

第 9 編  
セメント簡易舗装

- 第 1 章 セメントマカダム  
第 2 章 路上混合式セメント土道  
第 3 章 別混合式セメント土道  
第 4 章 石灰土道

## 梗概

第9編は、次の三種の舗装について、記してゐる。

1. **セメントマカダム** これは、セメントによるマカダム(碎石道)の安定処理である。碎石を初めから路床へ敷き、別にモルタル或はセメントを加へて仕上げた路面である。

2. **セメント土道** これは、セメントによる土質道の安定処理である。普通の土(粘土粒、砂粒、砂利、碎石などの混合物)へ、セメントと水を加へて混ぜ、敷均らして仕上げた路面である。他の舗装の基層として優れてゐる。

3. **石灰土道** 普通の土へ、消石灰と水を加へて混合し、敷均らして仕上げた路面である。セメントを使はないけれども、便宜上、この編へ入れた。

他の簡易舗装と比べて、セメント簡易舗装の長所は、水分の害が少い點である。短所は、脆くて粘さがない。しなやかさがなく、一度割れ目ができると、瀝青舗装と違つて、自癒しない。脆さを現はさないやうな使ひ方をしないと、失敗を招く恐れがある。

## 第1章 セメントマカダム

章目次	1. 概説	6. サンドキツチ法
	2. 準備	7. 空練りモルタル法
	3. 目地	8. セメント法
	4. モルタル	9. 諸工法の比較
	5. 透入法	10. 缺點

## 1. 概説

セメントマカダムは、マカダム(碎石道)の一種である。碎石を敷き、その空隙へ、モルタル或はセメントを押込んで、ローラをかけてどきた路面である。混合を省いたコンクリート舗装と見てもよいわけである。

マカダムの一種だから、使用範囲にも制限があつて、重交通の幹線道路には、適しない。中小道路向きである。その上、第10節に記すやうな缺點もあつて、セメントマカダムを採用しようといふときは、よほど慎重に考へてから、決める必要がある。率直にいへば、採用しない方が、安全である。

厚さは、8-10cm 位が普通である。アスファルトマカダムに比べると、脆いので、セメントマカダムの5cm 以下では、割れ目がやすい。また15cm 以上に造るなら、一層式コンクリート(厚さ12cm 位)にした方が、耐久力からいつても、工費からみても、得である。それで、中間の8-10cm あたりが、割合に無難だといふことになる。

舗装に必要な材料は、セメント、砂、碎石、水の四つであるが、砂を抜く工法もある。造り方にいろいろあつて、大別すると、次の四つになる。

1. 透入法 (penetration method, Hassam type)
2. サンドキツチ法 (sandwich method)

3. 空練りモルタル法 (dry mortar method)
4. セメント法 (dry cement method)

## 2. 準備

1. 路床 新設路床へすぐ施工することは、面白くない。

数年間、土道、砂利道、碎石道として、使われてきたものの上に、施工するとよい。古い路でも、軟い所や土質のわるい所は、補強してからにする。なんといつても、マカダムの一種だから、路床の硬いことが必要なのである。

路に窪みがあつたら、それを詰める。碎石と細土でやる。

全體を設計書の通りの高さにし、ローラでよく固める。ローラは、5t 以上のもので、これは重いほどよい。それから、箒で、一應掃除する。

2. 横断勾配 路床の横断面は、水平にすることもあるが、碎石の節約といふやうな點から、蒲鉾形にすることも多い。横断勾配は、大體でよいわけだが、2.5% (1/40) から 3% (約 1/30) 位の範囲に選ぶ。

3. 路肩 地方道路で、舗装幅が、路幅より狭いときは、舗装の両側に路肩ができる。これは、舗装する前に、きちんと造つておくこともあり、また舗装して後に添へることもある。その時その場でいゝやうに決める。

先きに路肩を造ると、路の中央部が、工事中は、溝になつてゐる。こゝへ、雨水がたまると困る。この水を、側方へ抜くため、路肩を貫いて、盲溝を造つておく。これは、型枠の下を通り、路側へでるやうな小溝を掘り、その底へ、碎石か砂利を 20 cm 位の深さに詰める。その上へ、細土をかぶせておく。この盲溝(地下排水溝)は、間隔 10 m から 15 m 位に設ける。

4. 碎石 セメントマカダムに使ふ碎石は、20 mm 以上が多い。選び方は、人によつて、多少違ふけれども、大體、次の範囲にとる。

25-50 mm,      25-60 mm,      25-80 mm

あとから、モルタルなどを、すきまへ押込むわけだが、このモルタル等は、アスファルトやタールほど流れやすすくない。それで、碎石層に、大きいすきまが必要である。この施工上の必要から、なるだけ、粒揃ひの碎石が選ばれる。粒度の1例を示すと、次のやうなのがある。

篩目, mm	60	40	25
通過量	90% 以上	15% 以下	5% 以下

碎石を2層に分けて敷くときは、大體次のやうに選ぶ。

上層 25-50 mm      下層 40-60 mm

5. 型枠 街路で、路幅いつばいに舗装するときは、路の両側へ、縁石と街渠を造り、それから後で、中央を舗装する。この際は、舗装を、街渠と街渠の間へ造るのだから、舗装に對する型枠は、必要がない。

地方道路で、両側に路肩をおくときは、舗装部の施工に際し、碎石層の逃げないため、型枠を両側へおくのである。型枠 (side form) としては、鐵製のもあるが、多くは、角材を用ひてゐる。安くもあるし、取扱ひが楽だからである。

型枠の高さは、舗装の仕上げ厚さに等しくする。角材の幅は、ローラの重さや、碎石からの横壓に耐へるだけの丈夫さをもつやうに選ぶ。例へば、舗装の厚さ 10 cm なら、10×15 cm 位の角材が使はれてゐるのである。

型枠は、杭で、路床へ固定する。舗装が硬化してから、取除く。

## 3. 目地

1. 縦目地 2車線の幅(6m)を舗装するときは、中央へ縦目地 (longitudinal joint) を入れて、割れ目のできるのを防ぐことが好ましい。

形式は、無填充突附型でもよいが、ダミー型(盲目地)が楽である。

厚さ 2 cm, 幅 6 cm 位の木の板をとり、6 cm 面を鉛直にして、路床上へおく。横へ倒れないやうに、杭を打つて、しつかり保つ。かうして、舗装をする。

第9編 セメント簡易舗装

板の上の方は、数 cm だけ、碎石でおぼはれ、そのまま板を埋込んでしまふ。後日、縦方向に割れ目のでるなら、この中央線に現はれ、不規則な縦割れは、少くすむといふわけである。このダミー型は、コンクリート舗装のときの逆であるが、セメントマカダムでは、舗装の下部を切る方が施工は楽である。

2. 横目地 横目地を造らないこともあるが、割れ目を防ぐ上からいふと、設けるに越したことはない。『セメントマカダムは、簡易舗装だから、すべてを簡略してしまふだらう』と思はれやすいが、事實はその反対で、目地などは、コンクリート舗装以上に入念にしておかぬといかぬ。横目地の種類は、

1. 縮みに備へた目地 (contraction joint)
2. 伸びと縮みに備へた目地 (expansion joint)

縮み専用のは、1. ダミー型 (盲目地) にすることもあり、2. 無填充突付け型に造ることもあり、また 3. 厚さ 5mm 位の木の板を入れたまゝにしておく。いづれにしろ、目地の両側を絶縁しておけばよいのである。

伸縮用のは、幅 2cm 位の填充突付け型にする。填充材として、初めから既製の目地板 (エラストイトの如き) を挿むこともあるし、或は初め木の板を入れて溝を造り、あとからアスファルトを詰めることもある。

間隔は、約 10m おきに設けることにして、縮み専用を 2 本か 3 本置き、その次に伸縮用を 1 本挿むといった具合にすればよい。横目地の全部を、伸縮用にする必要はない。この點が、現場の方に、徹底してゐないうらみがある。

3. 施工目地 豊食のとき、或は夕方仕方を終へるときには、舗装に切れ目ができる。この施工の都合上できた切れ目が、施工目地 (construction joint) である。伸縮用の目地とは、元來無關係のものであるが、兩者を一致させるといふ。即ち伸び縮みに備へた目地の位置において、仕事を打切るやうに、段取をすれば、特別な施工目地はなくてすむわけである。

4. モルタル

透入法とサンドキツチ法に使ふべきモルタルの造り方を、ここに記す。次節の一部をなすのであるが、分りやすくするため別にした。

配合 重さで 1:2 即ちセメント1部に砂2部。

例へば、セメント1袋 (50kg) に砂 100kg といふ割合にする。

他の配合も使はれないのではないが、1:2 は簡便だし、これで差支のあつたといふこともないので、普通は 1:2 が使はれてゐるのである。

砂 コンクリートに使ふと同様の砂であればよい。硬くて、泥や土のついてゐないこと。腐植質のないこと。粒度の一例としては、次のやうなのがある。

篩の目, mm	5	2.5	1.2	0.8	0.15
通過量, %	97	88	65	15	5以下

碎石層中へ、透入しやすくするため、もつと小さい砂を使ふこともある。

水量 水は、セメントの重さの 6 割 (60%) 位を使ふ。大きい碎石では、すきまも大きくて、モルタルが入りやすいから、水量を幾分減らして、硬練りにする。小さい碎石では、水量をいくらか増す。例をあげると、

