

コンクリートの長期収縮量の早期推定法について

秋田工業高等専門学校 ○学生員

山信田 正美

船木 雅秀

正会員

庄谷 征美

1. まえがき

筆者らはこの数年來、コンクリート乾燥収縮量の早期推定法について、促進試験を含め2, 3の方法について検討を加えてきた。本報告では、最大284組の実測乾燥収縮データに基づいた3年までの収縮評価法および軽量コンクリートについての促進試験法についてさらに検討を加え、前者については一応の成式を得ることができ、後者については適当な推定手法が見出されたので、ここにその概要を述べたい。

2. 実験および解析手法

室内収縮試験に用いた試料は、ペースト、モルタルおよびコンクリート(最大寸法10mm~40mm)で、水セメント比は、25~75%, 配合総数は、151種になった。そのうち3年までの収縮データは、養生期間との組合せて192種となった。促進試験用の軽量コンクリートの配合は、 $w/c=40, 55$ および70%, スランプ2.5, 8および12cmの計9種とし、養生期間を3日および7日とした。その他詳細は、他報にゆずり、ここでは割愛する。収縮測定には、コンタクトゲージ(1/1000mm)を用い、乾燥条件は50%RH, 20℃条件を主に検討した。また、促進試験には50℃および80℃に設定した送風循環式の乾燥炉2台を用いた。なお、本年度は、室内収縮用としてセメント種類の影響についても検討を行なっている。収縮評価法としては、次の(1), (2)式を基本とし、精度の判定には(3), (4)式を使用した。

$$S_t = a + bS_e \quad (1) \quad S_t = cS_e^d \quad (2) \quad M = \sqrt{\sum(S_{ti} - S_{mi})^2/n} / S_m \quad (3) \quad V = \sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2/n} / \bar{X} \quad (4)$$

上式において、 S_t は求めたい乾燥日数における収縮量、 S_e は推定の基本となる日数における収縮量、 M はNevillが示したError Coefficientで S_{mi} は実測収縮量を表わす。 V は変動係数であり、 $X_i = S_{ti}/S_{mi}$ を表わす。その他、(1)式の変形として、 $S_t = a + bS_{e1} + cS_{e2} \quad (5)$ も検討した。

3. 結果および考察

(1)室内収縮試験による推定法; 1年データ284種、2年データ253種、3年データ192種について、 S_t を30日および100日として(1)式より、1年、2年、3年収縮量を定める際の回帰係数を求め、これを用いて試料種別、水セメント比、養生期間、供試体寸法、スランプ値、環境湿度、セメント種別の各項目について、全体を母集団として、F検定を行なった。この結果から、回帰分析にはこれから要因を特に考慮する必要がないという判断がなされた。そこで3年収縮量 S_3 を推定するに必要な日数 t を(2)式を基に検討したところ、1年、2年収縮推定に比し、精度は若干低下し、40日前後の実測が必要であろうと思われた。しかし、(4)式の変動係数の傾向や試験期間の短縮という観点からして $t=30$ 日としても一応十分であると判断し次式の関係を得た。

$$S_{3t} = 5.123 + 1.222 S_{30}, (R=0.917) \quad (6) \quad \text{or} \quad S_{3t} = 4.926 S_{30}^{0.521}, (R=0.876) \quad (7)$$

上式において、直線回帰式(6)による推定の方がべき回帰式(7)よりも相当に精度が向上するが、(7)式は推定基本収縮量が、 $2 \sim 3 \times 10^{-4}$ 程度以下の場合には有用である。なお、(6)式による推定時の95%信頼限界は、 4.64×10^{-4} 、(7)式の場合には、 5.62×10^{-4} であり、推定値の $\pm 20\%$ 以内にはいる確率は、それぞれ74.5%および72.9%となる。(6)式により7日および30日収縮量を用いて推定する場合は、多少精度が向上し、次式で示される。

$$S_{3t} = 4.978 - 0.538 S_7 + 1.485 S_{30}, (R=0.920) \quad (8)$$

次に、(1)式および(2)式を用いて任意の時間 t より t 日収縮量を推定する方法について検討した。基本式は、

$$S_t = a_{t,e} + b_{t,e} S_e \quad (9) \quad S_t = c_{t,e} S_e^{d_{t,e}} \quad (10) \quad \text{ただし } t \leq 3 \text{ 年}$$

