

(V-2) 高強度コンクリートの自己収縮に関する実験的研究

足利工業大学 正会員 宮澤伸吾

1. まえがき

高強度コンクリートではセメントの水和に伴う自己収縮が大きくなり、ひび割れの発生原因になる場合がある事が報告されている。自己収縮に及ぼすセメントの鉱物組成の影響については、 C_3A および C_4AF の影響が大きい事がセメントペーストを用いた実験により確認されているが^{1) 2)}、コンクリートについてはまだ十分検討されていない。本報告では、各種セメントを用いたコンクリートの自己収縮ひずみを測定し、鉱物組成の影響について検討した結果について述べる。

2. 実験概要

本実験に用いたセメント(N:普通ポルトランドセメント、H:早強ポルトランドセメント、M:中庸熟ポルトランドセメント、L:ビーライト系セメント)の化学組成を表-1に示す。Bogue 式により求めたセメントの鉱物組成は表-2に示す通りである。また、細骨材には鬼怒川産川砂(比重 2.60, 吸水率 1.76%, 粗粒率 3.15)、粗骨材には鬼怒川産川砂利(比重 2.75, 吸水率 1.26%, 最大寸法 25mm, 粗粒率 7.03)を使用した。また、ポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤(HRWRA)を使用した。コンクリートの配合は表-3に示す通りである。

10×10×40cm 供試体を各条件 3 本作製し、材齢 1 で脱型し、直ちに水分の逸散を防ぐためにアルミ箔粘着テープでシールし温度 20±2℃、相対湿度 85±5% R. H. の室内に静置し以後所定の材齢で長さ変化を測定した。

表-1 セメントの化学組成 (%)

Type	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Total
N	20.9	4.4	2.7	64.8	1.5	2.3	0.32	0.41	0.28	99.4
H	20.4	4.3	2.6	65.5	1.5	3.2	0.24	0.33	0.16	99.5
M	23.6	3.0	4.2	64.3	1.2	1.9	0.19	0.31	0.28	99.7
L	26.0	3.3	3.2	62.3	0.7	2.4	0.28	0.38	0.15	99.8

表-3 コンクリートの配合

表-2 セメントの鉱物組成 (%)																	
Type	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄	Type	W/C (%)	s/a (%)	Mass, kg/m ³				HRWRA	Slump	Flow	air	Tem.
									W	C	S	G	g/m ³	cm	cm	%	°C
N	64.9	11.0	7.1	8.2	3.9	N	30	37	165	550	606	1092	5500	19.5	37x32	2.3	24.7
H	69.8	5.9	7.0	7.9	5.4	H	30	37	165	550	606	1092	5500	17.5	39x36	2.6	24.8
M	50.8	29.5	0.9	12.8	3.2	M	30	37	165	550	611	1097	5500	22.5	46x44	2.0	24.6
L	22.4	57.8	3.3	9.7	4.1	L	30	37	165	550	611	1097	5500	21.5	33x26	2.3	24.1

3. 結果および考察

セメントペーストの自己収縮ひずみは、セメントの鉱物組成とそれらの反応率により推定できる事が報告されている²⁾。W/C=30%の場合については、材齢 1 日を基準として次式で表される事が示されている。

$$\varepsilon_p = -0.012 \alpha_{C_3S}(t) \cdot (C_3S\%) - 0.070 \alpha_{C_2S}(t) \cdot (C_2S\%) + 2.256 \alpha_{C_3A}(t) \cdot (C_3A\%) + 0.859 \alpha_{C_4AF}(t) \cdot (C_4AF\%) \cdots \cdots (1)$$

ここに、 ε_p :セメントペーストの自己収縮ひずみ(×10⁻⁶)、t:材齢、

$\alpha_{C_3S}(t)$:C₃Sの反応率(%), (C₃S%):C₃Sの含有率(%), C₂S, C₃A, C₄AFについても同様。

式(1)における各鉱物の反応率 α は式(2)により近似することとし、Brunauer³⁾らが示した値を用いて式(2)中の定数 a および b を最小二乗法により求めると表-4および図-1のようになる。

