

1. はじめに

コンクリートのひび割れは、構造物の機能、耐久性、美観の低下など様々な問題を引き起こす原因となる。このため建築学会では、コンクリートの乾燥収縮ひずみの大きさを 800μ 以下に規定した。また、土木学会でも、骨材の種類によって 1000μ を超える収縮を起こす場合があることが問題視され、 1200μ 以下を規定している。

このようなことから、生コンクリート工場では、自社のコンクリートの乾燥収縮量を確認する作業が進んでいる。現在、JIS で規定されている収縮試験方法は、1) コンパレータ法、2) コンタクトゲージ法、3) ダイアルゲージ法などがあるが、いずれも、手間が掛かり測定精度も測定者に依存する。また、認証機関での試験のためのコストも負担となっている。

そこで、本研究では、ひずみゲージを用いた簡易乾燥収縮試験の開発を目指して、基礎的な試験を行った。また、実際のコンクリート工事で圧縮強度を確認するために採取する円柱供試体を利用した収縮試験も試みた。ここでは、これらの結果について報告する。

2. ひずみゲージを用いた乾燥収縮試験

(1)目的

手軽に低コストで行うことができる実験方法を提案する。そして、様々な条件のもとでコンクリートの乾燥収縮をひずみゲージとホイットモアで測定し、ひずみゲージ法による乾燥収縮試験の測定条件と性能を確認する。

(2)供試体の配合計算表

二種類（試料 A と試料 B）の配合で試験した。また、実際の工事で使用するコンクリートを採取して、円柱による試験も試みた（試料 C）。各試料の配合の特徴を表-1 に示す。

(3)供試体の概要

a) 試料 A 角柱大(1)

全長 530mm、幅 150mm、高さ 150mm の長方形供試体。ひずみゲージの貼る方向が計測結果に影響を与えるかを確認するため、ひずみゲージを側面に 3 方向に貼り付けた(図-1(a))。

b) 試料 A 角柱大(2)

全長 530mm、幅 150mm、高さ 150mm の長方形供試体。測定する面によって計測結果に影響を与えるかを確認するため、ひずみゲージを 4 つの面に貼り付けた(図-1(b))。

c) 試料 A 角柱小

全長 400mm、幅 100mm、高さ 100mm の長方形供試体（JIS A1129）。ひずみゲージでの測定とホイットモアでの測定性能を比較するため、側面にひずみゲージとゲージプラグを取り付けた(図-1(c))。

d) 試料 B 角柱大

全長 530mm、幅 150mm、高さ 150mm の長方形供試体(通常の曲げ供試体サイズ)(図-1(d))。

e) 試料 C 円柱

全長 530mm、幅 150mm、高さ 150mm の円柱供試体(現場で採取するサンプル)で、3 体の各供試体の側面に円周直角方向に 2 枚ずつ貼り付けた。

(4)実験方法

a) 試料 A 及び試料 B

ひずみゲージで計測した測定値を 3 時間おきにデータロガーによってインターバル計測を行う。そのデータを整理し、いくつかのパターンで比較する。また、ホイットモアによる乾燥収縮試験を行い、その記録と比較し、この簡易実験が実用的なものであるか確認する。

b) 試料 C

施工現場から採取した試料 C についてひずみゲージを用いた乾燥収縮試験を 28 日間行い、その後、圧縮試験と弾性係数を求める。

表-1 供試体の配合の特徴

	試料 A	試料 B	試料 C
種類	普通	普通	普通
呼び強度	30	21	21
水セメント比(%)	50	63	52
単位セメント量(kg/m ³)	328	275	308
単位水量(kg/m ³)	164	173	160
骨材材料	鹿野硬質砂岩碎石 玄海灘海砂	下松硬質砂岩碎石 津久見石灰石碎石	津久見石灰石碎石 金峰硬質砂岩碎石

