

普通形エコセメントを用いたコンクリートの蒸気養生条件に関する検討

太平洋セメント (株) 中央研究所 正会員 江里口玲
太平洋セメント (株) 中央研究所 正会員 吉本 稔
太平洋セメント (株) 中央研究所 正会員 早川隆之

1. はじめに

都市ゴミ焼却灰や下水汚泥などの廃棄物を主原料としたセメントであるエコセメントが開発されている。従来のエコセメントは塩化物イオン量が約 1%程度速硬化型であったが、現在では塩化物イオン量 0.1%以下の普通形エコセメント (以下 E と略す) が開発され、その用途として生コン、コンクリート二次製品が考えられている。E の標準養生下における各種物性に関してはある程度の報告があり¹⁾、養生条件の違いにおけるコンクリート物性を評価したものも従来の速硬化型エコセメントについてのみ報告されている²⁾。本研究では E を用いたコンクリートの蒸気養生条件を各種検討しコンクリート二次製品への適用性について普通ポルトランドセメント (以下 N と略す) との比較を基準に検討を行った。

2. 実験概要

2.1 実験の要因と水準

実験の要因と水準を表 1 と各養生条件を図 1 に示す。水セメント比はコンクリート二次製品の分野で使用される 45%とし、空気量 5% (以下 AE と略す) と 2% (以下 NONAE と略す) の配合を用いた。蒸気養生の各条件は、前置き時間を 0.5、1、2、3hr、昇温速度を 10、20、30℃/hr、最高温度を 65、75、85℃と計 10 水準の条件とした。圧縮強度の材齢はコンクリート二次製品の脱型強度である 1 日と出荷材齢である 14 日を基準とし、強度発現傾向を確認するために目的で材齢 7 日強度も測定した。

表 1 実験の要因と水準

要因	水準
セメントの種類	E、N
空気量 (%)	2、5
蒸気養生条件	図 1 に示す
材齢 (蒸気養生後)	1 日、7 日、14 日
強度	圧縮強度

2.2 使用材料ならびに配合

使用材料はセメントとして E、N、細骨材は静岡県小笠産陸砂 (比重: 2.61、粗粒率: 2.73)、粗骨材は茨城県岩瀬産碎石 (比重: 2.65、最大寸法 20mm) を用いた。配合はいずれの水セメント比においても単位水量を一定とした。スランプ、空気量はポリカルボン酸系の高性能減水剤、AE 助剤を用いそれぞれスランプ 16cm、空気量 5%、空気量 2%のものについては AE 助剤を使用せずに調整した。コンクリートの配合とフレッシュ性状の試験結果を表 2 に、E ならびに N の鉱物組成ならびに化学組成を表 3 に示す。E は N の J I S 規格に対し塩素が 540ppm、SO₃ が 3.9 と外れている。

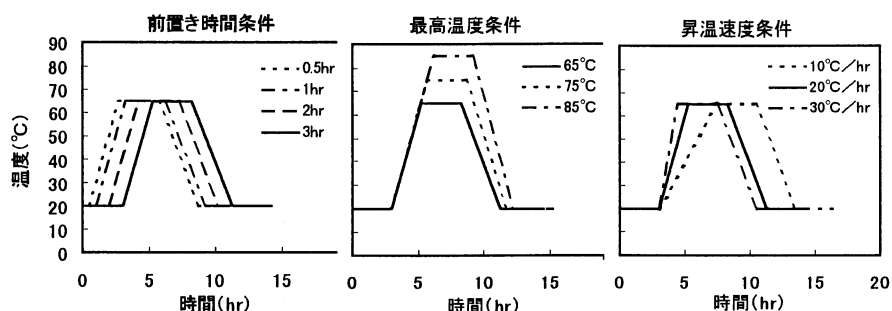


図 1 蒸気養生条件

表 2 配合ならびにフレッシュ性状試験結果一覧

セメントの種類 (配合名)	配合条件		単位量(kg/m ³)					添加率(%)		スランプ (cm)	空気量 (%)
	W/C (%)	s/a (%)	W	G	S	G5号	G6号	SP C×(%)	AE剤 C×(%)		
E(NONAE)	45	45	168	373	814	606	401	0.72	0	16.0	3.2
E(AE)	45	45	168	373	784	584	386	0.70	0.002	16.0	4.6
N(NONAE)	45	45	168	373	812	604	400	0.30	0	16.0	3.2
N(AE)	45	46	168	373	783	583	386	0.30	0.001	16.0	5.4