碎石の大きさ	50-80mm	40-60mm	25-50mm
水セメント比	55-60%	60-65%	60-70%

水量を増すほど、流れやすくなつて、施工は楽である。しかし水が多いと、

1. セメントと砂が分離しやすくて感心しない。
2. モルタルの強さが低下し、結合力が弱くなる。

それで、施工に差支へない範囲で、水量はなるべく減らすのがよいわけだ。

材料 配合 1:2 のモルタル 1m<sup>3</sup> を造るのに用意すべき材料は、

約

セメント 10 袋, 砂 0.8m<sup>3</sup>, 水 0.3t

これは、多少餘裕を見てあるが、一度、試し練りをやつてみるとよい。

**混合** 中央混合式と現場混合式とある。いずれも、ミキサを使ふことが好ましい。混合する時間は、ミキサの型や大きさにより變へねばならぬが、少くとも、正味 1 分間は混ぜる。中央混合式だと、運搬中及び敷均らし中に、セメントと砂が分離しやすいので、たえず混ぜてゐることが必要である。

**撒布** 碎石上へまくときは、セメントと砂の分離せぬやうに注意し、同じ厚さに敷く。そして碎石を動かさないやうにして、箒かブラシで、モルタルを一樣にひろげる。

## 5. 透入法

透入法 (penetration method) によるセメントマカダムの造り方の 1 例を次にあげる。これは、仕上げ厚さ 10 cm を標準とした場合であるが、いつもこの通りせねばならぬといふのではない。透入法は、碎石層の上から、軟練りモルタルを流して、下のすきまへ押込むといふ工法である。次の例は、二層式である。

1. 路床へ碎石 (大きさ 30-60 mm) を敷く。厚さ約 6 cm。  
5-8 t 位のローラで、一回か二回締める。
2. **モルタル**を、平均厚さ 3 cm の割に、碎石の上へ流し、一樣に均らす。  
100 m<sup>2</sup> 位敷いたら、ローラ (5-8 t) で、軽く締める。
3. 碎石 (大きさ 20-40 mm) を敷く。厚さ約 6 cm。ローラを一回かける。
4. **モルタル**を、平均厚さ 2 cm の割で、碎石の上へ流し、一樣に均らす。
5. ローラを一回かけてから、表面の平らでないところを直す。  
暫くおく。モルタルが固くなりかけた頃、ローラを十分にかける。
6. 餘計なモルタルは、箒で除く。表面をフロート (大きい板の鏝) で平らにする。ベルト掛けをし、更に古箒で、ザラザラに横線をつける。
7. **養生** 初め数時間は、そのまゝおく。表面が幾分固くなつたら、帆布

などをかぶせる。翌日は、箒か藁をかけて、水を十分に與へる。数日続ける。

8. 夏は 1 週間位で交通を許す。冬は 2 週間おいて交通を許す。

モルタルが硬化し初めないうちに、ローラをかけ終ることが大切である。混合のときから、仕上げまでを、夏 1 時間、冬 2 時間以内にすますとよい。

## 6. サンドキツチ法

食品のサンドキツチのやうに、モルタルを、碎石層の中間へ挿む形にして、路面を仕上げることもある。これをサンドキツチ法と呼んでゐる。一例を次に示す。

1. 路床の準備をする。
2. 碎石 (大きさ 40-60 mm) を敷く。厚さ約 6 cm。軽くローラをかける。  
僅かに撒水して、碎石を湿らせる。
3. モルタルを一樣な厚さに敷く。平均厚さ約 4 cm。
4. 碎石 (大きさ 30-50 mm、或は 20-40 mm) を、約 5 cm 厚さに敷く。この碎石は、路側にあるとき、軽く撒水し、表面に濕りをもたせておく。
5. 三輪ローラ (6-8 t) で、十分に締固める。下のモルタルが、上面へ僅かしみでる位までやる。モルタルのしみ出ない部分へは、モルタルを加へ、またひどく窪んだところは、モルタルと碎石を補ふて、ローラをかける。
6. **養生** これは透入法におけると同様にする。前節を見よ。

碎石に濕りを與へるのは、モルタルの水分を奪はれないためと、モルタルの伸びやすくするためである。碎石は、なるたけ粒揃ひで、空隙の大きい方が、モルタルのまはり方がよい。1 區域の締固めは、その部分のモルタルが、凝結を始めない前に、ローラ工を終へるやうにする。モルタルの混合から仕上げまでの時間は、ざつといつて、夏季 1 時間以内、冬季 2 時間以内にすませるとよい。

## 7. 空練りモルタル法

セメントと砂をよく混合し、この乾いた粉體を、碎石層へまき、あとから水を加へて、固まらせる、といふ工法がある。これを、空練りモルタル法と名づけておく。やり方もいろいろあるが、二つの例を次に記す。

### 透入式の工法

1. 大碎石を敷く。
2. 空練りモルタルをまく。
3. 中碎石を敷く。
4. 空練りモルタルをまく。 } 省くこともある。
5. 水を加へながら、ローラをかける。
6. 養生を十分にしてから、交通に開放する。

### サンドキツチ式の工法

1. 大碎石を敷く。
2. 空練りモルタルをまく。
3. 中碎石を敷く。
4. 水を加へながら、ローラをかける。
5. 養生を十分にしたら、交通を許す。

碎石の寸法や、敷く厚さは、夫々、前2節に準ずるわけである。

空練りモルタルの量も、前2節のモルタル量と、大體等しい程度に使ふ。

## 8. セメント法

碎石層へ、セメントだけを撒き、あとから水を注ぎ、ローラをかけて締固める、といふ工法がある。これを、セメント法と呼ぶことにする。

透入式と、サンドキツチ式のやり方がある。前節の空練りモルタル法で記した項目のうち、『空練りモルタル』とあるところを、『セメント』と置替へれば、それでよいわけである。前節をみて貰ふことにして、説明を省く。

## 9. 諸工法の比較

セメントマカダムは、大別して湿式と乾式になる。

**湿式の長所** 透入法とサンドキツチ法では、完全なモルタルを敷くから、強度が確實にでる。

**湿式の短所** モルタルを碎石層上へ、一様に敷くのは、かなり面倒である。團子のやうに、固まりやすい。水を多く加へれば、流れやすくなるけれど、水の多いモルタルは、強度の低下するといふ缺點がある。

**乾式の長所** 空練りモルタル或はセメントのみで、碎石層へまくので、施工が楽である。湿モルタルを敷くときのやうな、やりにくさがない。

**乾式の短所** あとから水を加へるのであるから、水が一様に行きわたりにかねて、セメントの強度も一様でないことに、なりやすい。

湿式は、施工厄介だが、結果は確實である。乾式は、施工容易だが、結果に不安がある。舗装の耐久性からいへば、**湿式を選んだ方がよい。**

湿式のうち、サンドキツチ法は、モルタルが、上層碎石へ十分にまはりかねることがある。二層式透入法だと、碎石層へモルタルがよく行きわたる。それで**二層式透入法**は、サンドキツチ法より、一般に確實である。

乾式のうち、セメント法は、砂なしで、碎石のすきまを詰めるのだから、セメントを多量に要し、高いものにつく。この経済的な點からみても、面白くない。

## 10. 缺點

セメントマカダムの長所としては、コンクリート舗装に比べて、工費の安いこと、施工が楽であることなどが、あげられてゐる。缺點を示すと、

**曲げ強さが低い** セメントマカダムでは、碎石とモルタルの混合

を省いてゐるから、どんなに入念に施工しても、碎石とモルタルは、コンクリート舗装におけるほど十分には、混つて呉れない。よく混らないと強度が低い。殊に、下部が不十分になりやすく、曲げ強さの低い箇所が、どうしても避けられない。これは、混合を省くことから来る。水量の過多から来る強度の低下もある。湿式では、モルタルを流れやすくするため、水を比較的多く使ふ。乾式では、セメント粒が、水をはじきやすいので、一般に水を多く注ぐ。従つて、水セメント比は大きくなり（セメント水比は小さくなり）、強度は、落ちる。即ち施工上、水を多く使はねばならぬ點が、耐久力の上に、わるい影響を與へてゐる。

**不經濟な舗装** セメントマカダムでは、粒揃ひの大碎石が使はれる。これは、碎石のすきまを大きくし、モルタルがまはり易くするためである。

この大きい空隙は、コンクリート舗装ならば、小碎石で、當然埋められるところである。セメントマカダムでは、この小碎石の役目まで、モルタル（或はセメント）が受持たねばならぬ。モルタルは、結合材として働くほか、單なる穴埋めにもなる。これは、施工上の要求から來たことであるが、實に不經濟な話である。小碎石  $1\text{m}^3$  の代りに、モルタル  $1\text{m}^3$  使ふのは、なんとしても、損である。だからといつて、モルタルを節約すれば、空隙が多く残り、舗装は弱いものになる。こゝでも、施工上の必要が、非常な害を及ぼしてゐる。

**同じ單價でコンクリート舗装ができる** 仕上り厚さ  $10\text{cm}$  だと、 $100\text{m}^2$  當りの體積が  $1\text{m}^3$  になる。この  $1\text{m}^3$  中のセメント量は、從來の例でみると、 $300\text{kg}$  (6袋) 位使はれてゐるのが多い。中には、 $500\text{kg}$  (10袋) 使つたものもある。假りに、 $1\text{m}^3$  にセメント  $300\text{kg}$  としても、その一部は、單なる穴埋めになつてゐる。大小粒の混つた碎石を用ひ、厚さ  $8\text{cm}$  のコンクリート舗装の單價を調べると、厚さ  $10\text{cm}$  のセメントマカダムと、大して違はぬことが、多い。しかも、曲げ強さは、コンクリートにした方が優る。

