

V-11

凍害を受けたコンクリートの劣化性状に関する基礎的研究

東北大学 学生員 ○ 白井和絵

東北大学 青柳直樹

東北大学 フェロー 三浦 尚

1. まえがき

コンクリートは低温と常温との間で繰返し冷却加熱された場合、劣化することが知られている。この劣化の程度は、一般にたわみ一次共鳴振動数から算出される相対動弾性係数により判断されているが、コンクリート内部の劣化状況まではわからない。コンクリート構造物において、表面から内部にいたる強度分布を把握し、劣化の有無やその範囲を確認することで、より適切な補修・補強が可能となる。本研究ではその基礎的研究として、 -40°C までの繰返し冷却加熱を受けたコンクリートの表面から内部にいたる強度分布を針貫入試験を用いて測定し、その劣化性状について検討することを目的とした。

2. 針貫入試験について

針貫入試験とは、コンクリートから採取したコア側面に鋼製の針を貫入させながら、針の貫入量とその際に針に加わる荷重を測定し、その関係からコンクリート内部の強度を推定するものである。

コアドリルを用いて供試体から直径 2cm のコアを採取し、これを当研究室において研究開発された針貫入試験機にセットし、鋼製の針を貫入させて得られる針の貫入量(X)と針に加わる荷重(Y)の関係を 1 次式 $Y=A_i+B_iX$ で回帰し、傾き B_i が 80~100 箇所程度得られるまで一定間隔をあけて自動的にコアを回転させながら針を貫入させる。 B_i に統計処理を施し得られた指標 B を、既往の研究より与えられた指標 B と圧縮強度 σ との関係式に代入することにより推定圧縮強度を求める。指標 B(N/mm)とは傾き B_i の平均値であり、コンクリートの場合は、強度は一般にモルタル部に支配されていると考えられるため、粗骨材に貫入したと思われる傾き B_i を統計処理を用いて削除し、残ったモルタル部分に貫入したと思われる傾き B_i の平均値を指標 B として用いる。

3. 実験方法

本実験では、コンクリートにおいて実験を行ったもの(実験 1)と、実験 1 のコンクリートのモルタル部分を想定したモルタルにおいて実験を行ったもの(実験 2)の 2 種類に大別できる。

実験 1 では、W/C=65%の AE コンリート(空気量 $4\pm 0.5\%$)を用いて行った。供試体は、打設後材齢 28 日まで 20°C 水中養生を行った後、凍結融解作用を与えた。冷却最低温度は、劣化が著しく助長される温度領域とされる -40°C 一定とし、冷却速度は、 $0.62^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $0.38^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $0.13^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の 3 種類に設定した。相対動弾性係数が 100%(凍結融解試験開始前)と、各冷却速度において相対動弾性係数が 80%、60%となった時点でコアを採取し、表面から 5、10、20、30、40、50mm の位置で針貫入試験を行った。

実験 2 では、実験 1 のコンクリートの配合から粗骨材を取り除いた W/C=65%のモルタルを用いて実験 1 と同様に行った。ただし、冷却速度は、 $0.50^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $0.25^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $0.13^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の 3 種類に設定した。

4. 実験結果及び考察

図-1 に実験 1 によるコンクリートにおける冷却速度ごとの相対動弾性係数 100%、80%、60%の時点での表面から内部方向 5cm までの推定圧縮強度分布を示す。また、図-2 に実験 2 によるモルタルにおける推定圧縮強度分布を示す。どちらも図中に示してある直線及び曲線は、データのばらつき等を考慮して目視で描いたものである。相対動弾性係数 100%(凍結融解試験開始前)の強度分布はコンクリート、モルタルそれぞれ $0.62^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $0.50^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の試験開始前に測定したもので、モルタルの場合、後述するように相対動弾性係数の低下に伴う強度分布の低下が現れにくいため、ここでは $0.50^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の強度分布にのみ一緒に載せることにする。括弧内の数字は試験開始からその相対動弾性係数に下がるまでのサイクル数である。

