

金沢工業大学 正員 荒川成一
金沢工業大学 正員 斉藤 満

1. 目的

膨張コンクリートにおける膨張および乾燥収縮特性を正確に把握することは重要なことであると考えられる。膨張コンクリートの膨張と収縮特性に及ぼす骨材の影響はまだ多くは検討されておらず、また、これらの性質がコンクリートの複合性によって影響されることは、コンクリートの乾燥収縮に及ぼす骨材の影響を示すPickettの研究¹⁾より判断して、十分可能性のあることである。本研究は、膨張コンクリートの無拘束膨張および乾燥収縮特性をコンクリートの複合性という観点から検討するものである。

2. 方法

《供試体作製》使用した膨張材はカルシウムサルフォアルミネート系のデンカCSA#20である。セメントは普通ポルトランドセメントであり、細骨材はF.M.2.58の川砂である。粗骨材は最大寸法20 mmの砕石(F.M.6.70)と最大寸法15 mmの非造粒型軽量骨材(F.M.6.19)である。なお、軽量粗骨材は表乾状態で使用した。水・セメント膨張材比はすべて50%とし、膨張材量は単位セメント量に対する内割りで0、5、10および15%の4種とした。作製した供試体は10×10×30 cm角柱供試体であり、供試体の種類と記号を表1に、配合を表2に示す。供試体は、打設後3～5時間で表面仕上げを行い、膨張および収縮量測定用のアラゲゲージを図1に示す個所に埋め込んだ。養生は、脱型を行う24時間までは恒温恒湿室(温度20±1℃、湿度85±5%)で湿気養生とし、その後は水温20±1℃の水槽で水中養生とした。供試体は同一配合について3個づつ総数84個である。《測定》膨張および収縮量の測定には、コンタクトベリーストレインゲージ(標点間隔100±2.5 mm)を使用した。最初の測定は供試体の水浸直前(打設後24時間)に行い、この値をすべての基準値とした。無拘束の膨張量の測定は、水中養生を13日間継続した供試体について連続的に行ったものであり、乾燥収縮量は、打設後14日目より温度20℃、相対湿度60%の雰囲気中に供試体を保存することにより測定を行ったものである。なお、同一配合の供試体3個の内、1個を乾燥収縮測定用とし、残り2個の供試体を材令14日における圧縮弾性係数、ポアソン比および圧縮強度の測定用とした。

3. 結果および考察

材令14日における弾性係数、ポアソン比および圧縮強度を表

表1 供試体の種類と記号

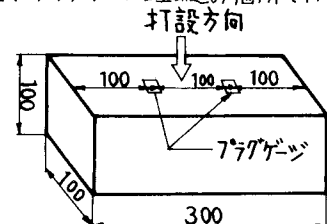
記号	内 容
P	セメントペースト
2M	細骨材の容積比を20%としたモルタル
4M	細骨材の容積比を40%としたモルタル
5M	細骨材の容積比を50%としたモルタル
6M	細骨材の容積比を60%としたモルタル
2C	マトリックスを5Mとし、粗骨材の容積比を20%とした普通コンクリート
4C	マトリックスを5Mとし、粗骨材の容積比を40%とした普通コンクリート
2L	マトリックスを5Mとし、軽量粗骨材の容積比を20%とした軽量コンクリート
4L	マトリックスを5Mとし、軽量粗骨材の容積比を40%とした軽量コンクリート

表2 各シリーズ配合

記号	膨張材量(%)	膨張材量(kg/m ³)	水(kg/m ³)	セメント(kg/m ³)	細骨材(kg/m ³)	粗骨材(kg/m ³)
P	0	0	610	1220	0	0
	5	61		1159		
	10	122		1098		
	15	183		1037		
	0	0		976		
2M	5	49	488	927	516	0
	10	98		874		
	0	0		732		
4M	10	73	366	659	1032	0
	15	110		622		
	0	0		610		
5M	10	61	305	549	1290	0
	15	92		519		
	0	0		488		
6M	10	49	244	439	1548	0
	15	73		415		
	0	0		488		
2C	10	49	244	439	1032	524
	15	73		415		
	0	0		366		
4C	10	37	183	329	774	1048
	15	55		311		
	0	0		488		
2L	10	49	244	439	1032	312
	15	73		415		
	0	0		366		
4L	10	37	183	329	774	624
	15	55		311		

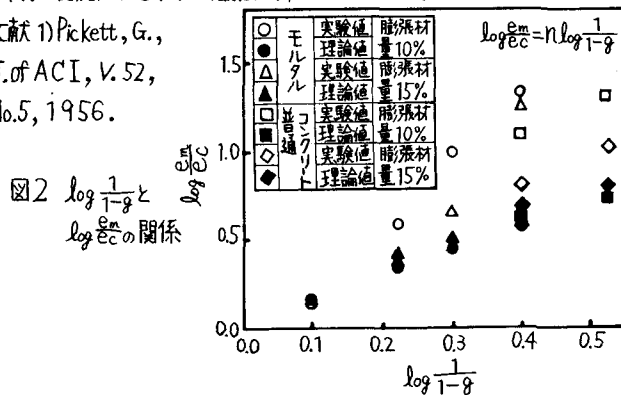
$$\text{膨張材量}(\%) = \frac{\text{膨張材}}{(\text{セメント} + \text{膨張材})} \times 100$$

図1 アラゲゲージ埋め込み個所(単位:mm)



