

# 乾燥収縮ひずみを制御したコンクリートのひび割れ抑制効果検証実験

飯田 康介 塩田 博之

## 概 要

本研究では、目標性能に応じて乾燥収縮ひずみを制御したコンクリートの収縮ひび割れ抑制効果を確認することを目的とし、低収縮コンクリート用拘束ひび割れ試験、また、実大サイズの壁およびデッキスラブの試験体による検証実験を行った。その結果、全ての同コンクリートにおいて、乾燥収縮ひずみの性能に応じ、収縮ひび割れ幅、本数および収縮拘束応力が低減され、目標乾燥収縮ひずみが 0 から $-100 \times 10^{-6}$  の調合においては、四辺を鉄筋コンクリートの柱梁で拘束された壁においても、材齢 680 日時点でひび割れは発生しないことを確認した。また、デッキスラブ試験体においては収縮拘束応力が導入されにくく、一軸部材および平面保持を仮定した複合理論により求めた拘束度と、実際の拘束度は一致しないことを確認した。

## Experimental Verification Test on the Drying Shrinkage Crack Prevention Effect of Concrete with Controlled Drying Shrinkage Strain

## Abstract

In this research, we conducted an experimental verification test on the shrinkage crack prevention effect of concrete with controlled drying shrinkage strain in a cracking test using a restrained specimen for the low-shrinkage concrete and full-scale specimens of an RC wall and a slab with a steel deck.

The results showed that, for all concrete with controlled drying shrinkage, the amount of shrinkage cracks, crack width, and reaction stress were decreased. Further, for RC walls using concrete of the target drying shrinkage strain 0 to  $-100 \times 10^{-6}$  that were restrained on four sides by RC columns and beams, cracks had not occurred by the time the wall had aged 680 days.

Also, it is difficult to introduce reaction stress in RC slabs with steel deck specimens, and we confirmed that there is disagreement between the real restraint rate and the restraint rate calculated according to the rule of mixtures assuming a one-dimensional element and Navier's hypothesis.

キーワード: 乾燥収縮ひずみ、低収縮コンクリート、  
収縮ひび割れ、拘束応力、実大実験

## §1. はじめに

本研究では、目標性能に応じて乾燥収縮ひずみを制御したコンクリートのひび割れ抑制効果の検証のため、拘束ひび割れ試験および実大実験を行った。

本報告は、実大サイズの試験体により行った、各種コンクリートのひび割れ抑制効果確認実験の概要および材齢680日までの試験結果の一部について報告するものである。

## §2. 実験概要

### 2.1 使用材料、調合およびひび割れ抑制効果の検討対象部材

コンクリートの使用材料を表1に、調合、ひび割れ抑制効果の検討対象とした部材種類と使用したコンクリートの組合せを表2に示す。各使用材料の組合せと調合は、目標とする乾燥収縮ひずみとなるように、過去の実験結果<sup>1)</sup>を参考に検討し決定した。収縮低減材料として、エトリンガイ特・石灰複合系の低添加型の膨張材および収縮低減剤を使用した。ひび割れ抑制効果の検討対象部材は壁およびデッキスラブとし、それぞれ求められる要求性能に応じて調合を選定した。

### 2.2 コンクリートの材料試験の概要

実施した材料試験項目を表3に示す。フレッシュコンクリートの各試験は荷卸し時に実施し、それぞれの目標値は表中に示した値とした。硬化コンクリートの低収縮コン

表1 使用材料一覧

| 種類    | 記号 | 種類・物性等                                             |
|-------|----|----------------------------------------------------|
| セメント  | C  | N 普通ポルトランドセメント, 密度3.15g/cm <sup>3</sup>            |
|       | M  | 中庸熟ポルトランドセメント, 密度3.21g/cm <sup>3</sup>             |
| 水     | W  | 地下水                                                |
| 細骨材   | S1 | 行方産陸砂, 表乾密度2.58g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率2.50         |
|       | S2 | 佐野産石灰石砕砂, 表乾密度2.69g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率3.10      |
| 粗骨材   | G1 | つくば産砕石2005, 表乾密度2.69g/cm <sup>3</sup> , 実積率60.0%   |
|       | G2 | 佐野産石灰石砕石2005, 表乾密度2.70g/cm <sup>3</sup> , 実積率60.0% |
| 膨張材   | Ex | エトリンガイ特・石灰複合系, 低添加型                                |
| 収縮低減剤 | Sr | ポリエーテル誘導体                                          |
| 混和剤   | Ad | 高性能AE減水剤, ポリカルボン酸系                                 |

