

# 高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの湿潤養生日数が 圧縮強度発現および耐久性に及ぼす影響の検討

技術本部 技術研究所 山村智  
 技術本部 技術研究所 鈴木雅博  
 大阪支店 土木技術部(広島支店駐在) 田中寛規

## 1. はじめに

近年、建設産業においてもCO<sub>2</sub>の削減や未利用資源の有効活用など、環境負荷の低減が求められており、産業廃棄物である高炉スラグ微粉末をコンクリート構造物に使用する事例が増えている。また、高炉スラグ微粉末には塩害やアルカリ骨材反応(以降、ASR)に対する耐久性を向上させる効果があり、コンクリート構造物の長寿命化やライフサイクルコストの低減も可能になると考えられる。このような背景から高炉スラグ微粉末を積極的に採用する発注者が増えており、西日本高速道路(株)などでは、鋼橋の床版取替工事においてプレキャストPC床版に高炉スラグ微粉末を用いることが標準とされている。一方、高炉スラグ微粉末には、自己収縮が大きいこと、若材齢時の強度発現が遅いことなどから施工時にひび割れが発生しやすい傾向がある。施工時の初期ひび割れを抑制するには、コンクリート標準示方書に示されているとおり、湿潤養生の期間を長くすることが有効と考えられるが、コンクリート標準示方書に示されている湿潤養生期間は圧縮強度の発現に着目して定められており、ひび割れ抵抗性や耐久性の向上も含めた総合的な観点から湿潤養生期間が検討された事例はほとんどないのが現状である。そこで、本研究では、湿潤養生日数が高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの強度、耐久性およびひび割れ抵抗性に及ぼす影響を確認し、総合的な観点から湿潤養生日数を検討することとした。なお、本研究においては場所打ちコンクリートを検討の対象とした。

## 2. 試験概要

### 2.1 試験項目

高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの湿潤養生日数が強度、耐久性およびひび割れ抵抗性に及ぼす影響を評価するため表-1に示す試験を行った。

### 2.2 使用材料および配合

コンクリートの使用材料および配合をそれぞれ、表-2および表-3に示す。

### 2.3 養生方法

コンクリートの養生方法を図-1に示す。脱枠は材齢1日で行い、脱枠までは打込面をフィルム、濡れウエス、さらにシートで覆い、乾燥を極力防止した。脱枠後の養生は所定の期間まで湿潤養生(RC版では散水養生)を行い、その後は乾燥養生(室温 20℃、相対湿度 60%)または封緘養生を行った。養生名Wは脱枠後に湿潤養生を、養生名Dは脱枠後に乾燥養生を、

表-1 試験項目

観点	試験体寸法	試験項目
強度発現	φ100×200mm	圧縮強度試験, 割裂引張強度試験
耐久性	RC版 1500×1000×250mm	透気試験, 反発硬度, ブルオフ引張
ひび割れ抵抗性	100×100×400mm	収縮ひずみ
	100×100×1200mm	拘束応力
	100×100×400mm	乾燥収縮

表-2 使用材料

材料	仕様	記号
早強ポルトランドセメント	密度 3.11g/cm <sup>3</sup>	HC
高炉スラグ微粉末	比表面積 5770cm <sup>2</sup> /g, 密度 2.91g/cm <sup>3</sup>	BFS
細骨材	表乾密度 2.59g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 1.22%, FM3.23	S
粗骨材(5号碎石)	表乾密度 2.62g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 0.44%, FM7.11	G1
粗骨材(6号碎石)	表乾密度 2.61g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 0.57%, FM6.24	G2
高性能減水剤	ポリカルボン酸系	SP

表-3 配合

スランブ (cm)	空気量 Air (%)	水結合材 比 W/B (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
				W	B		S	G1	G2
					HC	BFS			
12±2.5	4.5±1.5	34.5	41.0	160	232	232	680	494	494

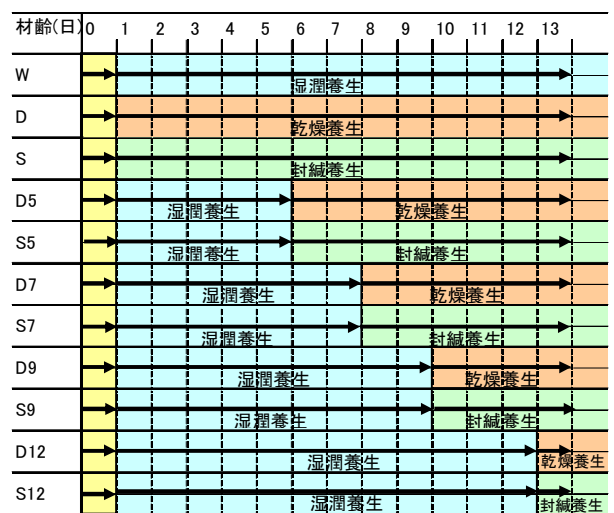


図-1 養生方法

養生名 S は脱枠後に封緘養生を行ったことを示している。他の養生名(アルファベット+数字)は湿潤養生後に乾燥養生または封緘養生を行ったことを示しており、数字は湿潤養生を行った日数を示している。例えば D12 は湿潤養生を 12 日間行い、その後、乾燥養生を行ったことを示す。

