

CMI 報告

コンクリート内部に発生した微細ひび割れの微破壊試験法に関する研究

谷 倉 泉・渡 邊 晋 也

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の内部に写真—1のような水平に発生した微細なひび割れが多数の構造物から発見され、報告^{1), 2)}がなされている。既往の研究では、その発生原因としてアルカリシリカ反応によるものと、凍結融解作用によるものであるとの指摘がある。両者は、コンクリート内部でシリカゲルもしくは水が膨張して生じる問題であることから、同様の劣化メカニズムで微細な水平ひび割れが生じていることが推定される。

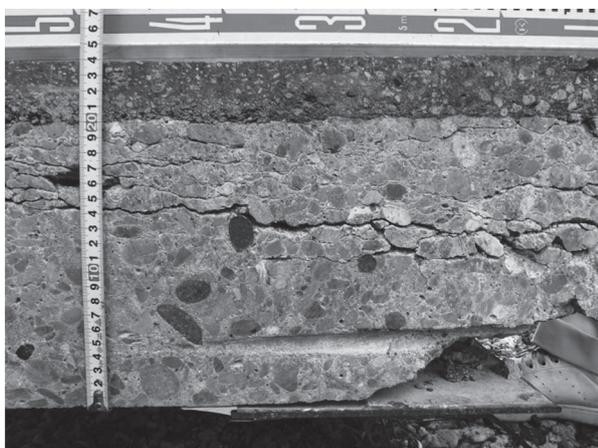
コンクリート内部に発生した微細な水平ひび割れは、コンクリート構造物の耐力を低下させると考えられることから、早期に発見して補修・補強する必要がある。しかしながら、コンクリート中の水平ひび割れは、コア抜きで調べられる以外に外観からの調査で確認することは不可能である。すなわち、床版内部の水平ひび割れを確実に、かつ簡便に調査する手法が求められているのが現状である。

そこで、本研究は微破壊試験法に着目し、コンクリート中の微細な水平ひび割れを調査する手法について試験検討を行ったものである。以下に、微細ひび割れ調査方法の概要および調査結果について報告する。

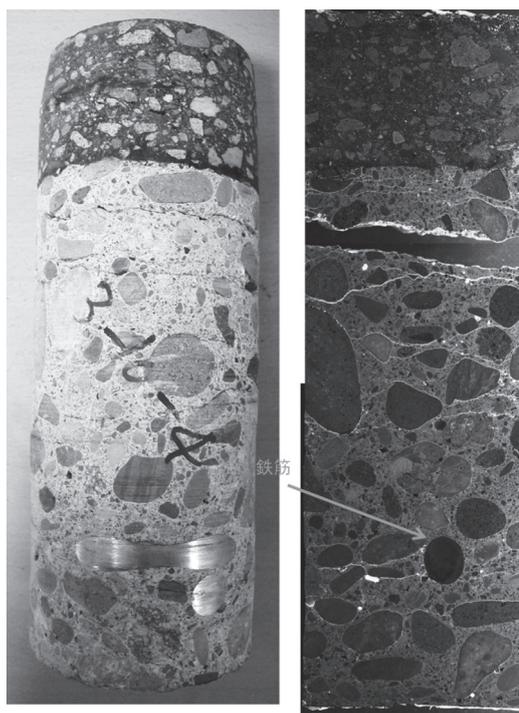
2. 微破壊試験法

現在、コンクリート中の微細ひび割れの調査方法としては、コア（φ50 mm～100 mm）試験体を採取して、持ち帰り、試験室で蛍光エポキシ樹脂等を微細ひび割れに含浸させて調査する方法（写真—2）が一般的である。しかしながら、その場合の問題点としては、コア径にもよるが、削孔部がコンクリート構造物に与える影響が少なからずあると考えられる。また、試験室に持ち帰らないと調査ができないことから、結果を得るまでに時間を要してしまうことなどが挙げられる。その結果、調査できない部位があったり、緊急対応ができないなどの問題があったりする。そこで、本研究で開発した微破壊試験法は、コンクリート構造物に損傷をなるべく与えず、調査結果も現場で確認できる方法とした。試験法の作業フローを図—1に示す。

