

- 5) Lewis & Suen: Ind. Eng. Chem. 32 1095 (1940).
 6) Bennett: Chem & Ind. 235, No. 15 (1949).
 7) ibid.
 8) J. Creighton: "Principle Application of Electrochemistry" vol.1 354 (1948).
 9) 当教室 (未発表)
 10) Crooks & White: Chem. Eng. Progress 46 249 (1950).

Studies on the Mechanism of Nitration

By G. Yoshida & H. Osada

Nitration as the heterogenous process was studied.

Rate of nitration depends on the solubility of the material to be nitrated, and on the production of nitronium ion.

At first the material to be nitrated dissolves into the acid phase and then the homogenous diffusion phase is formed before nitrating reaction occurs.

The roles of sulfuric acid in the mixed acid are as follows:

- (1) production of nitronium ion from nitric acid,
- (2) acceleration of the solubility of the materials to be nitrated,
- (3) dehydration reagent of nitration.

The mechanism of nitration will be explained by combining Bennett's theory with Gillespie's one. (Kyushu College of Technology)

爆 破 論 (その二)

有限円筒薬包の爆発

(昭和 26 年 6 月 23 日 受理)

山 家 信 次

(日本カーリット株式会社)

筆者はさきに等方性物質内の一点に於ける球形装薬の中心より任意の距離 r に於ける点 P に働く内部応力は r^{-3} に比例すること (工業火薬協会誌 10 卷 51 頁) を述べたが、次に鑲型爆薬の場合につきこの理論を拡張して、その等ポテンシャル曲面を見出した (工業火薬協会誌 10 卷 110 頁)。

本論文は有限の円筒薬包の爆発による等ポテンシャル曲面の算出であつて円筒座標に於て第 1 図に示す如く軸方向を x 、半径方向を r とし有限円筒を

$$x \text{ は } -1 \leq x \leq 1$$

$$r \text{ は } 0 \leq r \leq \rho$$

とすれば任意の一点 $P (X, R, O)$ に於ける円筒内のポテンシャル $\phi (R, X, O)$ は円筒内の任意の点 $Q (x, r, \varphi)$ のポテンシャルに就き半径 ρ 以内 x を -1

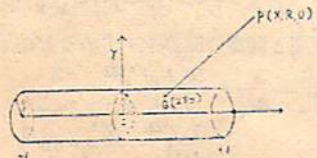
から $+1$ まで積分することによつて見出される。即ち

$$\phi (R, X, O) = \int_0^\rho r dr \int_{-1}^1 dx \int_0^{2\pi} d\varphi \frac{1}{(X-x)^2 + R^2 + r^2 - 2Rr \cos \varphi} \dots \dots (1)$$

この積分は柳川頼幸氏の好意によつたものであるが、その結果は

$$\begin{aligned} \frac{\phi (R, X, O)}{\pi} = & (X+1) \log \{ (X+1)^2 - (R^2 - \rho^2) \\ & + \sqrt{(X+1)^2 + 2(R^2 + \rho^2)(X+1)^2 + (R^2 - \rho^2)^2} \} \\ & - (X-1) \log \{ (X-1)^2 - (R^2 - \rho^2) \\ & + \sqrt{(X-1)^2 + 2(R^2 + \rho^2)(X-1)^2 + (R^2 - \rho^2)^2} \} \\ & + 2 - 2 \log 2 - 2[(X+1) \log(X+1) \\ & - (X-1) \log(X-1)] \\ & - \int_{-1}^{+1} \frac{dx}{\sqrt{1 + \left(\frac{R+\rho}{X-x}\right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{R-S}{X-x}\right)^2} - (R^2 - \rho^2)} \\ & \int_{-1}^1 \frac{dx}{(X-x)^2 \sqrt{1 + \left(\frac{R+\rho}{X-x}\right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{R-\rho}{X-x}\right)^2}} \dots \dots (2) \end{aligned}$$

