

表面被覆材を塗布したコンクリート構造物の調査・評価方法の検討

東海大学 正 会 員 ○笠井 哲郎
東海大学 学生会員 プトラ アサク
建装工業(株) 正 会 員 福島 誠司

1. はじめに

コンクリートの構造物は塩害、凍害、中性化または施工不良などが原因で劣化が起こり、内部鉄筋が腐食・膨張によりコンクリートの耐久性の低下を加速させる．一方、耐久性向上を目的にコンクリート表面に被覆材を塗布する表面被覆工が施工されてきたが、2019 年と 2021 年に国内の被覆されたコンクリート構造物の頂版のかぶり面が数トン剥落する大規模な事故が起きた．2012 年の道路法改正に伴い 2 件とも正規の点検が行われていたにも関わらず、2019 年の落下事故は剥離の兆候を発見できず、2021 年は兆候を発見していたが緊急性はないと判断された．すなわち現行の調査方法に課題があると考えられる．そこで、本研究では被覆されたコンクリートの内部欠陥(浮き・剥離)の兆候について、非破壊検査にて発見することを目的に検討を行った．

2. 実験概要

使用材料を表-1、配合表を表-2 に示す．本論で行う非破壊試験法の有効性を明確にするために、試験対象の試料は粗骨材のないモルタル配合とした．モルタル供試体の寸法は、200mm×200mm×200mm である．内部欠陥を人工的に設けるために寸法 150mm×150mm×12mm の発泡スチロールを供試体内部に設置した．内部欠陥深さの条件は、内部欠陥がないもの(D=0mm)、内部欠陥深さ 25mm、55mm とした(図-1 参照)．発泡スチロールは D10 の鉄筋に結束した．モルタルの練混ぜはセメント、砂、水の各材料投入後にパン型強制ミキサを用いて 2 分 30 秒間攪拌した．練混ぜ後に各種供試体を作製した．養生は 24 時間脱型後、水中養生 27 日間、その後、気中養生を 28 日間行った．

被覆材の作製は、気中養生後に供試体の表面(上面のみ)を研磨し、接着剤、ウレア樹脂の順で被覆材を形成した．被覆材の条件は被覆材がないもの(T=0mm)、被覆材厚さ 2mm、5mm になるように型枠に樹脂を流し込んで形成した．被覆材塗布後、気中養生 14 日間後に非破壊試験の測定を行った．供試体の種類を表-3 に示す．種類名は「内部欠陥の深さ：D(mm) - 被覆材の厚さ：T(mm)」で記す．供試体は種類ごとに 3 体作製した．非破壊試験の測定には、定量的に評価するため機械インピーダンス法を用い、強固な鋼桁の上にて行った．測定機は日東建設社製の CTS-02(ハンマーの設計質量：380g)を用いた．内部に設置された発泡スチロールの真上の範囲以内(150mm×150mm)に 120mm×120mm の測定範囲を設け、1 供試体当たり 25 点測点した(図-1 参照)．測定間隔は 30mm である．同じ測定位置で得られた 3 つの値を平均し傾向を評価した．機械インピーダンス法について図-2 に打撃した際の打撃力波形の例を示す．波形のピークを境界に前半はハンマーが供試体に貫入する過程(貫入過程)、後半は供試体がハンマーを押し戻す過程(反発過程)が発生し供試体が完全弾性体であれば、貫入過程と反発過程は左右対称となるが、本モルタル供試体は、完全弾性体とは言い難いため反発過程に着目したインピーダンス(以下 Z_R と記す)値を用いて評価した¹⁾．

表-1 使用材料

材料	種類	記号	物性及び主成分
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度:3.16g/cm ³ 比表面積:3280cm ² /g
細骨材	菊川支流産山砂	S	表面密度:2.59g/cm ³ 吸水率:2.18%、粗粒率:2.42
混和剤	AE助剤	AE	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤、C<0.001(%)

