

V-299 ハイパフォーマンスコンクリートの強度発現特性

佐藤工業 正会員 宇野 洋志城  
西松建設 正会員 西田 徳行  
東京大学 正会員 下村 匠

1 はじめに

コンクリート構造物の信頼性向上を目的として開発に成功したハイパフォーマンスコンクリート（以下HPCと略す）は、フレッシュ時には締固め不要で型枠内に充填し、硬化初期には発熱が少なく、長期耐久性も優れた性能を発揮し得るコンクリートであり<sup>1)</sup>、その実用化に対する期待は大きい。HPCは基本的に水粉体比が小さく、特別な強度設計を行わなくとも比較的高い強度が得られるものと考えられる。しかしながら、高強度を必要とする場合あるいは初期強度が問題となる場合の他に、強度以外のコンクリート品質（発熱、収縮等）から強度を抑える必要がある場合も考えられ、HPCにおいてもコンクリートの力学特性を代表する値として圧縮強度は重要な物性値である。

そこで本研究では、コンクリート品質の一つとして圧縮強度を取り上げ、各種HPCについて実験的検討を行った。本報告は一連の実験結果を報告し、考察を加えるものである。

2 実験概要

本実験は、φ10cm×20cmの供試体を用いて粉体の種類および置換率を変えた4配合のHPCについて、養生

表-1 実験配合

配合ケース No.	Gmax (mm)	空気量 (%)	W/P (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )									
					W	MC	L18	L7	L4	S6	S	G	Ad.1	Ad.2
MS-100	20	3.5	31.8	50.9	172	513	28	—	—	—	828	827	8.12	0.03
MS-60L7-40	20	3.5	33.8	50.9	172	308	17	184	—	—	828	827	7.64	0.02
MS-40L4-60	20	3.5	35.0	50.9	172	205	11	—	276	—	828	827	7.38	0.01
MS-60S6-40	20	3.5	32.8	50.9	172	308	17	—	—	200	828	827	7.88	0.02

MC: 中熱ポルトランドセメント、L18: 石粉(比表面積 18000 $\alpha$ /g)、L7: 石粉(比表面積7000 $\alpha$ /g)、L4: 石粉(比表面積4000 $\alpha$ /g)

S6: 高炉スラグ微粉末(比表面積6000 $\alpha$ /g)、Ad.1: 高性能AE減水剤、Ad.2: 空気減消剤

条件を変えて圧縮強度発現特性の検討を行った。実験配合を表-1に示す。これらの配合はいずれも締固め不要の条件を満足させるものであり、MS-100とMS-60S6-40は高強度あるいは早強タイプ、MS-60L7-40は標準タイプ、MS-40L4-60は低発熱タイプを想定している。供試体作成方法は締固めを一切行わず、空気を巻き込まぬようにハンドスコップで流し込むだけにし、凝結終結後にワイヤブラシで目粗しをしてから水セメント比27%のセメントペーストでキャッピングを行うことにした。養生方法は4種類とし、表-2に示す。圧縮強度試験方法はJIS A 1108に準拠した。

表-2 養生方法

A	材令2日まで20℃、60%RHで封かん養生、以後試験材令まで20℃で水中養生
B	材令2日まで20℃、60%RHで封かん養生、以後試験材令まで20℃、60%RHで気中養生
B	材令16時間まで20℃、60%RHで封かん養生、以後試験材令まで20℃、60%RHで気中養生
C	試験材令まで20℃、60%RHで封かん養生

3 実験結果および考察

実験結果から封かん養生において材令7日まではMS-100とMS-60S6-40は同等の圧縮強度発現が認められるが(図-1, 2)、水中養生において材令91日までのMS-100とMS-60S6-40は異なる圧縮強度発現の傾向が認められる。その要因は高炉スラグ微粉末が中熱ポルトランドセメントの水和反応機構と速度の違いであると考えられる。気中養生においてMS-100では、材令2日で脱型後気中養生した場合でも圧縮強度は脱型時に183kgf/cm<sup>2</sup>であったのに対し、材令7日で375kgf/cm<sup>2</sup>、材令28日で447kgf/cm<sup>2</sup>が得られている。極めて厳しい養生条件として材令16時間脱型後気中養生した場合でも、圧縮強度は脱型時に41kgf/cm<sup>2</sup>であったのに対し、材令7日で236kgf/cm<sup>2</sup>、材令28日で268kgf/cm<sup>2</sup>が得られている。