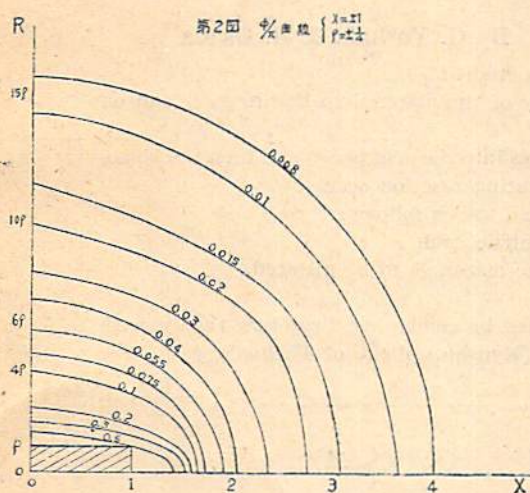
第 1 図



1) 東大第一工応用数学, 計算は補遺参照

式(2)の最後の2項は数値計算による方が正確でよいからその方法によつた。

計算例として $X=\pm 1, \rho=\pm \frac{1}{4}$ 即ち直径1に対して長さ4の薬包の爆発によつて起るポテンシャルの曲線を求めたがこれを第2図に示した。



ポテンシャル曲線は図に見る如く X 軸による回轉体であつてその X 軸長と R 軸長との比は薬包よりの距離が大となるに従い1に近よる。この値を第1表に示す。

第1表

ϕ/π	X	ρ	$\rho/4$	$\rho/4X$
0.5	1.413	1.60	0.400	0.283
0.3	1.588	1.94	0.485	0.305
0.2	1.613	2.50	0.625	0.387
0.1	1.650	4.00	1.000	0.606
0.075	1.725	4.74	1.185	0.687
0.055	1.880	5.65	1.413	0.751
0.04	2.063	6.85	1.713	0.830
0.03	2.363	7.98	1.996	0.844
0.02	2.763	9.90	2.475	0.886
0.015	3.075	11.45	2.863	0.931
0.01	3.650	14.20	3.550	0.973
0.008	4.000	15.70	3.925	0.981

福田政記氏の研究によれば同校内の粘土層に於て孔長 0.9 m 及 1 m 孔径 27 及 29 mm の穿孔内に直径 20 mm の櫻ダイナマイトを装填し第1図は薬包の周囲空隙のまま、第2図は細砂にて充填後爆発して発破後これを切断して空洞の長径と短径を測定した。そ

2) 棒状装薬に於ける破壊面の形状、筑豊鉱山学校報告

の成績は第2表の通りである。爆薬は長さ l を薬包より 8ϕ まで即ち 10 g より 80 g まで用いて試験したが両図の試験の成績差が少いから平均して記載する。

第2表

薬長	重量 (g)	短径 長径	空洞容積 (l)	空洞容積 火薬量 $\times 10$
ϕ (20mm)	10	0.995	5.33	5.33
2 ϕ	20	0.985	11.72	5.86
3 ϕ	30	0.965	15.84	5.28
4 ϕ	40	0.935	23.71	5.92
5 ϕ	50	0.910	28.67	5.74
6 ϕ	60	0.915	36.99	6.17
7 ϕ	70	0.850	44.96	6.42
8 ϕ	80	0.803	55.98	7.00

この成績を見ると爆発ガスが薬包の長さによつて軸方向に延びることを知るが、薬長 $l=4\phi$ ではこの比が 0.935 になる。この点が計算によるポテンシャル曲面の何れに一致するかは岩石の硬さ及抵抗によつて決定されると思うが大體相似の結果となる。第1表によれば $\phi/\pi=0.015$ に相当する。尙空洞容積を火薬量で除したものは薬量が増加する程稍増大する傾向にある。一般に回轉体は両徑の比が小さくなる程その内容は小さいのであるが、それにもかかわらず単位薬量に対する容積が増大するのはあたかも Trauzie 試験のそれに比して考えることを得る外熱傳導等による火薬エネルギーの減耗の影響と考えられる。

