

インターロッキングブロックへのエコセメントの適用に関する検討

太平洋セメント(株) 中央研究所 正会員 ○唐沢 明彦
太平洋セメント(株) 関東支店 長野 健一

1. はじめに

都市ゴミ焼却灰を主原料として製造されるエコセメントは、2002年にJIS(JIS R 5214)に定められ、現在、各種コンクリート製品や現場打ち土木構造物などに適用されている。コンクリート製品の中でもインターロッキングブロックやコンクリート平板、縁石といった振動加圧即時脱型製法によって製造されるコンクリート製品は、エコセメント開発当初から大量のエコセメントが適用されている。しかしながら、これまで振動加圧即時脱型コンクリート製品へのエコセメントの適用に関する検討結果については、ほとんど報告されていない。

本検討は、普通インターロッキングブロックに普通エコセメントを適用した配合と普通ポルトランドセメントを適用した配合の物理性状を実験的に比較評価したものである。

2. 試験概要

2.1 使用材料

使用材料およびその諸物性を表1に示す。セメントには、普通エコセメント(以下、ECとする)と普通ポルトランドセメント(以下、NCとする)を使用した。粗骨材として使用した道路用砕石7号は、用語の定義からすれば細骨材(10mmふるいを全量通過し、5mmふるいを85質量%以上通過する骨材)に分類されるが、コンクリート製品業界では慣例的に粗骨材として取り扱うことが多いため、本報告では粗骨材に分類した。

2.2 コンクリート配合

コンクリートの配合を表2に示す。本配合は、コンクリートの充填率が100%すなわち空気量0%の時の配合である。単位セメント量の水準は、インターロッキングブロック製造工場の多くが350~450 kg/m³で製造を行っていることからECとNC各々350 kg/m³, 400kg/m³, 450kg/m³の3水準とした。単位水量の水準は、各々の単位セメント量につきW1, W2, W3, W4の4水準を設定した。ここで、W1は成形限界上限の単位水量(成形時に水が分離し、型枠にモルタルが付着したり、塑性変形量が急激に大きくなる状況に至る単位水量)である。W2=W1-10(kg/m³), W3=W1-20(kg/m³), W4=W1-30(kg/m³)とした。S/aは、すべての配合で67%とした。

2.3 供試体の作製条件および養生条件

供試体は、インターロッキングブロック製造工場における実機と同様の条件で供試体を製造することができる小型振動加圧即時脱型成形機を用いて、振動数72.5Hz、振幅0.7mm、主振動時間7sで作製した。供試体形状は、幅98mm×長さ198mm×厚さ80mmのストレートタイプとした。仕上げは、表層モルタル層を用いない基層コンクリート層仕上げとした。供試体の一次養生は、室温30℃、相対湿度90%の恒温恒湿室内で15時間気中養生した。供試体の二次養生は、2水準とし、一水準は室温20℃、相対湿度70%とし、他の一水準は室温10℃、相対湿度70%の恒温恒湿室内で所定材齢まで養生した。供試体数は、各水準6個とした。ただし、水準No.7およびNo.19は練り置き時間の影響を確認するため供試体数を30個とした。

2.4 試験項目と試験方法

試験項目は、充填率、塑性変形量、曲げ強度の影響の3項目とした。試験項目と試験方法を表3に示す。塑性変形量とは脱型時と養生室の運搬までに生じる塑性的な変形の総量を示す。

表1 使用材料およびその諸物性

材料	記号	名称	産地、製造元	物性
セメント	EC	普通エコセメント (JIS R 5214)	東京たまエコセメント(株)	密度3.15kg/cm ³ 塩化物イオン最大値0.058%
	NC	普通ポルトランドセメント (JIS R 5210)	太平洋セメント(株)	密度3.16kg/cm ³ 塩化物イオン最大値0.027%
粗骨材	G	道路用砕石7号 (JIS A 5001)	茨城県西茨城郡岩瀬町産	表乾密度2.64kg/cm ³ 粗粒率4.92
細骨材	S	山砂	静岡県菊川市河東産	表乾密度2.61kg/cm ³ 粗粒率2.77
水	W	上水道水	-	-

表2 コンクリート配合(充填率100%時の配合)