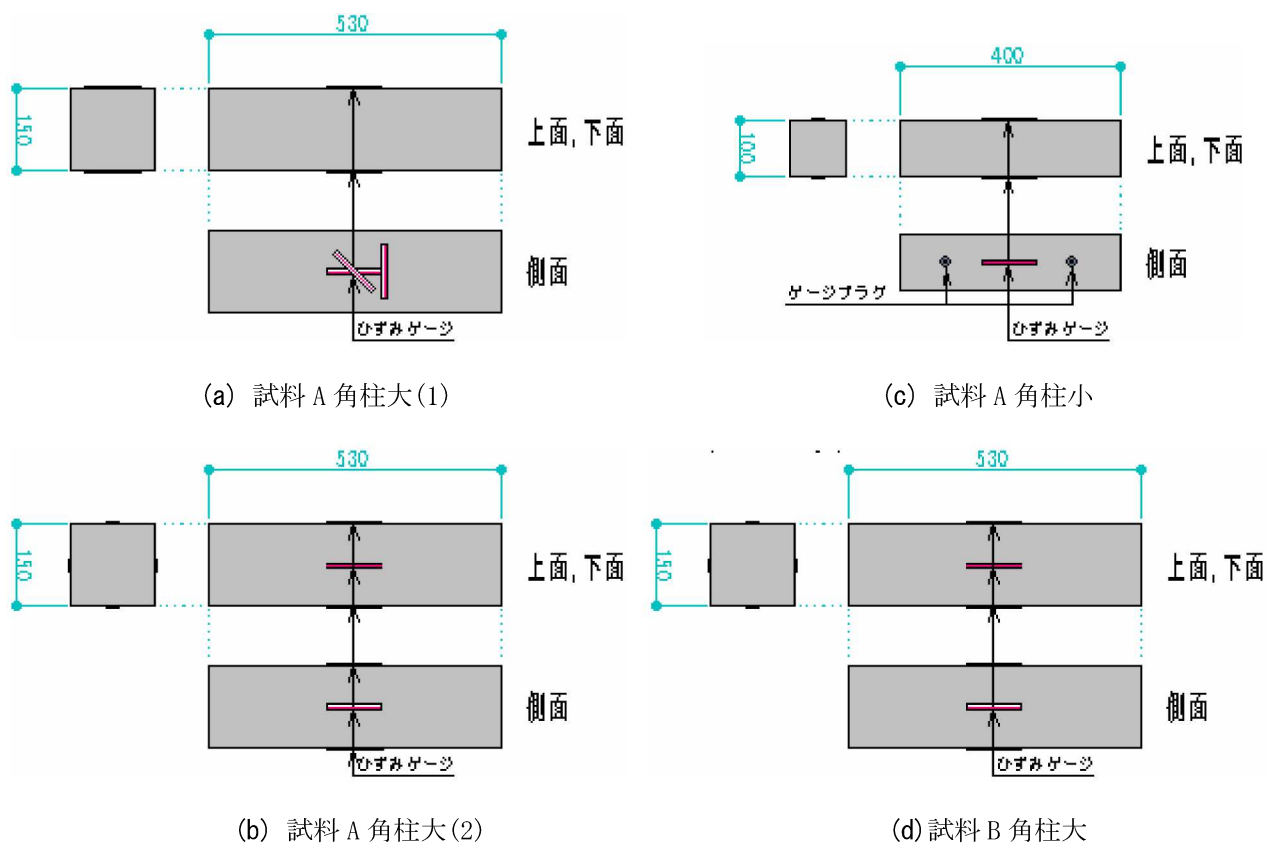


図-1 供試体とひずみゲージの配置



写真-2 ひずみゲージによる測定の様子

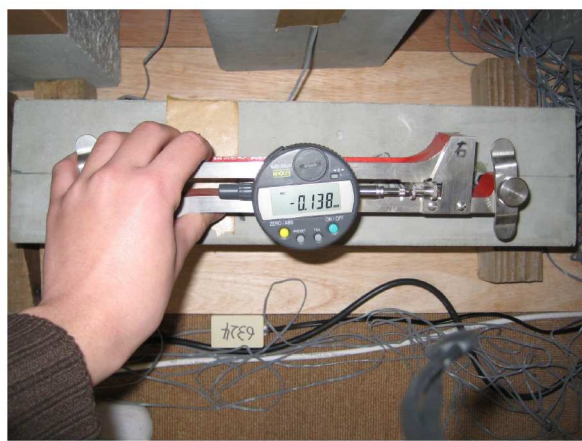


写真-3 ホイトモアによる測定の様子

(5) 比較パターン

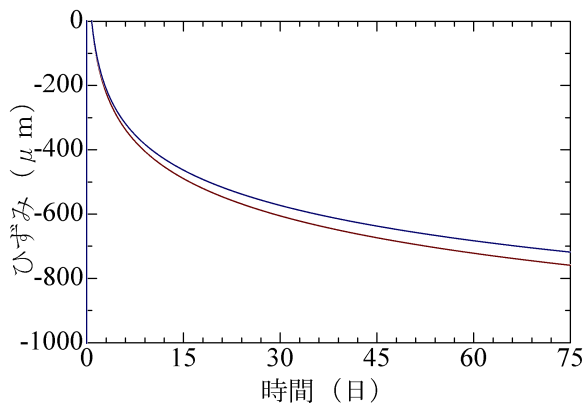
比較するパターンについて以下に記載する。

- a) 測定方法に関する比較 本簡易計測とホイットモアでの収縮量の計測結果を比較する。
