

第六章 基礎

第一節 總說

基礎なる語は時には人工的構造下の天然土壤を示し、又時には人工的構造物の下方施設に對して使用せらる。道路工學に於ては常に基礎とは後者の意味にて天然土壤の部は路床或は路盤なる語を用ふ。

舗裝の基礎は他の構造物の基礎と同様に極めて重要な部分である。基礎の目的は第一に路面上の車輪荷重に依る壓力を廣き路床に分布し支持力應を少なからしめ、且つ路床が凍結作用或は地下水等の作用に依つて壓力を生じ路面を破壊せしむるに至るを出来るだけ防禦する働をなすものである。是等の目的に對し基礎を設計するに當りては其の荷重状況、路面の性状、路盤の材料、並びに氣候狀態等に依つて夫々異つた考慮を拂はねばならぬ。舗裝が若し比較的小なるブロック即ち舗裝煉瓦の如きものにて舗裝され、相互の結合極めて薄弱なる場合は全車輪荷重は基礎の小面積に集中するを以て、基礎は其の單位面積に來る荷重は極めて大なるも、床板として一體となつた(モノリシック)舗裝にては舗裝自身が廣き面積に荷重を分布するを以て基礎單位面積に來る荷重は極めて少い。從て前者に比し幾分基礎厚を薄くしてもよい。排水不充分的爲め路盤の隆起を起し破損する場合の如きは全く基礎を適當に設計することにより防ぎ得るものである。

1. 交通荷重

道路路上には近時貨物自動車の外に 15 噸位の重牽引車の通行するを見る事あり。斯かる牽引車のみならず貨物自動車は多く總荷重の三分の二は、後車軸に懸る様設計せられ後車輪の各約 5 噸の重量が支持され、直ちに之れが路面に夫れだけの壓力を及ぼすのである。斯かる重い車輛交通の量、極めて少なきも車が大きくなればなる程運輸費が經濟的になることから考へて 5~10 噸の貨物自動車の數は

將來相當あるものと考へなければならぬ。

又交通の磨耗作用其の他種々な原因に依つて起る路面の不陸は、車輛交通の際に衝擊作用を起し、路面並びに基礎の配分すべき壓力を増大する事となる。此の衝擊荷重と車輛の靜止荷重との關係は、長い間研究を續けられて居るが未だ結論を得るに至らない。然し重量大なる車輛に中實ゴムタイヤを付し、凹凸の多い路面を運轉する時は其の衝擊荷重は靜止荷重の約 5 倍位に達することもある。亦空氣タイヤを付した車輛が平坦な路面を通行する際には其の進行荷重は靜止荷重より僅かに大となるに過ぎない事が測定されてゐる。

現在使用せられて居る中實ゴムタイヤを有する貨物自動車に於ては、大體其の靜止荷重の 2 倍に相當する衝擊荷重を與へ 1.5 倍位の作用は通行中に屢々生ずる事は豫想し得らる、又空氣ゴムタイヤを有する自動車にては普通の舗裝に對する衝擊荷重は靜止荷重の $1\frac{3}{10}$ 倍以上に達する事は稀で粗面のものにて約 2 倍である。勿論以上の事實は車輛の速度により車の構造により甚しく異りも又同じ中實タイヤにしても、磨耗したものと新しいものにより非常に異なるのであるが、兎に角高速度車輛に依る衝擊作用は、靜止荷重に比し極めて大なるを以て、若し貨物自動車交通多き時は道路の設計より特に注意しなければならぬ。尙ほ基礎の設計に際しては現在の最大車輛荷重のみに依らず將來車輛が發達した場合についても充分考へて置かなければならぬ。殊に我が國の如く目下車輛の發達の過程にあるものについて、一層其の考へが必要である。猶貨物自動車の積載量並びに其の速度は大なる程運賃が安くなるのであるから漸次増加する傾向を持つて居る。

各種の舗裝路面荷重を配分する狀態並びに其の支持力等に就ては、未だ完全なる研究なく夫に對する假説も多く單に推測してゐるに過ぎないのである。然し是等の中セメント・コンクリート版に對しては比較的に信頼するに足る試験が行はれて居るから次に簡単に之れを述べる。

2. 土壌の支持力

路面上の荷重圧力が道路の表層並びに基礎に依つて、分布傳達さるゝ割合に就ては實驗の結果少く不明瞭であるが、路盤土壌の支持力を正確に知る事は基礎の設計に對して必要なことである。土壌は含有水分の量に依つて其の支持力に大なる差あるを以て其の最低支持力を知り同様な状態の下に既に築造されたものと比較して基礎厚決定の参考とするのである。

路盤を構成する土壌の支持力を測定する爲に種々の試験が多數の人に依つて行はれてゐる。然し夫等の結果は理論的に幾分矛盾を示すものもあり、且つ土壌には種類多く、外觀が同じ様に見ゆるものでも其の性質の甚だしく異なるものあるを以て、其の試験結果を以て直ちに一般に應用することは出来ない、今参考としてバール教授(W. H. Burr) に依り提示された各種土壌の安全荷重を示せば次表の様なものである。

各種土壌の安全支持力

土壌の種類	状態	安全支持力。吨/履 ²
粘土	排水充分にして乾燥せるもの	560~840
"	同 普 通	280~560
"	同濕潤にして軟質	140~280
淤泥	乾燥せるもの	105~210
"	濕潤なるもの	35~105
粗粒砂或は砂利	結着充分なるもの	840~1,260
砂	"	280~560

然し土壌の支持力は前述の如く、其の含水量には影響する事大にして毛細管水は地下排水に依つて除去することが出来ないものであるから、完全に排水設備をした路面でも毛細管の作用により幾分水分を吸収するときは之れが爲め土壌の支持力に影響するのである。

土壌の含水量に對する毛細管の影響は未だ精確な試験なく斷定的に述ぶる事は出来ないが、天然土壌の表面の物理的性状に依ることだけは明かである。又氣候

の状態並びに土壌の性質、即ち土壌粒子の大きさ並びに粒度、有機物の存在、礦物性鹽類等に依つて其の影響に差異あるものである。次表は各種土壌の一日中に上昇した毛細管水の高さの一例を示したものである。

毛細管水の上昇の高さ

土壌の種類	上昇の高さ(釐)
砂質土壌	36
砂利質土壌	41
淤泥	53
粘土質淤泥	28
火山灰	41
砂(純粹)	23

而して是等毛細管水は土壌内に於て種々の原因に依つて其の平衡を破られたる場合には移動を開始するのである。其の割合は其の原因並びに土壌の性状に依つて異なるも、一般に最初の1日には其の高さ大きく(一例は約 $\frac{1}{2}$)次第に日を経るに従つて其の移動の率(3日で約 $\frac{2}{3}$)を減するのである。或る種の土壌に於ては30日間に移動すべき量の約 $\frac{1}{3}$ を最初の1日に上昇し、純粹の砂では最初の1時間に1日の量の約半分、而して最初の1日にて12日間に於ける上昇高の約70%に達した例もある。此の試験に見る如く毛細管水の移動は始めは大にして徐々に減する。砂に於ても3日後に於ては移動極めて遅々である。又或る土壌で地下水其の他の溜水面よりの高さが大なるに従つて毛細管水の量は急激に減少する。故に毛細管水の影響を減するには地下水面を出来るだけ低下すると共に路面並びに路盤の排水完全なる様に充分注意するを要す。一般に路盤の高さを水面上5.5米以上とすれば表層の水分含有量を増加せしめず毛細管水の影響を減少せしむる事が出来ると云はれて居る。

