

建設後 64 年経過した RCT 桁橋に対する樹脂注入工法補強効果の評価

愛媛大学 正会員 ○森 伸一郎 愛媛大学 学生会員 長井 春希 愛媛大学 学生会員 三浦 夢乃
大野塗装店 非会員 大野 誠也 芙蓉コンサルタント 正会員 須賀 幸一

1. はじめに

経年劣化したコンクリート橋梁に対して、コンクリートの補強効果の見込める樹脂注入工法である内圧充填接合補強工法（IPH 工法）が補修工法として採用された。この工法の実橋梁に対するクラック充填効果やコンクリート補強効果を評価すべく施工前後で主桁・床版の超音波試験とハンマー打撃振動試験を実施した。

2. 橋梁と調査の概要

対象橋梁の NSK 橋は、愛媛県南予地方にある 2 径間 RCT 桁橋で建設後 64 年が経過し、区分 III に判定されている。橋長 14.9 m、幅員 2.9 m である。補修工事の設計・施工では、吊り足場を掛け、主桁・横桁・床版・橋台の全てに補修・補強を意図された注入工事が実施され、地覆新設、高欄交換、継手新設の後、足場が撤去された。部材の局所的な評価のための超音波試験は、注入工事の前後で実施し、ひびわれ充填効果確認を目的としてひび割れを挟むように測定点を設定し、補強効果確認を目的として概等間隔に測定点を設定し、座標を測定して、施工前後を厳密に比較できるようにした。一方、橋梁全体としての評価のための打撃振動試験は、吊り足場設置前、注入工事前、各種新設工事後、足場撤去後の 4 回実施した。なお、著者らは設計には関与していない。

3. RCT 桁の超音波試験

図-1 に主桁におけるひび割れ分布と超音波測定点を示す。注入工事前後に同一箇所で行交・斜交法による透過法超音波試験を実施した。図-2 に直交・斜交法の模式図を示す。測定には超音波測定器 ESI-10（東横エルメス製）を用いた。原則として各測線で 3 回測定し、3 個の伝播時間の平均値から伝播速度（ V_p ）を求めた。測定値が安定しない場合やばらつきが大きい場合は測定回数を増やしてばらつきを低減した。

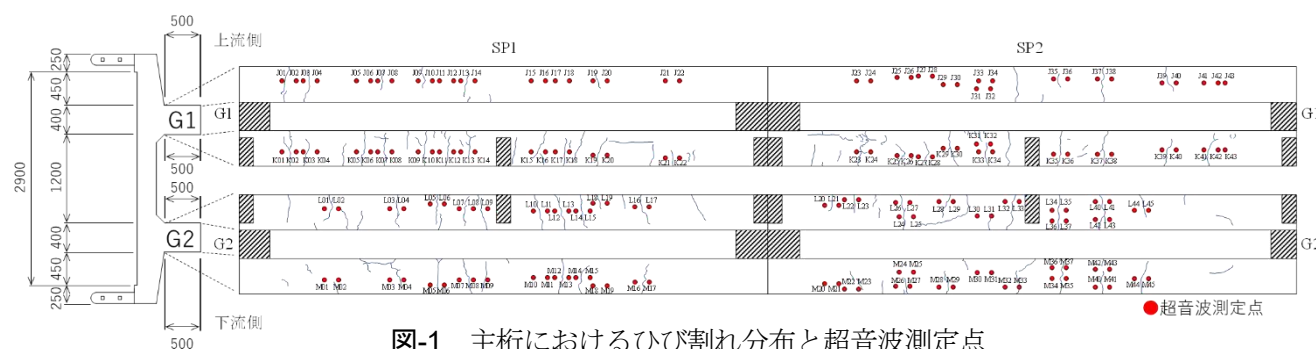


図-1 主桁におけるひび割れ分布と超音波測定点

図-3 に直交・斜交とひび割れ交差の有無などで分けた補修前後の V_p の変化を示す。直交と斜交（ひび割れなし）の箇所では平均値約 3.3 km/s で図-3 でも補修前後で大きな変化がない。すなわち、ひび割れや空洞などが無い箇所を増強する効果は認められない。一方、斜交（ひび割れあり）測定では補修前後で増加し、その量は平均で 0.28 km/s である。補修によりひび割れに樹脂が充填されたことで超音波伝播

