

論文

[1172] コンクリートの極初期強度法の現場への適用と骨材計量管理精度並びにコンクリートの割増し量に関する研究

加藤 直樹 *1・加藤 清志 *2・河合 紀茲 *3

1. まえがき

わが国の1992年のセメント生産量は、過去最高の9576万トンとなった。しかも、「引き続き高水準で推移する」と予想されている[1]。この多量なセメントの約70%が生コンに使用されており[2]、生コンの品質保証は重要である。このため、「より迅速、簡易、安価、無公害、実用的、精度よく推定可能であること」という理念に基づき、40分程度の「極初期強度」から短・長期強度を求める手法を開発した[3]。さらに、コンクリートの要因定式化を行ない、材料の管理精度を検討し、実用的手法を示した[4],[5]。本報では、「極初期強度法」の省力化と一定締固めエネルギーを与えるための締固め機の開発と現場への適用、細・粗骨材の含水量補正精度の明確化、生コン荷卸し量不足対策等について論じた。

2. 極初期強度法の現場への適用

2.1 極初期強度法の従来法の概要

練り混ぜ直後のフレッシュコンクリートに、急結剤（セメント系、主成分：カルシウムアルミネートおよび炭酸ソーダ、 $C \times 7\%$ ）を3分間で混ぜ合わせ、 $10\phi \times 20\text{cm}$ 型わくに詰め、ランマー（土質試験用、 2.5kgf 、落高 30cm 、2層、各層25回）で突き固め、急結剤添加（ $C \times 12\%$ ）セメントペーストによるキャッピングを行ない、急結剤添加時点から40分後に「極初期強度」を求める。

2.2 締固め機の開発

上述のランマーによる突き固めには厄介な面もあるので、図-1に示す型わくタンパー（高さ 310mm 、幅 55mm 、長さ 227mm 、打撃数 270回/分 、ストローク 14mm 、電圧 100V 、電流 1A 、出力 88W 、重量 1.9kgf ）と治具（円板： $90\phi \times 10\text{mm}$ にガイドを取り付けたもの）で締固め（3層、各層20秒）を行なった。図-2は締固め状況を示す。

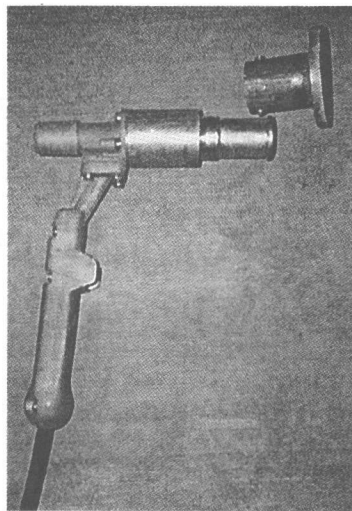


図-1 打撃型タンパーと治具

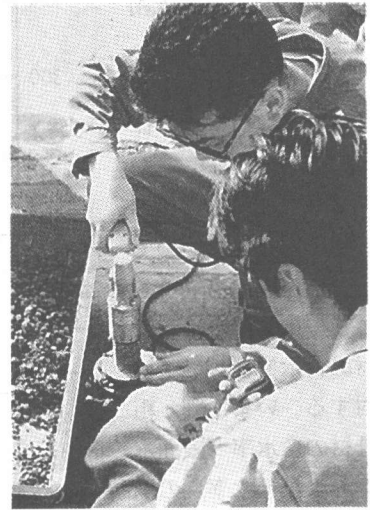


図-2 締固め状況

*1 浅野工学専門学校助教授 建築学科、(正会員)

*2 防衛大学校教授 土木工学教室、工博(正会員)

*3 日本大学助教授 生産工学部土木工学科、工博(正会員)

2.3 極初期強度法の現場への適用

(1) 実験条件

神奈川県横須賀市内の3社(K社、H社、Y社：いずれもJISマーク標示許可工場)の現場打込み用コンクリートをパール缶に採取し、急結剤を添加し、ハンドミキサーで練り混ぜ、2.1および2.2の手法に従い、タンパーで締固め成型した。所定時間で脱型し、直ちに「極初期強度」を求めた。表-1に配合のおもな特性値を示すが、3社合計6種の配合である。

