

報告

小径削孔時の削孔速度変化を用いたコンクリート床版内部の 水平ひび割れ検知技術

菊地新平*, 渡邊晋也**, 内田美生**, 谷倉泉**

*施工技術総合研究所 (〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154)

**工博, 施工技術総合研究所 (〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154)

RC床版における維持管理は、外観目視が一般的であるが、鉄筋に沿って生じる水平ひび割れなどのコンクリート内部で進展しているような損傷は、外観の観察では確認することができない。RC床版における水平ひび割れは、RC床版剛性を低下させ、将来的に土砂化につながる可能性があると考えられる。このことから水平ひび割れはRC床版の疲労耐久性に影響を与える可能性があり、水平ひび割れを検知することは維持管理において重要な役割を担っていると考えられる。本報では、水平ひび割れを模擬した試験体を製作し、試験体に対して小径削孔を実施するとともに、削孔速度を計測した。その結果、RC床版内部の水平ひび割れなどの損傷を削孔速度により検知できる可能性を示した。

キーワード: RC床版, 微破壊調査, 水平ひび割れ

1. はじめに

道路橋鉄筋コンクリート(RC)床版の疲労損傷や塩害、凍害などの影響による劣化損傷が大きな問題となっており、高速道路会社では既設RC床版の取替え工事が実施されている。近年では、撤去時に図-1に示すようなRC床版の鉄筋に沿って水平ひび割れが生じている事例が報告されており¹⁾、水平ひび割れに関する研究がなされている^{2,3)}。水平ひび割れは、RC床版の剛性低下あるいは土砂化損傷に進展し、RC床版耐力に影響する可能性があると考えられる。このため、水平ひび割れは早期に発見して補修・補強する必要がある。したがって、水平ひび割れを検知することはRC床版の維持管理において重要であると考えられるが、RC床版内部の水平ひび割れは、外観からの調査で確認することは非常に困難であり、水平ひび割れを検知する技術が必要である。

水平ひび割れを検知する技術には、大きく分けて、電磁波レーダーなどの非破壊検査法やコンクリート部材にわずかな損傷を与える微破壊検査法の2通りがある。本報告では、小径削孔による微破壊調査に着目し、水平ひび割れを検知する手法について検討を行った。

2. 試験体概要

本報告では、RC床版の水平ひび割れを模擬した試験

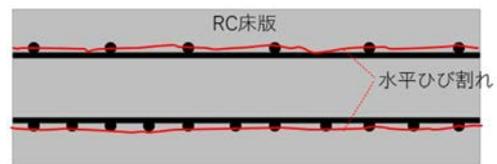
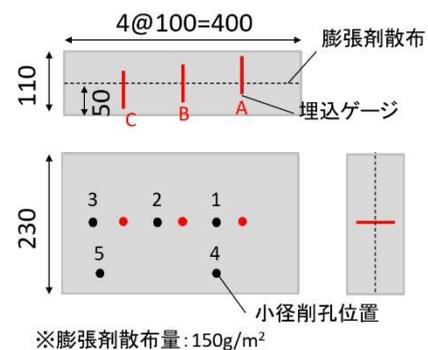


図-1 水平ひび割れ概要



a) 試験体寸法



b) 試験体 (削孔後)

図-2 試験体概要

体を製作し、小径削孔による微破壊調査を実施した。試験体概要を図-2 に示す。試験体は、幅 230mm×長さ 400mm×厚さ 110mm の無筋コンクリートであり、コンクリートを 50mm 高さまで打設し、上面に膨張剤を散布後、高さ 110mm の高さまで再度コンクリートを打設した。また、配合条件を表-1 に示す。打設完了後、あらかじめ試験体に想定される水平ひび割れに直交するように設置した埋込ゲージのひずみ量の経時変化を確認して水平ひび割れ発生状況を観察した。試験体における水平ひび割れの発生状況を図-3 に示す。水平ひび割れは、図-3a)のように試験体の4側面から確認できており、最終的には試験体の小径削孔終了後、試験体を切断して水平ひび割れが生じていることを確認した。

