

に依り節約及數量の減少する意味にて次のもの提案す。

滑走距離により L_1 及 L_2 の延長を變更すべきは當然なり、且風向の多少の變化に備へて青線の如くならず

も可。

圖-11 の如き築造をせんとするときは、全面鋪裝 30 000 m² に對し 21 000 m² となり、30% を利したることになり著しく施工期日を短縮し得。

飛行場土發破施工法

正會員 加賀美 一 二 三*

目 次

- | | |
|-----------------|-----------|
| 1. 概 説 | 5. 小發破施工法 |
| 2. 土發破法の意義 | 6. 大發破施工法 |
| 3. 土發破用火藥 | 7. 結 言 |
| 4. 飛行場位置の選定と發破法 | |

1. 概 説

飛行場急速建設の計畫、設計、施工等に關する項目中、滑走長距離を必要とし、現在の航空機重量の標準を以てするならば

イ. 設營諸機械の急速整備並に機械使用技術者の充足不可能

ロ. 建設資材並に施工人工の不足

上の理由に依り現實の問題として計畫及設計は容易でない。

然りとせば一般飛行場急速設營の障礙は飛行場候補地の地形、地貌、地質、繁茂植物及露頭岩等にして、之が伐木、除去、整地並に排水作業等に長時日を要するのであるが、所謂「土發破法」に準據するならば今日までの機械的設營法の感念より脱却し得て、短時日と少人數を以て準備施工を完了し設營經費まで償つて餘りあるものにて、今後種々なる條件の下に爆破施工を實驗するならば或程度の施工基準が得られるものと信ずる。

2. 土發破法の意義

火藥を使用しての發破作業の對稱物としては構造技術方面にては岩石破壊、鑛山方面にても坑道掘進、仕線作業から鑛石採掘に至るまで岩石發破を用ふるが、

炭礦にては軟岩程度以下の石炭に使用して成績を上げ且軍部方面にては爆破教範に示す如く利用されて居ることは衆知の事實である。從て粘土壤、砂礫混土壤、玉石混土壤並に樹根密生土壤の乾、濕地帯に對しても可成りのパーセントまで可能にして其の實例に乏しくない。今爆破剛靱係數を引用すると硬質花崗岩 0.65、安山岩 0.42、軟質礫岩及砂岩 0.26 に比して固結した土壤は 0.11 程度である。

只後述する如く其の目的に應じて火藥種類、火藥量、裝藥法、爆破法の選定、鑿土法の吟味、穿孔器具及穿孔機の選定並に準備は容易なるに依り土壤に對する爆破は可能にして、土發破施工法は成立するのである。

3. 土發破用火藥

火藥は組成、性能及用途等に依り分類されるが、今組成主劑の種類に依り分類すると

硝酸鹽類を主劑とせる爆藥	}	黑色藥
		硝安藥
		硝安ダイナマイト

1) Land Development with Hercules Dynamite, Land Clearing, Ditch Digging, Tree Planting, Subsoiling. 1923. Hercules Power Company.

Farmer's Hand book of Explosives. 1925. E. I. du Pont de Nemours and Company, Inc. Wilmington, Del.

How much Dynamite? 1934. Explosive Engineer. 爆破教範, 昭和 16 年 11 月, 陸軍省

* 宇都高等工業學校教授

- 硝酸酸窒を主剤とせる爆薬
 - スプレングル爆薬
 - セヂット爆薬
 - ピクリン酸を主剤とせる爆薬
 - 黄色薬
 - 過硝酸酸窒を主剤とせる爆薬
 - カーリット
- ニトログリセリンを主剤とせる爆薬(ダイナマイト)
 - 珪藻土ダイナマイト
 - 微焔ダイナマイト
 - 不凍ダイナマイト
 - 膠質ダイナマイト(プラスチック・ゼラチン)
- 綿火薬を主剤とせる爆薬
 - 鑛山綿火薬
 - 粉状無煙薬

液體酸素爆薬

一般土木工事や鑛山方面にては黑色火薬、カーリット、ニトログリセリンを主剤とするダイナマイトを、炭礦方面にては主として硝安ダイナマイト及微焔ダイナマイトを、軍部方面にては黄色、灰色、淡黄薬を主とし其他應用爆薬及黑色火薬を用ひて居る現状である。