表 3 セメントの化学成分と鉱物組成

セメントの種類	化 学 成 分 (%)									鉱 物 組 成 (%)			
	lgloss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	Cl ⁻	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
E	1.1	17.8	7.2	4.1	61.1	1.8	3.9	0.3	0.054	49	12	14	13
N	1.5	22.2	5.1	3.2	65.1	1.4	2.0	0.7	0.004	52	23	8	10

2.3 試験体の作成

試験体の作成は湿度 80%、温度 20℃の恒温室において、100 リットルパン型ミキサーを用いてコンクリートを混練し、 ϕ 10×20cm (圧縮試験用)、の型枠内に詰めた後、図 1 の各条件にて蒸気養生を行った。

3. 実験結果

図 2、3 に E 及び N の前置き時間と圧縮強度の関係を示す。E、N 共に前置き時間を長くともほど、各材齢強度は上昇し、E と N の傾向は同様であるといえる。しかし、前置き時間が短い 0.5 時間、1 時間の比較を行うと、E と N では E が若干下回る傾向といえる。また、E では AE と NONAE の差が顕著に現れており、空気量の多い配合については短時間の前置き時間では強度に影響をおよぼすといえる。前置き時間が 2 時間以上になると E、N 共に大きな差は見られなくなる。

図 4、5 に E 及び N の昇温速度と圧縮強度の関係を示す。昇温速度の影響については E、N 共に昇温速度 20℃/hr において 14 日材齢で最大強度を示す。材齢毎のセメント種類による傾向の差異は E、N の差は見られない。空気量による差も 20℃/hr に若干見られるが、空気量による構造的な差の範囲であり、セメント種類の差は認められない。昇温速度については、E、N 共に圧縮強度との相関は低い考えられる。

図 6、7 に E 及び N の最高温度と圧縮強度の関係を示す。最高温度が高くなるほど 1 日材齢の強度は高くなり、材齢が進むほど低下する。また、この傾向は NONAE については E、N 共に大きな差は見られない。空気量の違いについては N では各材齢についても傾向の差が見られないものの、E については AE 配合では材齢 7 日で 75℃が最大となり、空気量の違いによる傾向の差が見られる。

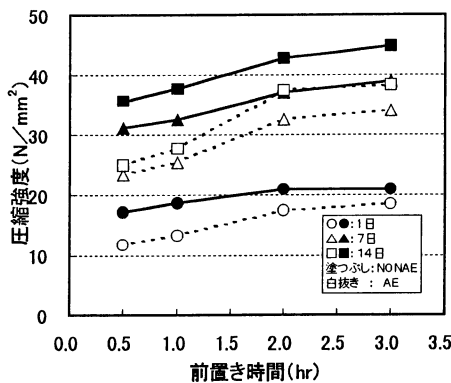


図2 前置き時間と強度の関係(エコセメント)

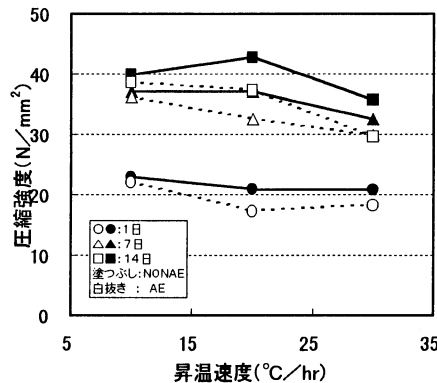


図4 昇温速度と強度の関係(エコセメント)

