

報告 PC部材に使用する早強コンクリートの自己収縮に関する検討

谷口 秀明*1・佐々木 亘*2・樋口 正典*3

要旨: 国内各地のレディーミクストコンクリート工場の骨材を使用し、PC部材に使用する早強コンクリートの自己収縮ひずみに及ぼす要因を確認した。試験の結果、骨材の相違は自己収縮ひずみに大きく影響を及ぼすこと、水セメント比40%の早強コンクリートでは、JIS試験で測定した長さ変化率の20%程度を自己収縮ひずみが占める可能性があること、自己収縮ひずみおよび乾燥収縮ひずみはいずれもヤング係数と相関があること、単位粗骨材絶対容積を減じると自己収縮ひずみは大きくなる傾向があるが、その程度は骨材によって異なること等がわかった。

キーワード: プレストレストコンクリート, 自己収縮, 骨材, 水セメント比, 混和材

1. はじめに

コンクリート用骨材は、コンクリート中の7割前後を占める骨格をなす材料であり、その品質はコンクリートの品質に大きく影響を及ぼす。最近では、天然骨材の品質低下に起因するコンクリートの収縮量の増加が問題になっており、学協会を中心に様々な動きがある^{1),2),3)}。それらの活動の対象は主に乾燥収縮であるが、土木分野で収縮が問題となった垂井高架橋(PRC構造)では、図-1に示すとおり、垂井高架橋の骨材を使用した場合には、市販骨材を使用した場合に比べて、乾燥収縮ひずみのみならず、自己収縮ひずみも2倍程度大きい⁴⁾。

垂井高架橋では、セメントに早強ポルトランドセメントを用いたコンクリート(早強コンクリート)が使用され、その水セメント比は38%、単位セメント量は453kg/m³である。これは、現場打ちのPC橋上部構造(設計基準強度40N/mm²程度)では一般的な条件であり、筆者らの調査⁵⁾では、水セメント比がさらに小さく、単位セメント量が多い配合が多数存在することも確認している。最近では高強度コンクリートの適用も増えている。

JCIひび割れ制御指針⁶⁾に基づき、代表的なセメントと水セメント比のコンクリートの自己収縮ひずみを求めると、図-2に示すとおり、PC部材で多用される水セメント比が小さな早強コンクリートの自己収縮ひずみは他と比べて大きいことが明白である。これに対して、垂井高架橋のような骨材の要因が加わった場合には、自己収縮ひずみが一層増加する可能性がある。しかし、実際にレディーミクストコンクリート(以下、生コン)工場で使用される骨材に着目し、骨材の品質が自己収縮ひずみに及ぼす影響を検討した研究は極めて少ない⁷⁾。

そこで、筆者らは、国内各地の生コン工場で常備している骨材を一試験機関に集め、骨材以外の諸条件をな

べく同一として、PC部材(特にPC橋)に使用する早強コンクリートの自己収縮ひずみを確認した。また、骨材の影響を考慮したうえで、骨材以外の使用材料および配合が自己収縮ひずみに及ぼす影響についても確認した。

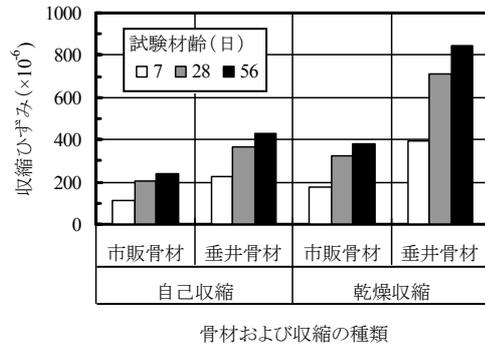


図-1 垂井高架橋で使用されたコンクリートの自己収縮ひずみと乾燥収縮ひずみ

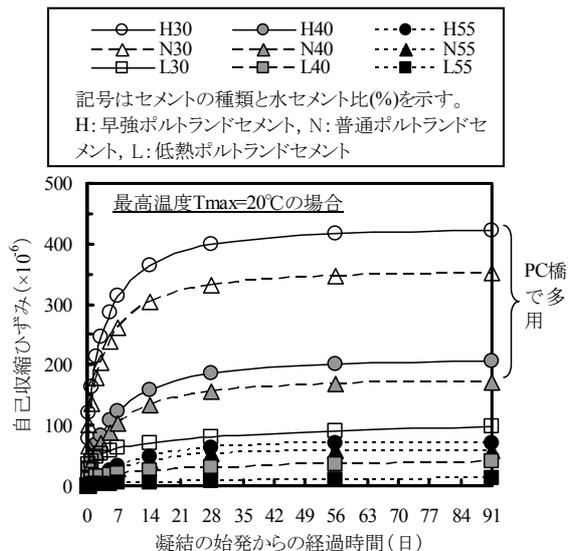


図-2 JCIひび割れ制御指針の計算式で求めた自己収縮ひずみ

*1 三井住友建設(株) 技術開発センター 土木材料グループ 主任研究員 博(工) (正会員)
 *2 三井住友建設(株) 技術開発センター 土木材料グループ 修(工) (正会員)
 *3 三井住友建設(株) 技術開発センター 土木材料グループ長 博(工) (正会員)

