

# 報告 磨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

竹内 弓恵\*1・長友 克寛\*2・井下 喜嗣\*3

**要旨:** 本報告では、設定温度 40℃の乾燥機中に静置した円柱供試体を使用し、その長さ変化を計測することによって乾燥収縮歪を求める簡易法の適用性について検討した。計測結果は、一般に使用されている角柱供試体の長さ変化試験結果とある程度一致するものであった。次に、900 $\mu$  台の乾燥収縮歪を示していたコンクリートの収縮量を低減する一方策として、スクリー型の磨砕装置によって粒形および表面の粗度を改善した粗骨材とフライアッシュの使用によって単位水量を減少させることを試みた。検討の結果、同一石質の骨材を使用したコンクリートであっても、乾燥収縮を 700 $\mu$  台にまで低減できる可能性があることを示した。

**キーワード:** 乾燥収縮, 簡易測定法, 円柱供試体, 粗骨材, 磨砕処理

## 1. はじめに

持続可能な社会を構築するため、コンクリート業界においても二酸化炭素の排出量削減、リサイクル材料の積極的使用等、様々な取組みがなされ始めている。ライフサイクルコストの削減を目指し、設計耐用年数の延長を図る目的で耐久性の向上を図ることもその一環である。この耐久性の向上のために、土木学会コンクリート標準示方書設計編および日本建築学会鉄筋コンクリート工事標準仕様書 (JASS 5) において最終乾燥収縮歪の上限値が規定され、あるいは規定されようとしていることは周知の通りである。JCI にも乾燥収縮に関する検討委員会が設置され、本年度夏頃を目途に、様々な課題に対する解決の方向性を見出すための取組みが動き始めており、その成果が期待されている。

ところで、地方の一レディミクストコンクリート (以下、生コン) 製造会社が配合等の工夫によって乾燥収縮と向き合うことは技術レベルの向上を図る上で貴重な機会と考えられる。しかし、現状ではそれに際して 2 つの大きな問題が生じている。1 つ目は、乾燥収縮の計測を公的試験機関に依頼する場合、時間と費用がかかることである。特に、計測に JIS A1129 の長さ変化試験を適用する場合、何らかの手段で型枠およびその付属品を新たに準備する必要もある。2 つ目は、公的試験機関に試験体を持ち込むためにはある程度配合を絞る必要があるが、そのための特別な試験器具を要さない簡易試験法の無いこと、すなわち乾燥収縮対策への自由度が小さいことである。

1 つ目の問題点の解決策として、これまでに乾燥収縮を推定するための実験式が数多く提案されてきており、その定量化は着実に進んできている。しかし、乾燥収縮

への影響因子は数多く存在し、しかもそれらが複雑に関わりあうため、その影響度を定量化することは非常に難しい。そのため、それら提案式<sup>1)2)</sup>の中には、推定精度を向上させるために変数としてコンクリート、ペースト、骨材の弾性係数等が含まれている。実務での使用を考えた場合、このことは研究所や試験所レベルでしか対応できない状況をつくり出していると言えなくもない。吸水率からこれらの材料特性値を推定可能な実験式<sup>3)</sup>も提案されており、今後の展開が期待されるが、一般性を持つためにはさらなる実験データの蓄積が必要であろう。いくつかの研究<sup>4)</sup>では、短期間 (例えば 1 ヶ月間) の乾燥収縮量から 6 ヶ月後の収縮量を予測する試みもなされ、ある程度の予測精度を上げること成功しているが、上述した問題点を解決するものではない。

2 つ目の問題点の解決策として、例えば日本建築学会鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針 (案)・同解説<sup>5)</sup>では、乾燥収縮が大きい場合には、高性能 AE 減水剤による単位水量の低減、収縮低減剤・膨張材による収縮保証、さらには使用骨材の石灰岩への変更が推奨されている。しかし、混和材料の使用についていえば、この対策には付加的費用がかかり、生コン製造会社の立場からみると、その費用が販売価格に転嫁出来れば問題はないが、現実を鑑みるに、多くの場合それは難しいと考えられる。石灰岩の使用についていえば、確かにこの対策は技術的に一番安易で確実性の高いものである。しかし、石灰岩入手が全ての生コン業者に対して機会均等ではないこと、遠距離輸送に伴い CO<sub>2</sub> の排出量が増加すること、骨材の地産地消体系を大きく乱すこと、購入者から過剰な乾燥収縮低減の要求がなされた場合、地方の骨材製造業者の経営・存続を左右する恐れ

