

道路の舗装 (一)

元東京市技師 草野源八郎

緒言

道路の舗装といつても其の範圍は非常に廣汎で、舗装問題の全部に就ては一朝一夕に叙述で盡すことは困難であるから自分の最も注意して見聞し研究した中で、多少自信のある混凝土道路コンクリートと瀝青道路アスファルトの二つに就て主として述べたいと思ふ。

最近自動車の發達に依つて世界各國が争つて道路の舗装をやるやうになり、今や道路の發達如何に依つて其の國の文明の程度を知ることが出来るといふ位の趨勢になつて居る。我國では昨今道路舗装問題が世間の議論に上るやうに

なつた位であるが、外國では恐らく市街といふ市街の道路はみな舗装されてないものは無いのである。殊に北米合衆國に於ては、日本の國道、府縣道に匹敵すべき町村と町村市街と市街を連絡する道路の舗装に着手して居る。私の茲に述べる舗装問題は勿論主として市街道路に就であるが、外國では市街道路で舗装しないものは殆んど無い。どれ位彼等が舗装といふことに注意して居るか、又現在外國の舗装がどれ位發達して居るかといふことを實證する一つの挿話は、自分が北米の紐育に居つた時に大正十二年の震災があつた、その時わざわざ東京に視察に來た白人が歸つての話に東京の地震はあんなにもひどかつたものか、道路の基

礎混凝土も何も無い、すべての道路がみな破壊されてしまつた、道路が此やうに壊れる位の地震ならばさぞひどかつたらうと言つて驚いて居つた。外國では舗装しない市街地の道路は殆んど無い位であるから、白人が始めて舗装してない東京の道路を見てみな壊れたのだと思つた。如何に我國が舗装道路に就て外國に劣つて居るかといふことは、實に話にならぬ位である。

舗装種類の選定

そこで舗装の問題に就てよく尋ねられるのは、どんな舗装が一番良いかといふ事であるが、一言にして此の舗装が良いといふことはなかく返答に苦しむのである。是は其の土地の事情なり、其の附近から出る所の材料なり、或は交通の状態——自動車とか荷馬車の通る分量に依つて異なるのであるから、一概に此の道路舗装が良いといふことは斷定が出来ない。

先づ舗装といふ問題に就て考へなければならぬ要件をザ

ツと算へると第一は金の問題であつて、最初の建設費が幾らかかるか、又それを年々修理して行く修繕費が幾ら要るか、さうして其の道路の壽命が何年續くかといふことが問題である、此の兩方から考へて初めて何れの舗装道路が最も經濟的であるかといふことがわかる。最初道路を造る時に何千圓とか何萬圓とかの金を投じて造る、それに對して年々の修繕費が掛つて行く、さうして十年保つか二十年持つか、平均十年とすれば一里當りが幾らになるといふことを計算して、所謂經濟的の道路の舗装が決定される譯である。

第二は舗装道路の耐久力である、是は材料に依り、又構造に依り、交通の状態、道路の幅員、地形、天候等、種々雑多の事情に依つて異つて來る譯である。であるから先づ舗装に就ては、此の道は何で舗装しやうか、あの道は何で舗装しやうかといふ事が一番に起つて來るが、それに就ては下町とか住宅地とか或は商業地とかに依つて、道路の耐久力も亦變つて來るのである。何故ならば是等の地域に依

つて自動車が多く通るとか、荷馬車が澤山通るとかいふ交通の状態が違ふから、非常に荷物の澤山通る河岸とか築港の附近とかいふ所には、耐久力の強い石塊ストーンブロックを使ふとかいふやうに考へてやらないと、飛んだ失敗を來すことになる。山の手或は住宅地附近は瀝青アスファルト或は瀝青マカダムを使ふといふ風に、交通の少い所に適當したやうな舗装の種類を選ばなければならぬ。

第三は舗装路面の清掃クリーニング、路面が汚ないといふことは舗装の目的に反するから、出来るだけ路面を容易く清潔にすることが必要である。是は成べく全面を通じて同一の材料を使つて舗装して行かないと、掃除がしにくい。或る部分は石のブロックを並べて見たり、其の次には煉瓦を並べたりするといふことは最もいけないが、同じ混凝土道路にしても、全體がズツと均等ユニフォームのものでないと力が一定しない。一箇所弱い所があればそこに龜裂クラックが入つて孔が出来る、孔が出来ればそこに水が溜つてだん／＼壞れて行く。だから何處も一樣の強さでなければならぬ。部分々に弱い所が

あるとそれが破壊の原因となつて、表面が非常に汚なくなるから、さういふ事に注意しなければならぬ。

第四は舗装路面の抵抗レジスタンス、是はやはり道路の種類に依つて非常に違ふ。従來は抵抗といふ事を非常に問題にしたやうであるけれども、最近では自動車が發達したので、自動車を主とすれば抵抗の問題は大した事はないやうであるが荷車に就ては相當重要な問題がある。殊に最も注意しなければならぬのは、同じ瀝青でも軟かいものは夏季には日光の爲めに溶けて非常に抵抗が増えて来る。又すべてブロックの舗装は年々角が磨滅して抵抗が減して来るものである。

第五は路面が餘りスベ／＼と滑らない事、これもやはり材料、天候、地形等に依つて甚だしく異なるものである。

第六は修繕の容易な事である。出来るだけ修繕の容易に出来る舗装道路を造つて置かないと、修繕の爲めに多の交通を止めて置くといふことは、地先や商店の發展を阻碍するから、出来るだけ修繕の易い種類を選ばなければなら

ぬ。

第七には自動車に乗つて通つてもスーツと晴々しいやうな氣持になるやうな種類の舗装を選ばなければならない。

第八には舗装路面の衛生的である事、是は前の清潔な事などと重複するやうであるけれども、路面が綺麗でないこと衛生上に悪かつたり、店先に塵埃が溜つて飾ショーケース窓の見掛けを悪くしたり、又一つは傳染病の傳播を助けるといふやうな事があるから、此の點に注意を要する。

