

自己修復システムを導入した鉄筋コンクリート梁に対する修復性能評価

東北学院大学環境建設工学科 学生会員 ○青山 綾香
 東北学院大学環境建設工学科 非会員 高橋 朝陽
 東北学院大学環境建設工学科 非会員 原田 陸
 東北学院大学環境建設工学科 正会員 李 相勲

1. 研究背景及び目的

自己修復システムを付与した 3 種類の補強形式のモルタル供試体を作製し、曲げ強度試験と各非破壊検査（NDT 法）を行い、ひび割れが修復され曲げ剛性が回復することと補強の如何に関わらずひび割れ発生前及び修復後の測定値の比較からひび割れの修復が測定できることが確認されている¹⁾。本研究では鉄筋コンクリート梁の供試体に対し、超音波伝播時間の測定、インパクトの打撃による伝搬時間の測定（以下、弾性波法と呼ぶ）、固有振動数の測定（以下、共振法と呼ぶ）をして、NDT 法の有効性を検証する。また、従来までは曲げ試験の荷終了条件を目視によるひび割れ幅の確認だけであったが、本実験からはひずみゲージを埋め込むことにより、ひずみの値でコンクリートの損傷を確認できるか検証する。

2. 使用材料

セメントには普通ポルトランドセメント、細骨材には白河市表郷梁森産砕砂（絶乾密度 2.61g/cm）、須賀川市小倉産砕砂（絶乾密度 2.55g/cm）、粗骨材にはいわき市好間町産砕石（絶乾密度 2.72g/cm）、鉄筋は主筋に（SD295, D10）、あばら筋に（SR295, ϕ 4mm）、補修剤には低粘性の 1 液型エポキシ樹脂を使用した。

3. 試験体概要

寸法が 120×200×900(mm)の供試体（以下、1m 供試体と呼ぶ）を 4 体、120×200×1900(mm)の供試体（以下、2m 供試体と呼ぶ）を 2 体作成し、内部に ϕ 10(mm)のネットワークを 2 本設けた。

4. 試験方法

まず、超音波試験機と弾性波試験機を用いて、ひび割れ発生前の伝搬時間と固有振動数の測定を行う。Fig.1 に非破壊検査の測定方法を示す。次に、JISR5201 に従い万能試験機を用いて第 1 荷重の曲げ試験を行う。2m 供試体 2 体と 1m 供試体の内 2 体はひずみの値が 1200 μ

ϵ に到達次第、1m 供試体の内 2 体はひび割れ幅が 0.2mm に到達次第、1m 供試体の内 2 体はひび割れ幅が 0.6mm に達した時に荷重を止める。第 1 荷重後に、荷重前と同様の方法で各非破壊検査を行う。次にシリンダーを用いてネットワーク内に補修剤を注入する。6 日間乾燥養生を行い、ひび割れに充填した補修剤を硬化させる。乾燥養生後、ひび割れを修復した供試体に対し再び非破壊検査を行う。その後、第 1 荷重と同様の方法で、ひずみの値を荷重終了条件とした供試体は第 7 荷重まで、ひび割れ幅を荷重終了条件とした供試体は第 3 荷重まで、曲げ試験と非破壊検査を繰り返し行う。

5. 試験結果及び考察

Fig.2 に超音波試験による伝搬時間、Fig.3 に弾性波法による伝搬速度、Fig.4 に共振法による固有振動数を示す。Fig.5~7 に NDT 法による測定値に対する標準偏差を示す。

