

## 反射波法による管体の爆轟圧

### I. 小径金属棒を充填した管体

佐藤 純 一\*

#### I. 緒言

被加工品に比して注水容器(円筒)が充分大きい時には、容器内壁からの反射波の影響は考えなくても良い。他方、その影響が現われる実験条件下では、容器、爆薬、被加工品の三者の組合せ様式及び寸法等の幾何学的因子によつて、得られる加工状態が著しく変化する。注水容器の中心軸上に爆薬と管体とを置き、その爆薬を爆轟させる時、容器の内壁に衝突した一次の衝撃波が反射して容器の中心軸上に集中してくる。このことを利用する管体の圧縮加工法が報じられている<sup>1) 2)</sup>。上述のような爆薬と管体の組合せは一見異常であるが、直接到達の衝撃波の影響を避け、反射波の効果を積極的に利用する立場の爆発加工を検討するために採用された組合せ様式である。これと同様の目的で本報の諸実験も行なわれたが、他種類の爆薬の用法として導爆線を使用する実験例も加えた。なお、種々の事情により本実験に使用した管体は小型であるが、やや長尺の管体を使用した実験例は別報<sup>3)</sup>で述べる。

#### II. 小径の金属棒を充填した管体と爆薬を容器の中心軸上に置いた場合

本項の実験は、反射波の用法に関する既報<sup>1) 2)</sup>の考え方を若干本の小径金属棒を充填した円管及び角管について行なつた場合である。容器内壁からの反射波による圧縮状態が容器内径の大小により影響される度合を検討することが目的である。小径金属棒を充填した管体を用いたのは、圧縮後の管体の切断面に見られる各金属棒の変形観察により、管体内部の圧縮状態を直感的に把握し得るためである。管体の構成と寸法を図1に示す。管体は良くなました銅管である。充填棒は径4mmの銅棒(なましたもの)で円管には19本、角管には16本入る。図1においてAは油粘土で、充填管の上端に直接到達する衝撃波の荷重を緩衝するために、同図のBは3mm厚さの鉛板で充填棒のはん痕を見るために挿入したものである。爆轟後油粘土の形状はそのままであり、又上下の鉛板には浅いはん痕(写真1-C)がつくだけで、軸方向に加わる荷重は

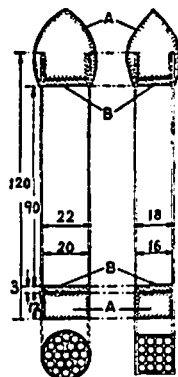


Fig. 1 The kinds of Cu-tube containing Cu-bars (unit:mm). Diameter of the bar is 4 mm. A circular tube contains 19 bars and a square tube 16 bars. A-plastic clay, B-lead plate (3 mm in thickness).

小さいものと思われる。

内径 80×長さ 340 mm と内径 150×長さ 310 mm の2種類の寸法の容器を使用し、爆薬はテトリール 5g及び10gとした。実験の要領は前報<sup>3)</sup>の図1と同様である。本来なら両外筒の長さを同一にし、内径には倍の変化を与えるべきところであるが、手持の容器に制約され、上記2種類の寸法になつた次第である。

圧縮後における充填管の外観を写真1に、又中央部で切断した場合の状態を写真2, 3に示す。切断面の状態を同じ薬量について比較する時、容器の内径が80 mm と 150 mm の場合とでは明らかに圧縮状態に差があり、後者の場合 5g では中央部の銅棒(円管の場合7本、角管の場合4本)の円周に見られる変形は僅少である。一方、内径 80 mm で 10g を使用した場合(写真2, 3のC)には各銅棒の変形の分布が良く示され、丸管では六角形に、角管では正方形に圧縮されている。薬量に倍の差をつけた場合(写真2, 3のAとD)を比較すれば、容器の内径の大小、即ち反射波の行路の長短が圧縮効果に及ぼす影響を一層明瞭に把握し得る。

昭和41年11月30日受理

\* 防衛大学校 横須賀市辻木

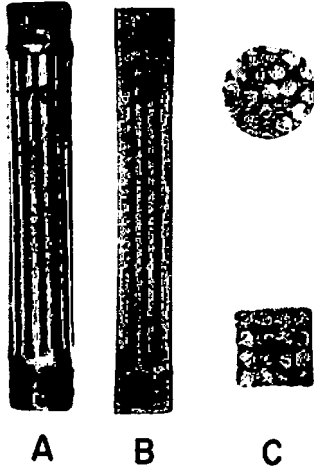


Photo. 1 Appearance of compressed tube.

