

混和材料を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみに関する実験研究  
(その2 材料および調合による影響)

正会員 ○大串浩治 1\*      正会員    住学 3\*  
同      鹿毛忠継 2\*      同      水田実 4\*  
同      大野吉昭 1\*      同      起橋孝徳 5\*

乾燥収縮                  収縮低減剤                  膨張材  
単位水量                  水セメント比                  予測式

1. はじめに

鉄筋コンクリート造構造物の収縮ひび割れに対する制御設計手法として日本建築学会「鉄筋コンクリート構造物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説(2006)」(以降、指針と記す)が示され、コンクリートの調合や養生条件の影響を考慮した収縮ひずみ予測式が提案されている。また、指針では任意の短期材齢から収縮ひずみの最終値を算定し、それに基づきコンクリートの長期的な収縮ひずみを予測する手法が示されている。

本報では、その1に引き続き、水セメント比や単位水量ならびに混和材料など、使用材料や調合による収縮低減効果への影響について検証を行った。なお、乾燥収縮ひずみ予測式による長期的な乾燥収縮ひずみの予測においては、若材齢ほど予測値に影響を与えることが指摘されているため、収縮ひずみを測定した材齢ごとの検証も併せて行った。

2. 実験方法

2.1. 使用材料と調合

その1に示すようコンクリートの使用材料は、結合材を普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm<sup>3</sup>)、細骨材を大井川産川砂(密度 2.57g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 1.02%)、粗骨材を岩瀬産硬質砂岩砕石(密度 2.65g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 0.71%)、化学混和剤を AE 減水剤(リグニルスルホン酸系)とし、混和材料として膨張材(石灰系)、収縮低減剤(グリコールエーテル系誘導体または低級アルコールアクリレート付加物)を用いた。調合は、水セメント比(W/C)を 40・50・60%、単位水量を 170・185・200kg/m<sup>3</sup> とし、基準調合(N5-18N)となる W/C=50%・単位水量 185kg/m<sup>3</sup> に混和材料を使用手法別(単体使用, 併用)に加えるよう計画した。また、単位粗骨材かさ容積を 0.56m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> を一定とした。

2.2. 実験方法

実験は、JIS A1129-1「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法—第2部:コンタクトゲージ方法」に従い、角柱供試体を用いて乾燥収縮ひずみ及び質量変化率の測定を行った。供試体は、計画基長を 300mm でゲージプラグを両面に貼付け、寸法が 100×100×400mm で調合毎に 3 体とした。脱型後ゲージプラグを貼付け、材齢 7 日まで標準養生を行い基長し、乾燥材齢 182 日までの 9 材齢で測定を行い、乾燥期間中は、温度 20℃湿度 60%の環境下で供試体を静置した。

3. 乾燥収縮ひずみと質量変化率の測定結果

図1に示す乾燥収縮ひずみと W/C の関係より、W/C の増加に伴い質量減少を生じるが、乾燥収縮ひずみへの影響は非常に小さかった。乾燥材齢 182 日の乾燥収縮ひずみの比は、基準調合 N5-18N に対し W/C=40%の調合 A4-18N が 0.98, W/C=60 の調合 B6-18N が 0.97 であった。