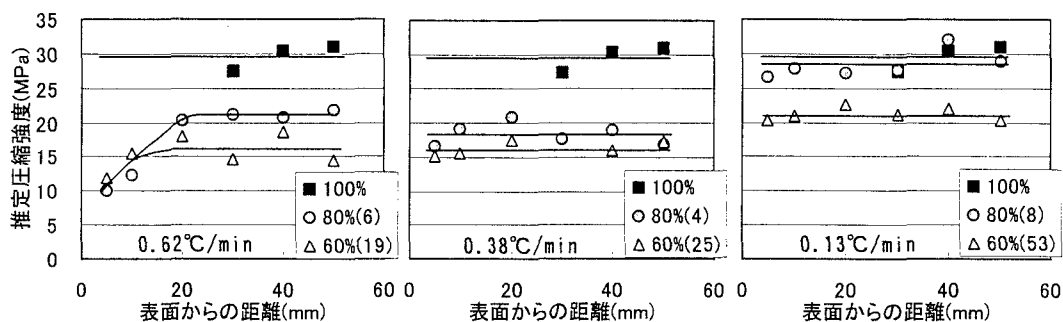


図-1 コンクリートにおける冷却速度ごとの推定圧縮強度分布

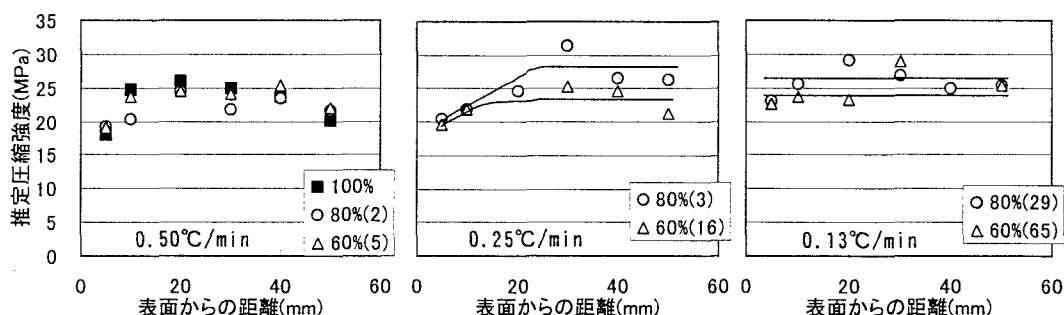


図-2 モルタルにおける冷却速度ごとの推定圧縮強度分布

図-1 において、冷却速度 $0.62^{\circ}\text{C}/\text{min}$ では、凍害を受けた場合、表面付近の強度低下が内部に比べて著しいことがわかる。これは、冷却速度が大きい程、凍結時間が短く氷の形成に伴って発生する水圧が緩和されにくいことなどが原因していると考えられる。次に冷却速度 $0.38^{\circ}\text{C}/\text{min}$ では、相対動弾性係数の低下に伴い、表面付近から内部に至るまでほぼ一様に強度低下が起こっている。また、相対動弾性係数 60% の時、80% までと比べてほとんど低下していないのがわかる。次に冷却速度 $0.13^{\circ}\text{C}/\text{min}$ では、 $0.38^{\circ}\text{C}/\text{min}$ と同様に強度低下はほぼ一様に起こっているが、 $0.38^{\circ}\text{C}/\text{min}$ と違って、相対動弾性係数 80% の時はほとんど強度低下が見られず、相対動弾性係数 60% の時、80% までと比べて強度低下が大きいことがわかる。以上より、同じ相対動弾性係数であっても冷却速度によって強度分布は変化する可能性が示唆される結果となった。

図-2 において、 $0.50^{\circ}\text{C}/\text{min}$ では相対動弾性係数によってほとんど強度分布が変わっていないことがわかる。また、 $0.25^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $0.13^{\circ}\text{C}/\text{min}$ においても相対動弾性係数が 80% から 60% に低下する際、多少強度分布が低下しているように見えるが、その差はコンクリートと比べ明らかに小さい。これは、コンクリートと同じ相対動弾性係数まで下がっていても、実際にはコンクリートほど劣化はしていないことを意味する。恐らく、モルタルでは粗骨材がない分少しのひび割れで剛性が急激に下がるのに対し、コンクリートでは粗骨材のかみ合い作用等により、モルタルに比べ凍結融解作用を受けて発生するひび割れに対する剛性の低下を抑える効果をもたらすのではないかと考えられる。よって、コンクリートと同じ程度の強度分布の低下を見るためには、モルタルの相対動弾性係数がもっと低くなるまで待つ必要があると思われる。

5. まとめ

凍害を受けたコンクリートの強度分布は、同じ相対動弾性係数であっても冷却速度によって変化する可能性が示唆される結果となった。また、コンクリートとモルタルでは相対動弾性係数が同じであっても、劣化状態は同程度にはなっていない可能性があることがわかった。

参考文献) コンクリート標準示方書 施工編 (平成 8 年制定), 社団法人 土木学会, 1996