- A : container-  
in. dia. 150 × l 310 mm, tetryl 10g
- B : container-  
in. dia. 80 × l 340 mm, tetryl 5g
- C : depression produced on lead plate  
(see Fig. 1)

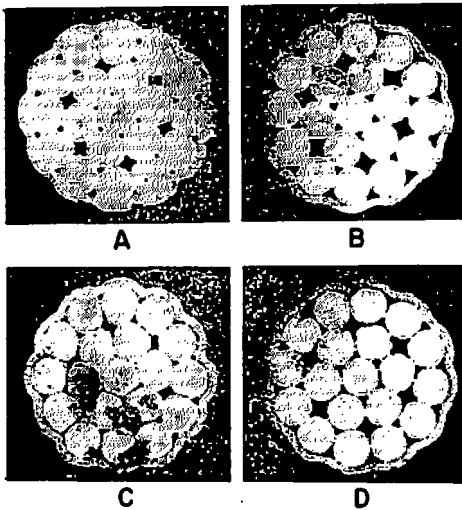


Photo. 2 View of cross-section of circular tube showing visible detail of deformation of each bar of copper.

- A : container-  
in. dia. 80 mm, tetryl 5g
- B : container-  
in. dia. 150 mm, tetryl 5g
- C : container-  
in. dia. 80 mm, tetryl 10g
- D : container-  
in. dia. 150 mm, tetryl 10g

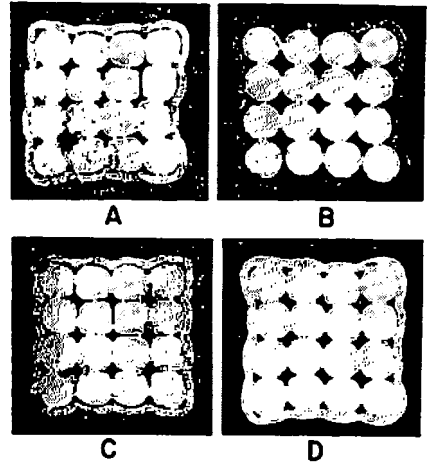


Photo. 3 View of cross-section of square tube showing visible detail of deformation of each bar of copper.

- A : container-  
in. dia. 80 mm, tetryl 5g
- B : container-  
in. dia. 150 mm, tetryl 5g
- C : container-  
in. dia. 80 mm, tetryl 10g
- D : container-  
in. dia. 150 mm, tetryl 10g

Ⅲ. 小径の金属棒を充満した管体に導爆線をある間隔で平行させた場合

圧縮すべき管体を容器の中心におき、これとある間隔を離して導爆線を平行におき、これを爆轟させることによつて、その管体を圧縮することが出来、この方

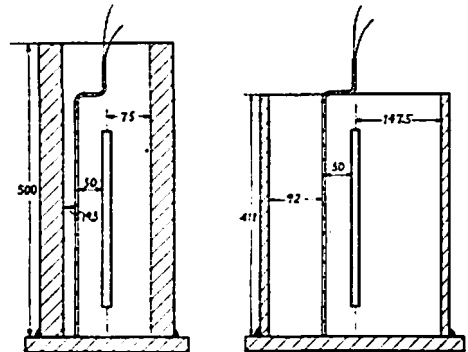


Fig. 2 Arrangement of detonating fuse and Al-tube in cylindrical container of different diameter (unit : mm). Each tube contains 7 Al-bars. Distance between the fuse and the tube is 50 mm in both cases.

