

V-490

ビーライトを高含有した各種低熱コンクリートの
強度発現に及ぼす養生効果

大林組技術研究所 正会員 栗原 正美

大林組技術研究所 正会員 竹田 宣典

大林組技術研究所 正会員 十河 茂幸

1. まえがき

セメントの化学組成のうちビーライト (C_2S) の比率の多い低熱ポルトランドセメントは、初期水和速度を遅らせるためコンクリートの温度上昇を抑制する効果がある。しかし、初期強度の発現も遅れるため、高微粉末の高炉スラグを混入したセメントや、さらにフライアッシュを混合して、断熱温度上昇量を低減させた三成分系混合セメントの使用が考えられる。これらのセメントは、いずれの場合においても水和反応を抑制しているため、湿潤養生の期間を十分にとることが重要と考えられるが、養生方法やその期間がコンクリートの強度発現に及ぼす影響については報告が少ない。本報告では、ビーライトを高含有した低熱コンクリートの水中養生期間、型枠養生期間が強度発現性に及ぼす影響について述べる。

2. 実験概要

2.1 使用材料

低熱ポルトランドセメントは C_2S を約53%含むもの ($C_3A:2.5\%$, $C_3S:26.3\%$, $C_4AF:13.1\%$) を用い、高炉スラグは低熱ポルトランドセメントの初期強度の遅れを補うため、高微粉末のものを使用した。実験に使用した結合材の性質を表-1、混合セメント中の各結合材の混合比率を表-2に示す。細骨材は木更津産陸砂（比重2.61、吸水率1.97%、粗粒率2.69）、粗骨材は青梅産碎石（比重2.64、粗粒率6.68、最大寸法20mm）を用いた。混和剤はポリカルボン酸系の高性能AE減水剤を使用した。

表-1 使用結合材の性質

結合材の種類	略号	比重	比表面積 (cm^2/g)
低熱ポルトランド	LC	3.24	3,040
高炉セメントB種	BB	3.04	3,890
高炉スラグ	Sg	2.90	6,000
フライアッシュ	FA	2.28	3,890

2.2 配合およびフレッシュコンクリートの性質

配合およびフレッシュコンクリートの試験結果を表-3に示す。水結合材比は55%、細骨材率は47%、目標スランブを $12 \pm 2.5cm$ 、目標空気量を $4 \pm 0.5\%$ とし、使用材料の違いによるスランブの差は混和剤量で調整した。低熱ポルトランドセメントのみを用いた場合に比べて、混合セメントとした場合の方が同一単位水量で同一スランブを得るための混和剤量は多く必要となったが、高炉セメントB種を用いた場合に比較すると混和剤量は若干低減できる。なお、高炉スラグを混入することによって凝結は速くなり、ブリーディングは減少し、フライアッシュを混入することによって凝結は遅れ、ブリーディングは増加する傾向が認められた。

表-2 結合材の混合比率

略号	セメントの種類	混合比率 (%)		
		C	Sg	FA
LC	低熱ポルトランド	100	0	0
LS60	低熱ポルト系	40	60	0
LS70	二成分混合セメント	30	70	0
LS50F10	低熱ポルト系	40	50	10
LS40F20	三成分混合セメント	40	40	20
BB	高炉セメントB種	58	42	0

表-3 配合およびフレッシュコンクリートの性質

セメントの種類	単位量 (kg/m^3)							スランブ (cm)	空気量 (%)	ブリーディング率 (%)	凝結時間 (h:m)	
	W	C	Sg	FA	S	G	SPA*				始発	終結
LC	165	300	0	0	862	983	0.90	12.5	3.9	3.24	6:05	8:10
LS60	165	120	180	0	854	974	1.65	14.5	4.5	0.80	5:20	10:20
LS70	165	90	210	0	852	972	1.65	13.0	4.4	0.70	4:05	9:45
LS50F10	165	120	150	30	850	970	1.50	14.5	4.5	2.00	7:35	11:30
LS40F20	165	120	120	60	847	966	1.50	13.5	3.8	3.89	8:40	12:40
BB	165	174	126	0	854	974	1.80	14.5	4.4	3.94	5:15	8:00