之を要するに土壌の支持力は水分含有量に依り影響する事大なるを以て、路盤の適當なる排水は道路の構造上極めて重要にして若し適當なる排水設備を施さ

る時は同程度の路盤の支持力を得るには強度大なる基礎を必要とするのである。

3. 表層の種類に対する基礎の考察

舗装の築造に際して、其の基礎の選定は路盤の性状を考慮すると同時に表層に對しても次の點に關して調査するを要する。

(a) 舗装の表層のみで交通荷重を路盤の安全支持力以内に配分し得るや否や。

(b) 路盤に對し荷重を適當に配分せしむるに表層の厚を増すか、或は比較的安價なる基礎の厚さを大にするか、或は又他の適當なる基礎を採用すべきか其の得失を考究すること。

(c) 路盤の多少沈降した時に起る表層の破損程度を調査すること。

以上述べた條件は使用するべき表層の種類に依りて異なる。例へば表層にセメント、コンクリート等を使用した際は、荷重の配分率大なるを以て通常基礎を必要としない。又砂利、碎石道等に於ては路盤の些少の損傷は表層には餘り影響しない。即ち表層を構成する材料は一旦は幾分損傷を受くるも、交通の輾壓作用に依つて速かに再び結合をするからである。一般には如何なる舗装も荷重を下層の廣き面積に分布する爲めに表層の厚を増すは不經濟にして一層安價な材料を以て基礎を造るを經濟とす。但しセメント・コンクリート舗装の如きは表層厚を少し増加するも其の強度を著しく大ならしむるを以て、特に他の基礎を設くるより表層厚を大にする方が却つて經濟な事もある。其の他の種類の表層即ち塊舗装、アスファルト・コンクリート、並にシート・アスファルト等に於ては表層は單に磨耗層として働き路面荷重の配分には大なる効力なきを以て一般には人工基礎を設くるを普通とす。然し此の種の舗装に於ても、路盤も極めてよく氣候も良好な地方に於て其の支持力充分な時には、特に基礎を設けずに直ちに路盤上に表層を敷設する事がある。

4. 基礎の種類

一般に舗装の基礎として使用せらるゝは砂利道、碎石道、V形排水基礎、テルホード基礎、セメント・コンクリート並びにブラック・ベースと稱さるゝ瀝青コン

クリート基礎等である。性質良好な砂、石炭滓等も亦路盤支持力改善の爲用ひらるる事あるも、是等の材料を加へる事は路盤構成の一般方法と何等異なる事がないから本編に於ては是等を基礎材料として考へない。又道路の基礎として煉瓦、木材、或は丸太等特殊のものを使用することあり。一時の彌縫策なれども可成りの成績を示す事がある。

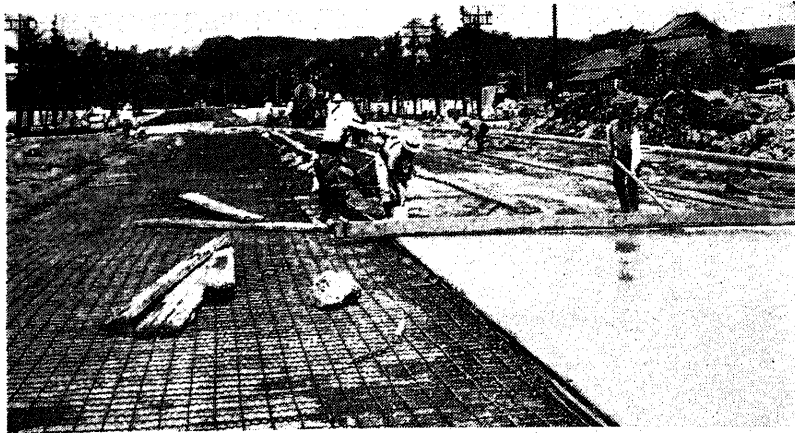
一般的に如何なる種類の基礎が最も適當なるかを述べる事は其の地方の状況に依り築造費も異なるを以て甚だ困難なる事である。故に基礎の設計選擇に際しては路盤の状態、使用せんとする舗装の種類、交通の状態、並びに氣候等を考慮して地方的に經濟なる材料を適當に使用するのである。

一般に地方道の如く砂利或は其の他の比較的簡單なる表層を有する場合には、路盤に分布さるゝ荷重を減ずるために砂利基礎が採用せらる。碎石基礎は路盤の状態良好にて適當なる材料あらば各種舗装の基礎として使用される。就中砂利、碎石、瀝青道並びに中交通状態の鋪石や煉瓦鋪道の基礎として適當である。V形排水基礎は使用材料が容易に得られ且つ路盤の排水が比較的重大的な場合にのみ使用せられ一般的には使用されない。

テルホード基礎はマカダム、砂利道、瀝青道以外には使用せらるゝ事稀である。何となればテルホード基礎の表面は不規則にして砂利或は碎石の如き材料の外は、此の不規則にして粗雑な基礎面に適應する様に施工することが困難であるからである。然しテルホード基礎は碎石基礎に比し大なる石が使用されるから、大なる支持面積を有し路盤に對し壓力の配布が良好である。故に路盤状態不良で碎石基礎の輾壓が完全に行はれない様な地盤に對してはテルホード基礎を用ふるが得策である。

セメント・コンクリート基礎は甚だ大なる安定度を有し、表層が煉瓦、アスファルト・コンクリート、シート・アスファルト、鋪木等の如き堅固な基礎を要する舗装に用ひらる。尙交通激甚なる市街道に於てはコンクリート基礎に更に強度を

鐵網を挿入せるコンクリート基礎施工中の圖



第 115 圖

大にする爲、鐵筋或は鐵網を挿入する事がある。けれども地下埋設物等の爲め掘り起す場合に甚だしく困難するを以て、地盤が甚だしく軟弱な場合の外は餘り用ひられない。以上の外基礎として舊舗装を其の儘使用する事あり若し路面の高さに差支へを生じない場合は舊舗装を基礎として使用するは最も經濟的にして且つ良好なる結果を得らる。

