

コンクリート構造物の導電率測定による躯体内の強度発現の推定法に関する基礎的研究

飛島建設 建設事業本部 正会員 ○榎島 修
 飛島建設 建設事業本部 正会員 寺澤 正人
 飛島建設 建設事業本部 正会員 川里麻莉子
 芝浦工業大学 正会員 伊代田岳史

1. はじめに

コンクリート工事における型枠脱型時期の判断は、品質管理用供試体を使った圧縮強度試験によって行われる。その際、外気温の影響を考慮して、現場水中養生や現場封かん養生などの養生方法が採用される。ただし、コンクリート構造物の躯体内部は、水和熱によって外気温よりも高い温度環境となり、温度履歴に応じて強度発現は異なることになる。また、コンクリートの凝結が大きく遅延する水和熱抑制剤などは、温度依存性がある¹⁾ため、躯体強度は供試体強度と大きく差異を生じる場合がある。本研究では、躯体内部の強度発現を精度よく推定する方法として、コンクリートの強度発現と相関があることが報告される²⁾コンクリートの電気的特性(導電率)に着目し、

圧縮強度との関係を把握する実験的検討を行った。

2. 試験概要

コンクリートの導電率は、市販の交流2電極法の導電率計によって測定し、表-1に示す要因と水準で実験を実施した。実験要因としては、凝結に影響を与える混和剤(水和熱抑制剤)の添加とセメント種別の異なる実施で適用された配合および、供試体寸法の違いと放熱状態の異なる養生環境を設定した。評価対象としたコンクリートの配合条件を表-2に示す。

表-1 実験要因と水準

| 実験要因 | 実験水準 |
|------|--|
| 配合種別 | 水和熱抑制剤添加配合：3水準(配合①) ・水和熱抑制剤添加量 0.0, 2.0, 2.5kg/m ³ 実工事での適用配合：3配合 ・高炉セメントB種配合：2水準(配合②、③) / 低熱ポルトランドセメント配合：1水準(配合④) |
| 養生種別 | 4水準(対象配合：配合①水和熱抑制剤 2.0kg/m ³ 添加) ・大型供試体：断熱保温養生(供試体寸法：一辺1mの立方体(断熱材厚さ10cm)) ・中型供試体：断熱保温養生(供試体寸法：一辺40cmの立方体(断熱材厚さ10cm)) ・圧縮強度試験用供試体：断熱保温容器内養生(供試体寸法：φ100×200mm) ・圧縮強度試験用供試体：気中養生(供試体寸法：φ100×200mm) |

表-2 コンクリートの配合条件

| 配合種別 | 配合名 | セメント種別 | 骨材最大寸法 | スランジ | 空気量 | 水セメント比 | 単位量(kg/m ³) | | |
|------------|-----|-----------------|--------|------|------|--------|-------------------------|------|-------------|
| | | | | | | | 水 | セメント | 水和熱抑制剤 |
| 水和熱抑制剤添加配合 | 配合① | 高炉セメントB種(BB) | 20mm | 12cm | 4.5% | 52.9% | 174 | 329 | 0.0/2.0/2.5 |
| 実工事適用配合 | 配合② | 高炉セメントB種(BB) | 25mm | 8cm | 4.5% | 49.5% | 155 | 313 | — |
| | 配合③ | 高炉セメントB種(BB) | 25mm | 8cm | 4.5% | 54.0% | 154 | 285 | — |
| | 配合④ | 低熱ポルトランドセメント(L) | 20mm | 12cm | 4.5% | 47.8% | 169 | 354 | — |

水和熱抑制剤：多価アルコールと無機塩を含む多価アルコール脂肪酸エステルを主成分とする混和剤

3. 試験結果と考察

(1) 導電率の取り扱いに関する検討

異なる導電率計を同一の大型供試体に埋設して測定した導電率の履歴を図-1に示す。異なる導電率計で計測された導電率には差異が認められた。これは、導電率計のセンサ部の寸法やセンサ位置の骨材分布状態の違いが影響したものと推察された。計測器の種類や測定位置によって計測値が異なる場合、この値によって強度推定することは難しいと考えられた。そこで、導電率のピーク値に対する比率(以降、導電率比と示す)で表し

