

V-32 超早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートに対する養生条件の影響について

徳島大学 正員 荒木 謙一

〃 〃 河野 清

〃 〃 〇竹村 和夫

1. まえがき

近年、建設工事の各分野で工期の短縮、工費の削減などの目的からコンクリート製品の使用が盛んに行われているが、製品の量産を進めるためには初期に強度を得る必要がある。このため従来より促進養生、促進剤の使用などが行われてきたが、最近市販された超早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートは初期材令でかなりの強度が得られ、コンクリート製品用に適していると考えられる。しかしこのセメントを用いたコンクリートに対する養生条件の影響についての報告は少ないようである。したがって本報告では、メーカーの異なる2種の超早強セメントおよび比較のために早強セメントあるいは普通セメントを用いて、10℃での低温養生、冬期の屋外での現場養生および各種の蒸気養生を行ない、主として圧縮強度を測定し、標準養生の結果と比較検討を行なう。

2. 実験の概要

セメントはメーカーの異なる2種の超早強セメントを含め表-1に示すものを使用し、骨材は徳島吉野川産の川砂($F.M = 2.74$)および川砂利(最大寸法20mm, $F.M = 6.63$)を用いた。

表-1 セメントの試験結果

セメント の種類	ig loss	insol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	total	比重	7日間 強度(MPa)	試験(時-分)		17℃強度(MPa)				圧縮強度(MPa)			
												開始	終結	1日	3日	7日	28日	1日	3日	7日	28日
超早強 (A)	0.9	0.1	19.3	5.2	2.7	64.7	1.1	3.4	97.4	3.13	5090	1-45	3-25	44.8	53.1	64.6	71.2	198	323	390	433
超早強 (B)	0.9	0.1	19.7	5.1	2.7	64.7	2.0	2.6	97.8	3.14	5950	1-15	1-55	51.9	65.1	75.3	82.1	220	311	372	455
早強 (H)	0.8	0.2	20.4	4.7	2.8	65.6	1.4	3.1	99.0	3.14	4300	2-43	3-56	33.1	51.4	66.7	76.3	124	246	345	453
普通 (O)	0.6	0.1	22.3	5.3	3.1	65.1	1.2	1.8	99.5	3.15	3180	2-47	4-00	—	29.8	41.5	69.9	—	129	221	512

表-2 コンクリートの配合

コンクリートの配合は、既に報告したように²⁾超早強セメントのコンクリートでは高配合にしても強度の増加は普通セメントの場合ほど大きくなく、経済性の問題もあるので、単位セメント量300kgで表-2に示すものを使用し、なお、スランプを一定に保つために成形時の気温によってコンクリートの単位水量を多少変化させた。

使用セメント の種類	Ms (mm)	SL (mm)	W/C (%)	4/a (%)	単位量 (kg)			
					砂	C	S	G
超早強 (A)	20	5	56.7	42	170	300	977	1081
超早強 (B)	20	5	55.7	42	167	300	780	1086
早強 (H)	20	5	55.0	43	165	300	801	1069
普通 (O)	20	5	54.0	43	167	300	843	1038

コンクリートの成形温度は10~15℃

強制練りミキサーを用いてコンクリートを練り混ぜたのち、φ10×200mmの内径形型わくでコンクリートを一層に入れ、振動台を用いて、5000rpmで30秒間振動締固めを行なった。締固めの終了後に供試体は、標準養生を行なうものは20℃±1degの恒温室に移し翌日脱型し20℃±2degの水中で養生した。低温養生を行なうものは、成形直後に温度と湿度を自動的に管理できる可変養生器に入れ、10℃、相対湿度95%で材令7日まで養生し以後28日まで120℃±2degの水中で養生した。現場養生を行なうものは成形後の20℃気温、湿度65~95%の屋外で養生した。蒸気養生の影響を調べ

