

V-62 配合の異なるコンクリートおよびモルタルの乾燥収縮に およぼす環境の湿度の影響について

鳥取大学 正員 西林新蔵
" " 木山英郎
" " 〇阪田憲次

1. はしがき

コンクリートおよびモルタルの乾燥収縮の内部機構は、環境と供試体内部との湿度勾配による、シーパーズ効果によって説明されるといわれている。このことは、著者の一人が行なった実験においても明らかである。いっぽう、軽量コンクリートの乾燥収縮は、普通コンクリートのそれよりも若干大きくなることが、従来の多くの研究によって明らかにされている。従って、コンクリートの乾燥収縮は、シーパーズ理論で説明されるように、セメントペースト中のゲル水や毛細管水の移動によるものだけでなく、骨材中の水分の多寡による影響も受けることが想像される。

いずれにしても、コンクリートの乾燥収縮を論じる際には、供試体中の水分の挙動に着目すべきであるということは、異論がないと思われる。

本研究は、コンクリートに用いた粗骨材の吸水量、吸水状態、水セメント比および試験時の環境の湿度条件が、コンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響をおよぼすかを明らかにすることを目的としたものである。

2. 実験概要

本実験に使用した骨材は、天然骨材（吸水量：粗骨材；1.21%，細骨材；1.23%）、造粒型人工軽量骨材ライオナイト（吸水量：粗骨材；2.30%，細骨材；4.00%）、および非造粒型人工軽量骨材宇部軽骨（吸水量：粗骨材；13.0%，細骨材；11.5%）の3種類である。セメントは、大坂社製普通ポルトランドセメントである。その他の試験条件は表-1に示す。

実験に用いたコンクリート、モルタルおよびセメントペーストの配合を、表-2に示す。配合を決定する際には、目標強度については、一切考慮しなかった。まず、コンクリートについては、単位セメント量をすべて350 gと一定にした。水セメント比を3段階とり、各水セメント比によって単位水量を決定した。さらにコンクリート中に占める粗骨材の体積を、水セメント比、骨材の種類にかかわらず一定とし、残った体積を細骨材で占めるようにした。モルタルおよびセメントペーストの配合は、上記のコンクリート中のモルタルおよびセメン

表-1 試験条件

供試体種別	セメントペースト(P) モルタル(M) コンクリート(C)
骨材の種類	天然骨材(N) ライオナイト(L) 宇部軽骨(U)
水セメント比	30...セメントペースト 40...モルタル 50...モルタル 60...コンクリート
骨材の吸水状態	絶乾(O) 気乾(M) 表乾(A)
環境の湿度条件	90±5% R.H. (H) 50±5% R.H. (L) 湿度は20℃とする。

表-2 配合表 ポリスNo.8
C x 0.25%

供試体	W/C	C	W	S/A	S	G
CN	40	350	140	46	860	1065
	50	"	175	43	771	"
	60	"	210	40	681	"
CLO	40	"	140	46	565	572
	50	"	175	43	525	"
	60	"	210	40	447	"
CLM	40	"	140	46	576	578
	50	"	175	43	516	"
	60	"	210	40	462	"
CLA	40	"	140	46	588	524
	50	"	175	43	529	"
	60	"	210	40	460	"
CUO	40	"	140	46	527	512
	50	"	175	43	473	"
	60	"	210	40	418	"
CUM	40	"	140	46	558	525
	50	"	175	43	500	"
	60	"	210	40	460	"
CUA	40	"	140	46	588	579
	50	"	175	43	529	"
	60	"	210	40	505	"
MN	40	576	231	288	1816	
	50	"	231	288	1270	
	60	"	231	288	1121	
MLO	40	"	231	288	929	
	50	"	231	288	833	
	60	"	231	288	736	
MLM	40	"	231	288	948	
	50	"	231	288	850	
	60	"	231	288	785	
MLA	40	"	231	288	966	
	50	"	231	288	866	
	60	"	231	288	758	
MUO	40	"	231	288	868	
	50	"	231	288	779	
	60	"	231	288	688	
MUM	40	"	231	288	918	
	50	"	231	288	824	
	60	"	231	288	722	
MUA	40	"	231	288	968	
	50	"	231	288	869	
	60	"	231	288	832	
P	30	1619	446			
	40	1367	546			
	50	1222	612			

トペーストと同じ配合にした。

乾燥収縮測定用の供試体は、 $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の角柱供試体で、打設後 24 時間実験室中（室温）に放置し、脱型後ただちにひずみ測定用のゲージラゲをはりつけた。その後供試体を二組に分け、高温恒温室（ $90 \pm 5\% \text{ R.H.}$ 、 20°C ）、低温恒温室（ $50 \pm 5\% \text{ R.H.}$ 、 20°C ）にそれぞれ搬入した。

