

てをること、橋に充分の拱矢を與へることが出來、極めてすぐれた外觀を有せしむることが出來たらしい。橋は床

が二重で上が道路橋幅約九米、下が單線鐵道を通ずる様になつてをる。混凝土用の碎石及砂利が架設地點に豊富であることは、鐵筋混凝土拱橋が他の鋼拱橋の設計に打ちかつて採用せらるゝに至つた大きな原因である。使用混凝土量約一六、〇〇〇立方米、鐵筋量約一、二〇〇噸なりと傳へられる。

設計者はサン、ピエール、ドウ、ポブレー橋と同様 E. Freyssinet 氏で工事は巴里の L'Entreprise Limousin et Cie が擔當し、受負金額一一、〇〇〇、〇〇〇法と聞く。

## 膠灰混凝土の合理的混合

兵庫縣技師 井口眞造

因みに歐米に於ける徑間長一〇〇米以上の鐵筋混凝土拱橋の實例を示せば次表の通りである。

國名	橋名	年代	徑間	拱矢 徑間
瑞西	Langwies の Chur-Arosa 鐵道橋	1914	100	1 3.38
同	Waldstak の Hundwilerobel 橋	1925	105	1 2.92
伊	Rome の Tiber 橋	1911	100	1 10
佛	St. Pierre du Vauvray 橋	1923	131.8	1 5.27
米	Minneapolis の Carpelent 橋	1922	121.9	1 4.45

粒 度 率 Fineness Modulus.

研 究

粒度率は一九一九年アブラム氏により Structural Material

als Research Laboratory, Lewis Institute. に所論せるもの(後編に之れを拔萃の積り)にして骨材の粒度率は所要の強度に對し幾何の「セメント」及幾何の水を與ふれば可なるやの問題に對し正確なる基礎を與ふるものにして骨材の粒度率大なるものが粒度率小なるものより混凝土の強度大なり且つ骨材の粒度率一定ならば其の他の條件の不變なる限り強度一定するものなり其の數字的關係は次の如くして

$$m = 7.94 + 8.82 \text{ Log} d$$

故に粒度率( $m$ )は粒の直徑を吋にて表せる( $d$ )ものの對數的係數である。

而して對數の「ベース」は一〇にして他の常數は使用せる篩とか測定の單位によりて變るのである。如何なる場合にも骨材の科學的研究をなさむに是非篩試験を試みねばならぬが Am. Soc. of Testing Materials にて推奨する試験篩は篩目が No 100, 50, 30, 16, 8, 4,  $\frac{3}{8}$ , " $\frac{1}{2}$ " の各篩目の隙が丁度倍の大きにて進むものである。

粒度率は骨材を此篩にて篩ひ、各篩に残留せる百分率を

加へて百にて除したるものなるが現場では篩の數を省略して No 50, 16, 4,  $\frac{3}{8}$ , " $\frac{1}{2}$ " 位を使用し方眼紙に曲線を引き粒度率を測定してもよい。

骨材の「サンプリング」は完全に乾燥せるものにして砂一〇封度砂利二〇封度を採りて篩試験をするが「サンプリング」は粒度が代表的たるべき方法に依るは勿論である。

一般に混凝用細粒骨材は通常二、吋目即ち四番篩を全部通過するものにして五〇番篩通過が三〇%以下で洗浄除去なし得る「ダスト」が三%以内なるを要す、又粗粒骨材は構造と地方とによつて最大粒は相違するが最小粒は四番篩通過が一五%以下なるを要す。

混凝土の骨材即ち砂、砂利、又は碎石等は勿論強度に對して重要な要素をなすものにして且つ清淨、堅硬、耐久、不純物を含有せず等も又必要なる性状ではあるが骨材の粒度關係に比較して直接強度の上に大なる影響はない、故に現今は骨材其のものの研究より骨材の混凝土としての研究が一層價值あるものと見做されてある。L.N. Edwardsの表