表2 コンクリートの調合・目標乾燥収縮ひずみ・検証に用いた実大試験体の組合せ

| 調合<br>記号 | 目標乾燥<br>収縮ひずみ※<br>×10 <sup>-6</sup> | W/B<br>(%) <sup>*2</sup> | s/a<br>(%) | セメント<br>種類 | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |     |     |    | 添加率              | 添加量                  | 検討対象部材 |            |
|----------|-------------------------------------|--------------------------|------------|------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|------------------|----------------------|--------|------------|
|          |                                     |                          |            |            |                          |     |     |     |     |     |    | (B×%)            | (kg/m <sup>3</sup> ) | 壁      | デッキ<br>スラブ |
|          |                                     |                          |            |            | W                        | C   | S1  | S2  | G1  | G2  | Ex | Ad <sup>*3</sup> | Sr <sup>*3</sup>     |        |            |
| N        | —                                   | 50                       | 47.2       | N          | 167                      | 334 | 581 | 261 | 968 | —   | —  | 0.950            | —                    | ○      | ○          |
| H        | -400                                | 50                       | 47.1       | N          | 167                      | 314 | 581 | 258 | —   | 972 | 20 | 1.000            | —                    | ○      | ○          |
| L1       | -250                                | 45                       | 45.0       | N          | 170                      | 358 | 539 | 242 | —   | 986 | 20 | 0.900            | 6                    | —      | ○          |
| L2       | -250                                | 45                       | 45.1       | N          | 170                      | 353 | 542 | 242 | —   | 986 | 25 | 0.775            | —                    | —      | ○          |
| Z        | 0～100                               | 45                       | 46.0       | M          | 162                      | 340 | 565 | 253 | —   | 991 | 20 | 0.900            | 10                   | ○      | —          |

<sup>\*1</sup> 乾燥収縮ひずみ26週の値と拘束膨張試験材齢7日の値を足し合わせた値 <sup>\*2</sup> BはC+Exとする。 <sup>\*3</sup> 混和剤(Ad)および収縮低減剤(Sr)は、単位水量(W)に含む。

リート用拘束ひび割れ試験は JIS A 1151 を参考にした試験方法<sup>2)</sup>で、試験体内部にφ32mmの丸鋼を設置したダンベル型試験体による方法である。

### 2.3 作製した試験体および計測方法

各検討対象部材と作製した試験体の種類を表4に示す。両部材とも実大試験体のほか、無拘束試験体を作製し、膨張・収縮ひずみ、ひび割れ状況等を確認した。また、壁については上部の梁から受ける拘束力算定のため上部梁試験体、デッキスラブについては鉄筋から受ける拘束力を分離して算定するため有筋試験体を作製した。小型試験体の詳細については、文献3を参照されたい。

全ての実大および小型試験体においてコンクリートのひずみは低弾性型埋込みひずみ計、鉄筋および鉄骨は箔ゲージ、温度は熱電対を用いて計測した。

### 2.4 実大壁試験体の概要

図1に実大壁試験体の概要およびひずみの計測位置を示す。試験体の両端に柱、上下には梁を模した部材を配した。一般的な壁部材を想定し壁の鉄筋比は配力筋、主筋方向共に0.70%、定着は直線定着、定着長さは鉄筋径の25倍とした。

コンクリートの打込み順序について、本実験の約3ヶ月前に壁の下端まで先行して作製し、壁、柱および上部梁

表3 材料試験一覧

| 試験項目            | 試験方法                 | 備考                                                        |
|-----------------|----------------------|-----------------------------------------------------------|
| フレッシュ<br>コンクリート | スランブ                 | JIS A 1101 目標18±2.5cm                                     |
|                 | 空気量                  | JIS A 1128 目標4.5±1.5cm                                    |
|                 | コンクリート温度             | JIS A 1156                                                |
|                 | 塩化物量                 | JASS 5 T-502 目標0.30kg/m <sup>3</sup> 以下                   |
| 硬化<br>コンクリート    | 圧縮強度                 | JIS A 1108 養生:標準 材齢:28日<br>養生:現場封かん<br>材齢:7,13,28,91,365日 |
|                 | 静弾性係数                | JIS A 1149 圧縮強度と同時に測定                                     |
|                 | 割裂引張強度               | JIS A 1113 養生:現場封かん<br>材齢:7,13,28,91,365日                 |
|                 | 乾燥収縮ひずみ              | JIS A 1129-3 乾燥期間:0(基長),7,28,56,91,182,365日,2年            |
|                 | 拘束膨張ひずみ              | JCI-S-009-2012 膨張材使用の調合のみ                                 |
|                 | 低収縮コンクリート<br>用拘束ひび割れ | JIS A 1151を参考<br>にした方法 φ32mm丸鋼, 切欠きなし,<br>詳細は文献2を参照       |

