

コンクリートの乾燥収縮の抑制とその簡易測定法 に関する基礎実験

REDUCTION IN DRYING SHRINKAGE STRAIN OF CONCRETE AND ITS SIMPLIFIED MEASUREMENT

竹内弓恵*

by Yumie TAKEUCHI

1. はじめに

近年、幾つかの鉄筋コンクリート造建築物や橋梁において、JIS 適合レディーミクストコンクリート（以下、生コン）を用いたにも関わらず収縮ひび割れやそれに伴う過大なわみ等の不具合が発生した。そして、これを契機として土木学会や日本建築学会等の設計規・基準類においてコンクリートの乾燥収縮率の上限値が規定されたり見直されたりしたことは周知のとおりである。

この動きに合わせて、これらの学・協会においてはコンクリートの乾燥収縮に関する性状の解明、抑制方法、測定方法の標準化等への取り組みが行われ、有用な成果が蓄積されてきている¹⁾。

著者は、乾燥収縮の低減策として、現在使用されている生コンの粗骨材が砕石から石灰岩砕石へとシフトする傾向が強まっていることに疑問を抱き、以下の事項について基礎実験を行ってきた。

- ①砕石を使用した生コンの乾燥収縮率の現状把握。
- ②生コンの乾燥収縮率を求めるための簡易試験法の提案とその適用性の検証。
- ③生コンの乾燥収縮を抑制するために取り得る配合上の工夫。

本報告では、乾燥収縮抑制対策の一助に資するため、これらのうちの②と③を中心として、これまでに得られた知見の一部を紹介する。そして、その結果に基づき、乾燥収縮の抑制には使用骨材以外の要因の影響も大きく、骨材岩種の変更のみならず、バランスのとれた総合的な抑制策を施すことの必要性について指摘する。

2. 乾燥収縮率の簡易測定法とその適用性

コンクリートの乾燥収縮率の測定は、通常 JIS A 1129 に準拠して行われ、7 日間の標準水中養生の後、温度 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、湿度 $60 \pm 5\%$ の環境下で乾燥させた $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ の角柱供試体を対象とし、その乾燥材齢 26 週における長さ変化から求められる。この試験は、公的試験機関でなければ実施が難しく、しかも

かなり高額のコストが必要である。そのため、生コン工場が、単独で配合上の工夫によって乾燥収縮低減のための方策を検討する際の障害となっている。

著者等²⁾は、この状況を打開するため、写真 1 に示した円柱供試体を設定温度 40°C の乾燥機の中で乾燥させ、その長さ変化から乾燥収縮率を求める簡易測定法（以下、簡易法）を提案し、これを使用して鋭意実験的検討を行ってきた。表 1 に、この簡易法の概要を示す。表 2 には、この簡易法（乾燥材齢 3 週）による測定値 X_1 と JIS A 1129 の測定法（乾燥材齢 26 週）による測定値 X_2 の比 $R_{sh} = X_1/X_2$ に関する統計値を示す。表 3 には、使用したコンクリートの配合における因子を示す。測定値比 R_{sh} の平均値は $m=0.98$ 、変動係数は $V_R=3.8\%$ であり、データは、

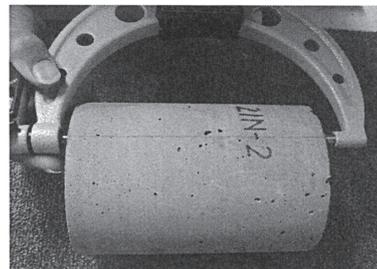


写真 1 簡易法による供試体長さの測定状況

表 1 簡易測定法の概要

	形状	・円柱
	寸法	・径 100mm×長さ約 150mm
試験体	作製方法	・圧縮強度試験用円柱型枠にコンクリートを打設。
		・材齢 1 日で脱型し、標準水中養生。
		・材齢 4 日において、供試体をマイクロメータの測定範囲に合わせて（例えば 150mm 弱に）カッターで切断。
		・材齢 10 日から測定開始。
乾燥方法		・ 40°C に温度設定した乾燥機中に静置。
		・ 1 日置きを目安に試験体の上下、左右、及び静置場所を入れ替える。
測定方法		・ デジタルマイクロメータ（例えば目量 0.001mm、最大測定範囲 150mm）を使用
		・ 高さ方向の長さを、4ヶ所（90度間隔）で測定。
		・ 直径を、高さ方向について両端から高さの 1/3（例えば 50mm）程度の位置で測定。

