

アスファルト舗装面からの探傷による RC 床版内の水平ひび割れ検出

平尾 賢生¹・鈴木 啓悟²・木村 定雄³・北 隆之介⁴・森山 守⁵

¹学生会員 福井大学 工学部建築建設工学科 (〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1)
E-mail:hirao.k.ab@m.titech.ac.jp

²正会員 福井大学講師 学術研究院建築建設工学講座 (〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1)
E-mail:suzuki-k@u-fukui.ac.jp

³正会員 金沢工業大学教授 環境・建築学部 (〒924-0838 石川県白山市八東穂 3-1)
E-mail:s.kimura@neptune.kanazawa-it.ac.jp

⁴非会員 福井大学 工学部建築建設工学科 (〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1)
E-mail:tabasuko0906dog@gmail.com

⁵正会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社
(〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 1-8-11)
E-mail:m.moriyama.a@c-nexco-hen.jp

近年、道路橋の RC 床版の劣化が問題となっている。そこで、本研究では RC 床版内の水平ひび割れに焦点を当て、道路橋における RC 床版を模擬した試験体を対象に超音波探傷を行い、水平ひび割れ位置の検出手法を提案した。本手法はアスファルト表面から低周波の超音波を入射して計測した波形の内、水平ひび割れおよびそれに形状を準ずる面状境界から得る反射波形データに基づき、複素型実信号マザーウェーブレット(CRMW)を作成する。作成した CRMW を用いて連続ウェーブレット変換処理(CWT)を行うことで反射波を信号処理し、水平ひび割れ位置情報を分析する。本手法を適用した結果、波形の極大値は水平ひび割れの位置と一致しており、良好な検出性能を有することが明らかとなった。

キーワード: 鉄筋コンクリート床版, 非破壊検査, 超音波探傷試験,
複素型実信号マザーウェーブレット, 連続ウェーブレット変換

1. はじめに

道路橋の鉄筋コンクリート床版(以下、RC床版)の劣化は、自動車の繰り返し荷重による疲労損傷の他、凍結防止剤の使用を原因とする塩害劣化も報告されており、鉄筋の位置における水平方向のひび割れなどが確認されている¹⁾。疲労、塩害、アルカリ骨材反応等を原因として、ひび割れが発生するとコンクリート内の鉄筋に腐食が生じやすくなる。鉄筋の腐食に伴い、腐食膨張圧によりコンクリートのき裂が発生し、それが進展することで上側鉄筋に沿って図-1のような水平ひび割れが発生する^{2,3)}。

RC床版の劣化は表層にアスファルトコンクリート(以下、アスファルト舗装)が存在するため、目視で確認することが困難であり、損傷が発生してもその発見が難しい。そこで、劣化が進行する前に早期発見が可能な点検手法が求められている。また、道路供用の管理上、アスファルト舗装を剥がさず、アスファルト舗装面上から探傷をすること、さらにコンクリートに内在する欠陥を精

度よく検知すること、の両条件を克服する非破壊検査手法が求められる。北川ら³⁾は打音法を用いてアスファルト舗装面上から RC 床版内の劣化損傷検知を可能にする手法について検討した。この手法では、振幅値比を用いることで劣化損傷の有無およびその範囲を判別できる可能性を確認した。また、周波数特性の違いによって、健全、アスファルト舗装のはく離、水平ひび割れおよびコンクリートの脆弱化を判別できる可能性を確認した。しかし、劣化損傷の深さ位置の推定精度に関しては、さらなる向上の余地がある。



図-1 RC床版内に生じた水平ひび割れ

本研究では RC 床版内の水平ひび割れの把握と位置同定を目的とした超音波探傷技術を検討する。アスファルト舗装を透過し、RC 床版内に有効に到達できる超音波を選定したうえで、コンクリート内を伝搬する際に生じるノイズの影響を緩和し、対象となる欠陥からのエコーを有効に抽出するためのフィルタリングの構築が必要である。

アスファルトやコンクリートは粗骨材や材料内の空隙による散乱減衰が大きい材料であり、波動の床版下面までの到達を達成するためには波長の長い kHz オーダーの低周波超音波を適用することが必要である。そこで、本研究は kHz オーダーの低周波超音波によるアスファルト舗装とコンクリート床版内への波動伝搬と複素型実信号マザーウェーブレット(以下、CRMW)に基づくフィルタリングに着目した。

検討する手法は道路橋の RC 床版内に存在する水平ひび割れをアスファルト舗装面上から検出するものとし、アスファルト舗装が 1 層の道路橋 RC 床版を対象とする。

