

速硬形エコセメントを用いて製造した 消波ブロックの長期追跡調査

太平洋セメント(株) 正会員○長塩 靖祐
太平洋セメント(株) 正会員 山下 裕毅
太平洋セメント(株) 福永 俊美
愛知県三河港務所 牧野 伸哉
愛知県三河港務所 内藤 耕治

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て製造されるエコセメントには、塩化物イオン量をセメント質量の0.1%以下とし普通ポルトランドセメントに類似する性質を有するもの（普通形）¹⁾と塩素成分をクリンカー鉱物として固定化し速硬性を有するもの（速硬形）¹⁾の二種類がある。速硬形エコセメントは塩化物イオン量が0.5～1.5%と多いことから、その用途は無筋コンクリート分野に限定されており¹⁾、用途の一つとして消波ブロックが期待される。速硬形エコセメントの消波ブロックへの適用性についての基礎検討はされているが²⁾、実施工での知見はない。本報告は、速硬形エコセメントコンクリートで消波ブロック（異形ブロック：4t）を63個作製して、愛知県形原漁港 漁港修築工事に使用し、消波ブロックの強度、外観および海水の水質環境について、3年間追跡調査を行った結果について述べたものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントには、表1に示す速硬形エコセメント（記号、ER）を用いた。細骨材には、鳳来産細砂（密度：2.62g/cm³）と中国産細砂（密度：2.62g/cm³）を7:3で混合したもの、粗骨材には、鳳来産碎石（密度：2.68g/cm³、最大寸法40mm）を用いた。AE減水剤には、有機酸系誘導体芳香族高分子化合物を主成分とするもの、凝結調整剤には、有機カルボン酸を主成分とするものを用いた。

表1 セメントの物理化学的性質

密度 (g/cm ³)	粉末度 (cm ² /g)	凝結(h-min)		化学成分(%)									
		始発	終結	ig.loss	insol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	Cl
3.13	4800	0-10	0-22	0.8	0.2	15.3	10.3	2.4	56.4	1.5	9.2	0.8	0.7

2.2 コンクリート配合

表2にコンクリート配合を示す。コンクリート配合は、設計強度を18N/mm²として、スランプ8±2.5、空気

表2 コンクリート配合

配合名	スランプ [°] (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				AE減水剤 (C×%)	凝結調整剤 (C×%)
					W	C	S	G		
18-8-40	8±2.5	4.5±1.5	65	45.1	154	237	863	1067	0.2	0.8

量4.5±1.5%になるように決定した。凝結調整剤の添加率は運搬時間を考慮して設定した。なお、製造時の品質管理試験として、フレッシュコンクリートの性状はスランプおよび空気量、硬化コンクリートの性状は圧縮強度（材齢28日）を測定した。

2.3 試験項目とその方法

速硬形エコセメントを用いた消波ブロック（以下、エコブロック）は干満帯および水中部に63個据付を行い、調査については干満帯に据付したものについて行った。調査時期は夏期および冬期とした。

(1)テストハンマーによる強度調査：強度調査はシュミットハンマーN型を用いて、JSCE-G 504-1999に準拠して行い、ブロック据付後、6ヶ月ごとに3年間測定した。試験は特定のブロックを対象に継続して行った。

(2)外観調査：外観調査は、ひび割れ状況、破損状況、生物（藻）等の付着状況について目視により行い、同時期に据付された普通ブロックとの比較を行った。調査は強度試験用ブロック付近に据付されたものを対象に継続して行った。

(3)水質調査：水質調査は、ブロック据付個所付近と防波堤沖合約500m付近の2個所について、引潮時の海水を採取して行い、同時期に据付された普通ブロック個所付近についても行った。調査は、カドミウム、シアン、鉛、六価クロム、水銀、銅、砒素、セレンの8項目についてJIS K 0102および環境庁告示第59号に準拠して行った。