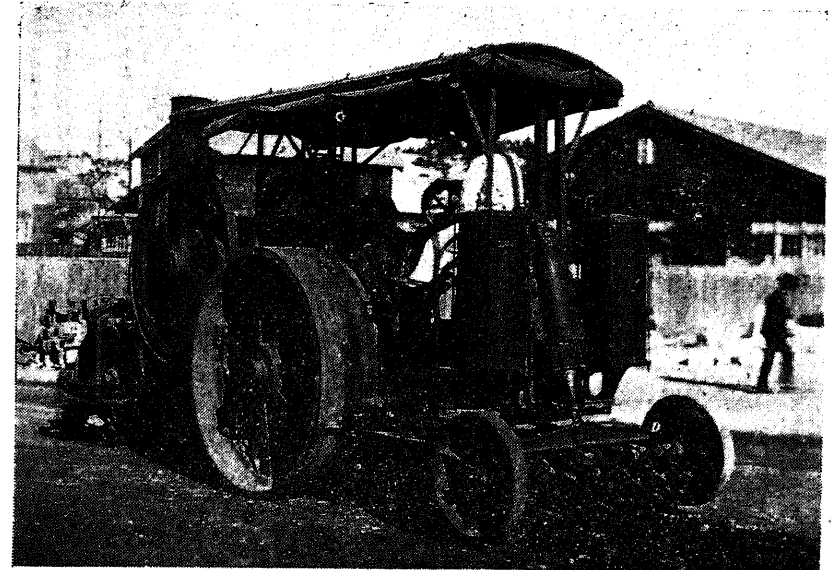
5. 路盤築造上の注意

表層として如何なる種類の舗装が行はるゝも路盤の築造には次の點を注意しなければならぬ。

- (a) 適當にして有効なる排水をなすこと。
- (b) 路盤の安定度を大にして且支持力を増加せしむること。
- (c) 縦斷勾配並びに横斷面を一様にする事。

路盤の排水の重要なことは前章に述べた通である。路盤の安定度も路盤排水の良否に依つて得られる。水を吸収し易き土壤に於ては雨期中常に充分に排水する事は困難である。

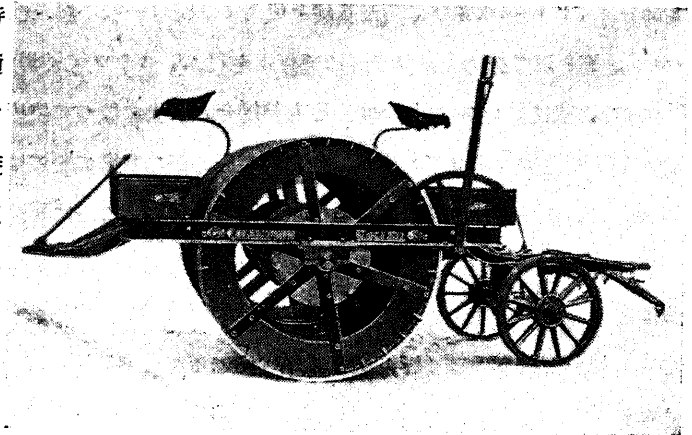
10 噸マガダムローラー(スカリフワイヤー付)



第 116 圖

馬力に依る輾壓機

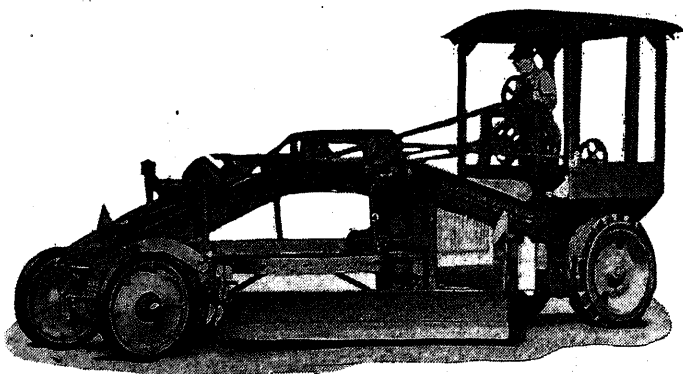
從て斯かる場合は其の支持力以内に交通荷重を配分するが如き基礎又は表層を使用することが必要である。路盤土壤は相當堅硬なる場合に於ても尙



第 117 圖

充分に輾壓するを可とし、若し材料を補充する必要がある時は成る可く薄層に撒布

し各層毎に輾
 壓するので
 ある。若し不良
 の土質あれば
 良質のもの
 と置き替へな
 ければならぬ。
 輾壓には 10
 噸以上マカダ



第 118 圖

ムローラーを使用するをよしとす。路盤の地均し完了せば表面は適當な器具を以て既定横断面に整形するのである。

近年迄は路盤の築造は通常鶴嘴及びショベルの類を以て人力にてなしたるも、現今に於ては適當なる機械を使用して一層迅速に且つ經濟的に行はる。最も勞働賃金比較的低廉な地方に於ては尙前者に依り建設さるゝ事が多い。米國に於てはテルホード、V形排水並びに箱掘基礎を使用する時は一般に鋤及びグレーディング・マシン等を以て掘り、ドラツグにて仕上を行ふ、スリツプ (Slip)、ホエーラー (Wheeler)、或はフレスノ (Fresno) 等も熟練せる人夫に依つて使用せられ、又掘鑿量大なる時は動力ショベル等が使用されて居るが、我國に於ては大なる改良工事が餘りないのであるから、高價な機械を購入使用することは經濟上許さぬことと、夫れに永い間の習慣とから上述の様なものも餘り使用されぬが内には便利で經濟的なものも尠くない。多くの場合經濟的判斷を必要とするから各種の土壤に就て其の最善の整形並びに壓縮法を詳細に述ぶる事は不可能の事である。路盤が全く砂質土壤からなる時は充分輾壓するには路盤を殆んど飽和状態に迄濕潤ならしむる必要がある。時としては砂利其の他のものを加へなければ輾壓困難な場合もある。之れに反して粘土質土壤は乾燥状態であれば充分な輾壓は不可能であ

グレーダーの圖

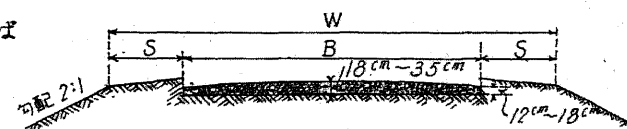
つて雨期中に築造せんとすれば路盤の排水に充分注意せねばならぬ。

次の諸點は路盤の築造に當り重要な點であるが屢々等閑に附され勝である。

- (1) 暗渠、溝橋等の跡埋、並に盛土、
- (2) 盛土中より植物性物質を除去すること。
- (3) 舊道路表層材の適當な處置並びに使用法。

暗渠の埋土は出來上り後、基礎並びに表層が沈下せざる様充分注意しなければならぬ。埋土の壓縮の必要程度は勿論使用せらるゝ土壤の性質に依つて異り、砂或は砂利を含有する土壤にして適當の濕氣を含有するときは、20 種以下の厚に盛土し各層を蟻突する事に依つて締め固めるのである。盛土各層の厚は使用すべき蟻の重量並びに其の面の構造に依り一般的に定むる事は不可能なるも通常一人突タンパー或は蟻を使用する時は約 20 種を適當とす。

不良の土壤に對してはタンパー又蟻は 20×20 種位の比較的廣い面を有し其の重量も二人搦なれば 20 疋 (50 封度) 位のものが適當であると稱せら



砂利基礎

第 119 圖

る。又土壤が主として粘土にして溝が深い時は蟻も小なる面にして 4.5 ~ 7 疋 (10 ~ 15 封度) 位のものが適當ならん。

盛土中より植物性物質を除去する事は、又路盤の築造に際して重要な點で若し芝或は木根等が路盤中に多少でも存在すれば、遂には是等物質は腐敗して多孔性となり又其の收縮に依つて路面を損傷し、尙木根が路側にあれば其の成長に依り舗裝が破壊さるゝ事もある。

舊道路例へば碎石、砂利、テルホード等の上に新舗裝を行ふ場合此の舊構造を利用することは最も有利な事である。多くの場合長年月交通に依つて充分壓縮されて居る舊表層を破壊して放棄するよりも、新道路の基礎として使用する時は大

なる過失なく且つ経済的である。若し新設構造が砂利或はマカダムなれば舊路面の多少の不規則な路面を充分掃除した後、砂利或は粗粒碎石を敷き均し平滑に輾壓し之れを基礎として新道路を築造すべきである。若し瀝青表層を直接舊路面に設くる時は凹部の填充には瀝青コンクリート混合物を使用するを可とし、舊路面は充分に清掃し填充すべき部分には豫め混合物に使用する瀝青材を塗布するを可とす。填充部は充分に輾壓し舊路面と一様に仕上げなければならぬ。

新設表層の幅員が舊道路より大なる時は路側部が沈下せざる様、一様の基礎強度を持たしむる事は極めて困難な事である。多くの場合舊表層は一旦掘起して更に輾壓し直すか或は全く放棄して新材料を以て基礎を築造するのである。又舊表層と同一程度に固まる迄交通せしむるのも一つの方法である。舊路殻を其の儘とし簡単に新材料を加へて一様に造る時は、如何に注意して輾壓しても舊道路と同程度に締め固める事は困難で其の結果路盤の不均一な沈下を起す傾向がある。道路工事に於て、舊道路路面を如何なる場合でも経済的に利用することは永い間の経験と技術を要するのである。