表-1 工場ごとの骨材の条件と、試し練りで定めた配合の条件

No.	細骨材								粗骨材								配合(W/C=40%)						
	種類	産地	密度	吸水率	種類	産地	密度	吸水率	種類	産地	密度	吸水率	種類	産地	密度	吸水率	混和剤の種類	細骨材率(%)	単位水量				
0	川砂	栃木県	2.57	2.93	砕砂	栃木県	2.64	1.48					砕石2005	栃木県	2.65	0.63			SP	43.8	160		
1	砕砂	栃木県	2.67	1.67	陸砂	茨城県	2.61	1.03					砕石2005	茨城県	2.66	0.60	砕石2005	栃木県	2.68	1.04	SP	43.8	160
2	砕砂	高知県	2.60	2.17	山砂	千葉県	2.61	1.99					砕石2005	高知県	2.70	0.43			SP	41.8	165		
3	陸砂	青森県	2.58	3.73	陸砂	青森県	2.55	2.57					砕石2005	青森県	2.73	1.70			SP	43.0	165		
4	砕砂	岩手県	2.86	1.22	山砂	宮城県	2.56	2.01					砕石2505	岩手県	2.90	0.45			SP	44.0	165		
5	砕砂	新潟県	2.62	1.95									砕石2505	新潟県	2.66	1.20			SP	44.0	165		
6	陸砂	茨城県	2.66	0.94	砕砂	栃木県	2.73	1.07					砕石2005	栃木県	2.76	0.72			WAE	44.0	155		
7	山砂	千葉県	2.60	1.55									砕石2005	山口県	2.67	0.48	砕石2005	東京都	2.69	0.46	SP	42.0	160
8	山砂	千葉県	2.56	3.09	砕砂	東京都	2.59	1.87					砕石2005	東京都	2.65	1.04			SP	41.0	175		
9	砕砂	東京都	2.64	1.72	砕砂	東京都	2.66	1.17	山砂	千葉県	2.61	2.40	砕石2005	東京都	2.66	0.71	砕石2005	神奈川県	2.66	1.03	SP	42.0	160
10	陸砂	神奈川県	2.64	2.27	山砂	千葉県	2.59	2.23					砕石2005	兵庫県	2.63	1.10	砕石2005	神奈川県	2.67	0.96	SP	41.0	170
11	砕砂	山梨県	2.63	2.68	山砂	千葉県	2.57	2.67					砕石2005	山梨県	2.62	2.74			SP	43.0	165		
12	川砂	神奈川県	2.64	2.52	山砂	千葉県	2.60	2.47	山砂	神奈川県	2.62	3.43	砕石2005	神奈川県	2.81	1.25			SP	41.0	165		
13	川砂	静岡県	2.63	1.44									川砂利	静岡県	2.65	1.03			WAE	40.0	165		
14	陸砂	静岡県	2.63	1.29	山砂	静岡県	2.63	1.50					陸砂利	静岡県	2.66	1.12			WAE	42.0	165		
15	川砂	山梨県	2.65	1.54									川砂利	山梨県	2.68	1.16			SP	44.0	160		
16	山砂	愛知県	2.57	1.79	スラグ砂	愛知県	2.83	0.82					砕石2005	三重県	3.00	0.70	砕石2005	三重県	2.65	1.64	SP	41.4	170
17	陸砂	富山県	2.54	1.66									陸砂利	富山県	2.62	1.37			WAE	42.0	165		
18	山砂	京都府	2.56	2.04	砕砂	大阪府	2.66	2.01					砕石2015	大阪府	2.71	0.63	砕石1505	大阪府	2.70	0.72	SP	41.0	170
19	山砂	京都府	2.50	1.56									砕石2015	大阪府	2.71	0.70	砕石1505	大阪府	2.66	0.91	SP	42.0	170
20	砕砂	山口県	2.55	1.34	海砂	山口県	2.47	1.90					砕石2015	愛媛県	2.75	0.48	砕石1505	愛媛県	2.72	0.76	SP	41.0	160
21	砕砂	広島県	2.70	0.75	砕砂	大分県	2.53	1.02					砕石2015	広島県	2.63	1.46	砕石1505	広島県	2.62	1.67	SP	43.0	170
22	加工砂	島根県	2.60	1.37									砕石2015	島根県	2.72	1.43	砕石1505	島根県	2.74	1.42	SP	43.0	175
23	砕砂	福岡県	2.68	1.07	海砂	長崎県	2.61	1.52					砕石2015	山口県	2.74	0.44	砕石1505	山口県	2.72	0.57	SP	43.0	175
24	砕砂	広島県	2.60	1.09									砕石2015	広島県	2.63	0.54	砕石1505	広島県	2.65	0.65	SP	44.0	165
25	砕砂	愛媛県	2.55	3.02	海砂	大分県	2.62	1.49					砕石2005	愛媛県	2.56	2.04			SP	43.0	170		
26	砕砂	愛媛県	2.55	1.41									砕石2005	愛媛県	2.63	0.84			SP	43.0	165		
27	砕砂	広島県	2.61	0.72									砕石2015	広島県	2.63	0.44	砕石1505	広島県	2.63	0.57	SP	44.0	165
28	陸砂	鹿児島県	2.53	2.38	陸砂	宮城県	2.57	2.50					砕石2505	鹿児島県	2.63	1.07			SP	43.0	175		
29	海砂	佐賀県	2.66	0.97	砕砂	大分県	2.59	1.33					砕石2005	大分県	2.71	0.27			SP	42.0	165		
30	海砂	福岡県	2.59	1.06	海砂	福岡県	2.57	2.00					砕石2005	大分県	2.71	0.27			SP	41.0	170		