供試体数は、高温、低温恒温室にそれぞれ 3 本ずつ作成した。乾燥収縮測定用の供試体とは別に、強度、弾性係数測定用のシリンドー供試体（ $10 \times 20 \text{ cm}$ ）も作成し、同様に保存した。

乾燥収縮ひずみの測定は、恒温室へ供試体を搬入した直後より開始した。なお、ひずみの測定にはフーゲンベルガー型ひずみ計（検長 10 インチ）を用いて行ない、最初の 1 週間は毎日、その後は徐々に測定間隔をのばし、枚令 200 日位まで測定を継続した。なお、枚令 28 日目にシリンドー供試体を用いて、圧縮強度、引張強度および弾性係数を測定した。

表-3 乾燥収縮試験結果

3. 実験結果と考察

一般に、コンクリートの乾燥収縮～時間曲線は次式で近似できる。

$$S = \frac{t}{A + Bt} \quad \text{----- (1)}$$

A, B は実験定数で、(1)式を適当に変形し、最小二乗法によって求めることができる。

また、 $t \rightarrow \infty$ とした時の S を S_∞ とすれば、 S_∞ は乾燥収縮の推定最終値になり、それは $1/B$ で表わされる。さらに、ひずみが $S_\infty/2$ に達するのに要する日数 n は、 A/B で表わされる。

本実験の結果より求めた A, B, S_∞ , n を、表-3 に示す。以下、諸要因の乾燥収縮におよぼす影響について簡単に考察する。

1) 環境の湿度の影響

表-3 を一見すればわかるように、骨材の種類、吸水状態、セメント比にかかわらず、低湿中に保存した供試体の乾燥収縮は、高温中に保存したものより、すべて大きい。

高温中の供試体のひずみを 1 とすれば、低温中のそれは、セメントペーストで、3.0 ～ 8.0、普通モルタルで、2.5 ～ 3.0、普通コンクリートで、約 2.0 であり、さらに、軽量コンクリート（ライオナイト）では、3.0 ～ 6.0、軽量コンクリート（宇部軽骨）では、2.0 ～ 6.0 となり、

供試体	L						H					
	%		A		B		A		B		S _∞	
	(U/B)	(A/B)	(U/B)	(A/B)	(U/B)	(A/B)	(U/B)	(A/B)	(U/B)	(A/B)	(U/B)	(A/B)
CN	40	0.2796	0.01696	59.0	16.5	0.2043	0.03480	28.7	5.9			
	50	0.2758	0.01516	66.0	18.2	0.2294	0.03109	32.2	7.4			
	60	0.2927	0.01437	69.6	20.4	0.3599	0.02523	39.6	4.3			
CLO	40											
	50	0.2141	0.02590	38.6	8.3	1.5565	0.08790	11.4	17.7			
	60	0.3535	0.01300	77.2	29.2	1.0289	0.04057	24.7	25.4			
CLM	40											
	50	0.2578	0.01379	72.5	13.7	1.0985	0.04461	22.4	24.6			
	60	0.1594	0.02071	43.3	7.7	0.8267	0.05820	17.2	14.2			
CLA	40	0.5472	0.01790	55.9	30.6	2.4594	0.10710	9.3	23.0			
	50	0.3313	0.01750	57.1	18.9	0.5966	0.05878	17.0	10.1			
	60	0.5395	0.01175	85.1	44.0	1.7559	0.04760	21.9	38.5			
CUO	40											
	50	0.3907	0.01630	61.4	24.0	0.7941	0.03333	30.0	23.8			
	60	0.4933	0.00842	118.8	58.6	5.4444	0.04089	24.5	132.3			
CUM	40											
	50	0.4254	0.00962	104.0	44.2	1.7415	0.04370	17.2	37.8			
	60	0.3549	0.00717	122.4	43.4	1.3389	0.02860	27.2	46.8			
CUA	40	0.7464	0.00984	101.6	72.9							
	50	0.4656	0.01310	94.3	35.5	1.5059	0.05431	18.4	28.7			
	60	0.6796	0.01063	94.1	63.9	2.4868	0.02500	40.0	99.5			
MN	40	0.1259	0.00789	126.8	16.0	0.2668	0.02552	44.0	11.8			
	50	0.1490	0.00578	173.0	25.8	0.2962	0.01794	55.7	16.5			
	60	0.1809	0.00445	227.7	40.7	0.4753	0.01137	88.0	41.8			
MLO	40	0.1674	0.01067	93.7	15.7	0.1207	0.04141	24.2	2.9			
	50	0.2200	0.00684	146.2	32.2	0.6822	0.02220	45.0	30.7			
	60	0.2737	0.00684	146.3	44.0	1.2921	0.01181	86.7	169.4			
MLM	40	0.2230	0.00884	113.1	25.2	3.2674	0.04080	24.5	80.0			
	50	0.2700	0.00900	110.8	30.0	1.6374	0.02580	33.7	63.5			
	60	0.1675	0.00870	117.0	19.7	0.7179	0.01710	58.5	41.9			
MLA	40	0.3040	0.00778	128.5	39.1	1.3148	0.02728	36.7	48.2			
	50	0.3270	0.00543	184.2	60.2	1.3211	0.01118	87.5	118.2			
	60	0.3390	0.00386	259.1	87.8	0.7029	0.00921	108.6	76.3			
MUO	40	0.4717	0.00615	162.6	76.7	0.4468	0.03619	27.6	12.3			
	50	0.2770	0.00581	172.1	47.7	0.5251	0.01893	52.8	28.7			
	60	0.2786	0.00412	242.7	67.6	0.7574	0.01250	80.3	60.6			
MUM	40	0.1895	0.01096	91.2	17.3	0.8143	0.04394	22.8	18.5			
	50	0.1993	0.00730	137.0	29.3	1.0132	0.02496	40.1	40.6			
	60	0.1816	0.00493	202.1	36.8	1.4023	0.01091	91.7	128.5			
MUA	40	0.3151	0.00640	155.1	47.2	2.0989	0.01775	56.3	118.2			
	50	0.2710	0.00594	168.4	45.6	1.0521	0.01268	73.1	76.9			
	60	0.2576	0.00380	263.4	47.8	1.0351	0.00905	110.6	114.4			
P	30	0.0567	0.00737	135.7	7.7	0.0224	0.02258	44.3	1.0			
	40	0.1067	0.00323	309.4	33.0	0.0789	0.02006	49.9	3.9			
	50	0.1131	0.00223	449.0	50.7	0.1341	0.01843	54.3	7.3			