\*1 三豊産業(有) 試験室 (正会員)

\*2 三豊産業(有) 試験室 博士(工学) (正会員)

\*3 三豊産業(有) 試験室

あること等、数多くの問題を孕んでいることも事実である<sup>6)</sup>。

本報告の目的は、(1)地方企業の試験室レベルで乾燥収縮歪の目安を計測できる簡易測定法について検討すること、(2) その測定法を使用し、乾燥収縮歪の大きなコンクリートを対象とし、使用骨材の形状改善や配合上の工夫でその収縮低減を図れる可能性があるかどうかを探ること、の2つである。

## 2. 簡易測定法の概要

### 2.1 使用設備・備品

本実験の遂行に際しては、地方企業の試験室で実施できることを念頭に置き、一般に所有していると考えられる設備・備品を使用した。その内の主なものは、(1) 円柱供試体、(2) 型枠の精度検定用のマイクロメータ（測定可能長 125～150 mm のもの）、(3) 端面研磨機、(4) 乾燥機、の4つである。

### 2.2 測定方法

本実験で採用した測定スケジュールは以下の通りである。

- (1) コンクリート練混ぜおよび供試体作製。
- (2) 脱型（材齢1日目）。その後、水中養生（20℃）。
- (3) 供試体の切断（型枠に高さ150 mm程度コンクリートを詰めても可）、端面研磨、計測位置の記入（材齢4日目）。その後、水中養生（20℃）。
- (4) 供試体を養生槽から取り出し、表乾状態にして質量および長さを測定（材齢10日目）。
- (5) 40℃に設定した乾燥機中（相対湿度は約25%）

に静置し、2～3日間隔で長さ変化を測定。

図-1に供試体の形状・寸法の概略を示す。本実験では、径100 mmの円柱供試体を長さ約145 mmに切断したものを使用した。上下端面の円形断面について、それぞれその中心を通り互いに直交する2本の線を引き、その線が供試体縁と交わる位置の長さ（4箇所）を精度0.001 mmのデジタルマイクロメータを用いて測定した。供試体側面には薄いセメントペースト層が存在しているため、高さ方向の測定位置は出来る限り断面縁から離れている方が望ましいが、マイクロメータの測定丸棒を内部に設けた測定位置に正確に一致させることは困難であった。そこで、測定位置のずれを可能な限り小さくするため、写真-1に示すようにマイクロメータの丸棒が端面の円断面縁に内接するようにして測定を行った。

直接マイクロメータの丸棒と供試体とが接触しないように、測定位置に厚さ約1 mmのアルミ板を貼付した計測も実施したが、測定値が大き目に現れた。これは、丸棒の先端面とアルミ板との滑りが生じやすいこと、供試体とアルミ板との間の接着剤層の厚さに変化の生ず

る可能性のあること等が原因と考えられる。そのため、以下の議論ではマイクロメータを供試体表面に直接接触させた場合の実験結果を使用する。

今回使用した円柱供試体の体積 $V$ —表面積 $S$ の比 $V/S$ は18.6であり、一般に使用されている角柱供試体の値22.2と異なる。しかし、乾燥収縮歪の最終値への比 $V/S$ の値の影響は小さいという報告<sup>7)</sup>もあり、この視点に立てば問題ないと考えられる。

供試体は、1つの配合に対して3体作製し、合計12個の測定値を処理して長さ変化を求めた。通常の角柱供試体では、1体につき1個の測定値しか得られないが、この供試体ではその4倍の測定値が得られる。これによって1個毎の測定誤差の大きさをカバーしようと考えた。参考のため、長さのほぼ3等分位置における直径方向（2箇所）の長さ変化についても、併せて測定した。

データの読み取り誤差を出来る限り小さくするため、マイクロメータを保持する担当者として、そのダイヤルを回転させてマイクロメータの丸棒と供試体とを接触させ、長さを読み取る担当者の2名を固定した。