骨材の密度は表乾密度で、その単位はg/cm³である。吸水率の単位は%である。混和剤の種類におけるSPは高性能AE減水剤、WAEはAE減水剤を指す。単位水量の単位はkg/m³である。

表-2 配合の諸値の最大、最小および平均

	W/C(%)	s/a(%)	W(kg/m ³)	C(kg/m ³)	Vg(m ³ /m ³)
最大	40	44.0	175	438	0.395
最小		40.0	155	388	0.365
平均		42.5	166	415	0.377

2. 国内各地の骨材を使用したコンクリートの自己収縮ひずみの実態把握

2.1 試験方法

表-1に示すように、国内各地の生コン工場から骨材を収集し、工場ごと(表中のNo.)の組合せで骨材を使用して、筆者らの所属する研究機関でコンクリートを製造した。表中のNo.1は筆者らが試験研究用に使用している骨材、No.1およびNo.2は首都圏の建築工事を対象に高強度コンクリートの製造・出荷実績がある工場の骨材、No.3~No.30は地方を中心に土木工事で使用した工場の骨材であることを指す。

検討の対象は、設計基準強度40N/mm²程度のPC橋上部構造を対象とした配合である。使用したセメントは、早強ポルトランドセメント(密度3.13g/cm³)である。セメントと骨材の複合要因の影響を排除するため、セメントはすべて同一の銘柄・ロットのものである。

単位水量(記号:W)とスランプ(練り上がり直後で12~15cm程度)の調整には、一部を除き、高性能AE減水剤(記号:SP,標準形,ポリカルボン酸エーテル系の化合物)を、空気量(4.5±0.5%)の調整にはAE剤(変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤)を使用した。

表-2は、表-1に示す全配合の諸値の最大、最小および平均を求めたものである。水セメント比(記号:W/C)

は40%とした。単位水量は、コンクリート標準示方書¹⁾で示される標準範囲155~175kg/m³を参考とし、高性能AE減水剤の使用量が過多あるいは過少にならない範囲とした。その使用量が過多・過少になるものについては、AE減水剤(記号:WAE,標準形,リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体抑泡タイプ)に変更した。細骨材率(s/a)は工場の標準配合の値を参考とした。フレッシュコンクリートの性状を確認しながら配合の調整を行ったが、単位粗骨材絶対容積(記号:Vg)は、コンクリートの収縮量に及ぼす影響を考慮し、一部を除き、0.375±0.015m³/m³の範囲内で決定した。

コンクリートの品質として、圧縮強度、ヤング係数、乾燥収縮ひずみおよび自己収縮ひずみを確認した。自己収縮ひずみ以外の試験方法および試験結果については、既報⁸⁾のとおりである。自己収縮試験は、測定が容易で、その個人差が生じにくい、(社)日本コンクリート工学協会「高流動コンクリートの自己収縮試験方法」に準拠した。100×100×400mmの角柱供試体を使用し、供試体中央に埋込みひずみ計を設置した。1配合当たり供試体