力の計算

ポテンシャルを Φ とするときの力の X 分力を F_x 半徑の分力を F_R とすれば

$$F_x = -\frac{\partial \Phi}{\partial X}, \quad F_R = -\frac{\partial \Phi}{\partial R}$$

で与えられるから F_x は補遺の式(c)を X で微分することによつて得られる。即ち

$$F_x = \pi [\log \{ (X-1)^2 - (R^2 - \rho^2) + \sqrt{(X-1)^2 + 2(X-1)^2(R^2 - \rho^2) + (R^2 - \rho^2)^2} \} - \log \{ 2(X-1)^2 - \log \{ (X+1)^2 - (R^2 - \rho^2) + \sqrt{(X-1)^2 + 2(X+1)^2(R^2 - \rho^2) + (R^2 - \rho^2)^2} \} + \log \{ 2(X+1)^2 \}]$$

又 F_R は補遺の式(c)を R で微分してから π に關する積分をすると得られる。

$$F_R = \pi \int_{-1}^1 dx \frac{2R [(X-x)^2 + (R^2 - \rho^2) - \sqrt{\varphi(Z)}]}{\{(X-x)^2 - (R^2 - \rho^2) + \sqrt{\varphi(Z)}\} \sqrt{\varphi(Z)}}$$

これを補遺と同様の演算をすすめると結果は

$$= 2\pi R \left[-\frac{1}{R^2} + \frac{R^2 + \rho^2}{2R^2} \int_{z_1}^{z_2} \frac{dZ}{\sqrt{\varphi(Z)}} + \frac{1}{2R^2} \int_{z_1}^{z_2} \frac{Z^2}{\sqrt{\varphi(Z)}} dZ \right]$$

となる。この括弧内第2項は補遺 (h), 第3項は式 (j) であつて共に数値計算によつて求められる。よつて求める力の絶対値は

$$F_1 = \sqrt{F_X^2 + F_R^2}$$

によつて求められ、その方向は与えられた点への作図で求めてよい。この計算例は示していないが X 軸線上がポテンシャル傾斜は大きい。

以上の解によつて薬包の薬徑と長さの比による圧力分布が明かとなつたが一般の装薬の場合の如く薬包を数本装填した場合の計算も容易である。本ポテンシャル積分は柳川頼章氏の計算によるもので茲に同氏に対し謹んで深甚の感謝を述べる。又同位ポテンシャル曲線を描くための数値計算は石井淳氏の熱心な努力によつて遂行されたことを銘記して感謝の意を表する。

補 遺

ポテンシャル解 柳川頼章氏計算

$$\Phi(R, X, O) = \int_0^p r dr \int_{-1}^1 dx \cdot \int_0^{2\pi} \frac{1}{a\varphi} \frac{1}{(X-x)^2 + R^2 + r^2 - 2Rr \cos \varphi} \dots (a)$$

$d\varphi$ の積分を行うに $\int \frac{d\varphi}{a+b \cos \varphi}$ の公式を用いて

$$\Phi(R, X, O) = 2\pi \int_0^p r dr \cdot \int_{-1}^1 dx \frac{1}{\{[(X-x)^2 + R^2] + r^2 - 4Rr^2\}^{3/2}} \dots (b)$$

$$= 2\pi \int_{-1}^1 dx \int_0^{\rho^2} \frac{d\xi/2}{\{\xi^2 + 2[(X-x)^2 - R^2] + [R^2 + 2R^2(X-x)^2 + (X-x)^2]\}^{3/2}}$$

ここに $r^2 = \xi$ である。 $d\xi$ の積分には

公式 $\int \frac{d\xi}{\sqrt{a+2b\xi+\xi^2}}$ を用いて

$$= \pi \int_{-1}^1 dx \left[\log\{(X-x)^2 - (R^2 - \rho^2)\} + \sqrt{(X-x)^2 + 2(X-x)^2(R^2 - \rho^2)^2} - \log\{2(X-x)^2\} \right] \dots (c)$$