今飛行場設営方面として大發破には黑色及黄色火薬を使用するが、小發破には含濕土壌も可成多いから思はしからず、又爆破力はカーリットの約 1/4 に過ぎないので、ダイナマイトより發火點低く、衝撃に對し取扱上の危険性も、保存中の自然分解に爆破力の減殺もなく、價格低廉なるカーリットを使用すべく、勿論黄色薬が利用出來れば最も良い。スプレングル、セヂット及液體酸素爆薬は餘り用ひられない。

4. 飛行場位置の選定と發破法

飛行場位置の選定は軍作戦計畫は素より種々なる條件により拘束されるのであるが、現在の飛行場面積として適當なる廣潤平坦地にて風向、風速、場の勾配、荷重地耐力、地質構造、出來得る限り設営障碍の僅少、地上施設の便否等各般の要項に支配されるのであるが大體次の 2 つに分類される。

- (1) 小發破法にして整地土工に對して伐木、除根、轉石露頭の爆破處理並に排水工としての盲渠、開渠の開鑿爆破を以て完了するもの。
- (2) 大發破法(所謂坑道爆破)を施工して、大土工計畫の下に整地作業を完了するもの

要之、必要に應じ何れかの設営法を採用すれば良いのである。

5. 小發破施工法

(1) 伐木

樹木を伐木する際には通常外部装薬と内部装薬とを用ふる。

イ. 外部装薬發破

外部装薬は圖-1 の如く展列及集團装薬の 2 法であるが、綱、繩、麻絲、鐵線、装薬捆包帶等にて堅く樹木に縛著して爆破する。

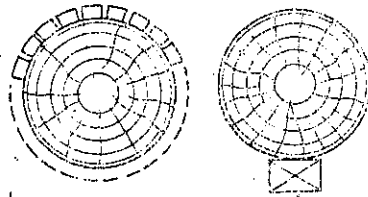
爆破に要する薬量は下式に依り算定する。

$E = cD^2$

式中、E=薬量(g), c=樹木の抗力係數,

D=丸太にて直徑(cm)

圖-1.



生立木に對する抗力係數は不明であるが、爆破數範には表-1 の値が與へられて居る。

表-1.

	普通材	節多き材、強靱なる材
丸太	1.3	1.6

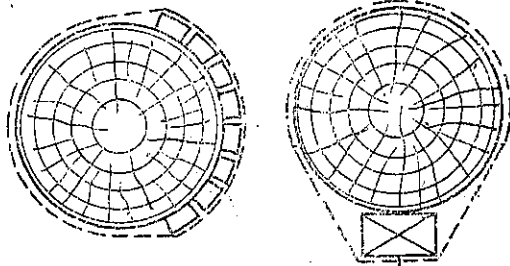
集團装薬のときは上式薬量の約 1.3 倍を、又水中爆破のときは約 2/3 を用ふる。

例 1. 直徑 30 cm の立松木を圖-2 の如き展列装薬にて爆破する場合

$E = 1.3 \times 30^2 = 1170 \text{ g} \doteq 1.2 \text{ kg}$

圖-2.

圖-3.



直徑の大なる場合は展列が材の周長を超ゆる場合あり、一部重疊し概ね其の中央に點火具を装着する。

例 2. 直径 35 cm の松立木を圖-3 の如き集團装薬にて爆破する場合

$$E = 1.3 \times 35^2 \times 1.3 = 2070 \text{ g} \doteq 2.1 \text{ kg}$$

ロ. 内部装薬爆破

内部装薬の場合は外部装薬の場合の 1/6 の薬量を用ふる。

例 1. 直径 30 cm の立松木の爆破の場合

$$E = 1.3 \times 30^2 \times 1/6 = 195 \text{ g}$$

伐木に於ける装薬の位置は樹木の顛倒方向に關係せず、又直径 40 cm 以下の樹木は内部装薬に依るより

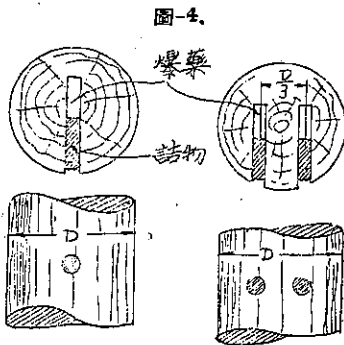


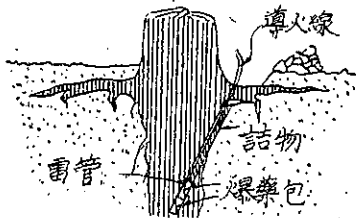
圖-4.