以上は最近に亞米利加あたりの學者が研究した結果であるが、是等の條件から各種の舗装道路の價値といふものを定めて居る人がある。今これを表示して見ると(第一表参照)

第一表 各種舗装道路ノ價値

條件	各種舗装道路				
	%	石塊	木塊	煉瓦	瀝青
1 安價ナルコト	14	8	8	13	14
2 耐久カラ有スルコト	21	21	16	12	15
3 掃除容易ナルコト	15	10	14	15	14

研 究

抵抗能力	15	13	14	15	11
4 抵 抗 能 力	15	13	14	15	11
5 滑 ラ サルコト	7	7	4	6	5
6 修理ノ容易ナルコト	10	10	8	6	9
7 乘車ニ非ナル感ヲ起スルコト	5	2	5	3	4
8 衛生的ナルコト	13	9	13	10	12
計	100	80	82	80	84
舗 装 價 格 順 位		2	1	3	4

是は一番完全な道路を100として、前述八つの條件にそれ〴〵點を割當てたので、例へば第一の安價なる事が100點の中一四點を占むるものとする、石塊は八點、木塊も同じく八點、煉瓦が一三點、瀝青が一四點といふ譯である。これを綜合して見ると瀝青が最高點になつて居るけれども、是は必しも總ての場合に斯ういふ價値があるといふ譯ではない、亞米利加の研究を參考の爲に掲げたのである。それから舗装價値の順位といふのは建設費の順位を示したので、木塊が一番高く瀝青が一番安いといふことにな

つて居る。

舗装種類の選定に就ては以上に止めて、次に混凝土に就て述べやうと思ふ。

混凝土舗装に就て

混凝土の配合

混凝土に就ては今まで日本でも澤山用ひられて居るが、^{コンクリート} 混凝土に就ては今までも日本でも澤山用ひられて居るが、^{コンクリート} どうもやり方が不徹底のやうに思ふ。混凝土はセメントと水と砂と砂利とを混合して造るものであるが、その材料が何れもみな徹底的に完全なものでない、立派な混凝土が出来ない。此の事に就ては亞米利加に於て四五年前から非常に研究されて居るが、先づ混凝土の混合に就ては最大密度<sup>マキシムデ
ンシタティニニアツト</sup> 最小空隙といふ事が最も必要な事である。是は後に瀝青<sup>アス
ファルト</sup> の所でも出て来るが、私は瀝青混凝土をやつて一層その感を深くした。

今亞米利加では市俄古に Lewis Institute といふ學會があつて混凝土を専門に研究して居る所のアブラム(Abram)

といふ人が、Structural materials vespurch Laboratory といふ實驗室に於て、Design of concrete mixture 即ち混凝土の配合、就中水と砂利と砂とに就て熱心に研究をして居る。その結果ファイネス・モヂユラスといふもの、研究が出来た。この研究は混凝土の工法の上に一新紀元を作つたものであると言はれて居る。

混凝土の配合に就ては既にズツと前から亞米利加では研究されて居つて、シーヴ・アナリシス・カーブ(Sieve analysis Curve)といふものが用ひられて居つた、此のシーヴ・アナリシス・カーブの研究は最初フユラー(Feltz)及びフェレンツツ(Felz)といふ人に依つて進められ、其の後New York Board of water supply のデヴィス(D. L. Davis)といふ人が、紐育の大きな河川に堤堰を造る時分に、砂利と砂の<sup>グレイン
グレイディング</sup> 度<sup>グレイン
グレイディング</sup> に就ての澤山の實驗をした結果、非常に委しい研究が出来て居る。混凝土に用ひる砂と砂利とを總稱してセメントに對して骨材^{アグリゲイト} (aggregate)と言ふ、その中で砂利及

び碎石を併せてこれを粗骨材 (Coarse aggregate) と言ひ砂のことを細骨材 (Fine aggregate) と呼んで居るが、其のアグリゲートの粒度に就て、テラー (Taylor) 及びトムソン (Thomson) といふ人の著書に、シーヴ・アナリシス・カーヴに就て非常に委しく説明がしてある。

其の配合のことを述べる前に、目篩のことを叙べた方が便宜と思ふ。

目 篩

混凝土の配合には必ず目篩 (Sieve) を用ひる必要がある。それは斯ういふ大小いろいろの目を有する目篩で (供覧) の大きな目の方は砂利に用ひ、小さい方は砂に使ふのであるが、その大きな石と小さな砂との割合がうまく行つて居ないと良い混凝土は出来ない。これは瀝青混凝土でもシート瀝青でも同じであるが、所謂最大密度最小空隙で出来上つた混凝土なり瀝青の中に出るだけ空隙の無いやうにしなければならぬ。其の爲には石にしても同じ大きさの砂利ばかり使つたのよりも、大小いろいろのものを適當に

混合することが必要である。それには此の目篩を用ひて、砂利や砂を全部篩つて見て、大小いろいろの目篩を通過する分量に依つて適當に配合されて居るか否かを見ることが出来る。

其の目篩といふものは、今日次のやうなものが標準的のものとして一般に使用されて居る。(第二表参照)

第二表 篩針金及篩田ノ大サ

目篩ノ番號	時	時	時	時	時	時	時	時	時
No. 100	0.0059	0.149	0.0040	0.102	6	20	40		
No. 50	0.0117	0.297	0.0074	0.188	6	20	40		
No. 30	0.0282	0.590	0.0180	0.330	4	10	25		
No. 16	0.0469	1.190	0.0213	0.540	3	10	10		
No. 8	0.0937	2.380	0.0331	0.840	3	10	10		
No. 4	0.1870	4.760	0.0500	1.270	3	10	10		
No. 2	0.3750	9.500	0.0920	2.330	3	10	10		
3/4	0.7500	19.000	0.1350	3.430	3	10	10		
1	1.0000	25.400	0.1620	4.120	3	10	10		
1 1/2	1.5000	38.000	0.1770	4.500	3	10	10		