表4 検討対象部材と作製した試験体

| 検討対象部材 | 実大<br>試験体 | 小型試験体  |       |        |
|--------|-----------|--------|-------|--------|
|        |           | 無拘束試験体 | 有筋試験体 | 上部梁試験体 |
| 壁      | ○         | ○      | —     | ○      |
| デッキスラブ | ○         | ○      | ○     | —      |

を同時に同調合にて打込み作製した。なお、下部梁のコンクリートは Fc42 とし、実大試験体と同一養生を施した試験体の静弾性係数は壁部打設時点で平均  $30.7\text{kN/mm}^2$  であり、壁コンクリートの配力筋方向の拘束度<sup>4)</sup>は試験体下半分、下面に生じる摩擦を考慮しないで計算した場合、0.56 程度であった。

実大試験体は屋外の平滑な土間コンクリート上に設置し、脱型は打込みから 7 日後に行い、降雨の影響を避けるため試験体上に屋根を設置した。

## 2.5 実大デッキスラブ試験体の概要

図 2 に実大デッキスラブ試験体の概要および計測位置を示す。スラブ配力筋方向の両端に幅 200mm のスタッドボルトを溶接した鉄骨梁を配した。また、ひび割れを早期に発生させるため、鉄骨内部に拘束用コンクリートを打込み剛性を高め、スラブに生じる拘束力を増加させた。試験体は一軸拘束状態でのひび割れ発生状況を確認することを目的とし、主に配力筋方向に拘束力が導入されるよう拘束用コンクリートの主筋方向の中央にはスタイロフォームを設置した。デッキプレートはフラットタイプ、 $\phi 5\text{mm}$  の丸鋼がラチス状に溶接固定されたものを使用した。拘束用コンクリートの静弾性係数はスラブコンクリート打込み時点で  $36.8\text{ kN/mm}^2$  であり、スラブ配力筋方向の拘束度はおおそ 0.75 程度であった。

設置場所は屋外であり、幅 100mm の H 型鋼上に二重のデフロンシートを挿み 4 点で支持した。打設後材齢 7 日までビニールシートで表面を覆い、その上から合成樹脂製のシートを掛けて散水養生を行った。7 日目に同シートおよびスラブ側面型枠を脱型し乾燥を開始した。側面にはアルミテープを貼り、壁試験体同様、降雨の影響を避けるため屋根を設置した。

計測位置は基本的に試験体配力筋方向・中央位置断

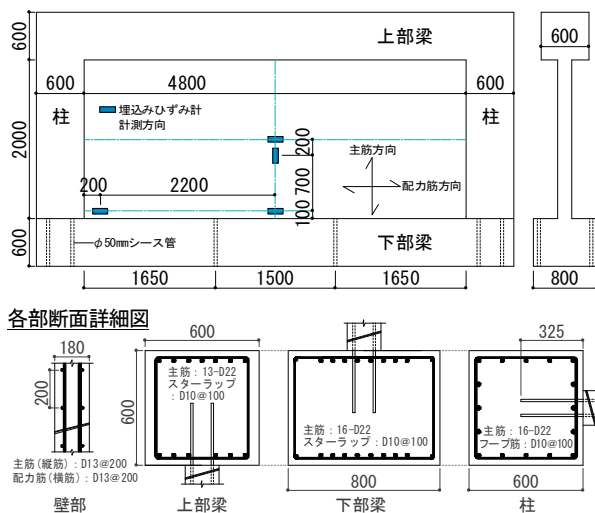


図 1 実大壁試験体の概要およびひずみ計測位置

面とし、N および H1 のみ同断面主筋方向の上端主筋およびデッキプレートのひずみを計測した。

## §3. コンクリートの製造・打込み

コンクリートは、10 月 7 日の標準期に茨城県つくば市内のレディーミストコンクリート工場で製造し、各材料試験の供試体および実大試験体に打ち込んだ。収縮低減剤を用いたコンクリートの練混ぜは、単位水量から収縮低減剤添加量を引いた値を計量し、収縮低減剤以外の材料を一括投入し練り混ぜた。コンクリートをトラックアジテータ車に積込んだ後、ドラム内に収縮低減剤を投入して 90 秒間高速攪拌を行った。練り上がったコンクリートは、つくば市の実験場所へ運搬し、スクイズ式ポンプ車で実大試験体および小型試験体に打込みを行った。

