

鋼床版 U リブ内への樹脂モルタル充填度に関する非破壊検査法

ものつくり大学

学生会員 ○渡邊健也

ものつくり大学 正会員 大垣賀津雄, PHAM NGOC VINH

東日本高速道路

正会員 紫桃 孝一郎

太平洋マテリアル

正会員 石田 学, 赤江 信哉

アミック

正会員 高鍋 雅則

1. はじめに

近年, 都市内高速道路の鋼床版橋梁において, U リブ溶接部から疲労き裂が多数発生している¹⁾。そこで疲労き裂補強対策として, 軽量樹脂モルタル充填による鋼床版下面からの補強工法を検討している²⁾。

しかし, 軽量樹脂モルタル充填による補強工法は, デッキ下面に空隙ができてしまうと補強効果が著しく低下してしまう。従って本研究では, 補強後の充填度確認方法を検討するため, 軽量樹脂モルタルを充填したこれらの供試体に非破壊検査を実施し, 充填度合いの非破壊検査方法の確立を図った。

2. 実験概要

図-1 に実験供試体を示す。本実験の供試体は, U リブ長さ 800mm×3 本, 1000mm×2 体, 7000mm の 3 種類の供試体で実験を行う。計測位置はそれぞれの供試体において橋軸方向 100mm ピッチで U リブ下面に計測点を設定して非破壊検査を行った。計測は超音波探傷試験と電磁パルス法を実施し, 軽量樹脂モルタルの充填が不十分な 1 次充填後, および十分に充填されている 2 次注入後に行っている。また充填状況の判定は静的載荷実験のひずみから判断している。

3. 評価原理と計測評価方法

(1) 超音波探傷試験

図-2 に評価原理を示す。計測は超音波探傷試験の一探触子反射法を用いて U リブ下面から鉛直上方に探査を行った。U リブ内部に空隙なく樹脂モルタルが充填されていると, U リブ下面より伝搬した超音波は樹脂モルタルとデッキ下面の境界を透過し大部分がデッキ上面で反射する。このため, 同図の健全部に示すような単純な反射エコー画像が得られる。一方, 樹脂モルタル充填時の空隙がデッキプレート下面に存在する場合, デッキ下面に存在する薄い空気層の影響により, 同図の欠陥部に示すように画像内に多重反射エコーが現れ, 健全なケースで見られるような反射エコーが明確でなくなる。

超音波探傷試験によるエコーを図-3a),b)に示す。最大のエコーが, デッキ上面の境界からの反射波と推定され, 同図 b)のその他のエコーが多重反射によるものと推定される。

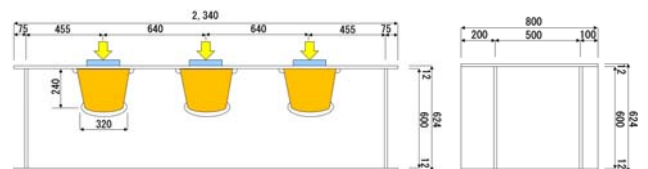
評価は, JISZ3060: 6dB ドロップ法を参考として, 最大エコーの 1/2 の高さに評価ラインを設け, 評価ラインより高いエコーの個数から多重反射の傾向を判断する。また評価範囲は 200mm~400mm としている。

(2) 電磁パルス法

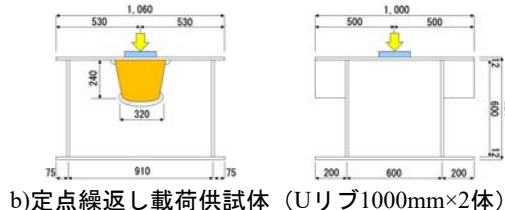
本試験では, U リブ下面にリングコイルを設置し, U リブ本体より弾性波を発生させ, その近傍に配置した AE センサにより弾性波の波形データを取得する。リングコイルと AE センサ間の距離は 100mm とする。

図-4 に電磁パルス法で採取した波形の一例を示す。同図上部の波形は装置内部の電流波形変化 (=コイルに印加しているパルス電流波形) であり, その周波数はおおよそ 10kHz である。

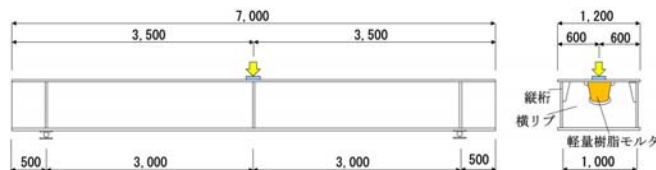
また, 物体が振動する際, 単一周波数の振動をするの



a) 補強性能確認3本Uリブ供試体 (Uリブ800mm×3本)



b) 定点繰返し載荷供試体 (Uリブ1000mm×2体)



c) 実寸大樹脂モルタル充填施工供試体 (Uリブ7000mm)

図-1 実験供試体

キーワード 鋼床版, U リブ, 軽量樹脂モルタル, 非破壊検査, 超音波探傷試験, 電磁パルス法
連絡先 〒361-0038 埼玉県行田市前谷 333 番地 ものつくり大学 建設学科 TEL048-564-3907

ではなく、複数の周波数が混ざり合って形成されており、電磁パルス法では空隙の有無に対する周波数成分で評価している。具体的には、図-4 で得られた電磁パルス法取得波形をFFT解析処理することで図-5 に示すような周波数スペクトルが得られる。このスペクトルピーク数を算出して、測定点毎に整理した。ピーク数は 0~50kHz における最大振幅の 10% 以上のものをカウントすることとした。