ここで $(X-x) = Z$, $-dx = dZ$, $R^2 - \rho^2 = a$
 $R^2 + \rho^2 = b$ の変換を行うと上式は

$$= \pi \int_{X-1}^{X+1} dZ [\log\{Z^2 - a + \sqrt{Z^4 + 2Z^2b + a^2}\} - \log 2Z^2]$$

第2項の積分は

$$- \int_{X-1}^{X+1} \log 2Z^2 dZ = -2 \log 2 - 2[(X-1) \cdot \log(X+1) - (X-1) \log(X-1) - 2]$$

であるから

$$I = \int_{X-1}^{X+1} \log\{Z^2 - a + \sqrt{Z^4 + 2Z^2b + a^2}\} dZ \dots (d)$$

とすると式 (c) は次の様になる。

$$\Phi(R, X, O) = \pi [1 - 2 \log 2 - 2\{(X+1) \log(X+1) - (X-1) \log(X-1) - 2\}] \dots (e)$$

I を求めるために $Z^2 + 2bZ^2 + a^2 = \varphi(Z)$ と置き式 (d) を部分積分により変形すると

$$I = [Z \log\{Z^2 - a + \sqrt{\varphi(Z)}\}]_{X-1}^{X+1} - \int_{X-1}^{X+1} \frac{2Z^2(Z^2 + b + \sqrt{\varphi(Z)})}{\{Z^2 - a + \sqrt{\varphi(Z)}\} \sqrt{\varphi(Z)}} dZ$$

$$= (X+1) \log\{(X+1)^2 - (R^2 - \rho^2) + \sqrt{(X+1)^2 + 2(R^2 - \rho^2)(X+1)^2 + (R^2 - \rho^2)^2}\} - (X-1) \log\{(X-1)^2 - (R^2 - \rho^2) + \sqrt{(X-1)^2 + 2(R^2 + \rho^2)(X-1)^2 + (R^2 - \rho^2)^2}\}$$

$$- \int_{X-1}^{X+1} \frac{2Z^2}{\sqrt{\varphi(Z)}} dZ - \int_{X-1}^{X+1} \frac{2Z^2(a+b) dZ}{[Z^2 - a + \sqrt{\varphi(Z)}] \sqrt{\varphi(Z)}} \dots (f)$$

上式の最後の項を有理化してみると

$$- \int_{X-1}^{X+1} \frac{2Z^2(a+b)}{[Z^2 - a + \sqrt{\varphi(Z)}] \sqrt{\varphi(Z)}} dZ = \int_{X-1}^{X+1} dZ \cdot \frac{-2Z^2(a+b)\{\varphi(Z) - Z^2\sqrt{\varphi(Z)} + a\sqrt{\varphi(Z)}\}}{\varphi(Z) 2Z^2(a+b)}$$

$$= -2 + \int_{X-1}^{X+1} \frac{Z^2}{\sqrt{\varphi(Z)}} dZ - \int_{X-1}^{X+1} \frac{R^2 - \rho^2}{\sqrt{\varphi(Z)}} dZ$$

上式を式 (f) に代入して I を求めこれを式 (e) に代入すると求めるポテンシャルは

$$\Phi(R, X, O) = \pi [(X+1) \log\{(X+1)^2 - (R^2 - \rho^2) + \sqrt{(X+1)^2 + 2(R^2 + \rho^2)(X+1)^2 + (R^2 - \rho^2)^2}\} - (X-1) \log\{(X-1)^2 - (R^2 - \rho^2) + \sqrt{(X-1)^2 + 2(R^2 + \rho^2)(X-1)^2 + (R^2 - \rho^2)^2}\} + 2 - 2 \log 2 - 2[(X+1) \log(X+1) - (X-1) \log(X-1)] - \int_{X-1}^{X+1} \frac{Z^2}{\sqrt{\varphi(Z)}} dZ - (R^2 - \rho^2) \int_{X-1}^{X+1} \frac{1}{\sqrt{\varphi(Z)}} dZ \dots (g)$$

