

普通エコセメントを用いたコンクリートの耐久性に関する研究

太平洋セメント中央研究所 正会員 石田征男、長塩靖祐

独立行政法人土木研究所 正会員 中村俊彦、明嵐政司、河野広隆

1. はじめに

普通エコセメントを用いたコンクリートの実供用環境下における耐久性の把握を目的として、新潟県親不知および茨城県つくば市において屋外暴露試験を実施している¹⁾。実験は、現場打ちおよび工場製品のそれぞれに適用することを想定して行い、それぞれをシリーズ およびシリーズ とした。本報告は、暴露材齢3年までの試験結果についてとりまとめたものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料、配合条件および養生条件

本実験に使用したセメントの化学成分および鉱物組成を表1に示す。セメントは普通エコセメント(E)および比較用として普通ポルトランドセメント(N)を使用した。細骨材には静岡県小笠産陸砂（密度：2.60g/cm³、粗粒率：2.87）粗骨材には茨城県岩瀬産砕石（密度：2.63g/cm³、最大寸法20mm）を用いた。また、混和剤はシリーズ ではリグニンスルホン酸系AE減水剤を、シリーズ ではポリカルボン酸系高性能AE減水剤を使用した。

表2に実験水準を示す。シリーズ ではコンクリートの水セメント比を55%、練上がり直後のスランプ値を8cmとし、材齢28日まで標準養生した後に屋外暴露を開始した。シリーズ では、水セメント比を40および50%、練上がり直後のスランプ値を16cmとした。供試体成形後は蒸気養生（前置き3時間、昇温速度20℃/hr、最高温度65℃、3時間保持の後自然降温）を行い、材齢14日まで恒温恒湿室（20℃、60%RH）内における気中養生もしくは水中養生を行った後に屋外暴露を開始した。

2.2 試験項目および方法

試験項目および方法を以下に示す。測定は暴露開始後1年、2年および3年において実施した。ただし、圧縮強度および中性化試験については材齢6ヶ月についても実施した。

（1）圧縮強度：圧縮強度はJIS A 1108に、静弾性係数はJSCE-G502に従って測定した。

（2）中性化および動弾性係数：供試体はともに10×10×40cmの角柱供試体を使用した。中性化試験はフェノールフタレイン噴霧法により、動弾性係数の測定はJIS A 1127に従い実施した。

（3）硬化体の塩化物イオン量：親不知に暴露した供試体は表面より0～1cm、1～2cm、3～5cm および中心の各部分の、つくば市に暴露した供試体は表面から0～1cm および中心部分の塩化物イオン含有量をJCI-SC5に従って測定した。

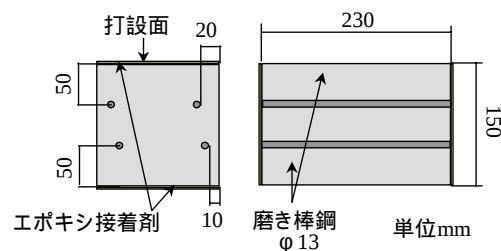
（4）鉄筋腐食：かぶり厚さが1および2cmとなる

表1 セメントの物理化学的性質

種類	Cl ⁻	構成鉱物（%）				密度 (g/cm ³)	粉末度 (cm ² /g)	圧縮強さ(N/mm ²)		
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF			3日	7日	28日
E	0.054	49	12	14	13	3.19	4130	28.8	36.3	51.2
N	0.008	57	19	8	8	3.15	3490	28.2	43.4	59.0

表2 実験水準

セメント種類		シリーズ		シリーズ			
		E	N	E		N	
W/C（%）		55	55	40	50	40	50
単位セメント量		287	284	420	336	420	336
目標空気量（%）		4.5	4.5	4.5	4.5	6.0	4.5
圧縮強度	JIS A 1108	-	-	○	○	-	○
静弾性係数	JSCE-G502	-	-	○	○	-	○
中性化（つくば）	フェノールフタレイン噴霧法	-	-	○	○	-	○
動弾性係数（親不知）	JIS A 1127	-	-	○	○	○	○
塩化物イオン量	JCI-SC5	○	○	○	○	-	○
鉄筋腐食	腐食面積率	○	○	○	○	-	○



キーワード：普通エコセメント、圧縮強度、中性化、動弾性係数、塩化物イオン量、鉄筋腐食

連絡先：福岡県田川郡香春町大字香春 897 TEL 0947-32-3320 FAX 0947-47-2038

ようみがき棒鋼（ $\phi 13\text{mm}$ ）を配置し（図1）、みがき棒鋼の中心から両端方向に7.5cm（計15cm）の範囲に生じた腐食面積率を測定した。

3. 試験結果

圧縮強度：圧縮強度試験結果の一例を図2に示す。暴露場所および材齢に関らずEは同一水セメント比のNと比較して強度が低いものの、暴露3年経過時点において圧縮強度の低下は認められなかった。圧縮強度と静弾性係数の関係は、暴露場所に関らずEとNで同一の関係を示した。中性化：図3に中性化深さの測定結果を示す。Eは同一水セメント比のNと比較して中性化速度係数が大きい傾向が認められた。また、図4の

