



Table 1 Explosives supplied to experiments

	symbol	sp·gr	D. V.	Remarks
PBX	P	1.65	7810m/s	RDX/nylon = 95/5
Comp C-4	C-4	various	7165	type 70
Pentolite	P L	1.67	7325	TNT/PETN = 50/50
Emulsion Ex.	A	1.21	5400	manufacture by laboratory
"	B	1.07	5125	B maker
"	C	1.07	4950	C maker
Slurry Ex.	D	1.24	4375	Super Energel
"	E	1.15	4930	E maker
Carlit (No5)	F	various	3800	F maker
LVD explosive	L-1	0.84	1345	powder explosive composited
{	{	{	{	AN
"	L-5	0.99	2200	"
Comp C-4-G	4-G	1.43	5065	type 70 + Glass
2 Enoki Dy.	2-E	1.50	2520	B maker

D.V. : at 20°C in VP-30

Table 2 Parameters of witness pipe

symbols	formal name	JIS No.	schedule	remarks
STPG 42	Carbon steel pipes for pressure service	G 3454	80	for commercial Explosives
STS 42	Carbon steel pipes for high pressure service	G 3455	160	for high Explosives

Table 3 Combination of experiments

Gap material	material	STPG 42 schedule 80	STS 42 schedule 160
	thickness (mm)	thickness 4.5t	thickness 6.4t
PMMA	0	Experiment No. 1	Experiment No. 5
	5	" 4	" 6
	10	" 7	—
	15	" 9	—
	20	" 10	—
Air	2	" 2	—
	6	" 3	Experiment No. 8

STPG 42 : Carbon steel pipes for pressure service (OD=34.0 ID=25.0)

STS 42 : Carbon steel pipes for high pressure service (OD=34.0 ID=21.2)

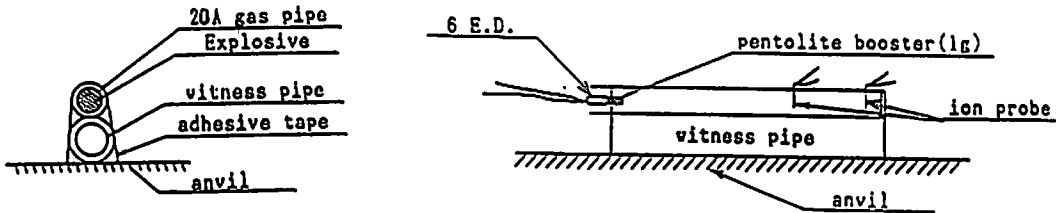


Fig. 1 Schematic of experiments for double pipe

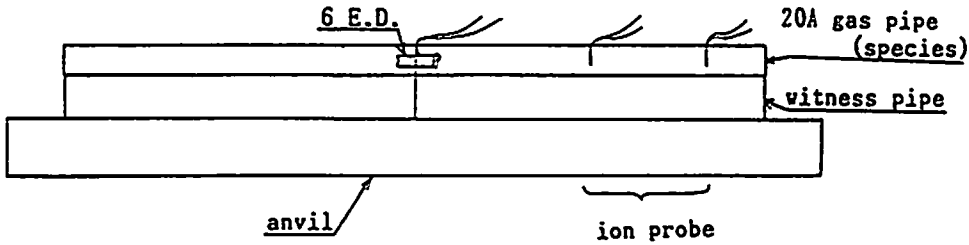


Fig. 2 Schematic of experiments for steady detonating test

い衝撃力で起爆した場合、爆轟状態がどの様になるかを調べるものである。本試験は産業爆薬について実施したもので、判定用パイプとしてはSTPG42を用いた。また、弱い衝撃による場合の爆速も同時に計測した。Fig. 2において左側半分が正起爆、右半方を逆起爆試験とした。

### 2.2.3 デントテスト

爆轟圧力の1つの推定法として、デントテスト法がある。これは、衝撃波の伝播方向の衝撃圧力を判定ブロックで受け、生じた判定ブロック上の凹(デント)量から爆轟圧力を推定する方法である。我々は、デント量のみでは爆轟圧力を判定し難いため、アルミニウムブロック表面に生じた凹の全情報からその爆薬の爆轟圧力を推定することを試みた。すなわち、デント量・

デント径およびデント周囲の盛り上がりの3項目を測定し、爆轟圧力の推定に用いた。

デントテストの模式図をFig. 3に示す。判定用アルミニウムブロックは(A $\ell$  2017 BE-0)120 $\phi$ ×60mmのもので、試験条件をそろえるために、ロックウェル硬度計(スケールB)により硬さの一樣なものを選んだ。その硬度の平均値は70.0 $\pm$ 2.0である。このデントテストでは、爆薬の填薬比重を変化し得るものについては変え、それぞれの特性も調べた。試料は全て硬質塩ビ管VP30×150mm $\phi$ に装填し、図の様にアルミニウムニウムブロックから80mm及びアルミニウムブロック表面上に、イオンプローブを挿入し爆速を測定した。

### 2.3 計測方法

#### 2.3.1 ダブルパイプの変形量

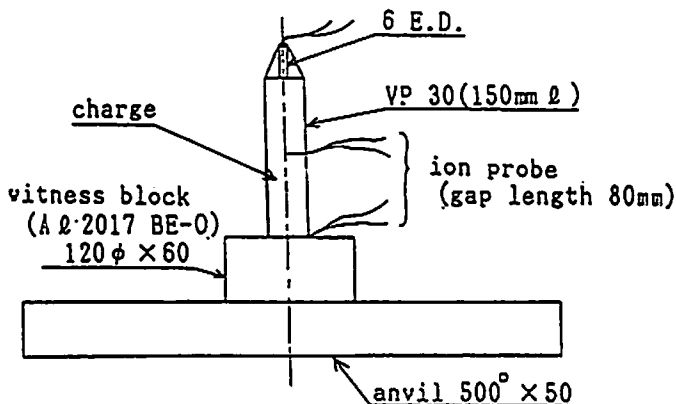
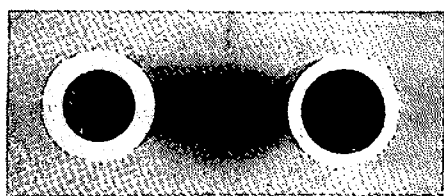