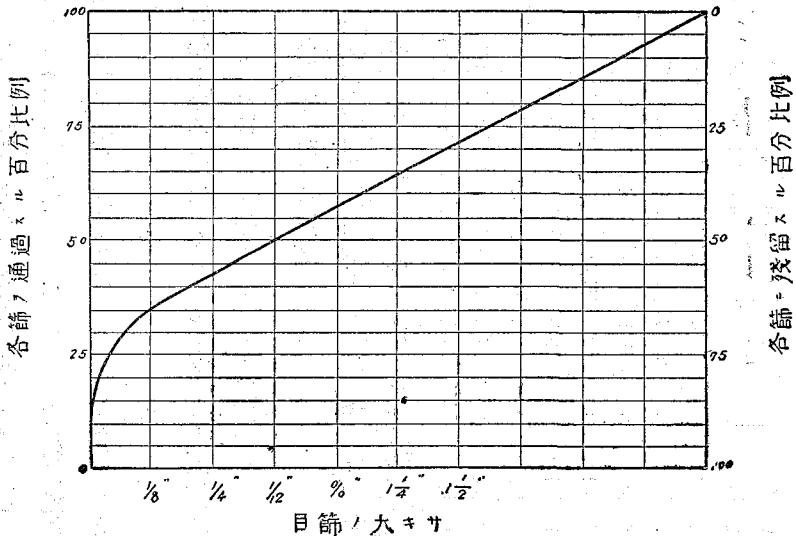
2	in	2.0000	50.800	0.1920	4.880	3	10	10
3	in	3.0000	76.000	0.2500	6.300	3	10	10

百號といふのは一吋平方に付て百の目のあるもの、五十號は一吋に五十、四號は一吋に四つといふ風に、次第に目が大きくなる。

シーヴ・アナリシス・カーヴ

そこで前に申述べたやうに亞米利加に於ていろ／＼實驗の結果、いろ／＼の大きさの目篩で篩つて見た碎石及び砂の配合の割合に就て、最も理想的の結果を得たものを曲線に現はしたのが、シーヴ・アナリシス・カーヴである。此の圖は下に現はしたのが目篩の大ききで、左の方が各篩を通過する分量の百分比率^{パーセント}を現はして居る。前の目篩を用ひて、十目篩を通過したものが幾ら、四分の一目篩を通過したものが幾らといふやうに、各目篩で篩つた結果の百分率を出して曲線を求むると、表のやうに初めは曲線で後は殆んど直線になつて居る。斯ういふ曲線になるやうな配合^{グレージン}にすれば最も理想的のグレージンが得られるといふ譯で

第三表 碎石及び砂ノ理想的曲線



ある。普通の切込砂利きりこみのアグリゲートを實際に目篩で篩つて曲線を作つて見ると、此の表に現はれたものとは著しい相違を現はして、なか／＼是が一致しない。そこで其の曲線を比較して、是ほどの位の砂利が多過ぎるか、どの大きさが足りないといふことを見てやつて行けば粒度グレインサイズの良いものが出来るといふので、さかんに用ひられたものである。けれども實際はなか／＼面倒で、一々百分率を出して曲線を合せて行くといふことはなか／＼手数を要する。

第四表 粗骨材粒度表

最大篩目 (吋)	篩目						四分ノ一圓形目篩を通過 スル量ハ15%以下トス
	3	2½	2	1½	1¼	1	
3	100	100	100	40—75	40—75	100	15%
2½		100	100	40—75	40—75	100	15%
2			100	40—75	40—75	100	15%
1½				100	40—75	100	15%
1¼					100	40—75	15%
1						35—70	15%
¾						40—75	15%

粗骨材

次にアグリゲートの中の粗骨材コーストラグレート——砂利、碎石に就て申すと、今日本で普通にやつて居るやうに、唯だ何時以下の砂利を使へと言つただけでは、最大密度最小空隙マキシム・ディンシテイ・ミニムム・ポア・スペースの原理で完全な強度は得られない。その粒度グレインサイズを或る程度まで揃へて十分の強度を保たせるには、大體砂利なり碎石の大きさが及びその割合を定めなければならぬ。その標準を示したものが次の表である。(第四表参照)

今假に二吋二分の一のものを最大として、それ以下のものを使はうとすれば、此の表に依つて、二吋二分の一の目節を全部通過して、一吋四分の一の目節を通過するものが四〇%から七五%まで無ければいかん、さうして四分の一の目節を通過する量は一五%以下でなければならぬいふことを、仕様書に書いて置くのである。尤も是は餘り嚴重に言ふと請負などの場合には高價なものになるが、或る程度まで注意すれば之に近いものが出来る。

