

爆薬猛度の実験的研究

第Ⅷ報 爆薬による空気及び粉体の衝撃波速度

(昭和30年3月18日受理)

桜井 武 尙

(日本油脂式豊工場)

I. 緒 言

先に、種々の固体内の衝撃波速度を測定したが、これと全く同一の方法で空気及び粉体内の衝撃波速度を測定した。空気と固体粒子から成る粉体内の衝撃波速度がその構成物単一の場合に比べ、どの様に変化するかは興味ある問題である。

この実験により、空気及び固体内の衝撃波速度はかなり高速であるが、それらを混合して含む粉体は、一般にこのどちらよりも低速であつて、単一の気体、固体と異なる伝播性を示す事が明らかにされた。

II. 実験方法

測定手段は前段と同一で爆薬は径40mm、ボール紙被覆のT.N.T. ($d=0.95g/cc$)300gである。

各種粉体は、径38mm鉛柱にボール紙を巻いて小室をもうけ、その中に装填する。

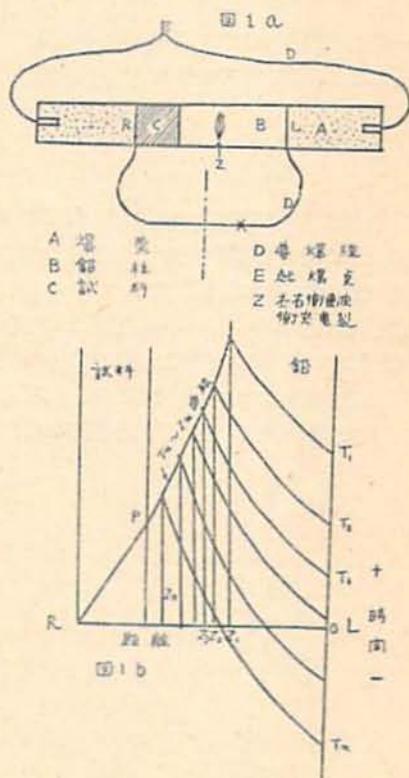
実験に供した材料は、空気、綿、木粉、粘土(第Ⅶ報の粘土を乾燥粉碎したもの)、食塩、硝石、硝安、硝安ダイナマイトの8種である。

今、上記の様に作られた、一端に測定試料を有する鉛柱の両端から、同一種の爆薬で種々の時間差 T で衝撃する。この時、或る適当な範囲の T では、図1aの方法図の左の試料を通過した衝撃波は右側の鉛柱に入射し、右から進行する鉛内の衝撃波とある点 Z で衝突する。こうして一連の T に対応する Z を求めておく。 T は左を基準としてマイクロ秒のオーダーで求められ、 Z は鉛柱のある基準の位置(例えば、試料と鉛の境界)から計測された左右の衝撃波の衝突位置を示す。これは爆発後鉛柱を縦に切断して求める。従つて、これを波の時間-距離曲線に示すと図1bの如く、右縦軸(時間)上の各 T と、それに

一方各 T から出発すべき鉛内の衝撃波の時間-距

離曲線は既知であるので、それを T から引き、各々の T に対応する Z 垂線との交点を求める。このようにして求めた一連の交点を結べば、図1bの $T_n \sim Z_n$ 線となる。この線は、本質的に左から試料を通過して、鉛柱内に入射した波の時間距離曲線である。従つてこの曲線を、試料と鉛との境界に外挿し、その点 P と原点の傾きから、求める試料内の衝撃波の速度を知る。

T の測定は、各爆薬の末端に、両端が挿入された導爆線を用いてDautricheの方法に準じて行つてもよく、又、電氣的に求めてもよい。



3.84	50	- 2.36	26
- 5.61	38	(23) 粘 土	
-19.5	20	a 30 b 110	
(20) 粘土粉末		H 10	Δ 1.83
a 30 b 110		T	Z
Δ 0.81		- 2.36	32
T	Z	-10.3	17
13.9	43	-21.2	N
- 1.18	25	(24) 粘 土	
- 8.90	15	a 30 b 110	
(21) 粘土粉末		H 20	Δ 1.91
a 30 b 110		T	Z
Δ 1.50		13.1	52
T	Z	- 9.45	32
12.5	37	-23.0	15
0.58	24	(25) 粘 土	
-11.2	8	a 30 b 110	
(22) 粘土粉末		H 57	Δ 1.51
a 30 b 110		T	Z
Δ 1.98		0.59	44
T	Z	12.4	27
19.2	53	19.2	19