法が既述の爆薬と管体の組合せ方より常識的である。もとよりこの場合における反射の様式は前記の場合と異なり、又導爆線と対向する管体側には直接到達波も作用する。図2は導爆線を1本使用した場合において、それと管体との位置関係を示したものである。管体は外径14×内径12×長さ300mmのアルミ管で、内部に径4mmのアルミ棒7本を入れたものである。外筒の内径は150mmと295mmの2種類で殆んど2倍の差がある。長さは手持円筒の都合でやや不揃いになったが、導爆線の寸法は同じである。

管体と導爆線の間隔は同じである故容器内径とは無関係に、導爆線と対向する管体側の圧縮状態は同じに現われることが予想される。一方、管体に到達する反射波の強さと到達時刻は容器内径の大小により異なる故、導爆線と反対の管体側の圧縮状態には容器内径の差が現われる筈である。どのような圧縮状態が現われ

るかを実験的に観察するのが本項実験の目的である。

導爆線の本数を1, 2, 3, 4本とし、それらを用いて得た圧縮管体を中央で切断し、使用本数に対する圧縮状態の差異を写真4に示した。小径容器(150mm)の場合は導爆線1本の場合であつても圧縮状態の対称性は予想以上に良いが、大径容器(295mm)の場合には対称性のみならず圧縮の度合も同様に悪い。このことから小径の場合に圧縮効果を発揮したのはむしろ反射波であることが判る。これに対して導爆線が2本になると小径の外筒を使用した場合の方が若干圧縮度は良いが、圧縮状態の対称性は小径、大径とも良くなる。上述の差異は、本項の導爆線の用法においても内壁からの反射波が著しく大きい影響をもつことによる。爆発加工を応用する立場から見れば、或る最適条件下では反射波の活用により少数個の導爆線で対称的加工を行ない得る点に意味がある。

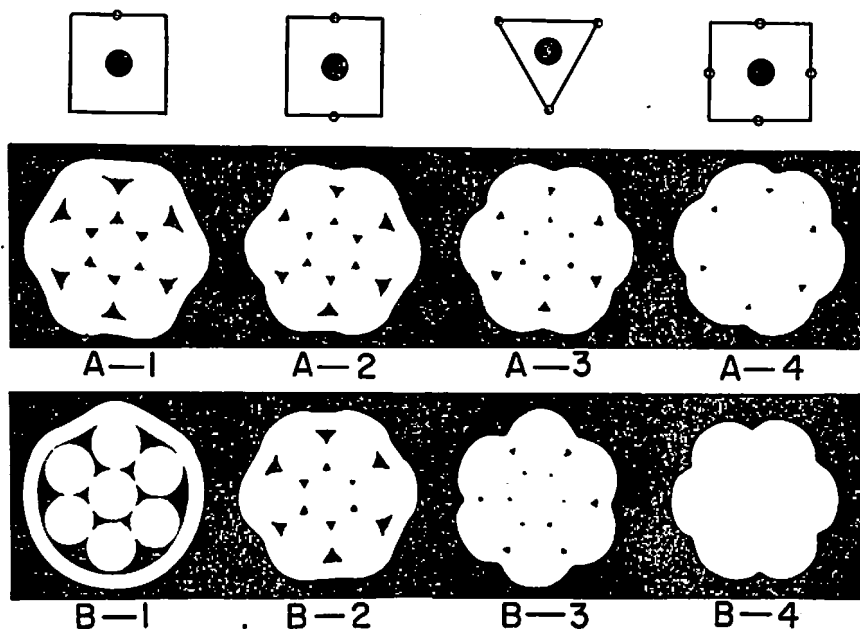


Photo. 4 View of cross-section of tube compressed by detonating fuse (see Fig. 2). Diameter of container used in series A was 150 mm and that in series B 295 mm. Every fuse was arranged at a distance of 50 mm from tube. Used Al-tube : out. dia. 14×in. dia. 12×l 300 mm. Used Al-bar : dia. 4 mm.

