

高炉スラグ微粉末に亜硝酸系硬化促進剤を添加した蒸気養生下でのモルタルの性能について

東海大学 学生会員 ○圓崎恵梨花

東海大学 正会員 伊達重之

1. はじめに

一般的に、セメントに高炉スラグ微粉末を置換することで、普通セメントに比べ初期強度が低下すると言われている¹⁾。しかし、高炉セメントB種に亜硝酸カルシウム系硬化促進剤を添加し、蒸気養生を施した場合、初期強度が普通セメントに比べ上昇したという結果が報告されている²⁾。本研究では、スラグと亜硝酸カルシウム系硬化促進剤添加の強度増進メカニズムについて検討するとともに、最も強度が増進される添加率についてもあわせて検討した。

2. 試験概要

Table-1 に使用材料 Fig-1 に蒸気養生条件を示す。試験項目は圧縮強度、超音波伝搬速度、水銀圧入法とした。超音波伝搬速度を測定することで供試体内の緻密化を確認し、水銀圧入法では積算細孔容積と細孔径分布を求めた。

3. 結果および考察

3-1 圧縮強度とスラグ置換率の関係

Fig-2 に圧縮強度と高炉スラグ微粉末の置換率の関係を材齢別に示す。高炉スラグ微粉末 30-40%置換、硬化促進剤 4-6%添加の配合においては、無添加と比較すると 1 日強度が約 3%上昇と、スラグを置換しても CN を添加することで初期材齢でも無添加と同等の強度が得られることが確認された。Fig-3 に蒸気養生の効果を表すグラフを示す。材齢 1 日で蒸気養生なしでスラグ 30%, CN4% 添加したものは、45℃で蒸気養生を 5 時間行った無添加と、同等の強度が確認された。これはスラグ、CN を一定の量添加することで蒸気養生なしで所定の強度が得られるということである。また、本実験の範囲内では、スラグ 40%, CN4% が最も圧縮強度が増加する組み合わせであることが確認された。

5. 積算細孔容積

Fig-4 にスラグ 0%, CN0%, 4%の CN 添加の有無の違いによる積算細孔容積を示し、Fig-5 に無添加と CN4%,

Table-1 Material used

Material	Symbol	Type	Density (g/cm ³)
Cement	C	Ordinary portland cement	3.16
Slag	Sg	Blast furnace slag fine powder(4000 blaine)	2.89
Fine aggregate	S	River sand (absorption:1.46%)	2.69
Chemical admixture	CN	Calcium nitrite	2.23
	Ad	High range water reducer	-

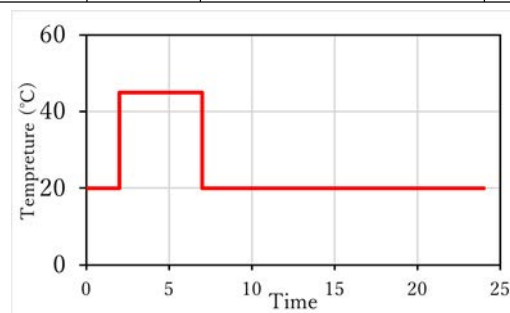


Fig-1 Condition of steam curing

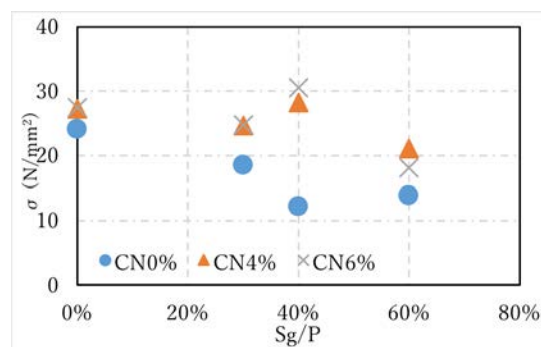


Fig-2 Relation between Sg/P and Compressive strength(1day)

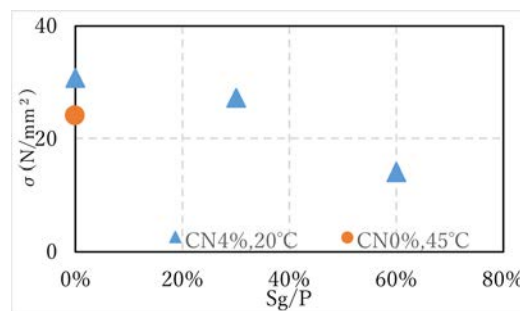


Fig-3 Effect of steam curing(1day)

キーワード スラグ、亜硝酸系硬化促進剤、モルタル、緻密化、強度

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学 TEL:080-2049-0109 E-mail : ericaaa0718@gmail.com

スラグ 30%, Fig-6 に CN0%, Sg40% と CN4%, Sg40% の積算細孔容積を比較したものを示す. CN が細孔構造に及ぼす基本的性質として Fig-4-6 から CN 単体でもスラグと組み合わせて使用した場合, 無添加より積算細孔容積は増大し, 細孔直径も細くなることが確認された. CN の添加により小さいサイズの細孔が増え, 緻密化され強度増進につながったと考えられる. それはスラグが置換された場合も CN とスラグがなんらかの形で反応しスラグを添加した場合でも CN の効果が阻害されなかったものと考えられる. CN とスラグの化学的反応, 強度増進メカニズムの解明には今後も引き続き検討が必要である.

