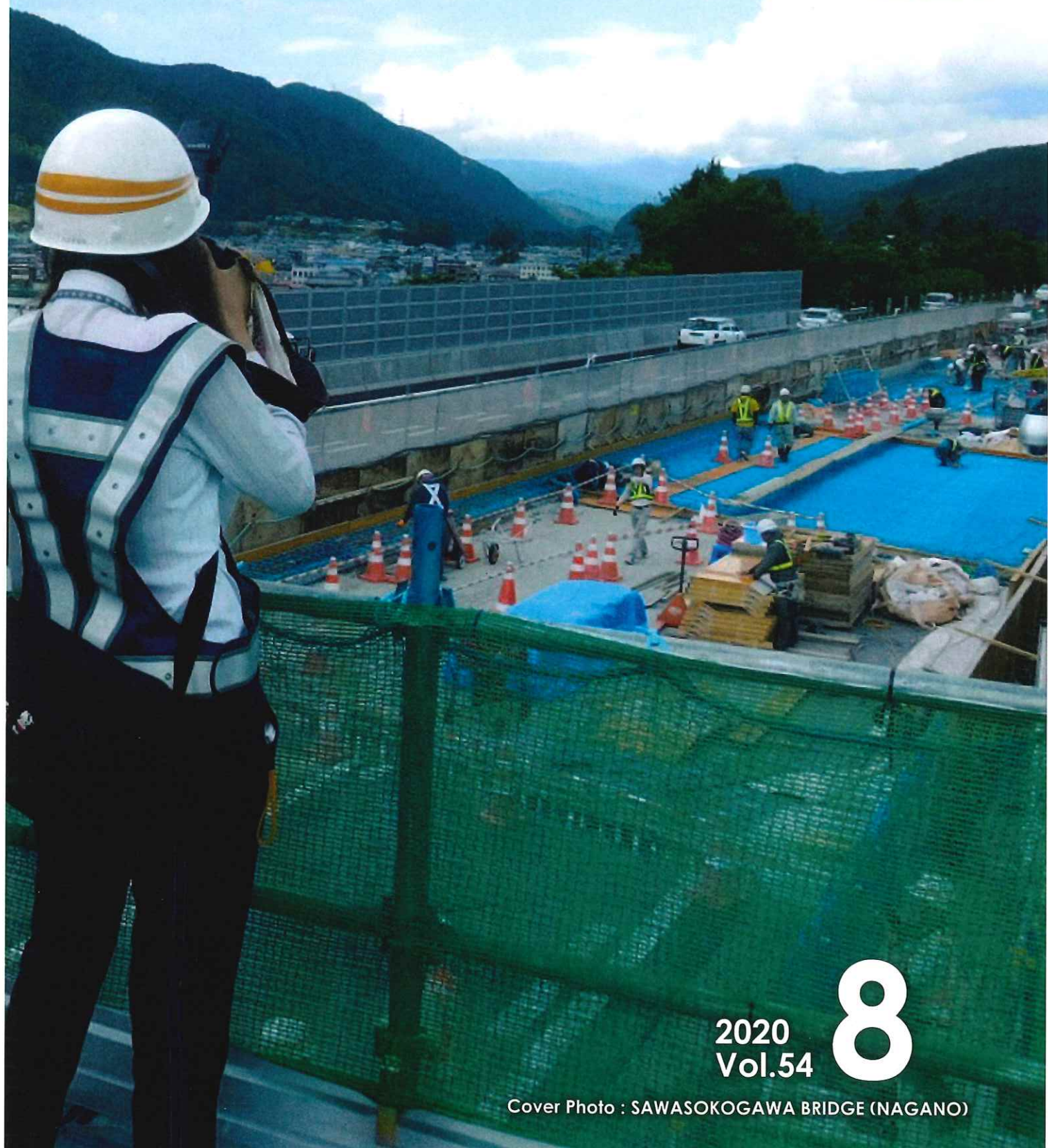


橋

Bridge and
Foundation
Engineering

梁と基礎

特集 道路橋床版の保全技術と展望



2020
Vol.54

8

Cover Photo : SAWASOKOGAWA BRIDGE (NAGANO)