供試体を静置する乾燥機の温度は、夏期における現場での気温を念頭に置き40℃に設定した。供試体は、高さ方向を上下方向にして静置し、測定で取り出す毎に上下面を入れ換えると共に位置をローテーションした。

通常の長さ変化試験では、水中養生7日目から計測を開始するが、本実験では供試体の切断および研磨による測定面の損傷の影響を小さくするため、養生10日目を試験開始日とした。

### 2.3 使用粗骨材

表-1に使用した粗骨材の物理的性質を示す。本実験では基本的に安山岩を対象とし、一部比較のために硬質砂岩を使用した。供試体は、径が約50 mmのコアをカ

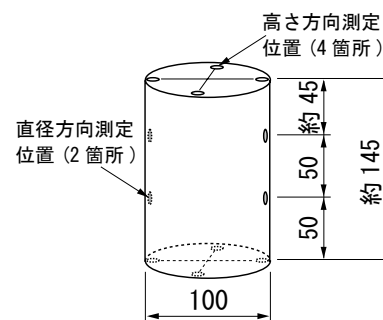


図-1 供試体の形状・寸法（単位 mm）



写真-1 測定状況

ッターで切断したものである。同表中、収縮歪は40℃の乾燥機中で2週間静置した供試体を、絶乾時収縮歪は105℃の乾燥機中で絶乾状態にした供試体を、それぞれ室温状態に戻した上で長さ変化を調べた場合の値である。なお、供試体は、乾燥前に24時間水中において吸水させた。

使用した安山岩のコアは、目視でも節理を有していることが判別できるものであるため、硬質砂岩と比較して乾燥時の収縮歪が大きい。しかし、粗骨材製造時には、原石はこの節理に沿って破碎されるため、後述するようにコンクリートの乾燥収縮歪への影響はこの表に示したほどでは無かった。

なお、細骨材については、同一石質の安山岩から製造した砕砂を使用した。

### 3. 簡易法による測定結果およびその考察

#### 3.1 使用コンクリートの配合

表-2に簡易測定法の適用性を調べるために使用したコンクリートの配合を示す。本実験での検討因子は、水セメント比(55, (57), 60%), セメントの種類(普通ポルトランドセメント, 高炉セメント), および混和剤の種類(高機能AE減水剤, 収縮低減型高性能AE減水剤)である。コンクリートの目標スランブは、普通ポルトランドセメントおよび高炉セメントを使用した場合について、それぞれ18cm±1.5cmおよび8cm±1.5cm, 目標空気量は4.5%±0.5%とした。なお、細骨材として砕砂を使用しているため、品質改善の目的で細骨材体積の

表-1 使用粗骨材の性質

特性値	安山岩	硬質砂岩
表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.58	2.56
絶乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.55	2.53
吸水率 (%)	1.04	1.33
収縮歪 (μ)	605	109
質量減少率 (%)	0.59	1.09
絶乾時収縮歪 (μ)	678	187
絶乾時質量減少率 (%)	1.03	1.31

5%をフライアッシュ4種(FAと略記)で置換した。

なお、以下では配合をA55-18-N-SRのように骨材種別(安山岩:A, 硬質砂岩:S)水セメント比-目標スランブ-セメント種別(普通ポルトランドセメント:N, 高炉セメント:BB)-混和剤種別(高機能AE減水剤:記号無, 収縮低減型高性能AE減水剤:SR)の並びで表す。

#### 3.2 収縮歪-乾燥材齢関係

図-2に本実験で得られた収縮歪-乾燥材齢関係を、図-3に収縮歪変化率-乾燥材齢関係をそれぞれ示す。当初、収縮歪には供試体3体×各4箇所=計12箇所における高さ方向長さ変化の測定値を使用する考えであった。しかし、供試体の表層部分でのモルタルと粗骨材の分布バランスの悪い部分が生じたためか、幾つかの箇所で平均値との差の若干大きな測定値が現れた。そのため、今回は最大値と最小値を除外した10箇所の測定値の平均値を使用した。図-2において、収縮歪は材齢の進行に伴って次第に減少し、材齢21日(3週)程度ではほぼ収束している。このことは、図-3の材齢19.5日における収縮歪変化率が10μ/日程度以下であることから確認できる。測定された収縮歪から読み取れた傾向は、以下の通りである。