セメント 種類	水準 No.	単位水量 設定	W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m ³)				
					W	EC	NC	G	S
EC	1	W1	42	67	146	350		653	1291
	2	W2	39	67	136	350		662	1309
	3	W3	36	67	126	350		671	1326
	4	W4	33	67	116	350		679	1343
	5	W1	36	67	143	400		642	1269
	6	W2	33	67	133	400		651	1286
	7	W3	31	67	123	400		659	1304
	8	W4	28	67	113	400		668	1321
	9	W1	33	67	150	450		622	1229
	10	W2	31	67	140	450		630	1247
	11	W3	29	67	130	450		639	1264
	12	W4	27	67	120	450		648	1281
NC	13	W1	42	67	146		350	653	1292
	14	W2	39	67	136		350	662	1309
	15	W3	36	67	126		350	671	1327
	16	W4	33	67	116		350	680	1344
	17	W1	36	67	143		400	642	1270
	18	W2	33	67	133		400	651	1287
	19	W3	31	67	123		400	660	1304
	20	W4	28	67	113		400	668	1322
	21	W1	33	67	150		450	622	1230
	22	W2	31	67	140		450	631	1247
	23	W3	29	67	130		450	640	1265
	24	W4	27	67	120		450	648	1282

表3 試験項目と試験方法

試験項目	試験方法
充填率	脱型直後に供試体全数について、寸法と質量を測定し単位容積質量を算出した。そして、次式により充填率を算出した。 充填率(%) = $\frac{\text{脱型直後の供試体の単位容積質量 (g/cm}^3\text{)}}{\text{充填率100\%の供試体の単位容積質量 (g/cm}^3\text{)}} \times 100$
幅方向の塑性変形量	脱型直後と硬化後に供試体全数について、寸法を測定し下式により幅方向の塑性変形量を算出した。 幅方向の塑性変形量(mm) = 硬化後の供試体の幅(mm) - 成形直後の供試体の幅(mm)
曲げ強度	JIS A 5371に準拠した。試験材齢は、14日とした。供試体数は、各材齢3個とした。

キーワード エコセメント, インターロッキングブロック, 充填率, 塑性変形量, 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 043-498-3852 FAX 043-798-3850

3. 試験結果および考察

3.1 充填率

単位セメント量 400 kg/m^3 の配合における単位水量と充填率の関係とその回帰式を図 1 に示す。この回帰式より、EC 配合は NC 配合と同じ充填率を得るための単位水量が約 2 kg/m^3 多い結果であった。また、セメント量 350 kg/m^3 の配合と 450 kg/m^3 の配合においても同様に、EC 配合は NC 配合と同じ充填率を得るための単位水量が約 2 kg/m^3 多い結果であった。

3.2 塑性変形量

単位セメント量 400 kg/m^3 の配合における単位水量と塑性変形量を図 2 に示す。W1, W2, W3, W4 すべての単位水量設定において、EC 配合は NC 配合よりも塑性変形量が小さい結果であり、塑性変形量の差は単位水量が大きい程、大きくなる結果であった。単位セメント量 450 kg/m^3 の配合とセメント量 350 kg/m^3 の配合においても、同様の傾向が認められた。この塑性変形量の差は、NC よりも EC の方が比表面積が大きく（使用材料 NC = $3320 \text{ cm}^2/\text{g}$, EC = $4360 \text{ cm}^2/\text{g}$ ）脱型直後のコンクリートの粘性が NC 配合よりも EC 配合の方が大きいためと考えられる。

3.3 曲げ強度

単位セメント量 400 kg/m^3 の配合における充填率と曲げ強度の関係とその回帰式を図 3 および図 4 に示す。この回帰式より、充填率が同じ場合、EC 配合は NC 配合よりも約 $0.2 \sim 0.3 \text{ N/mm}^2$ 曲げ強度が低い結果であった。また、セメント量 350 kg/m^3 の配合と 450 kg/m^3 の配合においても同様に、充填率が同じ場合、EC 配合は NC 配合よりも約 $0.2 \sim 0.3 \text{ N/mm}^2$ 曲げ強度が低い結果であった。

4. EC 配合と NC 配合の総合的な比較

振動加圧即時脱型コンクリート製品の場合、配合設計の考え方が一般的な有スランブコンクリートとは異なり、即時脱型時と養生室の運搬までに生じる塑性変形量ができるだけ小さい範囲において、充填率および強度が最大になるように単位水量を最大に定めることが必要になる。NC 配合のインターロッキングブロックの場合、ほとんどの製造工場は製品の充填率が 92% 程度になるように単位水量を決定し、製造ライン上で充填率の管理を行っている。これは、単位セメント量 $350 \sim 450 \text{ kg/m}^3$ の範囲において、充填率を 92% 程度にすれば、塑性変形量が小さく、曲げ強度規格値（ 5 MPa 以上）¹⁾ を満足できることが経験上分かっているためである。言い換えれば充填率が 92% よりも大きくなると塑性変形量が大きくなり、不良率が増えることが経験上分かっているためである。