キーワード：速硬形エコセメント、消波ブロック、強度、外観、水質調査

連絡先：千葉県佐倉市大作2-4-2、TEL：043-498-3829、FAX：043-498-3821

3. 試験結果

3.1 フレッシュおよび硬化コンクリート

表1にフレッシュおよび硬化コンクリート試験結果を示す。
スランプおよび空気量は所定の性状が得られ、材齢28日圧縮強度は設計強度を満足した。

3.2 テストハンマーによる強度調査

図1にテストハンマーによる強度の経時変化を示す。なお、テストハンマーによる強度の算出は下記の式により行った。

$$F = -18.0 + 1.27 R_0$$

ここに、F：テストハンマー強度（N/mm²）

R₀：基準反発度

テストハンマー強度は、ばらつきも見受けられたが、いずれの調査時期においても設計強度を満足した。

3.3 外観調査

写真1に据付期間1.5年時の外観調査状況を示す。エコブロックは、据付期間が3年経過した後も、ひび割れおよび破損は認められなかった。エコブロックへの生物および藻等の付着は同時期に据付した普通ブロックと差異がなく、藻の付着については波の影響を受けにくい場所に多く、冬期の方が夏期よりも密着して付着している。貝等の付着についてはフジツボ、カラスガイおよびカキ等の種類である。

3.4 水質調査

表4に水質調査結果を示す。エコブロックの据付後3年までは、海水採取位置によらず、いずれの調査項目においても基準値以下であり、同時期に据付された普通ブロックと差異はなかった。

4. まとめ

速硬化エコセメントを用いて製造した消波ブロックに関する調査結果をまとめると以下のようなものである。

(1)ブロック製造時において、フレッシュおよび硬化コンクリートは、所定の性状が得られた。

(2)テストハンマーによる強度調査は、いずれの調査時期においても設計強度を満足した。

(3)外観調査は、据付期間3年が経過した後も、ひび割れおよび破損は認められなかった。また、生物および藻の付着状況は、普通ブロックと同様であることが確認された。

(4)水質調査は、海水採取位置によらず、いずれの調査項目についても基準値以下であった。

なお、本工事は当時(平成9年度)の水産庁の国庫補助事業により愛知県三河港務所にて行われたものである。

<参考文献> 1) TR「エコセメント」TR R 0002:2000 日本工業標準調査会 土木部

2) 山下裕毅、横山 滋他：都市ゴミ焼却灰を原料としたセメントを用いた消波ブロックへの適用に関する検討 土木学会 第53回年次学術講演会, pp.696-697, 1998.10

表3 フレッシュおよび圧縮強度結果

スランプ (cm)	空気量 (%)	Co温度 (℃)	28日圧縮強度 (N/mm ²)
7.5	4.5	12.0	24.8

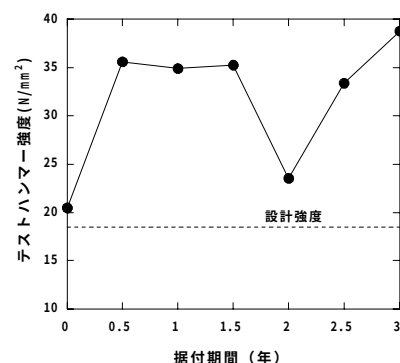


図1 テストハンマーによる強度の経時変化



写真1 外観調査状況(据付1.5年時)

表4 水質調査結果

(単位: mg/l)

海水 採取位置	調査項目	据付期間 (年)						基準値 (注)
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	
エコ ブロック 据付箇所	銅	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	3以下
	カドミウム	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.1以下
	シアン	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	1以下
	鉛	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.1以下
	六価クロム	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.01未満	0.5以下
	砒素	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.1以下
	水銀	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.005以下
	セレン	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.002未満	0.1以下
沖合500m 付近	銅	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	3以下
	カドミウム	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.1以下
	シアン	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	1以下
	鉛	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.1以下
	六価クロム	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.01未満	0.5以下
	砒素	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.1以下
	水銀	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.005以下
	セレン	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.002未満	0.1以下
普通 ブロック 据付箇所	銅	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	3以下
	カドミウム	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.1以下
	シアン	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	1以下
	鉛	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.1以下
	六価クロム	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.01未満	0.5以下
	砒素	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.1以下
	水銀	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.005以下
	セレン	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.002未満	0.1以下

注) 基準値: 「海洋汚染および海上災害の防止に関する法律施行令第5条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係わる判定基準を定める内閣府令」および「排出基準を定める内閣府令」(水質汚濁防止法に関する内閣府令)を参照