

琉球大学学術リポジトリ

A1 粉体の高速圧縮

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2013-09-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 真喜志, 康二, 宮城, 清宏, Makishi, Yasuji, Kiyohiro, Miyagi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/26414

Al 粉体の高速圧縮

真喜志 康 二* ・ 宮 城 清 宏*

High Velocity Pressure of Powder

by

Yasuji MAKISHI and Kiyohiro MIYAGI

A dynamical high velocity pressure on powder easily produces higher pressure than that of statical pressure. Furthermore, it has the virtue of producing homogenized compressed powder, as the transverse direction pressure is small as compared with the longitudinal pressure, and also minimizing the friction force between powder and die wall than in the case of the longitudinal direction pressure.

This paper discusses some experimental and simplified theory on a process of a direct impact of a bullet to powder in the die. In this experiment the powder is assumed to be a homogenized material which is composed of powder particle and air.

As consider the shock wave propagation through the powder under impulsive contact of bullet on it⁽¹⁾ this consideration required to treat the problem physically, such as the application of the theory involves the law of conservation of mass, momentam, and together with the stipulation of stateally pressure an appropriate equation of state relating Pressure P , and density ρ ⁽²⁾, and neglected friction force, viscosity and elastic restoration, insertion of both which is strain gauge mounted on steel rods discussed later is measured chainging stress curve on the oscillo scope as time interval has verified experimentally over a wide range of impact parameters for shock wave velocity history.

1. ま え が き

粉体の圧縮成形法には静的圧縮成形法と動的圧縮成形法がある。圧縮成形体は全体が均一な密度分布をしていることが最も望ましく、動的圧縮成形法は静的圧縮成形法よりも高圧力を生ぜしめやすい、しかも粉体粒子の横慣性力が小さく、均一な成形体が製作できる利点をもっている。

動的圧縮成形法としては火薬による爆発成形法、高圧ガスを用いるダイナマパック法、高エネルギー放電を用いる放電成形法がある。動的圧縮成形法による研究は数多くなされているが、しかし、押し型の応力測定、運動エネルギーの解析、圧縮の方法等の研究が主で

あり、高速圧縮過程における粉体の力学的挙動についての研究がなされていないように思われる。

著者らは、ダイス内の粉体に直接弾丸を高速で衝突させて粉体粒子の高速圧縮過程における衝撃波の伝播速度、および圧力検出について実験的に研究した。圧縮過程における理論⁽³⁾は質量、運動量、エネルギーの各保存則と状態方程式として静的な圧縮における圧力-密度関係を用いて衝撃波の伝播する問題を取扱った。また粉体中の空気の影響やダイス内壁面と粉体との摩擦および粉体の弾性回復は無視した。

2. 粉体の静的圧縮

粉体は微視的にみると固体、気体、液体からなっているため、粉体の力学的挙動は、気体、液体、固体のいずれとも異なっているので単純な理論で解析することは不可能であり、あらゆる分野から総合的に研究す

受付:

* 琉球大学短期大学部機械工学科

* 琉球大学理工学部付属工作工場

(4)
べきである。

粉体の静的圧縮には粉体とダイス内壁面との摩擦によって非常に複雑になるため粉体量を考慮して、詰め込み高さを種々変えて、摩擦の影響を取扱かわなかった。また粉体中の空気の逃げについては、押型の直径とダイス内径との間に十分なすき間をとり空気の影響を無視した。静的圧縮の圧力-密度関係については多くの実験式が提案されているが著者らは代数関数である川北の式を用いた。

ダイス内の粉体の圧力 P 、密度 ρ とし初期密度を ρ_0 。粉体によって定まる定数を a 、 b とすれば、

$$\rho = \frac{1+bP}{1-(b-a)P} \rho_0 \quad (1)$$

また

$$\frac{P}{C} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a} P \quad (2)$$

(2)式は直線関係となり公配と切片から定数 a 、 b が与えられる。Cはかさべり度を示す。

2.1 実験

実験材料は 200メツシュのアルミニウム粉体を用い、RH 型油圧試験機によって静的圧縮試験を行なった。ダイスは炭素鋼材料でできた内筒を焼ばめし、押型との間には空気の逃げと潤滑剤の油膜を考慮した寸法で製作した。図1はその寸法を示す。潤滑剤は四塩

