

路床の性状と舗装〔一〕

内務技師 高田昭

一 概 説

- 目 次
- 一 概 説
 - 二 路床の性状と試験
 - 三 路床の支持力
 - 四 路床の性状と舗装の破損
 - 五 路床の分類
 - 六 路床の處理

研 究

路床の性質が舗装の耐久力に密接なる關係を有することは、道路技術者の常に經驗するところにして、誰もが不斷の努力を拂つて之れが歸結を獲んとしつゝあるも、路床其のもの

の、性状が極めて複雑なるものにして、一路線に在りても一定せず又一横断面に於ても兩側に相違。るが如き場合多きを以て假令鋪裝が或る箇所にて破損することあらんも其の原因を他と比較し充分探究し難きこと多く、従つて各國ともに之れが研究に腐心するも容易に解決の域に到達し得ざるなり。

一路床上に鋪裝する場合にも路床の性状が鋪裝の種類、構造等を決定する要件となるものと然らざるものとあり。

従つて路床の性状を考慮するに當りても高級なる鋪裝と然らざるものとに依りて其の關係を異にするを以て之を概括的に記述するは困難なるも路床の性状と鋪裝との關係に就き其の概要を左に記述せんとす。

鋪裝の破損する原因を見るに其の構造又は使用材料が適當ならざる時或は交通量が激増せし場合は勿論、然らざる場合と雖鋪裝を路床の性状に無關係に選定せし場合及路床に對して相當考慮を拂ひて設けたる場合に在りても路床の支持力が局部的に不均等なる變化をなし夫れが爲めに外

部より諸種の影響を誘致して破損せしむること多く、其の被害は簡易なる鋪裝に於けるよりも高級なるものに於て大なり。即鋪裝自身が適當なる基礎(路床)上に在るときには其の上を通る交通荷重に充分耐ゆるも、之れに缺陷を生づれば鋪裝の強度に應じて種々様々なる形狀をなして破損するに至るものなり。

次に二、三の道路に就きて其の大體を窺はんに砂利道、殊に交通によりて締め固められたる在來の砂利道は元來夫れ自身に於て彎曲力を有せざるを以て砂利又は玉石が充分深く入り込んで路床の上部に相當安定なる層を形成せしもの、即交通の爲めに次第に固結して其の密度を増加し支持力を増大すると共に吸水性を減少せしものが相當良好なる路面を維持するなり。水締マカダム道に於ても之れと同様に於て其の生命は骨材の固結、締合状態の如何に依りて良否が岐たるものなれば、路床が淤泥又は粘土を多量に含有し水の爲に容積を變じ可塑性に富み、或は流動性となり、又冬期に霜柱を立つるが如き性質を有する場合には路床に適

當なる處理を施すに非ざれば満足なる結果を得ざるべし。

瀝青鋪裝に於ては其の特長として表層は可塑性に富み、韌性强く、又磨耗抵抗大なるのみならず、其の基礎層には混凝土其他充分支持力を有する材料を使用するを以て、是等兩層に缺陷なき場合に生づる破損の原因は主に路床に存するものにして其の状態は混凝土鋪裝の場合と同様なり。

混凝土鋪裝に在りては、混凝土は磨耗抵抗強く且彎曲強度相當なれば其の施工適當なる時には相當耐久性を有するものなれども、溫度又は濕度の變化に因りて内部應力を生じて龜裂を發するのみならず、路床の支持状態に變化を生じたる場合にも龜裂を生ぜしむるものなり。龜裂には大體縦及横の方向に生ずるものと隅又は不規則に生ずる場合とあり。就中路床に關係あるものは主として縦及横の方向に生ずるものなり。縦斷龜裂は兩側に近き箇所にて長さの方向に生ずるものにして路床の含水量の増減により、其の容積、支持力等に變化を生ずるが爲めなり。而して其の原因は一般に道路の外側より招來するものなれば其の變化状

