

## 第 2 編

### 土 質 道

- 第 1 章 土 の 名 稱
- 第 2 章 土 粒 の 分 別
- 第 3 章 路 床 土 質
- 第 4 章 土 道
- 第 5 章 砂 利 道
- 第 6 章 碎 石 道
- 第 7 章 水 締 マ カ ダ ム
- 第 8 章 安 定 理 論
- 第 9 章 ロ ー ラ
- 第 10 章 碎 石
- 第 11 章 岩 石

## 梗概

この第2編は、舗装の基礎になる部分、或は未舗装のまゝ使はれる路について、記した。土質道といふ名で總括してあるが、實は本編を三部に大別して貰ふと、分りやすい。

**第1部 (第1, 2, 3章)** 普通に砂や粘土と呼ばれてゐるのは、嚴密にいふと、どんなものか。それをどうして區別するか。また路床の土の性質により、施工の上にどんな注意があるか、等につき、土の根本性質を述べたものである。

**第2部 (第4, 5, 6, 7章)** 土道、砂利道、碎石道、水締マカダムの四つの路面について記した。これらは、そのまゝ長く使ふこともあるし、數年たつて舗装の基礎にすることもあつた。第8章は、路面の安定さが、どういふ機構にもとづくかを述べた。これは、一般舗装にも通ずる原則である。

**第3部 (第9, 10, 11章)** ローラ、碎石、岩石の知識は、道路の施工に必要なものだから、章を改めて記した。

## 第1章 土の名稱

|     |        |             |
|-----|--------|-------------|
| 章目次 | 1. 土の粒 | 3. 粒度による土の名 |
|     | 2. 粒区分 | 4. 成因による土の名 |

## 1. 土の粒

**土** 地殻の表部を漠然と指すこともあるが、こゝでは、岩石の風化してできた、細かい粒の集りを、土と呼ぶ。土は、動植物の腐つたものを含むこともあつて、農業用には、それが必要である。しかし、道路用の土は、有機物の必要がない。礦物質だけの方が、路に用ひて具合がよいのである。

**路床の土** 路床とは、『道路において、加工しないまゝの土の部分』、或は『表層に比べて、加工の程度の少ない部分』をいふ。

路床 (subgrade) は、また、路盤ともいはれてゐる。内容は同じである。

路床の土は、安定さ (stability) が、十分なくてはならぬ。安定さとは、『荷重をうけたとき、形の崩れに抵抗する性質』をいふ。安定さが大きいとは、重いものが來ても、形の崩れにくいことである。

**安定さ** 土の安定さは、内部摩擦力 (internal friction) と、凝集力 (cohesion) に左右される。内部摩擦力が大きいと、土の粒が動きにくい。また凝集力が強いと、粒相互が固く結ばれてゐることになる。

經驗によると、内部摩擦力は、土の中の粗大な粒に待つ。凝集力は、微細な粒による。だから、土の安定さは、『粗大な粒による内部摩擦力と、微細な粒による凝集力との合成効果である』。

路床の土の安定さを増すには、粗大な粒と、微細な粒とを、適當な割合に混ぜてやればよい。これが、土の安定さを大きくする原理である。

## 2. 粒 區 分

土は、大小の粒の集りである。しかし、單に大きい粒とか、小さい粒とかいふだけでは、間違ひが起りやすい。そこで、大きい粒から、小さい粒までの全範圍を、いくつかの班に分け、夫々の區分 (fraction) に對し、名稱をつけることが行はれてゐる。區分の切り方には、いろいろあつて、次に數種の例をあげよう。

細 土 一番簡単な分け方は、小粒の群を細土 (fine soil) と名づる方法である。細土として、粒徑 2mm 以下を指すが、從來多かつたけれども、土木工事の實際からいふと、5mm 以下を細土といつた方が便利なことが多い。

|     |            |          |
|-----|------------|----------|
| A 法 | { 礫<br>細土  | 2mm 以上の粒 |
|     |            | 2mm 以下の粒 |
| B 法 | { 砂利<br>細土 | 5mm 以上の粒 |
|     |            | 5mm 以下の粒 |

礫といふも、砂利といふも、言葉の上の違いである。學者は礫といふ字を好むだらうし、實際家には、砂利と呼ぶ方がピンと來て、好ましいであらう。

A 法と B 法は、自分の都合よい方を、とればよい。

注 意 細土と礫 (砂利) の區別は、粒群に與へた名稱である。實際の土は、多くの場合、細土と礫の混つたものである。細土ばかりの土、或は礫 (砂利) ばかりの土が、どこにでもあるとは限らない。

## 細 土 の 細 分

土の粒を、細土と礫 (砂利) の二つに分けただけでは、土の性質を究める上に、不十分であるので、細土をもつと、細かに分けることが行はれてゐる。この細分の仕方にも、いろいろあつて、人により、國により、まちまちである。

細土の小分けに使はれる名稱としては、次のやうな語がある。

|        |                        |          |
|--------|------------------------|----------|
| 1. 細 土 | { 砂 粒<br>粘土粒           | 細土のうちの大粒 |
|        |                        | 細土のうちの小粒 |
| 2. 細 土 | { 砂 粒<br>シルト粒<br>粘 土 粒 | 大きい粒     |
|        |                        | 中位の粒     |
|        |                        | 小さい粒     |

もつと細かい名稱をつける人もある。

以上は、名稱であるが、更に厄介なことは、區分の切り方が、實に、まちまちである。粘土粒といつても、0.01mm 以下を定義する人があり、0.005mm 以下と定める人もある。砂粒についても、同様の亂れがある。これを調べだすと、結局、どうしてよいか分らなくなるほどである。

さて、私どもに大切なことは、路床の土として、どんなのがよいかといふ點である。路床の土のよしあしを、言葉に表現する上の便宜上、粒區分に、いろんな名をつけるのである。粒の名稱を増し、區切りを細かにしたからといつて、それで、路床の土が、よくなるわけのものではない。

土質は天然のものである。一方、細土の名稱は、觀念の所産で、いはゞ机上の空説である。名稱をいくら細かにしても、天然の土を變へる力は生れて來ない。

路床の土の姿を、正しくつかみ、それを最良の狀態に改めることが、私どもの仕事なのである。細土の細分は、この目的を達するに必要な、一つの道具である。道具は、なるだけ簡便なものがよい。即ち、細土の細分は、現場人の誰でもが、すぐ分るやうな、簡潔なものでなくてはならぬ。學者は、やゝもすると、分類そのものを重要視して、その分類を必要とした大目的を忘れることがある。本末の顛倒であつて、われらは、それをとらぬ。

## ASTM の 區 分

American Society for Testing Materials (A.S.T.M.) の規格 D-422-39 (第 14 節) には、粒の區分が、次のやうに定めてある。これは、道路の土の研究を目的に定めたといふ歴史もあるし、また簡明な分け方でもある。

ASTM の粒区分

| 粒 の 名                 | 区分の範囲        |
|-----------------------|--------------|
| 粗 粒 (coarse material) | 2.0mm 以上     |
| 粗 砂 粒 (coarse sand)   | 2.0 — 0.25mm |
| 細 砂 粒 (fine sand)     | 0.25—0.05mm  |
| シルト粒 (silt)           | 0.05—0.005mm |
| 粘土粒 (clay)            | 0.005mm 以下   |

粘土粒のうちの微細なものは、特に次のやうにいふ。

コロイド (colloid)      0.001mm 以下

## 農學會の区分

日本農學會では、主として耕地の土を調べる目的で、次の区分をした。

農學會の区分

| 粒 の 名                 | 区分の範囲      |
|-----------------------|------------|
| 礫 (gravel and debris) | 2.0mm 以上   |
| 砂 粒 (sand)            | 2.0—0.01mm |
| 粘土粒 (clay)            | 0.01mm 以下  |

この区分は、實に簡明である。礫と砂粒を 2mm で切り、砂粒と粘土粒を 0.01mm で切つた。こんなら誰でも覚えやすいし、日常の言葉とも近い。

## 鐵道省の区分

鐵道省土質調査委員會では、次の区分をした。土質調査を専門とする人には、この位に細かくないと、物足りないであらう。素人の私どもには、いささか詳しくすぎて、粒名と区分範囲のよく覚えられない嫌ひがある。

鐵道省の区分

| 粒 名   | 区分範囲           |
|-------|----------------|
| 礫     | 2.0mm 以上       |
| 細 礫   | 2.0 — 1.0mm    |
| 粗 砂 粒 | 1.0 — 0.5mm    |
| 中 砂 粒 | 0.5 — 0.25mm   |
| 細 砂 粒 | 0.25 — 0.10mm  |
| 微 砂 粒 | 0.10 — 0.05mm  |
| シルト粒  | 0.05 — 0.005mm |
| 粘土粒   | 0.005—0.001mm  |
| コロイド  | 0.001mm 以下     |

## 区分試案

甚だおこがましい次第であるが、道路の實用上には、次のやうな区分がよくないかと、私は考へてゐる。これは、土質調査専門家へ對するものではない。

土粒区分(試案)

| 粒 名          | 区分範囲      |
|--------------|-----------|
| 砂 利 (gravel) | 50—5mm    |
| 砂 粒 (sand)   | 5—0.01mm  |
| 粘土粒 (clay)   | 0.01mm 以下 |

砂利を用ひたわけ。— 農學會でも鐵道省でも、2mm 以上の区分を礫と呼んでゐる。ところが、この礫といふ言葉は、土木工學において殆ど使はれない。のみならず、日常生活においても、私どもの目に殆ど觸れない。死んだ文字である。

一方、砂利といふ語は、土木工事と切離すことの出来ないまでに、私どもの頭へ滲透してゐる。また日常の會話においても、砂利といへば、誰にでも通じる。

コンクリート用の砂利は、示方書において、粒の大きさ 5mm 以上を指す。またコンクリート用の砂は、粒の大きさ 5mm 以下と定められてゐる。か

ういふことのある以上、土の粒区分も、それに歩調を合せた方が、便利である。殊に道路の場合には、路床の土の性質を調べると同時に、その上へコンクリートを打つこともある。さういふとき、土質の砂は 2mm 以下、コンクリートの砂は 5mm 以下といふやうに、くひ違ひのあるのは、面白くないことである。道路全般に對し、一元的な区分で行く方が、便利であるまいか。

**シルト**を省いたわけ。シルトは、沈泥と譯されてゐる。この語は、どういふものか、粒区分を表はす上に、ピンと來ないものがある。それは、淤泥といはれて、河、湖、沼、池、下水などに沈積したものを指すこともあつて、その語感が混入して來るためかも知れない。沈泥といはれても、0.05—0.005mm の粒群が、すぐ頭へ浮ばないのは、獨り私だけではあるまいと思ふ。

**化學粘土** 粒区分においていふ粘土は、粒の大きさだけに着目し、成分の何であるかは、問はない。化學工業にも粘土が使はれ、そのときは、

1. アルカリ珪酸礬土質（長石、角閃石、雲母など）の風化して、
2. 可溶性アルカリ鹽類等を失ひ、同時に
3. いろんな不純物の混つたもの

これを粘土と總稱する。粒の大きさは問はない。純粹な粘土は、高陵土 (Kaolin) で、長石類の分解して出來たもの。分子式は  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

セメント製造においては、『珪酸  $SiO_2$ 、礬土  $Al_2O_3$ 、酸化鐵  $Fe_2O_3$  を供給する原料』に對して、粘土といふ名を與へてゐる。岩石の大塊でも、粘土といはれる。

このやうに、粘土といふ語は、使ふところにより、いろんな意味になる。

### 3. 粒度による土の名

土は、大粒と小粒の混つたものである。その混り方を指して、粒度 (grading) といふ。粒区分の比率によつて、土に、種々の名がつけられてゐる。名のつけ方には、いろんな様式があつて、次に二三の例を示す。

**米道路局の名** U. S. Bureau of Public Roads は、ASTM の粒区分を採用し、その比率により、土に次のやうな名をつけてゐる。

米道路局の土の名 (% は重量比)

| 土 の 名                | 砂 粒%  | シルト粒% | 粘土粒%  |
|----------------------|-------|-------|-------|
| 砂 (sand)             | 80 以上 | —     | —     |
| ローム (loam)           | 50 以下 | 50 以下 | 20 以下 |
| 粘土 (clay)            | 50 以下 | 50 以下 | 30 以上 |
| 砂質ローム (sand loam)    | 80—50 | —     | 15 以下 |
| シルト質ローム (silty loam) | 50 以下 | 50 以上 | 20 以下 |
| 粘土質ローム (clayey loam) | 50 以下 | 50 以下 | 20—30 |

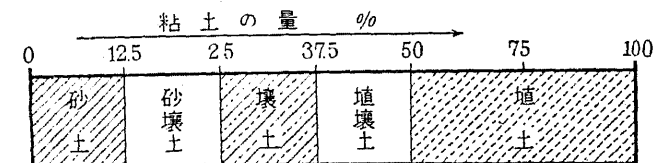
### 農學會の名

日本農學會は、農學會の粒区分にもとづき、土の名を次のやうに定めた。

農學會の土の名

| 土 の 名             | 粘土粒の量 %   |
|-------------------|-----------|
| 砂土 (sand)         | 12.5 以下   |
| 砂壤土 (sandy loam)  | 12.5—25.0 |
| 壤土 (loam)         | 25.0—37.5 |
| 埴壤土 (clayey loam) | 37.5—50   |
| 埴土 (clay)         | 50 以上     |

圖 1. 農學會の土の名



Clay を埴土と譯されたのは、粒名の『粘土』と混同しないための用意であらう。土木技術者には、耳馴れない語である。なほ % は、すべて重量比である。

埴土といふ語も、耕地の土には適切であらう。土木的には如何であらうか。

農學會では、2mm 以上の粒を礫といふ。礫の多少を示すのに、次の約束をする。

礫なし (5% 以下)      礫を含む (5—10%)      礫に富む (10—30%)  
 礫に頗る富む (30—50%)      礫土 (50% 以上)

土に腐植の含まれるときも、その分量により、次のやうに呼ぶ。

腐植なし (2% 以下)      腐植を含む (2—5%)      腐植に富む (5—10%)  
 腐植に頗る富む (10—20%)      腐植土 (20% 以上)

**鐵道省の名**      鐵道省土質調査委員會は、前に記したやうに、細かい粒區分を定めた。その區分を大別すれば、

砂粒 (1.0—0.05 mm)      シルト (0.05—0.005 mm)  
 粘土粒 (0.005 以下)

普通の土には、この三つが混つてゐるわけだが、その混り方により、鐵道省の委員會は、次のやうな名稱を土に與へた。

鐵道省の土の名

| 土の名     | 砂粒%   | シルト粒% | 粘土粒%  |
|---------|-------|-------|-------|
| 砂土      | 75 以上 | —     | —     |
| シルト     | —     | 75 以上 | —     |
| 粘土      | —     | —     | 75 以上 |
| ローム     | 13—43 | 13—43 | 13—43 |
| シルト質砂土  | 43—75 | —     | 12 以下 |
| 粘土質砂土   | 43—75 | 12 以下 | —     |
| 砂質シルト   | —     | 43—75 | 12 以下 |
| 粘土質シルト  | 12 以下 | 43—75 | —     |
| 砂質粘土    | —     | 12 以下 | 43—75 |
| シルト質粘土  | 12 以下 | —     | 43—75 |
| 砂質ローム   | 43—75 | 13—43 | —     |
| シルト質ローム | —     | 43—75 | 13—43 |
| 粘土質ローム  | 13—43 | —     | 43—75 |

この分け方だと、土の名が 13 種ある。土質調査専門家には、よいのであらうが、私も素人には、煩にすぎて、一寸頭へ入らないのである。また路床の土は、距離が 100 m も違へば、粒度の變ることもあつて、土の名を、あまり細かに分けることは、實用上の利便を失ふ恐れもある。

鐵道省の分け方は、三角座標上へ圖示すると、割合に、簡明である。

### 土名試案

道路技術者が、路床の土を調べるやうなときは、土の名も、あまり煩はしくないがよい。それで、三つ位にしたらと考へ、私は次の表をつくつた。これは、農學會の分け方を、一層簡略にしたもので、實用には、この程度でよいと思ふ。

土の名稱 (試案)

| 土の名稱 | 粘土粒 (0.01 mm 以下) の量 |
|------|---------------------|
| 砂    | 10% 以下 (重量比)        |
| ローム  | 10—50%              |
| 粘土   | 50% 以上              |

土の名のつけ方は、以上のほかにも、種々の試みが發表されてゐる。土壤學の本をみると、それが書いてある。そのどれに従ふかは、各自の好みによる、といふより仕方がない。名づけ方の優劣を、理論的に斷定する根據は、なにもない。

粒區分の名と、土の名とを、混同しないやうに注意ありたい。

砂粒とは、土を構成してゐる粒 (particule) のうち、比較的粗大な粒の集團に與へた名である。指定された粒徑範圍より、大きいものも、小さいものも、砂粒とはいはぬのである。大ききで區切られた、特定の粒を指すわけだ。

粘土粒も同様で、土を構成する粒のうち、微細な粒の集團に與へた名である。砂粒よりは、粒徑の小さいものである。とにかく、特定の粒である。

砂 (土の名) は、砂粒を比較的多く含む土をいふ。指定の比率の範圍内ならば、砂以外の粒があつてもよい。

粘土（土の名）は、粘土粒を、比較的多く含む土に與へた名稱である。分量さへ僅かなら、砂粒があつても、粘土といへる土があるのである。

このやうに、土の名稱と、粒区分の名稱は、性質の全く違ふものである。

**粒の省略** こゝに一つ厄介なことは、砂粒を略して、單に砂といふことがある。粘土粒を略して、單に粘土といふこともある。さうすると、土の名と、粒区分の名が、全く同じになつて、話が混亂しやすいのである。その時、その場の事情により、慎重に判断しなくてはならぬ。馴れてくれば分る。

#### 4. 成因による土の名

土がどんな風にして出来たか。それを成因 (origin) と呼ぶわけであるが、その成因からみた土の名を、日本農學會では、次のやうに定めた。

##### 土の三大別

###### 1. 殘積土 (residual soils)

岩石の風化物が、その風化した位置に止まつてできた土。

###### 2. 運積土 (transported soils)

岩石の風化物などが、遠方の地へ運ばれてできた土。

###### 3. 泥炭土 (peaty soils)

植物體の腐つたものが澤山含まれてゐる土。濕地や湖沼の底に多い。

泥炭土を、更に二つに小分けすることもある。

(1) 狭義の泥炭土 植物體の構造が、多少残つてゐる土。

(2) 黒泥土 (muck soil) 植物體の構造が、少しも残つてゐない土。

##### 運積土の小分け

1. 崩積土 (colluvial soils) 岩石のかげらや風化したのが、崩れ落ちてできた土。急傾斜の山麓や、崖の下に堆積し、内部の構造の亂雜なのが多い。

2. 扇狀堆土 (fan detritus) 急傾斜地の土が、大雨のとき、平地や河

へ、押出されてできたもの。緩い傾斜で扇狀に廣がつてゐることが多いので、扇狀堆土といふ。表面が急なときは、錐狀堆土と呼ぶ。

3. 水積土 (aqueous soils) 水に運ばれてできた土。場所によつて、

- (1) 湖成水積土 (lacustrine soils) 湖へたまつたもの
- (2) 海成水積土 (marine soils) 海底へたまつたもの
- (3) 河成水積土 (fluvial soils) 河の底や岸へたまつたもの

土木工事では、河成水積土に出會ふことが多い。このうちには、

- 洪 濁 地 (flood plain)
- 河 段 丘 (river terrace)
- 三 角 洲 (delta) などがある。

4. 風積土 (aeolian soils) 風に吹寄せられてできた土。海岸や河口の砂丘砂 (dune sand)、飛砂 (blown sand) などで、大陸の黄土もさうだといふ。

5. 火山性土 (volcanogenous soils) 地中から噴出したものが、たまつてできた土。噴出したものゝ大きさや性質により、次のやうに小分けする。

- (1) 火山屑土 (volcanic detritus)
- (2) 火山灰土 (volcanic ash soils)
- (3) 火山泥流土 (mud flow soils)

## 第2章 土粒の分別

|     |             |          |
|-----|-------------|----------|
| 章目次 | 1. 分別法の種類   | 4. 簡易分別法 |
|     | 2. ストークスの法則 | 5. 土粒百分率 |
|     | 3. 分別用具     | 6. 理想の粒度 |

### I. 分別法の種類

ここに、一握りの土の試料 (soil sample) があるとする。『この土には、どんな大きさの粒が、どういふ割合に混つてゐるか』。それを、実験的に調べる作業を指して、土の機械的分析 (mechanical analysis of soils) といつてゐる。

土の機械的分析には、一般に、二つの方法が併せ用ひられてゐる。

- |         |                |
|---------|----------------|
| 1. 篩分け法 | 大きい粒は篩で分ける。    |
| 2. 水分け法 | 小さい粒は水を用ひて分ける。 |

**篩分け法** 土を乾かして、粒をほぐし、これを篩にかけて、大小に分ける。篩の目の大きさを適當に選べば、いろんな粒区分が得られることになる。篩で分けるといふ作業だから、別にむづかしい理論もないのである。

篩の目を細かにすることには、限度がある。目の開きが 0.04 mm 位のものまで、造られてはゐるけれども、實用に供されるのは、0.05 mm か、0.075 mm あたりが、最小である。小さい目の網は、目の開きを一様に造ることが、困難である。また、目の開きを正しい寸法に仕上げることも、出来にくい。従つて、土の粒も、小さいのは、篩によらない方法で、分ける必要がある。

**水分け法** 土の小さい粒を分けるには、水を利用する。土を、水中へ分散させ、粒の大きさを推定するのである。これを大別して、

- (1) 静水法 (subsidence method)
- (2) 流水法 (elutriator method)

**静水法** 水をいれたガラス器の中へ、土粒を分散させ、それを一定時間、静かにして置くと、大きい粒ほど、早く沈澱する。この沈澱の分量と時間から、粒区分を推定するわけである。その具体的なやり方には、多くの種類がある。

**流水法** ガラス筒を鉛直におき、その下から上へ向つて、水を流しつゞけるやうな装置を、まづ用意する。この流水中へ、土の粒を分散させてやると、

1. 大きい粒は、ガラス筒の底へ残る。
2. 小さい粒は、流水と共に、運び去られる。

流速をいろいろ變へて、同様の実験をやると、運び去られる分量が變つてくる。流速と筒へ残つた量とから、粒区分を推定するのである。流水法も、実験装置にいろんなものがある。農學會では、特別な装置を指定してゐる (川村一水、土壤學講話、頁 80 に、その説明がのつてゐる)。流水法は、『実験が短時間に終る』といふ長所をもつてゐる。短所としては、

(1) 一定の流速を出すために、相當に大がかりな装置と、多量の水がいる。實驗室向きであつて、道路工事の現場などで使ふのには、適當しない。

(2) 微細な粒 (例へば 0.01 mm 以下) を細分することには使へない。

**土木工事** の現場向きとしては、次のやうなことになる。

大きい粒は、篩分け法でやる。

小さい粒は、静水法でやる。

### 2. ストークスの法則

**基本公式** 静水法や流水法の根據は、ストークスの法則 (stokes law) である。これは、小球が、粘性流體中を沈降するとき、球の終速度は、理論上次式で示される、といふのである。

$$v = \frac{gd^2}{18\mu}(s-s_0)$$

$v$  = 終速度, cm/sec  
 $g$  = 重力加速度, cm/sec<sup>2</sup>  
 $d$  = 小球の直径, cm  
 $s$  = 球の比重  
 $s_0$  = 流體の比重  
 $\mu$  = 粘性係數

終速度 (terminal velocity) は、沈降速度ともいわれる。球へ働く重力の加速度が、流体の粘性抵抗で消されるに至つて、速度が一定になる。それが終速度である。即ち粘性流体中で、達し得る最大の速度といふ意味のものである。

式(1)は、理論的に導かれたもので、実験的根拠はないのだから、土粒の分別に、正しく適用されるかどうか、疑へば疑ふ餘地はある。また、土の粒は正しい球形をしてゐないから、そこにも、多少の無理はある。しかし、他によい方法もないので、ストークスの法則が使はれてゐるわけである。実際には、近似的な結果しか出ないだらうといふことを、念頭において、粒分別をすることである。ストークスの法則なんていふと、非常に厳格なものやうに考へやすいが、さうではない。

**沈降速度** 土の粒に對し  $s=2.65$ 、水に對し  $s_0=1.0$  とし、また  $g=980$  とおかう。なほ計算に便利なやうに、單位を次の如く變へよう。

沈降速度  $V$  cm/min (厘/分)、粒の直径  $D$  mm すると、  
 $v=V/60$ ,  $d=D/10$  で、式(1)は次の形になる。

$$V = k (100D)^2 \quad (2)$$

$$\text{但し } k = \frac{60 \times 980 \times (2.65 - 1.0)}{18 \times 10^3 \mu} = 0.539/100\mu$$

| 係数 $k$ の 値            |          |       |
|-----------------------|----------|-------|
| 水温 $^{\circ}\text{C}$ | $100\mu$ | $k$   |
| 5                     | 1.5188   | 0.354 |
| 10                    | 1.3077   | 0.412 |
| 15                    | 1.1404   | 0.473 |
| 20                    | 1.0050   | 0.536 |
| 25                    | 0.8937   | 0.603 |
| 30                    | 0.8007   | 0.673 |

式(2)の係数は、表のやうに、温度によつて變る。

粒の直径 (mm) を指定すれば、それに對する速度が求まる。  
 この  $V$  は、1 分間に沈降する距離とみてよい。

**8cm 沈降時間** 直径  $D$  の粒が、水深 8cm を沈降するに要する時間は、  
 $t = 8/V = 8/k(100D)^2 \quad (3)$

直径  $D$  を、0.01mm と 0.005mm にとつて、 $t$  を計算すると、次表を得る。

8cm の 沈 降 時 間

| 水 温, $^{\circ}\text{C}$ |         | 5  | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|-------------------------|---------|----|----|----|----|----|----|
| 0.01 mm                 | $t$ , 分 | 23 | 20 | 17 | 15 | 14 | 12 |
| 0.005 mm                | $t$ , 分 | 90 | 80 | 70 | 60 | 55 | 50 |

ストークスの法則は、土の粒に對し、さう嚴密なものではないので、上表の数値も、實用に便なやうに、概値を示した。秒まで記すことなど、意味がないし、また 1 分や 2 分どころへ動いても、さう心配する程のことはないのである。

### 分 別 法

1. ガラス圓筒へ  $20^{\circ}\text{C}$  の水を入れ、土を加へて、よくかき混ぜる。
2. そのまゝ、15 分間、静置する。
3. 表面から深さ 8cm の部分の水を、サイフォンで抜く。
4. 抜取つた水の中には、0.01mm より大きい粒は、含まれてゐない。
5. 15 分間の代りに、60 分間静置して、上澄み 8cm を取れば、その中には、0.005mm より大きい粒は、含まれてゐないのである。

これが、静水法による分別の原理である。上澄みを取る深さは、なにも 8cm に限つたわけではない。10cm でも、30cm でもいい。しかし、取る深さを増すと、静置時間が長くなる。研究室の仕事なら、どんなに時間がかつても差支ないけれど、現場で、大急ぎでやらうといふには、あまり深くては困る。

**10cm 沈降時間** 直径  $D$  の粒が、水深 10cm を沈降するには、

$$t = 10/k(100D)^2 \quad (4)$$

$D$  を 0.01mm と、0.005mm にとつて、 $t$  を計算すると、次表が得られる。

10cm の 沈 降 時 間

| 水 温, $^{\circ}\text{C}$ |  | 5   | 10  | 15 | 20 | 25 | 30 |
|-------------------------|--|-----|-----|----|----|----|----|
| 0.01 mm の $t$ , 分       |  | 30  | 25  | 22 | 20 | 17 | 15 |
| 0.005 mm の $t$ , 分      |  | 120 | 100 | 85 | 75 | 70 | 60 |