これらの実験値を図1bの作図法に従って目盛れば図2~5となる。この図は簡単のため、右の鉛柱端面部は略してある。

Ⅲ. 空気、及び各種粉体内の衝撃波速度

図2~5から、空気、及び種々の粉体に T.N.T. が与えた衝撃波速度が得られる。

表2 空気及び各種粉体内の衝撃波速度

媒	質	仮比重 g/cc	粒度 メッシュ	衝撃波速度 m/s	距離 cm
空	気	-	-	7500	3.0
△		-	-	6600	5.0
綿		0.03	-	6000	3.0
△		0.2	-	4300	3.0
砂		1.56	39	2200	3.0
食	塩	1.2	9	1900	3.0
△		1.2	39	2400	3.0
△		1.2	80パス	1800	3.0
木	粉	0.3	48段	2600	3.0
硝	安	0.91	39	3200	3.0
△		0.91	80パス	3400	3.0
硝	石	1.06	80パス	2100	3.0
硝安ダイナマイト		0.95	-	3900	3.0

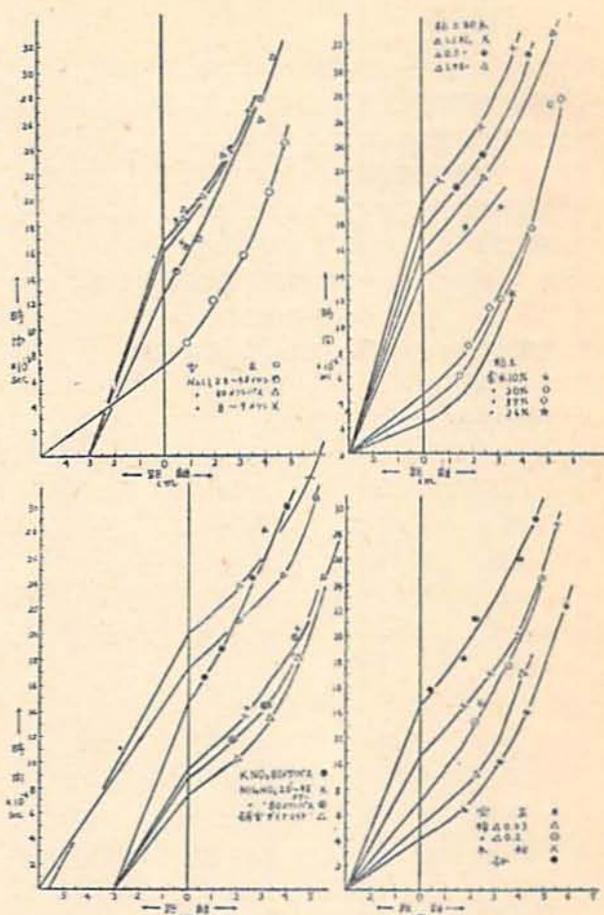


図2~5 空気及び各種粉体内の $T_n \sim Z_n$ 曲線

△	0.95	-	3200	3.0
△ (註1)	0.95	-	3000	3.0
粘土粉末	0.81	-	1700	3.0
△	1.50	-	1500	3.0
△	1.98	-	1900	3.0
△ H10	1.83	-	2000	3.0
△ H20	1.91	-	8100	3.0
△ H57	1.51	-	6500	3.0

これらの結果から次のようなことが考えられる。

(1) 空気の衝撃波速度は T.N.T. ($\Delta = 0.95$ g/cc) 300g の末端近くではほぼ 7500m/s でその減衰性は図6に示される。

大気に接する薬包の近くの現象は、かなり複雑で、多くの実験者が写真的に認めた様に、噴出ガスの流動と衝撃波とは一致する波面で移動し、ある距離の後に

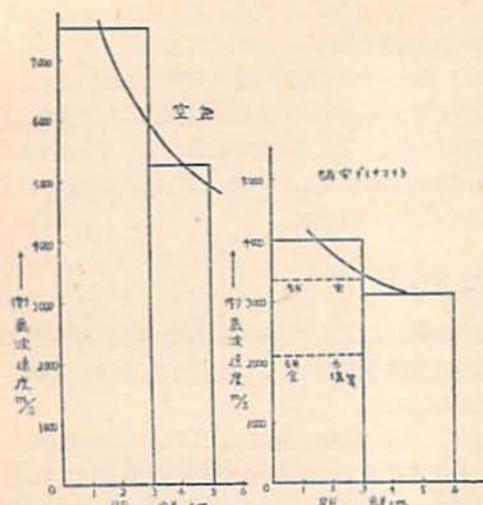


図6 空気の衝撃波速度減衰図

前者がおくれて分離するものと考えられている。

噴出ガスの流動については、村田勉博士の理論的研究にくわしくまとまっているが、¹⁾ それによれば、多くの実験者の結果は、実験方法の相異とともに、同一薬種についても、かなりの差がある。