セメントマカダムと同じ單價で、強さの等しい（或は優つた）コンクリート舗装が、大體できる。セメントマカダムは安いといはれるが、それは無條件で承認される言葉ではない。もつと綿密に比較せねばならぬ。

こゝで、コンクリート舗装の  $8\text{cm}$  は、薄きにすぎて、實用にならぬと、指摘されるかも知れぬ。しかし、それは正常のコンクリート舗装を、頭におかれるから、さう思はれるのである。厚さ  $10\text{cm}$  のセメントマカダムで耐へると考へられる程度の、輕交通の箇所であれば、 $8\text{cm}$  のコンクリート舗装でも耐へるのである。もちろん、路床がよくて、横目地の間隔を狭くすることも必要である。そして兩者を比べると、コンクリートの方が、舗装として確實である。

**某所の失敗** 10年ほど前のことだが、某所で、幹線道路の數キロに亘り、セメントマカダムを施工したことがあつた。その要領は、

1. 碎石（大きさ  $30\text{--}60\text{mm}$ ）を厚さ  $10\text{cm}$  に敷いた。
2. セメントを厚さ  $3\text{cm}$  にまき、乾式工法をやつた。
3. 砂抜きで中碎石も使はなかつた。
4. 横目地も、縦目地も造らなかつた。

これで、厚さ  $9\text{cm}$  に仕上げた。1年すぎ頃から、割れ目 (crack) が現はれ水が滲込み、路床が弛み、3年目あたりには、ひどく傷み、非難が高かつた。

厚さ  $3\text{cm}$  セメントを重さに換算すると ( $1\text{m}^3$  を  $1500\text{kg}$  として)、

$$1500 \times (3\text{cm}/100\text{cm}) = 45\text{kg} \quad (1\text{m}^2 \text{ 當り})$$

これは、仕上げ厚さ  $9\text{cm}$  に對するセメント量である。この舗装の體積  $1\text{m}^3$  を考へると、それに含まれるセメント量は、

$$45 \times (100\text{cm}/9\text{cm}) = 500\text{kg}$$

混合物  $1\text{m}^3$  に、セメント  $500\text{kg}$  (10袋) 入つてゐるわけで、ずいぶん贅澤な舗装なのであつた。このセメント量を、 $350\text{kg}$  か  $300\text{kg}$  に減らし、その代り小碎石と砂を入れて、普通のコンクリートを造つたなら、恐らく同じ工費で、耐久力の優れたものができたろう。

**悪舗装** セメントマカダムは、一寸考へると、安くできさうだし、安い割に丈夫だと思はれやすい。實際やつたのを調べてみると、

1. セメントを節約して、本當に安く造ると、傷みが非常に早い。
2. 傷みを遅くするには、セメントを多量に入れて、金をかける必要がある。
3. 丁寧に造つても、コンクリート舗装より、割れ目がひどい。

セメントマカダムの成績がよいのは、次のどれかの場合である。

1. 路床が、十分に硬いとき。
2. 交通量が少いとき。
3. セメントを多量に用ひてあるとき。
4. 造つて半年か1年の成績しか見てゐないとき。
5. 同じ工費のコンクリート舗装をやつてみないとき。

セメントマカダムは、米國でかなり行はれたことがあつた。それは、セメントの生産過剰に困つた頃、セメント協會が、『道路へばらまいたら、いくらでも消費できる』といふ目算で、この工法を、うんと宣傳したのである。成績がよくなかつたためか、近頃では、セメント土道の方へ、力瘤を入れてゐる。それでセメントマカダムは、一寸下火になつた。

セメントマカダムと膠石舗装は、悪舗装の雄なるものである。同じ單價の範圍で、一層式コンクリート舗装をやつた方が、國のため、ずつと利益である。

## 第2章 路上混合式セメント土道

章目次	1. 特性	4. セメント量
	2. 工法	5. 最適水量
	3. 粒度	6. 締固め

### 1. 特性

セメントと土を混ぜて締固めた路面を、**セメント土道** (soil-cement road) と名づける。いはゆる安定處理道 (stabilized earth road) の一つである。またこのやり方は、土質安定法 (soil stabilization) に屬するわけである。

セメント土道は、米國で初められたもので、米名をそのままとつて、**ソイルセメント道** と呼ぶ人もある。また米名を直譯して、**土セメント道** といふこともある。セメントでマカダムを改良したものを、セメントマカダムと呼んでゐるのであるから、セメントで土道を改良したものは、セメント土道といふのが至當であらうといふ考へで、本書ではセメント土道と呼ぶことにした。かうすれば、あぶら土道、タール土道、乳劑土道などと並べても、一貫した命名法になつてゐて、具合がよい。大局的に無理の少い名稱がよいと思ふのである。

土道へセメントを加へる**目的**は、大體二つあつて、

1. 凝集力を高めて、土の安定さ (stability) を増すこと。
2. 路面を防水的にして、水による安定さの低下を防ぐこと。

こゝで注意すべき點は、セメントを加へても、土の内部摩擦力は増さないといふことである。セメント量を増せば、凝集力と防水性は高まるけれども、さういふ路面の安定さには、自ら限度がある。その土のうちに粗粒が缺けてゐるなら、内部摩擦力不足のため、十分な安定さの得られないことが多い。内部摩擦力を増すには、粗粒が必要で、土の粒度を考へねばならぬ。

**断面** セメント土道において、セメントを加へる部分の横断面は、一樣な厚さ

にする。即ち等厚断面である。兩縁を厚くする工法をとらないのである。

縁増厚の断面にした例もあるが、金をかけただけの効果がない。即ち

1. 掘起しや混合に、餘計な勞力がある。それで工費がいくらか増す。
2. 増厚部へは、ローラがかゝらないので、中央部ほどによく締らぬ。路床の硬さに、不同ができやすいのである。

コンクリート舗装でも、縁増厚は、すでに舊式になつてゐるのだから、それを、セメント土道へ、わざわざ採用するには及ばぬことである。

**用途** セメント土道は、簡易舗装中でも下の方である。重交通の路線へは、向かない。中小道路向きといふところである。



なんといつても、表層は弱いだから、路床の硬いことが必要である。新設したばかりの路線へ、すぐ施工したら、まづ失敗すると見ねばならぬ。

セメント土道の上へ、瀝青表面処理をやると、工費の割によい路になる。

安定処理道(土質安定法)のうちでは、わが國狀からみて、一番將來性あるものと思はれる。全国的に大規模に施工すると假定しても、材料が、瀝青材よりは豊富に手に入り得る。これが、セメント土道の強味である。

## 2. 工 法

セメント処理を、厚さ15cmに施すとし、その工法の順序を次に記す。細部については、その場の事情に應じて、適當に考へる。厚さは變へてもよい。

1. 掘返し (scarifying) 在來の路面を、15cm深さに、掘起す。スカーリアイアを使ふと便。仕上げ豫定幅より、兩側へ夫々15-20cm廣く掘る。
2. 粉碎 (pulverizing) 掘起した土を、細かに碎く。わが國では、唐鍬が多く使はれてゐる。米國では、大農式用の耕耘機が利用されてゐる。
3. セメント (distributing) 指定の割合で、土の上へ、ばらまく。
4. 乾混合 (dry mixing) 土とセメントを鍬でよく混ぜる。
5. 濕混合 (moist mixing) 水を注ぎながら、混合をつづける。
6. 荒締め (compacting) いぼ附ローラ (sheepsfoot roller) で、締固める。相當硬くなつたら、太い空氣入タイヤのトラツクを動かして、締める。トラツクには、荷をのせておく。このタイヤ締めを省くこともある。
7. 整形 (shaping) 横斷形や縦斷形を正しく造る。グレーダを使ふと便である。整形したあとで、タイヤ締を行ふこともある。
8. 仕上げ (finishing) 普通のローラをかけて、平らにする。二輪型が多く使はれてきたけれども、三輪ローラでうまく行つた例も多い。
9. 養生 (curing) セメントの硬化に無理の來ないやうに、約1週間、濕氣を與へる。蓆、藁、枯草、土砂などを置き、水をかけてやるのである。女の

人夫數名に、朝から晩まで、撒水させたといふ例もある。

10. 維持 (maintenance) 養生がすんだら交通に開放する。數ヶ月の間は、たえず路面を調べる。窪みや割れ目ができたら、瀝青材で早目に直す。

**二層混合法** 上に記したのは、深さ15cmの土へ、セメントの全部を加へて混ぜるといふ方法であつた。これを二層に分けて施工したこともある。そのやり方の大要を示すと、次のやうである。

1. スカーリアイアで、15cm深さに掘起す。土を鍬で碎く。
2. グレーダ(ローラ附屬)で、その土を兩方の路肩へ盛上げる。
3. 新たに露出した路床へ、ローラをかけて、締める。
4. 路肩へ移した土の半分を、路床へ戻す。その上へ、セメント指定量の半分だけ、ばらまく。そして、唐鍬で、土とセメントをよく混ぜる。
5. 路肩の土の残り半分を、路床へ移す。セメントも残り半分を、土の上へまく。この土とセメントを、唐鍬でよく混合する。
6. 乳劑撒布器で水を注ぎ、土を掘返して、よく混ぜる。
7. レーキを用ひて、表面を平らにする。
8. 三輪(マカダム)ローラを使つて、よく締める。
9. 養生もかねて、乳劑の表面処理をすぐやる(經驗によると、表面処理は、數ヶ月後にやる方がよいやうである)。暫くおいて、交通に開放する。

