

Study of Neumann Effect in Coal Mines Explosives

T. Yoshida, S. Akaba, M. Tanaka and S. Matsumoto

Neumann effect has been applied to military shot or industrial blasting in metal mines.

Japanese coal mine engineers hope to apply it to the blasting in gassy coal mines.

We made some experiments on safety and properties of Neumann effect by using a cartridge containing ingredients of coal mine explosives.

From these testing we get the following conclusions.

1) The safety for gas is important for coal mine explosives, but we cannot find difference between the shaped charge (dia. 30mm) and the common cartridge by gallery test

Thinking the shape or material of liner and blasting effect, the shaped charge should be treated by the official test of permissible explosives, as one of special types of cart-

ridges.

2) The axial and lateral effects of penetration or deformation of target show different characteristics from that due to the popular cartridges.

But brisance of shaped charges containing coal mine explosive ingredients is less than that of penthrit or hexogen which have higher rate of detonation.

3) From these results, we cannot get any certification that the drifting effect and the safety may be raised by a shaped charge.

Practically, the blasting effect is relative to the strata, or crack of the rock.

4) By the shadow photograph (light source: Ar-flash unit), we get the velocities of shock wave and gas explosion of shaped charge shown as Figs. 3, 4, and 5.

(Resources Research Institute)

大発破に関する実験的研究(II)

—自由面の挙動—

名 和 小太郎・菅 田 博

1. 目 的

前の論文¹⁾において、われわれは、発破における破壊現象のうち、その爆源極近傍の衝撃波について報告した。この論文においては、爆源近傍にある自由面がどのような挙動をしめすかを報告する。自由面の挙動が発破現象においておおきな意味をもっていることは、経験的によく知られている。この点に関するはつきりとした情報をつかむことは、それゆえ、発破のより効果的な説明のためにのぞましいわけである。

研究方法としては、前論文におけると同様に、発破

時の自由面の挙動について、現象的な記載をおこなうにとどめることにした。この点に対してはつきりとした機構があたえられていない現在においては、あらかじめ何等かの機構を仮定しこれによつて機構を解析することが、その機構で説明できない現象をすてることになるからである。

この論文では、自由面での挙動のうち、自由面がはがれて運動しはじめる時刻を報告することにする。

研究の対象としては、今回も大発破をえらんだ。前報告にのべたように、大発破においては、岩石の割目などの局部的の影響を、ちいさいものとして無視することができるからである。

昭和37年8月1日受理

* 旭化成工業技術研究所 東京都板橋区志村中台町

2. 方 法

いま、自由面上のある点における運動の状態が記録できたものとして、これを $u(t)$ としよう。このとき、 $u(t)$ には爆源からの歪力波形 $s(t)$ と岩石の雑運動による波形 $n(t)$ とがふくまれる。すなわち

$$u(t) = s(t) + n(t) \quad \cdots \cdots (1)$$

となる。

この $u(t)$ の形は、自由面層がはがれて自由落下をはじめの前であるか後であるかによつて、ことなる。自由面層がはがれる前であれば、爆源からの歪力波が卓越しているから、

$$u(t) \approx s(t) \quad \cdots \cdots (2)$$

となり、自由面層がはがれた後であれば、爆源からの歪力波は破壊領域で遮断されるため入射せず、しかも自由面層の自由落下によつて雑運動が増大して、

$$u(t) = n(t) \quad \cdots \cdots (3)$$

となる。

いま、自由面上の任意の点に対する運動波形をと、これを $u_1(t)$, $u_2(t)$ としよう。この時、 $u_1(t)$, $u_2(t)$ に対して、 $s(t)$ は同一であるが、 $u(t)$ はたがいに独立であるから、

$$\left. \begin{aligned} u_1(t) &= s(t) + n_1(t) \\ u_2(t) &= s(t) + n_2(t) \end{aligned} \right\} \quad \cdots \cdots (4)$$

と表記できる。

ここで、 $u_1(t)$ と $u_2(t)$ との相関関数 $\phi_{u_1 u_2}$ を計算してみよう。これは次のように計算される。すなわち

$$\phi_{u_1 u_2}(\tau) = \frac{1}{T} \int_{-T}^T u_1(t) \cdot u_2(t) dt \quad \cdots \cdots (5)$$