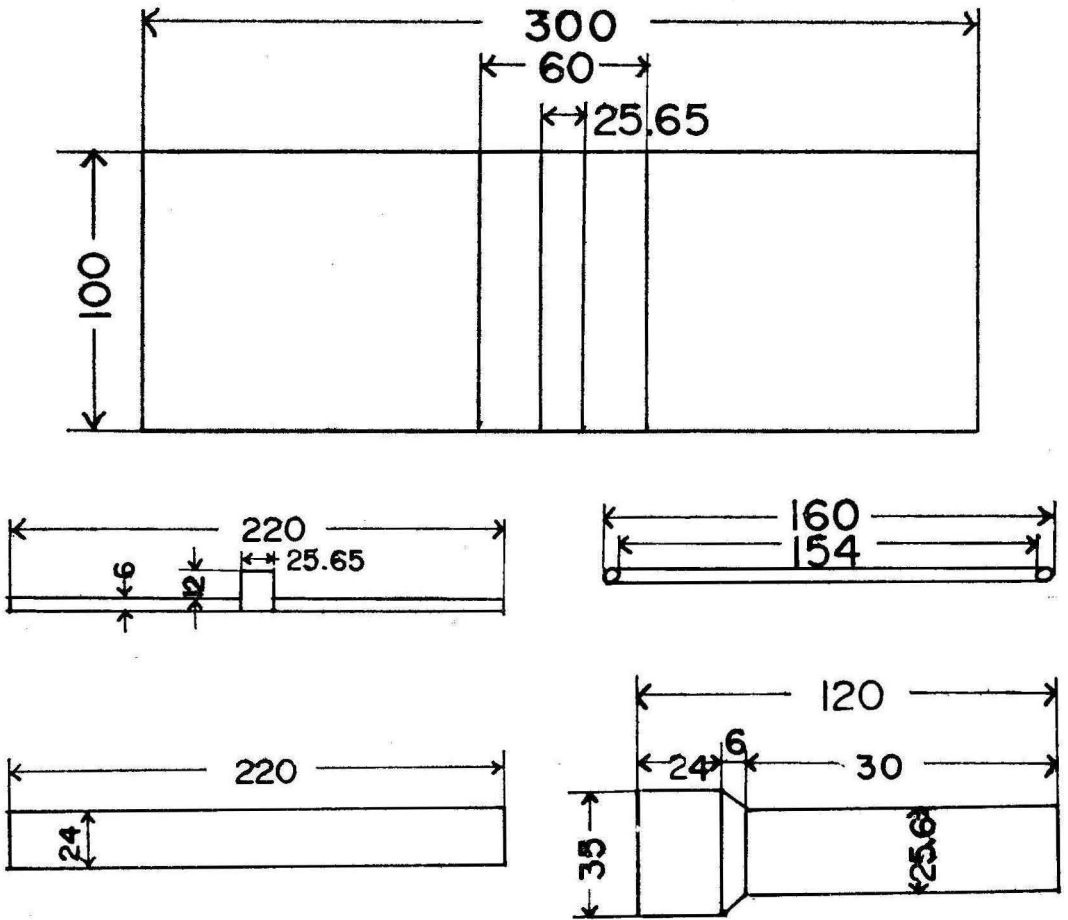


Fig. 1 Equipment of statical pressure dies and punch

化炭素に数%のステアリン酸を溶かした溶液を使用した。図2は静的圧縮実験装置を示す。

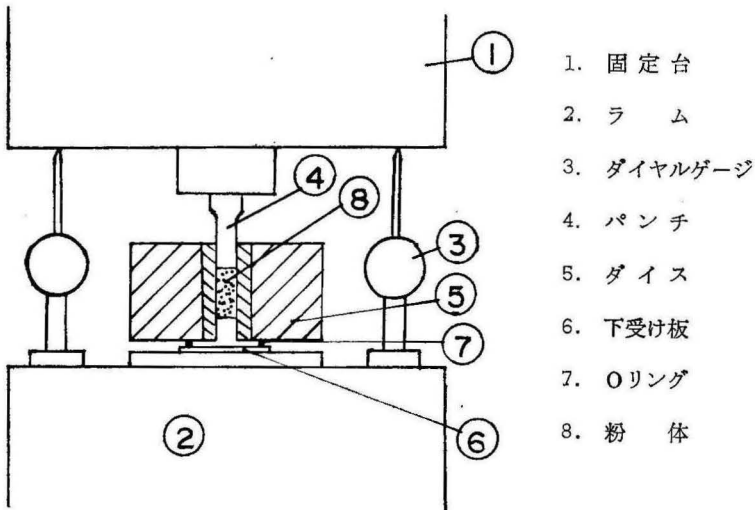


Fig. 2 Equipment of statical pressure

2. 2 実験結果

アルミ粉体25g, 30g, 40gの静的圧縮実験を行なった結果、圧力-密度関係については図3に示される

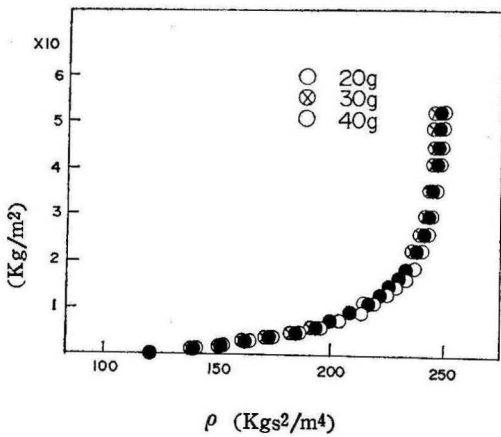


Fig. 3 Relation of statical pressure and density.

