

端部定着の違いが曲げ補強用炭素繊維シートの剥離抑制に及ぼす効果について

長崎大学工学部 学生会員 久保田 慶太
 長崎大学工学部 正会員 原田 哲夫
 長崎大学工学部 永藤 政敏
 ショーボンド建設(株) 正会員 岳尾 弘洋

1. はじめに

炭素繊維シート(以下CFSと略記)を用いてRCはりの曲げ補強を行う場合、端部の定着法が重要である。これまで、機械的定着法を用いない定着法として、「端部増貼り補強」と「U字巻き付け補強」の組み合わせが有効であることを実験的に確かめている。一方、実構造物の補強ではRCスラブに対する曲げ補強の適用事例が圧倒的に多い。しかし、スラブを曲げ補強するための端部定着には、はりのようなU字巻き付け補強は適用できない。スラブの端部定着には、「端部増貼り補強」と「T字型補強」の組み合わせによる端部定着法について、実験的な検討を行った。いずれの場合についても、端部定着の違いが剥離抑制効果にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

2. 実験概要と試験体

RCはり試験体は、引張鉄筋比を0.704%(2-D13)とし、スターラップを100mm間隔で配置した。またRCスラブ試験体については、引張鉄筋比を0.704%(4-D13)とした一方向スラブである。両試験体とも、スパン2000mmの単純支持である。CFS(目付け量300g/m²)は試験体の接着面をディスクサンダーで表面処理した後、エポキシ樹脂プライマーを塗布し、エポキシ樹脂含浸接着剤により接着した。はり、スラブ試験体下面の曲げ補強用CFSの層数は2層である。実験は等曲げ区間400mmの2点荷重方式で、上縁コンクリートの圧壊またはCFSの剥離で終局に至るまで漸増荷重した。各荷重段階におけるスパン中央部のたわみ、CFS表面のひずみ、またスパン全域にわたって上縁と下縁に設置したパイゲージから曲率を測定した。

3. 付着斜めひび割れ発生箇所と曲率の関係

試験体のひび割れ性状と曲率の増加量の分布を比較して図-1(a),(b)に示す。はり試験体においては、剥離の起点となる付着斜めひび割れが鉄筋降伏後、曲げひび割れに付随して荷重点と荷重点から45度の区間で発生し、ピーリング(剥離モードI)を誘発することが分かっている。一方、スラブ試験体の実験においては、等モーメント区間からの付着斜めひび割れが剥離の起点となることが新たに分かった。図-1(a),(b)に示すように、はり試験体、スラブ試験体ともに鉄筋降伏後に、将来付着斜めひび割れが発生する箇所と曲率の増加量が他の箇所より大きくなっていることが分かる。実際、この位置に付着斜めひび割れは発生した。ピーリングを誘発した時点での曲率の大きさは、 $-0.12 \times 10^{-4} \text{mm}^{-1} \sim -0.98 \times 10^{-4} \text{mm}^{-1}$ までばらつきがあった。

4. 定着部の限界引張耐力の推定

付着斜めひび割れを起点とする剥離は、支点方向に向かって急激に進行するため、端部増貼り補強のみの場合には剥離を防止できず、この時点で急激な荷重低下を引き起こした。しかし、端部増貼り補強とU字巻き付け補強を組み合わせることで急激な剥離を一旦は抑制でき、その後は端部補強内での剥離は、モードII剥離に変化していることが図-2により分かる。これは、図-3のT字型補強部のひずみ分布においても同様である。このことから、U字巻き付けあるいはT字型補強のような横方向の拘束は、ピーリングを抑制し、モードII剥離に変化させる効果があると考えられる。この段階で下面CFS全体のひずみ分布から中央部の曲げ補強用CFSはアンボンド状態となって、端部定着部に引張力が直接作用すると考えられる。この端部定着部に作用する引張力を一軸引張状態と仮定し、定着部を除く下面CFSの平均ひずみの値から定着部に作用する限界引張耐力の算定を行った。ここでいう限界引張耐力とは、最大荷重時のひずみを用いた計算値である。表-1に限界引張耐力の計算結果を示す。増貼り2枚とU字巻き付け補強2枚を組み合わせた場合の限界引張