3に、得られた膨張および収縮ひずみを表4に示す。《膨張量の検討》表4に示すように、モルタルおよび普通コンクリートにおいては、実測した膨張量が明らかに骨材量によって影響を受ける。すなわち、モルタルではPより2M、4M、5Mおよび6Mと粗骨材量が増加するに従って、膨張量が減少する明確な傾向があり、普通コンクリート(2C、4C)においても粗骨材量の増加により同様の傾向が見られる。表4の膨張ひずみに関する理論値とは、式(1)を用いて算出した値である¹⁾。式(1)は本来乾燥収縮に適用されるものであるが、本研究におけるような無拘束膨張量の検討にもそのまま適用できる。表4の実験値と理論値の比較よりわかるように、ペーストをマトリックスとした場合のモルタルおよび普通コンクリートの膨張量の理論値は、骨材量が増すと実験値より明らかに大きい値となり、膨張コンクリートおよびモルタルにおける骨材の拘束は、Pickettの式におけるそれより大きくなることを示している。図2の各点と原点とを結ぶ直線の傾きの大小よりわかるように、骨材の拘束の程度を示す式(1)のnが、計算上1.4~1.7であるのに対して、実験値では1.6~3.3に相当することから上述の傾向が伺える。以上の結果より、モルタルおよび普通コンクリートに関しては、骨材量の大小がその無拘束膨張に大きく影響するといえる。なお、マトリックスを5Mのモルタルとして式(1)より算出した2C、4Cの膨張量の理論値は、実験値とよく一致しており、モルタルの膨張量から式(1)によって普通コンクリートの膨張量の推定が可能であるようである。軽量粗骨材を用いた2L、4Lでは、粗骨材量の増加によって膨張量はわずかに減少する傾向がある。さらに、2C、4Cの膨張量との比較より明らかなように、軽量粗骨材の使用は普通粗骨材に比べて小さい膨張量となる。この結果より、粗骨材の材質も無拘束膨張の大小に影響する大きな要因であり、少なくとも水中養生における無拘束膨張に関しては、軽量骨材中に含まれる水の自己養生効果は大きくないようである。《乾燥収縮について》各シリーズ(乾燥日数136~257日)の乾燥収縮ひずみを表4に示す。セメントペーストおよびモルタルについては、膨張材を添加したシリーズの収縮量が膨張材無添加シリーズのそれと比べて一般に小さい値を示している。粗骨材を有する普通および軽量コンクリートについては、上述の傾向は必ずしも明確でない。最後に、磯崎、加藤、森山の各代に謝意を表する。

文献 1) Pickett, G., J. of A.C.I., V. 52, No. 5, 1956.



$$e_c = e_m(1 - g)^n \quad \text{--- (1)}$$

ただし

$$n = \frac{3(1 - \mu_c)}{1 + \mu_c + 2(1 - 2\mu_c)E_c/E_g}$$

e_c : 複合材料の膨張量
 e_m : マトリックスの膨張量
 g : 骨材容積比
 μ_c : 複合材料のポアソン比
 μ_g : 骨材のポアソン比
 E_c : 複合材料の弾性係数
 E_g : 骨材の弾性係数

なお、 μ_g は0.2、普通および軽量骨材の E_g はそれぞれ 7×10^5 , $8 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ とし、 e_m , μ_c および E_c は表3に示す実験値である。

表3 材料4日における弾性係数、ポアソン比および圧縮強度

記号	膨張材弾性係数 量(%) ($\times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)	ポアソン比	圧縮強度 (kg/cm^2)
P	0	1.51	0.27
	5	1.44	246
	10	1.33	0.34
2M	0	1.62	0.23
	5	1.58	0.23
	10	1.48	0.23
4M	0	1.91	0.21
	10	1.84	0.21
	15	1.22	0.20
5M	0	2.33	0.24
	10	2.10	0.22
	15	1.59	0.18
6M	0	2.28	0.20
	10	2.38	0.21
	15	2.22	0.21
2C	0	2.39	0.21
	10	2.32	0.20
	15	1.70	0.20
4C	0	2.68	0.15
	10	2.79	0.20
	15	2.24	0.19
2L	0	1.90	0.19
	10	1.87	0.20
	15	1.77	0.19
4L	0	1.72	0.18
	10	1.78	0.20
	15	1.64	0.18

表4 モルタルおよびコンクリートの膨張および乾燥収縮量

記号	膨張材 量(%)	膨張ひずみ($\times 10^{-6}$)		乾燥 日数	乾燥収縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)
		実験値	理論値 基準 5M基準		
P	0	10			3481
	5	430		257	2340
	10	5931			1931
	15	51928			
	0	34			2966
2M	5	177	305	200	1690
	10	4112	4187		1585
	0	67			2044
	10	1555	2699	200	1185
	15	22735	21758		1909
4M	0	53			1686
	10	592	2123	228	1190
	15	11754	16046		1243
	0	67			1424
	10	281	1548	242	1028
5M	15	2836	13397		1076
	0	33			1148
	10	469	1501	228	868
	15	8811	11891		984
	0	57			740
6M	10	293	1062	242	626
	15	5111	8101		803
	0	80			607
	10	231			224
	15	3235		136	553
2C	0	40			360
	10	224		136	251
	15	2362			345
	0	33			1148
	10	469	1501	228	868
4C	15	8811	11891		984
	0	57			740
	10	293	1062	242	626
	15	5111	8101		803
	0	80			607
2L	10	231			224
	15	3235		136	553
	0	40			360
	10	224		136	251
	15	2362			345