態は第一圖に示すが如く鋪裝の中央下部より兩側に至るに従ひ略對稱的に著しくなるを以て或る限度を越ゆる變化あれば縦斷龜裂を生ずるに至るなり。

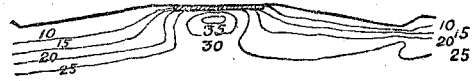
横斷龜裂は一般に收縮繼手が有効に作用せざる場合又は施工繼手等に生ずるものなれども、路床が局部的斷面に於て容積又は支持力を著しく變ずるときは鋪裝は局部的に析の如き状態となるを以て容易に龜裂を生じ、其の甚だしきときには斷層狀の喰違ひを生ずることあり。

路床より誘導さるゝ鋪裝の破損は廣義に於て路床の支持力の缺陷に基因すと考へらるゝも、更に其の原因となる性狀は、

- (1) 組成分及組織
- (2) 含水量
- (3) 乾濕による容積の膨脹收縮性
- (4) 毛細管作用
- (5) 可塑性
- (6) 滲透性

(7) 膠質物の作用
 等にして次に之等の性状に關し些か説明を加へんとす。

二 路床の性状と試験



第一圖 路床の含水量

(一) 組成分 (Constituents)

土壤を組成する物質を其大きさに依りて區分すれば粗粒物 (Coarse mate-rial)、砂 (Sand)、淤泥 (Silt) 及粘土 (Clay) の四種とす。而して土壤の凝集力、壓縮性、彈性、可塑性、其他殆ど總ての性質は其の組成物質の性質、量及組織に關係するものなり。又之を組成するものが主に石英なる

ときには其質堅硬にして殆ど風化の虞れなきも、長石、粘板岩等なるときには比較的速かに分解して其の性状を變じ、又雲母を多量に含有するものは強性を有す。本邦の如き火山灰其他凝灰質の土砂多き所に於

ける路床の性状は純然たる水成地層より成る地域に於けるに比し著しき相違を示すことあり。

組成分を大きさに依りて區別する標準は各國共に未だ一定せざるも其の最も多く用ひらるる分類法次の如し。

- 粗粒物 一乃至三耗以上
- 砂 一乃至三耗——〇〇五耗
- 淤泥 〇〇五耗——〇〇〇五耗
- 粘土 〇〇〇五耗以下

粗粒物と砂との限界は以上の如く一、二又は三耗を以てし一定せず。工用材料として使用する場合には砂の最大徑を三乃至七耗となすも、土壤の分類には一耗を以て限界と爲す所多く、本邦に於ては農業關係の土壤分析には二耗と規定せり。

分析法 試料を攝氏一〇〇度以下の溫度にて充分乾燥せし後注意して其の組織を壊して砂、泥土等をよく分離せしめ、之を豫め四分の一吋目篩にて篩分け、之に残留するもの、割合を検し、次に此の篩を通過せし部分に就きて左

の如き試験を行ふ。一般に土壤の性状試験に用ふる試料は四分の一寸篩を通過せしものを用ふるを以て以下各節に於て單に試料と呼ぶものは之を意味するものとす。

試料約五〇瓦を蒸溜水五〇〇珎中に入れ之を徐々に熱して約一時間を経たる後沸騰點に近き温度に至らしめ、次に其儘一時間位煮る(但沸騰せしめざるを可とす)次に之を靜置冷却せしめたる後、其の上部の水をサイホンを用ひて靜かに抽出し、底に約三糎位の厚さに砂及水を殘す。此の殘渣に二%のアムモニア水溶液を水深一一糎となる迄加へ、

一—二分間よく攪拌して砂に附着する粘土其他を分離せしめたる後八分間靜置し、下層部の深さ三糎の部分を残し他の上部八糎に當る部分の混濁液を抽出す。之れを數回反覆し溶液が最早や混濁せざるに至りて止め、殘渣を充分乾燥し其の冷却せし後一〇、二〇、六〇、一〇〇及二〇〇番篩を用ひて篩分を行ひ其結果を次の如く區分す。