これが求むる式 (g) である。

この式の最後の2項は第一種及第二種の楕円積分である。計算には第一種の表があるが、第二種の場合は適当な表がないため数値積分による方がよいと思ふ。即ち式 (g) の最後の2項の $\varphi(Z)$ に $Z^2 + 2bZ^2 + a^2$ を置きかえ還元すれば

$$\int_{Z_1}^{Z_2} \frac{dZ}{Z \sqrt{\varphi(Z)}} = \int_{X-1}^{X+1} \frac{dZ}{\sqrt{Z^4 + 2bZ^2 + a^2}}$$

$$= \int_{-1}^1 \frac{dx}{(X-x)^2 + 2(R^2 + \rho^2)(X-x) + (R^2 - \rho^2)^2}$$

$$= \int_{-1}^1 \frac{dx}{(X-x)^2 \sqrt{1 + \left(\frac{R+\rho}{X-x}\right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{R-\rho}{X-x}\right)^2}} \dots\dots\dots (h)$$

$$\int_{z_1}^{z_2} \frac{Z^2 dZ}{\sqrt{\varphi(Z)}} = \int_{-1}^1 \frac{dx}{\sqrt{1 + \left(\frac{R+\rho}{X-x}\right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{R-\rho}{X-x}\right)^2}} \dots\dots\dots (i)$$

式 (g) 及 (h) を数値計算することによつて式 (i) のポテンシャルが求められる。

同様に

The Theory of Blasting II

By Nobuji Yamaya

Explosion of a Cylindrical Cartridge.

In previous papers it is reported that when an explosion of a point charge occurs at the origin in an isotropic medium, the internal stress due to this explosion at a point P and at a distance r from the origin is proportional to r^{-3} . By this hypothesis, the case of line charge of explosives has been discussed and an equipotential curves evaluated.

This paper as part II, the potential at any point due to the explosion of a cylindrical cartridge by the same r^{-3} law has been calculated by an equation (2) and equipotential curves shown by Fig 2. By differentiation of equation (2), the amount of force and its direction can also be evaluated.

(Nihon Carlit KK)

硝安・食塩系の熱分解

(昭和26年6月10日受理)

疋田 強・西村敏行・米田 圀昭

(東京大学工学部火薬学教室)

本研究は硝安及び硝安と食塩その他の物質との混合物の熱分解を 1) ガス発生速度 2) 発火点 3) 重量減少速度等の測定により追求したもので、硝安の爆発分解に就ては別に研究を行う予定である。

I 硝安の熱分解速度

試料硝安は化学用最純品を再結晶し真空乾燥器で 90° で乾燥した後 P_2O_5 デシケーターに保存する。融点 $167.3^\circ C$, 水分 0.15%。

分解温度は $210 \sim 290^\circ C$ を選ぶ、この間にて反応は $NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O$ を主とし副反応による N_2 , NO_2 の生成が少い。

装置は図1の如くで、試料 1g の中に熱電対を入れ、発熱反応による温度上昇を避け出来る限り一定温度で分解させるため、炉温を電圧と空気冷却で調節する。水蒸気は W 部に凝縮させ N_2O を飽和食塩水上

に捕集する。

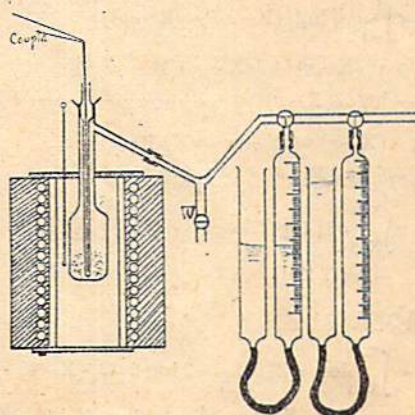


Fig. 1 Apparatus