コンクリート床版内部の小径微破壊検査方法 (Single-i工法)

Inside Inspection Method of Concrete Slab by Micro-destructive Test applied Small Diameter Drill and Microscope (Single-i method)

Uchida 内田 美生* Yoshio 渡邊 晋也* Watanabe 谷倉 泉* Shinya 谷倉 泉* Tanikura 泉*

はじめに

道路橋のコンクリート床版は、舗装を介して交通荷重を直接受ける部材であり、雨水や凍結防止剤の影響も受けやすく、橋梁の中でも最も過酷な環境におかれている部材といえる。コンクリート床版の損傷・劣化は、交通荷重の繰返しにより生じる疲労損傷と、舗装の損傷を伴う床版上面の損傷および鉄筋腐食などによる床版下面の劣化がある。交通荷重の繰返しによる疲労損傷では、床版内部に鉛直方向のひび割れが生じ、ここに雨水が浸入した場合には擦り磨き作用が生じ、交通荷重による疲労損傷は著しく促進されることが明らかになっている。またコンクリート床版上面には建設時の収縮ひび割れが発生していることも多く、ここから雨水が床版の上側鉄筋に到達すると、鉄筋が発錆して、かぶりコンクリートが土砂化したり、舗装のポットホールが生じることとなる。積雪寒冷地では、雨水が床版内部に浸入すると凍結融解作用が生じるとともに、凍結防止剤による塩害で鉄筋の腐食がさらに促進され、床版内部には多数の水平ひび割れが生じることとなる。

このように過酷な環境におかれている道路橋のコンクリート床版を効率的に維持管理するためには、床版内部の状況を正しく把握して適切な診断を下し、必要な範囲に、必要な対策を実施することが重要となる。各種の非破壊試験も開発されているが、最新の非破壊検査技術であっても、舗装、滞水、接着鋼板などが障害となって、コンクリート床版内部の層状ひび割れなどの変状を必要かつ十分な精度で把握することはできていない。さらに最近には特に人手不足への対応とも相まって、コンクリート床版の合理的な調査手法の開発が急がれている。

以上のような背景のもと、コンクリート床版内部の変状を微破壊検査で正確に把握できる小径微破壊検査方法「Single-i工法」を開発した。この工法は、コンクリート床版をほとんど傷めずに迅速かつ正確に内部状況を把握できる合理的な検査手法であり、コンクリート床版の健全性や補修範囲、対策工法を選定するうえで非常に有益な成果が得られる。また、Single-i工法はコンクリート床版を主な対象として開発された検査法であるが、当然のことながら、鋼橋のコンクリート床版以外の部材やコンクリート橋、ダム、擁壁等の橋梁以外の構造物へも適用することができる。本稿では、Single-i工法の概要および結果として