粗粒物は一〇番篩に止るもの、及糞に四分一寸目篩にて篩分けたる時の殘留物とす。

砂は一〇番篩を通過し二〇〇番篩に止るものとす。
淤泥は二〇〇番篩を通過せしものとす。

粘土は糞にアムモニア溶液を用ひて洗滌抽出せし混濁液の全部又は其の代表的の一部を乾涸して之を求む。

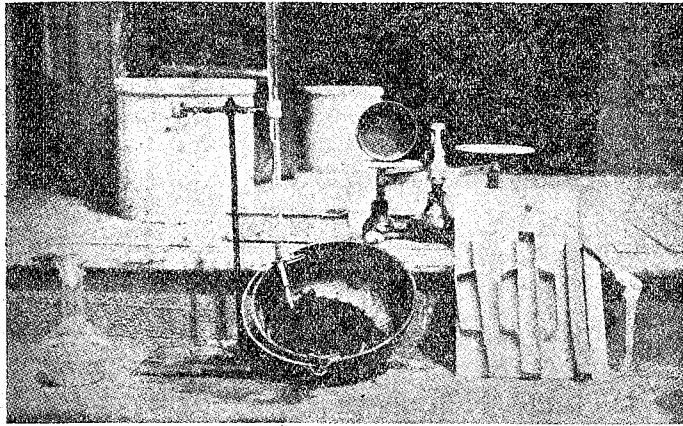
以上の方法の外に一般に土壤の機械的分析に用ひらるゝ方法として流水に依る淘汰分析法あり。砂其他の微粒物は其の大き並に比重に應じて一定の流速を有する水中に浮遊する程度を異にするを以て、種々な流速にて分離せしむるなり。

組成成分の分析の結果に基づき土壤を分類すると共に、其の粒度を有効徑(Effective size)又は均等性係數(Uniformity Coefficient)等にて表し路床の滲透性、壓縮性等を考慮する資料となす。

(二) 含水量

石材、砂利、砂等は一般に多少の吸水性を有するも、土壤の如き細粒物を含むものには所謂吸水性の外に其の組織並に組成成分の種類によりて粒子間に水を含有保持し容易に之

を散逸せしめざる性質を有するもの多し。従て此の如き性



第二圖 野外含水試驗裝置及容量收縮試驗器用

質著しきものは冬期に於て凍霜の害を蒙り、又乾燥、吸水を交互に反復するときは其の容積に變化を及ぼして路床の断面形状を變ずる

及排水上特に注意を要するなり。

此の性質試験を Moisture equivalent test と稱し其の結果を Moisture equivalent と呼ぶも茲には假に含水率と呼ぶこととせり。

含水試験には野外及實驗室にて行ふ二方法あり。

(1) 野外含水試験

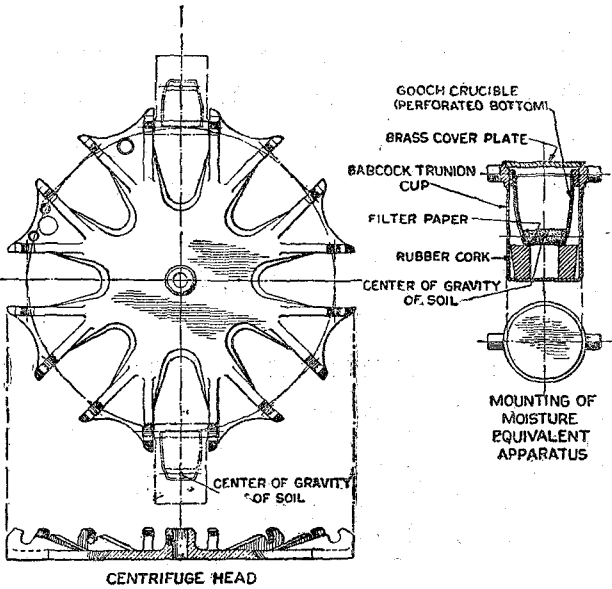
試料約五〇〇瓦を空氣中にて相當に乾燥し且塊をよく潰し、之を鍋に入れ、先づビュレットより少量の水を滴下して匙、篋の類にて充分捏ね交ぜたる後其の表面を均す。次に極少量の水を相當時間を隔て、滴下す。最初の間は水は試料中に速かに吸ひ込まるゝも飽和状態に近づくに従ひ遅くなり遂には表面に水が溜溜するに至れば、水の滴加を止め試料を秤量せし後攝氏一〇五度以下の溫度にて充分乾燥し、冷却せし後秤量し、含水量を乾燥せる試験の重量に對する比を以て其の結果とす。

