

- Instrum., 35, 1684 (1964)
- J. R. Hearst, L. B. Geesaman, D. V. Power; J. appl. Phys., 35, 2145 (1964)
- 2) 田中一三, 工業火薬, 26, No.6 別稿 (1965)
- 3) 例えば  
A. E. H. Love; "A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity," Dover (1944)
- 4) 例えば  
小柴典居, 「トランジスタパルス回路」, 産報, (1964)
- 5) 田中一三, 工業火薬, 25, 145 (1964)
- 6) 田中一三, 東工試報, 投稿中
- 7) G. F. Kinney; "Explosive Shocks in Air", Macmillan Co., (1962)  
水島容二郎, 工業火薬, 26, 142 (1965)
- 8) JAERI-memo., 第1896号, (1964)
- 9) 山崎尚男・中村 示・木村清茂, 工業火薬, 25, 22 (1964)

## Measurement of Blast Wave Pressure by Piezoelectric Gauge.

### I. Types of Pressure Receiver and Their Application.

by Kazumi Tanaka

The author tried to measure the transient pressure of the blast wave by using piezoelectric gauge. Electric circuit suitable for this purpose was presented. Piezoelectric element was made of lead titanate zirconate and had a shape of circular plate. Two pressure receivers were designed to take out different types of piezoelectric effect; one of which was concerned to the radial extension of the piezoelectric plate and the other was to the axial compression.

Measurements were made on the pressure waves produced by the shots in an explosive shock tube and by the open explosions of small spherical charges of "Shinkiri (ammon-gelatin)" dynamite. Pressure wave profiles were recorded by an oscilloscope and a camera.

The results showed the compression type receiver had clearer response by virtue of its high natural frequency. Every pressure wave was of triangular form and had a sharp rise-up. The peak pressure values of the waves were compared with the calculated one based on their observed propagating velocities. And it showed that they almost agreed with the "stagnation" pressure.

## 密閉構造内における爆風圧の測定

岡崎 一正・柳 沢 剛\*・須藤 秀治\*\*

大久保 正八郎・田中 一三\*\*\*・飯島 勉\*\*\*\*

### 1. まえがき

本報告は耐爆試験委員会<sup>1)</sup>の行なつた「密閉構造体の耐爆設計に関する研究」の内、同構造体内における爆風圧の測定実験についての概要である。実験の実施にあつては、旭化成工業株式会社坂の市工場勤務の諸氏の協力を得た。ここに厚く感謝の意を表する。

昭和41年1月12日受稿

- \* 東京大学工学部燃料工学科 東京都文京区本郷7丁目
- \*\* 中央大学理工学部工業化学科 東京都文京区小石川2丁目
- \*\*\* 東京工業試験所第7部 神奈川県平塚市研術85
- \*\*\*\* 日本原子力研究所原子炉設計部 茨城県鹿野村

### 2. 実験方法

Fig. 1 および Table 1 に示す4個の鉄筋コンクリート構造の試験体の中心で球形の新相ダイナマイトを爆発させ、Fig. 2 に示す位置に、それぞれブラストメーター、ピエゾ素子およびストレインゲージ型指圧計のピックアップを配置して爆風圧を測定した。

試験体の入口を鉄板で閉塞した条件と入口開放の条件とで実験を行なつた。後示の実験結果をまとめた諸表中で実験番号に\*印を付したものは入口閉塞、その他は開放である。

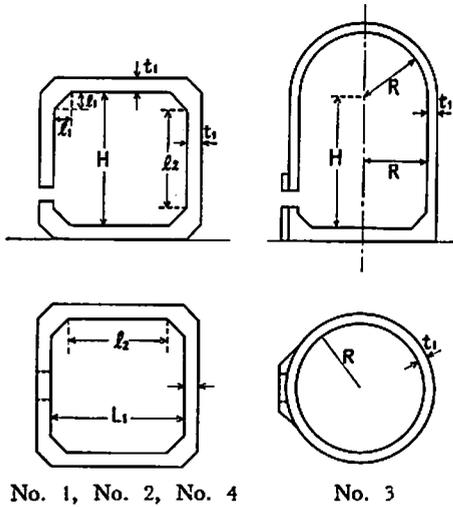
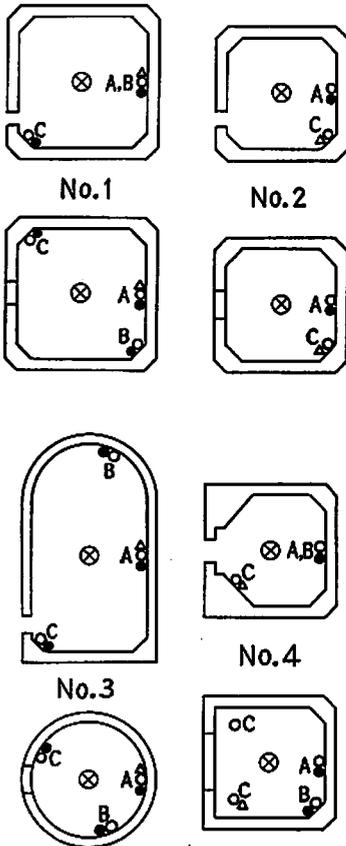