第二節 構 造

1. 砂利基礎

道路基礎用として用ひらるゝ砂利は堅硬なもので撒布輾壓せし時相互に結着せしむるに充分な結合材を含有するものであることを要す。中に天然に含有せらるゝ結合材は主として粘土にして或るものは酸化鐵炭酸石灰等を含有して居る。是等を含有するものは粘土のみより結合材としての効果大である。

基礎用として用ひらるべき砂利は 3~6 号篩に止り 60~80 号篩を通過する部分 60~75%を有し、其の他は砂と適當なる結合材の混合物より成つてゐるものがよい。若し結合材として粘土を使用するときは其の含有量は 15~20%を可とす。而して砂利は細粒より粗粒に至る迄適當なる粒度を有し、結合材は全體に

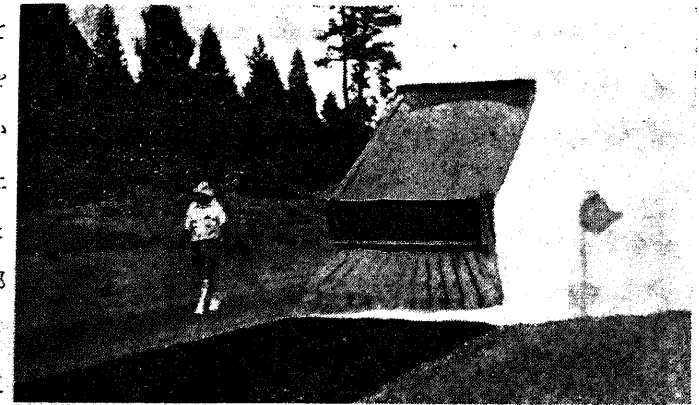
均一に混合せられて居ることが必要である。何となれば不適當な粒度並びに粘土の不均一は基礎の密度を不均一にし強度に差異を生ずるからである。

砂利基礎厚は輾壓後 10~25 種とする。之れは路盤の状態、表層の性質、並びに使用せらるべき砂利の品質に依るのであるが、通常厚は 12~18 種とし表層が高級舗装なるときは一般に約 20 種厚とする。基礎厚を 12 種以上に造るときは完全に輾壓する爲め二層以上に築造するを普通とする。次の諸點は砂利基礎の築造に際し注意しなければならぬ。

(1) 砂利の撒布は特別に設計された撒布車に依つて撒布するか、或は路側に一旦荷卸したる後

碎石撒布機

ショベルの類を以て撒布するを要す。運搬車から直ちに路盤上に砂利を卸すときは、卸した部分と他の部分とは粒度も異り又壓縮の度合も異



第 120 圖

なり輾壓後にも不均一の沈下をするのである。

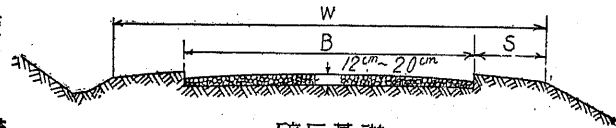
(2) 砂利層を二層以上に築造するときは各層は略々同厚とすること。但し第一層は他の層より幾分厚くするを可とす。即ち一般に路盤上では、堅く締つてゐる砂利層上に於けるより厚き砂利層を壓縮することが容易だからである。通常一層として輾壓し得る厚さは 12 種以下にして或る場合には 8~10 種以下にすることもある。

(3) 砂利の撒布後は充分に撻均らして各種の大きさの砂利及結合材を全體に均

一に撒布した後、10 噸以上のローラーを以て充分壓縮輾壓するのである。輾壓は表面が平に且一様なる組織となる迄繼續す。

(4) 砂利に對し其の空隙を填充する爲め砂或は粘土を加へる必要あらば撒布後になすを普通とす。然し或る種の表層即ち瀝青又はセメント・グロート等が表層に使用され、是等が基礎中に逸出するを防ぐ如きときは、搔均し後輾壓中に或る量の砂を加へて緻密なる表面を造る事もある。

(5) 完成基礎面は一様の勾配と横断面とし、若し輾壓に際して沈下箇所が生ずれば更に砂利を加へて輾壓するのである。輾壓はローラーの先に路面上に波動を生じない迄繼續すべきである。



碎石基礎

第 121 圖

2. 碎石基礎
基礎用として

マカダム道基層 (上野池の端)



第 122 圖

碎石の性質はマカダム表層に使用せられるもの程、上等のものではなく通常砕石を使用してよいのである。基礎砕石として備へなければならぬ質は次の様なものである。

- (a) 表層より來る荷重の破碎力に抵抗し得るものたること。
- (b) 地下水に依つて作用を受けないもの。
- (c) 碎石相互の噛合充分にして輾壓に依つて緻密な基礎を造るもの。

以上の要求は基礎は常に適當なる表層に依つて交通の磨耗作用より保護せられると云ふ假定の下にあるので、基礎骨材がやがて磨耗面の一部となる様な場合は考へて居らぬのである。

例へば水締マカダム道に於ては所謂基礎層は眞の磨耗層が交通に依つて磨滅せられたときには表面となるを以て、磨耗層の一部と考へ得らるゝのである。又路面上に新材料を加ふる爲道路を時々搔起す様な場合には下層の碎石が表面に來る事もある。

碎石基礎に使用さるべき石の大きさは荷重基礎の厚並びに使用せらるべき石の性質に依り異なるものであるが、一般に 10~12 糎より大なるものは使用しない。15~20 糎厚の基礎に對しては通常 7~9 糎を最大とする。若し基礎厚 10 糎の時は 6~7 糎の碎石を最大とす。一般に軟質にして薄片の岩石にては交通の荷重に依つて破碎され易き爲、堅硬にして立方形のものにて大なるものを使用するを普通とす。而して其の粒度は密度大なる様換言すれば空隙量を小ならしめ充分壓縮せらるゝ如き粒度とするのである。

碎石基礎の壓縮後の厚は 7 糎より最高 22~2 糎位に達することがある。7 糎の如く薄きものは路盤状態良好にして又表層の荷重配布能力大なる輕交通道に使用せられ、之れに反して路盤が貧弱にして表層は單に交通の磨耗作用に對してのみ造らるゝ如き場合には最大 25 糎厚を使用する。最も交通量の少ない場合は約 15 糎厚とするもよい場合がある。

： 碎石の撒布すべき層数は一層として完全に壓縮し得る碎石層の厚に依り、然して其の厚は使用せらるゝ碎石の性質に依り異なる。通常基礎層厚、極端に厚き場合を除き二層以上とする必要はない。

碎石基礎の施工法は全くマカダム道建設に等しきを以て茲に詳述することは避くるも、一般に注意すべき事項は次の様なものである。

(1) 碎石基礎施工に當り第一に注意すべきは、一般他の基礎に於けるが如く路盤が良好であるか又撒布前充分緊密になつて居るや否やを検すること。

(2) 碎石の撒布は適當に設計された撒布車を使用して均一に撒布すること。若し斯かる撒布車無き場合には材料は、一旦板上或は路側に卸し、更にショベルの類を以て必要厚に撒布し直接路盤上に材料を卸さぬこと。さもなければ實際に於て均一に壓縮せる基礎を得る事不可能である。

(3) 碎石運搬撒布中は、大小粒子が分離される事多きを以て撒布後は全體が均一なる様充分掻き均すこと。

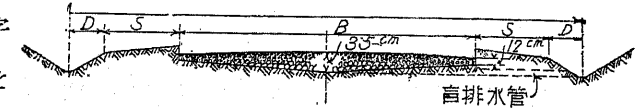
(4) 碎石の撒布掻き均し後約 10 噸の以上ローラーを以て輾壓すること。輾壓は路側より路心に向つて漸次輾壓し、全層が充分均一に壓縮せられ沈下せざるに至る迄繼續すること。