例へば、20°Cの水へ、土を加へ、よくかき混ぜて、20分静置、上澄み10cmを棄れば、その中には0.01mmより大きい粒は、含まれてゐないのである。

75分静置して、上澄み10cmを棄れば、その中には、0.005mmより大きい粒は含まれてゐない。他の温度についても同様のことがある。

### 3. 分別用具

土の粒の分別を、現場で気軽にやるには、次の程度の器具を用意する。

1. 天秤 よいのに越したことはないが、次のどれかで間に合ふ。

化学天秤 秤量 100g 感度 0.001g

上皿天秤 100g 0.1g

2. 乾燥器 電気恒温器、テンピ、湯煎鍋のうち、どれか一つ。

3. 大容器 ガラス瓶か、バケツを2個。大きさは10-20立入。その一つへ、アンモン水 (ammonia water, 濃度 1/500) を一杯用意すること。

4. ビーカ 図2. 分別用具

- 1 立入のもの1個。

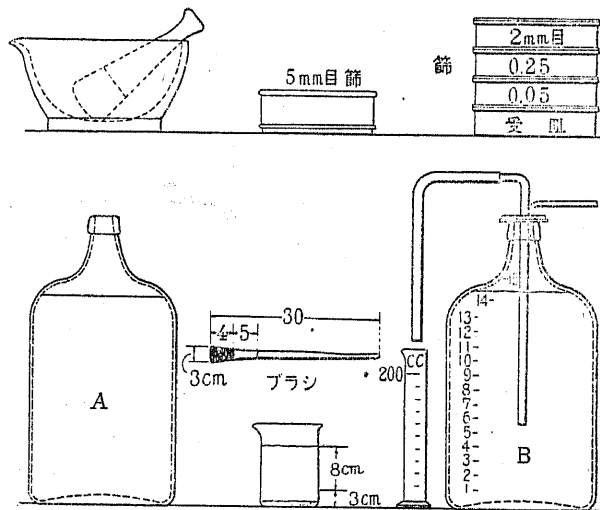
底から3cmと11cmのところへ、横線を引いておく。紙を貼り、その紙へ横線を書いておいてもよい。

5. ブラシ

- 1 個。

6. 乳鉢

- 1 個。乳棒へはゴムを被せておく。



7. サイフォン ガラス製のもの1個。一方の脚へ、ゴム管をつけたら、なほ結構である。序に、サイフォン架臺も、簡単なものを用意するとよい。

8. 篩 5mm, 2mm, 0.25mm, 0.05mmのもの1個づつ。砂の小分けをしないなら、5mmか2mmのもの1個だけでも、間に合ふ。

### 4. 簡易分別法

#### 〔1〕分別の方針

- (1) 篩で、砂利(礫)を除く。砂利(礫)の百分率が知れる。
- (2) 静水法で、粘土粒を洗ひ去る。
- (3) 砂利(礫)と粘土粒を除けば、残りは砂粒で、その百分率が分る。
- (4) 砂粒と砂利(礫)の百分率を、100から差引けば、粘土粒の百分率。
- (5) 必要あれば、篩で、砂粒を更に細かに分ける。

粒区分を、どう定義するかにより、(1)と(2)の作業が、多少變つてくる。

礫と砂粒を2mmで區切るなら、(1)の篩分けに當り、2mm目の篩を使ふ。

砂利と砂粒を5mmで區切るなら、(1)において、5mm目の篩を用ひる。

粘土粒を、0.01mm以下と定義すれば、(2)の静水法で、例へば8cm15分間(20°C)でやる。もし0.005mm以下とするなら、8cm60分必要になる。

以下本章では、説明の簡明のため、次の區分による。

砂利(5mm以上), 砂粒(5-0.01mm), 粘土粒(0.01mm以下)

もし他の區分に從はれるときは、篩の目の開きや、静水法の静置時間を、適當に選んで下さい。分別法の原則は、別に變りないわけである。

#### 〔2〕試料の準備

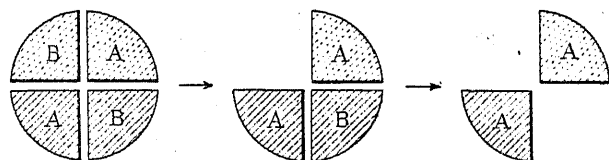
1. 土を、およそ500g位採取する。それを室内へ廣げて、よく乾かす。
2. 乳鉢へ入れ、乳棒で軽く碎いて、粒をほぐす。

3. 試料甲 100g 近い分量をとり、その重さを正確に測る。  $W_1$  g あつたとして。これを試料甲とし、砂利（礫）の百分率を決めるのに使ふ。

4. 試料乙 残つた土約 400g（この重さは目分量でよい）を、5mm 篩にかけて、砂利を除く。篩を通つた土の中から、四分法で、およそ 50g 位を取り、その重さを正確に測る。  $W_2$  g あつたとして、これを試料乙とする。

四分法(method of quartering) これは、土、砂、砂利、石炭などの試料を採るとき、いつも使はれる方法である。圖に示した方法を繰返して、自分の希望するだけの分量に、減らして行くのである。質の平均した試料をとる上において、一番安心できる方法とされてゐる。ざつと説明すると次の通り。

圖 3. 四分法



- (1) 土を盛上げる。十字形に切れ目を入れる。
- (2) 左の上の、四分の一 (B) を取除く。
- (3) 右の下の、四分の一 (B) も取除く。
- (4) 残つた二つの A を混ぜて盛上げる。
- (5) 前と同様に、四分して、その半分を捨てる。
- (6) 豫定の分量になるまで、同じ操作をくり返す。

### 〔3〕 砂利の分量

1. 試料甲を、5mm 目の篩へかける。
2. 篩へとまつたものを、水で洗ひ、砂粒を除く。
3. よく乾かして、重さを正確に測る。  $A$  g としよう。
4. 砂利の百分率 (%) を、次式で計算する。

$$p_1 = \frac{A}{W_1} \times 100 \%$$

### 〔4〕 吸着水の量

吸着水 (hygroscopic moisture) といふのは、土の粒へ吸着されてゐる水分といふ意味である。これは、粒の間を動かさないし、また室内乾燥の程度では、追出し得ないものである。大體をいふと 砂で 2%、ロームで 5%、粘土で 10%。

1. 試料乙を、110°C 以下で、定重 (constant weight) になるまで、乾燥。次に、徐々に室温まで冷やす。
2. その重さを、正確に測る。これを  $B$  g としよう。
3. 吸着水の百分率 (%) を、次式で計算する。

$$p_2 = \frac{W_2 - B}{B} \times 100 \%$$

4. この試料 ( $B$  g) は、全部をそのまま、次の作業へ使ふ。

### 〔5〕 土を煮る

小粒の集團を十分にほぐすため、前の吸着水測定に使つた土を、一度煮る。

1. 水を、ビーカーへ、約 500ml (ミリリットルで cc と実用上同じ) 入れる。
2. 吸着水測定に使つた土を、ビーカーへ入れて、よくかき混ぜる。
3. 砂皿の上か、湯煎鍋の上へ、ビーカーを置き、徐々に加熱する。温度を急速に上げてはいかぬ。100°C 附近まで高めるのに、1 時間位かけるのが理想的。ビーカーの中は、ガラス棒で、絶えずかき混ぜてゐる。
4. 沸騰しないやうに、火加減を弱くして、約 1 時間煮る。
5. 火を消す。ビーカーの底から 11cm 深さの線まで、水を満たす。
6. 蓋をし、埃の入らぬやうにして、静置。

11cm 深さといふのは、0.01mm 以上の粒を、8cm 沈降させ、底の 3cm 深さへためる目的からである。もし 10cm 沈降させ、底の 5cm へためるなら、10+5=15。深さ 15cm の線まで、水を満たせばよい、他も同様。

## 〔6〕粘土粒を除く

1. 前のビーカの水が、室温まで冷えるのを待つ。
2. 一度、よくかき混ぜて、15 分間（室温 20°C のとき）静かに置く。
3. 上澄み (surpernatant water) を 8cm サイフォンで別容器へ移す。
4. アンモン水を、深さ 11cm の線まで加へる。ブラシで、2 分間、こねたり、かき混ぜたりする。それから 15 分間、静かに置く。
5. 上澄みを、深さ 8cm だけ、サイフォンで、別器へ移す。
6. アンモン水を加へ、かき混ぜ、15 分間静置。上澄み 8cm を、サイフォンで、別器へ移す。これを、4 回も、5 回も、繰返す。
7. 上澄みが、少しも濁らなくなつたら、やめる。

注 意 (1) 室温が 20°C 以外なら、静置時間を變へねばならぬ。

(2) 粘土粒を 0.005mm 以下と定義した場合には、沈降 8cm に對し、60 分間静置する。このことは、前節に記した理由による。

(3) 上澄みをとる深さは、8cm の代りに、10cm でもよい。しかし、ビーカに残りの深さが、3cm 以下に減つては面白くない。上澄みを 10cm とりたいなら、液の深さを、初め 13cm か 15cm にしておかねばならぬ。

## 〔7〕砂粒の分量

1. ビーカの底へ残つた土を、蒸發皿へ入れる。
2. これを、100—110°C において、定重になるまで、乾燥させる。
3. 湿氣のないところへ静置。室温まで冷やす。（デシケータの中がよい）。
4. 重さを、正確に測る、これを  $Cg$  としよう。
5. 砂粒の百分率 (%) を、次式から求める。

$$p_s = \frac{C}{B} \times 100 \%$$

これは、砂粒を、5—0.01mm と區分した場合の話である。

注意 もし、砂粒 (2—0.05mm)、シルト粒 (0.05—0.005mm) といふ區分を採用し、粘土粒 (0.005 以下) を去つた残りが、 $Cg$  あつたならば、その  $Cg$  を、0.05mm 目の篩で二つに分ける。篩に止まつたのが砂粒、通過したのがシルト粒である。砂粒の重さを  $C_1g$ 、シルト粒の重さを  $C_2g$  とすれば、

$$\begin{aligned} \text{砂粒の百分率} &= \frac{C_1}{B} \times 100 \% \\ \text{シルト粒の百分率} &= \frac{C_2}{B} \times 100 \% \end{aligned}$$

## 〔8〕粘土粒の分量

$B$  = 砂粒と粘土粒の混つた重さ       $C$  = 砂粒の重さ

粘土粒の重さは  $(B-C)$ 。その百分率は、

$$p_4 = \frac{B-C}{B} \times 100 \%$$

これは、粘土粒の量を、間接に求めたわけである。直接に求める方法もある。それは上澄みを入れた大容器の中に、粘土粒が、いくら含まれてゐるかを測ればよいのである。しかし面倒なので、普通はやらない。

## 5. 土粒百分率

前節に述べた百分率を、まとめて記すと、

|     |                        |                  |
|-----|------------------------|------------------|
| 砂 利 | $p_1 = 100A/W_1$       | $W_1$ は土の全體      |
| 吸着水 | $p_2 = 100(W_2 - B)/B$ | $W_2$ は砂利を除いたもの  |
| 砂 粒 | $p_3 = 100C/B$         | $B$ は砂利と水分を除いたもの |
| 粘土粒 | $p_4 = 100(B-C)/B$     | $C$ は砂粒だけの量      |

$p_1$  は、土全體の中に、砂利がどれだけあるかを示す。

$p_2$  は、砂利を除いた土に、吸着水がいくら含まれるかを示す。

$p_3$  は、砂利と水分を取去つた土に、砂粒がどれだけあるかを示す。

$p_4$  は、砂利と水分を去つた土に、粘土粒がいくらあるかを示す。

これら四つの百分率は、てんでんばらばらなものである。四つ加へると、100以上になる。そのうち、 $p_3 + p_4 = 100$  である。これは、土の名称を決めるとき、砂粒と粘土粒だけに着目し、砂利や吸着水を考へないため、 $p_3$  と  $p_4$  で100になるわけである。

土全体の正しい比率を求めたいときは、

1.  $p_1, p_2, p_3, p_4$  の四つを、上の方法で計算する。
2. これに、次のような補正を施すのである。

$$\text{吸着水} \quad q_2 = p_2 (100 - p_1) / 100$$

$$\text{砂粒} \quad q_3 = p_3 (100 - p_1 - q_2) / 100$$

$$\text{粘土粒} \quad q_4 = p_4 (100 - p_1 - q_2) / 100$$

この四つは、加へて100になる。即ち計算してみると、

$$\begin{aligned} p_1 + q_2 + q_3 + q_4 &= p_1 + q_2 + (p_3 + p_4) (100 - p_1 - q_2) / 100 \\ &= p_1 + q_2 + (100 - p_1 - q_2) = 100 \end{aligned}$$

全体の比率は  $p_1, q_2, q_3, q_4$  による。しかし、土の名称を決める上には、 $p_4$  だけあればよい。例へば、

|     |                 |         |
|-----|-----------------|---------|
| 粘土粒 | $p_4 < 10$      | の土は砂。   |
|     | $10 < p_4 < 50$ | の土はローム。 |
|     | $p_4 > 50$      | の土は粘土。  |

## 6. 理想の粒度

大きい目の篩から、順に小さい目の篩を使つて、細土を分け、各篩を通つた量を調べると、土によつて、各篩の通過量が違ふ。即ち土により、粒度が變る。

路床の土としては、次表の粒度が理想的である。これは、米道路局で、多数の調べから、歸納した値であつて、信用してよいと思ふ。

許容通過量とあるのは、『各篩につき、この範囲の通過量なら、まづ上等の土とみてよい』といふ値である。表中に篩の目とあるが、粘土粒の分別は水によ

るわけである。分別法は、前に記してある。

| 理想の粒度 |        |       |
|-------|--------|-------|
| 篩の目   | 理想的通過量 | 許容通過量 |
| 2.0mm | 100%   | 100%  |
| 0.6   | 67     | 60—80 |
| 0.3   | 52     | 45—60 |
| 0.25  | 48     | 40—55 |
| 0.15  | 37     | 30—45 |
| 0.05  | 22     | 15—30 |
| 0.01  | 10     | 6—14  |
| 0.005 | 8      | 5—10  |

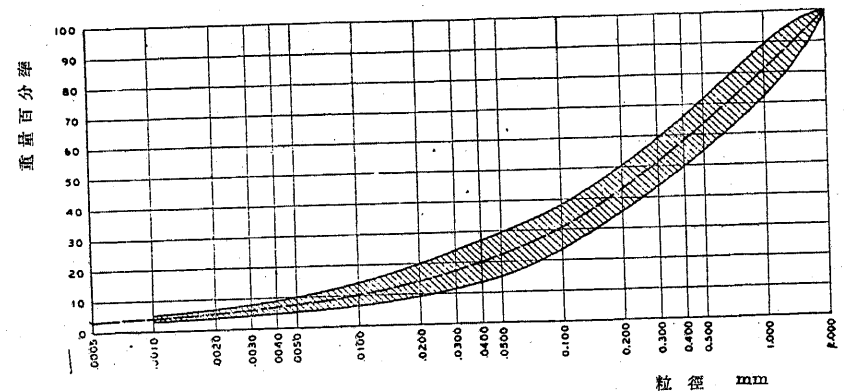
粒度曲線 半對數紙 (semi-log paper) を1枚用意する。

横軸 (x) に、對數目盛をとり、篩の目の大きさを記す。

縦軸 (y) に、普通目盛をとり、篩目を通過する量 (重量百分率) を記す。

$x, y$  の1組に對し、圖上に1點を印す。實驗によつて、數個の點を求め、それら諸點を、大體通るやうな滑かな曲線を、引いてみる。1種の土につき、1本の曲線がある。これを、その土の粒度曲線 (size-accumulation curve) といふ。

圖4. 粒度曲線



圖に示したのは、理想の土に対する粒度曲線である。即ち、前表の数値を、半對數紙に移したものである、斜線を引いた部分の中央にある點線が、『理想的通過量』を示す曲線である。その上下にある實線が、大體において、『許容通過量』の上限と下限を示す曲線である。

粒度曲線は、土の篩分けを示したものだから、1%、2% といふ細かい數値を、やかましく論ずるほどに、正確なものではない。大局をみる目的に使ふのである。細かい部分に執はれたりすると、妙なことになる。

**注 意** こゝにいふ粒度曲線は、加積曲線その他の名稱で、呼ばれることもある。「加積」の積といふ字が、面積を意味するやうで、面白くないため、本書では、粒度曲線とした。accumulation curve は、各區分 (fraction) の百分率の和を示す曲線、といった意味である。

粒度曲線には、次の利點がある。

1. 粒度表示の簡明 各篩の通過量を、表で示すよりも、曲線にした方が、早分りのすることが多い。一目瞭然である。
2. 區分規約に無關係 土を、砂粒、シルト粒、粘土粒などに分けると、區分點の約束によつて、夫々の百分率が違つてくる。これは、煩はしいことだ。粒度曲線は、區分規約には無關係で、土の成分を端的に示して呉れる。

**理想の粒區分** 前の表や圖に示した、理想の土を、粒名の百分率に直してみよう。前表から、

|    |       |        |     |   |              |
|----|-------|--------|-----|---|--------------|
| 篩目 | 2.0mm | 理想的通過量 | 100 | } | 差 78% (砂 粒)  |
|    | 0.05  |        | 22  |   |              |
|    | 0.005 |        | 8   |   |              |
|    |       |        |     |   | 差 14% (シルト粒) |

かうした計算によつて、次の表ができる。但し多少加減して、丸い數にしたところもある。

理想の粒區分

| 規 約     | 粒 區 分             | 理 想 値 | 許 容 範 圍 |
|---------|-------------------|-------|---------|
| 米 國 法   | 砂 粒 (2.0 — 0.05)  | 78    | 70—85   |
|         | シルト粒 (0.05—0.005) | 14    | 10—20   |
|         | 粘 土 粒 (0.005 以下)  | 8     | 5—10    |
| 農 學 會 法 | 砂 粒 (2.0—0.01)    | 90    | 85—95   |
|         | 粘 土 粒 (0.01 以下)   | 10    | 5—10    |

**有 効 徑** 細土を二分し、或る粒以下の區分が、全量の 10% に等しいとき、その區分點を 有 効 徑 (effective size) といふ。單位は mm で示す。

粒度曲線において、通過量 10% の横線が、曲線と交る點を求め、交點直下における横軸の目盛をよむ。それが、有効徑である。有効徑を簡単に知るには、粒度曲線を使用するが便である。直接求めるのは、面倒である。

前の、理想の土に対する粒度曲線において、縦軸 10% を通る水平線が、理想曲線 (點線) と交る點を求め、交點から下へ降ると、横軸上の目盛 0.01 がある。よつて知る。『理想の土の有効徑は 0.01mm である』。

有効徑が 0.01mm より小さくなると、粘土粒の多く含まれることを示す。反對に、有効徑が大きくなれば、粘土粒の少いことを示す。路床の土として理想的なのは、有効徑 0.01 mm 内外であつて、これより大きくても、小さくても、宜しくないといふわけである。簡單だが、大切な目安である。

**均 等 係 數** (uniformity coefficient) 細土を、粒の大ききで三分し、

1. 粒徑  $a$  mm 以下のものが、60% あり、
2. 粒徑  $b$  mm 以下のものが、10% あるとき、
3. 均等係數  $K = a/b$  と約束する。

この  $b$  は、有効徑である。理想の土の粒度曲線について、

(1) 縦軸 60% を通る水平線が、粒度曲線 (點線) と交はる點を求め、そこ

から垂直に下へ降ると、横軸上の目盛が、大體 0.40 mm である。

(2) 縦軸 10% を通る水平線が、曲線（點線）と交はる點から、下へ降ると、横軸上の目盛が 0.01 mm である。

(3)  $a=0.40\text{ mm}$ ,  $b=0.01\text{ mm}$ ,  $K=0.40 \div 0.01=40$

路床の土として理想的なのは、均等係數 40 内外のときである。

**上限曲線** 前の粒度曲線において、許容範囲を示すのに、實線で限界が書いてある。そのうち、上の方の限界線について調べると、

$a=0.30\text{ mm}$ ,  $b=0.005\text{ mm}$ ,  $K=0.300 \div 0.005=60$

許容範囲の上限では、均等係數 60 であることが分る。

**下限曲線** 許容範囲の下限を示す方の實線については、

$a=0.60\text{ mm}$ ,  $b=0.02\text{ mm}$ ,  $K=0.60 \div 0.02=30$

均等係數が 30 である。路床の土としては  $K=30-60$  であればよい。

$K$  が 15 以下だと、路床の土として、甚だ不適當である。 $K$  の小さいのは、粘土粒の多いことを示し、道路には、適しないのである。

以上は、細土についていへることである。砂利混りの土では、 $K$  も違ふ。

**土堰堤の土** 心壁 (core wall) の土としては、 $K=10$  程度がよい

とされてゐる。 $a$  と  $b$  は多少變つても、 $K$  の 10 内外であることが大切である。

10 内外といふのは、粘土粒の非常に多い土である。この例としては、

$a=0.08$ ,  $b=0.008$ ,  $K=10$

$a=0.06$ ,  $b=0.006$ ,  $K=10$

堤體の土は、砂利混りで、次のやうな例がある。

$a=6.0$ ,  $b=0.12$ ,  $K=50$

## 第3章 路床土質

|     |         |           |
|-----|---------|-----------|
| 章目次 | 1. 一様土質 | 7. 土の水分   |
|     | 2. 理想の土 | 8. 土の安定さ  |
|     | 3. 砂    | 9. 土質と鋪裝  |
|     | 4. ローム  | 10. 混成土質  |
|     | 5. 粘土   | 11. 土質縦斷圖 |
|     | 6. 泥炭土  | 12. 路床調査  |

### 1. 一様土質

相當な廣さにわたり、大體において、粒度が一様と見なせるやうな土を、一様土質 (uniform soil) といふ。この一様土質を、便宜上、五つに分けてみる。

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| 1. 理想の土 (ideal soil) | 前章に記した粒度のもの。       |
| 2. 砂 (sand)          | 粘土粒の少ないもの。         |
| 3. ローム (loam)        | 粘土粒の幾分多いもの。        |
| 4. 粘土 (clay)         | 粘土粒の非常に多いもの。       |
| 5. 泥炭土 (peat soil)   | 植物遺骸の變質したものを多く含む土。 |

砂、ローム、粘土の數量的な定義は、第1章に示してある。どの約束によつても、差支ない。泥炭土は、細土のほかに腐植の多く含まれた上で、粒度による名ではないが、便宜上添へる。一様土質を、上の如く、大づかみに分け、夫々について、路床土としての長所短所を述べてみたい。

**注意** 第2-6節の記述は、夫々の土の平均の性質を示したものである。これらの記述に、數學的正確さを期待されてはいけなないのである。

例へば、ロームをとつてみるに、そこに標準的なロームも確かにあらう、しかし、中には、砂に極めて近いロームもある。また粘土に甚だ近いものもある。だから、ロームの特性はかくかくだと記してはあつても、その特性が、すべてのロームに、そのまま全部あてはま

るとは限らぬ。砂、粘土についても同様である。

相手の土の組成が、連続的に變つてゐるのだから、實は、性質の方も、連続的に變つてゆく筈である。しかし、連続的に變る性質を記述すると、とりとめのないものになる。それで、各種の土の平均的な特性を、並べて行く次第である。讀まれるときは、この邊の事情を、よく頭において、以下の記述に、あまり執はれないやうにして頂きたい。

砂、ローム、粘土の組成は、『どの約束によつても差支ない』と、上に記したが、それと同じ理由からである。組成の定義ばかり嚴重にしても、真相はつかめないのである。

## 2. 理想の土

1. 粗粒と細粒が適當に混ざり、内部摩擦力も凝集力も大きくて安定である。
2. 乾いても、濕つても、安定さにあまり違ひがない。
3. 毛管性や弾力性も、害のあるほど、ひどくはない。
4. 盛土の沈下も、僅かですむことが多い。
5. 地下水位が高いと、冬、凍上し、氷解けの際安定さを失ふことがある。

## 3. 砂

こゝにいふ砂は、砂粒の多い土といふ意味である。前節の『理想の土』も、實は砂に屬するものであるが、こゝでは、『理想の土』以外の砂を、二種に分けて、標準的な性質を記してみる。

1. 砂 A (普通の砂)
2. 砂 B (純砂)

### 砂 A (普通の砂)

『理想の土』に大體近い粒度でありながら、それに比べて、ポロポロする砂 (friable sand)、或は粘りの強い砂 (plastic sand) がある。

**ポロポロする砂** コロイド性粘土 (微細粒) が足りないため、凝集力が弱いのである。濕りのあると安定だが、乾くと、ポロポロになり、土埃が

立つ。『理想の土』に比べて、乾いたときの安定さが劣るわけである。

**粘りの強い砂** コロイド性粘土 (微細粒) の多すぎるときか、粘土粒全體がいくらか多いときである。凝集力が強く、乾いたとき安定である。雨水が滲込んだり、毛管水が來たりして、水分が過多になると、凝集力が弱まつて、不安定になる。即ち『理想の土』に比べて、濕つたときの安定さが劣る。

砂 A は不安定だと記したが、これは、『理想の土』に比べてのことである。ローム、粘土、泥炭土に比べたら、どんなにいいか知れない。

### 砂 B (純砂)

粗粒ばかりで、粘土粒のない土である。凝集力が殆どない。車輪荷重を直接加へると、安定でない。荷重を廣い面積へ分布して與へると、大きい支持力が得る。舗装の基礎には申し分がない。安定さは、水分の多少に殆ど関係せぬ。

稜角の多い砂ほど、安定である。丸味ある砂は、滑りやすい。この砂は、十分に締固めると、安定さが増す。締めるには、水をかけて、水締めにするといふ。盛土に、純砂を使ふたときも、最後には水締めしておくといふ。

毛管作用が弱く、水抜けがよいから、冬、凍上は起らない。

要するに純砂は、これを路面へ直接だすのはよくない。舗装の基礎として使ふと、大邊よい。使ひ方があるわけで、その點が『理想の土』より劣る。

## 4. ローム

ローム (loam) を、便宜上二つに分ける。

1. ローム A (普通のローム)
2. ローム B (弾力性ローム)

A は、普通に定義されてゐる通り、中粒を主とした土である。

B は、A と大體同じ粒度であるが、雲母や珪藻などの不純物を含むもの。

## ローム A (普通のローム)

細砂粒とシルト粒が主體になつてゐる土である。粒度により、性質が多少違ふ。即ち粗砂粒が多いと、内部摩擦力が大きい。また、コロイド性粘土（微細粒）の多いと、凝集力が強くなる。

毛管作用が相當に強くて、水を吸ひやすい。そして水抜けが、よくない。

地下水位の高いところでは、冬、凍上の恐れがある。氷解けの頃、安定さのひどく落ちることもある。それで、**水が禁物である**。排水に注意すること、地下水位を下げることなど、大切である。

よく締固めると、安定さが増す。締めるには、ローラを使ふのが、一番よい。ロームに對し、水締めは、よろしくないのである。この點、純砂と違ふ。

盛土すると、かなり沈下する。しかし、一年位のうちに、大體落着いて呉れることが多い。盛土は、乾いた季節に施工することである。雨の多いときやると、水分が、いつまでも抜けなくて、じくじくして、支持力が十分にでない。梅雨期など、よくないわけである。水氣を封じこまぬ用心が、必要である。

## ローム B (弾力性ローム)

粒度は、普通のロームに似てゐるが、不純物として、雲母質の粒 (micaceous particle) や、珪藻 (diatom) などを、相當に含んだ土がある。

多孔質で、荷重を加へると、ひどくへこむ。荷重を除くと、へこんだ部分が、跳返つて元へ戻る。即ち**弾力性**に富んでゐる。ローラをかけると、土が横へ動かされるだけで、一向に締つて呉れない。また、一度締つても、あとから、ちぎれみが来る。疊の上を、押して歩くやうなわけで、厄介な土である。

このほかに、ローム A (普通のローム) の缺點をも、持つてゐるわけである。路床の土としては、感心しない。できるなら、避けることである。

## 5. 粘土

粘土といふのは、粘土粒の多い土をいふのである。二つに分けてみる。

1. 粘土 A (普通の粘土)
2. 粘土 B (弾力性粘土)

## 粘土 A (普通の粘土)

粘土粒を多く含む土で、有効径は 0.002mm 以下のことが多い。微細粒が多いため、凝集力は強い。粗粒の少いため、内部摩擦力が小さいのである。

乾いてゐると、安定であつて、弾力性は一般にない。

粘土が水を吸ふと、軟かになり、次のやうな缺點が現はれる。

1. 粘土質の土道は、どろどろになつて、始末がわるい。
2. 高い盛土のところは、滑りだしやすい。
3. 粘土路床へ碎石道をつくると、石が、いくらでも沈んでしまふ。
4. 容積が膨脹する。路床が脹れて、舗装へ割れ目の入つた例もある。
5. 冬、凍上の恐れがある。

**排水**      ロームに比べて、粘土は緻密に過ぎて、毛管作用が弱い。外部から水を吸ふ速度はおそいが、一度水が入ると、容易に抜けない。その上、水による安定さの落ち方も、砂やロームより、ひどいのであるから、粘土路床は、排水をよくし、地下水位を下げるのが大切である。とに角、水が禁物である。

粘土の盛土は、沈下が一年以上も続くことが多い。餘盛を十分にしておくこと、また盛土してすぐ舗装するのは避けることである。

## 粘土 B (弾力性粘土)

粒度は、普通の粘土と大體同じだが、普通のものより、多孔質になつた粘土がある。多孔質 (porous) の原因は、

- (1) 雲母片、有機質などの不純物を、多く含むとき、或は
- (2) コロイド性粘土（微細粒）の量が少いときである。

多孔質の結果として、次のような缺點が現はれる。

1. 弾力性が大きい 荷重を加へるとへこむが、取去ると元へ戻る。ローをかけても、十分に縮らず、厄介なわけである。
2. 毛管性が強い 附近に水があると、全體へ急速にまはる。水が入ると、軟かになり、安定さが落ち、冬は凍上の恐れがある。
3. 容積變化がひどい 乾濕により容積がひどく變る。路床が不均一に膨脹して、鋪裝を不平均に持上げて、故障を起すことがある。排水をよくし、地下水位を下げるのが、特に大切である。

