

九州大学 工学部 正員 石川連夫

麻生セメントKK 田中康雄

九州大学 大学院 学生員 森村正人

1. まえがき

セメントペースト、モルタル、コンクリート等成型枠につめ込むと、練り水の一部分が、内部から表面へ上昇して、その上部に水の薄層を作る。この現象をフリージングという。これは練り水はペースト等の固体に比して軽いために、固体の結合に関与しなかった余剰水が、固体の間をきみらさへへ移動するためのものであると考えられる。

本実験は、水セメント比の大小、混和剤の種類、混和量、使用セメントの種類等が、セメントペーストおよびモルタルのフリージングに及ぼす影響を調べたものである。

2. 使用材料

1) セメント 使用したセメントは、普通ポルトランドセメント、B種フライアッシュセメント、早強ポルトランドセメントである。これらの物理的性質を表-1に示す。

2) 砂 山口県豊浦産の標準砂

3) 混和剤 使用した混和剤は、ポソリスN05、ポソリスN08、ビソゾールである。

3. 試験装置および方法

セメントペーストおよびモルタルのフリージングの試験方法としてはASTM C 243「Test for Bleeding of Cement Pastes and Mortars」がある。この試験装置を図-1に示す。本方法は、セメントペーストの場合セメント量2,300g、水量1,035gと決っており、モルタルの場合は、セメント量930g、砂量(ASTM C 109)2,325gと決っており、水量はフロー値105~110になる事から決定される。このため、このASTMの方法はセメントの比較試験としては適当であっても、本実験のように水セメント比を変化させてフリージング量を調べる場合には操作上不適当である事が分った。筆者らはASTMのサンプルコンテナ(φ127mm×102mm)をそのまま使用し、ビュレット、集水リングは使用せずにコンテナの全表面において浮上した水をさいで採集し、計量する方法をとった。なお、塩化炭素はASTMの方法に準じて使用した。すなわち

表-1 使用セメントの物理的性質

試料	項目	比重	粉末度 (%)	凝		結		安定度 煮沸法	強度試験									
				水量 (%)	始 終		室温 (°C)		湿度 (%)	フロー (mm)	曲げ強度(kg/cm²)				圧縮強度(kg/cm²)			
					時間	時間					1日	3日	7日	28日	1日	3日	7日	28日
早強セメント	3.13	0.5	28.2	2-46	3-58	20.4	82	良	245	30.0	51.9	67.2		106	245	372		
普通セメント	3.15	2.0	28.0	2-38	3-35	21.0		良	252		29.6	47.2	66.9		124	228	426	
B種フライアッシュセメント	2.92	2.0	27.9	3-22	4-00	21.5		良	261		29.1	43.2			112	196		

試料の表面より上 31.8 mm まで四塩化炭素で満した。この方法を以後 全面採取の方法と呼ぶ。全面採取の試験装置を図-2に示す。ASTMの方法は、セメントペーストで水セメント比が40~60%の場合について行い、その他の試験は、全て全面採取の方法による。セメントペーストおよびモルタルの混合方法は、ASTMの方法に準じて行った。なおモルタルを使用した試験は、砂量と調整してフロー値(JIS規定)を200±5の範囲で一定にするものと、砂セメント重量比を一定(2.0)にして水セメント比を変化させてブリージング量の变化を測定する方法とをとした。なおセメントペーストおよびモルタルの練り始めからブリージング測定開始までの時間を一定(10分間)とした。また、セメントペーストおよびモルタルの温度は練り混ぜ時の放置時間に規定した。

