

エコセメントを使用した鉄筋コンクリートはりのせん断性状

太平洋セメント (株) 正会員 ○立岩 華英 正会員 黒野 承太郎
正会員 安田 瑛紀 正会員 河野 克哉

1. はじめに

エコセメントは、都市ごみ焼却灰や汚泥等を原料とした、環境配慮型した材料であるため、幅広い用途での使用が望まれる。しかしながら、現状ではエコセメントの用途は無筋コンクリート製品などが多く、鉄筋コンクリート (以下 RC) 構造物への適用は限られている。そこで本報では、エコセメントを使用したコンクリート (EC) で RC はりを作製し、載荷実験を行った。なお、比較として普通ポルトランドセメント (NC)、早強ポルトランドセメント (HC) でも同様の試験を実施し、せん断性状を評価した。

2. 実験概要

(1) 材料ならびに配合

使用した材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。コンクリートの水セメント比をセメント種類ごとに調整することで、目標強度を 45N/mm^2 に統一した。

(2) 練混ぜならびに養生方法

コンクリートの練混ぜは、容量 100L のパン型強制練りミキサを使用した。コンクリートの打込み後、材齢 1 日で脱型し、材齢 7 日までの間は湿布養生 (20°C) を行い、つづいて材齢 7 日から 28 日までの間は気中養生 (20°C 60%R.H.) を行った後、材齢 28 日において載荷実験を行った。

(3) 供試体形状および載荷実験方法

RC はり供試体の概要図を図-1に示す。作製した供試体は、せん断スパン有効高さ比 4.0、せん断スパン

800mm、全長 2000mm、断面幅 150mm、有効高さ 200mm、高さ 250mm の RC はりとした。主鉄筋に SD490 (D25) を、組み立て鉄筋に SR295 ($\phi 10$) を、せん断補強鉄筋に SD295A (D10) をそれぞれ使用した。また、片側のスパンのみにせん断補強鉄筋を配置することで、その反対側スパンにおいてせん断破壊するように誘導した。

3. 実験結果

(1) フレッシュ性状

コンクリートのフレッシュ性状を表-3に示す。EC は NC、HC と同程度の流動性を有していることが確認できた。

(2) 圧縮強度、ヤング係数および割裂引張強度

材齢 7 日、28 日におけるコンクリートの圧縮強度と、材齢 28 日におけるヤング係数、割裂引張強度および破壊エネルギーを表-4に示す。圧縮強度は、EC は NC

表-1 使用材料

種類	名称	記号	成分ならびに物性
水	練混ぜ水	W	上水道水
セメント	普通ポルトランドセメント	OPC	密度: 3.16g/cm^3 比表面積: $3150\text{cm}^2/\text{g}$
	早強ポルトランドセメント	HPC	密度: 3.14g/cm^3 比表面積: $4630\text{cm}^2/\text{g}$
	エコセメント	EC	密度: 3.15g/cm^3 比表面積: $4020\text{cm}^2/\text{g}$
細骨材	山砂	S	表乾密度: 2.59g/cm^3
粗骨材	碎石	G	表乾密度: 2.65g/cm^3
混和剤	高性能 AE 減水剤	SP	ポリカルボン酸系
	消泡剤	DF	ポリアルキレングリコール誘導体

表-2 コンクリート配合

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					
			W	C			S	G
				OPC	HPC	EC		
NC	48	51.2	170	354	-	-	911	890
HC	60	50.6	170	-	283	-	981	890
EC	51	52.0	170	-	-	333	941	890

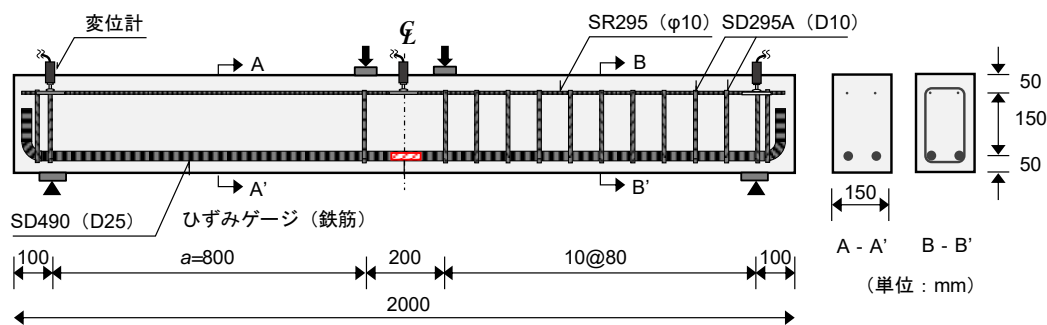


図-1 RC はり供試体

キーワード エコセメント, RC はり, せん断, 収縮ひずみ

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. 043-498-3893

と比較して材齢 28 日強度は同程度であるが、材齢 7 日強度は高く、早期強度の発現に優れている。ヤング係数はセメント種類によらず同程度であったが、割裂引張強度は NC のみやや低い結果となった。また、EC の破壊エネルギーは NC、HC と比較して増加した。

