

## 橋梁に添架する補修用 FRP 管の共振に対する検討

NTT アクセスサービスシステム研究所 正会員 ○小林 大樹<sup>1</sup>, 正会員 田中 宏司  
 NTT アクセスサービスシステム研究所 瀬田 亮, 榊 克実  
 山梨大学 フェロー 杉山 俊幸

### 1. はじめに

NTT の橋梁添架管路の設備量は概ね 4 万箇所になる。NTT では腐食劣化した管路は既設の金属管よりも耐候性の高い FRP 素材の半割り補修管に取り換えることで、膨大な設備に対して恒久的な補修を実施している。しかし、現行の FRP 補修管はたわみ強度不足から支持間隔 2.5m を超える補修区間には適用できなかった。そこで今回、NTT は標準設計指針にて規定されている最大支持間隔 5.5m までの補修を可能にする新しい FRP 半割り補修管（以下、補修管）を開発した(図 1)。

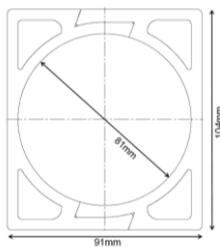


図 1. 補修管の断面図

補修管は矩形化による断面係数向上と FRP の材料強度の向上により曲げ剛性を向上させた。補修管は今まで取替え補修ができなかった橋梁添架管路への適用が期待されている。しかし、現場導入に際して補修管に残された課題のひとつに橋梁上部工との共振に対する安全性の検討があった。そこで、本研究では振動試験とその結果による動解析によって、補修管の交通由来の振動に対する安全性を検討した。

既往の橋梁上部構造の振動特性の研究成果から添架管路が設置されている支間長(10~100m 程度)の橋梁上部工の固有振動数は 0.1~20Hz 程度になり、その中でも 0.5~5Hz が多数である (橋梁振動研究会, 1993)。さらに、自動車走行時における道路橋の桁振動についての調査(土木研究所, 1987, 1988)によると

鋼製桁に発生する最大加速度は 50gal 程度、PC 桁は 16gal 程度である。

### 2. 方法

補修管の支持間隔は最大で 5.5m であるが、現場での支持間隔は様々であり、より短いケースも想定される。そこで、補修管の支持間隔として 2.5m、4.0m、5.5m の 3 パターンを設定した。また、補修管の収容物として無、光ケーブル (0.77kg/m)、メタルケーブル(8.10kg/m)の 3 パターンを想定し、合計で 9 つの添架ケースを想定して検討をした。

#### 2.1. 振動試験

初めに打撃による自由振動測定により添架ケースごとのおおよその共振振動数を求めた。本試験では両端を固定した補修管の中央に加速度計を設置し、中央に鉛直下向きに打撃を与えて加振し、その振動をデータロガーにして収録した。そして、得られた波形をフーリエ変換し、共振曲線を作成した。

次に図 2 に示す振動台を用いたステップ加振による振動試験により開発 FRP 管のスペクトル応答倍率と減衰比を求めた。ステップ加振の振動数間隔と加振力は前述の自由振動測定にて取得した共振振動数と共振曲線に基づいて設定した。

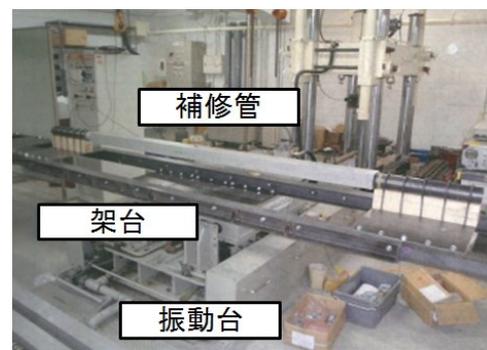


図 2. 振動台を用いた振動試験の様子

#### 2.2. 解析

振動試験の結果を基にして再現モデルを作成し、

キーワード: 通信用管路, 橋梁添架, FRP 補修管, 振動試験, 動的解析

<sup>1</sup> 連絡先 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTT アクセスサービスシステム研究所 TEL 029-868-6235

それに対して動的解析を実施し、発生応力度を求めて安全性を検討することを目的とした。再現モデルとして2次元線形骨組みモデルを用い、節点にFRP管およびケーブルの重量を載荷し、節点を結ぶ梁にFRP管の剛性を設定した。また、両端に支持点を設け、鉛直方向は剛ばね(固定)、回転方向は線形回転ばねを設置した(図3)。