2. 超音波探傷試験

(1) 使用機器と試験体概要

超音波探触子は中心周波数 200kHz の広帯域垂直探触子を用い、パルサーレーバで超音波の入出力をコント

ロールした。広帯域型を採用した理由は多様な周波数領域でのフィルタリング処理を考慮したためである。図-2 に研究で使用した探触子の周波数特性を示す。

使用した試験体を図-3 及び図-4 に示す。各試験体の垂直方向断面図を図-5 に示す。試験体の寸法は、幅 900mm、奥行き 900mm、アスファルト厚 75mm 及びコンクリート厚 200mm である。Type1 と Type2 はコンクリート内の水平ひび割れをモデル化したものであり、かぶり厚の違いを考慮した 2 種類とした。水平ひび割れ面の面積は、400mm×400mm とし、図-6 のように、ビニールで覆われたろ紙(厚さ 1.0mm)を埋設することで水平ひび割れを模擬しており、水平ひび割れの位置は鉄筋の位置を表している。Type1 のひび割れはアスファルト舗装表面から

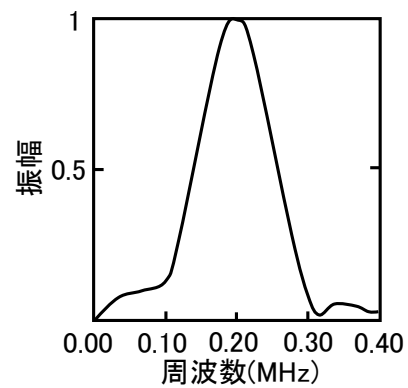


図-2 周波数領域特性



図-3 試験体の写真

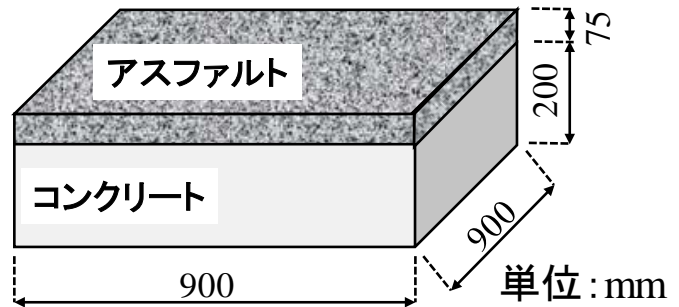


図-4 試験体の概要

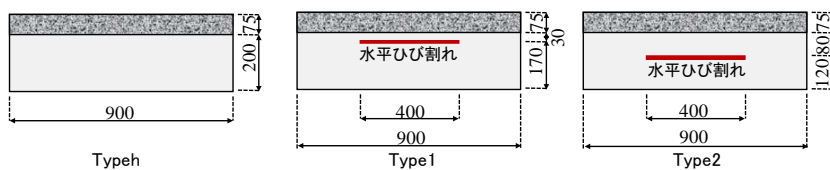


図-5 垂直方向の断面図

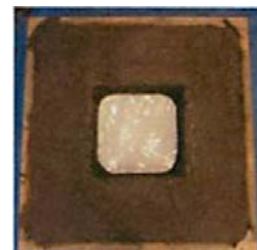


図-6 ろ紙設置状況

105mm の位置とし、Type2 のひび割れはアスファルト舗装表面から 155mm の位置とした。また、Typeh はアスファルトとコンクリートが一体化した健全な状態をモデル化したケースである。試験体に用いたコンクリート及びアスファルトの仕様は表-1 及び表-2 に示すとおりである。

(2) アスファルト混合物の特徴

本研究が対象とするアスファルトは「密粒度アスファルト混合物」と呼ばれるもので、主に橋梁の舗装として使用されるアスファルト混合物の 1 種である。アスファルト混合物とは、粗骨材、細骨材、フィラー及びアスファルトを所定の割合で混合した材料である。

本研究で用いる密粒度アスファルト混合物の特徴は、最大の骨材の粒径から一番小さい粒径までが、一様であり、表面が緻密に仕上がっていることである。加熱アスファルト混合物のうち、合成粒度で 2.36mm、ふるい通過重量百分率は 35～50% である。そのため、アスファルト内部において若干の空隙が内在しており、超音波探傷の際、アスファルト部に散乱波が生じると考えられる。密粒度アスファルト混合物は表層用加熱アスファルト混合物として、一般的に用いられている。