(5) 一般に基礎の上層中の空隙は、輾壓中其の上に粗粒の砂或は石屑を撒布して填充す。若し材料が幾分脆弱なる時は上層の空隙は輾壓中ローラーの荷重に依つて破碎せられ、石片にて填充さるゝを以て斯る場合には特に砂又は石屑の如き目潰材を加ふる必要はない。

(6) 碎石を相互に充分噛み合わせる爲めには輾壓中各層に幾分撒水するをよしとす。之れは特に碎石の撒布後目潰材として石屑を使用する時必要である。何れの場合に於ても撒水は石屑を濡す程度とし表面にグロートを生ずる程使用するは宜しくない。而して撒水は輾壓中徐々に行ひ路盤を飽和することなく基礎の部分のみに對してなす様注意するを要す。

3. V 形排水基礎

V 形排水基礎は基礎とし働くのみならず路盤排水としても有効である。然し此の基礎は V 字形に築造するを以て路心部に比し路側は極めて



V型排水基礎

第 123 圖

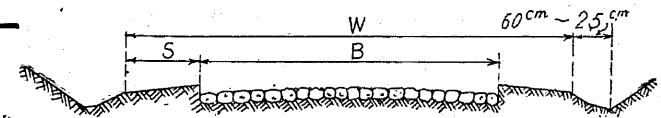
薄くなり、霜害を受くること大にして路面を彎曲せしむることあり。交通量極めて少く幅員 3 米以下にて充分なる如き時代は適當なりしも、現在並びに將來に於ては益々交通量増大し地方道に於ても幅員 5.5 米以上を要するを以て斯かる幅員に對し路床排水の目的に添はんが爲め相當なる傾斜を附して造るときは、路心部の基礎厚極めて大となり、之れに反して路側は交通荷重の支持に不充分なる厚になる傾向あるのみならず、材料を多く要し不經濟なるを以て特殊の場所以外には餘り使用せられざるに至つた。

V 形排水基礎は路盤を扁平なる V 字形に掘鑿して築造す。之れ其の名の來る所以である。使用すべき碎石の大きさは 15 ~ 20 糎大とし、大なるものは下層又は中央部に、小なるは上層及路側に使用す。而して一般に二層以上に撒布し 10 噸以上のローラーにて充分輾壓して仕上ぐ。厚は表層をも加算して路側に於て 10 糎以上普通 15 ~ 20 糎に造る。

此の構造は基礎に於て排水をも兼ねるを以て、路心に沿ふて流るゝ水は勾配の低部に於て除去する爲、所々に横切排水設備を施す必要あり。此の目的の爲には排水管を敷設するか、或は基礎使用材料を以て横斷溝を造る。

4. テルホード基礎

テルホード基礎に使用すべき

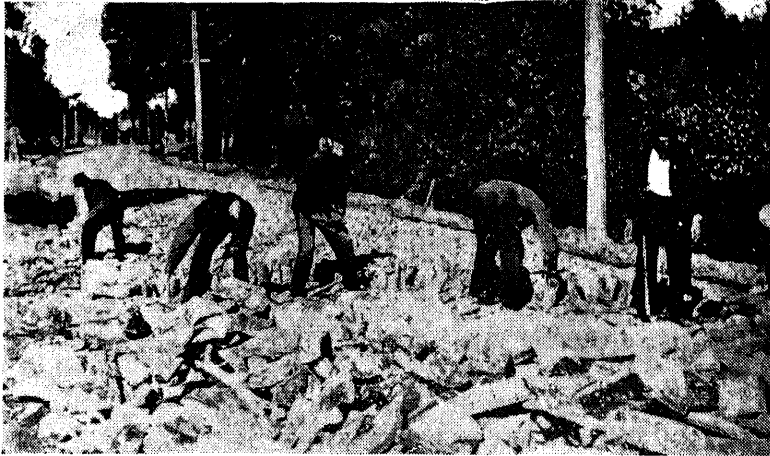


テルホード基礎

第 124 圖

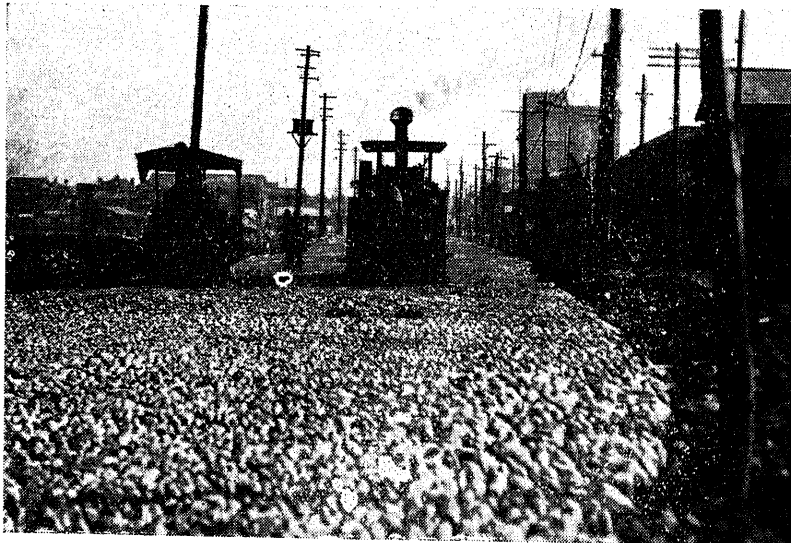
石は輾壓又は鐵槌等を以て壓縮せるとき、各個に龜裂を生じ又は破碎せざる様充分堅硬にして強靱なるものなるを要し、一般に軟質の石灰岩、脆弱な砂岩、及び

テルホード基礎敷設の状況



第 125 圖

准テルホード基礎



第 126 圖

崩壊せる花崗岩は路盤良好なときは、碎石基礎材として使用せらるゝことあるもテホルード基礎用としては不適當である。

各個の石の大きさは嚴格に規定することは必要なきも、其の厚は基礎厚と同じにするを可とす。一般に其の長は基礎厚より大にして厚の2倍より小なるをよしとす。若し長さが基礎厚より小なる時は石の据付不安定となり之れに反し2倍より大なれば基礎の支持力不均一となる虞れあり。石の幅は使用せらるべき石材の性質並びに其の長に依り堅硬にして強靱なる石にては最小許容幅4種とする事あるも、一般に7~10種以上とするを可とし、最大幅は普通22~25種とす。

玉石基礎敷設の状況



第 127 圖

(a) 横断面。テルホード基礎の横断面は通常次の三種とす。

(1) 路盤の面を道路表面に相當する様な横斷勾配とし基礎厚を全部一樣とす。

(2) 路盤面を平坦に仕上げ基礎の厚は表面を適當なる横斷勾配とする爲兩側よりは中心部に於て厚くす。

(3) 路盤及び基礎面を平坦とし表面の所要横斷勾配は表層厚が中心部に向つて漸次増加する事に依つて造る。

第一の方法は現今最も多く用ひられ一様に變化せる厚を得る爲に石を擇り分くる手数を省き、緊密に嚙合へるテルホード基礎のアーチ作用に依つて路盤の不規則なる沈下を防止する利益がある。

第二の方法は前者より幾分工費高く道路の中央部にてテルホード基礎の厚を大にする爲、路盤土壤の排水困難なる如き場合に利あり。即ち道路の中心部に於て霜害を受けない深さ以下に地下水を降下せしむる爲、側溝が充分なる深さを有せざるとき路盤の結氷に依り隆起する事を減するのである。