## §4. 実験結果

### 4.1 フレッシュコンクリートの試験結果

荷卸し時におけるフレッシュコンクリートの試験結果を表 5 に示す。スランプ、空気量、コンクリート温度および塩化物量は、いずれの調合においても目標値の範囲であり、フレッシュ性状は良好であった。

### 4.2 強度試験および静弾性係数試験の結果

材齢 28 日における圧縮強度試験、静弾性係数試験および割裂引張強度試験の結果を表 6 に示す。標準の結

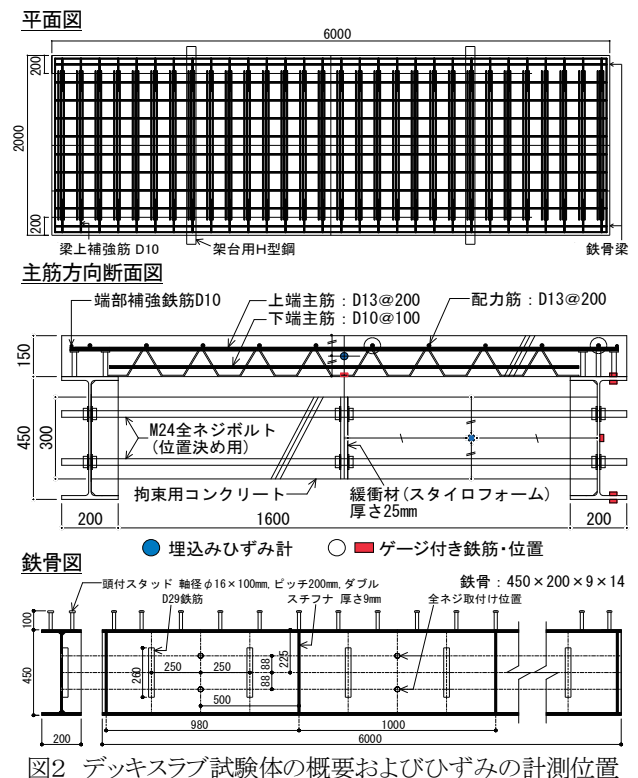


図 2 デッキスラブ試験体の概要およびひずみの計測位置

果を見ると、N、H、L1、L2、Z はそれぞれ 36.3N/mm<sup>2</sup>、41.3N/mm<sup>2</sup>、39.6N/mm<sup>2</sup>、44.9N/mm<sup>2</sup>、43.4N/mm<sup>2</sup> であった。材齢 28 日の 20℃封かんおよび現場封かんは、いずれの調合においても同一材齢の標準より若干小さい強度となった。

材齢 28 日の標準養生の静弾性係数を見ると、粗骨材に硬質砂岩を用いた N は 27.9kN/mm<sup>2</sup> であったが、石灰石砕石を用いた調合ではいずれも 35kN/mm<sup>2</sup> 程度であり、建築学会式<sup>5)</sup>で示されているとおり骨材の影響により 2 割程度大きくなった。

割裂引張強度は、材齢 28 日の 20℃封かんで圧縮強度と比較すると、ばらつきは見られるが圧縮強度の 1/13～1/16 程度であり、膨張材および収縮低減剤の使用による影響は見られなかった。

### 4.3 拘束膨張・乾燥収縮ひずみの測定結果

拘束膨張・乾燥収縮ひずみの結果を図 3 に示す。これは、材齢 7 日までの拘束膨張ひずみと、乾燥を始める 7 日以降の長さ変化率の合計値である。膨張材を使用した調合 H、L1、L2 および Z の養生期間 7 日間の拘束膨張ひずみは、150～200×10<sup>-6</sup> となっており、これは事前に実

表5 フレッシュコンクリートの試験結果

| 調合 | スランプ<br>(cm) | 空気量<br>(%) | コンクリート<br>温度(℃) | 塩化物量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 外気温<br>(℃) |
|----|--------------|------------|-----------------|------------------------------|------------|
| N  | 19.5         | 5.2        | 24.3            | 0.04                         | 23.1       |
| H  | 18.5         | 4.3        | 24.9            | 0.04                         | 23.5       |
| L1 | 19.0         | 5.6        | 25.8            | 0.04                         | 22.0       |
| L2 | 16.5         | 4.0        | 24.8            | 0.05                         | 21.8       |
| Z  | 20.0         | 3.6        | 24.1            | 0.03                         | 23.2       |