3. 調査概要

本調査における小径削孔は、図-4 に示すような小径削孔測定機を用いて行った。削孔は、水循環式ドリルを用いており、空気中で 4mm/s の力でコンクリートに押し当てている。ドリル径はφ8.5mm と小径であり、RC 床版において与える損傷は小さいと考えられる。削孔深さは、試験体を貫通させないように 105mm 程度とした。その後、孔内を工業用内視鏡により、エンコーダを用いて 4mm/s で孔内撮影を実施した。ここで孔内撮影はひび割れの深さ方向の位置を確認するために、一定の速度によって実施している。小径削孔による調査は、埋込ゲージによるひずみ量の経時変化が安定したことを確認してから実施した。図-5 に埋込ゲージにおけるひずみ量の経時変化を示す。

本調査方法は、削孔した孔内のみが調査範囲であり、実橋の RC 床版の損傷を評価するためには、1 点のみならず、複数点の調査を実施して調査対象の RC 床版の健全性を評価する必要があると考えられる。一方で、孔ごとに孔内撮影を実施する場合、上記のとおり削孔速度と同等の速度で孔内撮影を実施することから、孔内撮影を実施する場合、機器等の準備も含めて 2 倍以上の時間がかかる作業となってしまう。したがって、本調査では、調査の効率向上のため削孔速度を利用した調査方法についても検討した。図-4 の小径削孔測定機はロボットシリンダーを用いており、ドリルは無負荷状態であれば一定速度 (4mm/s) で進むよう設定しており、削孔速度の変化でコンクリートの損傷が判定できると考えられる。また、削孔速度のほかに削孔深さを巻き込み型変位計によって計測した。

4. 調査結果

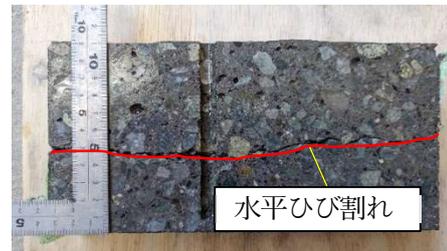
調査結果として、工業用内視鏡の撮影した代表的な損傷および欠陥の画像を図-6 に示す。図-6 からは空隙や水平ひび割れを確認することができる。また、画像計測

表-1 コンクリートの配合条件

材齢 28 日における 圧縮強度 (N/mm ²)	粗骨材寸法 (cm)	スランブ (cm)	空気量 (%)
40	25	8	4.5



a) 試験体側面のひび割れ状況



b) 試験体切断面

図-3 水平ひび割れ発生状況



図-4 小径削孔測定機

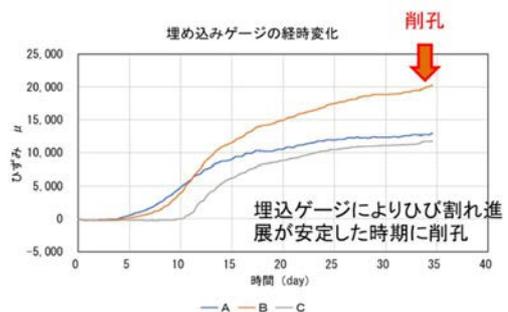


図-5 埋込ゲージにおけるひずみの経時変化

によりひび割れ幅を計測した結果を表-2 に示す. 各孔内の水平ひび割れ幅は, 0.78mm~1.88mm 程度であった. 次に削孔速度の計測結果を図-7,8 に示す. 削孔速度の結果では, 削孔速度が約 2mm/s より小さい箇所では, 粗骨材等空隙が少ない健全部であった. 一方, 削孔速度が 2mm/s 以上, 特に急激に削孔速度が上昇している箇所では, 空隙あるいはひび割れが生じていた. すべての削孔箇所1の水平ひび割れ位置で削孔速度が急上昇している箇所が確認できており, 水平ひび割れを検知することができていることがわかる. 削孔箇所 1, 2, 3 では膨張剤散布位置よりも 5mm 程度深い位置で水平ひび割れが生じている結果であったが, これは図-3b)でも確認できる通り骨材とマトリックスの界面で水平ひび割れが生じており, 膨張剤散布位置から水平ひび割れ位置が上下に変動しているためである. また, 削孔箇所 2 と削孔箇所 3 では, 水平ひび割れ幅が 0.57mm の差があるものの, 削孔速度との関係は不明瞭であった. 削孔箇所 4 については, 深さ 15mm~75mm の範囲では, 削孔速度が大きい, 空隙を多く含むコンクリートであった. 削孔箇所によらず, 水平ひび割れ箇所と空隙箇所の削孔速度には大きな差は見られず, 明確に判別することができなかった. これらの結果から, 削孔速度でコンクリートの健全部と損傷・欠陥部を判定が可能であり, RC 床版のコンクリートの劣化度を評価できる可能性が示唆された.