(3) 探傷方法

本研究では図-7 に示すように健全体とそれ以外の試験体共に試験体の中心を計測した。計測方法は、一探触子法(パルスエコー法)では、不感帯が生じてしまい、浅い位置の探傷が困難であるため、2 つの探触子を用いて片方の探触子から発信した超音波をもう片方の探触子で受信する二探触子法を行った⁹⁾(図-8)。探触子の中心間隔を 100mm とし、探触子とアスファルト舗装面との間に超音波用探触媒質であるソニーコート[®]を十分に塗り、探触子に 1.0kg の錘を載せ 1 分間放置した後に探傷を行った。

(4) 超音波の波速

欠陥の位置情報の同定に必要な波速を把握するため、アスファルト舗装とコンクリートそれぞれの伝搬時間をもとに波速の計測を行った。以下に本研究で行った超音波波速の計測方法と計測結果を記す。

コンクリート内波速に関しては、Typeh と Type1 の試験体を用いて、二探反射法を試験体中心で図-9 のように行うことで検出した。単純に超音波が対象物に入射してから反射エコーが返ってくるまでの波動伝搬時間と、超音波の通った波動伝搬距離の関係から超音波波速を求め

表-1 コンクリートの仕様

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
		単位水量 W	単位セメント量 C	単位細骨材量 S	単位粗骨材量 G	単位混和剤量 Ad
54.5	43.9	157	288	239	1032	2.88

Ad : AE 減水剤

表-2 アスファルトの仕様

6号 碎石 (%)	7号 碎石 (%)	荒砂 (%)	細砂 (%)	中目砂 (%)	石粉 (%)
36	22	16	11	9	6

最適アスファルト量 : 5.8%

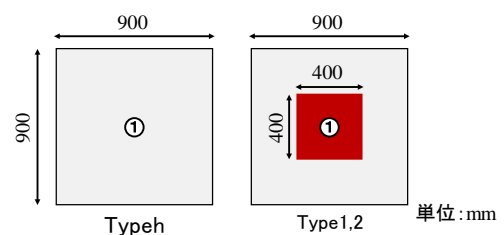


図-7 水平方向の断面図と各試験体の計測点

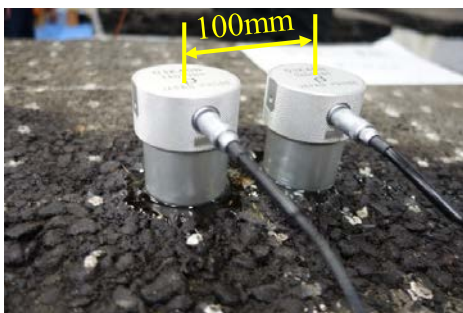


図-8 二探触子法

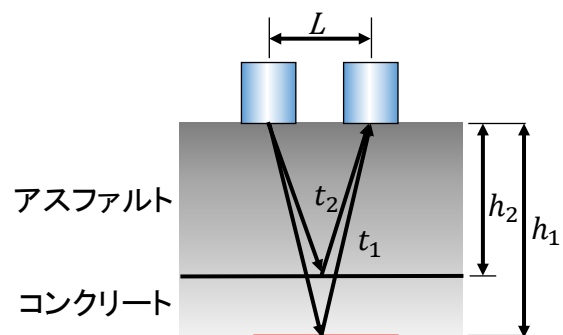


図-9 二探反射法

た。探触子間隔 L 、波動伝搬時間 $t_{1,2}$ 、水平ひび割れ深さ $h_{1,2}$ から、アスファルト内部とコンクリート内部の超音波波速 c を求めた。アスファルト内波速はアスファルト舗装・コンクリート床版境界面までの波動伝搬距離と時間を用いて求めることができる。コンクリート内波速はひび割れまでの波動伝搬距離からアスファルト舗装内部での波動伝搬距離を除き、コンクリート内部での波動伝搬時間で割ることで求めることができる。

これらの計測結果から得られたアスファルト舗装内部とコンクリート内部での超音波波速を表-3に示す。

(5) 探傷波形

本研究において、計測された生波形データを図-10に示す。これらの波形を見ると、健全体である Typeh では、アスファルト舗装・コンクリート床版境界面と底面からの反射エコーがそれぞれ 100μ 秒、 193μ 秒付近に確認できる。これら時刻は、材料中の波速を考慮するとアスファルト舗装・コンクリート床版境界面及び床版底面の位置に相当する。床版の底面が確認できることから、低周波の超音波はアスファルト舗装を通過し、コンクリート床版の底面まで伝搬しているとみられる。水平ひび割れが内在する Type1 と Type2 の試験体から得られた波形データからは、底面エコーは不明瞭であり、波が水平ひび割れより深い位置へは伝搬していないことが推測される。ただし、水平ひび割れからのエコーもまた不明瞭であり、水平ひび割れからの波形抽出には、これに特化したフィルタリングを検討する必要がある。