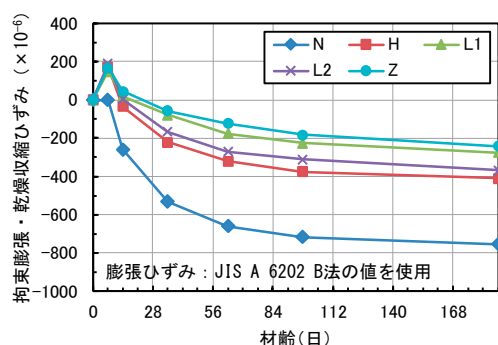


図3 拘束膨張・乾燥収縮ひずみ測定結果

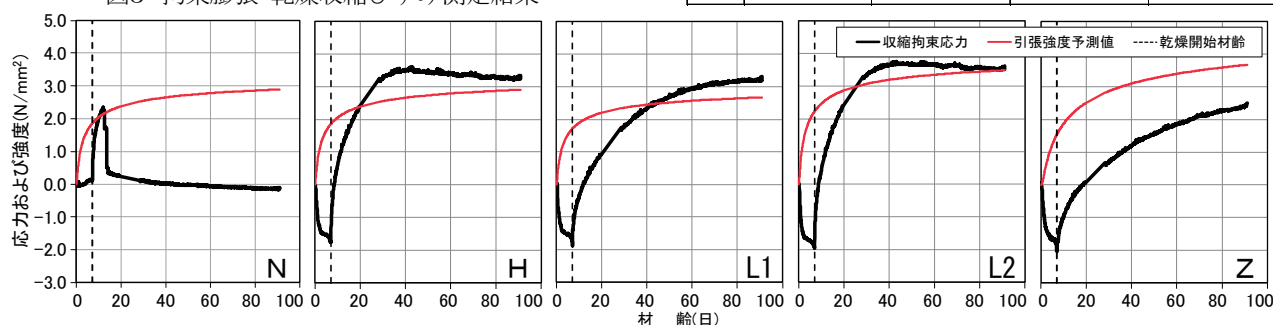


図4 収縮拘束応力および割裂引張強度予測値の経時変化

施した試験練りの結果<sup>6)</sup>よりも全体的に小さい傾向であった。この原因として、文献 7 で報告されている温度の影響に加え、実機製造、運搬といった工程が何らかの影響を及ぼした可能性も考えられる。この原因については、今後、引き続き調査を行っていく予定である。

乾燥収縮ひずみは、試験練りにおける結果とほぼ同等の結果であった。

### 4.4 低収縮用拘束ひび割れ試験の試験結果

図 4 に低収縮用拘束ひび割れ試験におけるコンクリートの収縮拘束応力(以降、拘束応力と表記)の経時変化を示す。拘束応力の算定は、力の釣り合い条件から(1)式を用いた。図 5 には、各調合の引張強度の経時変化の予測値を併記している。引張強度は 20℃封かん養生材齢 28 日の測定結果から CEB-FIP Model Code 90 式<sup>8)</sup>を用いて予測した。

$$\sigma_c = - \frac{(E_m \times \varepsilon_m \times A_m) + (E_s \times \varepsilon_s \times A_s)}{A_c} \quad (1)$$

ここに、 $\sigma_c$ : コンクリートの収縮拘束応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $E_m, E_s$ : 型枠および鉄筋の弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\varepsilon_m, \varepsilon_s$ : 型枠および鉄筋のひずみ (×10<sup>-6</sup>)  
 $A_m, A_s$ : 型枠および鉄筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)  
 $A_c$ : コンクリートの純断面積 (mm<sup>2</sup>)

