

H1-1

## 超高強度コンクリートの収縮 Shrinkage of Ultra High-Strength Concrete

○青木康雄<sup>1</sup>, 柳沼善明<sup>2</sup>  
Yasuo Aoki<sup>1</sup>, \*Yoshiaki Yaginuma<sup>2</sup>

**Abstract:** This study investigates the shrinkage on ultra high-strength concrete (147-113N/mm<sup>2</sup>). Shrinkage strains are measured. As a result, behavior of shrinkage of ultra high-strength concrete became clear that.

### 1. はじめに

垂井高架橋でコンクリートに多数の乾燥収縮ひび割れが見つかり建設業界は衝撃を受けた<sup>[1]</sup>. それは日本工業規格 (以下 JIS) の基準を満たしたにも関わらず想定以上のひび割れが生じたためである. これ以来, 収縮によるひび割れ対策が注目されている. 一方, コンクリートの高強度化は, ビルの高層化や橋梁の長大スパン化, 耐久性の向上などの利点があり注目を集めている. 高強度コンクリートは普通強度のコンクリートと比較し, セメントの水和反応に起因する自己収縮が増大することが知られており, これに乾燥収縮の影響が加味され, さらにこれらの収縮が鉄筋等により拘束を受けると, 耐久性上有害なひび割れが発生する恐れのあることが指摘されている. 高強度コンクリートは本来優れた耐久性を持ち合わせていると考えられるが, 収縮ひび割れにより高強度コンクリートに期待される耐久性が著しく損なわれる危険性がある. そこで, 本研究では超高強度コンクリートの収縮挙動を把握することを目的とした.

### 2. 実験概要

本実験では, 自己収縮 (SE), 自由収縮 (FR), 鉄筋拘束収縮 (ST) の 3 種類の供試体を作製した. 供試体の寸法は 100×100×400 (mm), 使用したコンクリートは超高強度コンクリートとした. SE は材齢 1 日で供試体を密封シートで被い密封状態にし, FR および ST は脱型後実験室内に気中放置した. 供試体はすべて 100×100 (mm) の面を下向きに保管した. ST は供試体内部に拘束筋として D22 の鉄筋を 1 本配置した. 鉄筋の材質は SD345 であった. 供試体の種類を Table 1. に示す. なお, 膨張材の添加量は 30kg/m<sup>3</sup> とした. 本実験は, 収縮の現象や収縮量を把握するために, G13, G16.5, G16.5exp の収縮ひずみの計測を行った. 収縮ひずみの計測は打設時から 3 ヶ月間ほぼ毎日行い, その後 3 ヶ月間 1 週間に一度の計測を行い, その後 1 か月

に一度の計測を行った. ひずみの計測は供試体内部に埋め込んだひずみゲージより計測した. 実験室の温度および湿度の推移を Figure 1. に示す.

Table 1. The kind of specimen

| タイプ | 供試体名     | 水セメント比 (%) | 膨張材 |
|-----|----------|------------|-----|
| N   | G13      | 13         | -   |
|     | G16.5    | 16.5       | -   |
| E   | G16.5exp | 16.5       | ○   |

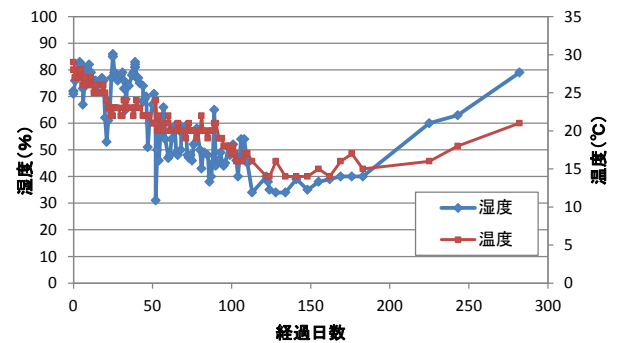


Figure 1. Temperature and humidity

### 3. 実験結果

#### (1) 強度試験結果

Table 2. に強度試験結果を示す. 材齢 28 日, 3 ヶ月ともに G13 の圧縮強度が大きい値となり, 膨張材を混入した G16.5exp の圧縮強度が小さくなった. 膨張材を混入していない G13 および G16.5 の圧縮強度は材齢 28 日から材齢 3 ヶ月で低下しているのに対し, 膨張材を混入した G16.5exp は増加した.

Table 2. Compressive strength(N/mm<sup>2</sup>)

| 材齢  | G13   | G16.5 | G16.5exp |
|-----|-------|-------|----------|
| 28日 | 147.2 | 124.1 | 113.8    |
| 3ヶ月 | 128.5 | 122.7 | 116.4    |

#### (2) 自由収縮ひずみ

Figure 2. に経過日数と自由収縮ひずみの関係を示す. 図の正の値を膨張, 負の値を収縮とした. 水セメント

1 : 日大理工・院・交通, 2 : 日大理工・教員・交通

比が最も小さい G13 の自由収縮ひずみが最も大きく、膨張材を混入した G16.5exp の値が小さくなった。これより、水セメント比が小さくなるほど収縮量が増加し、膨張材を混入することにより初期膨張はあるものの膨張材を混入していない G16.5 と概ね同じ傾向を示した。