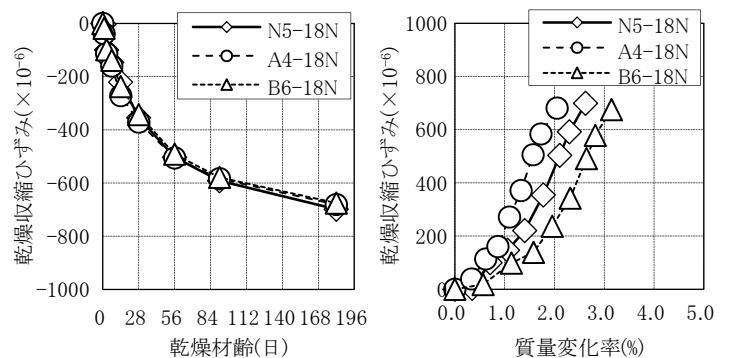


図1 乾燥収縮ひずみと W/C の関係

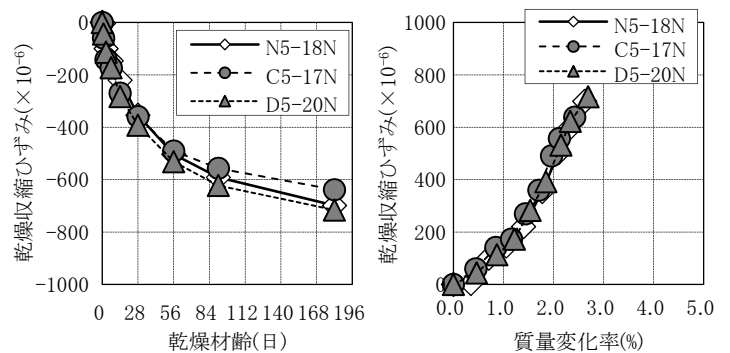


図2 乾燥収縮ひずみと単位水量の関係

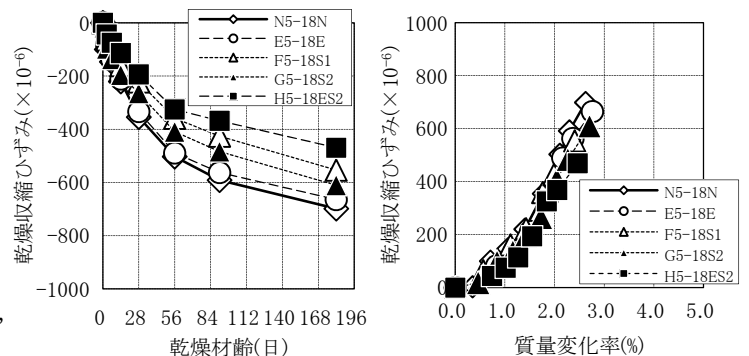


図3 乾燥収縮ひずみと混和材料の関係

Experimental Study on Drying Shrinkage of Concrete using Admixtures.

Part2. Influence of Materials and Mix Proportion.

OOKUSHI Koji, KAGE Tadatsugu, OHNO Yoshiaki, SUMI Manabu, MIZUTA Makoto and OKIHASHI Takanori

また、質量減少率は N5-18N に対し A4-18N で 0.5% 小さく、B6-18N で 0.5% 大きい結果を示した。

乾燥収縮ひずみと単位水量の関係は、図 2 に示すよう W/C=50% で一定とし単位水量を増加・減少させた場合でも、乾燥収縮ひずみと質量変化率への影響は共に小さかった。乾燥材齢 182 日の乾燥収縮ひずみの比は、基準調合 N5-18N に対し単位水量を 175kg/m<sup>3</sup> とした C5-17N が 0.91, 200kg/m<sup>3</sup> とした D5-20N が 1.03 であった。なお、質量減少率は N5-18N に対し C5-17N で 0.20% 小さく、D5-20N で 0.07% 大きい結果を示した。

図 3 は、混和材料の使用方法別の乾燥収縮ひずみと質量変化率の関係を示す。乾燥材齢 182 日の乾燥収縮ひずみの比は、基準調合 N5-18N に対し、膨張材の E5-18E が 0.95, 収縮低減剤(SR<sub>1</sub>)の F5-18S<sub>1</sub> が 0.79, 収縮低減剤(SR<sub>2</sub>)の G5-18S<sub>2</sub> が 0.87, 膨張材と収縮低減剤(SR<sub>2</sub>)併用の H5-18ES<sub>2</sub> が 0.67 であった。収縮低減効果が最も高かった H5-18ES<sub>2</sub> は、乾燥収縮ひずみで 230×10<sup>-6</sup> 収縮が小さい。

また、図 4 に W/C=50% の調合における材齢別の乾燥収縮ひずみと質量変化率の関係を示す。同一 W/C の場合、膨張材や収縮低減剤を用いても、若材齢から高い相関を示すことがわかる。また、調合別の表 1 に示すよう単位水量の増減により乾燥収縮と質量変化率の傾きがほぼ一致し、質量変化率の減少も少ない。

本実験の調合は、単位粗骨材かさ容積ならびに空気量を一定としているため、コンクリート中のモルタル容積が一定となる。さらに W/C を一定としたときの単位水量と単位セメント量の増加は、細骨材容積の減少に相当する。つまり、単位水量の増加に伴う乾燥収縮ひずみの影響が小さいことは、細骨材容積の変動による乾燥収縮ひずみへ影響が小さいことを表していると考えられる。