表-3 自己収縮ひずみおよび乾燥収縮ひずみの測定結果

		自己収縮ひずみ			乾燥収縮ひずみ		
経過時間(日)		7	28	56	28	91	182
基準	No.0	108	176	208	290	488	577
No.1,2	No.1	111	178	210	271	430	486
	No.2	107	175	208	265	386	442
全データ	平均	98	163	194	372	543	581
	最小	35	74	100	204	333	392
	最大	150	241	282	560	748	798
No.3 ~30	平均	86	148	181	412	578	606
	最小	35	74	100	301	453	477
	最大	115	191	230	560	727	734
砕石	平均	99	164	194	359	530	571
	最小	37	97	119	204	333	392
	最大	150	241	282	541	748	798
全データ	平均	99	164	196	363	532	573
計算値		124	187	202	387	570	664

($\times 10^{-6}$, 収縮を正で表した値)

数は3本である。ひずみの測定にはデータロガーを使用した。コンクリートの凝結時間試験を実施し、以降に示す自己収縮ひずみの起点は凝結の始発とした。

2.2 試験結果および考察

表-3は、自己収縮ひずみおよび乾燥収縮ひずみの測定結果である。乾燥収縮ひずみは、同一配合条件下で実施した試験結果であり、既報⁸⁾から抜粋したものである。表中の経過時間は乾燥を始めた材齢7日からの乾燥期間を指す。自己収縮ひずみの計算値は、図-2中の早強ポルトランドセメントを使用し、水セメント比を40%とした場合の値である。一方、乾燥収縮ひずみの計算値は、コンクリート標準示方書¹⁾での収縮ひずみの予測式に対して、表-2中に示す単位水量の平均値 166kg/m^3 を代入して求めた。また、図-3は、自己収縮ひずみ比および乾燥収縮ひずみ比の分布である。自己収縮ひずみ比および乾燥収縮ひずみ比とは、各経過時間における試験値を計算値で除した値である。

自己収縮ひずみの全平均値は、JCI ひび割れ制御指針⁵⁾に基づく計算値とほぼ一致する。「基準」骨材 No.0 と骨材 No.1, No.2 を使用した場合の自己収縮ひずみには差異が認められない。しかし、骨材 No.3~No.30 を用いた場合の自己収縮ひずみは、表-3における全データの最小値と最大値で見ると、材齢7日で5倍程度、材齢56日で3倍程度異なる。砂利と砕石の平均値を比較すると、両者の自己収縮ひずみの差は小さい。

一方、乾燥収縮ひずみの全平均値は、コンクリート標準示方書¹⁾で求めた値よりも若干小さい。また、自己収縮ひずみがほぼ同一の骨材 No.0, No.1 および No.2 を使用した場合であっても、182日の乾燥収縮ひずみは100

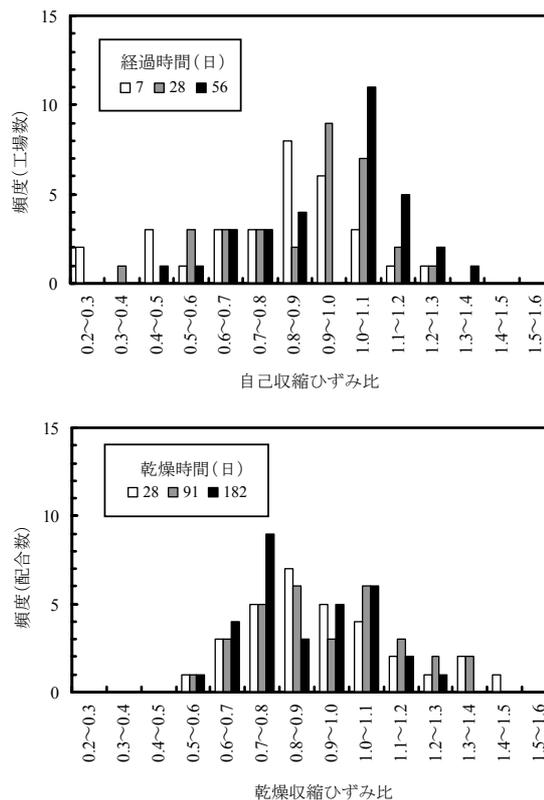


図-3 自己・乾燥収縮ひずみ比の分布

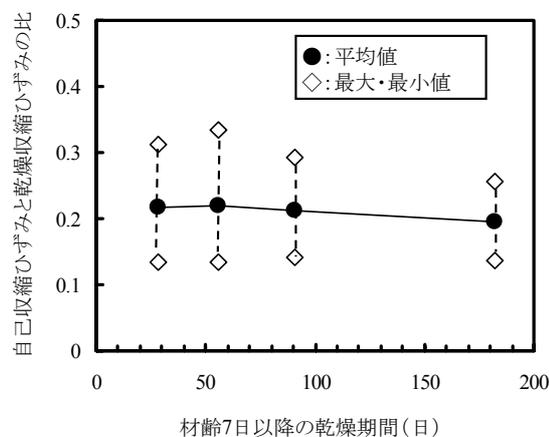


図-4 自己収縮ひずみと乾燥収縮ひずみの比の経時変化

~ 150×10^{-6} 程度異なる。しかし、骨材 No.3~No.30 を用いた場合の乾燥収縮ひずみは、それらよりも大幅に大きいものあるいは小さいものが存在し、全データの最大値と最小値は材齢182日では2倍程度異なる。