**表層** セメント土道は、セメント処理のまゝで使はれ得ることもちろんである。しかし、瀝青表面処理を施すと、一層よいものになる。

1. 防水性がよくなるので、雨水のため、凝集力の落ちることが減る。
  2. 表面へ碎石が加はるから、路として内部摩擦力もいくらか増す。兩方合して、安定さが高まることになる。やつただけの効果は、確かにある。
- 表面処理の時期は、經驗によると、セメント土道仕上げ後、數ヶ月たつてか

## 第9編 セメント簡易舗装

らがよいやうである。下層と同時にやると、セメントの硬化中に、餘計な壓力を加へるためか、成績のよくなかつた例が、澤山報告されてゐる。

## 3. 粒 度

**土の粒度** 大粒と小粒の混つた土がよい。『理想の土』が一番いゝわけである。純砂（砂粒ばかり）や、純粘土（粘土粒ばかり）は、感心しない。純砂は、土自體として、凝集力が缺けてゐる。セメントを多量に加へれば、凝集力の補ひはつくし、もともと内部摩擦力はあるのだから、粒粘土に比べたら、よいわけである。純粘土へセメントを加へると、凝集力は申し分ないけれども、内部摩擦力（粗粒による）が、低いから、費用をかけた割に、よくならぬ。

同様な意味から、細土（5mm 以下の粒から成る土）ばかりのときより、砂利や碎石の混つた土の方が、内部摩擦力が大きい。同量のセメントを加へたものを比較すれば、砂利や碎石の混つた方が、安定さは高いのである。それで、セメントを有効に使ふためには、土の粒度を調べるのが大切である。

粘土粒（0.01mm 以下）が 40% 以上あるやうな土を、そのままセメント処理することは、非常に損な方法である。粘土粒は、30% 以下であつてほしい。

**最小空隙 (minimum void)** セメント土道においても、空隙の少いほど、耐久力は強いのである。『空隙を最小にする』といふことは、決して、空隙をなくすることではない。また事實、土の空隙を 0 にすることは、できないのである。よく突固めた土でも、空隙は意外に大きいものである。最小空隙といふ代りに、次の語も使はれてゐる。意味は同じである。

**最大密度 (maximum density)** 土の密度を最大にするといふ意味である。土を構成してゐる粒の實體に着目した見方である。最小空隙は、粒の實體をみないで、粒と粒の間に着目した見方である。密度が増せば、空隙は減る。

**最大容重 (maximum unit weight)**  $1m^3$  の土の重さを最大にするといふ意味である。同一現場で、土の比重も大體同じとみれば、最大密度のとき、容重（單位容積

の重さ）も最大になる。これは、實用的な見方である。

土の眞比重の概数を 2.6 とすれば、容重と空隙率の關係は、次表の通り。

容重 kg	2300	2100	2000	1900	1800
空隙率 %	18	24	30	37	44

セメント土道の表層（セメントを加へた部分）は、空隙 40% 以下にせよといはれてゐる。これは、 $1m^3$  の重さが、少くとも 1800 kg ないといかぬ。 $1m^3$  2000 kg 位になれば、申分がない。2000 以上なら、なほよいわけである。

**空隙を減らす法（密度或は容重を増す法）。**

1. 土の粒度 (grading) をよくする。
2. 土を最適水量 (optimum water content) に保つ。
3. 十分に突固める (tamping)。

土の場合には、水分の量が、容量を、意外にひどく變へるのである。これがコンクリートなどの場合と違ふ點である。水が少いと、容重は小さい。しかし水を入れすぎると、容重がまた減る。その途中で、容重の最大になるやうな水の量がある。これを最適水量と呼んでゐる。詳しくは、第5節をみて下さい。

**偏した見方** 水量と突固めが、土の容重にひどく影響するので、水量と突固めさへ注意したら、それでいゝんだといふ考へに、なりやすい。また、さういふ記述が、本や雑誌にも見えてゐる。しかし、これは周到な考へ方でないのである。セメント土道で、大事なものは、粒度である。セメントの效力を有利に發揮させるには、粗粒と細粒が適當に混つて、土に内部摩擦力の備つてゐることが必要である。粘土へセメントを混ぜ、水量と突固めに注意すれば、 $1m^3$  2000 kg 以上にすることもできよう。しかし、それは、粒度のよい土を  $1m^3$  1900 kg に仕上げたのと比べて、安定さが常に優るかどうか、分らぬのである。セメント土道では、粒度のよしあしが、かなり物をいふのである。水量と突固めも必要だが、粒度はそれ以上に大切である。

## 4. セメント量

**標準量** いままでの實例を調べてみると、締固めた舗装土の  $1\text{m}^3$  中に、セメント 100-250 kg 位使はれてゐる。土  $1\text{m}^3$  中のセメントを、100 kg 以下に減らすと、できた舗装の凝集力が弱くて、非常に早く傷む。また土  $1\text{m}^3$  中へ、セメントを 250 kg 以上も加へると、セメントの費用だけでも、相當な額になり、最下級の簡易舗装といふ主旨に反してくる。(250 kg 使へば、強くはある)。

一般には、土  $1\text{m}^3$  中に、セメント 120-200 kg 位加へたものが多い。セメントを節約して、早く傷んでは仕方がないし、また多く使つて、もつといふ舗装のできるほどに金をかけるのも、つまらぬことである。それで、節約しても、120 kg 以下には、なるたけしない、多く入れても、200 kg 位でとめる、といふ傾向にある。

平均として、大體次のやうにみてゐてよい。

舗装土1立方米中にセメント150キロ(3袋)

厚さ1センチ、面積1平方米にセメント1.5キロ

**所要總量** 厚さ 15 cm、幅 6 m の舗装で、延長 1 km に要するセメント量を計算してみよう。平均をとつて、舗装土  $1\text{m}^3$  中にセメント 150 kg とする。

厚さ 15 cm、面積  $1\text{m}^2$  に要する量は、

$$1.5\text{ kg} \times 15 = 22.5\text{ kg}$$

舗装の幅 6 m だから、延長 1 m 當りのセメント量は、

$$22.5\text{ kg} \times 6 = 135\text{ kg} \text{ (2.7 袋)}$$

延長 10 m につき 27 袋の割で、セメントを現場へ運ばばよいわけである。

延長 1 km につき、2700 袋が必要である。運搬中の散亂など見込んで、1 km 當り 2800 袋位購入すれば、よいことが分る。舗装の厚さや幅の違ふときは、上

と同様のやり方で、計算すれば、所要總量がでる。

舗装の厚さ 15 cm、幅 6 m で、舗装土  $1\text{m}^3$  中のセメントを。

120 kg とすれば	$1\text{m}^3$ 當り 18 kg	1 km 當り 2160 袋
150 kg	22.5 kg	2700 袋
200 kg	30 kg	3600 袋

**土質とセメント量** 土質によつて、セメント量を變へることがある。これにつき、全く相反する二つの説が行はれてゐる。兩者とも實例がある。

A. 砂にはセメントを多く用ひ、粘土では減らす。

B. 砂ではセメントを少くし、粘土では増す。

このやうに正反對な説が、どうして起つたか、實に不思議な次第である。

思ふに A 説は、砂には凝集力がないから、セメントを多く加へて凝集力を増す。粘土は、それ自體凝集力が強いから、凝集力附與材たるセメントは、あまり加へなくてよい、と見るのであらう。これは、凝集力に重點をおいた見方である。

B 説は、砂は内部摩擦力が大きいから、セメントで凝集力を僅か増してやれば、十分な安定さが得られる。粘土は、それ自體の内部摩擦力が小さいので、凝集力をうんと増さない、安定さが十分にならぬ、と見るのであらう。これは、内部摩擦力に重點をおいた見方であつて、A 説とは反對なわけである。

土の安定さは、凝集力と内部摩擦力の總和である。それで、A 説と B 説をとり混ぜたところに、眞實の路があると思はなくてはならぬ。一方だけへ着眼するのは、偏した考へ方である。兩説をとり合せて平均したら、結局、次のやうになる。

土質によるセメント量の變化は、實用上考へなくてよい。

本當に嚴密なことをいふと、もつと信頼に足るやうな實驗を行つて、その結果から、この問題を解決しなくてはならぬ。土質により、多少は變へたが、いふ結論がでるかとも知れないが、現在の A 説や B 説では、信をおくに足らぬ。

## 5. 最適水量

水量と容重

一定の土質を選び、突固めを一定にし、水量だけ變へ

て、土の容重を測つてみると、或る実験の結果、右表のやうであつた。

水量を増すにつれて、初めは、容重も増すのである。水 200 kg を越えると、容重が減り初める。これは、一寸おかし

い現象のやうに思はれるが、実験上さうなるので仕方がない。但し、上表では、水 200 kg のとき、容重最大になつてゐるが、土質や突固め法を變へれば、250 kg 位で、容重最大になることもある。それにしても、水をうんと増せば、容重 (1 m<sup>3</sup> の重さ) は下るのである。