細骨材

次に細骨材フィニッシュグレート——即ち砂であるが、砂の定義といふものは次の如くなる。

四目節ニ於テ

一〇〇%を通過スベシ

五十目節ニ於テ

三〇%以下トス

粘土其他

三%以下トス

即ち大體四分の一の目節を通つたものが砂であつて、さうして五十目節(一吋に五十目ある細かい目節)を通過する量が三〇%なくてはいかん。それから粘土とか、塵埃が三%以

上あつてはいかん。斯ういふ事は今日までの日本の仕様書には書いてないやうに思ふが、砂、砂利といふものはつきり區分する必要がある。

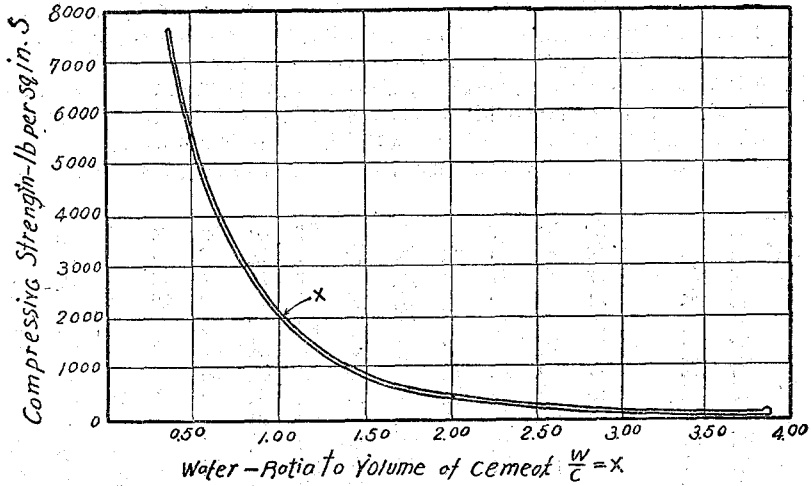
砂には粘土が多量に混つて居ると確に出来上つた混凝土の強度が弱い、であるから三%以上粘土を混じた砂は避けなければならぬ。それを見るのには先づ砂をすつかり乾燥させて五十グラムほど秤つて、之をブリキの罐に入れて水を注いで、十五分間放置してから十分に攪拌して、水を流して目方を秤つて見ると、最初の目方との差が粘土其他塵埃であるといふことがわかる。

もう一つは砂の中には有機物が入つて居るとやはり良くない。それを試験するには、苛性曹達の三%水溶液に砂を入れて二十四時間置いて見る、すると淡黄色なるものと濃褐色なるものとある、非常に濃厚な褐色になるものは有機物の含存量が多いのであるから、使つては良くない。現在我國では餘り斯ういふ事を實行して居ないやうであるがこれを嚴重にやるとよほど強度の上に影響すると思ふ。

水

その次に注意すべき事は水の分量である。今までは唯だ水の分量が多くてはいけないとか、少くてはいけないといふ事は云はれたけれども、正確な水の分量はわかつて居ない。何故かといふと、混合機ミキサーのタンクに入つて居る水は一定量かも知れないが、砂の湿度モイロチヤ、砂利の湿度といふものは全く不明である。天氣の良い日には乾いて居る、雨でも降つた後には濡れた砂を持つて来る、そこには非常な水分の差がある。利根川の工事などでも随分基礎の混凝土に就て水の問題が起つたけれども、それを正確に測る設備が出来て居なかつた。混凝土に就ては一定量の水を使ふといふ事を最も必要と思ふ。同じ強さの混凝土を造るに就いて、今申した粗骨材コングレガートと細骨材フィニッシュレグレートとセメントの三つが同一であつたならば、其の混凝土の強度を左右するものは水の分量である。あまり固い混凝土も仕事が出来ないし、非常に軟かいものも困る、そこに適當な水の分量を定めなければならぬ。

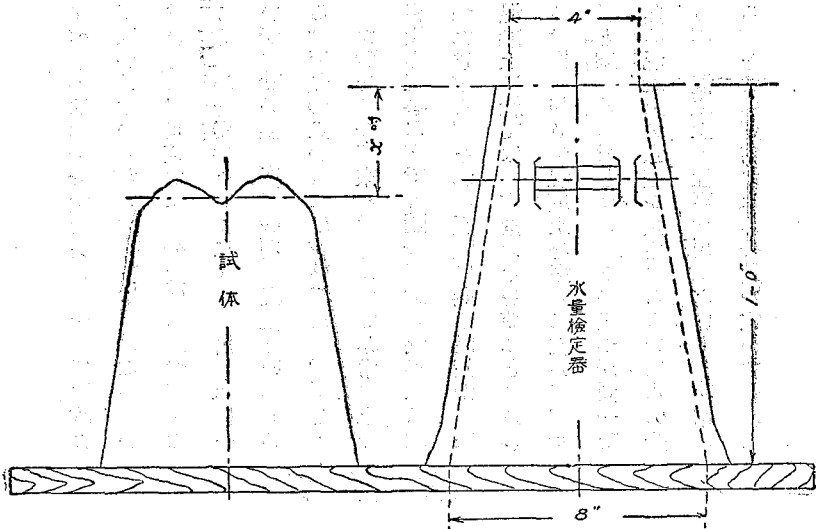
第五表



水とセメントの關係は、セメントに對して水の分量が少いほど混凝土は強いものが出る。所謂ウォーターセ

第一圖

混凝土水量檢定器使用方法



當相ニ臺ヲ保ニ置位ノ平水ヲ臺ノ製木ヅ先チ立キ先ニルス使用ヲ器定檢〔明説〕
 時三リヨ部底セ乗ヲ器定檢ニ上其リ取拭テニ布乾テ之後ルタメシヘ帶ヲ氣濕ノ
 徑直)テ以ヲ針ノ定規シ溶ヲ土凝混テマル至ニ(一ノ分四ノサ高器定檢)キ高ノ
 五十二線同前後ルタシ滿充ニ中器ヲ土凝混ニ更メ固キ搗回五十二(時一ノ分二
 下體試ケ上キ引ニ々徐ヲ器シ置安間分三儘其ケ上仕ニ寧丁ヲ面表其メ固キ搗回
 程下沈ス定測テニ尺時ヲ度程下沈ノ體試シ列並ニ上臺ク如カス示ニ圖ト器定檢
 ル取ヲサ高ノ均平シ定測ヲ度程下沈ノ所ケ四ハク若所ケ三ハ合場ルア同不ニ度
 シベ

