

表面振動測定機構を搭載した打撃試験装置を用いた道路橋遊間部における劣化領域評価

首都大学東京大学院 学生会員 ○志田爲御
長岡工業高等専門学校 非会員 池田富士雄

東北大学大学院 非会員 高橋知也
長岡工業高等専門学校 正会員 村上祐貴

1. はじめに

道路橋遊間部は、止水材が脱落、損傷すること等によって凍結防止剤を含む路面水が内部に流れ込み、鉄筋腐食やそれに伴うかぶりコンクリートの浮き、剥離（以下、欠陥）などの劣化が生じる場合がある。しかしながら遊間部は幅が 20～100mm 程度と非常に狭小であるため、点検者が立ち入って目視点検や打音点検を行うことは困難である。このような背景のもと、著者らは、点検者が立ち入ることのできない道路橋遊間部において打撃試験を行う打撃試験装置を提案した¹⁾。この打撃試験装置はマイクロフォンで取得した打撃音を欠陥領域評価の指標としていたが、遊間部における音の反響や車両走行音などがノイズとして測定データに加わることから十分な精度で評価を行うことができなかった。そこで本研究では、打撃による表面振動を測定する探触子を搭載した打撃試験装置を開発し、人工欠陥を埋設した試験体で模擬した遊間部に対して打撃試験を行い、欠陥領域検知精度について検討した。

2. 打撃試験装置の概要

図-1 に打撃試験装置の概要を示す。打撃試験装置は、先端にローラーを有するアームを外枠フレームに取り付けた移動・突っ張り機構、およびソレノイドとハンマー部から成る打撃機構ユニットの 2 つで構成されている。また、打撃による表面振動の測定機構として、図-2 に示す探触子を図-1 に示す位置に取り付けた。探触子は、図-2(a)に示すように、ベアリング、加速度センサーおよび取付用部品で構成されている。探触子の内輪部は 2 本のピンで打撃試験装置の外枠フレームと一体化し、打撃試験装置の移動時に外輪部のみが回転する。これにより加速度センサーが打撃面と一定の距離を保ちながら移動し、測定を行うことが可能となる。

3. 実験方法

3.1 試験体概要

打撃試験装置の欠陥領域検知精度を評価するため、図-3 に示す試験体を作製した。試験体内部には、コンクリ

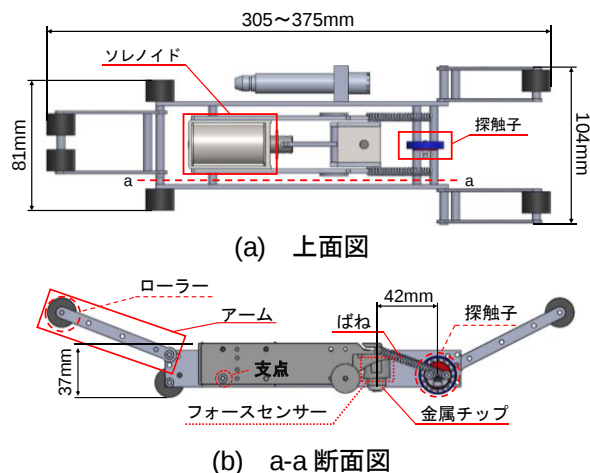


図-1 打撃試験装置の構成

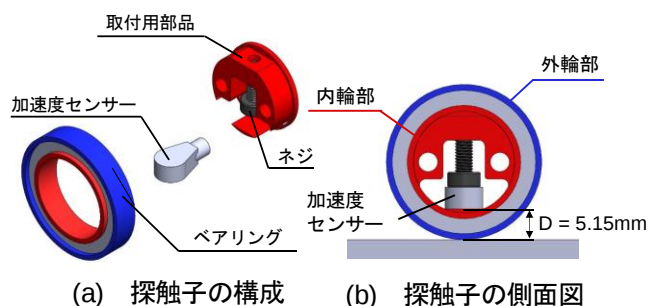


図-2 探触子の概要

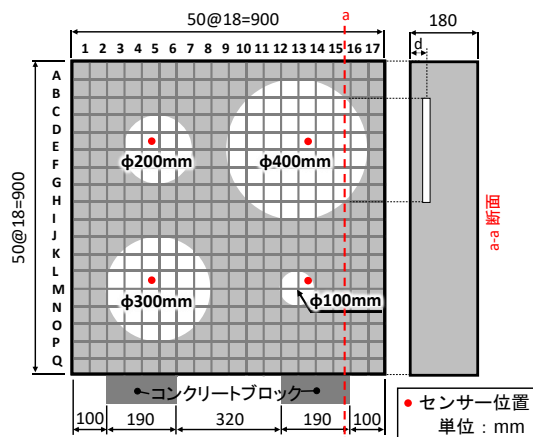


図-3 試験体寸法および欠陥配置

ート内部の水平剥離を模した厚さ 5mm のスチレンボード製人工欠陥を、深さや直径を変えて埋設した（以下、欠陥試験体）。欠陥配置は図-3 に示す通りであり、直径 100mm～400mm の人工欠陥を埋設した。人工欠陥の埋設深さは 20mm, 30mm, 40mm および 50mm とした。また