最後の方法は、路面の霜害を第二法同様多少減ずることを得るも、路盤並びに基礎が平坦なる爲路盤の僅かの沈下もテルホード基礎に影響し路面が不規則となり易い。

(b) **テルホード基礎の厚。**テルホード基礎は一般に 15~20 糎厚とし、路盤の状態極度に不良なる場所には 20 糎厚以上とすべし。尚ほ如何なる場合にも厚は 15 糎以上とするを要す。即ち之より小なれば輾壓の場合押込みに依つて各石を充分嚙合せ堅硬なる基礎を得る事困難なるが爲めである。

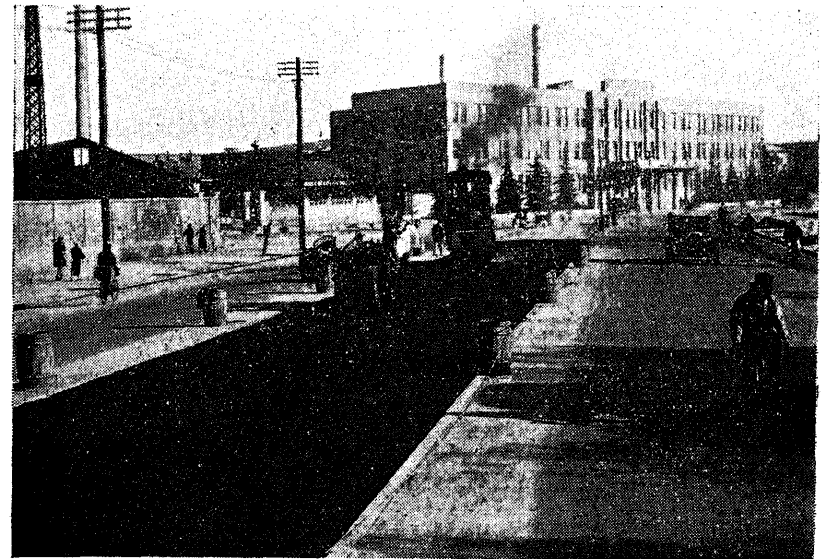
(c) **施工法。**テルホード基礎の築造に際し、石は大體路線に直角に路盤上に一々丁寧に手で並べ、目地は不規則に切斷する様にす。各石は縦に置き路盤上に一様に据付け、出来るだけ密着せしめ間隙は破砕片を以て填充し、石と石とが迫り合ふ様に金槌の類を以て打ち込むのである。

通常テルホード石は施工直前に運び置き各箇の大きさも一人で容易に動かし得る程度とし、使用に際し必要あらば適當なる大きさに破砕するのである。石を並べるには通常二人一組となり一人は石の擇分係となり、且つ配置後の基礎面を破片を以て填め之れを打ち込み楔の作用をなさむ。

楔止を行ひたる後、尙既定基礎面上に 2.5 糎以上の突出部あらば金鎚を以て碎き此の破片は楔止用として使用するのである。石の敷設並びに表面の楔止完了せば基礎面が規定の形状になれるや否や又填充されざる間隙の有無を検査す。

石の配列後は約 10 噸のローラーを以て輾壓す。輾壓中軟弱なる基礎又は使用石材の不良なる爲沈下したるときは是等の原因を除去し、更に輾壓を繼續するのである。若し表層が平滑なる基礎面を必要とすれば輾壓中基礎面に粗粒砂或は石屑等を撒布し其の不規則を補正することを要す。然しテルホード基礎は通常マカダム或は砂利道の基礎として使用せられ、此の種の表層に對してはテルホード面の多少の不規則は差支ないのである。

ブラックベース基礎施工中の圖



第 128 圖

5. ブラック・ベース基礎

シート・アスファルト道の基礎としてアスファルト・コンクリート或は瀝青マカダム等の所謂ブラック・ベースを使用することがある。ブラック・ベースは輕荷重交通に對しては可成りの効果あるも 3 噸以上の重荷交通道には一般に適當でない様である。一般に砂利或は碎石道に幾分の強度を増加せしむる爲、其の上層としてシート・アスファルトを施工せんとする場合平滑な基礎を造る爲め等にブラッ

ク・ベースを使用すれば極めて経済的である。以上の如き場合には其の厚は7~10糎位で充分である。

荷重支持能力に就てはセメント・コンクリートに対しても今日未だ精確なる試験結果を缺く状態なるを以て、ブラツク・ベースに対する支持力に就ては全く不明にして、其の必要厚を數學的に計算することは不可能なるも一般に6~15糎とし路盤土壌良好なる住宅地域にては約10~15糎とす。

6. 基礎としての舊舗装

周囲の事情の許す限り基礎として、舊舗装を使用するは最も経済的にして且つ相當な成績を得ることが出来る。

現在のマカダム或はテルホード等にて、其の厚並びに支持力充分なときは瀝青マカダム、塊舗装其の他の舗装の基礎として舊路面が利用せらるゝのである。舊碎石道を基礎として使用せんとするときは其の厚充分なるやを検する爲、適當の間隔を距て路面に數箇所試掘を行ふのである。若し其の厚不充分なときは更に新材料を加へ輾壓して相當厚の基礎にしなければならぬ。舊路面は成る可く搔き起さざるを可とすれ共表面の磨耗甚だしく輪轍凹凸等あるとき、又は道路の幅員を擴大する場合は搔き起して新に築造するを可とす。一般に幅員、厚等適當にして路面の磨減甚だしからざるときは路面の孔のみを修理して直ちに基礎として使用する。舊砂利道を基礎として使用する方法は大體碎石道と同様である。

其の他舊塊舗装、セメント・コンクリート道、アスファルト・コンクリート道等もシート・アスファルト、アスファルト・コンクリート道の基礎として使用せられ是等を基礎として用ふる場合は表面の不規則、即ち小孔、沈下部等はアスファルト・コンクリート混合物等を以て適當に填充補綴するを要す。

7. セメント・コンクリート基礎

セメント・コンクリート基礎は高級舗装に對して用ひられ瀝青コンクリート、シート・アスファルト、鋪木、煉瓦並びに鋪石道等の基礎として一般に使用せらる。

前述の舗装に對するコンクリート基礎の長所は次の様なものである。

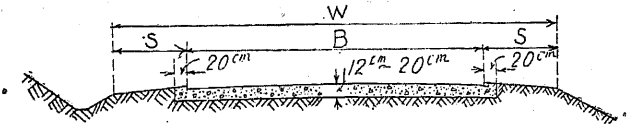
(1) 築造が適當

であればコンクリート基礎は他の何れの基礎よりも路面荷重を均一に配布し強度大にして且つ其の支持力大なるを以て、僅かな基礎の沈下が表層に非常に影響する様な舗装に對して最も適當である。

(2) コンクリート基礎は實際的に水を滲透すること少なきを以て路盤よりの水の爲め表層の損傷することを防ぐ。

(3) 路盤が多少の不規則なる沈下をしたとしても、コンクリート基礎は是等の凹所に跨つて路面の不規則となることを防止する。コンクリートの強度は基礎の設計、材料の選擇並びに施工法に依り大いに異なるを以て是等に對し以下簡単に説明を與へる。

(A) **コンクリート基礎の設計。**コンクリート版は實際に於ては荷重壓に依つて幾分彎曲するも通常之れを剛性版と看做して設計す。米國道路局に於て試験せる結果に依ればコンクリート版の中央に車輪荷重を受ければ、版中に彎曲應力を生じ上部は應壓力となり底部にては應張力となる。其の應力量は版の彎曲度に依り荷重大なるときは小なるときより彎曲多く應力大となる。若しコンクリート版が良好なる基礎上に緊密支持せられた場合は彎曲極めて小にして従つて應力も小である。若し之に反し路盤中に軟弱なる箇所ありて、版の支持不均一なれば可成り彎曲して大なる應力を生ず。重量大なる貨物自動車はコンクリート版上を行違ひに通るとき、若し版が其の兩端より中央部が一層緊密に路盤に支持さるゝとすれば、各車輪の下に部分的の應力を生ずるのみならず、亦版に横斷的の彎曲力を生じ大なる縦斷龜裂を生ぜしむることとなる。



