

普通形エコセメントを用いたコンクリートの暴露試験

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
太平洋セメント(株)中央研究所 正会員 田中敏嗣、石田征男

1. はじめに

都市ごみ焼却灰等の生活廃棄物を主原料として製造される環境負荷低減型セメント（エコセメント）は、平成12年5月に通産省より標準化情報の告示がなされ、平成13年4月からは千葉県市原市の専用プラントで本格製造されている。エコセメントを建設事業において活用することにより、廃棄物問題や地球環境問題解決の一助となることが期待される。本報告は、塩化物イオン量が0.1%以下に低減された普通形エコセメントの耐久性状確認のために実施している屋外暴露試験の概要および暴露1年後の試験結果についてまとめたものである。

2. 実験概要

実験は、生コンクリートへの適用を想定したシリーズⅠとコンクリート製品への適用を想定したシリーズⅡの二つに分けられる。シリーズⅠでは、普通形エコセメントに内在する塩化物イオンが鉄筋腐食に及ぼす影響を明らかにするため、乾湿繰り返しによる促進試験および屋外暴露試験により鉄筋腐食性を評価した。シリーズⅡでは、コンクリート製品への適用を想定して蒸気養生を施したコンクリートを用い、圧縮強度、鉄筋腐食、中性化、凍結融解抵抗性を評価するための屋外暴露試験を、また鉄筋腐食については乾湿繰り返しによる促進試験も実施した。

2.1 使用材料および実験水準

セメントには、表1に示す普通形エコセメント(E)および普通ポルトランドセメント(N)を用いた。細骨材には静岡県小笠産陸砂(表乾密度2.59g/cm³、粗粒率2.91)を、粗骨材には茨城県岩瀬産碎石(最大寸法20mm、表乾密度2.63g/cm³)を使用した。

実験水準を表2に示す。シリーズⅠでは、リグニンスルホン酸系AE減水剤を使用し、目標スランプを8cmとした。シリーズⅡでは、ポリカルボン酸系高性能AE減水剤を使用し、目標スランプを16cmとした。養生は、シリーズⅠでは材齢28日まで標準養生を行った後、暴露試験および促進試験を開始した。シリーズⅡでは、前置き3時間、昇温速度20℃/h、最高温度65℃を3時間保持、以降自然降温のパターンで蒸気養生を行った後、材齢14日まで恒温恒湿室(20℃、60%RH)または水中養生を行い、試験を開始した。なお、フレッシュコンクリート中の塩化物イオン量を簡易法により測定した結果、Nが0.03kg/m³に対し、Eは0.05～0.07kg/m³であった。

2.2 試験項目および試験方法

(1)鉄筋腐食（シリーズⅠ、Ⅱ）

供試体は15×15×23cmのコンクリートに、かぶり厚さが1および2cmとなるように鉄筋を配置した(図1)。暴露試験は、茨城県つくば市(H12.4.7～)および新潟県親不知(H12.3.29

表1 セメントの物理試験結果

セメント種類	密度(g/cm ³)	粉末度(cm ² /g)	凝結			圧縮強さ(N/mm ²)		
			水量(%)	始発(h-m)	終結(h-m)	3日	7日	28日
E	3.19	4130	31.2	2-40	4-10	28.8	36.3	51.2
N	3.15	3490	26.9	2-20	3-10	28.2	43.4	59.0

表2 実験水準

セメント種類	シリーズⅠ		シリーズⅡ					
	E	N	E			N		
W/C(%)	55	55	40	50		40	50	
空気量(%)	4.5	4.5	4.5	4.5	6.0	4.5	4.5	
圧縮強度・静弾性	—	—	○	○	—	○	○	
鉄筋腐食	○	○	○	○	—	○	○	
中性化(つくば市)	—	—	○	○	—	○	○	
凍結融解(親不知)	—	—	○	○	○	○	○	

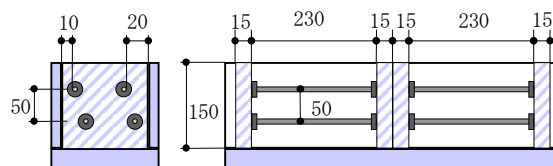


図1 鉄筋腐食評価試験体形状

キーワード：普通形エコセメント、暴露試験、鉄筋腐食、圧縮強度、中性化

連絡先：茨城県つくば市南原1番地6 TEL.0298-79-6763 FAX.0298-79-6733

～；図2)で行っている。促進試験は JCI-SC3(乾湿繰返し法)により、試験条件は、温度 10℃、相対湿度 60%の乾燥状態を 4 日間、温度 60℃、相対湿度 95%の湿潤状態 3 日間を 1 サイクルとして 20 サイクル行った。シリーズⅡでは、蒸気養生後、14 日間恒温恒湿室にて養生後、暴露試験および促進試験を行った。暴露および促進試験条件はシリーズⅠと同様とした。試験体数は各水準 2 体ずつとした。

