

## V-362

## 早強セメントと高炉スラグを用いた高流動コンクリートの耐凍害性

|             |      |       |
|-------------|------|-------|
| 福岡大学        | ○学生員 | 北村 寿康 |
| 福岡大学        | 正会員  | 添田 政司 |
| 福岡大学        | 正会員  | 大和 竹史 |
| (株) 富士ピー・エス | 正会員  | 左東 有次 |

## 1. はじめに

PC桁は、部材断面が小さく鋼材が密に配置され、さらに早期強度が要求される。そのため、筆者ら<sup>1)</sup>はいままでに早強セメントと高炉スラグを用いた高流動コンクリートのPC桁の適用性を流動性、充填性および強度面から検討した。これまでの研究では高流動コンクリートのフレッシュ性状および硬化コンクリートの強度面に重点をおいたため、耐久性、特に耐凍害性についての検討を十分に行っていない。

そこで、本研究は、早強セメントと高炉スラグを用いた高流動コンクリートの耐凍害性を、養生条件、気泡組織および細孔構造等に着眼して、従来の普通コンクリートと比較検討したものである。

## 2. 実験概要

## 2.1 使用材料および配合

使用材料は細骨材には砕砂（比重2.85，実積率66.5%，吸水率1.93%）を使用し，粗骨材には碎石（比重2.71，実積率56.9%，吸水率0.84%）を使用した。結合材として早強ポルトランドセメント（比重3.14，粉末度4610cm<sup>2</sup>/g）と高炉スラグ（比重2.91，粉末度3830cm<sup>2</sup>/g）を用いた。混和剤は，高流動コンクリートにポリカルボン酸系の高性能AE減水剤を用い，普通コンクリートにナフタレン系の高性能減水剤を用いた。高流動コンクリートは早強セメントと高炉スラグを容積比5:5で用い，普通コンクリートは早強セメントのみを用いた。これらの配合およびフレッシュコンクリートの性状を表-1に示す。養生方法は蒸気養生後に気中養生（27日，略号SA），蒸気養生後に水中養生（6日）と気中養生（21日，略号SWA），蒸気養生後に水中養生（27日，略号SW）と水中養生（28日，略号W）の4条件とした。ここで蒸気養生はプログラム蒸気養生槽により，前置き20℃を3時間，昇温勾配20℃/時間，温度保持65℃を3時間，降温勾配5℃/時間とした。

## 2.2 試験方法

凍結融解試験は10x10x40cmの角柱供試体を用いて，ASTM C 666 A法の水中凍結融解試験を行った。なお，試験開始材令は全て材令28日とした。硬化コンクリートの気泡分布測定はそれぞれの供試体中央部を切断して入念に研磨したものをASTM C 457のリニアトラバース法にて測定した。細孔径分布の測定は供試体の中央部から採取した2.5～5mmのモルタル部分について，水銀圧入式ポロシメータを用いて測定した。

## 3. 結果および考察

表-1 配合およびフレッシュコンクリートの性状

| 種別  | W/P<br>(%) | s/a<br>(%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     | 混和剤<br>SP<br>(P×%) | 試験結果 |                   |            |
|-----|------------|------------|--------------------------|-----|-----|-----|--------------------|------|-------------------|------------|
|     |            |            | 結合材 P                    |     | W   | S   |                    | G    | スランプフロー<br>(cm)   | 空気量<br>(%) |
|     |            |            | HP                       | BS  |     |     |                    |      |                   |            |
| 高流動 | 33.1       | 52.6       | 295                      | 272 | 188 | 883 | 796                | 1.7  | 75                | 1.7        |
| 普通  | 39.0       | 42.0       | 428                      | —   | 167 | 782 | 1080               | 1.2  | 8.5 <sup>1)</sup> | 1.6        |

1) スランプ

図-1は養生方法と圧縮強度の関係を示す。水中養生のみと蒸気養生後に水中養生したものは高流動コンクリートと普通コンクリートはほぼ同程度の強度を示し

ている。また，蒸気養生後に気中養生した場合，高流動コンクリートは普通コンクリートに比べ約10N/mm<sup>2</sup>程度の差が生じた。これは，高流動コンクリートに高炉スラグを添加しているため水和に必要な水分の補給が十分行われないことにより，強度の発現が低下したものと考えられる。