表-2 モルタル配合表

W/C (%)	S/C	単位量(kg/m ³)			
		W	C	S	AE
50	2.42	265	530	1284	0.005

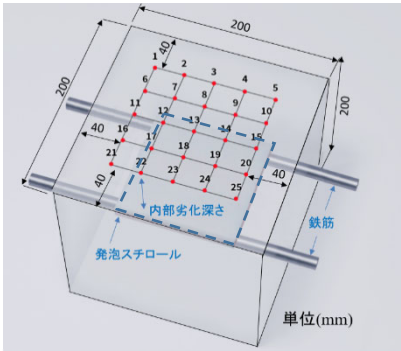


図-1 供試体と測定位置のイメージ

表-3 供試体の種類と条件

D \ T	0mm	25mm	55mm
0mm	0-0	25-0	55-0
2mm	0-2	25-2	55-2
5mm	0-5	25-5	55-5

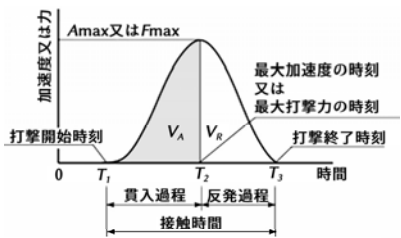


図-2 打撃力の波形の例

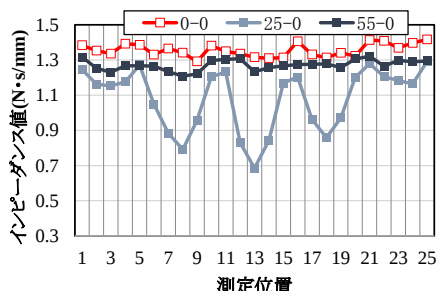


図-3 内部欠陥がないものに被覆材の厚さを変化させた際の Z_R 値

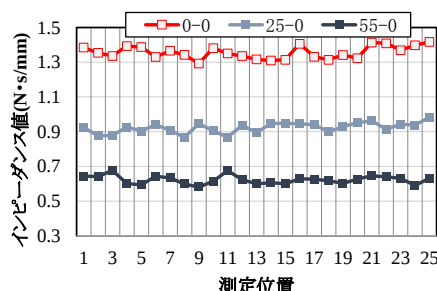


図-4 内部欠陥の深さ 25mm のものに被覆材の厚さを変化させた Z_R 値

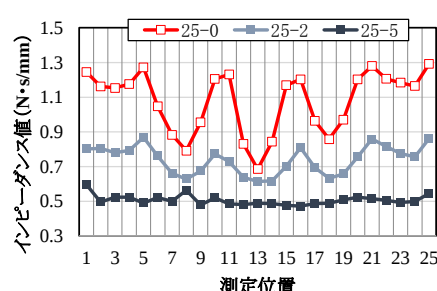


図-5 内部欠陥の深さ 55mm のものに被覆材の厚さを変化させた Z_R 値

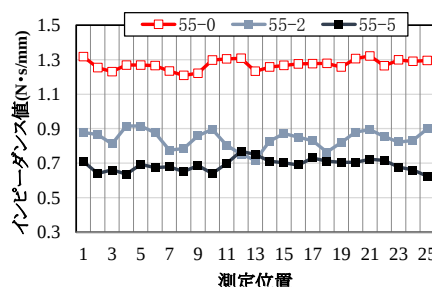


図-6 被覆材がない条件における内部欠陥の深さを变化させた Z_R 値

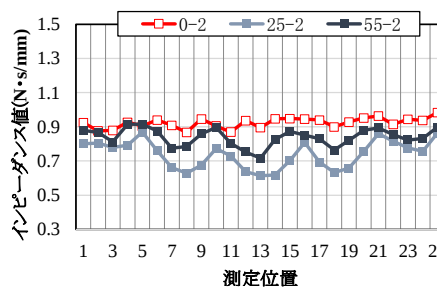


図-7 被覆材の厚さ 2mm における内部欠陥の深さを变化させた Z_R 値

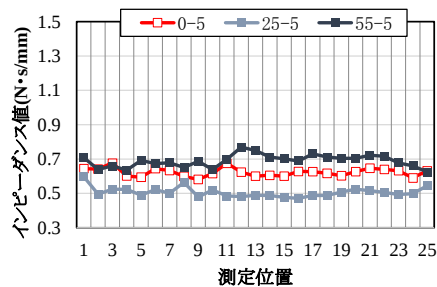


図-8 被覆材の厚さ 5mm における内部欠陥の深さを变化させた Z_R 値

3. 実験結果

図-3 は被覆材がないものに内部欠陥の深さを 0mm, 25mm, 55mm に変化させたものである。図より内部欠陥がない 0-0 は、どの測定位置においてもほとんど一定であった。内部欠陥の深さが 25mm の 25-0 は、供試体の上面の中央部(測定位置 : No.7~No.9, No.12~No.14, No.17~No.19, 以下、中央部と称す)において Z_R 値は著しく低下した。一方、内部欠陥の深さ 55mm(55-0)は、内部に発泡スチロールが設置されているにもかかわらず、内部欠陥の深さ 25mm(25-0)のように中央部が著しく低下する傾向はみられなかった。