

## 高炉セメントコンクリートの微細ひび割れの閉塞に関する研究

九州大学工学部 学生会員 真角修一  
 九州大学工学部 フェロー 松下博通  
 九州大学工学部 学生会員 川崎英司  
 九州大学工学部 学生会員 楳本 真

## 1. 目的

高炉スラグ微粉末にはアルカリや硫酸塩の刺激により水和する潜在水硬性があり、骨材とセメントとの接合部分に存在するマイクロレベルの空隙が水和物によって充填されることが期待される。本研究では、疲労試験によって微細ひび割れを入れた高炉セメントコンクリートの養生日数を変化させ、潜在水硬性によってひび割れが充填されるか否かを非破壊試験及び塩分浸透試験によって確認した。

## 2. 実験概要

## 2-1 コンクリートの配合(表-1)

配合Ⅰは置換率50%で高炉スラグ微粉末(BS)を用いたもので、配合Ⅱは普通コンクリートである。供試体は $7.5 \times 7.5 \times 15\text{cm}$ の角柱とし、打設から24時間後に脱型し、28日間水中養生した。

表-1 コンクリートの配合

| No | スラグ置換率 | W/C (%) | s/a (%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |                |                | 混和剤(g/m <sup>3</sup> ) |
|----|--------|---------|---------|-------------------------|-----|-----|-----|----------------|----------------|------------------------|
|    |        |         |         | W                       | C   | BS  | S   | G <sub>1</sub> | G <sub>2</sub> |                        |
| I  | 50%    | 63      | 48      | 170                     | 135 | 135 | 855 | 415            | 623            | 769.5                  |
| II | 0%     | 63      | 48      | 170                     | 270 | —   | 860 | 418            | 626            | 1004.4                 |

## 2-2 試験方法

実験手順は図-1のとおりとした。28日間水中養生後、14日間の気中乾燥期間を設け、疲労試験によってひずみ制御で供試体に微細ひび割れを入れた。疲労試験は、繰返し応力比が静的圧縮強度試験よりえられた応力比の10~65%でひずみが1000 $\mu$ に達したものと、10~75%でひずみが1800 $\mu$ に達したものの2種類とし、各々のひずみ到達時点で試験を終了した。疲労試験後、供試体を水中養生と気中養生とに分け、再養生日数を7、30日と変化させた。また比較材料として損傷を与えていない供試体(ブランク供試体)も同様に養生した。

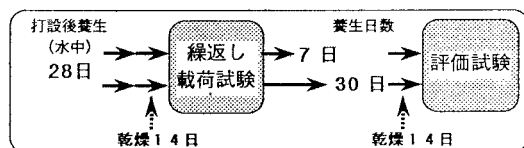


図-1 実験手順

## 2-3 微細ひび割れ閉鎖の評価方法

所定の再養生期間を経て治癒効果の評価を行った。評価は次の3種類の方法とした。

- 超音波伝播速度試験…超音波パルス(縦波弾性波)の伝播速度を測定した。測定は疲労試験の直前、直後及び所定の養生期間後に行った。
- AE(アコースティック・エミッション)法…AEを計測し、応力との関係を調べることによって微細ひび割れ閉鎖の有無を判断した。なお振幅は65dBとした。
- 塩分浸透試験…塩水噴霧装置によって5%NaCl水溶液(35℃)を12時間噴霧後12時間乾燥(35℃の温風)し、これを1サイクルとして20サイクル繰返す。その後供試体を縦方向に割裂し、割裂面に0.1N AgNO<sub>3</sub>水溶液を噴霧し、白色に変化した部分を浸透深さとした。

## 3. 実験結果および考察

## (i) 超音波伝播速度試験

表-2は疲労試験直後の超音波伝播速度を1とした場合の再養生後の超音波伝播速度である。表中、BS(C)-28-7または30は、配合Ⅰ(配合Ⅱ)の供試体で28日の水中養生後疲労試験を行い、7日または30日再養生したグループを示している。試験結果より、微細ひび割れを入れた供試体において、気中養生したものより水中養生した供試体の方が疲労試験時に対する伝播速度の増加率

が大きいことが分かる。また養生条件の違いによる速度差は配合Ⅰのグループの方が大きいという傾向があるが、これは高炉スラグにより微細ひび割れが閉鎖されたと推測できる。この傾向は荷重軸に垂直な方向に顕著に見られるが、これは疲労試験によって発生した微細クラックが荷重軸に平行であるからである。

## (ii) AE 法

図-2 は応力比と AE 事象総数の関係である。本実験では微細ひび割れ閉鎖の有無の確認を目的とするため、ここではグラフの形状を観察することに主眼を置いた。AE 事象総数-応力比曲線は定常領域を経て加速領域へと変化するが、その変曲点(図中矢印で示す点)は応力比-体積ひずみ曲線の体積ひずみが引張側から圧縮側へと変化する点とほぼ一致した。この変曲点は、微細ひび割れどうしが連なって割裂クラックとなり破壊への進行が急速になりはじめる点かと思われる。

