

常圧蒸気養生後の遠心成形高強度コンクリートの収縮特性に関する実験的研究  
(その3. 実験概要, ペースト・モルタル・コンクリートの乾燥収縮)

正会員 田中佑二郎 1\*  
同 菅 一雅 1\*

常圧蒸気養生 遠心成形 高強度コンクリート  
乾燥収縮 シリカフェーム 高強度混和材

表-1 使用材料

セメント	早強ポルトランドセメント 密度3.14(g/cm <sup>3</sup> )	
混和材	1	エトリンガイト系高強度混和材 密度2.9(g/cm <sup>3</sup> )
	2	石灰系膨張材 密度3.14(g/cm <sup>3</sup> )
	3	シリカフェーム 密度2.2(g/cm <sup>3</sup> )
粗骨材	安山岩系6号砕石 表乾密度2.62(g/cm <sup>3</sup> )	
細骨材	安山岩系砕砂 表乾密度2.64(g/cm <sup>3</sup> )	
混和剤	1	ナフタリン系高性能減水剤 密度1.2(g/cm <sup>3</sup> )
	2	低級アルコール-アルキレンオキド付加物収縮低減剤 密度1.15(g/cm <sup>3</sup> )

表-2 調合種類

調合 no.	種類 <sup>*1</sup>	W/B <sup>*2</sup> (%)	s/a (%)	s/m <sup>*3</sup> (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	混和材			混和剤 <sup>*4</sup>	
						1	2	3	1	2
1	P	23	0	-	415	-	-	-	-	-
2						5	-	-	-	
3						10	-	-	-	
4	M1	100	24	315	-	-	-	-	-	
5					5	-	-	-		
6					10	-	-	-		
7	M2	100	47	220	-	-	-	-	-	
8					5	-	-	-		
9					10	-	-	-		
10	P	23	0	-	415	10	-	-	2.2	1.5
11						-	5	-	-	
12						-	-	-	-	1.5
13	M1	100	24	315	-	-	-	-	-	
14					-	5	-	-	1.5	
15					-	-	-	-	-	
16	M2	100	47	220	-	-	-	-	-	
17					-	-	-	-	-	
18					5	-	-	-	-	
19	C	40	47	130	10	-	-	-	-	
20					-	-	-	-	1.5	
21					-	-	-	-	-	

\*1 P: ペースト, M1: モルタル1, M2: モルタル2, C: コンクリート  
\*2 混和材はセメントに対する置換率を表わす  
\*3 s/mはモルタル中の細骨材容積比率を表わす  
\*4 混和剤はB: 結合材(セメント+混和材)に対する添加率を表わす

表-3 練り混ぜ・成形・養生条件

練り混ぜ条件	no.1 ~ 3,10,11 (12Lホバートミキサー) : 空練り30s 本練り300s
	no.4 ~ 9,12 ~ 15 (50L強制2軸ミキサー) : 空練り30s 本練り240s
	no.16 ~ 20 (50L強制2軸ミキサー) : 空練り30s 本練り180s
成形条件	4G振動台 : 振動成形 2層打ち 各層180s
養生条件	前養生 昇温 高温 降温
	2h 20 /h 80 5h 自然冷却

表-4 試験体概要

試験種類	試験体形状(mm)		試験内容
	no.1 ~ 15	no.16 ~ 20	
乾燥収縮	40 × 40 × 160 (標点距離: 100)	100 × 100 × 400 (標点距離: 200)	20 60%RH (材齢2日,7日,14日,28日,56日,91日)
強度物性	50 × 100	100 × 200	圧縮強度、ヤング係数、割裂引張強度 20 60%RH(材齢7日,28日,91日)
含水率	40 × 40 × 50	100 × 100 × 65	110 48時間 炉乾燥 20 60%RH(材齢2日,7日,28日,91日)

1. はじめに

筆者らは、常圧蒸気養生後の遠心成形した高強度既製コンクリート杭の内面に発生するひび割れを抑制することを目的に、各種調合による収縮特性について検討を行ってきた<sup>1)</sup>。遠心成形ではコンクリートが密実になる反面、骨材が外周面に分離する傾向を示し、高強度になるとその影響が大きくなる<sup>2)</sup>。そのため、内面にペースト量が増加する傾向を示す。前述したひび割れ発生要因としては、各種調合条件による影響だけでなく、このような材料分離の影響も考えられる。

