

土木建築 工事基本知識講座

第 11 編 の 3

コンクリートに関する誌上講演

混 凝 土 の 水 セ メ ン ト 比

鐵道技師 工學士 山 田 隆 二

コンクリートの合理的施工を實行する爲めには斯種の記事を幾度でも繰返して徹底的に普及したいものです、昨年末頒布したコンクリート、カードと對照して精讀を乞ふものである(編輯係)

(2) Abrams の混凝土配合の設計方法

Abrams が其の實驗及研究より得た種々の材料を基礎として與へられたる材料に對し如何にして所要強度の混凝土を設計配合するかを説明するに次の様な順序である。

1. 試驗體28日後の所要強度(例へば 2,000 封度)の混凝土を作らんごするには其の水セメント比即 w/c は幾何なりやを見る換言すれば Abrams 曲線により必要強度に對する水量を求める。(之は出來得れば各セメントに就て豫め曲線を作つておくによいが、一般に Abrams 曲線を用ひても大差はない)
2. 砂及砂利の篩分を爲し其の各の F.M. を求める。
3. 砂利の最大寸法を定める。
4. 混凝土の Workability 即 Slump は幾何位を必要とするやを定める。
5. 使用砂利の大きさ、所要 Slump 及所要強度に對して必要なる Real mix. 及 F.M. を求める。
6. 所要 F.M. に對して與へられたる砂、砂利を如何に配合するかを定める。
7. 以上の諸項にて Nominal mix は決定す

るが最後に現場配合を定める爲に砂、砂利の含水量に對する訂正を行ふ。

強度 w/c の曲線は第一圖に示した者であるが尙實地に使用し易い様に第八圖を作つてある、之は第一圖と同様の者を A とし別に B 曲線を加へてある。A 曲線 $(S = \frac{14,000}{7^x})$ は監督も嚴重で、施工に Mixer, Inundator 等の機械類を使用し所謂上等の工事に用ひ、B 曲線 $(S = \frac{14,000}{9^x})$ は施工程度の嚴密ならざる場合に適用する。砂利の最大寸法、所要 Slump, 所要強度 w/c に對する mix. 及 F.M. の關係を知る爲に第九圖を用ふ、之はスランプを 4 種に分類し各に對して強度 w/c 砂利の最大寸法 w/c を與へて居るが實際には之で充分である用方は例へば Slump 3—4吋で 2,000 封度の混凝土を作るには 1吋砂利であれば mix 1:5.2 で其の F.M. 5.3 にすればよいといふのである。砂、砂利各の F.M. を知つて居て其の混合したもの w/c を知るには次の公式による。今 M = 混合した混凝材の F.M.
 M_r = 砂の F.M.
 M_s = 砂利の F.M.
 r = 砂 w/c 砂利を別々に測定した容積の合計に對する砂容積の割合
 ますれば $M = rM_r + (1-r)M_s$ 又は

$$r = \frac{M_c - M}{M_c - M_f} \dots\dots\dots(a)$$

次に數字に就て設計例を示す。

目的 28日後の強度 2,000(封度、吋)

鐵筋混凝土
所要の Slump 4吋

使用砂及砂利 :一測度の結果

砂の F.M. = 2.93 = M_f
砂利の F.M. = 6.90 = M_c
砂利の最大寸法 1吋

施工は嚴重なります。

第八圖 A 曲線より 2,000 封度強度に對する W/C は 1.0 であるから使用すべき水量はセメント 1 立方呎(94封度)に對し水 1 立方呎なるを知る。第九圖 Slump 4吋の區劃より強度 2,000 封度、砂利大 1吋に對しては

所要 F.M. = 5.3
Realmix = 1:5.2

を求める。

然るに第六圖より 1吋砂利、1:5.2 mix. に對する最大許容 F.M. は第六圖より約 5.4 なるを以て上記所要 F.M. 5.3 は適當なるを知る。而して使用砂及砂利を混合して此の F.M.

= 5.3 を得るには砂の量を幾何の割合にするかは前記(a)式を用ふ、即 $r = \frac{M_c - M}{M_c - M_f}$
($M = 5.3, M_c = 6.90, M_f = 2.93$)
 $r = \frac{6.90 - 5.3}{6.90 - 2.93} = 0.40$

仍て砂 0.40 砂利 0.60 を混合すればよい、而して砂 0.40 ミ砂利 0.60 を混合するミ總量は 1.0 にはならぬが其の縮少割合は前記測定罐(大なる方)を用ひて實驗する、其の方法は罐内に乾砂利 6 吋だけ測り又別に乾砂を同様 4 吋だけ測り兩者を混和し棒突の後再び罐内に容れ高を測る、此の

時に高が 7.8 吋ありミすれば砂 0.4 ミ砂利 0.6 にて結量 0.78 を得るのである、(砂利の空隙 38% の場合は大體此の位になる) 故に 1:5.2 の mix に對して所要量は