Fig. 3 Schematic of Al dent test



after deformation

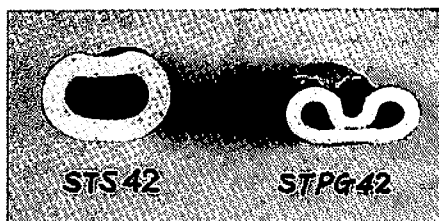
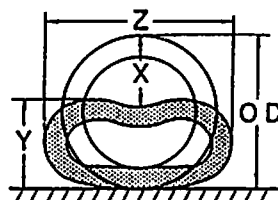


Photo 1 Shape of witness pipes before & after detonation



- X : deformation mm
- $\gamma$  : compressibility  $(= \frac{X}{OD})$
- Y : vertical deformation mm
- $\rho$  : curvature  $(= \frac{Y}{OD})$
- Z : elongation mm
- $\omega$  : elongation ratio  $(= \frac{Z}{OD})$
- $\Delta$  : area ratio

$$\Delta = \frac{\text{closed pipe area after deformation}}{\text{inner pipe area}}$$

Fig. 4 Measuring positions of witness pipe

Table 4 Results of double pipe test

No	gap material & length	witness pipe	X mm	$\gamma$ %	Y mm	$\rho$ %	Z mm	$\omega$	area ratio $\Delta$ estimated pressure
1	— 0mm	STPG schedule 80	30.0	88.2	17.6	51.8	38.0	1.12	0.113 202.0 kbar
4	PMMA 5	"	29.0	85.3	19.7	57.9	33.8	0.99	0.226 49.6 "
7	" 10	"	29.8	87.6	18.6	54.7	38.3	1.13	0.226 40.9
9	" 15	"	27.2	80.0	17.3	50.9	40.2	1.18	0.323 33.1 "
10	" 20	"	15.8	46.5	20.4	60.0	41.6	1.22	0.677 27.0 "
2	air 2	"	29.5	86.8	18.4	54.1	36.7	1.08	0.129 50~200kbar
3	" 6	"	29.8	87.6	18.3	53.8	38.7	1.14	more than 50kbar
5	— 0	STS schedule 160	24.2	71.1	19.4	57.1	38.7	1.14	0.031 202.0 kbar
6	PMMA 5	"	12.2	35.9	24.7	72.6	38.2	1.12	0.708 49.6 "
8	air 6	"	19.5	57.4	21.8	64.1	40.7	1.20	more than 50kbar

C. M. Lowndsらによれば<sup>6)</sup> 試料管の判定パイプ側の破片(ストリップ)も計測の対象になっているが、本

実験では試料管が肉厚の薄いパイプであるため、ほとんど回収できないので対象外とした。判定用パイプの

Table 5 Parameters of standard explosives

Explosive	Cartridge length (mm)	D. V (m/s)	charge density	theoretical density
C-4-G	50	5050		
"	150	5925	1.43	1.92
"	250	4220	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )
C-4	50	7245		
"	50	7140	1.44	1.67
"	150	7080	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )
"	250	7195		

変形形状は参考例として photo 1 に示した。計測部位は Fig. 4 の様に X, Y, Z 及び面積比 Δ を求め、その結果を Table 4 に示した。このデータから言えることは面積比 Δ と爆轟圧力との間で相関係数が 0.981686 と最も高くなる。従って面積比 Δ による爆轟圧力を推定できることがわかった。以後の実験では、伝爆安定性を中心に調べるため判定パイプの端から 10mm きざみで変形量 (X 値) を測定した。Table 4 は、ダブルパイプテストの基礎実験として実施したもので、供試爆薬は CompC-4 及び CompC-4 に黒土を混ぜたもの (CompC-4-G) の 2 種であり、その諸元は Table 5 に示した。

Photo 2 は、STS42 の PMMA ギャップによる衝撃圧減衰後のダブルパイプ変形状態を示す。

### 2.3.2 デントテスト計測法

計測するアルミニウムブロック表面の各部位を Fig. 5 の様にケガキ、各位置での変形を求めそれぞれの変形量を算出した。デント径はノギスを用い、デント量と盛り上りはダイヤルゲージを用いて計測した。デント量のみ最大値で示し、他は平均値である。

Photo 3 は、デントテスト後のアルミニウムブロック

の切断図である。ペントライトの場合は表面剥離を起こしている。

## 3. 結果

### 3.1 デントテストと衝撃圧の関係

Fig. 6 にアルミニウムデントテストによる爆轟圧力とデント量との関係を示す。ここで用いたデント量はアルミニウム表面に生じた凹量のみである。凹量のみでも爆轟圧とは良い相関関係が認められる。

また、Fig. 7 は PMMA を減衰板に用いた際の衝撃圧の減衰曲線を示す。従って、本図を用いることによりダブルパイプテストに PMMA を来んで衝撃圧を制御し制御された衝撃圧によって生じた判定パイプ上の各情報から供試爆薬の爆轟特性を把握しようというのが本実験の最終目的である。本報では緒言でも述べた様にダブルパイプテストの変形量と爆轟圧力の関係に

