

普通形エコセメントの蒸気養生特性に関する研究

太平洋セメント (株) 中央研究所 正会員 吉本 稔
建設省土木研究所 コンクリート研究室 正会員 河野広隆
建設省土木研究所 化学研究室 正会員 明嵐政司
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 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（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ついての報告があるが¹⁾、蒸気養生下におけるコンクリート物性を評価したものはない。本研究では E を用いたコンクリートのフレッシュ性状ならびに蒸気養生を行った強度特性について水セメント比を水準として取り上げ、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）と比較し検討を行った。

2. 実験概要

表－1 実験の要因と水準

要因	水準
セメントの種類	E、N
水セメント比 (%)	35、40、45、50、55
材齢 (蒸気養生後)	1 日、14 日
強度	圧縮強度、曲げ強度

2.1 実験の要因と水準

実験の要因と水準を表－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 35%～50%の間とし、比較のために 55%の配合も取り上げた。圧縮強度、ならびに曲げ強度の材齢はコンクリート二次製品の出荷材齢である 14 日を基準とし、強度発現性を確認するために材齢 1 日強度も測定した。

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 16cm、4.5%になるように調整した。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。

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	配合条件		単位量(kg/m³)					添加率(%)		フレッシュ性状						
	W/C (%)	s/a (%)	W	C	S	G5号	G6号	SP C×(%)	AE剤 C×(%)	スランプ(cm)		空気量(%)		コンクリート温度(℃)		塩化物 イオン量 (kg/m3)
										0分	30分	0分	30分	0分	30分	
E	35	43	168	480	712	575	381	1.00	0.0160	15.8	11.7	4.0	2.2	25.0	22.0	—
	40	44	168	420	750	582	385	0.80	0.0090	17.5	6.2	5.5	3.2	22.0	22.0	0.07
	45	45	168	373	784	584	386	0.75	0.0070	14.7	5.2	5.1	2.2	23.0	22.0	0.07
	50	46	168	336	816	583	386	0.80	0.0060	18.5	7.6	4.5	2.8	22.0	21.5	0.06
	55	47	168	305	845	581	384	0.80	0.0040	15.6	8.2	3.8	2.8	22.0	21.0	0.05
N	35	44	168	480	727	563	373	0.45	0.0035	12.5	8.5	3.7	2.4	21.5	21.0	0.04
	40	45	168	420	765	570	377	0.45	0.0030	17.2	10.2	4.8	3.3	21.0	20.5	0.03
	45	46	168	373	800	572	379	0.35	0.0020	18.0	10.5	5.3	3.6	21.0	20.0	0.03
	50	47	168	336	832	571	378	0.30	0.0020	16.0	9.5	5.1	4.1	21.0	20.0	0.03
	55	48	168	305	862	569	376	0.30	0.0010	14.5	11.0	4.1	3.9	21.0	20.0	0.03

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 (%)			
	lg.loss	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 120 秒で混練し、φ 10×20cm（圧縮試験用）、10×10×40cm（曲げ試験用）の型枠内に詰めた後、蒸気養生を行った。蒸気養生は前置 3 時間、昇温 20℃/時、最高温度 65℃－3 時間保持、以後自然降温のパターンとした。フレッシュ性状は混練直後、並びに 30 分経過後にスランプ試験、空気量試験を実施し、それぞれの経時変化を確認した。

キーワード：普通形エコセメント、コンクリート二次製品、蒸気養生、圧縮強度、静弾性係数、曲げ強度

連絡先：〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント (株) 中央研究所 TEL：043-498-3853 FAX：043-498-3821

3. 実験結果

3.1 フレッシュ性状の試験結果

スランプ、ならびに空気量の打設直後の測定値を 100 とし、30 分後のそれぞれの比率を求めた結果を図-1、2 に示す。E は N に比べスランプ、空気量の調整には高性能減水剤、AE 剤の必要添加量が N に比べ約 2 倍必要となった。スランプ、空気量共に、E を用いたコンクリートは N を用いたコンクリートに比べ経時変化が大きい。スランプの経時に伴う比率は水セメント比が 35% の場合、E が N に比べ大きくなるが、これはポリカルボン酸系の高性能減水剤の遅延効果であると考えられる。