材齢 91 日までの低収縮用拘束ひび割れ試験の結果、ひび割れが確認されたのは N のみであり、材齢 13 日(乾燥

表6 コンクリートの試験結果(材齢 28 日)

| 調合<br>記号 | 養生<br>条件 | 圧縮強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 静弾性係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) | 割裂引張強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|----------|----------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| N        | 標準       | 36.3                         | 27.9                           | —                              |
|          | 20℃封かん   | 34.5                         | 26.2                           | 2.52                           |
|          | 現場封かん    | 33.3                         | 26.3                           | 2.58                           |
| H        | 標準       | 41.3                         | 35.2                           | —                              |
|          | 20℃封かん   | 39.0                         | 33.0                           | 2.53                           |
|          | 現場封かん    | 38.9                         | 32.0                           | 2.79                           |
| L1       | 標準       | 39.6                         | 33.4                           | —                              |
|          | 20℃封かん   | 38.0                         | 31.7                           | 2.33                           |
|          | 現場封かん    | 37.9                         | 32.1                           | 2.74                           |
| L2       | 標準       | 44.9                         | 34.7                           | —                              |
|          | 20℃封かん   | 42.6                         | 34.6                           | 3.04                           |
|          | 現場封かん    | 41.1                         | 33.7                           | 3.10                           |
| Z        | 標準       | 43.4                         | 35.9                           | —                              |
|          | 20℃封かん   | 41.4                         | 34.9                           | 2.81                           |
|          | 現場封かん    | 41.0                         | 34.5                           | 2.62                           |



開始から 6 日後)と比較的早い材齢でひび割れが生じた。収縮拘束応力の経時変化を見ても、同様の経過日数で引張強度予測値を上回っており、ひび割れの発生に伴う応力の急激な低下を確認した。

H、L1 および L2 は、拘束応力が引張強度予測値を上回っているにもかかわらず、ひび割れの発生には至っていない。また、H および L2 では、引張強度予測値を上回った後、応力が緩やかに低下している。この原因は定かではないが、ケミカルプレストレスが内部組織に影響を与え、試験体の引張強度が割裂引張強度よりも高くなった可能性や、もしくは、試験体内部に生じたひび割れが表面まで到達していない可能性等が考えられる。拘束応力が低下し始めた材齢をひび割れ発生材齢と仮定し、また、応力の経時変化を比較すると、最もひび割れ抵抗性が高いのは Z、次に L1、その次に H と L2 が同程度となった。

#### 4.5 実大試験体のひび割れ状況

##### 4.5.1 実大壁試験体のひび割れ状況

実大壁試験体の材齢 680 日時点のひび割れ状況を図 5 に示す。N、H の試験体において中央主筋方向にそれぞれ幅 0.2mm 以上、0.1 から 0.2mm のひび割れが確認された。ひび割れの発生を確認したのは N で材齢 120 日、H で 240 日であった。ひび割れは N、H ともに貫通しており、壁の 2 面の同位置に確認した。N においては材齢 210 日で下部の隅角部に斜めひび割れも確認された。なお、Z においては材齢 680 日時点においてもひび割れは発生しなかった。

##### 4.5.2 実大デッキスラブ試験体のひび割れ状況

実大デッキスラブ試験体のひび割れ状況を図 5 に併せて示す。ひび割れは試験体 N にのみ、材齢 370 日から 380 日にかけてひび割れが試験体中央の鉄骨梁上から発生し、材齢 680 日時点において幅は最大 0.15mm 程度であった。

#### 4.6 実大試験体のひずみ

図 5 に示す位置に設置した低弾性埋込み型ひずみ計により得られた値から、温度ひずみを取り除いた値で比較を行った。ひずみは膨張側を正、収縮側を負とした。温度ひずみの補正にあたり、計測対象の線膨張係数は試験体 N が 10、N 以外の試験体については 7.4 で一定とした。グラフの基点は全て水和反応に伴う温度上昇が始まる時刻とした。

##### 4.6.1 実大壁試験体のひずみ

実大壁試験体の壁部中心の温度の経時変化を図 6 に、中央部および中央下部のひずみを図 7 に示す。初期の膨張ひずみの最大値は、中央部において Z が  $173 \times 10^{-6}$ 、H が  $148 \times 10^{-6}$  であり、中央下部ではいずれもその半分程度の値であった。これは、中央下部が先行して打設した梁から、より強い拘束を受けている影響と推測される。また、N の材齢初期においては、温度ひずみのみでは膨張挙動を補正することができなかった。この原因としては、若材齢時の線膨張係数の変化や温度応力などが考えられる。

ひずみの経時変化をみると、N は材齢 100 から 120 日程度、H は 220 日程度でひずみが大きく変化している。これらの時期は前述のひび割れ発生材齢と一致することから、ひび割れ発生に伴うひずみ変化の挙動を示唆するものと思われ、乾燥収縮によるものと判断できる。Z は材齢 680 日時点でも中央部は膨張側に留まることを確認した。

