

UCAS 工法によるコンクリートはりの破壊挙動について

九州大学大学院 学生会員 小林雄一
九州大学大学院 学生会員 Djamaluddin Rudy
九州大学大学院 非 会 員 佐溝圭太郎
九州大学大学院 フェロー 太田俊昭

1. はじめに

UCAS 工法とは、筆者らが提案する Unresin Carbon-fiber Assembly System の略称であり、連続炭素繊維を樹脂等で硬化・成形せず、繊維素線そのまま平行弦集合材ケーブルとし、これをコンクリート部材の補強筋として自動設置する新しい補強工法である。またこの工法は、インターネットを活用し、設計や積算、配筋等をオンライン化する事でコストが削減でき、さらに省力化・省資源化されるので環境に配慮した施工が行えるという利点がある。これまでの研究により、非硬化型連続炭素繊維（以下、UCCF と称する）をコンクリートはりの曲げ補強部材として用いる場合に、一定のスケールの下であれば従来の RC 理論を準用できることや、FEM 解析法によりはりの非線形挙動を精度良く追跡できることなどの結果が得られている¹⁾。しかし、UCCF の課題の一つは、そのままでは付着強度が弱くひび割れの集中化が起こり易いこと等があった²⁾。

そこで本報では、付着強度を向上せしめるグリッドシステムを導入し、せん断アーム比の小さい一連の UCAS 工法によるコンクリートはりの載荷実験を行い、その破壊挙動について実験的に検討を行った。

2. 実験概要

はり供試体は図-1 に示すように、供試体寸法は 100mm×140mm×750mm、スパンは 550mm、載荷幅は 200mm の 2 点对称線載荷である。載荷装置はオルセン万能型試験機を用いた。

使用した UCCF の物性値を表-1 に示す。

供試体の作製は、まず UCCF 配筋ロボットにより軸方向筋（2 段の引張補強筋および圧縮側組立筋）を自動配筋し、その後せん断補強筋を所定の位置にらせん状に手で配筋した。軸方向筋とせん断補強筋との固定には、浸透性の良いエポキシ樹脂を交差部に塗布した後、粘度の高いエポキシ樹脂を接着部補強および機械的付着力の増加を目的として塗布した。これをグリッドシステムと称し、図-1 から明らかなように引張補強筋には、グリッドシステムが付加されている。

実験変数に、UCCF によるせん断補強筋の有無および UCCF の性質であるコンクリートとの小さい付着力の改善を目的に機械的付着力を増すため、引張補強筋中央部付近のエポキシ樹脂によるスポット硬化の有無を選定した。また、比較対照用に RC はりも製作した。供試体の一覧を表-2 に示す。各種類 1 体ずつ用意した。実験に用いた早強コンクリートの配合を表-3 に示す。

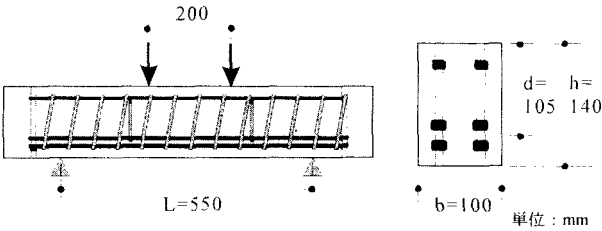


図-1 供試体概要 (UCCF による補強)

表-1 非硬化型連続炭素繊維の物性値

種類	断面積 (mm ²)	引張強度 (MPa)	ヤング係数 (MPa)
連続炭素繊維	0.45	3.53×10^3	2.30×10^5

表-2 供試体一覧

供試体名	補強筋比 p (%)	せん断補強	スポット硬化
550RC	1.86	無	—
550A	0.89	無	無
550B	0.89	有	無
550C	0.89	有	有

表-3 コンクリートの示方配合 (kg/m³)