Fig. 1 Test Constructions



- ⊗.....Explosive charge
- .....Blastmeter
- .....Strain gauge
- △.....Piezo-element

Fig. 2 Locations of explosive charge and measuring points

Table 1 Dimension of test constructions used in the experiments

Test construction	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
$L_1$ (cm)	400	200	$2R=200$	100
$H$ (")	400	200	200	100
$t_1$ (")	30	20	10	15
$l_1$ (")	45	30		20
$l_2$ (")	310	140		60

(a) プラストメーター

実験には受圧面の直径が 30 mm の普通のプラストメーターと多孔型プラストメーター (孔径, すなわち受圧面直径 2.0, 1.5, 1.0, 7 および 5 mm)<sup>2)</sup> とを使用した。受圧板としては、爆薬量と爆心からの距離とに応じ、厚さ 0.5 mm または 1 mm の鉛板, 0.3 mm または 0.5 mm の銅板を用いた。

このようなプラストメーターを試験体の内壁に受圧面を爆心に向けて設置して爆風圧を測定した。

(b) ピエゾ素子

ピエゾ素子はジルコンチタン酸鉛の直径 9.5 mm, 厚さ 1.5 mm の円板状成型品で、圧電感度は 2.5 V/atm である。実験には、以下 SOFT および HARD と略称する 2 種の形態のものを使用した。SOFT は素子をうすいフォームラバーの間にはさんだもの、HARD は素子をベークライト板の薄片にかたく貼りつけたものである。

測定時には、両者とも指圧計用の鉄製フランジの表面に取り付けたが、SOFT の場合は紙テープで軽くおさえ、HARD の場合は接着剤で固定した。従つて SOFT では、素子がフランジの振動から絶縁されているのに対し、HARD では、素子が直接フランジの振動を受けるようになっていた。その他、ピエゾ法による測定回路、トリガー回路などについては本誌別報<sup>3)</sup> を参照されたい。

(c) ストレンゲージ型指圧計

指圧計の出力波形を、ピエゾ法の場合と同様に、シンクロスコープのブラウン管上に画かせ、ポラロイドカメラで撮影記録した。

使用した指圧計ピックアップは新興通信工業株式会社製の MP/30, MP/100 および PE/300 で、指圧計アンプは同社製 DS-6A 型である。

3. 実験結果

(a) プラストメーター

各試験体についての測定値を一括すれば Table 3 の通りである。半径  $a$  の球形爆薬では、爆心からの距離  $R$  の点における圧力  $P$  は爆薬表面での圧力  $P_s$  に対し、ほぼ

$$P = P_f f(R/a)$$

の関係で表わされる。ここに  $f(x)$  はある関数で、爆薬の種類がきまつておれば、 $a$  は薬量  $W$  の  $1/3$  乗に比例するので、上式は

$$P = P_f f(R/W^{1/3})$$

となる。 $R/W^{1/3}$  を scaled distance と呼ぶ。

この考え方にもとづき、各試験体について Table 3 のピーク圧力の平均値を scaled distance の関数としてプロットすれば Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 および Fig. 6 のようになる。各図の曲線  $E$  は Reference curve<sup>1)</sup> で、TNT についてのものである。

Table 2 Distane between explosion center and measuring points

Test construction	Distance (cm)		
	A	B	C
No. 1	200	250	315
No. 2	100	—	125
No. 3	100	170	110
No. 4	50	50	60