##### 4.6.2 実大デッキスラブ試験体のひずみ

実大デッキスラブ試験体の試験体 N の温度変化を図 6

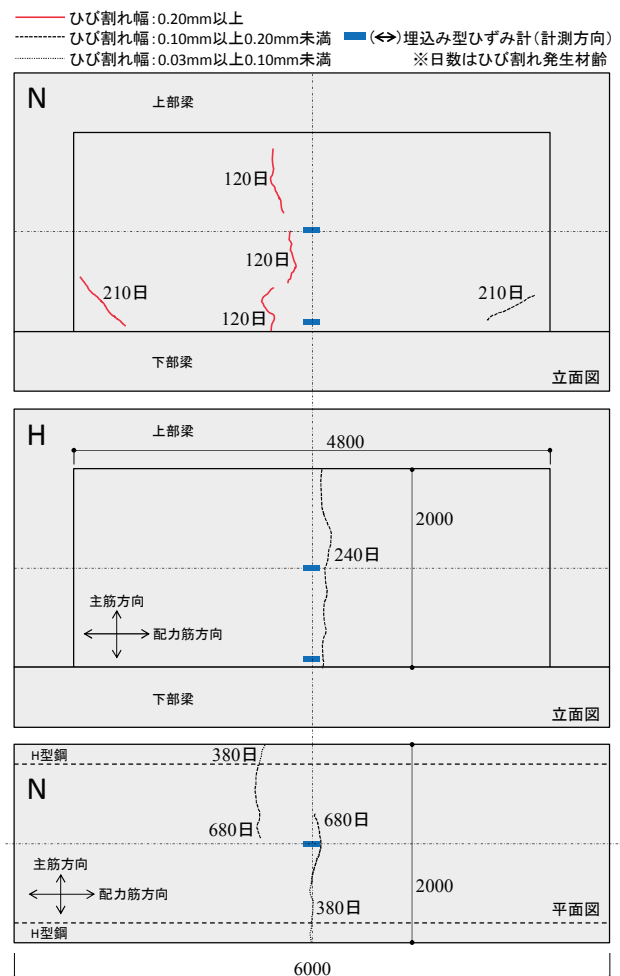


図5 実大試験体のひび割れ状況  
(上から壁試験体 N, H, デッキスラブ試験体 N)

に、各試験体のひずみの経時変化を図 7 に併せて示す。結果より、膨張ひずみは L2 が最も大きく  $176 \times 10^{-6}$ 、次いで L1 が  $171 \times 10^{-6}$ 、H が  $105 \times 10^{-6}$  であった。また、材齢 680 日時点におけるひずみは L2、L1、H、N の順に大きく、それぞれ  $33 \times 10^{-6}$ 、 $-43 \times 10^{-6}$ 、 $-169 \times 10^{-6}$ 、 $-316 \times 10^{-6}$  であり、L1、L2 試験体のひずみは概ね  $-50 \times 10^{-6}$  以上を推移する結果であった。

デッキスラブ試験体では、ひび割れ観察で認められたひび割れの発生による計測値への影響は確認されなかったことから、ひび割れはごく表層にのみ生じたものと推察される。

また、試験体を配筋方向に一軸部材と仮定し、複合理論によりデッキスラブの拘束度を計算した場合、拘束コンクリートを除いても 0.32 程度はあるにも関わらず、N 試験体のひずみが壁試験体の 5 倍ほど進行してもわずかにひび割れが入った程度であった。以上より、鉄筋や鉄骨梁のひずみも併せて検証が必要だが、単純な複合理論による拘束度は本試験体のようなスラブには適用できないと考えられる。

## §5. 結論

拘束ひび割れ試験における拘束応力、また、実大試験体のひび割れ状況およびひずみの計測結果から、乾燥収縮ひずみを制御したコンクリートのひび割れ低減効果について、以下に示す点を確認した。

- (1) 実大サイズの壁およびデッキスラブにおいて、乾燥収縮ひずみを制御したコンクリートを適用した結果、全ての同コンクリートにおいてひび割れ幅、本数および収縮拘束応力が一般的な普通強度のコンクリートに比べ低減されることを確認した。
- (2) ひび割れ低減効果は Z 調合が最も大きく、次いで L1 または L2、次いで H の順に大きい。
- (3) 四辺を鉄筋コンクリート柱・梁で拘束した壁において、材齢 680 日でも、Z 調合はひび割れを生じない。

