

## G1-3 UCAS 工法によるコンクリート構造部材の製造法と力学特性に関する実験的研究

今井 崇晴

## 1.目的

著者らはこれまでに UCAS (Un-resin Carbon-fiber Assembly System) 工法の提案・研究を行ってきた。UCAS 工法とは、非硬化型連続炭素繊維 (UCCF) をエポキシ樹脂などで硬化・成型せず、繊維素線のままで平行弦集合材ケーブルとしてコンクリート部材の補強筋に用い、それをロボットによって自動設置する新しい補強工法である。この工法は、設計、積算、配筋などをオンライン化することで時間短縮やコスト削減がなされ、さらには省力化や省資源化が図られ、環境に配慮した施工が行えるなどの利点がある。また、本工法では炭素繊維を硬化させないため、折り畳んで輸送できるため輸送コストの削減も期待できる。

そこで本研究では、UCAS 工法によるプレキャストコンクリート床版を製作するにあたり、UCCF 補強材の製作方法を確立し、同補強材の引張特性を把握した。また、この引張特性を踏まえてコンクリート床版を製作し、静的載荷試験を行い曲げ耐力および変形性状などの検証を行った。

## 2.内容

## 2.1 UCCF 補強材の製造法および引張特性

表-1 に示すように東レ (株) 製の T700S と東邦テナックス (株) 製の UT500 の 2 種類を用いた。UCCF 補強材は 12K 炭素繊維 120 束からなる集合体ケーブルであり、図-1 に示すように両端部を炭素繊維およびエポキシ樹脂で硬化させ、自動配筋ロボットと同じ原理を有する手巻き装置を用いた。

試験体は巻き方の異なるタイプ A とタイプ B の 2 種類である。タイプ A は炭素繊維をローラーに通して巻く方法で、タイプ B は炭素繊維を固定してからローラーに巻きつける方法である。両者とも 60 巻き (120 束) であり、バネで一定張力を与え、両端にエポキシ樹脂を塗布した後、炭素繊維をらせん状に巻きつけ硬化させ、両端部を補強した。その後、両端部を鋼管スリーブと膨張材による膨張作用により定着した。試験体は表-2 に示すように、炭素繊維の種類および巻き方の異なる 3 シリーズである。引張試験は万能試験機を使用し、載荷は毎分 250N/mm<sup>2</sup> の速度とした。

全試験体の破断形態は、非硬化部の破断であった。試験体は 2 つに分断されることはなく非硬化部でのフィラメント 1 本ずつが破断しており、どの試験体も繊維が毛羽立つ現象が見られた。

表-3 に試験結果を示しているが、どのシリーズも引張強度にあまり差がないことがわかった。同表に示す比強度とは、試験値である引張強度を公称引張強度で除した値で、また保証引張強度は引張強度の平均値から標準偏差の 3 倍を引いた値である。

各シリーズの試験前の炭素繊維表面を比較してみると、シリーズ I および II は表面に毛羽立ちが多く

表-1 炭素繊維物性値

| 種類    | フィラメント数 (本) | 断面積 (mm <sup>2</sup> ) | 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------|-------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| T700S | 12000       | 0.46                   | 4800                      | 2.30 × 10 <sup>5</sup>     |
| UT500 | 12000       | 0.46                   | 4810                      | 2.40 × 10 <sup>5</sup>     |

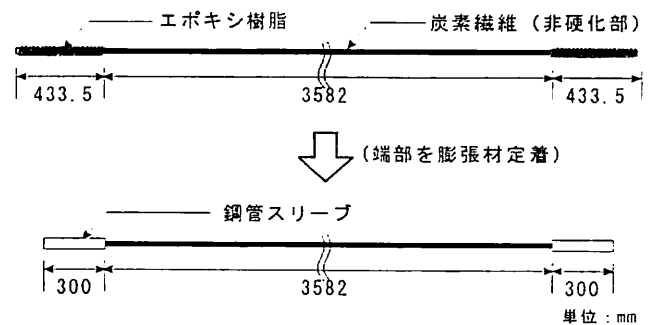


図-1 UCCF 補強材概略図

表-2 試験体の諸元

| シリーズ | 炭素繊維  | 巻き方   | 試験体数 (体) | 断面積 (mm <sup>2</sup> ) |
|------|-------|-------|----------|------------------------|
| I    | UT500 | タイプ A | 3        | 55.2                   |
| II   | T700S | タイプ A |          |                        |
| III  | T700S | タイプ B |          |                        |

表-3 試験結果

| シリーズ | 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> ) | 保証引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 比強度 (%) |
|------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------|
| I    | 1328                      | 1.87 × 10 <sup>5</sup>     | 1199                        | 28      |
| II   | 1298                      | 1.86 × 10 <sup>5</sup>     | 1022                        | 27      |
| III  | 1342                      | 1.98 × 10 <sup>5</sup>     | 1056                        | 28      |

見られたが、シリーズⅢではあまり見られなかった。表面の毛羽立ちは手巻き装置端部のローラーとの擦れおよび炭素繊維同士の擦れによってできたものと考えられる。以上のことより、シリーズⅢのタイプBの製作方法が製作段階での炭素繊維の損傷を防ぐことができ好ましいと考えられる。

