マス養生温度履歴下で測定した自己収縮ひずみのJCI予測式との適合性に関する検討

大成建設（株）技術センター土木技術研究所　正会員　○大友　健
同　上　正会員　宮原　茂禎
同　上　正会員　臼井　達哉
足利工業大学　工学部　都市環境工学科　正会員　宮澤　伸吾

１．はじめに

著者らは，今までに関与した工事において，構造体内の無拘束ひずみを測定すること，あるいは実構造物に近似する温度履歴を与えた測定を行なうことで,マス養生下で生じている自己収縮ひずみに関するデータを蓄積してきた．この分析については既発表のテクニカルレポートに報告[1]している．本報は，この報告以降に得たデータをこれに追加したうえで，実測で得られた自己収縮ひずみから定めた自己収縮関数が，JCIの委員会報告[2]に記載されている自己収縮関数予測式とどの程度適合しているのかを比較検討したものである．

２．コンクリートの配合条件・養生条件と自己収縮ひずみの実測値および予測値

表-1には，自己収縮関数を算出した各配合のセメント種類，配合（圧縮強度仕様と水セメント比，単位セメント量），実測の線膨張係数，養生温度条件（打込み温度，最大温度，平均温度（材齢0～28日までの平均）で代表させた）と自己収縮関数値（表-1に付した指数式の終局ひずみε co,速度係数a・bの3特性値で表現）およびJCI委員会報告の予測式（$\varepsilon c(t)=\gamma(3070\exp(-7.2(W/C)))(1-\exp\{-a(t-to)^b\})$，$a=a_1\exp\{a_2(W/C)\}$，$b=b_1\exp\{b_2(W/C)\}$，$\gamma$はNP:1.0/HP:1.2/MP:0.85/LP:0.4/BB:1.3,a_1:6.3/a_2:-8.6/b_1:0.22/b_2:3.0　(NP/HP/MP/BBの場合)，a_1:2.4 /a_2:-6.5 /b_1:0.12 /b_2:2.7（LPの場合)）より得られた特性値を示す．

３．実測の自己収縮ひずみ関数特性値とＪＣＩ予測式での自己収縮ひずみ関数特性値の比較

表-1　コンクリートの配合条件，養生条件と実測の自己収縮ひずみ関数値およびJCI予測式による関数値

No.	セメント種類	記号	置換率(NP:BS)	f'ck (N/mm^2)	t f'ck (日)	W/C (%)	C (kg/m^3)	α (x10^{-5}/℃)	打込温度 (℃)	最大温度 (℃)	平均温度 (℃)	自己収縮関数*2 ε co (x10^{-6})	a	b	JCI式での関数値 ε co (x10^{-6})	a	b
1	早強ポルト	HP	-	40	28	42	365	0.85	23.8	77.1	65.9	168	0.08	0.70	179	0.17	0.78
2	普通ポルト	NP1	-	35	91	55	309	0.63	29.9	53.0	30.2	32	0.08	1.10	59	0.056	1.15
3	普通ポルト	NP2		30	28	50	344	1.00	28.3	65.1	54.0	78	0.50	0.85	84	0.085	0.99
4	普通ポルト	NP3		24	28	50	348	0.88	21.5	57.2	49.3	95	0.18	0.50	84	0.085	0.99
5	中庸熱ポルト	MP1	-	40	28	38	382	0.85	25.5	62.8	54.8	104	0.13	0.59	169	0.24	0.69
6	中庸熱ポルト	MP2	-	30	91	55	280	0.84	28.8	53.9	46.1	38	0.17	1.00	50	0.056	1.15
7	低熱ポルト	LP1	-	40	56	37	392	0.85	23.8	51.4	45.3	59	0.11	1.00	86	0.22	0.33
8	低熱ポルト	LP2	-	24	91	59	247	1.04	29.6	58.0	52.0	34	0.08	1.25	18	0.052	0.59
9	低熱ポルト	LP3	-	30	91	45	340	0.74	29.4	66.6	56.0	24	0.22	1.50	48	0.13	0.40
10	低熱ポルト	LP4	-	60	91	36	425	1.02	13.9	47.3	39.7	50	0.06	1.00	92	0.23	0.32
11	低熱ポルト	LP5	-	24	91	55	300	0.87	27.3	66.9	54.8	25	0.005	1.60	23	0.067	0.53
12	高炉B種	BB1	不明	21	28	59	297	1.02	20.0	47.8	28.0	119	0.38	0.70	57	0.039	1.29
13	高炉B種	BB2	不明	21	28	64	233	0.80	18.4	50.4	41.0	92	0.43	0.60	40	0.026	1.50
14	高炉B種	BB3	60:40	24	28	55	295	0.61	22.3	63.1	54.7	140	0.25	0.75	76	0.056	1.15
15	高炉B種	BB4	57:43	24	28	55	295	0.62	22.3	60.5	53.3	230	0.18	0.50	76	0.056	1.15
16	高炉B種	BB5	60:40	35	91	55	300	0.72	29.0	52.9	29.8	71	0.12	0.85	76	0.056	1.15
17	高炉B種	BB6	60:40	24	28	55	296	1.00	13.4	63.3	53.2	101	0.22	1.15	76	0.056	1.15
18	高炉B種	BB7	不明	24	28	50	322	1.09	21.2	55.3	45.8	270	0.17	0.65	109	0.085	0.99
19	高炉B種	BB8	不明	30	28	48	357	1.00	28.0	64.2	56.0	80	0.50	1.00	126	0.10	0.93
20	高炉B種	BB9	不明	24	28	52.5	284	0.95	21.3	55.6	47.2	80	0.35	1.20	91	0.069	1.06
21	低発熱高炉B種	LBB1	50:50	24	28	54	270	0.58	11.4	40.2	27.0	137	0.11	1.05	82	0.061	1.11
22	低発熱高炉B種	LBB2	45:55	30	91	50	306	0.80	31.9	63.3	47.5	58	0.15	1.40	109	0.085	0.99
23	低発熱高炉B種	LBB3	40:60*1	27	91	45	330	1.02	20.1	49.5	42.9	122	0.05	1.00	156	0.13	0.85