水量による容重變化は、次のやうに考へると、説明がつくのである。

1. 水が少いと、水のない空隙が多くなつて、容重が減る。土粒の間隙を、水で充たしたのと、空氣で充たしたのを比べたら、空氣の方が軽いのである。
2. 水が過多になると、1 m<sup>3</sup> 中に入るべき土粒 (比重約 2.6) の一部が、水 (比重 1) で置替へられることになる。また粘土粒は水のため膨脹し、1 m<sup>3</sup> 中の土の實質が減る。これら二つの理由から、土の容重が下る。

こんなわけで、土 1 m<sup>3</sup> 中の水分が、多くても、少くても、容重が減る。

**最適水量 (optimum water content)** 容重最大になるときの水量を、その土、その突固めに對する最適水量といふ。土質が變れば、最適水量も違つてくる。また突固め法を變へれば、最適水量も違ふのが普通である。

突固めた土 1 m<sup>3</sup> に對する最適水量は、大體において、200-300 kg の範圍内にある。セメント土道に使はれるやうな普通の土質で、ローラ締めものについては、大ざつぱではあるが、實用上、次のやうに覺えてゐていふと思ふ。

**突固めた土 1 立方メートルの最適水量は約 250 キロ**

かういふ大づかみなところを押へておき、具體的な土質、具體的な突固め方

土 1m <sup>3</sup> 中の水	土の容重
0 kg	1800 kg
50	1870
100	1980
150	2050
170	2080
200	2100
230	2080
250	2000
300	1850

については、250 kg 附近を探すといふ行き方をとれば、比較的樂に、最適水量を求めることが、できようと思ふ。また、實驗することが、どうしてもできない事情にあるなら、250 kg と見なして、設計を進めて、大過ないであらう。

250 kg と假定した上で、施工中に水がひどく不足のやうなら、改めて加へる。また水が過多のやうなら、改めて減らす。250 kg といふ値は、最初に見當をつけるための、一つの目標だと考へてほしいのである。250 kg と固定的に考へて、この數値に執はれることは、避けねばならない。注意して頂きたい。

**水を加へる目的** これに二つある。

1. セメントの硬化に對して必要である。
2. 粘土粒の凝集力を強くするために必要である。

セメントの強さも、土全體からみれば、一種の凝集力である。だから、水を加へる目的は、土の凝集力を高めるためだといつてよい。土の内部摩擦力を増すためでは、ないわけである。

水が不足だと、セメントの硬化も、粘土の凝集力も、ともに不十分で、強さがない。水が過多であると、水セメント比の大きいためセメントは弱くなるし、粘土粒を包む水フィルムが厚くなるため凝集力が落ちて、兩方の理由から土は弱くなる。

水が少くてもいかぬし、多くてもいかぬ。その中間に、強度の一番大きい水量があるわけで、それが、眞の意味の最適水量なのである。前に、最適水量は容重最大になるときの水量と定義した。それは、理論的には、不備であるわけだ。しかし、強度の方から定義することになると、次のやうな點で困るのである。

1. 土の強さは、壓縮強度をとるか、剪斷強度をとるか。
2. 實驗が面倒である。容重試験なら、現場でも樂にできる。

實用的には、容重最大になるときの水分を、最適水量とした方が便利である。

**使用水量** 土 1 m<sup>3</sup> の最適水量は、約 250 kg だといふたが、これは十分に乾いた土の話である。濕つてゐれば、その濕りの水分を推定(或は測定)し

て、最適水量から引いた残りの水量を、現場でまけばよいのである。一方、施工中やセメントの硬化前に蒸発する水分として、土の重さの2%位多く加へよといふ説もある。例へば、土が5%（重量比で）の濕りをもつなら、

容重 2000 kg として、5% は 100 kg  
 蒸発に備へるもの 2% は 40 kg  
 使用水量は 250-100+40=190 kg

土 1m<sup>3</sup> に對し 190 kg の割で、現場において水を加へるといふわけである。こんな面倒な補正は困るといふのであれば、土 1m<sup>3</sup> に水 250 kg 加へることとしておいて、現場の土の模様をみて、適量に加減すると樂である。

**単位面積の水量** 土 1m<sup>3</sup> に水 250 kg でよいと假定すれば、厚さ 1cm、面積 1m<sup>2</sup> に加へるべき水量は、2.5 kg である。種々の厚さに對しては、

厚さ, cm	10	12	14	15
1m <sup>2</sup> 分の水, kg	25	30	35	37.5

250 kg の代りに、他の値であつても、同様な考へ方で、1m<sup>2</sup> 分の水が分る。

## 6. 締 固 め

セメント土道の締固めは、次の三段に行ふとよい。

1. いぼ附ローラ (sheep's-foot roller)
2. 空気入タイヤ (pneumatic tire)
3. 普通のローラ (ordinary roller)

機械が手許にないときは、仕方がないから、あるだけのもので間に合せる。

**いぼ附ローラ** ローラの圓筒面へ多數のいぼ(小さい突起)を附けてある。いぼの突端は、平面に仕上げ、正方形にしたのが多い。いぼの頭を丸くしたのや、尖らしたもの(運動靴のスパイク式)は、あまり使はれない。

いぼの突端の面積と、その面へかかる壓力の大小は、締固めの上に、重大な關係がある。いぼ端の面積が大きいと、足が深く入らないため、よく締らぬ。反

對に、面積の小さいのを砂へ使ふと、足の間から土がもれて、よく締らない。いままで使はれたものにつき、例を示すと、次のやうなのがある。

	突端の面積	壓力の強さ	用途
A	約 8cm 角	5-7kg/cm <sup>2</sup>	砂 用
B	約 5cm 角	5-10	ローラ用
C	約 3cm 角	10-20	粘土用

いぼ附なら、なんでもよい、といふわけに行かぬ。土質に適するいぼ寸法でない、十分な効果があがらない。萬能的には 5cm 角位が無難であらう。

いぼ附ローラを使ふときは、次のやうなことになる。

1. 最初のうちは、いぼ(足)が全部土の中へ没し、圓筒面が、路面とすれすれになる。ローラの通つた跡は、深い穴が澤山あく。羊蹄の足あとに似てゐる。
2. 固まるに従ひ、いぼの入り方が減つて、圓筒がだんだん浮いてくる。
3. 最後には、いぼが殆ど入らなくなる。2-4cm 入る程度で打切る。

**タイヤ締め**は、後軸に 4 輪ついたトラツクでやるとよい。タイヤは太いものほど、よるしい。トラツクへは、適當に荷を積んで重くすると、效がある。

**普通のローラ**は、二輪型が多く使はれてきた。いぼ附ローラと併用するなら、比較的重いのがよい。いぼ附の代用もさせるのであれば、軽いもの(5t 内外)でない、最初の頃に困ることがある。三輪型を使つた例もかなりある。

**時間の制限** セメントへ水を加へ、一定時間をたつと、凝結が始まる。それ以後において、形を亂すと、小さい割れ目の入つたまま硬化し、全體としての強さが落ちる。注水し始めてから、ローラをかけ終るまでの時間が、凝結開始より短くなくてはならぬ。それで、濕混合と締固めは、あまり呑氣にやれないわけである。夏で 1 時間、冬で 2 時間以内位に、全部を終る必要がある。夏で 30 分、冬で 1 時間以内に終へたら申分がない。

時間の制限から、ひと續きに施工する區域の面積も、制限される。普通にやつて、100m<sup>2</sup> 以下を 1 區域とするのが安全である。1 區域づゝ順に仕上げてゆく。

## 第3章 別混合式セメント土道

章目次	1. 特 性	5. 配 合
	2. 工 法	6. 水分密度試験
	3. セメント量	7. 凍解試験
	4. 最適水量	8. 乾濕試験

### 1. 特 性

在來からの路面の土を掘起して、ミキサへ入れ、セメントと水を加へて混合する。或は練り臺の上で混合する。それを、敷均らし、ローラで締固めたものがこゝにいふ別混合式セメント土道である。米國ではこれを、**プラント混合式セメント土道** (plant-mix soil-cement road) と呼んでゐる。わが國では、練り臺で混ぜることもあるので、プラント混合といふ言葉をばかして、別混合とした。

前の路上混合式 (road-mix) に對するものである。路上混合式に比べると、混ぜ方がずつと丁寧である。それだけ工費は増すが、耐久力は優れたものになる。

いはゆる安定處理道 (stabilized soil road) の一つである。またそのやり方は、土質安定法 (soil stabilization) に屬してゐるといへるわけである。

**厚さ** 10-15 cm に造られる。セメント土道は脆いものであるから、あまり薄いと割れやすい。それで、15 cm 位にすることが多いのである。

粗末な簡易舗装であるから、重交通の個所や、幹線道路には向かないのである。中小路線で、路床の硬いところに用ひるとよい。瀝青材の表面處理を施すことも多い。セメント簡易舗装中では、一番無難な工法である。將來、大いに普及をはかるべき舗装の一つであると考へられる。