メント、レシオといふのは其の關係を現はしたもので、(第五表圖)斯ういふ曲線になつて居る。Wは水の容積は、Cはセメントの容積で、 $\frac{W}{C}$ の關係が〇・五といふ所を見ると、混凝土の強度は一立方時に付て約五・五〇〇封度を示して居るが、一〇になると強度は二〇〇封度以下つて来る。セメントと水の關係で強度は斯様に違ふのであるから、水の分量は最も大切である、一定の標準で配合して行かなければならぬ。

其の水量を測定するに就て、最近亞米利加で研究の結果スラシブ試験(Slump test)といふ事を考へ

出した。(第一圖参照)圖のやうな水量検定器といふものがあつて、實物は鑄鐵製の頑丈なものである。混凝土を煉つて、説明にあるやうに最初器の四分の一の高さまで入れて、直

徑二分の一吋の棒で二十五回搗き固め、又混凝土を入れて今度は一パイにして、同様の棒で二十五回搗き固める。それから三分間放置してから此の器をスーツと持上げて横に置く。と圖のやうな形に混凝土が残る。そこで其の混凝土の頭部の沈下した距離を吋で測つて、それをスランブ何吋と稱するのである。即ち混凝土の練り方、水の分量に依つてスランブが違つて来る。固煉のものほどスランブの下り方が少く、軟いほど餘計に下る。であるから最初からどの位の固さの練り方が良いといふことを實驗して、そのスランブを測つて置いて、仕様書にスランブ何吋と書いて置けば、いつも一定の固さの混凝土が出来る。この検定器は斯ういふ立派な鐵製のもの造らないでも、ブリキ罐でも十分である。(但しブリキの場合には搗き固める時に外部をしつかり押へて居ないと形が崩れる)此のスランブが一定し

て居ればどんなに砂が濡れて居つても水の量が一定して来るから、現場に居つて時々之を測つて監督すれば、何時でも一定の練り方が出来る。

モウ一つの水量を測定する方法にフロー・テーブル (Flow Table) といふものがある。此の方は少し装置が面倒で、試験所あたりでやるには宜いがちよつと現場向きでない。それは圓形の平たい盤があつて、内部の装置で下の把手を廻すと盤が半吋づつ上下するやうに出来て居る。此の盤の上に前と同じ様に混凝土を型に入れて載せて、型を抜いて下の把手を廻すと、盤の上に混凝土が流れて擴がる。そこで盤の上に圓い輪が書いてあつて、其の擴がり方に依つてフローの度を測る。つまり練り方が硬いほど擴がり方が少い譯である。併し是は装置も大きくなるし、現場では少し工合が悪い、現場用としては前のスランブテストが一番良いと思ふ。

斯ういふ風にしてアグリゲイトと、水と、セメントの三つが適當に混合せられたならば、混凝土は立派な強度の強い

ものが出来るのである。

ファイネス・モヂユラス

混凝土のアグリゲートの粒^{グレイン}度に就ては、前に申したシ
 ーヴ・アナリシス・カーヴといふものが従来用ひられたけれ
 ども、其の後亞米利加の市俄古ルイス・インスチテュート
 で研究の結果、ファイネス・モヂユラス(粒度細率と譯する)
 の研究が出来て、此の方が宜しいといふことになつた。

ファイネス・モヂユラス (Fineness modulus) といふのは
 やはりシーヴ・アナリシス・カーヴと同じやうに、アグリゲ
 ートを目篩^{シエブ}で篩ふのであるけれども、少しやり方が違つて
 居る。今その計算の方法を例示すると(第六表)

第六表 フライネスモヂユラス計算法

「フライネスモヂユラス」ト「シーブアナリシス」ノ百
 分率ノ和ヲ百ニテ除シタルモノナリ

篩目 (吋)	残留量 (凡)	残留率ノ百分率	適用數	百分率
1 1/2 吋	21.8	1.1		
1 吋	118.5	5.9	7.0	98.00
3/4 吋	330.0	16.5	28.5	76.50

3/8 吋	315.0	15.7	39.2	60.80
4	380.5	19.0	58.2	41.80
8	284.5	13.8	72.0	28.00
14	182.4	9.1	81.1	18.90
28	159.5	7.0	88.1	11.90
48	149.4	7.9	96.0	4.00
100	159.8	8.0	99.0	1.00
海海計	19.4	1.0	100.0	
計	200.0	100.		335.90

フライネスモヂユラス $335.9 \div 100 = 3.359$

即ちファイネス・モヂユラスといふのは、シーヴ・アナリシ
 スの百分率の和を100で割つたものである。此の表に就
 て説明すれば、左の方が目篩^{シエブ}の大きさを示して居る、一時
 二分の一から一〇〇目篩までの十種の目篩を使つて、二千
 グラムの切込の砂利を篩つて見た。さうすると一時二分の
 一の目篩に残つた量は二一・八グラム、以下ズツと各自篩に
 残留する量が出て居る。その残留を百分率にすると、二一・
 八グラムは二千グラムの一・一％に當る、以下表のやうな數

字になる。次に遞加數、即ち殘留量を合せて行くと、一時目篩に於ては七%だけ殘留したことになる、四分の三目篩に於ては二三・五%だけ殘留したことになる、以下だんく遞加して百目篩では九九%が殘留することになる。此の殘留量に依つて各目篩の通過量の百分率を求めると、一時目篩では一〇〇から七% 引いた九三%、以下斯ういふ數字が出る、これが即ちシーヴ・アナリシスの百分率である。その和は三三五・九となる、それを一〇〇で除した三・三五九といふものが即ちファイネス・モヂユラスになるのである。つまりシーヴ・アナリシス。カーヴと同じ理窟であるけれども、此の方は一々曲線を描いて合せる必要もなく、簡單に計算が出来る。

