

言 寸 議

土木學會誌 第十四卷第二號 昭和三年四月

ポルトランド・セメント・モルタルの 耐壓強度に就て

(第十三卷第五號所載)

會 員 工學博士 小 川 敬 次 郎

土木學會誌第十三卷第五號所載吉田彌七君論文「ポルトランド・セメント・モルタルの耐壓強度に就て」を通讀するに概論、實驗の方法、實驗の結果及び結論の四項に分ちて詳細に各種の事項を列擧し記述せらる、之に對し筆者の所見を述べんとす。

ポルトランド・セメント・モルタルと砂と水とを混合してモルタルを作る場合に於て其の混合割合と出來するモルタルの耐壓強度並に耐久的強さに關しては既に 1892 年頃 Feret 氏が數多の實驗の結果よりして同一ポルトランド・セメント及び同一砂より作られたるモルタルの同じ體積内に於ける強さは $\frac{c}{v_w + v_a}$ 即ち $\frac{c}{1 - (c + s)}$ なる比の函數なりと云ふことを述べたり。之よりしてモルタルの強さは其の單位容積内に於けるセメントの絶體容積 c が増すに従つて増し又密度 $(c + s)$ が増すに従つて増すこととなる。而して Feret 氏は次式を與へたり。

$$P = K \left(\frac{c}{1 - s} \right)^2$$

K ; 係數

P ; 正六面體供試體の耐壓強度 kg/cm^2

c ; モルタル内のセメントの絶體容積

s ; モルタル内の砂の絶體容積

$$1 = c + s + v_w + v_a$$

なるを以て

$$P = K \left(\frac{c}{c + v} \right)^2$$

v_w ; 水濕空隙

v_a ; 空氣空隙

$$v = v_w + v_a$$

(著者論文 (7) 式及び (7a) 式と同じ)

以上よりしてポルトランド・セメント・モルタル各成分配合割合の原則として次の二法則を得。即ち

- 1). 同一セメント及び同一砂に對してはモルタルの強さはモルタルの單位容積内に於けるセメントの量の増す程増す。
- 2). モルタルの單位容積内に於けるセメントが同じ割合なるときは密度の最も大なるもの換言すれば solid matter の最も大なる割合を有するモルタルが最も強く最も耐久的なり。混凝土の場合にも此の二法則を適用するを得て即ち

- 1). 同一砂及び同一小石に對して混凝土の單位容積内にセメントの最大量を含むものが最も強き混凝土となる。
- 2). セメントの割合同一にして又同じ砂小石に對しては混凝土の密度の最大なるものが最も強き混凝土となる。

此の第二の法則はセメントは砂の空隙を密充するに充分なる丈け用ひ斯くして作られたるモルタルは小石の空隙をよく密充するを要すと云ふことと同じ意味にして而して又望む強さのものを得んとすることに對しては砂或は小石の空隙の小なる程セメントの配合割合を減ぜしめて支障なしと云ふこともなるなり。

Feret 氏法則は大體に於て事實にして著者論文結論の 1), 2) 及 3) は特に新らしき事柄にあらずして能く知らるゝ所のものなり。猶其の 3) に於て最大密度のものが耐久性最も大なりと云ふ「耐久性」なる文字を入れおくことが可ならん。

Feret 氏が極めて有用なる以上の法則を發表して以來星霜 30 幾年其の間數多の學者、實驗家、實地家はモルタルの強さ又は混凝土の強さと其の各成分配合割合とに關して種々研究實驗をなしたるも其の結果は何れも皆大體に於て Feret 氏法則により説明し得るものにして此の法則は強さ及び各成分配合割合に關する根本をなすものなり。

前記 Feret 氏比 $\frac{c}{v_w + v_a}$ は水量と出來するモルタルの強さとの間の關係を表はすに利用し得るものなるを以て空氣空隙を無視してモルタル又は混凝土の強さは $\frac{\text{セメント}}{\text{水}}$ 比即ちセメント・水比の函數として示すことを得。而して之に關して

$$P = \left(\frac{C}{W} - 0.5 \right) K$$

豫定の強度のものを得んとするに要するセメントの重量は之よりして

$$C = \left(\frac{P}{K} + 0.5 \right) W$$

又セメントの割合及び望む強度は明かにして此のときに加ふべき水量を求めんとするときは

$$W = \frac{CK}{P + 0.5K}$$

P ; モルタル又は混凝土の耐壓強度 kg/cm^2

C ; モルタル又は混凝土 1m^3 につきてセメントの重量 (kg.)

W ; モルタル又は混凝土 1m^3 につきてセメント, 砂又はセメント, 砂, 小石に對して所要水量 (litre)

K ; 係數にして實驗によりて定むるもの, 一例としては

體齡 7 日	$K=105$
" 28 日	" =150
" 90 日	" =200
" 180 日	" =270

の如し。

以上の如き關係式もありて著者が専ら Graf 及び Abrams 兩氏の式を用ひたるの理由説明の要あるべし。

Graf 及び Abrams 兩氏水・セメント比と強度との間の關係を表はせるものは體齡 4 週間のものに就きての實驗結果にして水量多ければ其の強度小となりて Feret 氏法則に合致す。水量が混凝土の強度に影響すべき範圍に就きてはセメント, 砂, 小石の全乾重量の

