

シラン低圧注入による微細ひび割れ検査法の開水路側壁に対する適用事例

Application to the Side Wall of RC Open Channel of Micro-crack Detection Method by the Low Pressure Injection of Silane oligomer

○緒方 英彦*, 山崎 大輔**, 周藤 将司***, 兵頭 正浩*
OGATA Hidehiko*, YAMAZAKI Daisuke**, SUTO Masashi*** and HYODOU Masahiro*

1. はじめに

コンクリートに発生している微細ひび割れの評価方法には、顕微鏡観察による方法^{1,2)}や蛍光エポキシ樹脂含浸法³⁾がある。しかし、既存のこれらの試験方法では、顕微鏡や紫外線を照射するためのブラックライト、あるいは蛍光エポキシ樹脂を浸透するための機器が必要となり、機器の使用上の条件からも現地で微細ひび割れを直接評価することは難しい。そこで著者らは、現地で直接目視により微細ひび割れを評価するための方法の確立を目指して、図-1に示すような表面含浸材の一つであるシランオリゴマーを低圧注入器具により注入し、ひび割れ周囲のセメント硬化体内に浸透させることで、微細ひび割れを可視検査する方法の研究を実施している⁴⁾。

本文では、シラン低圧注入によるコンクリートの微細ひび割れ検査法を凍害による劣化が生じている実際のコンクリート製開水路の側壁に適用し、微細ひび割れの評価を行った結果について示す。

2. シラン低圧注入によるコンクリートの微細ひび割れ検査法の概要

2.1 注入材

本検査法において注入材に求められる条件は、セメント硬化体内に浸透できる浸透性、浸透している状況を目視で判断できる可視性である。本検査法では、この条件を満たす材料として、表面含浸材として現場での取り扱い実績も十分にあるシラン系表面含浸材を選択した。シラン系表面含浸材は、浸透性に優れ、皮膜形成機能、撥水機能を利用して浸透範囲を目視で判断することが可能な材料である。

シラン系表面含浸材には、重合度の違いによりシランモノマー（アルキルアルコキシシラン）、シランオリゴマー（アルコキシシロキサン）がある。両者ともアルカリ水と反応して撥水層を形成するが、特にシランオリゴマーは硬化剤の添加により湿気と反

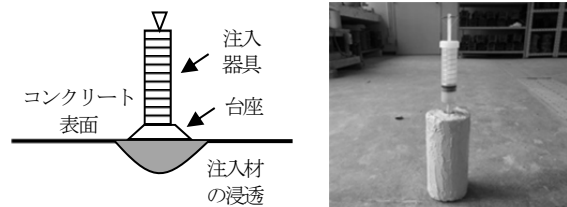


図-1 シラン低圧注入による微細ひび割れ検査法の概要図

応して速やかに皮膜を形成することが可能である。また、シランオリゴマーはシランモノマーに比べて揮発性が小さいという特徴がある。本検査法は、現地適用を念頭においていることから、揮発性の小さい方が適当であると判断し、シランオリゴマーを注入材として採用した。本検査法に用いるのは、室内試験の結果⁴⁾を踏まえて動粘度 $100 \text{ mm}^2/\text{s}$ (25°C の一般特性) のものである。

2.2 低圧注入法

本検査法において低圧注入法を選択した理由は、コンクリート表面から浸透した注入材やコンクリート表面のひび割れから浸透した注入材が、注入器具による加圧によりコンクリート内部の微細ひび割れに浸透することを促し、ひび割れ周囲のセメント硬化体内に浸透するのを促すためである。また、刷毛やローラー刷毛による表面塗布では作業による塗りむらが生じる可能性があり、塗布表面が外気に曝される場合はコンクリート表面の環境条件が変化することで浸透状況が異なる可能性がある。低圧注入法では、自動式低圧樹脂注入工法で採用されている専用の注入器具（加圧は 0.4 N/mm^2 以下）⁵⁾を用いることで注入条件を一定に保つことができ、また注入器具を取り付けるための台座により注入後のコンクリート表面の環境条件を一定に保つことができる。このような理由から、低圧注入法を選択することにした。自動式低圧樹脂注入工法の注入器具には、ゴム製とプラスチック製があるが、分子量の小さいシランオリゴマーはゴムを溶解し、注入時にゴム製注

*鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, **ショーボンド建設株式会社, Sho-Bond Corporation, ***松江工業高等専門学校環境・建設工学科, Civil and Environmental Engineering, Matsue College of Technology, 微細ひび割れ, 可視化, 低圧注入, シランオリゴマー, 現地試験

