

## V-65 低温時に打ち込み、蒸気養生した高炉スラグ微粉末コンクリートの強度性状

新日鐵化学(株)高炉セメント技術センター 正会員○堀 健治

同上 正会員 近田孝夫

同上 正会員 檀 康弘

### 1. 目的

高炉スラグ微粉末(以下Es)の使用は、コンクリートの耐久性の改善に有効であり、蒸気養生を行った場合にもその効果は認められる<sup>1)</sup>。一方、その強度発現性は普通ポルトランドセメント(以下N)よりも温度の影響を受け易く、著者らの実験においても蒸気養生の最高温度やその保持時間の影響が大きい結果を得ている<sup>2)</sup>。今回、Esの強度発現性が低いと言われる低温時にコンクリートを打ち込み、蒸気養生を行った場合の強度性状について報告する。

### 2. 実験概要

#### 2.1 使用材料

Nは比重が3.15、粉末度3200 $\text{cm}^3/\text{g}$ のA社品を用い、Esは比重2.89、粉末度4500 $\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $\text{SO}_3$ が2%のS社品を用いた。粗骨材は最大寸法20mm、比重2.72、粗粒率6.67の福岡県門司区産碎石、細骨材は比重2.57、粗粒率2.70の福岡県西ノ浦産海砂と藍島産海砂の混合砂を用いた。また混和剤はB社品の高性能減水剤を用いた。

#### 2.2 試験条件

Es置換率50%のコンクリート配合は、目標スランプ4cm、目標空気量2%とし、単位水量は133 $\text{kg}/\text{m}^3$ 一定で単位セメント量を400, 430, 450 $\text{kg}/\text{m}^3$ の3水準とした。なお単位セメント量430 $\text{kg}/\text{m}^3$ については、Es置換率を40, 45%の水準についても試験を行った。またコンクリートの練り上がり温度は10, 20 $^{\circ}\text{C}$ の2水準とした。但し、練り上がり温度10 $^{\circ}\text{C}$ については、実測値は11~12 $^{\circ}\text{C}$ であった。配合およびフレッシュコンクリートの性状を表-1に示す。

#### 2.3 養生条件

蒸気養生条件は、前置時間2hr、昇温速度20 $^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ 、最高温度は45, 50 $^{\circ}\text{C}$ の2水準とし、その保持時間は45 $^{\circ}\text{C}$ が3hr、50 $^{\circ}\text{C}$ が3, 4hrとし、降温は15 $^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ とした。蒸気養生終了後、練り上がり温度と同一温度の水中に7日間養生した後、さらに練り上がり温度10 $^{\circ}\text{C}$ については屋外に放置し、練り上がり温度20 $^{\circ}\text{C}$ については20 $^{\circ}\text{C}$ の気中養生を行った。なお、屋外放置後の平均気温は約8 $^{\circ}\text{C}$ であった。

#### 2.4 試験項目

圧縮強度試験(以下強度と称す)を行い、材令は18hr, 7日, 28日とした。

### 3. 結果および考察

(1) C/Wと強度の関係: 図-1に蒸気養生最高温度別、C/W(単位セメント量)と強度の関係を示す。練り上がり温度10 $^{\circ}\text{C}$ では、単位セメント量の50 $\text{kg}/\text{m}^3$ (C/W:0.37)増加によって、材令18hrで約30 $\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、28日で約40 $\text{kgf}/\text{cm}^2$ 強度が増加した。一方、最高温度の高い方が18hr強度は高いが、28日強度は低くなった。また、練り上がり温

表-1 配合およびフレッシュコンクリートの性状

C/W	Es 置換率 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					フレッシュコンクリートの性状		
				W	C	S	G	B*	スランプ	空気量	温度
3.01	50	33.3	43.1	133	400	797	1115	4.0	4.1cm	1.5%	11 $^{\circ}\text{C}$
3.23		30.9	42.3	133	430	771	1115	4.3	4.5cm	1.8%	11 $^{\circ}\text{C}$
3.38		29.6	41.7	133	450	753	1115	4.5	4.8cm	1.5%	11 $^{\circ}\text{C}$
3.23	45	30.9	42.3	133	430	771	1115	4.3	4.2cm	1.7%	12 $^{\circ}\text{C}$
	40	30.9	42.3	133	430	771	1115	4.3	5.0cm	1.8%	12 $^{\circ}\text{C}$
3.01	50	33.3	43.1	133	400	797	1115	4.0	3.2cm	1.6%	20 $^{\circ}\text{C}$

\*:高性能減水剤(セメント重量×1%)

