

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 小尾 稔

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 堺 孝司

1. まえがき コンクリートの乾燥収縮機構は、一般に硬化セメントペースト中の空隙に存在する水分に発生する毛細管張力によって収縮が生ずるとする、毛細管張力説によって説明されている。この収縮応力は、空隙の大きさ、量および空隙水の表面張力に関係すると言われている。すなわち、その径が小さく量が多い程、また空隙水の表面張力が大きいほど収縮力が大きいと言われている。これまで、これらの要因と乾燥収縮量との相関についての詳細な検討を行った例は少ない¹⁾²⁾。本研究では、乾燥収縮低減剤の利用も含む様々な配合のコンクリート供試体を作成し、乾燥収縮の測定を行うとともに、ガス吸着法によって数十Åの細孔を含む微細な空隙の測定を行った。さらに、モルタル供試体の絞り出し溶液による表面張力の測定を行い、乾燥収縮についての総合的な検討を行った。

2. 実験概要 表-1に示すような、セメントの種類、水セメント比、混和剤の異なるコンクリートを作成した。長さ変化の測定は、10×10×40cmの供試体を7日間水中養生後、JIS A 1129のモルタルおよびコンクリートの長さ試験方法に基づき、20℃、60%RH環境下で行った。細孔径分布は、材令28日まで水中養生を行ったコンクリート供試体のモルタル部をD-Dry処理したものを試料として、ガス吸着法により測定した。ガス吸着法は、窒素ガスの脱着時に得られた値を用い、測定した細孔径の範囲は半径約数十Å～1000Åである。

さらに、細孔溶液の毛細管張力に及ぼす収縮低減剤の有無、および高性能減水剤の種類の影響を明らかにするために、上記配合の中から表-2に示す数配合のモルタルを作成し、絞り出し溶液の表面張力の測定を行った。モルタルの配合は、コンクリートの配合より粗骨材を除く分を割り戻したものとした。表面張力の測定は、絞り出した溶液を直ちに0.2μmフィルターでろ過

表-1 コンクリートの配合

記号	セメント 種類	W/C (%)	スラン プ (cm)	空気 量 (%)	単 位 量 (kg/m ³)						圧縮強度 材令28日 (kgf/cm ²)			
					W	C	S	G	AE ⁽⁴⁾ (m ³)	SP ⁽⁵⁾ (kg)		SRA ⁽⁶⁾ (kg)		
N	(1) N	50	8±1	5±1	141	282	826	1095	705			421		
N1		41.8			118	282	853	1135				5.35	7.50	378
NF		25			180	640	708	943				8.96		575
NS		26			186	635	703	936				8.89	7.44	902
NS1		25			180	640	708	943				20.2		873
NP		26			186	635	703	936				22.2	7.44	830
NP1		26			186	635	703	936						821
BB	BB ⁽²⁾	50	8±1	5±1	141	282	822	1092	675			385		
FB	FB ⁽³⁾	50			135	270	830	1105				645	348	

(1)普通ポルトランドセメント (2)高強度ポルトランドセメント (3)ライオンポルトランドセメント (4)AE剤 (5)高性能減水剤
(6)収縮低減剤(7トリノット系) (7)ポリカルボキレート系 (8)ポリアリレート系

し、ウィルヘルミー表面張力計を用いて行った。また、絞り出し量の少ないものについては蒸留水で2倍に増量して測定を行った。

3. 実験結果および考察 図-1に、N、N1、NFの乾燥日数および重量減少率と乾燥収縮ひずみの関係を示す。乾燥日数153日において、収縮低減剤添加のN1は、Nに対して同程度の重量減少率であるが乾燥収縮量は約1/2となった。図

-2の細孔径分布では、乾燥収縮力に大きな影響を与える半径数十Å付近の細孔量は、N1がNより若干小さいもののほぼ同程度であるのに対し、表-3に示すようにN1の表面張力はNの約1/2となった。これらのことから、収縮低減剤は、コンクリート硬化後空隙水の表面張力を低下させ、乾燥収縮を低減させる効果があることがわかる。また、図-1に示すように、高性能減水剤を用いてW/Cを41.8%としたNFは、Nに比べ重量減少率が約1/2であり、乾燥収縮ひずみの増加も頭打ちとなっ

表-2 モルタルの配合

記号	セメント 種類	W/C (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
			W	C	S	AE ⁽²⁾ (m ³)	SP ⁽³⁾ (kg)	SR ⁽⁴⁾ (kg)
N	(1) N	50	239	478	1398	1195		
N1		41.8						7.5
NS		25	247	987	1093		13.8 ⁽⁵⁾	
NP		26					31.1 ⁽⁶⁾	

(1)普通ポルトランドセメント (2)AE剤 (3)高性能減水剤 (4)収縮低減剤(7トリノット系) (5)ポリカルボキレート系 (6)ポリアリレート系

表-3 表面張力測定結果

記号	絞り出し 材令 (h)	測定時 温度 (℃)	絞り出し溶液 の表面張力 (dyn/cm)	備 考
N	24	20	65.3	
N1			38.2	
NS			54.3	2倍に希釈
NP			61.5	2倍に希釈