*三豊産業有限会社 試験室（〒769-1505 香川県三豊市豊中町本山乙 607 番地 24）

(平均値±1.87×標準偏差)の中に収まっている。測定値 X1 と X2 はかなり一致しており、当初の目的どおり、少なくとも乾燥収縮率の大小については簡易法での測定結果を用いて議論できると考えられる。

なお、日本コンクリート工学会(以下、JCI)による最近の調査¹⁾によれば、測定値 X2 の変動係数 Vx2 は 3~5%程度であり、今回の変動係数 VR の値とそれほど大きな差はなく、この点からみて X1 そのものの変動係数 Vx1 は小さいと推測される。また、X1 と X2 との関係性を直線近似すると、 $X1 = 0.978 \cdot X2$ (相関係数 R=0.82)となる。本研究では、乾燥収縮率として適宜 JIS A 1129 による測定法と簡易法の2つの測定結果を用いる。

表 4 に、簡易法による乾燥収縮率の測定値について、乾燥材齢 3 週での収縮率を材齢 1 週、10 日、2 週における収縮率で除した値の平均値、標準偏差及び変動係数を示す。乾燥材齢 2 週での変動係数は 4.2 %と比較的小さく、この材齢での簡易法における測定値を 1.12 倍することで、簡易法での材齢 3 週、ひいては JIS A 1129 法での材齢 26 週における乾燥収縮率をかなりの精度で予測可能であると考えられる。

3. 使用骨材の工夫による乾燥収縮率低減の試み

3.1 摩砕処理粗骨材の効果

図 1 に、本研究で使用したコンクリート配合の表記方法を示す。

JCI の報告書¹⁾では、単位水量 10kg/m³の低減に対して乾燥収縮率は 0.20×10⁻⁴程度減少するとある。複合理論³⁾によれば、乾燥収縮率への主要な影響因子は骨材体積比と骨材自体の乾燥収縮率である。

これらから分かるように単位水量が乾燥収縮率に及ぼす影響の度合いは小さいと考えられるが、骨材自体の収縮率を低減出来ないとすれば、乾燥収縮を低減するための配合上の方策は、単位水量を減少させることで間接的に骨材体積比を増加させることしかない。乾燥収縮率との相関が強いとされる比表面積は、骨材自体よりもセメントペーストの方が大きい⁴⁾、当該方策はその体積を減少させることにも繋がる。

著者等²⁾は、ジョークラッシャーを始めとする複数の破砕機によって製造した骨材を、さらにスクリー型⁵⁾の摩砕機で処理し、角張りを減少することによって実積率等の特性を向上させた骨材を製造した。

表 5 に、摩砕処理前後における一部の指標値の比較を示す。同表中において、突固め無し実積率とは、実積率試験用容器の頂面の上方約 10 cm の位置から粗骨材を投入し、突固めを行わずに実積率を求めたもの、貫入量とは、この実積率試験後に、容器頂面

の上方 75 cm の位置からスランプ試験用突き棒を鉛直に落下させ、骨材中への貫入量を計測したものである。この2つの指標は、フレッシュコンクリート中での粗骨材の回転性能の違いを見ることを意図したものである。同表から分かるように、2つの指標値には改善が見られており、フレッシュコンクリートの流動性の向上が期待される。

そこで次に、この骨材の使用により流動性を高めることで単位水量を低減させたコンクリートを作製し、その乾燥収縮率抑制効果を調べた。表 6 に試験結果、図 2 に乾燥収縮率と乾燥材齢の関係の一例をそれぞれ示す。粗骨材表面を摩砕処理すること

