

V-419

高流動コンクリートの自己収縮ひずみの予測手法に関する一考察

住友大阪セメント 正会員 安本 礼持
 同 上 正会員 枝松 良展
 同 上 正会員 水越 陸視
 同 上 正会員 長岡 誠一

1. まえがき

高流動コンクリートは単位ペースト量が多くなるために、自己収縮ひずみについて検討を行うことが必要である。また、高流動コンクリートには様々な種類の粉体材料が使用されているが、自己収縮ひずみは使用する粉体の種類や混和材の置換率等によって大きく異なることが知られている。このため、使用する粉体材料の影響を考慮した高流動コンクリートの自己収縮ひずみの予測手法が必要となるが、その実用的な手法は未だ得られていないのが現状である。

本研究では、粉体系高流動コンクリートの自己収縮ひずみの予測手法について検討を行った。自己収縮は結合材の水和反応に伴う水和収縮が起因となることから、水和度と密接な関係があると考えられる。そこで、結合材の水和度を圧縮強度によって間接的に表現することで自己収縮ひずみの予測を行うことを試みた。

2. 実験概要

実験に使用した粉体の特性を表-1 に示す。セメントには、普通ポルトランドセメント(NC)、高炉セメントB種(BB)および低熱ポルトランドセメント(LC)を用いた。混和材には、高炉スラグ微粉末(BS)、フライアッシュ(FA)および石灰石微粉末(LS)を使用した。細骨材は野洲川産川砂(比重2.59, 吸水率1.39%, 粗粒率2.90)、粗骨材は高槻産碎石(比重2.70, 吸水率0.60%, 粗粒率6.73)を用いた。混和剤にはポリカルボン酸系高性能AE減水剤および空気量調整剤を使用した。

コンクリートの配合を表-2 に示す。コンクリートの配合は、スランプフロー550~650mm、空気量 $5.0 \pm 1\%$ を満足するように高性能AE減水剤および空気量調整剤を添加した。

自己収縮試験は日本コンクリート工学会「(仮称)高流動コンクリートの自己収縮試験方法」に準拠し、自己収縮ひずみの測定開始は凝結の始発時点とした。圧縮強度試験はJIS A 1108に従った。

表-1 粉体の特性

粉体材料	記号	比重	比表面積 (cm^2/g)	鉱物組成 (%)				SO_3 (%)
				C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	
普通ポルトランドセメント	NC	3.14	3250	55	20	9	8	1.9
低熱ポルトランドセメント	LC	3.24	3220	22	56	3	11	2.2
高炉セメントB種	BB	3.04	3750	-	-	-	-	2.0
石灰石微粉末	LS	2.73	5120	-				-
高炉スラグ微粉末	BS	2.90	4510	塩基度 1.83				1.3
フライアッシュ	FA	2.24	3060	SiO_2 60.2%				-

表-2 コンクリートの配合

記号	セメント 種類	混和材 種類	置換率 (容積%)	ペースト 容積 (m^3/m^3)	W/C (%)	単位量 (kg/m^3)				
						W	C	AD	S	G
NC100	NC	-	-	0.330	30.0	160	533	-	868	771
NLS30		LS	30.0	0.330	41.4	157	379	141	868	771
NLS35			35.5	0.327	50.0	165	330	158	813	848
NLS40			39.9	0.340	58.4	178	305	176	836	771
NLS55			54.9	0.329	61.4	153	249	264	868	771
NBS35		BS	35.5	0.327	50.0	165	330	168	813	848
NBS40			40.0	0.339	52.8	169	320	190	836	771
NFA35		FA	35.6	0.327	50.0	165	330	130	813	848
NFA40			40.0	0.335	58.3	178	305	145	836	771
BB100		BB	-	0.329	31.1	160	514	-	868	771
LC100	LC	-	-	0.329	31.0	165	533	-	868	771
LLS40		LS	40.0	0.338	41.1	150	365	205	836	771

キーワード：高流動コンクリート、自己収縮、粉体材料、圧縮強度

連絡先 〒551 大阪市大正区南恩加島 7-1-55 TEL 06-556-2260 FAX 06-556-2209

3. 結果および考察

同一材齢における圧縮強度と自己収縮ひずみの関係を図-1, 2 に示す。また、圧縮強度と自己収縮ひずみの関係をセメントと混和材の組み合わせ毎に、式(1)を用いて近似することにより得られた実験定数を表-3 に示す。なお、式(1)を用いたのは原点を通過すること、全ての粉体について同一の式で表現できる等の理由からである。

$$\varepsilon_{sh,t} = a \cdot F_{c,t}^b \quad (1)$$

ここに、 $\varepsilon_{sh,t}$ は材齢 t 日の自己収縮ひずみ (μ)、 $F_{c,t}$ は材齢 t 日の圧縮強度 (MPa)、 a および b は実験定数を示す。