6. 超音波伝搬速度と圧縮強度の関係

Fig-7 に圧縮強度と超音波伝搬速度の関係をスラグ置換率別に示す. 一般に圧縮強度と超音波伝搬速度は線形関係と言われている³⁾. しかしながら Fig7 に示す通り, CN の添加によって別の直線で整理された. すなわち亜硝酸系硬化促進剤の効果として, 細孔分布が変化し微細になるだけでなく, 水和生成物の強度上昇効果もある可能性が示唆された. しかし, このことは今後も引き続き検討が必要である.

7. まとめ

本研究から以下の知見を得た.

- 1) スラグ 30%, CN4% 添加した場合, 1 日強度で蒸気養生 45°C で 5 時間養生したものと同等の強度が得られた.
- 2) 最も効率的に強度が増進される添加率はスラグ 40%, 亜硝酸系硬化促進剤 4% であることが確認された.
- 3) 亜硝酸系硬化促進剤, スラグを添加することで微細な細孔が無添加より増え, 強度増進につながったことが確認された.
- 4) 亜硝酸系硬化促進剤には, 触媒効果だけでなく水和生成物の強度増加にも効果がある可能性が示唆された.

参考文献

- 1) 檀康弘, 伊代田岳史, 大塚勇介, 佐川康貴, 濱田秀則: 高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの養生条件と耐久性の関係, 土木学会論文集 E, Vol.65, No.4, pp431-441, 2009
- 2) A. Malikyar, Yuhji Sudoh, Nozomi Nakajima, and Shigeyuki Date: Influence of Calcium Nitrite Based Accelerator, Steam Temperature and Pre-curing time on the Compressive Strength of Mortar/concrete, 4th international Conference on Civil and Urban Engineering V10, No.2, pp115-120, 2017
- 3) 坂下守, 山下英俊, 堺高孝司, 丸茂文夫: 超音波法によるセメント硬化体の品質評価に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.1, pp335-340, 1998

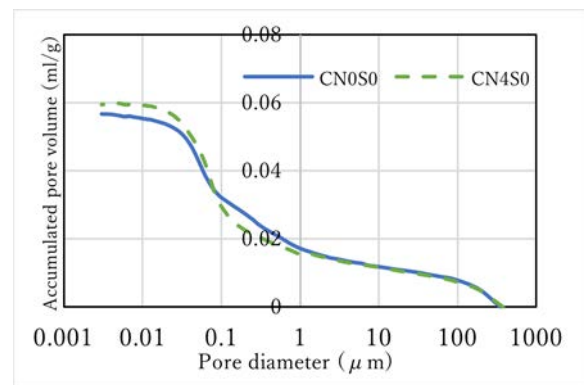


Fig-4 Accumulated pore volume of effect of CN

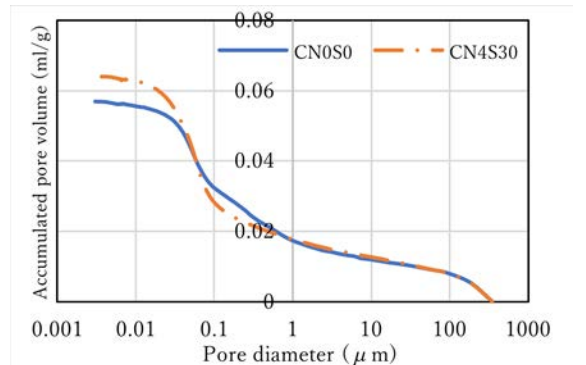


Fig-5 Accumulated pore volume of effect of CN and Sg

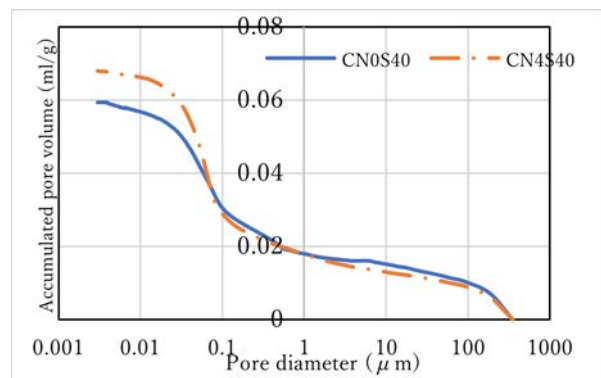


Fig-6 Accumulated pore volume of effect of CN and Sg

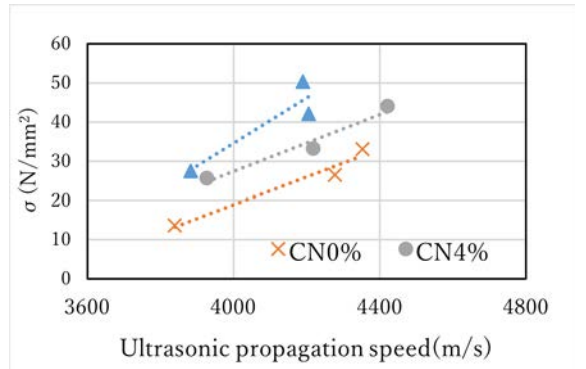


Fig-7 Relation between Compressive strength and Ultrasonic propagation speed (Sg0%)

