

32.5 クラスセメントの物理的特性に関する研究

九州大学大学院 学生会員 ○福田 諭士 フェロー 松下 博通
正会員 鶴田 浩章 正会員 陶 佳宏

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化報告が相次ぎ、コンクリート構造物の耐久性の向上が重要視されてきている。そこで、耐久性より決まる水セメント比で所定の強度が得られるセメントの開発が必要である。一方、欧州における汎用セメントについて、構成物の組成範囲と強さクラスで分類した規格(EN197-1:2000)が成立した^{1,2)}。この規格内の 32.5 クラスのセメントは圧縮強度 20～30N/mm²の汎用コンクリートを製造するのに適しており、本規格は ISO 原案となる見込みで、JIS 規格との整合化の検討を行う必要がある。日本において、普通ポルトランドセメントを用いて汎用強度のコンクリートを製造すると、高水セメント比となり材料分離抵抗性の低いものとなる。そこで本研究では、普通ポルトランドセメントクリンカ - 高炉スラグ微粉末 - 石灰石微粉末の3成分系混合セメント(以下 BL)および石灰石微粉末を約 30% 混入したセメント(以下 LS) 2 種の ISO 対応型セメントを試作した。この 2 種のセメントを普通ポルトランドセメント(以下 NPC)、高炉セメント B 種(以下 BB)との計 4 種で比較し、物理的特性を把握するための検討を行った。

2. 試験概要

使用したセメントの物性を表 - 1 に示す。BL については、欧州規格より混和材混合率 35mass%以下を目標とし、28 日圧縮強さ 32.5N/mm²を達成する観点から、石灰石微粉末を約 20mass%、高炉スラグ微粉末を約 15mass%混合した。LS については、28 日圧縮強さ 32.5N/mm²を達成する観点から、石灰石微粉末を約 30mass%混合した。試験項目は凝結試験(JIS R 5201)、水和熱試験(JIS R 5203)、モルタルによる圧縮強さ試験(JIS R 5201)とした。

表 - 1 使用セメントの物性および材料混合割合

試料名	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	混合割合(mass%)		
			NPC	スラグ	石灰石
NPC	3.15	3390	100	—	—
BB	3.02	3890	約50	約50	—
BL	3.00	4210	64.3	14.3	21.4
LS	3.00	4200	71.4	—	28.6

3. 試験結果および考察

(1)凝結試験結果

凝結試験結果を表 - 2 に示す。BL および LS の標準軟度水量は NPC より多い結果となったが、全てのセメントでほぼ同程度であったと言える。BL、LS は石灰石微粉末による若干の水和促進作用³⁾のため NPC に比べ終結にいたるまでの時間が短くなったと考えられる。しかし、NPC の 4 時間と比較すれば、混和材の混合によって大きくは変化しなかったと考えられ、BL および LS は NPC とほぼ同程度であると考えられる。

表 - 2 凝結試験結果

試料名	標準軟度水量 (%)	始発(h:m)	終結(h:m)
NPC	27.0	2:35	4:00
BB	28.6	3:05	4:15
BL	28.0	2:25	3:35
LS	28.2	2:25	3:50

(2)水和熱試験結果

水和熱試験の結果を表 - 3 に示す。BL および LS の溶解熱は NPC より低くなった。また、いずれの材齢においても、水和熱は NPC より若干ではあるが低くなった。しかし石灰石微粉末による置換率が 20～30%であることを考慮すると、水和熱の減少率は低いものとなった。

表 - 3 水和熱試験結果

試料名	水和熱(J/g)				NPCに対する比		
	溶解熱	7d	28d	91d	7d	28d	91d
NPC	2518	326	367	396	1.00	1.00	1.00
BB	2523	295	359	386	0.90	0.98	0.97
BL	2269	306	362	389	0.94	0.99	0.98
LS	2156	308	352	377	0.94	0.96	0.95

キーワード：ISO、石灰石微粉末、高炉スラグ微粉末、圧縮強さ

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 TEL092-641-3131 内線 8654 FAX092-642-3271