面積論 W. B. Fuller, G.H. Williams, Prof. Talbot などの  
 空隙論又は Prof. Abrams の粒度率等多くの斯道大家の所  
 説があるが要するに混凝土としての骨材は混合水量の最小  
 なるもの、所要「モルタル」の最小量にて目的を達する砂  
 利を撰擇すべきであらう。

其れ故に骨材は粒度關係が最小空隙を存し且つ粗なる大  
 粒のものを最も適當とする。

一般に強度大なる混凝土は粒度粗なる砂及砂利を使用せ  
 る場合にして強度低き混凝土は粒度細き砂及砂利の場合に  
 起り、且つ砂利は砂に比し混凝土強度に大なる影響を與ふ  
 るものである、例へば混凝土混合の場合に「セメント」一合  
 骨材四の配合に於て四を全部砂利とせる場合に二、三〇〇  
 封度平方吋を表すにも關らず四を全部砂を代用せば其の強  
 度は一、四〇〇封度平方吋に低落するものである。然しなが  
 ら骨材は粗なるもの強しとするも程度を超過して大粒に過  
 ぐるならば一定の「セメント」に對し混凝土は、ばちく  
 せるものとなりて作業に不適當なる結果を招くは又當然の

第 一 圖

事である。

Real Mix Cem.to Aggr.	Size of Aggregates								
	0-8	0-4	0-3/8"	0-3/4"	0-1"	0-1 1/2"	0-2"	0-3"	0-6
1:9	2.45	3.05	3.85	4.65	5.00	5.40	5.80	6.25	7.05
1:7	2.55	3.20	3.95	4.75	5.15	5.55	5.95	6.25	7.20
1:6	2.65	3.30	4.05	4.85	5.25	5.65	6.05	6.50	7.30
1:5	2.75	3.45	4.20	5.00	5.40	5.80	6.20	6.60	7.45
1:4	2.90	3.60	4.40	5.20	5.60	6.00	6.40	6.85	7.65
1:3	3.10	3.90	4.70	5.50	5.90	6.30	6.70	7.15	8.00
1;2	3.40	4.20	5.05	5.90	6.30	6.70	7.10	7.55	8.40
1:1	3.80	4.75	5.60	6.50	6.90	7.35	7.75	8.20	9.10

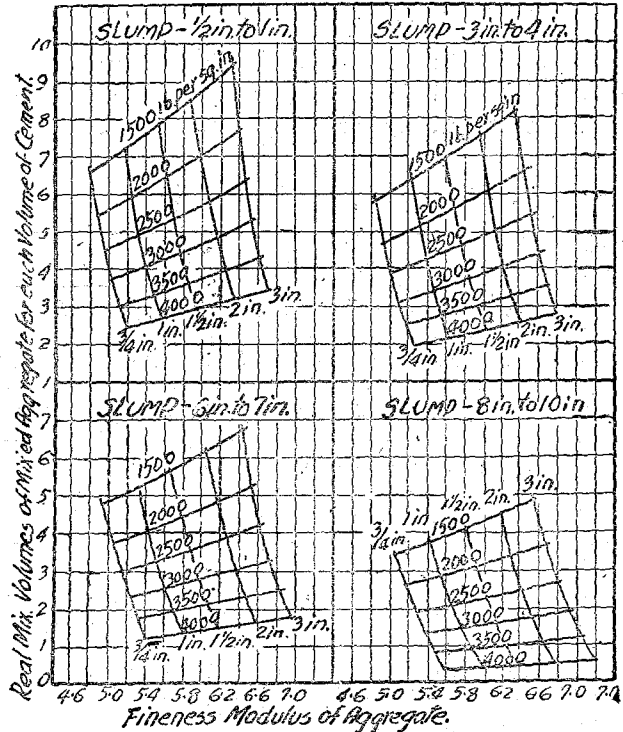
Fig. 3. Mix. Permissible Values for Fineness Modulus of Aggregates.