これより本実験の範囲内において、圧縮強度と自己収縮ひずみの関係は、材齢、混和材の置換率および水セメント比に関係なく粉体の組み合わせ毎に一つの曲線で表されることが明らかである。自己収縮は水和収縮によりセメント硬化体内部に空隙が形成され、毛細管水が空隙へ移動することによりメニスカスが発生し、その負圧によって硬化体が収縮するものと考えられている¹⁾。このことから、自己収縮は水和度、硬化体中の細孔構造と密接な関係があると考えられる。一方、圧縮強度も、水和度、細孔構造と密接な関係があることから、粉体の組み合わせが同じ場合には、圧縮強度と自己収縮ひずみの関係が一つの曲線で表されたものと推察される。

また、粉体の組み合わせ毎に曲線が異なる理由としては、水和成生物 (C-S-H ゲルの CaO/SiO_2 比等) の違いにより圧縮強度と細孔構造との関係が異なること²⁾、および結合材によって水和収縮率が大きく異なること³⁾等が考えられる。

図-3 に自己収縮ひずみの測定値と式(1)から求めた自己収縮ひずみの計算値を示す。両者はほぼ一致しており、コンクリートの単位ペースト容積がほぼ等しい場合、圧縮強度から高流動コンクリートの自己収縮ひずみを推定できることが示唆された。

単位ペースト容積がコンクリートの自己収縮ひずみに及ぼす影響は大きいことが報告されているが¹⁾、本実験で得られた結果は $0.33 \sim 0.34 \text{ m}^3/\text{m}^3$ とほぼ一定の単位ペースト容積において得られたものであるため今後、単位ペースト容積の影響について十分に検討する必要があると考えられる。

4. まとめ

粉体系の高流動コンクリートにおいては、粉体の組み合わせ毎に定数を設定することにより、圧縮強度から自己収縮ひずみを推定できることが示唆された。今後、より広範囲な条件（単位ペースト容積、骨材の品質、混和材の比表面積等）についてその適応性を検討するとともに、粉体の組み合わせ毎に圧縮強度と自己収縮ひずみとの関係が異なる理由について詳細に検討を行うことが必要である。

<参考文献>

- 1) 日本コンクリート工学協会：自己収縮委員会報告書、pp.19-36、1996.11
- 2) 日本コンクリート工学協会：反応モデル委員会報告書(I)、pp.136-144、1996.5
- 3) 近松竜一、竹田宣典、鎌田文男、十河茂幸：結合材の種類がコンクリートの硬化収縮に及ぼす影響、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.15, No.1, pp.543-548、1993

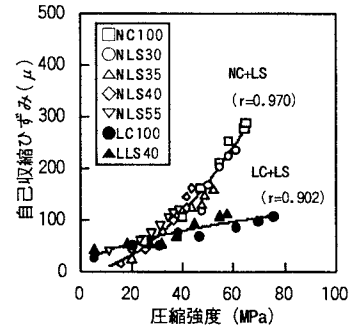


図-1 圧縮強度と自己収縮ひずみの関係(NC+LS),(LC+LS)

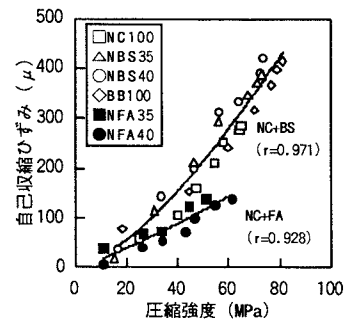


図-2 圧縮強度と自己収縮ひずみの関係(NC+BS),(NC+FA)

表-3 定数 a, b

粉体の 組み合わせ	a	b
NC, NC+LS	0.12	1.85
LC, LC+LS	11.52	0.52
BB, NC+BS	0.69	1.46
NC+FA	1.20	1.17

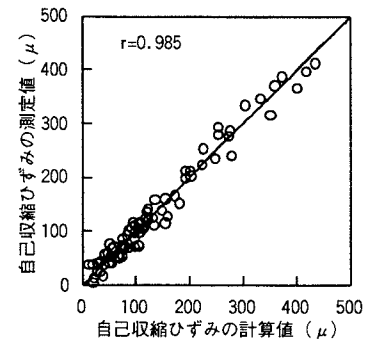


図-3 自己収縮ひずみの測定値と計算値