text{kg)}$ ,  $\gamma = 1.25$  とすれば

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{2 \times 9.81 \times \frac{1.25}{2.25} \times 8 \times 10^6 \times \frac{2,850}{1.4} \times 10^{-2}} \\ &= 1330 \text{ m/sec} \end{aligned}$$

である。勿論爆発ワス圧力は噴出と共に減少するが、上記の  $w$  は最大の場合である。

噴出エネルギーは  $1/2 w^2$  であるから

$$\begin{aligned} \frac{w^2}{2g} &= \frac{\gamma}{\gamma+1} p_1 V_1 = \frac{1.25}{2.25} \times 8 \times 10^6 \times \frac{2,850}{1.4} \times 10^{-2} \\ &= 0.903 \times 10^7 \text{ kg/m} = 210 \text{ kcal/kg} \end{aligned}$$

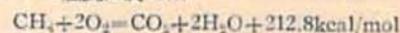
### V メタン混合気体の爆発圧

メタン空気混合気体が引火する場合に就てはメタンの含有率が9%の時が実験に用いられ又この場合が発生熱量も最大に近いから混合気体の成分を

$$\text{N}_2 = 72\% \quad \text{O}_2 = 19\% \quad \text{CH}_4 = 9\%$$

について計算する。

メタンの燃焼に於ては



であり燃焼後の成分は

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{N}_2 = 72 \\ \text{O}_2 = 1 \\ \text{CO}_2 = 9 \\ \text{H}_2\text{O} = 18 \end{array} \right.$$

であるからメタン空気混合気体の爆発温度を計算すれば  $T_{\text{CH}_4} = 2949^\circ \text{K}$  或は  $2676^\circ \text{C}$  となる従つてメタン空気混合気体の爆発圧力  $p_{\text{CH}_4}$  は

$$\frac{p_{\text{CH}_4}}{p_a} = \frac{T_{\text{CH}_4}}{T_a} = \frac{2949}{273} = 10.80$$

であつてもし初めの爆発室の圧力  $p_a$  が1気圧ならば約  $10.8 \text{ kg/cm}^2$  となる。爆発が爆発の爆発ワスの圧力と同時に作用する時はこの二つの和となるが実際にメタン瓦斯引火には特時間があるからこの二つの圧力波が同時に作用することはあり得ない。

### VI 炭塵の燃焼圧

坑道試験に使用する炭塵は水分 1.8%, 揮発分 41.7%, 炭素 47.6%, 灰分 8.88%, コークス分 56.46% とする。

今石炭の成分を上記から略近にモル%を出し所要酸

素を求めると、

	(石炭100g) 石炭成分		酸素所要量 (モル)	
	重量(g)	モル数	完全燃焼	不完全燃焼
C	70	5.8	5.45	2.55
H	5	2.5	1.25	1.25
O	11	0.69	-	-
S	2	0.063	0.06	0.06
N	1	-	-	-
灰分	9	-	-	-
水分	2	0.11	-	-
計			6.76	3.86

空気 1m<sup>3</sup> 中の酸素の容積は 0.21m<sup>3</sup> であるから  
210/22.4=9.4mol となる。

石炭 100g 燃焼に要する空気量及燃焼量は

	空気所要量 (m <sup>3</sup> )	炭燃焼量 (g)
完全燃焼	6.76/9.4=0.72	930
不完全燃焼	3.86/9.4=0.41	1,630

爆発室の容積は 6.67m<sup>3</sup> であるから炭炭の燃焼量はこれを空気所要量で除すればよいから爆発室内の空気中で完全燃焼した時は 930g、C が CO となるような場合には 1,630g である。実際の場合散布炭炭量は 1,500g であるから炭炭が全部 CO になる空気量は充分あり一部は CO<sub>2</sub> に一部は酸素のままで共存すると考えられる。この燃焼瓦斯は炭炭を伴つて爆発室外の空気により再燃焼を受けることになる。

この場合の燃焼熱量及爆発圧は次表のようになる。

		完全燃焼	不完全燃焼
100g 石炭 に対し	CO <sub>2</sub>	5.45 × 97,200	-
	CO	-	2.55 × 29,200
	H <sub>2</sub> O	1.25 × 57,600	1.25 × 57,600
	SO <sub>2</sub>	0.06 × 70,940	0.06 × 70,940
	計	606kcal	150.72kcal
石炭	930g に対し	5,635.8kcal	1,500g に対し 2,260.8kcal
燃焼温度	t°	2555°K	1523°K
爆発圧力	P <sub>爆</sub>	9.35kg/cm <sup>2</sup>	5.57kg/cm <sup>2</sup>

