

ビーライト高含有セメントを用いた高流動コンクリートの強度発現および中性化速さ

大林組本店土木部 正会員 近松 竜一
 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 栗原 正美
 大林組技術研究所 正会員 十河 茂幸

1. まえがき

コンクリート施工の近代化を目指して、締固め不要の高流動コンクリートが注目されている。しかし、高流動コンクリートは、流動性と材料分離抵抗性をうまくバランスさせることが重要であり、そのために微粉末を多く配合することを必要とする。また、水和熱による温度上昇を抑制することが温度ひび割れ対策上有効であり、ビーライトを高含有した低熱ポルトランドセメントや、高炉スラグ、フライアッシュ、石灰石微粉末などの混和材を効果的に用いることが考えられる。本研究は、ビーライトを高含有した低熱ポルトランドセメントに高炉スラグ、フライアッシュ、石灰石微粉末を混合した高流動コンクリートの強度発現性、中性化速さについて述べ、これらの品質に対する湿潤養生期間の影響について検討を加えたものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントは、表-1に示すビーライト(C₂S)を約53%含有する低熱ポルトランドセメント(C₃S:26.3%, C₃A:2.5%, C₄AF:13.1%; 略号LC)を用い、これに高炉スラグを60%置換した二成分系混合セメント(LS60)、高炉スラグ40%およびフライアッシュ20%を置換した三成分系混合セメント(LS40F20)を用いた。さらに、LCに対し石灰石微粉末(比重:2.71, 比表面積:5230cm²/g)を20%および40%置換した場合(LLP20, LLP40)についても試験した。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A E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

各種セメントを用いた高流動コンクリートの配合を表-2に示す。目標スランプフローは、練上り15分後で60±5cmとし、高性能A E減水剤の添加量により調整した。いずれの配合も、単位微粉末量を500kg/m³、単位水量を165kg/m³、単位粗骨材容積を300ℓ/m³とした。試験は全て20℃の室内において行った。

2.3 試験項目および試験方法

各種セメントを用いた場合の高流動コンクリートの圧縮強度および中性化について調べた。強度試験はJIS A 1108に準じて行い、中性化速度については、CO₂濃度5%, 温度30℃, 湿度55%の促進条件で、4週間後にフェノールフタレインの変色域により中性化深さを測定した。供試体は材齢1日で脱型し、その後水中養生を材齢3, 7, 14, 28日まで行い、養生期間が強度発現・中性化の進行に及ぼす影響について調べた。

表-2 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	略号	W/P (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								スランプフロー (cm)	空気量 (%)	○ロート流下時間 (秒)	ブリーディング率 (%)	減速時間 (h:m)	
				W	C	Sg	FA	LF	S	G	SPA*					始発	終結
低熱ポルトランド	LC	33	53.2	165	500	0	0	0	889	792	8.60	61.5	3.5	7.4	2.30	8:40	10:20
低熱ポルトランド二成分混合	LS60	33	52.4	165	200	300	0	0	861	792	9.00	61.5	3.7	10.6	0.37	5:30	8:50
低熱ポルトランド三成分混合	LS40F20	33	51.6	165	200	200	100	0	836	792	8.75	64.0	3.5	8.3	2.83	13:00	16:10
低熱ポルトランド石灰石微粉末	LLP20	33	52.7	165	400	0	0	100	873	792	7.25	59.0	4.4	5.5	1.04	6:15	8:00
石灰石微粉末	LLP40	33	52.3	165	300	0	0	200	858	792	8.00	64.0	3.8	8.4	1.33	6:15	8:20
中熱ポルトランド	M	33	53.1	165	500	0	0	0	885	792	8.00	57.0	4.1	8.5	1.64	7:45	9:00

P=C+Sg+FA+LF, *SPA: 高性能A E減水剤(ポリカルボン酸系)

3. 実験結果および考察

3.1 微粉末材料の種類がワーカビリティに及ぼす影響

表-2に示すように、同一単位水量、同一単位微粉末量の場合、目標スランブフローを得るための高性能AE減水剤量を比較すると、ビーライト系低熱ポルトランドセメントのみを用いた場合（LC）に比べて、石灰石微粉末を混入した場合（LLP20, LLP40）は流動性が向上し、高炉スラグ微粉末を混入した場合（LS60）は流動性が若干低下し、粘性が増大する傾向が認められた。なお、凝結時間は石灰石微粉末、高炉スラグ微粉末は早くなり、フライアッシュは大幅に遅れる。