Table 3 Results with blastmeter

Test construction	No. of experiment	Weight of charge (kg)	Peak pressure (kg/cm <sup>2</sup> )					
			A		B		C	
			Max.	Mean	Max.	Mean	Max.	Mean
No. 1	6	3	12.6	10.9	6.6	6.4	11.1	8.3
	7	3	12.0	9.3	5.8	5.5	5.6	5.2
	8	6	28.6	25.6	6.8	6.5	13.1	—
	9	6	28.4	25.0	9.6	8.8	14.0	12.9
	10	12	45.6	44.6	28.3	25.5	35.5	33.9
	* 11	12	61.8	60.2	29.2	24.8	29.2	27.2
No. 3	* 12	1.2	26.5	25.0	4.5	4.0	19.9	17.4
	13	1.2	21.8	18.3	3.8	3.5	23.7	22.2
	* 14	0.6	9.9	8.5	2.0	—	11.1	8.3
	* 15	2	39.4	35.6	8.2	6.8	32.8	31.8
No. 4	1	0.06	3.4	3.2	3.2	3.1	3.8	3.0
	2	0.12	6.4	5.7	7.1	5.4	4.7	4.5
	3	0.5	73.7	64.6	83.9	63.2	63.8	61.3
	4	1	97.9	84.5	67.5	63.2	80.2	63.2
	* 5	0.5	64.0	52.6	45.0	41.2	35.6	29.2
No. 2	1'	0.2	4.8	4.4	—	—	2.6	2.3
	2'	0.4	6.7	—	—	—	3.8	2.5
	3'	0.4	8.2	6.5	—	—	2.7	—
	4'	0.8	12.1	11.8	—	—	7.6	5.0
	5'	1.2	22.0	21.0	—	—	9.5	8.3
	6'	1.2	21.2	19.0	—	—	10.5	7.9
	* 7'	1.2	22.3	22.0	—	—	18.6	11.8
	* 8'	1.2	30.4	29.3	—	—	11.4	9.5
	11'	1.2	23.0	19.9	—	—	14.9	10.7
	9'	2	52.0	50.3	—	—	17.8	13.5
10'	5	82.6	70.5	—	—	74.8	60.5	

Note:

\* Entrance of the test construction is closed

1', 2', 3', .....11' are the numbers of preliminary experiment

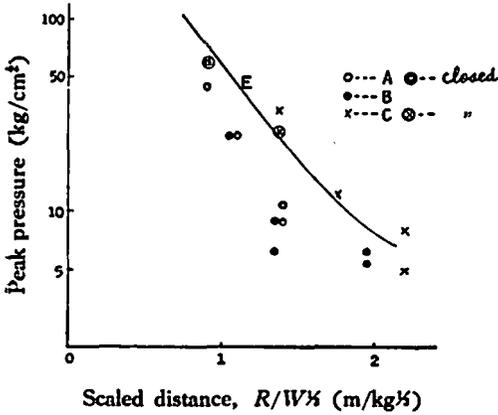


Fig. 3 Peak pressure versus scaled distance plotted from the results with blastmeter for test construction No. 1

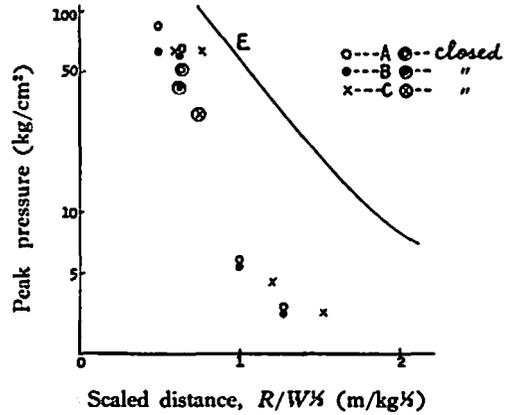


Fig. 6 For test construction No. 4

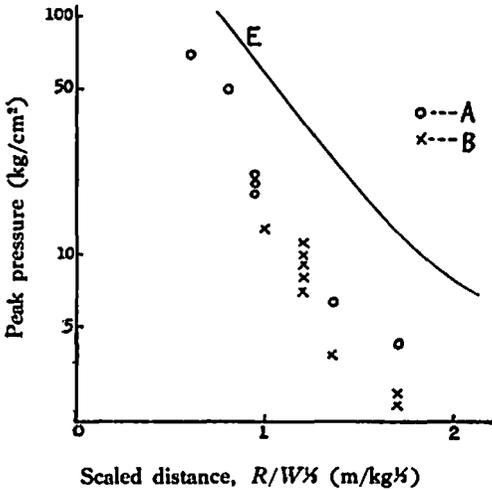


Fig. 4 For test construction No. 2

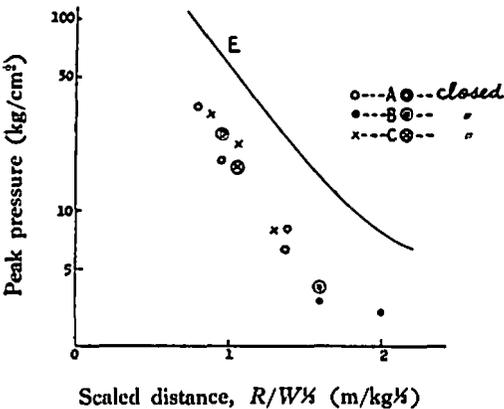


Fig. 5 For test construction No. 3

(b) エピソード

得られた圧力波形は単一の波のほかにも 2~3 個の波を持つことがあつたが、第 1 波が最も高いか、第 2 波が最高かのいずれかであつた。一つの波の幅は 30~50  $\mu\text{sec}$  で、隣り合った波の間隔は 50~150  $\mu\text{sec}$  である。代表的な圧力波形の一つを Fig. 7 に示す。