ようになった。図4は式2によって圧力Pとかさべり度Cの関係を示したものである。

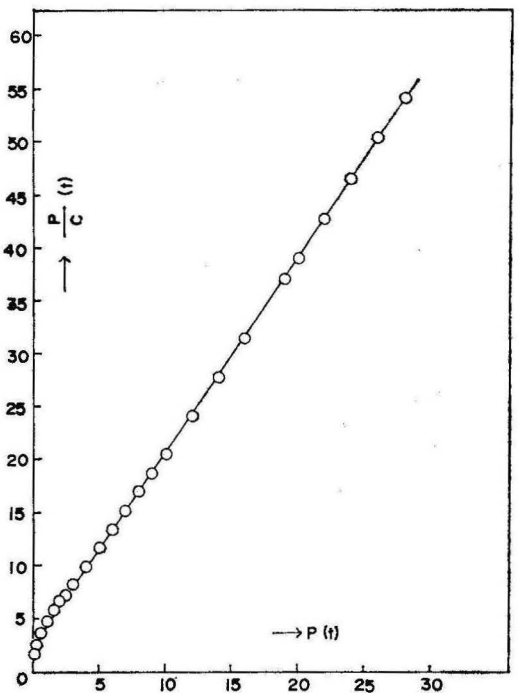


Fig. 4 Relation of P. and C.