(2) 極初期強度と短・長期強度との関係

図-3は、極初期強度($f'_c \equiv E$)と7日・28日強度(f'_{c7}, f'_{c28})との関係を、また、式(1)・(2)に示す。

表-1 配合のおもな特性値

Brands	K Co.		H Co.		Y Co.	
$SL(kgf/cm^2)^*$	210	240	180	240	160	255
Max.Size(mm)	20	20	25	25	25	25
W/C(%)	48.0	44.0	67.0	57.5	73.5	56.5
C(kgf/m ³)	284	316	248	300	219	319
Slump(cm)	18	18	15	18	8	18

*SL: Nominal Strength

$$f'_{c7} = 107.1 + 59.41E \quad (\gamma = 0.85) \dots \dots \dots (1)$$

$$f'_{c28} = 157.5 + 76.51E \quad (\gamma = 0.89) \dots \dots \dots (2)$$

いずれも、相関係数 γ は0.85以上で、要因間には高い相関性があり、精度よく強度を推定できることがわかる。また、重要なことは各社共通的に相関式が利用できることを意味し、あらかじめ相関式を作成しておけば、大規模工事で数社から生コンが納入されても、一種類の式で強度の推定が可能となる。

3. 骨材計量管理精度

3.1 単位水量1%の許容誤差確保の具体的手法

コンクリート材料の計量管理精度については、前報[5]で述べた。ここでは、とくに、骨材の含水率について検討する。いま、細・粗骨材の含水率(表面含水率および吸水率)の測定誤差を、それぞれ $\beta_1 \cdot \beta_2$ とすると、式(3)が保たれねばならない。

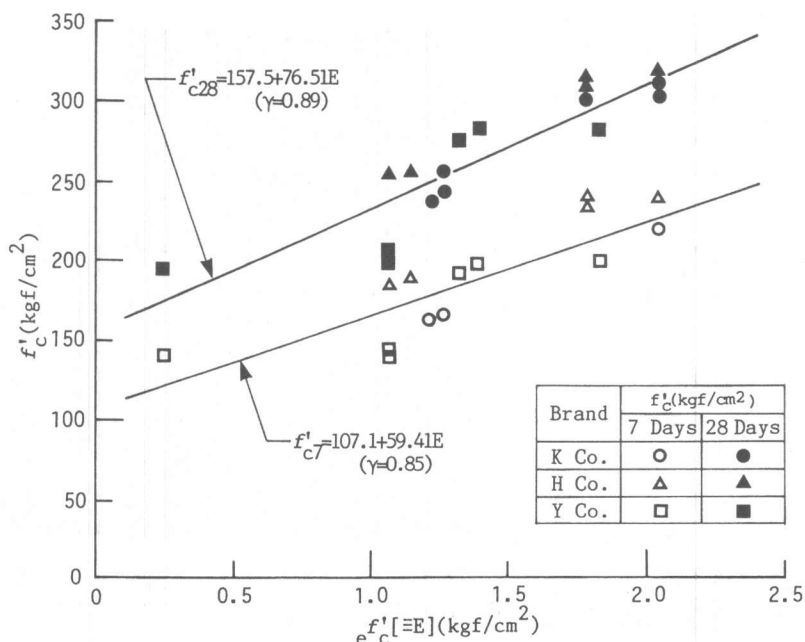


図-3 生コンの極初期強度と材令7日・28日強度との関係

$$|S\beta_1 + G\beta_2 + P_w| \leq W \times 1\% \dots\dots\dots (3)$$

ここに、S：単位細骨材量、G：単位粗骨材量、W：単位水量、 P_w ：プラントでの水の実計量誤差（他の項に比して無視できる）。

AE減水剤を用いる川砂・川砂利コンクリートの実用的配合（ $W/C=45\sim70\%$ 、スランプ＝8～21cm）の場合〔6〕について、新示方書を満足する表面水率・吸水率の確保されねばならない範囲を図－4に示す。

