

小野田セメント KK 中央研究所 ○ 河野 清
梶野 洋
木下 幸一

I. まえがき

現在、コンクリート製品工場では、経済的に見れば、製品を量産するための工程の短縮が重要な問題になっている。このためには、製造工程、設備などの改善のほか、ごく短期間で脱型可能な強度を得て、できるだけ早く型ごとに取りはずし、その再使用を早めなければならぬ。これは、蒸気養生期間の短縮がきわめて必要になる。ここでは、1日12時間程度の作業時間内で2サイクルの型ごとの回転を目標に、セメントの品質、単位セメント量、減水剤の種類など配合を変えたコンクリートについて短時間蒸気養生を行ない、脱型時および長期材令の強度に及ぼす影響について検討した。

II. 使用材料とコンクリートの配合

セメントは普通セメント ($C_3S=54\%$, $C_2S=23\%$, $C_3A=8\%$, $C_4AF=10\%$, フレーン値 $=3250 \text{ cm}^2/\text{g}$) と早強セメント ($C_3S=63\%$, $C_2S=19\%$, $C_3A=8\%$, $C_4AF=8\%$, フレーン値 $=4300 \text{ cm}^2/\text{g}$) とを用い、骨材は官庁川産で最大寸法 $=25 \text{ mm}$, 比重 $=2.65$ の粗骨材と、細骨材は川産で粗粒率 $=2.81$, 比重 $=2.62$ のものを用いた。減水剤としてはマイテール 100N, 和ソリス No.5 と、FV No.10, 塩化カルシウム ($CaCl_2$) などを用いた。

コンクリートの配合は表-1に示す。

III. 試験方法

(1) 供試体：表面乾燥飽水状態の骨材、セメント、水などを予め 20°C の恒温水槽で貯蔵し、可成式のミキサを用いてコンクリートを練り混ぜた後、 $10 \times 20 \times 20 \text{ cm}$ の円筒型のカップに入れ、振動器で 7500 rpm の回転振動機を用いて締め固めを行なった。

(2) 蒸気養生条件：供試体は成形後、実験用の養生室を用いて、型ごとくを目標図-1に示す養生条件で蒸気養生を行なった。養生室から取り出した供試体は直ちにセツコウキヤツセンで、側面の凹凸の発生の有無を確認した。

これらの試験に供した。なお、蒸気養生は所定材令まで水中養生とした。

(3) 強度試験：脱型時、7日および28日の所定材令で100t圧入機で圧縮強度試験を行なった。なお、比較のため標準養生供試体も7日および28日で試験した。

表-1. 実験に用いたコンクリートの配合

セメントの種類	Slump (cm)	Air (%)	C (g)	W (g)	W/C (%)	FA (%)	S (g)	G (g)	混合割合 (C:FA:S:G)
普通セメント	P/ain $CaCl_2$	3±1	-	300	148	49.3	43	836	1/121
	"	"	-	350	150	42.9	42	776	1/113
	"	"	-	400	150	37.5	41	760	1/108
	P/ain	3±1	-	350	159	45.4	42	786	1/110
	Bezsolith No.5	3±1	2.5-30	300	133	44.3	41	802	1/119
	"	"	"	350	135	38.6	40	765	1/119
	"	"	"	400	137	34.2	39	726	1/110
	Highly mon	3±1	"	350	135	38.6	40	765	1/110
早強セメント	P/ain $CaCl_2$	3±1	-	300	152	50.7	43	831	1/113
	"	"	-	350	156	44.6	42	752	1/110
	"	"	-	400	162	40.5	41	747	1/108
	P/ain	3±1	-	350	165	47.1	42	791	1/108
	Bezsolith No.5	3±1	2.5-30	300	141	47.0	41	774	1/113
	"	"	"	350	144	41.1	40	754	1/112
	"	"	"	400	150	37.5	39	713	1/126
	Highly mon	3±1	"	350	140	40.0	40	757	1/110

