

コンクリートに用いる混和材料の収縮低減効果に関する調査

(その2 収縮低減効果とその考察)

正会員 ○大野吉昭*1 正会員 鹿毛忠継*2
同 起橋孝徳*3 同 河上浩司*4
同 高橋祐一*5

乾燥収縮 自己収縮 収縮低減剤
膨張材 最終乾燥収縮ひずみ 圧縮強度

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「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出し、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の文献調査の結果から、膨張材や収縮低減剤の収縮低減効果と圧縮強度への影響について、混和材の使用量や使用量に着目して検証を行った。また、最終乾燥収縮ひずみは任意の材齢から終局値を予測し、若材齢ほど予測される終局値に影響を与えるため、収縮ひずみを測定した材齢ごとに検証を行った。

2. 混和材の使用量による収縮低減効果と圧縮強度の検証

調査したコンクリートの収縮ひずみの測定材齢は、14～356日と広範囲にわたり、指針に示される式(1)を用い、実測値を測定した材齢とコンクリートの使用材料毎に最終乾燥収縮ひずみを算出した。

$$\epsilon_{sh\infty} = \frac{\epsilon_{sh}(t_s)}{\left(\frac{t_s}{0.16 \cdot (V/S)^{1.8} + t_s}\right)^{1.4 \cdot (V/S)^{0.18}}} \quad \dots \text{式(1)}$$

ここに、 $\epsilon_{sh\infty}$: 最終乾燥収縮ひずみ
 $\epsilon_{sh}(t_s)$: 乾燥期間 t_s 時の乾燥収縮ひずみ
 t_s : 乾燥材齢

混和材を使用したコンクリートの収縮ひずみ量は、混和材の使用量や調合によって異なるため、それぞれのコンクリートの基本調合(混和材なし)による実測値の乾燥収縮ひずみを基準値とし、混和材の使用による影響について比較検証を行った。なお、自己収縮ひずみについても同様に基本調合による実測値を基準値とし比較検証を行った。また、コンクリートの圧縮強度についても、同様に基本調合の圧縮強度を基準値とし、混和材の使用

量に応じた圧縮強度比をコンクリートに用いる混和材の使用量および材齢ごとに求めた。

3. コンクリート使用材料毎の最終乾燥収縮ひずみの関係

セメント種類毎の最終収縮ひずみおよび混和材の使用量別の最終乾燥収縮ひずみを図1に示す。セメントの種類による最終乾燥収縮ひずみは、普通ポルトランドセメント(N)に対し低熱ポルトランドセメント(L)が平均値および最大値で40～50%少ない結果を示した。また、混和材を使用しない場合と比較して、膨張材(E)・収縮低減剤(SR)を使用した場合、いずれも収縮低減効果が認められる。ただし、最終乾燥収縮ひずみの予測に用いるコンクリートの試験材齢によって、その結果のばらつきが大きいため、注意が必要である。

また、収縮低減剤は膨張材と比較して収縮低減効果が大きく、さらに、膨張材と収縮低減剤を併用(E-SR)した場合は、収縮低減剤単体使用とほぼ同程度の収縮低減効果であることが示されているが、膨張材は、その1の予測値と実測値の結果より、初期に 400×10^{-6} 程度の膨張ひずみが生じるため、最終乾燥収縮ひずみに初期膨張による膨張ひずみを加えると、膨張材と収縮低減剤の最終収縮ひずみは同程度の結果を示すと考えられる。

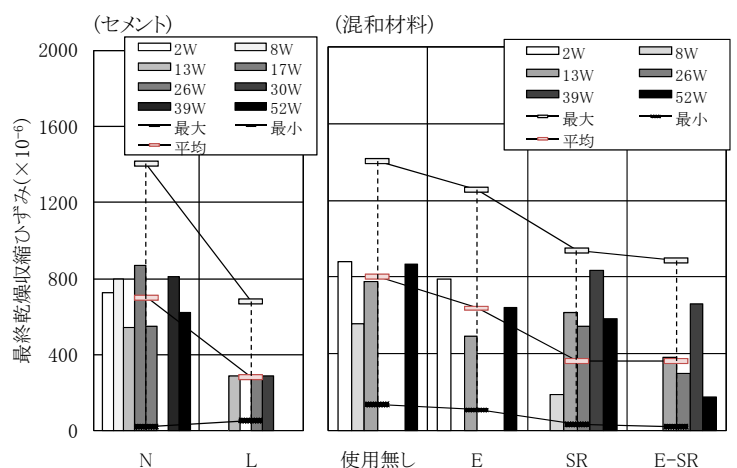


図1 コンクリートの使用材料毎の最終乾燥収縮ひずみ

4. 混和剤使用量と最終乾燥収縮ひずみの関係

図 2 に膨張材および収縮低減剤の使用量と最終乾燥収縮ひずみの関係を示す。収縮ひずみ比の算出は、普通ポルトランドセメント・砕石を使用し、アルミニウム粉末などの特殊混和材を使用していない調合とした。また、試験体の養生方法は、温度 20℃、湿度 60% の環境で行われたものとした。

収縮低減剤の使用量は、3~22kg/m³ の範囲であり、平均で 10kg/m³ 程度であった。平均使用量における収縮ひずみ比は、乾燥収縮 0.68、自己収縮 0.87 で、乾燥収縮ひずみは、指針で示される修正係数と同等の結果を示した。また、膨張材の使用量は、10~50kg/m³ の範囲であり、平均で 25kg/m³ 程度であった。平均使用量における収縮ひずみ比は、乾燥収縮 0.67、自己収縮 0.37 であった。これらの結果から、混和材使用量と収縮低減効果は、ほぼ比例関係にあることがわかり、収縮低減剤は乾燥収縮が支配的になると考えられる材齢後期、膨張材は自己収縮の影響が大きいと考えられる材齢初期において、その収縮低減効果があることが確認される。