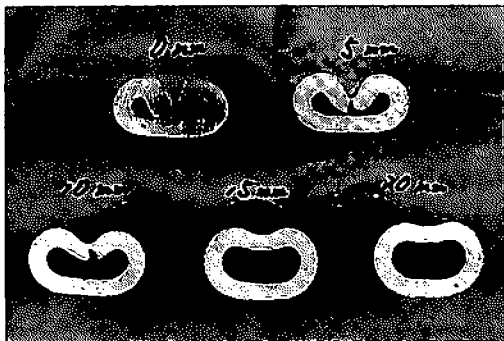


Photo 2 Shape of witness pipes suffered shock that was reduced by PMMA (0, 5, 10, 15, 20mm thickness)

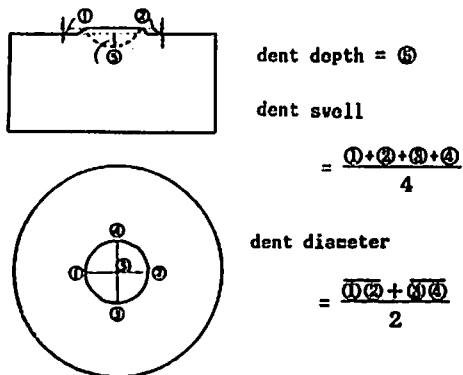
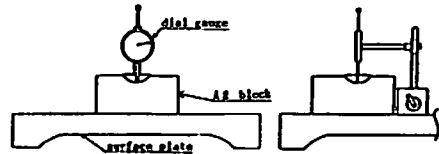


Fig. 5 Measuring apparatus & its measurements for A1 dent test

Table 6 Results of measurements

Al No.	symbols charge	sp. gr.	D. V.	dent	ratio D	swell	calc. p	esti. P	error
		$\rho$	$V$	$A$	$D$	$M$	$P$	$P$	
		g/cc	m/sec	mm	mm/30	mm	Kbar	Kbar	%
27	COMP C-4	1.44	7405	10.38	1.843	2.27	197.40	188.80	-4.36
14	"	1.48	7340	10.44	1.855	2.24	199.34	190.65	-4.36
35	"	1.48	7340	11.46	1.888	2.15	199.34	204.05	2.36
29	"	1.46	7270	10.44	1.857	2.23	192.91	190.65	-1.17
46	"	1.45	7270	10.91	1.863	2.28	191.59	198.05	3.37
75	"	1.44	7210	9.98	1.787	2.18	187.14	172.26	-7.95
39	"	1.25	6775	8.23	1.783	1.91	143.44	147.42	2.77
40	"	1.23	6775	8.37	1.775	1.69	141.14	141.24	0.07
42	"	1.26	6775	8.47	1.760	2.15	144.59	152.52	5.49
41	"	1.24	-	8.12	1.688	2.14	-	137.96	-
33	Explo, D	1.21	4375	5.24	1.518	1.00	57.90	66.64	15.09
28	"	1.21	4370	4.37	1.533	1.00	57.77	61.04	5.66
10	"	1.26	4325	4.95	1.502	0.78	58.92	57.32	-2.72
31	"	1.27	4325	5.17	1.523	0.96	59.39	65.54	10.35
9	"	1.27	4280	4.88	1.455	0.60	58.16	48.11	-17.28
11	"	1.28	4280	4.96	1.495	0.67	58.62	53.61	-8.55
8	"	1.21	4190	5.19	1.483	0.49	53.11	47.93	-9.74
32	Explo, E	1.15	5000	5.84	1.540	1.12	71.88	76.18	6.00
55	"	1.15	4935	5.56	1.517	1.12	70.02	71.90	2.69
56	"	1.15	4935	5.30	1.527	1.11	70.02	70.57	0.79
57	"	1.20	4935	5.63	1.533	1.14	73.06	74.46	1.91
13	"	1.14	4850	5.60	1.522	1.02	67.04	70.14	4.62
12	"	1.17	-	5.61	1.548	1.03	-	72.87	-
58	"	1.17	-	5.67	1.520	0.96	-	68.90	-
43	Explo, A	1.24	5630	6.89	1.583	1.55	98.26	99.53	1.29
44	"	1.24	5630	7.00	1.583	1.43	98.26	97.51	-0.77
45	"	1.25	5630	6.87	1.590	1.48	99.05	98.47	-0.59
64	"	1.19	5515	6.47	1.560	1.13	90.49	83.00	-8.15
66	"	1.18	5515	6.57	1.583	1.32	89.72	91.33	1.79
65	"	1.18	5440	6.28	1.560	1.14	87.30	81.97	-6.11
15	Explo, A	1.20	5520	6.65	1.597	1.44	91.41	96.46	5.52
73	"	1.21	5480	6.65	1.583	1.22	90.84	89.33	-1.67
78	"	1.20	5480	6.68	1.603	1.40	90.09	96.46	7.06
61	"	1.20	5370	6.41	1.593	1.17	86.51	87.16	0.75