a). 5.5~7.5% の範圍内の水量に於ては水量の増減は強度の上に比較的小なる影響を有するも

b). 水量が 7.5% 以上となれば水量増減の影響著しくなり又

c). 水量が 9~11% の範圍となれば更に一層其の増減の影響著しくなる。

故に水量を成るべく少くし適當なる限度に保ちて然も混凝土施工を容易完全ならしむることを要する次第なり。以上 a), b), c) の各々の範圍内に於て硬練混凝土と軟かき混凝土との強度の差異率は次第に時を経て體齡 3 箇月乃至 6 箇月後に至れば各々初齡の場合と異りたるものを示さざるや否や著者の考慮を望む所なり。水量とセメントとの關係は特に初齡に於て恰も水と糊とを混じたる時の有様に比し得べく水量多ければ膠着性減退するに至る。混合せる水の一部はセメントと化學的に化合して其の凝結硬化を起さしめ他の一部は物理的に働く。物理的と云ふことはモルタル, 混凝土に與ふるを要する硬さに關係することにして勿論空氣の濕度及び溫度, 砂小石の濕度, モルタル, 混凝土と接觸すべき物體の吸水力殊に土の場合に於ては注意すべきにして土の上にモルタル, 混凝土をなさんとする如きときには前以て適當なる濕度のものとなし置くを要する次第なり。實際工事施工の場合に於ては單に水・セメント比のみにては不完全にして猶少くとも砂, 小石のために要する水量は之を考へざる可

からず。今

C ; 重量比にてセメントの割合

S ; 重量比にて砂の割合

とすれば

$$\text{砂の百分率} = \frac{100 S}{C+S}$$

$$\text{之を水濕のものとなすに要する所要水量} = \frac{SQ}{C+S}$$

$$\text{同様に セメントの百分率} = \frac{100 C}{C+S}$$

$$\text{之を標準水濕調度のものになすための所要水量} = \frac{CR}{C+S}$$

W ; 水の全所要量

$$\text{然るときは} \quad W = \frac{CR}{C+S} + \frac{SQ}{C+S}$$

R は純セメントに就きて適當なる判断によつて定むるを得て又特に施工に適する様に定めたる Slump test 或は Flow test によつて定め得。 Q は砂の性質によつて變じ細粒の砂、細粒の小石は粗粒のものよりも多量の水を必要とす。著者は水・セメント比に關連して之等の點に就きても説明をなすの要あるべし。

ポルトランド・セメント・モルタル又は混凝土の耐壓強度は體齡の進むに従つて増すものなるを於て體齡 4 週間の強度は單に強度増進經過中の一現象に過ぎず、體齡 4 週間に於ける Graf 及び Abrams 兩氏の曲線は體齡 3 箇月、6 箇月、1 箇年に於ても其の係數を變ずれば眞價を保つや。體齡 4 週間の強度を檢査し規定の強度以上なれば其のセメントの合格なることはセメント購入のときの檢査規定にして實際モルタル混凝土構造物の設計に於ては米獨等の如く體齡 4 週間の強度を専ら標準とするあり或は英佛に於ては體齡 3 箇月によるものもありて體齡 4 週間の強度を標準とし安全率 4 をとりて設計をなし工事を施工したる後漸く 1 箇年を経て設計荷重を受くるが如き見込みのものに於ては(混凝土橋臺橋脚に此の例あり)體齡 4 週間の強度を標準とすることはよき設計なりや此の場合體齡 3 箇月の強度を標準として設計することは勿論支障なきなり。大體に於て體齡 3 箇月迄は強度の増進率大なるも其の後は此の率小なり。此のことは體齡 3 箇月の強度を標準とすべきことの理由として屢々引用せらるるものなり。ポルトランド・セメント・モルタル・混凝土の強度は體齡によつて増すを以て長期間の後に於ける少くとも 3 箇月に於て水・セメント比と強度との關係を明かになすことが

望ましくして例へば水・セメント比 5~10% の相違なれば體齡 3 箇月に於ても 4 週間のときの如き強度の相違を保持するや否や。著者論文第四節結論の 4)。「セメント・ペースト及びモルタルの耐圧強度は水・セメント重量比によりて變化するものにして各種配合率のモルタルに就きて眞なり」とあるが其の變化の有様につきて各配合割合のものゝ體齡關係をも考慮せらるゝことを望む次第にして體齡 4 週間の強度を實際のモルタル、混凝土構造物の眞の強度と見做すことを得ざるを以てなり。

次に供試體破壊の際に於ける破壊面と供試體の軸に直角なる平面とのなす角を θ とし又密着を失ひ正に摺動破壊を初めんとする瞬間時に於ける材料の摩擦角を ϕ とすれば

$$\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2}$$

なる數學式を適用し之に著者の實驗値を挿入して見るときは

純セメント・ペースト	$\theta = 57^\circ$	$\phi = 24^\circ$
1:1 モルタル	" 65°	" 36°
1:2 "	" 66°	" 42°
1:3 "	" 66°	" 42°
1:4 "	" 68°	" 46°

強度小なる劣悪なるものが大體に於て θ の値大にして ϕ の値大となることを示す。

之を要するに著者の論文は從來知られたることを實驗をなし檢證をなし其の結果を記述せられたる程度のもにして (12)~(14) 式の如き其の他論文中の記事に於ても特に注意を拂ふべき新事實なく御研究に對して甚だ失禮ながら事實を事實として言へば新鮮味なく寂寥の感を催す次第なり。左れど論文の眞意目的が大家の説を檢證したるものなりと言ふにあれば該記述並に數多の圖表の作製は著者の熱心を語るに足るものなり。他日混凝土に關する論文を執筆せらるゝ趣きなれば其の際は既に多くの人士によりてなされたる如き檢證程度以外に猶新事實を含有し光明を放つべき一層完全なるものを記述せらるゝことを希望する所なり。

(了)