### ソイルコンクリートといふ名は適當でない

別混合式のセメント土道を、ソイルコンクリート (soil concrete) と呼ぶのを見かけることもあるが、これは、どうも適當な名稱でないと思はれる。

**コンクリートの概念** 土木工學の領域において、コンクリートといふ語を使ふとき、これは一般に次のやうな内容をもつてゐる。但し水は別。

〔コンクリート〕 = 〔結合材〕 + 〔細骨材〕 + 〔粗骨材〕

セメントコンクリートは、セメント (結合材) + 砂 + 砂利

アスファルトコンクリートは、アスファルト (結合材) + 砂 + 碎石

タールコンクリートは、タール (結合材) + 砂 + 碎石

粘土コンクリートは、粘土 (結合材) + 砂 + 砂利

これで分るやうに、『××コンクリート』とは、骨材×××を加へて混合したものである。接頭語の××は、實に結合材の名稱である。この公式によると、

ソイルコンクリートは、土 (結合材) + 砂 + 砂利

ところで、結合材の土の内容を調べてみると

土 = 粘土粒 + 砂 + 砂利

だから、ソイルコンクリートとは、次のやうなことになるのである。

〔粘土 + 砂 + 砂利〕 + 〔砂 + 砂利〕

これは、實におかしなことである。なぜならば、

1. 結合材の中に、骨材が含まれてゐる。
2. 砂と砂利が、二重に表現されてゐる。
3. セメントを加へることが示されてゐない。

ソイルコンクリートといふ言葉は、かやうに論理的な不備をもつてゐる。

次に『ソイルコンクリート』といふ言葉を、5回か10回、音讀してみて下さい。その語感の上に、なにか、不透明といふか、不鮮明といふか、ピントのぼけたやうな感じが、ぼ一つと現はれてくる。この感覺上の不鮮明さは、上のやうな論理的缺陷にもとづいてゐるのである。言葉が、その意味する内容を端的に表現し得てゐるなら、かやうなぼけは、

感じないものである。

『ソイルコンクリート』は、非常に不備な術語である。セメント土道の本家の米國でも、こんなわるい言葉は、使つてはないやうである。plant-mix soil-cement road でよいではないか。讀者諸君、ソイルコンクリートといふ語はセメント土道の一種に與へた奇名である。

**マカダムと土道** この二つについても、序に記さう。

アスファルトマカダム = アスファルト + 碎石

タールマカダム = タール + 碎石

乳劑マカダム = 乳劑 + 碎石

セメントマカダム = セメント + 碎石

××マカダムと呼ぶとき、その××は、碎石層への結合材を示してゐる。

油土道 = 道路油 + 土

タール土道 = タール + 土

乳劑土道 = 乳劑 + 土

セメント土道 = セメント + 土

××土道といふとき、××は土へ加へる結合材である。

××コンクリート、××マカダム、××土道において、例外なく、**結合材を接頭語とする**といふ原則が認められる。この一貫した命名法に従ふならば、舗装の名稱を聞いただけで、内容が鮮明に浮び上るのである。

**ソイルセメント道**といふ名は、この意味から、面白くないので、本書では、セメント土道と呼ぶことにした。ソイルコンクリートも、同じ理由で排した。

## 2. 工 法

厚さは 10-15 cm に造ることが多い。標準工法は次のやうである。

1. **掘返し** 在來からの路面を、深さ 10-15 cm に掘返し、その土を路側へ移す。新たに露出した路床へローラをかける。ローラは三輪型 10t 以上。

2. **粉碎** 掘起した土を、一定量づゝ、コンクリートミキサへ入れ、3

分間回轉する。このときは、土だけ入れるわけで、水やセメントは加へぬ。

3. **混合** 土が砕けたら、セメントと水を加へて、2 分間混ぜる。

(1') ミキサは、アスファルト用の双軸型 (pug mill) を使つてもよい。これだと 1 分間 60 回轉位に遅くして、正味 1 分間練る。羽根の數を減らした方がよい。

(2') ミキサの使へないときは、タンバや木槌でたゞくか、板石でもむ。或は鍬で砕く。どんな方法でもよいから、土をなるべく細かに砕く (粉碎)。

(3') ミキサがなければ、練臺の上へ。土、セメント、水を盛り。シヨベルで混ぜる。コンクリートの手練りと同様にやるのである (混合)。

4. **敷均し** 混合したものを、路床へ敷き、平らに均らす。

5. **締固め** ローラをかける。ローラの使へぬところは、タンパーや鎬で十分に突固める。ローラのかけ方は、次のどれかに従ふとよい。

A. いぼ附ローラ、空氣入タイヤ。普通のローラの順にやる。

B. 初め 2t 位の二輪型を使ひ、次に 5-8t の二輪型でやる。

6. **養生** 蓆、藁、砂などをかぶせ、水をかけて、乾きを防ぐ。期間は 7 日から 10 日間。これは、夏は短くていゝし、冬は長くおくのである。

7. **表面處理** 瀝青材による表面處理を、することもあり、しないこともある。するにしても、養生期を終へたらすぐやるといふ方法と、一ヶ月か半年の間交通を許し、窪みなどを修理した上で、施す方法とがある。施工の都合からいへば、すぐやる方が、早く片附いてよい。路のためには後者がよい。

**注意** 土の掘返しは、乾いたときに行ふことが大切である。濕りのひどいとき掘起すと、その土を粉碎しにくいのである。砕かれないまゝで混合すると、セメントの行きわたらない部分を生じ、後日そこから割れやすい。

## 3. セメント量

締固めた土 1 立方メートルにセメントを 200 キロ位入れる。

セメントは、多く入れるほど、路面は強くなる。同時に工費も高くなる。あまり高價なら、他のよい装舗をして、維持費の少くてすむやうにした方が利益である。これまで造られた別混合式 (plant-mix) の例をみると、土 1m<sup>3</sup> 中にセメント 100-300 kg の範囲で使はれてゐる。その平均が、大體 200 kg なのである。

路上混合式の平均 150 kg 位であるのに比べると、富配合である。これは、別混合といふやうに、手数を折角かけるなら、セメントも幾分増して、強い路面を造らうといふ氣持の、現はれであらう。本式のコンクリート舗装になれば、1 m<sup>3</sup> 中にセメントを 350 kg 位加へる。よい舗装ほど、セメントが多く使はれてゐる。

土 1m<sup>3</sup> 中にセメント 200 kg (4 袋) 使ふことにすれば、

厚さ 1cm, 面積 1m<sup>2</sup> に対しては、セメント 2kg.  
 厚さ 10cm, 面積 1m<sup>2</sup> には、セメント 20kg.  
 厚さ 15cm, 面積 1m<sup>2</sup> には、セメント 30kg.

厚さ 15cm, 幅 6m の舗装で延長 1km には、セメント 3800 袋必要である。

#### 4. 最適水量

締固めた土 1 立方メートルに水 250 キロ位使ふ。

水不足だと、ミキサ中で、土が團子になつて、よく混合できない。

水過多だと、敷均したものが軟かすぎて、ローラへ附着し、始末に困る。また、ローラがめり込んで、うまく運轉できない。このやうに、水量は、施工の必要から、制限されることが多い。

土 1m<sup>3</sup> 中に水 250 kg といふのは、乾燥した土に対してである。濕りをもつてゐれば、その水分だけ、差引かねばならぬ。締固めた土 1m<sup>3</sup> が 2000 kg と假定し、掘起した土に 2.5% の水分が含まれてゐたとすれば、

水分總量  $2000 \times 0.025 = 50 \text{ kg}$   
 使用水量  $250 - 50 = 200 \text{ kg}$

土 1m<sup>3</sup> に 200 kg 加へればよいことになる。實際いまいで造られたものを調べてみると、施工のとき、土 1m<sup>3</sup> 中に、水 150-200 kg 位加へて、ローラのかけ加減が丁度よかつたといふ例が多い。いづれも、或る程度の水分が、土に含まれてゐたわけである。實驗室で、嚴密に研究するには、乾燥土によるのである。

1m<sup>3</sup> に 200 kg ならば、厚さ 1cm, 面積 1m<sup>2</sup> には 2kg である。厚さ 15cm, 面積 1m<sup>2</sup> には 30 kg である。このやうにして、使用水量が分る。

#### 5. 配合

セメント土混合物の配合は、次の條件から決める。

- |          |              |
|----------|--------------|
| 1. セメント量 | 混合物の強さから決める。 |
| 2. 水量    | 施工しやすい値にとる。  |
| 3. 土の量   | 試し練りをやつて決める。 |

**強さ** セメント土混合物の硬化後に必要な強さを指定し、その強さをだすに足るだけのセメントを加へれば、よい理窟である。ところが、強さを、壓縮試験でだすがいいか、剪斷試験でだしたがよいか。今のところ研究不十分で決定的な方法が示されてゐない。また次節以下に記すやうな試験法もあるけれども、セメント量決定に、十分な指針を與へるところまで、行つてゐないやうである。

當分の間は、混合物 1m<sup>3</sup> にセメント 200 kg 使ふ、といふやうなことで満足せねばならぬ。即ち許し得る工費の方から、セメント量を決めるわけである。安く造りたければ 150 kg 位に減らす。金があるなら、250 kg 位に増すのである。

**施工條件** 混合ができ、ローラかけるにも困らぬといふ範囲で、水量を選ぶ。



**試し練り** セメント土混合物  $1\text{m}^3$  に、セメント 200 kg (4 袋) と水 240 kg 加へることに決定したとすれば、セメント 1 袋 (50 kg) で混合物  $0.25\text{m}^3$  できるわけだし、これへ加へる水量は  $240\text{kg} \div 4 = 60\text{kg}$  ( $1\text{m}^3 \div 4 = 0.25\text{m}^3$ )。