も木工器具に依る方が迅速と言へる。

(2) 除根

樹根は種々の根を有ち根の性質に依り爆薬の装填法を定めて、土壌中に延びたる根を爆破するのである。生切株は枯死した樹株より爆破困難にして多量の爆薬を使用することになる。堅硬なる土壌中に在る樹根は荒き砂地より容易である。粘土質土壌が濕潤したる時は弾力性をもつて爆破の成績は良くない。従て各土壌にて 2~3 個の小樹根に就て豫備試験をなし爆薬の適當量を定めることになる。

圖-5. 幹根第一法による爆破



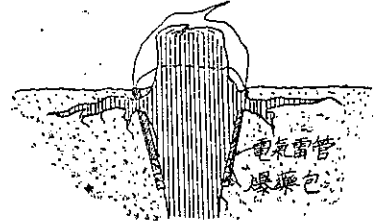
(イ) 幹根 (Tap Root) を有する場合

第 1 法: 樹根の一部の土壌を掘つて 50 cm 程幹

根を露出して、穿錐機にて斜方向に根の中心部に孔を穿ち、其の深さ約半分位まで爆薬を装填し充分に詰物をなす。爆薬量は幹根及切株の太さ n にて定める。

第 2 法: 幹根の周圍に同じ間隔に孔を 2 個又は其以上穿ち電氣雷管を取付けた爆薬を装填する。之の

圖-6. 幹根第二法による爆破



方法は堅固な樹根や重き根に爆薬量を多く装填しなければならぬが成績は良い。

(ロ) 横枝根 (Lateral Root) を有する場合

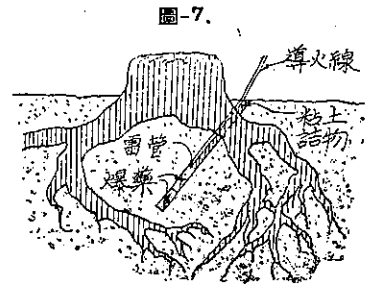
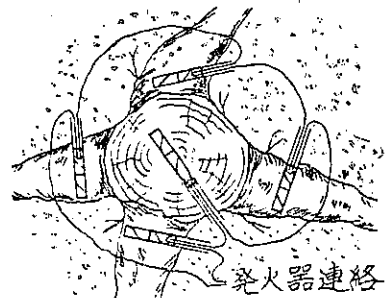


圖-7.

横枝根を有する場合には圖-7 の如く斜の方向に約 1 m の深さ穿孔し、導火線を取付けた雷管を爆薬に装着したものを装入す。

(ハ) 大樹根の場合

圖-8.



大樹根の堅き土壌にあるものは幹根に斜方向に孔を穿ち又重き堅固なる枝根にも數個の孔を穿つ。圖-8

の如く中央孔には他孔よりも少し多く装薬し、電気雷管にて發火す。

(二) 樹根爆破の一般事項

i 空洞となれる樹根は空部を通して電気雷管にて装薬し、穿孔部及空洞部に土壤を填充して爆破を行ふ。

ii 爆薬装入位置は樹根の全部及幹根を包含して爆破孔の圓錐形内に在る様に穿孔の深さを定める。

iii 爆薬量は樹根と圓錐形内の土壤とを空氣中に持上げる丈に使用すればよい。

iv 樹根下層土壤に孔を穿つには鐵桿又鑿錐棒を用ふ。大樹根には1m以上の長さの試錐機を用ふ。

v 樹根下層孔に數個の爆薬の薬包を入れる場合には、導火線付雷管又は電気雷管を装着したる薬包を最後に装入し充填物を十分に詰める。

vi 孔内に湧水ある場合薬包が損傷せられざる様に保護し紙包を破らぬことを良とす。又装填した後速に點火し爆破することを可とす。若し装填火薬の上部に水深0.3m以上もある時は詰物をなすことを要しない。