*1微粉スラグ(BL=6000cm^2/g)
*2 ε co=(1-exp(-a(t_{eff})^b)) ここに、ε co:終局自己収縮ひずみ，a･b:自己収縮速度係数，t_{eff}:硬化原点からの有効材齢(日)

キーワード　自己収縮，マスコンクリート，養生温度，高炉セメント，マス養生 ，予測式
連絡先　〒245-0051　横浜市戸塚区名瀬町344-1　大成建設（株）技術センター土木技術研究所　ＴＥＬ045-814-7228

図-1 には，測定した自己収縮ひずみの特性値と JCI 予測式での特性値を比較した結果を示す．ポルトランドセメント系では実測の終局ひずみは予測式とおおむね同程度であるが，高炉 B 種では予測式よりも非常に大きくなる場合がある．このとき速度係数 a も非常に大きくなる傾向にある．同じ JCI 式終局ひずみに対して，高炉 B 種の実測ひずみは相当に大きくなる場合がある．

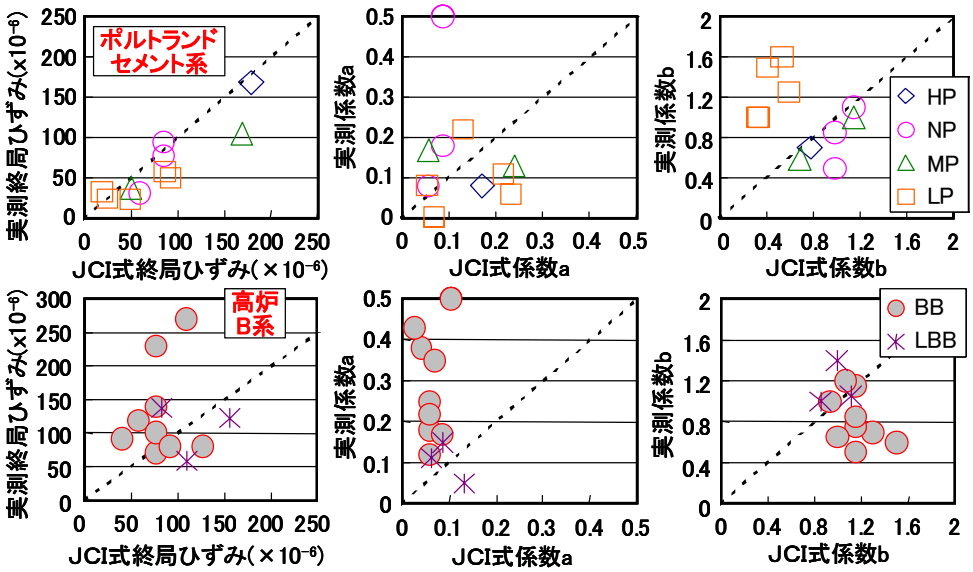

図-1　実測の自己収縮ひずみ関数特性値と JCI 予測式の特性値の関係

図-2 および図-3 には，実測値が JCI の予測値に対してどの程度大きくなるのかを，特性値ごとに，水セメント比あるいは部材最大温度との関係として示した．水セメント比が大きいほど，終局ひずみの倍率および速度係数 a の倍率は大きく，速度係数 b の倍率は小さくなる傾向にあり，特に高炉 B 種ではこの傾向が顕著に表れている．

