

FRPの付着特性についての基礎的研究

法政大学大学院 学生員 金子 昌生
 法政大学工学部 正会員 満木 泰郎
 正会員 田中 弘
 株式会社ピー・エス 正会員 竹本 忍

1. まえがき：本研究は、FRP製補強材（以下FRPと呼ぶ）をプレストレストコンクリートおよび鉄筋コンクリート用の補強材として使用する際に重要な、補強材とコンクリートとの付着特性を明らかにすることを目的としている。本研究の特徴は、FRPがチャックによる定着が困難という点に着目し、付着試験方法として単純引抜き試験法を用いず、チャックが不要なRILEMの暫定試験方法（以下RILEM法と呼ぶ）を採用したことにある。また、RILEM法にはA法とB法の二種類の寸法の供試体があり、前回のB法での実験に引き続き今回はA法（細径の補強材に適する）で実験を行った。補強材のひびわれ分散性は重要な付着特性の一つであるが、本報告ではひびわれ分散性試験の結果をあわせて記している。

2. 実験概要：RILEM-A法はB法と同様に、二対のコンクリートブロックを圧縮力を伝達する鋼製のヒンジと付着試験の対象となる補強材とにより一体化された構造の梁であり、引張力は補強材にのみ作用するようになっている（図-1）。またコンクリートブロックは付着試験時の割裂破壊を防止するために、十分な量のスターラップで補強がなされている。使用した補強材はCFRPを三種類、AFRPを一種類、また比較のための異形鉄筋および普通丸鋼の計六種類である。コンクリートについては、RILEM法では圧縮強度 $225 \sim 275 \text{ kgf/cm}^2$ のものを使用しているが、本実験では強度の影響が試験できるよう表-1に示す二種類の配合とした。セメントは早強ボルトランドセメントを用いた。実験はコンクリートの打設、脱枠、湿潤養生の後、複合構造載荷試験機を用いて行った（写真-1）。補強材の自由端の変位を変位計（東京測器製CDP-25）を用いて測定した。

ひびわれ分散性試験は、正方形断面両引き試験法を疑似する梁試験方法（断面三種類、二点載荷）を採用した。使用した主筋はCFRP、AFRP、異形鉄筋、普通丸鋼の計四種類とし、コンクリートの圧縮強度を 300 kgf/cm^2 とした（表-1）。測定はたわみ、コンクリート圧縮部・主筋のひずみ、主筋位置コンクリートのひずみ・ひびわれ幅・ひびわれ間隔について行った。

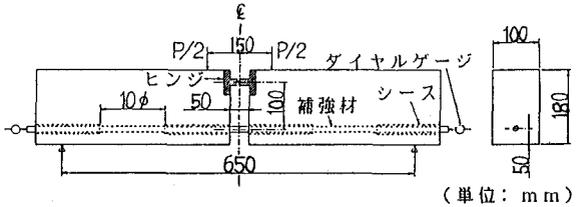


図-1 RILEM-A法

表-1 コンクリートの配合

| 目標 圧縮強度 kgf/cm^2 | 粗骨材 最大寸法 mm | スランブ の範囲 cm | 空気量 の範囲 % | 水セメント比 W/C % | 細骨材率 s/a % |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| 250 | 20 | 8 ± 1 | 4 ± 1 | 6.0 | 47.5 |
| 300 | | | | 5.3 | 46.0 |

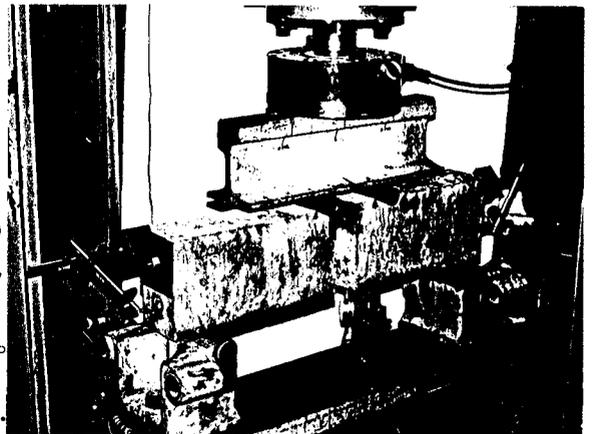


写真-1 載荷状況

3. 実験結果と考察: 実験結果の一例を図-2~5に示す。図-2~4はRILEM-A法での結果である。図-2, 3の縦軸の比付着強度は付着強度を圧縮強度で割って正規化したものである。図-4はひびわれ分散性試験での結果である。図中の数字は土木学会RC示方書のひびわれ間隔式を用いて付着特性を示す定数値を求め異形鉄筋の値で正規化したものである。これらの結果から次のことが言える。

