

# 超高強度コンクリートの強度発現性と結合材組成に関する実験的研究

宇都宮大学工学部 正会員 藤原浩巳  
 正会員 丸岡正知  
 株式会社 デイ・シイ 正会員 廣島明男  
 宇都宮大学工学部 学生会員 廣澤昌浩

## 1. はじめに

近年、コンクリート構造物の高層化・高耐久化等の要求から、高強度コンクリートを適用する場合がさらに増えると予想される。しかし、高強度コンクリートは、高粉体性に起因する温度上昇や自己収縮が大きいことが問題視されている。本研究では、各種混和材の種類及び組合せと強度発現性及び自己収縮特性の関係について検討した。

## 2. 実験概要

### 2. 1 使用材料

表－1 に使用材料を示す。セメントには強度発現性と収縮性を考え、中庸熱セメントを主として用いた。

### 2. 2 配合条件

表－2 にコンクリートの配合条件を示す。SP 及び DF はスランプフロー及び空気量が目標値になるように添加量を調整した。表－3 に結合材の組成を示す。これらの結合材を粉末度別に 3 ランク(大(ブレン値 200000 程度：SF)，中(ブレン値 8000 程度：BF)，小(ブレン値 3000 程度：MC，AG，EX))に分けて組

成を示したものを表－3 に併記する。

### 2. 3 試験項目

圧縮試験 (JIS A 1108) を表－4 に示す養生条件及び材齢で行った。表中の保温養生とは図－1 に示す厚さ 20cm 発泡ポリスチレン製の保温槽を用い、 $\phi 10 \times 20$ cm 型枠にコンクリートを流し込み後、直ちに槽内に置いて行ったものである。この時、熱電対を用いて養生期間中のコンクリート温度を測定した。また、自己収縮 (JIS A 1996) を材齢 28 日まで測定した。自己収縮は保温養生の供試体 (10×10×40) についても埋め込みゲージを用いて測定した。

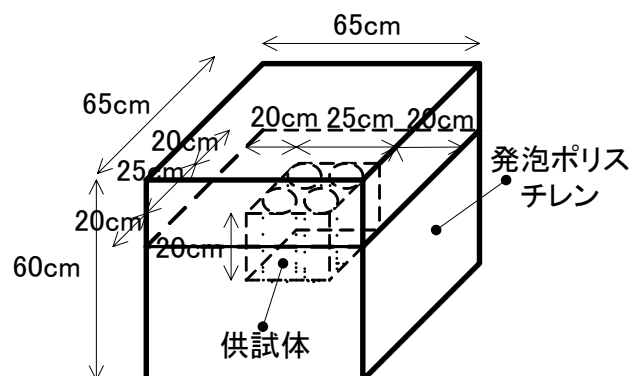


図1 保温養生槽（圧縮供試体）

表1 使用材料

| 材料  | 記号 |                                              |
|-----|----|----------------------------------------------|
| 結合材 | MC | 中庸熱セメント(ブレン値3150, 密度 $3.22\text{g/cm}^3$ )   |
|     | SF | シリカフェーム(ブレン値200000, 密度 $2.24\text{g/cm}^3$ ) |
|     | BS | 高炉スラグ微粉末(ブレン値8000, 密度 $2.90\text{g/cm}^3$ )  |
|     | AG | 無水石膏(ブレン値3900, 密度 $2.90\text{g/cm}^3$ )      |
|     | EX | 膨張材(ブレン値4540, 密度 $3.15\text{g/cm}^3$ )       |
| 水   | W  | 水道水                                          |
| 細骨材 | S  | 大月町初狩町産砕砂(密度 $2.62\text{g/cm}^3$ )           |
| 粗骨材 | G  | 大月町初狩町産碎石(密度 $2.63\text{g/cm}^3$ )           |
| 混和剤 | SP | 高性能AE減水剤(ポリカルボン酸エーテル)                        |
|     | DF | 消泡剤(ポリアルキレングリコール誘導体)                         |

表2 配合条件

| スランプ<br>ロー(mm) | 空気量<br>(%) | 細骨材<br>率(%) | 水セメント<br>比(%) | 単位量( $\text{kg/m}^3$ ) |     |     |     |
|----------------|------------|-------------|---------------|------------------------|-----|-----|-----|
|                |            |             |               | 結合材(P)                 | 水   | 細骨材 | 粗骨材 |
| 600±50         | 2.0以下      | 37.5        | 15.0          | 1000                   | 150 | 328 | 983 |

表3 結合材組成(%)

| NO. | MC | SF | BS | AG | EX | 粉末度別組成 |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|--------|----|----|
|     |    |    |    |    |    | 小      | 中  | 大  |
| 1   | 52 | 10 | 30 | 5  | 3  | 60     | 30 | 10 |
| 2   | 62 | 10 | 20 | 5  | 3  | 70     | 20 | 10 |
| 3   | 72 | 10 | 10 | 5  | 3  | 80     | 10 | 10 |
| 4   | 72 | 8  | 12 | 5  | 3  | 80     | 12 | 8  |
| 5   | 72 | 6  | 14 | 5  | 3  | 80     | 14 | 6  |

表4 養生方法

| 材<br>齢 |     | 20℃水中 | 60℃温水 | 保温 |
|--------|-----|-------|-------|----|
|        | 1日  | ○     | —     | —  |
|        | 7日  | ○     | ○     | ○  |
|        | 28日 | ○     | —     | —  |

