

非破壊試験の組合せ評価によるコンクリート構造物の予防保全型診断手法の研究

飛鳥建設 正会員 ○桃木 昌平
飛鳥建設 正会員 板野 光純
飛鳥建設 正会員 槇島 修

1. はじめに

コンクリート構造物の性能が、鋼材の腐食によるひび割れなどの損傷によって低下する場合には、損傷が顕在化する前に、予防的に対策を講じることが望ましい。しかし、中性化や塩害といった劣化機構では、外観上に変化は見られないが、鋼材が腐食する環境へと進行している可能性があり、その進行の程度は目視観察のみでは診断できない。この中性化や塩害の進行程度や鋼材腐食の発生有無については、コンクリートの一部を採取して把握する診断手法が適用される。ただし、局所的な診断となることから、構造物を代表する適切な箇所、または、安全側の判断をするために、劣化因子の進行程度が大きい箇所で診断を行うことが重要となる。

そこで筆者らは、多数の箇所で、かつ繰返しの評価が可能な非破壊試験に着目し、損傷が顕在化する前に劣化因子の進行程度を把握できる、予防保全型の診断手法を検討することとした。単独で実施される非破壊試験の中には、コンクリートの耐久性との関係が明らかにされた報告¹⁾もあるが、実構造物の現状を診断する手法として確立されたものはない。これに対し本研究では、性質の異なる複数の非破壊試験を組合せて評価することにより、劣化因子の進行程度を把握し、実構造物の現状を診断する手法を検討した。この非破壊試験の組合せ評価による、塩害の進行程度の推定について検討した既報²⁾に続き、本稿では、表層透気試験と機械インピーダンス試験の組合せ評価による、中性化の進行程度の推定について、実験的に検討した結果を示す。

2. 検証試験の概要

(1) 試験体

測定対象は、150×150×530 mm のコンクリート試験体とし、中性化の進行程度が異なるように、表-1に示すような3水準の養生を、材齢28日まで実施した。養生終了後は、コンクリートの含水状態を一定とするため、材齢56日まで温度20℃、湿度60%の気中環境に置いた。その後、二酸化炭素濃度を5%とした促進中性化試験を、促進材齢26週まで行った。

表-1 試験体養生条件

養生条件	気中養生	型枠養生	水中養生
脱型時の材齢	材齢1日	材齢7日	材齢1日
脱型から材齢28日までの養生方法	温度20℃ 湿度60% 気中環境	温度20℃ 湿度60% 気中環境	温度20℃ 水中環境

(2) 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法を表-2に示す。中性化深さの測定は、試験体の割裂面に噴霧したフェノールフタレイン溶液の呈色によって行った。一方、中性化の進行程度を推定するための非破壊試験として、コンクリート表層部の物質移動抵抗性を評価する表層透気試験と、コンクリート表層部の弾性的性質を評価し、表層の強度等を推定する機械インピーダンス試験を選定した。これらの試験は、中性化深さを測定する試験体に対して行い、中性化深さの測定前に実施した。

表-2 試験項目および試験方法

	試験項目	試験方法
従来手法	中性化深さ	JIS A 1153 「コンクリートの促進中性化試験方法」
非破壊試験の組合せ	表層透気係数	ダブルチャンバー法 (Torrent 法) ³⁾
	機械インピーダンス	NDIS 3434-3 「コンクリートの非破壊試験－打撃試験方法－」 (第3部：機械インピーダンス試験方法)

キーワード コンクリート, 非破壊試験, 中性化, 表層透気試験, 機械インピーダンス試験
連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬5472 飛鳥建設(株) 技術研究所 TEL 04-7198-7577

3. 従来手法による中性化進行程度の診断

図-1に、中性化促進材齢 26 週における、各養生条件で測定された中性化深さを示す。図に示すように、中性化深さは気中養生、型枠養生、水中養生の順に大きく、養生条件の設定により、コンクリートの中性化の進行程度が異なる試験体を作製できたことを確認した。