3.2 各種混合材の置換による強度発現性

各種結合材を用いた高流動コンクリートの圧縮強度の発現状態を図-1に示す。材齢28日までのLCの強度発現は、Mに比べて遅いが、材齢91日では同等以上の強度となる。石灰石微粉末を混合した場合は、混合比が高くなるに伴い強度は低下するが、発現性はLCと同様である。高炉スラグを混合した場合は、初期・長期ともにLCの約90%の強度が発現し、フライアッシュを混合した場合は、LCに比べて初期強度は低くなるが、長期強度の伸びが大きく、材齢91日では約80%の強度が発現する。単位結合材量の多い高流動コンクリートの長期強度発現に対しては、各種混和材を用いた場合にも、ビーライトを高含有した低熱ポルトランドセメントは極めて有効であることが認められた。

3.3 水中養生期間が強度発現に及ぼす影響

水中養生期間を変えた場合の圧縮強度の標準養生に対する強度比を図-2に示す。いずれのコンクリートも、水中養生期間を長くすると、強度比は高くなる。LCを材齢14日まで水中養生を行った場合、標準養生に対して90%以上の強度が発現する。ビーライトを多く含有した低熱ポルトランドセメントの強度を十分に発現するためには湿潤養生期間をできるだけ長くすることが重要であると考えられる。

3.4 高流動コンクリートの中性化

各種結合材を用いた高流動コンクリートについて、水中養生期間と中性化深さの関係を図-3に示す。セメント種別でみると、LCに対し石灰石微粉末を混合すると、単位セメント量の低下に伴って中性化は進行する。また、高炉スラグやフライアッシュを混合した場合にも中性化が早くなることが認められた。一方、養生期間が短いと、中性化は早くなる傾向があり、強度発現の遅いコンクリートほど、この傾向が強いことから、強度発現に応じて養生の終了を判断すれば、それに応じて中性化の程度も改善されるものと推定される。

4. まとめ

以上の結果、次のことが明らかとなった。

- (1) ビーライトを高含有した低熱ポルトランドセメントを用いた高流動コンクリートは、流動性が良好でかつ短期および長期材齢ともに高い強度が得られる。
- (2) 水中養生期間を長くすることにより、中性化を抑制でき、ビーライトを高含有した低熱ポルトランドセメントのみを用いたコンクリートを材齢7日まで水中養生した場合、中性化はほとんど生じない。

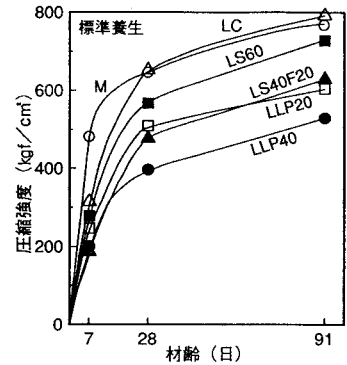


図-1 強度発現性（標準養生）

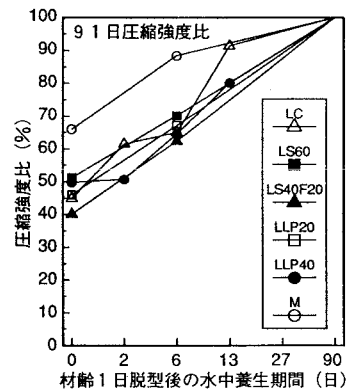


図-2 水中養生期間の影響

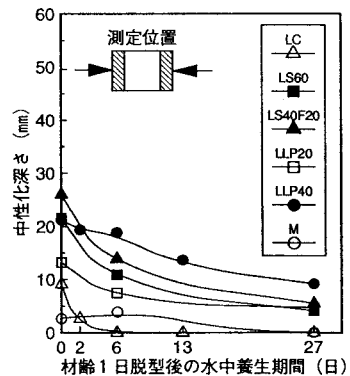


図-3 中性化深さ