3. 動的圧縮

動的高速圧縮法としてゴムの弾性力を利用して弾丸を 発射し直接ダイス内の粉体に衝突させる装置を用いた。図5・写真1, はその装置を示す。

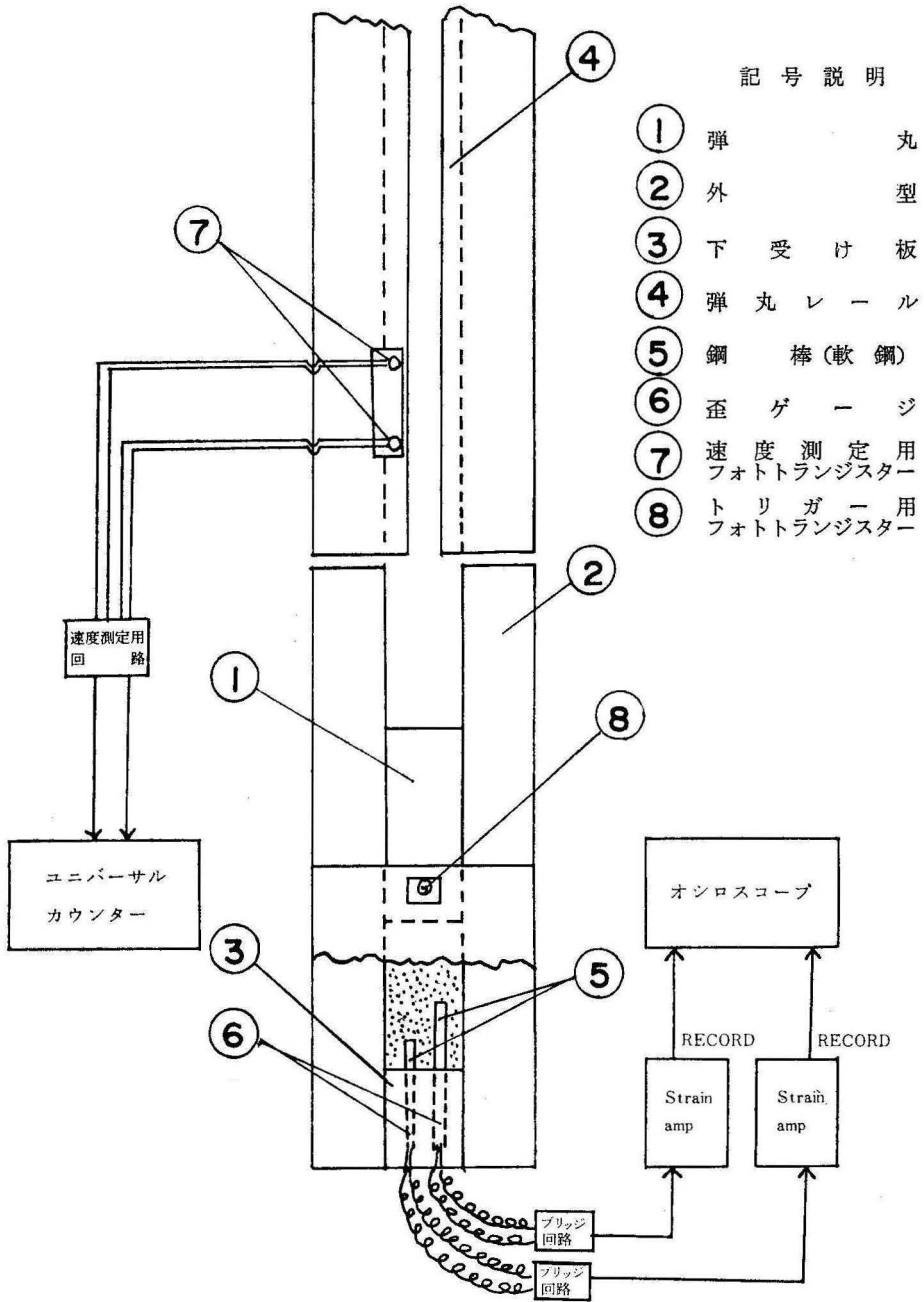


Fig. 5 Equipment of dynamical pressure

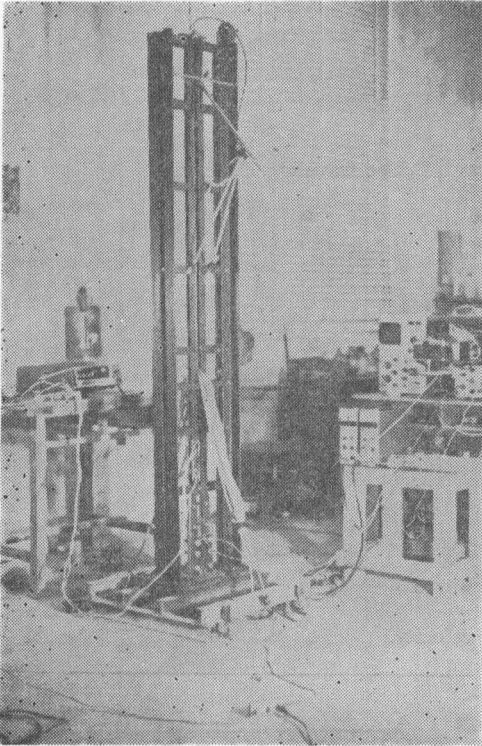


Photo. 1. Equipment of dynamical high velocity pressure

粉体の静的圧縮における応力—密度関係を状態方程式として衝撃波の伝播状態を質量保存則および運動量保存則から求め、衝撃波の伝播速度は固定底面に向っている第一回目の通過領域で測定するようにした。衝撃波の検出には粉体中に挿入した軟鋼棒にストレンゲージを貼りつけ衝撃波による軟鋼棒の応力変化をオシログラフに描がかせて時間測定を行なった。

粉体に弾丸が衝突し衝撃波が固定底面へ向かうが、この場合衝撃波頭の通過していない領域の圧力、密度および粒子速度を、 \bar{P} , $\bar{\rho}$, \bar{v} とし、波頭通過領域を P , ρ , v , 波頭速度を、 \bar{C} , C とすると、運動量と力積および質量保存則から

$$P - \bar{P} = \bar{\rho}(C - \bar{v})(v - \bar{v}) \quad (3)$$

$$\bar{\rho}(C - \bar{v}) = \rho(C - v) \quad (4)$$

$$-A\bar{P}dt = (M + m)dv + dm(v - \bar{v}) \quad (5)$$

ここで A は粉体の詰め込まれたダイス内断面積、弾丸質量を M 、衝撃波通過後の粉体の運動は剛体として取扱ひ弾丸と同一速度で移動すると考えその領域における粉体の質量を m で表わすと、衝撃波が任意の位置 x を通過した瞬間において

$$m = \bar{\rho}Ax = \rho_0Ax \quad (6)$$

衝撃波の通過した直後の粒子速度は

$$v = \frac{Mv_0}{(M + \rho_0Ax)} \quad (7)$$

状態方程式として圧力—密度の関係を川北の式を用いると、 $\alpha = ab$, $\beta = b\rho_0v^2$, $\gamma = \rho_0v^2$ とおくと、

$$P = \frac{(\beta \sqrt{\beta^2 + 4\alpha\gamma})}{2\alpha} \quad (8)$$

任意の点までに衝撃波が到達する時間は

$$t = \frac{bMv_0}{2A} \left[\frac{\sqrt{v^2 + k^2}}{v} - \frac{\sqrt{v_0^2 + k^2}}{v_0} + \log \left| \frac{v}{v_0} \frac{(\sqrt{v^2 + k^2} + v - k)(\sqrt{v_0^2 + k^2} - v_0 - k)}{\sqrt{v^2 + k^2} - k - v\sqrt{v_0^2 + k^2} + k - v_0} \right| \right] \quad (9)$$