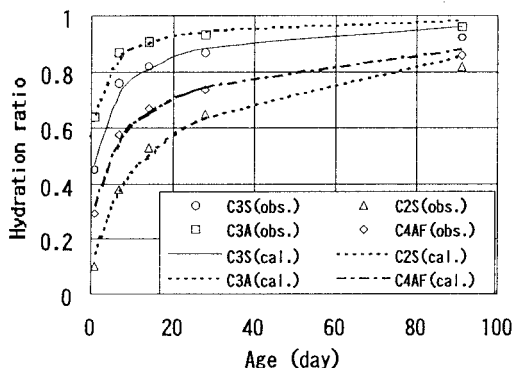


図-1 セメントの各鉱物の反応率

$$\alpha = 1 - \exp(-a t^b) \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 α : 各鉱物の反応率, t : 材齢 (日),

a, b : 定数

自己収縮に及ぼす骨材の含有率の影響は既往の複合則により評価できる事が報告されている²⁾。ここで、推定値の上限を与える直列モデル (式(3)) を用いるとする。

$$\varepsilon_c = \varepsilon_p (1 - V_a) \dots \dots \dots (3)$$

ここに、 ε_c : コンクリートの自己収縮ひずみ ($\times 10^{-6}$),

V_a : コンクリート体積に占める骨材の体積比

式(1)(2)を(3)に代入することによりコンクリートの自己収縮ひずみ (ε_c) を算定することができる。

図-2 はコンクリートの自己収縮ひずみの実測値を示したものである。これらの実測値と上述した方法で求めた推定値の関係を図-3 に示す (既往のデータも含む^{4),6)}。本推定法によりコンクリートの自己収縮に及ぼすセメントの種類の影響をおおむね評価できると考えられる。

表-4 式(2)中の a および b の値

	a	b
C_3S	0.672	0.323
C_2S	0.123	0.626
C_3A	1.124	0.256
C_4AF	0.372	0.387

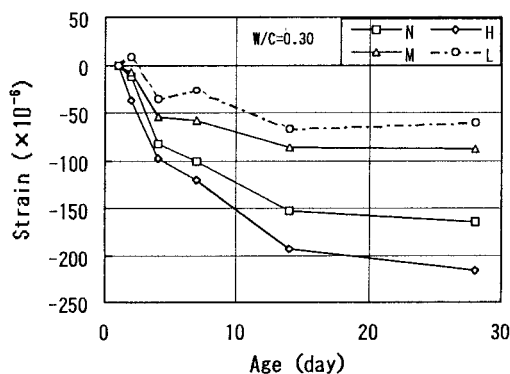


図-2 コンクリートの自己収縮ひずみの実測値

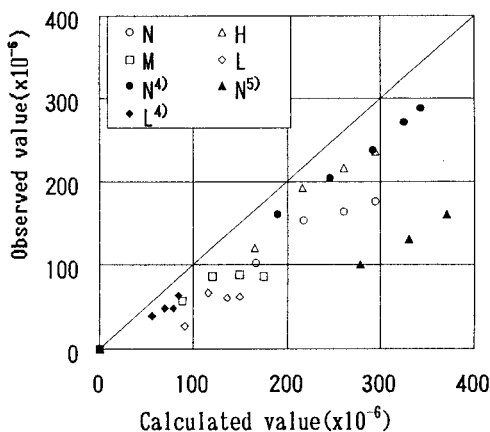


図-3 自己収縮ひずみの実測値と推定値の比較

参考文献

- 1) 田澤栄一・宮沢伸吾・佐藤 剛 : 自己収縮に及ぼすセメントの化学組成の影響, セメント・コンクリート論文集, No. 47, pp. 528-533, 1993
- 2) 田澤栄一・宮沢伸吾 : セメント系材料の自己収縮に及ぼす結合材および配合の影響, 土木学会論文集, No. 502/V-24, pp. 43-52, 1994
- 3) BRUNAUER S. and COPELAND L. E. The Chemistry of concrete, Scientific American, 1964
- 4) 筋野晃司・田澤栄一・宮沢伸吾・保明淳二 : マスコンクリートのひび割れ発生に及ぼす自己収縮の影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 17, No. 1, pp. 1139-1144, 1995
- 5) 三浦智哉・田澤栄一・宮沢伸吾・保利彰宏 : コンクリートの自己収縮に及ぼす高炉スラグ微粉末の影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 17, No. 1, pp. 359-364, 1995