

## 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方法

Semi-Destructive Testing methods of inside micro-cracks developed in the concrete

○渡邊 晋也<sup>1)</sup>      佐藤 智<sup>2)</sup>      平田 康夫<sup>3)</sup>      谷倉 泉<sup>1)</sup>

SHINYA WATANABE    SATOSHI SATO    IKUO HIRATA    IZUMI TANIKURA

1) (一社) 施工技術総合研究所    2) (株) ティエスプランニング    3) オリンパス (株)

1) JAPAN CNSTRUCTION METHOD AND MACHINERY RESERCH INSTITUTE

2) TOTAL SERVICE PRANNING Co. Ltd    3) OLUMPUS CORPORATION

本論文は、凍害やアルカリシリカ反応により発生したコンクリート内部の微細ひび割れについての調査方法を検討したものである。従来の調査はコアを採取した後、試験室にて蛍光エポキシ樹脂等を含浸させ、紫外線写真を撮影したものを、画像解析により評価を行っていた。しかしながら、既設構造物に損傷を与えることや調査に時間がかかるなどの問題がある。そこで、本試験方法は、これらの問題を解決するために、微破壊試験方法に着目し検討を行った。試験方法は、特殊樹脂を注入した後、 $\phi 9\text{mm}$  で削孔し、その穴を用いてコンクリート内部にファイバースコープを挿入させ調査する方法を提案し、検証を行ったものである。

キーワード 微破壊試験、供用期間中検査、コンクリート構造、橋梁

### 1. はじめに

近年、コンクリート構造物の内部に写真1に示すように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<sup>1)、2)</sup>がなされている。既往の研究では、微細な水平ひび割れの発生要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報告されている。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、同一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想像できる。

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ことが考えられることから、早期に発見して補修・補強をする必要がある。しかしながら、コンクリート中の水平ひび割れは、外観からの調査で確認することが非常に困難な場合が多い。そこで、水平ひび割れを調査する手法について検討する必要がある。

本研究は、微破壊試験方法に着目し、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検討を行った。本報告は、微細ひび割れ調査方法の概要および調査結果について取りまとめたものである。

### 2. 微非破壊検査試験法

現在、コンクリート中の微細ひび割れを調査するには、コア ( $\phi 50\text{mm}\sim 100\text{mm}$ ) 試験体を採取し、



写真1 RC床版内部に発生した水平ひび割れ

その試験体を持ち帰り、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調査する方法（写真2）が採用されている。しかしながら、問題点として、コア試験体はコンクリート構造物に与える影響が少なからずあることから、調査箇所が限定されてしまう。また、試験室に持ち帰らないと調査ができないことから、調査結果までに時間を要してしまうなどが挙げられる。その結果、調査漏れが発生する恐れがあることや、緊急対応

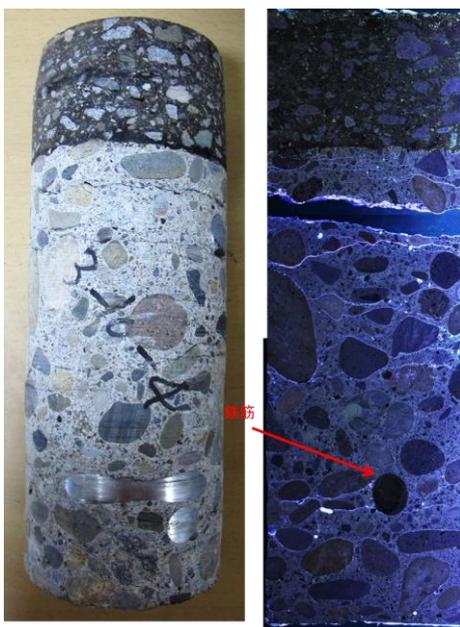


写真2 従来のひび割れ調査法

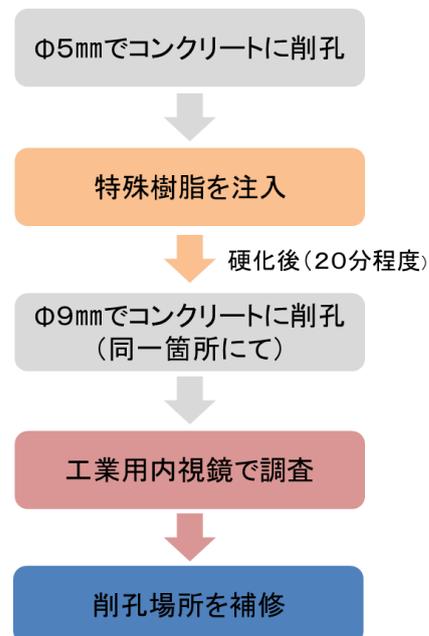


図1 微破壊試験法のフロー

ができないなどの問題があった。そこで、本研究で検討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、調査結果も調査現場で確認ができる方法とした。本研究で実施した微破壊試験法の作業フローを図1に示す。本微破壊試験は、調査箇所にφ5mmの水循環式ドリルを用いて削孔した後、特殊樹脂を注入する。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う。削孔した穴を用いて工業用内視鏡（ファイバースコープ）によりコンクリート内部の調査を行う。したがって、調査に用いる穴は最大φ9mmであり、コンクリート構造物には損傷が小さいと言える。