そのものは表-3に示す3種の養生条件を用いた。

なお、モルタル強さ及び低温養生の影響について検討したが、この場合には、セメント、標準砂、水をあらかじめ10℃に冷却し成形後前述の低温養生を行なった。試験材令は、標準養生、低温養生、現場養生の場合、24時間、3日、7日および28日とし、蒸気養生を行なったものは、蒸気養生終了直後、24時間、7日および28日とした。

表-3 蒸気養生条件

養生シリーズ	前養生期間(20℃) (h)	温度上昇期(20℃) (h)	最高温度(℃)	等温養生期間(℃) (h)	保冷期間(℃) (h)	全養生期間(℃) (h)	モルタル強さ(℃・h)
I	1	2	60	1	2	6	240
II	1	3	80	1	1	6	325
III	1	2.5	70	2	3.5	10	480

3. 実験結果とその考察

図-1は標準養生と10℃の低温養生を行なった4種のモルタル圧縮試験結果を示したものであるが、材令7日まではいずれのセメントも標準養生を行なったもの強さが入るが、28日になると、普通セメントでは両養生条件で強さの差はなく、早強セメントと超早強セメントは低温養生したものの方が83~95%高い結果となっている。材令7日から28日への超早強セメントの強さの伸びはいずれも早強セメントや普通セメントより多少少ないが、これは初期材令での強度発現が顕著なためと考えられる。また、低温養生を行なった場合の超早強セメントの普通セメントに対する圧縮強さは1日で約4倍、3日で2~3倍で普通セメントと標準養生したものより相当大きくなっている。

図-1 低温養生および標準養生を行なったモルタルの圧縮強さ試験結果

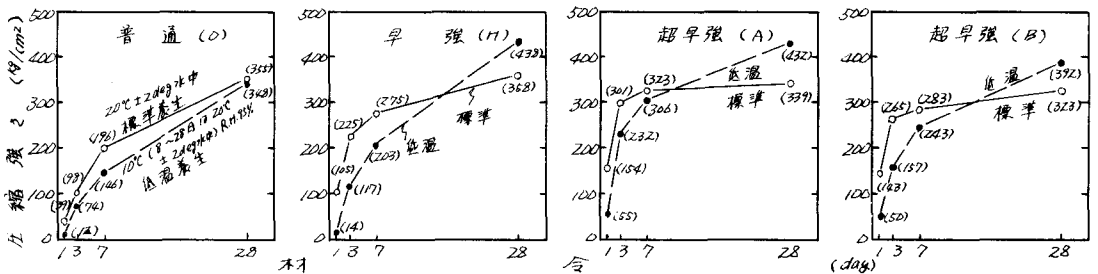


図-2は、早強セメントを除く3種のセメントを用いたコンクリートと、標準養生、低温養生および屋外での現場養生を行なった場合の各材令における圧縮強度試験結果を示したものである。また、表-4は、低温養生および現場養生を行なったコンクリートの各材令での標準養生の場合の圧縮強度を100としてこれに対する強度比および括弧内は普通セメントのコンクリートの強度を10として2種の超早強セメントのコンクリートの強度と比較したものである。これらの結果からわかるように、超早強セメントのコンクリートの低温養生時の初期材令における強度発現は普通セメントのコンクリートと比較して著明であり材令1日で5~6倍、7日で約2倍となっている。28日でも普通セメントコンクリートをはり上回り、標準養生に対する強度比も85%と高くなっており、これは普通セメントコンクリートについて報告³⁾されている値よりも約10%大きい。なお、図-1に示したモルタルの結果にくらべると骨材などの影響が加わり低温養生の影響は多少要っている。同じ超早強セメントのコンクリートでも(A)よりも(B)のほうが各材令での強度が高いがこれは超早強セメント(B)のほうが同スランパをえるためのコンクリートの単位水量が少ないこと、あるいはセメントがより微粉砕されていることなどが原因と考えられる。一方、現場養生を行なった場合は、普通セメントのコン

