V－12　コンクリートの表面劣化の診断に関する基礎的研究

東北大学　正員　板橋 洋房
東北大学　　　　増川 正子
東北大学　ﾌｪﾛｰ　三浦　尚

1．はじめに

コンクリート構造物は、その設置された環境の気象条件や立地条件等の影響を受けて様々な劣化を生じ、健全な機能が阻害される可能性がある。一般的なものとして、そのコンクリート部材が凍結融解作用や化学的侵食作用を受けて劣化した場合、その劣化はコンクリート表面から内部へと進行していき、それと同時に構造物自体の強度も露出表面部分から内部方向に変化していくものと考えられる。このようなことから、コンクリート部材の深さ方向の強度分布を把握することができれば、それらの影響を受けてコンクリート内部の劣化した範囲を推定することができると思われる。

そこで、本研究では当研究室で開発し、研究を継続している針貫入試験装置を用いて、凍結融解試験や硫酸塩に浸漬した後の供試体からコアを採取し、供試体露出面から内部に向かって深さ方向の強度分布の測定を行い、検討した。

2．針貫入試験

試験方法は、凍結融解試験や硫酸塩浸漬試験を行なった後の劣化した供試体からコアドリルによって採取した直径約2cmの円柱コアをその試験装置にセットし、その円柱コアを軸方向や円周方向に移動・回転させながら、一定の速度でコア供試体の円周上表面に鋼製の針を貫入させて、針の貫入量と針に加わる荷重を測定し、得られた針の貫入量とその針に加わる荷重の関係からコンクリートの強度を推定するというものである。この針貫入試験方法では、一般的にコンクリートの強度はモルタル部分の影響を大きく受けていることから、原則としてモルタル部分を針で貫入して得られた結果からコンクリートの強度を推定する。

3．実験概要

使用したセメントは、凍結融解試験においては普通セメント、硫酸塩に浸漬した試験においては早強セメントを、細骨材は山砂(比重2.60、吸水率: 2.05%)を使用した。 水セメント比は65および55%で、単位セメント量はそれぞれ254、300kg/m^3、単位水量は165kg/m^3と一定であり、5.0±0.5%の空気量を有する普通コンクリートを対象とした配合である。凍結融解試験の供試体は10×10×40cmの角柱体で、硫酸塩に浸漬した供試体は4×4×16cmの角柱体で、打設した翌日に脱型し、各試験を開始する材齢まで21±2℃の恒温水槽で養生した。水セメント比65および55%のモルタル供試体の材齢14日強度は、それぞれ21.2、29.9 (MPa)であった。凍結融解試験はASTMC-666(A)法により行い、30サイクルごとに質量減少率および相対動弾性係数を測定した。凍結融解試験用供試体の本数は、全部で6本である。

コア供試体の採取は、試験開始時の相対動弾性係数が100%、凍結融解の繰り返しとともに劣化が進行して相対動弾性係数の平均値がそれぞれ80%、60%になった段階で、試験供試体の中からコア採取用の供試体を取り出し、コアを採取した。 コア供試体は一つの供試体から最低3本以上、採取した。残りの角柱供試体は次にコアを採取する相対動弾性係数になるまで凍結融解試験を継続した。また、硫酸塩浸漬の試験では材齢14日後、表面処理した後5%および10%硫酸溶液に浸漬し、1, 2, 4週後に取り出し、侵食深さ等を測定後、針貫入試験用コアを採取した。針貫入試験用のコア供試体(直径約2cm、長さ約10cm)は、凍結融解試験供試体においては側面部分からコアを採取し、硫酸塩浸漬供試体においては、浸漬した端面方向からコアドリルで抜き取り、針貫入試験に供した。それぞれのコア供試体に針を貫入させる位置は、抜き取った供試体の露出面から深さ方向に、5, 10, 15, 20, 30, 40, 50mmの距離とし、コア供試体3本の平均とした。それぞれの測定点で得られるデータ数は、1箇所当たり円周方向で螺旋状に2回転して40個で、合計で120個である。