(2) 遠心分離機に依る含水試験

試料約五瓦を第三圖に示すが如きグーチ坩堝（其底には

ことあり。故に此の如き路床上に設くる舗裝には其の構造

充分吸水せし爐紙を夾むに)に取り、之れを一晝夜吸水せしめたる後遠心分離機に取り付けて一時間廻轉し、試料に働く



圖三第 遠心分離機に依る含水試驗裝置

遠心力を常に重力の千倍に相當せしむ。次に試料の含有する水量を測定して前試驗同様に含水率を定むるなり。

研究

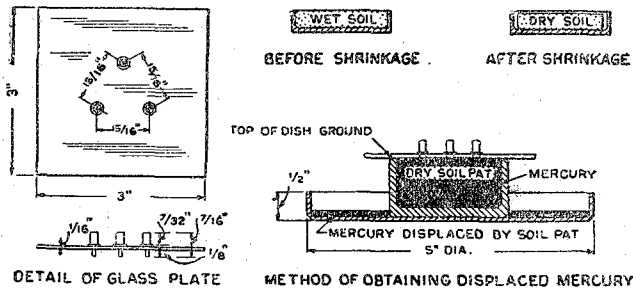
以上記せる二方法を見るに其の手段は全く正反對にして試験の本質上よりすれば(2)方法を適當となし、(1)方法に於ては後述する液性限度 (Liquid limit) に略近き結果を示すことあるも、野外に於て簡単に試験し得る便あれば相當に廣く採用せらる。又其の結果も大體に於て(2)方法の結果に近似たること多し。

(三) 膨脹及收縮性

粘土を多量に含有する土壤が其の水分を失へば容積を縮少し其の量甚だしきときには龜裂を生ず、又毛細管作用に依りて水分を含有するものが更に多量の水を吸収すれば毛細管水の表面張力が減退するを以て土壤は彈性的膨脹をなす。土壤が乾燥して收縮するは之れに作用する毛細管壓力に依りて壓縮さるゝが爲めなり。此の毛細管壓力の最大強度即轉移壓力 (Transition Pressure) は細粒砂に在りては〇・〇〇五疋—平方糎位なるも粘土に於ては二〇〇疋—平方糎に達するものあるを以て其の影響に格段の相異あるなり。膨脹及收縮性は毛細管作用並に壓縮性より窺ひ得るも之

を簡單に試験するには次の如き方法に依る。

(1) 容積收縮量測定



第四圖 容積收縮量測定裝置

一直徑約六種、深約

一種の硝子又は磁製容器の内側にワセリンを

塗布し其内に試料を詰めて表面を均したる後

約一晝夜空氣中に放置すれば、水分の蒸發するに從ひ收縮し、試料

は容器より離脱するに至る。次に之れを爐に入れて充分乾燥し、其

の冷却後試料を取り出して第四圖に示すが如く豫め水銀を満したる

器の内に試料を詰めて表面を均したる後約一晝夜空氣中に放置すれば、水分の蒸發するに從ひ收縮し、試料は容器より離脱するに至る。次に之れを爐に入れて充分乾燥し、其の冷却後試料を取り出して第四圖に示すが如く豫め水銀を満したる