### 3. 試験結果および考察

#### 3.1 圧縮強度発現

初期の水中養生日数を5日から12日まで変化させた場合の材齢28日における圧縮強度の比較を図-4に示す。図-4の( )内の数値は材齢28日まで水中養生した場合の圧縮強度に対する比率である。脱枠後、水中養生を行わず気中乾燥させた場合の圧縮強度は水中養生したものに比べ18%低下しており、初期の湿潤養生の必要性が確認された。一方、脱枠から5日間以上水中養生した後、乾燥養生した場合の圧縮強度は、材齢28日まで水中養生した供試体とほとんど差異がない結果となった。このことから、脱枠後5日間以上の湿潤養生を実施すればそれ以降の乾燥による圧縮強度の低下はほとんどないと考えられる。

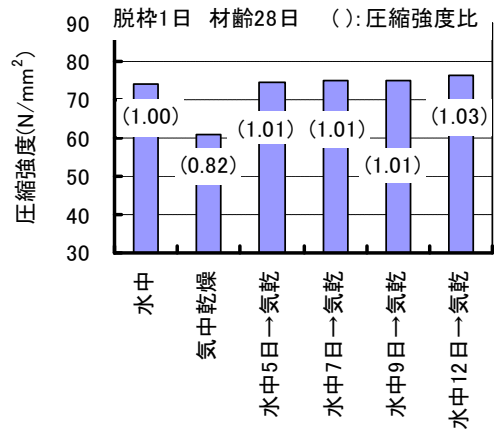


図-4 強度発現比較

#### 3.2 透気試験

透気試験の結果を図-5に示す。透気係数は湿潤養生日数が長いほど小さくなり、湿潤養生による表層部の品質改善効果が確認された。透気係数を表層の品質が非常に良いと評価される $0.01 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 以下にするには、水中養生日数はおおむね7日間以上とする必要があると考えられる。

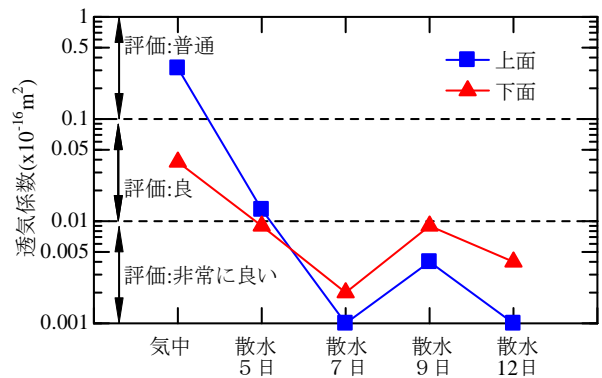


図-5 透気係数試験結果

#### 3.3 拘束応力

初期の水中養生日数を5日から12日まで変化させ、その後乾燥養生した供試体の拘束応力の経時変化を図-6に示す。また、材齢35日から材齢357日までの拘束応力の増加量を表-4に示す。図-6および表-4より、初期の湿潤養生を行うことで鉄筋によるコンクリートの拘束応力が低下する傾向が認められた。一方、D9とD12の材齢35日から材齢357日までの拘束応力の増加量は、D5およびD7と比較して大きくなる傾向が認められた。これは、乾燥開始時の材齢が遅くなったことによるヤング係数の増加やクリープ係数の減少により拘束鉄筋の応力が緩和されにくくなったためと推察される。

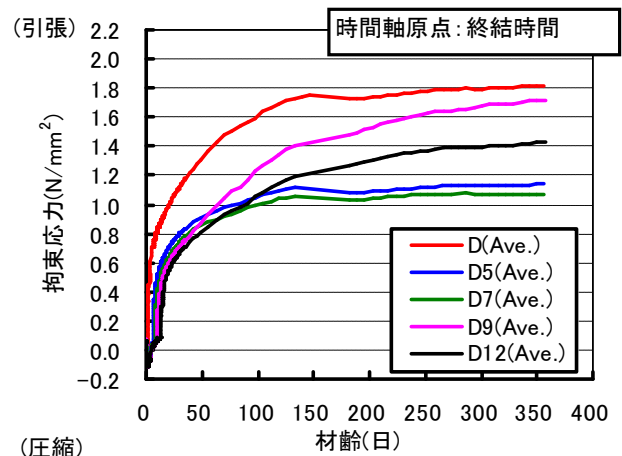


図-6 乾燥養生した供試体の拘束応力

### 4. まとめ

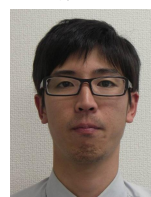
場所打ちを対象とした高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートについて、初期の湿潤養生日数が圧縮強度の発現および耐久性におよぼす影響を検討した結果、以下の知見が得られた。

- 1) 強度発現の観点から湿潤養生日数は5日以上が望ましい。
- 2) 耐久性およびひび割れ抵抗性の観点から初期の湿潤養生日数は7日以上とすることが望ましい。
- 3) 強度発現、耐久性およびひび割れ抵抗性を総合的に評価した結果、場所打ち対象の高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの湿潤養生日数は7日以上とすることが望ましいと考えられる。

表-4 拘束応力の増加量

供試体名	材齢35日から357日までの拘束応力の増加量(N/mm²)
D5	0.30
D7	0.29
D9	0.96
D12	0.72

**Key Words:** 高炉スラグ微粉末, 強度発現, 耐久性, 湿潤養生日数



山村智



鈴木雅博



田中寛規