図-3に示すとおり、自己収縮ひずみ比および乾燥収縮ひずみ比の分布を調べると、自己収縮ひずみ比は乾燥収縮ひずみ比よりもばらつきが大きいことがわかる。そのばらつきは初期材齢ほど大きい傾向が認められるが、56日であっても、自己収縮ひずみは、使用する骨材によってはJCI ひび割れ制御指針⁵⁾に基づく計算値に対して0.5倍~1.5倍程度異なる可能性がある。

図-4は、自己収縮ひずみと乾燥収縮ひずみの比の経時変化を示したものである。起点は、乾燥収縮試験における乾燥を開始した材齢7日である。本研究における乾燥収縮ひずみとは、JIS A 1129の試験方法で測定した長さ変化率である。乾燥環境下においても、セメントの水和進行により自己収縮を生じ、仮に封かん状態と同程度の進行があるとすれば、図中に示す自己収縮ひずみと乾燥収縮ひずみの比とは、JISの試験方法で測定される長さ変化率中に含まれる自己収縮ひずみの比ということになる。既報⁸⁾のとおり、早強ポルトランドセメントを使用したコンクリートでは、水中養生期間が3~7日間の範囲で確保されれば、標準水中養生を行ったコンクリートの長期強度とほぼ一致する。両試験では材齢7日までの養生方法が異なり、また材齢7日以降の乾燥の影響が自己収縮と圧縮強度で同一と見なせると断定できるものではないが、JISの試験方法で測定された長さ変化率を乾燥収縮ひずみとして扱った場合、PC橋で使用するコンクリートでは、その値には自己収縮ひずみも無視できるものではないと考えられる。今回の31種類の骨材を組み合わせた全国試験においては、その比の平均はいずれの材齢においても0.2程度であるが、±10%程度の範囲を有し、各材齢の最大値と最小値は2~3倍異なる。

図-5は、材齢56日の自己収縮ひずみと乾燥期間182日の乾燥収縮ひずみの関係を示したものである。図中には、乾燥収縮ひずみとして、JISの試験方法で測定した長さ変化率の値と、長さ変化率には自己収縮ひずみが含まれるものとし、自己収縮ひずみを差し引いた値の2種類を示している。差し引いた自己収縮ひずみは、前述と同様に、材齢7日以降の自己収縮ひずみが封かん状態と乾燥環境下で同一と仮定している。自己収縮ひずみが大きくなるにしたがい、乾燥収縮ひずみが大きくなる傾向が認められる。また、自己収縮ひずみを差し引いた乾燥収縮ひずみで表しても、両者の関係を一次式で回帰した傾きに大きな変化は認められない。したがって、骨材の品質は、自己収縮、乾燥収縮のいずれにも影響を及ぼす可能性が高く、例えば、乾燥収縮ひずみが大きいデータがある場合には自己収縮ひずみも大きい可能性があるため、PC部材に使用するコンクリートに関しては、構造物条件等によっては自己収縮ひずみを事前に確認することが必要となることがあると考えられる。

図-6は、ヤング係数比と自己収縮ひずみ比および乾燥収縮ひずみ比の関係を示したものである。ここで、自己収縮比および乾燥収縮ひずみ比とは、試験値と計算値(表-3)の比である。また、ヤング係数比とは、各材齢のヤング係数の試験値と計算値の比である。ヤング係数の計算値は、コンクリート標準示方書¹⁾における構造計算に用いるヤング係数の標準値を累乗式で回帰し、圧縮