- (1) 水セメント比の大きい(圧縮強度の小さい)供試体の方が若干収縮歪は大きい。
- (2) 普通ポルトランドセメントよりも高炉セメントを使用した方が収縮歪は大きい。
- (3) 収縮低減型高性能AE減水剤を使用した場合、若

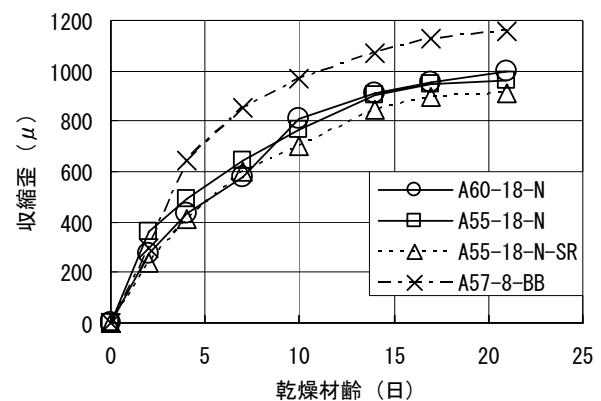


図-2 収縮歪-乾燥材齢関係

表-2 簡易測定法の検討に使用したコンクリートの配合

記号	W/C (%)	目標スランブ (cm)	目標空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						材齢28日圧縮強度 f <sub>c</sub> ' (N/mm <sup>2</sup> )
					W	C	S	G <sup>*1</sup>	FA	Ad <sup>*2</sup>	
A60-18-N	60	18.0	4.5	47.1	181	302	760	934	36	0.010C	30.2
A55-18-N	55	18.0	4.5	46.3	181	330	754	936	35	0.010C	35.4
A57-8-BB	57	8.0	4.5	44.9	165	290	760	996	35	0.010C	31.2
A55-18-N-SR	55	18.0	4.5	46.8	171	311	780	948	36	0.010C	40.9

\*1: G<sub>max</sub> = 20 mm, \*2: 高機能AE減水剤(最下段の配合のみ収縮低減型高性能AE減水剤)

材齢ではその効果が大きいですが、材齢の進行に伴ってその度合いは減少する。今回の場合、乾燥材齢3週での収縮低減効果は6%であった。

これらの傾向は、既往の研究で報告されている傾向とほぼ一致している。

図-4 および表-3 に円柱供試体から得られた乾燥材齢3週での収縮歪と、同一コンクリートで作製した角柱供試体から得られた乾燥材齢26週での収縮歪との比較をそれぞれ示す。ここに、角柱供試体は、JIS A1129-3 に規定された100×100×400 mmの寸法のものであり、材齢7日目まで標準養生を行った後、温度20℃、相対湿度60%の恒温恒湿室において静置したものである。供試体は3体作製し、所定の材齢において長さ変化を計測した。図-4 および表-3 に示した収縮歪は、これら3体の測定値の平均値である。円柱供試体と角柱供試体の収縮歪は、ほぼ900 $\mu$ 台で一致しており、両者の歪の比の平均値は、同表に記載していない硬質砂岩の2つの試験結果も含めると1.01であった。このことから、今回使用した簡易測定法はある程度の適用性があるものと考えられる。

なお、角柱供試体の測定値からは、収縮低減型高性能AE減水剤の効果がほとんど見られない(約2%の収縮低減)こと、普通ポルトランドセメントよりも高炉セメントを使用した方の収縮歪が小さいこと、そもそも4つの供試体の収縮歪に有意差が現れていないこと、等の結果が得られている。構造物の耐久性を高めるため必要な乾燥収縮歪とはどのような条件下においてどのような方法で得られた値を使用すべきであるのか、またその方法の測定感度はどの程度であるのか等について、今後さらに検討する必要があるように思われる。

ところで、前述したように本実験では高さ方向に加えて直径方向の収縮歪も計測を行った。乾燥材齢3週での前者に対する後者の収縮歪比の平均は1.01であり、比較的良く一致していた。このことは、粗骨材最大寸法が40 mmの場合には、径125 mmの円柱供試体の直径方向の長さ変化を計測することで簡易的評価が可能であることを示している。ただし、円柱供試体側面には薄いセメントペーストの層があること、注意してマイクロメータのダイヤルを回さないこと、測定丸棒の先端を供試体に接触させる際にこのセメントペーストを削り取る危険性があること等、さらに改善を要する問題点がある。

