

新エネルギー・産業技術総合開発機構 正会員 ○堀川教世

立命館大学

日下貴之

阪神電気鉄道株式会社 正会員 野出光吉

ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社 正会員 矢島秀治

京橋工業株式会社 正会員 並木宏徳

1. はじめに

コンクリート梁の曲げ補強として、炭素繊維シートの接着による工法がある。この工法は従来の鋼板による補強工法に比べて、工期の短縮や工費の低減が見込め、また、補強による死荷重の増加がほとんどないこと、さらにコンクリート表面の保護も同時に行えることから有効な補強工法として認識されている。しかしながら、シートを単に接着するだけであるため、死荷重に対する補強効果はなく、また炭素繊維の高強度、高弾性という特徴を十分に活かしきったものではない。このため補強効率の観点からはまだまだ改善の余地がある。そこで、本研究では炭素繊維シートによるコンクリートのポストテンション補強に着目した。この工法ではシートを緊張してコンクリートに接着するため、活荷重と死荷重を低減でき、さらにシートに与える緊張量と積層枚数を変えることによって補強効率を上げることが可能である。本研究では、炭素繊維シートの緊張接着によるコンクリートの補強について有限要素解析と実験を行い、それによる補強効果について検討を行った。

2. 実験方法

コンクリートの曲げ供試体は JIS A1106 (1999) に基づき幅×高さ×全長(スパン長) = 100×100×400 (300) mm とした。補強には東レ(株)製 UT70-30 炭素繊維シート(目付量 300 g/m², シート厚さ 0.167mm, 引張強度 3.4 kN/mm², ヤング率 245 kN/mm², 一方向高強度タイプ)を使用した。また、コンクリートとシートの接着には電気化学工業(株)製 アクリル系接着剤(ハードロック II)を用いた。実験には未補強の供試体、シートに緊張力を加えずコンクリートに接着した無緊張供試体、緊張力を加えて接着した緊張供試体の3種類を準備した。シートの積層枚数は3, 9, 15枚の3種類とし、3枚の場合のみシートに引張ひずみ 0.2%を与えた。図1に示すように、シートの緊張接着に際しては、コンクリート表面を十分研磨し、プライマーを塗布・乾燥後、各シートの緊張力を保ったままコンクリートに接着し、十分硬化した後、シートの緊張力を解いた。なお、コンクリートに導入されたひずみはコンクリートの接着面に貼付したひずみゲージにより計測した。曲げ試験は JIS A1106 (1999) に基づき3等分点載荷法で行った。

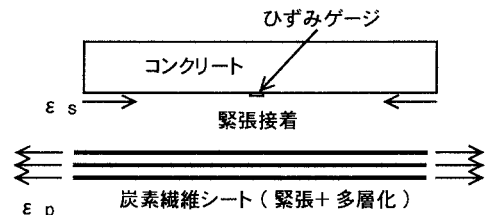


図1 緊張供試体

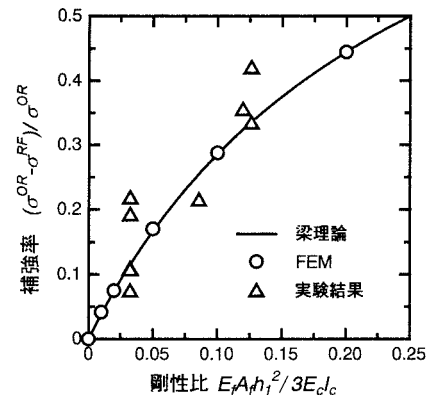


図2 シート接着による補強効果

3. 結果および考察

3.1 補強効率

炭素繊維の接着による曲げ補強効果を表すパラメータとして補強率 ξ を考える。はり理論によると、これは次式で近似して

Noriyo HORIKAWA, Takayuki KUSAKA, Mitsuyoshi NODE, Shuji YAJIMA and Hironori NAMIKI

表される。

$$\xi = \frac{\sigma^{OR} - \sigma^{RF}}{\sigma^{OR}} = \frac{4r}{1 + 4r}, \quad r = \frac{E_f A_f h_1^2}{3E_c I_c} \quad (1)$$