3. 1 実 験

弾丸発射装置は質量の大きい弾丸の発射が可能であると同時に弾丸速度を自由に変えることのできるゴムの弾性力を利用した簡単な装置を用いた。弾丸はガイドより直接ダイス内の粉体群上にみちびかれる。弾丸の速度は粉体群上のガイドの二点間に取付けたフォトランジスタの光源を弾丸が通過することによってユニバーサルカウンタで時間を読みとり、ガイド上の二点間距離より算出した。この場合ガイドは地上に垂直に建ててあるため二点間における重力の加速度の影響があるが、二点間の距離はガイドの長さ比べて短かくとったので無視した。図6は弾丸速度測定装置を示す。

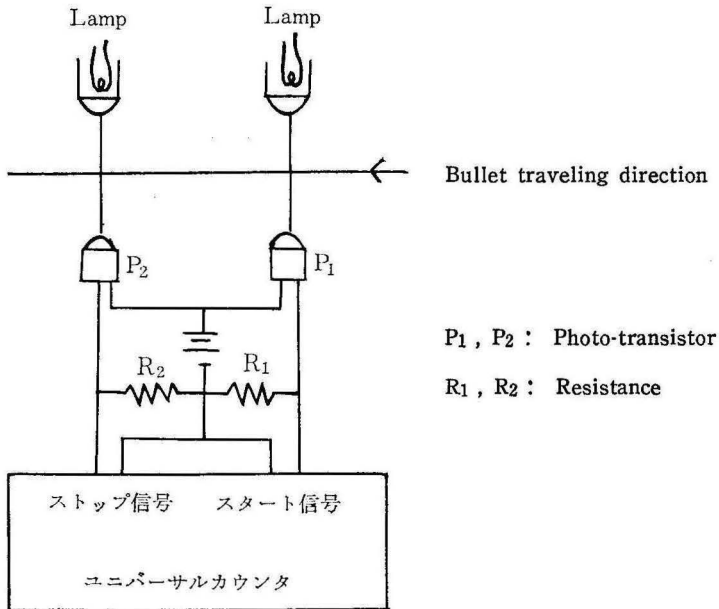


Fig. 6 Measurement devise of bullet velocity.

ダイス内の固定底面にはストレンゲージを貼った軟鋼棒を挿入してあり衝撃波の通過と同時にオシロスコープ上に描かせて写真撮影した。図7、図8は固定

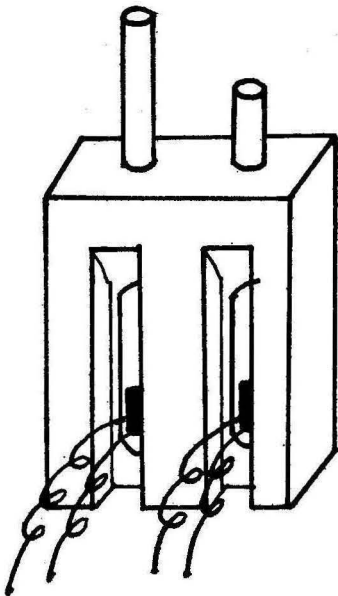


Fig. 7 Fixed edge of die

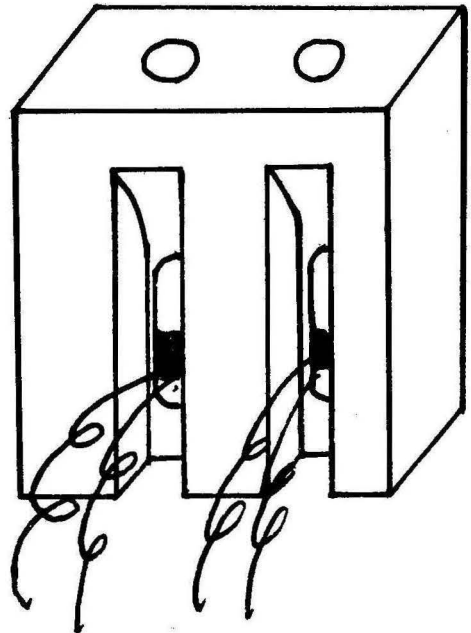


Fig. 8 Fixed edge of die

底面部を示す。ダイスは図9に示されるように成形体の取り出しが便利になるような形にした。図8は軟鋼棒の高さが固定底面部と同一高さになるようにして同様な実験を行ない圧力Pの測定を試みたものである。

