

東北大学大学院工学研究科 正員○板橋 洋房

東北大学大学院工学研究科 7xロ- 三浦 尚

1. はじめに

コンクリート部材が凍結融解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行くことから、コンクリートの強度も同様に表面部分から深さ方向に変化して行くものと考えられる。このことから、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、劣化したコンクリートの劣化の度合も推定できるものと思われる。当研究室の既往の研究においては、針貫入試験による強度の推定は可能であることが報告されている[1][2]。現在もこれらのデータの信頼性、簡便性を向上させるために測定用コアを軸方向および回転方向への移動も全自動で制御できる針貫入試験装置も開発し実験を継続している。そこで、本実験ではその試験装置を用いて、水セメント比を変えたコンクリートやモルタルの供試体で、凍結融解試験を行い、劣化度の違いによるコンクリート内部の強度を推定するために、それぞれの供試体から抜き出したコア供試体で針貫入試験を行った。本報告はその途中経過の報告である。

2. 針貫入試験

試験方法は、凍結融解を繰り返した後の供試体からコアドリルで採取したコアを試験装置のコア固定用ローラーで抑えて、軸方向や円周方向に回転移動させながら、鋼製の針も一定の速度で貫入させることができる試験装置を用いて、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。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、この針貫入試験方法では、原則としてモルタル部分でコンクリートの強度を推定する。

3. 実験概要

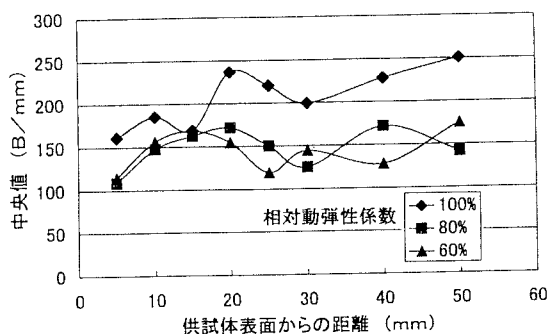
使用したセメントは、市販の普通ポルトランドセメントで、細骨材は山砂(比重2.60、吸水率: 2.05%)、粗骨材は碎石(最大寸法: 25mm、比重: 2.86、吸水率: 0.96%)を使用した。水セメント比は 65、55%とし、単位セメント量はそれぞれ254、300kg/m³であり、単位水量は165kg/m³と一定で、5±0.5%の空気量を有するA Eコンクリートおよび同一配合のA Eモルタルとした。

凍結融解試験の供試体は10×10×40cmの角柱体で、打設した翌日に脱型し、凍結融解試験を開始する材齢まで、21±2℃の恒温水槽で養生を行った。

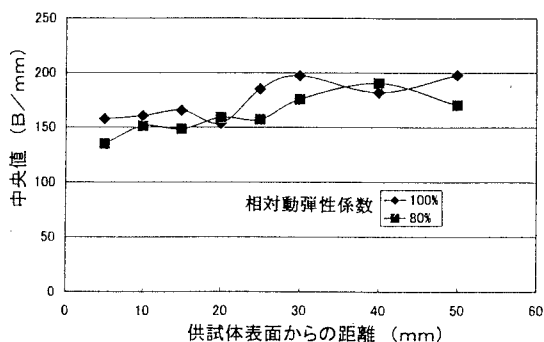
水セメント比65%のコンクリートおよびモルタルの材齢14日の圧縮強度はそれぞれ22.8、20.5(MPa)であり、現在も凍結融解試験継続中の水セメント比55%のものの材齢14日の圧縮強度はそれぞれ 28.0、23.8(MPa)であった。凍結融解試験はASTM C-666[A]法に準拠して行い、30サイクル毎に測定することを基本として、供試体の質量減少率および相対動弾性係数を求めた。コア供試体の採取は、試験供試体の劣化度の違いを考慮し、相対動弾性係数が100%のもの、凍結融解の繰り返しとともに劣化が進行して相対動弾性係数が80%および60%となったものの3種類の供試体から行った。また、凍結融解試験用供試体の本数は 全部で6本とした。針貫入試験用のコア供試体(直径2cm、長さ約10cm)は、試験供試体の側面部分からコアドリルで抜き取り、針貫入試験に供した。

