

九州大学 工学部。学生員 牧角 龍憲

" " 正員 松下 博通

" " 正員 徳光 善治

1. 目的

コンクリート構造物の設計に際し、コンクリートの乾燥収縮量を正しく推定することは重要である。コンクリートの乾燥収縮は、その配合、材料、および湿度、温度などの種々の条件に影響されるが、筆者らはセメントペーストおよびモルタルによる測定結果より、同一材料、同一湿度のもとで乾燥収縮の値を単位セメント量 (g/g , kg/m^3) で割って、セメント $1g$ ($1kg$) 当りの乾燥収縮に換算した値 (以後 f_u と略す) が水セメント比、 $\%C$ に比例することを報告している。⁽¹⁾ 本研究は、コンクリートおよび鉄筋コンクリートにより乾燥収縮量を測定し、前述の f_u と $\%C$ との関係を確かするとともに、鉄筋が収縮量に及ぼす影響を調べ、コンクリートの収縮機構について検討考察したものである。

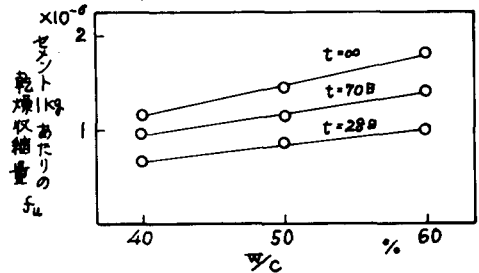
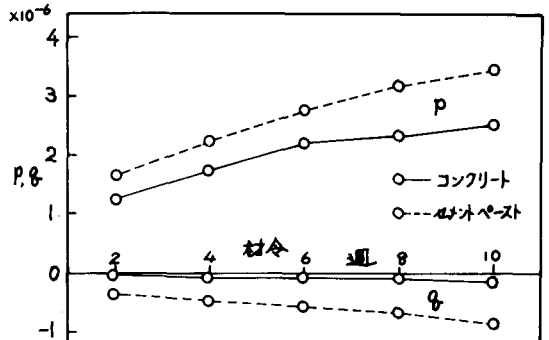
2. 方法

コンクリートのセメント $1kg$ あたりの乾燥収縮に換算した値 f_u と水セメント比 $\%C$ との関係を調べるため、 $\%C=40, 50, 60\%$ のコンクリートの収縮量測定を行なった (実験Ⅰ) さらに $\%C=50\%$ のコンクリート供試体の中心に丸鋼および異形棒鋼を埋設し、その径を $13, 19, 25mm$ と変化した鉄筋コンクリートの収縮量を測定した (実験Ⅱ)。粗骨材の最大寸法は $20mm$ で、粗骨材、細骨材をそれぞれ F.M. 6.60, 2.74, 比重 2.95, 2.57, 吸水率 0.76%, 1.52% である。スランプは $5.1cm$ とし、単位水量はすべて $174 kg/m^3$ とした。供試体寸法は実験Ⅰ実験Ⅱともに $10 \times 10 \times 40cm$ とし、湿度 72%, 温度 $21^\circ C$ の実験室内で材料 2 日より測定を開始した。測定は実験Ⅰおよび実験Ⅱの鉄筋の収縮量はダイヤルゲージ法 (測長 $40cm$) により、また実験Ⅱのコンクリートはコンタクトゲージ法 (測長 $10cm$, 1 供試体につき 6 ヶ所の測定区間を設けた) により行なった。

3. 実験結果および考察

実験Ⅰ) 各材料における f_u と $\%C$ との関係を図-1. に示す。図からわかるように f_u と $\%C$ とは直線関係を示しており、即ち各材料において乾燥収縮量 f は $f = pW + gC$ ⁽¹⁾ (p, g は材料により変化する定数, C, W はそれぞれ単位セメント量, 単位水量 kg/m^3) と表わされると考えられる。 p, g の材料による変化を図-2. に示すが、 p の値は g の値に比べ大きく、 g の値はほぼ無視しうるほど小さく、コンクリートにおいても乾燥収縮に影響するものは単位水量が支配的であることがわかる。しかしながら、図中の同一条件下でセメントペーストの p, g の値と比較すると、コンクリートの p, g の値はともに小さく写っており、骨材の混入による影響が大きいことが示されている。

実験Ⅱ) 鉄筋コンクリートの乾燥収縮の一例として、径 $19mm$ の丸鋼を断面中央に埋設したコンクリート供試体の収縮量測定結果を図-3. に示す。初期を除いて、鉄

図-1. セメント $1kg$ あたりの乾燥収縮量と $\%C$ 図-2. p, g の材料による変化

筋とコンクリートはほぼ同様の挙動を示している。そこで、異形棒鋼と丸鋼とをそれぞれ埋設したコンクリートの乾燥収縮量 ε_{sc} と鉄筋の収縮量 ε_{ss} との関係を調べた(図-4)。図中に回帰直線式を示しているが、直線の傾きがほぼ1であることから、コンクリートと鉄筋はほとんど一体化して変形すると考えられる。また、コンクリートの硬化過程の初期におけるコンクリートが鉄筋をつかむまでのずれが約 30×10^{-6} 程度異形棒鋼、丸鋼ともに示されている。また、丸鋼よりも異形棒鋼の方がより1に近く、鉄筋周囲の付着の影響があるものと考えられる。