## 6. 泥炭土

**泥炭** 濕地、沼澤地などに、植物の遺骸が堆積し、それが不完全に分解したものを指して、泥炭といふてゐる。木材から褐炭へ行く中間のものである。

**泥炭土** 泥炭が風化などをうけて更に變質し、細かい形に分解され、それが土と混つてゐるものである。これは、寒い地方に多い。東北地方、北海道、樺太などにある。木材を腐らせる種類の細菌が、寒い所では、よく生育しかねることなどから、完全に腐りきらない有機物が、寒い土地に、出來やすいのである。

- 特性**
1. 内部摩擦も、凝集力も小さい。
  2. 毛管作用が強い。ずぶぶんまで、水を吸上げる。
  3. 弾力性が大きい。荷重を加へると變形し、除くと膨れて元へ戻る。
  4. 路面を造つて、交通を許すと、沈下がひどい。

## 7. 土の水分

路床の土を調べるにあたり、含水率について、次の定数が考へられてゐる。

1. 收縮限度 (shrinkage limit)
2. 塑性限度 (plastic limit)
3. 液體限度 (liquid limit)

4. 塑性數 (plasticity index)
5. 遠心當量 (centrifuge moisture equivalent)
6. 現場當量 (field moisture equivalent)

**收縮限度** 土には、次の性質をもつやうな含水量の限度がある。

1. その量より、水分を減らしても、容積が變らない。
2. その量より、水分を増すと、土の容積がふえる。

この水量の、土の重さに對する比(百分率)を、收縮限度といふ。容積變化が起るか、起らないかといふ境目の水分である。またこれは、固體と半固體の境における水分と、考へてもよいであらう。

$$\text{收縮限度} = \frac{[\text{全水量}] - [\text{容積變化に影響する水量}]}{[\text{乾燥土の重さ}]} \times 100$$

收縮限度を實驗的に求めるには、一定の方法がある (ASTM D427)。

**塑性限度** ガラス板上へ土をおき、掌でころがしながら、だんだん細くし、直徑 3mm (1/8 吋) 位まで、細くなるかどうかを見る。

1. 水分が少いと、3mm の棒になる前に、切れぎれになる。
2. 水分が多いと、3mm 以下にしても、なほ切れない。
3. 或る水分においては、3mm の棒にすると、丁度切れ始める。

切れずに 3mm まで細くできるやうな最小水量の、土の重さに對する比(百分率)を、その土の塑性限度といふ。

$$\text{塑性限度} = \frac{[\text{直徑 3mm の棒にできる最小水量}]}{[\text{乾燥土の重さ}]} \times 100$$

塑性限度は、土が、半固體から塑性的 (plastic) になる境の含水率と、考へてもよい。測る方法として、3mm の棒を選んだのは、一つの約束である (ASTM D424)。これは、米道路局が、長く研究した結果だし、また ASTM の標準規格にもなつてゐることだしするから、これに従ふのが便利である。

**液體限度** 碗の形の容器へ土を盛り、土の中央部へ、器底まで達する切

目を入れる。この椀へ、軽い動揺を10回與へるとき、

1. 水分が少いと、切目の溝は、そのままである。
2. 水分が多いと、動揺10回になる前に、土が流れて、溝が消える。
3. 或水分では、丁度10回目に、溝が崩れ始める。

$$\text{液體限度} = \frac{[\text{土が流れ始めるときの水量}]}{[\text{乾燥土の重さ}]} \times 100$$

液體限度は、土が塑性的から、流動的になる境の含水率と、考へてよい。上に記した測り方は、一つの約束である (ASTM D 423)。

土の水分が、液體限度より多くなると、土の凝集力が減つて、流動性を帯びてくる。路床の土は、水分が、液體限度より少ないことが、好ましい。

**塑性數** 液體限度と、塑性限度の差を、塑性數と名づけてゐる。

$$\text{塑性數} = [\text{液體限度}] - [\text{塑性限度}]$$

これは、土が、塑性状態にあるための、含水率の範囲を示す數値である。塑性數の大きいほど、塑性状態の水分範囲が、廣いのである。粘土では、塑性數が大きい。純砂では、それが0か、または0に近い。

**遠心當量** 土を水で飽和させてから、重力の1000倍の遠心力を、1時間働かせたとき、粒間に残る水分と、土の重さの比(百分率)を、遠心當量と名づける。これは、ASTM D 425 による約束である。

$$\text{遠心當量} = \frac{[\text{遠心力で除かれない水分}]}{[\text{乾燥土の重さ}]} \times 100$$

**現場當量** 平らにした土の表面へ、水1滴を落とすとき、

1. 土の水分が多いと、水滴は吸収されずに、表面へ廣がり、輝きを呈する。
2. 土の水分が少いと、水滴は、すぐ土の中へ吸収されてしまふ。

水滴が吸収されないで輝きを呈するやうな最低の含水率(百分率)を、その土の現場當量といふ。これは、ASTM D 426 による約束である。

$$\text{現場當量} = \frac{[\text{水不足を示し始める水量}]}{[\text{乾燥土の重さ}]} \times 100$$

路床の土としては、液體限度や塑性數のあまり大きいことは、好ましくない。各種の土における數値の1例をあげると、次表のやうである。

遠心當量が、液體限度より大きいときは、水に對し、特に不安定になりやすい。現場當量が、遠心當量より大きいときは、水による膨脹の著しいことが多い。遠心當量は、特別な装置がないと測れないので、一般向きとはいへない。

各土質の水分特性

| 土 質  | 液體限度    | 塑性數   | 遠心當量  |
|------|---------|-------|-------|
| 理想の土 | 14-25   | 8 以下  | 15 以下 |
| 砂    | A 14-35 | 15 以下 | 25 以下 |
|      | B 10-35 | 0     | 12 以下 |
| ローム  | A 20-40 | 15 以下 | 12 以上 |
|      | B 35 以上 | 15 以上 | 25 以上 |
| 粘土   | A 35 以上 | 20 以上 | 25 以上 |
|      | B 35 以上 | 15 以上 | 25 以上 |
| 泥炭土  | 45 以上   | 20 以上 | 30 以上 |

## 8. 土の安定さ

土の安定さは、主として粒度に左右される。重なり性質をあげると、

1. 粗大な粒があると、内部摩擦力が増す。
2. 微細な粒があると、凝集力が増す。
3. 不純物があつて多孔質になると、弾力性がひどくなる。この弾力性とは、荷重を加へるとへこみ、取去ると跳返る性質を指し、締固めがしにくい。
4. 微細なすきまが多いと、毛管作用が強い。純砂は、すきまが粗大なため、毛管作用は、殆どない。純粘土は、目がつまつてゐるため、毛管作用が弱い。
5. 粘土粒と不純物が多いと、水を吸ふて膨脹しやすいし、また冬、凍上も起りやすい。0.01mm 以下の粒を含まなければ、凍上は殆ど起らない。

路床の土においては、以上の諸要素が、いろんな割合で混つてくるわけであ

る。一見複雑なやうでも、上の點に着目すると、真相をつかみやすい。

## 9. 土質と舗装

路床の土は、その地點で、大體決つてゐる。その當面した土に對し、どんな扱い方と注意が必要かを、各土質について、簡単に記してみる。但し、以下述べるのは、平均的な性質である。土は、連続的に粒度の變るものだから、以下記すものゝ中間に位するやうな性質をもつ土もあるわけだ。その時、その場合の事情に適合するやうに、以下の記述を、應用して貰ひたいのである。

**理想の土** 一番安定な粒度である。この土は、土道としても、舗装の基礎にしても、申し分がない。但し、地下水位の高いところでは、排水の施設をして、凍上や軟化の害を、防ぐことが必要である。

**普通の砂** 土道の路面としては、『理想の土』より劣るのである。舗装の基礎には、申し分がない。簡易舗装のやうな、うすくて弱いものでも、この土の上なら、よい状態に保たれる。剛質舗装なら、勿論よい。

ポロポロの性質ある砂は、いづらか湿つた状態に保てる場所が適してゐる。乾きすぎるやうな個所は、どちらかといふと、よくない。

粘りある砂は、乾いた状態に保てる場所がよい。排水を十分にして、軟化や凍上の害を防ぐことも必要である。湿りすぎると、不安定になりがちなのである。

**純砂** 排水の施設は、大して心配する必要がない。

土道の路面としては、凝集力不足で、乾いたとき安定さが落ちる。それで、粘土、砂利、碎石などを加へて、粒度の調整をやるとういわけである。

舗装の基礎としては、安定である。剛質舗装なら、舗装の厚さを特に増すといふ注意もいらぬが、簡易舗装だと、幾分厚い目の舗装をすると安全である。

**普通のローム** 水に對して、不安定だといふ缺點がある。

土道の路面として、そのまゝ使ふと成績があまりよくない。砂利、碎石と、少量の粘土を加へて、粒度の調整をすることが、好ましいのである。

舗装の基礎としては、乾きのよい場所なら、用ひて結構である。砂その他不足成分を補ふて、粒度の調整をやれば、一層よい。ロームのまゝ基礎にするときには、舗装の厚さを、あまり減らしてはよくない。

地下水位が高く、その上排水の十分に行へぬやうな場所だと、一年中湿つてゐる。そんなローム質のところには、簡易舗装をやらないがよい。舗装を是非せねばならぬなら、厚いコンクリート舗装を選び、目地は補強し、できれば、鐵筋を入れることである。ロームで水氣の多い所は、用心しなくてはならぬ。

**弾力性ローム** これは、普通のロームより、更にわるい土である。土道の路面として、そのまゝ使ふことは、避けた方がよい。

舗装の基礎として、そのまゝ使ふならば、厚いコンクリート舗装が必要である。簡易舗装では、傷みやすい。砂、砂利、碎石などを加へて、粒度を調整すれば、土道としても、また一般舗装の基礎にも使へる。元來が悪いロームであるから、調整しても、水には用心することである。

**普通の粘土** 乾いたときはよいが、湿ると不安定になる。それで、排水をよくすることが、大切である。

土道の路面として、そのまゝ使ふのは、不適當である。砂利、碎石、砂などを思ひきつて多量に加へて、粒度を調整すると、土道に使へるやうになる。舗装の基礎として、そのまゝ使ふには、排水をよくし、舗装の厚さを増す必要がある。排水のよくできないところでは、コンクリート舗装を選ぶことである。

粘土の路床は、凍上の恐れがある。これを避けるには、粒度を調整し、排水をよくすること以外に、方法はないのである。粘土層が深いと、凍上避けられない。これはどうも、致し方がない。粘土は厄介なものである。

粘土で盛土した個所では、數年の間、交通締することが必要である。粘土盛

土の上へ、急いで舗装すると、路面に必ず故障が現はれてくる。

**弾力性粘土** これは、普通の粘土よりも、一層わるい土である。

土道の路面としても、舗装の基礎としても、そのまま使ふと、よい成績は期待できない。排水をよくし、粒度を調整した上で、用ひることである。その際でも、舗装するなら、厚さを十分に増しておかないと、安全でない。路床の土としてもよくないもので、細心の注意が必要である。

**泥炭土** これは、一番わるい土である。そのままでは使へないものと、思はねばならぬ。この土のところへ、路をつける方法としては、

1. 数年かゝつて、自然に固まるを待つか、
2. 砂、砂利、碎石など入れて、粒度を改良し、十分に締固めを行ふか、
3. 適当な深さまで、よい土で、置替へてしまふことである。

土の入替には、掘返し法 (excavation)、水射法 (jetting)、發破法 (blasting) などがある。その時、その場に適する方法を考へることである。

入替へた土を基礎にして、コンクリート舗装をすれば、安全である。

**注意** 以上で、各土質に対する注意を一應述べたが、各土質を、土道の路面に使ふときの扱い方については、本編第4章の第2節に記してある。

## 10. 混成土質

路床の一横断面に、二種または二種以上の土質の現はれることがある。これを、混成土質と名づけて、前の『一様土質』に對應させることにしよう。

混成土質は、土の組成に急變があるわけで、荷重や水に対する安定さが、どうしても不均一になることを免れない。これが、恐ろしい點である。安定さが不均一だと、弱い箇所から、こはれ出す。全體が一樣に弱いよりも、却つて具合のわるいことさへある。次に、混成土質の起り方を考へてみよう。

1. 切取部 (1) ポケット。砂中に粘土の塊あるときなど。

(2) 土層の急變。砂層のすぐ隣りに、粘土層の現はれるときなどである。

(3) 組織の不均一。軟かい部分と硬い部分が、隣合つてるとか、緻密なところと、多孔質なものが混つて現はれるといふときなどである。

2. 盛土部 性質の違つた土を混ぜて、盛土すると、沈下量が不均一になりやすいし、また荷重に対する支持力も、一樣にならぬことが多い。

3. 切取盛土部 路床の一部が切取で、他の一部が盛土といふときは、沈下量の不均一や、締り方の相違から、切取と盛土の境が、路床の弱所になりがちである。殊に一部に粘土があると、面倒なことになりやすい。

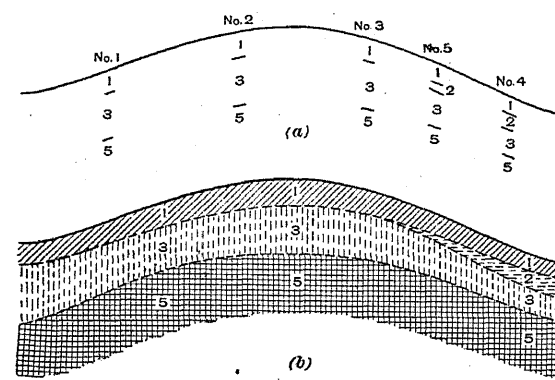
以上のやうな混成土質に出遇つたら、現場の状況に應じて、適當な處置をとることが必要である。路床の安定さを、なるべく低下しない方法を考へる。

## 11. 土質縦斷圖

路の中心線 (または豫定線) にそつて、土質を調べ、それを圖上に示したものゝを、土質縦斷圖 (soil profile) といふ。『土質を示す縦斷圖』で、作り方は、

1. 測點を、適當な間隔に選り、各點の土の性質と層の厚さを調べる。
2. 水平距離のスケール (縮尺) 1/500 位、垂直距離のスケール 1/50 位にと

圖 5. 土質縦斷圖



つて、路線の縦斷圖をかき、測點の位置を記す。

3. 各測點における土の層の厚さを記す。層の變り目の點を順に結ぶ。

圖 5. (a) 測點 1 では 3 層があつた。測點 2 及び 3 にも 3 層あつた。

1, 3, 5 といふ数字は土層の番號である。第1層, 第3層, 第5層といふわけだ。奇數ばかり書いたのは, 後の測點で, 新しい層が出たとき, それへ偶數番號をつけようといふためである。必ずしも, かうする必要はない。

測點4で, 果して, 新層2が現はれた。この新層が, どこから始まつたかを確かめるため, 測點3と4の間へ, 測點5をとり, 土層の厚さを調べた。

これで, 各測點における土層の境が圖に記された。各層の境の點を結ぶと, (b)圖ができる。これが, 土質縦斷圖である。層の模様は, 一目で分かる。

## 12. 路床調査

**新設道** 次のやうな調査をすることが望ましい。

1. 路の豫定中心線における縦斷面圖をつくり, 計畫線を記入する。
2. 土を調べて, 土質縦斷圖をつくる。
3. ボーリング(土の調べ)の深さは, 計畫線の下, 少くとも 1m. 側溝あるときは, 溝の底より幾分下まで。地下水位の高い所は, 凍結する深さまで。
4. 各の土質につき, 1kg 以上の試料をとり, 實驗室へ送る。

**既設道** 次のやうにして, 土質臺帳といふやうなものを造るとよい。

1. 道路の平面圖(等高線入り)と, 縦斷面圖をつくる。
2. 中心線にそふての土質縦斷圖をつくる。
3. 道路敷の境界線にそふても縦斷測量をする。その地表土質も調べる。
4. 路面の狀況, 路肩, 法面, 側溝, 土の外観なども記しておく。
5. 路面がこはれたら, 原因を研究し, 調査資料から, 最善の修理を考へる。

また將來に對し, できるなら, 破損の豫防法を講ずる。

## 第4章 土道

|     |            |          |
|-----|------------|----------|
| 章目次 | 1. 造り方     | 4. 排水    |
|     | 2. 一樣土質の處理 | 5. 一般維持法 |
|     | 3. 混成土質の處理 | 6. 四季の維持 |

### 1. 造り方

こゝに土道 (earth road) といふのは, 天然の土を, そのまゝ路面に使つてゐる路である。道路の延長からいへば, 土道が, 恐らく一番多いであらう。

土道を新設するときは, 次の作業をやるわけである。

1. 路床の準備 切取または盛土をして, 外形を造る。
2. 路面の仕上げ 横斷面の形を正しく造る。縦斷勾配も, 計畫線通りに整へる。ローラを用ひて, 路面を十分に締固める。これで路面ができる。
3. 排水 土が水を吸ふと, 軟かになつて困る。それで, 地表水(雨水)は, なるべく早く流し去るやうにし, 地下水は, 路床へ入らぬやうな方法をとる。なほ, 水の處置は, 土質により, 嚴重にやる必要のあるときと, さうまでしなくてよい場合とがある。前章を見て下さい。

**標準横斷面** 圖6に, 土道の標準を示してある。幅が6m以上になつてゐるのは, 自動車が走りながらすれ違へることに, 備へたものである。

**a 圖** 平地の土道。兩側に, V字形の溝をおく。數字の單位は m (米)。

**b 圖** 左半は盛土のときを示す。法勾配 1 割 5 分 (1:1.5)。

右半は切取のときを示す。實線は普通の土(風化土)の場合である。點線は, 岩石の場合で, 急傾斜に切つてゐる。勾配は, 土質により變へてよい。

**グレーダ** 圖7に示すのが, グレーダ (grader) である。圖は, ト

圖 6. 土道の横断面

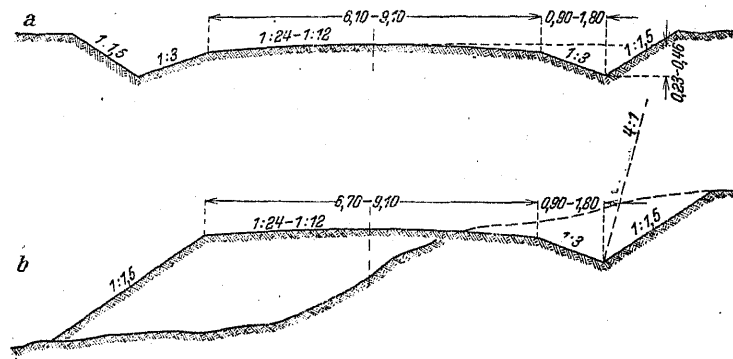
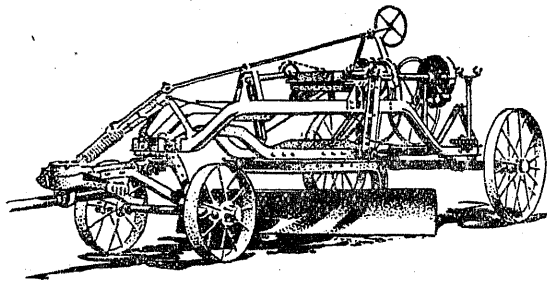


圖 7. グレーダ



ラクターや馬に引かせる型のものである。エンジンをもつた、自動式の機械もある。何れにしろ、前車軸と後車軸の中間に、1枚のブレード（羽根）がある。

羽根の高さや方向を適當に調節して、機械を前進させると、土がならされて、路面の形ができて上る。

## 2. 一樣土質の處理

土質の種類に應じて、締固め工法その他に、手加減の必要がある。

**理想の土** 濕りをいくらか與へておいて、重いローラで締固める  
とよい。地下水位の高いときは、それを下げる方法を取り、凍上を防ぐ。

**普通の砂** 大體、上と同じ方法をとる。なほその他注意する點は、

1. 粘り氣の強いものは、粘土粒過多だから、砂、砂利などを加へる。

2. ポロポロしやすいのは、粘土粒の不足か、あつても塑性數の小さいときだから、よい粘土粒を加へてやること。これで、土の粒度が、改善される。

3. 乾くとき収縮のひどい土は、消石灰か珪藻土を少量加へ、土を、幾分多孔性にして、よい結果の得られることがある。但し小規模の豫備試験が必要。

**純砂** 十分に水をかける。即ち水締めをする。次に軽いローラで締固める。なほ、粘土を適當に加へてやると、安定さが増すのである。

**普通のローム** 適度に濕らせ、重いローラで締固める。水の量は、仕事をしながら、加減する。排水をよくして、凍上を避けることも大事。

**弾力性ローム** 軽いローラで締固める。或は、長期間に亘り交通締めをする。重いローラで急速に固めようとしても駄目。排水にも留意。

**普通の粘土** 軽いローラで締固める。或は長期に亘り交通締めをする。水を多く含むときは、いぼ附ローラ (sheepsfoot roller) でやるとよい。砂を加へると、安定さが増す。切取部で、山から水が滲込むときは、まづ水を遮断する。路床に湧水あるときは、土管などで、他へ導いてやる。

**弾力性粘土** 表面をかき均らして後、軽いローラでよく締固める。この土は、水の影響がひどいから、水を遠ざけることが、肝要である。

**泥炭土** そのまゝでは路面に使へない。土の入替その他をやる。

## 3. 混成土質の處理

**切取** 不均一な部分が、淺くて小さいならば、かき起し、周囲とよく混ぜて、ローラをかける。もし深くて廣いなら、土の入替をやるのが、安全である。

**盛土** せめて、表層部だけでも、かき起し、よく混ぜた上で、締固める。

**切取盛土** 締固めを十分に作る。山側から来る滲透水を完全に遮断する。

## 4. 排 水

## 水 の 害

1. 凝集力が低下し、土の安定さが失はれる。
2. 冬、凍上が起りやすい（土が凍つて、持ちあがる現象）。
3. 土を洗ひ去ることもある。

## 排水の方法

1. 路面排水。横断面を溝形にし雨水を早く流す。
2. 側溝。両側の溝は、できるだけ、深く且急にする。
3. 地下排水。路床中へ、空つぎ土管を埋めて、地中の水を抜く。

## 側 溝

これには、二つの使命がある。

1. 路面や法面の地表水を、速かに運び去ること。
2. 路床の水、または切取面の滲透水を抜いて、流し去ること。

第1の目的の溝なら、別にむづかしいことはない、第2目的を兼ねた溝は

1. なるべく深く造ること、
2. 土のまゝの溝か、石積の溝だと、路床の水がしみ出しやすくてよい。
3. コンクリート溝なら、側壁へ澤山孔をあけ、裏側に砂利を詰める。べた打（孔なし）の側壁では、路床内の水がしみだせないわけである。

**地下排水** 図8は、空つぎ土管による、路床排水の1例を示したもの。

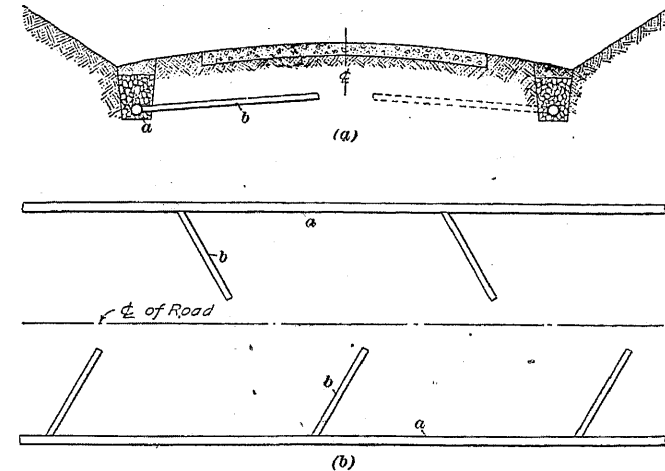
上圖は、横断面である。側溝も盲溝になつてゐて、底には、空つぎ土管 *a* が入れてある。この土管の周囲及び上方には、砂利か碎石を詰めておく。

圖における *b* は、側溝から出した枝である。やはり、空つぎ土管である。

下圖は、その平面圖である。両側に、側溝の土管 *a* がある。それから、中央へ向けて、枝の土管 *b* がある。*b* は、路の中心線までは、達してゐない。

空つぎ土管のつぎ手の附近は、砂利を澤山入れて、水の通路の詰らないやうにする。

圖8. 地下排水管の配列



排水土管は、ところどころで、開渠へ口をあけ、水の出口をつけてやる必要がある。出口の位置が、適當でないと、水が流れにくくて、排水不十分になる。

冬、凍る地方では、初め出口附近の水が凍り、そのため内部へ水が滞つて、凍上を起すことがある。しかし、冬、凍るからといって、地下排水を無価値とみるのは、早計である。冬にならぬ中に、地中の水を抜いたなら、その抜けただけは、確かに効果があるといつてよい。決して無効ではない。

**山の斜面**に水脈のあるときは、路床への滲透を防ぐため、

1. 路の山側に、深い溝を掘るか、或は
2. そこへ、空つぎ土管を、深く埋める。それとも
3. 路から遠くで、水の滲透を遮断すれば、更によい。

要するに、排水の要訣は、路床の土へ、水が入らぬやうな方法を講ずることである。外部に見えない、ぢみな仕事であるため、とかく、力を抜きやすいのである。排水のわるいため、豫想外の損害をうけた例も多い。

**土質と排水** 排水のねらひ所が、土質によつて、多少違ふ。

理想の土、普通の砂。地下水位の高いときは、排水をよくする。

純砂。排水について、あまり考へなくてよい。

ローム。毛管作用が強いから、排水には、十分氣をつけること。地形上、地下水位を下げれないときは、盛土で路面を高くする。

粘土。水を一度吸ふと、なかなか乾かない。排水をよくして、路床中へ水が滲透せぬやうにする。路面を高くするのも有効。

## 5. 一般維持法

道路をたえずよい状態に保つことを、道路の維持 (maintenance) といふ。法規上では、維持と修繕 (repair) を區別するときもあるが、道路の實際では、殆ど同じ意味に使はれてゐる。語感の上で、いくらか違ふので、強いて區別すれば、『抽象的にいひたいときは維持が使はれ、具體的に示したいときは修繕といふ』のではあるまいか。

土道は、少しでも路面が傷んだら、すぐ手直しすることが、大切である。路面を仕上げたその翌日から、修繕を始めるものと、覺悟してゐる位である。大修繕を年に一回か二回やるよりも、手輕な修繕を、たびたびやる方が、仕事も樂だし、路面のためにもよい。

**乾きすぎると** 車のため、埃がたつ。その埃は衛生上よくないし、また埃がたつやうだと、路面に窪みができ、交通に不便で、排水もわるくなる。そこへ雨が降ると、どろどろになり、窪みは、自動車のため、一層大きくなる。そして、更に大きい破損になる。これを、小さいうちに直しておけば、至つて簡単な仕事ですみ、交通の不便もないわけである。

土道の修繕は、雨がやんで、なほ濕りのあるうちに、行ふといふのが秘訣である。乾いたときやつては、土が、うまく落付かない。雨のあと、半日か一日の

間に、長い距離を修繕するには、ぐづぐづしてゐると、間に合はない。そこで、次のやうな修繕用具が、米國では普及してゐる。

**割丸太ドラッグ (split-log drag)** 圖 9. 丸太で圖のやうな枠をつくり、馬や車に引かせて、路面を

圖 9. 割丸太ドラッグ

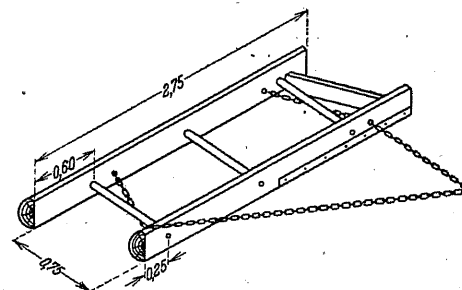
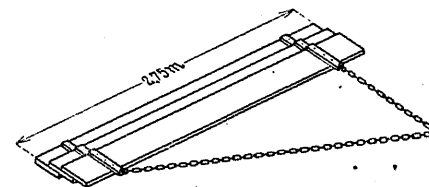


圖 10. 板ドラッグ



こすり行くのである。丸太は、路の中心線と  $45^{\circ}$ - $60^{\circ}$  傾けた向きに保つ。枠だけで重さの足りないときは、枠の上へ人がのる。ロームや粘土では、丸太の割り面を、前方にして引張る。砂では、丸い面を前にして引くことが多い。試してよい方であることだ。