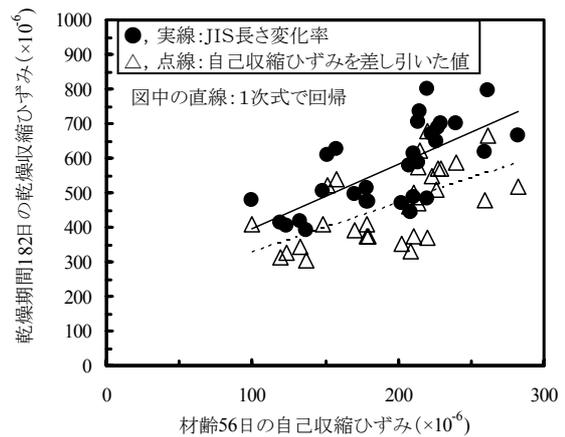


図-5 自己収縮ひずみと乾燥収縮ひずみの関係

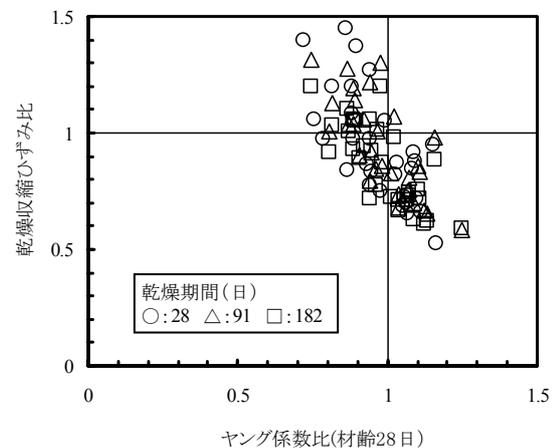
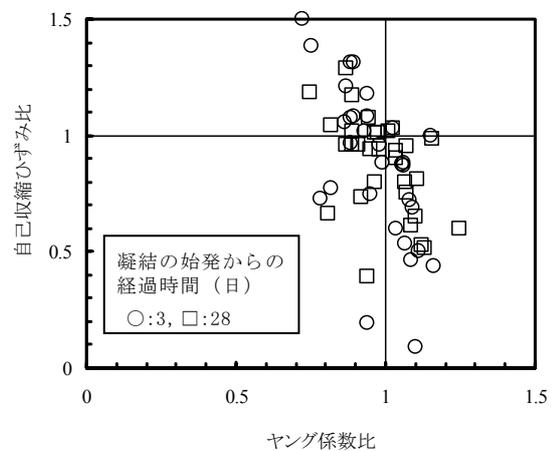


図-6 ヤング係数比と自己収縮ひずみ比および乾燥収縮ひずみ比の関係

強度の試験値を代入して求めたものである⁸⁾。かなりばらつきがあるので一概には言えないが、おおよそ、ヤング係数比が大きいほど、自己収縮ひずみ比が小さくなる傾向があり、特にヤング係数比が1.0以上の領域では、自己収縮ひずみ比はほぼ1.0以下になっている。乾燥収縮ひずみ比に関しても、自己収縮ひずみ比と同様の傾向が認められる。すなわち、自己収縮ひずみおよび乾燥収縮ひずみは、ヤング係数との相関が認められる。

3. 骨材の種類以外の要因がコンクリートの自己収縮ひずみに及ぼす影響

3.1 単位量

今回の実験では、単位セメント量は、表-2 に示すように骨材の種類によって多少異なる。しかし、図-7 に示すとおり、本試験の単位セメント量の範囲では、単位セメント量と自己収縮ひずみの関係は成立していない。このため、自己収縮ひずみの相違は、骨材の品質に起因するものと推測される。このことを明らかにするため、特定の骨材条件 (No.0, No.15) を使用し、単位セメント量と自己収縮ひずみの関係を調べたものが、図-8 である。単位セメント量は、水セメント比を一定 (40%) とし、単位水量の増減により変化させた。単位水量は、表-1 に示す値を基準として $150 \sim 185 \text{kg/m}^3$ の範囲で変化させている。ここで、単位水量を 150kg/m^3 にする場合には高性能 AE 減水剤の使用量を増加し、 185kg/m^3 にする場合には高性能 AE 減水剤の使用量が少なすぎるので AE 減水剤に変更した。単位セメント量の増加により、自己収縮ひずみが微増する傾向も見られるが、この試験の範囲ではその影響は極めて小さい。したがって、前述の骨材の組合せ 31 種類における自己収縮ひずみの相違は、骨材の品質に起因するものと考えても良いと思われる。

図-9 は、単位粗骨材絶対容積と自己収縮ひずみの関係を示したものである。単位粗骨材絶対容積は、表-1 に示す条件 (表中では細骨材率 s/a で表記) を基準に、高流動コンクリート等で採用する可能性がある $0.300 \text{m}^3/\text{m}^3$ まで減じた。単位粗骨材絶対容積を減じると、自己収縮ひずみは大きくなり、特に骨材 No.8 では、その傾向が顕著である。また、既報⁸⁾で示した乾燥収縮ひずみの場合と同様に、使用する骨材によって単位粗骨材絶対容積が自己収縮ひずみに及ぼす影響の度合いが異なる。