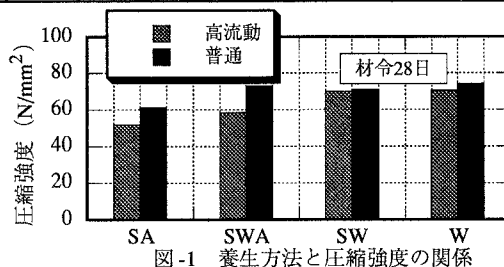


図-1 養生方法と圧縮強度の関係

図-2は養生条件を変えた高流動コンクリートと普通コンクリートの凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係を示したものである。普通コンクリートにおいて養生方法の違いにより、相対動弾性係数の低下は異なっているが、いずれの配合においても十分な耐凍害性を示すことができなかった。一方、高流動コンクリートでは、蒸気養生後に気中養生したものが最も早いサイクル数で著しく低下しているが、蒸気養生後、水中養生したものと水中養生のみに関して相対動弾性係数は80%以上の値を示した。このことから、高流動コンクリートにおいて蒸気養生後に十分に水中養生を行えば耐凍害性を改善できることが明らかになった。

図-3に気泡弦長と気泡数の割合の関係を示す。普通コンクリートと高流動コンクリートを比較した場合、高流動コンクリートは100  $\mu\text{m}$ 以下の微細な気泡の割合が多く、気泡間隔係数も小さくなった。これは、高炉スラグ微粉末を使用したため組織が緻密になり、微細な気泡が増加したためと考えられる。

また、高流動コンクリートの蒸気養生後に気中養生を行ったものと蒸気養生後に水中養生したものの耐凍害性に差が生じた要因を明らかにするため、細孔構造に着目して検討を行った。図-4に細孔径分布測定結果を示す。蒸気養生後に気中養生したものは細孔半径430  $\text{\AA}$ 以上の大きな細孔半径が増加する傾向にあり、さらに総細孔容積も増加した。このように、蒸気養生後の養生方法の相違によって、細孔構造が著しく変化し、強度の発現性も低下したことから、耐凍害性に差が生じたものと考えられる。

#### 4. まとめ

圧縮強度は高炉スラグを用いた高流動コンクリートにおいて、気中養生と水中養生の相違による強度の差が大きかった。凍結融解試験は高流動コンクリートは蒸気養生後に気中養生したものは相対動弾性係数は低下しているが、水中養生を十分行えば大きな低下は見られなかった。また、高流動コンクリートに高炉スラグを用いた場合、普通コンクリートより組織が緻密になり気泡間隔係数も小さくなった。しかし、実際のPC桁において高流動コンクリートを使用する場合、耐凍害性を向上させるには、蒸気養生後の養生管理を十分行う必要があると考えられる。

#### 【参考文献】

1) 左東, 添田, 大和, 徳光: 早強性を有する高流動コンクリートに関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, 16-1, pp.219-224, 1994

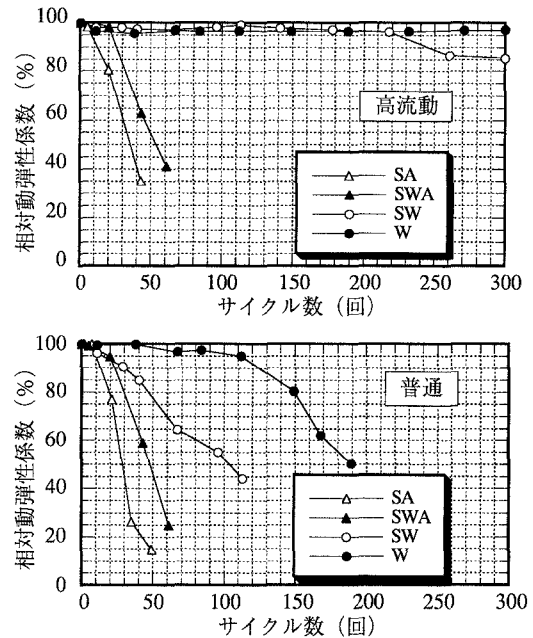


図-2 凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係

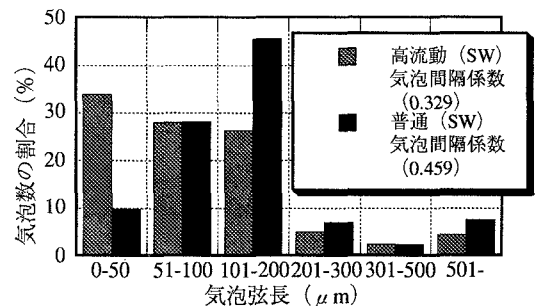


図-3 気泡弦長と気泡数の割合の関係

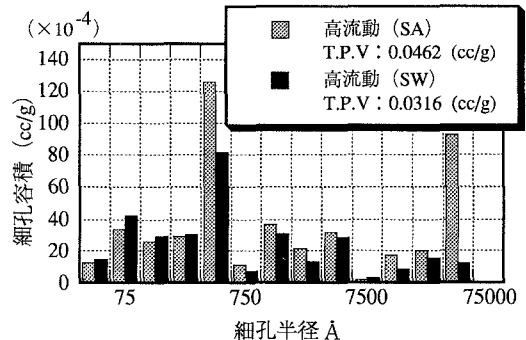


図-4 細孔径分布測定結果