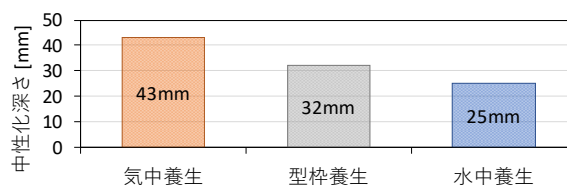


図-1 中性化深さ測定結果

4. 非破壊試験の組合せ評価による中性化進行程度の診断

(1) 表層透気試験結果

図-2に、各養生条件で測定された表層透気係数を示す。なお、促進中性化試験と同期間、気中養生した試験体（以下、促進なし）の表層透気係数も示す。促進有無に関わらず、中性化深さが大きい試験体ほど、表層透気係数が大きい結果であった。各養生条件の促進なしと促進 26 週を比較すると、一定の傾向は無く、中性化の有無や進行程度が表層透気係数に与える影響を読み取ることはできなかった。つまり、表層透気試験結果は、中性化の有無や進行程度に関わらず、養生条件の設定により作り出されたコンクリートの中性化しやすさを評価していると言える。

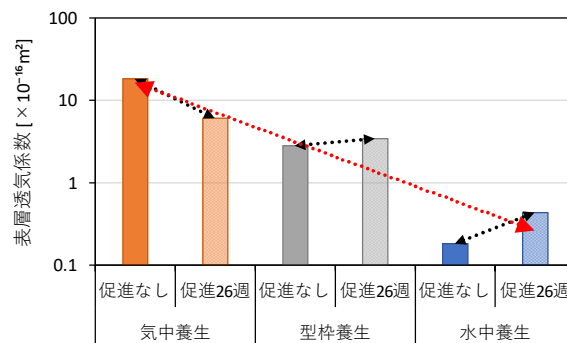


図-2 表層透気試験結果

(2) 機械インピーダンス試験結果

図-3に、各養生条件で測定された機械インピーダンスを示す。養生条件の設定によるコンクリートの表層強度の違いが、機械インピーダンス試験の結果に表れている。ここで、各養生条件の促進なしと促進 26 週を比較すると、いずれも促進なしに比べ促進 26 週の試験体の機械インピーダンスが大きい。このことから、機械インピーダンス試験結果は、中性化の進行を捉えていると考えられる。

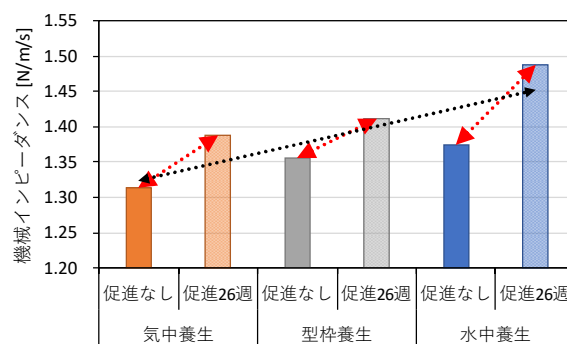


図-3 機械インピーダンス試験結果

(3) 表層透気試験と機械インピーダンス試験の組合せ評価

これらの試験結果を踏まえ、表層透気試験と機械インピーダンス試験の組合せにより、中性化の進行程度を診断できる可能性を見出した。この非破壊試験の組合せを適用した、中性化の進行程度を診断する手法として、以下のような手順で実施することを提案する。まず、対象とするコンクリート構造物において表層透気試験を行い、表層透気係数が大きく、中性化しやすい箇所を選出する。次に、その箇所において機械インピーダンス試験を行う。機械インピーダンスが相対的に大きい箇所が、中性化しやすく、かつ中性化が進行している可能性がある箇所である。したがって、この箇所においてコンクリートの一部を採取して測定を行うことで、より適切で安全側の判断が可能となる。

5. まとめ

表層透気試験と機械インピーダンス試験の組合せによる、コンクリートの中性化の進行程度を診断する手法を提案した。本稿および既報で示した非破壊試験による組合せ評価については、その他の非破壊試験との組合せによって精度が向上することも考えられる。さらに検討を進めるとともに、構造物や部材への負荷を最小限に留める予防保全型診断手法の一つとして活用していきたい。

参考文献

- 1) 林和彦, 細田暁: 表面吸水試験によるコンクリート構造物の表層品質の評価方法に関する基礎的研究, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol. 69, No. 1, pp. 82-97, 2013.
- 2) 板野光純, 桃木昌平, 槇島修: 非破壊試験の組合せ評価によるコンクリート構造物の予防保全型診断手法の研究, 土木学会第 74 回年次学術講演会, V-359, 2019.
- 3) 日本非破壊検査協会編: 新コンクリートの非破壊試験, pp. 188-189, 2010.