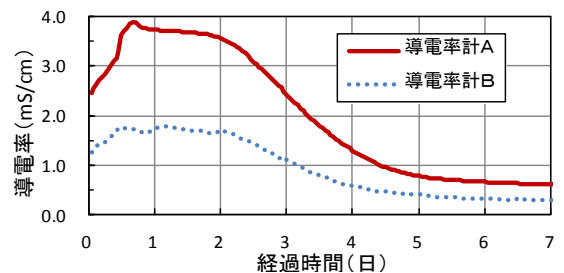


図-1 導電率の履歴

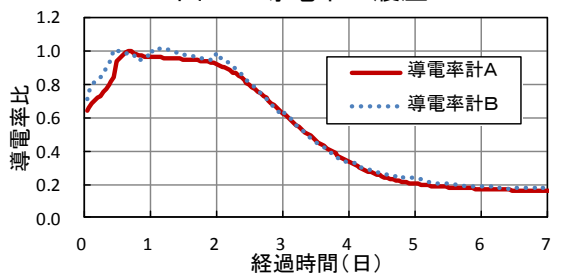


図-2 導電率比の履歴

キーワード 圧縮強度, 導電率, 水和熱抑制剤, 温度依存性, 非破壊強度推定

連絡先 〒213-0012 川崎市高津区坂戸3-2-1 KSP R&D棟2F TEL: 044-829-6716

たところ、図-2 に示すように、計測器の違いに関わらず同一の値をとることを確認した。このことから、以降、圧縮強度との関係は、導電率比で評価することとした。

(2) 放熱条件・供試体寸法の差異による影響

放熱条件および供試体寸法の違いによる供試体中心温度の測定結果を図-3 に示す。供試体中心温度は、供試体寸法と放熱条件の違いによって、供試体ごとに明確な差異が生じた。

温度履歴の異なる供試体による圧縮強度と導電率比の関係を図-4 に示す。圧縮強度と導電率比には良好な相関が認められ、温度履歴の違いにかかわらず、一つの回帰式で関係を示すことが可能であることが確認された。

(3) 水和熱抑制剤添加量の差異による影響

水和熱抑制剤を添加したコンクリートの圧縮強度と導電率比の関係を図-5 に示す。水和熱抑制剤の無添加配合と添加配合でやや傾向が異なるものの、圧縮強度と導電率比には相関が認められることが確認された。

なお、断熱保温容器内で養生した圧縮強度試験用供試体における最高温度発生材齢は、無添加で 1.21 日、水和熱抑制剤添加量 2.0kg/m³ で 2.63 日、水和熱抑制剤添加量 2.5kg/m³ で 3.25 日となり、添加量の違いによって水和・凝結過程に差異が生じていることを確認している。

(4) 配合種別の差異による影響

評価対象としたすべての配合における圧縮強度と導電率比の関係を図-6 に示す。ばらつきは認められるが、圧縮強度と導電率比には一定の相関性が認められることが確認された。

4. まとめ

コンクリートの圧縮強度と導電率比の関係には、養生環境に関わらず、良好な相関があることを確認した。また、セメントの種別および凝結に温度依存性がある特殊な混和剤の使用によっても両者には相関があることを確認した。このことから、コンクリートの導電率の測定は、コンクリート構造物の躯体内部の強度を非破壊的に推定する有効なツールになる可能性があるものと考えられる。今後、各種配合のデータ蓄積により、推定原理の考察と精度把握などを進め、施工管理手法のひとつとして確立していきたい。

参考文献

- 1) 川里麻莉子, 榎島修, 寺澤正人, 高田良章: 水和熱抑制剤を適用したコンクリート構造物の温度解析方法に関する検討, 土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集, V-218, p.p.435-436, 2013.9.
- 2) 一ツ柳陸, 三坂岳広, 伊代田岳史: 電気抵抗値を用いた養生期間内における強度・耐久性の推定手法の一提案, 第 40 回土木学会関東支部技術研究発表会, V-56, 2013.2.