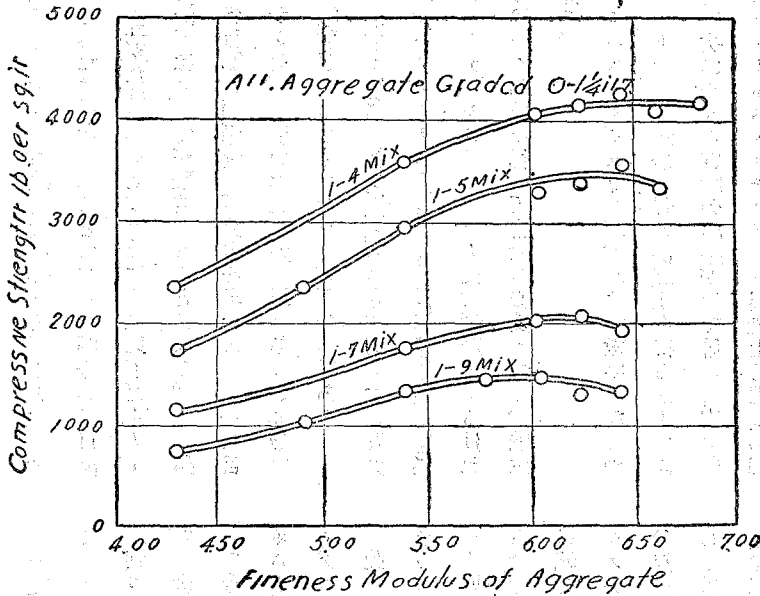
然らばファイネス・モヂユラスがどれ位の數字になるやうなアグリゲートの配合が最も強い混凝土を得るかといふとそれに就ては次のやうな實驗の結果が出て居る(第七表) 上の曲線はファイネス・モヂユラスと混凝土の強度の關係を示したもので、是は水はウォーター・セメント・レシオ

で一定の水を使ひ、セメントは一定のセメントを使つて、單にアグリゲートのグレーディングが違つた場合はどういふ強さの混凝土が出来るかといふ實驗の結果である。表の左の數字は混凝の抗壓強度(立方吋に付ての)を封度で現はして居る。下の方の數字は今の計算方法で計算したファイネス・モヂユラスの數字である。此の試験ではファイネス・モヂユラスは四・三から六・八までの間が用ひられて居る。

此の表に就て説明すると、此の試験はアグリゲートの大きさは何れも一時四分の一から〇まで、セメントの混合は一：四、一：五、一：七、一：九といふ四通りに分けてある。今一：四の混合(セメント一にアグリゲート四の割合)に就て見ると、同じ一：四の混凝土でもファイネス・モヂユラスの如何に依つて其の強度は二、四〇〇封度から四、二〇〇封度までの相違があるといふことを、一番上の曲線が示して居る。ファイネス・モヂユラスが四・五の所を見ると強度は二・五〇〇封度である、所が六・〇になると四・〇〇〇封度に昇つて居る。であるから此の曲線に依つて、一：四混

第七表

RELATION BETWEEN FINENESS MODULUS OF AGGREGATE AND STRENGTH OF CONCRETE



Sand and pebbie aggregat graded 0-1 1/4 inch 28-day compression tests of 6 by 12-inch cylinders.

The sieve analyses of the aggregates given below

Range insize	Fineness Modulus	per cent coarser than Exitin sieve									
		100	48	28	14	8	4	3/8	3/4	1 1/2	2
0-1 1/4"	4.30	89	82	72	62	51	38	25	11	0	...
"	4.93	95	89	82	73	61	47	32	14	0	...
"	5.40	98	94	88	80	69	55	36	18	0	...
"	6.04	99	98	95	90	81	68	59	24	0	...
"	6.25	100	99	97	22	85	72	53	27	0	...
"	6.45	100	99	98	92	88	77	58	30	0	...
"	6.60	100	100	99	96	91	80	62	32	0	...
"	6.82	100	100	99	98	94	86	68	37	0	...

合の場合には
 ファイネス・
 モヂユラスが
 六〇から六・
 八になるやう
 なアグリゲト
 トの配合にす
 れば、一番強
 い混凝土が得
 られるといふ
 ことになる。
 二番目の曲線
 は一：五混合
 の場合、ファ
 イネス・モヂ
 ユラス四・五
 の時には一・

九〇〇封度、それが六・〇になると三・四〇〇封度に昇つて居る。斯ういふ風に同じ一：三：四なり一：三：五の混合でも、アグリゲートの配合に依つて強度が非常に違ふ、所謂最大密度最小空隙の理論に従つて、同じ砂利を混ぜるものでも、大きいのと小さいのと適當の割合に混つて居らなければ、強度は弱い、一：三：六の混合といつても一：三：六だけの強度が出ないから、其の場合にはセメントを多く加へなければならぬ、それは損であるから粒度の良いアグリゲートを使へばセメントは少量でも強い混泥土が出来て、最も經濟的に行く譯である。

其のファイネス・モヂユラスの實際のグレーディングの割合、即ち各目篩に残留するアグリゲートの量は、一番下の表に示した通りになつて居る。此の表に依つて配合をすれば任意のファイネス、モヂユラスが得られるのである。

