

岩手大学 学生員 ○ 加賀 俊秀
リ 正 員 藤原 忠司

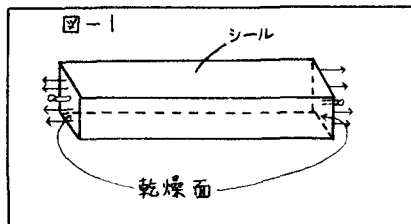
1 まえがき

セメントペーストは収縮性の物質であり、Cawsonによれば⁽¹⁾ コンクリートの5～15倍もの乾燥収縮を示すと言われている。このことはセメントペースト単独では構造用材料たりえないことを意味し、骨材と結びつくことによって初めてセメントペーストが有用になることがうかがわれる。このセメントペーストと骨材とを構成材料とするコンクリートの乾燥収縮については複合的観点からの研究が数多く行なわれているが、理論的解析が先行し、その実験的検証は十分でない感が強い。この理由のひとつとしては構成材料個々の収縮を測定するのが方法論的にむずかしいことが挙げられる。たとえばセメントペーストの場合、収縮が過大であるため、ひびわれの発生を招きやすい。また大きな水セメント比のペーストに限って言えば、水とセメントとの著しい分離が生じ初期の構成割合が変化するため供試体を作製すること自体がむずかしい。

本実験は複合的解析に必要なペーストの収縮値を得るため、これらの問題点を克服したペーストの収縮測定方法を見出すことに主眼を置いた。

2 乾燥収縮測定方法について

まず、供試体作製上の問題を考えてみると、そのひとつの解決策としてフレッシュな状態で供試体を回転させる方法が挙げられる。この場合ブリージングは確かに防げるが、特別な装置を必要とし一般的でない。またひびわれの問題に関しては収縮応力を発生させないような状態で乾燥させる方法が考えられる。たとえば図-1のような角柱を測定用供試体として長さ方向の変化を測定する場合、側面を全てシールし、端面からだけ乾燥させるようにすれば、少なくとも長さ変化に影響をおよぼすようなひびわれの発生だけは防げると期待される。実際、このような方法で実験してみたところ、側面にはひびわれが観察されなかった。これは供試体中心から側面へかけての含水量の勾配が形成されず、そのため、この方向に収縮応力が発生しなかったためと考えられる。しかしながら、この方法の場合、自然乾燥のもとでは乾燥に長時日を要するし、高温等で強制乾燥したのでは一般的とは言えない。



このようなことから、本実験では水セメント比が同一で細骨材の容積割合のみを変えた数種類のモルタルを作製し、これらのモルタルの傾向からペーストの収縮を推定することにした。もし、健全なモルタルが形成されれば水とセメントの分離が生ぜず、また乾燥過程でのひびわれの発生も少ないことから、ペーストの値について妥当な推定が可能であると期待される。

モルタルの収縮からのペーストの収縮の推定には、コンクリートの乾燥収縮に関して導かれている次の2つの複合式を用いた。

Hansen-Nielsen式⁽²⁾

$$\varepsilon_m = \varepsilon_p (1 - m) \{ (m - 1) \nabla_a^2 - 2n \nabla_a + n + 1 \} / (n + 1) + m \quad (\text{ただし } E_a \geq E_p) \quad (1)$$

ここで $m = E_a / E_p$, $n = E_a / E_p$, ε : 乾燥収縮ひずみ, E : 弾性係数, ∇_a : 骨材の体積含有率。添字 m, p, a はそれぞれモルタル, ペースト, 骨材を表わす。

上式から ε_p を求める場合、未知数は ε_p のほかに m, n の計3個である。そこで、3個の異なる ∇_a に対する ε_m を上式に代入すれば、3元連立方程式が成立し、以上の未知数が求まる。いま $\nabla_a = 0.2, 0.4$ および 0.6 のモルタルを対

象とし水セメントの収縮を $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ とすれば、 m および n は次式のように求まる。

$$n = (5\varepsilon_1 - 8\varepsilon_2 + 3\varepsilon_3) / (-5\varepsilon_1 + 12\varepsilon_2 - 7\varepsilon_3) \quad (2)$$

$$m = \{(-9\varepsilon_1 + 16\varepsilon_2)n - 21\varepsilon_1 + 24\varepsilon_2\} / \{(16\varepsilon_1 - 9\varepsilon_2)n + 4\varepsilon_1 - \varepsilon_2\} \quad (3)$$