器の内に試料を詰めて表面を均したる後約一晝夜空氣中に放置すれば、水分の蒸發するに從ひ收縮し、試料は容器より離脱するに至る。次に之れを爐に入れて充分乾燥し、其の冷却後試料を取り出して第四圖に示すが如く豫め水銀を満したる

に入れ、其の上に圖の左方に示すが如き突起を有する硝子板を載せて壓すれば乾燥せる試料（供試體）は水銀中に沈下すると共に餘分の水銀は溢出するを以て該試料の容積の收縮量を求め得るなり。

(2) 線收縮量測定

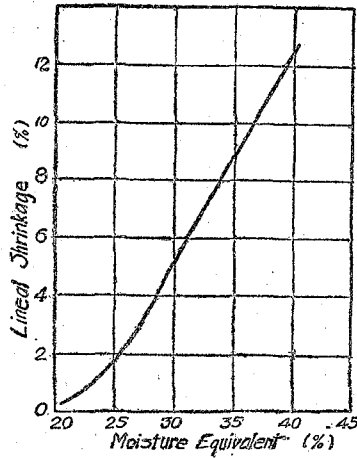
野外に於て簡單に測定するには第二圖の右端に示すが如き金屬製型を用ひて其の線收縮量を測定す。型は幅四種、長約三五種、深約一・五種にして之を硝子板上に載せ、此の内に含水率に相當する水を加へてよく練り混ぜたる試料（約三〇〇瓦）を詰めたる後其の重量を秤り次に型を靜かに取り去りて供試體の長さを測り、爐にて充分乾燥するものとす。

土壤の收縮率と含水率との間には相當に密接なる關係あるものゝ如く、第五圖に示すものは異なる地方より採取せし二八種の路床土壤に就て試験せし結果に基づきて作りたるものなり。然れども元來土壤の性質は極めて複雑なるを以て如何なる場合に於ても此の如き關係を有するものとは云

ひ難きなり。

(四) 毛細管作用

毛細管作用は水の表面張力の爲めに起るものにして其の程度は土壤の組成及組織によりて著しく相違あるものなれども、此の作用によりて水を高く上昇せしむるが如き土壤



第五圖 含水率と線縮率との關係

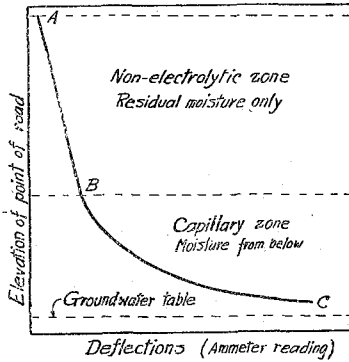
に在りては前記の如く其の容積を著しく膨脹せし

む、又如何なる土壤と雖之れが壓縮さるゝに限度ありて常に多少の空隙を藏し其の内には毛細管水を含有するものなれば其の量適當なる場合には路床に適度の濕り氣を與へて其の安定度を良好に維持せしむるも、毛細管壓力の大に過