## 2.2 UCCF 補強材を用いたコンクリート床版の製作法および静的荷重試験

引張試験結果を踏まえ引張補強筋は前節のシリーズⅢを使用した。また、UCCF 補強材に張力を与えることを可能にする特殊なスリーブを使用した。スリーブは固定用と調節用の2種類であり、調節用スリーブにはバネを取り付けることができねじ切りが施されている。使用するUCCF 補強材および試験体の概略図を図-2に示す。

試験体には、UCCF 補強材とコンクリートとの付着特性を向上させるため、グリッドシステムを導入した。グリッドシステムとは、引張補強筋とせん断補強筋との交差部に浸透性の良好なエポキシ樹脂を、その表面に粘性の高いエポキシ樹脂を塗布して、節（グリッド）を設けて機械的な付着力を期待するものである。

試験体は、まず型枠に引張補強筋のUCCF 補強材およびせん断補強筋を所定の位置に設置した。その後、固定用スリーブを型枠に固定し、調節用スリーブで引張補強筋1本当たり4.9kNの張力を与えた。次に、引張補強筋とせん断補強筋の交点をロックタイで固定し、グリッドを製作した。なお、コンクリートには高強度コンクリートを使用した。

静的荷重試験では、試験体の耐力および変形性状などの検証を行った。

荷重-たわみ関係を図-3に示す。同図より、設計荷重の3倍以上までひび割れは発生することなく、全断面が有効に働いていることがわかった。図-4に試験体のひび割れ図を示す。同図より、せん断補強筋位置でひび割れが集中して発生していることがわかる。

## 3. 結論

- (1) UCAS工法を用いたUCCF 補強材の作製方法を確立することができた。
- (2) UCCF 補強材を用いたコンクリート構造物の製作方法を確立することができた。
- (3) UCCF 補強材がコンクリート補強材に適用可能であることが明らかになった。

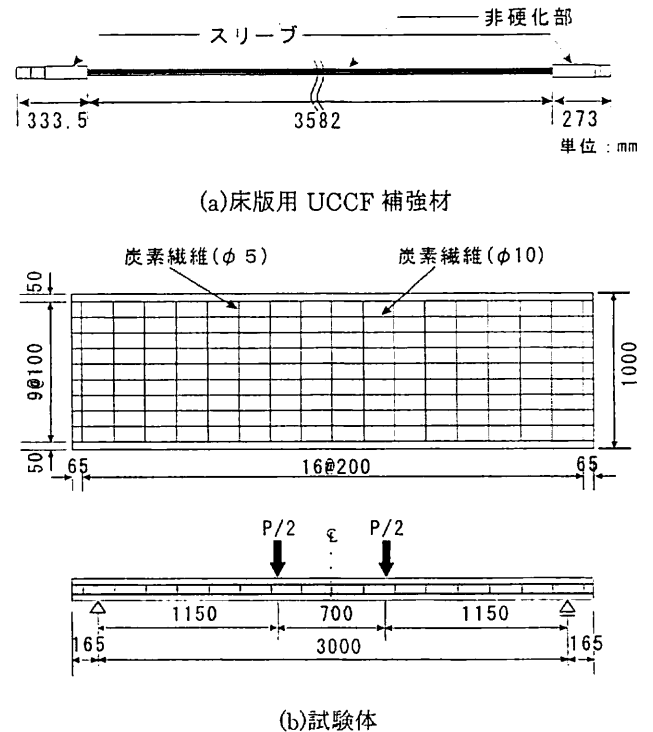


図-2 UCCF 補強材および試験体概略図

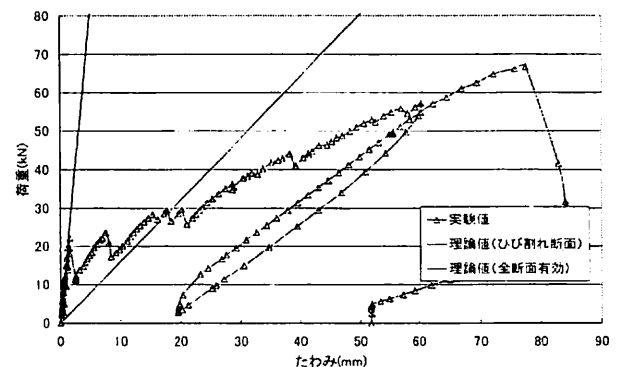


図-3 荷重-たわみ関係

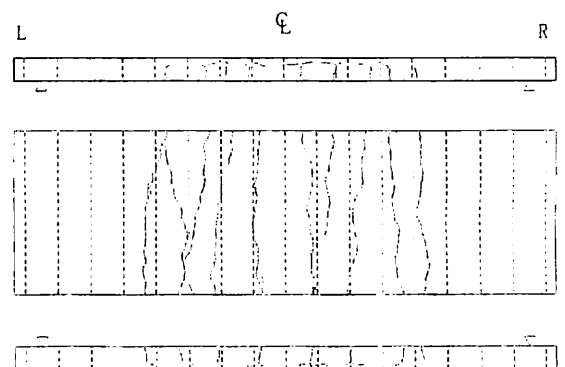


図-4 ひび割れ図