此のファイネス、モヂユラスの研究は一體どういふ所から始まつたかといふと、混泥土を造るのに一體何千封度のものを造つて居るかといふことは、現場ではわからない。

一：二：三とか一：二：四とか言つてもそれが果してどの

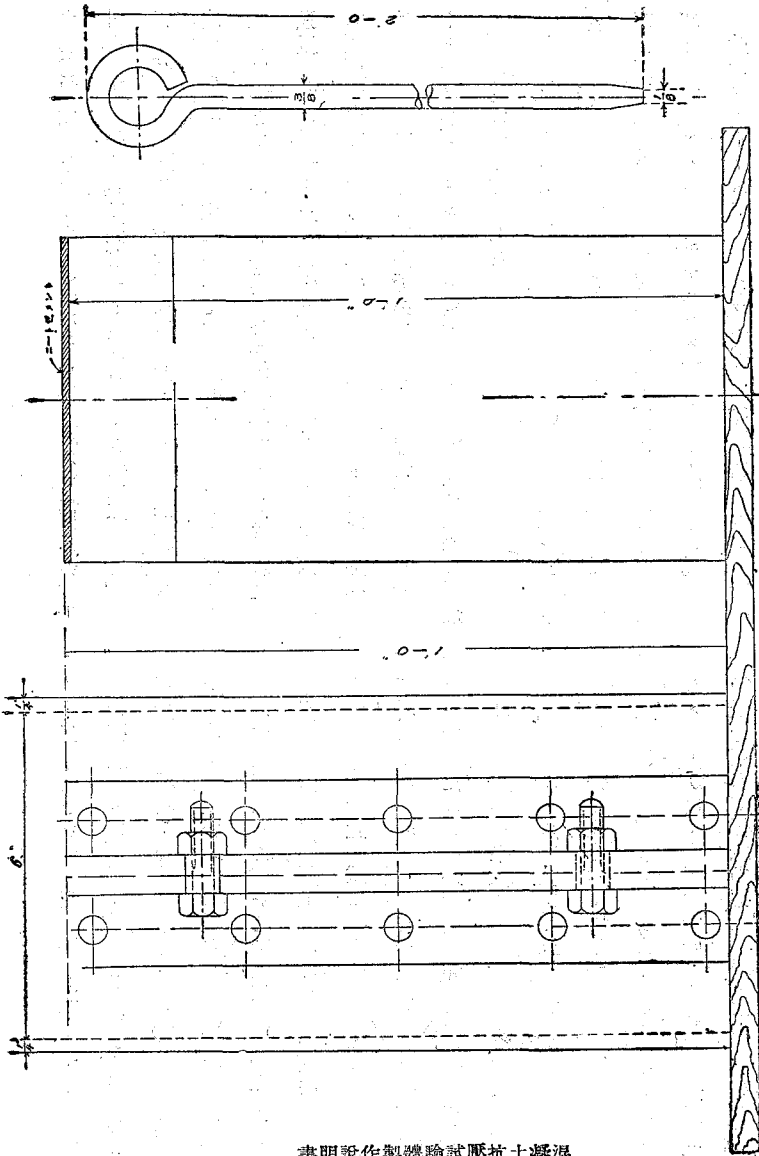
位の強度のものが出来て居るかわからない。此の舗装は何百封度の混泥土を使はうとか、此の基礎は何千封度の混泥土を使はうといふには、どうしても強度に大體の見當が附

かなければならぬ、そこで如何なる配合のアグリゲートがどういふ程度の混泥土になるかといふ所から、此の試験が起つたので、此の試験は次に示したやうな(第二圖)高さ十二時に直徑六吋の圓筒を一萬本から造つて混泥土の抗壓試験をやつた其の結果が前の曲線になつて現はれたのである

此の實驗の結果、砂利と砂の配合に就てはファイネス・モヂユラスを六・〇とか六・五とかきめてある、一方にはセメントの配合がきまつて居るから、例へば二・〇〇封度の混泥土を造らうと思へば、ファイネス・モヂユラスがいくら、セメントがいくら、水がいくらといふ表が出来て居る。その表を用ひて任意の強度の混泥土が出来る。

水の分量に就ては諸君もよく御承知のアブラム氏のウォーター・セメント・レシオといふもの、研究が出来て居る。

又アブラム氏の發表があつてから後と思ふが、イリ
 ノイス大學のタルボット教授 (Prof. Talbot) が、ウ
 ヴォイド・レシオ (Cement void Ratio) であるとい
 オーター・セメント・レシオではなくしてセメント。



書明説作製體験試壓抗土凝混

杵型及面表其ヲ保ニ置位ノ平水ヲ臺ノ製木ハニルス用使ヲ杵型験試壓抗土凝混
 ニ毎ルス塗ニ吋三層各ミ込メ詰ニ々徐ヲ土凝混リ塗ヲ油重クナ過不ニ面内ノ
 蓋ヲトシセドニユニ部頂ノ其度濕ノ當適ニ體試後ルタ上仕ニ滑平ニ殊リ
 後間時四十二シ備設様ルムシバ帶ヲ度濕ノ當適ニ體試後ルタ上仕ニ滑平ニ殊リ
 シベス置安ニ中槽水間期ノ定所キ除リ取ヲ杵型

ふ説を發表されたけれども是は内容が難かしくてなかく現場員にはわからない、現在は亞米利加でも此のスランブ・テストが現場では一番多く用ひれて居る。此のスランブ・テストは前にも申した通り亞鉛板でも出来るのであるから、日本でも之を現場に用ひて、仕事に應じてそれ／＼スランブの程度をきめて水の分量を一定にし、又アグリゲートのファイネス・モヂユラスを計算して強度を誤らないやうにしたならば、理想的の混凝土の設計が出来ると思ふ。

要するに混凝土の強度といふものは、セメントばかり入れたからといつて決して強くない。混凝土を形造るものは砂と碎石と水とセメントである、水も砂も碎石もセメント同様重大な作用をするのだから、セメントが大切な如く砂も大事でなければならぬ。それに就ては今まで日本で普通に使はれたやうに仕様書が不完全であると、砂も粘土が譯山入つて居つたり、其の粒度グレインシヅクに就ても何等の規定がないのであるから、本當の強度が出て來ない。であるから一定のセメントには一定の大きさのアグリゲートを使ふよ

りも、砂とか碎石の大きさがそれ／＼異つた適當の配合のものを使つて行くと、セメントを少く使つて完全な混凝土が出来るのである。往く／＼は日本にも舗装道路に混凝土を用ひなければならぬ時代が來るだらうと思ふ。さういふ場合には是等の事を參考として、アグリゲートやウオーター・セメント・レシオの事を研究して、良い混凝土を造つたならば、經濟的の舗装をすることが出來やうと思ふ。