炭炭爆発ではかなり長い点火待時間があるから爆炭の爆発瓦斯による圧力と重合することはない。又メタン瓦斯と同時に炭炭の起り得ることは考えられるがこの場合爆発室内の空気中の酸素量に制約を受けるからこの場合でも圧力はメタン瓦斯のみの場合よりは大でないと云える。

#### 第4章 強度計算

##### I. 円筒の強度

$a$ : 円筒内径 (cm),  $t$ : 壁の厚さ (cm),  $p$ : 内圧

(kg/cm<sup>2</sup>) とすれば普通の内圧を受ける薄円筒の計算によつて  $\sigma_t$  を接線応力とすれば  $p=2\sigma_t t/d$  から許容内圧が計算される。今軟鋼板の場合許容剪断応力を 1000kg/cm<sup>2</sup> にとれば  $p$  は次のようになる。

場所	第一爆発室	第二爆発室	坑道
$t$ (cm)	1.9	1.9	0.9
$a$ (cm)	152	190	192
$p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	25	20	9.4

実際に爆発が瞬間であることと剪断の強さを考えると  $p$  は上記の計算の 2 倍値は安全であり得る。

##### II. 安全弁スプリング強度

安全弁の可動板直径 28cm, 内部圧力  $p_0=10$ kg/cm<sup>2</sup> とすれば荷重  $w=\frac{\pi}{4}(28)^2 \times p_0$  であるがこの荷重に対する円筒型巻巻バネは(詳細図 b<sub>1</sub> 型安全弁)に示す如くばねの半径  $r=50$ mm 巻の直径  $d=32$ mm, 有効巻数  $n=4.5$  又剪断弾性係数  $G=7,500$ kg/m<sup>2</sup> とすればバネの撓  $\delta$ (mm) は

$$\delta = \frac{64\pi r^3 W}{d^4 G} = \frac{64 \times 4.5 \times 50^3 \times \frac{\pi}{4} (28)^2 \times 10}{32^4 \times 7500} = 28.5$$

故に  $p_0=10$ kg/cm<sup>2</sup> では 28.5mm の初圧縮をすればよい、従つて実際には  $p_0=20$ kg/cm<sup>2</sup> 位までの安全弁として計画した。

##### III. 窓の強度

周囲で固定され等分布荷重を受ける円板の応力に関して

(1) 外周に於ける応力

$$\sigma_t = 3p r^2 / 4m t^2 \quad \sigma_{max} = 3p r^2 / 4t^2$$

$m$  は Poisson 比の逆数で 3~4 である。

(2) 中心撓  $\delta_{max}$  は

$$\delta_{max} = \frac{3(m^2 - 1)}{16Em^2 t^3} p r^4$$

これらの値を窓  $a, b_1, b_2, c$  について  $m=3, \sigma_t=1000$  として計算すれば次のようになる。

	窓 a	窓 b <sub>1</sub>	窓 b <sub>2</sub>	窓 c	
円板の半径	$r$ (cm)	19	14	14	14
円板の厚さ	$t$ (cm)	1.9	1.9	1.9	0.9
留ボルト径	(cm)	2.5	2.5	2.5	1.6
$P$	(kg/cm <sup>2</sup> )	25	25	25	10
(計算)	$t$ (cm)	2.0	1.1	1.1	0.49
全圧力 $\pi r^2 p$ (kg)		22,000	15,400	15,400	6,160
留ボルト数		3	3	3	3
$\delta_{max}$		0.038	0.011	0.011	0.042

#### 第5章 瓦斯爆発試験坑道製作要領

本試験坑道の構造は図面に示す如く第1爆発室、第2爆発室及坑道の3部より成り全長 34,450 耗 (パッ

キン厚さを含まず)にして(1)~(4)の缶を第1爆発室(5)~(6)の缶を第2爆発室、以下(7)~(24)の缶を坑道とし又メタン瓦斯導入装置を附属するものとす、各缶材料は J-E-S 缶用鋼板 S-B41 号及型鋼・鉄材も之れに相当する材料を使用するものとす、又材料試験及溶接は当方立会いの上行い溶接後X線写真を提出し当方の承認を受けるものとす。

別紙図面は概略の構造を示すものなるを以て主要部分を除く外は図面に示す如き要領に依り見積り受注後製作図面を提出し当方の承認を得たる後製作納入するものとす。第1、第2爆発室の製作に当りては別々に工場にて組立てて後現地に運搬し接合組立すべし。

### I 第1爆発室(1)~(4)缶

本部分は試験坑道の最も重要な部分の1つであつて併も最大の爆圧を受ける所であり瞬間圧力30気圧に耐えられる様各部特に缶の接合は正確堅牢に製作するを要す、特に缶の内径1,520 耗及爆発室平均全長3,680 耗を正確に維持するを要す。