度20℃の方が、18hr強度は約20kgf/cm<sup>2</sup>高かった。

(2) 最高温度保持時間と強度の関係: 図-2に単位セメント量別、最高温度保持時間と強度の関係を示す。保持時間を長くすることによって、18hr, 28日強度は増加する傾向にあった。また、練り上がり温度20℃と10℃の18hr強度は、保持時間3hrで20℃の方が約15kgf/cm<sup>2</sup>高い結果であったが、保持時間4hrでは10℃の方が4kgf/cm<sup>2</sup>高かった。

(3) Es置換率と強度の関係: 図-3に最高温度別スラグ置換率と強度の関係を示す。Es置換率が増加するにつれて18hr強度は低下する傾向にあるが、28日強度は若干増加する傾向を示した。

(4) 重回帰分析によるC/W, 最高温度, 保持時間, およびEs置換率と10℃打ち込みの圧縮強度の関係式を以下に示す。ここで、y: 圧縮強度(kgf/cm<sup>2</sup>), X<sub>1</sub>: C/W, X<sub>2</sub>: 最高温度(℃), X<sub>3</sub>: 最高温度保持時間(hr), X<sub>4</sub>: Es置換率(%)である。

[18hr圧縮強度]

$$y = 87.8 \times X_1 + 5.20 \times X_2 + 31.6 \times X_3 - 2.35 \times X_4 - 344$$

(重相関係数0.996, 寄与率0.993)

[28日圧縮強度]

$$y = 116 \times X_1 - 3.08 \times X_2 + 21.7 \times X_3 + 0.510 \times X_4 + 230$$

(重相関係数0.974, 寄与率0.950)

4. 結論

(1) 10℃で打ち込んだEsコンクリートの18hr強度は20℃打ち込みに比べて低いが、配合および蒸気養生条件を考慮することによって強度低下を防ぐことは十分可能である。

(2) 最高温度を高くすることによって18hr強度は増加するが、材令28日の強度増進の程度は小さい。このことは18hr強度の重回帰式において最高温度は正の相関を示しているが、28日強度では負の相関を示していることから認められる。一方、最高温度保持時間と圧縮強度の関係は、保持時間を長くすることによって18hr強度は確実に増加した。

(3) Es置換率を高くすることによって28日強度の増加が認められる。

[参考文献]

- 1) 笠井、他「蒸気養生を施した高炉スラグ微粉未添加コンクリートの諸性状」第44回セメント技術大会講演集(1990)
- 2) 撞、他「高炉スラグ微粉未を用いたコンクリートの蒸気養生特性」第45回セメント技術大会講演集(1991)

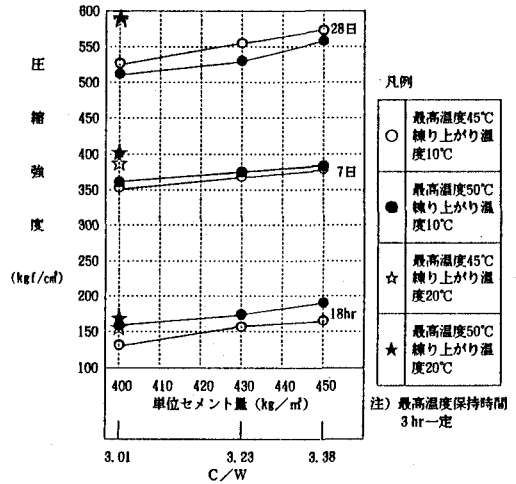


図-1 C/Wと圧縮強度の関係

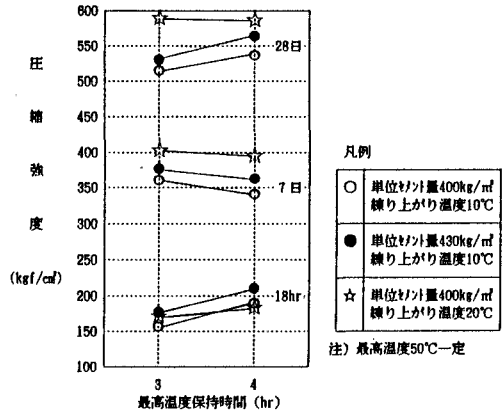


図-2 最高温度保持時間と圧縮強度の関係

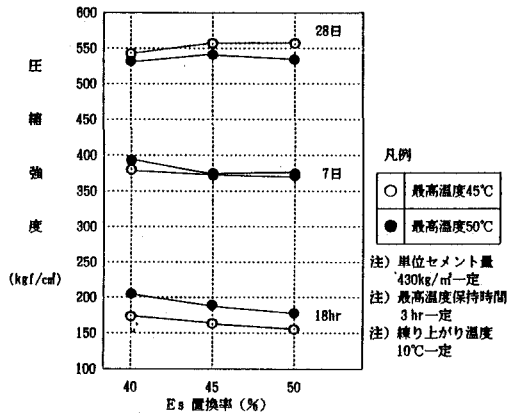


図-3 スラグ置換率と圧縮強度の関係