表 2 簡易測定法(乾燥材齢 3 週)と JIS A 1129 (同 26 週)による測定結果の比較*

統計量	(簡易法)/(JIS A 1129 法)測定歪比 Rsh
データ数	9
範囲	0.92~1.05
平均値	0.98
標準偏差	0.037
変動係数(%)	3.8

*: 普通ポルトランドセメント使用時。

表 3 乾燥収縮測定に使用したコンクリートの配合

配合因子	水準
セメント種別	普通ポルトランドセメント 高炉セメント B 種
粗骨材種別	安山岩、硬質砂岩 安山岩+石灰岩
混和剤種別	高機能 AE 減水剤 高性能 AE 減水剤(含、収縮低減型)
水セメント比	50~60 (%)
単位水量	160~181 (kg/m ³)

表 4 代表的材齢に対する材齢 3 週での乾燥収縮率*の比(データ数 22 個)

乾燥材齢	1 週	10 日	2 週
平均値	1.622	1.318	1.124
標準偏差	0.223	0.104	0.047
変動係数(%)	13.8	7.9	4.2

*: 簡易法による。

表 5 摩砕処理前後における粗骨材の性状比較

指標	処理前	処理後
突固め無し実積率 (%)	56.1	58.3
	57.6	58.8
貫入量 (mm)	59.0	64.3
	90.3	106.0

上段は 2015 碎石, 下段は 1505 碎石の測定値。

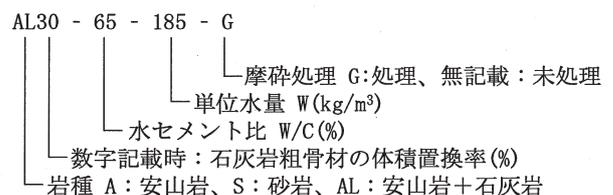


図 1 供試体の表記方法

により、単位水量 W は、目標スランプ 18 cm の場合、 181kg/m^3 (A-55-181) を 161kg/m^3 (A-55-161-G) 程度にまで、同じく 10 cm の場合、 165kg/m^3 (A-59-165) を 159kg/m^3 程度 (A-59-159-G) にまで、実用上低減可能であることが分かった。そして、これに伴って乾燥材齢 3 週での収縮率は 9.00×10^{-4} 台半ばから 8.00×10^{-4} 程度以下にまで減少した。

最後に、乾燥材齢 3 週での乾燥収縮率をさらに抑制するため、以下の 3 つの方策を講じた供試体を作製した。

- ① 高性能 AE 減水剤の添加量を増加する。
- ② FA II 種の細骨材体積置換率(単位量)を 5.0 % (37kg/m^3) から 7.5 % (56kg/m^3) に増加する。
- ③ W を 161kg/m^3 に低減する。

その結果、乾燥収縮率は 7.00×10^{-4} 台後半 (A-59-161-G) にまで抑制できた。

なお、硬質砂岩の場合にも、摩砕処理粗骨材の使用によって W を低減することで、 9.00×10^{-4} 台 (S-55-181) の乾燥収縮率を 7.00×10^{-4} 台 (S-55-161-G) にまで抑制できることを確認した。

図 3 に、 $W/C=55\%$ 、目標スランプ 18cm のコンクリートについて、乾燥収縮率と単位水量 W の関係を簡易法によって測定した結果を示す。同図では、 $W=10\text{kg/m}^3$ の低下につき、乾燥収縮率は 0.63×10^{-4} 低減できている。上述した JCI の報告書¹⁾によれば、低減量を $0.24 \times 10^{-4} \sim 0.44 \times 10^{-4}$ と評価しており、今回の結果はオーダー的にほぼ一致している。