この式から得られる m, n を式(1)に代入すれば ε_p が求まる。

Fulton式⁽³⁾

$$\varepsilon_m = \{\varepsilon_p G_p (1 - \nu_a) + \varepsilon_a G_a \nu_a\} / \{(1 - \nu_a) G_p + G_a \nu_a\} \quad (4)$$

ここで G は体弾性率で $G = E / 3(1 - 2\mu)$ となり、各材料のポアソン比を等しいとすれば、 $G_a / G_p = n$ となる。したがって上式を書き換えると

$$\varepsilon_m = \varepsilon_p \{1 + (m - 1)\nu_a\} / \{1 + (n - 1)\nu_a\} \quad (5)$$

Hansen-Nielsenの場合と同様に処理すると、

$$n = \{-2(2\varepsilon_1 - 3\varepsilon_2 + \varepsilon_3)\} / \{\varepsilon_1 - 4\varepsilon_2 + 3\varepsilon_3\} \quad (6)$$

$$m = \{4\varepsilon_2(3 + 2n) - 3\varepsilon_1(4 + n)\} / \{2\varepsilon_1 n(4 + n) - \varepsilon_2 n(3 + 2n)\} \quad (7)$$

したがって式(5)より ε_p を推定できる。以上の方法を用いて、実際にニートペーストの収縮を推定してみた。

3 実験方法

作製モルタルは水セメント比30, 40, 50および65%の4種類であり、標準養生後恒温恒湿室で175日間乾燥させ、さらに100%の乾燥炉内で強制乾燥したあとの終局ひずみを測定した。供試体は4×4×16cm角柱であり、コンパレータで長さ方向のひずみを求めた。

4 結果および考察

図-2はモルタルの収縮に関する測定結果を示している。この図の資料から上述の計算式を利用しニートペーストの収縮 ε_p を求め、実測値と比較すると、表-1のようになる。前述した水とセメントとの構成割合の変化、より具体的に言えば水分がブリージングにより供試体表面に浮上しさらに蒸発することによってもたらされる水セメント比の低下はニートペーストの収縮を低減させる作用をすると考えられる。また硬化ペースト中に発生するひびわれも収縮低減の要因になる。したがってニートペーストの収縮値は本来の値より小さ目の値になるはずである。表-1より明らかなように水セメント比30, 40および50%の場合はこの予測通り実測値は推定値より小さく、以上の問題点を配慮する必要があることを示している。

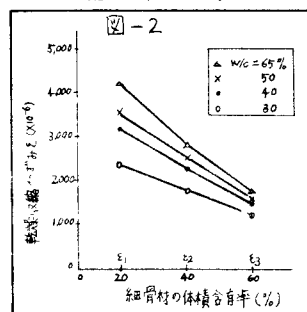
一方、水セメント比65%の場合にはこれとは逆に実測値が推定値を上回っている。この理由としては供試体のそりが考えられる。水セメント比が大きい場合、ブリージングがさらに著しくなり、打ち込み面から底面へかけての深さ方向の水セメント比の違いは大きくなると予想される。これは深さ方向の各要素が異なる固有収縮をもつことを意味し、さらに乾燥にともなう含水量の勾配の形成を加味すれば、打ち込み面と内部との収縮のちがいは大きくなり、それにともない供試体にそりが生ずる。そしてこのそりは本測定方法の場合収縮したと同じ効果をもたらす。このことが実測収縮値を過大にした理由と考えられる。

以上述べたように、ニートペーストの収縮測定値には多くの要因が関連し、実測値をそのまま信頼するわけにはいかない。したがって、ここで示した推定方法はこの問題点解消に有用であると考えられる。

おわりに、本研究遂行に御協力いただいた岩手大学惟国成氏、加藤幹夫君に謝意を表します。

<参考文献>

- (1) Carlson: Proc. ASTM, Part, 2, vol. 38.
- (2) Hansen-Nielsen: Jour. ACI, vol. 62, No. 7
- (3) Fulton: Magazine of Concrete Research, vol. 13, No. 39



水セメント比 (%)	Hansen-Nielsen式 $\times 10^{-6}$	Fulton式 $\times 10^{-6}$	実測値 $\times 10^{-6}$
30	2926	2926	2812
40	4292	4372	4199
50	4597	4615	4479
65	5519	5590	6428