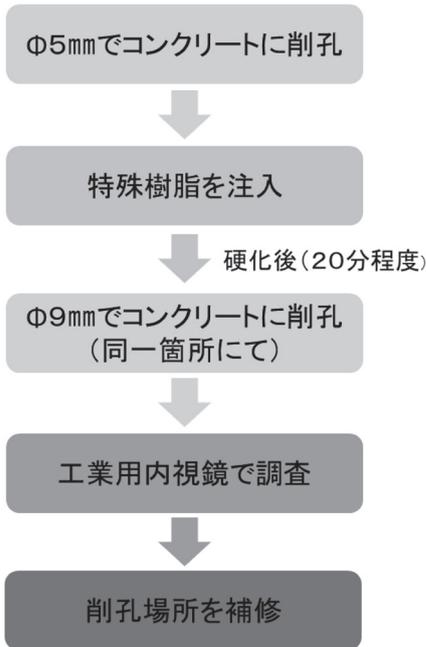
本微破壊試験法は、調査箇所にはφ5 mmの水循環式ドリルを用いて削孔した後、浸透性の極めて高い特殊樹脂を一般的な注射器で注入する。特殊樹脂の硬化に



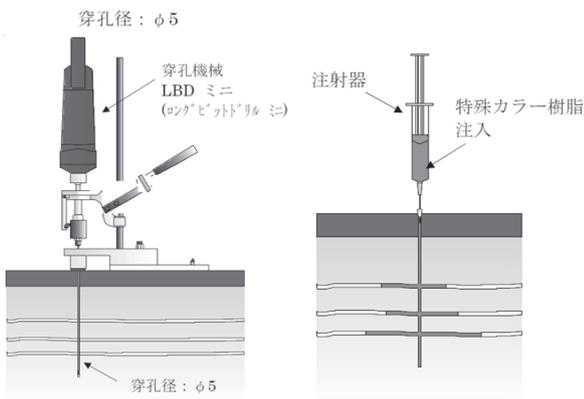
写真—1 RC床版内部に発生した水平ひび割れ



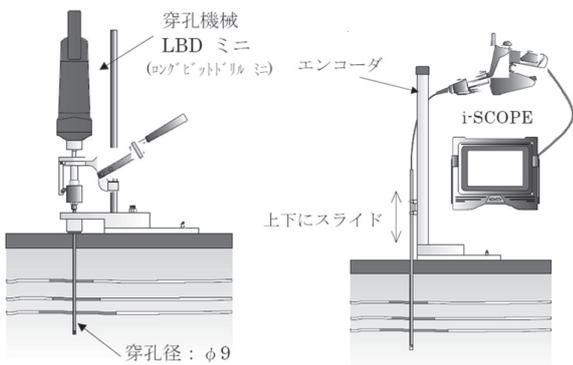
写真—2 従来のひび割れ調査法



図一 1 微破壊試験法のフロー



1) $\phi 5$ mmでの削孔 2) 特殊樹脂の注入



3) 再度 $\phi 9$ mmで削孔 4) 内視鏡観察

図一 2 調査のイメージ

要する時間は約 20 分程度であり、その間は静置する。その後、同一箇所にて $\phi 9$ mm の水循環式ドリルを用いて削孔を行い、その後壁に沿って上部より小径の工業



写真一 3 水平ひび割れを有する試験体



写真一 4 工業用内視鏡の調査状況

用内視鏡（ファイバースコープ）を混入して観察・記録する。調査に用いる穴径は最大 $\phi 9$ mm となり、コンクリート構造物に与えるダメージはほとんどないと考えられる。調査方法のイメージを図一 2 に示す。

3. 予備試験

(1) 予備試験概要

予備試験として、人工的にコンクリート版の中央に水平ひび割れを発生させた試験体（写真一 3）を用いて調査を行った。調査は、上述した順序に従って実施し、工業用内視鏡の撮影条件としては、壁面観測を視野角 120 度の直視レンズと視野角 60 度の側視レンズを用いた。ひび割れの幅計測は、ステレオレンズを用いて測定した。調査状況を写真一 4 に示す。

(2) 予備試験結果

調査の結果、直視レンズで測定した場合、ひび割れ部に特殊樹脂（オレンジ色）が充填されていることが確認された。写真一 5 に示すようにひび割れの視認も容易なことが確認できた。次に、ひび割れ幅についてはステレオレンズにより計測した結果、写真一 6 に示すように 0.18 mm ~ 0.65 mm のひび割れを確認す