3. 2 石灰岩粗骨材の混合使用

現在、乾燥収縮を低減するために採用されている最も一般的な方策は、粗骨材の一部として石灰岩を混合使用することである¹⁾。

図 4 に、摩砕処理を施していない安山岩粗骨材を体積率 30 % 及び 50 % で石灰岩粗骨材に置換したコンクリート (A-50-170、AL30-50-170、AL50-50-170、 $FA=40\text{kg/m}^3$ で共通) について、その収縮率 ϵ_{sh} と置換率 r_g の関係を示す。同図より、 r_g の増加に伴って ϵ_{sh} は直線的に低下することが分かる。今回使用した石灰岩の場合、収縮率を $\epsilon_{sh} \leq 8.00 \times 10^{-4}$ とするには r_g を 50 % 程度以上に、 $\epsilon_{sh} \leq 6.50 \times 10^{-4}$ とするには 80 % 程度にまで増加させる必要がある。後者については、コンクリートの製造効率や乾燥収縮率の実験的ばらつき等を考慮すれば、実際上は粗骨材のほぼ全量を石灰岩で置換しなければならないことを意味している。石灰岩の中にもコンクリートの乾燥収縮を低減する効果の無いものが存在することは、既に多くの文献¹⁾で指摘されている。図 4 の結果は、乾燥収縮低減効果をもつ石灰岩を使用する場合であっても、骨材の物理的・化学的特性等だけではなく、

その置換率と得られる収縮率の関係について、事前に十分把握しておくことの必要性を再認識させるものである。

3. 3 フレッシュ細骨材の使用

細骨材の物性の違いが乾燥収縮に及ぼす影響について調査した研究は、現時点ではその数が少ない。この問題に関して、砕石業者が自社で製造する細骨

表 6 摩砕処理による乾燥収縮率の効果(一例)

記号	W/C (%)	単位水量 (kg/m ³)	乾燥収縮率 ($\times 10^{-4}$)
A-55-181	55	181	8.79
A-55-161-G	55	165	7.99
A-59-165	59	165	9.46
A-59-159-G	59	159	8.20
A-55-161-G*	55	161	7.79
S-55-181	55	181	9.20
S-55-161-G	55	161	7.53

* 高性能 AE 減水剤添加量及び単位 FA 量を増加した場合。

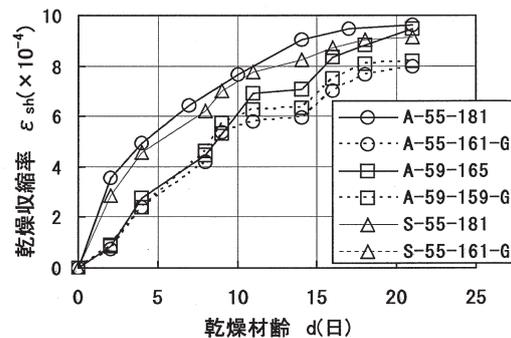


図 2 乾燥収縮率—乾燥材齢関係(一例)

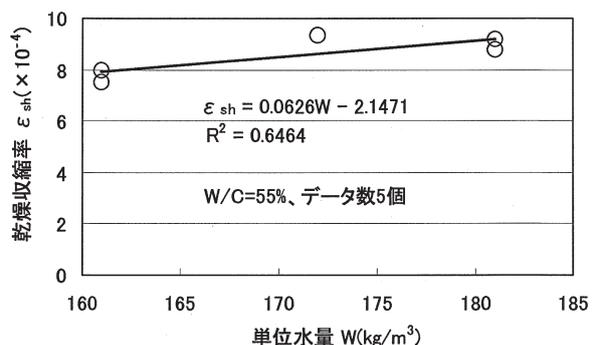


図 3 乾燥収縮率—単位水量関係

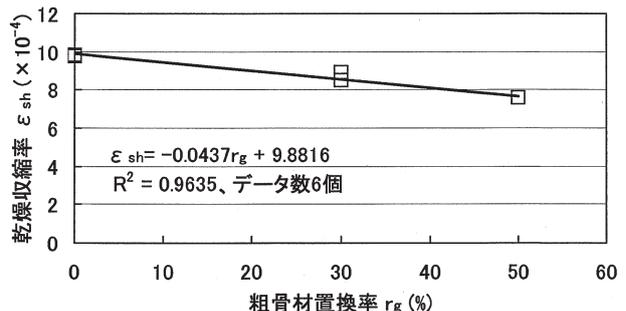


図 4 乾燥収縮率—石灰岩粗骨材体積置換率関係

材に対して工夫を施す余地があるとすれば、原材料をどの段階で採取し、どのような処理をするかということである。今回、同一の安山岩を対象とし、以下の2種類の方法で製造した細骨材を用いてコンクリート(A-50-180、高機能AE減水剤を使用)を作製し、その乾燥収縮率について比較検討した。その際、両者の粗粒率は同一に揃えた。