部材最大温度に対する傾向は明確ではないが，終局ひずみについては最大温度が 60℃程度の倍率が大きい傾向も見受けられ，速度係数は最大温度が大きいほど倍率が大きくなる場合もあることがうかがわれる．

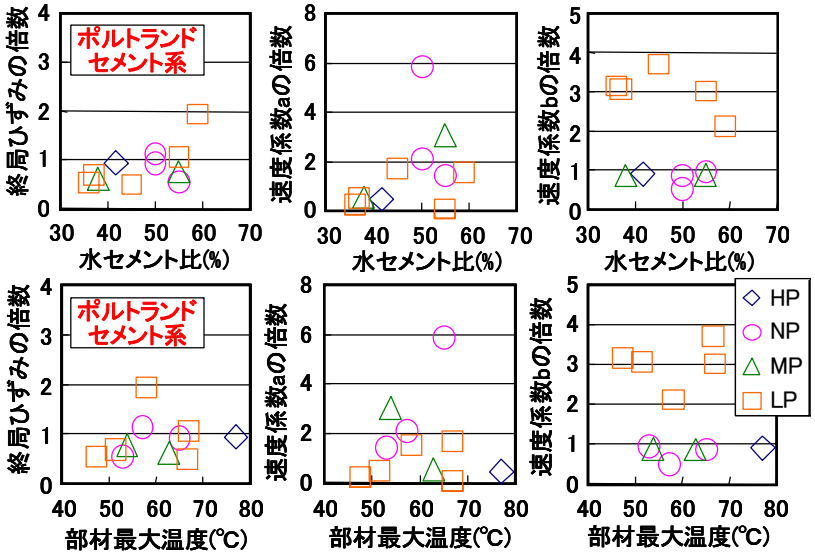

図-2 JCI 予測式の特性値に対する倍率（ポルトランド系）

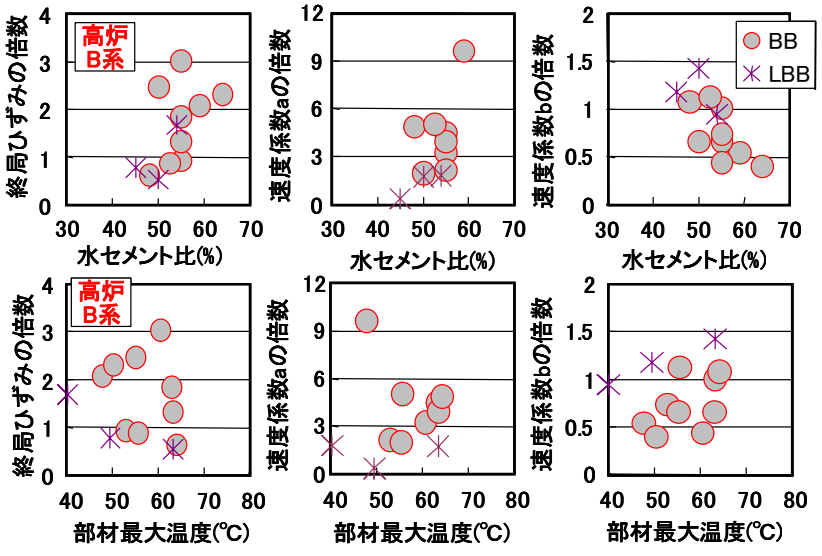

図-3 JCI 予測式の特性値に対する倍率（高炉Ｂ種系）

４．まとめ

ここで検討したデータは実際の工事に関係して収集したものであり骨材種類などの材料条件に統一性はない．しかしながら，そのような条件においても，JCI 予測式での評価がずれている部分があることがうかがわれる．特に高炉 B 種コンクリートでは相当の開きがあると思われるので，これを修正するような定式化が望まれる．

参考文献

1) 大友健ほか：マスコンクリートに生じている自己収縮の実態とその制御対策の一例，コンクリート工学，Vol. 44-3, 2006. 3

2) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御に関する研究委員会報告書，2006. 6