キーワード：超高強度・圧縮強度・自己収縮

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科材料研究室

TEL 028-689-6209 E-Mail: t012833@cc. utsunomiya-u. ac.jp

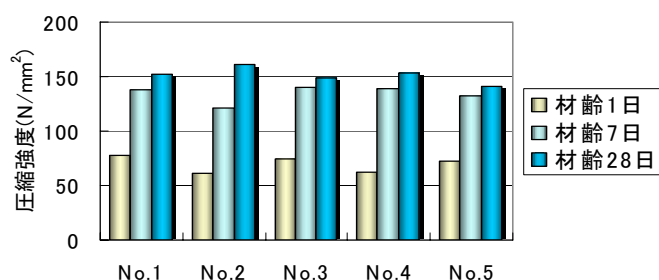


図-2 水中養生における材齢と圧縮強度

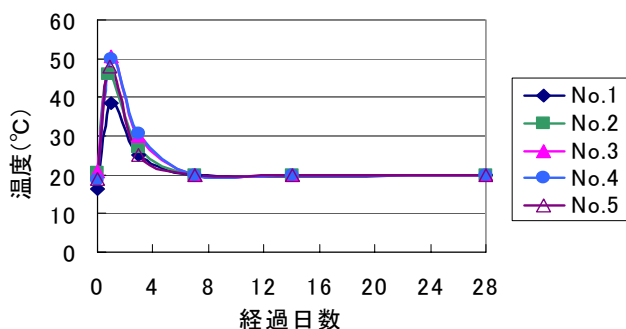
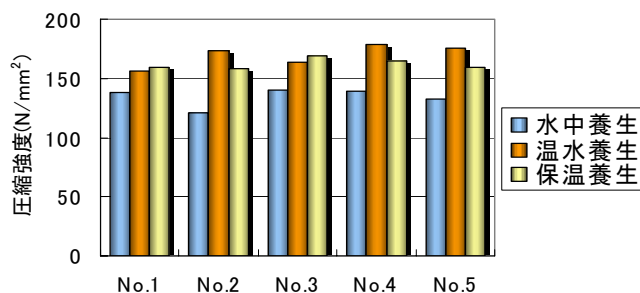


図-4 温度測定結果

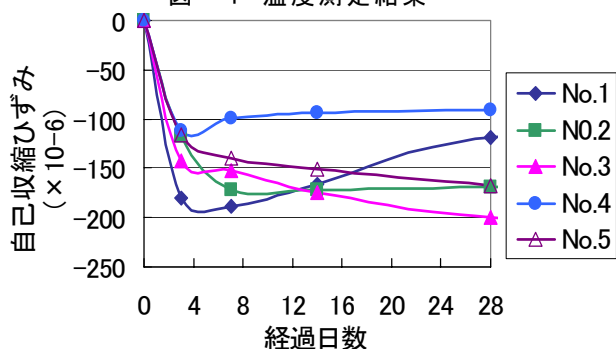


図-6 恒温(20°C)状態での自己収縮ひずみ

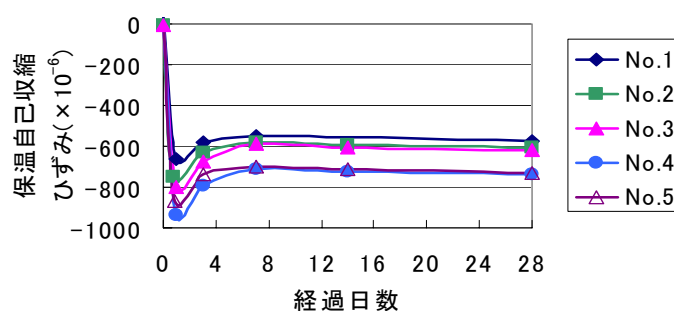


図-5 保温状態での自己収縮ひずみ

傾向が認められた。これは骨材強度の影響がコンクリートの強度の支配的な要因となったためと考えられる。

### 3. 2 自己収縮

図-5に恒温恒湿室(20°C、RH60%)内における自己収縮の測定結果を示す。全ての供試体の自己収縮は $100\sim200\times10^{-6}$ の範囲にあり、結合材組成の違いによる明確な傾向は認められなかった。図-6に保温養生を行った供試体の自己収縮の測定結果を示す。この図は温度による補正を行ったものである。全ての供試体は1日で $700\sim1000\times10^{-6}$ 程度の大きな収縮を示した後 $100\times10^{-6}$ 程度の膨張を示し、その後安定した。これより、初期水和による発熱はコンクリートに著しい自己収縮をもたらすことが分かった。また、結合材組成による明確な差は認められないが、シリカフューム混和量が減少するに従い、自己収縮量が若干増す結果となった。

### 4. まとめ

超高強度コンクリートにおける結合材組成と強度発現性および自己収縮特性の関係について実験的に検討を行った。その結果、今回の実験範囲内では結合材組成の違いによる強度発現性に明確な差は認められなかったが、供試体を受けるマチュリティーが大きい程、高い強度が発現された。また、保温状態での自己収縮は水和初期に非常に大きな収縮を起こすことが認められた。

## 3. 実験結果

### 3. 1 圧縮強度

図-2に20°C水中養生を行った供試体の材齢と圧縮強度の関係を示す。すべての供試体で材齢28日において $140\text{N/mm}^2$ 以上の高強度を示したが、結合材組成間での傾向は認められなかった。次に図-3に材齢7日における養生方法と圧縮強度の関係を示す。一部例外もあるが、温水養生>保温養生>水中養生の順で強度の高い傾向が認められる。これは、コンクリートに加えられたマチュリティーの影響と与えられる。図-4に保温養生した供試体の温度測定結果を示す。この図より、いずれの供試体も最高温度60°C以下であり、したがって、マチュリティーが、温水養生>保温養生>水中養生の順となることが確認される。このことが強度に影響を与えたものと考えられる。またいずれの結合材組成条件、および養生条件においても圧縮強度が $150\text{N/mm}^2$ を超えると強度の増進は頭打ちとなる