## (iii) 塩分浸透試験

図-3 は塩分浸透試験結果を同グループ内での養生条件による比較である。図より、配合Ⅰのコンクリートは配合Ⅱの普通コンクリートに比べて組織が密実であることが分かり、高炉スラグの潜在水硬性が発揮されたと考えられる。また、配合を問わず水中養生の供試体の塩分浸透深さが気中養生のそれを下回ることから、水中養生することによって組織の密実化または微細ひび割れが充填されたと推測される。

表-2 再生後の超音波伝播速度

| 条件             | 荷重軸に平行な方向 |          |        |         |
|----------------|-----------|----------|--------|---------|
|                | BS-28-7   | BS-28-30 | C-28-7 | C-28-30 |
| 1000 $\mu$ (水) | 0.999     | 1.010    | 1.023  | 1.056   |
| 1000 $\mu$ (気) | 1.001     | 1.025    | 1.007  | 1.005   |
| 1800 $\mu$ (水) | 1.018     | 1.119    | 1.022  | 1.082   |
| 1800 $\mu$ (気) | 1.010     | 1.034    | 1.009  | 1.004   |
| ブランク(水)        | 0.998     | 1.006    | 0.992  | 0.983   |
| ブランク(気)        | 1.007     | 0.997    | 1.020  | 0.967   |

| 条件             | 荷重軸に垂直な方向 |          |        |         |
|----------------|-----------|----------|--------|---------|
|                | BS-28-7   | BS-28-30 | C-28-7 | C-28-30 |
| 1000 $\mu$ (水) | 1.008     | 1.011    | 1.035  | 1.004   |
| 1000 $\mu$ (気) | 0.997     | 0.991    | 1.004  | 1.009   |
| 1800 $\mu$ (水) | 1.090     | 1.257    | 1.047  | 1.176   |
| 1800 $\mu$ (気) | 1.018     | 1.078    | 1.054  | 0.955   |
| ブランク(水)        | 0.999     | 0.994    | 0.992  | 0.947   |
| ブランク(気)        | 0.997     | 0.987    | 1.000  | 0.902   |

注: ただし、疲労試験直後の超音波伝播速度を1とする

## 4. まとめ及び今後の課題

超音波伝播速度試験および塩分浸透試験から、高炉スラグの潜在水硬性による微細ひび割れの閉鎖の可能性が考えられる。また打設後の養生日数および疲労試験後の再生日数を変化や供試体の乾湿状態の違いが非破壊試験に及ぼす影響については現在検討中である。

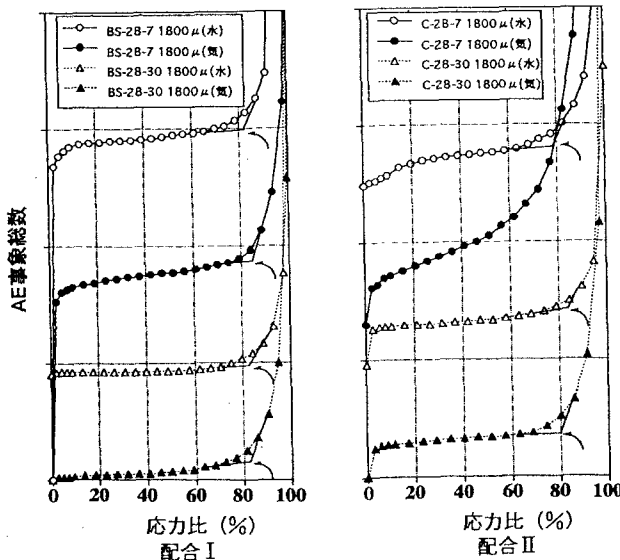


図-2 AE法による評価

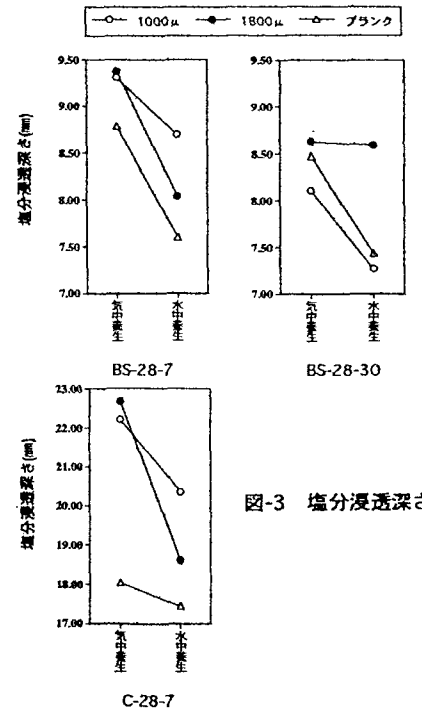


図-3 塩分浸透深さ