そこで、各種調合条件における遠心成形による材料分離を想定し、ペースト・モルタル・コンクリートの収縮特性を把握し、その発生要因について検討を行った。

2. 実験概要

使用材料、調合種類、練り混ぜ・成形・養生条件を表-1~3に示す。調合種類としては、早強ポルトランドセメントと高強度混和材とナフタリン系高性能減水剤の組合せを基本とし、W/B を 23%とした。その他に混和材・剤は、シリカフェーム、膨張材、収縮低減剤の 3 種類を用いた。シリカフェームは置換率を 5,10%, 膨張材は置換率を 5%, 収縮低減剤は添加率を 1.5%とした。粗骨材、細骨材は安山岩系砕石、砕砂とした。練り混ぜは、空練り 30 秒を行った後、水を投入し本練り 180 ~ 300 秒とした。成形は、振動台を用いて 2 層打ちの各層を所定時間まで振動を加えた。常圧蒸気養生は、前養生 2 時間後徐々に温度を上昇させ、最大温度 80 を 5 時間保持後、自然冷却させた。

試験体概要を表-4 に示す。乾燥収縮試験について、no.1~15 は 40×40×160mm, no.16~20 は 100×100×400mm の試験体を作成した。標点距離を no.1~15 は 100mm, no.16~20 は 200mm とし、試験体の両側面にコンタクトゲージプラグを取り付けた。試験体を 20 60%RH の養生室に 1 日存置した後、試験体温度が一定となった材齢 2 日を基長とし、乾燥収縮ひずみ及び質量変化率の測定を行った。強度物性について、no.1~15 は φ50-100mm, no.16~20 は φ100-200mm の試験体を作成し、圧縮強度およびヤング係数、割裂引張強度試験を行った。含水率試験について、no.1~15 は 40×40×50mm, no.16~20 は 100×100×65mm の試験体を作成し、110 48 時間炉乾燥することにより含水率の測定を行った。

### 3. 実験結果

材齢 91 日における乾燥収縮ひずみの比較を表-5 に、各調合の乾燥収縮ひずみの測定結果を図-1 に示す。

いずれの調合においても、ペースト・モルタル・コンクリートとペースト量が少なくなる順に、収縮ひずみも小さくなる傾向を示した。収縮特性については、他の調合もペーストと同様な傾向を示した。

シリカフュームを混入した調合では、収縮低減剤を添加した調合同様に、材齢 28 日までは若干の膨張もしくは収縮ひずみの変化を示さず、その後は混入しない調合同様な収縮ひずみの増加傾向を示した。

既往の研究<sup>3)-5)</sup>では、シリカフュームを混入することで収縮ひずみが同等もしくは 10~30%程度低減する報告がされているが、当該試験ではコンクリートで 68%の低減が確認され、大きな低減効果が得られる結果となった。

膨張材を混入した調合では、材齢 7 日までの初期材齢では小さい値を示すが、以降の長期材齢では混入しない場合と同様な値を示した。

ペーストとモルタル 1 の材齢 91 日の収縮ひずみの差をみると収縮低減剤添加で 50 $\mu$ 、シリカフューム混入で 262~365 $\mu$ 、混入なしで 402 $\mu$  と材料分離による収縮ひずみ差の抑制することに対して、収縮低減剤添加が最も効果があり、シリカフューム混入による効果も認められた。

いずれにしても、ペースト量が多いと収縮ひずみが増加することから、材料分離を抑制することがひび割れ防止に有効と考えられる。

### 4. まとめ

- 1) 調合に関らず、ペースト・モルタル・コンクリートとペースト量が少なくなる順に、収縮ひずみも小さくなる傾向を示し、材料分離の抑制が内面ひび割れの防止に有効であると考えられる。
- 2) 既往の研究に比べて、シリカフューム混入の調合は、ペースト・モルタル・コンクリートで大きな収縮ひずみの低減効果が確認された。
- 3) 材料分離による収縮ひずみ差の抑制効果は、収縮低減剤添加が最も有効であり、シリカフューム混入も一定の効果があることが確認された。

表-5 材齢 91 日における乾燥収縮ひずみの比較

調合条件	調合種類			
	P	M1	M2	C
Si 0%	-965 $\mu$ (100)	-562 $\mu$ (100)	-415 $\mu$ (100)	-390 $\mu$ (100)
Si 5%	-528 $\mu$ (55)	-163 $\mu$ (29)	-268 $\mu$ (64)	-198 $\mu$ (51)
Si 10%	-407 $\mu$ (42)	-145 $\mu$ (26)	-254 $\mu$ (61)	-125 $\mu$ (32)
収縮低減剤	-245 $\mu$ (25)	-195 $\mu$ (35)	-273 $\mu$ (66)	-269 $\mu$ (69)
膨張材	-863 $\mu$ (89)	-668 $\mu$ (119)	-565 $\mu$ (136)	-423 $\mu$ (108)