#### 4. 収縮ひずみ予測式と実測値の比較検証

乾燥材齢 182 日における収縮ひずみ予測式による予測値と実測値の比較を図 5 に示す。

表 1 乾燥収縮ひずみと質量変化率の相関

調合	W/C (%)	単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )	混和材料 <sup>*1</sup>	傾き a	相関
N5-18N	50	185	N	278	0.952
A4-18N	40	185	N	358	0.964
B6-18N	60	185	N	222	0.904
C5-17N	50	170	N	275	0.951
D5-20N	50	200	N	283	0.951
E5-18E	50	185	EX	260	0.939
F5-18S <sub>1</sub>	50	185	SR <sub>1</sub>	241	0.959
G5-18S <sub>2</sub>	50	185	SR <sub>2</sub>	236	0.942
H5-18ES <sub>2</sub>	50	185	EX+SR <sub>2</sub>	209	0.919

\*1 表中の混和材料の記号は、N:使用無し、EX:膨張材、SR<sub>1</sub> 及び SR<sub>2</sub>:収縮低減剤を示す。使用材料の詳細はその1参照。

本実験の範囲では、W/C と単位水量の増減による予測値/実測値の比は 1.04~1.18 となり、W/C=60% や単位水量 200kg/m<sup>3</sup> での予測値が大きくなったため、結果として、安全側評価を与えることとなった。また、混和材料の使用方法別の予測値/実測値比は、0.87~1.17 となり、膨張材及び併用の場合に予測値より収縮低減効果が高く、収縮低減剤単体使用では低めの結果を示した。これは、予測式においては、膨張材の効果を考慮していないためであり、膨張による収縮低減効果も併せて評価するならば、補正係数としては  $\gamma_3=0.9$  程度、収縮ひずみの絶対値で補正を行うならば、予測値に対して 60~70×10<sup>-6</sup> 程度減少させれば、実測値と概ね一致する。

#### 5. まとめ

収縮ひずみ予測式の適用に関して、乾燥収縮ひずみへの W/C 及び単位水量の増減による影響は小さく、収縮低減効果が高めに評価された。また、膨張材の収縮低減効果が高めに、収縮低減剤が低めに評価された。

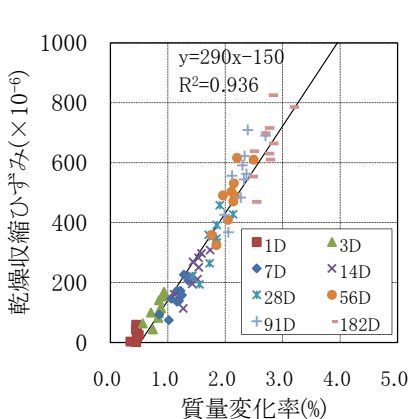


図 4 乾燥収縮ひずみと質量変化率

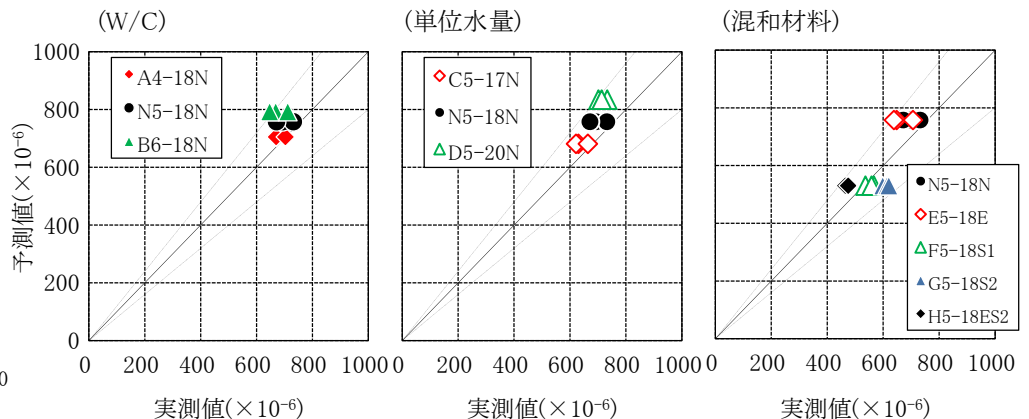


図 5 実測値と予測値の関係(t<sub>0</sub>=7, t=182 の場合)

1\*(財)ベターリビング つくば建築試験研究センター

2\*(独)建築研究所材料研究グループ Ph.D.

3\*(株)鴻池組技術研究所建築技術研究部門

4\*飛鳥建設(株) 技術研究所 第三研究室

5\*奥村組技術研究所

1\* Center for Better Living Tsukuba Building Research and Testing Lab.

2\* Building Research Institute, Ph.D.

3\* Research Institute of Technology, Konoike Construction Co.,Ltd.

4\* Research institute of technology, Tobishima Corporation

5\*Technical Research Institute, Okumura Corporation