63	Explo. A	1.18	5330	6.38	1.600	1.12	83.81	86.20	2.86
67	"	1.19	5330	6.44	1.610	1.32	84.52	93.17	10.24
77	"	1.20	—	6.59	1.577	1.27	—	89.48	—
59	Explo. C	1.07	5030	5.44	1.540	1.24	67.68	75.96	12.24
76	"	1.06	5000	5.60	1.550	1.11	66.25	75.03	13.25
34	"	1.08	4970	5.56	1.538	1.13	66.69	74.14	11.16
16	"	1.07	4910	5.56	1.537	1.09	64.49	72.98	13.17
70	"	1.07	4905	5.69	1.523	0.99	64.36	70.15	8.99
72	"	1.07	4905	5.64	1.507	0.87	64.36	65.03	1.05
69	"	1.06	—	5.48	1.557	1.29	—	79.03	—
50	Explo. B	1.07	5300	5.20	1.497	0.97	75.14	63.79	-15.11
60	"	1.19	5515	5.14	1.480	0.89	90.49	59.96	-33.74
71	"	1.05	5030	5.38	1.493	0.96	66.41	64.55	-2.81
23	"	1.07	5000	5.12	1.477	1.01	66.88	62.53	-6.50
68	"	1.06	4970	5.18	1.483	0.86	65.46	59.71	-8.79
62	"	1.06	4940	5.16	1.517	1.09	64.67	68.12	5.34
22	"	1.07	—	5.04	1.487	1.05	—	63.71	—
74	"	1.05	—	4.98	1.463	0.73	—	53.25	—
24	Explo. F	1.23	3920	5.57	1.540	0.98	47.25	43.88	-7.14
17	"	1.28	3885	5.61	1.543	0.98	48.30	44.07	-8.75
49	"	1.23	3810	5.81	1.527	0.86	44.64	43.07	-3.52
47	"	1.10	3790	4.89	1.493	0.85	39.50	40.42	2.34
25	"	1.13	3775	5.17	1.520	0.82	40.26	41.73	3.66
26	"	1.07	3720	4.42	1.470	0.82	37.02	38.65	4.42
36	"	1.10	3720	4.12	1.508	0.57	38.06	38.17	0.29
48	"	1.23	—	5.60	1.543	1.05	—	44.37	—
51	"	1.28	—	5.70	1.553	0.95	—	44.46	—
52	"	1.32	—	5.51	1.523	1.19	—	43.98	—
20	Explo. 2-E	1.50	2590	1.30	1.265	0.09	25.16	18.44	-26.71
21	"	1.51	2525	1.64	1.350	0.11	24.07	22.30	-7.34
19	"	1.51	2500	0.98	1.258	0.06	23.59	29.27	24.07
37	"	1.49	2425	1.28	1.285	0.07	21.91	29.71	35.65
18	"	1.52	—	0.97	1.267	0.06	—	29.62	—
53	ANFO	0.84	1790	0.58	1.100	0.05	6.73	9.66	43.63
30	"	0.86	1445	0.56	1.167	0.05	4.49	10.60	136.16
54	"	0.86	1395	0.20	1.167	0.05	4.18	9.61	129.73
38	"	0.87	1340	0.59	1.133	0.07	3.91	10.86	178.16

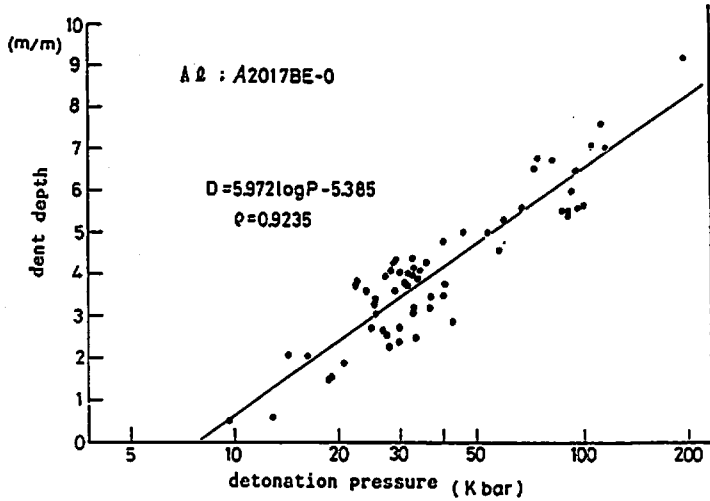


Fig. 6 Detonation pressure vs dent depth

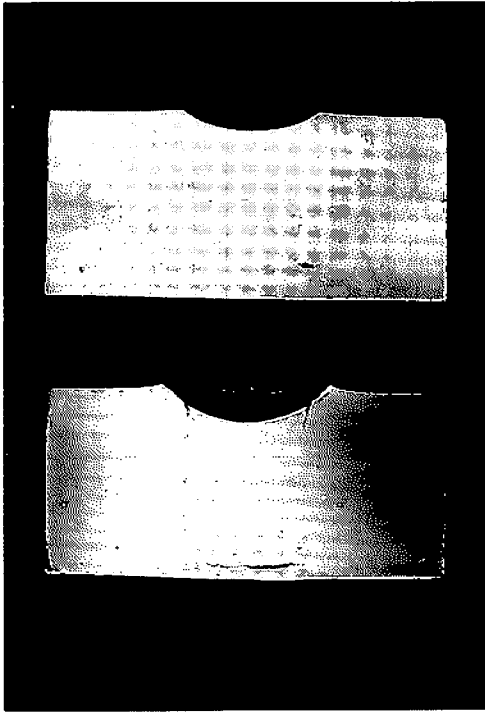


Photo 3 Shape of Al witness block (top is by Emulsion Ex, bottom by Pentolite)