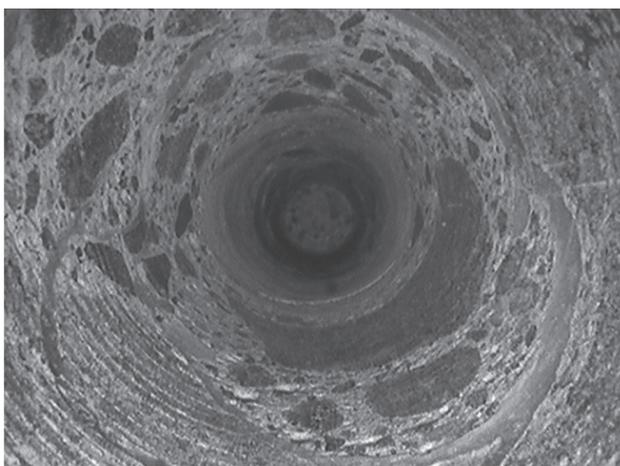


写真-5 直視レンズによる測定結果結

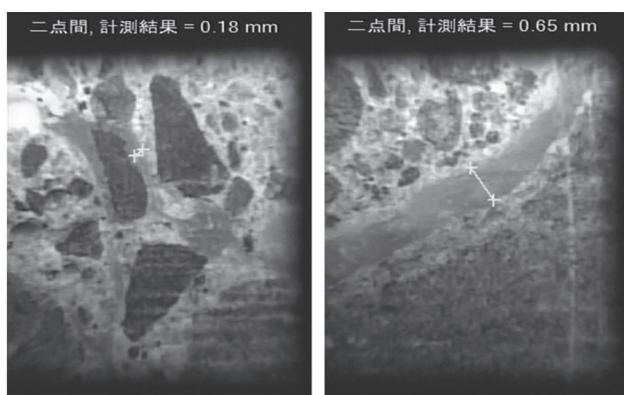


写真-6 ひび割れ幅の測定結果結

ることができた。したがって、コンクリート内部のひび割れ幅も現場で迅速に把握することができることが確認できた。

4. 撤去床版内部のひび割れ調査

(1) 撤去床版の概要

寒冷地に設置されていた橋梁床版であり、橋梁の架設年次は昭和40年で、供用開始から本調査の実施までに46年間供用されていた。その外観を写真-7に示す。床版上面の一部では砂利化している箇所が確認され、切断面を観察すると微細なひび割れも点在していることが確認できた。微細なひび割れを写真-8に示す。写真中の赤矢印は、微細ひび割れを示す。

(2) 調査概要

本調査では、アスファルト未撤去の床版上面からの調査と、床板下面からの調査の2通り実施した。調査は、図-1に示す微破壊試験法のフローに準拠して行っている。



写真-7 使用した撤去床版

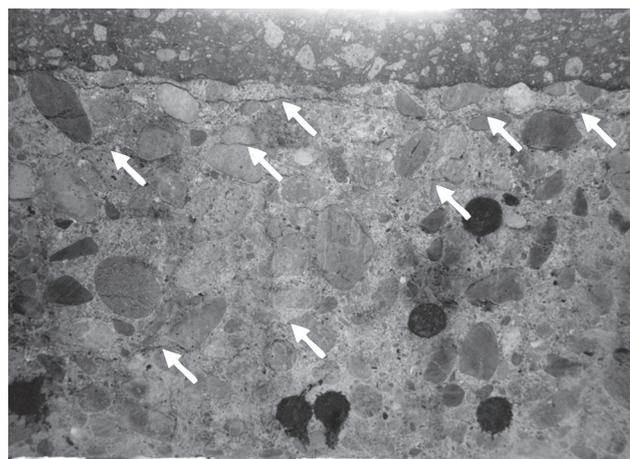


写真-8 微細ひび割れの状況

(3) 調査結果

(a) 床版上面からの調査結果

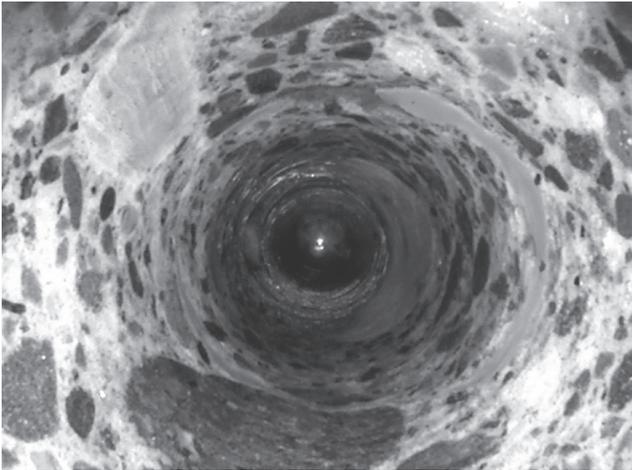
この微破壊試験法は、交通規制下での調査を想定していることから、本調査で樹脂注入の支障になりうると考えられるアスファルト合材を介した場合の調査方法について検討を行った。その結果、削孔は特に問題もなく、コンクリートと同様にアスファルト合材も削孔することができた。また、特殊樹脂についても、注入漏れなどは無く、コンクリート内部の微細な水平ひび割れに充填をすることが確認できた。また、床版上面から、工業用内視鏡で観察したコンクリート内部の微細な水平ひび割れ発生状況を写真-9に示す。コンクリート内部の多数の水平ひび割れを確認することができた。