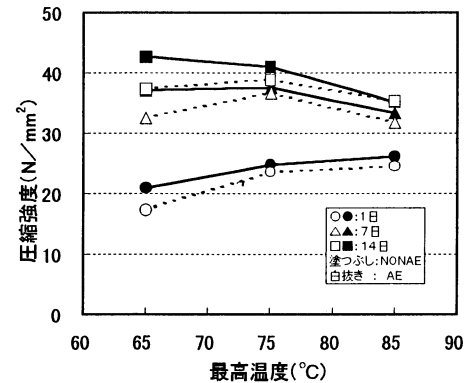


図6 最高温度と強度の関係(エコセメント)

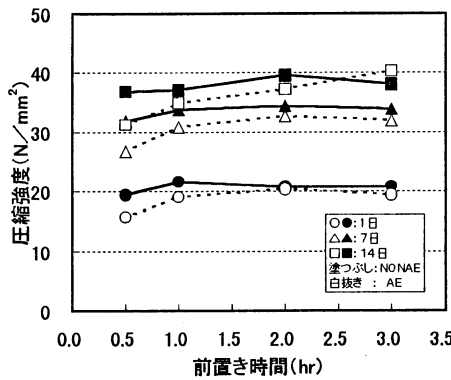


図3 前置き時間と強度の関係(普通セメント)

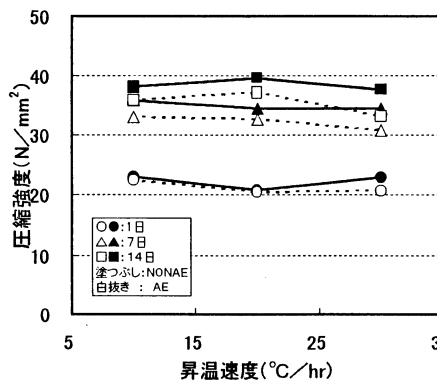


図5 昇温速度と強度の関係(普通セメント)

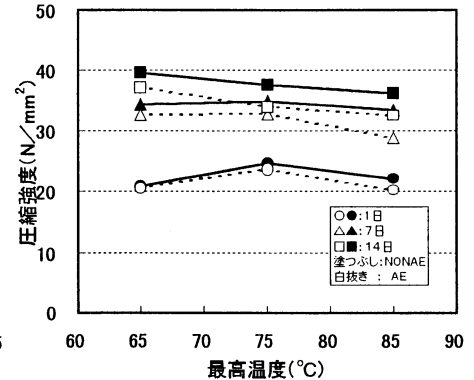


図7 最高温度と強度の関係(普通セメント)

4. まとめ

本実験結果から、普通形エコセメントを用いたコンクリートについての蒸気養生条件の影響は下記の様になる。

- (1) 最高温度、昇温速度が圧縮強度に与える影響の傾向は NONAE については E、N のセメント種類の違いは見られず、同様の傾向を示す。
- (2) 昇温速度の違いが圧縮強度に与える影響は、セメントの種類の違い空気量の違いについてもほぼ同様の傾向を示し、相関関係が低いと考えられる。
- (3) 前置き時間については 0.5 時間、1 時間の短時間での前置き時間での圧縮強度は、E が N を若干下回る傾向となる。また、空気量の多い NONAE はその傾向が顕著に現れるといえる。
- (4) 前置き時間を二時間以上とる事により、E、N の差異が小さくなり、ほぼ同等の強度を示す。

【参考文献】 1) 寺田 剛、明嵐政司：都市ごみ焼却灰を主原料としたセメントの低塩素化とコンクリートの特性、コンクリート工学 Vol.37, No.8, 1999、2) 長塩靖祐、横山 滋 他：都市ゴミ焼却灰を原料としたセメントを用いた蒸気養生コンクリートの基礎的研究、土木学会第 53 回年次学術講演会概要集 第 5 部 pp694-695