4. 結果と考察

(1) 超音波探傷試験

図-6 に超音波探傷試験における 3 種類の供試体合計 94 測点の結果をまとめて示す。同図より空隙ありと考えられる、1 次充填後で 2 次充填前における評価ラインより高いエコーの数は 3 個以上であり、多重反射の傾向を示している。一方で、2 次注入以降は十分に充填されているため、エコーの数も 1 もしくは 2 個であり、多重反射の影響は見られない。したがって、評価ライン以上のエコーが 2 個以下の場合は 2 次注入後のケースであり、静的載荷実験の結果から空隙なく充填され、十分に補強効果があることが確認されており、軽量樹脂モルタルの充填度評価の精度が高いと考えられる。

(2) 電磁パルス法

図-7 に 3 種類の供試体の電磁パルス法結果をまとめたスペクトルのピーク数における結果の分布を示す。同図より、一次充填後では 136~175 に分布していたスペクトルのピーク数が、2 次注入後以降は 91~125 に分布していることがわかる。また同図より、電磁パルス法の評価指標であるスペクトルのピーク数は供試体の形状にかかわらず 2 次注入後にピーク数が減少しており、U リブ長さの異なる鋼床版においても空隙の有無を確認することができると考えられる。

5. まとめ

本研究の成果は以下の通りである

- (1) 超音波探傷試験による画像評価方法により、U リブへの樹脂モルタル充填に関して、施工時や点検時ににおいて空隙の有無を評価できることがわかった。
- (2) 電磁パルス法による検出波形をFFT処理し、周波数スペクトルの 0~50kHz におけるピーク数で評価を行えば、樹脂モルタル充填に関して同様に空隙の有無を評価できることがわかった。

参考文献

- 1) 土木学会：鋼床版の疲労〔2010 年改訂版〕，鋼構造シリーズ 19
- 2) 渡邊健也，大垣賀津雄，Pham Ngoc Vinh，秀熊佑哉，石田学，紫桃孝一郎：鋼床版橋下面からの CFRP 成形材および軽量樹脂モルタルによる補強効果に関する研究，道路橋床版シンポジウム，第 12 回，2022.10

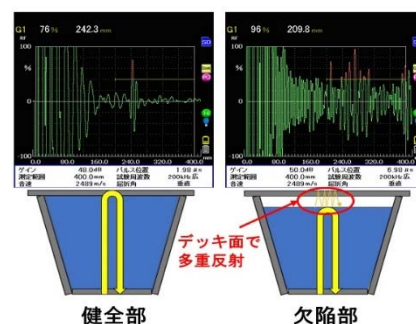


図-2 超音波探傷試験評価原理

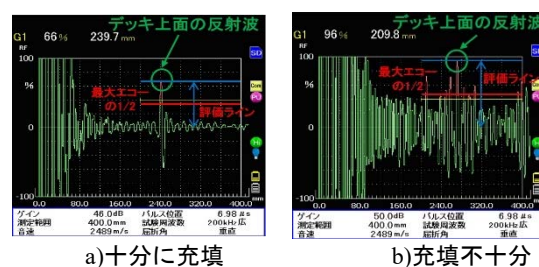


図-3 超音波探傷試験の評価方法

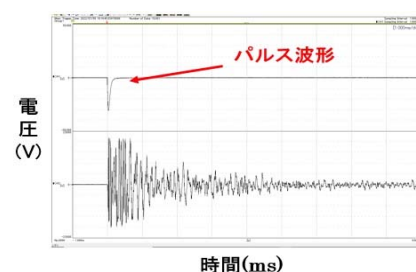


図-4 電磁パルス法取得波形

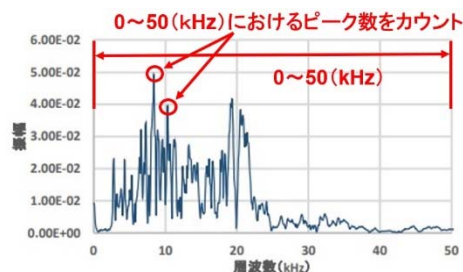


図-5 電磁パルス法の評価方法

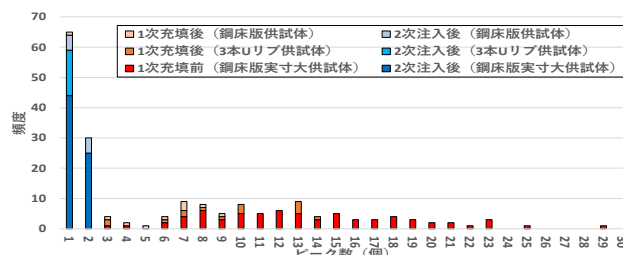


図-6 3種類の供試体の結果分布（超音波探傷試験）

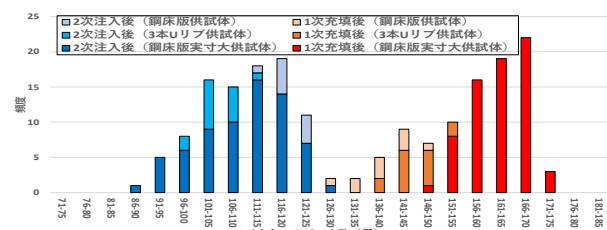


図-7 3種類の供試体の結果分布（電磁パルス法）