①2.5 mm～5.0mm 粒子と 5.0mm～15mm 粒子をブレンドした骨材を破碎処理し、これにさらにスクリーニングスをブレンドして粒度調整を行った細骨材。

②1505 骨材を直接破碎処理して製造した細骨材。乾燥収縮率を簡易法によって測定した結果、①よりも②の方が 0.40×10^{-4} 程度小さくなった。しかし、残念ながら両者の差は有意であるとは考えられず、同一の原石から採取した細骨材においては、製造方法の工夫の効果は小さいという結果になった。

3. 4 粗骨材の物理的性質と収縮率

表7に、本報告で使用した安山岩及び硬質砂岩の物理的性質を示す。同表中の密度及び吸水率は、碎石についての測定値、収縮率及び質量減少率は、円柱コア供試体を24時間吸水させた後、105℃の乾燥機中で24時間乾燥させた場合の測定値である。同表によれば、碎石の吸水率は安山岩の方が硬質砂岩に比べてやや小さいにも関わらず、コアの供試体の収縮率は安山岩の方が硬質砂岩よりも3倍以上大きい。

表8に、これらの粗骨材を用いて作製したコンクリート供試体における乾燥収縮率の一例を示す。この例では、同一配合であれば、硬質砂岩粗骨材を使用の方が安山岩粗骨材を使用した場合よりも収縮率は5%程度小さい傾向にあるが、骨材そのものの収縮率ほどの差は見られなかった。一般に、吸水率の小さい方がコンクリートの収縮率は小さくなる傾向にあるといわれているが、今回の検討の範囲内ではその相関性は小さいといえる。

表7に示した安山岩のコア供試体は、目視でも節理を有していることが判別できるものであった。このことを考え合わせると、上記の一因として、粗骨材製造時に原石がこの節理に沿って破碎され、コンクリートとしての乾燥収縮率への影響が小さくなったことが考えられる。コア供試体を用いた骨材ベースの物性試験結果をコンクリートの性状把握に反映させる場合には、この点に注意を要する。

4. 乾燥収縮率低減策に関する幾つかの考察

4. 1 高性能AE減水剤

3. 1節で述べた、摩擦処理粗骨材を用いて単位水量を大幅に低減した配合のコンクリートでは、経

時に伴うスランプロスの面で若干の問題が残った。そこで、混和剤を高機能AE減水剤から高性能AE減水剤に変更することでスランプの経時変化を小さくすると共に、乾燥収縮率のさらなる抑制を目指して、配合に以下の3つの修正を講じたコンクリートについて検討した。

①単位水量を 160 kg/m^3 へと低減。

②単位FA(Ⅱ種)量を 64 kg/m^3 へと増加。

③単位粗骨材かさ容積を $0.64 \text{ m}^3/\text{m}^3$ へと増加。

その結果、フレッシュ時の性状及びその経時変化は改善されたが、乾燥収縮率は 7.00×10^{-4} 台後半から 9.44×10^{-4} へと逆に増加してしまった。すなわち、乾燥収縮抑制要因である上記①～③の効果を高機能AE減水剤の使用がほぼ相殺してしまう結果となった。

著者等が別途実施した予備実験でも、あるa社製の高性能AE減水剤を使用した場合、高機能AE減水剤を使用した場合と同等かあるいはそれよりも大きな乾燥収縮率を示した供試体があった。これらの結果及び3. 1節の結果を勘案すると、乾燥収縮率低減のために、まず「単位水量を低減(単位粗骨材量を増加)」し、必要があれば「高性能AE減水剤を使用してさらに単位水量を低減する」という方策が必ずしも効果的でない場合のあることについて留意しておく必要がある。