3. ウェーブレット変換

(1) ウェーブレット変換(WT)

WT は時刻歴情報を失わずに超音波波形を解析できる⁹⁾。マザーウェーブレット(以下、MW)とは、WT のすべてを特徴づける重要な関数で、局在を表す式(1)

$$C_\psi = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\hat{\psi}(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty \quad (1)$$

のアドミッシブル条件を満たす。ここで、 $\hat{\psi}(\omega)$ は

$MW\psi(t)$ のフーリエ変換であり、 ω は角周波数 $\omega = 2\pi f$ である。 $MW\psi(t)$ が遠方で充分速く零になる関数と考えると式(2)

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (2)$$

のように簡略化できる。MWは抽出したい信号を正確に抽出する重要な波形である。WT は、対象とする信号の中から、用いる MW の波形と同様な特徴を持った信号を抽出することができる。このことから、抽出したい信号によく似た MW を用いることで、本研究における水平ひび割れ信号を取り出すことができると考えられる。

有限なエネルギーを持つ時系列信号 $f(t)$ の WT は

$$w(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \bar{\psi}_{a,b}(t) dt \quad (3)$$

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (4)$$

と式(3)で定義され、スケール a 、トランスレーション b の MW は式(4)のように正規化する⁷⁾。ここで、 $\bar{\psi}$ は ψ の複素共役である。また、 $1/\sqrt{a}$ は異なるスケール間のエネルギーを正規化するために付与される係数である。式(4)より MW の形状、位置は変数 a 、 b によって決まることが分かる。スケール a ($a > 0$) は MW の幅を決め、トランスレーション b は MW の信号上の位置を決める。スケール a の値が小さいほどより高周波領域を照査し、値が大きいほど低周波領域を照査することになる。

(2) 既存の MW の適用

後述するオリジナルフィルタとの結果を比較するため、既存の MW を適用した WT を行った。図-10に示した生波形データの水平ひび割れとされる波形によく似た既存

表-3 超音波波速

アスファルト内波速	2,435[m/s]
コンクリート内波速	3,495[m/s]

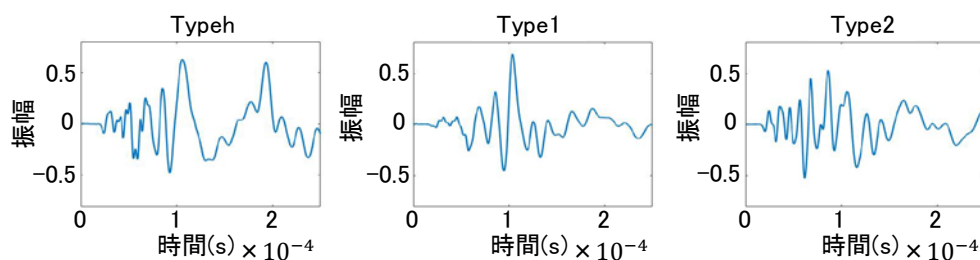


図-10 生波形データ

の MW である Daubechies5, biorthogonal4.4, symlet6(図-11) を用いて検討し, 水平ひび割れ検出能の精度を確認した. Type2 の試験体から得られた生波形データ(図-10 参照)に既存の MW を適用させ, 得られた波形データを図-12 に示す. スケールは, 後の CRMW 適用時と比較するため, CRMW 適用時と同値である 300 に設定した. これらから分かるように, アスファルト舗装・コンクリート床版境界面, 水平ひび割れ, 底面いずれも確認することが困難であった. 従って, 水平ひび割れ検出能の高精度化には, 実信号の水平ひび割れ波形から独自の MW を作成し, 適用させることが必要であると考えられる. 第 4 章に独自の MW 作成プロセスとその適用結果を記す.

4. 欠陥抽出用オリジナルフィルタの設計

(1) 水平ひび割れ位置情報の分析手法

WT による波形抽出に際し, MW の設定が重要になる. そこで, 本研究は目的とする抽出したい波形の特徴を含

有する MW を独自に設定する. MW は実型と複素型の 2 種類に大別される. 実型は時間・周波数の平面上において, 角周波数の値が振動するのに対し, 複素型は角周波数の値が滑らかに変化する. 従って, 後者は波形分解時の信号処理に起因する振動成分の影響が小さいとされるので, 本研究では実部と虚部から成る複素型連続ウェーブレット変換用マザーウェーブレット(CRMW)を設計し, 目的とする反射波の抽出を試みた.