については触れない。本実験では基準爆薬として加工性の良い可塑性爆薬 Comp C-4 (70型) を用いた。

### 3.2 アルミデントと推定爆轟圧との関係

Table .6は2.2.3節で述べた試験によって得られた各種爆薬の計測データである。

表中で第1コラムから第10コラムまでを簡単に説明

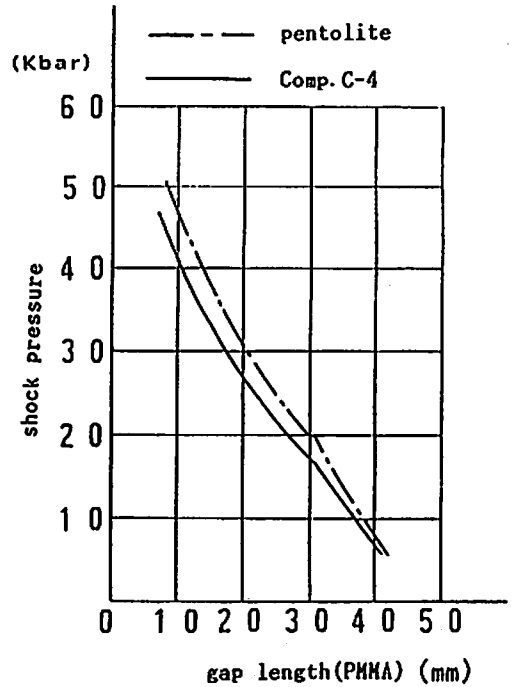


Fig. 7 Gap length vs shock pressure

すると、第1コラムは使用したアルミニウムブロックの番号、第2コラムは薬種、以下順に爆薬の填薬比重( $\rho$ )、計測した爆速( $V$ )、デントの最大凹盤( $A$ )、平均デント径比( $D$ )、デントによる盛り上り( $M$ )、デントの全情報から推定した爆轟圧( $P$ )、 $P = \rho V^2/4$ から算出した爆轟圧( $P$ )、そして、得られた推定爆轟圧と計算爆轟圧との誤差( $\frac{P-P}{P} \times 100$ )%である。ここで、デントの全情報から推定した爆轟圧 $P$ は(1)式から求め



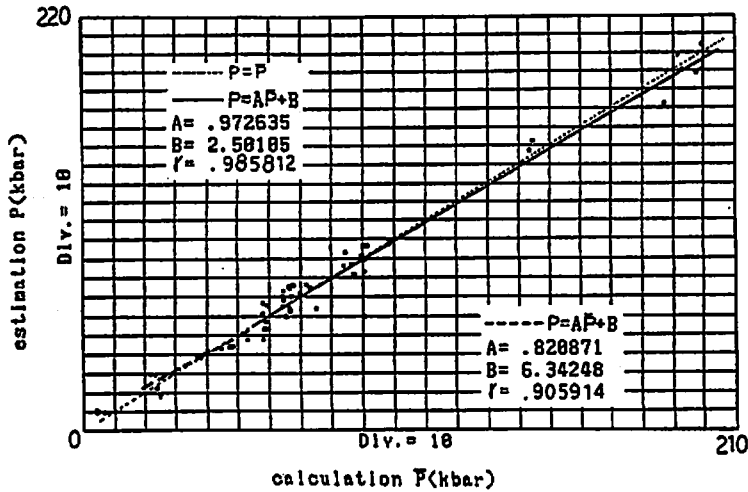


Fig. 8 Calc. pressure vs estimation pressure

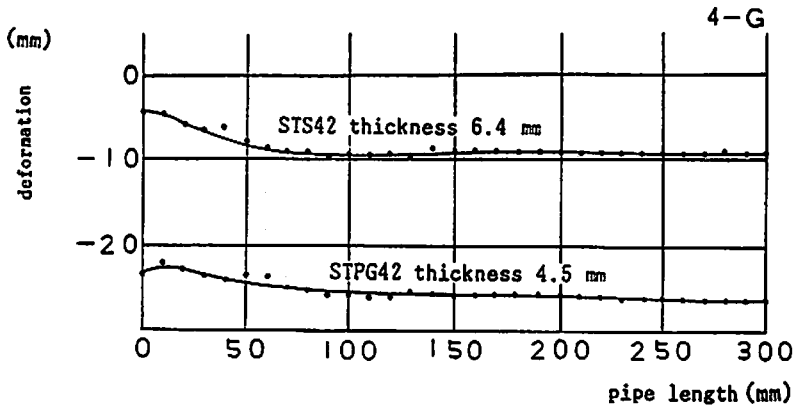


Fig. 9 Results of double pipe test for Comp 4-G

られる。すなわち、上記の填薬比重 $\rho$ 、デントの最大凹量 $A$ 、平均デント径比 $D$ 、およびデントによる盛り $M$ からなるそれぞれ4組のデータを最小自乗法による近似したものである。

$$P = 15.76 \cdot A^{0.52} \cdot D^{1.71} \cdot M^{0.34} - 9.12 \dots\dots\dots(1)$$

$$P = 26.42 \cdot A^{0.14} \cdot D^{1.15} \cdot M^{0.03} - 11.04 \dots\dots\dots(2)$$

ここで、

$P$  ; 推定爆轟圧 (Kbar)     $A$  ; デント量 (mm)

$D$  ; デント径/30     $M$  ; 盛り (mm)

である。推定式が二式あるが、これは(1)式のみで全ての産業用爆薬の爆轟圧力を推定するとダイナマイト、カーリットの様な比較的静的効果の大なる爆薬では誤差が大きくなる。そこで、比較的静的効果の大なる爆薬、ここではダイナマイトおよびカーリットに対しては(2)式で推定することとした。

通常、簡易に爆薬の爆轟圧力を見積る式  $P = \rho V^2/4$

と上述のデントテストの測定値から推定した爆轟圧力  $P$  との間の相関性は Fig. 8 に示した。

(1)式の相関係数は0.985812であり、一方(2)式の相関係数は0.905914である。(2)式の相関係数が低いのは2号楯ダイナマイトが定常爆轟に至っていないためと考えられ、Table 6の誤差も大きくしかもばらついている。一方、ANFO爆薬も定常爆轟していない。これはアルミニウムブロック表面のデントを見ると僅かに凹んでいるがブリル硝安の粒径と見られる痕跡が残っており、途中で爆轟中断したことを示している。したがってANFO爆薬の爆轟圧は推定できないがあえて得られたデントテストの全情報から推定した。Fig. 8中の点線は  $P=P$  の直線である。