4. 2 収縮低減型高性能AE減水剤

ある混和剤メーカーa社製の収縮低減型高性能AE減水剤を標準期配合に適用した場合、乾燥収縮率の低減率は6%程度であったのに対して、別の混和剤メーカーb社製の収縮低減型高性能AE減水剤を夏期配合に適用した場合、乾燥収縮率の低減率は20%以上に達した。

一般に、夏期には標準期に比べて材齢1週から材齢

表7 使用骨材の物理的性質

特性値	安山岩	硬質砂岩
表乾密度 (g/cm^3)	2.58	2.56
絶乾密度 (g/cm^3)	2.55	2.53
吸水率 (%)	1.04	1.33
収縮歪 (μ) *	678	187
質量減少率 (%) *	1.03	1.31

*: 円柱コア供試体を24時間吸水後、105℃の乾燥機中で24時間乾燥した後の値。

表8 骨材岩種が乾燥収縮率に及ぼす影響の一例

配合	測定収縮率 ($\times 10^{-4}$) *	(硬質砂岩 S)/(安山岩 A) 乾燥収縮率比
A-55-181	9.73	0.95
S-55-181	9.20	(普通ポルトランドセメント使用)
A-60-181	10.3	0.95
S-60-181	9.71	(高炉セメントB種使用)

*: JIS A 1129法による。

4週までの強度の伸びが小さい。強度発現は水和反応の進行度と対応しているため、夏期配合を用いたコンクリート試験を夏期に実施する方が、標準期配合を用いた試験を冬期に実施するよりも材齢1週での圧縮強度は大きい。乾燥収縮試験では、1週間の標準水中養生の後、供試体の乾燥を開始するため、前者の方が収縮率は小さくなる可能性がある。このことが、上記の高性能AE減水剤による乾燥収縮率の低減率の違いに影響を及ぼした一因とも考えられるため、今後さらに検証が必要である。また、収縮低減型高性能AE減水剤の効果は、他の使用材料との相性等によってその効果にはかなりの幅があり、使用時にはこの点についても予め十分検討しておく必要がある。

図5に、b社製の収縮低減型高性能AE減水剤を用い、単位水量は $W=185\text{kg/m}^3$ で一定のまま、水セメント比 W/C を40、50、60%に変化させたコンクリート(A-40-185、A-50-185、A-60-185)について、簡易法を用いて乾燥収縮率を計測した結果を示す。測定結果を直線近似すると $W/C=5\%$ の低下につき、乾燥収縮率は 0.15×10^{-4} 程度低減できている。JCIの報告書¹⁾によれば、この低減量を $0.10\times 10^{-4}\sim 0.15\times 10^{-4}$ と評価しており、今回の結果はこれとほぼ一致する。

4.3 普通ポルトランドセメント

表9に、これまでの議論で使用したセメントメーカーA社製に加えて、別のB社製及びC社製の普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートを対象とし、その乾燥収縮率の比較を行った結果を示す。簡易法による乾燥収縮率は、それぞれ 8.71×10^{-4} 、 8.74×10^{-4} 及び 8.51×10^{-4} となった。3者の配合が異なっているので断定することは出来ないが、石灰岩の使用の有無(A社の配合で使用)、水セメント比(A社が最も低い)、単位水量(A社が最も少ない)等を勘案すると、試験誤差等の影響を考慮しても、A社製の代わりにB社製又はC社製のセメントを使用することで乾燥収縮率を低減できると考えられる。他の試験結果を考慮に入れると、その値は 0.50×10^{-4} 程度と推定される。

4.4 フライアッシュ(FA)Ⅱ種

表10に、コンクリート(A-50-175)の乾燥収縮率に及ぼす単位フライアッシュ(FA)量の影響の一例を示す。FAは、骨材として砕砂及び砕石のみを用いたコンクリートのフレッシュ時性状を改善するために使用したものであり、密度 2.25g/cm^3 、粉末度約 $3300\text{cm}^2/\text{g}$ 、フロー値比100%、活性度指数100%(材齢91日)のⅡ種製品である。セメントにはC社製、混和剤にはc社製の高性能又は高機能AE減水剤を使用した。同表から分かるように、 $FA\leq 50\text{kg/m}^3$ では、AE減水