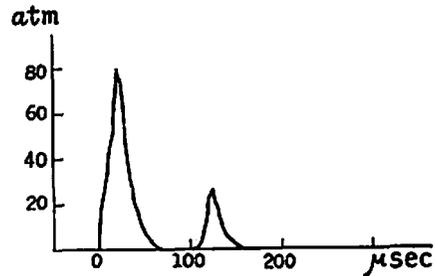


Fig. 7 Typical form of pressure wave obtained with piezoelectric method

測定の結果から、衝撃波の到達時間  $t$ 、ピーク圧力  $P$  および波のインパルス  $I = \int P dt$  の値を Table 4 および Table 5 にまとめた。Table 5 は本実験での HARD 素子によるものと、予備実験の結果とを含むが、予備実験での素子の形態は銅線または銅棒の先端に貼り付けたもので、形式的には HARD 素子に準ずるとみなした。

Table 5 からピーク圧力を scaled distance の関数としてプロットしてみると Fig. 8 のようになる。ピーク圧は波がいくつもあるときは、その中の最高圧をとつた。

試験体の入口を閉塞することによる効果は、この測定では明瞭に現われなかつた。それよりもむしろ測定値のばらつきの方が大きかつたようである。

**Table 4 Results of piezoelectric method  
(By SOFT-element)**

Test construction	No. of experiment	wt. of charge (kg)	Distance (cm)	First wave			Second wave		
				<i>P</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	<i>t</i> (ms)	<i>I</i> (kg·ms/cm <sup>2</sup> )	<i>P</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	<i>t</i> (ms)	<i>I</i> (kg·ms/cm <sup>2</sup> )
No. 1	8	6	200	8.5	1.080	?	10	1.150	?
	10	12	"	27	0.675	0.68	32	0.820	0.80
	* 11	12	"	53	0.825	0.80	very low	0.875	—
No. 3	* 12	1.2	100	7	0.550	0.14	5	0.610	0.05
	13	1.2	"	15	0.550	0.45	10	0.610	0.60
	* 14	0.6	"	4	0.700	0.20	—	—	—
	* 15	2	"	28	0.510	0.84	—	—	—
No. 4	3	0.5	50	11	0.600	0.22	6	0.725	0.30
	4	1	"	22.5	0.460	0.55	very low	0.575	—
	* 5	0.5	"	6	0.470	0.12	3.5	0.595	0.07

Note:

*t*: Delay time from the instance of explosion to the arrival of wave front.

*P*: Peak pressure in waves

*I*: Impulse

**Table 5 Results of piezoelectric method  
(By HARD-element)**

Test construction	No. of experiment	wt. of charge (kg)	Distance (cm)	First wave			Second wave			Third wave		
				<i>P</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	<i>t</i> (ms)	<i>I</i> (kg·ms/cm <sup>2</sup> )	<i>P</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	<i>t</i> (ms)	<i>I</i> (kg·ms/cm <sup>2</sup> )	<i>P</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	<i>t</i> (ms)	<i>I</i> (kg·ms/cm <sup>2</sup> )
No. 1	8	6	200	27	1.080	?	40	1.140	?	25	1.190	?
	10	12	"	19	0.675	0.75	43	0.750	2.00	35	0.820	0.62
	* 11	12	"	15	0.825	0.23	24	0.850	0.48	—	—	—
No. 3	* 12	1.2	100	51	0.550	1.40	36	0.700	0.81	—	—	—
	13	1.2	"	77	0.550	2.32	24	0.660	0.46	—	—	—
	* 14	0.6	"	28	0.700	1.12	9	0.830	0.18	—	—	—
	* 15	2	"	100	0.510	3.50	—	—	—	—	—	—
No. 2	5'	1.2	100	35	0.540	?	—	—	—	—	—	—
	6'	1.2	"	24	0.540	?	—	—	—	—	—	—
	* 7'	1.2	"	28	0.540	?	—	—	—	—	—	—
	8'	1.2	"	48	0.560	3.12	—	—	—	—	—	—
	10'	5	"	79	0.320	?	—	—	—	—	—	—
	11'	1.2	74	68	0.450	4.52	—	—	—	—	—	—