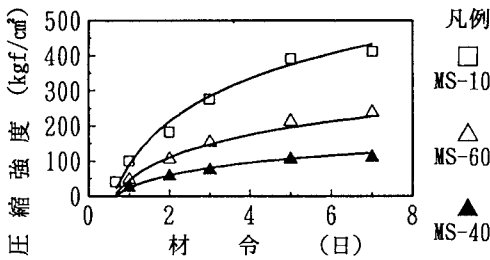


図-1 封かん養生での圧縮強度発現 (S6で置換していない配合)

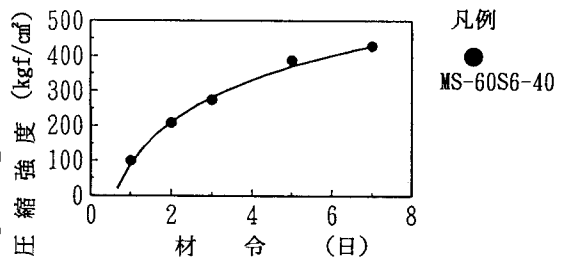


図-2 封かん養生での圧縮強度発現 (S6で置換した配合)

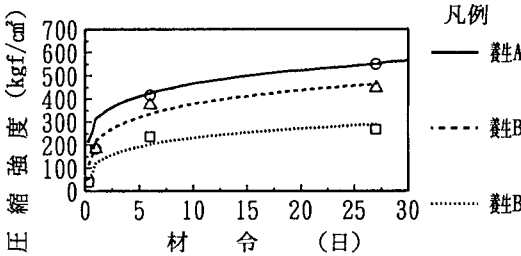


図-3 各養生による圧縮強度発現 (MS-100)

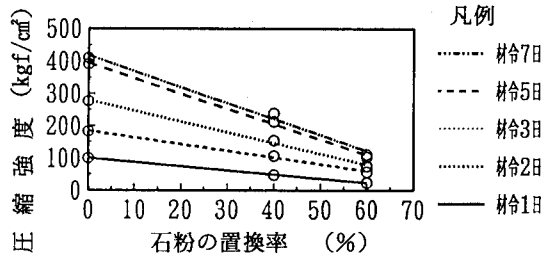


図-4 石粉の置換率と圧縮強度との関係

一方、MS-60L7-40では、材令2日で脱型後気中養生した場合でも圧縮強度は脱型時に 106kgf/cm<sup>2</sup>であっても材令7日で 210kgf/cm<sup>2</sup>、材令28日で 248kgf/cm<sup>2</sup>にとどまっている。材令16時間脱型後気中養生したMS-100の圧縮強度が材令2日脱型後気中養生したMS-60L7-40の圧縮強度発現を上回っていたのは特筆すべきことであり、MS-100は養生なしでも十分な圧縮強度発現が期待できるものと考えられる。たとえばコンクリート構造物に要求される圧縮強度が 240kgf/cm<sup>2</sup>であるならば、MS-100は材令16時間で脱型しても十分な圧縮強度発現が期待でき、同様に要求される圧縮強度が 350kgf/cm<sup>2</sup>ならば、MS-100は材令2日で脱型しても十分な圧縮強度発現が期待できる（図-3）。

また、石粉の置換率と圧縮強度の間には相関関係が認められ（図-4）、石粉の置換率をコントロールすることにより圧縮強度は確保でき、その傾向は養生方法の違いによる差がない。

#### 4 おわりに

H P Cの限られた配合因子と限られた養生環境条件下においてφ10cm×20cmの供試体の圧縮強度について実験的検討を行った結果、以下のこと明らかになった。

- (1) MS-100は材令16時間で脱型後気中養生しても十分な圧縮強度発現が期待でき、養生期間をコントロールすることで必要な圧縮強度を確保できる。
- (2) 使用粉体を中庸熱ポルトランドセメントと石粉に限定すると、中庸熱ポルトランドセメントに対する石粉の置換率をコントロールすることで必要な圧縮強度を確保できる。

#### 謝辞

本研究は、東京大学岡村研究室と建設会社13社、混和剤メーカー1社の共同研究の一部であり、東京大学岡村教授ならびに小沢講師のご指導のもとに行われたものである。セメントおよび石粉は（株）セメント協会に提供していただいたものであることを付記し、感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 小沢一雅, 前川宏一, 岡村甫: ハイパフォーマンスコンクリートの開発, コンクリート工学年次論文報告集, 日本コンクリート工学協会, Vol. 11, No. 1, 1989, 6