

Fig. 1 Schematics of experimental configuration

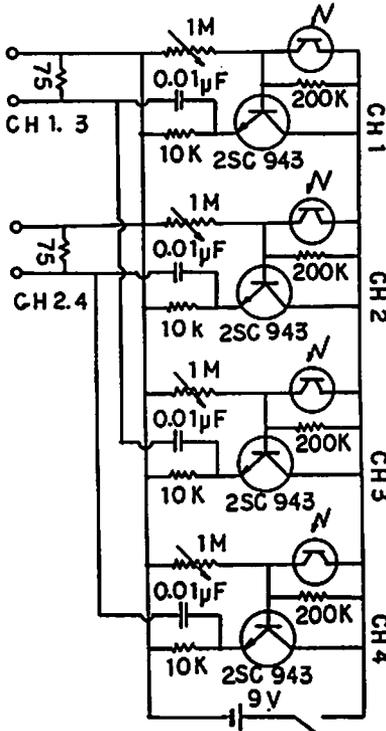


Fig. 2 Signal generator circuit using photodetector for the measurement of detonation velocity.

場合、爆轟波が正常に伝播したものと判定した。

- (1) チューブ内の爆轟波の伝播が、異常箇所中断されないこと。
- (2) 異常箇所通過後も初期の爆轟波の伝播速度が維持されていること。

2.2 測定方法

Fig. 1に示す様に、長さ1mのノンネルチューブの先端を、白金・イリジウム合金製(88:12)、線径0.03mm、長さ1.5mm、脚線として線径0.41mm銅線、長さ50cmを有する電橋線を爆発線として使用し、電源としてT-200発破器(1200V、10µF、接点をSCRによる電子スイッチに改造したもの)を使用して線爆発をさせた。

線爆発により、チューブ内に発生した爆轟波の伝播

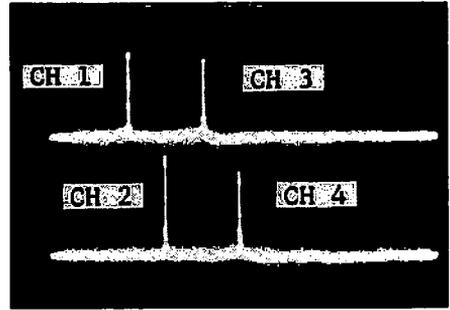


Fig. 3 An oscillogram of the photodetected-pulse when the detonation propagates through NONEL tube.

に伴う閃光は、三菱レイヨン(株)製エスカSH4001光ファイバーと、Fig. 2に示す光を電圧のパルスに変えるコンバーター(Signal Generator)及びオシログラフにより検出した。

光ファイバーからの受光は、浜松ホトニクス(株)製S1190PINシリコンフォトダイオード(立上り時間3nSet)を使用した。

オシログラフに表わされる記録の一例を示したのが、Fig. 3である。なおパルスの読取りを容易にするため、オシログラフをDualにし、CH.1,3及びCH.2,4を区別した。

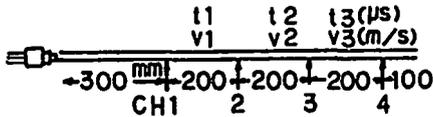
判定方法の(1)についてはFig. 3に示すパルスが明瞭で且つパルスの立上りがシャープな場合、光ファイバー設置部で爆轟波が正常な伝播をしていると判定した。また補助的な手段として、目視によりチューブ内の閃光がチューブの他端迄見えた時に正常であると判定した。

判定方法の(2)については、予め定めた評点間を爆轟波が通過する時間を測定し、伝播速度を求めた。

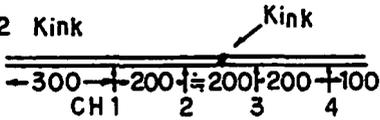
2.3 試料

実験に用いた試料は、Fig. 4に示す通りである。試料1は標準試料である。評点は4点で、夫々のCH.1~4は、夫々に光ファイバーを設置した位置を示す。試料2はキックがある場合である。評点間は予め各々200mmとした後にキックを設けた。試料3はノットがある場合である。評点間は予め200mmとした後にノットを設け、チューブ両端に10kgの引張荷重を掛けてノットを締め、その後荷重を除去した。試料4は伸びのある場合である。200mmの評点間の両端を引張試験機で400mm迄伸ばし、そのままの状態での測定したものである。試料5はノッチのある場合である。V字型に1.5mmの深さを、切込みを入れ孔があいている。試料6は、予め評点間を200mmとした後ノットを設け、チューブ両端に10kgの引張荷重を掛けた

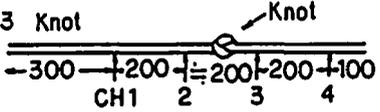
Sample 1 Reference



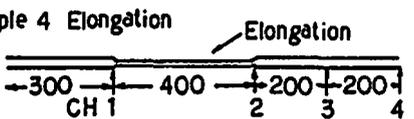
Sample 2 Kink



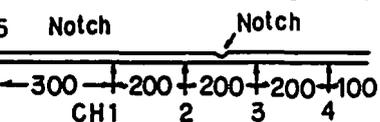
Sample 3 Knot



Sample 4 Elongation



Sample 5 Notch



Sample 6 Knot and 10Kg of tension

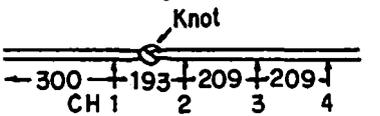


Fig. 4 NONEL tube samples used for testing the stability of detonation front propagation.

