

広島大学大学院 学生員 ○伊藤 祐二
 広島大学 正員 米倉 亜州夫
 東京工業大学 正員 氏家 勲

1 まえがき コンクリートのクリープについては古くから研究され、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やポロシチーを著しく変化させる活性シリカ⁽¹⁾を用い、水結合材比、及び養生条件を標準(N)又はオートクレープ養生(AC)と変化させて、水中及び空中でのクリープ供試体の収縮歪と逸散水量を測定して、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、及び可部町産の砕石を用い、混和材には高性能減水剤を用いた。活性シリカ(S_i)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にクリープ供試体を示す。配合は $\frac{W}{(C+S_i)} = 25 \sim 65\%$ 、 $\frac{S_i}{(C+S_i)} = 0 \sim 30\%$ である。圧縮強度試験用として $\phi 10 \times 20$ cmの円柱供試体と、クリープ供試体として $10 \times 10 \times 40$ cmの直方供試体を用いた。直方供試体の場合には、中心軸にシースを取り付けてあり、両側面には測定用コンタクトボールが埋め込込である。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。供試体は材令1日で脱型し、表面をワイヤーブラシで水洗した。AC養生の場合には所定の養生の後にN標準供試体と共に材令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、同時にPC鋼棒を用いてクリープ供試体に所定の応力を導入した後、20℃の水中又は20℃、50%RHの室内に静置して、クリープ及び乾燥収縮供試体の収縮歪と逸散水量とを測定した。

表-1 実験計画

$\frac{W}{(C+S_i)} \%$	25	30	40	50	65
$\frac{S_i}{(C+S_i)} \%$	0	N AC	N AC	N AC	N
	30	N AC	N AC	N AC	N

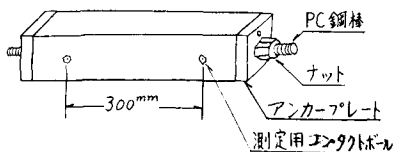


図-1 クリープ試験用供試体

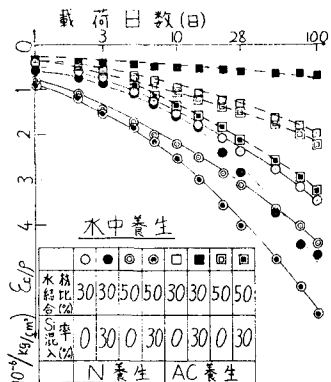


図-2 荷重日数- ϵ_c/p

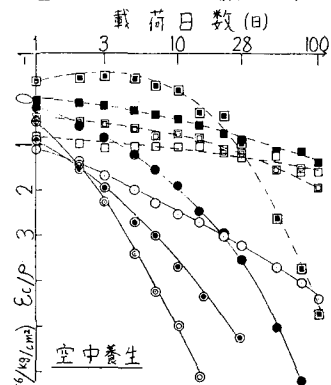


図-3 荷重日数- ϵ_c/p

3 実験結果及び考察 図-2は水中養生した場合の単位クリープ(ϵ_c)を単位セメントペースト量(P)で割ったもの(ϵ_c/p)と荷重日数との関係を示している。コンクリートにおいて収縮するのは、その大部分がセメントペースト部分であるので、配合の異なるものを比較検討する場合は ϵ_c/p を用いた方が合理的である。この図より、N養生した場合には、活性シリカ(S_i)の混入により、 ϵ_c/p は S_i 無混入の場合より同一水セメント比において圧縮強度が大きくなるにもかかわらず大きくなっている。一方、AC養生した場合において、高強度の場合($\frac{W}{(C+S_i)}=30\%$)には S_i 混入により、 ϵ_c/p が無混入のものより小さくなっているが、普通強度の場合($\frac{W}{(C+S_i)}=50\%$)には、N養生した場合と同様、 S_i を混入した場合の方が大きくなっている。また図-3は、図-2と同一配合で空中養生した場合の ϵ_c/p と荷重日数との関係を示している。この図より、N養生した場合、 S_i を混入したものの ϵ_c/p が、荷重日数が大きくなるに伴って、無混入のものより大きくなっている。これは高強度の場合に特に明確になっている。一方AC養生した場合には、 $\frac{W}{(C+S_i)}=30\%$ においては、 S_i 混入の有無による差は荷重日数100日において認められなくなっている。

