

東京工業大学 正員 〇氏 家 勲
 広島大学 正員 米倉 聖州夫
 広島大学大学院 学正員 伊藤 祐二

1. まえがき コンクリートの乾燥収縮は、古くから研究されており、多数の理論が提案されている。しかし、現実の問題となる中高湿度域では、乾燥収縮はコンクリート中の細孔に作用する毛細管張力によるとする毛細管張力説が、最も有力である。しかし、具体的な検討はあまりなされていない。そこで本研究では、コンクリートのポロシターの量と細孔径分布を種々に変化させるために、水セメント比・活性シリカ混入率、及び養生条件を標準(N)、オートクレープ養生(AC)と変化させて、乾燥収縮率及び透散水量を測定して、乾燥収縮機構を検討した。

2. 実験概要 コンクリートには早強ポルトランドセメント、太田川産川砂、可部町産砕石を用い、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 1μ 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に乾燥収縮用供試体を示す。配合は水セメント比25~65%、 Si 混入率0~30%である。乾燥収縮用供試体はクリープ用供試体と同一条件にするため、 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の直方供試体の中心軸にシースを取り付け、両端面にはシール材を塗付して4面乾燥となるように作製した。供試体の両側面には測定用コンタクトボールが埋め込まれた供試体は材令1日で成型し、その表面をワイヤーブラシで水洗の後、AC養生の場合には、所定の養生後、N養生供試体と共に、材令28日まで20日の水中にマ標準養生を行なった。材令28日で圧縮強度試験を $10 \times 20\text{cm}$ の内枝供試体に行ない、同時に乾燥収縮試験を20日、50% R.H.の室内にマ開始した。

3. 実験結果及び考察 図-2は乾燥収縮率(ϵ)を単位セメントペースト量(P)で割ったもの(ϵ/P)と乾燥日数との関係を示している。コンクリートにおいて、収縮するのは大部分がセメントペースト部分であるので、異なる配合の場合、収縮率を比較するには、 ϵ/P を用いるのが合理的である。この図より、N養生すると、普通強度($W/C=50\%$)も高強度($W/C=30\%$)の場合にも ϵ/P は Si 混入により無混入の場合より小さくなっている。これは Si を混入したことによる圧縮強度の増大のためだと思われる。一方、AC養生した場合には、普通強度のコンクリートでは Si の混入により、無混入の場合より ϵ/P は強度が大きいくもかわらず大となっている。しかし、高強度の場合には、 Si の混入により、 ϵ/P が無混入の場合と大差なくなる傾向が認められる。

図-3は乾燥収縮用供試体の重量変化率(W/W_0)と乾燥日数との関係を示しており、配合は図-2の場合と同一である。この図より、どの水セメント比、及び養生の場合も、 Si の混入により W/W_0 が Si 無混入の場合より小さくなっている。以上図-2、図-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ターの量と細孔径分布が著しく変化するものと思われる。図-4は乾燥日数100日と200日における ϵ/P と圧縮強度(σ_c)との関係を示している。この図により、AC養生した場合には、 Si の混入により ϵ/P は同一 σ_c にマ、 Si 無混入のものより大きくなっている。これは Si 混入によって、微細孔の割合が、無混入の場合より著しく増大するためと思われる。⁽¹⁾一方、N養生した場合、乾燥100日

表-1 実験計画

W/C	25	30	40	50	65
0%	N	N	N	N	N
10%	AC	AC	AC	AC	AC
30%	N	N	N	N	N
40%	AC	AC	AC	AC	AC

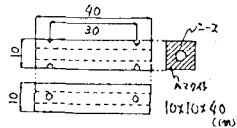
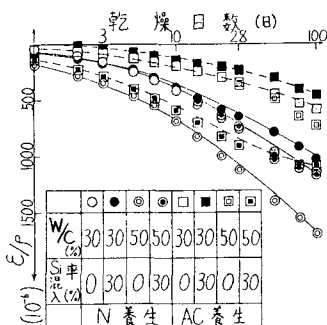
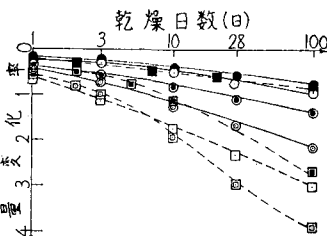