(2)圧縮強度、凍結融解、中性化（シリーズⅡ）

圧縮強度用供試体は $\phi 10 \times 20\text{cm}$ とし、蒸気養生後、14 日間恒温恒湿室にて養生後、暴露試験を開始した。暴露場所は、茨城県つくば市および新潟県親不知とした。圧縮強度は JIS A 1108 に従い、JSCE-G502 により静弾性係数を測定した。

凍結融解評価用供試体は $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ とし、蒸気養生後、14 日間水中養生を行い、新潟県親不知において暴露試験を開始した。経時的に動弾性係数および質量を測定することとした。

中性化評価用供試体は $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ とし、蒸気養生後、14 日間恒温恒湿室にて養生後、茨城県つくば市において暴露を開始した。中性化深さはフェノールフタレイン噴霧法により 4 面で測定した。

3. 実験結果

3.1 鉄筋腐食（シリーズⅠ、Ⅱ）

暴露 1 年後では、シリーズⅠ、Ⅱともにかぶり厚さが 1cm のケースで 1%以下の僅かな発錆が認められたものがあった。これらは、コンクリートが十分に回り込んでいない部分であり、成型不良に起因するものと考えられた。セメントの種類、暴露場所による影響は認められなかった。促進試験においても、腐食面積率は最大で 5%、平均 1～3%程度と小さかった。同一水準の試験体間でも差があり、セメントの種類、鉄筋位置、かぶり深さによる違いは認められなかった。

3.2 圧縮強度、凍結融解、中性化（シリーズⅡ）

図 3 につくば市に暴露した試験体の圧縮強度を示す。E,N ともに暴露期間 1 年後まで同程度の強度増加を示した。同一 W/C では、NよりEの方が強度は低く、その傾向は暴露 1 年後も変わらなかった。親不知に暴露した場合、E,N ともに 6 ヶ月から 1 年までの伸びがほとんど認められず、結果的につくば市に暴露したものの強度が高くなった。

凍結融解については、暴露 1 年においてはいずれの試験水準とも劣化は認められなかった。

中性化深さは、暴露 1 年後で最大でも 1mm 程度と僅かであったが、同一水セメント比で比較すると、Eの方が中性化深さは大きい傾向が認められた（図 4）。

4. まとめ

普通形エコセメントを用いたコンクリートの耐久性確認のため、茨城県つくば市および新潟県親不知において暴露試験を実施している。暴露 1 年までの結果では、普通ポルトランドセメントとの比較において耐久性上問題となるような違いは認められていない。今後さらに長期的な性状を明らかにし、普通形エコセメントの鉄筋コンクリート構造物への適用性を評価する予定である。なお、本研究は土木研究所、東京都土木技術研究所、麻生セメント(株)、住友大阪セメント(株)、太平洋セメント(株)、日立セメント(株)の共同研究の一環として実施したものである。

<参考文献>寺田、明嵐：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、pp.26～30（1999.8）



図2 暴露試験状況(親不知)

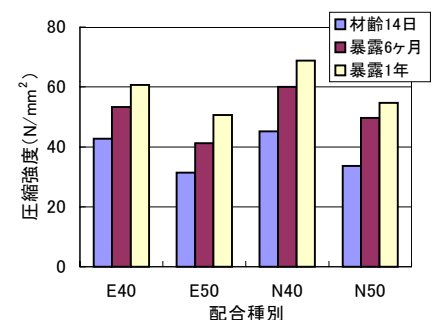


図3 圧縮強度の変化(つくば市)

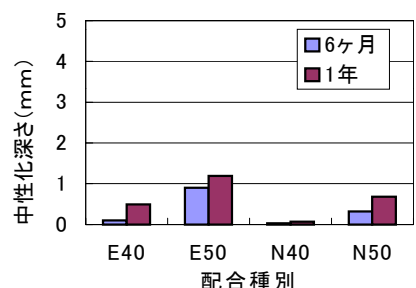


図4 中性化深さ測定結果