である。Eq. (5) は Eq. (4) の関係をかんがえれば、

$$\phi_{u_1 u_2}(\tau) = \phi_{ss}(\tau) + \phi_{s n_1}(\tau) + \phi_{s n_2}(\tau) + \phi_{n_1 n_2}(\tau) \quad \cdots \cdots (6)$$

となる。一般に、 ϕ_{xy} は x と y とが独立であれば 0 となることが知られている。われわれの場合についていえば、物理的考察から、 s と u_1 , s と u_2 , u_1 と u_2 はそれぞれ独立であるとみなしうる。それゆえ、Eq. (6) は、

$$\phi_{u_1 u_2}(\tau) = \phi_{ss}(\tau) \quad \cdots \cdots (7)$$

となる。ここで、Eq. (2), Eq. (3) をかんがえあわせれば自由面のはがれる時刻を τ_0 として、

$$\tau \leq \tau_0 \text{ ならば } \phi_{u_1 u_2}(\tau) = \phi_{ss}(\tau) \approx 0$$

$$\tau > \tau_0 \text{ ならば } \phi_{u_1 u_2}(\tau) = 0 \quad \cdots \cdots (8)$$

となることがわかる。したがつて、 $\phi_{u_1 u_2}(\tau)$ を計算することによつて、 τ_0 を算出することができるわけである

3. 実 験

実験は、61年10月に、岐阜県揖斐郡徳川ダムの大発破現場においておこなわれた。爆薬量は統計 9,100kg

であり、Fig. 1 にしめすように、4 坑道中の 15 薬室に分配された。爆薬には旭化成製の大発破用 TNT 爆薬が使用された。この爆薬の爆速は 5,000m/s、比エネルギーは 10,650J/kg/cm² である。起爆は、坑道ごとの薬室を導爆線で結線し、これらを瞬発電気雷管で斉発させることで、おこなわれた。

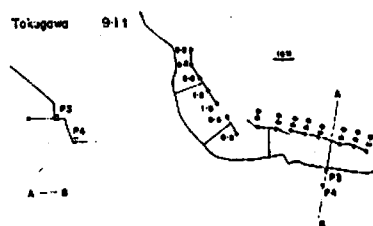


Fig. 1 Layout of experiment

P3, P4: Position of pick-up

測定器には、ピックアップとして NEC 製の VP 202 型 2 個がもちいられた。これは動線輪型の換振器で、固有振動数が 24c/s、その出力が地動の上下動成分の粒子速度に比例するものである。ピックアップからの出力は記録器に直結された。記録器には三栄測器製の 100-B 型電磁オシロが使用された。オシロに内蔵されたガルバの固有振動数は 800c/s である。

ピックアップは自由面に露出した新鮮な岩盤上に樹脂で接着された。その位置は Fig. 1 にしめすとおりである。ピックアップにもつともちかい薬室は、第 1 坑道の第 3 薬室であり、その爆薬量は 495kg その最小抵抗線は 12m である。2 個のピックアップは相互に約 10m はなして設置された。

測定結果を Fig. 2 にしめす。記録上の第 3 および第 4 のトレースが、解析されるべき波形である。(他のトレースは別の目的のためのものである。)

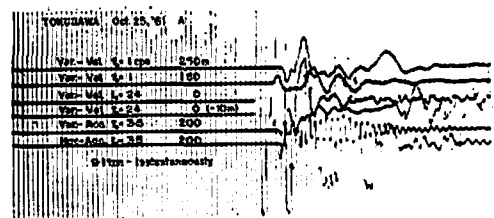


Fig. 2 Seismogram of experiment

これらの波形は、前論文に報告したように薬室の空間的なばらつきによる波形歪をうけている。しかし、ここではその補正をする必要はない。ここでは、この歪はふたつのトレース波形に同様にあたえられており、しかも、われわれの必要とするものがふたつのトレース波形間に存在する相対的な相似性であるからである。