また、簡易測定法を用い、骨材種別を硬質砂岩に変更した場合についても検討してみた。その結果、今回使用した骨材では、硬質砂岩(S55-18-N)の方が安山岩(A55-18-N)よりも乾燥収縮が小さいこと、同一硬質砂岩の場合、高炉セメント(S60-18-BB)の方が普通ポルトランドセメントよりも乾燥収縮が大きいことが分かった。

### 3.3 若乾燥材齢収縮歪を用いた最終収縮歪の予測

表-4 に乾燥材齢21日での収縮歪を材齢7, 10, 14日における収縮歪で除した値の平均値、標準偏差および変動係数を示す。なお、使用データは、次章で述べるものも含めた全12体の試験体に対するものである。同表において、変動係数は、当然のことながら乾燥材齢が21日に近くなるほど小さくなっている。これを10%以内に抑えた上で材齢21日での収縮歪を予測するためには、材齢が10日程度は必要であろう。

### 3.4 円柱供試体収縮歪の角柱供試体収縮歪への換算

一般に、乾燥期間 $t$ 日における収縮歪は次式を用いて検討される。

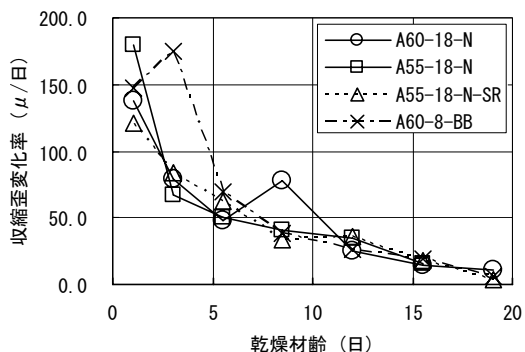


図-3 収縮歪変化率—乾燥材齢関係

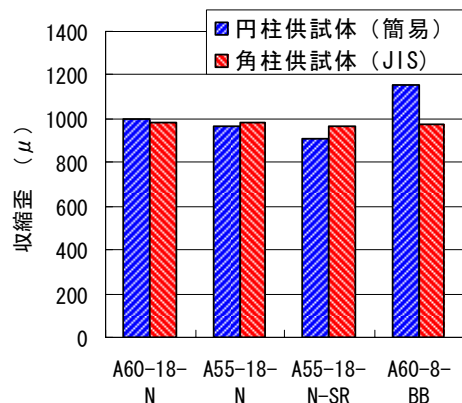


図-4 円柱供試体と角柱供試体の収縮歪の比較

表-3 円柱供試体と角柱供試体の収縮歪の比較

供試体名	円柱 3週 (μ)	角柱 26週 (μ)	円柱/角柱
A60-18-N	999	980	1.02
A55-18-N	963	984	0.98
A55-18-N-SR	910	964	0.94
A57-8-BB	1153	975	1.18

表-4 代表的材齢に対する材齢3週での収縮歪の比

乾燥材齢(日)	7日	10日	14日
平均値	1.703	1.338	1.132
標準偏差	0.214	0.111	0.047
変動係数	0.126	0.083	0.041

$$\epsilon t = \epsilon_{\infty} \cdot t / (N_s + t) \quad (1)$$

ここに、 $\epsilon t$ ：乾燥材齢  $t$  日での収縮歪( $\mu$ )、 $\epsilon_{\infty}$ ：収縮歪の最終値( $\mu$ )、 $N_s$ ：収縮の進行速度を表す定数(日)である。

今回の測定結果に上式(1)を適用してみると、4種類の配合に対する  $N_s$  の平均値は、円柱供試体が 12.6、角柱供試体が 34.1 になった。前者に対する後者の  $N_s$  の比は 2.71 となり、当然ながら角柱供試体の方が長期間に渡って収縮が進行する結果となった。試みに円柱供試体の乾燥材齢を両供試体の測定最終材齢の比 182 / 21 倍したデータについて  $N_s$  を求め、角柱供試体の値と比較してみた。その結果、円柱供試体の  $N_s$  の平均値は 65.1 となった。この値は、角柱供試体の  $N_s$  の 1.92 倍であり、単純に材齢を変換しても両者の収縮歪—乾燥材齢曲線は一致しないことが分かった。

