

普通形エコセメントを用いたコンクリートのひび割れ抵抗性に関する検討

太平洋セメント(株) 中央研究所 正会員 田中秀和
 同 平石知仁
 同 正会員 田中敏嗣
 同 正会員 山下裕毅

1. はじめに

資源循環型社会の実現が叫ばれる中で、その一手法として都市ゴミ焼却灰を原料としたエコセメントが開発されている。エコセメントには塩素含有量の少ない「普通形」と塩素含有量が多いが硬化時間の早い「速硬化形」があり、「普通形」は普通ポルトランドセメントとほぼ同様に使えると報告されているが、その収縮特性については既往の研究は少ない。本報告では普通形エコセメントを用いたコンクリートの乾燥収縮、自己収縮および乾燥収縮ひび割れ試験を実施し、ひび割れ抵抗性について検討した。

2. 実験概要

表 - 1 使用材料

表 - 1 に示すようにセメントには普通形エコセメント（記号：E）、普通ポルトランドセメント（記号：N）および低熱ポルトランドセメント（記号：L）を用いた。表 - 2 に配合、圧縮および割裂引張強度試験結果を示す。表 - 3 に試験項目および試験方法を示す。乾燥収縮ひび割れ試験では7日間湿布養生後、20湿度60%の条件で乾燥を開始した。コンクリートおよび拘束板のひずみの測定にはホイットモアストレインゲージ（標点間距離250mm）を用いた。

セメント種類	記号	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	モルタル強さ(MPa)			クリンカー鉱物(%)			
				3日	7日	28日	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
普通形エコセメント	E	3.19	4430	26.7	36.5	52.9	47.2	15.3	13.2	12.7
普通ポルトランドセメント	N	3.16	3500	29.7	43.4	59.4	59.8	14.8	8.3	8.6
低熱ポルトランドセメント	L	3.20	3330	15.8	23.0	52.1	30.8	52.8	2.5	7.9

細骨材：小笠郡浜岡町産陸砂（密度 2.59g/cm³）

混和剤：リグニン系 AE 減水剤

粗骨材：秩父郡両神村産砕石 2005（密度 2.72g/cm³）

表 - 2 コンクリートの配合，圧縮および割裂引張強度

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					圧縮強度 f _c (MPa)				割裂引張強度 f _t (MPa)			
			W	C	S	G	AD	3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日
N	55	46.0	162	295	834	1028	0.92	24.4	34.3	43.5	50.0	2.69	3.30	3.82	3.91
E	55	46.0	166	302	827	1020	0.94	17.8	25.1	40.7	45.4	1.93	2.55	3.49	3.35
L	55	47.0	162	295	854	1011	0.92	9.9	13.3	33.8	54.3	1.12	1.54	3.24	4.34

目標スランブ：12cm，目標空気量：4.5%

表 - 3 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
乾燥収縮	JIS A 1129「モルタルおよびコンクリートの長さ試験方法」
自己収縮	日本コンクリート工学協会超流動コンクリート研究委員会報告（ ）付録1「高流動コンクリートの自己収縮試験方法」
乾燥収縮ひび割れ	JIS 原案「コンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法（案）」

3. 試験結果および考察

(1) エコセメントの乾燥収縮性状

図 - 1 にエコセメントの乾燥収縮試験結果を示す。E は N および L に比べ単位水量が 4kg 多く乾燥収縮が大きくなる要因を含んでいるが、E を用いたコンクリートの乾燥収縮は材齢 14 日までは N と同程度であり、それ以降では N より若干小さく L と同程度となった。

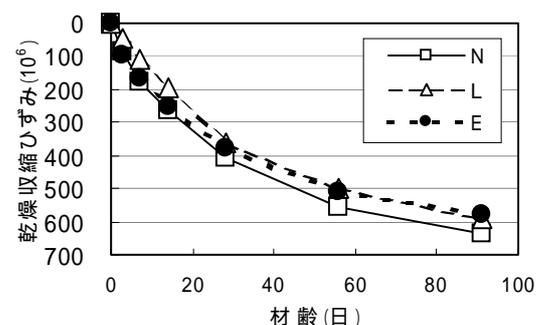


図 - 1 エコセメントの乾燥収縮

(2) エコセメントの自己収縮性状

図 - 2 にエコセメントの自己収縮試験結果を示す。いずれのセメントを用いても自己収縮は 100 μ 以下と小さく乾燥収縮ひずみに占める割合は低いと考えられる。自己収縮は間隙相の影響を大きく受けると言われており、鉱物組成からみると E の自己収縮は大きくなるはずである。しかし、実際には初期においては N と同程度であるが長期ではほとんど収縮しておらず L と同程度となった。自己収縮には、水和収縮、微細空隙構造、水和生成物の形態などが影響しており、今後これらの観点からの検討が必要である。