米國の混凝土道路

今亞米利加でやつて居る混凝土道路は實に大仕掛のもので、其の工法を三通りに分けると、第一は今日日本でやつて居るのと同じやうに、砂と碎石を路盤に置いて現場コンクリートに混合機マシを置いて煉る方法、是は極く小さい所をやるのに用ひられて居る。次はバグチバグチ・マシマシ・ケシケシグといつて、材料を豫めスツカリ混合して置いて、それを現場に持つて行つて煉る方法、其の仕掛はかなり大きなもので相當に用ひられて居る。第三はセントルイスセントルイス・ケシケシグ・プラントプラント中央混合所といふものを設けて置いてそこに機械を据付けて、砂でも碎石でもセメントでも一々目方を秤つて煉つ

て、それを小さい機關車や一噸ぐらゐのトラックで現場に運ぶ、大抵八哩位の距離まで運搬が出来るやうになつて居る。何故かといふとセメントは煉り始めてから四十分間はまだ硬化を始めないから、四十分の範圍で達する所には運ぶことが出来る。此の方法が最も盛んであつて、到る處に大仕掛の混合所を置いてやつて居る。今 Highway (日本の國道、府縣道に當るもの)の全部に亘つて、二百二十萬哩(延長にすれば地球の周圍を十回も取巻く)といふ大きな舗装計畫を立て居る。勿論これが竣功する迄にはまだ容易でないと思ふが、其の第一期計畫が實施されて四十五萬哩の道路を完成しやうといふので非常に努力して居る。是が完成すると彼の北米の廣漠たる原野に七平方哩に付て一哩の舗装道路が出来て、殆ど貨物の全部を道路で運搬するやうになる。軍事上から言つても産業上から言つても、今はモウ鐵道よりはハイウエーだといふやうな勢ひで、到るところに狂人みたやうになつて道路工事をやつて居る状態である。

混凝土道路の表面を仕上げるにはローラーの小さいやうな機械があつて(第三圖参照)これをグル／＼轉がして行くくと表面が綺麗に仕上がる。(これは日本でもやらうと思へば、こんな機械を買はなくても、大きな石のローラーを造つてそれに軸を通して綱を附けて引張れば立派に表面が綺麗になる)亞米利加でも小さい道路は大抵これで作つて居る。

第三圖

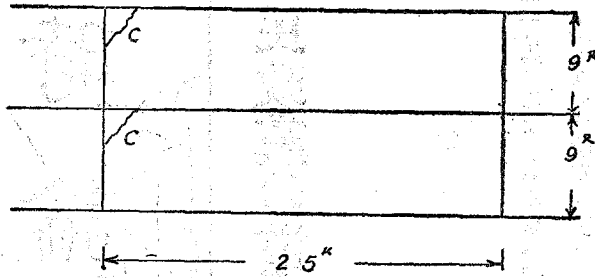


混凝土舗装道路に就て一番問題になるのは伸縮結合で、此處からどうも壞れる。亞米利加で作つて居るのは(第四圖)圖のやうに大抵二十五間ぐらゐにやつて居るが、大抵壞れて居る。此の事に就ては亞米利加のイリノイス州道路局 (Division of Highway State of Illinois) で Bate の實驗道路 (Experimental Road)と言つて非常に綿密な研究をやつた、六十二種の工種の道路を造つて、やらなかつたのは石塊と木塊だけで、それ以外の全都の道路

なるのは伸縮結合で、此處からどうも壞れる。亞米利加で作つて居るのは(第四圖)圖のやうに大抵二十五間ぐらゐにやつて居るが、大抵壞れて居る。此の事に就ては亞米利加のイリノイス州道路局 (Division of Highway State of Illinois) で Bate の實驗道路 (Experimental Road)と言つて非常に綿密な研究をやつた、六十二種の工種の道路を造つて、やらなかつたのは石塊と木塊だけで、それ以外の全都の道路

に就いて、四噸トラックを走らせて其の結果を試験した。
其の結果に依ると斯ういふ舗装の角(圖のC)が一番壊れ

第四圖

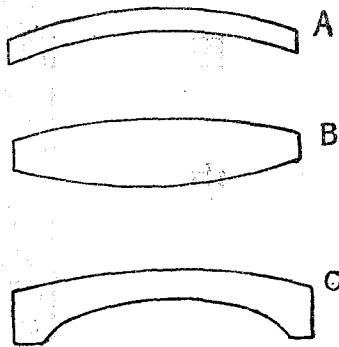


易いといふことを發見した。そこで今まで造つて居つた道路の断面は、(第五圖)多くAのやうな形たまにはBのやうな断面に造つたものもあるが、今の實驗の結果に依ると、將來の混凝土道路はCのやうに隅の所を厚くした之に鐵筋を入れた断面のものにしなければならぬといふことになつた。是は非常な金を掛けて實驗した結果、さういふことになつて居るのである。

研究

スランプの程度は仕事の種類にも依るが、普通にやるのであつたら一吋から一吋半ぐらゐが適當と思ふ、固煉をやらうと思つたら一吋ぐらゐで宜しい、スランプが多いと強度が減つて来る、ベルデンの建築などには極く軟くなくては使へないが、澤山水を使へばズツと強度が減るからセメントを澤山使はなければならぬ。であるから混凝土をやる時分には、先づ此の位の固さといふことを自分で見當を附けて煉つて見て、その時のスランプを覺えて置けば、今度は此の工事には幾らのスランプにするといふことで、混凝土の煉り方が始終きまつて来る。

第五圖



ては使へないが、澤山水を使へばズツと強度が減るからセメントを澤山使はなければならぬ。

六五