得られるコンクリート床版内部の状況について紹介する。

1. 検査方法

Single-i調査の具体的な手順を図-1に示す。

①調査箇所の選定

路面状況や電磁波レーダ等の事前調査結果をもとに、概略の調査箇所をあらかじめ定める。

②鉄筋探査

調査箇所において、ストラクチャースキャン等の鉄筋探査計により、上縁鉄筋位置を確認、鉄筋位置を避けて削孔

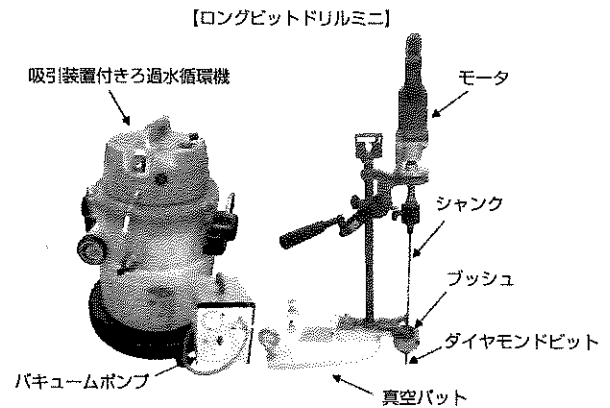


写真-1 削孔使用機材

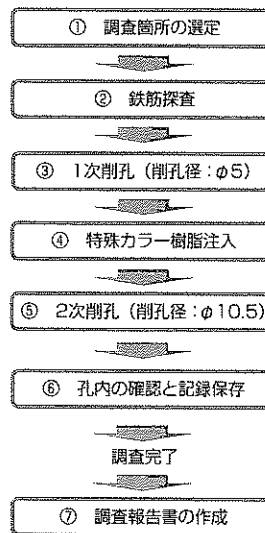


図-1 作業手順

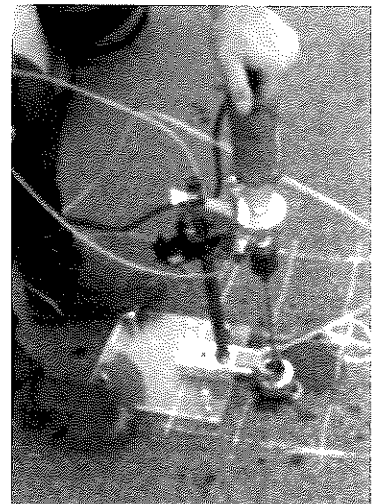


写真-2 1次削孔

* (一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 博士(工学)

キーワード: 微破壊試験, コンクリート床版, ひび割れ, 土砂化

箇所を決定する。

③1次削孔

ロングビットドリルミニおよび吸引装置付きろ過水循環器を用いて、φ5mmで1次削孔する。使用機材を写真-1に示す。1次削孔状況を写真-2に示す。

④特殊カラー樹脂注入

特殊カラー樹脂は、写真-3に示すように、A:主剤(液体)とB:硬化剤(粉体)からなる低粘性(0.1dPa・s JIS K 6901)のアクリル樹脂である。主剤に硬化剤を添加して十分(30回以上)に攪拌した後、注入器の鈍針の先端部にシリコン栓を取り付けた注射器を用いて注入する。低粘性であるため、微細なひび割れにも浸透して、その検出を容易にすることが期待できる。特殊カラー樹脂の硬化時間は10分程度である。通常、1カ所の削孔に対し、1本(20cc)の特殊カラー樹脂を用いるが、注入時の抵抗が低く、さらに注入が必要と判断された場合には2本目の樹脂を注入することが望ましい。なお孔内に滞水がある場合、カラー樹脂の注入直前に吸引もしくはエアブローによって、可能な範囲で水の影響を排除することが必要である。

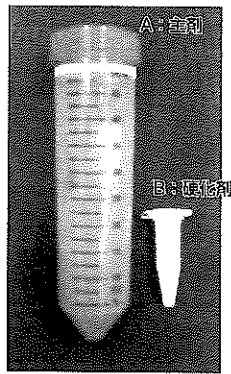


写真-3 特殊カラー樹脂



写真-4 特殊カラー樹脂の注入

⑤2次削孔

1次削孔と同様の機材を用いて、φ10.5mmで2次削孔を行う。この際、図-2に示すように、1次削孔位置と2次削孔位置を正確にそろえることにより、水平ひび割れを

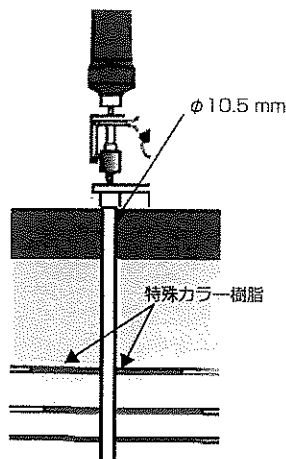


図-2 削孔位置

視認しやすくすることができる。

⑥孔内の確認と記録保存

2次削孔後、孔内を清掃してから高性能内視鏡i-SCOPE (IPLEX NX, オリンパス製) およびエンコーダを用いて、孔内を観察しつつ、直視画像、側視画像を記録する。画像収録の使用機材を写真-5に示す。写真-6,7に直視画像、側視画像の例を示す。ここで側視画像はステレオ撮影しており、ひび割れ幅を特定することができる。なお、②~⑥の作業に必要な時間はおおむね30分程度である。