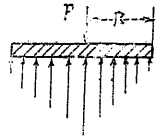
混凝土基礎

第 129 圖

第130圖は種々の状態の下に交通荷重に依つて生ずる應張力を、舗装に起る最悪の場合を假定してゴールドベック氏(Goldbeck)によりなされた算式である。

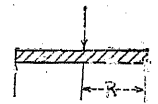
参考の爲めにここに擧げたのである。

例一は良好なる路盤上のコンクリート基礎に起る通常の状態にて、例二は路盤中に軟弱なる箇所ある時、例三及び例四は版が均一に支持せられざる時又は版が路盤上の脊の部に据つてゐると云ふ特別な場合であつて地方道に時々発見せられる場合である。例五はコンクリート版に縦斷又は横斷接手を設け或は龜裂を生じた場合で最も普通に起る状態である。



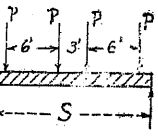
例一 床版が路盤上に平等に支持されてゐる場合

$$S = \left[\frac{3P}{2\pi d^2} - \frac{2wL^2}{d^2} \right] \frac{6}{10}$$



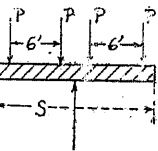
例二 床版が路盤に圓形の軟弱なる箇所に跨がれる場合

$$S = \left[\frac{3P}{\pi r^2} - \frac{2wR^2}{d^2} \right] \frac{6}{10}$$



例三 床版が其の兩端で支持せられ之れに行き違ふ二臺の自動車荷重を受けたる場合

$$S = 8.6 \frac{P}{d^2} \left(\frac{s-s'}{s-3} \right) + 0.4 \frac{s^2}{d}$$



例四 床版が其の中央部にて支持せられ之れに行き違ふ二臺の自動車を受けたる場合

$$S = 8.6 \frac{P}{d^2} \left(\frac{s-s'}{s} \right) + 0.4 \frac{s^2}{d}$$

例五 床版の隅角に荷重を受けたる場合

$$S = \frac{3P}{d^2}$$

上式に於て

S = 單位應張力

P = 集中荷重

d = 床版の厚 (吋)

w = 床版厚 d なる時の 1 平方吋の混凝土の重さ

s = 床版の幅 (呎)

第 130 圖

是等種々の状態に於てコンクリート版厚 15 糎、20 糎並びに 25 糎のものに對して車輛荷重 4,500 疋 (10,000 封度) 及び 6,800 疋 (15,000 封度) にて生ずる應力を比較して見るに次の如し。

コンクリート基礎に生ずる應曲力 (疋/平方糎)

荷 重	4,500 疋			6,800 疋		
	15 糎	20 糎	25 糎	15 糎	20 糎	25 糎
コンクリート版厚						
例一	3.2	1.8	1.3	4.7	2.6	1.7
例二	6.3	3.7	2.3	9.4	5.3	3.4
例三 (幅員 6 米)			65.6			
例四 (同)			68.8			
例五	58.6	32.0	21.1	87.9	49.4	31.6

上記應曲力は計算に依り單に比較する爲の數字にて正確なるものではない。

コンクリートの彎折係數 (Modulus of Rapture) は、材齡 28 日に於て 1:3:5 配合のものは約 28 疋/cm²、1:2:4 にて約 2 疋/cm² であり、例三及び例四に於て生ずる應力は之より遙かに大なるを以て、幅員 6 米の基礎が天候其他温濕の關係によつて、例三又は例四の状態になつたとした時は縦斷龜裂を生ずるのである。然して實際に於て斯る状態は屢々起り得る状態である。例一、二の場合は特に心配する必要はない。尙例五はコンクリート床版の角又は龜裂の交叉する部分に於て起る現象である。上記の數の計算に於て例一は路床の支持を考へに入れてあるが、他は何れも路盤の支持無きものとして計算してある。然し實際に於ては路盤の支持を受けること勿論にして、其の支持状態に依つて變化するを以て、此の極端なる應力數値より實際には小となるのであるが、荷重壓は靜止荷重の外に衝擊壓を考慮する必要があるから、是等を相殺し大體に於て、此の數値を認めて大差ないものと假定したのである。又例五に於て隣接コンクリート床版との摩擦、其の他により荷重を幾分隣接版に分布することは事實なれど、安全の爲め式中には其の考へは入れてない。

(B) コンクリート基礎厚。コンクリート版の厚は交通の種類、施工すべき表層

の荷重分布能力、路盤並びに氣候の如何に依つて差異あるを以て、其の適當厚を測定する事は極めて困難なる問題である。先づ交通荷重に就て見ても舗装版に對する作用は、單に靜置荷重のみならず衝擊荷重をも伴ひ、而して此の衝擊荷重は路面の不陸程度、車輛の速度、輪帶の性質並びに發條の強弱等に依つて變化最悪の條件の下に於ては靜置荷重の5倍にも達する場合あるは既に述べた通りである。

又舗装版は支持される路盤の良否に依つて大なる影響を受け、路盤の支持力は土壤の性状、其の毛細管作用、地下水、路面排水の良否、並びに結氷、霜解の程度等に依つて大なる差異あるを以て、是等總ての條件に満足する様簡單なる數學的計算に依つて、コンクリート版厚を決定する事は殆んど不可能なる事である。

路盤が砂質土壤より成り、交通が主として牛馬車、及び乗用自動車にして貨物自動車の通行比較的少くなき場合には、コンクリート版の厚は表層の影響を考へずして15 糎位にて充分の様である。而して貨物自動車の數及荷重が増加すれば之れに相當して厚さを増大しなければならぬ。路盤の排水困難にして支持力小なる土壤より成る時は亦版厚を増す必要がある。

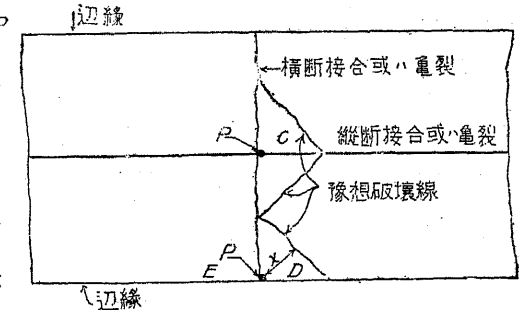
米國に於ては普通の路盤状態にて貨物自動車の通行1日150 臺以下の時は20 糎厚にて可なるも、大都市附近にて極めて重量大なる貨物自動車の通行するが如き道路にては25 糎とする必要ありと稱して居る。

以前はコンクリート道に對しては平坦なる路盤を使用し、表面を適當なる横斷勾配とする爲に中央部は兩側より幾分厚さを大にしたのである。故に其の道路が二車線幅を有する時は車輛の頻繁なる行違ひの際、其の最大荷重はコンクリート厚の薄き部分に懸る様になり、此の部分に龜裂を生じ勝ちであつた。此の不合理を除去せんが爲め米國に於て1,920年頃よりは路盤は總て表面の横斷勾配に合致せしめ、コンクリート層厚を均一に施工する様になつた。更に其の後イリノイ州のペーツ試験道路並びに政府道路局等に依つて實際試験せる結果、兩側厚は中央部より却つて厚くする方が交通上の要求に適應する事が確證せられ、數年前より