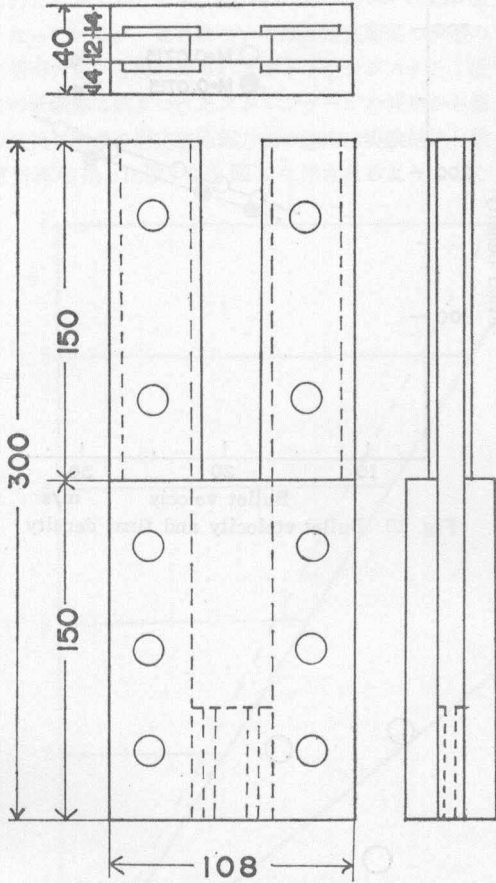


Fig. 9 Die for dynamical pressure.

3. 2 実験結果と考察

弾丸を直接ダイス内粉体に衝突させた場合の衝撃波の伝播速度と軸方向の圧縮圧力を測定し弾丸速度と粉体の最終密度の関係を調べた、その結果弾丸の質量 $0.0715 \text{ kgs}_2/\text{m}$ の場合の弾丸速度 23.3m/s , 26m/s ,

