

UCAS 工法によるコンクリートはりの力学特性

九州大学大学院 学生会員 ○佐溝 圭太郎

九州大学大学院 学生会員 Djameluddin Rudy

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、著者らが提案する Unresin Carbon-fibers Assembly System for Construction の略称であり、連続炭素繊維を樹脂などで硬化・成形せず、繊維素線そのままを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材として自動設置する新しい補強法である。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。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りやすいことなどがあった。

そこで本研究では、まず、付着強度を向上させるグリッドシステムを導入し、せん断スパン比の小さいスパン 550mm のはり載荷実験を行い、その破壊挙動について検討を行った。次に、スパンが 1400mm の一連のはり実験を行い、UCAS 工法によるコンクリートはりの設計に関する一提案を行った。

2. 実験概要

2.1 スパン 550mm のはり載荷実験

1 供試体は図-1 に示すように、寸法は 100mm×140mm×750mm、スパンは 550mm、載荷幅は 200mm の 2 点対称線載荷である。使用した UCCF の物性値を表-1 に示す。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、接着部補強および機械的付着力の増加を目的として粘性の高いエポキシ樹脂を塗布した。ここで、2 段の引張補強筋とせん断補強筋の交差部をこのような方法で固定した状態をグリッドシステムと称する。

本実験の目的は、UCCF によるせん断補強効果を確認することであるので実験変数に、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。UCCF 補強はりの引張補強筋量は 26 巻きを 2 段（計 208 本、補強筋比 $p=0.89\%$ ）と一定とした。供試体の一覧を表-2 に示す。実験には設計基準強度 35MPa の早強コンクリートを用い、各種類 1 体ずつとした。

はり中央点における荷重－たわみ関係を図-2 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 は設計通りのせん断破壊であったのに対し、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ともな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

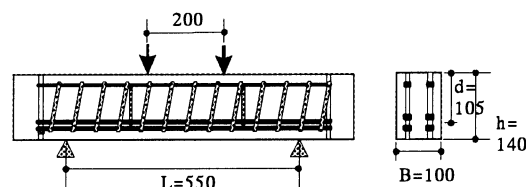


図-1：供試体概略図 単位：mm

表-1：UCCF の物性値

種類	断面積 (mm ²)	引張強度 (MPa)	ヤング係数 (MPa)
12K	0.46	4.80×10^3	2.30×10^5

表-2：供試体一覧

供試体名	引張補強筋量 A (mm ²)	引張補強筋比 p (%)	せん断補強	スポット硬化
550RC	214.00	1.86	無	—
550A	95.68	0.89	無	無
550B	95.68	0.89	有	無
550C	95.68	0.89	有	有

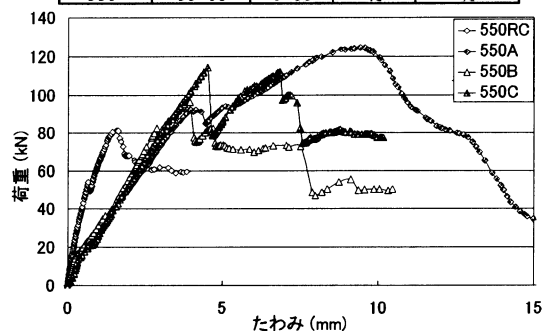


図-2：荷重－たわみ関係

キーワード：UCAS 工法、非硬化型連続炭素繊維、グリッドシステム、曲げ挙動

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 TEL:092-642-3309 FAX:092-642-3309

はり、UCCF とコンクリートとの付着がないため、ひび割れが分散することなく 1 本の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、せん断破壊を起こさなかったものと考えられる。

せん断補強を行った 550B および 550C は、荷重初期の段階では、曲げ区間にひび割れが数本発生し 550A とほぼ等しい曲げ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荷重が低下した。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、曲げ補強筋とコンクリートとの機械的付着力が増し、曲げ補強筋が有効に働くことでひび割れが分散し、せん断破壊を起こしたものと考えられる。

2.2 スパン 1400mm のはり載荷実験

供試体は図-3 に示すように、寸法は 100mm × 140mm × 1600mm、スパンは 1400mm、載荷幅は 500mm の 2 点対称線載荷である。使用した UCCF および供試体製作方法は、スパン 550mm のはり実験と同じである。よって、本供試体についても引張補強筋にはグリッドシステムが付加されている。

本実験の目的は、設計上の曲げ耐力と実験時である最大耐力が一致する引張補強筋量の決定であるので実験変数に、UCCF の引張補強筋量を安全率 K によって変化させることを選定した。供試体の一覧を表-3 に示す。