普通コンクリートよりも軽量コンクリートの方が、より湿度の影響を受けるように思われる。また、ライオナイトを用いたコンクリートよりも、吸水量の異なる宇部軽骨を用いたものの方が、その傾向が顕著である。モルタルについても同様の傾向がみられる。このことから、従来から指摘されているように、乾燥収縮は供試体と環境との間の湿度勾配による、シーパージ効果によるものであるということも明らかである。

2) 水セメント比の影響

図-1は水セメント比が最小のものを基準とした時の、他の水セメント比の供試体のひずみの割合を示すもので、表乾燥状態の骨材を用いたものについての計測した。

図-1によれば、一般に水セメント比が大きくなれば、その乾燥収縮は大きくなる。そして、このような傾向は、コンクリート、モルタル、セメントペーストと供試体中に占めるセメントペーストの割合が多くなるほど顕著である。

このことから、乾燥収縮がセメントペースト中の水の逸散によるものであることが推察される。気乾状態、飽乾状態の骨材を用いた供試体においても同様の挙動がみられる。

3) 骨材の種類、吸水量の影響

軽量コンクリートの乾燥収縮は、普通コンクリートのそれよりも大きいと言われているが、本実験の結果によれば、どちらが大きいと一概には言えない。

図-2は、軽量骨材を用いたコンクリートおよびモルタルの乾燥収縮ひずみを、普通骨材を用いたコンクリートおよびモルタルのそれと除いた値を示したものである。図-2によれば、高温中に保存したものではどちらとも決定し難いが、低温中に保存したものでは、ライオナイトを用いた供試体の乾燥収縮は、普通骨材を用いた供試体のそれと大差なく、宇部軽骨を用いた供試体のそれは、両者よりも若干大きくなるようである。また、ひずみ～時間曲線を見ると、普通コンクリート、モルタルでは、その立ち上りが大きく比較的早く一定値に収束するが、軽量コンクリート、モルタル、とくに吸水量の大きい宇部軽骨を用いたものでは立ち上りが小さく、収縮の増加が徐々に進行し、長期間継続することがわかる。このような傾向は、表-3のAおよびBの値を比較することによって明らかである。これは、骨材の吸水量の異なる供試体においては、セメントペーストの乾燥収縮

