サーモグラフィー法と打音法を併用した走行荷重を受けるCFS補強RC梁の剥離進展領域評価

日本大学 学生会員 黑古 剛司 日本大学 正会員 木田 哲量 日本大学 正会員 柳内 睦人 中央工学校 正会員 金光 寿一

## 1.まえがき

近年、RC 造の橋桁や床版部の補強方法として、炭素繊維シート(以下、CFS と記す)を接着する工法が注 目されている。その貼付け状態に関する検査では、浮き、剥がれの接着不良箇所の大きさが 30mm 程度を判 定基準にしている。しかし、補強後の供用下においては走行荷重により既に存在するひび割れや新たに発生 するひび割れを起因とする剥離が懸念される。そこで、本研究では、CFS で補強された RC 梁に対して静荷 重載荷及び走行荷重載荷実験を行い、その破壊時の剥離進展領域についてサーモグラフィー法及び打音法を 採用して検討した。 2800

2. 実験概要

試験体は、幅 300mm、有効高さ 212mm の梁底面を CFS で 1 層補強し、静荷重載荷 及び走行荷重載荷実験を行った。CFS で補

強された RC 梁下面の剥離進展領域は、サーモグラフィー法 では破壊後に底面を強制加熱したアクティブ法から、また打 音法ではウェーブレット解析から得られた時間-周波数の相 違から検討した。



6

走行荷重

2.1 材料特性及び試験体

RC 梁に配置した鉄筋の種類は SD295A、また CFS は高強度カーボン(目付量 200g/m<sup>2</sup>,設計厚さ 0.111mm, 引張強度 3400N/mm<sup>2</sup>)を使用した。また、コンクリートの圧縮強度は実験時で 41.5N/mm<sup>2</sup> であった。図-1 に 試験体寸法及び配筋状況を示す。なお、せん断補強筋は走行荷重載荷時にせん断破壊を先行させるために施 していない。

2.2 静荷重載荷及び走行荷重載荷実験

静荷重載荷実験は、支間 2,000mm の中央に車輪(直径 400mm、幅 250mm)を停止した状態で行い、走行荷重載 荷実験は支間中央を起点に左支点まで走行し、同点を折 り返して右支点まで走行し、同点を折り返して支間中央 で車輪を停止するものである。その走行速度は、1 往復 を 18sec(平均走行速度 220mm/sec)とした。また、荷重の 載荷方法は両実験ともに 5kN 毎増加させて、曲げ及びせ ん断破壊するまで繰り返した。



90

122.2

2.3 サーモグラフィー法及び打音法の測定方法

試験体への加熱は、1.0mの位置から高圧噴霧式温風ヒータを用いて 60 秒間加熱した。熱赤外線センサ[2 次元非冷却マイクロボロメータ型,応答波長領域 12.0~14 µ m,感度 0.15 (at30 )]による温度測定は、測定距離 220cm から加熱停止後 10 秒後の熱画像を採用した。また、打音法に使用した自動剥離試験機は、打撃部(周波数範囲 20Hz ~ 20kHz、音圧感度-36dBV/Pa,レンジ 30~135dB)によって 0.02msec 毎 0~5.12msec まで打撃音の強さが記録できるものである。

キーワード:炭素繊維シート、サーモグラフィー法、ウェーブレット解析、RC 梁、走行荷重 連絡先:〒275-8575 習志野市泉町 1-2-1 日本大学 柳内研究室 TEL & FAX.047-474-2441 E-mail:yanai@civil.cit.nihon-u.ac.jp

## V-174

## 3.実験結果

3.1 サーモグラフィー法による剥離評価

表-1は、静荷重及び走行荷重を載荷して得られた各耐 荷力である。その結果、静荷重載荷での終局耐力は、曲 げ及びせん断力の伝達に伴うひび割れの上昇から終局を 迎えている。一方、走行荷重載荷では、支点から 550mm(せん断スパン比 a/d=2.59)の位置で走行中にせん 断破壊を起こした。静荷重のひび割れ間隔は、5~7cm で

走行荷重では 3~7cm とさらに密に発生 している。図-2(a),(b)にひび割れ進展状 況をまた写真-1(a),(b)に画像合成した 表示画像を示す。静荷重載荷では空気層 を有する剥離部に高温域が現れており、 剥離が面的に発生していることが分かる。

一方、走行荷重載荷では、せん断ひび 割れ箇所に発生した面的な剥離と曲げひ び割れ箇所を中心とする線的な剥離の存

在を確認することができる。図-3(a),(b)は、梁の長手方向の中心画素行 で得られた表面温度と画素位置の関係である。図に示すとおり、剥離境 界部と思われる位置より急激な温度の上昇が確認されるが、CFS は熱拡 散性が高く剥離の境界までを精度良く評価するには問題を残す。

3.2 打音法による剥離領域評価

そこで、剥離領域評価では打撃部と CFS の初期衝突時の急激な変形に よる音響放射をウェーブレット解析から得られる周波数領域の強さを指 標として行った。写真-2(a)~(c)は図-3(a)に示す 80 画素位置境界部周 辺を 5mm 間隔で打撃して得られた可視化処理画像である。これらを比 較すると、健全部の特徴は 2.5msec 前後の 5~7kHz 付近にかけてピーク が現れ、剥離部の特徴では、1.0msec に 13kHz 以上の高い周波数帯域に ピークが、また、剥離境界部では健全部と剥離部の両者の特徴が現れて いることが分かる。そこで、接着部と剥離部の判別は、1.0msec 時のス ペクトルピークの強度レベルを指標として行った。図-4 に強度レベルを 示す。このようにサーモグラフィー法から剥離部の確認を行い、さらに 打音法を併用することでひび割れから進展することになる剥離領域を定 量評価することができる。

4.まとめ

本研究で得られた結果は以下のとおりである。

(1)静荷重載荷におけるひび割れ間隔は 5~7cm、走行荷重載荷は 3 ~7cm と密に発生した。 (2)熱画像から静荷重載荷の剥離形態は面 的な剥離領域が確認され、走行荷重載荷ではひび割れ箇所を中心と する線的な剥離が検出された。 (3)打音法では、ウェーブレット解 析から 1.0msec 時のスペクトルピークの強度レベルを指標として接 着部と剥離部の境界を定量的に評価することができた。