剤の種別に関わらず乾燥収縮率はほぼ同一であるが、 $FA=80\text{kg/m}^3$ の場合のみ 0.50×10^{-4} 程度収縮率が低減されている。これが実験誤差であるのか、あるいは単位FA量に、ある閾値のようなものが存在するののかについては、さらに検討が必要である。

4.5 膨張材

通常、膨張材によるコンクリートの膨張効果は材齢5日~7日程度でほぼ終了する。そして、この膨張材を使用したコンクリートの膨張及び収縮時の長さ変化率の測定は、JIS A 6202の附属書2(参考)に規定された一軸拘束状態の角柱供試体を用いるのが一般的である。そのため、JIS A 1129に準拠する材齢7日以後における乾燥収縮率の測定を対象として、膨張材の効果を検討した研究報告は多くない。一つの報告例として、JCIの報告書¹⁾の中に、水セメント比57%、単位水量 175kg/m^3 のコンクリートについて、膨張材を添加することで16%の収縮低減率が得られた、との記述がある。このことは、膨張材を使用することで、その膨張効果が終了した後に乾燥を受けた場合にも乾燥収縮率を低減出来ることを意味している。

表9 セメント製造メーカーの違いが乾燥収縮率に及ぼす影響の一例

セメント	配合	乾燥収縮率* ($\times 10^{-4}$)
A社	AL30-50-174 高機能AE減水剤	8.71
B社	A-53.5-185 高機能AE減水剤	8.74
C社	A-58.5-174 高性能AE減水剤	8.51

*:簡易測定法による。

表10 フライアッシュⅡ種が乾燥収縮率に及ぼす影響の一例

配合	AE減水剤	単位FA量 (kg/m^3)	乾燥収縮率* ($\times 10^{-4}$)
W/C=50% W=175 kg/m^3 (A-50-175)	高性能	80	8.48
	高性能	0	8.90
	高機能	50	8.95
	高機能	0	9.07

*: JIS A 1129 法による。

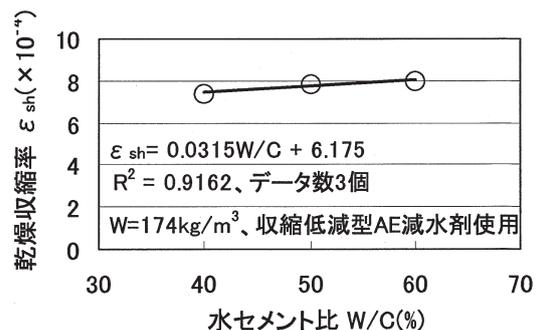


図5 乾燥収縮率-水セメント比関係

著者は、膨張を添加したコンクリートの乾燥収縮への簡易法の適用性を調べるため、水セメント比54%、単位膨張材量 $20\text{kg}/\text{m}^3$ 、単位水量 $162\text{kg}/\text{m}^3$ の膨張コンクリートを作製し、その乾燥収縮率を測定した。このコンクリートは、収縮補償を目的としたスランプ8cmの土木構造物用のものである。まず、材齢1日で脱型し、直ちに標準水中養生状態においた円柱供試体を対象とし、円断面直径方向の長さ変化率を測定した。その結果、脱型時を基準とする養生材齢5日目の長さ変化率は、 0.40×10^{-4} 程度の小さな膨張に留まった。

次に、通常の簡易法による測定を行ったところ、材齢3週における円柱供試体長さ方向の乾燥収縮率が 6.24×10^{-4} と小さかったのに対して、円断面直径方向のそれは 9.35×10^{-4} と大きかった。すなわち、膨張材による乾燥収縮率抑制効果は、前者では良好であるが、後者では全く効果が見られないという結果になった。