しかし内部欠陥のない 0-0 より 55-0 の Z_R 値は低下しているため、内部欠陥の有無は検出できているものと考えられる。図-4 は内部欠陥がないものに被覆材の厚さを 0mm, 2mm, 5mm に変化させたものである。図より内部欠陥がない場合、どの測定位置においても Z_R 値はそれぞれ一定であった。また被覆材の厚さが増加する程、 Z_R 値は低下した。図-5 は内部欠陥の深さが 25mm で被覆材の厚さを 0mm, 2mm, 5mm に変化させたものである。25-0 に対し被覆材の厚さ 2mm とした 25-2 は、 Z_R 値は更に低下した。また、被覆厚さが厚い場合の 25-5 でも Z_R 値は更に低下したが、被覆材の厚さが増加する程、 Z_R 値のほとんど一定となった。図-6 は内部欠陥の深さが 55mm で被覆材厚さを 0mm, 2mm, 5mm に変化させたものである。図より傾向は図-4 と同様であった。以上より、被覆材の厚さが大きくなると Z_R 値は小さくなった。

図-7 は被覆材の厚さ 2mm で内部欠陥の深さを 0mm, 25mm, 55mm に変化させたものである。図より内部欠陥の深さ 55mm(55-2)と 25mm(25-2)は 0mm(0-2)より Z_R 値が低下し、欠陥が検出できた。また被覆材厚さを 2mm にした場合、内部欠陥の深さ 25mm と 55mm で比較すると内部欠陥深さが浅いほど Z_R 値は小さくなった。図-8 は被覆材の厚さ 5mm で内部欠陥の深さを 0mm, 25mm, 55mm に変化させたものである。図より内部欠陥の深さ 25mm(25-5)は 0mm(0-5)より Z_R 値は僅かに小さくなった。一方、内部欠陥の深さ 55mm(55-5)は 0mm(0-5)より Z_R 値は同程度か僅かに大きくなった。以上よりインピーダンス法では内部欠陥の深さ 25mm(25-5)は検出できたが、内部欠陥の深さ 55mm(55-5)は検出できていないものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 機械インピーダンス法を用いて被覆材の厚さ 2mm の場合、内部欠陥の深さ 25mm と 55mm は検出できた。
- 2) 被覆材の厚さ 5mm において内部欠陥の深さ 25mm では検出できたが、55mm では検出できなかった。

参考文献

- 1) 久保 元樹, 久保 元, 境 友昭 : 機械インピーダンス法によるコンクリートの材齢変化を利用した圧縮強度推定方法 : 日本非破壊検査協会, 2016.10