5. 混和材使用量と圧縮強度の関係

混和材の使用量と圧縮強度の関係を図 3 に示す。収縮低減剤を 10kg/m³ 使用した場合の圧縮強度比は、材齢 28 日で 0.88、材齢 91 日で 0.91 であった。収縮低減剤の使用量に応じて概ね圧縮強度が減少する傾向にある。一方、膨張材を 25kg/m³ 使用した場合の圧縮強度比は、材齢 28 日で 0.95、材齢 91 日で 0.99 であり、収縮低減剤と比較すると圧縮強度への影響は小さい傾向にあった。

6. まとめ

収縮低減剤・膨張材ともその収縮低減効果は確認され、その効果についての予測もある程度可能であることが分かった。なお、その予測において、膨張材は長期的には収縮低減効果が小さい結果となるが、膨張材を使用した場合の初期膨張を適切に評価すれば、収縮低減剤に近い終局値を示すと考えられる。また、収縮低減効果は、収縮低減剤・膨張材の使用量に比例する傾向が認められた。

圧縮強度への影響については、いずれの混和材もその影響は小さいが、収縮低減剤に比べて膨張材の強度低下が若干小さいことが分かった。

参考文献 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)

謝辞 本調査は、筑波建築研究機関協議会(BRIC)「コンクリートの収縮とひび割れの評価に関する研究」において実施されたものである。関係各位に謝意を表す。

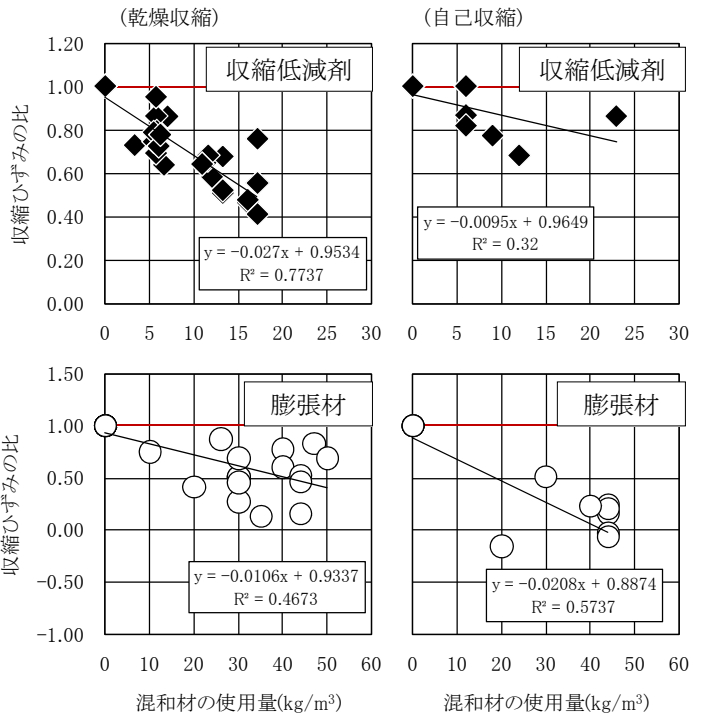


図 2 混和材の使用量と最終収縮ひずみの関係

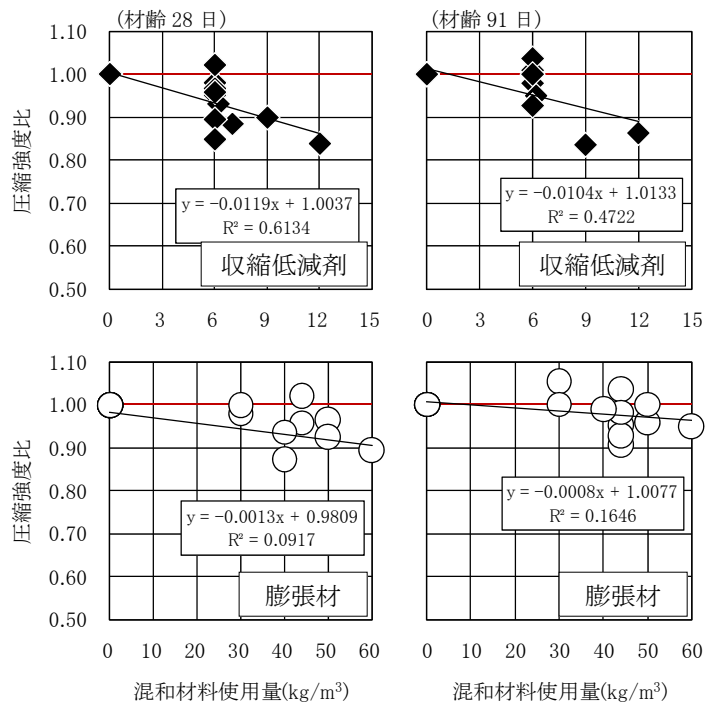


図 3 混和材の使用量と圧縮強度の関係

*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)奥村組 技術研究所

*4 三井住友建設(株)建築管理本部建築技術部

*5 五洋建設(株)建築エンジニアリング部

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

*2 Building Research Institute, Ph.D.

*3 Technical Institute, Engineering, Okumura Corporation

*4 Sumitomo Mitsui Construction Co., Ltd.

*5 Penta-ocean Construction, Engineering Division