(1)~(4)の缶の個々に付いて分解して概略を述べれば(1)の缶の長さは725 耗、(2)は1,460 耗、(3)は1,460 耗、(4)は970 耗にして内径は夫々正確に1,520 耗とし鉄板厚20 耗を使用する、各缶は一枚板にて製作し接合はX型溶接とする。

(1)~(2)、(2)~(3)、(3)~(4)の缶の接合も前者と同じ採合方法とする(1)~(4)の組立缶の全長は4,615 耗にして板厚20 耗の軟鋼鉄板製のエンドプレートは爆発室に対して87度の角度にて仕切り缶に取付ける。其の詳細は図示の如く爆発室内にてL100×100×12のL型鋼を用い外部はL75×75×12のL型鋼及20 耗厚の鉄板製のガーゼッスター7個にて堅牢に $\frac{3}{4}$ 吋銼にて取付ける。又エンドプレートは中心に直径75 耗の孔を穿ち外部はL50×50×6のL型鋼を直径600 耗の円にまるめエンドプレートの中心に其の中心を合せて溶接接合する。之れに厚さ25 耗の中心に直径75 耗の孔の明いた直径600 耗のゴムバックングを装入するものとす。

炭塵撒布器は板厚6 耗巾180 耗の長3,200 耗軟鋼製鉄板にして取外しの出来る様に $\frac{3}{4}$ 吋ビスにて取付ける。(1)の缶の右端にはL75×75×12のL型鋼を外円に溶接接合する。又(1)~(2)の缶にかけて先に述べたガーゼッスター7個を取付ける。(2)の缶にはエンドプレート及2個の電導線孔、メタンガス入口孔、瓦斯濃度測定孔、(何れも10 耗頭付ボルトを差込むこと)、a型安全弁据付バンド各1個宛備える。

(3)の缶には爆発室内メタン瓦斯攪拌混合用翼車付 $\frac{1}{2}$ HP電動機及b<sub>1</sub>型安全弁(バネ式安全弁)、圧力測定孔(直径 $\frac{3}{4}$ 吋頭付ボルトを差込むこと)各1個宛設備する。

(4)の缶にはb<sub>2</sub>型安全弁(バネ式安全弁)メタン瓦斯出口孔据付バンド各1個宛図示の位置に設備するものとす。又(4)の缶の左端には乙型鋼(板厚20 耗溶接製)を $\frac{3}{4}$ 吋銼にて接合し之に直径1,600 耗程度のケント紙或は薄ボール紙製の隔取付金具を装備する。構造は図面参照のこと。

a型安全弁及b<sub>2</sub>型安全弁(バネ式安全弁)翼車等の部品は図面に示す要領に依り適宜に設計製作のこと。

### II 第2爆発室(5)~(6)缶

本部分も第1爆発室と同様各部及び特に缶の接合は正確堅牢に製作を要する。(5)の缶の長さは1,205 耗にして(6)の夫れは1,200 耗である。使用鉄板は厚さ20 耗にして内径1,898 耗に製作し(7)以下の缶の外径1,938 耗に外径を合せること、又第1爆発室と同様各缶は1枚板を以て製作し接合はX型溶接とする。(5)(6)の缶の組立全長は2,405 耗で(5)と(6)の缶の接合方法は前者と同じくX型溶接とする。(5)の缶の右端は(4)の缶の乙型鋼に $\frac{3}{4}$ 吋銼にて接合し(6)の左端はL75×75×12のL型鋼を缶外周に溶接し(7)の缶に $\frac{3}{4}$ 吋ボルト(ピッチ約57.5 耗)にて接合す、又(6)の缶の左端の内側にL型鋼(L150×100×20 鉄板溶接)を溶接してそれに第1爆発室の隔取付金具と同じ構造のものを取付ける、(5)の缶にはb<sub>1</sub>型安全弁(バネ式安全弁)及観測窓及缶据付バンド各1個を設け(6)の缶にはb<sub>2</sub>型安全弁及圧力測定孔、メタン瓦斯出口孔各1個を設備する。観測窓には厚15 耗の硬質硝子(硝子は官給する)を用い構造は図面の要領に依り適宜設計製作のこと。

### III 坑道(7)~(24)缶

此の項には(7)~(24)の18の缶を組立てたるものを坑道として区分する各缶の長さは総て1,525 耗にして内径1,920 耗である。使用鉄板は厚9 耗とす。各缶は共に1枚板にて製作し接合はX型溶接とする。