4．実験結果および考察

今回の報告では凍結融解試験による結果とし、化学的侵食を考慮した劣化の結果は学会当日に報告する。

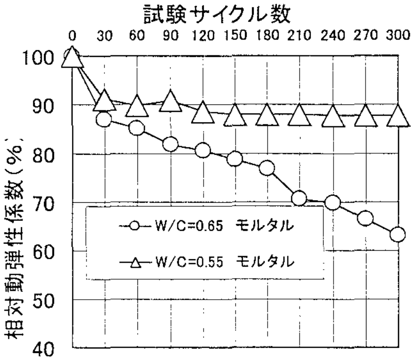

図-1 モルタルの相対動弾性係数

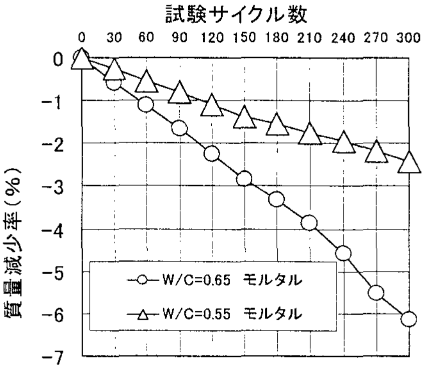

図-2 モルタルの質量減少率

図-1 および図-2 には、凍結融解試験における AE モルタルの相対動弾性係数と質量減少率の結果を示す。縦軸には、それぞれ相対動弾性係数および質量減少率を、横軸には試験サイクル数を示す。

相対動弾性係数では、それぞれのモルタルにおいて、30 サイクルまでは大きく劣化しているが、30 サイクル以降では W/C=65%のものでも緩やかな勾配で劣化しており、300 サイクルにおいてもまだ 60%に至っていない。それに比べて、W/C=55%のものは 120 サイクル以降、300 サイクルまでほぼ横ばいで、300 サイクルを越えてもまだ 90%に近い状態を維持している。65%のモルタル供試体において、120 サイクルの時点で相対動弾性係数が平均で 80%となり、それらの供試体の中から 1 本を取り出し、針貫入用のコアを採取した。残りの供試体についてはその後も凍結融解試験を継続し、相対動弾性係数が平均で 60%になった 330 サイクルでコアを採取した。W/C=55%のものはそれぞれの相対動弾性係数になるまで実験を継続している。

質量減少率においては、双方のモルタル供試体ともほぼ直線的な勾配で質量が減少している。W/C=65%の質量減少は 55%のものに比べて約 2 倍程度となっている。参考までに、これらの結果は既往の研究で行なった AE コンクリートの凍結融解試験で得られた結果と比較すると、コンクリートの場合と同様な傾向であった。

図-3 には、W/C=65%AE モルタルでそれぞれの相対動弾性係数時に採取したコア供試体の針貫入試験の結果を示す。 縦軸には推定圧縮強度を、横軸にはコア供試体露出表面からの深さ方向の距離を示す。

全体的に、少々ばらつきが見られる。凍結融解試験開始時の相対動弾性係数 100%のものは、供試体露出表面に近い部分は少々大きな値となっているが、内部においてはほぼ実測の圧縮強度に近く、一定の値を示している傾向が見られる。しかし、凍結融解作用を受けて劣化した供試体から採取したコアで針貫入試験を行なった結果では、露出表面部分は相対動弾性係数 100%のものと同程度かそれ以下となっている。

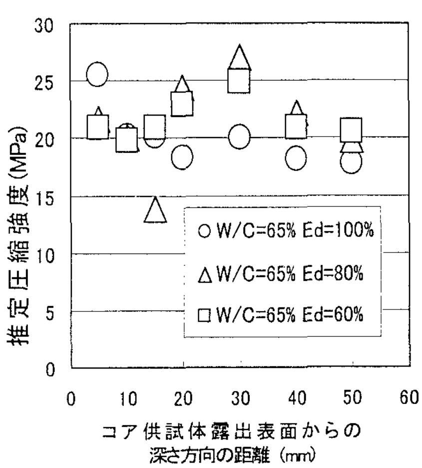

図-3 針貫入試験結果

質量減少を伴い、凍結融解の繰り返しを受けて劣化し、相対動弾性係数が低下しているにも関わらず、 劣化した供試体の内部においては相対動弾性係数 100%のものよりも推定強度が大きくなっている。このように凍結融解作用を受けると、表層部分から剥落を伴った劣化を呈するが、空気を連行した場合、このような温度サイクルにおいては表面も内部も同じように劣化しているものと思われる。 相対動弾性係数が低下し、表面付近の強度だけが落ちている劣化した供試体に比べて、相対動弾性係数 100%のものでは内部でも一番低くなっている。この点は、今後の検討課題であると思われる。