### 3.3 伝爆安定性試験結果

2.2.2で記した測定法により、判定用パイプに生じた変形量 ( $X$  値) を計測した伝爆安定性を判断した。

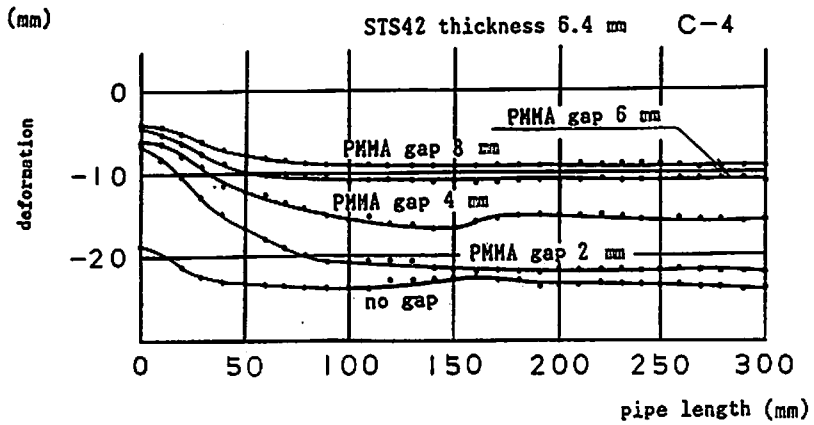


Fig. 10 Results of double pipe test for Comp C-4

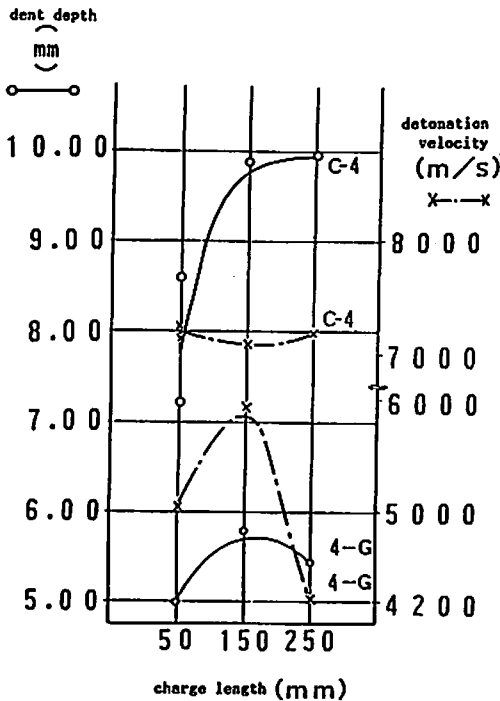


Fig. 11 Dent depth vs charge length

爆薬が定常爆轟にいたれば、その試験条件で最高の性能を発揮するから当然爆轟圧力も最大値になり、伝爆安定性も良好のはずである。この条件で試験結果を判断すれば、定常爆轟に至るまで変形量(X値)は漸次増大し定常爆轟に至った時点で、その変形量(X値)は最大のまま一定となる。この関係をプロットした例が Fig.9である。これは、Table 1における薬種 4-G であり性能的には、産業用爆薬と同程度のものである。この結果から、定常爆轟にいたるまで約80mmかかり爆轟安定性も余り長くない、判定用パイプの変形量(X

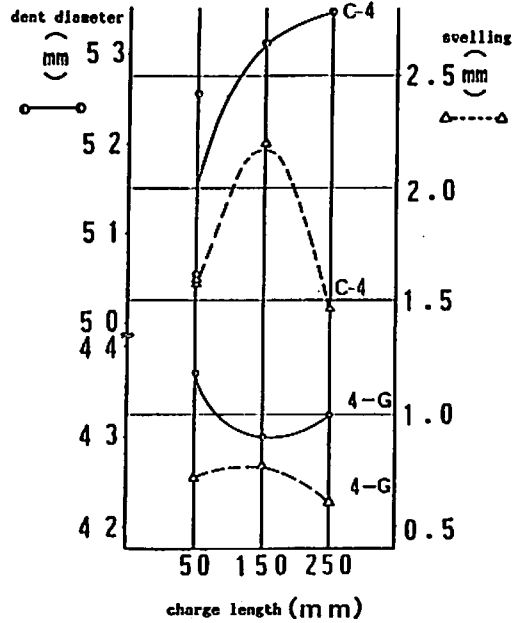


Fig. 12 Dent diameter vs charge length

値)も波打ち振動してすることが知り得る。

Fig.10は、PMMAにより爆薬種C-4の衝撃圧力を減衰したものの結果であり、判定用パイプは厚肉のSTSを用いている。結果的に、PMMAにより一部図7の様な爆轟圧の減衰効果が認められ、ダブルパイプの変形(ここでは変形量(X値))に反映されている。この関係の詳細な実験は、続報で報告する予定である。また、Fig.11,12は、爆薬種C-4と4-Gの2種について、薬長を変えた爆速とデントテストの結果である。C-4は約50mmより定常爆轟に至るが、4-Gの方はそれより遅く約80mmより定常になり、しかも伝爆