(9), (10)式の係数を定めるにあたり、双曲線式の適用が多くの場合適切と考えられた。以下、式形を示し、図1および図2には、(10)式の $C_{t,T}$, $d_{t,T}$ の変化ととの際 $C_{t,T}$ の M 値の変化を参考のため載せた。

$$\begin{aligned} Q_{t,T} &= (t-T)/[A_Q + b_Q(t-T)] \quad (11) & b_Q T &= (t-T)/[A_Q + B_Q(t-T)]; T < 60 \text{ 日} \\ Q_{t,T} &= (4.123 + 0.0330 T)^2, (R=0.999) & &= A'_Q + B'_Q(t-T); T \geq 60 \text{ 日} \\ b_T &= (0.244 + 0.00301/T)^2, (R=0.971) \\ C_{t,T} &= (t-T)/[C_C + d_C(t-T)] \quad (12) & d_C T &= (t-T)/[C_C + D_C(t-T)] \quad (14) \\ C_{t,T} &= (5.205 + 0.0563 T)^2, (R=0.987) & C_T &= (8.430 + 0.125 T)^2, (R=0.996) \\ d_C &= (0.339 + 0.00341/T)^2, (R=0.999) & D_C &= (0.970 + 0.00948 T)^2, (R=0.993) \\ A_C &= (0.795 + 0.123 T)^4, (R=0.980), & B_C &= (0.539 + 0.0567 T)^2, (R=0.998) \\ A'_C &= 1, & B'_C &= 0.910 \times 10^{-4} T, (R=0.920) \end{aligned}$$

さらに、(9)式および(10)式で推定する際の M 値、 $M_{t,T}$ および $M_{p,T}$ は次のように与えられる。

$$\begin{aligned} M_{t,T} &= (t-T)/[E_C + f_C(t-T)] \quad (15) & M_{p,T} &= (t-T)/[E_C + F_C(t-T)] \quad (16) \\ E_C &= 1.849 + 0.0538 T, (R=0.987) & E_T &= 1.411 + 0.0481 T, (R=0.993) \\ f_C &= T/(441.833 + 6.478 T), (R=0.988), & F_C &= T/(598.617 + 5.869 T), (R=0.982) \end{aligned}$$

以上のように一応の任意収縮量推定に関する成式が得られた。今後は、他の研究者のデータとの比較を通して、これらの式の有用性を検証する必要がある。さらに3年以上の長期収縮の推定も可能であるが、ここでは省略する。

(2)促進試験による軽量コンクリートの収縮の早期推定法について；軽量コンクリートの乾燥法による推定に関しては昨年度の研究から、50℃6日、80℃持続が条件として適当であることを報告したが、今回は、第1種軽量コンクリートについて80℃持続日数4日、5日、6日、7日として得られた特性収縮値を S_{sp} として、50%RH下100日収縮量 S_{100} との関係を再検討した。図3は、80℃持続日数が、4日以上であれば、 S_{100}/S_{sp} がある範囲内に安定することを示しており、上記の持続日数5日が最も精度が良いことが認められた。このようにして得られた関係を示せば次のようになる。

$$S_{100} = -2.348 + 1.895 S_{sp}, (R=0.837) \quad (17)$$

また、 $X = W - 0.25C$ (kg/m^3)として、 S_{100}/S_{sp} との関係を求めたところ次式の関係が得られた。

$$S_{100}/S_{sp} = 0.260 + 0.0117X, (R=0.888) \quad (18)$$

上式での骨材の吸水率は、10.8%であり、骨材吸水率の影響についてはさらに考慮が必要であって現在検討中である。以上のように促進試験からの100日収縮量推定が比較的精度良く行なえる見通しができ、 S_{100} より以降の収縮推定を上記(9), (10)式などより行なえば短期間の実測より長期推定が行なえることとなる。なお、(17)式および(18)式の関係を図4および図5に示してある。

5. まとめ

収縮の早期推定法についてこの数年来検討を重ねてきたが、一応各種条件下における推定法を得ることができたと思われる。今後の研究課題としては、重量変化データの組み入れ等による推定精度の向上、さらには、他の公表データなどとの対比を通してより汎用性のある手法を確立することが重要であろう。

参考文献；和田，沢田石，庄谷：昭和55年度東北支部技術研究発表会議概，pp.301~302。