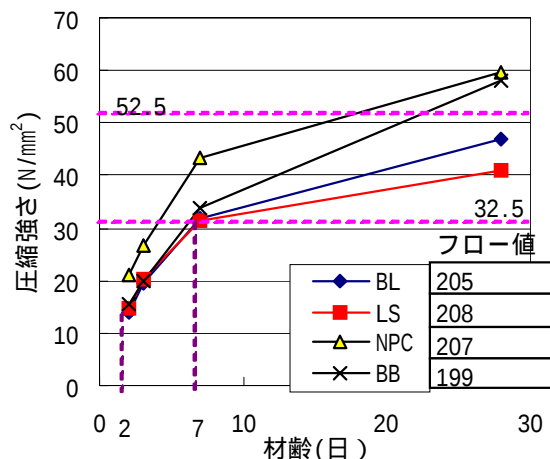


図 - 1 圧縮強さ

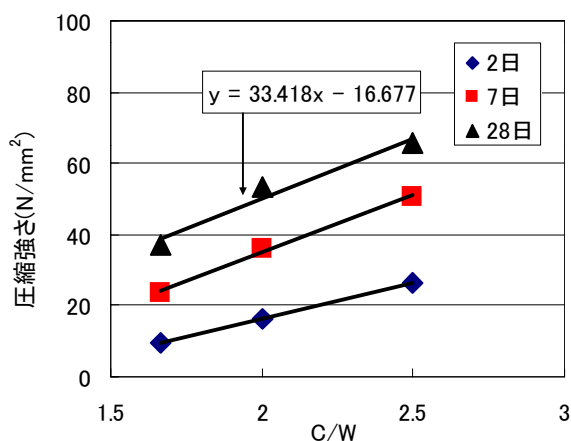


図 - 2 BL の圧縮強さ

表 - 4 EN197-1:2000 汎用セメントの強さ規定

強さクラス	圧縮強さ(N/mm ²)	
	2日	28日
32.5	≥ 10.0	≥ 32.5 ≤ 52.5

表 - 5 モルタルの材齢 28 日強さを 60N/mm² とした場合の配合比

試料名	W/C(%)	水	セメント	クリンカ
NPC	52.9	1	1.89	1.89
BB	53.3	1	1.88	1.03
BL	43.6	1	2.29	1.48
LS	40.9	1	2.44	1.74

(3) 圧縮強さ試験結果

圧縮強さ試験結果を図 - 1 に示す。石灰石微粉末および高炉スラグ微粉末を置換した BL, LS は NPC, BB より強度が低くなり, 2 日圧縮強さは 14.1N/mm², 14.6N/mm², 28 日は 46.8N/mm², 41.0N/mm² となった。BL および LS は表 - 4 より EN197-1:2000 による強さクラス 32.5(N/mm²) を満足していると言える。また, 高炉スラグ微粉末は長期材齢の圧縮強さに寄与するため, 28 日における BL の強度は LS の強度を上回っている。また, フロー値について BL, LS は NPC と同等であった。

次に, BL を使用した場合のモルタルのセメント水比(C/W)と圧縮強さの関係を図 - 2 に示す。いずれのセメントも同様であったが, C/W - 圧縮強さの関係がほぼ直線関係にあることがわかる。この結果より, 材齢 28 日強さが 60N/mm² となる場合の水セメント比を求め, その場合の, 水量を 1 とする配合比を表 - 5 に示す。表 - 5 より, 28 日強さを 60N/mm² とする水セメント比は, BL および LS では, NPC や BB よりも低い値となった。したがって, 同じ強度のコンクリートを作製した際, BL, LS は水セメント比が低いことより単位粉体量を NPC, BB よりも多く確保することができる。その結果, 材料分離抵抗性を高くすることが可能であると考えられる。

4. 結論

BL, LS, NPC および BB の試験結果を比較し, 以下の結論を得ることができた。

- 1) 石灰石微粉末の混合により, BL, LS の凝結時間は NPC とほぼ同等程度であった。
- 2) BL, LS は NPC より水和熱は若干であるが低くなった。しかし, 同強度のコンクリートを製造する場合単位粉体量が多くなることにより断熱温度上昇量は BL, LS が上回ることが予想される。
- 3) BL, LS の 材齢 28 日での圧縮強さは EN197-1:2000 による強さクラス 32.5 を満足する値となった。
- 4) 28 日圧縮強さを同一とする配合では, BL, LS は NPC, BB より多くの粉体量を確保することが可能であり, 材料分離抵抗性を高くすることが期待できると考えられる。

参考文献

- 1) 後藤孝治, 羽原俊祐: セメント規格の国際化, セメント・コンクリート, No.631, pp.1 - 8, 1999
- 2) 山田一夫: 石灰石フィラーセメント: 欧州規格までの軌跡, コンクリート工学, vol.38, No11, pp.66 - 70, 2000
- 3) 坂井悦郎, 中川晃次, 他 2 名: フィラーセメント, セメント・コンクリート, No.546, pp.129 - 137, 1992

謝辞

今回使用したセメントの提供, および論文作成に当たり多大なる御協力, 御指導してくださった太平洋セメント株式会社中央研究所の方々に厚く御礼申し上げます。