

普通形エコセメントのマスコンクリートへの適用に関する検討

東京都土木技術研究所 正会員 穴戸 薫
 東京都土木技術研究所 鈴木 勲
 太平洋セメント(株)中央研究所 正会員 田中敏嗣
 独立行政法人土木研究所 正会員 中村俊彦

1. まえがき

普通形エコセメントの基本性状は、普通ポルトランドセメントと同等であるといわれているが、発熱に関しては主に C_3A 量が多いことに起因して発熱速度が若干増加することが報告されている¹⁾²⁾。しかしながら、実施工における発熱性状に関する知見は少なく、確認が必要と思われる。本報告は、普通形エコセメントを用いたコンクリートをマッシュな構造物に適用し、フレッシュ性状、強度特性および温度上昇を、高炉セメントB種を用いた場合と比較した結果について述べたものである。

2. 試験施工概要

(1) 構造物の概要： 対象とした構造物は、東京都白子川比丘尼橋下流調節池に施工された越流堰である。この越流堰は、全長約 109m で図 1 に示す断面を有し、一つの打設ブロックの長さは約 10m で、コンクリート打設量は約 $110m^3$ であった。断面厚さが最大約 4m でマスコンクリートとなるため、温度ひび割れを抑制する目的で事前に温度解析を行い、打設リフト高さを決定した。

(2) 使用材料およびコンクリート配合： 使用したセメントは、普通形エコセメント(記号：E)および高炉セメントB種(記号：BB)であり、表 1 にセメントの物理化学的性質を示す。表 2 にコンクリートの配合を示す。いずれのセメントの場合も設計基準強度 $21N/mm^2$ に対して配合強度を $26N/mm^2$ として水セメント比を決定した。また、運搬によるスランプロスを考慮して、練上がり時のスランプを E の場合 12 cm、BB の場合 10 cm として単位水量を決定した。

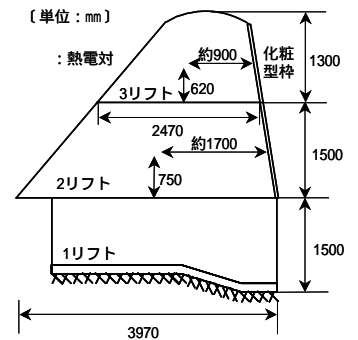


図 1 越流堰断面図

表 1 セメントの物理化学的性質

種類	化学成分(%)				構成化合物(%)				密度 (g/cm^3)	粉末度 (cm^2/g)	圧縮強さ(N/mm^2)			水和熱(J/g)	
	MgO	SO ₃	Na ₂ O _{eq}	Cl	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF			3日	7日	28日	7日	28日
E	1.84	3.86	0.29	0.054	49	12	14	13	3.19	4130	28.8	36.3	51.2	342	407
BB	3.36	1.93	0.52	0.005	-	-	-	-	3.04	3750	20.8	34.9	60.4	290	346

(3) 試験項目とその方法

スランプ、空気量およびコンクリート温度を、プラント出荷時および荷卸し時に測定した。また、塩化物イオン量(簡易法)を荷卸し時に測定した。荷卸し時に強度用供試体を作成し、圧縮強度(10×20 cm)および静弾性係数を材齢 3, 7, 14 および 28 日において、割裂引張強度(15×20 cm)を材齢 7 日および 28 日において測定した。構造体内部のコンクリート温度は、熱電対を用いて図 1 に示す位置で測定した。

3. 結果及び考察

(1) フレッシュコンクリートの性状： 表 3 にフレッシュコンクリートの試験結果を平均値で示す。出荷時から荷卸し時までのスランプロスは、普通形エコセメントの場合 3~4cm 程度であり、高炉セメントの場合の 2~3cm 程度と同等か若干大きくなる傾向が認められた。空気量の減少はいずれのセメントの場合も同程度であった。塩

キーワード：普通形エコセメント、コンクリート、スランプ、塩化物イオン量、圧縮強度、温度上昇
 連絡先：〒136-0075 東京都江東区新砂 1-9-15 03-5683-1520, Fax 03-5683-1515 (東京都土木技術研究所)

化物イオン量は、普通形エコセメントの方が高炉セメントより若干多かったが、いずれも 0.30kg/ m³ の規格を満足し、エコセメントに含まれる塩素の一部しか溶出しなことが確認された。施工性に関しては、ポンプ打設、締固め性および作業性等において特に差異は認められなかった。