(3) エコセメントの乾燥収縮ひび割れ性状

表 - 4 および図 - 3 に乾燥収縮ひび割れ試験結果を示す。

E を用いたコンクリートのひび割れ発生日数は N の 2 倍以上長く、ひび割れ抵抗性が高いことが認められた。ひび割れ発生日数は引張伸び能力が大きいほど長いといわれており¹⁾、E を用いたコンクリートは表 - 4 に示すように引張伸び能力が N および L より大きいため、ひび割れ発生日数が長くなったと考えられる。

一般に拘束収縮応力度(拘束板のひずみより求めたコンクリートに生ずる引張応力)が割裂引張強度にしめる割合(表 - 4 中の r/f_t) が 60% となったときひびが入るといわれているが²⁾、E の場合 90% 程度でひび割れを生じた。

4. まとめ

本実験の結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 普通形エコセメントを用いたコンクリートの乾燥収縮は、普通ポルトランドセメントと同等か若干小さい。
- (2) 水セメント比 55% においてのエコセメントを用いたコンクリートの自己収縮は、初期には普通ポルトランドセメントと同様に収縮するが長期は L と同程度に小さくなる。
- (3) 普通形エコセメントを用いたコンクリートのひび割れ発生日数は他のセメントに比べて長く、ひび割れ抵抗性が高い。これは引張伸び能力が大きいことが要因として考えられる。

<参考文献>

- 1) 大野俊夫, 魚本健人: 乾燥収縮ひび割れ発生日時の引張伸び能力に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, pp733-738, 1997
- 2) ひび割れ研究会: コンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法の標準化とその適用性に関する研究(その3), セメントコンクリート, No.534, pp57-65, Aug.1991

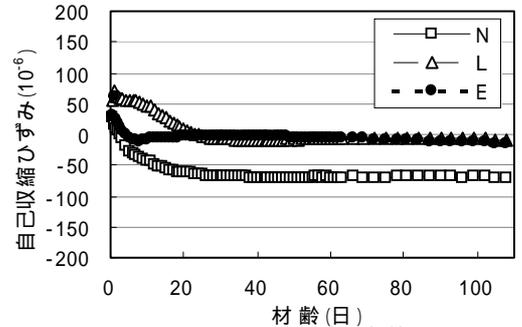


図 - 2 エコセメントの自己収縮

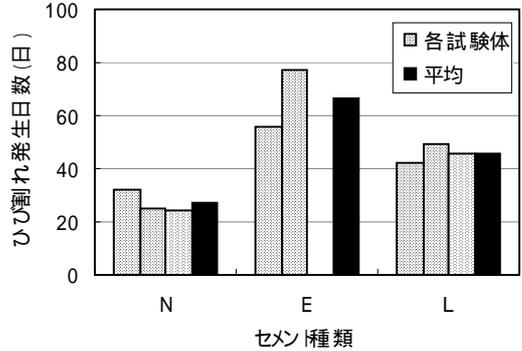


図 - 3 各種セメントのひび割れ発生日数

表 - 4 ひび割れ発生日時の諸数値

		N	E	L
ひび割れ発生日数(日)	1	32	56	42
	2	25	77	49
	3	24	ひび割れ発生なし	46
	平均	27	67	46
自由収縮ひずみ($\times 10^{-4}$)	1	4.20	5.56	4.56
	2	3.88	6.28	4.88
	3	3.81	-	4.84
	平均	3.96	5.92	4.76
拘束収縮ひずみ($\times 10^{-4}$)	1	1.74	2.12	1.94
	2	1.34	2.58	2.14
	3	1.14	-	2.02
	平均	1.41	2.35	2.03
拘束版のひずみ($\times 10^{-4}$)	1	1.50	1.94	1.50
	2	1.22	1.92	1.82
	3	1.40	-	1.66
	平均	1.37	1.93	1.66
拘束収縮応力度 r (MPa)	1	2.43	3.28	2.50
	2	2.03	3.06	2.98
	3	2.35	-	2.72
	平均	2.27	3.17	2.74
引張伸び能力($\times 10^{-4}$)	1	2.46	3.44	2.62
	2	2.54	3.70	2.74
	3	2.67	-	2.82
	平均	2.56	3.57	2.73
弾性ひずみ($\times 10^{-4}$)	1	0.73	1.01	0.82
	2	0.63	0.91	0.97
	3	0.73	-	0.89
	平均	0.70	0.96	0.89
クリープひずみ($\times 10^{-4}$)	1	1.73	2.43	1.80
	2	1.91	2.79	1.77
	3	1.94	-	1.93
	平均	1.86	2.61	1.83
実拘束率(%)	1	58.6	61.9	57.5
	2	65.5	58.9	56.1
	3	70.1	-	58.3
	平均	64.7	60.4	57.3
クリープ係数	1	2.36	2.41	2.19
	2	3.04	3.05	1.84
	3	2.65	-	2.17
	平均	2.68	2.73	2.06
r/f_t (%)	1	63.5	96.1	69.9
	2	53.0	90.7	80.7
	3	61.6	-	75.1
	平均	59.4	93.4	75.2