隣接缶の接合は図の如く各缶の両端の外円にL75×75×12のL型鋼を溶接し $\frac{3}{4}$ 吋ボルトにて行う。

バックングは厚さ3 耗乃至6 耗、巾40 耗の平紐紐の石綿を使用のこと。

c型安全弁は(8)以下の缶(22)の缶まで偶数缶に1個宛計8個取付け、観測窓は(7)以下の缶(23)の缶まで奇数缶に1個宛計9個設備する。又(8)の缶に圧力測定孔1個を設備する。尙坑道据付バンドは前者と同じく(7)の缶より(23)の缶まで奇数缶に1個宛計9個取付け、猶最終缶(24)には4個の据付バンドにて爆発による打撃を押える。結局計13個押えバンドを必要とする。

### IV メタン瓦斯導入装置

本装置は白砲に装入した爆薬を爆発させる以前に爆発室を所定の濃度のメタン瓦斯にするための装置であ

る。毎(2)(4)(6)には夫々メタン瓦斯の出入口1個を有することは前にも述べた通りであるが之に「口径6吋35度フランジ付鋼製製ベン」を毎に直接溶接して取付ける。一方のフランジには夫々「口径6吋鋼製ストップバルブ」を取付け図の如き要領にて配管する。

ガス用多翼送風機は1号番のものを使用する。

其の仕様は静圧力、水柱25耗、風量20m<sup>3</sup>/mm 1~2HP電動機直結とす。メタン瓦斯計量槽は厚6耗鉄板にて製作しその大きさは図示の如く直径1,450耗、高1,200耗、容積約2m<sup>3</sup>程度のものとする。又計量槽は直接メタン瓦斯ボンベにて瓦斯をチャージし得る如くし圧力計及ゲージグラスその他必要なる部品を設備する。

配管に於ては6吋瓦斯管(日本鋼管のもの)を使用

し図面の立上り詳細に示す如く6吋コック及チーズを取付けて瓦斯及空気を大気中に排出出来る様に配管すること。

#### 文 献

- (1) 炭鉱爆薬研究会報告
- (2) 火兵学会誌 26(3) p.183
- (3) 直方石炭坑爆発予防試験所 第6,7回報告
- (4) Sir Geoffrey Taylor, proc. Roy. Soc. 201. A p. 167 1950
- (5) W. Bleakney, and A. H. Taub. Interaction of shock wave, Rev. Mod. Phys 20 p. 599, 1949

## 雷管雷管の基礎的研究

### 第八報 工業雷管の性能向上

(昭和26年5月23日受理)

又 木 武 一

(帝國火工品川越工場)

#### I 緒 言

工業雷管の威力を増加する方法としては、装填比重を増加して理想爆速を増加する方法と、理想爆速は同一でも容器を補強して爆速比を増加する方法とがある。前者をA型雷管、後者をB型雷管に完成して、その性能を従来の雷管と比較試験した結果、其の性能が著しく向上される事を確認した。特にA型雷管は、ダイナマイトに対し従来達し得なかつた爆速の向上を認め、ダイナマイトの爆発エネルギーを完全に発揮させる事に成功した。

#### II 内管及管体の影響

雷管雷管に、仮にアルミニウム管体を使用して見ると管体強度が弱いので $k_2=0.5$ として最小速度を求めると、160m/sとなつて鋼管体を使用した場合よりも20m/s多くなるし又破壊し易いから、この値に達する迄に余分の爆薬量を必要とする結果、臨界爆薬量は増加する筈である。実際に鋼管体に就て発火率から臨界爆薬量を求めると、アルミニウムの場合には0.32g、鋼の場合0.19gとなつて前者が増加する(第二報)。

又内管を入れる事は(下向内管だけを考慮)、容器

の一部を補強したものと考えられる。従来内管の長さは4耗であるから頭部の厚味等を考えれば、爆粉の爆速が急激に変化するのは爆粉面から約5耗の点で、あるから内管長を5耗以上に長くすれば、爆粉の爆速が定爆速に達する迄管体補強される事となつて有利である。内管長を0, 2, 4, 6, 8耗と増加して発火率を実験した処、臨界爆速に早く達する為か、発火性能は著しく向上し、臨界爆薬量はそれぞれ0.43, 0.28, 0.19, 0.14, 0.13gと急激に減少した(第二報)。

#### III 爆粉の節約

爆粉の反応帯長は、第六報で計算した如く極めて短く0.2耗であるから、爆発が進行する為の火薬の最小直径を求めると( $k_2=0.45$ ),

$$\frac{1}{4} = \frac{0.2 \times 0.45}{R} \quad 2R = 0.72$$

即ち爆粉の直径は0.8耗以上あれば、爆発が進行する筈である。現在の工業雷管に於て爆粉の直径は6耗あるが、これより小さくても爆発は起るものと考えられる。然るに添装量は雷管の威力を支配する重要な因子であるから、之を減少させる事は出来ないが、爆粉は添装薬を完燃させる事が出来れば充分であるから、