**板ドラッグ (lap-plank drag)** 圖 10.

板を重ねたもの。使ひ方は、丸太ドラッグと同様である。

ドラッグをもつと丁寧にしたものに、プレーナ (planer) といふものもある。

土道の維持法は、その土地土地によつて、多少變へねばならない。

**暖國** 冬、凍りもせず、雪もないといふ土地では、年中、平均に修繕やる。殊に梅雨季の破損については、注意を怠らないことである。

**寒國** 雪や凍上のため、冬、路面がいたむ。氷解けの頃に大修繕をする必要がある。しかも、これは、毎年繰返さなくてはならない。

**少雨地方** 路面が乾きすぎて、土の凝集力が減り、埃が多くなりやすい。水分を補ふとよい。交通量が多いと、土道では無理である。

多雨地方 路床が濡りすぎて、土が不安定になる。砂、砂利のやうな粗大な粒を加へてやると、よほど、改善される。土道では無理なこともある。

## 6. 四季の維持

### 1. 春

雪解け、氷解けのあと、すぐ手直しすることである。特に大切なことは、

1. 弛んだ路面を締直すこと
2. 排水をよくすること。

凍つたり解けたりすることが、冬、繰返されると、土が弛んで多孔性になりがちだ。それを締直し、固い路面にするわけである。これが春の大修繕である。

冬の間に、排水もわるくなりやすい。その原因は、

1. 横断面の形が崩れてゐること。
2. 冬の間に、溝が詰つてゐること。
3. 溝が小さすぎたり溝の末部に故障があつて水の流れないこと。
4. 排水土管が、冬の間に、こはれてゐること、

悪いところを探して、それを除くことが大切である。

### 2. 夏

夏は、土がよく乾くし、交通量も一般に多い。それで、埃がたち、路面の傷みもひどい。雨あがりには、必ず見廻つて、わるい箇所はすぐ手直しすること。

日でりが長くつゞくと、修繕の折がないわけになるが、これは、どうも、致し方がない。乾き切つたとき、路面をいぢくると、却つて悪いことが多い。

梅雨の頃、根本的な手直しをすることもある。路の横断面形や、縦断面形を、正しくし、側溝も水がよく流れるやうに掃除する。年に一度は、これが必要である。

### 3. 秋

冬に對する準備を、秋にする。路は、よい状態で、冬を迎へるやうに、仕向けてやることが、大切である。中秋から晩秋にかけての仕事は、

1. 窪みを、丁寧にうめる。
2. 路面を均らし、ローラで締固める。
3. 路肩の部分も、形を整へ、溝や法面の雑草を刈り取る。
4. 土管や溝に土が詰つてゐたら、それを除く。

### 4. 冬

冬の仕事は、土地によつて、大邊違ふものである。積雪や凍結のつゞくところでは、どうしても手がでない。折々、氷解けや雪解けのあるところでは、その度ごとに、窪みをうめ、排水もよくする。この小修繕をしてゐると、春になつて、大修繕せずにすむことも多い。氷や雪のない土地は、たえず手直しを續ける。

## 第5章 砂利道

|       |           |            |
|-------|-----------|------------|
| 章 目 次 | 1. 特 性    | 5. 砂利層の補強  |
|       | 2. 砂利層の粒度 | 6. 維 持     |
|       | 3. 横 断 面  | 7. 路 面 の 波 |
|       | 4. 新設道の施工 |            |

### 1. 特 性

路面へ砂利を用いた路が、砂利道 (gravel road) である。土道よりも、荷重に對して安定である。しかし、砂利は丸いから、碎石に比べると、噛み合ひ方が弱く、従つて、碎石道ほどの丈夫さは、一般には期待できないわけである。

自動車交通が、1日 200-300 臺程度なら、砂利道でよいと、されてゐる。

自動車が1日 300 臺以上にもなると、傷み方がひどい。維持費も澤山かかり、不經濟なものになる。或調査によると、次のやうな結果があつた。

砂 利 道 の 維 持 費

| 路 線 | 1日の自動車數 | 千平方メートル當りの年維持費 |
|-----|---------|----------------|
| A   | 約 100 臺 | 約 20 圓         |
| B   | 200     | 30             |
| C   | 400     | 90             |

これは、ほんの1例で、全部が全部この通りになるわけではないが、とにかく、交通量が増すと、維持費も澤山いるのである。それで、砂利道には、その適する限度がある。この限度内で使へば、大いに長所が發揮されるわけである。

**單價計算** 砂利道を新設するとき、 $10\text{m}^2$  または  $100\text{m}^2$  につき、次の諸項目に關し、單價や金額を、計算する。そして、全部加へるわけである。

#### 1. 路 床 工

2. 下 層 工 (砂利、目潰し、締固め費、人夫)
3. 上 層 工 (同 上)
4. 雜 費

砂利の量は、仕上げ容積の3割増し位に見込む。

目潰しの量は、砂利の3-8割を見込む。

人夫の數は、砂利  $1\text{m}^3$  につき 0.2-0.5 人。

その他、細かいことは、その時、その場の事情から判斷する。

### 2. 砂利層の粒度

**砂利入り土道** 砂利道は、砂利を敷き詰めさへしたらよいと、考へられてゐた。ところが、自動車の増すにつれて、事情が變つてきた。砂利だけでは、すぐ跳ねとばされて、駄目である。適量の細土 (砂や粘土) を加へて、凝集力を強めるとよいことが、分つてきた。砂利層の安定さは、

1. 内部摩擦力 噛合ひの力で、砂利による。
2. 凝 集 力 結合力で、細土による。

粒揃ひの砂利は、噛合ひがわるく、内部摩擦力が小さい。大粒、中粒、小粒と、混つた砂利がよい。その上、砂利の空隙へ、細土を詰めると、凝集力が強くなる。これに使ふ細土は、『理想の土』が、やはり、一番よい。

要するに、砂利へ細土を混ぜることが、ぜひ必要なのである。砂利道といふよりは、『砂利入り土道』といった方が、一層適切な位である。

**砂 利** 砂利道に使ふ砂利として望ましいことは、

1. 硬いこと。硬さが一樣であること。
2. 大粒と小粒が、ほどよく混つてゐること。
3. 扁平なもの、細長いものなど含まないこと。

**最大寸法** 表層用 25mm, 下層用 80mm.

砂利は大きいほどよいと、考へられた時代もあつた。経験によると、表層へ 25mm 以

上のものを使ふと、自動車に跳ねとばされやすいことが、分つてきた。

『25mm でも、まだ大きすぎる。15-20mm を、最大寸法とするがよい』といふ意見の人さへある。これは、表層の話で、下層の砂利は、大きくてよい。

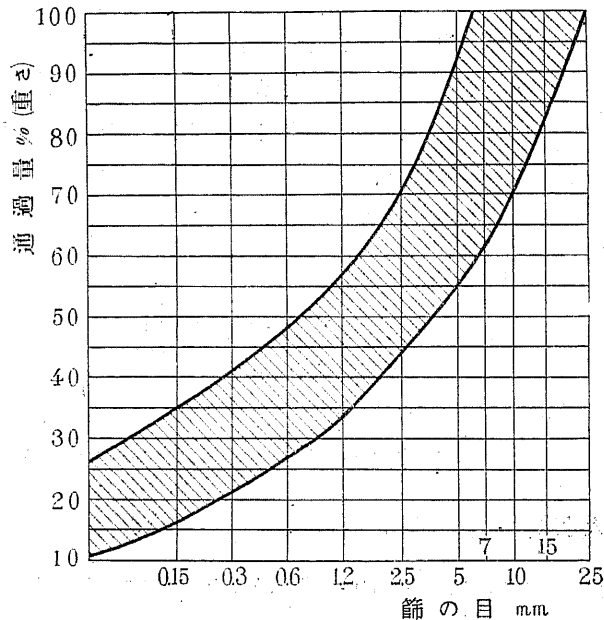
**表層粒度** 砂利道の表層として、理想の粒度は、圖 11 のやうなものである。横軸は篩の目、縦軸はその篩を通過する量（重さの百分率）である。通過量が、斜線を施した範囲内にあれば、理想的だ。例へば

25mm 通過 100 %、5mm 55-90、2.5mm 45-70、0.15mm 16-35 %

**表層の配合** 表層の理想的粒度を、前圖のやうに、篩の通過量で示すのも一法である。しかし、粘土、砂、砂利の比率で示すこともできる。

|             |           |         |
|-------------|-----------|---------|
| 粘土 (clay)   | 0.01mm 以下 | 10-20 % |
| 砂 (sand)    | 0.01-5mm  | 30      |
| 砂利 (gravel) | 5-25mm    | 50-60   |

圖 11. 表層の粒度



平均して 粘土 15%, 砂 30%, 砂利 55%

これは、近似的には 1:2:4 といふ配合である。

百分率で 20, 30, 50 なら、1:1.5:2.5 である。

百分率で 10, 30, 60 なら、1:3:6 である。

これから分るやうに、表層の理想的配合は、1:1.5:2.5 から 1:3:6 の間にある。平均 1:2:4 と覚えてみてよい。

**粘土コンクリート** 1:2:4 といふのは、コンクリートにおいて、普通に使はれる配合と同じである。コンクリートのセメントの代りに、粘土を用いたものが、砂利道に使はれるのである。そこで、粘土、砂、砂利の混合物を、粘土コンクリート (clay concrete) と呼ぶことがある。粘土コンクリートの理想的配合は、混ぜたものの空隙が、最小になるときである（最小空隙説）。

砂と砂利の空隙率によつても、理想的配合が多少變るのである。

例へば、砂と砂利の空隙が多いときは 1:1.5:2.5 に近い配合を選ぶ。

反対に、砂と砂利の空隙が小さいときは 1:3:6 に近い配合を選ぶ。

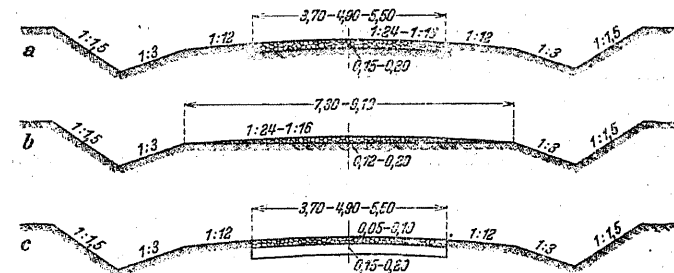
砂と砂利の空隙が普通であれば、1:2:4 あたりでよいといふのである。

十年前の砂利道は、砂利さへ敷けばいいと、單純に考へられてゐた。近頃の砂利道は空隙最小の粘土コンクリートを、敷均らすといふ考へ方に、變つてきた。

### 3. 横断面

圖 12. は、砂利道の標準横断面を示したものである。

圖 12. 砂利道の城断面



- a. 箱掘式 (trench method)
- b. 上置式 (feather-edge method)
- c. 基礎附箱掘式 (trench method with base)

この三つについて、簡単な説明を加へよう。

**箱掘式** (圖 a) 兩側へ、路肩 (shoulder) として 0.5-1m を残す。

中央部へ、浅い溝を掘り、砂利と細土を詰める。溝の底は、中央を高く、兩側を低くして、排水をよくする。路肩の、ところどころへ盲溝 (砂利か空つぎ土管) を設けて、水抜きするとよい。箱掘式は、他に比べて、

利點. 材料に無駄がない。全幅に亘り、強さも一樣である。

缺點. 仕事が面倒である。工事中、雨水が溝へたまると、路床が弛む。

**上置式** (圖 b) 路床を殆ど水平に仕上げ、その上へ砂利層を敷く。中央で厚くし、兩端ほど薄くする。仕上げた表面は、蒲鉾形になる。

利點. 工事が楽である。

缺點. 砂利層の厚さが等しくないから、強さも一樣でない。

**基礎附** (圖 c) 大きい石を路床へ並べて基礎とし、その上へ、箱掘式により、砂利層を造るといふ工法である。工費が高くなる。基礎を設けるのは、

1. 地下水位が高くて、砂利層の弛みやすいところ。
2. 路床の土が、ロームか粘土であるところ。

**砂利の量** 砂利道を造るときは、砂利の豫定量を知らねばならぬ。

1. 路は、締固めた状態で厚さを指定するし、買ふときは、ルーズな (締固めない) 状態で容積をはかるので、兩者の間に、くひ違ひがある。

2. 工事中に散亂して、失はれる分も、考へねばならぬ。

これに備へるため、仕上げ容積の 2-3 割だけ多く注文する。3 割増なら、

$$V = 1.30 b l d \text{ m}^3$$

$b$  = 砂利層の幅, m,  $l$  = 延長, m,  $d$  = 砂利層の平均厚さ, m.

もし 2 割増なら、係数を 1.20 にする。2.5 割増なら 1.25 に變へる。

例 砂利層の幅 6m 厚さ 12cm, 延長 1km に要する砂利の量は、

$$V = 1.30 \times 6 \times 0.12 \times 1000 = 936 \text{ m}^3$$

**細土は別** 砂利層には、細土 (砂 30%, 粘土約 15%) の必要なことを、前に記した。そんなら、砂利の分量は、細土の量だけ減らしてよいではないか、といふ疑ひもでる。しかし、細土の量を差引くことはしないのである。なぜなら、細土は、大體において、砂利の空隙をうめるために使はれる。細土のため容積の増すのは、僅かであるから、砂利の計算には、細土の存在を無視することが多いのである。

**細土の量** 砂利の分量の半分よりも、いくらか多く必要である。

一番いいのは、簡単な實驗をやつてみることである。一定量の砂利をとり、それへ細土を加へて締固めてみる。どの位のとき丁度よいか、判斷する。

計算だけから、推定せねばならぬとき、例へば、配合 1:2:4 であると、

$$\text{細土, } \frac{1+2}{1+2+4} = \frac{3}{7}, \quad \text{砂利, } \frac{4}{1+2+4} = \frac{4}{7}$$

$$\text{従つて } \frac{\text{細土}}{\text{砂利}} = \frac{3}{4} = 0.75$$

即ち細土は、砂利の 75% 必要なことが分る。但しこれは、重量比である。

1m<sup>3</sup> の重さが、砂利も細土も等しいなら、容積についても、細土は、砂利の 75% 必要である。しかし、1m<sup>3</sup> の重さの違ふときは、別の換算をして、細土の容積を出す。配合が 1:2:4 でないときも、上と似た方法で計算できる。

## 4. 新設道の施工

砂利道を新しく造るときは、これを便宜上三種に分けよう。

- A. 交通締め (traffic-bound)
- B. 一層式ローラ締め (one course roller-bound)
- C. 二層式ローラ締め (two course roller-bound)

これらの工法を、簡単に説明してゆかう。

### A. 交通締め

砂利を路床へ敷き、すぐ交通を許し、その交通によつて、砂利層を締固めようと、いふのである。金のかゝらない方法で、上置式が多い。やり方は、

1. 路床を、土道のまゝで、暫く使ふ。たえず手直しをする。
2. 砂利を運び、路肩へおろす。山の中腹の路では、山側の路肩へおろす。  
路床の窪みを丁寧に詰めた後、砂利を敷く。中央の厚さ 10 cm 以上。
4. 砂利に細土が不足なら、適量を加へる。
5. 交通に開放。當分のうち、毎日 1 回見廻つて、窪みを直す。

砂利を 2 回に分けて敷くときは、第 1 回分が相當に固まつた後、第 2 回分を敷く。第 2 回分は、大きさ 25 mm 以下を使ふ。1 回ですますときは、初めから、25 mm 以下の砂利を用ひる。

### B. 一層式ローラ締め

砂利層の厚さ 10 cm 程度でよいときは、砂利を 1 回に敷均らし、ローラで締固める。上置式、箱掘式、ともに使はれる。やり方は、

1. 上置式なら、路床を殆ど水平に仕上げる。箱掘式なら、設計通りの溝をほる。路床へローラをかけ、十分に締固める。箱掘式なら路肩を貫き盲溝を造る。
2. 砂利を、適当な厚さに敷く。細土不足ならば、適量を加へてやる。
3. 重い 3 輪ローラで、砂利層を締固める。
4. 交通に開放。當分のうち、毎日見廻はり、窪みはすぐ、手直しする。  
この一層式には、25 mm 以下の砂利を使ふことが望ましい。

### C. 二層式ローラ締め

砂利層の厚さ 20 cm 近いときは、2 回に分けて敷均らす。下層へは、大きい

砂利を使ふ。上層は、25 mm 以下の砂利を用ひる。造り方は、

1. 路床を用意。ローラをかけて、十分に締固める。
2. 下層の砂利を敷均らす。設計により厚さは違ふが、まづ 8-15 cm。細土不足ならば、適量を補ふ。重い 3 輪ローラで、よく締固める。
3. 上層の砂利を敷均らす。厚さは 5-8 cm の範囲で適當に決める。細土不足なら、適量補ふ。ローラで十分に締固める。
4. 交通に開放。當分のうち、毎日見て、窪みはすぐ直すこと。

## 5. 砂利層の補強

砂利道の中には、初めから、理想の粒度（配合）でなかつたものもあるし、初めはよかつたが、砂利が碎けて、粒度（配合）の亂れたものもある。また路床の土が上つて、粒度の變ることもある。これを補強する方法としては、

1. 粒度（配合）をよくする法
2. 水分をもたせる法
3. 粒の結合力を増す法

これらの補強方法を、簡単に説明してゆく。

**配合の改善** 砂が不足なら、砂を補ふ。粘土が足りないなら、粘土を加へる。砂利が少いなら、砂利を入れる。このやうに、足りないものを、加へてやればよいのである。第二の方法として、理想の配合に近い材料が、附近にあるなら、それを、上置式で敷均らしてやる。これは、一番徹底してゐる。

**水分を含ませる**（本編第 8 章を見て下さい） 夏、乾きすぎると、凝集力が弱まり、窪みができたり、埃が立つたりする。これを、完全に防ぐことは、とても出来ないが、一時的に、埃押さへとして有効なのは、砂利層へ水分を含ませることである。

1. 散水 毎日、適量に水をまくこと。これは、夏はどこでも實行してゐ

ることである。その目的は、粘土粒の凝集力を強めることにある。

2. 鹽化カルシウム 路面  $1\text{m}^2$  當り  $0.5\text{--}1\text{kg}$  の鹽化カルシウムをまく。鹽化カルシウムは、潮解性により、空中の水分を吸ひ、濕り氣を保つ。この工法は、粘土粒が相當に含まれてゐる必要がある。

3. 食鹽 路面へ食鹽をまき、次に軽く水をまくと、その水が比較的長く保たれる。これも粘土粒の相當に多いとき效があるわけである。

鹽化カルシウムと食鹽は、普通の撒水だけより、效力は大きいわけだけれども、現在のわが國では、資源不足のため、普及しかねるものである。

#### 結合力を増す

タールや道路油を撒いて、土の凝集力を強めるといふ方法である。工法は路面の埃を掃き、油をまく。そのまゝ2日か3日おく。十分に吸収されてから、交通を許すのである。粘土をあまり含まないときは、砂利層を、一度かき起し、油をまき、よく混ぜ、平らに均らし、ローラで締固める。本編第8章のほか、第6編以下をみて下さい。

## 6. 維持

#### 維持の對象

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| 1. 路面 (surface)    | 2. 法面 (roadside)    |
| 3. 側溝 (side ditch) | 4. 工作物 (structures) |

法面 崩れたらすぐ直す。雑草はときどき刈取つて、交通の邪魔にならぬやうに心掛けること。石垣などあれば、それも崩れないやうに注意すること。

側溝 なるたけ形を大きくすること。土砂、落葉、雪などがたまつて、排水を妨げやすいから、ときどき底を浚つて、水の流れよいやうに保つこと。

附近の土地に濕氣の多いときや、林などのため日あたりの悪いところは、排水に特に留意する必要がある。排水は土質にも関係し、その時その場に適する方法と程度を考へねばならぬ。

工作物 橋、排水暗渠、擁壁など、路に附屬したものを指す。これを適當に維持し、交通の妨げにならぬ状態に保つ。

- 路面の傷み方
1. 自動車による小穴 (ポットホール pot-hole).
  2. 荷車のため長い輪掘 (rut).
  3. 細土が、雨で洗はれ、また、日でりに埃として飛ぶ。
  4. 凍上による弛み。

これらの傷みは、どんなとき起りやすいかといふに、

- (1) 交通量の多いとき。
- (2) 路床の土の粒度のわるいとき。
- (3) 砂利層の粒度 (配合) のわるいとき。
- (4) 水分がありすぎるとき、または少すぎるとき。

平生の用意 砂利置場を、適當な距離に、路側へ設け、砂利 (25mm 以下) を入れておく。砂利置場といふ改まつたものを造らずに、低い山に積んでおくこともある。砂利山の間隔は、150-300m 程度。1ヶ所には  $0.5\text{--}1\text{m}^3$ 。

砂と粒土も、路側へ積んでおく。その砂利に對する比率は、路床の土や砂利の粒度から、適當に判斷することである。この土は、他所から持つてくる。

晴天のとき、路面へ浮いた細土を、兩側へかき寄せておき、雨の折の修繕に使ふこともある。配合がうまく行つてゐないなら、足りない部分を別に補ふ。

小修理 いろんな工法がある。次に三種をあげる。

1. 雨のとき砂利をまく 雨が降りだして、窪みへ水がたまつたら、すぐ砂利を詰める。雨降り中に砂利を入れると、舊路面との接着がよいし、窪みも大きくならないですむ。窪みは、小さいうちに修繕するほどよいわけである。

細土 (砂と粘土) は、雨のやむのを待つて、砂利の上へまき、いくらか混合して、よく突固めるのである。細土を雨中にまくと、洗ひ流されてしまふ。

2. 雨のあとで砂利をまく 雨がやんだら、直ぐに、窪みへ、砂利と細土を入れ、よく突固めておくのである。これは、『雨中の砂利入れ』ができないとき、次善の方法として行はれるものである。施工は、前法より樂である。

3. 晴れた日に砂利をまく 窪みの周りをかき起し、水をかけて十分

に濡らせる。その上へ、砂利と細土をまき、よく突固めるのである。

これは、長い間、雨の降らないとき、或は雨の折に、修繕できなかつたところへ、やむを得ず行ふものである。一番まづい方法である。

### 大 修 繕

雨が長くつづいて、ひどい窪みができたとき、或は路面の手入を長く怠つて、窪みが大きくなつたときなどは、大修繕をやる必要がある。その方法は、

1. 側溝や路肩を掃除して、形を整へる。
2. 路の砂利層をかき起す (scarifying)。一番深い窪みの底より、更にいくらか下まで掘り起すのである。掘り起すための機械もある。
3. 表面を均らす。新しい砂利と細土を、適量に加へて、よく混ぜる。
4. ローラで十分に締固める。すぐ交通に開放する。

### 道路工夫心得書

路面 1. 小さい窪みへは、すぐ砂利を入れよ。大きい窪みができたら、掘起し、均らしてから、砂利を入れ、ローラでよく締固めよ。

2. 窪みに泥あるときは、泥を除き、よい赤土などを入れ、砂利を敷け。
3. これらの砂利まきは、雨のうちか、雨のすぐあとで行へ。乾いた折にせねばならぬときは、水で濡りを與へ、赤土など入れて、砂利をまけ。
4. 砂利置場には、いつでも砂利のあるやうに。用意しておけ。

- 附 屬 物
1. 側溝はよく流れるやうに保て。山添の溝はたびたび渾へ。
  2. 法面の草は、ときどき刈れ。路面の草は除け。
  3. 並木が、折れたり、倒れたら、すぐ取除き、邪魔にならぬやうにせよ。

4. 橋板へ泥がのると、くさり易いから、たえず掃除しておけ。橋板は、少しくさつたら、早く取替へよ。橋の取付部に段のできぬやうにせよ。

5. 道路標識が倒れたら、直しておけ。こはされたら、新しく造れ。

道路工夫は、雨のとき、すぐ砂利まきに行くやうに、教へておくことである。それには、具體的方法で、工夫を訓練する必要がある。例へば、

1. 自動車へ工夫をのせて、窪みの害を實感させる。
2. 砂利まきの方法を、實地について、示すこと。
3. よく維持されてゐる道を、見學させること。
4. 自分の仕事の責任を明かにしておくこと。

工夫心得書といふやうなものを與へるならば、つとめて、平易な文章で書くことが必要だ。漢語の多い、硬い文章で書いたんでは、讀んで呉れはしない。

## 7. 路面の波

砂利道の表面に、週期的なでこぼこのできることがある。波 (corrugation) といふてゐる。これは、路面の横波で、高低は 10 cm 以下。山の距離は 0.5~1m が多い。自動車のためにできるもので、次のやうに考へられてゐる。

- 發 生 理 論
1. タイヤとスプリングの弾力のため、車に上下動がおこり、タイヤの接地壓力が、大きくなつたり、小さくなつたりする。
  2. 高速で走ると、タイヤ接地點の後に低壓 (vacuum) が生じ、細土を吸上げやうとする。これは、速力の大きいほど、低壓もひどくなる。
  3. 接地壓力の大小により、吸上げ (suction) の烈しい瞬間と、さうでない瞬間を生じ、その結果、路面に波ができはじめる。

4. 波が一度できると、上下動がひどくなり、波がますます大きくなる。  
 こんな風に考へられてゐる。しかし、まだ本當によくは分つてゐない。

## どんな所にてきるか

1. 路床の土の軟かいところに多い。
2. 土に湿りの多いところは、波がよくできる。
3. 砂利層の粒度（配合）が、適當でないところに多い。
4. 高速重交通のところに多い。低速や軽い交通の所には少い。

## 修繕法

1. 砂利層をかきおこす。
2. 平らに均らす。必要あれば、砂利と細土を加へる。
3. 重いローラで、しつかり締固める。

波が、一度、でき初めたら、姑息なやり方では、消えてくれないのである。

路の窪み（ポットホール）は、波の進んだものである。1 個だけ獨立にできることは稀であつて、自動車の上下動と關係がある。昔、鐵輪の荷車しかなかつた時代には、砂利道のいたみは、輪掘れ（一條の深い溝）であつた。自動車の普及によつて、輪掘れよりもポットホールが多くなつてきた。交通の種類が變つたため、路面のいたみ方が、それにつれて、變つてきたわけである。

## 第6章 碎石道

## 章目次

1. マカダム
2. 碎石道
3. テルフォード
4. テルフォード・マカダム

## 1. マカダム

英國にマカダムといふ人があつた。John Loudon Macadam (1756-1836)。  
 本來は McAdam と書くのらしいが、近來の英書には Macadam としたのが多い。

Scotland の Ayr で生れ、14 歳のとき、父（銀行家）を失つた。New York

圖 13. マカダムの肖像



で商業に従ひ、歸國してからは、行政事務に携つた。60 歳の頃から、路面改良事業に全力を注いだ。1836 年、道路視察の旅先で急逝した。時に 81 歳。

マカダムは、1816 年以降、碎石道を盛に造つた。碎石は、砂利よりも角ばてゐるから、噛みあひがよくて、丈夫であつた。またその頃は、路面へ栗石を使ふことが、行はれてゐたけれども、それより、ずつと安くできた。マカダムの指導して造つた路は、世を益するところが多かつた。彼の名聲は、高まつた。

彼の生前に、次のやうな言葉ま

でできた。

macadam 碎石を入れた路面、即ち「碎石道」のこと。  
macadamize 「碎石道を造る」といふ動詞。

試みに、Webster 大辭書を引いてみると、次のやうな語まである。

macadamite (形容詞)「碎石道の」  
macadamization (抽象名詞)「碎石道を造ること」  
macadamizer (名詞)「碎石道を造る人」

令息 James Macadam (この人は Sir を貰った) や、令孫 William Macadam も、路面改良のことに、盡された。それで、マカダムの名は、いよいよ高まつた。今では、世界中の國において、碎石道 (broken stone road) とマカダム (macadam) とは、全く、同じ意味の語として使はれるやうになつた。

## 2. 碎石道

John Macadam が碎石道なるものを初めて考へだしたやうに書いた本もある。しかし、それは、誤りである。碎石道は、もつと前からあつたのだ。

ローマ時代に、すでに、碎石を路面へ使つたといふ記録があるさうだ。佛國のトレサゲ (Trsagnet) は、1764 年頃、すでに、碎石道を造つてゐた。英國でも、Lester は Macadam より四年も先きに、同じ工法を政府へ申出してゐる。Paterson は、同じ方法で、すでに道を造つてゐたといふ證據もある。

マカダムは、『碎石道の發明者』ではないのである。しかし、彼の如く、名利を超えて、20 年の久しきに亘り、碎石道の普及といふたゞ一つのこと、力を注いだ人は、他になかつたのである。また彼一家の如く、親子三代に亘り、路面改良の一事に、専心したといふ例も少いのである。こゝに彼の偉大さがある。碎石道が、マカダムと呼ばれるに至つたのは、彼の徳望による。彼一家の陰徳の結果であるといつていい。しかも、マカダムは、土木技術者ではなかつた。