実験結果の一例として、せん断補強筋間隔が 60mm の供試体のはり中央点における荷重－たわみ関係を図-4 に示す。補強筋比の最も大きい A-60 は、ひび割れ発生直後の荷重の低下は見られず、その後はほぼ直線で最大耐力に達している。一方、補強筋比 0.60% の B-60 と 0.49% の C-60 はひび割れ発生直後に荷重がわずかに低下し、その後も最大耐力に達するまで、数回の荷重低下が見られる。このことから、ある値を下回る補強筋比ではグリッドシステムを付加しても、UCCF のすべりを抑制できないことがわかった。表-4 に実験結果と設計上の曲げ耐力およびたわみが急変する限界耐力を示す。設計上の曲げ耐力を計算する場合に、材料試験によるコンクリートの圧縮強度を用いて安全率を再計算している。安全率が 2.78 と大きいシリーズ A の最大耐力は、提案する設計方法による曲げ耐力より、7～27% 大きい値を示している。一方、安全率が 2.14 以下のシリーズ B およびシリーズ C の最大耐力は、曲げ耐力より 15～53% 小さい最大耐力となった。そこで、実験値を計算値で除した値を縦軸に、安全率を横軸にとり、最小二乗法によって直線近似式を求め、この式から実験値と計算値が一致する安全率を計算すると $K=2.37$ が得られた。

3. まとめ

- (1) UCCF でせん断補強されたはり、グリッドシステムにより曲げ補強筋の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) 補強筋比 0.60% 以下になると、ひび割れ直後に荷重の低下が見られ、最下初期段階でグリッドシステムの付着力の消失が起こることで、最大耐力が小さくなった。
- (3) 提案する設計方法で、実験値と計算値が一致する安全率は $K=2.37$ であると考えられた。

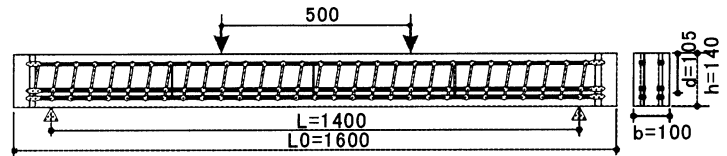


図-3：供試体概略図

表-3：供試体一覧

供試体名	引張補強筋量 (mm ²)	引張補強筋比 p (%)	安全率 K	曲げ耐力 (kN)	せん断耐力*1 (kN)
A-60	80.96	0.77	2.78	29.4	42.0
A-40	80.96	0.77	2.78	29.4	39.8
B-60	62.56	0.60	2.14	29.4	40.4
B-40	62.56	0.60	2.14	29.4	38.1
C-60	47.84	0.46	1.77	29.4	39.2

*1: せん断耐力算定に用いた UCCF の安全率は $K_s=1.5$ である

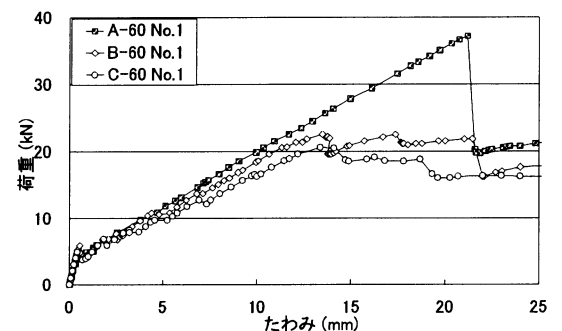


図-4：荷重－たわみ関係

表-4：実験結果

供試体名		実験値	計算値		P_{max}/P_u	P_{max}/P_l
		最大耐力 P_{max} (kN)	曲げ耐力 P_u (kN)	限界耐力 P_l (kN)		
A-60	1	37.3	30.2	24.3	1.23	1.53
	2	38.2			1.27	1.57
	3	37.1			1.23	1.53
A-40	1	35.3	30.2	31.6	1.17	1.12
	2	34.3			1.14	1.09
	3	32.4			1.07	1.02
B-60	1	22.6	34.8	22.2	0.65	1.02
	2	23.4			0.67	1.06
B-40	1	29.6	34.8	28.6	0.85	1.04
	2	24.5			0.71	0.86
C-60	1	20.5	34.9	20.6	0.59	0.99
	2	19.9			0.57	0.97

*曲げ破壊したものは曲げ耐力、せん断破壊したものは限界耐力と比較した。