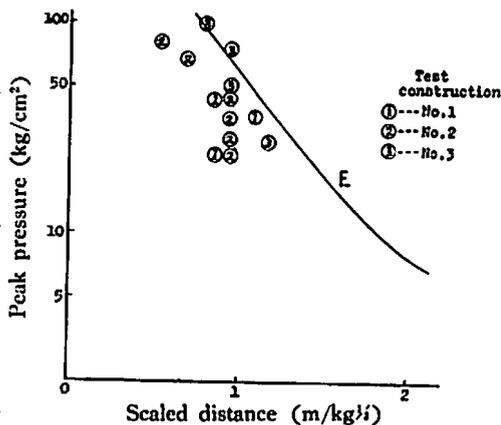


Fig. 8 Peak pressure versus scaled distance plotted from the results of piezoelectric method

(c) ストレンゲージ型指圧計

各試験体について指圧計 No. 1 (A点 に設置) と指圧計 No. 2 (B点 または C点 に設置) とによる測定結果をまとめると Table 6 および Table 7 のようになる。

測定で得られた圧力波形は Fig. 9 の如くいくつかの波よりなる。パルス幅  $W$  は波形を三角波と仮定し、面積が等しくなるような底辺の時間幅をとった。(第2波以後の値については精度はよくない)。

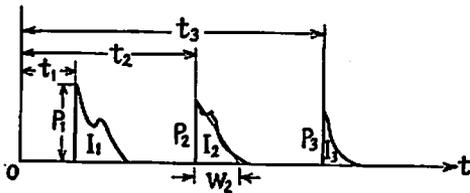
Table 6 および Table 7 の値からピーク圧および scaled impulse と scaled distance との関係のプロットすれば Fig. 10, Fig. 11 および Fig. 12 のようになる。図中の曲線 E はすべて前記と同様に Reference curve<sup>1)</sup> である。

Table 6 Results with strain gauge  
Measuring point : A

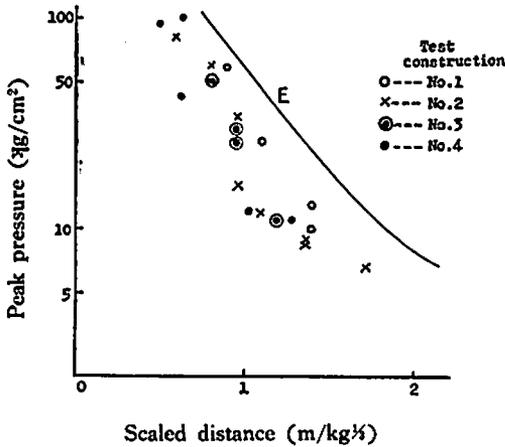
Test construction	No. of experiment	Weight of charge (kg)	Delay time (ms)			Peak pressure (kg/cm <sup>2</sup> )			Duration of pulse (ms)			Impulse (kg·ms/cm <sup>2</sup> )				Pickup
			$t_1$	$t_2$	$t_3$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$\sum \frac{I_i^2}{t_i}$	
No. 1	6	3	1.	—	—	10	15	—	1.1	—	—	8.25	—	—	—	MP/30
	7	3	1.4	5.4	—	12.5	10.8	0.5	1.7	—	3.3	9.2	—	—	12.5	"
	8	6	1.06	4.6	—	26	16.5	0.5	1.4	—	6.5	11.5	—	—	18.0	"
	9	6	1.06	4.2	—	(20)	21	0.6	1.5	—	6	15.7	—	—	21.7	"
	10	12	0.66	3.5	—	59	17	0.5	1.2	—	14.8	10.2	—	—	25.0	"
* 11	12	0.81	3.6	—	59	18	0.45	1.2	—	13.1	10.8	—	—	23.9	"	
No. 3	* 12	1.2	0.56	2.0	—	25.5	12	0.42	0.6	—	5.3	3.6	—	—	8.9	MP/100
	13	1.2	0.56	2.0	—	29.4	14	0.38	0.5	—	5.65	3.5	—	—	9.2	"
	* 14	0.6	0.70	2.4	—	11.0	5.5	0.70	0.6	—	3.86	1.65	—	—	5.5	"
	* 15	2	0.50	1.8	—	50.5	15	0.36	1.2	—	9.05	9.0	—	—	18.1	"
No. 4	1	0.06	0.39	1.7	3.2	11	4	3.7	0.165	0.02	0.06	0.91	0.04	0.11	1.06	MP/30
	2	0.12	0.38	1.4	2.7	12	12	9	0.155	0.03	0.015	0.93	0.17	0.06	1.16	"
	3	0.5	0.23	1.0	—	(42)	(25)	—	—	(0.02)	—	—	—	—	—	PE/300
	4	1	0.21	—	—	95.5	—	—	0.037	—	—	4.35	—	—	(4.35)	"
	* 5	0.5	0.22	0.9	—	104	(50)	—	0.030	—	—	4.15	—	—	(4.15)	"
No. 2	1'	0.2	0.9	—	—	6.5	—	—	0.48	—	—	1.55	—	—	—	MP/30
	2'	0.4	0.72	2.82	6.82	9.4	9	4	0.45	1.2	0.5	2.1	5.4	1.2	8.7	"
	3'	0.4	0.60	2.60	6.60	9.2	9	6	0.41	1.3	0.5	1.9	5.9	2	9.8	"
	4'	0.8	0.57	2.42	5.52	12.3	10	7	0.44	1.0	0.4	2.7	5	1.4	9.1	"
	5'	1.2	0.54	2.11	4.71	15.7	15	15	0.42	0.9	0.6	3.3	6.8	4.5	14.6	"
	6'	1.2	0.55	2.05	4.65	16	8	9	(0.4)	0.7	0.5	(3.2)	2.8	2.3	8.3	PE/300
	* 7'	1.2	0.56	2.16	4.76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	"
	* 8'	1.2	0.55	2.15	4.55	33.7	7	5	0.32	0.8	0.5	5.4	2.8	1.3	9.5	"
	9'	2.0	0.44	1.84	4.04	62.2	15	7	0.24	0.6	0.6	7.6	4.5	2.1	14.2	"
	10'	5.0	0.34	1.34	3.24	82.8	43	20	0.40	0.6	0.6	16.5	12.9	6.0	35.4	"
	11'	1.2	0.50	—	—	(43)	—	—	0.27	—	—	5.7	—	—	—	"

