

コンクリートのクリープにおよぼす活性シリカの影響

広島大学

正会員 米倉 亜州夫

学生員 伊藤 祐二

東京工業大学

正会員 代家 勲

1. まえがき コンクリートのクリープについては古くより研究が行なわれ、多数の理論が提案されているがどの理論も現象を完全に説明することはできない。そこで本研究では、コンクリートの細孔量、ポロシターを著しく変化させる活性シリカ(Si)を用い、水結合材比及び養生条件を普通(N)及びオートクレープ養生(AC)と変化させ、水中及び空中でのクリープ供試体の収縮歪と透散水量を測定して、クリープ機構について検討を行なった。

2. 実験概要 コンクリートは早強ポルトランドセメント、広島県太田川産の川砂、及び可部産の碎石を用いた。混和剤には高性能減水剤を用いた。活性シリカ(Si)は超微粉末で平均粒径は1μm弱、フェロシリコン製造時の副産物である。表-1に実験計画を、図-1にクリープ試験用供試体を示す。配合は $W/(C+Si)=25\sim65\%$ 、 $Si/(C+Si)=0\sim30\%$ である。圧縮強度試験用として $\phi 10 \times 20$ mmの円柱供試体と、クリープ試験用として $10 \times 10 \times 40$ mmの直方供試体の中心軸にシースを取り付けたものを作製し、同時に乾燥収縮試験用としてクリープの場合と同一形状、同一配合のものを作製した。これら直方供試体の両側面には測定用コンタクトボールが埋め込んである。供試体は材令1日で脱型し表面をワイヤブラシで水洗し、どの養生方法の場合も所定の養生の後に、材令28日まで20℃の水中で標準養生を行なった。材令28日で圧縮強度試験を行ない、材令28日でPC鋼棒を用いてクリープ試験用供試体に応力を導入し、20℃の水中、又は20℃50%R.H.の室内に静置し、クリープ及び乾燥収縮試験用供試体の収縮歪と透散水量とを測定した。

3. 実験結果及び考察 図-2は空中養生した場合の全収縮歪(弾性歪を除いてある)を単位セメントペースト量(P)で割ったもの(ϵ/p)と載荷日数との関係を示している。水結合材比は30%、応力強度比は0.3で一定である。この図より、N養生した場合には、活性シリカ(Si)を混入したものは、Siが無混入のものに比べると、初期で ϵ/p が小さく、中期以後では大きくなっている。一方、AC養生した場合には、Si混入の有無によらず載荷日数100日ぐらいまでは、 ϵ/p はほぼ等しくなっている。

図-3は載荷日数と供試体重量変化率(W/W_0)との関係を示しており、同時に乾燥収縮供試体の W/W_0 も示してある。この図より、空中養生してN養生した場合にはSi混入の有無による W/W_0 の相違はなく、同時に乾燥収縮の場合の W/W_0 とあまり変わらない。一方AC養生した場合には、 W/W_0 はSi混入の有無により著しく相違するが、前述した様に ϵ/p はあまり相違しない。以上のことは他の配合の場合にも認められた。図-2, 3より、Siを混入することによりポロシターの量と細孔径分布が変化するものと考えられる。