#### 4. 磨砕処理粗骨材の使用による乾燥収縮低減の試み

##### 4.1 磨砕処理粗骨材の形状

複合理論<sup>8)</sup>によれば、乾燥収縮歪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歪であり、単位水量は主要因子とは考えられていない。しかし、配合上の方策として、骨材自体の収縮歪を黙認したまま乾燥収縮を低減するためには、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しかない。収縮歪との相関が強いとされる比表面積<sup>9)</sup>は骨材よりもセメントペーストの方が大きいので、当該方策はその体積を減少させることにもつながる。そして、これを実現するためには骨材の粒形改善を行うことが不可欠になってくる。

第3章で使用した骨材は、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されたもので、表面がかなり角張ったものである。そこで、この角張りを除去し骨材の実積率等の特性を向上させるために、今回さらにスクリー型磨砕機で処理することを試みた。

写真-2 に磨砕処理前後における粗骨材の一例を示す。左側の処理前の骨材は、角の稜線が鋭角で、しかもいびつであるが、右側の処理後の骨材では、比較的稜線がなだらかで、いびつさも無くなっていることが分かる。

図-5 に粗骨材の形状を表現するための幾つかの指標を、表-5 に磨砕処理前後におけるこれらの指標値の比較をそれぞれ示す。ここに、同表中の指標値は、ランダムに採取した 20 個の骨材粒子に対する計測値の平均値である。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 の位置からスランブ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、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

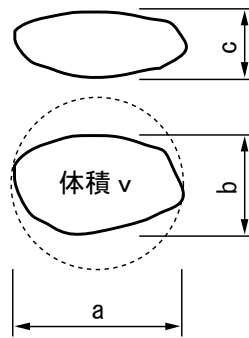
を意図したものである。表-5 から分かるように、上5つの指標値については、必ずしも磨砕処理によって値が改善されている訳ではない。しかし、下2つの指標値については改善が見られており、フレッシュコンクリートの流動性の向上が期待される。

##### 4.2 磨砕処理粗骨材使用に伴うコンクリートの性状変化

表-6 に磨砕処理粗骨材がフレッシュコンクリートの流動性に与える影響とその乾燥収縮歪低減効果を調べるために使用したコンクリートの配合を示す。目標スランプとして 18 cm と 10 cm の2種類を選定し、単位水量の



写真-2 磨砕処理前後における粗骨材の一例 (左側：処理前、右側：処理後)



細長比 =  $a/c$   
 方形率 =  $a/b$   
 偏平率 =  $a \cdot b/c$   
 球形率 =  $d/D$   
 容積係数 =  $v/(a \cdot b \cdot c)$   
 $v$ ：骨材を球とした場合の体積  
 $d$ ：骨材を球としたときの直径  
 $D$ ：骨材に外接する最小球の直径

図-5 骨材形状を表す各種の指標

表-5 磨砕処理前後における粗骨材の形状比較

指標	処理前	処理後
細長比	2.07	2.36
	1.92	2.03
方形率	0.695	0.600
	0.720	0.698
偏平率	41.4	44.1
	26.7	26.5
球形率	0.285	0.285
	0.418	0.313
容積係数	0.653	0.655
	0.719	0.675
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 砕石、下段は 1505 砕石の測定値。

表-6 磨砕処理粗骨材を使用したコンクリートの配合

記号	W/C (%)	目標スランブ (cm)	目標空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						材齢 28 日 圧縮強度 fc' (N/mm <sup>2</sup> )
					W	C <sup>*1</sup>	S	G <sup>*2</sup>	FA	Ad <sup>*3</sup>	
A172-18-G	59	18.0	4.5	45.6	172	292	791	946	37	0.010C	33.4
A161-18-G	59	18.0	4.5	44.9	161	273	789	969	56	0.014C	33.7
S161-18-G	59	18.0	4.5	44.8	161	273	790	973	56	0.014C	38.6
A165-10	59	10.0	4.5	44.2	165	280	781	984	36	0.010C	33.7
A159-10-G	59	10.0	4.5	44.5	159	260	791	997	37	0.010C	35.4