供試体作製に使用した型枠は、押し抜きタイプのものである。そのため、供試体は、長さ方向に膨張しようとする際にはその側面に型枠内面との比較的弱い摩擦拘束が作用するのに対して、円断面の直径方向に膨張する際には型枠から強い2軸圧縮拘束を受ける。上述したの長さ方向と直径方向の乾燥収縮率の違いの原因が、この材齢初期における変形拘束にあるのか否かについては、さらに検討を要する。

4. 6 乾燥収縮率抑制への今後の取り組み

以上の議論から明らかなように、乾燥収縮率への影響因子は骨材のみではない。コンクリートの乾燥収縮率が 9.00×10^{-4} 台になる骨材であっても、セメントや混和材料の組み合わせを変更すれば、高価な収縮低減剤等を使用しなくても 8.50×10^{-4} を下回るコンクリートを作製できる可能性がある。しかし、現実問題としては、生コン会社がこれら使用材料の製造メーカーを変更することは容易ではない。砕石業界が保有する地山を変える事も不可能に近い。従って、乾燥収縮率の抑制は、骨材のみの問題としてではなく、セメントや混和材料を含めた生コンの製造、さらにはその使用に関わる全ての業界が取り組むべき課題であると捉える必要がある。生コン業界及び砕石業界は、本報告で述べた事項を踏まえて、そのことを今一度広く訴えていくべきであろう。

5. まとめ

本報告では、まず、著者等が提案した乾燥収縮率の簡易測定法の適用性について、JIS A 1129 法との比較を通して簡単に説明した。次に、これら2つの測定法を用いた実験結果に基づき、乾燥収縮抑制策

について幾つかの考察を加えた。得られた結果を、以下に要約する。

- (1) コンクリートの乾燥収縮率が大きくなる石質の粗骨材であっても、その表面を摩砕処理して同一スランプにおけるコンクリートの単位水量を大幅に低減することで、収縮率をかなり抑制できる可能性がある。
- (2) フライアッシュⅡ種を $80\text{kg}/\text{m}^3$ 以上添加することにより、乾燥収縮率を 0.50×10^{-4} 程度低減できる可能性がある。
- (3) 高性能AE減水剤を用いることで単位水量を低減しても、コンクリートの乾燥収縮を抑制できない、或いは逆に増加させてしまう場合がある。
- (4) 普通ポルトランドセメント及び収縮低減型を含めた高性能AE減水剤は、製造メーカーによってそれらを用いたコンクリートの乾燥収縮率がかなり相違するため、予め試験練りによって他の使用材料との相性等について検討しておく必要がある。
- (5) 膨張材を添加したコンクリートで作製した供試体は、生ずる膨張率が供試体の型枠による拘束の方向及びその程度によって変化し、それに伴って乾燥収縮率も影響を受ける可能性がある。
- (6) 同一の原石を用いた細骨材では、その製造方法を変更することによる乾燥収縮率抑制への効果は小さい可能性が高い。
- (7) 地山から採取したコア供試体の乾燥収縮率と、これと同一石質の粗骨材を使用して作製したコンクリートの乾燥収縮率とはかなり相違する場合があります。収縮モデル等の構築に際しては注意を要する。

参考文献

- 1) 例えば、日本コンクリート工学協会コンクリートの収縮問題検討委員会：報告書、日本コンクリート工学協会(2010)
- 2) 竹内 弓恵・長友 克寛・井下 喜嗣：摩砕処理粗骨材の使用による乾燥収縮の低減とその簡易測定法に関する基礎実験、コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, No. 1, pp. 577-582(2009)
- 3) 江口 清・寺西 浩司：複合モデルを基盤としたコンクリートの乾燥収縮予測式、日本建築学会構造系論文集, No. 557, pp. 15-22(2002.7)
- 4) 今本 啓一：比表面積と細孔量に基づくセメント系材料の収縮挙動に関する一考察、コンクリート工学年次論文集, Vol. 29, No. 1, pp. 603-608(2007)
(2011年12月28日受付 2012年2月18日受理)