*SPA: 高性能AE減水剤（ポリカルボン酸系）

2.3 養生条件および試験内容

湿潤養生の期間を材齢3日、

7日、14日間、型枠養生期間を材齢1日、3日、7日間とし、強度試験材齢を7日、28日、91日とした。

標準養生供試体の圧縮強度を基準とし、それぞれの養生方法、期間が強度発現に及ぼす影響を調べた。

3. 実験結果および考察

3.1 標準養生コンクリートの強度発現

各種低熱コンクリートの標準養生における強度発現性を図-1に示す。材齢28日までの強度発現は総じて遅れる傾向にあるが、材齢91日においては、高炉セメントB種に遜色ない強度となる。低熱ボルト系混合セメントのなかでも、高炉スラグを混合した系においては、若材齢強度が改善され、さらに長期材齢における強度も増大する。フライアッシュを混合した系の場合は、材齢91日までの範囲においては若材齢の強度発現の遅れが十分に回復せず、やや低い強度発現のまま推移する。なお、いずれの低熱コンクリートも材齢91日においては強度増加の過程にあるものと推察される。

3.2 水中養生期間が強度発現に及ぼす影響

材齢1日において脱型した後、気中(20℃, 60%RH)に放置した供試体の圧縮強度の試験結果を図-2に示す。図-1の標準養生コンクリートの強度の伸びに対し気中放置した場合の強度増加は材齢7日以降あまり期待できず、湿潤養生の重要性が認められた。気中養生コンクリートの最終強度は材齢1日までの型枠養生期間中と、その後乾燥が進み湿潤養生効果が減少するまでの間の強度発現の程度に支配されるものと推察される。図-3は水中養生期間の異なる各コンクリートの材齢91日における標準養生コンクリートの強度に対する強度比を示したものである。水中養生期間が長い程、強度は高くなり、養生の終了に伴い強度増加が低下することが認められた。

3.3 水中養生および型枠養生の効果の比較

型枠養生期間の異なるコンクリートの強度発現性を同期間水中養生したコンクリートの強度発現性ととも図-4に示す。7日強度は養生方法によらずほぼ一定の値を示した。一方、28日以降の強度は、3日間の型枠養生では同期間の水中養生(脱型後2日間水中養生)に比べて約70%であるが、7日間の型枠養生をすると同期間の水中養生(脱型後6日間水中養生)をした場合と同等の値を示した。この実験では型枠養生中に上部を湿潤状態に保っており、これが水中養生と同等の効果をもたらしたものと考えられる。すなわち、壁状構造物のように型枠に覆われる部分が多い場合でも表面がさらされる場所を十分に湿潤状態に保つことが重要であると思われる。

4. まとめ

以上の結果、次のことが明らかとなった。

- (1) ビーライトを多く含むボルトランドセメントは初期強度発現は小さいが、高微粉した高炉スラグの混入により初期強度の発現性は改善され、さらに長期強度も大きくなる。
- (2) 湿潤養生を停止すると強度発現性は著しく低下するため、初期強度発現の小さいビーライト系混合セメントは、できるだけ長期間の湿潤あるいは型枠養生が必要である。

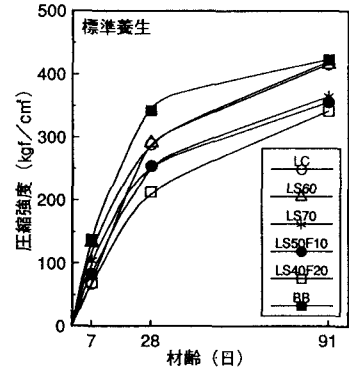


図-1 強度発現性(標準養生)

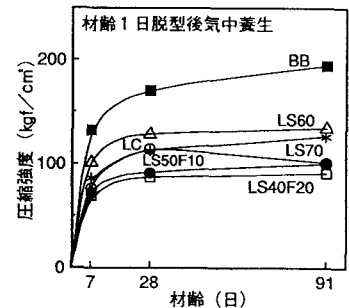


図-2 強度発現性(気中養生)

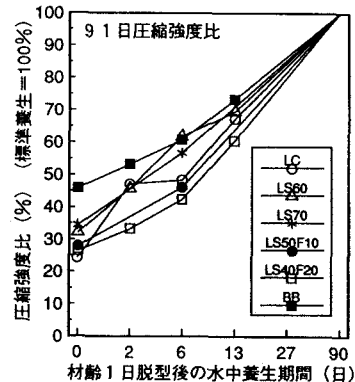


図-3 水中養生期間の影響

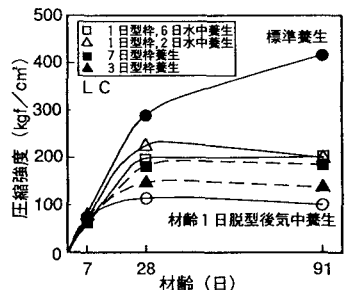


図-4 養生方法の効果の比較