

広島大学 学生員 ○伊藤 祐二
 広島大学 正会員 米倉 亜州夫

1. まえがき コンクリートの乾燥収縮機構は、セメントペースト中の水隙に発生する毛細管張力によるとする説が最も有力であるが、実験によって具体的にこれを調べた研究は少ない。そこで本研究では、配合及び養生方法によって水隙の細孔径分布や細孔容積が種々に変化するという活性シリカを用いたセメントペースト及びモルタルについて、活性シリカを混入した場合と、無混入の場合について、水セメント比を30～65%まで変化させ、養生方法を普通養生(N)・蒸気養生(S)・オートクレープ養生(AC)の3種に変化させ、乾燥収縮量(ϵ_s)と逸散水量(W_d)の測定をして、乾燥収縮に及ぼす活性シリカの影響について 表-1 実験計画 検討したものである。

2. 実験概要 セメントは早強ポルトランドセメント、細骨材は広島県太田川産の川砂を使用した。混和剤はポリアルキルスルホン酸塩を主成分とする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1 μ m弱で、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に乾燥収縮試験用供試体を示す。配合は $W/(C+Si) = 30 \sim 65\%$, $Si/(C+Si) = 0 \sim 30\%$ である。

供試体は、圧縮強度試験用として $\phi 5 \times 10$ cmの円柱供試体を、乾燥収縮試験用として $4 \times 4 \times 16$ cmの直方供試体を作製した。乾燥収縮試験用供試体は、両端に測定用プラグを埋め込んである。表-2に製造時の養生条件を示す。供試体は初令1日で脱型し、その表面をワイヤーブラシにて水洗し、その後N養生以外はS養生又はAC養生を行ない、初令28日まで20℃の水中で標準養生した。初令28日で圧縮試験を行ない、同時に乾燥収縮試験用供試体の基長をして、翌日より20℃、湿度33～92%のデシケータ内にて、乾燥収縮量(ϵ_s)及び逸散水量(W_d)を測定した。

3. 実験結果及び考察 図-2.1, 2.2は各々セメントペーストとモルタルの乾燥日数と乾燥収縮量(ϵ_s)との関係を示したものである。モルタルの場合は、単位セメントペースト量をどの配合においても、 $0.408 m^3/m^3$ に統一した。モルタルの場合、活性シリカを混入した場合の ϵ_s は、無混入の場合に比べて、N養生の場合、圧縮強度が大きいため小さくなる。一方AC養生した場合には、圧縮強度が著しく大きいにもかかわらず ϵ_s は無混入の場合に比べて大きくなる。セメントペーストの場合は、モルタルと同様の傾向を示しており、養生条件の相違及び活性シリカ混入の有無が ϵ_s に及ぼす影響が一層明白となっている。

図-3.1, 3.2は逸散水量(W_d)と乾燥収縮量(ϵ_s)との関係を示している。図-3において、活性シリカを混入した場合、 W_d は無混入の場合より、同一乾燥日数において小さく、また同一 W_d において、活性シリカを混入した場合の ϵ_s は、N養生及びAC養生のいずれの場合においても、同

	W/C+S S/C+S	30%	40%	50%	65%
セメントペースト	0%	N.S.A.C.	N.S.	N.S.A.C.	N.S.
	30%	—	N.S.	N.S.A.C.	N.S.
モルタル	0%	N.S.A.C.	N.S.	N.S.A.C.	N.S.
	15%	N.S.A.C.	—	N.S.A.C.	—
	30%	N.S.A.C.	N.S.A.C.	N.S.A.C.	N.S.A.C.