⑦調査報告書の作成

調査後の内業で、孔内記録の側視画像を処理して孔内の状況を専用ソフトを用いて、ひずみ差のない柱状図を作成する。図-3に画像処理の結果得られた柱状図例を示す。

2. 調査結果

ここでは、Single-i工法により確認された床版内部の

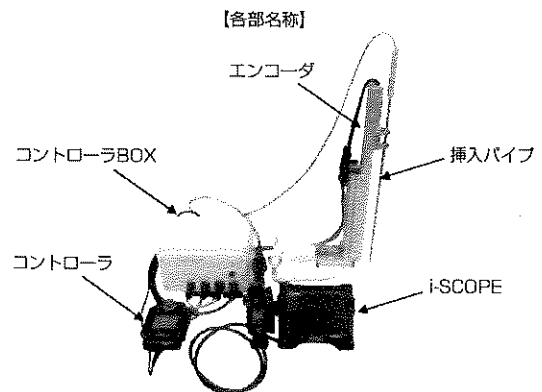


写真-5 画像収録の機材

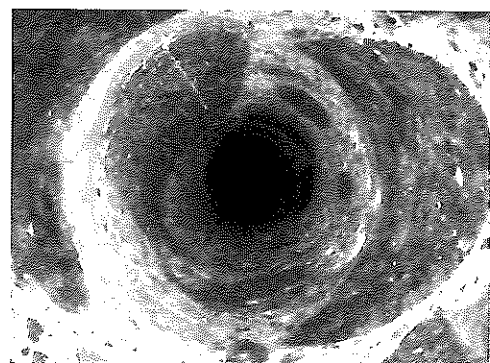


写真-6 直視画像の例

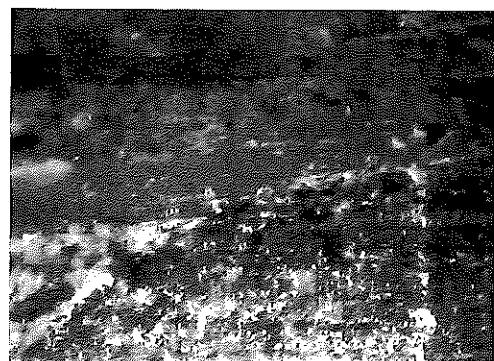


写真-7 側視画像の例

特徴的な画像を示し、Single-i工法を適用した結果得られる床版内部の情報の例を示す。なお、コンクリート床版の損傷の程度は、画像のみで判断すべきではなく、削孔時や孔内清掃時の状況、樹脂の注入量とその状況等、様々な状態を総合的に判断することが必要である。例えば、コンクリート床版内の損傷が連続していれば、特殊カラー樹脂の注入は容易かつ大量に注入可能である。逆に、樹脂の注入が困難である場合、損傷があったとしても連続はしていないものと判断すべきである。

Single-i工法により確認された床版内部の水平ひび割れの側視画像例を写真-8に示す。特殊カラー樹脂注入の効果により、ひび割れが明確にわかる。ステレオ撮影により測定されたひび割れ幅は1.16 mmである。

写真-9には幅の狭いひび割れの側視画像例を示す。写真から、ひび割れ幅が狭くなった場合でも、樹脂が注入されることにより、ひび割れを確認しやすくなっていることがわかる。

一方孔内にたまっている水の影響やひび割れが連続していない場合など、ひび割れに樹脂が注入されないことも多い。このような場合でも、写真-10に示すように、側視画像でひび割れを確認することができる。ただし、削孔時にひび割れの角欠けが生じると、ひび割れ幅を過大に評価することがあるので注意する必要がある。