図-2 3種の養生を行なった場合のコンクリートの材令と圧縮強度との関係

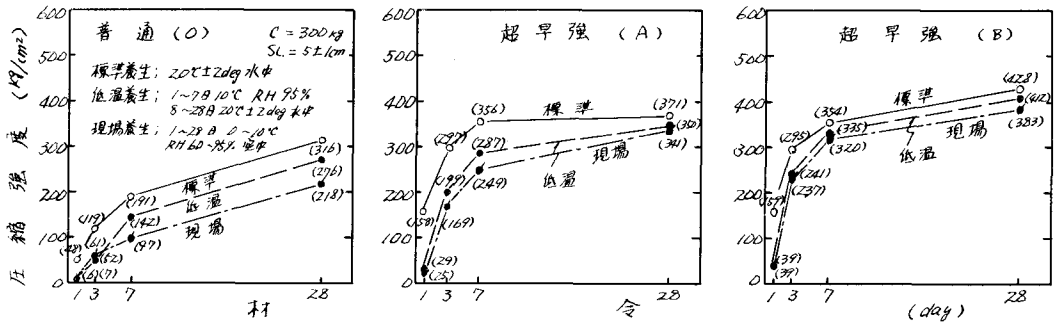


表-4 低温養生および現場養生したコンクリートの各材令での標準養生のコンクリートに対する強度比(%)

コンクリートの種類	1日		3日		7日		28日	
	低温	現場	低温	現場	低温	現場	低温	現場
普通 (O)	13 (1.0)	15 (1.0)	45 (1.0)	51 (1.0)	74 (1.0)	51 (1.0)	87 (1.0)	69 (1.0)
超早強 (A)	18 (4.8)	18 (3.6)	67 (3.8)	60 (2.8)	81 (2.0)	70 (2.5)	94 (1.3)	95 (1.6)
超早強 (B)	23 (6.9)	23 (5.6)	82 (4.6)	80 (3.9)	95 (2.4)	92 (3.3)	96 (1.5)	90 (1.8)

() は各材令の普通セメントのコンクリートの強度と1.0とした場合の相対値

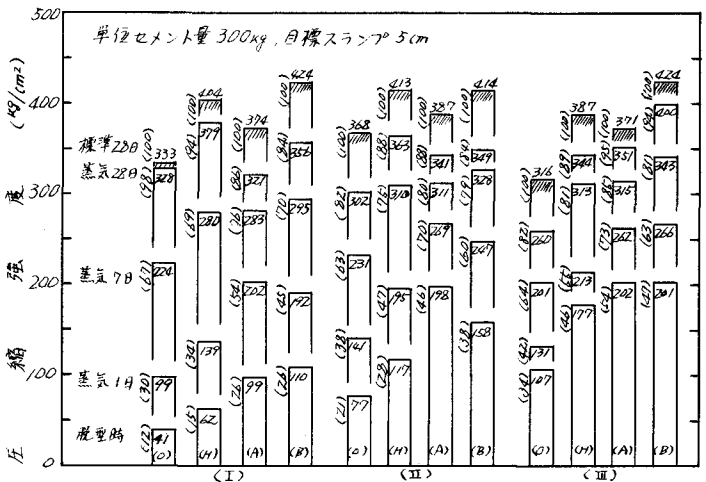
ンクリートでは、標準養生はもとより低温養生を行なった場合より強度は相当低く、標準養生に対し7日で51%、28日で69%となっ

コンクリートでは各材令とも低温養生に近い値が得られており、3日で177~240 kg/cm²の強度が得られ28日の標準養生に対する強度比も90~95%と高くなっている。超早強セメントは初期材令で高強度の

図-3は、3種の蒸気養生条件を用いて養生した各種コンクリートの蒸気養生終了直後（以後脱型時という）、24時間、7日および28日における圧縮強度試験結果を示したものであり、表-5は、蒸気養生したコンクリートと標準養生したものとの強度比を百分率で示したものである。これらの結果