これらのなかには、きわめて高速の発光をとらえた研究もあつて、その理由について、Friedrich は発光ガスの原子状分解による説明まで行つている。

また、Petry の言う様な、大気の振動伝播の限界から、空気中の衝撃波速度は、6200m/s を限界とする考えは多くの実験結果よりみて当らないようである。古くは、R. Becker は 8000~16000m/s の高速物の移動をとらえており、近くは、須藤秀治教授は桜ダイナマイト 50g によるブラウン管オッシュロスコープによる実験で爆源附近の衝撃波速度として 7000m/s を得ており、²⁾ 最近 J. Savitt³⁾ 等も電氣的に種々の爆薬で空中の衝撃波速度を測定したが、爆源近くでは 10000m/s 程度の速度はとらえている様である。

(2) 気体から粉体への推移

粒状物を含む一般の粉体は、いくら軽く装填しても、低比重にするのに限界があるが、總是気体から粉体へ推移するありさまを実験し易い。

木綿繊維を比重を変えて実験した結果は表1のようになったが、これを比重と衝撃波速度の図に示すと図7となる。空気の比重は総にくらべ無視しようと考えて、空気内の衝撃波速度を縦軸に目盛ると、この実験範囲では、比重の増加に従つて、衝撃波速度は低下し、気体から粉体への推移の様相がうかがえる。

さらに、粘土粉末について、より高比重の領域につ

いて行えば、逆に 41.8 程度から上昇の傾向が知れ、粉体から固体への推移による変化が見られる。これらのことから、粉体は気体と固体とから構成しているのに、そのいずれの単一物よりも低速であることが知れる。この点は、第Ⅷ報の種々の固体について測定した結果と本報の結果を融合しても明らかである。

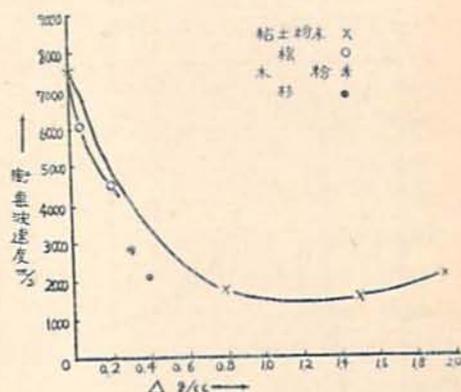


図7 粉体の比重と衝撃波速度の関係

同図に木粉、及び第Ⅷ報の杉の例をも目盛つたが、杉は固体とは言いながら衝撃波の伝播には典型的な粉体に属している。

(3) 砂、食塩なども、粒度や仮比重による若干の相異はあつても、2000m/s 内外である。然し、硝安は一段と高速になつており、明らかに 3000~4000m/s で、食塩等に見られる純粋な衝撃波の伝播に加えて、それ自身の爆発反応が附加されていることを示す。又、食塩などは、粒度を細かくすれば、低速となるが、硝安の場合は逆で、この点からも、硝安の反応による高速化を考へることが出来る。然し、硝安と同様に混合爆薬の酸素供給源として用いられる硝石は、ほとんど食塩などの不活性物に等しく、衝撃波の伝播時間内には全く爆発反応に関与しておらず、それを混合した爆薬の爆発反応においてはかなり後期に反応し始めるものと思われる。

(4) よく、爆速の知られている硝安ダイナマイトについて行えば、T.N.T. による衝撃部では 4000m/s 近くの値を示すが、急速に 3000m/s 程度に低下する。

この報告の方法は、左右の衝撃部が異種の爆薬となつたときは、衝撃時間差測定のための導線線の起爆が不对称になるから好ましくない。然し、これを許すとして、試料側の T.N.T. を 300g の硝安ダイナマイトで行つてみた時、(即ち左側の爆薬は全部硝安ダイナマイトになる。註1) T.N.T. 衝撃の場合よりやや低く 2800~3000m/s の値であつた。実際には、T.N.T.