コア供試体に針を貫入する位置は、抜き取った供試体の表層部分から深さ方向に5、10、15、20、25、30、40、50 mmの計8ヶ所とした。測定箇所1ヶ所当たりの針貫入で得られるデータ数は円周方向で螺旋状に約2回転して40ヶ、コア供試体3本を試験することから、合計で120ヶとなる。そのデータから、相関係数が90%を超えるものをコンクリート内部の強度推定のデータとして採用し、針の貫入量と針に加わる荷重の関係を最小二乗法を用いて、1次式 $P=A_i+B_iX$ で回帰した。

コンクリートの圧縮強度の評価はモルタル部分で行うため、針がコア表面の粗骨材部分に貫入した場合、その影響を取り除く統計処理を行い、残った B_i の中央値を圧縮強度推定の指標 $B(N/mm)$ として用いた。



図－1 W/C=65%コンクリート内部の応力分布



図－2 W/C=65%モルタル内部の応力分布

4. 実験結果および考察

本報告では、水セメント比65%のものについて述べる。

水セメント比65%のコンクリートにおいて、相対動弾性係数が80%および60%程度になったサイクル数はそれぞれ 180および240サイクル付近で、その質量減少率はそれぞれ3.1、4.5%であった。また、同じ水セメント比のモルタルにおいて、相対動弾性係数が80%になったのは150サイクル付近で、その質量減少率は3.4%であった。

図－1に、水セメント比65%のコンクリート供試体から採取したコア供試体を用いて針貫入試験を行い、コンクリート内部の応力分布を推定した結果を示す。この図から分かるように、コンクリートが凍結融解の繰り返しを受けた場合、相対動弾性係数の低下に伴い、圧縮強度推定の指標B値も同様に低下していることが分かる。供試体表面からの距離(深さ方向)2cm以降において、ばらつきはあるが劣化したものでもほぼ横並びになる傾向が見られた。凍結融解を受けて劣化した場合、その凍結融解がコンクリートの強度に影響を与えている範囲は表層部分から2cm程度であるように思われたが、劣化が生じていない健全なものでも表層部分2cm程度において落ち込みが見られた。このことから、この表層部分の落ち込みはコンクリートの場合、凍結融解作用による影響だけではなく、何らかの原因によるものと思われる。

図－2には、水セメント比65%のモルタルの供試体から採取したコア供試体を用いて針貫入試験を行い、モルタル内部の応力分布を推定した結果を示す。この図からも分かるように、モルタルの場合もコンクリートと同様に、相対動弾性係数の低下に伴って、圧縮強度推定の指標B値も低下していることがわかる。少々ばらつきは見られるが、そのばらつきはコンクリートの場合ほど大きくなかった。コンクリートと比較すると、相対動弾性係数が低下した場合、表層に近い部分において少々落ち込みは見られたが、健全な100%のものでは急激な落ち込みはなく、横ばいになる傾向を示した。このことから、コンクリートにおける表層部分の落ち込みや内部のばらつきは、コア表面の粗骨材部分に針が貫入した時の影響を取り除く統計処理を行ったが、コンクリート表面のモルタル下部に存在する粗骨材が影響を及ぼしているのではないかと考えられる。以上のことから、コンクリートが凍結融解を受けて劣化した場合、コンクリート内部も劣化することが確認され、凍害を受けたコンクリート構造物内部の劣化診断において、針貫入試験を行うことにより、コンクリート内部の強度分布は十分に把握できるものと思われる。

5. まとめ

凍結融解の繰り返しを受けたコンクリートおよびモルタルの実験で次のようなことが分かった。

1. 相対動弾性係数の低下に伴って、圧縮強度推定の指標となるB値も同様に低下し、劣化したコンクリート内部の強度推定は可能であり、針貫入試験を行うことにより、コンクリート内部の強度分布の推定も十分可能であると思われる。
2. モルタルの結果に比べて、コンクリート内部のばらつきは大きく、そのばらつきは内部に存在する粗骨材の影響によるものと思われる。

【参考文献】

- [1] 斎藤 裕・三浦 尚・堀 宗朗・長田 光正: 針貫入試験を用いたコンクリートの凍害劣化の診断について、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 14, pp. 997-1002、1992
- [2] 山守 亨・三浦 尚・西丸 知範: 針貫入試験機によるコンクリートの強度推定に関する研究 土木学会第51回年次学術講演会 pp. 1182-1183、1996