W/C	s/a	C	W	S	G	SP
44.0%	40.8%	432	190	658	1020	1.08

SP:AE減水剤

3. 実験結果

はり中央点における荷重－変位関係を図-2 に示す。また、終局時のひび割れ状況を写真-1～写真-4 に示す。

せん断補強を行っていない 550RC と 550A を比較すると、鉄筋で曲げ補強した 550RC は理論通りせん断破壊したのに対し、UCCF で曲げ補強した 550A は、曲げ区間にひび割れが 1 本入り、その後荷重の増加に伴いひび割れ幅が拡大し、圧縮側コンクリートが破壊する曲げ圧縮破壊であった。このことから、せん断補強を行っていない UCCF 曲げ補強はりは、UCCF とコンクリートとの付着が無い場合、ひび割れが分散することなく曲げひび割れが卓越し、コンクリート上面に塑性ヒンジが発生したことで、せん断破壊をおこさなかったと考えられる。

せん断補強を行った 550B および 550C は、載荷初期の段階では、曲げ区間にひび割れが数本入り 550A の曲げ剛性とほぼ等しい剛性で荷重が増加し、最大耐力に達した後、せん断破壊し急激に耐力性能が低下した。さらに、スポット硬化により引張補強筋の機械的付着力を増した

550C は、再度耐力力を発揮し、先に示した最大耐力値近傍に達した後、2 度目のせん断破壊を起こし、急激に耐力性能が低下した。このことからせん断補強を行った UCCF 曲げ補強はり、グリッドシステムを導入したことにより、コンクリートとの機械的付着力が増し完全付着に近い状態となり、曲げ補強筋が有効に働くことでひび割れが分散し、せん断破壊したと考えられる。また、550C のようにエポキシ樹脂をスポット硬化させ、節を作ることによって機械的付着力を増せば、一度せん断破壊をおこしても、応力が再分配されて UCCF が再び曲げ補強筋としての役割を果たすことが明らかとなった。

550C は 550B に比べて、スポット硬化によるものと考えられる 20kN 程度の耐力増加が見受けられた。また、550B の最大耐力点と 550A の曲げ剛性変化点の荷重および変位がほぼ一致していることから、この点は付着の有無による破壊モードの変化点と見ることができる。

4. まとめ

- (1) 非硬化型連続炭素繊維でせん断補強されたはり、グリッドシステムにより機械的付着力が増加したことで、曲げ耐力がせん断耐力を上回り、せん断破壊した。
- (2) エポキシ樹脂で節を作ることにより、一度せん断破壊をおこしても応力の再分配が起こり、再び非硬化型連続炭素繊維が曲げ補強筋として有効に働く。

参考文献

- 1) Djamaluddin RUDY and et.al.: Application of Unresin Continuous Carbon Fibers as Flexural Reinforcement in Concrete Structure, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.3, 2000.
- 2) 長濱貴志: 硬化型および非硬化型連続炭素繊維のコンクリート部材への適用に関する基礎的研究, 九州大学学位論文

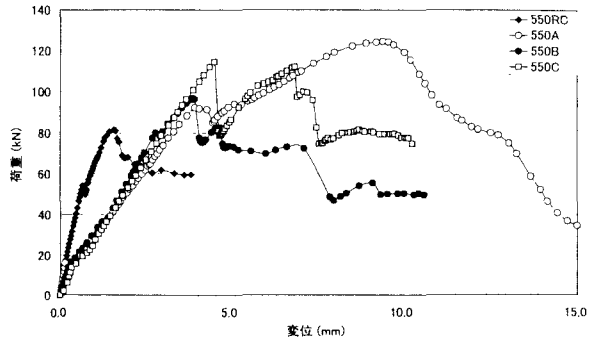


図-2 荷重－変位関係

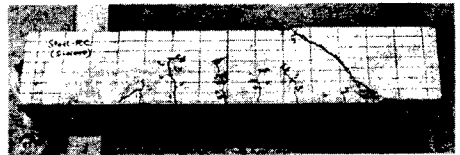


写真-1 ひび割れ状況 (550RC)

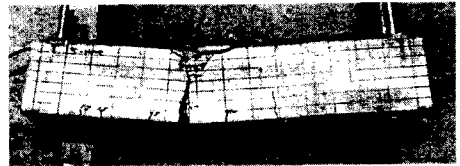


写真-2 ひび割れ状況 (550A)



写真-3 ひび割れ状況 (550B)

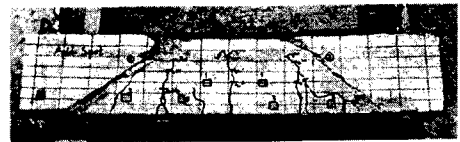


写真-4 ひび割れ状況 (550C)