ぐる場合には冬期に於ける凍霜の害を大ならしむるなり。

(1) 毛細管水の室内試験

乾燥せし試料を内徑二・五耗の硝子管(其の底には目の粗き布を張る)に詰め其の厚さを一〇釐となし、其の底部を僅かに水中に入れて直立せしめ、毛細管水が試料の上端部



第六圖

に達せし時其の重量を秤量す。硝子管を水中に直立せし儘(水の自由表面は常に硝子管に對し一定の位置に保つ)數日置き、毎日其の重量を秤りて其の一定と

なりたる時の水量と乾燥せる試料の重量との比を以て其の結果を示す。

(2) 毛細管水帯の電氣的測定

毛細管水の賦在する深さ及其の分布狀態を電氣的に測定

する方法あり。

一般に電解性物質を含有する水は淡水又は乾燥せる土壤に比し電氣的傳導性著しく大なるを以て地下水及毛細管水に此の性質を與ふれば其の分布状態を測定し得るなり。

即乾燥せるもの又は僅かに滲透水を含有する部分に於ては電氣的抵抗大なるも、電解液を含有する量の増加すると共に抵抗を減じて多量の電流を通ずるを以て、一極を地下水中に置き他極を銅又は眞鍮棒とし之を路床中に挿入するに從ひ電流の變化する狀況を測定すれば第六圖に示すが如し。此の方法は主として路床中に排水設備を施したる場合毛細管水に如何なる變化を及ぼすかを試験する際に用ひられたるものにして、之れを其の儘實際の路床に應用するには相當に困難なる點あり。

(五)可塑性 (Plasticity)

可塑性とは物質が其の容積を變ずることなくして只其の形狀を任意に變じ得る性質を云ふ。從て砂の如きものは假令其の形狀を變じ得るとも同時に容積を變ずるを以て此の

如き場合可塑性とは云はざるなり。

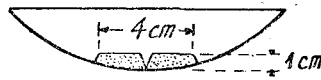
可塑性は元來水と關係を有するものにして、混有する水量多きに過ぐるときは可塑性を消失して流動性に變ずるものなり。而して可塑性を保持する範圍に於て土壤中に含有さるる水量の最大及最小限度には相當の差あるものにして

其の差大なるものを可塑性に富むと云ひ路床としては極めて不適當なるものに屬す。

(1) 可塑性限度 (Plastic Limit)

可塑性を有するに必要な最小限度の水量を可塑性限度或は可塑性狀態の最低限度 (Lower limit of the plastic state) と云ふ。試料に

水を加へて適當の軟さとなし、直徑約二耗の



圖七 定測の度限性液

細き糸狀のものを作り、之を清淨なる紙上に置き、掌にて之を軽く壓しつゝ展轉し最早や糸狀を呈し得ざるに至る迄繼續す。然る時は試料は脆くなりて掌にて展する間に急に片狀のものに分離す。此の際含有する水量を可塑性限度とす。

(2) 液性限度 (Liquid Limit)

液性状態、即流動性、粘性を有し且其の性質が温度と共に變ずるが如き状態に在り得る最小限度の水量を液性限度又は液性状態の最低限度 (Lower limit of the liquid limit) と云ふ。此の試験には通常時計硝子 (watch glass) を用ひ、之れに極めて軟く捏ねたる試料を取りて直径約四糎、中央部の高さ約一糎にして平坦なる表面を有する様に形成し、更に匙の類を用いて之れを二等分す。次に時計硝子を振搖するも其の中央に於ける切斷面の下側の兩縁が相方共に流れ出でざる時は水を少量宛加へ乍ら此の操作を繼續す。此の下側の縁が互に高さ約一糎位迄融合せし場合の水量を液性限度とす。

(3) 可塑性係數 (Coefficient of plasticity)

可塑性の程度を示すものにして可塑性指數 (Index of plasticity) とも云ひ、液性限度と可塑性限度との差を以てす。即液性限度は可塑性状態の最大限度に略々相當すればなり。

(六) 膠質物 (Colloid)

土壤の性状は其の中に含まるる膠質物に影響さること大なるもの如し。而して土壤中に含まるる主なるものはアルミニウム、マグネシウム、カルシウム等の硫酸鹽、水酸化鐵等あり。膠質物の性質は主に粘土に於て認めらるゝが如く考へらるゝも、膠質物自體の物理的性質は未だ充分研究さるゝに至らず。従つて土壤の性質に就きて説明し難き現象ある時には往々にして之れを膠質物の性質によるものとして片附けらるゝことあり。

膠質物は一般に色素を吸収して之を脱色する性質あるを以て、其の定量には一般に脱色法を用ふ。然れども膠質物の種類によりて色素も種々用ふる要あり。通常硫酸アルミニウムの定量には鹽基性アニリン色素中の methyl violet を用ふ。(未完)