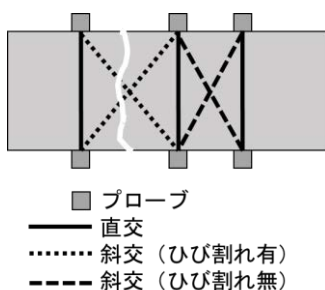


図-2 直交・斜交法

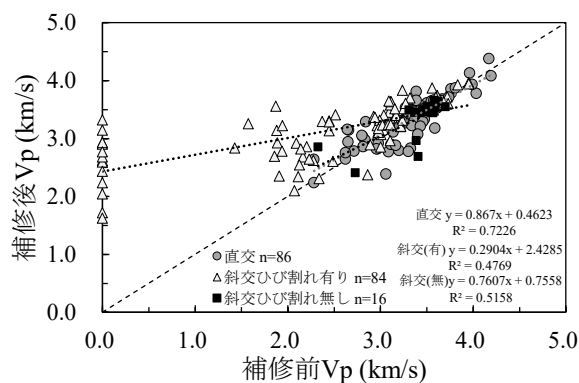


図-3 直交・斜交とひび割れ交差の有無などで分けた補修前後の V_p の変化

キーワード RCT 橋梁, 樹脂注入工法, 超音波試験, 直交・斜交法, 打撃振動試験, ひび割れ

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 愛媛大学 大学院理工学研究科

社会インフラメンテナンス工学講座 森伸一郎 mori.shinichiro.ve@ehime-u.ac.jp

経路の最短化が実現した変化である。また、斜交（ひび割れあり）測定では、補修前では 14/84 測線で測定不可だったが、補修後は全測線で測定できた。ひび割れで受信器不達の超音波が、ひび割れ樹脂充填のため測定可能となったのである。

4. 打撃振動試験

打撃振動試験では、木製のかげやを使用し、かけや頭部を一定高さ（約 2.8 m）から持ち手を支点とした自由落下による打撃を 3 回ずつ実施した。振動測定は、振動測定装置 GEODAS-16 を、センサーには固有振動数 4.5 Hz でコンデンサーシャントにより 2 秒まで平坦な利得特性を有する動コイル方式の 3 成分高精度速度計（CR4.5-2S）を用いた。測定は、Stg-1 注入工施工前

（吊り足場無し）、Stg-2 注入工施工後（吊り足場有り）、Stg-3 同左（吊り足場有り、地覆・高欄新設）、Stg-4 同左（吊り足場無し、地覆・高欄新設）の 4 つの段階（Stage）で実施した。図-4 に Stg1,2 の際のハンマー打撃とセンサーの位置を示す。

図-5 に 2 径間（Sp1, Sp2）における測定段階 Stg-1, Stg-2, Stg-3, Stg-4 で実施した MC（支間中央線と道路中心線の交点）打撃、MS（支間中央線と橋側端部センサー設置線の交点）センサーのスペクトルを重ね合わせたものを示す。足場がある状態での地覆・高欄設置に伴う変化（Stg2 と Stg3 の差）は小さい。地覆高欄設置後の足場の有無（Stg3 と Stg4 の差）でも差が小さい。注入工施工前（Stg-1）と工事完了後（Stg-4）の差異は、ほぼ注入工施工の影響によると言える。この 2 つの測定ステージを比較すると、最も卓越する 2 次卓越振動数で、