### 原始マカダム

Macadam の指導した碎石道は、『交通締め 3 層碎石道』であつた。即ち

1. 碎石を、厚さ 10 cm 程度におき、交通に開放する。この碎石は、大きさ 5 cm 以下。敷き方は、今日でいふ上置式であつた。
2. 締まつたら、碎石を更に 10 cm 厚さに敷き、交通に開放する。
3. 締まつたら、更に碎石を 5 cm 厚さに敷き、交通に開放する。
4. 目潰しは、使はなかつた。路面に窪みができたら、碎石を補ふてやる。

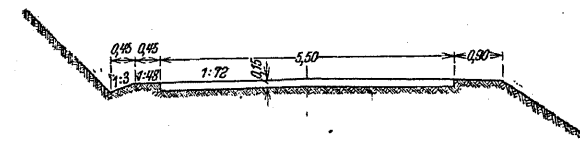
### 近頃のマカダム

今日、一般にいはれてゐる碎石道 (マカダム) は、砂利道の砂利の代りに、碎石を用ひた路面である。原始マカダムに比べると、變つてゐる。

1. 碎石層を、3 層にするとは限らない。1 層ですますことも多い。
2. 敷き方も、上置式のほか、箱掘式によることもある。
3. 表層の碎石は、25 mm 以下の小さいのが多く使はれる。
4. 碎石は、粒揃ひよりも、大小粒の混つたものをよしとし、また目潰しとして、細土 (砂、粘土) を加へる。碎石層の空隙を減らすためである。
5. その他のことは、砂利道に準ずるわけである。

横断面 碎石道の横断面の 1 例を圖 14 に示す。これは、箱掘式である。碎石を敷き、交通締めにするとき、箱掘式が多く使はれる。

圖 14. 碎石道の横断面



切取勾配 1:1 土が硬ければ、もつと急にする。

盛土勾配 普通は 1:1.5 土質により適當に變へる。

マカダムの種類 碎石を使つた道が、マカダム (碎石道) である。それが本來のもので、砂利道に對する碎石道なのである。しかし、廣い意味では、次のやうなもので、

マカダムといふやうになつた。

1. 水締めマカダム 碎石の空隙へ細土を水で流し込んだもの。
2. アスファルト・マカダム 碎石をアスファルトで結合したもの。
3. タール・マカダム 碎石をタールで結合したもの。
4. セメント・マカダム 碎石をセメントで結合したもの。
5. テルフオード・マカダム 特別な基礎を設けた碎石道。

これらは、別のところに記してある。これに對し、普通のマカダムは、**純マカダム** (plain macadam) といはれる。空締めマカダムといつても、よいだらう。

### 3. テルフオード

Thomas Telford (1751-1834) は、Scotland の Eskdale に生れた。この人は、Macadam と時を同じうしたが、Macadam と違って、本格的な土木技術者であつた。運河、港、鐵道、道路、橋など、各方面に大きい貢獻をした。その最大の仕事は、カレドニヤ運河 (Caledonian Canal) であつた。英國の土木學會 (The Institution of Civil Engineers) の創立されるに及んで、初代の會長に押された (1820)。それほどに信望があつたし、また土木の元老であつたのである。

1814 年以降、Scotland と Wales の道路計畫に關係した。そのとき、彼は、路面の造り方として、『基礎附の碎石道』を選び、これを強く主張した。

1. 路床へ、大きい石を並べて、基礎とする。
2. その上へ、碎石層を敷いて、路面とする。

テルフオードは、この基礎の栗石層を、なくてはならぬものと考へた。Macadam 式の基礎なし路面では、長くもたないから、駄目だといふのであつた。

テルフオードの工法は、確かに丈夫であつた。しかし、高價であつた。高價のため、急には普及しなかつた。それにも拘らず、この頑丈な基礎は、人々の注目を引いた。そして、**テルフオード基層** (Telford base) といふ名で、廣く呼ばれるやうになつた。つまり、テルフオードが一番強く主張したその點に、彼の

名が冠せられて、世に残ることになつたわけである。

### 4. テルフオード・マカダム

1. 路床へ、大きい石を並べて基層とする。
  2. その上へ、碎石層を相當の厚さに敷いて、路面とする。
- かうして造られた路面を、今日では、次のやうに呼んでゐる。

テルフオード基層附のマカダム (macadam with Telford base)

略して テルフオード・マカダム (Telford-macadam)

實は、テルフオードが主張した碎石道にほかならぬのである。ところが、マカダムの名があまりに高くなつて、碎石道即ちマカダムと解されるやうになつたため、テルフオードの名は、基層にしか、傳はらなくなつた。不運といへば、不運であるが、マカダム家三代の努力に比べれば、テルフオードの徳望は、ずっと低かつたに違ひない。基層だけでも名の残つたのは、幸せてあつたわけだ。

#### テルフオード基層の造り方

1. 大きさ 15-20 cm の石を、大體ひと粒並べ程度に、路床へ敷く。
2. 碎石や砂利を、石のすきまへ入れる。槌を使つて、ギツシリつめる。
3. 重さ 10t 以上の 3 輪ローラで、十分に締固める。軽いローラでは、よく締らない。窪みがあれば碎石をつめる。

これへ使ふ石は、20 cm まで位の大きさに 1 人で樂に扱へるもの。

栗石 (cobble). -丸味のある天然の石。砂利より大きいもの。

玉石 (boulder). -丸味のある、比較的大きい石。

割栗石 (rubble). -大きい石を砕いたもので、大きさは、砂利と玉石の間。

テルフオード基層は、高價だから、今日では、土質の悪いときだけに使はれる。なくてはすむなら、使はぬことである。使ふ使はぬは、技術者の判斷による。

**マカダム層** テルフオード・マカダムの表層は、厚さ 8 cm 以上、15 cm

位までにする。8cm 以下では、テルフォード基層を使つたことに對し、釣合がとれないわけだ。基層を丈夫にしたら、表層も相當の丈夫さをもたせることである。その他の點は、普通の碎石道と同じにする。

### 碎石道に對する二つの考へ方

Telford は、路面を初めから丈夫に造らなくては駄目だと考へた。Macadam は、初めさう金をかけないでも、あとから絶えず、修繕してゆけばよのだと考へた。二人の考へ方は、このやうに、根本的に違ふ點があつた。

Telford は、運河、橋、港などを造つた土木技術者で、これらの構造物は、あとから修繕しなくてもよいやうに造るのが原則だ。彼はその考へ方を道路へまで持込んだ。道路はたえず修繕できるものだといふことを、Telford は、はつきりしてゐなかつたらしい。こゝに、彼の主張の、普及しなかつた原因があると思ふ。道に對する根本觀念が間違つてゐたのである。

Macadam は、土木技術者でなかつたにも拘らず、路面はたえず修繕できるといふ性質を、體得してゐた。繼續的維持の必要を、100 年も前に知つて、それを實行したことは、Macadam の實にえらいところであつた。彼の名が後世に残つたのも、決して偶然ではない。

王室から、Sir の位 (Knighthood) を與へられようとしたとき Macadam は、これを辭退して受けなかつたと、傳へられてゐる。名利を念頭におかず、淡々として、強い信念のもとに行動した。奥ゆかしい話ではないか。Telford は、英土木學會の初代會長の名誉を占めた。大御所然としてゐたに違ひない。Sir を下さるといふたら、それに飛びついて行つたかも知れぬ。この邊にも、Macadam と Telford の、人柄の違いが見えるやうな氣がする。Macadam の方が、人物が遙かに大きかつたのである。Telford の名が、Macadam に及ばないのは、徳望の缺けてゐたことによるといはねばならぬ。

## 第7章 水締マカダム

|     |          |        |
|-----|----------|--------|
| 章目次 | 1. 特 性   | 4. 維 持 |
|     | 2. 下 層 工 | 5. 工 費 |
|     | 3. 上 層 工 |        |

### 1. 特 性

**水締(みづしめ)** 碎石をまづ敷均らす。その上へ目潰しの土をまき、水を注いで、どろどろにして、碎石層のすきまへ、流し込むのである。この作業をみづしめといひ、できた路面を水締マカダムと呼んでゐる。

普通の碎石道(マカダム)と違ふのは、碎石層の空隙が、一層よく詰まつてゐて、それだけ丈夫な路面になつてゐる點である。砂利道よりは勿論よい。

水締マカダム (water-bound macadam) は、自動車、1 日 300-500 臺位まで、十分耐へるものとされてゐる。自動車交通が、それ以上に増すと、もつと費用をかけた舗装にしないと、損である。損だといふ意味は、維持費がかさんで、却つて不經濟なのである。水締マカダムにも、そこに適域といふものがある。

**厚 さ** 碎石層の厚さは、15-25 cm の範圍に選ぶのが、普通である。大體 20 cm が標準である。後日になつて、他の舗装の基層にするのが目的なら、厚さ 10 cm 位にしておくこともある。

碎石層の厚さを計算する公式もあるが、その式の中には、荷重の量、衝撃の大きさ、土の支持力などの因子が入つてゐて、これらの因子を、正しく推定するといふそのことが、實はできない相談である。だから、公式から出した厚さも、どこまで信用してよいやら、分らぬ。計算の基礎的數値があやしいわけだ。

**碎 石 量** 碎石を敷均して、ローラで締めると、厚さが 2-3 割減る。仕上り厚さ 20 cm をほしいときは、初め 25 cm 位の厚さに敷かねばならぬ。碎石

を買ふときは、この敷均し厚さをもとにして、數量を豫定する。

仕上り厚さ 15cm にしたいときは、敷均し厚さ 18-20cm にする。

碎石を、あまり厚く敷均らすと、ローラをかけてもよく締らないし、また目潰しの土も、すきまへ行きわたりがねる。敷均し厚さが 15cm よりも大きいときは、碎石を上下 2 層に分けて施工するとよい。例へば、

敷均し 20cm なら、下層 10cm 上層 10cm  
25cm                      "    1cm,    "    12cm

**碎石の寸法** 碎石は、砂利より噛合ひがよいので、割合に大きい寸法まで使はれてゐる。最大寸法いくらにするかは、別に標準のあるわけではないから、技術者の判断にまつ。碎石は、大碎石と小碎石（目潰し用）の 2 種を用意する。分けて注文し、敷均らすまで、別々に保存する。寸法の 1 例を示すと。

| 大    小    |  | 下 層 用    | 上 層 用    |
|-----------|--|----------|----------|
| 大   碎   石 |  | 80-60 mm | 60-30 mm |
| 小   碎   石 |  | 20-0     | 20-0     |

**細 土** 目潰しとして細土（砂、粘土）も加へるのである。これは、小碎石のすきまを詰めて、碎石層の安定さを増すのが目的である。

水締マカダム用の細土については、砂がよいと主張する人もあるし、粘土でないと駄目だといふ人もある。砂がよいといふ人は、砂を使つて施工した経験のある人だ。また粘土がよいといふ人は、粘土ばかり使つてきた人である。いづれも、自分の経験だけを認めてゐるわけで、眼界が狭いのである。

細土を使ふ目的が、碎石のすきまを詰めるのにあるから、細土自體も、最小空隙 (minimum void) に近いものほどよいのである。それで、砂へ適量の粘土の混つた土がよい。土道における『理想の土』のやうなのが、一番好ましいのである。砂だけだと、砂自體の中にすきまが残るし、凝集力も弱い。粘土だけだと、雨降りのとき安定さを失ひやすい。兩者の適當に混つてゐることが必要だ。

水締マカダムの細土は 水を注いで、どろどろにし、碎石のすきまへ流し込むのであるから、水切れの早いためには、砂がよい。即ち施工の便宜からいふと、砂が利益で、現場の人が粘土をきらふのは、このためである。しかし、施工が楽にできたから、後の結果もよいだらうと、想像したら、それは間違ひである、こゝが、現場の人の誤りやすい點である。

粘土を多く入れると、施工は厄介である。しかし、施工後、十分に乾かしてから、交通に開放すれば、よい路面になるのである。耐久力からは、粘土が必要だ。

道路技術者は、やゝもすると、施工を樂にすることや、手ぎはよくすることだけを考へ、あとの耐久力の點を忘れてゐることがある。本末の顛倒である。

**配 合** 碎石と細土を、どんな割合に混ぜたらいいかといふに。

1. 『理想の土』に近いやうな細土を選ぶ。

2. その細土と小碎石（目潰し用）を採り、4-5 回試験して、最小空隙になるやうな、配合をみだすわけである。最小空隙といふのは、一定の容器へ詰めてみて、その重さの一番大きいやうな配合をとればよい。これで目潰しが決まる。

3. その目潰しと大碎石を、いろんな割合に混ぜて、重さを測り、最小空隙になるやうな配合をみだす。これをもとにして、各材料の配合を決める。

4. 上の配合で施工してみて、具合のわるい點があつたら、そこを改めて行く。例へば、粘土が多くて施工しにくいなら、粘土を減らすか、砂を増すかする。小碎石の量も、最小空隙の配合より、いくらか増した方が、仕上り路面の美しいこともあらう。さういつた點は、施工しながら、どんどん變へてみる。

どんな配合のとき、最小空隙になるかは、大碎石の寸法や粒揃ひの程度によつて違ふから、試験的に混ぜてみるのが、一番いい方法である。しかし、豫算を組むときなどは、碎石がないのに、配合を豫定してかゝる必要がある。さういふとき、大體の計算の基礎としては、次のやうに考へて、推定していふ、

$$[\text{目潰しの容積}] : [\text{大碎石の容積}] = 1 : 3$$

容積比で、大體 1:3 と見るわけである。目潰しといふうちには、小碎石、砂、粘土が含まれる。この目潰し自體の配合については、次のやうな例がある。

目潰しは 小碎石 半分 細土 半分  
 細土は 砂粒對粘土粒が 9:1 から 5:1

大づかみにいふと、大碎石 6, 小碎石 1, 細土 1 といふ割合である。

しかし、粒度によつて、空隙の量がちがふから、机上の計算だけで安心するのは危険である。どうしても、一度、實際の材料を混ぜてみることである。

**横断面** 横断面について、二つの例を圖 15 に示してある。

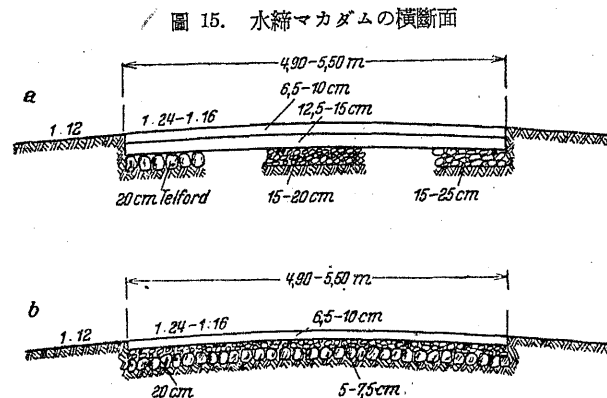


圖 a. 2 層式水締マカダム.

碎石層の厚さは、下層 12-15 cm, 上層 6-10 cm.

必要ありと認めたときは、基層を設ける。その厚さは、

テルフォード基層なら、厚さ 20 cm  
 大砂利基層なら、15-25 cm  
 小砂利基層なら、15-20 cm

圖 b. 1 層式水締マカダム

碎石層の厚さは、6-10 cm. これは碎石層が薄いから、下へ、テルフォード基層 20 cm と、中間碎石層 5-7.5 cm を加へておくと、丈夫である。

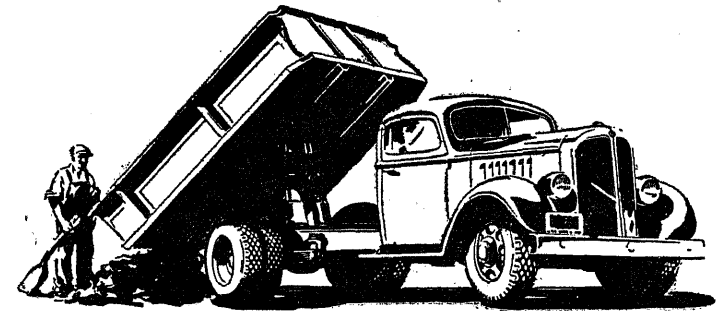
## 2. 下層工

碎石層の厚いときは、上層と下層の二つに分けて、施工する。こゝには、まづ下層工について記さう。もし一層式で施工するなら、この下層工は、いらぬ。

### 1. 碎石の用意

施工する場所へ、碎石を用意する。路側へ積むこともあり、路床へ積むこともある。自動傾斜式のトラック(圖 16)があれば、碎石の元置場から、トラックへ載せて運び、路床へおろして、すぐ敷均らす。碎石を運ぶには、トラックのほか、手押車、荷車、小軌道など使はれる。

圖 16. 傾斜式トラック

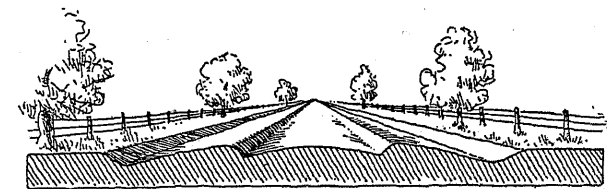


### 2. 路床

下層 (lower course, base course) の碎石を敷均らす前に、まづ路床 (subgrade) の準備をする。それは、整形と締固めの二つの作業である。

**整形** 箱掘をする。圖 17 のやうに、中央部を浅く掘るのである。

圖 17. 路床の整形

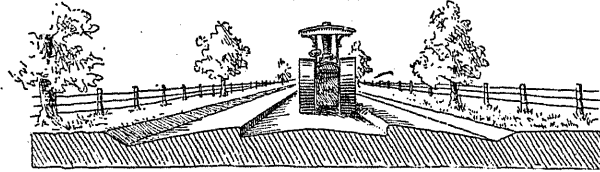


丁寧な設計では、碎石層の部分と、左右の土の部分との間へ、縁石を入れることがある。さういふ設計なら、別に縁石を造つて、箱掘した両側へ並べる。

箱掘したまゝでは、両側面の崩れやすいため、施工中だけ、型枠を添へることもある。型枠といつても、角材または厚枚を、箱掘した溝の両側へ並べる程度である。型枠の高さは、下層碎石層の厚さに等しくする。また型枠が動いたり、倒れたりしては固るから、小さい杭をうつて止める。型枠は後で取除く。

**締 固 め** ローラをかけて、十分に締める。圖 18 は、路床締固めを示す。

圖 18. 路床の締固め



排水のわるいためや、車のためなどで、路床へ、ぬかるみや、でこぼこの出来ることもある。そのときは土を入れ、平らに均らし、ローラをかける。

**路 肩** 路の左右の縁に近い部分を路肩といふてゐる（ロカタ、shoulder）。箱掘式で、碎石層を施工すると、路肩部の締固めが、不十分になりやすい。

第一、路床へローラをかけるとき、路肩は高さが違うので、同時に締固めできない。  
第二に、下層碎石を締固めるときも、路肩は高さが違うので、一緒にローラをかけられない。  
第三に、路肩だけ、あとからローラをかけても、厚いので、思ふやうに締らない。

やむを得ないことであるが、『路肩は締まりにくいものだ』といふ點を、念頭において、この缺點を、なるだけ減らすやうに心掛けて、施工することである。

新設道では、次のやうなやり方も、可能である。即ち、路肩を、碎石層と同時に造るのである。路幅全體につき路床を締固める。次に中央部に下層碎石を敷き、路肩部に土をおいて、ローラをかける。次に中央部に上層碎石を敷き、路肩部に土をおいて、ローラで締固める。かうすれば、よほど一様に締まる。

數年使つてきた土道へ、碎石を入れるときは、路肩部もすでに締つてゐるから、手を

つけない方が、安全である。硬く締つた部分を、わざと掘る必要はない。

### 3. 碎石敷均し

路床上へ、碎石を、設計の厚さ通りに敷均らす。これには、シヨベル、レーキ、その他適當な道具を使ふわけである。碎石の厚さを、どこも一樣にするには、

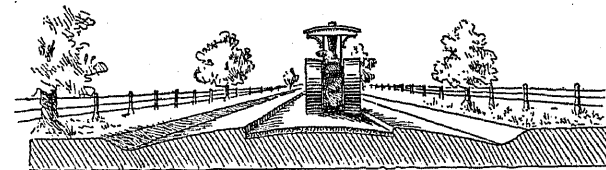
1. 木の立方形ブロックを、ところどころへおき、その頂面まで碎石を敷く法。
2. 横断面の定規を、ところどころへおき、その頂まで碎石を敷く法。
3. 鐵ピン、木杭などを、路床へ刺しておいて、厚さをみ定める法。

どんな方法にしろ、一樣な厚さに敷均すことが大切である。敷くとき、碎石の大粒と小粒の分離（segregation）を起さぬやうに注意する。分離したと思はれたら、シヨベルで、一度かきまぜることである。

### 4. 空締め

圖 19 は、敷均した碎石層へ、ローラをかけてゐるところである。目潰しも入れないし、水も注がずにやるので、これを、空締め（カラシメ）と呼ぶ。

圖 19. 下層の空締め作業



**ローラ** 3 輪ローラ（マカダム・ローラ）を使ふ。重さは、石灰岩の碎石に對し 8-10t. もつと硬い碎石に對し 10-15t のものを選ぶ。軽くてはきかぬ。

運轉の速度は、毎分 30m, またはそれ以下。1 時間 40-70m<sup>2</sup> を仕上げる。

**進め方** ローラは、一方の路肩の方から、掛け始める。最初、路肩部にそふて、前後へ動かす。その部分が十分締つたら、路の中心線の方へ、だんだん移つてゆく。中心線に平行に動かして、締固め作業をしながら、横へ少しづつ移るのである。毎回の車輪の

通路は、前回の輪跡へ、いくらか重なる程度にする。後輪の幅の半分だけ重ねよと、指定することもある。

一側から中心線まですんだら、ローラを、反対側の路肩近くへ移す。前後へ動かしながら、中心の方へ少しづつ移してゆく。路の中心線のあたりまで、締固めてゆくわけである。

再び元の側へ戻つて、前と同じやうなことを、繰返す。これは幾回もやる。

ローラを進めてみて、車輪のすぐ前の、碎石層の表面に、うねりのでないやうになったら、十分に締つたのである。そこで空締めを打切る。

**曲線部** 片勾配になつてゐるところでは、曲線部の内側から、ローラを掛け始める。前後に動かしながら、横へ少しづつ移し、曲線部の外側まで、ひとつづきにローラを掛ける。即ち、道の中心線で一度打切るといふやり方を、採らないわけである。これが、曲線部の締固めの特別な点である。

**検査** 長さ3mか4mの直線定規を用意し、これを、路の中心線と平行にして、碎石層の面へあてる。もし2cm以上も低いやうなところがあつたら、手直しする。それは、まづ碎石をゆるめて、新しい碎石を追加し、平らに均らした上で、ローラをかけるのである。ひどく突出した部分も、取去ることである。

### 5. 目潰しまき

空締めした碎石層の上へ、小碎石と細土をまく。置場から運んできたものを、箕のやうなものに入れ、碎石面へふりまくやうに、うすく一様に廣げる。竹箒で掃いて、碎石のすきまへ、入れてやる。次にローラで、空締めする。

目潰しは、初め、少い目にまく。足りなければ、後から、追加すればいい。多くまきすぎると、始末にわるいのである。また一ヶ所へ、どつと下ろしてはよくない。目潰しの小碎石が、大碎石の突起へ、橋渡しになつてゐたり、大碎石の上へチョココンと載つてゐたりしてはいかぬ。箒でよく掃けば、その心配はない。

### 6. 水締め

空締めの碎石層の表面へ、水をまく。水量は、路面100m<sup>2</sup>につき水1m<sup>3</sup>

を標準とし、夏は幾分増し、冬は減らすわけである。水をまく方法としては、

1. 桶や石油罐で、ローラの進むすぐ前へ水をまく法。
2. 撒水車を別に用意して、水をまく法。
3. ローラの前部へ、撒水装置をとりつけておく法。

水まきと同時に、ローラを掛け始める。動かし方は、空締めするときと同じにやる。このとき、水は、目潰しと混つて、ドロドロになる。ローラの子輪の進む前方には、泥のうねりが立つ。この泥を、碎石層のすきまへ、詰めるわけだ。

水が足りないやうなら、水を加へてやる。また目潰しが足りないなら、目潰しを追加してやるのである。施工しながら、この點には、たえず注意すること。

**區間** 注水と水締めの作業は、延長150m位を限度とし、それより短い部分を一區間として、行ふのが普通である。一區間を完全に終へてから、次の區間へ移る。碎石層のすきまへ、泥が、もうこれ以上入りさうもないと分つたら、作業を終る。これで、下層工が、一應すんだわけである。

### 7. 調整

目潰しと水の量は、一區間を試験的にやつてみることである。その結果をみて、調整を要するやうなら、次の區間について、増すか減らすかする。

乾いた後、大碎石の突起が、表面に少しも見えないやうであれば、目潰しが、多すぎたのである。碎石の突起が、幾らか見える程度でよろしい。

乾いたとき、低い部分が表面にあれば、碎石と目潰しと水を加へて締固める。

粘土質の路床へ、水を、多くやりすぎると、土が軟かになり、始末におへぬことがある。これは、『路床を膿ました』と、俗にいはれてゐる。その次の區間から、水の量を減らしてみることである。水量は、土質にもよるわけだ。

**省略** 下層工では、(1) 目潰しと水を省くことがある。

(2) 目潰しをまいて空締めし、注水を略すこともある。

つまり、下層工は、水締めしないことがあるわけなのである。

路床が硬ければ、省いて差支ない。軟かいときは、水締めしたがい。

### 3. 上層工

#### 1. 準備

下層工の水締めを省いたときは、すぐ上層 (upper course, top course) の施工にかゝつてよい。下層工を、数区間進めた後、上層工へ移ることもある。

下層を水締めしたときは、或程度乾くのをまつて、上層工へ移るのである。夏で砂質路床だと、丸1日位、乾かせばよろしい。冬で粘土質路床だと、数日間、乾かす必要がある。さういふときは、下層工だけを、相當の距離に亘り、どんどん進めてゆき、それから上層工へ移る、といふやり方をする。かうすれば、仕事を中止せず、下層を十分乾かすことができるわけである。

碎石の用意。 下層より、いくらか小さい碎石を準備すること。

路肩。 これは、下層工で記したことに注意して、路肩を調べる。

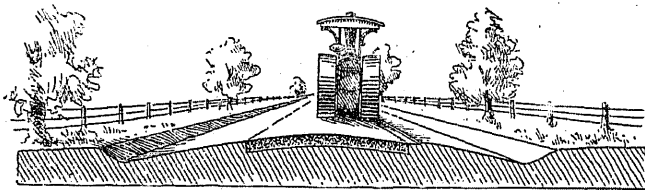
下層面の掃除。 下層と上層のひつつきをよくするため、下層面を箒ではなく、即ち浮いた土、塵、芥、馬糞、棒切などを去る。

#### 2. 工法

碎石を敷均らす。厚さは一様にし、また大粒と小粒の分離せぬやうにする。

空締めする。 圖 20 は、上層碎石を空締めしてゐるところである。

圖 20. 上層の空締め



目潰しをまく。 薄く、一様な厚さに、ふりまくわけである。

水締めする。 水を注ぎながら、ローラを掛けて、目潰しの泥を、

碎石のすきまへ、流しこむのである。水は、路面  $100\text{m}^2$  に對し、水  $1\text{m}^3$  を標準にする。これで1区間やつてみて、その結果、水不足のやうなら、更に増す。水過多ならば、次は減らしてみる。水が目潰しと混つて、軟練りコンクリートの程度ならば、その水量でよい。なほ季節と土質により、多少變へる。

施工目地 前の日に仕上げた終りから、翌朝仕事を始めるとき、その境に、目地 (つぎ目, joint) ができる。こゝが、路面の弱點になりやすい。それを防ぐには、前日仕上げた終りの方の  $30\text{--}50\text{cm}$  を、かき起して、取除き、そこから新しく造つてゆく。これだけの注意で、目地の弱點を避けることができる。

検査 長さ  $3\text{--}4\text{m}$  の直線定規を、中心線に平行に、路面へあて、高低を調べる。2cm 以上にも達する高低があつたら、手直しをする。

路面の一部に、締り方の足りないと思はれるところがあつたら、目潰しをまき、水を注いで、ローラを掛ける。その他、不十分な點に気づいたら、すぐ直す。

#### 3. 養生

水締めがすんだら、表面へ、石屑か砂を、うすくまく、これは不必要だといふ人もある。どちらでも、大局には、関係のないことで、好みに従つてよい。

水締めの水が、よく乾かないうちに、通行を許すと、碎石層の内部が弛み、すぐこはれて来る。それで、仕上げ後、数日間そのままおくのである。

乾き方は、天候によるわけで、早ければ2日でよいし、遅いときは1週間位かかる。また夏の暑い折は、表面だけ早く乾き、割れ目ができやすい。これを防ぐため、仕上げ後、2,3日の間、毎日軽く水をまいて、濕りを與へ、表面と内部が大體一樣に乾くやうに、仕向けてやるとよろしい。初めが大切である。