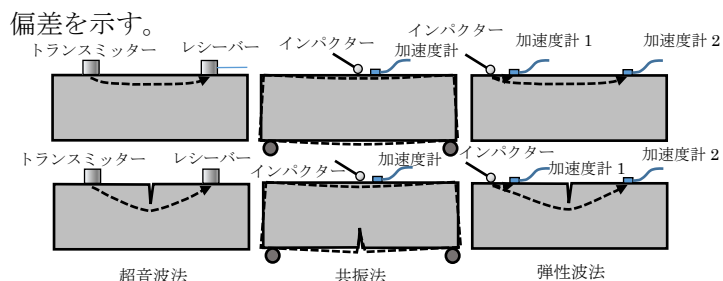


Fig.1 非破壊検査の測定方法

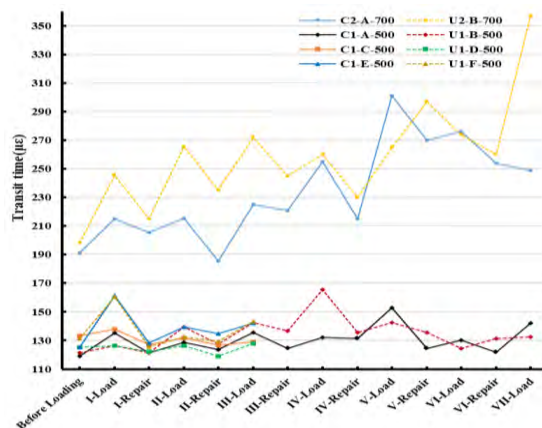


Fig.2 超音波試験による伝搬時間

キーワード 自己修復、ひび割れ、曲げ剛性、修復機能、NDT 法

連絡先 〒986-8537 宮城県多賀城市中央 1-31-1 TEL 022-368-721

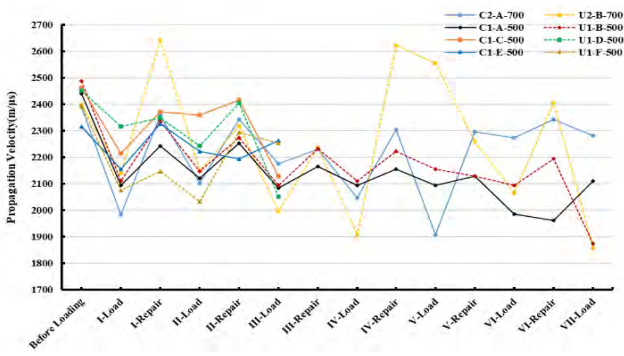


Fig.3 弾性波法による伝搬時間

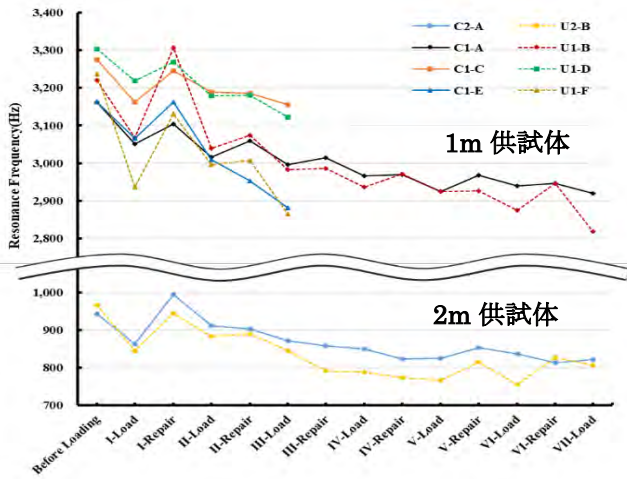


Fig.4 共振法による固有振動数

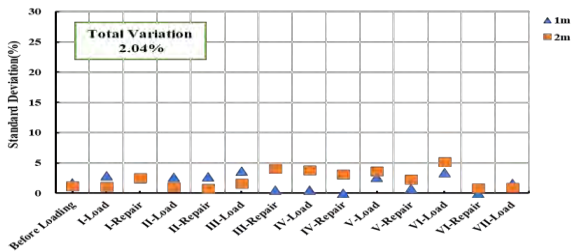


Fig.5 共振法の標準偏差

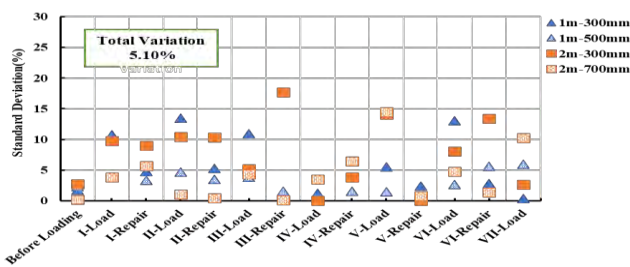


Fig.6 弾性波法の標準偏差

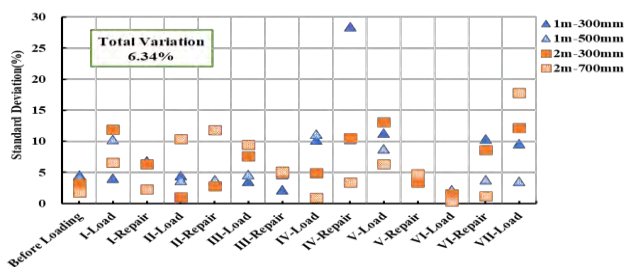


Fig.7 超音波法の標準偏差

Fig.2 より、超音波法ではほとんどの供試体で、載荷後の伝搬時間が載荷前より遅くなっていることが確認できる。これは、超音波がひび割れの先端を迂回して伝搬することで、伝搬時間が遅くなったためである。また、このことから、修復されているということが確認できる。Fig.3 より、弾性波法でもほとんどの供試体で載荷前の伝搬速度が載荷後より遅いことが確認できる。超音波法と同様に弾性波がひび割れの先端を迂回するのに時間がかかったためである。こちらも同様に、修復されていることが確認できる。Fig.4 より、共振法ではひび割れの発生と修復による振動数の増減が全体的に見られ修復効果が確認できる。ただし、第7載荷の供試体においては実験回数を重ねるにつれ全体の剛性が低下していることが分かる。この原因として、補修剤であるエポキシ樹脂の使いまわしが挙げられる。エポキシ樹脂を使いまわすことにより、樹脂の粘度が高くなり、微細なひび割れまで充填されず、曲げ剛性に対する修復性能の低下につながったと考えられる。

また Fig.2～4 より、ひずみの値を載荷終了条件とした供試体とひび割れ幅を載荷終了条件とした供試体のいずれについても相違なく損傷と修復を確認した。

そして Fig.5～7 に示す各 NDT 法の標準偏差のばらつきから共振法が最も有効であることが示された。

6.結論

本年度は鉄筋コンクリート梁の供試体を使用し、モルタル梁を使用した前年度と相違なく自己修復システムの有効性を確認できた。また、載荷-修復を7サイクル繰り返し各非破壊検査を行った結果、ひび割れの発生及び修復を判定できることが示された。そして共振法、弾性波法、超音波法の3つのNDT法の中で共振法が最も有効な方法であることが分かった。埋め込みのひずみゲージを採用した結果、供試体の損傷を確認する指標としてひずみの値も利用できることを確認した。

謝辞

本研究は日本大学パーク教授と実験プロジェクトメンバーの協力を得た。ここに記して謝意を示す。

参考文献

1) 李 相勲、Sanjay PAREEK: ネットワーク及び補修剤を用いた自己修復コンクリート梁に対する非破壊試験による自己修復性能評価, コンクリート工学年次論文集, Vol. 44, No. 1, pp. 1120-1125, 2022