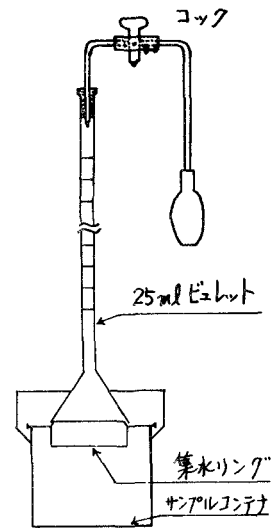


図-1 ASTM ブリージング試験装置

- 1) 普通ポルトランドセメントを用いたセメントペーストを用い、水セメント比 $W/C = 40, 45, 50, 55, 60\%$ のそれぞれの場合について ASTMと 全面採取の方法とを比較した。
- 2) 砂量調整を行い、フロー値を200±5の間で一定にして普通ポルトランドセメントを用いたモルタルの W/C を40, 45, 50, 55, 60% の場合についてのブリージング量の比較を行った。
- 3) 普通ポルトランドセメントを用いたセメントペーストおよびモルタルに規定量の混和剤を加え、セメントペーストの場合は $W/C = 40, 50, 60\%$ 、モルタルの場合は $W/C = 50, 60, 65\%$ の場合についてのブリージング量の比較を行った。
- 4) 普通ポルトランドセメント、フライアッシュセメント、早強ポルトランドセメントを用いたモルタルに規定量の混和剤を加え $W/C = 65\%$ の場合についてのブリージング量の比較を行った。
- 5) 普通ポルトランドセメントを用いたモルタルにおいて、ポリスノ8の使用量を変化させて $W/C = 65\%$ の場合についてのブリージング量の比較を行った。

なお、上記の(3)~(5)のモルタルの砂セメント重量比はすべて2.0に定めた。また(3),(4)において混和剤の規定量はセメントに対する重量比で、ポリスノ0.05% ポリスノ0.5% ポリスノ0.25% である。

以上のそれぞれの場合について、ブリージング量を比較するのに、初期浸出速度(B_c と略す)とブリージング容量(B_c と略す)とを用いた。

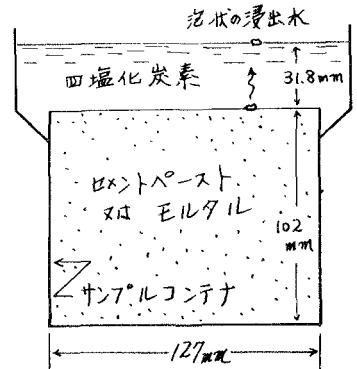


図-2 全面採取法ブリージング試験装置

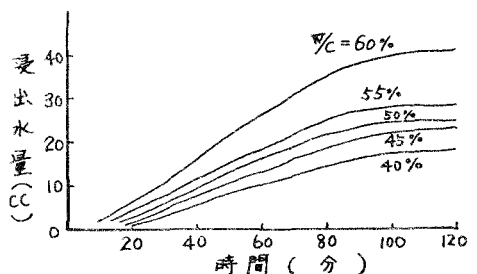


図-3 W/C と浸出水量との関係 (フロー値を一定にしてモルタル)