る。普通強度 ($W_{(CS)} = 50\%$) で Si を混入したものの場合には、載荷初期において、 ϵ_c/p の値が負になっている。これは全収縮歪より乾燥収縮歪を単純に差し引いて、 ϵ_c/p を計算したためだと考えられる。図-2、3より活性シリカを混入することによって、コンクリートのポロシティーと分布が著しく相違するものと思われる。

図-4は水中、及び空中での載荷日数 n 日における、 ϵ_c/p と圧縮強度 (σ_c)との関係を Si 混入の有無及び N 又は AC 養生の別ごとに示している。この図より、 ϵ_c/p は σ_c が大きくなるに伴って小さくなっていく。水中養生の場合、 N 養生すると ϵ_c/p は Si 混入によって、無混入のものより、同一の σ_c にて大きくなっている。この原因としては、 Si を混入することによってコンクリートのポロシティーが変化し、小さい細孔の割合が大きくなったためと思われる。これは、応力導入時には大きな細孔が変形し、比較的小さい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_c/p 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弾性係数が同一 σ_c において小さく、そのため弾性歪が大きくなり、応力導入時につぶれやすい大きな細孔はつぶれてしまて、それ以後は強硬なトベルモライトが互いに接触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ると思われる。又、空中養生と水中養生の場合の ϵ_c/p の差 (乾燥クリープ) は、 σ_c が大きくなると共に小さくなっていく。このような乾燥クリープが生ずるのは、水分の逸散に伴って発生する毛細管張力に影響されていると考えられる。そこで、クリープに影響すると思われるポロシティーについて次の図-5で検討してみる。図-5は載荷日数 n 日でのクリープ供試体の逸散水量 (w/p) と圧縮強度 (σ_c) との関係を示している。この図より、 w/p は σ_c が大きくなるほど小さいこと、 N 養生の w/p が AC 養生の場合より同一 σ_c にて小さいこと、及び Si 混入により、同一 σ_c における w/p が無混入の場合より同一 σ_c にて小さいことが認められる。以上のことは、 σ_c が大きくなるほど、また Si の混入により、コンクリートに小さい細孔の割合が多くなるため、水分が逸散しにくくなることを意味し、 AC 養生した場合には、コンクリート中の細孔が全体的に大きくなるため、水分が逸散しやすいことを意味すると思われる。

図-6は載荷日数 n 日での ϵ_c/p と応力強度比 (σ_c/σ_{c0}) との関係も $W_{(CS)} = 30\%$ の場合について示している。この図より、水中養生した場合には Si 混入の有無によらず、従来から言われているように、 $\sigma_c/\sigma_{c0} = 0.1 \sim 0.5$ の範囲がほぼ一定となっている。一方、空中養生した場合には Si 混入の有無によらず ϵ_c/p が一定となっていない。 Si を混入し空中養生した場合に、 ϵ_c/p の値が σ_c/σ_{c0} が大きくなるに伴っ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た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_c/p の値が σ_c/σ_{c0} の小さい場合に大きくなったと思われる。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考えられる。

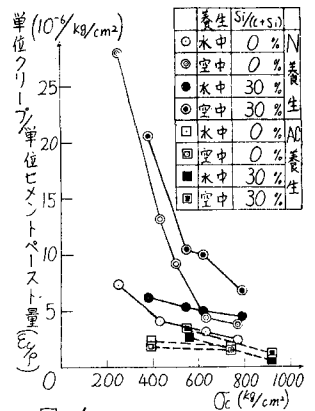


図-4 圧縮強度— ϵ_c/p

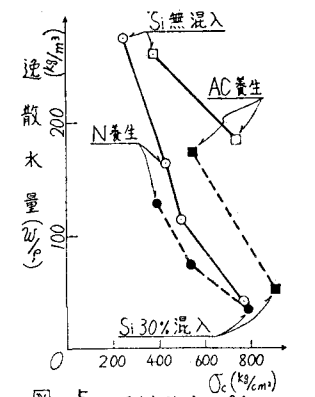


図-5 圧縮強度— w/p

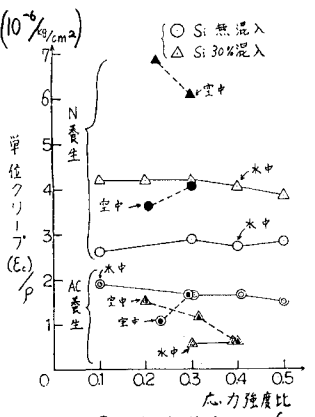


図-6 応力強度比— ϵ_c/p