全國で此の方法に依つて施工せられて居る。

又米國ペーツ試験道路の結果より、交通荷重は一般に道路の邊緣に於て大なる應力を生じ、更に荷重が邊緣と横斷接手との交叉を爲した角の部、又は邊緣と龜裂との交叉した角等に來たとき、最大應張力を生ずる事が明かになり、之れに對しオールダー氏(前述の第五の場合)は次の如き式を示して居る。

第131圖に於て若し荷重 P が道路の邊緣と横斷接手(或は龜裂)との隅角 D に懸かりたる時、版に鐵筋が使用せられざれば、圖示せる如く版は荷重から或る距離に於て不規則なる破壊を生ず。此の時



第 131 圖

に於けるコンクリート版の彎曲應力度を f とすれば

$$P_e = \frac{1}{3} ft^2 x$$

$$t = \sqrt{\frac{3P}{f}}$$

なる公式を得。若し隅角 E が D と共に彎曲する様、接合部に充分なる合釘鐵筋を挿入すれば抵抗係数は2倍となり版厚の公式は次の如くなる。

$$t = \sqrt{\frac{1.5P}{f}} = \sqrt{\frac{1}{2}} \sqrt{\frac{3P}{f}}$$

又車輛荷重が版の中央 C 點に懸り、而して荷重を支持すべき龜裂或は接合部の版中に充分なる鐵筋が使用されれば、抵抗係数は前者の場合より更に倍加する事が考へられ版厚の式は次の如くなる。

$$t = \sqrt{\frac{0.75P}{f}} = \sqrt{\frac{1}{4}} \sqrt{\frac{3P}{f}}$$

是等種々の考察より、コンクリート版の必要なる角厚は $t = \sqrt{\frac{3P}{f}}$ なる式より計算し得る。而して之れは合釘の有無に關はらずに使用され、合釘ある時

は安全度を増す。此の計算に於て中央縦接手のある場合兩版が共同して働く（合釘を入れた場合の如し）と考へる時は、若し合釘を用ひざれば版全體に亘つて使用し、版厚は $t = \sqrt{\frac{1.5P}{f}}$ より計算したるもの即ち角厚の約 70% となる。

第三節 土 壤 試 験

土壤に関する試験。土壤に関する試験研究は近來著しく發達して來ては居るが、其の方法等についても未だ一定したものがない。目下路床として行はれて居る試験項目を擧ぐれば、土の器械分析、燃焼試験、摩擦及剪斷試験、含水量の測定、濕度等價量試験、毛細管水容量試験、壓縮度試験、耐水試験、荷重試験等である。

土の器械的分類—は土の組成分の量的關係を調らべる爲に行はれる。土の成分は通常、粗粒材、砂、泥土、粘土の四つに分類す。その大體の別け方は粗粒材は 10 番篩に止どまるもの、砂は 10 番篩を通過し 200 番篩に止どまり、500 倍のアムモニア水溶液中に 8 分間 8 種の高さを通して沈澱するもの、細土は 200 番篩を通過し砂の場合と同様にアムモニア水溶液中にて沈澱をなすもの、粘土は 200 番篩を通過し上記アムモニア水溶液中に沈澱を生ぜざるもの等の區別を行ふ事がある。一般に粘土の含有量の異なるものは路床土として適當ならずとせられて居る。

燃焼試験—土の組成成分中に存する有機物は、土の物理的性質に非常な影響を與ふるものであるが、この含有量を測定する爲に燃焼試験を行ふ事がある。即ち有機物の炭化物を鹽酸を以て充分腐蝕せしめ、其の燃焼に依つて發生する炭酸瓦斯の量から有機性の組成成分に含まれた炭素の量を測定し、有機物の含有度を檢するものである。

摩擦及剪斷試験—は土の内部摩擦力及凝集力を測定する試験である。内部摩擦力及凝集力は土の安定に重大な關係を有するものである。砂はその粒の形状によつて一様には云へぬが比較的大なる内部摩擦力を有して居る。細土は事實上凝集力を有しない。粘土は凝集力を有するが内部摩擦力が比較的少ない。又内部摩擦

力及凝集力は水分が増すに従ひ減少する。次表は米國道路局に於て行はれたる土の内部摩擦力、凝集力及び耐荷力に對する影響試験の結果である。

土 の 種 類	凝集力 (%/口)	内部摩擦角(度)	耐荷力 (%/口)
水分で飽和せる粘土	100	0	400
非常に軟き粘土	200	2	864
軟き粘土	400	4	1,557
相當硬き粘土	1,000	6	4,982
固き粘土	1,500	8	8,050
非常に硬き粘土	2,000	12	12,523
濕れる砂	0	10	43
乾ける砂	0	34	768
粘土幾分多き砂	400	30	6,035
締合されたる砂と砂利の混合物	1,000	34	17,833

濕度等價量試験—濕度等價量は 5 瓦の土と水との軟き混合物を遠心機上に投じ、一時間後に於ける供試體の含水量を以て表されるのである。濕度等價量試験は異なる性質を有する路床土の排水の良否の關係を判斷するものに役立つものとせられて居る。即ち濕度等價量の大なる土は小なるものより排水が困難である事を示す。尙乾燥して粉狀にした土に、水を加へ平に均し水滴を落下せしめ、漸次之れを進め行く内に水滴が供試體に吸収せられざる程度に達したる時の含水量を求むる事がある。之れを野外濕度等價量と稱する。

毛細管水量試験—乾燥して粉狀にした土を下部を水中に浸せる硝子管（徑 2.5 種、高 10 種）中に詰込み、之れが最大の飽和状態に達せる時の含水量を原重量に對する百分率を以て算出するのである。即ち土が水を吸収する程度を比較するものである。

壓縮度試験—壓縮に依り起る土の密度の増加、土の彈性等を試験する。密度の

増加は含水の押出作用にも關係を有して居るから、土の透水度も併せて知る事が出来る。土の標本を箱の中に入れ側方に脹れ出すことを防ぎ、且つ箱の下端には濾過層又は多孔質の下敷層を置き、水分が自由に押出され得る如き装置の下に壓力試験を行ふのである。

耐水試験—土が水の崩壊作用に抵抗する力を試験する。硬く練り乾燥せる土の圓壘（徑 2.5 糎、高 2.5 糎）を水中に入れ崩壊する時間を測る。此の試験は水路等の浸漬作用に對する土の抵抗力を比較するに便である。

染色吸收試験—1,000 倍のメチレン青色劑の溶液を供試體に滲透せしめ、着色の最初の痕跡を認めたる時、その土より排水せる水量を測定する。この試験は土の微粒子（粘土）の化學的性質及び土の吸收作用の度合を比較する爲に行ふものである。

耐荷試験—土の表面を平になし、普通 30 糎²の硬直なる板を乗せ、之れに所定の荷重を加へ順次増加せしめて行き、一定荷重の下に於ける沈下の増加を観察するものである。

路床の安全支持力。ハージャー氏は、路床の安全支持力を次の如く與へて居る。

路床の土質	切土又は高 30 糎 以下の盛土(坵/糎 ²)	高 30 糎～90 糎 の盛土(坵/糎 ²)	高 90 糎 以上の盛土 (坵/糎 ²)
細砂 (100 番篩を通過するもの 30% 以上を含む)	0.3～0.6	0.6～1.1	1.1
眞粘土	0.3～0.6	0.7～1.2	1.2
普通粘土	0.6～0.9	0.9～1.3	1.3
粘質壤土	0.9～1.2	1.2～1.4	1.4
壤土	1.2～1.5	1.5～1.5	1.5
砂質壤土	1.5～1.9	1.6～1.8	1.8
粗砂	1.8～2.1	1.9～2.1	2.1
小砂利	1.8～2.1	1.9～2.1	2.1

(備考) 1. 水滲烈しからざる地方に於ては本表の數値を相當増大することを得。

2. 本表に於て盛土は均等に充分搗固したるものとす。