表-2 各種測定結果並に計算結果

使用セメント	ペースタル別	試験方法	使用混和剤	水セメント比w/c (%)	砂セメント重量比	混和剤セメント重量比 (%)	浸出時間t (sec)	浸出水量V (cc)	時間tの√t (cc)	全浸出水量ΣV (cc)	所要時間 (min)	セメントペースタルの温度 (°C)	初期浸出速度B _r (×10 ⁻⁶ cc/cm ² sec)	容量B (×10 ⁻³ cc/cm ²)	浸出水量比 (%)	浸出後水セメント比 (%)	
普通ポルトランドセメント	ペースト	ASTM		40			600	0.7	10.7	120			26.1	235			
			45			1,200	6.0	51.5	115			111.7	113.2				
			50			840	8.9	89.2	120			236.7	186.3				
			55			1,080	13.4	129.5				297.1	285.0				
			60			840	14.9	143.3				396.2	315.4				
			40			1,320	6.3	50.0	150			36.3	38.1				
	モルタル (3-1-定)	全		45			720	5.9	63.0	115			62.3	48.0			
			50			600	8.3	101.8	130			105.2	77.5				
			55			840	16.5	149.2	130			149.4	112.1				
			60			600	14.9	191.7	130			188.9	146.0				
			40	0.90		1,320	1.9	18.2	135			11.0	13.9				
			45	1.25		1,200	2.3	23.4	120			14.6	17.8				
			50	1.56		1,200	2.9	25.2	135			18.4	19.2				
			55	1.79		1,080	3.0	28.8	120			21.1	21.9				
			60	2.00		720	3.0	41.4	125			31.7	31.5				
	ペースト	面	ポリリス No5	40		0.5	1,800	9.8	23.8	120			41.4	18.1	7.25	38.7	
			50		"	"	25.6	67.6	150		29.0	108.2	62.5	8.41	45.8		
			60		"	"	50.2	147.4	185			212.1	112.2	17.16	49.7		
			ポリリス No8	40		0.25	1,800	9.4	17.5	105			28.5	39.7	13.3	2.39	39.0
			50		"	"	25.3	78.0	160		30.0	106.9	59.4	9.71	45.2		
			60		"	"	57.6	157.3	255		28.0	243.4	119.8	18.31	49.0		
	モルタル	取	ビニール	40		0.05	1,800	11.8	32.3	105			28.5	49.9	24.6	4.41	38.2
			50		"	"	25.2	66.4	110			28.5	106.5	50.6	8.26	45.9	
			60		"	"	55.0	129.0	90		30.0	232.4	98.2	15.02	51.0		
			50	2.0		1,800	5.2	14.4	70			29.0	22.0	11.0	3.48	48.3	
			60	"	"	"	12.6	36.5	110			28.5	53.2	27.8	7.81	55.3	
			65	"	"	"	21.9	44.1	90			28.5	92.5	33.6	8.97	59.2	
早強セメント	モルタル		ポリリス No5	50	2.0	0.5	1,800	2.4	10.9	90			29.5	10.1	8.3	2.63	48.7
			60	"	"	"	7.7	24.6	100			29.5	32.5	18.7	5.27	56.8	
			65	"	"	"	14.7	32.5	95			29.0	62.1	24.7	6.61	60.7	
			ポリリス No8	50	2.0	0.25	1,800	2.3	9.7	105			30.0	9.7	7.4	2.34	48.8
			60	"	"	"	9.3	26.5	115			30.0	39.3	20.2	5.67	56.6	
			65	"	"	"	16.1	41.9	115			29.5	68.0	31.9	8.52	59.5	
	モルタル		ビニール	50	2.0	0.05	1,800	2.5	9.3	95			31.0	10.6	7.1	2.25	48.9
			60	"	"	"	11.0	29.7	105			29.0	46.5	22.6	6.36	56.2	
			65	"	"	"	16.3	42.1	130			29.0	68.9	32.1	8.56	59.4	
			ポリリス No5	65	2.0		1,800	13.4	39.0	115			29.0	56.6	29.7	7.93	59.9
			ポリリス No8	"	"	0.5	"	11.3	32.3	115			28.5	47.7	24.6	6.57	60.7
			ビニール	"	"	0.25	"	9.6	32.8	150			27.0	40.6	25.0	6.67	60.7
各種フライセメント	モルタル		ビニール	"	"	0.05	"	12.7	35.9	115			29.0	53.7	27.3	7.30	60.3
			65	2.0		1,800	21.6	48.3	90			26.5	91.3	36.8	9.83	59.2	
			ポリリス No5	"	"	0.5	"	19.2	37.9	120			27.5	81.1	28.9	7.71	60.0
			ポリリス No8	"	"	0.25	"	18.2	38.0	105			27.5	76.9	28.9	7.73	60.0
			ビニール	"	"	0.05	"	20.4	49.4	110			27.0	86.2	36.8	10.05	58.5
			65	2.0	0.125	1,800	20.4	42.4	105			24.5	86.2	32.3	8.62	59.4	
	モルタル		ポリリス No8	"	"	0.5	"	14.6	39.2	100			22.0	61.7	29.8	7.97	59.8
			"	"	"	0.75	"	13.0	30.2	125			26.0	54.9	23.8	6.14	61.0
			"	"	"	1.0	"	11.1	20.1	90			25.5	46.9	15.4	4.09	62.3
			"	"	"	1.25	"	9.6	13.1	65			25.5	40.6	10.0	2.66	63.3

B_r はフリージングの開始後数十分は 時間と浸出水量との割合が一定である事より、次式により求める。

$$B_r = \frac{V_1}{A \cdot t} \left(\frac{cc}{cm^2 \cdot sec} \right) \quad \text{ここで} \quad \begin{cases} A: \text{試料の表面積} (cm^2) \text{ 次の値である} \\ \text{ASTM } A = 44.77 \text{ cm}^2 \\ \text{全面採取 } A = 131.5 \text{ cm}^2 \\ t: \text{浸出時間 (sec)} \\ V_1: t \text{ 時間の浸出水量 (cc)} \end{cases}$$