- b) 配合条件の違いに関する比較 配合条件が違う試料 A と試料 B のコンクリートを比較する。
- c) 供試体の状態に関する比較 供試体を立た場合と寝せて置いた場合の乾燥収縮量を比較する。

- d) ひずみゲージの貼り方に関する比較 ひずみゲージを供試体の軸に対して縦、斜め、横に貼り付け比較する。
- e) ひずみゲージの貼る面に関する比較 上面、側面、下面の乾燥収縮量を比較する。
- f) 供試体のサイズに関する比較 大きさが異なる供試体の収縮量を比較する。

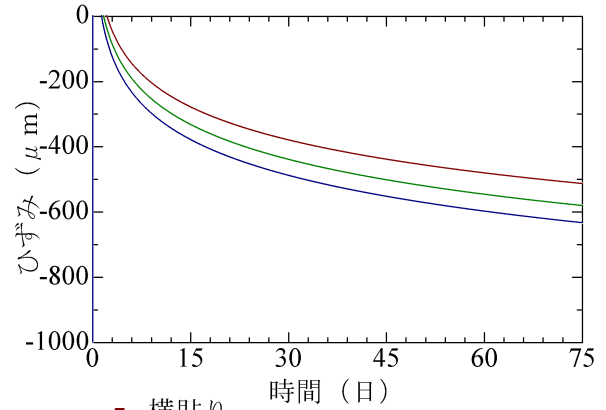
(6) 実験結果

それぞれの測定結果を図-2 に示す.