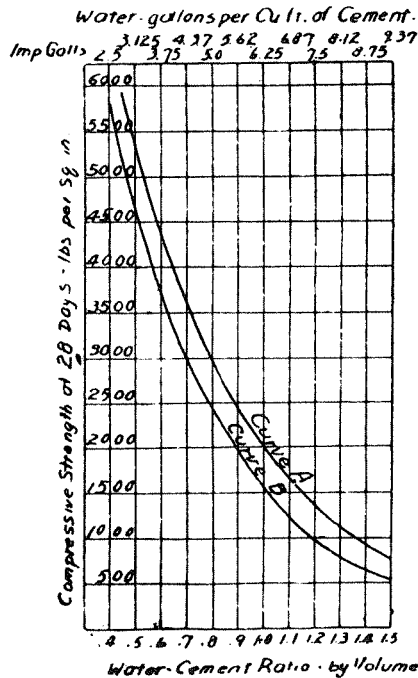
$$\text{砂容積} = 5.2 \times \frac{0.40}{0.78} = 2.67$$

$$\text{砂利容積} = 5.2 \times \frac{0.60}{0.78} = 4.00$$

從て求むる所の名稱配合(Nominal mix) は 1:2.67:4.00 ミ W/C = 1.0 である。

之で配合の設計は決定したのである、實際の場合即現場では砂、砂利に含水あり又砂は含水により其の容積に増加を來すを以て其の訂正を要する、即現場配合を定むる訂正があるが後章示方書の改正要項の處で説明するを以て茲には省略し若し出來上り混凝土がスランプ試験の結果硬軟何れかに過ぎ水量の加減をする場合にはセメントも同時に加減し W/C は一定に保ちたる所謂セメント、ペーストによりて Slump の増減を計るべきを忘れてはならぬ
上記の例で出來上り混凝土量を概算するに(之は精確なる數字でなく最小量で

第八圖 強度、水セメント曲線



ある)。

砂利 1 立坪に對し出來上り混凝土は

$$\frac{5.2}{4.00} = 1.30 \text{立坪}$$

砂利 1 立坪に對し
54立方呎 = 13.5樽
混凝土 1 立坪に對し
セメント 54
所要量 1.3 = 41.5立方呎 = 10.3樽
混凝土容積に對する百分率 $\frac{41.5}{216} = 19.2$

(3) Abrams 説に對する實驗例及其の缺點

上述の如く Abrams 説の主要點即強度は W/C により定まるこいふ極めて簡單なる理論で發表したのは頗る斯界に益する處大きい處で又其の適用方法に於ても比較的簡便で、或程度迄正確なるこも諸種の實驗の證明する處である。

然し又此説の缺點を思はれる點を列記すれば、

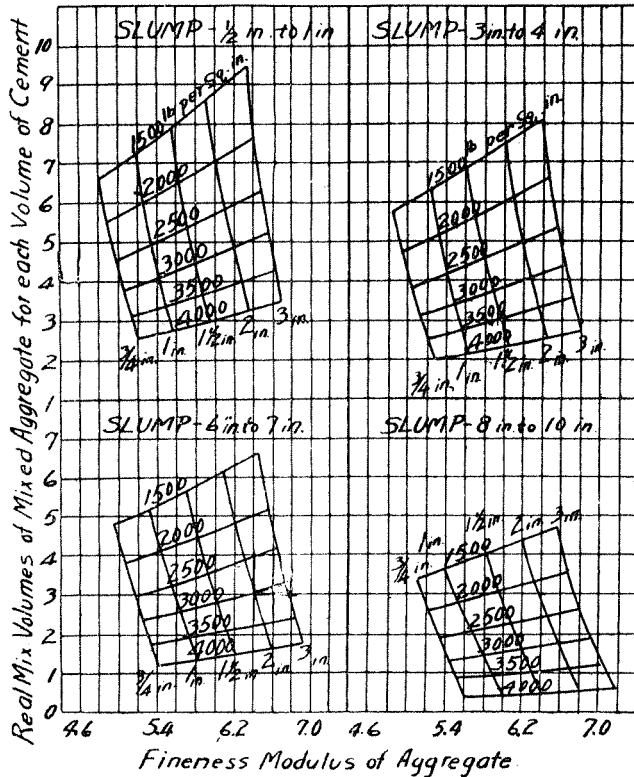
1. 水セメント比と強度の関係が成立するのは軟練の場合に著しいが硬練になるに、即空氣空隙 (Air Void) の大なるものは其の適用度が減じるらしく思はれる。
2. 水セメント説の成立する爲には混凝土は Workable なるを要すと言ふが Workable なる言葉の範圍が明瞭でないこ。
3. 概して此の説にて配合したものは砂の量が過大の様である。
4. スランプの大なる軟練の場合はセメントの使用量比較的多量である。
(之は必ずしも缺點でないかも知れぬ、何こなれば軟練は多くのセメントを使用せ