(1) RILEM-A法試験

- ①表面の凹凸が大きいCFRPストランドは、異形鉄筋と同様にかかなりの荷重まで変位はゼロであった。前者は後者に比べて引張強度が著しく大きいため破断せず、最大荷重到達後も自由端の変位は増大した。なお、異形鉄筋は自由端の変位が極めて小さい段階において梁中央部で降伏した。
- ②表面の凹凸が小さいAFRP組紐状ロッド、CFRPロッド1(深溝タイプ)、CFRPロッド2(粗面タイプ)は、比較的小さい荷重で補強材が滑り始め、その後は変位量のみが増大した。したがって付着強度が小さいと予想される。
- ③圧縮強度の影響については、今回は認められるという結果を得たが、なお検討が必要である。

(2) ひびわれ分散性試験

- ①ひびわれ間隔は異形鉄筋、CFRPストランド、AFRP組紐状ロッド、普通丸鋼の順に大きくなっており、(1)との相関性が認められる。
- ②図-5において、FRPは土木学会式が適用できると考えられるが、なお検討が必要である。
- ③主筋ひずみ、コンクリート表面ひずみからCFRPストランド、AFRP組紐状ロッドの伝達長はそれぞれ約60cm、約80cmと判断した。

4. まとめ: 我々はFRPの付着特性試験として、RILEM-A法、B法の各々の実験を行ってきた。その結果RILEM法は補強材の表面形状の影響をうまく表現できると判断し、FRPのような定着が

困難な補強材の付着試験方法として最適であると考え。しかし本方法を実用化するためには、引抜き試験結果との比較などのデータの積重ねや試験方法の簡素化などが必要であると考え。またひびわれ分散性試験結果とあわせて考えると、FRPの付着特性は異形鉄筋と同様に表面形状に極めて依存していると考え。

【参考文献】

(1) RILEM: Bond test for reinforcing steel - beam test UOL 6-N° 32-1973-MATÉRIALX ET CONSTRUCTIONS pp.97~101
 (2) 金子 昌生: RILEM暫定試験方法によるFRP補強材の付着特性 - 土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第5部 pp.212~213 (1992)
 (3) 井上 哲: 炭素繊維強化樹脂補強コンクリートのひびわれ特性 - 土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第5部 pp.214~215 (1992)

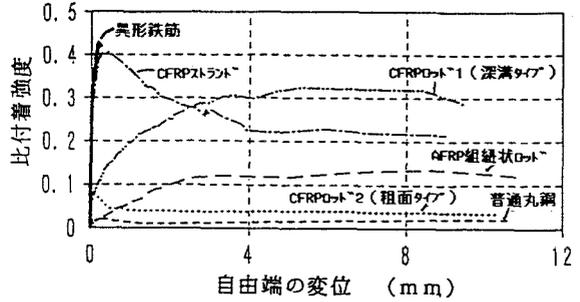


図-2 比付着強度-変位曲線(目標強度250kgf/cm²)

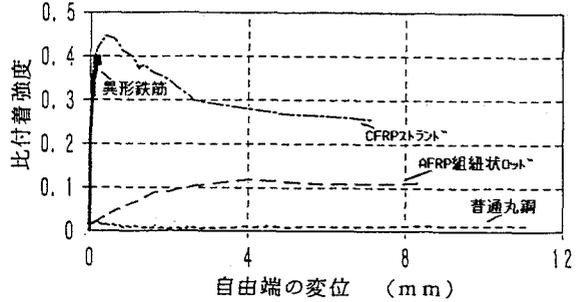


図-3 比付着強度-変位曲線(目標強度300kgf/cm²)

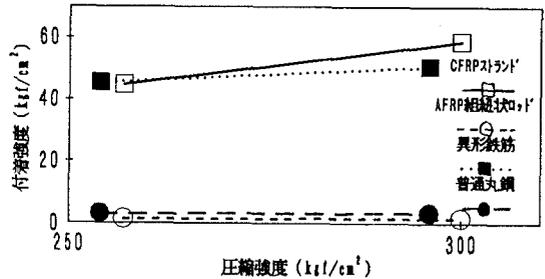


図-4 付着強度-圧縮強度

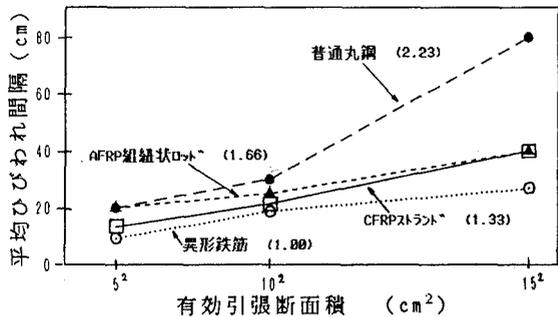


図-5 平均ひびわれ間隔