(2) 独自 MW の設計

MW の設計は, 実計測によって得られたコンクリート内を伝搬してひび割れや底面から戻ってきた反射波を基にする. Type1 で得られたデータ(図-10 参照)を基に MW を設計する. 本研究において設計した CRMW の手順を図-13 に図示し, それを基に設計手順の詳細を以下に記す.

最初に, CRMW の実部である実型 MW $\psi_r(t)$ を作成する. 表-3 の超音波波速と超音波伝搬距離の関係から, 図-14 の左に示す Type1 の水平ひび割れ位置とされる範囲

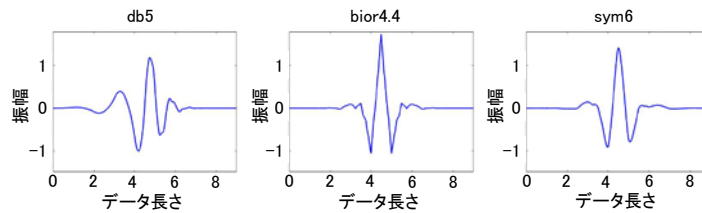


図-11 既存のマザーウェーブレット

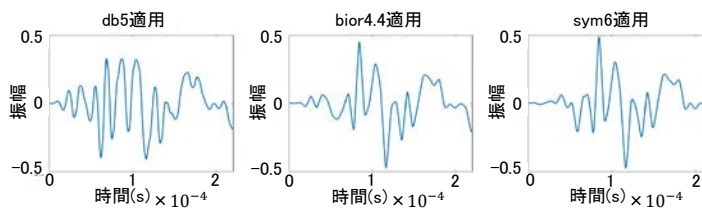


図-12 既存の MW 適用結果

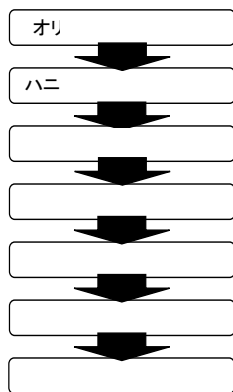


図-13 CRMW の設計手順

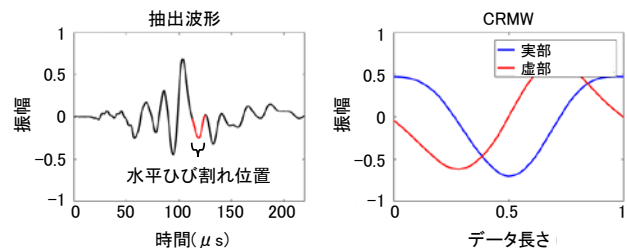


図-14 Type1 水平ひび割れエコーからの CRMW の作成

を赤色の波形で示し、その時間帯の波形を抽出する。計測した超音波波速から水平ひび割れの位置に対応する時間帯の波を抽出した。次に窓関数を掛ける。ここで、窓関数の選択が重要となる。窓関数の例を図-15に示す。窓幅が広いほど時間分解能が低く、周波数分解能が高くなる。逆に、窓幅が狭いほど時間分解能が高く、周波数分解能が低くなる。本研究では、両能力とも良好なハニング窓関数を掛けることにした。次にそこから平均値を取り除き、図-16に示す実型MW $\psi_r(t)$ を構成した。

次に、その実型MW $\psi_r(t)$ について、式(5)

$$\|\psi_r\| = \left[\int_{-\infty}^{\infty} \psi_r(t)^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} = 1 \quad (5)$$

のようにノルムが1となるように正規化する。正規化した実型MW $\psi_r(t)$ をフーリエ変換し、周波数スペクトル $\hat{\psi}_r(f)$ を得る。その周波数スペクトル $\hat{\psi}_r(f)$ を式(6)

$$Z(f) = \begin{cases} \sqrt{2}\hat{\psi}_r(f) & f > 0 \\ \hat{\psi}_r(f) & f = 0 \\ 0 & f < 0 \end{cases} \quad (6)$$

のように負の周波数領域において、 $\hat{\psi}_r(f)$ を0にし、正の周波数領域において、 $\hat{\psi}_r(f)$ を $\sqrt{2}\hat{\psi}_r(f)$ にするヒルベルト変換をする。その際、通常実型MW $\psi_r(t)$ のヒルベルト変換を求めるには、正の周波数領域において $\hat{\psi}_r(f)$ に2を掛ける⁸⁾が、複素型MWと実型MWが同様なパワースペクトル($\|\psi\|=1$)を持つために、 $\hat{\psi}_r(f)$ に $\sqrt{2}$ を掛けた。最後に、逆フーリエ変換することで、図-14の右に示す目的のCRMWを得た。