a) 空隙



b) 水平ひび割れ

図-6 孔内の状況

表-2 水平ひび割れ幅

削孔箇所	1	2	3	4	5
ひび割れ幅 (mm)	1.36	1.79	1.22	0.78	1.88

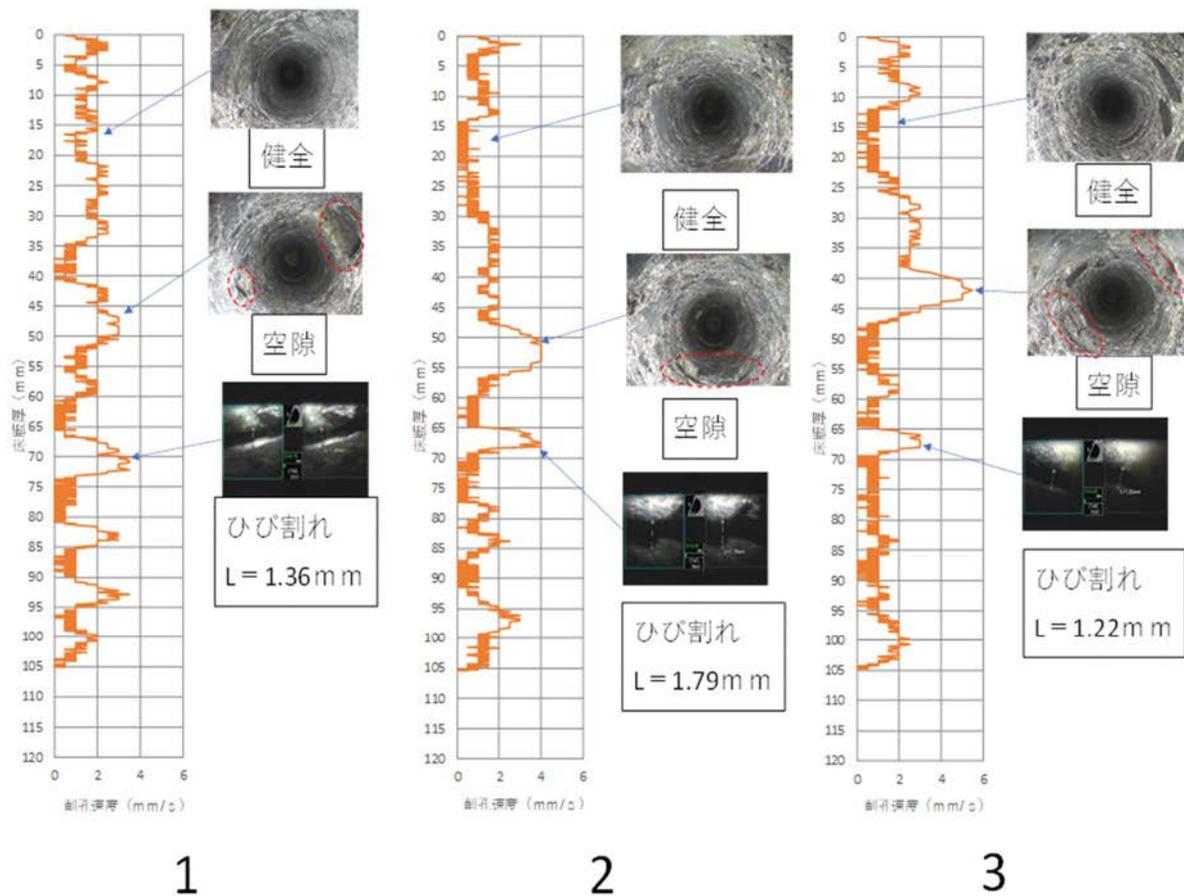


図-7 削孔速度および孔内の状況 (削孔箇所 1,2,3)