前表は一定配合と砂利の大きさに對し骨材の許容最大粒度率を示すものにして碎石及礫滓に對しては〇、二五%を減じ扁平なる砂利には〇、二五%を減ず、構造物の最も薄き部分が砂利の最大粒の一〇倍に上なる時は四分三時に〇、一〇%を加へ一時二分一には〇、二〇%を加へ三時には〇、三〇%を加へ六時には〇、四%を加ふ、但し砂の最小粒度率は一、五以下に下るべからず。

或る一定の粒度率を有する合骨材は諸種の粗細兩骨材を適當に配合して幾様にも作り得るが、又一定の粒度率を有する合骨材は所要の稠度を得るに要する混合水量は一定せるものなり。

今粗細兩骨材の粒度率を知り合材の粒度率を求め、又は粒度率を知りて兩骨材配合の割合を求むるには

圖 二 第



M = Fineness Modulus of The Mixed Aggregate.  
 M<sub>F</sub> = Fine  
 M<sub>C</sub> = Coarse

Fig. 4. RELATION BETWEEN VARIOUS FACTORS AND STRENGTH.

$r = \text{Ratio of Volume of Fine Aggregate to Sum of}$

$\text{Volumes of Fine and Coarse Aggregate Measured}$

$\text{Separately.}$

Then  $M = rM_f + (1-r)M_c$

and  $r = \frac{M_c - M}{M_c - M_f}$

Fig. 3. は骨材の許容最大粒度率を示すものにして、且つ

最良の骨材である、又粗細兩骨材を混合すれば容積は各自別々の容積の合計より約八分の一を減ずるから假定配合:

2:4 は實配合とすれば 1:5.25 となるのである。

Fig. 4. は混凝土の稠度別に強度と骨材の大きさに對し、

骨材の粒度率と「セメント」の單容積に對する合骨材の割合を示せる圖表にして、例へば「スラムプ」6"air"の表に

於て所要強度を一、五〇〇封度平方吋とし一吋砂利を使用せる場合には骨材の粒度率は五、三で配合は「セメント」

一に對し合骨材は五、二を混合すれば可なり、故に實配合は 1:5.2 となる。

今粒度率を次の如くすれば細粒骨材の配合は

$$r = \frac{M_c - M}{M_c - M_f} = \frac{6.9 - 5.3}{6.9 - 2.93} = 10.3\%$$

合骨材の收縮歩合を〇・八五とすれば各細粗骨材の容積

の合計は  $\frac{5.2}{0.85} = 6.12$

$6.12 \times 0.4 = 2.45 \dots \dots \dots$  砂の容積

$6.12 \times 0.6 = 3.67 \dots \dots \dots$  砂利の容積

假定配合は 1:2.45:3.67 となる。

此配合は乾燥せる材料によるものにして、現場にては必ず多少の濕氣を含有するが故に骨材の濕氣膨脹に對する容積調節をする必要がある。

### 骨材の包水膨脹

一般に砂及砂利は少なくも二乃至五%の水分を包有し、曇天又は雨天其の他氣候の變化により常に其の包有水量に著しく差異を生じ或る砂は重量により四〇%の水分さへ包有する事もある。

斯様に現場に於ける骨材は變化常なき水分を包含すが故に濕氣に依る膨脹容積の調節と同時に所要混合水量に對

	Dry Rodded	Dry Loose	Loose	Loose	Loose	Loose	Loose	Loose	Inn-dated.
% Water Content	—	—	1	2.5	5.0	7.5	10	15	20
% Volume Increased	—	5.82	15.2	34.5	43.3	41.0	33.6	24.6	2.3
lbs. Weight Cu. Ft.	108.0	102.0	94.5	82.4	79.3	82.4	85.8	99.5	127.0

