混合セメントを使用したコンクリートの促進中性化試験の迅速化

促進中性化　高炉セメント　フライアッシュセメント　　　　　　　中村　則清\*1　　　　阿部　道彦\*2

1.研究の背景と目的

表1　要因と水準

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 要因 | 水準 | |
| 水セメント比(%) | 50, 60, 70 | |
| セメントの種類 | 高炉セメントB種(BB) | |
|  | フライアッシュセメントB種(FB) | |
| 養生方法  と養生期間  ( Week = W ) | 20℃水中 (W20) | 4W |
| 20℃封かん(S20) | 4W, 8W,13W |
| 40℃封かん(S40) | 1W, 2W, 4W, 8W |

表2　調合およびフレッシュ試験結果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 種類 | W/C (%) | s/a (%) | 単位量(kg/m3) | | | | フレッシュ性状 | | | 圧縮強度 |
| W | C | S | G | スランプ (cm) | 空気量 (%) | 単位容積 質量 (kg/m3) | F28  （N/mm2） |
| BB50 | 50 | 44.7 | 178 | 356 | 803 | 966 | 19.5 | 3.5 | 2311 | 37.7 |
| BB60 | 60 | 46.3 | 178 | 297 | 856 | 966 | 19.0 | 3.4 | 2225 | 30.1 |
| BB70 | 70 | 49.2 | 178 | 254 | 928 | 933 | 17.0 | 3.2 | 2298 | 23.5 |
| FB50 | 50 | 44.8 | 176 | 352 | 805 | 966 | 19.0 | 4.6 | 2285 | 35.6 |
| FB60 | 60 | 46.4 | 176 | 293 | 858 | 966 | 16.5 | 4.0 | 2290 | 27.9 |
| FB70 | 70 | 49.3 | 176 | 251 | 930 | 933 | 18.5 | 4.1 | 2285 | 20.9 |

表3　中性化速度係数（促進13週）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 養生条件 | BB50 | BB60 | BB70 | FB50 | FB60 | FB70 |
| S40-1W | 4.218 | 7.553 | 8.890 | 4.485 | 6.989 | 9.499 |
| S40-2W | 3.515 | 8.268 | 8.702 | 4.545 | 7.509 | 10.22 |
| W20-4W | 4.775 | 6.663 | 8.905 | 4.685 | 6.689 | 8.648 |
| S20-4W | 5.010 | 7.886 | 9.502 | 3.712 | 7.036 | 9.356 |
| S40-4W | 3.143 | 7.248 | 8.309 | 2.291 | 6.993 | 8.926 |
| S20-8W | 2.976 | 6.832 | 8.135 | 2.721 | 8.099 | 9.761 |
| S20-13W | 2.553 | 5.018 | 7.379 | 2.917 | 7.298 | 9.845 |
| S40-8W | 2.940 | 7.396 | 9.280 | 1.205 | 7.131 | 9.400 |

近年，コンクリート構造物の長寿命化が求められ，コンクリートの品質も高強度化および高耐久化へ進歩しつつある。コンクリート構造物の劣化現象には，アルカリ骨材反応，凍害，塩害などがあるが，それらはある限定された環境や使用材料など条件がそろった場合に生じる劣化である。しかし，中性化は大気中にあるコンクリート構造物に起こりうる一般的な劣化現象である。

コンクリートの促進中性化試験方法はJIS A 1153で規定されているが，これは普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートを主な対象としており，産業副産物を起源とする混合セメントを使用したコンクリートでは養生が不十分と考えられる。本報告では高炉セメントB種およびフライアッシュセメントB種を使用したコンクリートを対象に，促進中性化開始前の養生条件が促進中性化に及ぼす影響について実験的検討を行い，強度発現の遅いセメントを用いた場合に対する促進養生の効果を把握することとした。

2.実験概要

実験の要因と水準を表1に示す。水セメント比は3水準とした。養生方法については，JISの標準養生（20℃水中養生4週）を基準に，20℃封かん養生と，養生期間の短縮を意図した40℃封かん養生とし，それぞれ養生期間をセメント種類ごとに設定した。

3.実験方法

3.1使用材料および調合

セメントは高炉セメントB種およびフライアッシュセメントB種を使用した。(以下，BBおよびFBと略記する) それぞれ密度(g/cm3)は3.02，2.97で，比表面積(cm2/g)は3920，3480である。細骨材は、大井川産陸砂(絶乾密度:2.68g/cm3，吸水率:1.32%，粗粒率:2.87)を使用し，粗骨材は青梅産硬質砂岩砕石2005(絶乾密度:2.68g/cm3，吸水率:0.69%，実積率:60.9%)を使用した。混和剤は，AE減水剤を，水は水道水を使用した。調合は、目標スランプ18±2.5cm，目標空気量4.5±1.5%に設定した。表2に調合およびフレッシュ試験結果を示す。

3.2試験方法の詳細

供試体寸法については促進中性化試験用に10cm×10cm×40cmの鋼製型枠を二分割にして角柱(10cm×10cm×20cm)を作製し，圧縮強度と中性化の関係をみるために圧縮強度用の円柱供試体(φ10cm×20cm)も作製し，養生終了時に試験した。養生については，材齢1日で型枠を取り外した後，標準養生は20℃水中で4週間養生した後に，温度20±2℃，相対湿度60±5%RHの恒温恒湿室で4週間乾燥養生を行った。封かん養生は，20℃では4，8，13週間，40℃では1，2，4，8週間養生後，温度20±2℃，相対湿度60±5%RHの恒温恒湿室で4週間乾燥養生を行った。 また, 恒温恒湿室で乾燥を開始させて3～4週の間に，供試体の打込み面，底面および両端面をエポキシ樹脂型接着剤でシールした。中性化の促進条件は，温度20±2℃，相対湿度60±5%RH，二酸化炭素濃度5±0.2%とし，促進材齢については1，4，8，13，26週間とした。

4.結果および考察



図1　促進期間と中性化深さの関係



図2　湿潤養生における積算温度と中性化速度係数比の関係

図1　中性化促進材齢(√週)と中性化深さの関係

4.1中性化促進期間と中性化深さの関係

　中性化促進期間13週(√週)までと中性化深さの関係を図1に示す。BBおよびFBとも各養生条件において√t則が認められた。また，水セメント比が高くなるにつれて，中性化深さが大きくなることが確認された。各セメントの水セメント比及び養生別の中性化速度係数を表3に示す。

4.2積算温度と中性化速度係数の関係

　湿潤養生における積算温度と20℃水中4週養生に対する各種封かん養生の中性化速度係数の比を図2に示す。BBの水セメント比60%および70%の40℃封かん養生においては，積算温度の増加に関わらず中性化速度係数比は1.00近傍で横ばいの傾向にあるが，20℃封かん養生においては積算温度の増加に伴い速度係数比は減少する傾向にある。また，水セメント比50％においては20℃，40℃封かん養生ともに速度係数比は積算温度の増加に伴い減少する傾向にあった。FBの水セメント比60%および70%においては積算温度の値に関わらず中性化速度係数比は1.1～1.3の範囲で横ばいの傾向にあった。水セメント比50％においては積算温度の増加に伴い中性化速度係数比は減少する傾向にあり，40℃封かん養生においてはその傾向は顕著で積算温度2800°D・Dで0.3程度まで減少した。