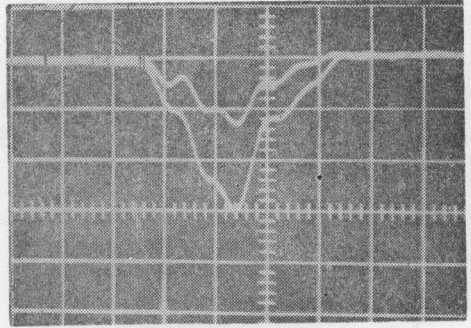


Photo. 3 23.9m/s

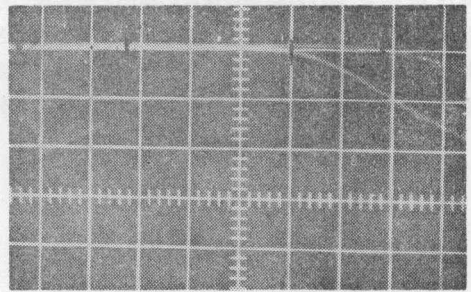


Photo. 4 23.3m/s

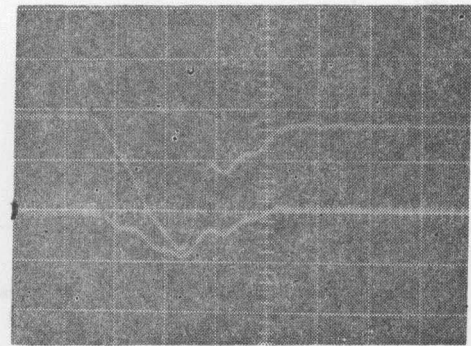


Photo. 5 26.1m/s

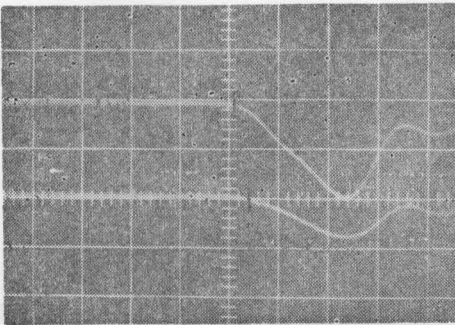


Photo. 2 Bullet velocity 28.6m/s

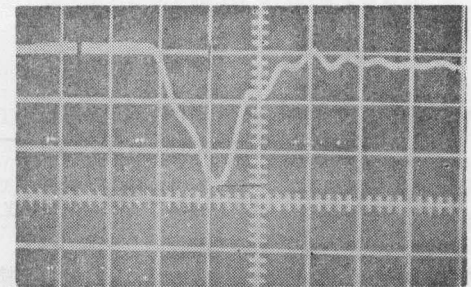


Photo. 6 28.5m/s

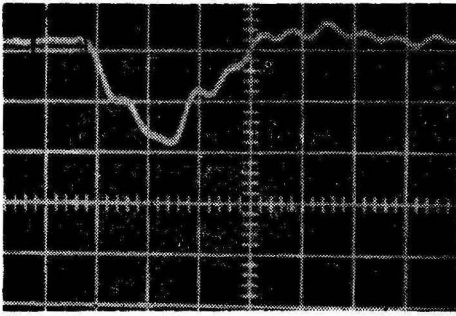


Photo. 7 29.1m/s

28m/s 近傍における衝撃波速度の検出と軟鋼棒の応力状態を写真 2, 3, 4, 5, 6, 7 で示す, 弾丸速度と最終密度の関係および衝撃波伝播速度と弾丸速度の関係を図10, 図11に示される。写真2~5によると二本

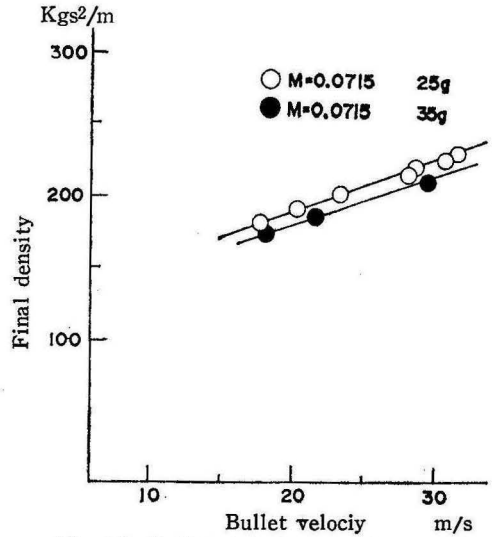


Fig. 10 Bullet vtelocity and final density

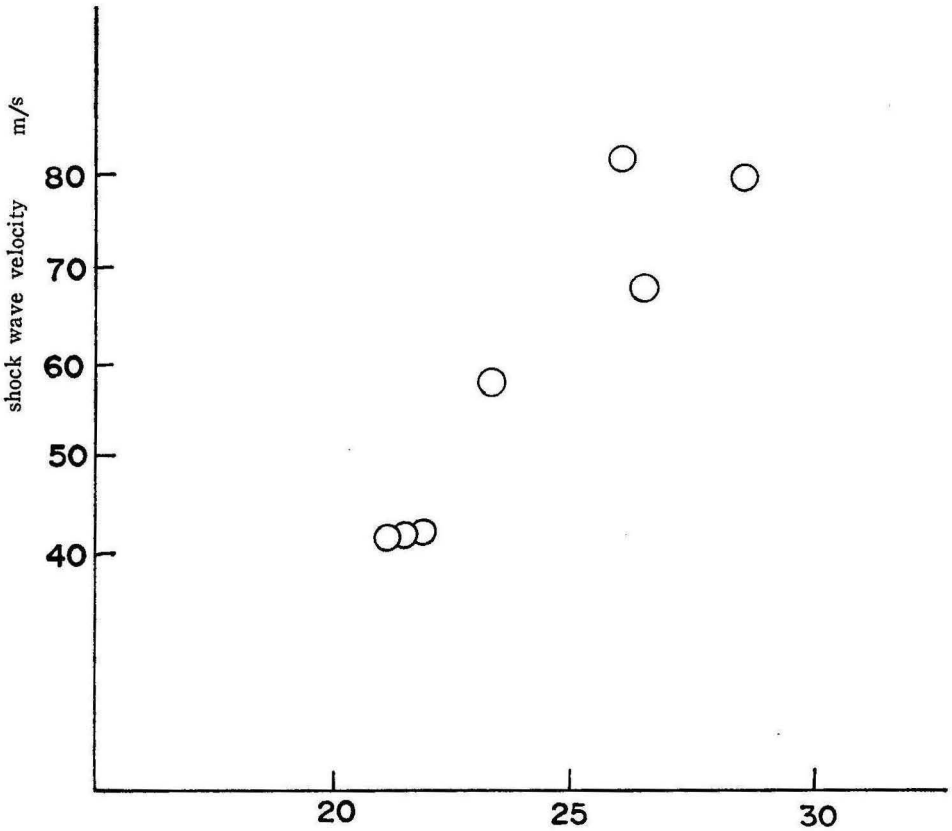


Fig. 11 Bullet velocity and wave velocity.