20.6 Hz が 24.7 Hz に（1.20 倍）、18.4 Hz が 21.4 Hz に（1.16 倍）となっている。平均で 1.18 倍である。卓越振動数の増加は、橋梁振動を支配する構造部材の平均的な V_p の増加に比例すると考えられるので、IPH 工法による注入工施工は橋梁全体の 18% の剛性増加に寄与したと言える。これは、RCT 桁橋梁の主桁と床版のひび割れを樹脂が充填されることにより部材の剛性増加が実現した結果、橋梁全体としての剛性・強度の飛躍的な改善が橋梁全体の性能が反映された卓越振動数の向上として評価されたものである。超音波試験による局所的評価と打撃振動試験による全体的評価が整合することがわかった。

5. 結 論

建設後 64 年経過した RCT 桁橋の IPH 樹脂注入工法による補強効果を超音波試験とハンマー打撃振動試験により、注入効果を測定・評価した。得られた結論は、以下の通りである。

- 1) 直交・斜交法による超音波試験で、ひび割れが無い箇所では直交・斜交のいずれにも差がなく、また、注入工施工前後で変化はなかった。ひび割れや豆板のない箇所の増強効果は認められなかった。
- 2) 斜交測線と交差するひび割れ箇所では、 V_p が増加し、そのばらつきが小さくなったり、測定不可能箇所が測定可能になったりした。IPH 工法施工による樹脂のひび割れ充填効果があったことが検証された。
- 3) 注入工施工により、ハンマー打撃振動試験による卓越振動数が 2 径間ともに平均で 1.18 倍、高振動数側に变化した。橋梁全体の剛性増加として評価できたことを意味し、樹脂によるひび割れ充填効果は、局所的に V_p が増加した超音波試験結果と整合するものであり、橋梁全体を評価できる打撃振動試験の有効性を示せた。

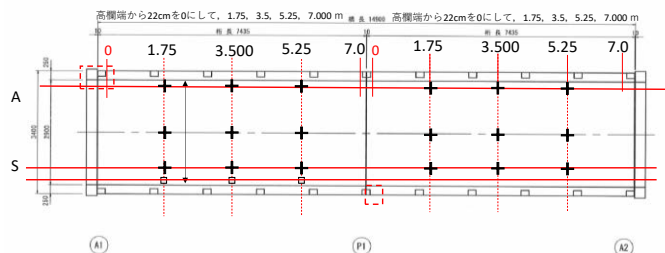


図-4 ハンマー打撃とセンサーの位置

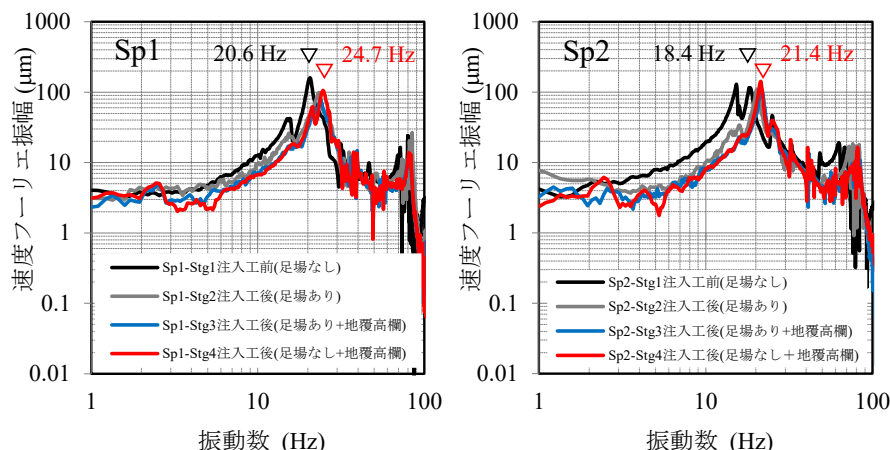


図-5 2 径間（Sp1, Sp2）における測定段階 Stg-1 から Stg-4 までで実施した MC 打撃、MS 応答のフーリエスペクトル