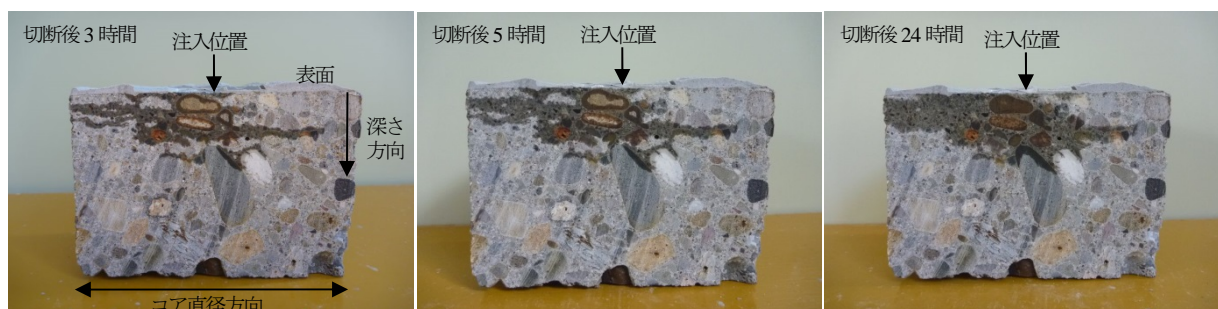


写真-1 シランオリゴマーの浸透範囲の時間変化

入器具が破裂することから、本検査法ではプラスチック製の注入器具を用いることにした。

3. 現地実証試験

3.1 試験の概要

現地試験は、凍害による劣化が生じている昭和 34～36 年に施工された現場打ち鉄筋コンクリート製開水路の側壁で実施した。側壁へのシランオリゴマーの注入は、まず注入器具を固定するための台座を 2 液型エポキシ樹脂系のシーリング剤を用いて側壁に固定し、シーリング剤の硬化を待って約 2 時間経過後に実施した。そして、注入後約 20 時間経過後に注入器具を取り外し、注入箇所を中心に外径 100mm のコアビットでコアを採取した。採取後のコアは、速やかにラップで全面を覆い、コアの湿潤乾燥が生じないようにした上で 4 日後にシランオリゴマーの浸透状況を評価した。浸透状況の評価は、コアを横断（コア直径）方向で切断した後、注入位置が中央になるようにして縦断（コア長さ）方向で切断した断面を用いて行った。

3.2 微細ひび割れの可視化

切断後 3, 5, 24 時間後のシランオリゴマーの浸透状況を写真-1 に示す。試験片は、概ね室温 25℃ に調整した室内で自然乾燥させた状態である。写真からは、シランオリゴマーの浸透箇所が濡色として可視でき、表面付近に薄肉部材である側壁に特徴的な部材厚方向に層状のひび割れが発生していることを確認することができる。シランオリゴマーが浸透した部分が濡色として目視できるのは、シランオリゴマーが浸透していないセメント硬化体では水分が蒸発することで乾いた状態となり、揮発していないシランオリゴマーが濡色として残るからである。また、層状のひび割れからその周囲のセメント硬化体や骨材に浸透したシランオリゴマーは、時間経過とともに徐々に拡大している状況を確認することができる。これは、切断面が乾燥することで、それまで水が存在した空隙にシランオリゴマーが浸透するた

めである。このように、シランオリゴマーは、浸透できる空隙が存在すれば、時間の経過とともにその浸透範囲は広がるが、室温 25℃ に調整した室内で自然乾燥させた状態では、切断後 24 時間でシランオリゴマーの浸透速度が概ね収束することが既往の研究⁴⁾により明らかになっている。

本検査法で微細ひび割れの発生位置を評価するためには、切断面が概ね乾燥し、シランオリゴマーの浸透範囲が濡色として目視できる段階で早々に行うのが望ましいと言える。切断面の乾燥が進んだ段階では、シランオリゴマーの浸透範囲が徐々に広がることから、微細ひび割れが発生している範囲の評価はできるが、複数発生している微細ひび割れのそれぞれの発生位置を評価するのは難しい。

4. おわりに

本文では、紙面の都合上現地試験の一部しか示せなかったが、今回の現地試験により、シラン低圧注入によるコンクリートの微細ひび割れ検査法は、現地で直接目視により微細ひび割れを評価するための方法と成り得ることを確認することができた。今後は、作業手順や適用条件などを確立するための研究に取り組み、この検査法の一般化を図る予定である。

引用文献

- 1) 最知正芳ほか: 凍結融解作用を受けたコンクリート内部の微細き裂の定量化と損傷度評価への応用, コンクリート工学論文集 13(1), pp.13-24 (2002)
- 2) 桂修ほか: コンクリートの凍害劣化度評価と予測法に関する研究, コンクリートの試験法に関するシンポジウム, 日本建築学会, pp.2-11～2-16 (2003)
- 3) 岩城圭介ほか: 微視的断面観察による酸化したコンクリートの微細構造の評価, コンクリート工学年次論文集 26(1), pp.999-1004 (2004)
- 4) 緒方英彦ほか: 低圧注入法によるコンクリートの微細ひび割れ検査における注入材の実験的評価, コンクリート工学年次論文集 36(2014) (印刷中)
- 5) 低圧樹脂注入工法協議会: 自動式低圧樹脂注入工法ガイドブック (2008)