た。図-3に示す細孔径分布では、NFは半径数十Å付近の細孔量がNに比べ約1/2となった。単位水量減少による空隙の減少すなわち細孔容積の減少が、乾燥収縮量を小さくしたものと考えられる。

図-4は、乾燥日数および重量減少率と乾燥収縮ひずみの関係に及ぼすセメントの種類の影響を示している。BBは重量減少率も大きく、収縮も大きい。FBは重量減少率は大きい収縮量は他と比較して小さく、Nは両者の中間にあった。本実験結果では図-5に示すように、BBは半径数十Å付近の細孔量がNおよびFBによりかなり大きな値となった。高炉セメントは、普通セメントと比較して半径250Å以下の微細な毛細管空隙および半径30Å以下のゲル空隙が多く

図-6に、高性能減水剤および収縮低減剤を添加した場合の重量減少率と乾燥収縮ひずみの関係を示す。なお、収縮低減剤は通常単位水量に置き換えて配合するが、ここでは外割りとして配合した。そのため、収縮低減剤を使用したNS1、NP1は配合上W/Cが1%大きくなる。

乾燥日数153日において、ポリカルボン酸系の高性能減水剤を用いたNSの重量減少率は、ポリアルキルアリルスルホン酸塩系のNPのそれと同程度であるが、収縮ひずみはNSの約2/3である。図-7に示す細孔径分布の比較では、半径数十Å付近の細孔量がNPの約1/3であり、さらに表-3に示すように、NSの表

面張力がNPより若干小さくなった。また、ポリアルキルアリルスルホン酸塩系の高性能減水剤にアルキレンオキシド系の収縮低減剤を用いた場合は、図-8に示すように収縮低減剤を添加することによって細孔径分布が変化していることが確認された。しかし、高性能減水剤としてポリカルボン酸系のものを用いた場合は、図-9に示すように大きな違いはみられなかった。一般に収縮低減剤を用いても細孔構造にほとんど影響がないとされているが²⁾、これらの結果は、用いる高性能減水剤の種類によっては細孔構造が変化する場合のあることを示すものである。

参考文献 1)長滝重義・米倉亜州夫：コンクリートの乾燥収縮およびクリープの機構に関する考察，コンクリート工学，Vol.20，No.12，Dec.1982，pp85-95 2)富田六郎：有機系収縮低減剤の作用機構に関する考察，土木学会論文集，No.433/V-15，pp197-205，1991.8 3)羽原俊祐・沢木大介・新沼哲郎・内山浩：乾燥による混合セメントモルタルの構造変化と収縮，第46回セメント技術大会講演集1992，pp446-451

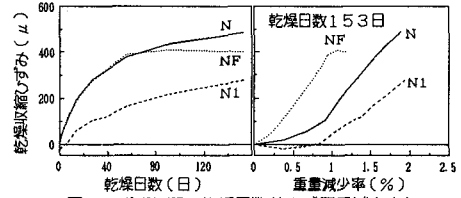


図-1 N, NF, N1の乾燥日数および重量減少率と乾燥収縮ひずみ

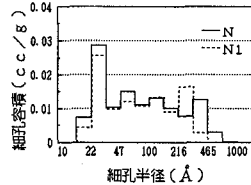


図-2 N, N1の細孔径分布

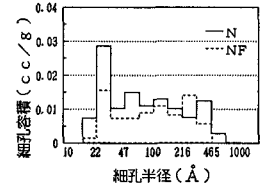


図-3 N, NFの細孔径分布

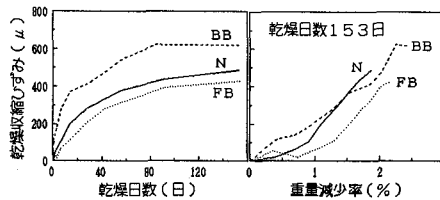


図-4 N, BB, FBの乾燥日数および重量減少率と乾燥収縮ひずみ

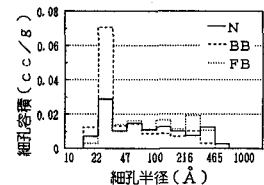


図-5 N, BB, FBの細孔径分布

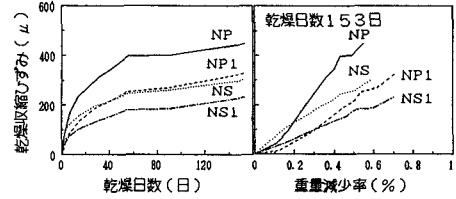


図-6 NP, NP1, NS, NS1の乾燥日数および重量減少率と乾燥収縮ひずみ

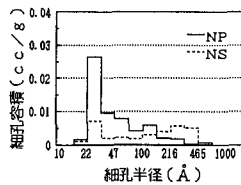


図-7 NP, NSの細孔径分布

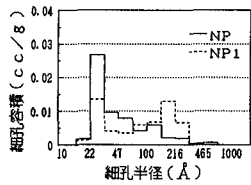


図-8 NP, NP1の細孔径分布

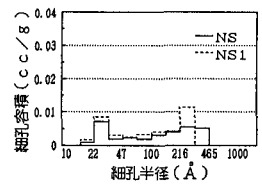


図-9 NS, NS1の細孔径分布