〔EX.〕スランプ 10cmの生コンで細骨材の表面水率 $\beta_1=0.15\%$ の精度の時、①粗骨材表面水率 $\beta_2=0.05\%$ 以内なら無視でき、以上なら測定し、補正の要がある。②吸水率 $\beta_2=0.24\%$ 以内なら無視でき、以上なら0.24%以内の精度で測定し、補正の要がある。

3.2 含水率とスランプとの関係

実用的配合〔6〕の細・粗骨材の含水率とスランプとの関係を図－5に示す。粗骨材の含水率（ β_2 ）は水セメント比に鈍感であり、スランプが小さいほど含水率の許容誤差は小さい。一方、細骨材の含水率（ β_1 ）については、水セメント比にもスランプにも依存するが、スランプが15cm以上ではほぼ一定値を示す傾向がある。

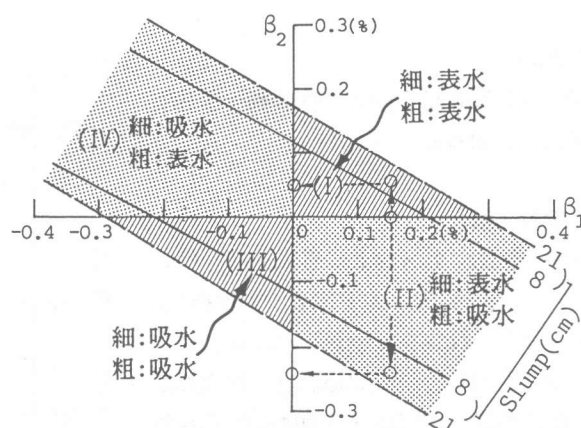
4. 配合計算と荷卸し容積

単位量の小數位はコンクリート 1 m³あたり、1 g 以下で無視できる。一方、現用の納入容積の割増し係数〔7〕1.010の検討と改善策を示す。

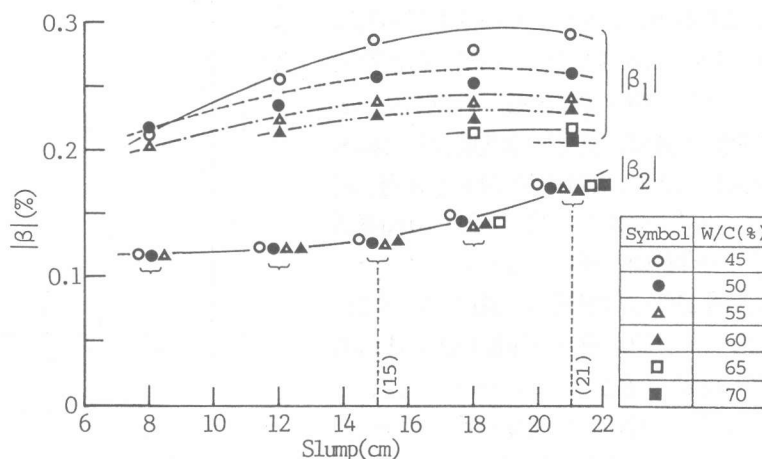
各材料計量の許容誤差を平均最大誤差とすると、統計学上の平均誤差（ ε ）に相当し、標準偏差（ σ ）との関係は式（4）で与えられ、したがって、コンクリート容積変動（ δV_0 ）は式（5）となる。

$$\sigma = (\pi/2)^{1/2} \cdot \varepsilon \dots\dots (4)$$

$$\begin{aligned} \delta V_0 &= (\sigma_w^2 + \sigma_c^2 + \sigma_s^2 + \sigma_g^2 + \sigma_A^2)^{1/2} \\ &= \alpha (\pi/2)^{1/2} \times \{ (0.01W/\rho_w)^2 + (0.01C/\rho_c)^2 + (0.03S/\rho_s)^2 + (0.03G/\rho_g)^2 + (\delta A \times 1000)^2 \} \dots\dots (5) \end{aligned}$$