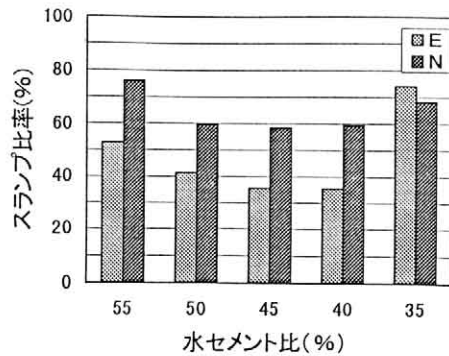


図-1 水セメント比とスランプの比率

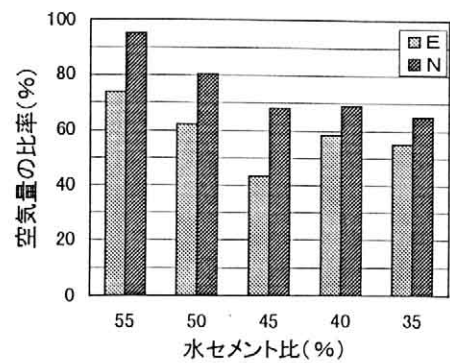


図-2 水セメント比と空気量の比率

3.2 強度試験結果

強度試験は圧縮強度試験、曲げ試験を JIS に準じ実施した。圧縮試験時にはコンクリートの圧縮ひずみを測定し、静弾性係数も求めた。曲げ試験は水セメント比が 40%、50% の配合についてのみ実施した。

(1) セメント水比と圧縮強度の関係を図-3 に示す。材齢 1 日、14 日共にセメント水比の関係は E および N を用いたコンクリートで差が見られなかった。E は N と同様に一次式で近似でき、セメントの違いによるセメント水比の関係に有意差はみられなかった。

(2) 圧縮強度と静弾性係数の関係を図-4 に示す。これは材齢に関わらず圧縮強度と静弾性係数の関係を示したものである。E は N と同様の傾向を示すとともに土木学会式でほぼ近似できた。

(3) 曲げ強度と圧縮強度の関係を図-5 に示す。曲げ強度についてはサンプル数が少ないものの材齢に関わらず E と N は同様の傾向を示した。

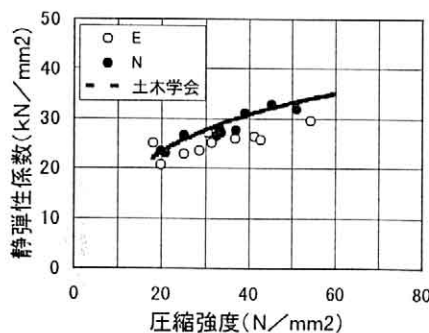
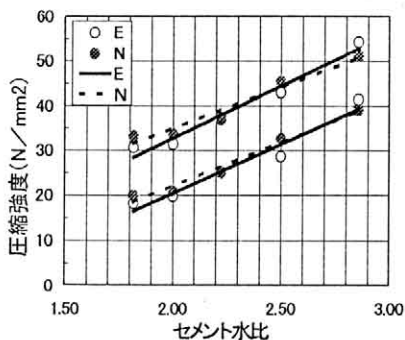


図-4 圧縮強度と静弾性係数の関係

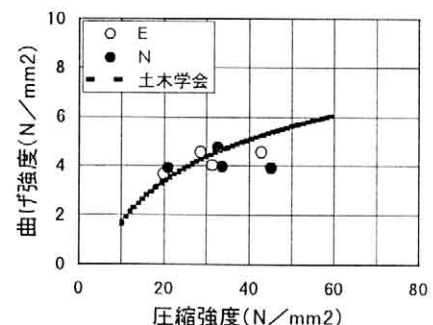


図-5 曲げ強度と圧縮強度の関係

4. まとめ

コンクリート二次製品を対象としたコンクリートに E を用いた場合のフレッシュ性状は N を用いたコンクリートに比べ、スランプ、空気量の経時変化が大きく、コンクリート二次製品に適用する場合、製造時にこれらを配慮する必要があると思われる。蒸気養生を施した E 使用コンクリートの圧縮強度、静弾性係数、曲げ強度の関係については N と差異がないことが確認された。また E を用いたコンクリートの圧縮強度は N と同様にセメント水比の関係が成立すること、土木学会式を用い圧縮強度から曲げ強度ならびに静弾性係数を推定できるものと思われる。

5. 追記

本実験は、建設省共同研究「都市ごみ焼却灰を用いた鉄筋コンクリート材料の開発に関する研究」(メンバー: 建設省土木研究所、東京都、麻生セメント、住友大阪セメント、太平洋セメント、日立セメント)の一環として行ったものである。本報告はフレッシュ性状、強度特性についてのみであるが、その他、耐久性試験についても検討を進めている。

(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