状態で測定したものである。

3. 実験の結果

各試料についての、実験結果をTable 1に示す。 t_1 , t_2 , t_3 及び V_1 , V_2 , V_3 は夫々の評点間における爆轟波の伝播時間と伝播速度である。

- (1) 全ての試料について伝播が中断される様なことはなかった。
- (2) ノット通過時には、一時的に伝播速度は低下するが、その後は安定爆速に回復した。
- (3) 伸びによっても伝播速度の低下が見られるが、その後は回復傾向を示した。
- (4) キンクによっても伝播速度の低下が見られるが、その後は安定爆速に回復した。
- (5) ノッチ通過後の伝播速度の回復は遅いが、1961m/sの伝播速度を有しているのノッチから遠ざかるにつれて安定爆速に達した。

4. 考察

特にノットにより伝播速度が低下する原因を推定するため、Fig. 5に示す様に、ノンネルチューブが曲率半径を有する場合の実験を行った。予め定めた200mmの評点間を有するチューブをコイル状にし、内径 d を変えたときに、爆轟波の伝播速度がどの様に変化するかを示したのがTable 2である。

この結果からコイル内径が小さくなる程伝播速度が低下する傾向を示しているのが判る。ノンネルチュー

Table 1 The detonation velocity through the NONEL tube with kink, knot, notch and elongation.

NO	Sample	t_1 (μ S)	t_2 (μ S)	t_3 (μ S)	v_1 (m/s)	v_2 (m/s)	v_3 (m/s)
1	Reference	102	101	101	1961	1980	1980
2	Kink	102	102	100	1961	1961	2000
3	Knot	102	104	100	1961	1923	2000
4	Elongation 100%	210	105	102	1905	1905	1961
5	Notch	107	102	102	1869	1961	1961
6	Knot and tension of 10Kg	121	106	103	1653	1972	2029

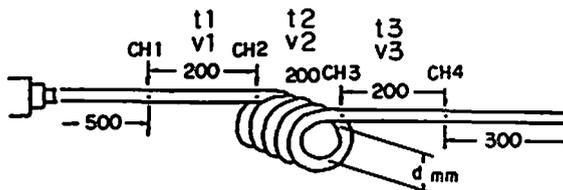


Fig. 5 Coiled NONEL tube for measurement of detonation velocity through the tube with radius.

Table 2 The detonation velocity through coiled NONEL tube with wach coildiameter.

d mm	t 1 (μ S)	t 2 (μ S)	t 3 (μ S)	v 1 (m/s)	v 2 (m/s)	v 3 (m/s)
8.3	99	106	97.5	2020	1886	2051
5.9	99	109	98	2020	1835	2041
2.75	99	127	98	2020	1575	2041

ブの場合、爆轟波の伝播速度が約 2000/ms と比較的大きいので、曲率半径が小さくなると半径方向の加速度は極めて大きくなり、これに伴いチューブ内壁面との摩擦損失も増加することが推定される。これらのことから、爆轟波がノット部を通過する際の伝播速度の低下は、エネルギーロスによるものと考えられる。

5. 結 言

- (1) ノンネルチューブに、ノット、キック、伸び及びノッチ等が生じて、これらの異常が直接不発等のトラブルに結びつくことはない。
- (2) しかし、ノット、キック、伸び及びノッチ等があると、一時的且つ局部的ではあるが、その部分で爆轟波の伝播速度が低下するので、例えばノッ

トがあり且つチューブに大きな荷重が掛って破断寸前といった様な極端な取扱いを避けるべきである。

文 献

- 1) S. Fordham High explosives and plopellants 2nd ed. P. 125 Pergamon international library
- 2) 坂上 威, 工業火薬 Vol. 44, No. 5 1983
- 3) The use on NONEL primadetsfor blasting initiation at the Magma Superior mine Superior, Arizona (Proc Donf Explos Blasting Tech) 4nd 184-191 (1978)
- 4) Non-electric delay detonators (Aust Min) 75(9)17, 19-20 (1983)

A Study on the detonation wave propagation inside the NONEL tube

**by Nobuo YOSHIDA*, Ayumu KIMURA*, Kohji SORACHI
and Tasuku NISHIDA****

In NONEL initiating system, once initiated the detonation wave inside the tube proceeds indefinitely along the fuse, and at the other end of the tube the flash ignites the priming explosive of plain detonator or the delay composition of delay detonator.

In order to accomplish full function of the system, it is necessary for the detonation-front to propagate through such as knots and kinks in the tube, if any should arise during the loading process.

In this paper, whether the stable detonation wave is maintained during it passes through knot, kink, notch and elongation in the tube has been examined by measuring the detonation velocity.

It has been confirmed that in any samples provided, no interruption of propagation arose and that detonation velocity became less momentarily at the parts of knot, kink, notch and elongation but after passed through the area, the detonation velocity gained and restored the stable velocity.

(*Himeji Branch, Explosives Research Laboratory Explosives Division, Nippon Kayaku Co., Ltd 3903-39, Toyotomi, Himeji city, Hyogo pref. JAPAN

**Explosives Research Laboratory Explosives Division, Nippon Kayaku Co., Ltd Sanyo-cho, Asa-gun, Yamaguchi Pref. JAPAN)