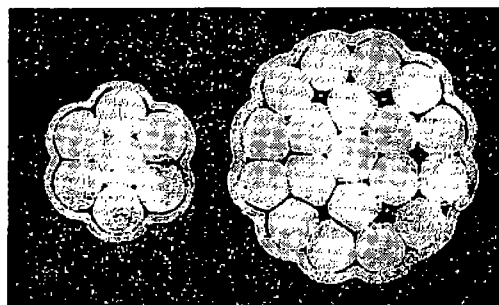
次に導爆線を3本、4本と使用すれば圧縮度は小径外筒を使用した場合の方がかえって悪くなる。この現象は圧縮が強く行なわれたのに呼応して荷重解放後における弾性復元も又大きくなるためと解される。このような現象の起ることは好ましくない。即ち使用導爆線の本数を多くすることは必ずしも最終的な圧縮度を増すとは限らないのであつて、本法の応用にあつて

留意すべき事項である。

#### IV. 管体を容器の中心軸からはずして設けた場合

IIの実験で採用した管体と爆薬との中心同軸設置をやめて、管体を容器の中心軸からはずし爆薬のみを中心軸に置いた場合、その管体に生ずる圧縮状態を観察した。外径14×内径12mmの銅管に7本の4mm径銅棒を充填した管体と外径22×内径20mmの銅管に

19本の同上銅棒を充填した管体との2種類を使用した。圧縮後の切断面を写真5に示す。Aは内径80mmの容器の内壁に上記14mm管体を、Bは内径150mmの容器の内壁に上記22mm管体を接して設けた場合である。(写真の左側が接した部分)。前者では殆んど均一な圧縮状態を示しているのに対し、後者では内壁に接している側が強く圧縮されておる。



A B

Photo. 5 View of cross-section of compressed tube. Each tube was contacted with inner wall of container on the left side in photograph.

- A : tube-out. dia. 14×in. dia. 12 mm, container-in. dia. 80 mm, tetryl 5g
- B : tube-out. dia. 22×in. dia. 20 mm, container-in. dia. 150 mm, tetryl 10g

このことは予期しなかつた現象なので、更に同様の実験を図3(寸法は写真6の説明参照)に示す構造の空管体について行なつた。

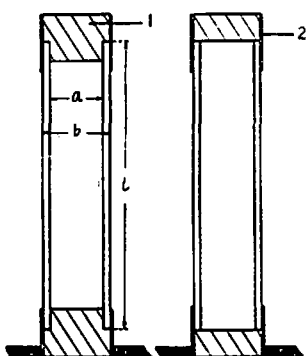


Fig. 3 Two kinds of closed tube(empty).  
1-metal plug, 2-cellotape.

管体の材質は銅又はアルミである。使用した容器は内径 80×高さ 300 mm である。容器内壁に管体を接して置いた場合、それら管体に現われた圧縮状態の例を写真6に示す。

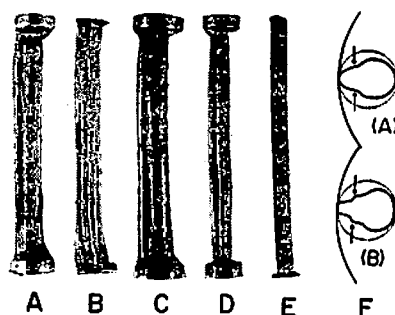


Photo. 6 Appearance of compressed deformation of empty tube (see Fig. 3). The tube was contacted with inner wall of container on the left side in photograph. Container-in. dia. 80×/ 300 mm.

- A : Al-tube, out. dia. 15.0  
× in. dia. 12.4 mm, tetryl 5g
- B : Al-tube, out. dia. 14.0  
× in. dia. 12.0 mm, tetryl 5g
- C : Cu-tube, out. dia. 19.0  
× in. dia. 16.0 mm, tetryl 20g
- D : Cu-tube, out. dia. 14.0  
× in. dia. 12.4 mm, tetryl 5g
- E : Cu-tube, out. dia. 14.0  
× in. dia. 12.4 mm, tetryl 20g
- F : Schematic diagram of cross-section of A and B

写真6-A, Bに見られるようにアルミ管を使用しよ例では圧縮の対称性が著しく悪い。その形状は写真6-Fの如く壁と衝突して偏平になるのではなく、壁と切線方向で押しつぶされて偏平になっており、この姿で全体として壁方向に押し込まれ凸形の彎曲を示す。一方銅管を使用した場合は、Cの如くアルミ管の場合と同様な圧縮状態、Dの如く上記の非対称性が著しくない状態、Eの如く対称性の良い状態、等が観察された。

