

コンクリートの乾燥収縮特性に及ぼす相対湿度の影響

太平洋セメント(株) 正会員 ○三谷 裕二
正会員 石井 祐輔
正会員 谷村 充

1. はじめに

コンクリート構造物のひび割れ制御の観点から、コンクリートの乾燥収縮への関心が高まっている。最近では、構造物内部の相対湿度分布を考慮して乾燥収縮ひずみ・応力を解析的に評価する方法が提案されているが¹⁾、その精度を向上させる上では、相対湿度とコンクリートの乾燥収縮特性の関係を明確にすることが必要である。

本研究では、物性の異なる粗骨材および2種類のセメントを用いたコンクリートについて、種々の相対湿度下における乾燥収縮ひずみを実験的に把握し、コンクリートの乾燥収縮特性に及ぼす相対湿度の影響を検討した。また、粗骨材自体の乾燥収縮とコンクリートの乾燥収縮の関係について検討を加えた。

2. 実験概要

2.1 使用材料および実験水準

本検討では、20℃、相対湿度40、60、80、90%の条件下で、セメント2種類と粗骨材4種類を単独使用で組み合わせたコンクリート(8配合)、および粗骨材の乾燥収縮ひずみを測定した。

表-1に使用材料、表-2に実験水準をそれぞれ示す。セメントには、市販の普通ポルトランドセメント(N)と高炉セメントB種(BB)を用いた。また、乾燥収縮のレベルが異なるコンクリートで相対湿度の影響を評価するため、粗骨材には、コンクリートの乾燥収縮ひずみ(JIS A 1129)が確認されている²⁾(500~1000×10⁻⁶程度)3種類の硬質砂岩砕石(G1, G2, G3)および1種類の石灰石(G4)を用いた。コンクリートの配合条件は、セメントおよび粗骨材の種類によらず、水セメント比:50%, 単位水量:170kg/m³, 単位粗骨材かさ容積:0.57m³/m³とし、スランプが18±2.5cm, 空気量が4.5±1.5%となるように混和剤の添加量を調整した。コンクリートの練混ぜは20℃, R.H.80%の室内で行った。

2.2 試験項目および方法

(1) コンクリートの乾燥収縮ひずみ

コンクリートの乾燥収縮ひずみは、無拘束試験体

表-1 使用材料

材料	種類・物理的特性
セメント	N: 普通ポルトランドセメント BB: 高炉セメントB種
粗骨材	G1: 硬質砂岩砕石/表乾密度:2.61g/cm ³ , 吸水率:1.77% G2: 硬質砂岩砕石/表乾密度:2.72g/cm ³ , 吸水率:0.94% G3: 硬質砂岩砕石/表乾密度:2.73g/cm ³ , 吸水率:0.55% G4: 石灰石/表乾密度:2.70g/cm ³ , 吸水率:0.32%
細骨材	山砂/表乾密度:2.58g/cm ³ , 吸水率:1.86%
減水剤	ポリカルボン酸系高性能減水剤

表-2 実験水準

相対湿度	40, 60, 80, 90%
セメントの種類	N, BB
粗骨材の種類	G1, G2, G3, G4
試料の種類(乾燥収縮測定)	コンクリート, 粗骨材

(100×100×400mm)の中心部に設置した埋込型ひずみ計(見かけの弾性係数40N/mm²)を用いて測定した。試験体は、材齢1日で脱型した後、材齢7日まで20℃・水中養生を行い、その後、20℃、所定の相対湿度に制御された恒温恒湿槽内で養生した。本検討では、材齢7日以降の収縮ひずみを乾燥収縮ひずみとし、乾燥期間182日(6か月)まで測定した。

(2) 粗骨材の乾燥収縮ひずみ

粗骨材の乾燥収縮ひずみは、寸法15~20mm(ふるい分け)の粗骨材粒を任意に15個選び、粗骨材自体にひずみゲージ(検長:2mm)を1枚貼付して測定した。ひずみゲージの貼付方法(下地・防水処理)は既往の文献³⁾を参考にした。測定環境は、7日間20℃・水中に浸漬、その後、14日間20℃・所定の相対湿度の恒温恒湿槽内で保管とした。水中保管7日時点を開始点として、所定の相対湿度下におけるひずみの変化量を粗骨材の乾燥収縮ひずみとした。なお、全ての相対湿度に対して、同一のサンプル(15個)を用いて測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 コンクリートの乾燥収縮ひずみと相対湿度の関係