(3) 収縮ひずみ

コンクリートならびにはりの主鉄筋のひずみを図-2 (a) ならびに (b) にそれぞれ示す。なお、コンクリートの収縮ひずみは寸法 100×100×400mm の角柱供試体の中央に設置した埋込みひずみ計にて、主鉄筋のひずみは RC はりの主鉄筋の長手方向中央部に貼り付けたポリエステル箔ひずみゲージにて計測した。コンクリートのひずみは、EC は初期に 50×10^{-6} 程度の膨張が生じており、材齢 28 日での収縮ひずみが最も小さくなった。NC は材齢 7 日以降の気中養生下でひずみが増大し、材齢 28 日でも EC よりも 180×10^{-6} 程度大きい収縮ひずみが生じた。はりの主鉄筋の収縮ひずみは、コンクリートの収縮ひずみと比較して絶対値は小さいものの、コンクリートと同様に材齢 28 日において EC が最も小さくなった。

(4) 載荷実験結果

RC はりの載荷実験の結果を表-5 に、RC はりの荷重-たわみ曲線を図-3 に示す。なお、表-5 には文献¹⁾の式を用いて算出した圧縮強度から予想される計算値(V_{cal})と、実験値(V_c)と計算値の比(V_c/V_{cal})を併記した。載荷実験の結果、セメント種類による最大荷重に顕著な差はみられなかった。 V_c/V_{cal} も顕著な差はないことから、EC は NC と同等のせん断性状を有していることが確認できた。RC はりは、収縮量が増加することでせん断耐力が低下する²⁾が、EC はコンクリートの収縮量が小さく、また強度特性が NC と同等以上であることから、RC はりにおいても遜色のないせん断性状が得られたと考えられる。

4. 結論

普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、エコセメントを使用して RC はりを作製し、載荷実験によってせん断性状を比較した。本検討から得られた知見を以下に示す。

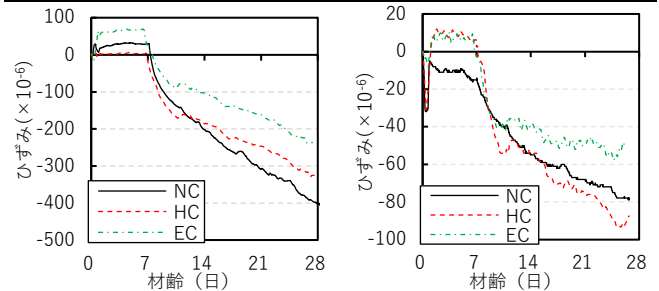
- (1) エコセメントを使用する場合、普通ポルトランドセメントを使用する場合と比較して目標強度を得るための水セメント比はわずかに増加し、また、破壊エネルギーが増加した。
- (2) エコセメントの使用によって、コンクリートの収

表-3 コンクリートのフレッシュ性状

水準	W/C (%)	混和剤量		フレッシュ性状	
		SP(C×%)	DF(C×%)	スランプ(cm)	空気量(%)
NC	48	0.60	0.006	17.0	2.9
HC	60	0.90	0.002	18.0	2.4
EC	51	0.80	0.008	20.5	2.9

表-4 コンクリートの強度

水準	圧縮強度(N/mm ²)		ヤング係数(kN/mm ²)	割裂引張強度(N/mm ²)	破壊エネルギー(N/mm)
	7日	28日			
NC	32.8	44.8	28.2	3.46	0.187
HC	37.5	47.2	29.1	3.94	0.166
EC	35.1	45.9	29.6	4.02	0.215



(a) コンクリート (b) 主鉄筋

図-2 収縮ひずみ

表-5 RC はりの載荷実験結果

水準	圧縮強度(N/mm ²)	斜めひび割れ発生荷重		
		実験値 V_c (kN)	計算値 V_{cal} (kN)	V_c/V_{cal}
NC	44.8	56.5	52.6	1.07
HC	47.2	56.5	53.5	1.02
EC	45.9	55.1	53.0	1.04

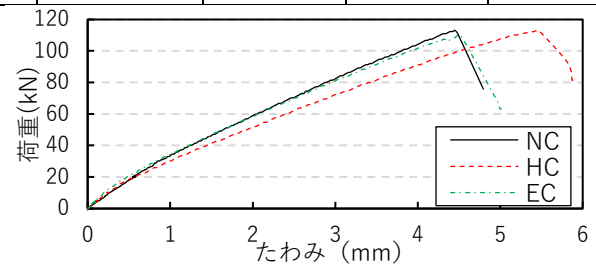


図-3 RC はりの荷重-たわみ曲線

縮ひずみが減少した。

- (3) RC はりの斜めひび割れ発生荷重は、セメント種類による影響は小さく、普通ポルトランドセメントとエコセメントを使用した場合で斜めひび割れ発生荷重は同程度となり、同等のせん断性状を有していることを確認した。

参考文献

- 1) 二羽淳一郎, 山田一字, 横沢和夫, 岡村甫: せん断補強鉄筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, V-5, 第 372 号, pp. 167~176, 1986
- 2) 兵頭彦次, 佐藤良一, 河合研至, 半井健一郎: せん断補強鉄筋のない RC はりのせん断耐荷挙動に及ぼすコンクリートの収縮の影響, 土木学会論文集 E2, vol.73, No.1, pp.50~69, 2017