**Table 7 Results with strain gauge**  
Measuring point: B or C

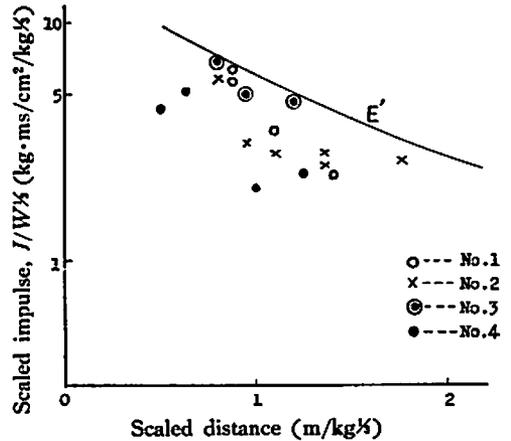
Test construction	No. of experiment	Measuring pt.	Weight of charge (kg)	Delay time (ms)	Peak pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Duration of pulse (ms)	Impulse (kg·ms/cm <sup>2</sup> )		Pickup
							$I_1, I_2, I_3, \dots$	$\sum I_i$	
No. 1	8	C	6	2.1 7.2	(14) —	0.8 0.6	(5.6)	—	PE/300
	9	B	6	2.16 7.6	28.5 (11)	0.54 0.6	7.65 3.3	11.0	"
	10	B	12	1.16 3.6 5.5 8.2 10.8	52.5 15.0 13 5.5 5.2	0.6 0.8 0.7 0.5 2.0	16.8 6.0 4.5 1.4 5.2	33.9	"
	* 11	B	12	1.16 3.6 5.645 8.0 10.8 16.5	15.5 11.5 10 7.5 9.5	1.09 1.0 1.0 0.9 1.0 1.0	19.1 7.7 8.5 4.5 3.8 4.8	48.4	"
No. 3	* 12	C	1.2	0.76 5.4	25.5 14.5	0.76 1.6	10.7 11.6	22.3	PE/300
	13	C	1.2	0.76 5.2	28.5 20	0.90 1.0	12.8 10.0	22.8	"
	* 14	B	0.6	(2.1) 2.9 5.4	(7.5) 41 25	0.85 0.9	17.4 11.2	28.6	"
	* 15	B	2.0	(1.48) 2.04 3.6 8.4	(17) 81 57 78	0.76 0.7 0.7	30.7 20 27.3	78	"



