

# 爆破の機構に関する研究

## 第一報 発破の際の土壌の破壊速度に関する実験

(昭和26年11月26日受理)

村田 勉・清水 達英

(日本油脂株式会社武豊工場)

### I 緒 言

物体の破壊の現象は甚だ複雑であるから岩石発破にせよ土壌発破にせよその機構を解明することは至難のことである。破壊は力の作用時間によつて異なる time-sensitive な現象であるから、岩石の如き連続体内の破壊の進行を、ボールミルの如き粉碎機の中の破碎に関する粗雑な法則を以つて律し得べきものではあるまい。発破の基礎理論を確立する為には爆薬量と最小抵抗線との関係の様な静的関係の実験の他に岩石の破碎速度、移動速度の如き動的関係の実験を集積する必要がある。

従来、此の様な動的爆破実験の発表が少ないので此処に筆者等はその第一着手として使用薬量と最小抵抗線とを変化させて、土発破の場合に放出される土壌の移動時間や速度を測定することとした。此の測定値は最近流行のミリセコンド発破の研究にも役立つと考えられる。

### II 実験方法

実験場所は日本油脂武豊工場の山奥の松の粗林ある赤土地帯であつて、使用爆薬は新桐ダイナマイト及び硝安ダイナマイトである。土中の爆薬が爆轟してから自由面が移動を開始する迄の時間を測定するために爆薬の薬柱を径 0.5mm の細い銅線で巻き、他方地表 0.5 cm の高さの所に地表の突出によつて閉回路を作る様

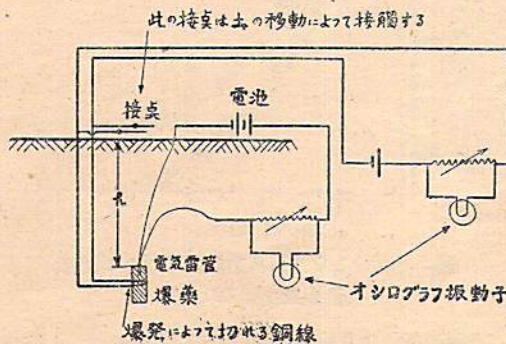


図1. 土壌破壊時間測定要領

に二本の銅線を平行に張る。而して此等の線を図1の如く電磁オシログラフに結線する。爆薬が爆轟すればそれを巻いている第一の銅線は直ちに切断され、次に土壌が爆轟圧で移動し始める時に、地表面にある銅線は接触してその間の時間をオシログラフに記録するのである。

### III 実験結果

実験の成績は硝安ダイナマイトの場合、表1及び図2に示し、新桐ダイナマイトの場合表2及び図3に示す。尚図4は電磁オシログラフに依る記録の一例である。

表1 (硝安ダイナマイト)

薬量 (g)	孔長 (cm)	最小抵抗線 (cm)	薬上端と自由面との距離 (cm)	漏斗孔の径 (cm)	時間 (m.s.)
50	24.0	20.0	16.0	82×84	0.96
50	23.5	20.0	16.5	82×91	0.83
50	33.5	30.0	26.5	69×72	0.20
50	33.5	30.0	26.5	78×79	1.50
50	43.0	38.5	34.0	52×56	2.50
50	43.5	40.0	36.5	51×56	3.10
50	53.5	49.5	45.5	46×48	3.40
50	53.5	50.0	46.5	34×44	3.30
100	27.0	20.0	13.0	96×96	0.60
100	27.0	20.5	14.0	98×105	0.60
100	37.0	30.0	23.0	110×115	1.00
100	37.0	30.0	23.0	83×84	1.40
100	46.0	39.0	32.0	87×89	1.80
100	46.0	39.5	33.0	82×86	2.30
100	57.0	50.0	43.0	79×80	3.50
100	56.5	50.0	43.5	76×78	3.50
100	67.0	60.0	53.0	72×81	5.10
100	66.5	60.0	53.5	82×84	4.10
200	51.0	40.0	29.0	98×102	1.50
200	52.0	40.0	28.0	118×120	1.70
200	62.0	49.0	36.0	115×145	1.90
200	64.0	53.0	44.0	112×115	2.70