からみられるように、脱型時の超早強セメントのコンクリートの圧縮強度は、養生期間の短い(I)で100 kg/cm²前後、最高温度の高い(II)で158~178 kg/cm²、養生期間が長い(III)では約200 kg/cm²と24エリチーの高いほど脱型時の強度は大きくなっており、いずれも普通セメントコンクリートの2倍以上の強度がえられている。材令1日の標準養生に対する相対強度は養生条件(II)と(III)では60~80%と従来早強セメントや普通セメントのコンクリートについて報告されている値以上で、普通セメントコンクリートの場合の7日強度以上の値が得られており比較的高温で養生すれば養生期間の短縮が可能で効果的

図-3 蒸気養生条件を変えた場合の各種セメントを用いたコンクリートの各材令における圧縮強度試験結果



注 () は標準養生材令28日圧縮強度に対する相対強度(%)

あることを示している。材令7日について最高温度の高いものが強度が大きく、普通セメントコンクリートの場合の28日強度以て相対強度も早強セメントのコンクリートより大きい。また、28日の相対強度も早強セ

表-5 蒸気養生したコンクリートと標準養生したコンクリートの強度比

コンクリートの種類	養生条件								
	(I)			(II)			(III)		
	1日	7日	28日	1日	7日	28日	1日	7日	28日
(O)	206	117	98	294	121	82	260	105	82
(I-I)	183	91	94	257	101	88	280	102	89
(A)	127	80	86	170	87	88	166	88	95
(B)	121	83	84	155	93	84	167	97	94

注) 蒸気養生——標準養生。

メントや普通セメントのコンクリートと大差ない結果が得られているが、表-5に示すように、材令1日の標準養生に対する強度比はいずれの蒸気養生条件の場合も、普通セメントあるいは早強セメントのコンクリートより低く、材令7日では、標準養生を行なったものの80~97%となっている。これは図-2の結果からわかるように、標準養生を行なった場合の超早強セメントのコンクリートの初期材令の強度発現率が普通セメント、早強セメントのコンクリートに比較して著しく大きく、蒸気養生を行なった場合長期材令への強度増進率が低下する傾向が顕著になることが主な原因と考えられる。しかるが、短期間の蒸気養生で脱型強度を得る必要のある場合にはこのセメントの使用も効果的であるが、脱型を急がない1日1サイクルの工程の場合には早強セメントや普通セメントの使用が経済性を考慮すると有利であるといえる。

5. まとめ

超早強セメントを用いたコンクリートに対する、標準養生、低温養生、現場養生および蒸気養生などの養生条件の影響を普通セメントあるいは早強セメントのコンクリートの場合と比較検討した結果をまとめると、本実験の範囲内でつぎのことがいえる。

1) 超早強セメントを用いたコンクリートの低温時での強度発現は普通セメントのコンクリートにくらべて著しく大きく、初期材令で3~6倍の値が得られ、この種のセメントは冬期のコンクリート工事に適しているといえる。

2) 超早強セメントのコンクリートでは6時間の短時間蒸気養生で、脱型時100~130 kg/cm²の高強度がえられ、80℃程度の比較的高温で養生すると、とくに養生期間の短縮に有利である。なお、蒸気養生を行なわなくても初期材令で高強度がえられるので、1日1サイクルの工程では蒸気養生しないで脱型することも可能である。

参考文献

- 1) 荒木、河野、竹村、第22回土木学会中国四国支部学術講演会一般講演視察集 PP.100~103 (1970.7)
- 2) 荒木、河野、竹村、第25回セメント技術大会視察集 PP.122~123 (1971.6)
- 3) A.B.McDaniel, Engineering Experiment Station of Univ. of Illinois, Bulletin No.81 (1951)
- 4) 河野、江村、木下、小野田初電報告 Vol.17, No.65 PP.206~215 (1965.9)