vii 廣潤なる土地の爆破をなすとき容易に除却されずに裂かれた根は合掌鎖繩又は引拔機を使用す。

(3) 立生木を爆破する場合

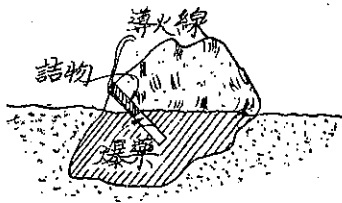
迅速を要する場合には樹根の種類を吟味して装薬するが、更に樹幹、樹枝の重量をも加味して、大樹根の場合の如く中央孔に相當する爆薬量を装填爆破し取片付ければよい。

(4) 轉石、露頭岩の處理

工事に横たわる轉石を除去するに樹根と同様に爆破することは迅速にて容易なる處理法にて次の3方法がある。

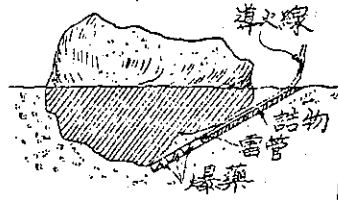
(イ) 穿孔法

圖-9.



本法は轉石に錐にて孔を穿ち、少量の爆薬に導火線付雷管を挿入したものを圖-9 如く填入し、次に土砂

圖-10.



の詰物を充分になして點火爆破せしめる。本法は甚だ堅き石又は大きい石塊を破毀するによい。

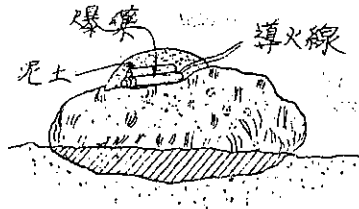
(ロ) 蛇穴法

轉石下層部の側壁の土壤に孔を穿ち雷管付爆薬を緊密に填入し詰物をなす。爆薬量の多少により、轉り、投出し、細片となる。

(ハ) 覆土法

轉石の上層面に猛性なる爆薬を密着し、導火線付雷管を挿入し其上に濕潤した泥土にて約7cmの厚さに覆つて爆破せしめる。泥土覆厚は13~15cm以上に成せば良好である。轉石が土中に埋没し居る場合には

圖-11.



覆土法のみにては完全に碎破すること困難なるにより蛇穴法により轉出し覆土法にて破砕する手段をとる。

地形上露頭岩等に遭遇せしときは、一般に轉石爆破の穿孔法か覆土法により爆破し、基準面に差支へなきまで整地作業を実施すれば良いのである。

(5) 堆土の爆破と弛解

土壤の爆破は通常内部装薬即ち地中装薬による。装薬するには一般土工具又は穿孔機による。破壊威力は4周均等にして圈状をなすものと假定し、之の圈と物體表面の接觸如何に依つて圖-12の3種となる。

尋常及び過量装薬の爆破後土壤の飛散せる形状は漏斗状をなし、開口表面孔の半径は略々威力圈の半径に等しい。土壤を崩壊せしめるには通常装薬を、又遠く飛散し、装薬数を減じて作業を簡単にせんとする場合には過量装薬を用ふる。數個の装薬を並裝して爆破するときの装薬間隔は威力圈の半径の1.5乃至2倍で

圖-12.

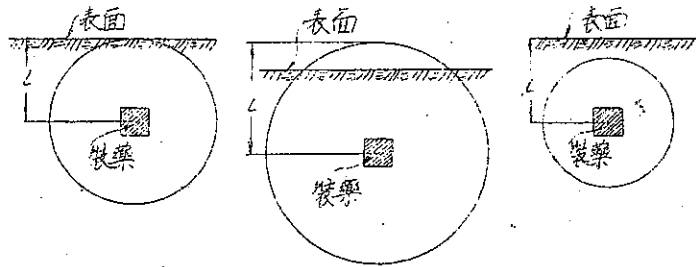
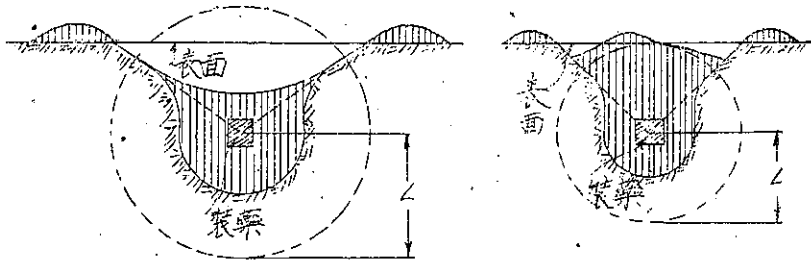


圖-13.