3.2 水セメント比および結合材の種類

冒頭で記載したとおり、PC 橋で使用される早強コンクリートは、設計基準強度 40N/mm^2 であっても水セメント比が 30% 台のものが多く、最近では高強度化によりさらに小さいものが使用されている。水セメント比の低下により単位セメント量が相当に多くなるため、自己収縮を含め、温度応力やアルカリ骨材反応等に対して総合的に対策を講じていく必要がある。その手段の一つとして他のセメントや混和材の使用は有効である⁹⁾。

ここでは、水結合材比を 30% とし、セメントと混和材の組合せが自己収縮ひずみに及ぼす影響を確認した。使用したセメントは、早強ポルトランドセメント以外に、普通ポルトランドセメント (記号: N, 密度 3.15g/cm^3) と低熱ポルトランドセメント (記号: L, 密度 3.24g/cm^3) である。また、使用した混和材は、フライアッシュ (記号: F, I 種, 密度 2.40g/cm^3)、高炉スラグ微粉末 (記号:

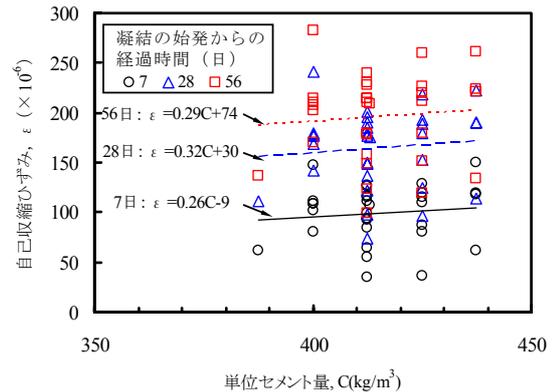


図-7 単位セメント量と自己収縮ひずみ比の関係

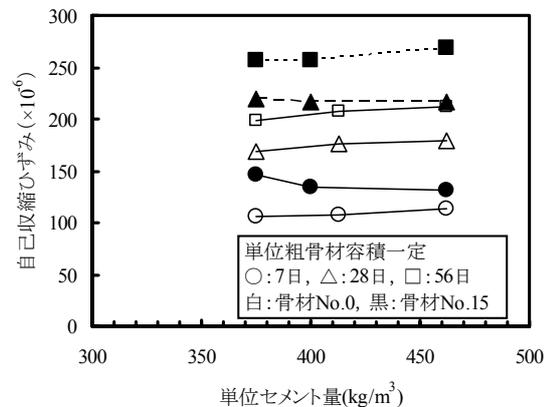


図-8 単位セメント量と自己収縮ひずみの関係

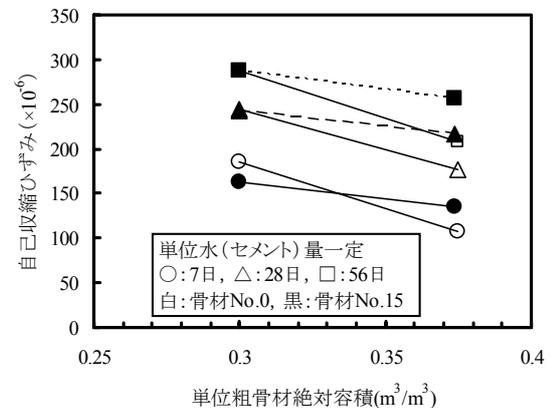


図-9 単位粗骨材絶対容積と自己収縮ひずみの関係

BF, 6000 級, 密度 2.91g/cm^3) およびシリカフェーム (記号: SF, エジプト産, 比表面積 $17.9 \text{m}^2/\text{g}$, 密度 2.25g/cm^3) の 3 種類であり、それぞれの置換率は、30%、50% および 15% である。これらの混和材は、いずれも早強ポルトランドセメントと組み合わせた。

自己収縮試験の結果を、図-10 に示す。早強ポルトランドセメントのみを使用し、水セメント比を 40% から 30% に低下させると、自己収縮ひずみは 56 日で 328×10^{-6} まで大きくなるが、図-2 に示す計算値よりもかなり小さ