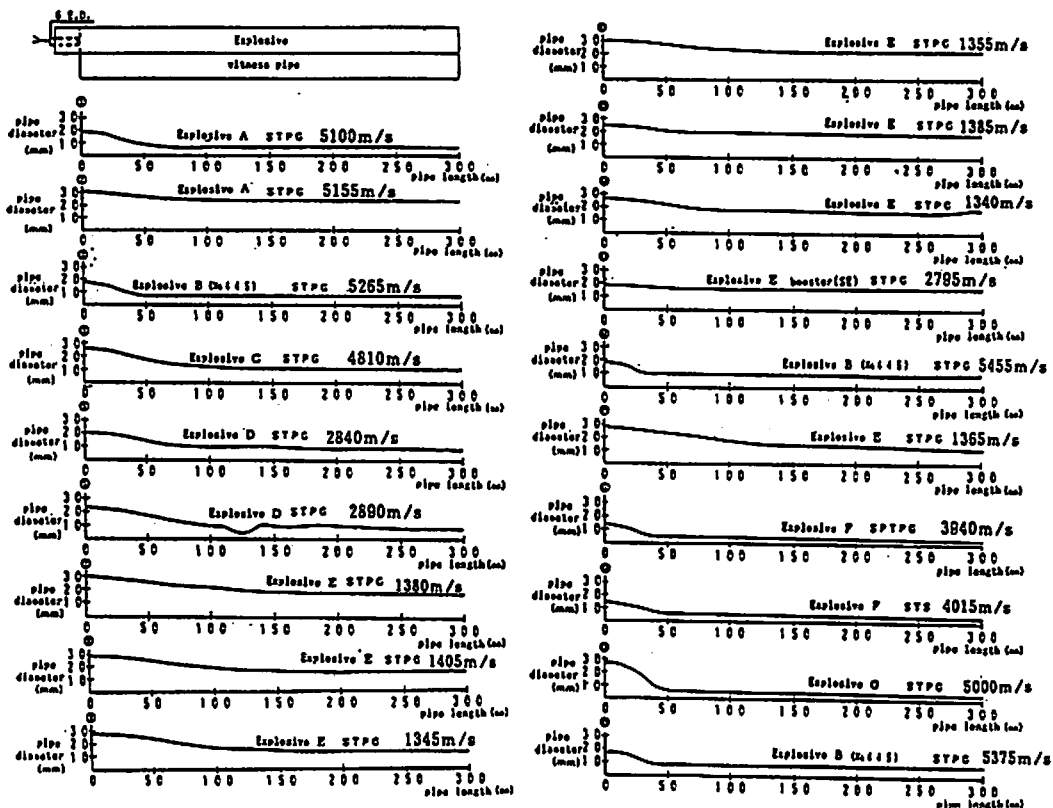


Fig. 13 Results of deformation (X) induced by detonation on each point of witness pipe (by normal initiation)

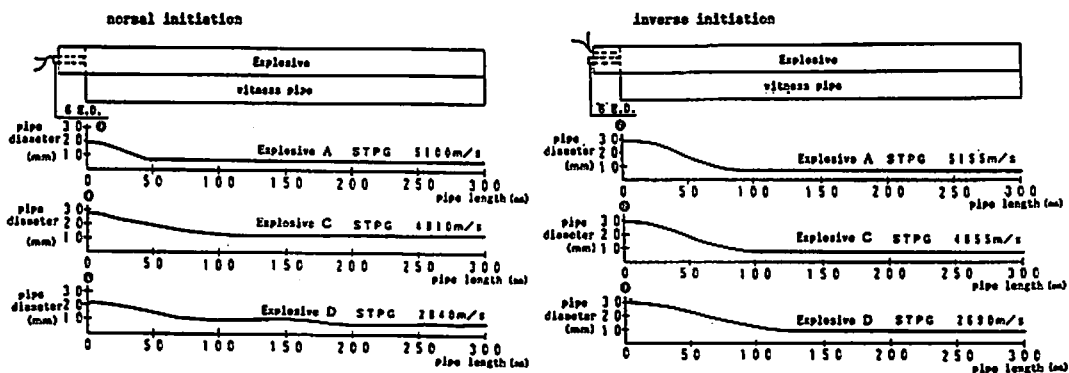


Fig. 14 Results of deformation (X) induced by detonation on each point of witness pipe (by inverse initiation)

安定性が悪い場合、薬長250mmのデータが小さくなっているものと考えられる。計測値諸元はTable 5に既に記した。

以下Fig.13は、正起爆法による各種産業用爆薬のダブルパイプテスト結果であり、使用した判定用パイプ、供試爆薬、得られた変形量(X値)値である。なお、その時の爆速を付記した。

Fig.14は、正・逆起爆法による同様のデータであり、Fig.15は、中起爆によるデータである。Fig.13で爆薬種2EおよびL-1は、爆轟安定性が非常に悪い、その他については爆轟安定性は良好といえる。また、産業爆薬の中で定常爆轟に至るまでの薬長は爆薬種Aが最も短く、爆薬種L-1が最も長い。また、L-1でも起爆力をもっと上げれば安定した爆轟が得られ爆