表-1 実験計画

$W/(C+Si)$ % $Si/(C+Si)$ %	25	30	40	50	60
0	N	N S AC	N	N S AC	N
15		N		N	
30		N AC	N	N AC	N

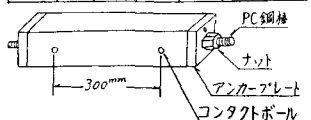


図-1 クリープ試験用供試体

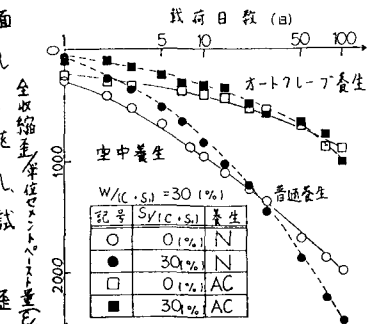


図-2 載荷日数 - ϵ/p

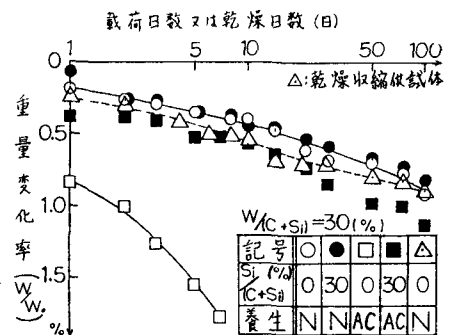


図-3 載荷日数又は乾燥日数 - W/W_0

図-4は水中で75日間載荷した場合の単位セメントペースト量当りの単位クリープ(ϵ_{cp})と圧縮強度(σ_c)との関係を示している。この図より、 ϵ_{cp} は σ_c が大きくなるほど小さくなっている。又、N養生した場合には、 Si 混入により同一 σ_c での ϵ_{cp} が無混入の場合より大きくなっており、この傾向は σ_c が大きくなるほど著しい。この原因としては、 Si を混入したことによりコンクリートのポロシティが変化し、小さな細孔の割合が多くなり、たためと思われる。これは、応力導入時には大きな細孔が変形し、小さな細孔はクリープの際に変形すると考えられるからである。一方、AC養生した場合には、 ϵ_{cp} の Si 混入による影響はあまり認められない。これは、AC養生をすると、 Si 混入の有無によらず、N養生の場合よりコンクリートのヤング率が同一 σ_c において小さく、そのため弾性歪が大きくなっており、応力導入時に、つぶれやすい大きな細孔はつぶれてしまって、それ以後は強硬なトベルモライトが互に接融する割合が多くなるため変形しにくくなって、クリープの絶対値も小さくなり、差も認められなくなったものと思われる。

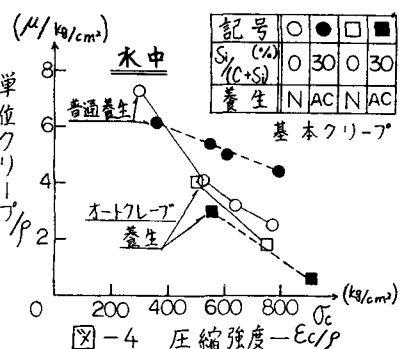


図-5は載荷日数75日での ϵ_{cp} と圧縮強度(σ_c)との関係を示している。この図より、空中養生した場合のクリープは基本クリープより、同一 σ_c において大きく、この傾向は低強度であるほど大きく、高強度では両者はほぼ同じ値となっている。両者のクリープ歪の差は乾燥クリープ(Drying Creep)と定義されているが、この乾燥クリープの値は、活性シリカを混入した場合の方が、無混入の場合より同一圧縮強度において大きくなっており、高強度コンクリートでは0となっている。このような乾燥クリープが生ずるのは、水分の逸散に伴い、発生する毛細管張力によって影響されていると考えられる。

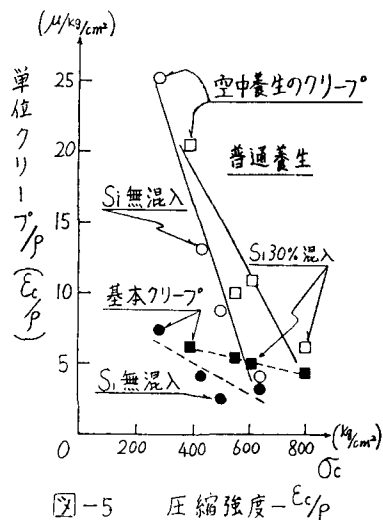


図-6は載荷日数75日での ϵ_{cp} と応力強度比(σ_c/σ_{c0})との関係をも $\text{W}/(\text{C}+\text{Si})=30\%$ の場合について示している。この図より、普通養生した場合、活性シリカを混入した場合の ϵ_{cp} は無混入の場合より、圧縮強度が大きいににもかかわらず、水中及び空中養生した場合も共に、大きくなっている。又、従来からいわれているように、水中養生した場合の ϵ_{cp} は $\sigma_c/\sigma_{c0}=0.1\sim0.5$ の範囲ではほぼ同じ値となっているが、空中養生した場合、特に活性シリカを混入した場合に一定となっていない。一方、オートクレープ養生した場合の ϵ_{cp} は、シリカ混入の有無に関係なく普通養生の場合より著しく小さく、空中養生した場合の ϵ_{cp} の値は、普通養生の場合と同様に σ_c/σ_{c0} によって異なっている。活性シリカを混入し空中養生した場合に、 ϵ_{cp} の値が σ_c/σ_{c0} が大きくなるにつれて小さくなっているのは、空中養生した場合、全収縮歪より乾燥収縮歪を単に算術的に差し引いていることに原因があると思われる。すなわち乾燥に伴って発生する毛細管張力による応力を無視して単位クリープを計算しているためであり、この影響は σ_c/σ_{c0} が小さい場合ほど大きくなるため、 ϵ_{cp} の値が σ_c/σ_{c0} の小さい場合に大きくなるものと思われる。活性シリカを用いた場合にこのような傾向が特に大きいのは、発生する毛細管張力の値が、活性シリカ無混入の場合より大きいためといえる。