本来、現場で計測する際は水平ひび割れの位置が未知であるため、底面やアスファルト舗装・コンクリート床版境界面からの反射波から設計したCRMWでも水平ひび割れ位置を検出できるか検討する。そこで、上記と同様の設計手順に従い、健全体であるTypehの底面から抽出した波形について設計したCRMWを図-17、健全体であるTypehのアスファルト舗装・コンクリート床版境界面から抽出した波形について設計したCRMWを図-18に示す。

5. ノイズ除去と欠陥信号の検出

上記で設計したCRMWを用いたCWTを各試験体から得られた計測波形に適用させることで、ノイズ除去を行い、水平ひび割れの抽出を図る。本研究で用いたスケールに関しては、一番有効な結果を得られ、また過去の信号抽出処理⁹⁾においても適用されているスケール値である300に設定した。以下にスケール300におけるCWT処理の結果を示す。

図-19は、Type1の水平ひび割れから抽出した波形を基に設計したCRMWを各試験体の探傷波形に適用した結

果である。縦軸は最大値を1に正規化した振幅を示し、横軸は得られた時間領域のデータを超音波波速との関係によって、アスファルト舗装面上からの深さ距離に変換した結果を示している。どのタイプからもアスファルト舗装・コンクリート床版境界面位置からの強い信号を得ることが出来ている。また、Type1とType2については、それぞれ水平ひび割れ位置で極大値となる信号を得られ

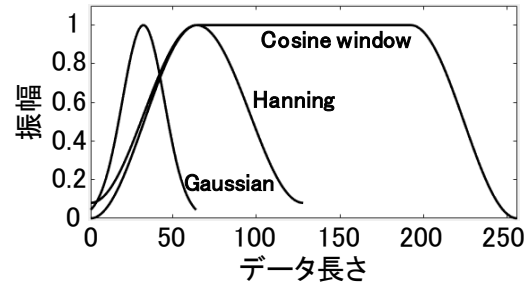


図-15 窓関数

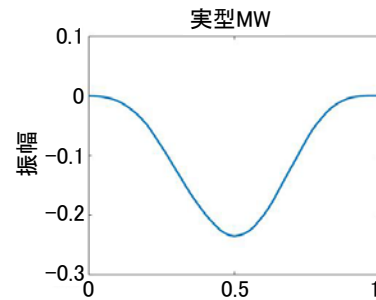


図-16 水平ひび割れから設計した実型MW

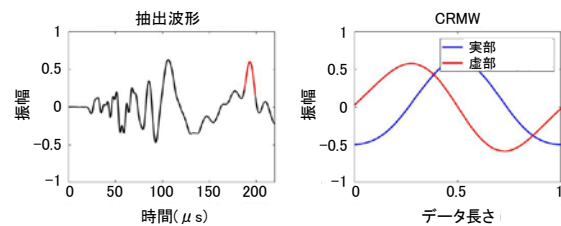


図-17 Typeh底面エコーからのCRMWの作成

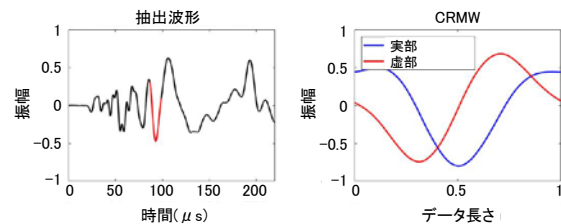


図-18 Typehアスファルト舗装・コンクリート床版境界面エコーからのCRMWの作成

ていることが見てとれる。さらに、健全体である Typeh の試験体からは底面位置を確認することができ、超音波が底面まで届いていることが分かる。アスファルト舗装・コンクリート床版境界面位置の判定基準は、解析後の波形の最大値を 1 に正規化した時の振幅が最大値 1 となる点とする。また、水平ひび割れと底面の位置の判定基準は、正規化した波形において、振幅が 0.6 以上になる極大値の深さ位置を把握することで水平ひび割れ位置を適切に検出可能である。なお、アスファルト内の領域においても反応が生じており、特に Type2 ではそのレベルが比較的大きい。水平方向の面状の空隙がアスファルト内に存在している可能性が考えられる。

図-20 は、健全体である Typeh の底面から抽出した波形を基に設計した CRMW を各試験体の探傷波形に適用した結果である。また、図-21 は、健全体である Typeh のアスファルト舗装・コンクリート床版境界面から抽出した波形を基に設計した CRMW を各試験体の探傷波形