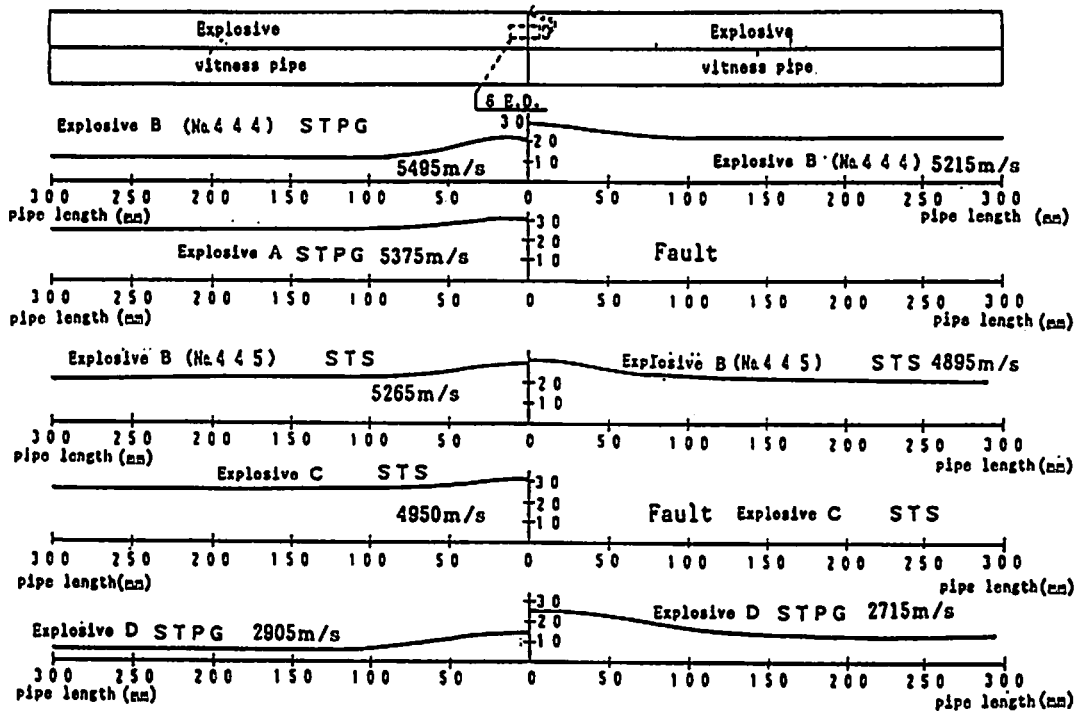


Fig. 15 Results of deformation (X) induced by detonation on each point of witness pipe (by intermediate initiation)

速も高くなる。

Fig. 14は、産業用爆薬である含水爆薬の正起爆・逆起爆の差による爆轟安定性および定常爆轟に至るまでの薬長を求めるために行なった実験である。結果は、正起爆の方が早く定常爆轟に至るが、爆速には大きな影響がないと言える。

Fig. 14は、中起爆法によるもので両端に同一爆薬種を装填し、その中間に6号電気雷管1本を挿入して起爆した。爆薬種BとCでは逆起爆の方で不爆となったがこれは、BおよびCが製造後2年近く経過しているために経時変化を受け、弱い起爆力では爆発しなくなったものと考えられる。

#### 4. 結論

以上の結果から次の結論を得た。

- 1) アルミニウムデントテストは産業用爆薬の爆轟圧力を推定することができ、その推定式は含水爆薬等では、

$$P = 15.76 \cdot A^{0.52} \cdot D^{1.71} \cdot M^{0.34} - 9.12$$

一方、ダイナマイトおよびカーリット等の比較的静的効果の大なる爆薬では

$$P = 26.42 \cdot A^{0.14} \cdot D^{1.15} \cdot M^{0.08} - 11.04$$

である。ここでPは推定爆轟圧力(Kbar)、Aはデント量(mm)、Dは(デント径/30)、Mは盛上り

(mm)である。

- 2) ダブルパイプテストの変形量の中では、面積比(Fig. 5のΔ値)が衝撃圧力と最も良い相関がある。
- 3) 爆轟安定性試験としてのダブルパイプテストは、爆薬の爆轟現象を的確にとらえており、簡易な試験法として一般化し得る。
- 4) 正・逆・中間起爆方法による、爆薬の爆轟反応の定常性が容易に比較できる。
- 5) 爆薬の雷管起爆による爆轟安定までの距離(即ち立上り長)が、産業用爆薬種ごとに相対比較できる。
- 6) 産業用爆薬の立上り長は、エマルジョン爆薬、カーリットが最も早く、2号極ダイナマイトは遅い。低爆速爆薬は組成により様々であるが、立上りの早いものも試製可能である。
- 7) ダブルパイプテストにおいて、衝撃圧力と判定パイプに受ける変形量とは相関が認められ、衝撃圧力をPMMAにより減衰するとそれに応じて判定用パイプに受ける変形量も変わる。

#### 文 献

- 1) L.C.Smith, Explosivstoffe Nr.5 P106 (1967)
- 2) L.C.Smith, Explosivstoffe Nr.6 P130 (1967)
- 3) M.A.Cook et al, "Measurements of Shock

and Detonation Pressures" AD258201

- 4) 松本 栄, 田中雅夫, 吉田 正, 工業火薬, 37, 4, 173(1976)
- 5) C.M.Lownds et al, "The Double Pipe Test for Commercial Explosives I. Description and Results" Propellants, Explosives, Pyrotechnics 9,

p.188 (1984)

- 6) C.M.Lownds et al, "The Double Pipe Test for Commercial Explosives. II. Numerical Modelling and Interpretation" Propellants, Explosives, Pyrotechnics 10, p5 (1985)

---

## Characteristic Estimation Method for Industrial Explosives by Using Double Pipe Test (1)

Ryoichi BANNO\* Michio KOBAYASHI\*\*  
Toshihiro OKITSU\*\* Masayuki KAWAHORI\*\*

In the estimation method for power of explosives, so far there has been the measurements by KAST or HESS brisance test.

These produce the informations with respect to shock pressure, but not to detonation conditions.

We, therefore, have used the double pipe test for one estimation method of the explosive power.

This method produces informations that can estimate detonation pressure from traces of explosion suffered on the witness pipe, and it whether steady state detonation or not.

As a result, we believe that this method can estimate the brisance of industrial explosives.

However, we have continued to review relationship between detonation pressure and deformation and hoped to find the corelation detonation pressure to deformation on the witness pipe.

(\*Consulting section of Civil Engineering Department of Taisei Corporation.

\*\*Research & Development Department of Shirakawa plant, Nippon Koki Co., Ltd.)