キーワード 遊間部, 打撃試験装置, 自己組織化マップ, 弾性波, 打音点検

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9276

比較のため人工欠陥を有しない健全試験体を作製した。

3.2 打撃試験方法

2つの試験体をコンクリートブロックで支持して遊間部を模擬した。遊間幅は50mmおよび70mmとし、上下および奥行き方向に50mm間隔で打撃試験を行った。なお、最外縁の打撃点は打撃試験装置の構造上打撃できないため打撃試験の対象から除外した。

模擬遊間部における打撃試験装置の移動には可動式ワイヤーを用いた。遊間部の両端外側に支柱を立て、そこにワイヤーを設置する。ワイヤー設置部を回転駆動させることで縦断方向の移動が、上下移動させることで上下方向の移動が可能となる¹⁾。

測定した時刻歴波形は高速フーリエ変換し、打撃特性と打撃応答特性のフーリエスペクトルより周波数応答関数(伝達関数)を算出した。サンプリング周波数は25.6kHz、測定範囲は0~10kHz、サンプリング数は2048とし、3回の打撃の平均値を測定値とした。

4. 自己組織化マップ(SOM)を用いた欠陥領域評価

4.1 入力データ

本研究ではSOMを用いて欠陥領域評価を行う。SOMに適用する入力データには、周波数応答関数を任意の周波数範囲において所定の間隔で積分した値を用い、積分間隔は100Hz、積分範囲は0~8kHzとした。入力データとした試験体は、欠陥埋設深さ20~50mmの欠陥試験体および健全試験体である。また、各打撃点が健全であるか欠陥であるかの判定は、健全試験体と同じクラスタにある打撃点を健全と判定し、それ以外のクラスタにある打撃点を欠陥と判定した。

4.2 グレーディングマップ

図-4に前述のSOMによる解析で欠陥と判定された打撃点を色付けして示したマップ(以下、欠陥領域評価マップ)の一例を示す。本検討においてはSOMによる解析を2段階で行っており、どの段階で欠陥と判定されたかを3色に分けて示している。図中の破線の円は欠陥領域、赤字は欠陥検知率を示し、図のキャプションは“幅”が遊間幅、“深”が欠陥埋設深さを示す。なお、直径100mmの人工欠陥については、検討対象とする周波数帯に特徴的な周波数ピークが現れないため図中には示していない。また、表-1に全パラメータの欠陥検知率を示す。

まず、全体的な傾向として、埋設深さ40mmの試験体を除くすべての欠陥試験体において、対象とする全ての欠陥領域をおよそ6割以上検知できており、先行研究¹⁾

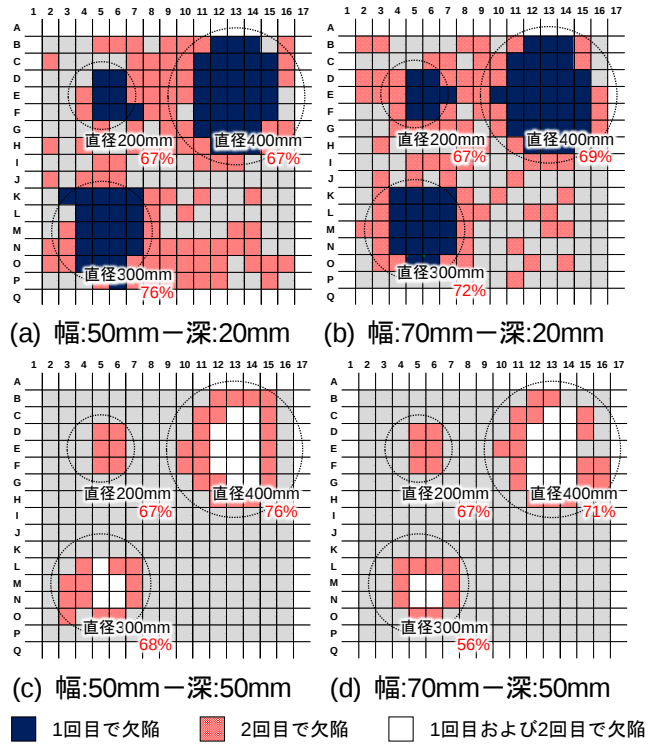


図-4 欠陥領域評価マップ

表-1 欠陥検知率

欠陥埋設深さ [mm]	遊間幅 [mm]	欠陥検知率 [%]		
		φ 200mm欠陥	φ 300mm欠陥	φ 400mm欠陥
20	50	67	76	67
	70	67	72	69
30	50	100	60	67
	70	78	60	62
40	50	44	64	60
	70	33	16	67
50	50	67	68	76
	70	67	56	71

の課題であった遊間幅によって欠陥領域検知精度が大きく異なることは確認されなかった。なお、埋設深さ40mmの試験体の結果については施工不良の観点等から検討中である。

次に、埋設深さ20mmの試験体は、健全体であるにもかかわらず欠陥に分類されている打撃点が多く確認される。これは、同試験体のみ打撃面が打ち込み面であることが原因として考えられ、表面性状の異なる健全試験体の入力データを増やすことで解消できると考えられる。

まとめ

本研究で提案する探触子を搭載した打撃試験装置を用いた欠陥領域評価では、先行研究の課題であった幅によって欠陥領域検知精度が大きく異なることはなく、直径200mm、深さ50mmの欠陥領域まで検知が可能であった。

参考文献

1) 志田爲御ら：打音点検装置を用いた道路橋遊間部の打音点検法，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，pp.1891-1896，2018.7