図-1、図-2に、NおよびBBを用いたコンクリートの異なる相対湿度下における乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。いずれの配合においても、相対湿度が低くなるほど、コンクリートの乾燥収縮ひずみは大きくなった。また、粗骨材の違いによるコンクリートの乾燥収縮の大小関係(G1>G2>G3>G4)は、相対湿度が異なる場合においても変

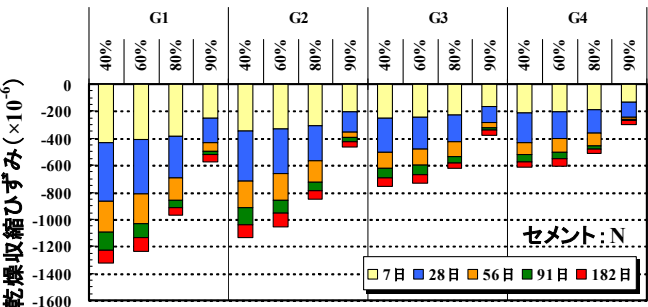


図-1 コンクリートの乾燥収縮ひずみ(セメント:N)

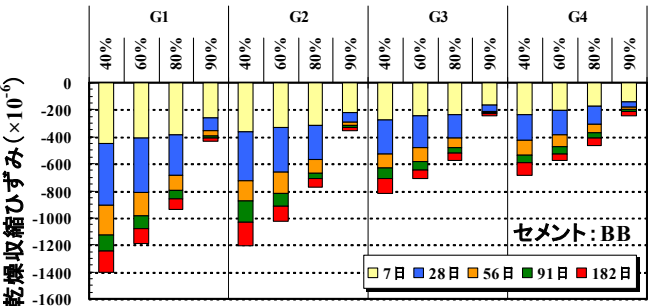


図-2 コンクリートの乾燥収縮ひずみ(セメント:BB)

キーワード: コンクリート, 乾燥収縮, 相対湿度, 粗骨材, セメント種類

〒285-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント(株)中央研究所 TEL043-498-3804

わらなかった。

図-3 に N を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみ(乾燥材齢 182 日)と BB を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみの関係を示す。両者の差は、乾燥収縮ひずみが約 500×10^{-6} 以上となる R.H.40~80% の場合において、概ね $\pm 10\%$ の範囲であった。これは、既報^{4), 5)}で示されている R.H.60% 下での乾燥収縮ひずみに及ぼすセメント種類の影響範囲と同程度の結果である。

図-4 は乾燥材齢 182 日の乾燥収縮ひずみと相対湿度の関係について、R.H.60% の乾燥収縮ひずみに対する比で示したものである。両者の関係は粗骨材やセメント種類によらず、上に凸の曲線関係にある。R.H.60% に対する R.H.40, 80, 90% の収縮比は、N を用いたコンクリートでは 1.02~1.08, 0.78~0.85, 0.44~0.52, BB を用いたコンクリートでは 1.15~1.18, 0.76~0.81, 0.35~0.42 であり、粗骨材間の差は 10% 以内であった。また、N と BB を比較すると、R.H.40% では BB の方が大きく、R.H.80, 90% では N の方が大きい結果となっているが、その差は概ね 10% の範囲内であった。これより、コンクリートの乾燥収縮に及ぼす相対湿度の影響は、概ね一義的に評価できる可能性があると考えられる。

図中には、実験結果に基づく回帰曲線、および既往の乾燥収縮予測式^{6), 7)}における相対湿度の影響を表す項に基づく関係曲線を併記しているが、本回帰曲線は CEB-FIP1990 式と近い関係にあった。

3.2 粗骨材の乾燥収縮とコンクリートの乾燥収縮の関係

表-3 に、R.H.40, 60, 80, 90% における粗骨材の乾燥収縮ひずみの平均値および標準偏差を示す。全ての粗骨材において、相対湿度が低いほど、乾燥収縮ひずみは明確に大きくなった。また、粗骨材の種類で比較すると、相対湿度によらず、 $G1 > G2 > G3 > G4$ の順に大きくなっており、コンクリートの乾燥収縮ひずみの大小関係と対応していた。

図-5 は粗骨材の乾燥収縮ひずみと相対湿度の関係について、R.H.60% の乾燥収縮ひずみに対する比を示したものである。両者には、コンクリートの場合と同様に、上に凸の曲線関係が認められるが、粗骨材の種類による差は 20% 以上あり、コンクリートの乾燥収縮ひずみの場合より大きい傾向があった。

図-6 に粗骨材の乾燥収縮ひずみとコンクリートの乾燥収縮ひずみの関係を示す。両者には、相対湿度別に良好な直線関係が認められる。図中には、回帰直線を併記しているが、相対湿度が低いほど、粗骨材のひずみ変化量とコンクリートのひずみ変化量が近づく結果となった。