ある。

土壤の弛解を目的とする場合には震盪装薬を用ふる。震盪装薬量は尋常装薬の 1/8 (最小装薬) 乃至 1/3 (最大装薬) とし、震盪威力圏の半径は同量の尋常装薬の威力圏の半径の 1.5 乃至 2 倍である。

爆薬量は

集團装薬の場合； $E = cdL^3$

展列装薬の場合； $F = cdL^3$

式中、 E = 薬量 (展列装薬は毎米の薬量) kg

c = 物體の抵抗係數

d = 填塞係數

L = 威力圏の半径 m

表-2. c の 値

種 類	c
岩 石	3
硬粘土, 凍結土	3
普通土壤	1

d の値は装薬の位置及び填塞の状態により變化するが、1~4.5 の範圍である。

土發破にて過量装薬を用ふるときは地質に依りて概ね下記の威力圏半径を定められる。(表-3)

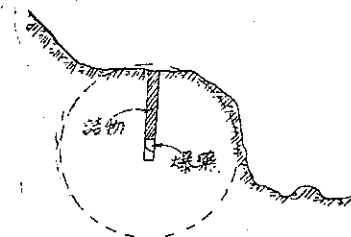
表-3.

軟 土	最小抵抗線の 2~3 倍
尋常土及び硬土	最小抵抗線の 1.5~2 倍

註； 最小抵抗線とは装薬と物體の表面との最短距離を云ふ。

装薬の爆發に當り漏斗狀部の土壤は飛散するが再び落下して一部は孔心部を埋填し、他は孔邊に堆積す

圖-14.



る。但し尋常装薬又は之に近い過量装薬にては孔内の埋填は多く正しい漏斗狀をしない。

例、圖-14 の如き土塊を幅約 6 m、長さ約 20 m 爆破せんとするときの爆薬量を求む。

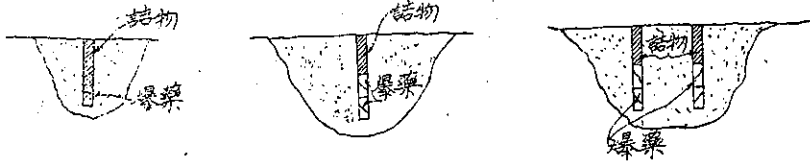
$L=4\text{m}, c=1, d=1,$

圖-15. 溝渠の大小に應ずる爆破法

イ. 小溝, 1孔列 1箇薬包

ロ. 中溝, 2孔 2箇薬包

ハ. 廣幅溝 2孔列 2箇薬包



$$E = 1 \times 1 \times 4^3 = 64 \text{ kg}$$

従て威力圏は約 3 箇所装薬すれば良く $3 \times 64 = 192$ kg である。

(6) 排水溝の爆破

飛行場排水工事は施工基準勾配にも準據するが、場合は主として盲渠、周圍や必要箇所を開渠を設營することになるので、盲渠は濕地の開拓と場表面の排水の目的、開渠は集水排水の目的である。

排水爆破の方法として次の 2 法がある。

イ. 電氣爆破法 濕潤及び乾燥の何れの地層にも使用出来る。

ロ. 傳播爆破法 濕潤せる地層にのみ使用する。

爆薬を使用しての排水工は所要時間少く、工事使用装置に對する經費少く、規模の大小に應じ得るなど他の工事方法に比較して有利と考へられる。例へば深さ 0.6 m 穿孔して其半分の深さまで浸水して來る様な濕潤なる地層でも傳播爆破をなせば良く、地表は沼澤、樹根及び 10 cm 程度の水を湛へて居る様な荒地でも可能とされる。