図-1. 供試体の蒸気養生条件

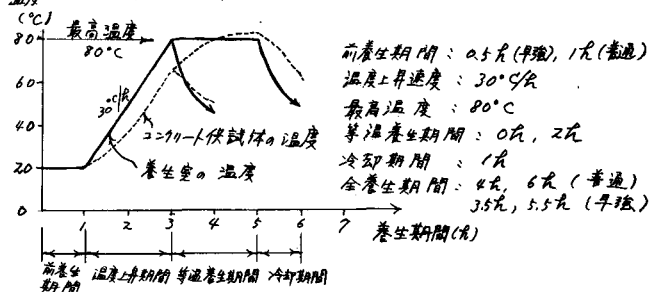


表-2. 蒸気養生期間と短縮したコンクリートの各材令の圧縮強度

養生 期間 (日)	コンクリート種類 (注1)	普通セメントを用いたコンクリート						早強セメントを用いたコンクリート					
		蒸気養生			標準養生			蒸気養生			標準養生		
		養生直後	7日	28日	7日	28日		養生直後	7日	28日	7日	28日	
4	300 (2~4)	Plain	15 (3.5)	244 (58)	382 (90)	289 (68)	424 (100)	30 (6.4)	282 (61)	378 (86)	352 (76)	465 (100)	
		Po.16.5	10 (2.2)	281 (53)	364 (80)	323 (71)	453 (100)	29 (5.8)	303 (61)	379 (76)	408 (82)	499 (100)	
		CaCl ₂ 1%	41 (9.6)	280 (65)	400 (98)	328 (71)	427 (100)	79 (16.6)	332 (70)	424 (89)	395 (83)	495 (100)	
		CaCl ₂ 2%	61 (13)	340 (73)	425 (91)	358 (77)	468 (100)	95 (19)	366 (73)	454 (90)	419 (83)	503 (100)	
4	350 (2~4)	Plain	19 (3.7)	323 (64)	449 (89)	340 (67)	507 (100)	39 (7.1)	360 (65)	463 (86)	421 (76)	512 (100)	
		M.100N	25 (4.6)	326 (60)	436 (80)	417 (76)	587 (100)	40 (7.3)	378 (69)	466 (85)	449 (82)	546 (100)	
		Po.16.5	25 (4.9)	316 (60)	430 (81)	402 (76)	531 (100)	43 (7.8)	385 (70)	449 (82)	435 (79)	549 (100)	
		Po.16.10	46 (8.4)	384 (63)	454 (86)	422 (77)	546 (100)	120 (24)	418 (76)	471 (83)	491 (87)	564 (100)	
4	350 (1~9)	CaCl ₂ 1%	54 (10.6)	367 (71)	470 (91)	396 (77)	517 (100)	150 (22)	408 (76)	485 (89)	431 (79)	588 (100)	
		CaCl ₂ 2%	88 (15.8)	423 (76)	543 (98)	461 (83)	555 (100)	185 (30)	467 (77)	576 (95)	523 (86)	608 (100)	
6	350 (2~4)	Plain	20 (8.9)	272 (68)	373 (87)	302 (70)	429 (100)	32 (4.7)	321 (61)	427 (87)	370 (77)	481 (100)	
		CaCl ₂ 1%	49 (10.7)	320 (71)	405 (90)	344 (76)	451 (100)	81 (17)	333 (70)	425 (90)	382 (81)	474 (100)	
		Plain	99 (20)	319 (64)	415 (83)	340 (68)	498 (100)	162 (30)	323 (60)	420 (79)	442 (81)	534 (100)	
		M.100N	120 (22)	324 (60)	423 (78)	410 (76)	539 (100)	170 (34)	339 (62)	437 (81)	467 (86)	545 (100)	
4	400 (2~4)	Po.16.5	100 (20)	337 (66)	409 (80)	373 (77)	509 (100)	161 (29)	350 (63)	419 (86)	473 (85)	555 (100)	
		Po.16.10	137 (25)	370 (68)	476 (87)	430 (77)	585 (100)	191 (33)	429 (73)	489 (84)	488 (84)	593 (100)	
		CaCl ₂ 1%	157 (30)	373 (70)	477 (90)	415 (78)	529 (100)	212 (37)	434 (80)	487 (90)	426 (81)	540 (100)	
		CaCl ₂ 2%	171 (31)	416 (76)	535 (87)	447 (81)	551 (100)	252 (44)	466 (77)	543 (97)	499 (86)	531 (100)	
4	400 (2~4)	Plain	29 (5.3)	335 (61)	456 (83)	403 (73)	589 (100)	54 (9.0)	365 (61)	470 (77)	450 (75)	579 (100)	
		Po.16.5	30 (5.0)	357 (59)	499 (79)	488 (81)	646 (100)	80 (13)	373 (63)	485 (79)	513 (82)	624 (100)	
		CaCl ₂ 1%	81 (14)	430 (72)	540 (91)	485 (75)	575 (100)	163 (27)	520 (85)	594 (77)	545 (89)	615 (100)	
		CaCl ₂ 2%	139 (22)	498 (98)	636 (100)	528 (81)	626 (100)	231 (33)	584 (81)	685 (99)	586 (84)	674 (100)	

() は 28日 標準強度 = 100 に対する各材令の強度比

IV. 試験結果と考察

- (1) 養生時間と配筋と脱型時の強度：脱型可能な強度は製品の種類によつて異なるが、比較的このとき、製品では一般に 100~150 kg/cm² とされている。表-2 の試験結果から見て、普通セメントのコンクリートでは4時間養生は多少無理で、6時間養生は行ない得るが、一方、早強セメントのコンクリートでは、単位セメント量 350 kg で、促進剤を用いた場合、4時間養生で 120 kg/cm² 以上の強度が得られる。なお、最高温度が 60~70℃ 程度ならば、養生時間はさらに長く（14時間以上）はよい。
- (2) 7日、28日の強度と50℃標準強度との比較：短時間養生の場合、脱型時の強度は低い。以後湿潤状態に養生すれば7日、28日への強度発達はかなり顕著である。普通セメントに比べ早強セメントのコンクリートは7日で平均 45 kg/cm²、28日で 25 kg/cm² 程度の強度が高い。また、単位セメント量を増加する強度増加率は富配合のものは低く、81%程度である。なお、標準養生 28日 強度に対する蒸気養生の 28日 の値は、塩化カルシウムの場合を除けば凡そ 80~90% に近い。
- (3) UV照射による危険性：前養生期間が短く、しかも温度上昇速度が早く、UV照射によりコンクリート中の気泡、水などによる過度膨張からセメントペーストの内部組織、骨材との界面に一部破壊される危険性がある。脱型直後、伏試体側面と観察した結果、減水剤を用いたものは、側面上部から2、3微細UV照射が認められ、標準養生に対する蒸気養生の値の比率は他のコンクリートより高かった。この場合は、前養生と密接に、温度を少し上げる必要がある。

V. まとめ

養生時間の短縮は、早強セメント、促進剤などの使用、配合比の変更によつて可能であるが、UV照射による危険性、促進剤による鉄筋の腐食の問題などがある中で、実際に製品では要求される品質に合った配合と養生の際に十分な配慮が必要である。