なければ必要の強度を發揮し得ないもので所要強度を一定にして常に其の強度を保ち得るならば混凝土の設計許容應力を増加し得るを以て必ずしも不利益を言へない。

第三節 Talbot 説

Talbot は Abrams より幾分後れて其の説を發表して居る、Abrams が主に軟練に對して

第九圖 配合、強度、Slump, F. M. 砂利の大いちを示す圖表



都合よき説なるに對し前者は硬軟何れの場合にも適用し得る學説を提唱した。其概要を述べんに同氏は混凝土の練方に付て使用水量によつて一の基準水量を求め其の基準水量の場合、水量の多き場合この二つに就て研究をしてある。

(1) Basic Water Content (基準水量) 砂とセメントの混合物は之に水を加へるに (即モルタルに作る場

合)、其の水量の多少によつてモルタル自身の容積を變ず、モルタル最小容積換言せば最小空隙の場合の水量を其のモルタルの Basic Water Content と言ふ、之は砂の種類、モルタルの配合より異なるものであるが 1:2 モルタルではモルタル容積の 23%—28% 位になつて居る、此の B. W. C. を求めて其のこきの空隙を測定すれば、モルタルを用ひたる混凝土の強度は混凝土内の全空隙

(V) を使用セメント(C)量との比即 V/C (之を Void Cement Ratio と言ふ)と共に變化するものである、混凝土の空隙は上記のモルタルの空隙より算出するこゝが出来、V/C のセメント量は普通セメントの絶対容積 (絶対容積と言ふのはセメントの空隙を除きたる殘の眞容積を言ふ) を用ふ。

(2) **Relative Water Content (増加水量)**
 上記の基準水量 (Basic Water Content) にては實際出來上り混凝土は硬に過ぎるを以て水量は之よりも増加する必要がある、此のこゝに基準水量よりも 2 割増、4 割増等の割増水量により 1.2, 1.4 Relative Water Content といふ、而して増加水量の場合には (即軟練の場合) V/C の強度は第一の基準水量の場合の如く整然たる關係を與へず、水量大なるもの程基準水量に對するものこの差を増す、然し一定の増加水量のものゝみに對しては依然として V/C の強度との關係は一定の規則正しき步調を保て居る。

さて Talbot の V/C の強度の關係を基として混凝土の配合を設計するには先以て使用すべき砂に對し各種モルタルの基準水量並に其の空隙 (V) を求め置き次に強度曲線より所要強度に對する V/C の値を見出し之より使用砂の所要容積を算出するのであるが其の算式複雑にして種々の假定を要し實用には或は困難かも知れぬ。(茲には省略す)。

Talbot は實施混凝土には上記増加水量 (Relative Water Content) を 1.2~1.4 を適當として居る。

Talbot の V/C 説は Abrams の軟練に對し硬軟何れも適用するものとして發表せられてゐるが其の適用は難解の點多くて實際應用は Abrams 説程簡單に出來ぬ、今缺點とする處を列記するこゝ、

1. 其方法極めて複雑なるこゝ、即使用砂に對し其基準水量並に空隙を求め等。

2. 混凝土の空隙をモルタルによりて定め、即モルタルの空隙は之を砂利に混合するも其のまゝ混凝土の全空隙となるこゝ考ふるこゝ、之れ果して妥當なりや否や
3. 増加水量の場合 (軟練) は水空隙が増加する爲強度は修正して強度曲線を作る故に強度を見るには修正を要するこゝ。

要するに本説は學理としては或は宜敷かも知れぬが實際に之を應用するには尙種々の不便あり幾多の改變を要するものと思はれる。

第四節 空隙填充方法

此の配合法は英國等にて行はるゝもので其の理論頗る簡明に且其の適用も極めて容易である、即混凝土の配合は次の如く定めるを以て最合理的なりとする。

1. セメントの使用量は使用する砂の空隙 (Void) を充たすに充分の分量をす。
2. 砂の量は砂利の空隙を充たすに充分の分量をす。
3. 上記の分量は其の最小量を言ふのであるから施工上の不完全或は硬軟の程度、目的物の如何により各割増を行ふ。
4. 強度は使用水量により自然に決定するを得る。

以上は其の論旨であつて頗る平易簡單なるが故に若し之が實際に充分適合し得るならば甚だ便利であると思ふ。

然しながら前記に度々述べた通り混凝土は砂利、砂、セメントにて各相互に空隙を填充する様配合しても空隙を皆無にし得るものでなく實際は尙多くの空氣空隙及水空隙が存在するものであるから果して上記の如く簡單なる配合分量により定めたるものが最良であるや否やは尙研究の餘地を存するものこゝ考へらる、尙此方法に於て空隙を填充する場合に餘裕として幾何の割合をすべきや等の標準を設くるに困難がある之等に就ては今後の研究に俟つ所大なるものである。