4. 解 析

解析は2の方法にしたがい、ふたつのトレース波形の相関函数をもとめることによつて、おこなう。ここでは、Eq.(5)の相関函数 ϕ をもとめるかわりに、相関係数 ρ をもとめることにする。 ϕ と E との間には、次のような関係がある。すなわち、

$$\overline{u_i(\tau)^2} = \frac{1}{T} \int_{\tau-T}^{\tau} u_i(t)^2 dt \quad \dots\dots (9)$$

として、

$$\rho(\tau) = \frac{\phi(\tau)}{\sqrt{u_1(t)^2 \cdot u_2(t)^2}} \quad \dots\dots (10)$$

である。 ρ はEq.(5)、Eq.(9)およびEq.(10)によつて、 $\rho(\tau)$ を計算することができる。実際の計算にあつては、

$$\tau = j \cdot \Delta t, \quad j = 1, 2, 3, \dots\dots$$

とし、積分を総和に近似した。ただし、

$\Delta t = 1/3 \times 10^{-2} \text{s}$, $T \leq 9\Delta t$ とした。結果をFig.3にしめす。ここで、 $\rho = 0$ に対する10%の棄却限界をFig.3にあわせてしめす。したがつて、Fig.3より、Eq.(8)をかながえて、

$$\tau \approx 0.03 \text{s}$$

をうる事ができる。すなわち、自由面のはがれる時刻は、歪力波の入射後0.03sであることがわかつた。

この結果は、自由面のはがれを自由面での反射歪力波によるものであるとするかながえでは、説明できない。この説によれば、自由面のはがれは入射歪力波の運動量によつて生じ、それゆゑその時刻は歪力波の入射後となるはずであるからである。すなわち $\tau = 0.03 \text{s}$ という値は、歪力波1周期分をこえる値であり、したがつて反射歪力波の作用時間を十分にこえるものである。

前論文において、われわれは薬室中の圧力が爆発後

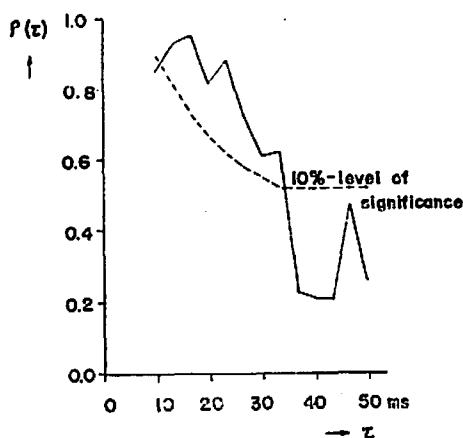


Fig. 3 Relation between time before scabbing (τ) and correlation coefficient of ground movement (ρ)

0.02s以上保持されることを報告した。この値はここでもとめた自由面のはがれに要する時間と同程度である。したがつて、自由面のはがれによつて薬室中のガスがにげるものとかがえれば、つじつまがあう。これを逆にいえば自由面のはがれは薬室中のガス圧によつてなされる、と主張することができるであろう。

5. 謝 辞

この研究を実施するにあたり、間組徳川ダム出張所の関係者諸氏に援助をうけた。また岐阜大の村松郁栄助教授より助言をうけた。なおこの研究は、われわれの研究室の坂本勝一課長の指導によつてなされた。ここにあわせて感謝の意を表したい。

文 献

- 1) 名和小太郎, 登田博: 工火協23, 172, (1962)
- 2) F. N. Tullos, C. L. Cummings, Jr.: Geo-phys., 26, 298, (1961)

The Time of Scabbing of Free Surface Layer in Coyote Blasting

by

Kotaro Nawa and Hiroshi Honda

In a coyote blasting, the time between the incidence of the stress wave and the occurrence of the scabbing at the free surface was measured. For this purpose, the correlation function among trajectories of points on the free surface is calculated. The value of the

correlation function is not zero before the occurrence of the scabbing, but zero after it. Therefore, the critical time, at which the value of correlation function changes from non-zero to zero, is the time of the occurrence of the scabbing. In the coyote blasting,

of which charge is 500kg and burden is 22m, the time is estimated to be 0.03 sec.

