

高炉セメントコンクリートの断熱温度上昇と強度発現に関する研究

東京都立大学大学院 正会員 山本修平, フェロー 國府勝郎, 正会員 宇治公隆, 正会員 上野 敦
日本道路公団試験研究所 正会員 紫桃孝一郎

1. はじめに

近年, 環境負荷抑制の観点から産業副産物の有効利用が重要視されてきている. 高炉セメントは, マスコンクリートの温度ひび割れの抑制対策として用いられることもあるが, 粉末度や置換率, 養生温度によっては普通ポルトランドセメントを使用する場合より発熱量が大きくなり, 温度ひび割れを助長することがあると言われている. 本研究は, 高炉セメントを用いたコンクリートを実施工で適切に活用するため, 高炉スラグ微粉末の反応の温度依存性に着目し, 高炉スラグ微粉末の置換率および練混ぜ時のコンクリート温度が断熱温度上昇特性と強度発現に及ぼす影響を検討したものである.

表-1 配合および実験の要因

記号	練上がり温度(°C)	単位結合材量(kg/m ³)	置換率(%)	W/B(%)	s/a(%)	単位量(kg/m ³)					AE減水剤(B×%)	
						W		S	S	G		
						C	F	(細)	(粗)			
330-OPC-T10	10			52.4	42	173	330	0	151	602	1045	0.25
330-OPC-T20	20	330	0	52.4	42	173	330	0	151	602	1045	0.3
330-OPC-T30	30			52.4	42	173	330	0	151	602	1045	0.2
330-BB45-T10	10			52.4	42	173	181	149	150	598	1039	0.3
330-BB45-T20	20	330	45	52.4	42	173	181	149	150	598	1039	0.3
330-BB45-T30	30			52.4	42	173	181	149	150	598	1039	0.3
330-BB30-T20	20	330	30	52.4	42	173	231	99	150	600	1041	0.3
330-BB60-T20	20		60	52.4	42	173	132	198	149	597	1036	0.3
290-BB45-T20	20	290	45	59.7	43	173	160	130	156	623	1033	0.3
370-BB45-T20	20	370		46.8	41	173	204	166	143	571	1028	0.2

注)記号は, 単位結合材量, セメント種類(BB45は高炉スラグ微粉末置換率45%を表す)および練上がり温度を示す.

2. 実験概要

(1) 使用材料

本研究は高炉セメントB種を対象としているが, コンクリート中のセメント量および高炉スラグ微粉末量を明確にするため, 普通ポルトランドセメント(密度3.16g/cm³, 比表面積3370cm²/g)および高炉スラグ微粉末(密度2.89g/cm³, 比表面積4260cm²/g, 活性度指数は材齢7, 28および91日において67, 95および108%である)を別々に計量し, 練混ぜ時に混合することとした. 細骨材は, 砕砂(表乾密度2.65g/cm³, F.M. 2.87)および山砂(表乾密度2.63g/cm³, F.M. 1.55)を質量比で8:2で混合したものを, 粗骨材は砕石2005(表乾密度2.66g/cm³, F.M. 6.36)を使用した. 混和剤は, 一般的なAE減水剤を使用した.

(2) 配合および実験の要因

コンクリートの配合は表-1に示すとおりである. 普通ポルトランドセメントおよび高炉セメントを用いたコンクリートの練上がり温度を10, 20および30の3水準に, また, 高炉スラグ微粉末の置換率を0, 30, 45および60%の4水準に変化させた. 加えて, 単位結合材量による影響を検討するため, 単位結合材量を290, 330および370kg/m³に変化させた.

(3) 断熱温度上昇試験

試験には, 空気循環式断熱温度上昇試験装置を用いた. 測定期間は, コンクリートの温度上昇が認められなくなるまで(約14日間)とし, 所定の間隔で試料中心温度を自動記録した. 断熱温度上昇の計測結果は, 高炉スラグの反応性状を適切に評価するため, 温度上昇の初期遅延時間を考慮した式(1)によって近似した.

$$Q_{(t)}=Q [1-\exp\{- (t-t_0)\}] \quad (1)$$

ここに, $Q_{(t)}$: 断熱温度上昇(°C), t : 経過時間(h),

Q : 終局温度上昇量(°C), k : 温度上昇速度係数, t_0 : 遅延時間(h)

(4) 断熱養生下の強度発現

断熱温度条件下のコンクリートの強度発現性を検討するため, 供試体を(3)の断熱温度上昇試験から得られた温度履歴で養生し, 圧縮強度を測定した. 普通ポルトランドセメントまたは置換率45%の高炉セメントで単位結合材量330kg/m³とし, 練上がり温度10, 20および30の場合について実験を行った. 槽内温度は, 各練上がり温度条件下における高炉セメントコンクリートの温度履歴を再現した. 供試体は100mm×200mmの軽量型わくに打込み, 密

キーワード 高炉セメント, 断熱温度上昇, 断熱養生

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 TEL 0426-77-1111 FAX 0426-77-2772