管体の材質、充填物の有無や種類、薬量の多少、容器の大小等により、内壁に接しておいた管体には種々の圧縮状態が現われ、一般的に言えばその対称性は悪い。一方、内壁と管体の間に若干の間隔がある時は、圧縮状態の対称性が維持されることを確かめ得た。それ故管体を容器内壁に接しておくのでなければ、中心軸上においた1個の爆薬により多数個の管体を同時にかなり良い対称を持つ状態に圧縮し得る。この実験を外径14×内径12.4mmの銅管を用いて行なつたところ、3本及び4本の時には期待通りの結果が得られた。しかし、6本の時は写真7に示す如く下半分の圧縮が不十分にしか行なわれない。即ち容器の内径(或いは断面積)、管体の外径、使用薬量の兼ね合いにより圧縮可能な本数に限度が出てくる。この現象は多数本

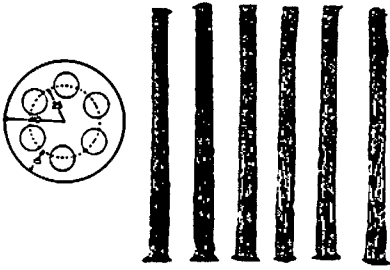


Photo. 7 Appearance of compressed deformation of 6 tubes by using a single charge of explosive. Container-in. dia. 80×l 300 mm. Used Cu-tube out. dia. 14×in. dia. 12.4×l 100 mm. Used explosive charge : tetryl 20g.

になるに従って反射波の行路に高次の擾乱が生ずるためと思われる。

#### V. 総括

- (1) 大小二つの径の注水容器を用い、それらの内

壁からの反射波の効果を垂直に設けた管体の圧縮状態について観察した。小径棒を充填した管体を用い、その切断面について圧縮状態を視覚的にする手法の有効なことを示した。

(2) 容器壁に管体を接しておく時、対称性の良い圧縮状態は得られないが、内壁と管体の間に若干の間隙がある時は圧縮状態の対称性の良さが保たれる。この結果に基づき多数個の管体を、容器中心軸上に置いた1ヶの爆薬により、同時に圧縮し得る可能性を示した。

本実験を提示し終始格別の御指導を賜わつた本校野村教授に深甚なる謝意を表す。又実験に参加した本校佐々木良博学生、ならびに実験に便宜を与えられた理化学研究所堀口義一博士に感謝する。

#### 文 献

- 1) 野村羊観：爆発加工の応用Ⅷ—反射集中衝撃波による棒材の被覆。工火誌，23，30 (1963)。
- 2) 野村羊観，他：同上X—反射集中衝撃波による粉末の圧搾法。工火誌，24，86 (1964)。
- 3) 佐藤純一：反射波法による管体の爆薬圧縮Ⅱ—管体軸方向における圧縮状態の変化。工火誌，28，投稿中。

## Compression of Tube by Reflected Shock Wave

### I. Tube containing metallic bars of small diameter

Junichi Sato

Experiments presented in this article were carried out in an attempt to know action of shock wave reflected from inner wall of a cylindrical container filled with water.

1. Using the experimental arrangements described in previous paper (see Fig. 1 in Ref. 2) and also in this paper (see Fig. 2), tubes stood in parallel with axis of the container were compressed. Aluminium or copper-tubes containing metallic bars were used (Fig. 1). Cross-section of the compressed tube shows visible detail of deformation of each bar. Views of cross-section are shown in Photos. 2~5. Observation of the deformation is available for purpose of examination of action of the reflected wave.

2. The tube (Fig. 3) contacted with inner wall of a container was compressed. The compressed tube shows poor symmetrical deformation as indicated in Photo. 6. Good symmetry of deformation is obtainable by compressing the tube at some distance from the wall. This arrangement was applied to simultaneous compression of many tubes by using a single charge of explosive held on the axis of container (Photo. 7).

(Department of Chemistry, Defense Academy, Yokosuka)