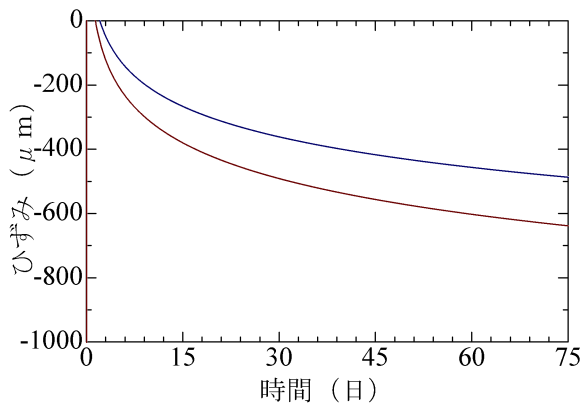
- ひずみゲージ
- ホイットモア

(a)測定方法に関する比較



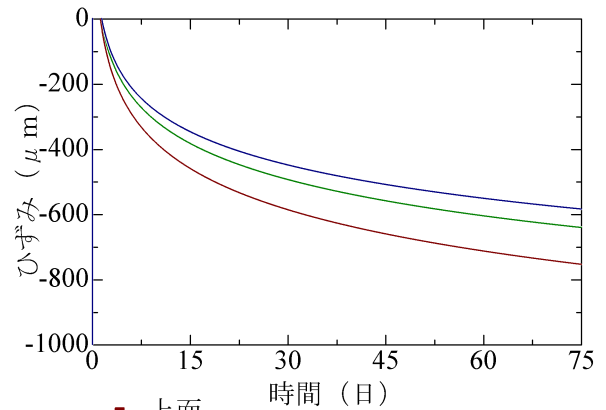
- 横貼り
- 斜貼り
- 縦貼り

(d)ひずみゲージの貼り方に関する比較



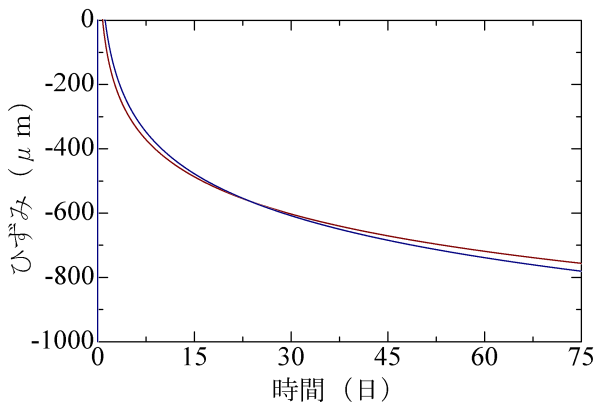
- 試料A
- 試料B

(b)配合条件の違いに関する比較



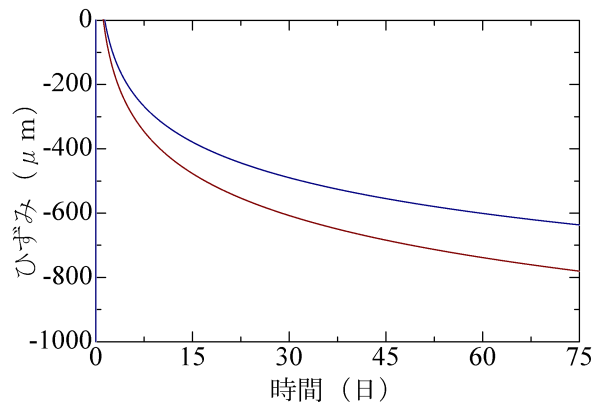
- 上面
- 側面
- 下面

(e)ひずみゲージの貼る面に関する比較



- 横置き
- 縦置き

(c)供試体の状態に関する比較



- 小コンクリート
- 大コンクリート

(f) 供試体のサイズに関する比較

図-2 時間-ひずみ変位曲線

3. 基礎実験に関する考察

基礎実験より得られた、それぞれの結果をもとに以下に考察する。

図-2(a)からは、簡易計測方法での測定値が土木学会規格のホイットモアによる計測の測定値と近似していることが確認できる。また、図-2(b)では、配合条件の相違に対して、計測が相応の結果を示している。試料 B では石灰細砂を使用していることや単位水量の違いによって生じる収縮量の変化を本計測法でも捉えていることを示している。

図-2(c)からは、供試体の置き方は計測結果に影響を与えないことがわかる。しかし、図-2(d)より、供試体の面によって収縮量が異なることが確認できる。上面では多孔質で脆弱なレイタンスが浮き上がっていることが原因と考えられる。

図-2(e)からは、ひずみゲージの貼り方（角度）が計測結果に若干の影響を与えることがわかる。また、図-2(f)に示されるように、コンクリートのサイズが計測結果に影響を与える結果となった。

4. ひずみゲージを用いた収縮試験の応用

試料 C では、本試験方法の実施工での活用を検討した。試料 C では、4 週で圧縮強度を測定するため、収縮の計測はその間で行う。以下では、4 週めでの収縮量を土木学会示方書の算定式により確認した。