このため、NC 配合の供試体の充填率が 92% の場合の物理性状を EC 配合と比較する。図 1 から、充填率 92% を得るための NC 配合の単位水量設定は W3 である。図 2 から NC 配合の単位水量設定 W3（ 123 kg/m^3 ）の幅方向塑性変形量は、約 0.17 mm である。これと同じ幅方向塑性変形量になる EC 配合の単位水量設定は W3 よりも 10 kg/m^3 大きい W2（ 133 kg/m^3 ）である。図 3 および図 4 から EC 配合の単位水量設定 W2 は、NC 配合の単位水量設定 W3 よりも充填率が約 2% 大きくなり、曲げ強度（ $20 \times 14 \text{ d}$ ）は、同じ 6 MPa である。

5. まとめ

本検討から普通インターロッキングブロックに普通エコセメントを使用した配合は、普通ポルトランドセメントを使用した配合と比べて物理性状上、遜色のない結果が得られることが分かった。さらに、インターロッキングブロック製造工場における実製品においても本結果と同様の結果が得られていることを確認している。

最後に、本検討に際して多大なご指導、ご協力を頂きましたエスビック株式会社に感謝の意を表します。

【参考文献】(社)インターロッキングブロック舗装技術協会, インターロッキングブロック設計施工要領, 2007.3

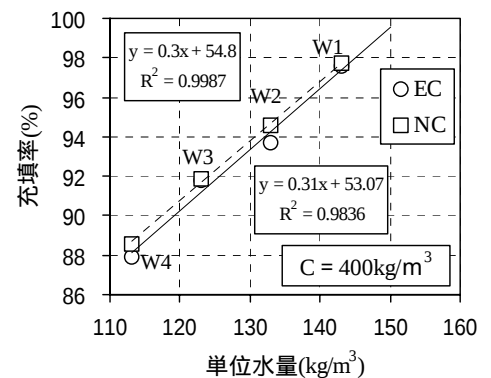


図 1 単位水量と充填率の関係

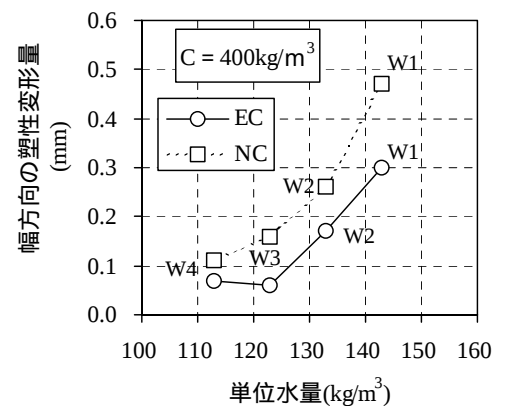


図 2 単位水量と塑性変形量の関係

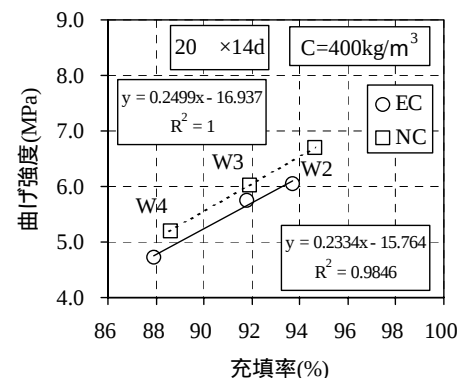


図 3 充填率と曲げ強度の関係
($20 \times 14 \text{ d}$)

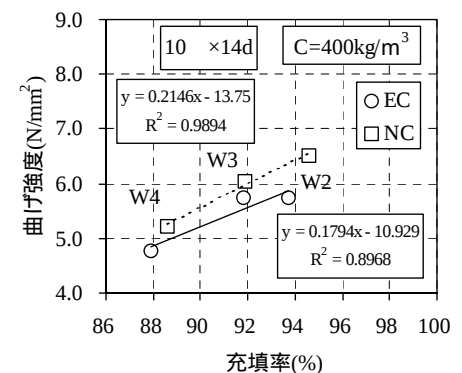


図 4 充填率と曲げ強度の関係
($10 \times 14 \text{ d}$)