の方が硝安ダイナマイトより強力であるから、T.N.T.の導爆線の起爆おくれは、硝安ダイナマイトの側よりも短いであろう。従つて、 T' は真実よりも小に見つまつており、若干これよりも高速になる筈である。

以上の事から、爆薬が異種の爆薬で不連続的に、しかも強力に衝撃されればかなり強制された爆発反応を呈することが想像される。T.N.T.の衝撃による硝安ダイナマイトの速度減衰図を図6に示す。

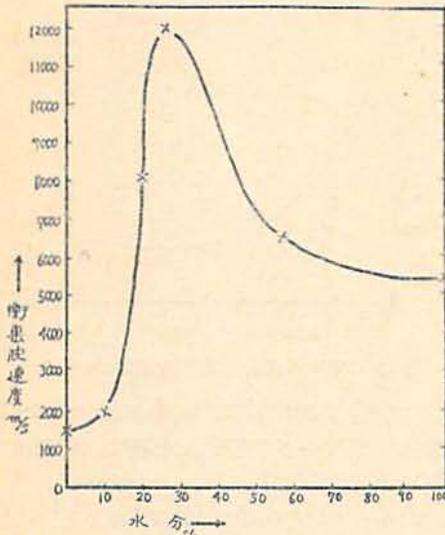


図8 粘土の水分変化と衝撃波速度

(5) 粘土の水分変化。粘土粉末に水を加えて行けば、固、気、二相の粉体から、固、気、液の三相系となり、遂には固液の二相をへて単一の液体となる。粘土の水分を変化せしめて実験すると図8のようになる。

即ち、水分が少い時は低速で粉体的であるが、水分と共に急激に上昇し、20~30%に頂点をもつ山形となり、この山は固体としての様相をおもわせる。更に水分が増加すれば、全体が液状に移るに従つて低下し、遂には水のみの実験値に連なる。

このように、粉体内の衝撃波速度は、気体固体に比べて低速である事を知り、爆発性のある硝安等と非爆発性粉体との比較は、爆轟理論上にも興味ある対比を得たが、これに続く液体についての実験は、この点の一層の興味をもたらずと思ふ。

又、従来の多くの実験者が空気内の高速な発光をとらえた写真的研究と、純力学的に測定した筆者の実験結果とを比較することは重要であり、両方法による実験が並行すると良いであろう。

同時に、本報告の方法は、鉄の弾性波速度を基準としており、この点の一層の興味と、その結果の補正を

必要とする。また、この方法に更に工夫を加えれば、種々の爆薬と、個々の爆薬の反応の強弱で起る導爆線の起爆時おくれを計測する事も可能と思われる。この点は一般の Dautriche の爆速測定法にも関連がある問題である。但しこの報告の研究では、時間差測定で導爆線の起爆は対称になされ、導爆線の最も純粋な使用を行つていと言えよう。

IV. 総 括

第Ⅶ報の方法と全く同一の手段で、各種の粉体内の衝撃波速度を測定した。その結果を要括すれば、次のようになる。

(1) 空気の衝撃波速度は、T.N.T. (40.95g/cc) 300g によればほぼ 7500m/s と目せられ、これを二三の測定結果と比較した。これらの結果から、空中の衝撃波速度は 6200m/s を限界とする Patry の理論的根拠は薄弱と思われる。

(2) 粉体は、殆んど例外なしに低速で、その構成物である空気、固体の単一内の衝撃波速度よりも低い。この空気から粉体への推移の様相を木綿繊維を用いて確かめ、又、粉体から固体への変化は、比重を異にする粘土粉末の実験によつて確めた。同時は第Ⅶ報の杉の衝撃波速度の低速性の原因を知つた。

(3) 砂、食塩なども大むね 2000m/s 内外である。然し、硝安は一段と高速で、爆発反応が附加されている事を示す。

(4) 硝石は、混合爆薬の酸素供給体として用いられるが、その衝撃波速度は、一般の不活性物と大差なく、衝撃波の伝播時間内には爆発反応に関与していない。

(5) 良く爆速が知られている硝安ダイナマイトについて行つたに、妥当な爆速を認め得る。但し、爆薬が異種の爆薬を以て不連続的に、しかも強力に衝撃されれば、部分的にかなり強制された速度を呈する事がかわれる。

(6) 粘土の水分を変化せしめた一連の実験によつて、粉体、固体、液体の推移にともなう衝撃波速度の変化を実験した。

終始温情を以て指導される、村田勉博士と、東京大学村田教授に感謝する。

文 献

- 1) 村田勉, 火協誌 10 68 (昭24)
- 2) 須藤秀治, 未発表
- 3) J. Savitt and R.H.F. Stresau; J. Appl. phys. 25 89 (1954).