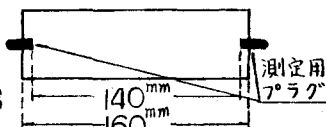


図-1 供試体寸法

表-2 養生条件

	昇温速度	目標温度	目標圧力	養生時間	備考
普通養生	—	20℃	—	28日	20℃水中
蒸気養生	20℃/hr	65℃	—	3時間	自然冷却
オートクレープ養生	60℃/hr	180℃	10 atm	5時間	自然冷却

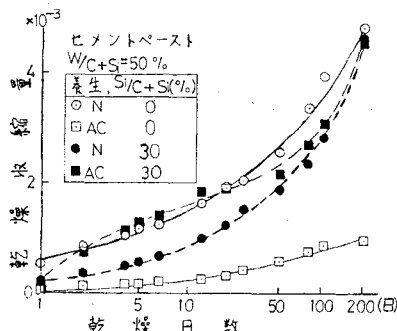


図-2.1 乾燥日数—乾燥収縮量

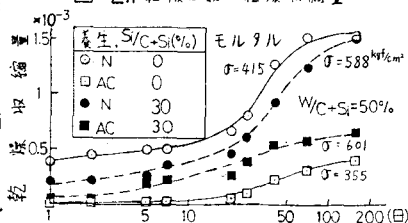


図-2.2 乾燥日数—乾燥収縮量

一養生条件において、活性シリカ無混入の場合より大きくなっている。このような傾向は、図-4 からも見い出せる。

図-4 は活性シリカ混入率 ($S/C+S_i$) とモルタルの乾燥収縮量 (ϵ_s) との関係を示している。乾燥日数150日、圧縮強度 (σ_c) = 300, 700 kgf/cm^2 の場合について示している。この図によると、同一乾燥日数、同一圧縮強度においては、どの養生の場合でも活性シリカ混入率の増大に伴、 ϵ_s が増大しているのが認められる。

活性シリカを混入した場合の乾燥収縮は上記のような結果となっているが、これは、主として、セメントペースト中の水隙の細孔径分布と細孔容積に起因する毛細管張力に関係していると思われる。水面の曲率半径 (r) と蒸気圧の間には熱力学的平衡関係があり、次式で示される。

$$\ln \frac{P}{P_0} = - \frac{2\sigma}{RT} \cdot \frac{1}{r} \quad (1)$$

P/P₀: 相対湿度
σ: 水の表面張力 (20°C で 72.75 dyn/cm)

この式より、相対湿度が小さくなるほど、細孔半径が大きいものばかりでなく小さい水隙からも水分が蒸発することになる。また、毛細管張力 (ΔP) と相対湿度及び細孔半径との関係は (2) 式で表わされるといわれている。

$$\Delta P = - \frac{2\sigma}{r} = - \frac{RT}{M} \cdot \ln \frac{P}{P_0} \quad (2)$$

(2) 式より細孔半径が小さい水隙ほど大きな毛細管張力が働くことがわかる。以上のような関係を利用して、湿度を変化させて乾燥収縮の実験を行な、た結果は次の通りである。

図-5.1, 5.2 は逸散水量 (W_s) と乾燥収縮量 (ϵ_s) との関係をセメントペーストとモルタルの場合について示したもので、湿度を3週間ごとに、92, 77, 50, 33% と順次小さくしている。これらの図より、活性シリカ無混入で AC 養生した場合には、湿度 50% までは ϵ_s はほとんど増えず、 W_s だけが增えている。一方、活性シリカを混入した場合の ϵ_s は、 W_s が小さいにもかかわらず、著しく大きいことが認められる。このことは式 (1), (2) より、 W_s はセメントペースト中のポロシティの量、すなわち細孔容積に關係し、 ϵ_s はポロシティの量とその細孔半径に影響される毛細管張力によって生ずるので、活性シリカを混入した場合、セメントペースト中のポロシティの量は無混入の場合より小さいが、細孔半径の小さいものが増えるため、 W_s は小さく ϵ_s は大きくなるものと思われる。

4. あとがき 本研究より次のことがいえると思われる。活性シリカ微粉末の混入によって、ポロシティは細孔半径の小さいものが増え、そのため水隙中に発生する毛細管張力が大きくなり、同一乾燥日数、同一圧縮強度においては、活性シリカの混入によって乾燥収縮量が増大する。このことは毛細管張力理論を裏づけるものと思われる。 参考文献: 1) 長滝重義, 米倉重州夫, 横田弘 「高温養生したコンクリートの力学的性状に及ぼす活性シリカの効果」 セメント・コンクリート No. 387 May 1979