封して温度制御槽内に保管し，材齢2，4，7および14日において圧縮強度を試験した．

3．実験結果と考察

(1)断熱温度上昇試験

図-4 に練上がり温度と終局温度上昇量 Q の関係を示す．普通ポルトランドセメントを用いた場合，練上がり温度が高くなると終局温度上昇量は低下する傾向にあり，既往の研究¹⁾と一致している．しかし，高炉セメントを用いた場合，練上がり温度が変化しても終局温度上昇量はほとんど変化していない．これは，練上がり温度が低いことによって高炉スラグ微粉末の反応が抑制され，逆に練上がり温度が高いことによって高炉スラグ微粉末の反応が活性化されたためと考えられる．

図-5 は 練上がり温度と温度上昇速度係数 との関係を示したものである．普通コンクリートも高炉セメントコンクリートも，練上がり温度の上昇に伴い温度上昇速度係数はほぼ同じ割合で増大している．なお，図-5 から明らかなように，高炉セメントを用いた場合の温度上昇速度係数は，普通ポルトランドセメントを用いた場合より，小さくなるのがわかる．また，練上がり温度 20 において高炉スラグ微粉末の置換率を 0，30，45 および 60%と増大させるにしたがって，温度上昇速度係数は小さくなるのがわかる．

(2)断熱養生下の強度発現

断熱養生された供試体の圧縮強度試験結果を表-2 に示す．また，普通コンクリートの材齢7日の強度に対する，高炉セメントコンクリートの強度の関係を，練上がり温度ごとに示したのが図-6 である．

表-2 から分かるように，練上がり温度が 30 の場合は，高炉セメントを用いた場合でも普通ポルトランドセメントを用いた場合とほぼ同等の強度発現を示している．一方，図-6 に示すとおり，高炉セメントを用いた場合，練上がり温度が低いと初期強度は小さいが，長期的には普通ポルトランドセメントを用いたものと同等以上となるのがわかる．

4．まとめ

- (1)高炉セメントを用いたコンクリートの終局断熱温度上昇量は，10～30 の範囲で練上がり温度を変化させてもあまり違いが見られない．
- (2)高炉セメントを用いたコンクリートの温度上昇速度は，練上がり温度に比例して増大するが，普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートよりも小さい．
- (3) 高炉セメントを用いたコンクリートの断熱条件下における強度は，練上がり温度が低い場合，普通コンクリートよりも，初期では小さいが，長期的には同等以上の強度となる．

これらのことから，高炉セメントを用いた場合，普通ポルトランドセメントを用いた場合と比較して，初期養生温度に対する配慮を十分に行う必要があると言える．

参考文献

- 1)塚山隆一：マッシュな鉄筋コンクリートの温度上昇ならびに温度ひび割れに関する基礎研究，学位論文，1974年

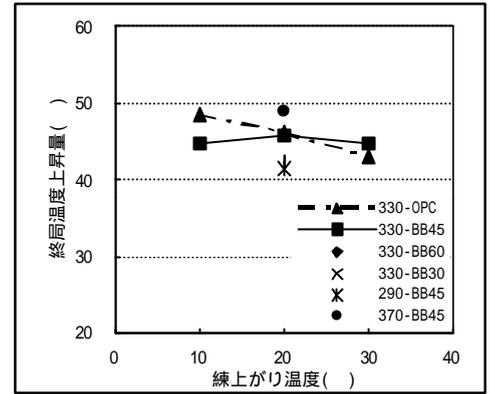


図- 4 練上がり温度と終局温度上昇量

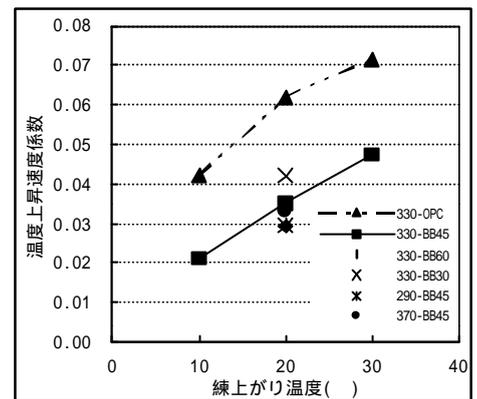


図- 5 練上がり温度と温度上昇速度係数

表- 2 断熱養生下での圧縮強度(N/mm²)

材齢	高炉セメント(置換率45%)			普通ポルトランドセメント		
	10	20	30	10	20	30
2日	14.30	21.91	25.28	21.53	26.36	24.42
4日	27.51	32.66	29.35	30.26	31.32	29.43
7日	38.24	33.23	31.65	36.09	34.08	31.34
14日	40.18	33.98	33.57	38.85	34.10	32.14

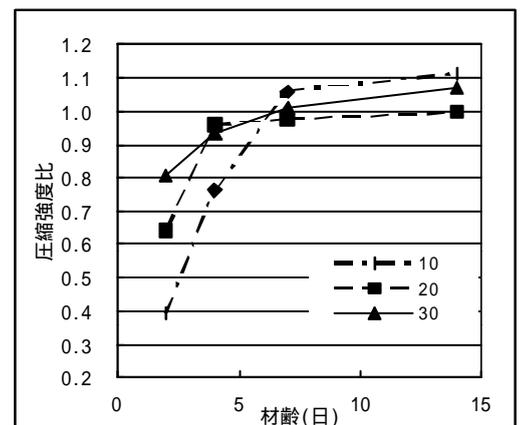


図- 6 断熱養生下での圧縮強度比