ただし、 σ^{OR} と σ^{RF} は無補強の場合と補強した場合の接着側のコンクリート表面の応力であり、 E 、 I 、 A はそれぞれ弾性率、断面二次モーメント、断面積であり、添え字の f は炭素繊維シート、 c はコンクリートを意味している。また、 r は剛性比、 h_1 はコンクリートの下面から中立軸までの距離である。

図2は補強率 ξ と剛性比 r との関係を示したものである。図より、理論値とFEM解析はほぼ一致しており、また、実験結果もおおむねこれらに一致している。このことから式(1)により補強率 ξ を推定することが可能であることが分かる。

3.2 曲げ耐力

図3は曲げ試験で得られたコンクリート引張側表面のひずみと負荷荷重の関係を示したものである。図中の●はき裂が発生したと考えられる非線形開始点を示している。図より、非線形開始点の荷重は炭素繊維シートを緊張接着することにより増加しており、シートを緊張して貼り付けた場合には、さらに増加することが分かる。また、緊張供試体と無緊張供試体の非線形開始点の荷重の差は、緊張接着によりコンクリートに導入されたひずみ分の荷重にほぼ一致しており、シートを緊張接着することでき裂発生の抑制効果が期待できることが分かる。

図4は曲げ試験における荷重と変位の関係を示したものである。

図中の●は荷重負荷中に目視により供試体表面にき裂を確認した点を示している。図より、シートを無緊張で貼り付けても耐荷重は上昇するが、緊張して接着すればさらに耐荷重が上昇することが分かる。

以上、炭素繊維シートの緊張接着によりコンクリートを効果的に補強できることを述べたが、シートを緊張して接着する際に、緊張力が大きいと、シート端部に大きなせん断力が働くためシート端部からはく離を生じる。このことから、緊張接着の際にはシート端部の補強が重要なポイントになるため本研究ではこの点も含めたコンクリートの補強工法を提案しているが、詳細については当日の講演に譲る。

4. 結言

- ・炭素繊維シートの接着によるコンクリート梁の曲げ補強では、はり理論により剛性比から補強効率を推定することが可能である。
- ・無緊張シートの接着によりき裂発生荷重を上昇させることができ、シートを緊張して接着することによりさらにそれを上げることができる。
- ・無緊張シートの接着によりコンクリートの曲げ耐力を上昇させることができ、シートを緊張して接着することによりそれをさらに上げることができる。

参考文献 省略

謝辞

本研究を遂行するにあたり、炭素繊維シートは東レ株式会社より、接着剤については電気化学工業株式会社よりご提供頂いた。立命館大学理工学部 高木宣章教授、同大学大学院生の井上真澄氏ならびに研究室の方々には多大なご協力を受けました。記して謝意を表します。

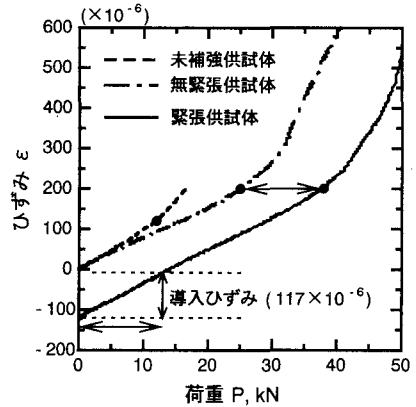


図3 緊張接着によるき裂発生抑止効果

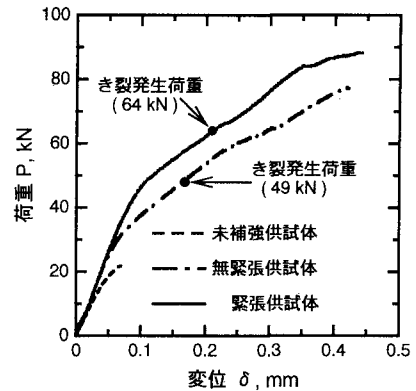


図4 荷重－変位線図