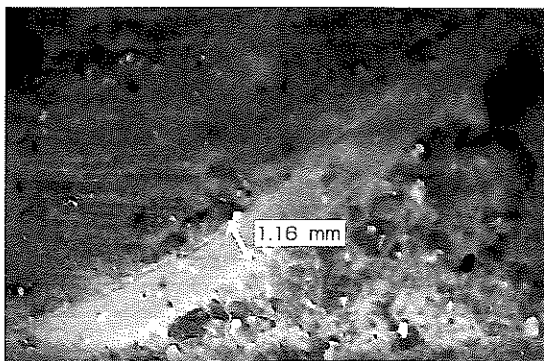


写真-8 水平ひび割れの側視画像例

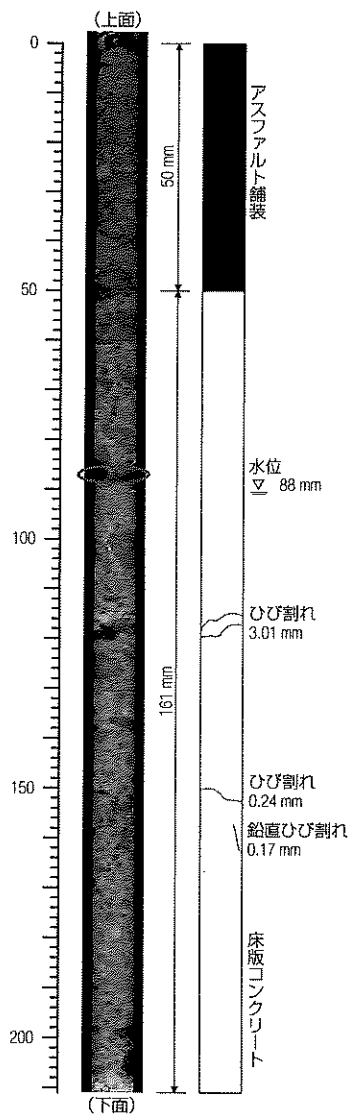


図-3 側視画像を処理して得られる柱状図の例

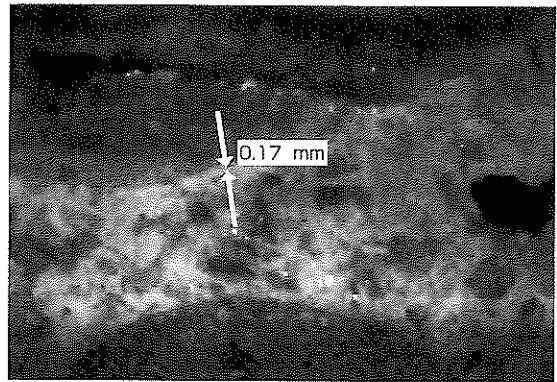


写真-9 細いひび割れの側視画像例

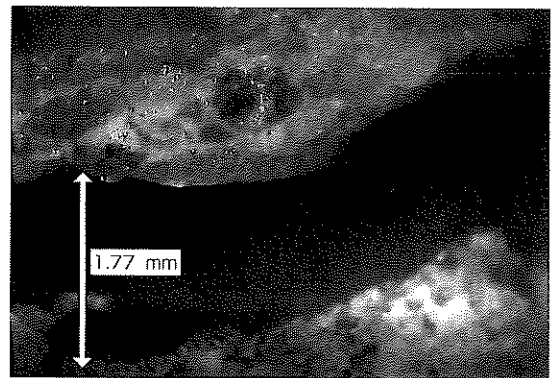


写真-10 樹脂の注入されていないひび割れの画像例

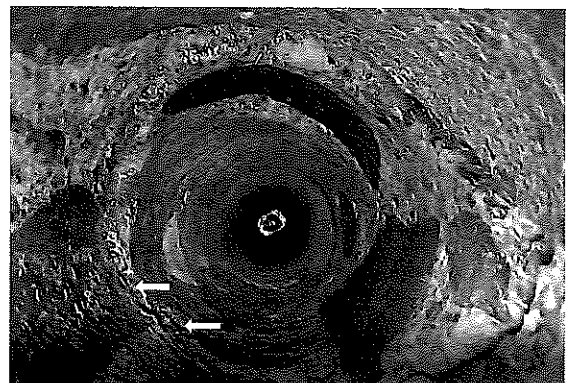


写真-11 複数のひび割れをとらえた直視画像例



写真-12 写真-11とほぼ同位置の側視画像

複数のひび割れが錯綜している箇所の直視画像例を示せば写真-11のようで、ほぼ同位置の側視画像は写真-12のようになる。写真-11から、矢印の部分に複数のひび割れが存在している状況がわかる。撮影角度の関係から写