新設した路ならば、一日二日を争ふて、早く通行を許さねばならぬこともないから、仕上げ後、一ヶ月か二ヶ月位、養生 (curing) させておくことがある。かうすると、碎石層もよく落着いて、丈夫な路面になる。なるたけ急がぬことだ。

通行を許してからも、暫くの間、雨の後に、ローラをかけると、よろしい。

## 4. 維持

## 1. 路面以外

側溝. たえず浚へて、水の流れやすいやうに保つことが必要である。

法面. 雑草を刈取ることである。芝草したところへ、芝以外の草が生えたら、抜取ること。これは、雨のあと、土の軟かいときやると樂である。また草は、秋、實を結ぶまへに抜くと、繁殖をふせぐ上に有效である。

切取の法面で、湧水のあるところは、崩れないやうに、石や柴で處置する。

法先と境界線. よく整理して、いつも明瞭にしておく。

路肩. 横斷勾配は、5% 位に保つ。耳芝が繁りすぎたり、雑草が多く生えると、排水の邪魔になりかちだから、草取は、特に心掛けてやる。

附屬工作物. 橋、道路標識、駒止、電柱、その他につき、いたみが見えたら、早く直し、通行の邪魔にならぬやう、また危険を防ぐやうにする。

## 2. 路面の小修繕

砂埃を防ぐには、(1) 水をまく。(2) 埃を路肩へかき寄せておき、雨上りに、窪みへ入れる。(3) 雨上りに、目潰しを、全路面へ補ふてやる。

弛みを防ぐには、(1) 排水をよくする。(2) 細土をまいて、ローラーで締固める。(3) 弛みがひどくなつたら、大修繕をする。

窪みを直すには、(1) 碎石と目潰しを、路側へ平素から貯へておく。200m 位毎に、0.5-1m<sup>3</sup> をおく。修繕用の碎石は 20mm 以下がよい。目潰しは、砂と粘土の混つたものがよいけれど、路床の土質により變へる。例へば、砂質の路床なら、粘土(赤土)を使ひ、粘土質なら砂を使ふ。

(2) 雨が降りだして、路が濡つたら、碎石を窪みへ入れる。雨が上つてから、目潰しを加へ、上からよく突固める。小型のタンパーで(蛸でも)よい。

(3) 或は、雨の上つたあとで、碎石と目潰しを同時に入れて、突固める。

(4) 日でりつゞきの折は、窪みの中を掃除し、鶴嘴で底や周りを打ちおこし、碎石と目潰しを詰める。上から水を十分にかけて、突固める。

## 3. 路面の大修繕

小修繕では、追附かないことがある。どういふときかといふと、

窪みのひどくなつたとき

碎石層がうすくなつたとき

路面へ波 (corrugation) のできたとき

かういつた状態になつたら、次の方法で、大修繕をしなくてはならない。

(1) まづ路面をかきおこす。(2) 次に平らに均らす。必要あれば、碎石を補ふ。(3) ローラーをかけて締固める。このときも、必要あれば目潰しを加へる。また水を注いで、水締めすることもある。これは、技術者の判断に待つわけだ。

かき起すには、鶴嘴ですることもあるが、ローラーの尻へ、スカーリフアイヤ(土掻装置, scarifier) をつけてやると、手早くできる。窪みより幾分深く掘る。

## 4. 路肩の扱ひ方

路面は、中央部を高くし、路肩を低くして、排水をよくする。これが、路面維持の原則である。この原則は、どこでも道路工夫に、よく教へ込んである。

ところが、工夫の方では、『路肩の土を削り、それを中央部へ移せばよい』と思ふてゐるのが多い。このやり方を、市街地で、3年5年と続けられると、

1. 水道やガスの引込用バルヴ枠が、路面へ突出してくる。
2. 消火栓取附用のバルヴ枠も、路面上へでる。
3. 下水のマンホール枠が、路面へつきでる。
4. 塀の基礎の土が掘られて、塀が不安定になる。
5. 路肩を切下げられて、宅地との間に段ができる。

路肩を削ると、こんな不都合がおこる。これは、道路工夫もわるいけれども、監督者が綿密でないからであるし、また市民に対する親切氣の足りないから

でもある。

路の中央部が、だんだん低くなるのは、交通による磨損と、雨水が土をもち去るからである。即ち中央部の土の減つたため、低くなるのである。路肩の土が高くなつたからではない。

中央部の低下を救ふには、中央部へ、新しい土を補ふことである。それ以外に、正しい救ひ方はない。路肩を削つて、中央へ移すなんて、實に、もつてのほかである。

水道やガスの引込用バルブ枠が、路面から突出するやうな、維持方法は、やめねばならぬ。下水マンホールの枠が、路面から5cmも10cmも、突出して、通行人に不便を與へてゐるなんかも、道路維持の任に當る人のだらしなさを、廣告してゐるやうなものだ。一日も早く、さういふことをなくしたいものである。

## 5. 工 費

水締マカダムの**築造費**の計算例を次に示す。これは、10m<sup>2</sup> 當りで、

仕上り厚さ 15cm (下層 9cm, 上層 6cm)

としたものである。尚、單價は、その時、その場の値を入替へねばならぬ。この表は、計算の項目を示すのが主な目的であつてある。1m<sup>2</sup> がいつも 1.70 圓とは限つてゐない。厚さや、材料單價によつて、かなり違ふものである。

單 價 計 算 例

| 種 別    | 數量                       | 單價                                                          | 金 額                                                                            |
|--------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 路床工 | 人 夫<br>ローラ               | 0.5 人<br>30 回                                               | 1.00 圓<br>0.02                                                                 |
| 2. 下層工 | 砕 石<br>目潰し<br>ローラ<br>人 夫 | 1.13 m <sup>3</sup><br>0.32 m <sup>3</sup><br>60 回<br>0.5 人 | 4.50<br>4.50<br>0.02<br>1.00                                                   |
| 3. 上層工 | 砕 石<br>目潰し<br>ローラ<br>人 夫 | 0.75 m <sup>3</sup><br>0.75 m <sup>3</sup><br>50 回<br>0.5 人 | 5.00<br>5.00<br>0.02<br>1.00                                                   |
|        |                          |                                                             | 0.50 圓<br>0.60<br>5.08<br>1.44<br>1.20<br>0.50<br>3.75<br>1.20<br>1.00<br>0.50 |
|        |                          |                                                             | 1.10 圓<br>8.22<br>6.45                                                         |

## 4. 雑 費

1.23 1.23

合 計 10m<sup>2</sup> 當り 17.00 圓

維持費について、一例を示さう。自動車1日の通過量を  $N$  臺とする。

路面 1000m<sup>2</sup>, 1 年當りの、小修理用の碎石量 (m<sup>3</sup>) は、

$$V = 0.04N + 2$$

路面 1000m<sup>2</sup>, 1 年當りの、小修理費 (圓) は、

$$S = 0.4N + 14$$

但し自動車数  $N$  は、200 臺以下のこと。例へば  $N=100$  にとると、

$$\text{碎石 } V=6\text{m}^3, \quad \text{費用 } S=54 \text{ 圓.}$$

上式は、福岡縣の路について、坂本一平氏の出されたものである。地方の事情により、相當違ふであらうから、各地方で、この種の調査が行はれ、雑誌などへ、どしどし公表されるやうになると、道路技術の向上に資するわけである。

## 第8章 安定理論

|     |           |            |
|-----|-----------|------------|
| 章目次 | 1. 安定さの要素 | 5. 乾燥対策    |
|     | 2. 配合理論   | 6. 乾湿対策    |
|     | 3. 砂粘土道   | 7. マカダム安定法 |
|     | 4. 土質安定法  | 8. 高価舗装    |

### 1. 安定さの要素

**安定さ (stability)** 外力を加へて、形の崩れやすいとき、安定さが低いといふ。形の崩れにくいとき、安定さが高いといふ。安定さは、次の要素による。

1. **内部摩擦力 (internal friction)** 滑りに對する粒相互の抵抗力である。粗粒がこれを受持つてゐる。即ち砂、砂利、碎石などによる。
2. **凝集力 (cohesion)** 粒相互の引力で、粘土がこれを受持つ。

内部摩擦力と凝集力の二つが、共に大きい状態にあるとき、安定さは高いわけである。どちらか一方が小さければ、それだけ、安定さは低くなる。兩方小さければ、安定さがなくなる。ところで、凝集力は、詳しくいふと二つになる。

- (1) 眞の凝集力 (true cohesion)
- (2) 濕り凝集力 (moisture cohesion)

**眞の凝集力**は、粒の接觸点における本來の引力である。これは、粒の大きさには關係するが、濕りとは無關係なものと、考へられてゐる。

**濕り凝集力**は、空隙にある水分の表面張力にもとづく力と考へられてゐる。水フィルムの厚さが、一定範囲 (適域) にあるとき、濕り凝集力が大きい。

含水量が増し、フィルムが厚くなると、粒が動きやすくなつて、凝集力は減り、土の安定さが落ちる。水を含んだ粘土の軟かになるのは、この理による。

反對に、含水量がうんと減り、フィルムが薄くなりすぎると、表面張力もまた弱くなる。従つて、凝集力が減り、安定さは落ちる。日でありつきで、乾ききつたとき、粘土質の土道も、埃の立つのは、このためである。

かやうに、土の凝集力は、粘土粒によるけれども、水分が、適域をはづれると、多すぎても少すぎても、低下する。こゝに、土質道の理論の困難な點がある。

### 2. 配合理論

土質道の安定さを増す第一の條件は、土を最小空隙にすることである。最小空隙にするには、どうすればよいかといふに、次の見方が、その一つである。

1. 大粒、小粒がほどよく混つて、噛合ひのよいこと (内部摩擦力大)。
2. 粘土粒が、適量含まれてゐること (凝集力を大きくするため)。

粘土粒が **足りない** と、凝集力が弱くて、十分な安定さが得られない。

粘土粒が **多すぎる** と、また、次のやうな害がある。

1. 粗粒の接觸をさまたげ、噛合ひがわるくなつて、内部摩擦力が落ちる。
2. 水を吸ふと、水フィルムが厚くなり、凝集力が減つて、安定さが落ちる。
3. 水を吸ふと粘土粒が膨脹し、粗粒の接觸を妨げて、安定さが減る。

理想的な配合としては、粗粒の噛合ひがよくて、粘土粒も適度に混つてゐるといふ範囲を、ねらふわけである。この根本原理は、土道でも、砂利道でも、碎石道でも、變りはないのである。實際の施工では、理想の配合がなかなか得られないし、またどれが理想の配合か分らぬことも多い。さういふときは、あまり神経質にならずに、なるだけ、理想に近いやうに、配合を調整することである。目標を知つてゐれば、知らぬよりは、うまくゆく。

配合理論を圖解で示すと、次のやうである。

圖 21. 粗砂と適量の粘土

粗砂のすきまを、粘土がみたしてゐる。粗砂はお互に接觸し、内部摩擦力が

發揮される。圖は粒揃ひだけれども、大粒と小粒が混つてゐれば、もつと噛合ひがよい。粘土がこの程度なら、水を吸ふて凝集力が減つても、内部摩擦力は残るから、土全體として、なほ安定さを失はぬ。

圖 22. 粗砂と過量の粘土

粘土が多すぎて、粗砂が噛合つてゐない。だから、内部摩擦力が小さい。また水を吸ふと、粘土粒の水フィルムが厚くなり、凝集力が弱くなつて、土の形が崩れやすい。即ち乾いてゐても、水があつても、安定さが十分とはいへぬわけである。

圖 22. 粘土過多

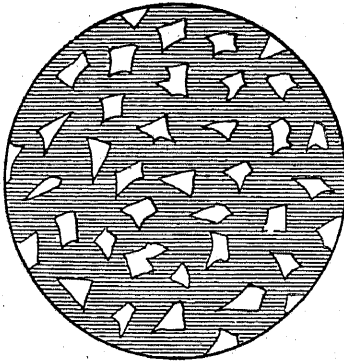


圖 23. 細砂と過量の粘土

砂が噛合つてゐないから、内部摩擦力は、十分發揮できない。その上、粒が細かいので、内部摩擦力は弱いとみねばならぬ。また、過量の粘土あるため、水を吸ふと、凝集力は減るし、容積は膨れるし、土全體の安定さが落ちるに違ひない。好ましくない配合である。

圖 21. 適量粘土

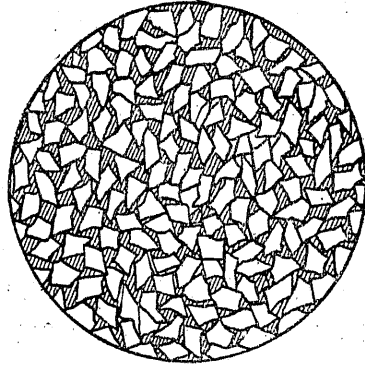


圖 23. 粘土過多

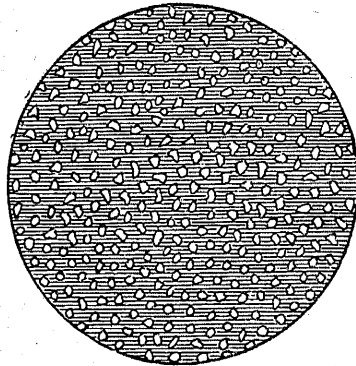
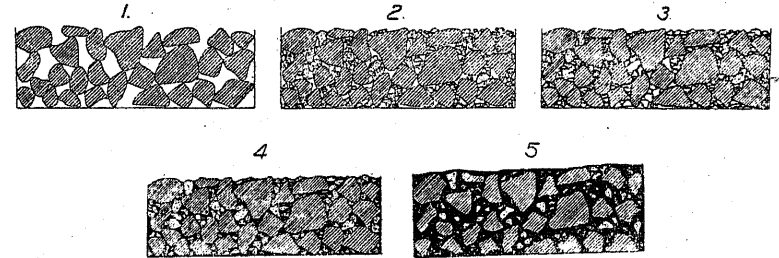


圖 24. 配合の諸相

この五つの圖は、粘土の量をいろいろ變へたところを示してゐる。圖で眞黒いのは粘土粒、斜線を施した部分は砂粒、點をうつてゐるのはシルトである。

圖 24. 土粒配合の諸相



1. 砂粒だけ。 内部摩擦力は大きい、凝集力がまるでないわけだ。
2. 砂粒とシルト。 砂粒のすきまを、シルトが充してゐるから、内部摩擦力は、前より大きい。しかし、粘土粒がないから、凝集力がない。
3. 粘土不足。 砂とシルトをまぜたものへ、粘土粒を加へた圖である。加へ方が、まだ不足で、粒のすきまが、残つてゐる。凝集力が十分とはいへない。
4. 粘土適量。 砂とシルトのすきまを、粘土でうめてゐる。内部摩擦力も大きいし、凝集力も十分に發揮されるから、安定さが高く、理想の配合である。
5. 粘土過量。 粘土を入れすぎてゐる。砂粒が互に接觸しかねるから、内部摩擦力が、前のよりも劣るわけである。また、水を吸ふて、粘土の水フィルムが厚くなると、凝集力も落ちる。だから、土全體の安定さが、あまりよくない。

粘土の多すぎる害は、水を吸ふたとき、殊にひどい。排水のわるいところ、湧水のありさうなところ、乾きにくさうなところなどでは、粘土の分量を、控へめにしておいた方が、よいわけである。配合も、環境によつて、變へねばならぬ。

### 3. 砂粘土道

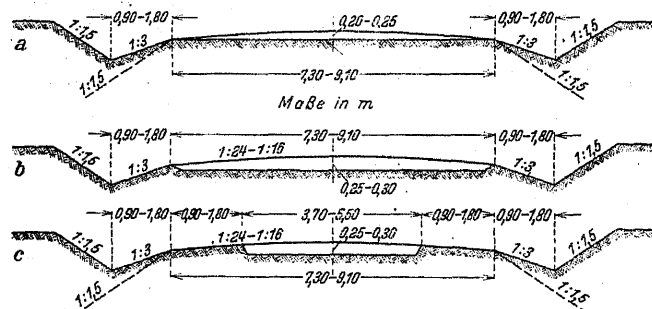
路面土質の粒度（配合）が適当でないとき、これを調整してやれば、丈夫な路面になる。その一つの例として、砂粘土道（sand clay road）を述べよう。配合調整は、なにも砂粘土道に限つたわけではなく、砂利道でも、碎石道でも、同じ原理にもとづいて、行つていゝのである。ここでは、簡単のため、砂粘土道だけ記す次第である。砂粘土道といふのは、次の三つの場合がある。

1. 砂道（sand road）へ粘土を加へて調整する。
2. 粘土道（clay road）へ砂を加へて調整する。
3. 砂道または粘土道へ、理想の土を加へてやる。

工 法 不足の土の加へ方に、三つのやり方がある。圖 25.

- a. 上置法（feather-edge method）
- b. 混合法（mixing method）
- c. 箱掘法（trench method）

圖 25. 砂 粘 土 道



上置法は、路床を平らにし、その上へ、追加すべき土を敷均らしておく。一番簡単なやり方である。それだけに、完全とは、いへない。

混合法は、不足の土を加へて、それを下の土とよく混ぜるのである。

箱掘法は、路床へ浅い溝をほり、そこへ、理想の土を入れて、敷均らすので

ある。附近に、理想の土がある場合には、材料の無駄がなくてよい。

理想の土が近くにないとき、よいやり方としては、混合法である。そこで、混合法の具体的なやり方を、砂道と粘土道の改良について、次に記さう。

砂道の改良 純砂に近い路面を、混合法で直すには、

1. 路床を平らに均らす。粘土を運び、厚さ 4-6 cm に敷均らす。
2. 深さ 15-20 cm の部分（粘土ともで）を、かき起し、砂と粘土をよく混ぜる。この作業は、粘土の乾いてゐるときに、やつた方がよい。
3. 混合がすんだら、水をまき、平らに均らし、ローラをかける。
4. 交通を許す。當分の間、毎日見廻つて、窪みができたら直す。

粘土道の改良 粘土の路面を、混合法で直すには、

1. 路床を平らにし、砂を運び、厚さ 10-15 cm に敷く。
2. 深さ 15-20 cm（砂とも）の部分をかき起し、粘土と砂をよく混ぜる。これは、粘土が幾分の濕りをもつときの方がよい。
3. 混合がすんだら、水をまき、平らに均らし、ローラをかける。交通を許す。當分の間、毎日見てまはり、窪みなどできたら、すぐ手直すこと。

改良の幅 土質調整をする幅は、少くとも 3 m（自動車の 1 車線）にとる。できれば、6 m またはそれ以上の幅を調整したい。中途半ばな幅だと、車輪が、改良しない部分をも通り、そこから傷みだして、全體として、調整の効果が少いことになる。幅を、けちけちしては、いけないわけだ。

配合 砂なり粘土なりを、どれだけ加へたらいいか。これは、その場の土の粒度によつて變るわけで、いちがいにいへない。深さ 15-20 cm の部分が、混ぜたあとで、理想の土の粒度に近くなればよいわけである。大體をいふと、深さ 15-20 cm の部分につき、粘土 1、砂 3 という割合を目標にしてよい。この配合で一部分仕上げ、その結果から、追加する土を増すなり減らすなりする。

## 4. 土質安定法

土道の表層部は、砂粒と粘土粒が主である。砂粒は内部摩擦力を強め、粘土粒は凝集力を發揮し、相待つて土道を安定にするわけである。ところで、凝集力の方は、粘土粒のまはりの水 फिल्मの厚さによつて強弱ができる。従つて、土の水分に變化があると、土道の安定さも變るのである。これが、土道のもつ本質的な缺點である。

水分變化により安定さの落ちるといふ短所を、できるだけ救ふための處置を、土質安定法 (soil stabilization) といふてゐる。また、この方法で處置した土道を指して、安定處理道 (stabilized soil road) と呼ぶ。こゝでいふ土道は、實は soil road で、本書にいふ土質道の意味である。だから、砂利や碎石の入つてゐる路にも、實は適用されるものと承知して頂きたい。安定處理の本旨は、粘土粒の缺點を救ふのにあるから、砂利や碎石のあるなしは、處理法に變化を與へるものではない。

土質安定法は、大きく分けて二つになる。

A. 乾燥對策      B. 乾濕對策

A は、乾きすぎによる凝集力低下を救ふ方法である。

B は、乾きすぎによる凝集力低下と、水分過多による凝集力低下とを、併せ救ふ方法である。A よりも、B の方法が、一層よいわけである。

雨の少ない地方では、A で間に合ふ。雨の多い地方は、B を選ぶ必要がある。

注意      土質安定法といふ語を、本書では、凝集力強化或は凝集力補強の意味に使つてゐる。粒度調整法と相對した言葉と解してゐるのである。

砂粘土道 (sand clay road) のやうに、粒度調整だけで土道を改良する工法は、土質安定法のうちに入れてゐないわけで、次の上表のやうになる。

人によつては、土質安定法をもつと廣く解して、次の下表のやうに使はれることがある。約束の仕様で、どつちでもよいわけだが、本など讀まれるとき、土質安定法といふ語

が、どちらの意味で使はれてゐるか、判斷する必要がある。

|       |                      |                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 土道の改良 | 1. 粒度調整法             | <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;">{</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;">A. 乾燥對策<br/>B. 乾濕對策</div> </div> |
|       | 2. 土質安定法             |                                                                                                                                                                                                                               |
| 土質安定法 | 1. 内部摩擦力強化      粒度調整 | <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;">{</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;">A. 乾燥對策<br/>B. 乾濕對策</div> </div> |
|       | 2. 凝集力強化             |                                                                                                                                                                                                                               |

## 5. 乾燥對策

夏、土道が乾きすぎると、粘土粒のまはりの水 फिल्मが薄くなつて、凝集力が低下する。それで、路面の安定さも減り、埃がたつことになる。

これを防ぐには、土中に相當の濕りがあればよいわけで、次の2法がある。

1. 鹽化カルシウム法       $\text{CaCl}_2$  (鹽化カルシウム) の粉末を、土へ一樣に混ぜるのである。分量は、 $1\text{m}^2$  當り約  $0.5\text{kg}$  の割。

2. 食鹽法      食鹽 ( $\text{NaCl}$ ) を、約 15 倍の水に(重量比で)溶して、水溶液をつくる。この液を  $1\text{m}^2$  當り 10-20 立の割でまくのである。

鹽化カルシウムは潮解性があるから、空氣中から水分を吸ふ。その水分で、土に濕りが保たれることになるのである。分量を増すほど、効果も多い。

工 法      1. 土道の表層を、深さ 8-10 cm に掘起す。  
2. 鹽化カルシウム粉末、或は食鹽水を、その土へふり掛ける。  
3. 土とよく混ぜ、平らに均らし、ローラーをかける。交通を許す。

注意      1. この方法は、粘土粒の少ない土では、效力がない、即ち砂質道の埃を止めることには、役立たないのである。凝集力への對策だからである。

2. 土に濕りのあるとき、この方法をやつても無駄である。もし、水分過多にでもなると、路の安定さが低下して、却つて害になるわけである。

3. 雨の降つたとき、路が軟かになるのを防ぐ力はない。また雨が降つたら、鹽化カルシウムや食鹽の一部は、流れ去るものと見ねばならぬ。

4. 食鹽にしる、鹽化カルシウムにしる、わが國では、相當に高價である。

## 6. 乾濕對策

乾きすぎによる凝集力の低下と、濕りすぎによる凝集力の低下を、併せ救ふためには、土へ、別な材料を加へてやるとよい。その材料に必要な性質は、

### 1. 粘結力      2. 防水性      3. 耐水性

粘結力は、主として乾きすぎに對し必要である。即ち、乾いて濕り凝集力が低下しても、別な材料で、土粒を粘結してあれば、土の安定さが保てる。

粘結力が強ければ、濕りすぎに對しても有効であるが、濕りについては、次の防水性と耐水性がより一層大切である。

防水性は、雨が降つても、水が鋪装や路床中へ滲込まないやうにするために必要である。防水性のなるべく強い材料を、土へ加へるといふ。

耐水性は、地表水や地下水が長期に亘り、土へ作用するときに必要な性質である。土へ加へた材料が、水に溶けるやうなものであつてはいかぬし、また水のために、粘結力の低下するやうな材料では、十分といへないわけである。

乾濕對策用の材料は、粘結力が第一であるけれども、粘結力だけ強くても駄目である。防水性耐水性を、兼ね備へなくてはならぬ。反對に、防水性や耐水性が強くても、粘結力の弱い材料では、役にたつない。三條件が満たされれば、乾いても、濕つても、土道の安定さに、あまり變りがないといふことになる。

この目的で加へる材料の種類と、それを使つた鋪装の名稱を、次表に示す。

| 結合材           | 鋪装名   | 記載箇所    |
|---------------|-------|---------|
| 道路油(液狀アスファルト) | あぶら土道 | 第6編 第6章 |
| アスファルト乳劑      | 乳劑土道  | 第8編 第7章 |

|      |        |           |
|------|--------|-----------|
| タール  | タール土道  | 第7編 第6章   |
| セメント | セメント土道 | 第9編 第2-3章 |
| 石灰   | 石灰土道   | 第9編 第4章   |

上表にある諸鋪装の性質や工法は、表の右端に示した章で、詳しく記すので、こゝには、省くことにする。上表にないものについて、次に記しておく。

**パルプ廢液**      亞硫酸法によるパルプ製造のときできる廢液を、濃縮したものは、茶褐色で、粘着力が強い。多量にでる割合に、利用の途が考へられてゐない。これを、土道の改良に用ひたらどうかといふので試みた例がある、ところが、次の缺點があつて、今のところ、どうも、ものにならぬのである。

1. 乾燥が遅い。      水分がなかなか蒸發しないため、凝集力は施工當初のまゝで、その後大して増さない。1年位たつても、土中に液を認めた例もある。

2. 水に溶けて流れる。      雨が降つたり、地下水がきたりすると、その水に溶けて、流れ去つてしまふのである。雨の多いところに使へない。

パルプ廢液は、一寸見ると、粘結力が強くてもやうだけれども、防水性と耐水性がないので、乾濕對策には駄目である。乾燥對策に使へる。

パルプ廢液に限らず、**水溶液になりやすいものは乾濕對策に使へない。**

いろんな材料が考案されるやうだけれども、それを道路へ用ひてみる前に、その材料が、乾濕對策の三條件を満たしてゐるかどうか、考へてみることである。この根本條件に合はないものなら、道路へ使つて試験してみるまでもなく、それは駄目なのである。

**珪酸ソーダ(水硝子)**      これは、粘結力も防水性も相當で、土道へ使はれた例もあるが、普及しないやうである。値段が安くない。

## 7. マカダム安定法

水締マカダムは、碎石のすきまへ細土をつめたものである。細土中の粘土粒が、結合材の役をしてゐる。この粘土粒は、乾きすぎても、また湿りすぎても、凝集力が弱くなる。それで、水締マカダムは、単純な碎石道に比べれば丈夫だけれども、乾湿の影響をうけることが、なんといつても、一つの缺點である。

碎石を主體とした路面において、乾きや湿りの影響をうけないためには、

1. 粘土粒を加へないこと、その代りとして、
2. 乾湿の影響をうけない、若くはうけることの少い結合材を使ふとよい。

この目的で加へる結合材の種類と、それを使つた舗装の名稱を次表に示す。これらの工法は、マカダム安定法 (macadam stabilization) といつてよいわけである。次表の結合材で、特に薄く (2cm 以下位に) 造つたものは、表面處理 (surface treatment, 米), 或は表面塗装 (surface dressing, 英) といふてゐる。

| 結 合 材    | 舗 装 名      | 記載箇所 |
|----------|------------|------|
| 粘體アスファルト | アスファルトマカダム | 第6編  |
| アスファルト乳劑 | 乳劑マカダム     | 第8編  |
| タール      | タールマカダム    | 第7編  |
| セメント     | セメントマカダム   | 第9編  |

簡易舗装 土質安定法と、マカダム安定法に屬する路面を、簡易舗装とわが國ではいふてゐる。米國では、安價舗装 (low cost pavement) と呼ぶ。

## 8. 高價舗装

土質安定法では、凝集力の強化に重點がおかれ、内部摩擦力をうけもつ粗粒の方は、どつちかといふと、おろそかにされてゐる。マカダム安定法では、碎石が主體であるから、内部摩擦力の方は申し分がない。しかし、碎石層の空隙が完全には詰められてゐないのが普通である。そのすきを、もつとよく詰めたら、凝

集力が一層強化されるわけである。かやうに兩者とも不備がある。

土質安定法やマカダム安定法で不十分だといふとき、即ち簡易舗装では間に合はない箇所では、次のやうな舗装を行ふのである。

- |                   |     |
|-------------------|-----|
| 1. コンクリート舗装       | 第3編 |
| 2. 骨材加熱式のアスファルト舗装 | 第4編 |
| 3. ブロック舗装         | 第5編 |