\*1: 普通ポルトランドセメント, \*2: Gmax = 20 mm, \*3: 高機能 AE 減水剤を使用。

低減を試みた。同表中の記号は、骨材種別(A, S) 単位水量-目標スランブ(10, 18)-磨砕処理の有無(処理:G, 未処理:記号無)を表す。試験練りの結果、単位水量は目標スランブ 18 cmの場合で 181 kg/m<sup>3</sup>を 165 kg/m<sup>3</sup>程度にまで、同じく約 10 cmの場合で 165 kg/m<sup>3</sup>を 159 kg/m<sup>3</sup>程度にまで低減可能であることが分かった。そして、これに伴い乾燥材齢 21 日での収縮歪は 800μ台前半まで減少した。そこで次に、乾燥材齢 21 日での収縮歪を 700μ台に抑えるため、高機能AE減水剤の添加量を増加させると共に、細骨材を体積比 7.5%でフライアッシュに置換し、単位水量を 20 kg/m<sup>3</sup>程度低減することも試みた。

図-6 に各配合に対する収縮歪-乾燥材齢関係を示す。測定には、簡易測定法を用いた。同図より、単位水量を 160 kg/m<sup>3</sup>程度にまで低減すれば、収縮歪は 700μ台にまで低下することが分かる。ただし、経時に伴うスランブロスの問題等、今後解決すべき問題が残されている。

## 5. まとめ

本報告で得られた結果を以下に要約する。

- 1) 直径 100 mm の円柱供試体を温度 40°Cの乾燥機中で静置した条件下での乾燥材齢 21 日での収縮歪は、JIS A1129-3 に規定された角柱供試体の材齢 182 日での乾燥収縮歪の目安となる可能性がある。
- 2) 上記の簡易測定法の測定結果によれば、磨砕処理した粗骨材を使用して単位水量を 15 kg/m<sup>3</sup>程度以上低減することで、コンクリートの乾燥収縮歪を 900μ台から 700μ台へと減少させられる可能性がある。

## 参考文献

- 1) 閑田 徹志, 百瀬 晴基: 乾燥収縮ひずみに注目した天然骨材選定例, コンクリート工学, Vol.46, No.5, pp.24-29, 2008.5
- 2) 寺西 浩司: コンクリートの乾燥収縮に影響を及ぼす要因-骨材や単位水量などの影響をどのように考えるか-, コンクリート工学, Vol.46, No.12, pp.11-19, 2008.1

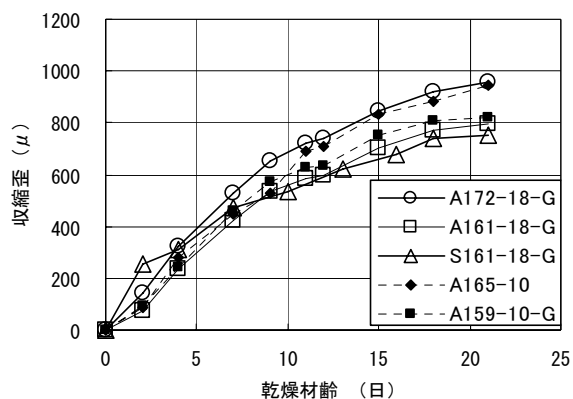


図-6 磨砕処理粗骨材を使用したコンクリートの収縮歪-乾燥材齢関係

- 3) 清原 千鶴ほか: 複合則理論を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみの推定, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, pp.489-494, 2004
- 4) 例えば小澤 貴史, 西田 朗, 橋田 浩: コンクリートの乾燥収縮率早期推定方法の提案とその適用性に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.591-596, 2007
- 5) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説, 2006.2
- 6) 吉兼 亨: 乾燥収縮ひずみの規制へのレディミクストコンクリート業界の対応, コンクリート工学, Vol.46, No.11, pp.3-8, 2008.11
- 7) 半坂 昌広, 寺西 浩司: 部材寸法・形状および相対湿度がコンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, pp.481-486, 2005
- 8) 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
- 9) 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