試料 C のコンクリートについて、圧縮強度の特性値が 55N/mm^2 以下の普通コンクリートの収縮ひずみの値は次のように算定できる¹⁾。

$$\varepsilon'_{cs}(t, t_0) = \left[1 - \exp\left\{-0.108(t - t_0)^{0.56}\right\} \right] \cdot \varepsilon'_{sh} \quad (1)$$

$$\varepsilon'_{sh} = -50 + 78 \left[1 - \exp\left(\frac{RH}{100} \right) \right] + 38 \log_e W - 5 \left[\log_e \left(\frac{V/S}{10} \right) \right]^2 \quad (2)$$

ε'_{sh} : 収縮ひずみの最終値

$\varepsilon'_{cs}(t, t_0)$: コンクリート材齢 t_0 から t までの収縮ひずみ ($\times 10^{-5}$)

RH : 相対湿度 (%) ($45\% \leq RH \leq 80\%$)

W : 単位水量 (kg/m^3) ($130\text{kg/m}^3 \leq W \leq 230\text{kg/m}^3$)

V : 体積 (mm^3)

S : 外気に接する表面積 (mm^2)

V/S : 体積表面積比 (mm) ($25 \leq V/S \leq 300$)

t_0 および t : 乾燥開始時および乾燥中のコンクリートの有効材齢 (日) であり、式 (3) により補正した値を用いる

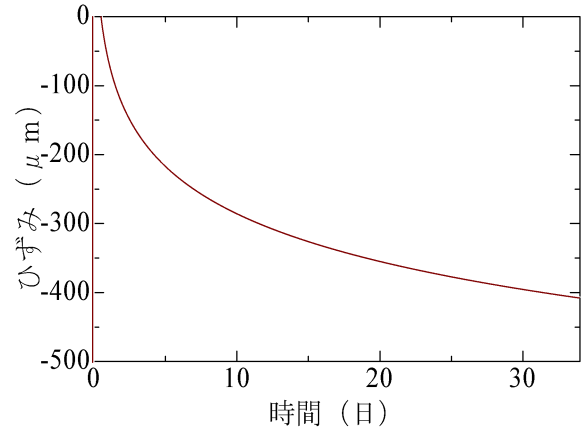


図-3 時間-ひずみ変位曲線 試料 C

$$t_0 \text{ および } t = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \cdot \exp \left[13.65 - \frac{4000}{273 + T(\Delta t_i)/T_0} \right] \quad (3)$$

Δt_i : 温度が T ($^{\circ}\text{C}$) である期間の日数

T_0 : 1°C

これによって試料 C のコンクリートの乾燥開始 4 週めでの収縮量を算定すると $420\mu\text{m}$ であった。これは、図-3 の通り実験結果と良く近似している。

また、本試験体の 4 週強度は平均 27.0N/mm^2 、弾性係数については、 24.7kN/mm^2 が得られた。

4. まとめ

- (1) ひずみゲージ法による測定については、十分に実用性のあるものである。また供試体の置き方については制限がない。計測する場合は、場所をとらないという理由で立てて置くことを推奨する。また、ひずみゲージを貼る面については、コンクリートの材料が均等であると推測される側面の中央に貼ることが望ましいと思われる。ひずみゲージの貼る向きについては、最も大きい値を示す縦貼りで計測することが望ましい。
- (2) 建設現場から採取した試料 C の試験では、コンクリートの収縮量と圧縮強度、そして、弾性係数を得ることができた。本試験は、実際の構造物に使用されるコンクリートの物性を同時に 3 つ得ることが出来るといった点でも有効な手法と考えられる。

参考文献

- 1) コンクリート委員会：コンクリート標準示方書【設計編】 pp. 45-49, 土木学会, 2007
- 2) 日本コンクリート工学協会：JCI 規準集 (1977~2002 年度) (2004)