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 渡邉 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に示す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



写真1 RC床版内部に発生した水平ひび割れ

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、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(φ50mm~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、削孔からずあると考えられる。また、試験室が少なからずあると考えられる。また、試験を富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、調査できないできないことが挙げられる。その結果、調査できないがあったり、緊急対応ができないなどの問題があったり、不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φ5mmの水循環式ド

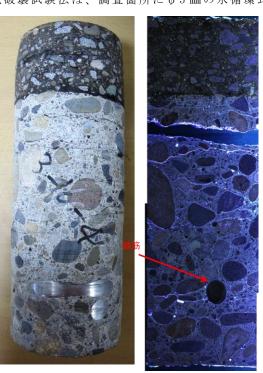


写真2 従来のひび割れ調査法

# Φ5mmでコンクリートに削孔



# 特殊樹脂を注入



硬化後(20分程度)

Φ9mmでコンクリートに削孔 (同一箇所にて)

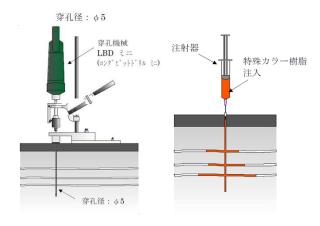


# 工業用内視鏡で調査



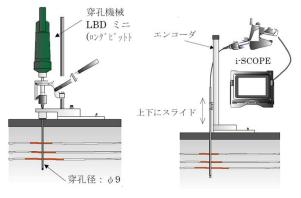
# 削孔場所を補修

図1 微破壊試験法のフロー



### 1) Φ5mm での削孔

### 2) 特殊樹脂の注入



3) 再度 **Φ**9mm で削孔

4) 内視鏡観察

図2調査のイメージ

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 φ9mm 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 φ9mm 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2に示す。

## 3. 予備試験

### 3. 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 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 て、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 4 に示す。



写真3 水平ひび割れを有する試験体



写真 4 工業用内視鏡の調査状況

### 3. 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 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 6 に示すように 0.18mm~0.65mm のひび割れを確認することができた。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。



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

#### 4. 撤去床版内部のひび割れ調査

### 4. 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。



写真7 使用した撤去床版



写真8 微細ひび割れの状況

### 4. 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。

### 4. 3調査結果

#### (1) 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。

### (2) 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。

#### (3) 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、両者ともに確実調査が行えることが確認

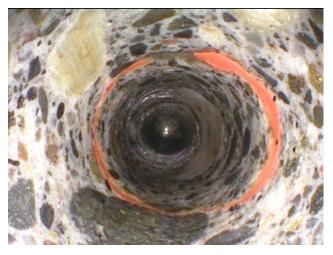


写真 9 撤去床版内部に発生している水 平ひび割れ



写真 10 下面からの削孔状況





写真 11 ひび割れ幅の測定結果

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 $\sim 0.92$ mm 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することができ、効率の良い確実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、多岐に渡る社会のニーズ 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・修正をしたもの である。

#### 謝辞

本研究を実施するにあたり、(独法) 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。

### 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



渡邉 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)