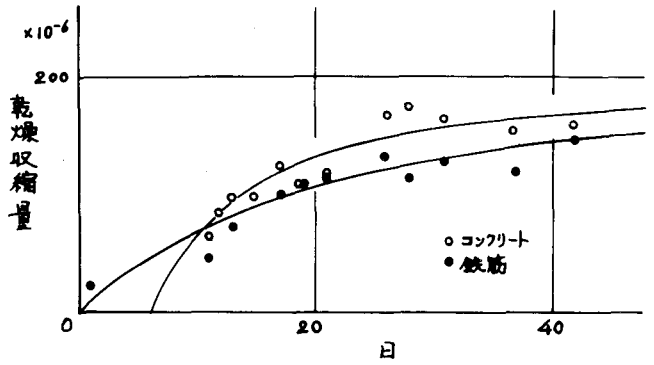


図-3. 鉄筋コンクリート(丸鋼 径13mm 埋設)の乾燥収縮量

鉄筋コンクリートの乾燥収縮複合機構は、コンクリートの乾燥収縮応力の機構と弾性係数の複合機構との組合わせと考えられる。毛細管張力理論⁽²⁾⁽³⁾よりコンクリートの乾燥収縮応力 σ_{sc} は

$$\sigma_{sc} = \frac{2 E_c'}{3(1-\mu_c)} \varepsilon_{sc} \quad \dots (1)$$

E_c' : コンクリートの有効弾性係数(弾性係数の $\frac{1}{3}$)
 μ_c : コンクリートのポアソン比、乾燥収縮係数

鉄筋軸方向の有効弾性係数 E_{RC} は Dantu, Hansen⁽⁴⁾⁽⁵⁾の式により

$$E_{RC} = p E_s + (1-p) E_c' \quad \dots (2)$$

p : 鉄筋比, E_s : 鉄筋の弾性係数 $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ と表わされる。従って、鉄筋コンクリートの表面における乾燥収縮量 ε_{RC} は(1),(2)式より

$$\varepsilon_{RC} = \frac{\sigma_{sc}}{E_{RC}} = \frac{2 \varepsilon_{sc}}{3(1-\mu_c)} \frac{1}{pn' + (1-p)} \quad n': \text{有効弾性係数比}$$

となる。ここで、鉄筋とコンクリートの収縮量には、コンクリートの硬化初期の付着能力によるずれ α があることを考慮すると上式は

$$\varepsilon_{RC} = \frac{2(\varepsilon_{sc} - \alpha)}{3(1-\mu_c)} \frac{1}{pn' + (1-p)} + \alpha \quad \dots (3)$$

と書き換えることができる。本実験において、 $\alpha = 30$, $\mu_c = 0.20$ および有効弾性係数比 n' として弾性係数比の3倍である18を(3)式に代入し実験値と比較すると、異形棒鋼の鉄筋コンクリートではかなり近い値を示し、よく適合している。このとき、コンクリートの引張力 T と鉄筋の圧縮力 C が等しいと置く乾燥収縮応力の弾性理論式(一般に $n=10$)では、実験値の0.4~0.65の低い値となっている。

4. 結論

- (i) コンクリートの乾燥収縮量は、各材料において、単位水量 W 、単位セメント量 C による $f = pW + qC$ で表わすことができる。(ii) 乾燥収縮機構でのコンクリートの弾性係数は、クリープの影響を考慮した有効弾性係数が適当である。参考文献、(1) 松本, 坂内, 近田; セメント技術年報 XXX, 81, 1976 (2) 池田訓明; コンクリートの特性, 丸立出版 p123 (3) 奥谷孝一; セメントコンクリート No. 346 Dec. 1975, (4) T.C. Hansen; Journal of ACI V62 N2 1965, (5) P Dantu, Ann. Tec. Batiment Publ. VII, 1958

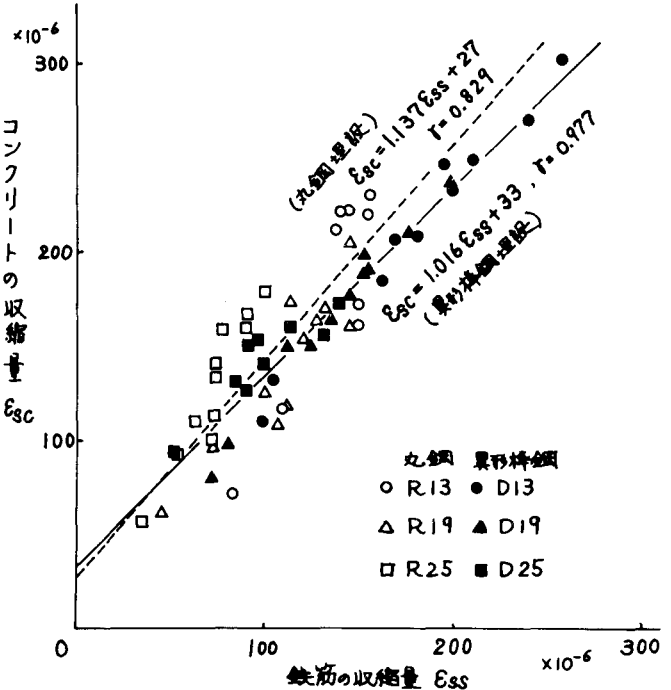


図-4. 乾燥収縮によるコンクリートと鉄筋の収縮量との関係