200	81.0	70.0	59.0	115×121	4.00
200	81.0	70.5	60.0	115×112	4.00
200	102.0	90.5	79.0	93×110	7.50
200	102.0	90.5	78.0	108×120	6.20
300	67.0	50.0	34.0	161×164	2.10
300	66.5	53.0	39.5	151×152	2.10
300	87.0	71.0	55.0	136×140	3.20
300	85.0	69.5	54.0	125×136	4.50

備考 1. 時間々隔とは爆薬が爆轟してから自由面(地表)の動き出す迄の時間  
2. 土質は稍々堅い砂混りの粘土である。

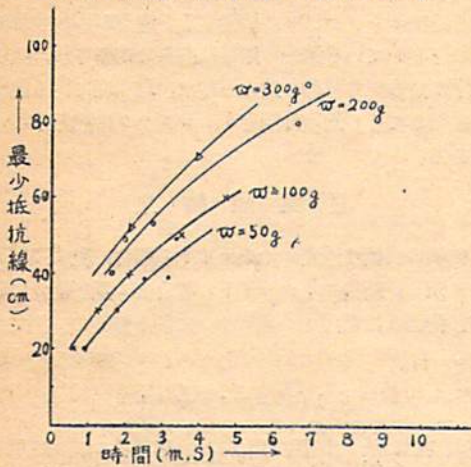


図2. 最小抵抗線と自由面移動開始時間との関係 (新桐ダイナマイト)

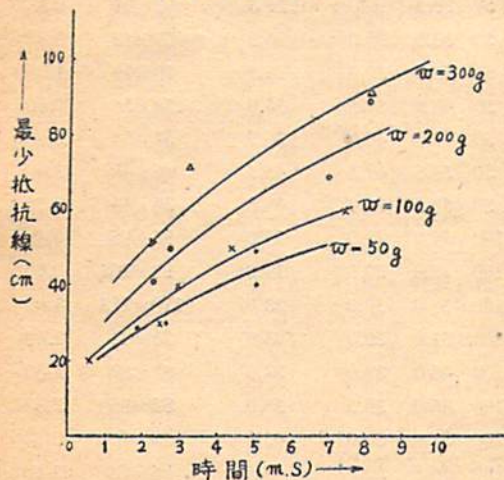


図3. 最小抵抗線と自由面移動開始時間との関係 (新桐ダイナマイト)

表2. (新桐ダイナマイト)

薬量 (g)	孔長 (cm)	最小抵抗線 (cm)	薬上端と自由面との距離 (cm)	時間々隔 (m.s.)
50	22.0	20.0	18.0	0.75

50	31.0	29.0	27.0	1.80
50	32.0	30.0	28.0	2.52
50	42.5	40.5	38.5	50.0
50	51.0	49.0	47.0	5.00
100	24.0	20.0	16.0	0.55
100	33.5	29.0	24.5	2.20
100	34.5	30.0	25.5	2.50
100	44.5	40.0	35.5	2.90
100	54.5	50.0	45.5	4.40
100	64.5	60.0	55.5	7.40
200	45.5	41.0	36.5	2.25
200	58.0	50.0	42.0	2.75
200	77.0	69.0	61.0	6.95
200	97.5	89.5	81.5	8.90
300	62.5	51.5	40.5	2.20
300	82.5	71.5	60.5	3.20
300	102.0	91.0	80.0	8.10

備考 1. 漏斗孔は測定しなかつた  
2. 土質は粗土壌である。

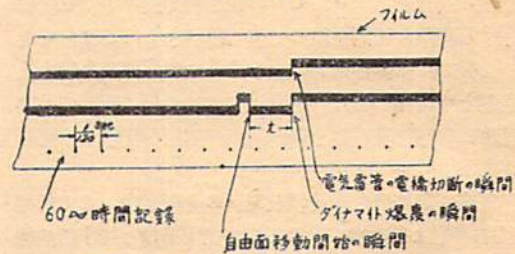


図4. 電磁オシログラフによる記録 (新桐ダイナマイト)