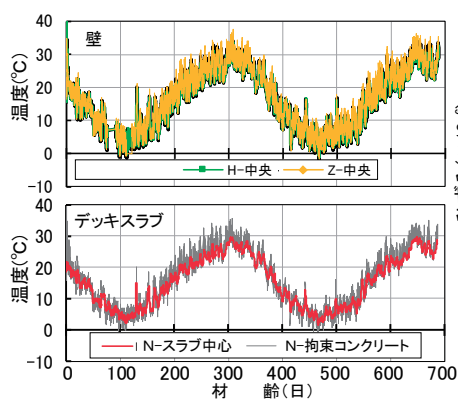


図6 実大試験体の温度計測結果

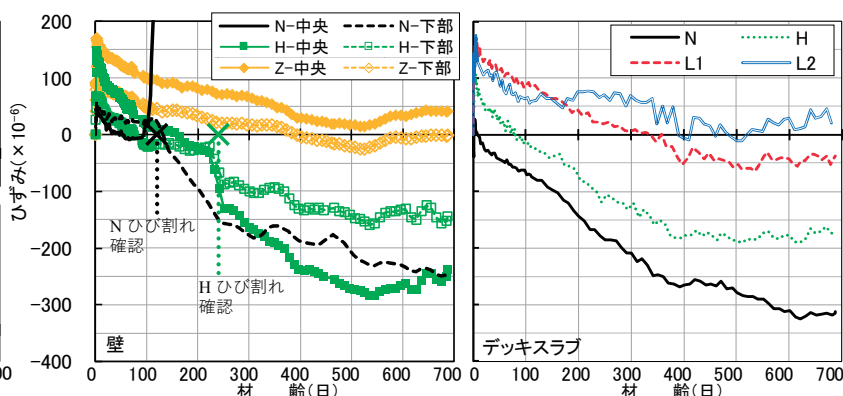


図7 実大試験体のひずみ計測結果

- (4) スラブは壁に比べ拘束応力が導入されにくく、本試験体のような形状のスラブの場合、一軸複合理論により計算した拘束度は実際の拘束度と一致しない。

## 参考文献

- 1) 例えば 鈴木好幸、三谷和裕、浦川和也、井戸康浩、木村仁治、飯田康介、宮野和樹、山田人司：コンクリートの乾燥収縮ひずみ制御方法に関する実験的研究(その 2 収縮低減剤および膨張材を使用したコンクリートの強度性状および膨張・収縮性状)、日本建築学会大会学術梗概集(関東)、A-1、pp.673-674、2015.9
- 2) 浦川和也、安部弘康、野中英、梅本宗宏、木村仁治、飯田康介、梶田秀幸：乾燥収縮ひずみを制御したコンクリートのひび割れ抑制効果の検証(その 2 収縮を低減したコンクリートに適用可能な一軸拘束ひび割れ試験方法の有効性の検討)、日本建築学会大会学術梗概集(関東)、2016 年
- 3) 塩田博之、浦川和也、鈴木好幸、野中英、井戸康浩、木村仁治、宮野和樹：コンクリートの乾燥収縮ひび割れ制御方法に関する実験的研究(その 3 実大試験体によるひび割れ抑制効果確認実験の概要)、日本建築学会大会学術梗概集(関東)、2016 年
- 4) 井上和政、三井健郎、岩清水隆、木之下光男、齊藤和秀、稲垣順司：ハイブリッド高性能 AE 減水剤を用いた低収縮コンクリートの開発と建築物への適用によるひび割れ低減効果の検証、日本建築学会技術報告集 第 16 巻 第 34 号 pp.849-854、2010 年
- 5) 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事、日本建築学会、p.192、2015
- 6) 井戸康浩、安部弘康、野中英、浦川和也、木村仁治、飯田康介、梶田秀幸：乾燥収縮ひずみを制御したコンクリートのひび割れ抑制効果の検証(その 4 実大実験の使用材料・調合・試験項目およびコンクリート試験の結果)、日本建築学会大会学術梗概集(関東)、2016 年
- 7) 三谷裕二ほか：膨張材を混和したコンクリートの拘束膨張特性に及ぼす養生温度の影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.25、No.1、pp.155-160、2003 年 9 月
- 8) COMIT EURO-INTERNATIONAL DU BETON : CEB-FIP Model Code 90、Thomas Telford、1990

## 謝 辞

本研究は、7 社共同研究(フジタ、安藤・ハザマ、熊谷組、佐藤工業、戸田建設、西松建設、前田建設工業)での成果である。



飯田 康介

## ひとこと

コンクリートのスペック・コストと収縮ひび割れの関係がようやく解明されてきました。今後は解析によるひび割れの推定を進め、実物件の検討につなげていきたい。