図-1 水セメント比の影響

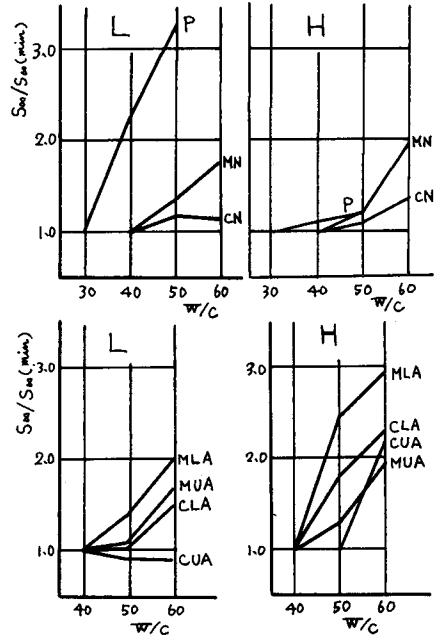
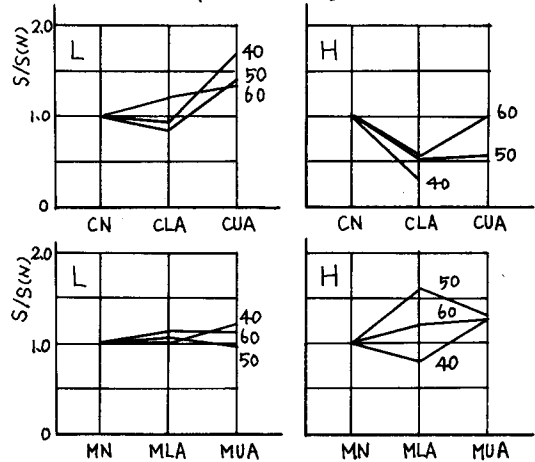


図-2 骨材の種類の影響



にもなつて、骨材中の水分がペーストへ移動することに起因するものであると思われる。このような傾向は、水分の遷移の多い低温中では顕著であるが、高温中ならびに気乾状態、絶乾状態の骨材を用いたものでは明確でない。

W/C	CN	MN	P
40	0.169	0.220	0.226
50	0.189	0.300	0.367
60	0.199	0.394	

表-4
単位セメント(ペースト)
当りの乾燥収縮

表-4は、各供試体の乾燥収縮ひずみの推定最終値 S_{∞} を、表-2の配合表の単位セメント量で除した値を示したものである。セメントが完全水和するのに必要な水の量が一定であるとするば、こは供試体中の単位セメントペースト当りの乾燥収縮ひずみを表わすものと考えることができる。表-4からも明らかなように、コンクリート、モルタル、セメントペーストの順に徐々に値が大きくなっている。乾燥収縮がセメントペーストにおいておこり、骨材の影響が全くないとするならば、この値はすべて等しくなるはずであるが、実際は骨材量が少なくなるほど収縮量が大きい。こは、たとえ乾燥収縮現象がセメントペースト中においてのみおこるものであるとしても、そこに骨材が存在すれば、骨材からの水の補給や、骨材によって収縮が妨げられることによつて、セメントペースト単独で試験を行なった場合の乾燥収縮よりも、コンクリートやモルタルの乾燥収縮は、小さいものとなることを示すものである。

W/C	CLA	MLA	CLM	MLM	CLO	MLO
40	0.160	0.223		0.196		0.163
50	0.163	0.320	0.207	0.192	0.110	0.254
60	0.243	0.450	0.138	0.203	0.221	0.254

W/C	CUA	MUA	CUM	MUM	CUO	MUO
40	0.290	0.269		0.158		0.282
50	0.267	0.292	0.297	0.238	0.175	0.300
60	0.269	0.457	0.350	0.353	0.339	0.421

4) 骨材の吸水状態の影響

コンクリートやモルタルの乾燥収縮が、以上に述べたような挙動を有するものであるならば、供試体中に水分の多い表乾状態の供試体の乾燥収縮が、他のものよりも大きくなることが予想されるが、表-2や表-4からも明らかなように、そのような傾向はあまり明確でない。骨材の吸水状態をうまく管理するのが難しく、誤差が入り易いため、表に示した値は最終の推定値であるため、実際とは多少異なつた値を推定しているために、この差が不明瞭になつたものと思われる。こを実際のひずみ-時間曲線によつて比較すると、多少表乾状態のものが他よりも大きくなるようであるが、やはり顕著なものではない。この点に関しては今後の研究に待ちたいと思う。

< 参 考 文 献 >

- 1) 岡田、小柳、阪田、「クリープの環境湿度依存性について」コンクリートライブラリー-24号 工学会、昭和44年。