本成績より最小抵抗線が同一のときは薬量多い程爆薬が爆轟してから自由面が移動を始める迄の時間が短い。又薬量同一のときは最小抵抗線の大きい程土壌の動き出す迄に要する時間が長いことがわかる。次に最小抵抗線が40cmの場合の薬量と自由面移動開始迄の時間tを图示すれば図5の如くなる。

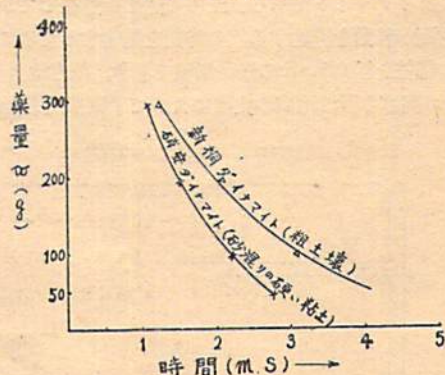


図5. 薬量と自由面移動開始時間との関係 (最小抵抗線40cm)

此等の結果より最小抵抗線が20~80cmの範囲で爆薬が爆轟してから自由面が移動を開始する迄の時

間は0.5ミリセカンドから10ミリセカンドなることがはつきりした。又表1の場合は表2の場合より土質が砂混り粘土の比較的硬いものであつた為自由面移動開始時間が速くなつてゐると考えられる。尙図2(硝安ダイナマイトの場合)に於て自由面迄の距離として最小抵抗線を探らずに爆薬の上端から自由面迄の距離をとる時は図6の様に300gの方が200gより却つて自由面移動開始時間が長いという不合理な結果となる。これは爆破は爆薬の中心から考えなければならぬ

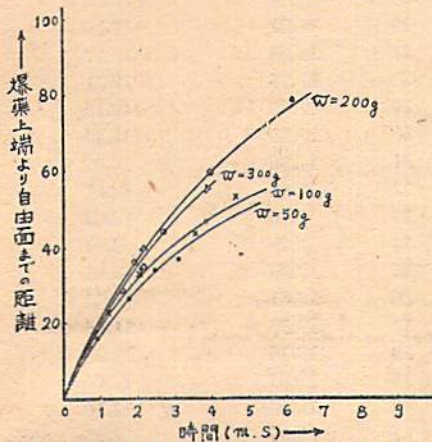


図6. 爆薬上端より自由面までの距離と自由面移動開始時間との関係

ことを示すと共に次の事実を物語るものと思う。即ち最小抵抗線が40cm ( $h=28$  cm), 装薬量200gの硝安ダイナマイト(薬長21cm)が爆轟するに要する時間は

約0.07ミリセカンドであるが自由面移動開始時間は1.5ミリセカンドで20倍も長いから爆薬は瞬時に爆轟して、その全圧力が自由面の移動にあづかることである。

堅い土に硝安ダイナマイトを用い、脆弱な土に新桐ダイナマイトを使用した本実験によれば自由面移動開始時間は前者が短い。然るに爆薬の特性としては火薬力も猛度も後者が大きいのであるから、土壌の如き物体の破碎に対しては爆薬の特性よりも寧ろ土壌の特性の方がより大なる影響を持つと考えられる。

#### IV 結 論

1. 土発破の場合の爆轟から自由面移動開始迄の時間は0.5乃至10ミリセカンドの範囲である。
  2. 硬い粘土質は脆い砂土の場合より移動の時間が多少短くなる様である。
  3. 此れより推察するに岩石の場合には自由面が移動する迄の時間は土壌の場合より短くなるであろう。但し岩石の剪断面のズレ開始までに時間がかかればそうでないことになる。此の点に関しては更に実験を続ける意向である。
  4. 自由面の移動開始時間は爆薬の爆轟時間に比較すれば20倍以上も長い。従つて爆薬爆轟の全圧力が瞬時に其の周囲に作用するものと考えてよい。
  5. 土壌発破の場合の破碎速度は爆薬の特性によるよりも土壌の特性(硬さ脆さ)により左右される。
- 終りに臨み本実験に従事された日本油脂武豊工場の植田武雄君及び田村肇君に感謝する。

### Researches on The Mechanism of Blasting:

#### I. Investigation on The Breaking Velocity of Soil in Blasting with Explosives.

By Tsutomu Murata and Tatsuhide Shimizu.