B_c はフリージングの全浸出水量から次式により求める。

$$B_c = \frac{V_2}{A \cdot h} \left(\frac{cc}{cm^2} \right) \quad \text{ここで} \quad \begin{cases} V_2: \text{全浸出水量 (cc)} \\ h: \text{試料の厚さ (cm)} \end{cases}$$

4. 試験結果

各種の測定結果並びに B_r 、 B_c の計算結果を表-2に示す。

今 フリージングによりセメントペーストまたはモルタル上部に浸出してきき水を全部取り去ったものとするときと水セメント比がどのように変わるかという事について考えてみる。コンテナ内のフリージング前の水量とフリージングによる浸出水量の比および浸出後の水セメント比を次式により計算して併せて表-2に示す。

$$\begin{aligned} \text{浸出水量比} &= \frac{V_1}{W_1} \times 100(\%) \quad \text{ここで } W_1: \text{コンテナ内の初めの水量 (g)} \\ \text{浸出後の水セメント比} &= \frac{W_1 - V_1}{C} \times 100(\%) \quad \begin{cases} C: \text{セメント量 (g)} \end{cases} \end{aligned}$$

これによるとフリージングによる水セメント比の減少の割合は配合の W/C が大きい程大きく、混和剤を加えないペーストで $W/C = 60\%$ の場合およそ 20% に達している。表-2中でセメント砂重量比と一定としたモルタルの場合、 $W/C = 50, 60, 65\%$ で試験を行なったが、これは $W/C = 40\%$ の場合、測定時間 120 分でフリージング量が 0 であるためである。ASTM と全面採取とを比較したフリージング曲線を図-4に示す。

これによると、 B_r 、 B_c は、全面採取の場合は ASTM に比し小さくなっている。これは型枠の側壁の影響によるものと考えられる。フロー値一定の下でのモルタルの W/C を変化させた場合のフリージング曲線を図-3に示す。

セメントの種類によるフリージング曲線の差異を図-5に示す。これはポゾリス No8 を使用したモルタルの比較である。混和剤 (ポゾリス No8) の混和量と B_r 、 B_c との関係を図-6に示す。

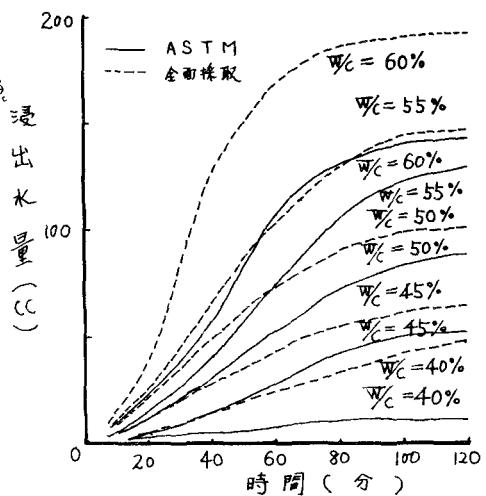


図-4 ASTMと全面採取法とのフリージングの比較

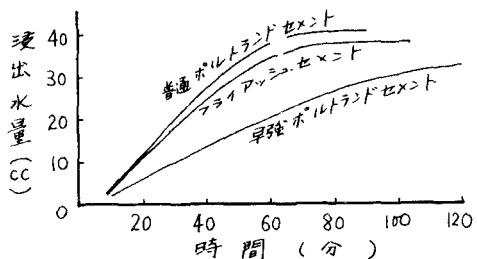


図-5 セメントの種類と浸出水量との関係 (ポゾリス No8 を使用したモルタル $W/C = 65\%$)

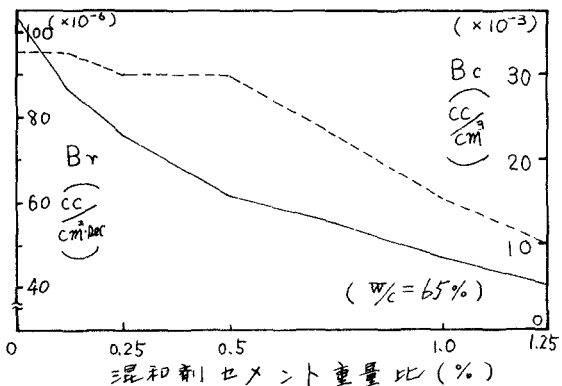


図-6 ポゾリス No8 の混和量と B_r 、 B_c との関係