ようにEの材齢3年の圧縮強度と中性化速度係数の関係は、Nと同一の関係を示した。

動弾性係数：図5に親不知に暴露した試験体の材齢と相対動弾性係数の関係を示す。いずれの水準も相対動弾性係数はほぼ100%であり、コンクリートの劣化は認められなかった。

塩化物イオン量：親不知に暴露した供試体の塩化物イオン含有量測定結果の一例を図6に示す。Eの塩化物イオン含有量はセメントの塩化物イオン含有量に起因してNよりも増加した。EおよびNともに外来塩素の影響を受け、供試体表面の塩化物イオン量が増加する傾向が認められたが、その内部への浸透深さはほぼ同等であった。一方、つくば市に暴露した供試体では供試体表面部分と中心部分とで塩化物イオン量に差は認められなかった。

鉄筋腐食：鉄筋の腐食面積率測定結果を表3に示す。材齢3年経過時点ではいずれのシリーズにおいてもEの腐食面積率は小さく、Nと同等であった。表3に示すようにEはNと比較して初期のコンクリート中の塩化物イオン量が多いが、Eの鉄筋腐食面積率はNと同等であり、Eの鉄筋腐食抵抗性はNと同等であると考えられる。

4. まとめ

普通エコセメントを使用したコンクリートの実供用条件下における耐久性を把握するため、屋外暴露試験を実施している。材齢3年経過時点においては、いずれの試験項目においても普通ポルトランドセメントを使用した場合と同等であると認められた。なお、本実験は土木研究所共同研究「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」（土木研究所、東京都土木技術研究所、千葉県、埼玉県、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。

〔参考文献〕

1) 中村俊彦、明嵐政司、河野広隆、田中敏嗣、石田征男：普通形エコセメントを用いたコンクリートの暴露試験、第56回土木学会年次学術講演概要集、V-211、2001.10

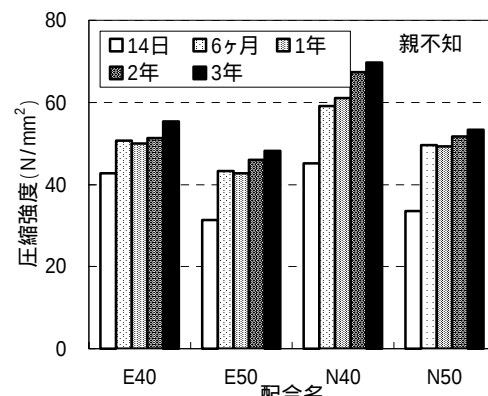


図2 圧縮強度の変化

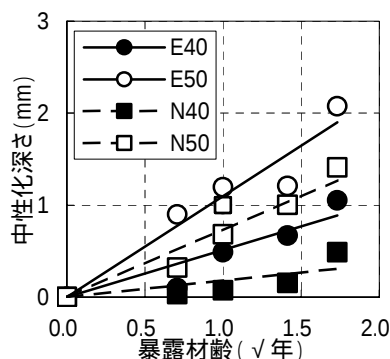


図3 中性化深さ測定結果

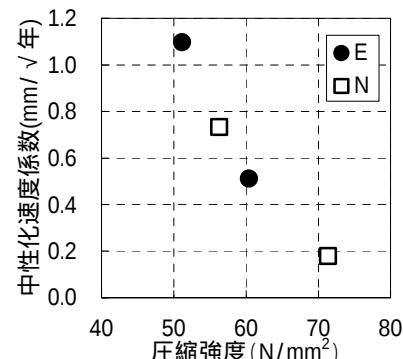


図4 圧縮強度と中性化速度係数の関係

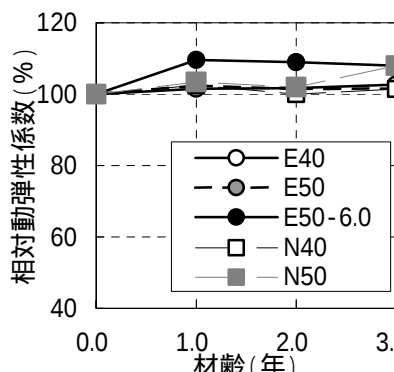


図5 相対動弾性係数測定結果

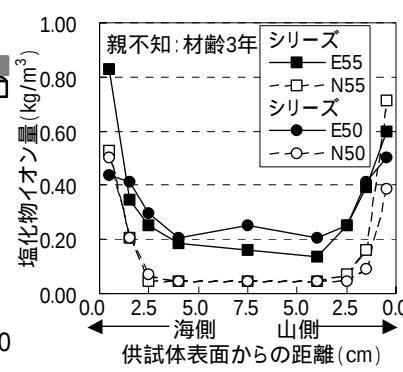


図6 塩化物イオン量測定結果

表3 鉄筋腐食試験結果（平均値、親不知）

シリーズ	セメント	W/C (%)	Cl-量* (kg/m³)	腐食面積率 (%)		
				1年	2年	3年
	E	55	0.155	0.093	0.097	0.023
	N	55	0.023	0.000	0.390	0.055
	E	40	0.227	0.000	0.020	0.068
		50	0.181	0.206	0.208	0.519
	N	40	0.034	0.000	0.035	0.025
		50	0.027	0.255	1.512	2.766

*：セメントから供給されるコンクリート中の塩化物イオン量