( )内の数は、高強度混和材のみの調合の乾燥収縮ひずみを100%として表わした場合の比率

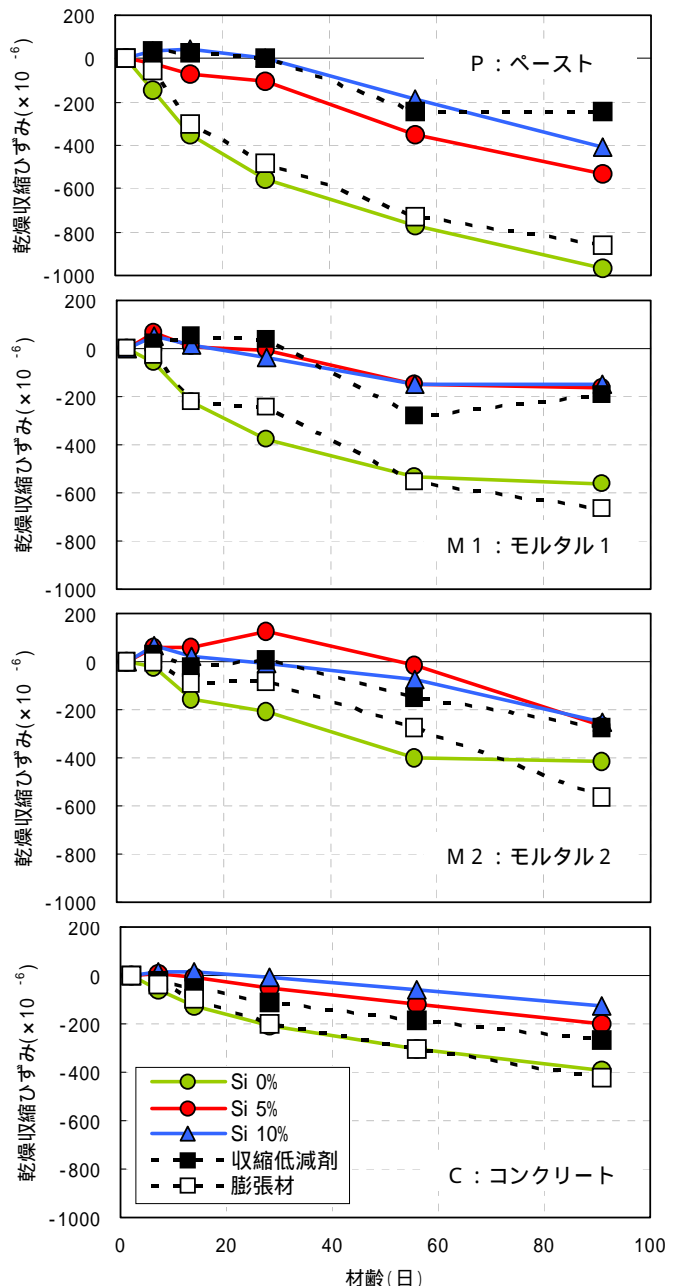


図-1 各材齢における乾燥収縮ひずみ

### 参考文献

- 1)菅,田中,小島: 常圧蒸気養生後の遠心成形高強度コンクリートの収縮特性に関する実験的研究(その 1,その 2),日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1,pp.823-826,2008.9.
- 2)菅,榎田: 高強度コンクリートの遠心成形性に及ぼす調合の影響に関する研究,日本建築学会構造系論文集,no.606,pp.29-34,2006.8.
- 3)三浦,十河,青木,入矢: シリカフュームを混入した高強度コンクリート用材料の基礎性状,コンクリート工学年次論文報告集 9-1, pp.45-50,1987.
- 4)竹村,米倉,田中: シリカフュームを用いたコンクリートの乾燥収縮特性,コンクリート工学年次論文報告集 9-1, pp.69-74,1987.
- 5)添田,江本,辰本,大和: コンクリートの諸性質に及ぼすシリカフュームの影響,コンクリート工学年次講演会論文集,pp.205-208,1985.