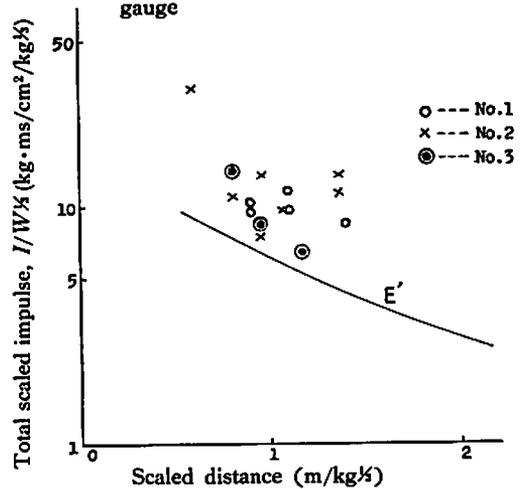
**Fig. 9 Typical form of pressure wave obtained with strain gauge**



**Fig. 10 Peak pressure versus scaled distance plotted from the results with strain gauge.**



**Fig. 11 Scaled impulse versus scaled distance plotted from the results with strain gauge**



**Fig. 12 Total scaled impulse versus scaled distance plotted from the results with strain gauge.**

#### 4. 考 察

##### (a) プラストメーター

Table 3 には爆風圧の平均値と最高値のみしか示していないが、各回の実験で同一測定位置においても受圧面の測定値の間に若干の差異がある。これは受圧板のふくらみが過大または過小のときは、圧力換算値の信頼性が低く、それぞれの受圧板の材質と厚みおよび受圧面積について適度な測定範囲が存在することにも帰せられようが、他方において、とくに密閉体中では、爆心からの直接の衝撃圧のみならず、種々の反射波の影響が考えられ、プラストメーターで測られる値は、これらの総合された効果を表わすものであり、受圧面位置のわずかの相違で実際に受ける総合効果に強弱があることも一因と思われる。しかし、全般的にみて、ほぼ同一位置におけるストレングージ型指圧計、ピエゾ素子などによる測定値と比較してみれば、妥当な圧力値であることが認められる。

密閉構造体の耐爆設計資料としては、各測定位置附近における最大荷重を考慮すべきであるから、一応各回の最大値に着目するのが無難であろう。

入口閉塞の効果を試験体 No. 1 および No. 3 についてみると、A点における爆風圧は開口の場合に比して明らかに高く現われているが、隅点のCにおいては開口の場合よりもかえって低くなっている。これはC点は開口部に近い隅点にとつたので、開口のときは爆轟ガス噴出の影響を強く受けたことによるものと考えられる。試験体 No. 4 では、閉口での実験の際に試験体の破損がはなはだしく、かつ閉塞体が飛散したので、同薬量で開口の場合よりもすべての点で低い圧力値を示している。

ピーク圧と scaled distance との関係図より同一距離における爆風圧を考察すると、A点方向とB点方向とでは大差がないが、C点方向ではA、B方向に比し高圧を示すことが認められる。従つて隅点に圧力が集中するようである。ただし試験体 No. 2 では、C点は正確な隅点ではなく、プラストメーターの受圧面も厳密に爆心に対向してないので、A点方向とC点方向との差異が明瞭でないのは当然である。

##### (b) ピエゾ素子

SOFT 素子と HARD 素子との測定結果に差異のあることは明らかで、HARD 素子での測定値は常に SOFT 素子の値よりも大きい。これは固定されたピエゾ素子では測定値が2倍になるということである程度説明される。しかし、この2倍という数字は理想的な弾性波に対するものであるから、この実験の衝撃波については、これがどの程度かわるものか明瞭でない。また HARD 素子は明らかにフランジの固有振動

の影響を受けるので、その意味でも SOFT 素子より不正確になる要素を持っている。従つて HARD 素子の測定結果を生かすとすれば、圧力測定値は1/2とすること、これによりインパルスの値も1/2とすることである。

Fig. 8 をみると、ピーク圧について Reference curve より若干低くなっているが、ほぼ同様な傾向にある。しかしインパルスについて同様に scaled distance との関係をプロットしてみると、インパルスについての Reference curve より非常に低い値を示す上に、あまり統一がとれてない。この傾向は SOFT 素子においてとくに著しい。これは固定されていない素子はインパルスのような比較的長い時間での測定には不適当ということを示すことになろう。素子を固定して、しかもすつきりした波形を与えるのは、ピエゾ素子を同じ断面の棒に貼り付ける方法である。実験 No. 11' で一度だけこの形態での測定を行ない、ほぼ妥当なインパルスの値を得ている。従つてよりよい測定結果を得るためには、ピエゾ素子の形態およびその取り付け方法についてさらに慎重な検討が必要である。