4. まとめ

- 1) セメントや粗骨材の種類によらず、相対湿度が低くなるほどコンクリートの乾燥収縮ひずみは大きくなる。

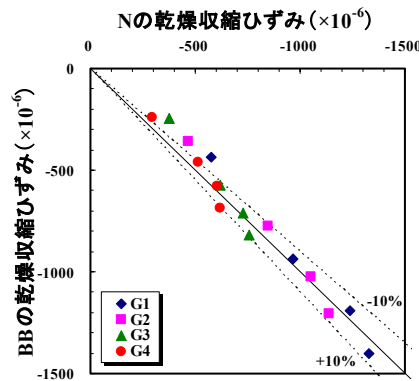


図-3 セメント種類が乾燥収縮に及ぼす影響

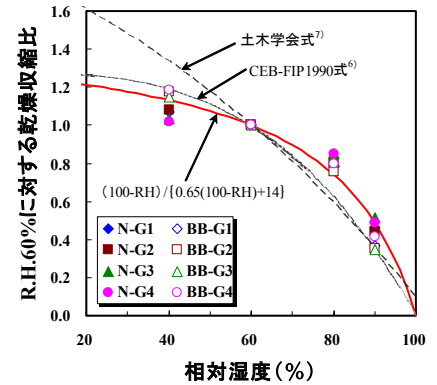


図-4 コンクリートの乾燥収縮ひずみと相対湿度の関係

表-3 異なる相対湿度下における粗骨材の乾燥収縮ひずみ

骨材種類	粗骨材の乾燥収縮ひずみ($\times 10^{-6}$)							
	R.H.40%		R.H.60%		R.H.80%		R.H.90%	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
G1	-704	217	-677	211	-574	199	-380	147
G2	-489	314	-399	259	-273	183	-166	114
G3	-133	147	-124	129	-88	97	-39	49
G4	-28	12	-24	9	-15	13	-2	16

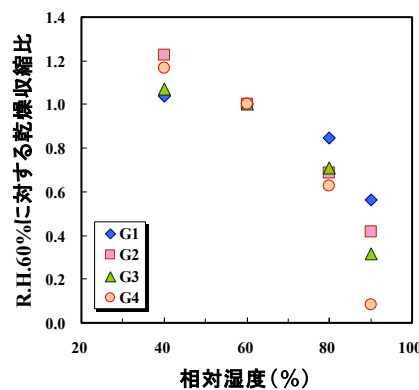


図-5 粗骨材の乾燥収縮ひずみと相対湿度の関係

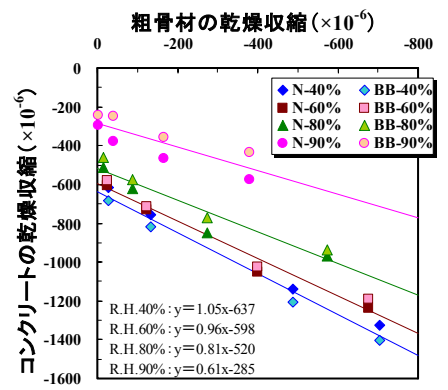


図-6 コンクリートの乾燥収縮と粗骨材の乾燥収縮の関係

- 2) コンクリートの乾燥収縮ひずみと相対湿度の関係は、概ね一義的な曲線式で評価できる可能性がある。
- 3) コンクリートの乾燥収縮ひずみと粗骨材の乾燥収縮ひずみは良好な直線関係にあり、相対湿度が低いほど、粗骨材のひずみ変化量とコンクリートのひずみ変化量が近くなる傾向が認められた。

【参考文献】

- 1) 籠橋忍ほか：コンクリートの乾燥収縮によるひずみと応力の解析，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，pp.441-446，2002
- 2) 杉山真悟ほか：粗骨材の乾燥収縮測定に関する検討，土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集，pp.889-890，2011
- 3) 兵頭彦次ほか：コンクリートの乾燥収縮特性に及ぼす粗骨材物性および収縮低減材料の影響評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.1，pp.377-382，2010
- 4) セメント協会：耐久性専門委員会ひびわれ分科会報告 H-23 (コンクリートの乾燥収縮に及ぼす各種要因の検討)，pp.16-23，1992
- 5) 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，pp.82-83，2010
- 6) CEB-FIP：Model Code 1990，Comite Euro-International du Beton，pp.57-58，1990
- 7) 土木学会：コンクリート標準示方書 [設計編]，pp.45-49，2007