セメント 1 袋, 水 60 kg, 掘起した土  $a\text{ kg}$  ( $a$  は任意)

この三つを混合し、木の四角な箱へ詰める。それを、現場で行ふと同じ程度に、強く締固める。その厚さを測り、底面積をかけて、容積をだす。  $v\text{ m}^3$  であつたとしよう。  $a$  が正しくとつてあれば、  $v = 0.25$  の筈である。

$v$  が 0.25 より大きいなら、  $a\text{ kg}$  を減らしてみる。

$v$  が 0.25 より小さいなら、  $a\text{ kg}$  を増してみる。

かうして、5 回か 6 回試し練りをやつてみれば、大體  $0.25\text{m}^3$  になるやうな、土の量が分る。それは、セメント 1 袋に對する土の量であるから、4 倍すれば、  $1\text{m}^3$  に使ふ土の量がでる。

以上は、在來の路の土をそのまま使ふとしての話である。在來のまゝでは、粒度がわるいので、砂利を加へるとか、粘土を増すといふときは、粒度を改良した土について、試し練りをして、  $1\text{m}^3$  中へ加へる土の量を決めるのである。手續は、前記にしたと同じでよい。

**實用配合** 配合は、土の粒度にも關係するので、正しい値を、一般的に示すことはできない。しかし、大ざつばな標準としては、次のやうである。

締固めたもの  $1\text{m}^3$  中に、セメント 200 kg, 水 200-250 kg 使ふとき、

土の量は、1400-1600 kg にとればよい。

假りに、セメント 200 kg, 土 1600 kg とすれば、重量比で 1:8 になる。これまでの例にみると、富配合で 1:6 位であり、貧配合で 1:9 位である。

**セメント 1 袋當り** は、土 400 kg, 水 60 kg 位に選ぶとよいのである。ミキサへは、この 1 袋當りの分量の 2 倍、3 倍といふやうに入れる。さうすれば、セメントを計量する手数が省け、その上、均一なものが得られる。

土は、重さで計ることが望ましい。容積で計りたいときは、詰め方を一定し容器一ぱい入れたときの重さを調べて、重量比を崩さないやうに注意する。

土は、最小空隙になるやうな粒度がよい。それは、砂利道のところに記してある。第2編第5章をみて下さい。

## 6. 水分密度試験

セメント土混合物の水分密度關係 (moisture-density relation of soil-cement mixtures) を、實驗的に調べる方法 (ASTM D 558) の概要を次に記す。

**装置** 1. 型枠 (mold) 圓筒形で、内部容積 1 立、内徑 10 cm, 内高 12.75 cm. この型の上へ、圓筒形のカラー (高さ 5 cm) を添へて、土を詰める。

2. 槌 (hammer) 金屬製で、直徑 5 cm 重さ 2.5 kg. 突固めに使ふ。

3. 押出し筒 (sleeve) 試片を型から押出すに使ふ。直徑 10 cm 弱。

4. 天秤 (balance) 秤量 15 kg 位、感度 5 g 程度のもの 1 個。別に、秤量 100 g, 感度 0.1 g 程度のもの 1 個。合せて二つ用意する。

5. 乾燥爐 (drying oven)  $110^\circ\text{C}$  に長時間保てるやうな恒温槽。

**實驗法** 1. 空氣乾燥の土を粉碎し、5 mm 篩にかけて、細土を採る。  
2. この細土へ、セメントと水 (適當と思ふ量だけ) を加へて練る。型へ 3 層に分けて詰める。型の上部へは、カラーを添へる。各層を突固めるには、層面上 30 cm の高さから、槌を 25 回落とす。型は、重さ 100 kg 位の丈夫な基礎へ取附ける。詰めたら、カラーを除き、上の餘計な土を切去る。

3. 型から、試片をとりだす。重さを秤る。それを  $a\text{ kg}$  とすれば、そのセメント土の容重 ( $1\text{m}^3$  の重さ) は、 $1000 a\text{ kg}$  である (試片の容積は 1 立だから)。

試片を中央部で切つて、小試料 (約 100 g) をとり、その重さを正確に秤つ

て、 $b$  g としよう。これを  $110^{\circ}\text{C}$  で 12 時間乾かす。或は定重になるまで乾かす。そこで再び重さを秤り、 $c$  g としよう。そして、次の計算するのである。

$$\text{水分百分率} \quad x \% = \frac{b-c}{c} \times 100$$

$$\text{試片の乾燥重量} \quad y \text{ kg} = \frac{100a}{100+x}$$

$$\text{乾燥容重} \quad Y \text{ kg} = 100y$$

4. 試片を全部粉碎し、5 mm 目篩を通す。セメントと水（水は前より幾分増す）を加へて混合し、これを型へ詰める。前と同様にして、 $x$ ,  $y$ ,  $Y$  をだす。同様のことを、いろんな水量について行ふ。10 種か 15 種やつてみる。

**水分密度関係** 1. 水分  $x$  を横軸にとり、乾燥重量  $y$ （或は乾燥容重  $Y$ ）を縦軸にとる。そして、前に得た実測値を、同上の點として示す。諸點を大體貫くやうな、滑かな曲線を書く。パラボラのやうになるのが普通である。これを、**水分密度曲線** (moisture-density curve) と名づける。

2. 水分密度曲線の最高點 (peak) に相當する。水分の値 (横軸上の  $x$  値) を、その土の、その締固めにおける**最適水量** (optimum moisture content) といふ。最適水量における乾燥重量 (或は乾燥容重) の値を、その条件における**最大密度** (maximum density) と呼ぶ。

3. 土の粒度や、土とセメントの配合が違へば、最適水量も最大密度も變る。

## 7. 凍解試験

正しくいふと、突固めたセメント土混合物の凍融融解試験 (freezing-and-thawing test of compacted soil-cement mixtures) である。配合、水分、密度の知れてゐるセメント土混合物について、凍融と融解を數回繰返すとき、材料の損失、水分變化、容積變化などを見るために行ふ試験なのである (ASTM D560)。

セメント土混合物が、十分に固くなつてゐるなら、材料の損失は少く、水分も容積もあまり變らない筈で、それに近いほど、いゝのである。

**装置** 水分密度試験に使ふたものゝほか、次のものを用意する。

1. 冷凍室 (freezing cabinet).  $-23^{\circ}\text{C}$  またはそれ以下に保てるもの。
2. 湿室 (moist room) 温度は  $21 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$  で、湿度は 90% 以上に、7 日間保てるもの。大きさは、試片を數個或は數十個入れ得る程度のもの。
3. 針金ブラシ (wire scratch brush) 針金の寸法、數、植ゑ方など一定。

**試片** 1. 細土 (5 mm 以下) ばかりなら、そのまま最適水量を加へる。

5-20 mm の砂利を含むときは、篩分けて、細土へ最適水量を加へ、砂利は十分に吸水させ、表面の濕つた状態で、前の細土へ加へてやる。

20 mm 以上の砂利あるときは、それを除き、5-20 mm 砂利を、同量だけ加へてやる (重さで秤る) この調整をした上で、前のやうに水を加へる。

2. セメントを加へてよく混合し、型へ詰める。詰め方は、水分密度試験のときと同じ。但し各層の面へ淺い條痕をつけて、密着しやすくする。2 個造る。

A— 水分變化、容積變化を測るもの。

B— 材料の損失を測るもの。

3. 同じセメント土混合物を少量とつて ( $b$  g),  $110^{\circ}\text{C}$  で 12 時間 (或は定重になるまで) 乾かし、重さを秤る ( $c$  g)。これで水分の値が正しくでる。

4. 試片を型から抜き、重さと容積を測る。容積の方は、直接に寸法を測ると、水銀槽中へ入れて液面の變化からみると、兩方をやつてチェックする。

5. 湿室の中へ入れて、7 日間、養生をする。

6. 以上のことから、次の**基本數値**が分ることになる。各試片につき、

$v$ , 初容積, 型から抜いたときの容積,  $\text{cm}^3$ 。

$a$ , 初重量, 型から抜いたときの重さ, kg。

$x = 100(b-c)/c$ , 初水分百分率, %。

$$y = 100a / (100 + x), \quad \text{乾燥重量, kg.}$$

$$(a - y), \quad \text{初水量, 型を抜いたとき試片の含む水量, kg.}$$

**実験** 1. 養生後、試片を冷凍室へ入れ、22時間おく。とりだして、重さと寸法を測り、すぐ湿室へ入れ、22時間そのままおく。

2. 取出して、A 試片は、重さと容積を測る。

B 試片は、重さを秤り、次に各側面をブラシで、2回づつ強くこすり、重さを秤る。尚、除かれた材料の重さを秤り、110°Cで乾かし、再び重さを秤る。これから、B 試片の水分を計算し、損失量（乾いた重さ）も記しておく。