In our previous paper, it is calculated that the pressure of the gas within the blasting chamber maintains 0.02sec. The value of the duration of the pressure in the paper agrees with the time between the incidence of the

stress wave and the occurrence of the scabbing in this paper. This fact shows that scabbing is caused by the driving force of gaseous products and not by the momentum of the incident stress wave. (Technical Laboratory, Asahi Chemical Industry Co. Ltd.)

電気雷管によるメタン-空気混合物の

着火に関する研究(第一報)

(高速度カメラによる着火機構の解析)

植村 恒 義* 木下 四 郎**

中 原 正 二** 山 本 顕一郎**

摘 要

35年度工業火薬協会研究発表会以来5回に恒り報告を行つて来たが、雷管によるメタン-空気混合物の着火源となり得るものに雷管の爆発火焰、衝撃波、延焼の熱粒子が考えられそのうち重要なものは爆発火焰と延焼の熱粒子であり衝撃波も若干の影響があることが判明した。我々はこれらの結果を更に明確にするため、植村式 SP-1 型超速度流しカメラ、16H高速度こま取カメラ(1万コマ/秒)、植村式 M.L.D-2 型高速度カメラ(10~16万コマ/sec)を使用し電気雷管によるメタン-空気混合物の着火状況の時間的経過を観測しその結果次の結論を得た。鉄製容器内に於ける雷管のメタン着火性は J. Dolan 氏が述べた如く雷管の爆発火焰が爆発ガスからはみ出してメタン-空気混合物に直接触れるか否かによつて決るものでなく、どの雷管も爆発直後に衝撃波による発光現象が現われる。M. L. D-2 型カメラでは爆発火焰を詳細に撮影出来なかつたが、SP-1 型流しカメラでは雷管の爆発火焰の大きさ及び持続時間と相関性を有する。即ち火焰が大きく持続時間の長いもの程着火性が大であり、これまでの結論を裏付けることが出来た。更にこの撮影実験の第四章は従来多くの人々が撮影することが出来なかつた同一の雷管でしかも雷管の発火現象の時間的変化を最初から最後まで十数コマに恒つて捉えることが出来た。メタンの燃焼の発達過程は 16H カメラにより撮影し

た結果、燃焼核は極めて弱く 4 msec 位まで徐々に発達して本格的な燃焼に発達していることが判明した。

I 緒 論

我が国では雷管のメタン安全度試験が法的に定められている。これは実際には爆薬に挿入した雷管が Cut-off 等によつて抜け出すことにより、雷管がメタン-空気混合物中で単独発火する場合を予想して行うものである。雷管の本質である威力や、段発に於る秒時精度を失うことなく安全雷管を製造する事がわれわれの最終の目的であるがそのためには雷管によるメタン着火性を単に雷管の組立て条件の下で試験するだけでなく適当な高速度カメラにより、メタン着火の現象をとらえてその着火機構を解明する必要がある。雷管によるメタンの燃焼は、その反応速度が非常に速く、わずか数百 msec の間に全現象が終了してしまう。従つてこの反応状態を時間的に捉えるためには高速度写真に依らなければ肉眼で明確に見ることができない。

高速度写真により雷管のメタン着火現象を撮影した報告に香月、古閑氏¹⁾等が行つた Fastax カメラによる写真がある。氏等はメタン槽内の中央に雷管を吊し、撮影速度 4,000コマ/sec で撮影した。この結果瞬発銅及び鉄雷管のメタンへの引火は管体の燃焼粒子や鉄の火花から起らず雷管火焰の先端部槽のほぼ中央から起つてゐることを観測した。更に雷管の衝撃波の影響について実験を行い雷管を試験槽壁に近づけたが着火率に変化なかつた所から、雷管の衝撃波は引火にあまり関与しないものと思われると報告している。

加藤氏²⁾は鉄製メタン槽の中央に 8 号銅雷管を吊

昭和37年8月22日受理

* 東京大学生産技術研究所 東京都港区麻布新生土町

** 日本化薬株式会社折尾作業所 福岡県若松市渡川