第三圖

する包水又は吸水の調節を必要とするのである。

故に合理的なる混合水量は骨材が濕潤なる場合は所要水量より骨材の包水を減じたるものであり、又骨材がよく乾燥せる場合は必要混合水量に骨材の吸水量の和でなければならぬ。

今「ブローノックス、イナンドレーター」の或る砂の膨脹する一例を挙げれば骨材の水分と容積の關係は次の如くなる。

前表に於て水分は重量によるのであるが、水分が五%で容積は實に四三%を増加し、水分二〇%にて容積は反つて收縮して殆んど乾燥状態のものに接近

し、尙更に水を加へたる容積の變化は單に水の増加に依る直線的變化に過ぎない(第二圖參照)

現場にて常の悩みである混合水量と砂の包水膨脹から來る混凝土混合の不正確を排除する爲めに前の理論を適用して砂は常に水に飽和状態にて供給し混合水は常に飽和にいし水と更に注加する水量を適量として一定するならば、現場骨材の乾濕如何に關せず常に一定量の砂と混合水を供給して同一強度の混凝土を得る機械的裝置が「コンクリート、プラント」の「イナンドレーター」の効能である。

砂利に於ける包水及其の膨脹は、さほど大なる結果を混凝土に與へないが、砂に對しては充分考慮を拂はねばならぬ。而して其の包水及膨脹は海砂、川砂、又は採取位置或は其の質及形狀等に依りて餘程相違するから膨脹等を假定するより各地方毎に「サンプル」により簡單に骨材の包水膨脹及吸水等の關係を數字的に知る事を得るを以て是れが實驗を試むべきである。

斯くして砂利及砂に關する包水膨脹率を求め前に算出せ

乾燥材料の割合に更に材料の湿度に應じて適當なる配合割合を算定するのである。

今假りに現場にて使用する濕りたる砂を高さ一〇吋の圓筒罐に充し其の砂を出して乾燥せしめ再び罐に收め砂の高さ八吋四分三となりたるとせば砂の包水膨脹率は次の如し

$$\frac{1.25}{8.75} = 14.3\%$$

同様に砂利に就きて試み砂利の高さ九吋四分三となりたるものとせば其の膨脹率は

$$\frac{0.25}{9.75} = 2.56\%$$

故に前段の配合は

$$\text{砂} \dots\dots\dots 2.45 \times 1.148 = 2.80$$

$$\text{砂利} \dots\dots\dots 3.67 \times 1.026 = 3.76$$

となりて現場配合は 1:2.80 : 3.76 となる。

最後に混合水の適量なるが、水は第一圖に依りて求めたる水量に現場の粗細兩骨材の包有する水分を扣除せるものを注加すれば可なるも時々測定する繁を避くる爲現場にては粗細兩骨材の包水と膨脹の關係圖表を作製するを便とす

### 簡易配合法

粒度率による混合法は理論的混合法として最も優れたるものと考ふるも多忙なる現場にては隨分厄介なる場合もあるから次の如くすれば工夫でも助手でも經濟的配合を簡單に決定する事が出来る。

今一立方尺の枿を採り砂に對する砂利の割合を 37.3:56.5:46 等の如く乾燥せる兩骨材を一定等差ある配合にて混合し是れを各別に衡量し最も重きものを理論的配合とし其れに前段の包水膨脹の調節をなして現場配合を定め水比の關係は前段通りにするのである。

我が國にては「アスファルト」混凝土混合には總ゆる注意を拂ふが、膠灰混凝土混合には遙かに注意が足りない事は異様に思はれる。膠灰鋪裝の如き最大強度の混凝土を要する場合は合理的混合法に據るにあらざれば勿論良結果を得る望みはない、然し高價なる「コンクリートプラント」は小規模の工事には元より備へ難し、又必ずしも是れに據る必要もなかるべく、要は如説を念とし研究施工するならば更に一段の良結果を得るものと信ず。