(b) 床板下面からの調査結果

本調査の支障になると考えられるのは、特殊樹脂を注入することが可能かどうかである。下面からの削孔は写真-10に示すような方法で実施した。調査の結果、特殊樹脂の注入は問題なく行うことができ、微破壊試験法についても上面から実施した場合と変わらない結果が得られた。

(c) 撤去床版のまとめ

本試験研究では、現場を模擬した方法で床版上面お



写真—9 撤去床版内部に発生している水平ひび割れ



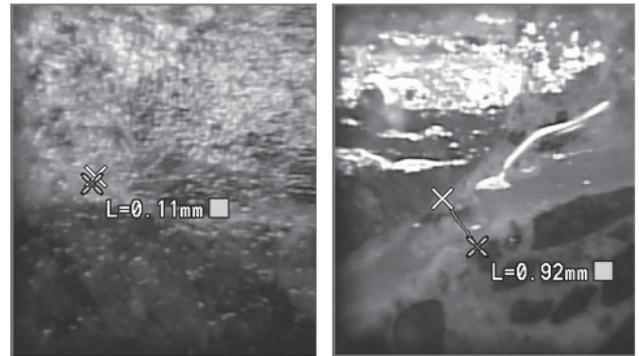
写真—10 下面からの削孔状況

よび床版下面からのコンクリート内部の微破壊調査を行った結果、両者ともに确实調査が行えることが確認できた。また、コンクリート内部に発生していたひび割れ幅は写真—11に示すように0.11mm～0.92mmであった。

5. まとめ

本検討研究では、コンクリート構造物の内部に発生している微細な水平ひび割れを調査する微破壊試験法について検討を行った。コンクリート内部のひび割れは外観に変状が出にくく、特に床版などでは適切な非破壊検査方法もないことから、直接内部を確認する、新たなコンクリート内部の調査方法開発し、その適用性について検討を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1) 従来のコア採取による調査方法と比べて、本研究で開発した微破壊試験方法は、構造物に与える影響や調査結果が得られるまでの時間を短縮



写真—11 ひび割れ幅の測定結果

することができ、効率の良い确实な調査を実現することが可能である。

- 2) 工業用内視鏡を用いて調査をする場合、様々なレンズを組み合わせることで、多面的な視点からの調査が可能である、本研究では、3種類のレンズを用いて検討を行った結果、ひび割れの有無だけでなく、微細なひび割れ幅なども確認することができた。

今後、水平ひび割れが構造物の耐荷力等に与える影響について構造物ごとに検討するとともに、非破壊試験法による面的な評価についても研究を実施していく予定である。

6. おわりに

本報告では、コンクリート床版に発生した水平ひび割れの調査方法として、微破壊試験法を開発し、試行した結果についてとりまとめた。現在、実際に供用されている橋梁で試験施工を行った結果、凍害と考えられる水平ひび割れを検知でき、その成果は補修・補強設計にも反映されている。また、凍害だけでなく、アルカリ骨材反応が生じているコンクリート構造物の劣化程度を把握する目的にも使用され始めている。

戦後から現在にかけて建設された数多くのコンクリート構造物は、過酷な供用環境のもとでの劣化、損傷が進んできている。これらの構造物を適切に維持管理し、末永く安全に使用することは、我々土木技術者の使命でもある。

施工技術総合研究所では、多岐にわたる社会のニーズに沿って、様々な土木構造物の調査方法や維持管理手法の研究を継続し、社会に貢献していきたいと考えている。

最後に、本報告は日本非破壊検査協会 主催の2014年度秋季大会に投稿したものを加筆・修正したものである。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 岡田慎哉 博士（現、北海道開発局 留萌開発建設部 道路計画課 課長）にご助言と試験体の提供をしていただきました。ここに付記し感謝の意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 三田村浩ほか、46年間供用した積雪寒冷地における道路橋 RC 床版の損傷状況の調査、土木学会北海道支部 論文報告集 第69号、部門 A-11
- 2) 参納千夏男ほか、ASR と凍害による複合劣化を生じた電力土木施設の調査事例、コンクリート工学年次論文集、Vol.28, No.1, pp989-994, 2006

【筆者紹介】

谷倉 泉（たにくら いずみ）
一般社団法人日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第二部 部長
技術士（建設）、特別上級土木技術者



渡邊 晋也（わたなべ しんや）
一般社団法人日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第二部 主任研究員
博士（工学）