The time interval between the detonation of explosive and the upheaval of soil in free face was measured by oscillograph as follows:

Distance of least resistance (m)	0.4	0.6	0.8	1.0
Time from detonation to upheaval of soil (ms)	1.2	3.1	5.8	9.7,

when 300g of ammonia gelatinous dynamite was used.

(Nihon Oil & Fats Co. Ltd., Taketoyo Factory)

# 相 関 分 析 の 一 応 用 例

## 硝化綿製造における混酸中の水分量と硝化綿窒素量との相関

(昭和26年12月3日受理)

大 川 禎 三

(旭化成・延岡工場)

最近統計的品質管理が我国の産業界に取り入れられ各方面に盛んに利用されている。筆者は硝化綿製造作業に相関分析を試みた。硝化綿の窒素量は混酸組成、硝化温度、硝化時間等によつて決まるがその内混酸組成が最も重要である。混酸組成と硝化綿窒素量との関係については多くの研究があり、我国では千藤氏の詳細な研究がある。

ここでは現場作業管理の立場より、現場の管理図<sup>(1)</sup>を用いて混酸の含有水分量と硝化綿の窒素量との相関を数式による精密計算法及び図式による簡便法により求め両者の結果を比較した。

### 1 標 本

過去4箇月間の硝化綿製造現場の混酸水分の管理図及びこれに対応する硝化綿窒素量の管理図上の50点を用いた。

管理図は1日の分析試料数が少いため、2日分を副群とし  $n=4$  で書いてある。

表1 データ・シート

No.	混酸水分 (x)	硝化綿窒素量 (y)
1	17.37 %	12.22 %
2	17.76	12.22
3	17.74	12.16
4	18.47	12.06
5	18.24	12.07
6	18.05	12.05
7	18.22	11.99
8	18.21	11.91
9	18.20	12.07
10	17.80	12.03
11	17.86	12.09
12	17.65	12.16
13	17.70	12.19
14	17.81	12.24
15	17.62	12.22
16	17.70	12.38
17	17.38	12.07
18	17.46	12.27
19	17.64	12.22
20	17.72	12.25
21	17.55	12.24
22	17.56	12.21
23	18.28	12.11
24	18.22	12.01

25	18.34	12.08
26	18.21	12.10
27	18.08	12.17
28	17.74	12.21
29	17.69	12.16
30	17.99	12.14
31	17.96	12.07
32	17.88	12.07
33	17.96	12.02
34	17.98	12.02
35	17.99	12.01
36	18.41	11.91
37	18.39	11.86
38	18.36	11.88
39	17.95	12.06
40	18.08	12.10
41	18.09	12.05
42	18.23	11.88
43	17.77	12.01
44	17.94	11.96
45	18.01	12.06
46	17.98	12.08
47	18.11	12.01
48	17.98	12.06
49	18.14	12.11
50	18.01	12.06
平均	17.949	12.196

(註)  $x, y$  はそれぞれ管理図上の点であり、 $n=4$  の平均値である。

### 2 数式による相関係数の算出<sup>(2)</sup>

相関係数  $r$  は次式により表わされる。

$$r = \frac{1}{n} \sum \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x} \cdot \frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_y} \dots (1)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2}$$

或はまた

$$r = \frac{p}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \dots (2)$$

$$p = \frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \frac{\sum x_i y_i}{n} - \bar{x} \cdot \bar{y}$$

表1の各値を計算に便にするため次のように変形する。