図－4 細・粗骨材の表面水率・吸水率の許容誤差範囲



図－5 骨材の含水率とコンクリートスランプとの関係

ここに、 α ：計量管理精

度、 $W \cdot C \cdot S \cdot G$: コンクリート材料の質量、 δA : 空気量の誤差 (0.01)、 ρ : 比重

99.7% $\approx$ 100%の確率で不足なく荷卸しされるためには式(6)で与えられる割増量を必要とし、図-6に示す。

$$(\Delta V_0)_{\text{SAF}} = 3\delta V_0 \cdots \cdots \cdots (6)$$

安全割増し係数は、 $\alpha = 1$ で1.070、 $\alpha = 1/2$ で1.035、 $\alpha = 1/3$ で1.025となる。

5. まとめ

新たな「計量コンクリート工学」とも言える分野から、次の事項を明かにした。

- (1) 極初期強度法で、複数生コン工場の同時品質管理が可能である。
- (2) 許容水量誤差確保のための細・粗骨材含水率相関図を作成することができる。
- (3) 割増し係数は、配合や計量管理精度にも依存し、現用の1.010は過小である。プラントの管理の実状と配合を勘案して決定されねばならない。

[謝辞]

ワープロ印書は、防大 佐藤純一事務官の尽力による。

[参考文献]

- 1) 朝日新聞：セメントは過去最高、(10)、1993.1.23. 2) セメント協会：需給概況、セメント・コンクリート、No.551、pp. 84-85、1993.1. 3) 加藤清志・加藤直樹・湯沢敏雄・増川勲：急速硬化促進されたコンクリートの極初期強度による長期強度および単位セメント量の迅速評価法に関する研究、コンクリート工学年次論報、12-1、pp.343-346、1990. 4) 加藤清志・加藤直樹・津田悦弘：コンクリートの極初期強度による迅速強度評価と要因定式化による品質管理に関する研究、同上、13-1、pp.375-380、1991. 5) 加藤清志・加藤直樹・河合紘茲：コンクリート極初期強度法の現場への適用と要因定式化による材料計量管理精度の評価法に関する研究、同上、14-1、pp.707-710、1992.6. 6) NMB：技術手帳、p.162、1992.10. 7) 全生工組連：生コン工場品質管理ガイドブック、p.102、1992.10.

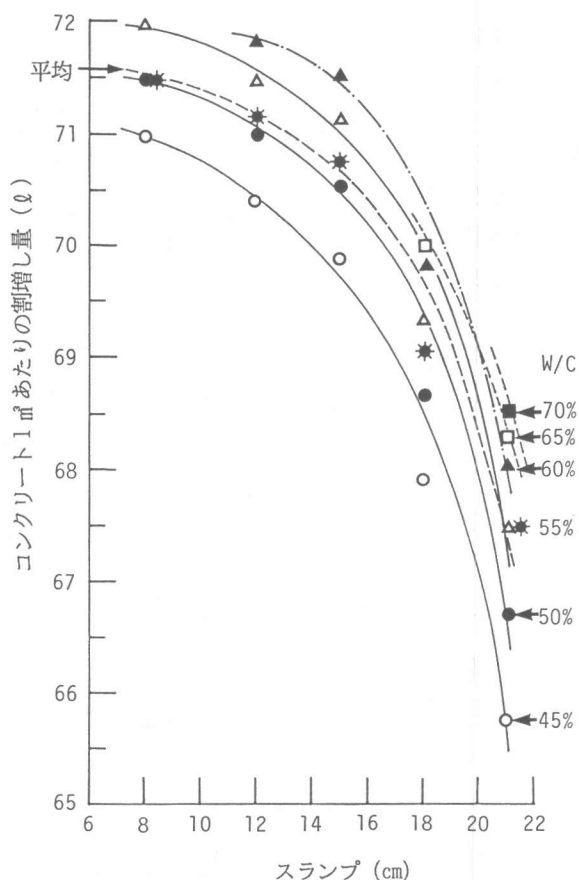


図-6 割増し量とコンクリート配合要因との関係