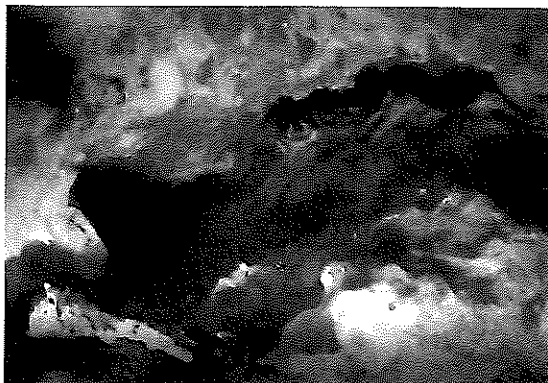


写真-13 損傷の激しい箇所の側視画像①

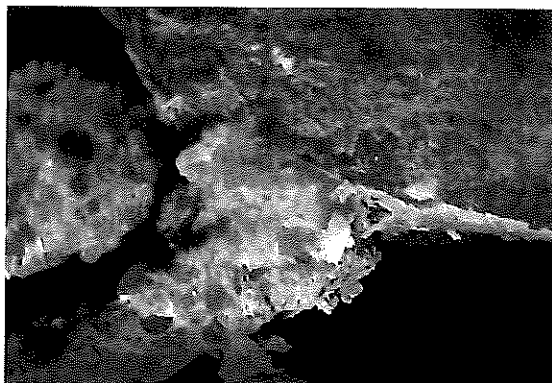


写真-14 損傷の激しい箇所の側視画像②



写真-15 損傷の激しい箇所の側視画像③

真-12に示した側視画像では複数のひび割れは確認できないが、粒状のモルタルがひび割れの中に存在している状況が確認できる。

複数のひび割れが結合し、輪荷重が直上を通過するとコンクリート床版の損傷は一気に進行する。写真-13～15は、Single-i工法により確認された損傷のうち、比較的損傷が著しい箇所の側視画像例を示したもので、粒状のモルタル片や骨材粒が確認できる。このような状態では、ひび割れというよりはむしろ空隙のような状態となっている



写真-16 損傷の連続性に関する状況写真

ことがわかる。ここで、写真-13は、水中で撮影されたもので擦り磨きに伴う土砂化が進行しているものと推察される画像である。このような箇所は土砂化しているもしくは土砂化の前段階にあると判断することができると思われる。

写真-16には、2次削孔（ $\phi 10.5$ mm）終了後、外径5 mmの金属管を挿入して、孔内部をエアブローした際の状況を示した。○の部分、地覆部および隣接する調査孔から水があふれだした範囲を示している。このことから床版内部の損傷が少なくともこの程度の範囲で連続していることが確認されたと言える。将来的には、このような現象を利用して、損傷の連続性を評価することも可能と思われる。

おわりに

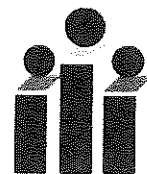
過酷な環境におかれている道路橋のコンクリート床版内部の状況を的確に把握できる小径微破壊検査法（Single-i工法）を開発した。この検査法を実施することにより、床版内部の状況、例えば、土砂化の有無や水平ひび割れの状況、滞水状況などを把握できることが確認された。同時に、検査に使用した $\phi 10.5$ mmの削孔を用いて、床版内部の損傷が連続しているか否かを判断可能なことも確認されている。Single-i工法は、すでに土木研究所、NEXCO各社、阪神高速道路等、70件を超える実績を有しているが、今後、削孔時のトルク等を測定して、床版内部のコンクリートの状態を把握する方法についても検討していく予定としている。

〔参考文献〕

- 1) 渡邊晋也, 谷倉 泉, 佐藤 智, 平田康夫: 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, 平成26年度秋季講演大会, (一社)日本非破壊検査協会 (2014)
- 2) 谷倉 泉, 渡邊晋也: 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, 建設機械施工, Vol. 67, No. 6, pp. 81~85 (2015)