この三つを總稱したものに、次のやうないろんな名稱が附けられてゐる。

高價舗装 (high cost pavement), 或は  
高級舗装 (high grade pavement), 或は  
剛質舗装 (rigid pavement)

## 第9章 ローラ

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| 章目次 | 1. 種類 | 3. 動力 |
|     | 2. 重さ | 4. 速度 |

本章には、ローラの一般的性質を記した。

第4編 (アスファルト舗装) の第8章にも、ローラの記述がある。この方は、専らアスファルト舗装に使はれるときについて述べてある。兩方を見て下さい。

## 1. 種類

ローラは、路を締固める機械である。重い圓筒をころがして、路面を固めるのである。この圓筒の構造によつて、ローラを次の五つに分けることができる。

1. 一輪ローラ (one-wheeled roller)
2. 二輪ローラ、またはタンデムローラ (tandem roller)
3. 三輪ローラ、またはマカダムローラ (macadam roller)
4. 三軸ローラ (three-axes roller)
5. いぼ附ローラ (sheeps-foot roller)

**一輪ローラ** 圓筒1本を横にころがしてゆくものである。テニスコートの締固めなどに、よく使はれてゐる。人が引張るわけである。道路にも使はれないことはないが、路床や碎石層を締めるには、重さが足りないのである。

**二輪ローラ** これは **タンデムローラ** とも呼ばれてゐる。タンデム (tandem) とは、『同じものが前後に並んだ』といふ意味である。大體同じ寸法に造つた圓筒2本を、前後に並べたものである。車輪(圓筒)の幅(圓筒の長さ)は、1-1.4 mである。機關部をも含めた全重量は、3-8t に造られてゐることが多い。車臺の構造上、全重量の約 1/3 が前輪へかかり、残り 2/3 は後輪へかかる。

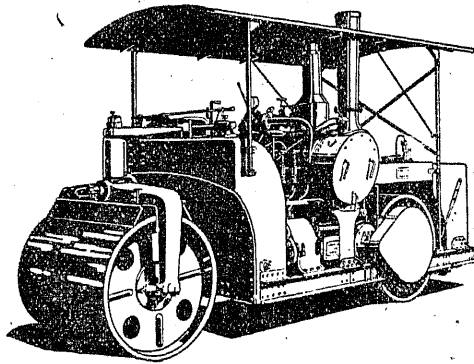


圖 26. 二輪ローラ

これは **アスファルトローラ** とも呼ばれる。アスファルト舗装に多く使はれたからである。主として仕上げ用のローラである。砂利や碎石の層を、ごしごし固めるといふやうな、荒仕事には向かない。お上品なものである。

**三輪ローラ** これは **マカダムローラ** ともいはれて、碎石道その他の荒仕事に使はれてきたけれども、近頃は、アスファルト舗装にまで用ひられるやうになつた。二輪ローラよりも、よく締まつて、結果がよいのである。シートアスファルト以外のアスファルト舗装には、確かに三輪の方がいい。

前輪は1個、後輪は2個である。後輪の通路は、前輪通路の外方にあり、10 cm 位は、兩者の通路が重なつてゐる。この點が、二輪ローラと大變違ふ、二輪ローラでは、前輪の歩いた路そのものを、後輪がまた歩くのである。

前輪の幅(圓筒の長さ)は、約 1m である。後輪の幅は約 50 cm で、二つ加へると、前輪の幅に、大體等しくなる。直徑は、後輪の方が、ずつと大きい。

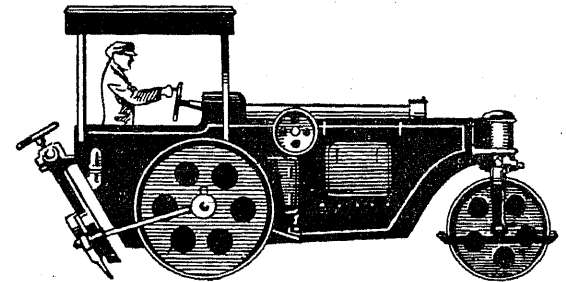
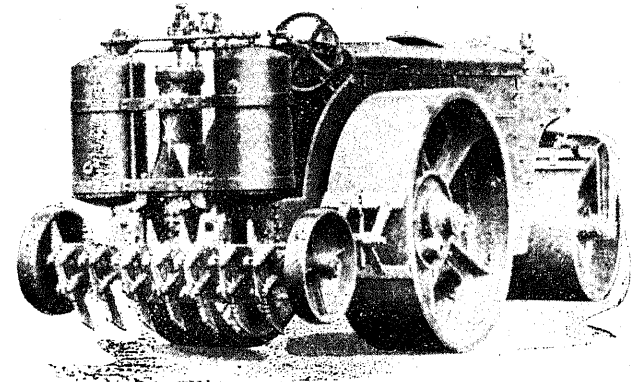


圖 27. 三輪ローラ

機關部などを加へた全重量は、8-15t に造られたものが多い。一番使ひみちの多いのは、10t 程度のものであらう。三輪ローラには、重量を調節できるやうにしたものもある。その方法は、車輪の側面へ鐵の重りをくつつけるのと、車輪の中へ水を詰めるのがある。仕事の性質により、重さを變へるわけである。

三輪ローラは、3 點で、地面と接觸してゐるから、高低のひどいところでも、安定を失ふことが少い。その上、重くできてゐる。これが、二輪ローラに比べて、荒仕事に適するといふ理由である。盛土の締固め、路床均らし、砂利層や碎石層の締固めには、三輪ローラでなくては、役に立たぬ。

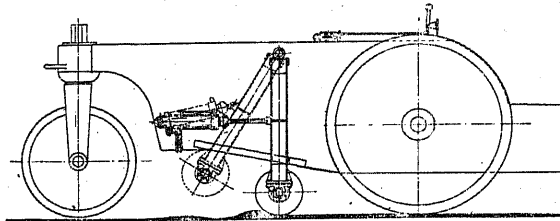
圖 28. スカーフアイヤ附三輪ローラ



**スカリフアイヤ附** 三輪ローラには、後輪の後へ、土をかき起す装置 (scarifier) を、取附けたものがある。使はぬときは、上へあげておく。使ふときは、齒を下げて土の中へさしこみ、その状態でローラを前進させるのである。すると、一度で、ローラの幅だけの土が、かき起されてしまふ。かき起す深さは、齒の下げ方で加減する。土質道の修繕に便利である。ローラを新しく買ふなら、この装置附のものを指定するといふ。

**三軸ローラ** ローラの前輪と後輪の間へ もう一輪つけたもので、新しい試みである。前進方向において、3 點で路面に接觸するから、路面の小さい波を早く消すことができる、といふのが利點である。従つて、三軸ローラは、仕上げ専用である。荒仕事では、大きい波のため、機械へ無理がありがちで、使はぬ方がよい。

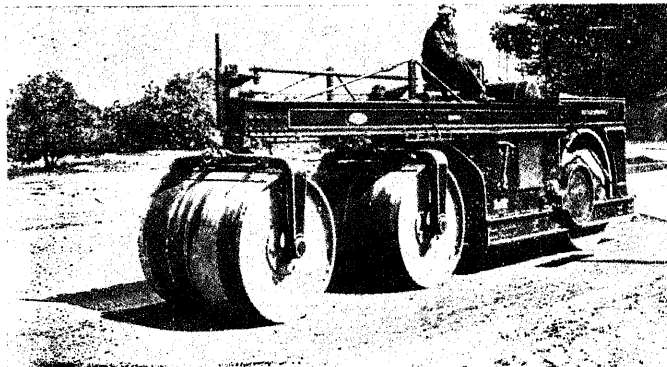
圖 29. 三軸ローラの原理



三軸ローラには、二つの型がある。

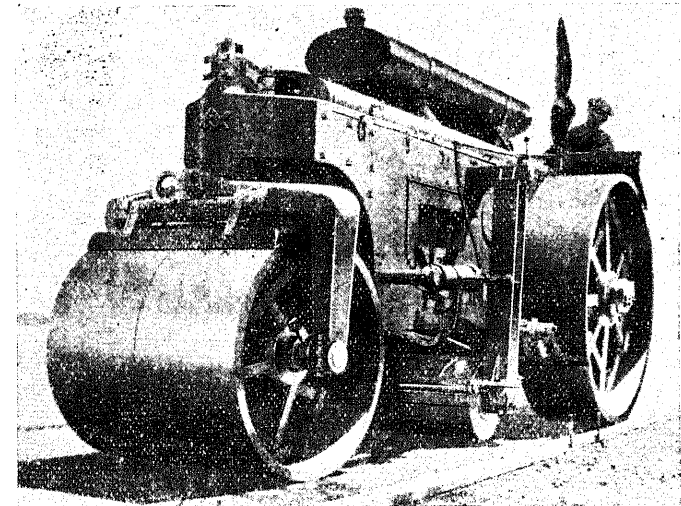
**A. 仕上げ専用機** 二輪ローラへ、同じ寸法の車輪を、もう一つ加へたもの。圖 30. アスファルト舗装の仕上げには、大邊有效であらう。

圖 30. 仕上げ専用機



**B. 兼用機** 三輪ローラへ、小さい中間輪をつけたもの。圖 31. 荒仕事には、中間輪を引上げて使ふ。仕上げのときは、中間輪を下げる。

圖 31. 兼用機



**いぼ附ローラ** ローラの車輪 (圓筒) の表面へ、無数のいぼを、取りつけたものである。いぼといつても、これは、競技用の靴の裏へつけるやうなスパイクの、大きいものである。スパイク附ローラといつた方が適切かも知れない。

1. 二輪ローラの車輪の表面へ、いぼをつけたもの。
2. 一輪ローラへいぼをつけ、トラクターで引かせる型のもの。

この2種がある。いぼ附ローラの通つたあとは、ぼちぼちと、無数の小さい穴ができる。その様子が、羊の群の足あとに、似てゐるといふので、sheeps-foot roller と呼ばれてゐる。直譯すれば**羊足ローラ**である。

水分の多い粘土層や、安定處理道の締固め (第8章6) では、表面が、プヨプヨしてゐて、普通のローラでは、内部まで締りがねることが多い。さういふときの初壓縮に對し、いぼ附ローラは、偉力を發揮してくれるのである。

土堰堤の心壁も、粘土であるため、いぼ附ローラを用ひることが多い。

砂利道、碎石道、コンクリート舗装、アスファルト舗装などには、いぼ附ローラを使はない。また、これを使ふと、折角締めたところへ、穴をあけることになつて、却つてわるい結果になる。用途の限られたローラである。

## 2. 重 さ

締固めの上からいふと、ローラは重いほど、よさうに思はれるのであるが、

1. 重すぎると、土の中へめり込む恐れがある。
2. 砂利や碎石の碎けることもある。

それで、重いのが、必ずしもよいといへない。しかし、軽すぎると締まらない。大體において、荒仕事には 8-12t、仕上げ用には 5-10t のものが、多く使はれてゐる。特に軟かい土や、水分の多い土では 5t 位を使ふ。

ローラにおいて、総重量と、後輪の壓力強度とは、次の関係にある。但しこの表は、數種のローラの平均をとつたもので、大體の數値である。

| 後 輪 の 壓 力 強 度 |    |    |    |    |    |
|---------------|----|----|----|----|----|
| 總重量, t        | 3  | 6  | 8  | 10 | 12 |
| 二輪型, kg/cm    | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 三輪型, kg/cm    | —  | —  | 60 | 75 | 90 |

## 3. 動 力

ローラの機關には、現在、3 種のものが使はれてゐる。

**蒸氣機關 (steam engine)** 一番古くからあるもので、運轉上、無理 (overload) のきく點が長所である。缺點としては、

1. 煙がでるので、市街地の工事には、あまり適したものでない。
2. 蒸氣が一定の壓力に上らないと、運轉できないため、火をたき始めてから、運轉開始まで、相當に長い時間かかる。つまり準備が大邊だ。

3. 運轉中にも、かなり手がかかる。即ち石炭の投入、火床の掃除、ボイラーへの注水、蒸氣壓の調整などが必要で、運轉手は相當に忙しいわけである。

かうした缺點のため、姿を消す傾向にあつた、ところが、ガソリンや重油の不足する時代になつて、蒸氣ローラが珍重されるやうになつてきた。

**ガソリン機關 (gasoline engine)** 自動車と同じ機關である。煙はでないし、準備の時間はいらぬし、運轉作業も楽であるため、非常な勢で普及したものであつた。ところが、ガソリンの供給が減るにつれて、運轉できにくくなつてしまつた。戦争は、ローラにまで影響を與へた。

**ディーゼル機關 (Diesel engine)** ガソリン機關に比べて、燃料費が半分位ですむし、爆發の危険もない。これが利點である。

缺點としては、振動がひどくて、いたみやすく、その部分品取替のため、運轉できない日が、ガソリン機關に比べて多い。また重油の供給が減ると、動かぬ。

ローラの馬力數は、製造者によつてかなり違ふ。その 1 例を示すと、

| 重 さ, t | 3  | 6  | 10 | 12 |
|--------|----|----|----|----|
| 馬 力    | 10 | 20 | 30 | 40 |

## 4. 速 度

路面を締固めるとき、ローラの運轉速度は、大體において、2-3 km/時 (30-50 m/分) で、これは、機關の構造から決まつてゐるわけである。

場所を移動するときの運轉速度は、大體において、5 km/時 位になつてゐる。

締固めの能力は、土の性質や、ローラの重さ、表層の厚さなどにより、かなり違ふのである。大體をいふと、1 日 400-600 m<sup>2</sup> 程度で、その連轉費 10 圓位であらうか。但しこの數字は、時と所によつて、相當に違ふ。また、舗装の締固めは、舗設作業の段取のよしあしによつても、ずいぶん差がある。

## 第10章 砕石

|     |           |              |
|-----|-----------|--------------|
| 章目次 | 1. 砕石の大きさ | 5. ドバル試験機    |
|     | 2. 砕石の製造  | 6. ロサンゼルス試験機 |
|     | 3. 胴形砕石機  | 7. 靱性試験      |
|     | 4. 回轉砕石機  |              |

### 1. 砕石の大きさ

マカダム用の砕石は、大體において、次の範圍のものである。具體的にどんな寸法をとるか、は、地方的な條件や技術者の經驗などから、決めねばならぬ。なほ、次の表は、各の篩を通過する量を、重さの百分率で示したものである。（マカダム用の砕石は、ASTM D192, D489 などに詳しい定めがある。）

| 砕石の粒度           |         |        |       |       |
|-----------------|---------|--------|-------|-------|
| 篩の目, mm         | 80      | 50     | 40    | 25    |
| 砕石 A1 (80-25mm) | 100-90% | 60-25% | -     | 15-0% |
| A2 (80-50mm)    | 100-90  | 15-0   | -     | -     |
| A3 (50-25mm)    | -       | 100-90 | 70-35 | 15-0  |

| 篩の目, mm         | 80      | 60     | 50    | 40    |
|-----------------|---------|--------|-------|-------|
| 砕石 B1 (80-40mm) | 100-90% | 70-35% | -     | 15-0% |
| B2 (80-60mm)    | 100-90  | 15-0   | -     | -     |
| B3 (60-40mm)    | -       | 100-90 | 70-35 | 15-0  |

上表にあげた寸法のほか、50-20mm, 60-30mm その他も使はれる。

目潰し用の小砕石としては、25-5mm, 20-5mm などが用ひられる。

大體をいふと、砕石の寸法が  $a-b$  mm と指定されたとき、粒度は、

|               |         |
|---------------|---------|
| $a$ mm 篩を通るもの | 90-100% |
| $b$ mm "      | 0-15%   |

$(a+b)/2$  mm 35-70%

砕石については、次のやうな名稱が行はれてゐる。米國の本を讀まれるときの御參考までに、こゝへ書添へておく次第である。わが國でも、ときに使はれる。

crushed stone 岩石、玉石などを、人工的に砕いたもの。機械で砕いてもいいし、手で割つてもよい、また、大きいのと小さいのが、混つてゐてもいいし、篩分けてあつてもよい、

crusher run 砕石機で割つたまゝで、まだ篩分けしない前のもの。手で割つたのは含ませない、また、大小に分けたら、crusher run といはない。

crusher run stone 砕石機から出たまゝの約 5mm 以上のもの。

chips 約 5mm 以下の砕石屑で、あまり微粒は含まないもの。

screenings 約 15mm 以下の砕石屑をいふ。chips より大粒を含む。

### 2. 砕石の製造

岩片の採取 まづ、山へダイナマイトをかけて、岩石を爆破するわけである。爆薬は、なるべく多量に用ひて、岩石が小片に碎けるやうにする。立方形とか板状とかいふ、正しい形にする必要は、全然ないわけで、運びやすい形に割れて呉れたらいい。かうして得た岩片を、砕石場へ運ぶのである。

岩片を碎く 小規模なら、手で碎くこともあるけれど、大抵のときは、砕石機 (stone crusher) といふ機械です。岩片が大きいと、一度で細かにしにくいから、2 回に分けて碎くことが多い。第一砕石機でまづ荒割りをする。その割放し石 (crusher run) を、篩分けし、大きい分だけ、第二砕石機へ入れて、更に小割りするわけである。

砕石機 これに二つの型がある。即ち

1. 胴型 砕石機 (jaw crusher)
2. 回轉 砕石機 (gyratory crusher)

胴型 (アゴガタ) といふのは、固定した胴板と、動く胴板との間で、岩片を

かみ砕く仕掛けである。特長としては、小さい碎石のほしいとき、または1日の製造能力の小さくてよいとき、利益がある。構造によつて、かなり違ひはあるが、大體をいふと、碎石の大きさ 50 mm 以下で、1 時間の能力 15 t 以下といふやうなものである。大きい石を多量に出すといふ目的には、添はない。

**同 轉 型** は、揺鉢形の胴の中に、偏心的に同轉する心棒があつて、この心棒と胴内面との間で、岩片をかみ砕くものである。特長としては、大きい碎石のほしいとき、または製造能力の大きくありたいときに、利益がある。これも、構造によつて、かなり違ひはあるが、大體をいふと、碎石は 20 mm 以上で、1 時間の能力 10 t 以上といふやうなものである。細かい碎石には不適當である。

**篩 分 け** 割放し石を篩分けるには、いろんな装置がある。碎石機と組合せて使ふときは、1 時間の篩分け能力の大きいことが必要で、多くは **同 轉 篩 (trommel)** が使はれる。これは、同轉する圓筒形の篩である。

圓い孔の澤山あいた鐵板で、圓筒形をつくり、その軸を、水平より僅かに傾け、尻下りにするて、同轉させるわけである。直径は 0.5-1 m 位で、長さは 2-5 m 程度。全長を 3 區か 4 區に分け、孔の大きさを變へてある。尻へゆくほど、孔を大きくつくる。別に、圓筒を同轉させる装置がついてゐる。

入口へ、割放し石をいれてやると、第 1 區で、一番小さいのが篩落とされる。第 2 區では、次の大きさが落ちる。以下同様で、最後に、圓筒の尻へは、一番大きい石がゆく。かうして、3 種なり 4 種なりに篩分けられるのである。

**貯 槽** 大仕掛な碎石場 (crushing plant) では、同轉篩の各區分の下に、それぞれ漏斗を添へてある。その漏斗の下に、大きい貯槽 (storage bin) があつて、篩分けた大きさ毎に、別の槽に貯へる。貯槽の底には取出口がある。この取出口から、トラックやその他の車へ、碎石を出して、現場へ運ぶ。貯槽の大きさは、碎石場の規模に應じて、大小いろいろある。

**配 置** 碎石場は、山腹に設けると、都合がよい。碎石機へ岩片を入れ、

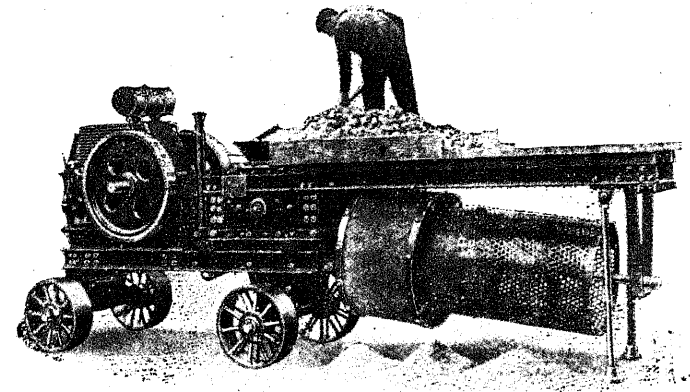
最後に車へ碎石を積むまで、重力で落ちることが、望ましい。

貯槽の碎石を、トラックへ落とすためには、取出口を、道路面 (またはレール面) 上、2 m の高さにおくことが必要だ。その上方に、貯槽があり、漏斗があり、その上に同轉篩を据ゑる。その同轉篩へ碎石を、自重で送込むためには、碎石機を更に上方におかねばならぬ。こんなわけで、路面と碎石機とは、相當の高低差をつけておかねばならぬのである。山腹に造るとよいといふ理由もこゝにある。

平面上に配置すると、一つの装置から次へ移るたびごとに、エレベータで碎石を上げねばならぬ。これは、動力の點からみて、不經濟である。

**小 装 置** どこへでも持運びしやすい形に造つた碎石装置の 1 例が 圖 32 である。

圖 32. 可搬式碎石装置



これは、小さいことを要するので、立體式の配置になつてゐない。

左端—ガソリン機関

その右 (圖によく見えないが)—碎石機 (髑型)

右上一岩片をのせる臺

臺の下一同轉篩で、篩分けたのは路面へおとす。

かういふポータブル (portable) のものは、固定式のものに、及ばない点がある。それは、蓄音機のポータブルに、どこか無理のあるものと同じである。

### 3. 脛型碎石機

脛の板 2 板の脛板がある。前方のは固定し、後方のが前後に動く。後板の動きよつて、二つの種類になり、次の名が夫についてゐる。

#### 1. ブレーキ碎石機 (brake type)

後板の上の端が蝶番になつて、下端の動くものをいふ。

#### 2. ドツチ碎石機 (dodge type)

後板の下端を蝶番とし、上端の動くものをいふ。

機械の両側に、重いハズミ車がある。この回転につれて、顎板の自由端が、前後運動をする。動き (行程 stroke) は、3-15mm で、毎分 200-300 回。前板との間で、石をかみ砕くわけである。

図 33 はブレー

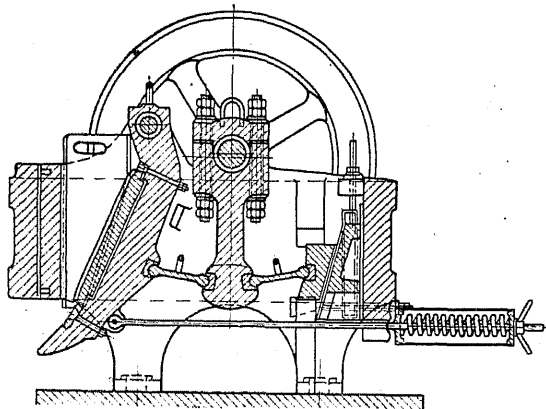
図 33. ブレーキ碎石機

キ碎石機であつて、左方の白い三角の部分が、脛で、その左右に脛板がある。中央での断面を示したものである。

脛板は、磨損しやすいので、硬い鋼で造る。また簡単に取替へれる構造にして

てある。脛の下端の開きを調節すると、碎石が大きくも、小さくもなる。

寸法 脛の受口は、矩形になつてゐる。この口の寸法をもつて、脛型碎



石機の大きさを示す習慣である。例へば、20×30cm 機といふのは、

脛の前後の開きが 20cm 脛板の横幅が 30cm

この 20×30cm の受口へ、岩片を投げ入れてやるわけである。

能力 脛型機による『1 時間の生産能力』の 1 例を示すと、

脛型碎石機の能力

| 受口      | 回転数 | 馬力    | 60mm 碎石 | 20mm 碎石 | 15mm 碎石 |
|---------|-----|-------|---------|---------|---------|
| 22×30cm | 300 | 8-10  | 毎時 2-4t | 2-3t    | 1-2t    |
| 22×40   | 300 | 12-15 | 5-10    | 4-7     | 2-4     |
| 22×60   | 250 | 30-35 | 10-18   | 8-14    | 5-8     |

これは、1 時間連続に、全力をだしたときの能力である。受口の大きいものほど、能力も大きい、碎石を小さくすると、能力は下がる。小碎石の方が、値段が高くつくわけである。使ふ上に、注意する点をあげると、

1. 動力は、十分に大きいのを用意する。
2. 能力は、控へ目にして使ふこと。
3. 荒削りと小割りは、別な機械でやること。

### 4. 回転碎石機

擂鉢のやうな胴體がある。その内側に、底を貫いて、鉛直なすりこぎがあつて回転する。このすりこぎは、截頭圓錐形で、下が開いてゐる。またその回転は、心棒に特殊な装置があつて、偏心的 (エクセントリック) になつてゐる。

図 34 は、回転碎石機の断面を示したもので、すり鉢とすりこぎの模様がわかる。岩片を上から入れると、胴内面と回転棒との間で、かみ砕かれて、下へ落ち樋を通つて、一方の出口へゆく。

圓筒は磨損しやすいので、マンガン鋼などで造られる。回転棒を上下すれば、胴體下端とのすきまが變り、碎石の大きさが、加減できる。

脛型に比べて、碎石が扁平にならない。即ち立方形のものが多い。これは利

## 第2編 土質道

點である。またこの機械は、大量生産に適してゐる。これも利點である。

缺點としては、小さい碎石が造りにくい。また動く部の故障が多い。心棒が折れたり、根もとの齒車がかかけたりして、機械を休ませねばならぬことがある。

圖 35 は、回轉碎石機の外観である。

寸法 回轉碎石機の受口は、一つの圓環である。圓環の外徑は、すり鉢の面であるし、内徑は、すりこぎの頭の直徑である。機械の寸法（大きさ）を示すのに、受口の外徑と内

圖 35. 回轉碎石機

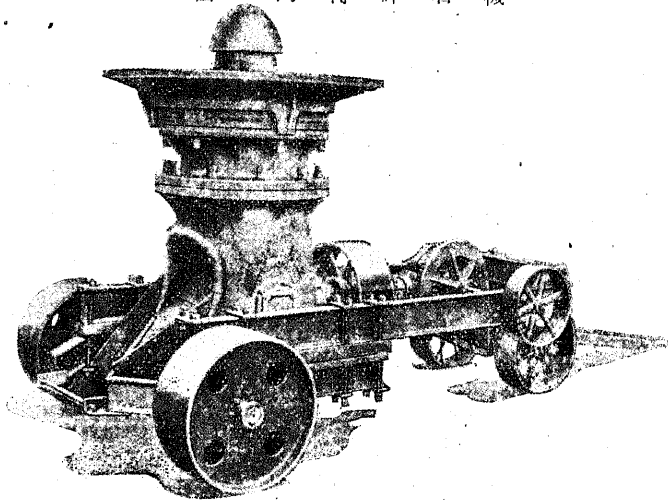
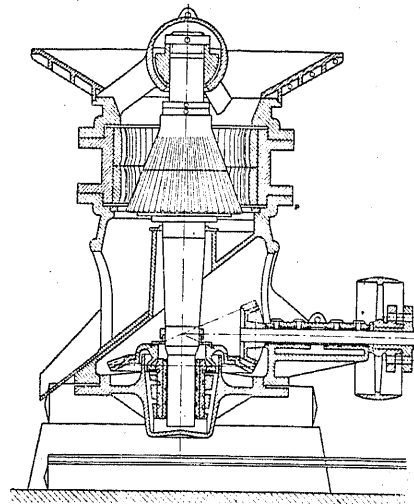


圖 34. 回轉碎石機



## 第10章 碎石

徑を記すのである。例へば、20×60 cm 機といふのは、受口の圓環の内徑が、20 cm, 外徑が 60 cm あるものを指す。

大型や小型がいろいろあるけれども、一般にいつて、大型機1臺よりも、小型機 2, 3 臺使ふ方がよい。なぜかなら、大型1臺では、それが破損すると、全作業をやめねばならぬ。2, 3 臺あれば、1 臺とまつても、作業をなんとか續けてゆけるのである。作業を連續的にすることは、人夫や動力を使ふ上に、大切なことである。1 時間の製造能力の例を示すと、次のやうである。

回轉碎石機の能力

| 受口       | 馬力     | 60mm 碎石   | 25mm 碎石  |
|----------|--------|-----------|----------|
| 20×60 cm | 20-30  | 毎時 10-20t | 毎時 7-10t |
| 22×70    | 30-40  | 20-30     | 10-15    |
| 30×90    | 40-50  | 30-50     | 20-30    |
| 40×110   | 75-100 | 70-100    | 50-75    |