3. 以上の作業を、1 サイクルとする。約48時間かかる。

4. これを12 サイクル繰返す。途中で試片が崩れたりして、続けることができなくなつたら、やめる。最終サイクルにおいて、次の値をだす。

$$v_i = \text{容積}, \quad a_i = \text{重さ} \quad (\text{A 試片})$$

$$e = \text{損失の総和} \quad (\text{B 試片})$$

5. 容積変化  $p \% = 100(v - v_i) / v$

初水分  $x \%$  前に求めている。

最終水分  $q \% = 100(a_i - y) / y$

材料損失  $r \% = 100 e / y$

## 8. 乾湿試験

突固めたセメント土混合物を、湿らしたり乾かししたりする試験 (wetting-and-drying test of compacted soil-cement mixtures) がある。これは、配合、密度、水分の知れてゐるセメント土混合物の試片をつくり、乾かしたり湿らせたりして、材料の損失、水分の變化、容積の變化をみるのである。この損失や變化の小さいほど、その混合物がよい (ASTM D 559)。

**装置** 凍解試験で使つたものだけ用意する。但し冷凍室は不要で、

その代わりに、水槽（水温約 20°C）を1個備へる。試片を浸すためである。

**試片** 造り方は、凍解試験におけると全く同じにやる。2個用意。

A— 水分變化と容積變化を測るもの。

B— 材料の損失を測るもの。

基本数値として、初容積  $v$ 、初重量  $a$ 、初水分  $x\%$ 、乾燥重量  $y$ 、初水量  $(a - y)$  の値を、前と同じ方法で求めておく。

**実験** 1. 脱型した試片2個を、湿室へ7日間入れて養生する。

取出して、水槽中へ5時間浸す。だして重さと寸法を測る。

2. 乾燥爐へ入れ、70°C に、42時間保つ。取出して、A 試片は重さと寸法を測る。B 試片は、重さを秤り、次に、ブラシで二回強くこすり、また重さを秤る。かき落した土も重さを秤り、110°C で定重になるまで乾かし、重さを秤る。

3. 以上の作業に、約48時間（丸2日）かかる。これを1サイクルとする。

4. 同じやうにして、12サイクル繰返す。途中で試片が崩れたりして、続けられなくなつたらやめる。最終サイクルにおいて、A 試片の容積  $v_i$  と重さ  $a_i$  を求め、B 試片の損失總量  $e$  を計算する。

5. 容積変化  $p \% = 100(v - v_i) / v$

初水分  $x \%$  前に求めている。

最終水分  $q \% = 100(a_i - y) / y$

材料損失  $r \% = 100 e / y$

## 第4章 石灰土道

章目次	1. 特性	3. 表層	層
	2. 二層式工法	4. 材料	料

### 1. 特性

土質道へ、消石灰 (hydrated lime) を加へて、凝集力を強めたものを、石灰土道 (lime-soil road) と呼ぶことにする。『石灰を粘結材に使つた土道』といふ意味である。これは、一般には、三和土道といはれてゐる。しかし、他のタール土道、セメント土道、あぶら土道などと、一貫した命名法によつた方が、分りやすくしてよいと考へたので、本書では石灰土道とした。石灰土道ならば、誰がきいても、内容がすぐ分る。術語は、簡明なほどよいと思ふ。

石灰土道は、セメント簡易舗装の中へは入らないわけである。しかし、安定處理道 (stabilized soil road) の一種であつて、普通の土質道 (第2編) とは違つてゐるため、割合に縁の近いセメント土道の次へ置いた次第である。

石灰土道は、普通の土道に比べたら、安定さがずっと高い。石灰を加へるだけの効果は、確かにある。しかし、この石灰土道を、そのまま、路面に使ふと、次のやうな缺點のあることが、經驗上、知られてゐる。

1. 濡ると傷みやすい。撒水は禁物である。
2. 磨耗がかなりひどい。
3. 寒いとき、割れ目がやすい。

石灰土道を基層として使へば、これらの缺點は、よほど減る。即ち石灰土道の上へ、他の舗装を施すわけで、路床の強化といふ意味になる。

**工法** 路上混合式と別混合式の二つがある。今までの例では、別混合式が多い。別混合式をとるにしても、次のやうなやり方がある。

1. 一層式 5-10 cm の層を1回に仕上げる。
2. 二層式 下層 (5-10 cm) と上層 (3-8 cm) を別につくる。そ

の際

- (a) 下層も上層も、石灰を加へる方法と、
- (b) 上層へだけ石灰を入れる方法とがある。

### 2. 二層式工法

別混合二層式工法の一つの例を、次に記す。下層を省けば一層式になる。

1. 路床へローラをかける。軟かいときは、砂利か碎石を敷込むとよい。
2. 下層工. 粘土、砂、砂利の混合物を、厚さ 12 cm 位に敷均らす。
3. 暫く乾かしてから、ローラをかけ、下層を 10 cm 位に仕上げる。
4. 上層工. 石灰、粘土、砂、砂利の混合物を厚さ 6 cm 位に敷く。
5. 暫く乾かしてから、ローラをかけ、上層を 5 cm 厚さ位に仕上げる。
6. 養生. 石灰が硬化するまで、交通を止めておく。毎日、いくらか濡りを與へると、一層よい。但し水をやりすぎぬこと。期間は1-3週間。
7. 養生期を終へてから、表層をかける。表層は次節に記してある。

**ローラ** 混合物が軟かいので、初めは 5-8 t 位の二輪ローラを使つて、8-15 回位締固める。相當に硬くなつたら、10 t 位の三輪ローラを、3-10 回位かける。この掛ける回数は、水分やローラの重さで違ふわけであるが、數回やつてゐるうちに、この位でよからうといふところが、分つて来る。

いぼ附ローラを (sheepsfoot roller) 初め使へるならば、申し分がない。

**乾燥時間** 混合物を敷均らして後、暫くそのままにして、乾きを待つことが必要である。乾燥時間は、季節によつて違ふわけだが、大體のところを示すと、次のやうである。これを参考にして、現場で決めるとよい。

夏は3時間位。 冬は丸1日位。 春と秋は半日位。

**混合時間** ミキサへ材料を入れ終つてから、正味2分間位練る。粘土を加へてあるため、混りにくい。それで十分に混合することが大切である。

**施工目地** 晝休にかゝるときや、夕方仕事を終へるとき、施工を中断するので、目地を設けねばならぬ。目地の位置へ、角材をおいて、片側を施工し、次の仕事を初めるときは、角材をのけて、路面を打ちつゞけるのである。元來が土道であるので、伸縮をあまり考へないで、無填充突付け型にする。

### 3. 表 層

石灰土道は、そのままでは弱いので、表層を施すことが多い。その表層に、またいろいろあつて、思ひ思ひのものが使はれてゐる。その大體を記すと、

1. 5-15mm 位の碎石を、厚さ 2cm 以下にまいて、ローラをかける方法。
2. タールを、 $1m^2$  當り 1-2kg まいて防水的にする方法。
3. 5-15mm 碎石と、乳劑 ( $1m^2$  當り 1-2kg) で、表面処理をする方法。
4. 厚さ 2-5cm の乳劑マカダム或はアスファルトマカダムを施す方法。
5. トペカ (厚さ 2-5cm) を施す方法。

このほかにも、いろいろ考へ得るわけである。夫々の施工法は既述の通り。

### 4. 材 料

**石 灰** 消石灰は 20kg 詰の袋入になつてゐることが多いやうである。

締固めた土  $1m^3$  に對し、石灰 60-100kg (3-5 袋) の程度使はれてゐる。土  $1m^3$  中へ、石灰 150kg 位入れた例もあるが、多く使ふと高價になつて、むしろ、他の舗装をやつた方がいゝといふことになる。實用上 100kg 位が限度であらう。

土  $1m^3$  に 100kg 入れることにすると、

厚さ 1cm、面積  $1m^2$  に、石灰 1kg の割

厚さ 5cm、面積  $1m^2$  に、石灰 5kg である。

これで石灰の必要量や混合の割合が計算できることになる。

**粘土粉末** 路床の土をそのまま使ふときは、路上混合式セメント土道におけると同じやうにして、土を粉碎する。もし、砂、砂利を別々に用意するならば、粘土も別に準備する。そのときは、粘土だけ別に粉碎し、倉庫かどこかへ貯へておく。それには、粘土を、まづ路面へ廣げて、よく乾かし、ローラ (三輪型 10t 位) で碎き、篩にかけて、粗粒を除く。或は木片などで碎くのもよい。

**土の配合** 粘土、砂、砂利は、最小空隙になるやうな割合に混ぜるのが、原則である。これについては、第2編第5章砂利道のところに記した。

或る例では、締固めたもの  $1m^3$  に對し、粘土  $0.2m^3$ 、砂  $0.3m^3$ 、砂利  $0.7m^3$  の割合に混ぜた。大體、この邊であらうけれども、砂と砂利の空隙によつて、多少變へたがよいことも多い。

石灰を加へるものと、加へないものでは、土の配合を變へるのが本當であらうけれども、これまでの例では、同じ配合で間に合せてゐるやうである。石灰土道といふものが、もともと、そんなに嚴密を期し得るものでないので、少々の不合理的は、見逃がしておくのである。あまり、神經質にならないことである。

**水 量** 二層式工法の下層に對しては、締固めの土  $1m^3$  に、水を 200kg 位入れる。上層に對しては、締固めの土  $1m^3$  に、水 250kg 位を加へる。上層の水が多いのは、石灰の硬化に、水が必要だからである。

上に記した水量は、平均の値である。この位の水を、初め加へて、混合し、その結果をみて、少ければ増し、多ければ減らすといふやうに、調整してゆくわけである。混合したものを固く握つてみると、掌へ僅か水氣がついて、土がぼろぼろしない程度が、よいのである。