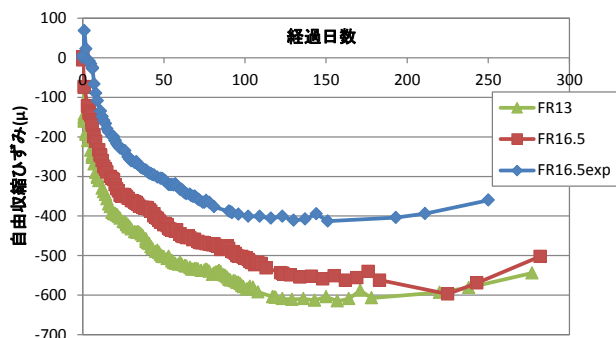


Figure 2. Behavior of free shrinkage strain

(3) 鉄筋拘束ひずみ

Figure 3.に材齢と鉄筋拘束ひずみの関係を示す。G16.5 および G13 が概ね同じ傾向を示した。鉄筋拘束ひずみは水セメント比の相違による影響をあまり受けないと考えられる。膨張材を混入した G16.5exp は初期材齢で膨張したために鉄筋拘束ひずみ量が小さくなったと考えられる。経過日数約 120 日以降でひずみ量が横ばいとなった。その後、経過日数約 220 日以降に急激に回復をした。これは、内部ひび割れが入ったためであると考えられる。

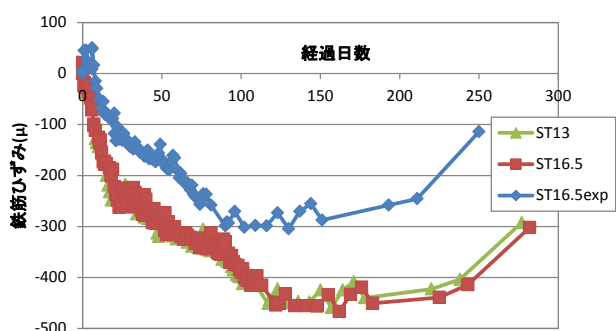


Figure 3. Behavior of reinforcing restrained strain

(4) 実験値と設計値との比較

Figure 4.にコンクリートの収縮ひずみの実験値 (test) と設計値<sup>[2]</sup> (calc) の関係、Table 3.に G16.5 の実験値と設計値を示す。ひずみと設計値の推移は概ね経過日数 28 日、3ヶ月での収縮ひずみの test/calc の値がそれぞれ 0.37, 0.49 となり、設計値は実験値の約 2 倍の値に計算されていた。これは、本実験用いた骨材は収縮量の小さい骨材を用いたために収縮量が小さくなったと考えられる。

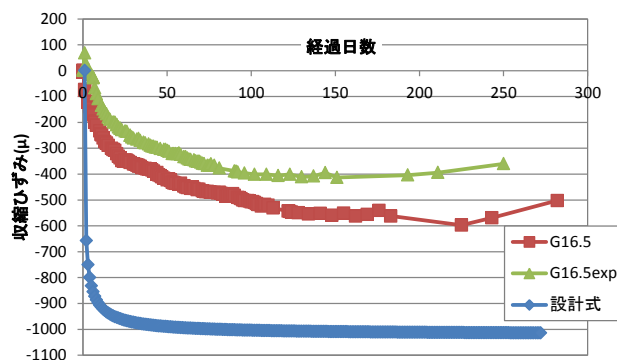


Figure 4. Comparison of experimental value and calculation value

Table 3. Experimental value and calculation value of G16.5

| 材齢(日) | test(μ) | calc(μ) | test/calc |
|-------|---------|---------|-----------|
| 28日   | 355     | 970.8   | 0.37      |
| 3ヶ月   | 490     | 1002.9  | 0.49      |

(5) 鉄筋ひずみと自由収縮ひずみ

自由収縮ひずみと鉄筋ひずみの差と経過日数の関係を Figure 5.に示す。同一鉄筋比において水セメント比による影響があったものの、膨張材混入による差が明確にみられなかった。

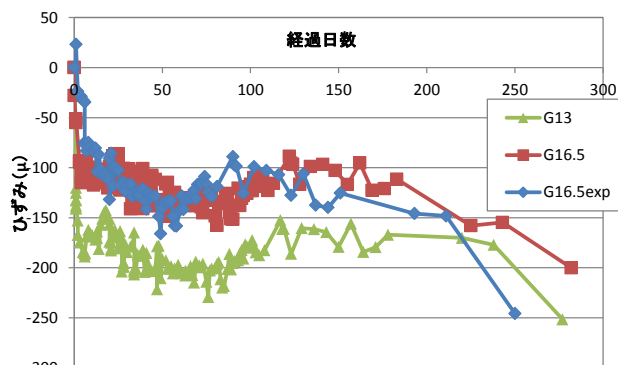


Figure 5. Difference of free shrinkage strain and reinforcing restrained strain

3. まとめ

- ①水セメント比が小さくなるほどコンクリートの収縮量が大きくなる。
- ②土木学会の設計式では自由収縮量が大きく計算されていた  
なお、本実験は文献[3] (経過時間約 120 日までの計測) の継続実験である。

参考文献

[1] 森下慎一：「強化されるひび割れ対策」, NIKKEICONSTRUCTION, pp53-62, 2010.11.26  
 [2] 土木学会；コンクリート標準示方書 (設計編), 2007 制定, 2009  
 [3] 曾我, 櫻井：日本大学理工学部社会交通工学科卒業論文