に適用した結果である。底面とアスファルト舗装・コンクリート床版境界面から設計した CRMW を適用させた結果は、図-19 の結果と同様の傾向を得られている。水平ひび割れ、底面、アスファルト舗装・コンクリート床版境界面は境界方向が同様であり、比較的近い境界条件であると想定されることから、どの CRMW を用いても同様の波形検出性能を有しており、水平ひび割れ、底面、アスファルト舗装・コンクリート床版境界面の検出が可能であったと考えられる。従って、水平ひび割れ、底面、アスファルト舗装・コンクリート床版境界面は同様の面状境界とすることができる。図-21 の Type1 については、水平ひび割れ位置の判断が困難である。これは、CRMW がアスファルト舗装・コンクリート床版境界面から設計したものであり、アスファルト舗装・コンクリート床版境界面の信号がより強調された形で抽出されたため、Type1 の境界面近傍の水平ひび割れ波形は境界面の信号波形に埋もれてしまったと考えられる。

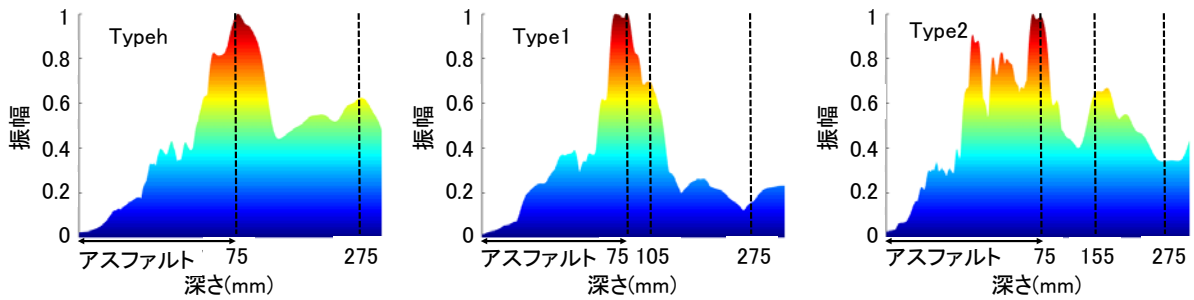


図-19 水平ひび割れ部 CRMW 適用結果

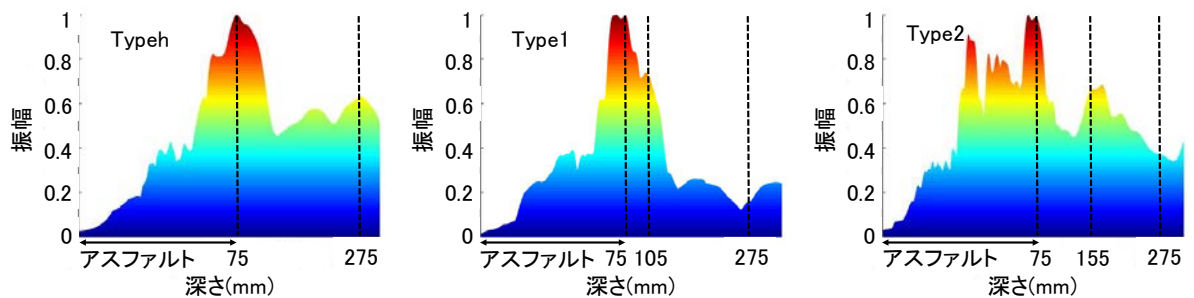


図-20 底面部 CRMW 適用結果

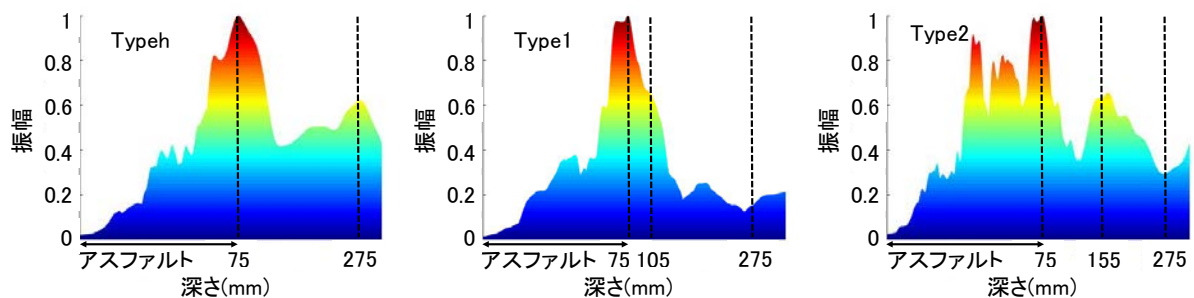


図-21 アスファルト舗装・コンクリート床版境界面部 CRMW 適用結果

6. 結論

本研究では、道路橋における RC 床版内の水平ひび割れの検出を目的とした超音波探傷を行った。低周波広帯域探触子を用いて計測した波形の内、水平ひび割れおよびそれに形状を準ずる面状境界から得る反射波形データに基づき、CRMW を設計した。さらにそれを用いた CWT を行うことで反射波を信号処理し、水平ひび割れ位置情報を分析する手法を提案した。本研究の結論を以下に記す。

- a) 水平ひび割れの反射波形から CRMW を作成し、CWT を施すことで水平ひび割れ波形の抽出・検出に特化した WT を行うことができる。ただし、使用するスケールは適切に設定する必要がある、本研究ではスケールを 300 程度とした。
- b) 水平ひび割れに形状を準ずる面状境界から作成する CRMW に基づく波形分析手法で RC 床版内の水平ひび割れを検出できる可能性がある。ただし、水平ひび割れそのものから作成した CRMW と比較して検出能は下がる可能性がある。

本研究の結果は、アスファルト舗装面からの探傷により、水平ひび割れ位置を検出できる可能性を示すことができた。例えば、打音検査の結果を受けて床版ひび割れが疑われる場合等において、本手法を詳細点検などへ適用することが期待できる。探傷ケースを増やし、面状ひび割れの判断基準をさらに検討していくことは今後の課題である。また、防水層やプライマー層を含む道路橋に対しても検討し、水平ひび割れだけでなく、道路橋におけるアスファルト舗装の剥離や床版コンクリートの脆弱

化(土砂化)など、その他の欠陥に対しても適用を検討していく。

参考文献

- 1) 倉橋正, 北川真也, 森山守, 木村定雄: 打音法を用いた橋梁鉄筋コンクリート床版の欠陥検知に関する検討, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, V-014, pp.409-410, 2012.