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. 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。調査方法は、上述した順序に従って実施している。なお、工業用内視鏡の条件として、全体観測は視野角120度の直視レンズを用いて、ひび割れの幅計測は、ステレオレンズを用いて調査を行った。調査状況を写真4に示す。

#### 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



写真5 直視レンズによる測定結果結

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、ひび割れ幅の測定を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のひび割れを測定することができた。したがって、コンクリート内部のひび割れ幅についても現場で把握することができることを確認した。

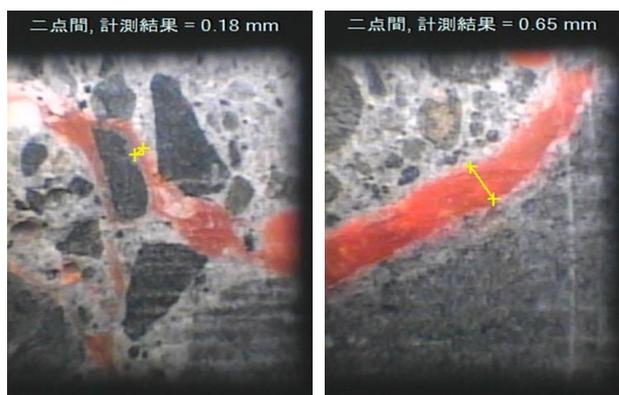


写真6 ひび割れ幅の測定結果結

#### 4. 撤去床版を用いたコンクリート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を用いた。橋梁の架橋年次は昭和40年であり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。調査を行った撤去床版の外観を写真7に示す。床版上面の一部が砂利化している箇所も確認された。また、切断面から微細なひび割れも有することが確認できている床版である。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

##### 4. 2 調査概要

本調査は、アスファルトがある床版上面からの調査と、床版下面からの調査の2通り実施した。調査には、図1に示す微破壊試験法のフローに準拠し、調査を行っている。

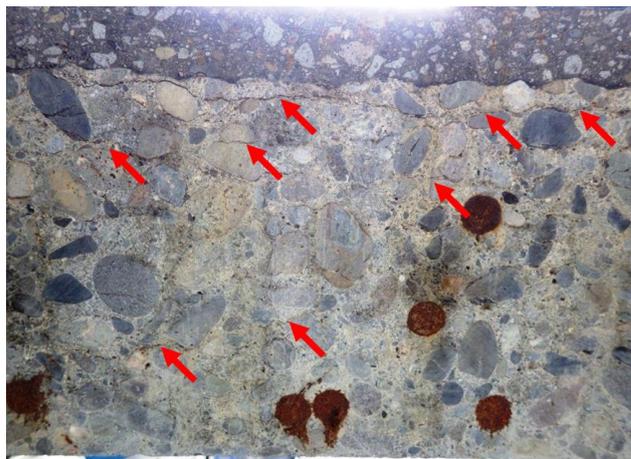


写真8 微細ひび割れの状況

##### 4. 3 調査結果

###### (1) 床版上面からの調査結果

本調査での支障と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について検討を行った。この微破壊試験法は、交通規制が行える場所を想定している。調査の結果、削孔には特に問題もなく、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、注入漏れなどが無く、コンクリート内部の微細な水平ひび割れに充填することが確認できた。床版上面からの調査した場合の、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状況を写真9に示す。コンクリート内部に多数の水平ひび割れが確認することができた。



写真9 撤去床版内部に発生している水平ひび割れ

## (2) 床板下面からの調査結果

本調査の支障となるのは、特殊樹脂が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 に示すように実施している。調査の結果、特殊樹脂を注入することが可能であり、微破壊試験法についても上面から実施する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 程度であった。



写真 10 下面からの削孔状況

## 5. まとめ

本研究は、コンクリート構造物の内部に発生した微細な水平ひび割れを調査する方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ないなどの特徴があることから、直接内部を確認することが望ましい。本報告は、新たなコンクリート内部の調査方法を提案し、その調査方法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よりも、本研究

で提案した微破壊試験方法の方が、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、効率の良い調査を実施することが可能となった。

### 2) 工業用内視鏡を用いて調査をする場合、いろいろなレンズを組み合わせることで、いろいろな視点から調査をすることが可能である、本実験では、3種類のレンズを用いて検討を行った結果、ひび割れの有無やひび割れ幅などを調査することができた。

今後、構造物ごとに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検討するとともに、非破壊試験法による面的な評価を実施していく予定である。

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



写真 11 ひび割れ幅の測定結果