(1) 試驗爆破

傳播法にては孔深及び孔相互間の間隔は、2~3 發破試驗を行ひ其の適當なる位置を定める。排水溝渠の穿孔深は 1 m 位まで一般には 60~75 cm にして、間隔は 45~60 cm である。試驗爆破には孔深 60 cm、間隔 45 cm 位で行ひ、其場所に應じて孔深、間隔の増減をなす。1 列の穿孔には約 10 孔、1 孔に爆薬 1 箇包宛装填し孔内の薬包の上部に水を湛へる時は填物は要せず、若し水無ければ土壤を孔の詰物とす。之の装填法に依れば土壤約 10 數 m 高く吹き上げ、附近の面積約 10 m の範圍に撒布す。之の方法にて成績が良くなければ爆薬量を増加して、更に試験しなければ

圖-16. 溝渠装薬連結

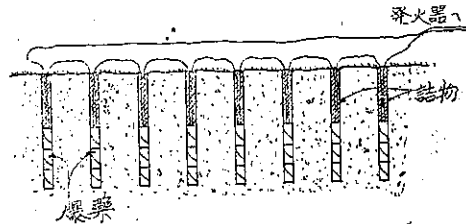
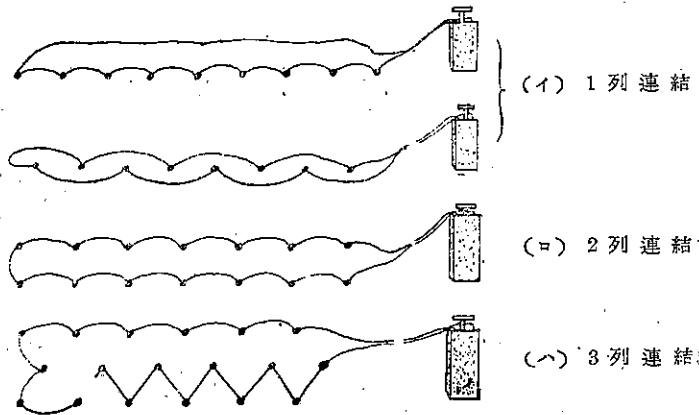


圖-17. 導薬火線と發火器



ならない。又穿孔の深さは地層に依つて深くしたり浅くして良いことがある。

(2) 溝渠の大きさと装薬量

溝渠の大きさにより装薬量は加減すれば良く圖-13の如く爆破し、濕地帯には前項既述の如く施工すればよい。即ち堅固なる地層には尖鋭の鐵棒又は工具にて穿孔すれば良く、濕地帯にては僅少努力にて穿孔し得るものである。電氣雷管を使用し一齊爆破を行ふが、圖-15の如き装薬法がある。

溝渠用爆薬装填連結は圖-16及び圖-17の如くである。

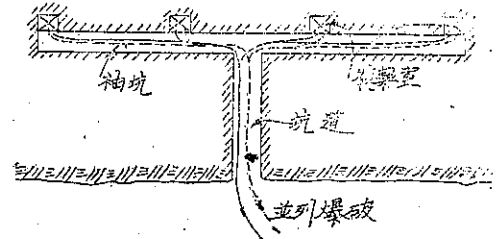
溝渠の電氣爆破に於ける装薬方法、孔深及び間隔は試験爆破によりて定める。而して排水溝の爆破には電氣爆破にて直列接續法が採用されるのである。

6. 大發破施工法

自然地盤にか又は伐木爆破終了後、鑿井式か坑道式かにより装薬して大土量を爆破する大發破法がある。鑿井式は装薬搬入の爲に豎に井戸を掘り、其の端部を装薬室となすものである。坑道式は装薬室に達する横孔即ち坑道を設けるもので、圖-18の如く更に袖坑を

作つて装薬室を設ける。坑道は排水を考慮して少し上勾配とする。除丘、除岩等にて爆薬量1tに對して土量10~15tにも達する効果を上げ得るもので、黑色

圖-18.



火薬（小粒薬中に大粒火薬を混交して使用する所謂ハコ火薬）を用ひ爆破に際し並列接續法が採用されるのである。

7. 結 言

土發破施工法の簡易さと利點は上述の如くである故排水工完了後一般地均し整地の如く勾配機又は其他にて土量運搬をなし、展壓機にて地耐力を得せしめ、滑走路を鋪装し、飛行場營造物を築設し目的に沿ひ得るのである。