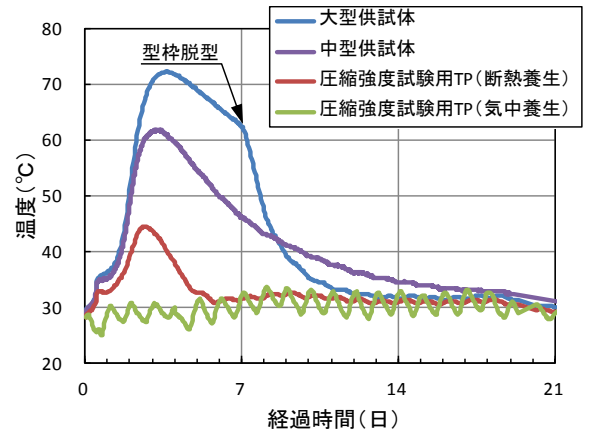


図-3 供試体中心温度の履歴 (配合①水和熱抑制剤 2.0kg/m³)

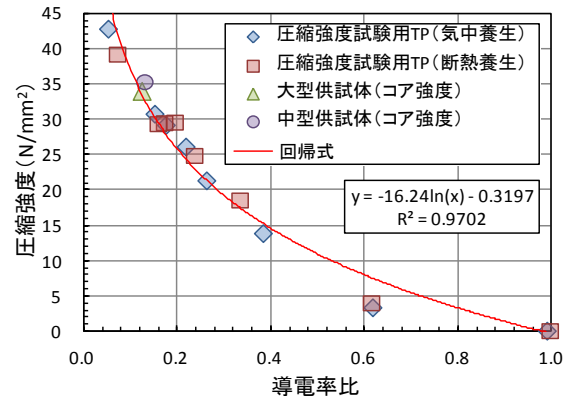


図-4 導電率比と圧縮強度の関係 (放熱条件・供試体寸法の差異による影響把握)

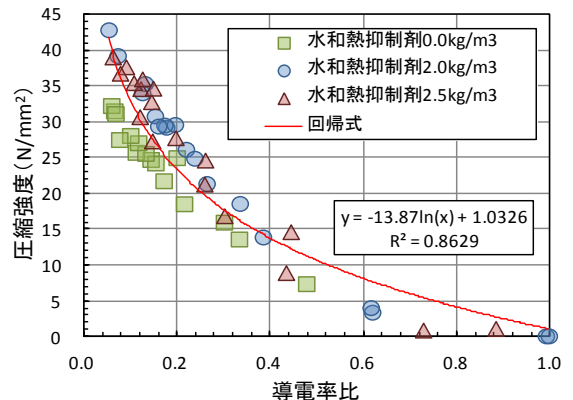


図-5 導電率比と圧縮強度の関係 (水和熱抑制剤添加量の差異による影響把握)

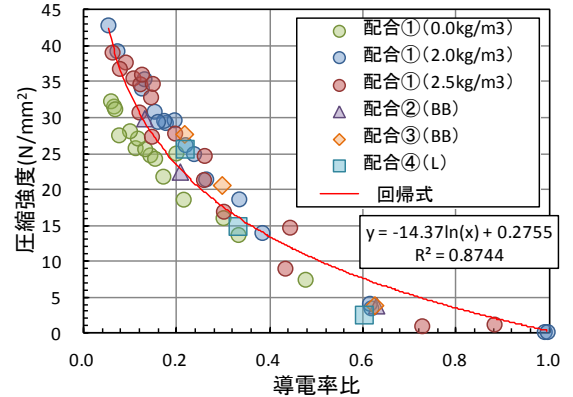


図-6 導電率比と圧縮強度の関係 (配合種別の差異による影響把握)