(2)強度性状： 図2および図3にそれぞれ圧縮強度と静弾性係数の関係および圧縮強度と引張強度の関係を示す。普通形エコセメントの圧縮強度と静弾性係数

表3 フレッシュコンクリートの試験結果(平均値)

セメント	リフト	打設量 (m ³)	試験回数	プラント			荷卸し					
				スラブ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	運搬時間 (h:m)	スラブ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	CI ⁻ (kg/m ³)	外気温 (°C)
E	1	約30	4	12.9	4.8	23.0	0:23	9.4	4.4	25.0	0.04	26.3
	2	約50	5	13.0	4.4	24.0	0:20	8.7	4.2	26.2	0.04	28.1
	3	約30	2	12.5	4.2	28.5	0:26	8.8	4.4	29.5	0.04	31.5
BB	1	約30	2	-	-	-	-	9.0	4.3	18.0	-	-
	2	約50	5	11.5	5.3	22.0	0:19	9.2	5.0	24.9	0.02	25.8
	3	約30	2	12.0	5.1	24.0	0:16	8.8	4.3	25.3	0.02	27.3

の関係および圧縮強度と引張強度の関係は、高炉セメントの場合と同等であることが認められた。

(3)発熱性状： 図4および表4にそれぞれ材齢とコンクリート温度の関係および最高上昇温度とその到達時間を示す。打設時温度が若干異なるが、いずれのリフトにおいても、普通形エコセメントを用いた場合の温度上昇速度は、高炉セメントの場合より速いことが認められた。これは、主に普通形エコセメントのC₃A量が普通ポルトランドセメントより多いことによるものと考えられる¹⁾²⁾。また、温度上昇量は、普通形エコセメントを用いた場合、高炉セメントと比較して、同一強度を得るために単位セメント量が多くなること、およびセメントの水和熱が大きいことに起因して、3~4 高くなった。

4.まとめ

(1)普通形エコセメントを用いたコンクリートは、運搬によるスラブおよび空気量の変化、強度および弾性特性は高炉セメントB種を用いた場合と同等の性状を示した。

(2)普通形エコセメントを用いたコンクリートの構造体内部の発熱性状は、強度同一の条件で高炉セメントB種を用いた場合と比較して、温度上昇速度が速く、温度上昇量も若干大きくなった。

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、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。

最後に本試験施工に協力いただいた東京都第四建設事務所、上陽レミコン(株)朝霞工場および飛島・総成建設JV に対して厚く御礼申し上げます。

[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)山下裕毅、田中敏嗣、横山滋：普通形エコセメントの断熱温度上昇に関する検討、第55回土木学会講演概要集、V、2000.9

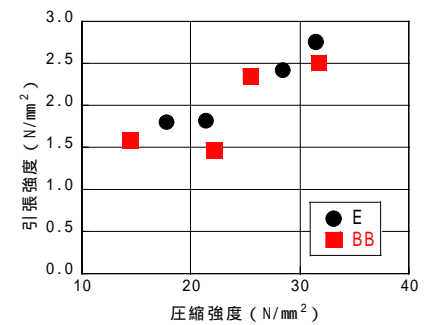
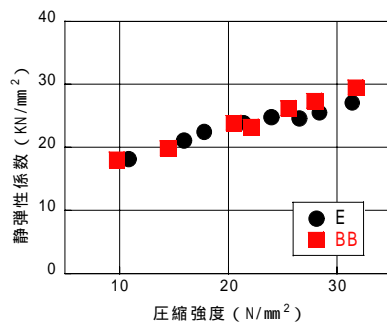


図2 圧縮強度と静弾性係数の関係 図3 圧縮強度と引張強度の関係

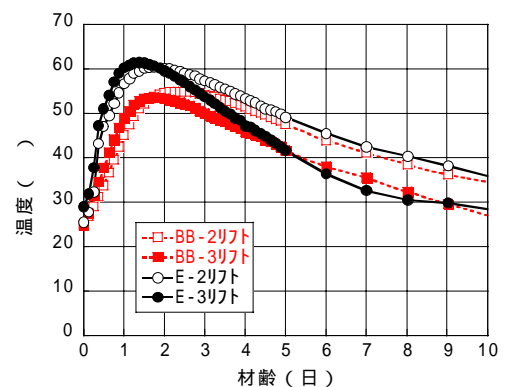


図4 温度上昇曲線

表4 温度上昇量とその到達時間

セメント	リフト	温度上昇量 (°C)	到達時間 (d-h)
E	2	34.8	1-18
	3	32.5	1-9
BB	2	29.9	2-8
	3	28.9	1-18