の軟鋼棒の応力検出に大きな違いがあり第1段目の棒によって衝撃力を大きく吸収している。このため2段

目には低い値が検出され, 1段目の支持端に問題があるように思われる。写真5, および写真6 から軟鋼棒の

応力を計算すると、 308 kg/cm^2 、 220 kg/cm^2 と低い値となっている。これについては固定底面部の構造の影響が大きいと思われる。フォトリジスタと1段目の軟鋼棒に貼りつけたストレインゲージの波形から衝撃波第1回目の固定底面部方向の速度は実験結果と数値計算結果と比較すると図12に示されるようによく

一致している、最終密度については理論値の方が実験値より大きくなっているが、空気の影響、摩擦の影響、粉体の粘性の影響などの無視によるものと思われる。写真の立ち上りの際の階段状は弾丸と固定底面部間の反射波による密度の変化によるものかは確かでない。

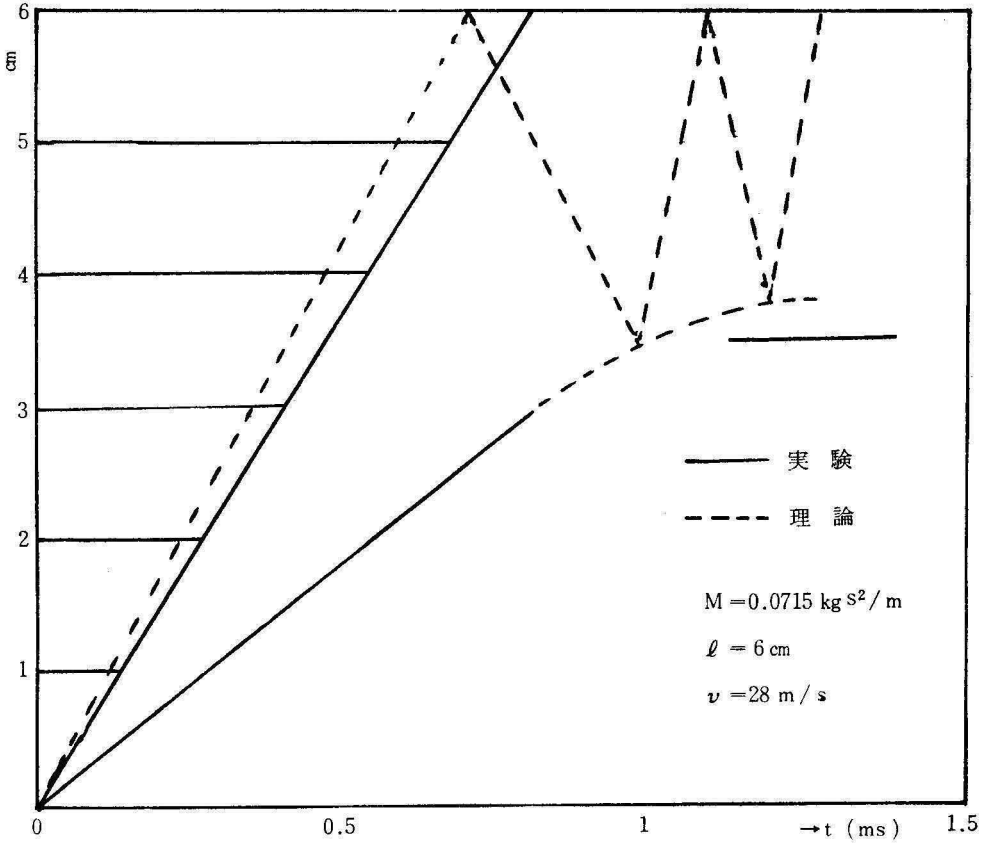


Fig. 12 Results of experiment and theory

4. むすび

ゴムの弾性を利用して弾丸を発射させダイス内の粉体を高速圧縮する場合の粉体中を伝播する衝撃波の速度、圧力を調べた、その結果

- 1 粉体中の第一回目、固定底面部方向の衝撃波速度はフォトリジスタおよび軟鋼棒に貼りつけたストレインゲージで測定した。
- 2 実験によって得られた衝撃波速度と数値計算によって求めた値とがよい一致をみた。
- 3 最終密度については理論値と実験値にわずかな違いがあった。

- 4 粉体中の応力の測定は軟鋼棒の挿入によって条件が違ってくると同時に支持端に問題があって縦方向の圧力の測定はよい結果を得なかった。

5. 参考文献

- 1) 林, 他 粉体の圧縮, 日本機械学会講演論文集 No. 734-1, P.63
- 2) 川北 粉体の化学, 粉体工学, 1967-3, P. 175
- 3) 林, 他 粉体の圧縮, 日本機械学会講演論文集 No. 734-1, P.63
- 4) 荒川 粉体の物性と工学