##### (c) ストレングージ型指圧計

この指圧計で問題になるのは、その出力波形が衝撃波の圧力波形を忠実に再現しているか否かということである。使用した指圧計は0~15kcの範囲では感度変化が1%以内ということになっているので、圧力校正は静圧でしかなされてないが、15kc程度までの現象は正確に観測できることになる。一方、ストレングージを貼付してある起歪筒の機械的な固有振動のため出力に振動が現われる。この固有振動数  $f_0$  はピックアップによつて異なるが、25~50kc程度である。爆薬との距離が近い場合は衝撃波のパルス巾がせまく、かつ立ち上がり時間も短かいため衝撃波波形は非常に高い周波数成分まで含み固有振動が強く励起される。この固有振動の影響を除くためには、できるだけ  $f_0$  が高く、かつ  $f_0$  での共振の小さいピックアップを選ぶか、または観測波形をフーリエ解析して高周波数成分をカットする方法があるが、実用した結果からは、大低の場合、指圧計アンプに高域遮断フィルター(遮断周波数  $< f_0$ )を入れ、観測波形に固有振動成分が入らぬようにする方法が最も妥当と認められた。試験体 No. 1 および No. 3 については、遮断周波数約15kcのフィルターを入れた測定を主として行なつた。

実際の測定には Fig. 13 のような RC の2段フィルター( $f_0 \sim 15$ kc)を指圧計アンプの中間段に組み込んだ。この回路では入力が段階状に入った場合の遅れは約10  $\mu$ sec であるので、圧力波形の時間巾が数

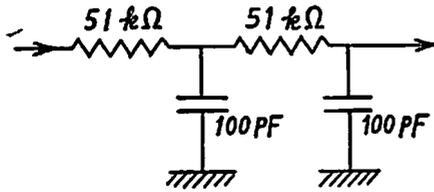


Fig. 13

100  $\mu$ sec もある場合には十分よく圧力に追従していると考えてよい。

次に得られた波形の絶対値の精度に着目すれば、静圧によるピックアップ校正の精度は1%程度であり、測定時に行なう指圧計アンプ内蔵の擬似 source によるシンクロスコープ縦軸の校正時の誤差は10%以内と考えられるので、アンプやシンクロスコープの増巾度の変動を考慮に入れても圧力に関しては10%程度の精度で測定されているものと思われる。時間軸の誤差は2~3%以下と考えてよい。衝撃波の第1波については遅延回路を用いてシンクロスコープの掃引速度

を速くしているので読取りの精度はよい。インパルスについては、第1波はやはり10%程度の精度と思われるが、第2、第3波の値はブラウン管上のスポットの太さその他から時間巾の読取り精度がわるく20%程度以上の誤差が考えられる。

なお、ピックアップの取付方法にも問題があり、取付用フランジがコンクリート壁に密接していないときは衝撃波によるフランジの振動のため非常に大きなノイズが入り、圧力波形と区別するのに困難を生じた。したがってフランジを堅固にコンクリート壁に接着固定することが必要である。

以上の諸点に注意すれば、ストレンゲージ型指圧計は爆風圧の測定に十分使用し得るものと考えられる。

#### 文 献

- 1) 工火協誌, 26, No. 6, p. 330 (1965)
- 2) 同 上, p. 352
- 3) 同 上, p. 332
- 4) A. J. Hoffman & S. N. Mills: U. S. Army Ballistics Research Lab. Rept. No. 988 (1956)

## Measurements of Blast Wave Pressure in Closed Constructions

by K. Okazaki, T. Yanagizawa, H. Sudo,  
S. Ōkubo, K. Tanaka and T. Iijima

In this paper, the results of experiments which were carried out on June 8~10 (preliminary experiment) and July 13~16, 1964 in the testing area of Sakanoichi Works, Asahi Chemical Industry Co., Ltd., Ōita-ken, Japan are reported.

The object of experiments is to obtain the necessary data for designing the explosion proof construction.

Configuration and dimension of four test constructions used in the experiments are given in Fig. 1 and Table 1. Each of them has a small entrance which can be closed with iron plate. The entrance was left opened or sometimes closed during the experiments.

A spherical charge of Ammonia gelatine (Shinkiri dynamite) was initiated in the center of a test construction, and measured the blast wave pressure with blastmeters, piezoelectric elements and straining gauges.

The results obtained are summarized in Table 3~7 and Fig. 3~12.

In most of these Figures, peak pressures determined at various points inside these constructions are plotted as a function of scaled distance  $R/W^{1/2}$ , where  $R$  is the distance between explosion center and measuring point and  $W$  is the weight of charge, and compared with Reference curve. Impulses of blast waves were also calculated and in some Figures they are plotted instead of peak pressure in a similar way as the above-mentioned.