回転ばね値はこれをパラメータとして固有値解析を実施して、振動試験に整合する値を算出することで求め、再現モデルを作成した。そして、この再現モデルに対して最大加速度50galの正弦波を入力し、周波数応答解析を実施した。また、減衰定数は振動試験で算出されたものを用いた。なお、補修管の許容応力度は常時振動に対して安全率4を考慮して26.7(N/mm<sup>2</sup>)となっている。

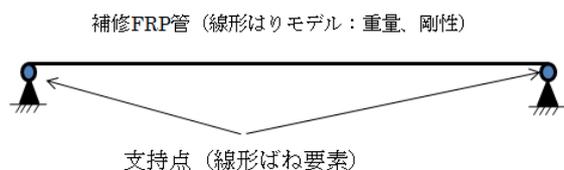


図3. 動的解析の再現モデル

### 3. 結果と考察

#### 3.1 振動試験

表1に共振試験の結果一覧を示す。2.5mの補修管はばらつきが大きい共共振振動数が概ね20Hzを超えているので、前述の通り補修管が設置される支間長の橋梁上部工の固有振動数帯とずれている。一方で4.0mと5.5mの補修管は共振振動数が20Hz以下となり応答倍率も2.5m管に比べて大きいため、安全性の照査が必要であることがわかった。

表1. 振動試験の結果一覧

ケース	共振振動数 (Hz)	応答倍率	減衰定数
無 2.5m	29	7.1	0.070
光ケーブル 2.5m	28.8	4.9	0.103
メタルケーブル 2.5m	15.9	5.1	0.098
無 4.0m	17.2	25.6	0.020
光ケーブル 4.0m	16.9	13.4	0.037
メタルケーブル 4.0m	11	14.1	0.035
無 5.5m	10.1	50.7	0.010
光ケーブル 5.5m	10.6	10.6	0.047
メタルケーブル 5.5m	6.6	17.8	0.028

#### 3.2 解析

交通振動で安全性の照査が必要な4.0mと5.5mの

補修管の動的解析結果一覧を表2に示す。発生応力度は最大でも無5.5mの添架ケースの10.4(N/mm<sup>2</sup>)となり、許容応力度の26.7(N/mm<sup>2</sup>)を超えていなかった。また、固有値解析によって求めた回転ばね値は添架ケースごとにばらつきがあった。

発生応力度が最大となった添架ケースである無5.5mの周波数と加速度応答倍率のグラフを図4に示す。実験値よりも解析値の方が加速度応答倍率は大きくなった。

### 4. おわりに

本研究によって補修管は交通振動による橋梁上部工との共振に対して安全であることがわかった。しかし、解析結果の回転ばねと応答倍率のばらつきがあるため、モデルの再現性には問題があることがわかった。騒音対策等、補修管の共振に対する問題は残されているため、今後もさらなる検討を重ねてモデルの再現性を高めたい。

表2. 動的解析の結果一覧

ケース	回転ばね (kN・m/rad)	1次モードの振動数(Hz)	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
無 4.0m	5.40	17.202	2.7
光ケーブル 4.0m	16.10	16.901	1.5
メタルケーブル 4.0m	9.70	11.009	4.5
無 5.5m	24.40	10.103	10.4
光ケーブル 5.5m	55.50	10.604	2.1
メタルケーブル 5.5m	34.00	6.601	8.9

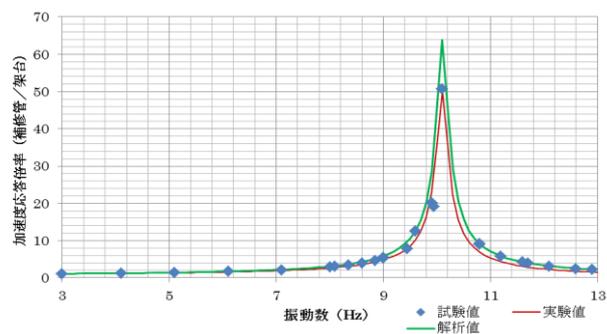


図4. 無5.5mのケースの解析結果

### 参考文献

橋梁振動計測会, 橋梁振動の計測と解析, 技報堂, 1993  
 土木研究所, 高架橋交通振動実測調査報告書, 土木研究所資料第2428号, 1987  
 土木研究所, コンクリート桁高架橋交通振動実測調査報告書, 土木研究所資料第2659号, 1988