- 2) 森川雅行, 関博, 奥村隆: 鉄筋の腐食膨張によるひびわれの発生機構に関する基礎的研究, 土木学会論文集, 第 378 号, V-6, pp.97-105, 1987.2.
- 3) 北川真也, 木村定雄, 歌川紀之, 森山守: 内部損傷を有するコンクリート床版の打音特性に関する基礎実験, 土木学会論文集 E1(舗装工学), Vol.72, No.1, pp.1-11, 2016.
- 4) Leon Cohen (吉川昭, 佐藤俊輔訳): 時間-周波数解析, 朝倉書店, 1998.
- 5) 角田貴也, 鈴木啓悟: 鋼コンクリート界面の剥離部分可視化の試み, 構造工学論文集, Vol.63A, pp.581-587, 2017.
- 6) 戸田浩, 章忠, 川畑洋昭: 最新ウェーブレット実践講座(入門と応用)信号処理の基礎から最新理論まで, ソフトバンククリエイティブ, 2005.
- 7) 章忠, 戸田浩, 川畑洋昭: 実信号マザーウェーブレットおよびその異常信号抽出への応用, 日本機械学会論文集(C 編), Vol.70, No.696, pp.180-187, 2004.8.
- 8) 関岡清次: 実験・研究のためのプログラミング技法計測・制御から解析・グラフィックスまで, 理工学社, p.205, 1996.
- 9) 坂柳皓文, 佐々木栄一, チャンペン・ティーラボン, 鈴木啓悟, 石川裕治, 山田均, 勝地弘: 影響線長の長いひびきみ波形からの車軸位置情報の抽出と応用, 構造工学論文集, Vol.54A, pp.582-589, 2008.3.

(2017.6.23 受付)

DETECTION OF HORIZONTAL CRACK IN RC DECK BY ULTRASONIC TESTING FROM THE SURFACE OF ASPHALT PAVEMENT

Kensho HIRAO, Keigo SUZUKI, Sadao KIMURA,
Ryunosuke KITA and Mamoru MORIYAMA

This study evaluates internally present flaws in RC deck using Ultrasonic Testing. The ultrasonic waves are input from the surface of the asphalt pavement. Wavelet analysis with original mother wavelets CRMW successfully emphasizes the location of the horizontal cracks in the RC deck.

The original wavelets are developed by the reflected waves from the horizontal crack or interfaces that have similar face of the horizontal crack. The wavelet is specialized to detect and extract the horizontal crack. The results show the good agreement with the real location of the horizontal crack.