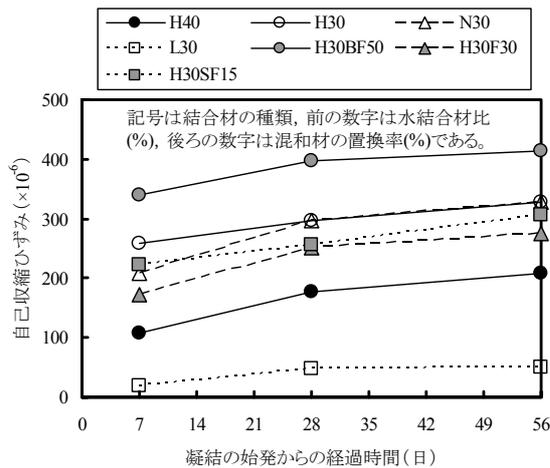


図-10 水結合材比および結合材の種類が自己収縮ひずみに及ぼす影響

い。普通ポルトランドセメントまたは低熱ポルトランドセメントを使用した場合には、早強ポルトランドセメントを使用した場合に比べて自己収縮ひずみが小さく、特に低熱ポルトランドセメントへの変更は自己収縮ひずみの低減に効果的である。それらのセメントを使用した場合の自己収縮ひずみは、図-2 に示す JCI ひび割れ制御指針⁶⁾の計算値より小さいが、 $20\sim 40\times 10^{-6}$ の差であり、計算値とはほぼ一致する。

各種混和材と早強ポルトランドセメントに組み合わせた自己収縮ひずみ (56 日) は、高炉スラグ微粉末の場合には自己収縮ひずみが 400×10^{-6} を超える。筆者の一人が行った実験¹⁰⁾では、水結合材比 30,40,55%のいずれにおいても、高炉スラグ微粉末の置換率を 50%にすると、 100×10^{-6} 程度増加することが確認されている。フライアッシュおよびシリカフェームを使用した場合には、早強ポルトランドセメントのみの場合に比べて、自己収縮ひずみが若干小さくなった。ただし、シリカフェームを使用したコンクリートの自己収縮ひずみは、56 日ではまだ収束しておらず、80 日を超えた時点で早強ポルトランドセメントのみを使用した場合の自己収縮ひずみと一致した。

これらの混和材に関する研究は、普通ポルトランドセメントに対して置換したものがほとんどである。PC 部材への適用においては、今後、自己収縮以外の品質を含めて総合的に検討を進める必要がある。

4. まとめ

PC 部材に使用する早強コンクリートの自己収縮ひずみに及ぼす要因を確認し、以下のことが明らかになった。

(1) 骨材の相違がコンクリートの自己収縮ひずみに及ぼす影響は乾燥収縮ひずみよりも大きく、材齢が若いほど、骨材によって自己収縮ひずみが大きく異なる。

- (2) 水セメント比 40%の早強コンクリートでは、JIS 試験で測定した長さ変化率の 20%程度は自己収縮ひずみが占める可能性がある。また、その比率は使用する骨材によって異なり、 $20\pm 10\%$ 程度の範囲を有する。
- (3) 自己収縮ひずみおよび乾燥収縮ひずみは、いずれもヤング係数との相関がある。
- (4) 水セメント比が一定 (40%) の場合、一般的な単位水量の範囲での単位セメント量の変化は自己収縮ひずみにほとんど影響しない。また、単位粗骨材絶対容積を減じると、自己収縮ひずみは大きくなる傾向があるが、その程度は骨材によって異なる。
- (5) 早強ポルトランドセメントを対して高炉スラグ微粉末で 50%置換すると、自己収縮ひずみは大幅に増加するが、フライアッシュで 30%またはシリカフェームで 15%置換した場合には、自己収縮ひずみは若干小さくなる。ただし、シリカフェームを使用した場合には、自己収縮ひずみは長期的に発生する傾向がある。

参考文献

- 1) 土木学会：2007 年制定コンクリート標準示方書，2008.3
- 2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5，2009.2
- 3) 日本コンクリート工学協会：コンクリートの収縮問題とその対応—委員会報告，2010.3
- 4) 土木学会：垂井高架橋損傷対策特別委員会中間報告書，2005.9
- 5) 谷口秀明，樋口正典，藤田学，河野広隆：施工者によるレディーミクストコンクリートの品質評価，コンクリート工学，Vol.48, No.2, pp.15-23, 2010.2
- 6) 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指針 2008，2008.11
- 7) 日本コンクリート工学協会：コンクリートの自己収縮研究委員会報告書，2002.9
- 8) 谷口秀明，佐々木亘，斯波明宏，樋口正典：コンクリートの乾燥収縮ひずみに及ぼす要因に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.32, No.1, pp.365-370, 2010.7
- 9) 谷口秀明，浅井洋，三加崇，三上浩：高強度コンクリートのアルカリシリカ反応性，第 17 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.87-92, 2008.11
- 10) 谷口秀明，藤田学，渡辺博志，葛西康幸：高炉スラグ微粉末を用いた PC 用コンクリートの収縮特性，土木学会第 58 回年次学術講演会，V-160, pp319-320, 2003.9