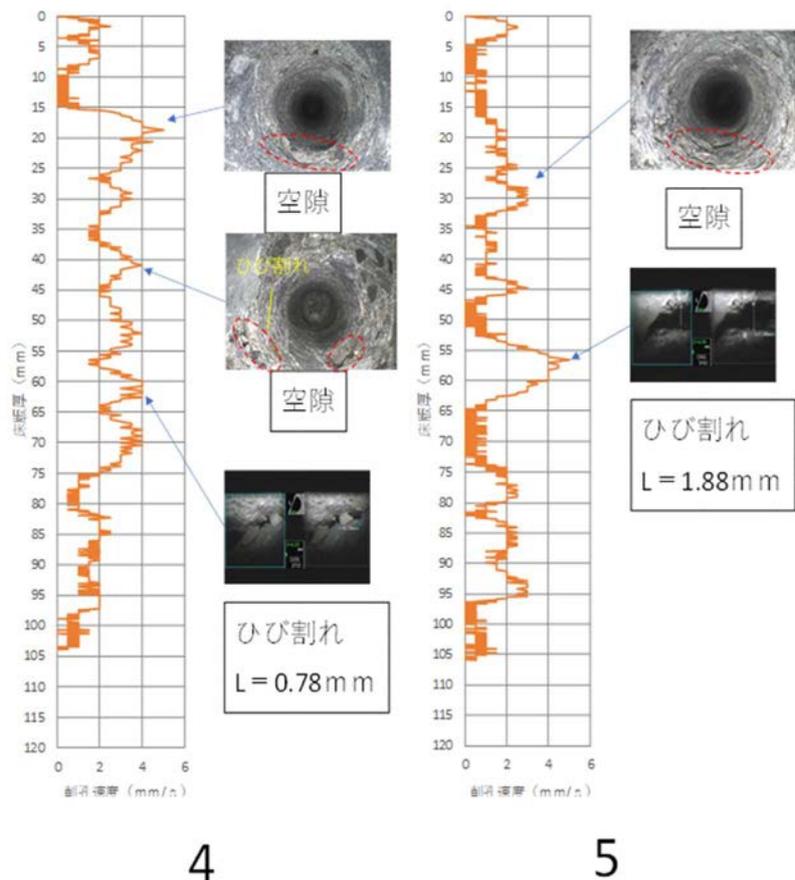


図-8 削孔速度および孔内の状況 (削孔箇所4,5)

5. まとめと今後の課題

下記に模擬試験体の小径削孔調査より得られた知見を述べる。

- ・削孔速度から水平ひび割れを検知することが可能であった。また、空隙が生じている箇所でも削孔速度が急上昇しており、空隙部も検知できることがわかった。

- ・空隙のような欠陥部と水平ひび割れのような損傷部で削孔速度に明確な差がなく、判別は難しい。しかしながら、削孔速度により、孔内の健全部と損傷・欠陥部を判別することが可能であり、RC床版のコンクリートの劣化度を評価できる可能性を示した。

今後の課題としては、水平ひび割れと空隙を切り分け別することが可能であり、RC床版のコンクリートの劣化度を評価できる可能性を示した。

今後の課題としては、水平ひび割れと空隙を切り分ける必要があることやRC床版の劣化度評価手法の確立することである。また、本調査では1試験体の5か所のデ

ータに基づく結果であり、データ量が不足している。このため、さらなるデータの蓄積およびデータ処理手法の確立が必要である。

参考文献

- 1) 三田村浩, 澤松俊寿, 岡田慎哉, 角間恒, 松井繁之: 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, 2013.
- 2) 中山和也, 鎌田敏郎, 内田慎哉, 大西弘志: 衝撃弾性法による道路橋RC床版の水平ひび割れの評価手法に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, 2009.
- 3) 小松代亮磨, 大西弘志, 岩崎正二, 出戸秀明: RC床版内部水平ひび割れの発生メカニズムに関する一考察, 道路橋床版シンポジウム論文報告集, 第八回, 9-12, 2014.

(2022年7月8日受付)

(2022年9月9日受理)