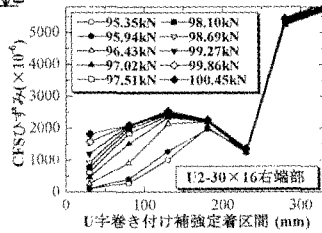
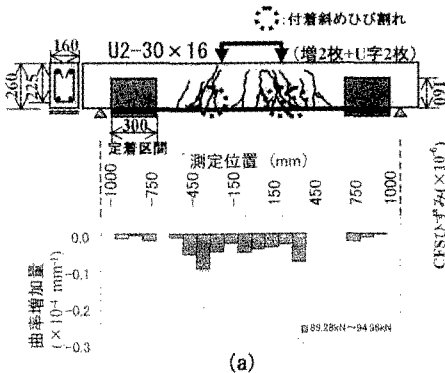


図-2 U字部内部のひずみ分布

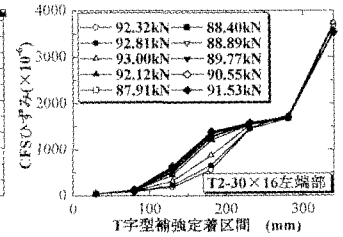


図-3 T字部内部のひずみ分布

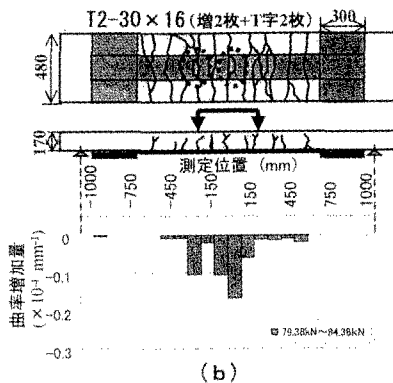


図-1 ひび割れ性状と曲率増加量

表-1 定着部の限界引張耐力

試験体名	U2-30×16	T2-30×16
端部補強量	増2枚+U2枚	増2枚+T2枚
U, T字サイズ(mm)	幅300×高さ180	480×300
限界引張耐力(kN)	54.54	34.99

定着区間 300mm

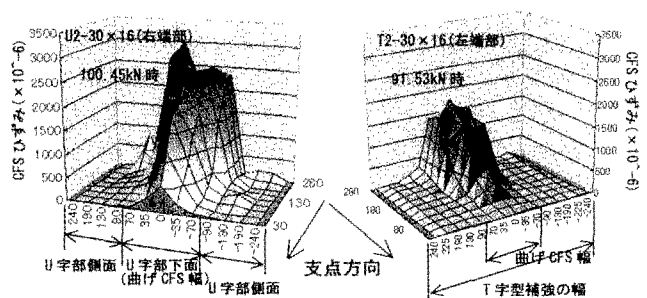


図-4 端部定着部の3次元ひずみ分布

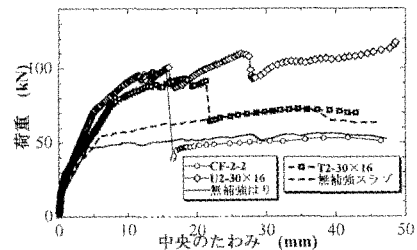


図-5 荷重～たわみ曲線

耐力は 55kN, また増貼り 2 枚と T 字型補強 2 枚を組み合わせた場合は 35kN であった。図-2, 図-3 では, 2 次元的に剥離進行を見ているだけで, 定着部内部の幅方向も考慮した剥離の進行状態を確認することができない。そこで, 図-4 のような 3 次元ひずみ分布を作成した。これより, T 字型補強の場合はほぼ一様に剥離が進行していることが分かる。U 字巻き付け補強では, 中央部分ではシート補強端部まで剥離が進行しても U 字コーナー部付近では剥離の進行が停滞していることが分かる。このことから, U 字巻き付け補強では側面に巻き上げたことによるコーナー部の定着効果が大きいと考えられる。上記のことは, T2-30×16 においては T 字型補強内部剥離が達した時点で図-5 に示すように急激な荷重低下を起したが, U2-30×16 においては上縁コンクリートの圧壊まで端部定着部の剥離はなく粘りのある荷重～たわみ性状を示すことと対応している。

5. まとめ

- (1) 付着斜めひび割れ発生位置では曲率の増加量が他の箇所より大きくなっていることが分かった。
- (2) U 字巻き付け補強, T 字型補強ともにピーリングを抑制する効果があり, 端部定着の限界は, 一軸引張状態を仮定した限界引張耐力で評価できるものと考えられる。