図-1 供試体

図-2 乾燥日数- ϵ/P 図-3 乾燥日数- W/W_0

どの場合も約40%以下の範囲では、 Si を混入した場合の ϵ/p が、無混入の場合より同一 σ_c に小さくなっている。しかし、乾燥200日においては、 Si 混入の有無による ϵ/p の差が小さくなっている。このように活性シリカを混入し、 N 養生した場合、乾燥収縮は、無混入の場合に比べて、乾燥初期に小さく、長期になると、大きくなる傾向にある。次に、コンクリート中の水分量と密着性に関係しているポロシティーについて、図-5で検討してみよう。図-5は図-4と同一配合の場合の、乾燥日数100日における重量変化率(W/W_0)と圧縮強度(σ_c)との関係を示している。この図より、 N 養生した場合には乾燥100日程度では同一 σ_c における Si 混入による W/W_0 への影響はあまり認められない。一方、 AC 養生した場合には、 W/W_0 は Si の混入により同一 σ_c にて無混入の場合より、著しく小さくなっている。水分は細孔径の大きいものから順に逸散しやすいので以上の結果より判断して活性シリカを混入することによって、 AC 養生したコンクリートのポロシティーの量は小さくなり、かつ細孔径の小さいものの割合が多くなると思われる。図-6は W/W_0 と ϵ/p との関係をセメント比30%の場合について示している。この図より、 W/W_0 の増大に対する ϵ/p の増大の割合は、 N 養生した場合の方が AC 養生した場合より大きく、又この割合は活性シリカ混入率が増大しても N 養生した場合には大差ないが、 AC 養生した場合には著しく大きくなっているのが認められる。このように同一 W/W_0 でも、養生条件と活性シリカ混入率によって ϵ/p が異なるということから、細孔の量ばかりでなく、細孔径の大きさによっても、収縮に影響されるといえる。20℃、50%RHにて長期間乾燥すると、16Å以上の細孔に存在していた水分は逸散してしまうと言われている。又、毛細管張力は水の存在する細孔にメニスカスが形成される場合に生じ、小さい細孔径のものほど大きい。セメントゲルのゲル空隙の細孔半径は7.5~15Åであり、平均細孔半径は9Åであると言われている。従って空隙に含まれる水分は50%RHでは逸散しないことになる。そこで約400日乾燥後、供試体を炉乾燥し、炉乾燥前後の重量差をゲル空隙に残留していた水分と考え、その分だけゲル空隙で毛細管張力が発生すると考えられる。図-7はコンクリートの場合と同一セメント比で、どの配合の場合も単位セメントペースト量を0.408 $\frac{kg}{m^3}$ と一定にした場合の4x4x16cmモルタル供試体の長期間乾燥後の残留水率($\Delta W/W_0$)と圧縮強度(σ_c)との関係を示している。この図より、 $\Delta W/W_0$ は σ_c が大なるほど大きく、又活性シリカの混入によりどの養生の場合も著しく大きくなっている。特に AC 養生した場合に、その傾向が大きくなっている。一方、活性シリカ無混入で AC 養生した場合の残留水率は N 養生の場合と比べて著しく小さい。従って活性シリカ無混入で AC 養生した場合の乾燥収縮歪が、 N 養生した場合より同一 σ_c に著しく小さくなるのは、発生する毛細管張力が小さいためであり、活性シリカ混入によって乾燥収縮歪が無混入の場合より大きくなるのは、毛細管張力が大きいためである。このことは、乾燥収縮が毛細管張力で説明できることの裏付けとなるといえる。又図-7より、高強度であれば発生している毛細管張力による応力が大きいにもかかわらず、図-4より明らかなように、 ϵ/p の値は高強度になりほど小さくなっている。これは高強度であるほど、コンクリートのヤング係数が大きいと、及びクリープ歪が小さいことによるとと思われる。