Single-i (シングル アイ) 工法

NETIS:HK-150004-A

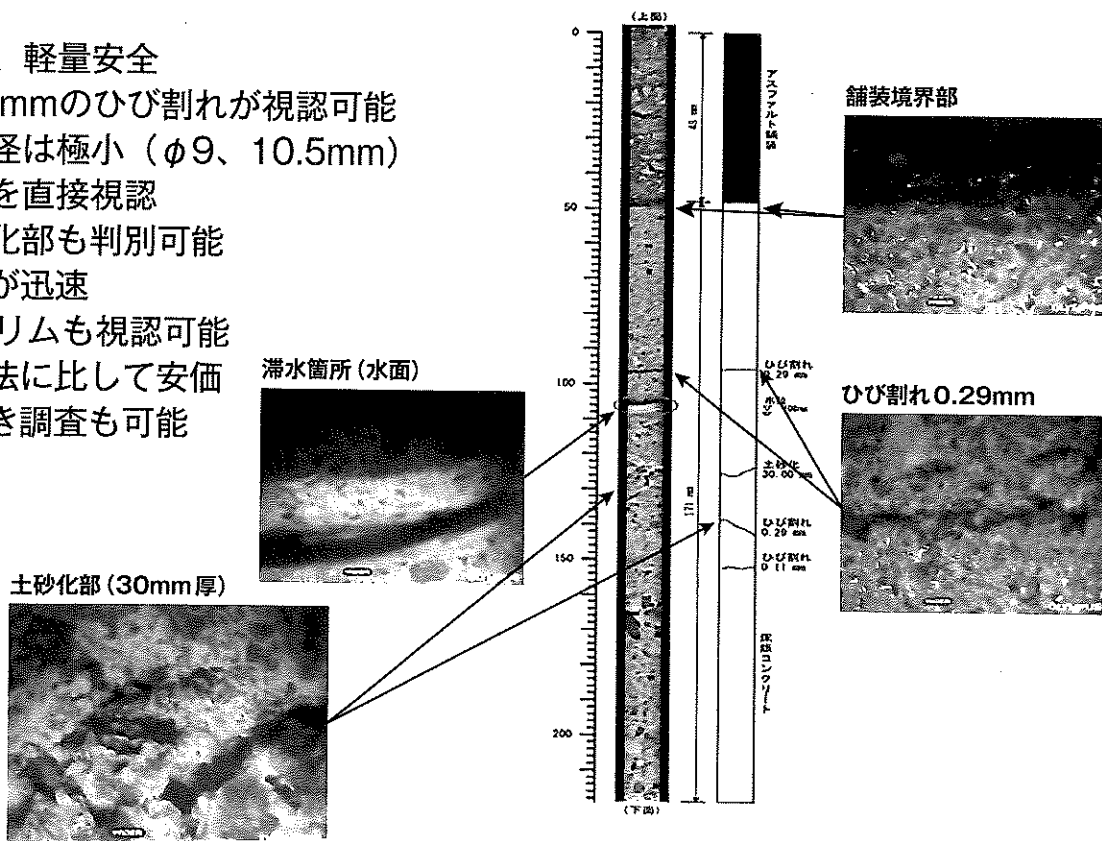


コンクリート構造物の合理的な維持管理のための微破壊検査方法

コンクリート構造物に与える損傷を最小限としつつ、ひび割れ、土砂化、ジャンカ等の内部情報を得ることが可能な微破壊調査法

●特徴

- ・ 小型、軽量安全
- ・ 0.01mmのひび割れが視認可能
- ・ 削孔径は極小 (φ9、10.5mm)
- ・ 孔壁を直接視認
- ・ 土砂化部も判別可能
- ・ 作業が迅速
- ・ ASRリムも視認可能
- ・ 従来法に比して安価
- ・ 上向き調査も可能



一般社団法人 Triple EYE (トリプル アイ) 協会

—Intelligence, Inside, Inspection & EYE—

〒103-0011 東京都中央区日本橋人形町 1-2-5

TEL/FAX: 03-6661-6444

E-mail: info@triple-eye.or.jp

URL: triple-eye.or.jp/kyoukai.html

<正会員>

- (株)アースシフト
- (株)計測リサーチコンサルタント
- (株)ケミカル工事
- (株)ティ・エス・プランニング
- (株)トクヤマエムテック
- 内外構造(株)
- ニチレキ(株)

<賛助会員>

- 日進化成(株)
- (株)ドーコン

<特別会員>

- (一社) 施工技術総合研究所

<顧問>

- 大阪大学 松井 繁之名誉教授

(五十音順)