リングサイズ 碎石機のカタログなどみると、例へば『50mm 碎石なら、1 時間 20t 製造する』といふやうに、能力が示してある。しかし、この寸法を、うのみにしてはいけない。碎石機製造者の示す碎石寸法は、多くの場合、リングサイズ (ring size) である。篩の目とは違つた寸法なのである。

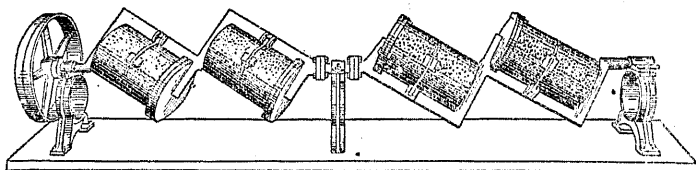
リングサイズといふのは、碎石を、一つ一つ手にもつて、圓環を通して見るのである。碎石全量の 85% (重さで) が、通るやうな圓環の直徑をもつて、その割放し石の寸法と見なすのである。例へば、リングサイズ 50mm の碎石といふのは、『85% までは 50mm の圓環を通るやうな割放し碎石』である。それは、『50mm 篩を通る碎石』とは、違つてゐる。また『平均の寸法が 50mm 位のもの』といふ意味でもない。リングサイズは、他に通用しない寸法である。

## 5. ドバル試験機

碎石の磨耗試験 (abrasion test) に對しては、古くからドバル試験機 (Deval machine) が使はれてゐる。1873 年頃、フランスで初めたものである。

図 36 は、4 圓筒式ダブル機である。圓筒は、4 個に限らない。2 個でも 3 個でもいい。同種の試験を数回やつて、平均をとるのは、圓筒の多いほど便利である。圖の装置の外に、機械をまはすための動力が必要である。

圖 36. ド バ ル 試 験 機



**圓 筒** 鐵製の圓筒容器で、蓋がある。圓筒の軸を、水平に對し 30° 傾けて、回轉軸へとり附ける。圓筒の内法は、直徑 20 cm, 深さ 34 cm である。

**試 料** 圓筒 1 個に對し、荒割りの石を約 15 kg 用意する。

實驗のすぐ前に、小さく砕く。そのうちから、立方形に近くて、しかも 1 個 100 g 位のものを、約 60 個だけ拾ひだす。それをよく洗つて、乾かす。

乾いたら、なるべく 50 個で 5 kg になるやうに、試料を用意する。重さは [5 kg ± 10 g] の範圍におさめること。これが圓筒 1 個分で、4 個ならば 4 組とる。

**試 驗** 圓筒へ碎石をつめて、蓋をする。回轉軸へとりつける。

毎分 30-33 回の割で、回轉軸を 1 萬回まはす。約 5 時間である。

終つたら、石をとり出だし、1.7 mm 目 (米 12 番) 篩へかけて、粉末を除き、その残りの石の重さを、 $w$  kg としよう (正確にはかること)。磨耗百分率は、

$$a = \frac{5.0 - w}{5.0} \times 100 = 20(5.0 - w) \%$$

例へば、初め 5.00 kg あつた碎石が、 $w = 4.80$  kg になつたとすれば、

$$a = 20(5.00 - 4.80) = 20 \times 0.20 = 4 \%$$

これを、磨耗率 4% の碎石といふ。この數値は、小さいほどよい。

磨耗率の代りに、フレンチ係數 (French coefficient) で示すこともある。

即ち

$$F = \frac{40}{a}$$

$a = 4\%$  なら  $F = 40/4 = 10$ 。フレンチ係數 10 といふわけである。 $F$  を求めるときの 40 といふ數には、別に深い理由はないやうである。約束である。

道路用の碎石としては、ダブル磨耗率 5 以下 (フレンチ係數 8 以上) の碎石が好ましい。磨耗率が 5 以上になると、軟かすぎて、困るわけである。もちろん、使つて使へないことはないが、ローラーをかけるとき碎けやすいし、交通のための磨耗も早い。軟かい碎石を使ふと、結局損になる。

**缺 點** 1. 實際使ふ碎石とは、丸で違つた寸法の石を試験してゐる。

2. 1 回の試験に 5 時間以上を要するのは、不便である。

3. 磨耗率を示す數字の範圍が、狭すぎるやうである。

4. 脆い岩石が案外よい結果を示すことがある。

**砂 利 機** ドバル試験機は、米國でも ASTM D2 として、古くから規格があつた。これを、砂利へも適用する目的から、1 個 100 g といふ制限をやめ、また圓筒内へ鑄鐵球を入れて磨耗量を増すといふ方法が、1928 年頃から、假規格として考へられてゐた (D 289)。ところが、1940 年末に到つて、これを削つた。どこか、具合のわるい點が、あつたのであらう。

## 6. ロサンゼルス試験機

これは、ダブル機の缺點を除くために考案された新しい磨耗試験機である。初めロサンゼルス市の 1 技師が考へたもので、1926 年に第 1 回報告がでた。翌年から加州道路試験所で研究せられ、次いで米道路局に認められた。1935 年には、ASTM の規格案ができて、1939 年に本規格に決つた (C 131)。

**用途** すべての粗骨材 (coarse aggregate) に對して使へる。即ち  
 碎石 (crushed rock)      鑛滓バラス (crushed slag)  
 天然砂利 (uncrushed gravel)      割砂利 (crushed gravel)

**機械の構造** 主要部は、鐵板製の中空ドラム(圓筒)である。内徑 71 cm (28"), 内側の長さ 51 cm (20")。兩端面には丈夫な鐵板を張り、その外側の中央部へ水平な軸をとりつけ、この軸を、軸承へのせて、別な動力により、ドラムを水平な位置で回轉させるやうにしてある。モーターは1馬力以上。

試料をだし入れするための口が、ドラムの圓筒面にあけてある。この口をふさぐための蓋は、ボルトでドラムへ締めつける。そして埃のもらぬやうにする。

ドラムの内面へ、一つの棚をとりつける。長さはドラム全長に等しく、幅(つきだした高さ)は、 $9\text{ cm} \left(3\frac{1}{2}''\right)$ にする。ドラムを回轉するとき、試料はこの棚へ引つかかり、投げだされて、磨耗がひどくなるのである。

磨耗を促進するため、ドラム内へ、球を入れてやる。鋼製または鑄鐵製で、直徑は約  $48\text{ mm} \left(1\frac{7}{8}''\right)$ 、1 個の重さは 390-445 g の間にあること。球の個数は、

|      |      |       |                        |
|------|------|-------|------------------------|
| A 試料 | 12 球 | 球の總重量 | $5000 \pm 25\text{ g}$ |
| B 試料 | 11   |       | $4583 \pm 25\text{ g}$ |

**試料** 大きさ 40-10 mm を A 試料とし、20-10 mm のを B 試料とする。

なるべく現場で使ふまゝのものから、次表のやうに選ぶ。粒の大きさは、篩目で示す。40-25 mm とあるは、40 mm 篩を通り、25 mm 篩にとまるものといふ意味である。その他の寸法についても、同様である。

試料のとり方

| 粒の大きさ                          | A 試料   | B 試料 |
|--------------------------------|--------|------|
| 40-25 mm ( $1\frac{1}{2}$ -1") | 1250 g | —    |

|       |                               |      |        |
|-------|-------------------------------|------|--------|
| 25-20 | ( $1-\frac{3}{4}$ )           | 1250 | —      |
| 20-15 | ( $\frac{3}{4}-\frac{1}{2}$ ) | 1250 | 2500 g |
| 15-10 | ( $\frac{1}{2}-\frac{3}{8}$ ) | 1250 | 2500   |

粒の大きさの括弧内は、ASTM C 131 の數値(インチ)である。mm の値と多少違つてゐるが、實用上は差支あるまい。

試料は、清淨で乾いたものを使ふ。洗つて乾かせとまでは書いてないけれども、洗ふにこしたことはない。正しく 5000 g を秤りとするのである。

**試験法** 試料と球を、ドラムの中へ入れる。

ドラムを。毎分 30-33 回の速度で、500 回轉させる。約 16 分間である。

終つたら取りだし、1.7 mm 目(米 12 番)篩へかけ、残つたものを洗つて、乾かす。その重さを  $w\text{ g}$  とすれば、磨耗率(百分比)を、次の式からだす。

$$a = \frac{5000-w}{5000} \times 100 = 0.02(5000-w) \%$$

例へば、 $w=300\text{ g}$  であつたら、 $a=0.02 \times 2000=40 \%$

**實用の數値** 大體、次のやうな値が標準である。

|            |            |
|------------|------------|
| 土質道用、瀝青鋪裝用 | 磨耗率 40% 以下 |
| コンクリート鋪裝用  | 50% 以下     |

**利點** 1. 現場で使ふ形の石を試験する。

2. いろんな種類の骨材に適用できる。

3. 試験に要する時間が短くて、便利である。

4. 石が、丸くても、角ばつてゐても、磨耗率はあまり違はない。

5. 磨耗率が、40 とか 50 といふ大きい値で示される。

將來は、このロサンゼルス機が、ダブル機に代るやうになるであらう。

## 7. 靱性試験

**石の靱性** 『衝撃を受けて碎けるまでの抵抗』を、石の靱性 (toughness) といふ。しかし、この定義では、漠然として、とりとめがないので、一定の測定方法を約束してゐる。即ち標準の槌を落して、圓筒試片を碎くとき、槌の最終落下距離をもつて、各種の石の、靱性を比較するのである。

靱性とはなにか、と聞かれると、誰でも返事しにくいのである。分つたやうな、分らぬやうな性質で、つかみどころがない。だから、測定方法も、約束の仕方、いくらでもあり得るわけだ。ここに記すのは、ASTM D3の方法で、世界的に行はれてゐる一つの標準方法である。石以外の材料へ、適用してはいかぬ。

**試片 (specimen)** 圓筒形で、高さ 25 mm, 直径 24-25 mm. 端面は、筒軸と正しく直角に仕上る。これを3個用意する。岩石構造上の弱い面が知れてゐるなら、その面に直角に1個、平行に2個切取る。弱い面が知れてゐないなら、3個を、任意の違つた方向において切りとる。端面は、最後に磨きあげる。

**試験装置** 普通に impact machine といはれてゐるもので、主部は、

1. 金敷 (anvil). 鑄鐵製で 50 kg 以上。丈夫な基礎の上へする。
2. プランジャ (plunger). 焼入れ鋼の金具、重さ 1 kg. 下面は半球形。
3. 槌 (hammer). 重さ 2 kg. 鉛直な滑座 (guide) にそつて上下する。
4. スケール附の柱. 槌を任意高さまで上げ、急に落すための装置。

**試験法** 試片を金敷へくくりつけ、その上へプランジャをのせて、動かぬやうにする。初めに槌を、1 cm の高さからおとす。次に 2 cm の高さからおとす。次に 3 cm の高さからおとす。以下、同様に、おとす高さを 1 cm づつ増してゆく。20 回目には、20 cm, 30 回目には 30 cm の高さからおとす。しまひに、或高さの點で、試片が碎ける。そのときの落下距離の數字をもつて、その石の靱性とするのである。同様のことを3試片でやり、平均をとる。

道路用の石は、靱性が 12-20 あたりであるとよろしい。靱性試験は、1920 年頃まで、相當やかましくいはれたらしいが、1930 年頃からあとはどうでもいゝものになつた感がある。この頃、碎石を買ふのに、靱性を指定するなんて、めつたにない。これは、道路の交通の種類が變つたからである。鐵輪の車の時代には、靱性も大切であつた。ゴムタイヤには重要でないのである。

## 第11章 岩石

|     |           |           |
|-----|-----------|-----------|
| 章目次 | 1. 岩石の分類  | 4. 水成岩    |
|     | 2. 火成岩通性  | 5. 變成作用   |
|     | 3. 火成岩の種類 | 6. 變成岩の種類 |

## 1. 岩石の分類

道路工事において、岩石を扱ふことも多いし、また砂利や碎石の質を、判断せねばならぬこともあるから、こゝへ岩石の一章を添へたわけである。

岩石の本によると、『岩石とは、地殻を造つてゐる材料である』。また『地殻とは、地球の表層を漠然と指す。深さ幾キロまでといふやうな嚴密な定義はない』といふのである。道路工事で普通に扱ふのは、地表から、10 m か 20 m 位までだから、地殻のむつかしい定義なんか、いらぬことである。

常識的に岩石といふと、私どもは「硬い岩」を想像する。岩石學者にきくと、畑の土でも、濱の砂でも、みな岩石だといふ。道路工事の實際についていふと、細土や砂利まで、岩石のうちへ入れてしまふのは、どうも、しつくりしない點がある。これは、岩石といふ日本語の語感が、Rock の科學的定義にびつたり合はぬからであらう。それで岩石の範圍もぼんやりと考へておきたい。

岩石の分け方も、いろいろあるが、成因から分けると三つになる。

1. 火成岩 (igneous rocks)

2. 水成岩 (sedimentary rocks)
3. 變成岩 (metamorphic rocks)

火成岩は、地球の深いところからきた岩漿 (magma) が、冷えて固まつたものの

水成岩は、岩石の小粒が、水や風に運ばれて、堆積してできたもの。

變成岩は、火成岩や水成岩の變質して生じた岩石をいふ。

火成、水成、變成の夫々に屬する主な岩石の名をあげると、次表の通り。

主 要 岩 石 表

|       |       |       |       |         |
|-------|-------|-------|-------|---------|
| 火 成 岩 | (酸 性) | 花 崗 岩 | 斑 岩   | 流 紋 岩   |
|       | (中 性) | 閃 綠 岩 | 玢 岩   | 安 山 岩   |
|       | (鹽基性) | 斑 輝 岩 | 輝 綠 岩 | 玄 武 岩   |
| 水 成 岩 |       | 砂 岩   | 頁 岩   | 石 灰 岩   |
| 變 成 岩 |       | 片 麻 岩 | —     | —       |
|       |       | 粘 板 岩 | 千 枚 岩 | —       |
|       |       | 雲母片岩  | 玢 岩   | 石 英 片 岩 |
|       |       | 綠泥片岩  | 角閃片岩  | そ の 他   |

## 2. 火成岩通性

1. 成 因 火成岩自體を、成因によつて細かに分けると、

火成岩 { 溢流岩……………火山岩  
          貫入岩……………深成岩、半深成岩

これらの名稱は、成因的にみた抽象名であつて、個々の岩石の名ではない。

溢流岩 (extrusive rock) は、地球の深部からきた岩漿が、地表へ流れて、固つたものといふ意味である。地表へ、岩漿が溢れ流れるのは、『火口から噴出する』といふ形をとることが多いので、火山岩 (volcanic rock) ともしはれる。また、噴出といふ現象に目をつけて、噴出岩 とよぶこともある。いづれも、中身

は同じである。一つことに、名がいくつもあつて、厄介であるが、習慣で仕方がない。とにかく、『生成状態につけた名』である。

貫入岩 (intrusive rock) は、地球の深部からでてきた岩漿が、地表へ達せずに、地殻へ貫入した状態で固まつたもの、といふ意味である。そのうち、地下の深いところで(従つて大きい壓力をうけながら)、徐々に固まつたものを、深成岩 (plutonic rock) といふ。また、割合に浅いところで(小壓力のもとに)、急速に固まつたものを、半深成岩 (hypabyssal rock) といふ。これらの名稱も、『生成状態につけた名』であつて、個々の岩石の名とは、違ふのである。

火山岩といふうちには、安山岩、玄武岩、石英粗面岩などがある。

深成岩といふうちには、花崗岩、閃綠岩、斑輝岩などがある。

半深成岩といふのは、斑岩、玢岩、輝綠岩などがある。

このやうに、一應の區分はしてあるが、境目のものになると、どつちへつけていゝか、全く判斷に困るやうなものもある。區別はあつて境がないわけだ。

2. 酸 性 度 (acidity) 珪酸 ( $\text{SiO}_2$ ) の含有率で、酸性度を表はす。

酸性岩 (acidic rock) 珪酸の多く含まれた火成岩をいふ。

鹽基性岩 (basic rock) 珪酸の少い火成岩。酸性度が低いといふ。

中性岩 (neutral rock) 珪酸の量が、中位のものをいふ。

これらの語は、化學における用法とは、大分違つてゐる。鹽基性岩といつても、珪酸は相當に入つてゐるのである。化學の酸アルカリみたいに、判然としたものではない。これも、區別があつて境のないものだ。大體、次の性質がある。

| 分 類 | 酸 性 度    |        |        |
|-----|----------|--------|--------|
|     | 酸性岩      | 中性岩    | 鹽基性岩   |
| 珪 酸 | 約 66% 以上 | 66-52% | 52% 以下 |
| 色   | 白っぽい     | 灰 色    | 黒っぽい   |
| 比 重 | 小 さい     | 中 間    | 大 き い  |
| 鑛 物 | 無色粒に富む   | 中 間    | 有色粒に富む |

## 3. 結 晶 度 火成岩の組織を物理的にみて、結晶と玻璃に分ける。

結晶 (crystal) 物理性質が、對稱の法則に従ふやうなものをいふ。

玻璃 (glass) 結晶でない部分をいふ。

結晶度 (crystallinity) 結晶と玻璃の混り方の程度を示す語である。

結晶の部分が多いか、少いかによつて、火成岩の組織を、次の三つに分けてゐる。

1. 完晶質 (holocrystalline) 結晶だけからできてゐるときをいふ。

2. 玻璃質 (glassy) 結晶が少しもないときをいふ。

3. 半晶質 (hypocrystalline) 結晶と玻璃の兩方あるときをいふ。

完 晶 質 は、結晶の大きい小さいかによつて、次のやうに細分する。

(1) 顯晶質 (phanerocrystalline) 結晶が、肉眼またはルーペで、識別できるほどに、大きい形であるときをいふ。

(2) 微晶質 (microcrystalline) 結晶が、顯微鏡で識別できる程度の大きさであるときをいふ。更に、粗粒狀、中粒狀、細粒狀に分けることもある。

(3) 隱微晶質 (cryptocrystalline) 顯微鏡では、結晶を識別できないが、直交ニコールによつて、結晶質であることの確かなときをいふ。

4. 粒 度 (granularity) 岩石の中の主要礦物が、粒揃ひであるかどうか (粒度) によつて、岩石の組織を二つに分けることがある。

1. 等粒狀 (equigranular) 粒が大體一樣であるもの。

2. 斑狀 (porphyritic) 大粒、中粒、小粒、微粒の混つたもの。

斑 狀 のものについては、斑狀模様を二つに分けて

(1) 斑晶 (phenocryst) 大粒の部分をいふ。

(2) 石基 (ground-mass) 微密な部分をいふ。

石基は、玻璃のこともあり、微結晶のこともあり、また兩者の集合のこともある。これを區別するのに、玻璃質斑狀、完晶質斑狀、半晶質斑狀といふ呼び名を使ふことがある。

5. 組 織 岩石の顔附といふほどの意味である。石の外觀的模様を組織といひ、これを、更に二つに分ける人もある。即ち

1. 構造 (structure) 肉眼的な模様

2. 石理 (texture) 顯微鏡的な模様

しかし、構造といふ語は、地層の配列、岩石の節理など、大きい相貌を意味することもある。紛らわしい。組織といふ語で、ひつくるめて呼ぶのが、實用上、便利であるまいか。組織は、粒度と結晶の二つの方面からみるのが常である。

A. 等粒狀と斑狀

B. 玻璃質と半晶質と完晶質 (顯晶質、微晶質、隱微晶質)。

## 3. 火成岩の種類

火成岩の中の重なるものをあげると、次のやうである。

| 成 因   | 酸性のもの | 中性のもの | 鹽基性のもの |
|-------|-------|-------|--------|
| 深 成 岩 | 花 崗 岩 | 閃 綠 岩 | 斑 糲 岩  |
| 半深成岩  | 石英斑岩  | 玢 岩   | 輝 綠 岩  |
| 火 山 岩 | 流 紋 岩 | 安 山 岩 | 玄 武 岩  |

花 崗 岩 (granite) 主として等粒狀完晶質。色は無色、明灰色、淡桃色などで、俗に **みかげ** といはれる。含まれる有色礦物の種類によつて細分すると、

正式花崗岩 (granite proper)

白雲母花崗岩 (muscovite granite)

黑雲母花崗岩 (biotite granite)

角閃花崗岩 (amphibole granite)

輝石花崗岩 (pyroxene granite)

石 英 斑 岩 (quartz porphyry) 斑狀で石基は灰色微晶質が多い。この岩石

に近いものに、花崗斑岩 (granite porphyry)、斑状花崗岩 (porphyritic granite) などがある。斑状組織が特長である。

**流紋岩 (rhyolite)** 斑状のことが多い。淡灰、淡紅、その他の淡色である。流紋岩の變種に黒曜石 (obsidian) がある。また流紋岩は、石英粗面岩 (quartz trachyte)、またはリパリー岩 (liparite) ともいわれる。

**閃緑岩 (diolite)** 等粒状で顯晶質。暗綠色、暗褐色など。これは花崗岩の石英が減つたものであつて、石英の減り方により、次の名がある。

花崗閃緑岩 (granodiorite) 酸性側

石英閃緑岩 (quartz-diorite) 中性

**玢岩 (porphyrite)** 小紋岩ともいふ。完晶質斑状。斑岩より石英の減つたもので、その減り方により、次のやうな名がついてゐる。

石英玢岩 (quartz-porphyrite) 酸性側

閃緑玢岩 (diorite-porphyrite) 中性

輝緑玢岩 (diabase-porphyrite) 鹽基性側

中央の閃緑玢岩は、含まれる主要有色鑛物によつて、次の名がある。

雲母玢岩 (mica-porphyrite)

角閃玢岩 (hornblende-porphyrite)

輝石玢岩 (pyroxene-porphyrite)

**安山岩 (andesite)** 多くは斑状。色は灰緑、暗色など。細別して、

石英安山岩 (dacite)

角閃安山岩 (hornblende-andesite)

黒雲母安山岩 (biotite-andesite)

輝石安山岩 (pyroxene-andesite)

**斑輝岩 (gabbro)** 完晶質等粒状である。暗灰色、黒色など。細分して、

正式斑輝岩 (gabbro)

橄欖斑輝岩 (olivine-gabbro)

角閃斑輝岩 (hornblende-gabbro)

**輝緑岩 (diabase)** 多くは完晶質。橄欖輝緑岩、角閃輝緑岩などある。

**玄武岩 (basalt)** 暗灰色、黒色のこととし、比重が大きく 2.9-3.1 もある。細別して、橄欖玄武岩、角閃玄武岩、輝石玄武岩などがある。

**トラップ (trap)** 『暗色で緻密な火成岩』を總稱して、トラップといふ。粗粒のもの、多孔質のもの、白っぽいものなどは除く。これに属するのは、

玄武岩、輝緑岩、安山岩、玢岩など。

トラップは、マカダム用の碎石や、舗装コンクリートの骨材として、最上とされてゐる。但し舗装用ブロックには、殆ど使はれない。

## 4. 水成岩

微粒が、層状に堆積して固まつたものである。

堆積岩 (sedimentary rock)、或は

成層岩 (stratified rock)

といふのが穩當である。しかしわが國では、水成岩といふ語が、sedimentary rock の意に使はれてゐる。火成岩と違ふのは、層をなしてゐる點である。

**成因** いろんな成因のものがある。それを分けて、例を示すと、

1. 水成岩 (aqueous rock) 水の作用で、地表が削られ、遠くへ運ばれて、堆積したもので、本當の水成岩である。礫岩、砂岩、頁岩など。

2. 風成岩 (aeolian rock) 風で運ばれて堆積したもの。黄土。

3. 化學堆積岩 水に溶けてゐた成分が、沈澱し固まつたものである。岩鹽 (rock salt)、石膏 (gypsum) など。

4. 生物堆積岩 生物の遺骸などがもとになつて、できたもの。石灰岩、白雲岩 (dolomite)、珪藻土 (diatom earth)、放散蟲板岩、燐礦、グアノなどがある。道路工事に必要なのは、石灰岩である。

5. 火成堆積岩 噴火で吹上げられたもの、堆積。灰の固まつたのは凝灰岩 (tuff)。大片の固まつたのは集塊岩 (agglomerate)。

### 主な水成岩

|                   |                |
|-------------------|----------------|
| 礫岩 (conglomerate) | 礫 (gravel) が主體 |
| 砂岩 (sandstone)    | 砂 (sand) "     |
| 頁岩 (shale)        | 粘土 (clay) "    |
| 石灰岩 (limestone)   | 石灰 (lime) "    |

二次的な成分を示すのに、次のやうな接頭語をつける。

|                            |
|----------------------------|
| 砂質 (sandy, arenaceous)     |
| 粘土質 (clayey, argillaceous) |
| 石灰質 (limy, calcareous)     |

例へば、粘土質礫岩といふ、礫岩ではあるが粘土分の多いことを示す。

**礫岩** 丸味のある石片 (礫) が、砂や粘土や石灰などで固められたもの。角ばつた岩片の多いときは、角礫岩 (breccia) といふ。

**砂岩** 砂粒の固まつたもの、結合物によつて、粘土質砂岩、などといふ。含まれてゐる礦物名を添へて、石英質砂岩、雲母質砂岩、花崗質砂岩などともいふ。結合物が少くて硬い砂岩を、硬砂岩 (grey wacke) と呼ぶ。

**頁岩 (ケツガン)** 泥板岩ともいふ。粘土やシルトが、不完全に固まつたもの。軟かで板状を呈し、うすい層にはがれやすい。色は暗灰、赤褐、または黒色、瀝青質を含むものを、油頁岩 (oil shale) といひ、撫順は有名である。

**石灰岩** 炭酸石灰が主成分である。灰色、帯青色が多いけれども、鐵や有機物が含まれると、濃灰、褐、黒、赤などになる。緻密な重い石灰岩は、道路用碎石に使はれる。舗装用ブロックには、使はれない。

|                   |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| 生石灰 (quick lime)  | 石灰岩を焼いて $\text{CaO}$ だけにしたもの。      |
| 消石灰 (slaked lime) | 生石灰へ水をかけて $\text{Ca(OH)}_2$ にしたもの。 |

## 5. 變成作用

岩漿の上昇や地殻の變動に伴ひ、その近くの岩石の成分組織に變化の起ることがある。岩石を變質させる働きを、變成作用 (metamorphism) とよひ、變質してできた新しい岩石を、變成岩 (metamorphic rock) とよぶ。

岩石を變質させる直接の要素は、壓力、熱、水、ガスの四つである。これらの起り方からみて、變成作用を二つに分けてゐる。

### 接觸變成 (contact metamorphism)

1. 岩漿の上るとき、それに接觸した岩石の質が變る。
2. 岩漿の冷えるとき、接觸してゐる火成岩の質が變る。

この二つの場合を、接觸變成といふ。熱、水、ガスの三つが主として働く。壓力は大きい役割をしてゐない。岩體の一部分に起るので、局部變成 (local metamorphism) と呼ぶ人もある。できた岩石は、塊状をしてゐることが多い。

### 動力變成 (dynamic metamorphism)

地殻の變動が大規模におこると、それに伴ふ壓力の作用で、岩石の質が變る。この作用を動力變成といふ。地殻の變動といふのは、褶曲、剪斷、壓碎などである。壓力が重な働きをするわけである。動力變成は、かなり廣い範圍に及ぶので、地方變成 (regional metamorphism) ともいふ。

## 6. 變成岩の種類

**片麻岩 (gneiss)** 花崗岩に等しい礦物成分のものである。花崗岩とちがつて、成分礦物が一定の方向に配列してゐる。他の變成岩に比べて、長石を多く含む變成の仕方により細分すると、

|                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 正片麻岩 (orthogneiss) | 火成岩 (花崗岩) から變成。   |
| 准片麻岩 (paragneiss)  | 水成岩 (砂岩、礫岩) から變成。 |
| 變片麻岩 (metagneiss)  | 火成岩と水成岩の混合變成。     |

石英と長石はどれにもあるが、そのほか比較的多く含まれる礦物により、

## 第2編 土質道

雲母片麻岩 (mica gneiss)

角閃片麻岩 (hornblende gneiss)

輝石片麻岩 (augite gneiss)

**片岩 (schist)**      **結晶片岩 (crystalline schist)** ともいふ。片状の組織をもつものゝ總稱で、重な鑛物成分によつて、次のやうな名がある。

雲母片岩 (mica-schist)

緑泥片岩 (chlorite-schist)

滑石片岩 (talc-schist)

綠簾片岩 (epidote-schist)

石墨片岩 (graphite-schist)

角閃片岩 (amphibole-schist)

**粘板岩 (clay-slate)**      これは頁岩から變成。壓力の方向に直角に、はがれやすい。粘板岩が更に強い壓力をうけると **千枚岩 (phyllite)** になる。

**大理石 (marble)**      これは石灰岩、白雲岩から變成したもの。

**珪岩 (quartzite), 石英片岩 (quartz-schist)**      これらは、砂岩その他、石英粒の多い岩石から、變成したものである。