

論文

[2051] FRP ラセン筋による重ね継手補強に関する研究

菅野 匡^{*1}, 神谷 誠^{*2}, 飯束 義夫^{*3}

1. はじめに

慢性化する大都市圏内の渋滞を緩和するために、現在片側2車線の道路を3車線に拡幅する計画が、高速自動車国道法に基づく整備計画によって事業化されている。拡幅工事では、橋梁もまた3車線に拡幅しなければならないのであるが、既設橋梁部に新設橋梁部を打ち継ぎするためには、既設の床版主鉄筋と新設する床版の主鉄筋を継手によって継がなくてはならない。この際、鉄筋継手が1つの断面に集中するために継手部の強度が低下し、さらに所要の重合せ長さを確保するために既設床版をはつり取らなければならず工費が増加してしまう。

本研究では、この問題を改善するために、重合せ長さが短くとも十分な強度を持つ継手としてCFRP線により補強した重ね継手を既に発表した文献[1]に引き続いて研究対象とし、いくつかの実験を実施し、考察を加えた。文献[1]では、重ね継手、エンクローズ溶接継手、CFRPラセン筋により補強された重ね継手、および、CFRP補強筋により補強された重ね継手の各種の継手をもつ梁試験体の荷重試験、低サイクル疲労試験を行い、その強度と破壊性状を比較検討している。今回は、これらの継手のうち、施工上も有効であるが未だ基礎的実験データに乏しいCFRPラセン筋を取り上げ、継手集中の際に特に問題となる高サイクル疲労試験時の強度を確認し、さらに破壊挙動に関して考察することを目的として荷重試験時にAEによる種々の計測を行った。

2. 実験方法

試験体の形状、実験に用いた継手の形状をそれぞれ図1、図2に示す。試験体のコンクリートは、材齢28日の設計基準強度を 300kgf/cm^2 として、配合試験結果から、 $w/c=45.5\%$ 、単位セメント量（普通ポルトランドセメント） 337kg/m^3 とした。粗骨材は最大寸法25mmの砕石を使用した。主鉄筋はSD345 D19mm、せん断区間にはスターラップはSD345 D13mmを10cm間隔に配置した。

実験で用いた継手は、補強のない重ね継手とCFRPラセン筋（引張強さ： 300kgf/mm^2 、弾性係数： $2.4 \times 10^6 \text{kgf/cm}^2$ ）で補強した重ね継手の2種類である。表1のように、CFRPラ

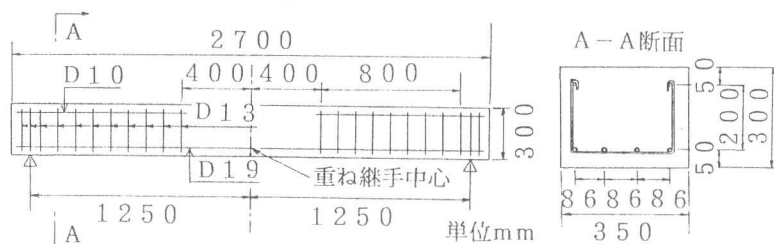


図1. 試験体形状

- * 1 日本道路公団 試験研究所 保全技術研究室 工修（正会員）
- * 2 日本道路公団 試験研究所 保全技術研究室 室長 （正会員）
- * 3 日本道路公団 試験研究所 保全技術研究室 主任 工修（正会員）

セン筋で補強した重ね継手には重ね長さを変えたものが2種類あり、全体で計3種類の試験体を作成した。載荷試験、高サイクル疲労試験ともに3等分点で2点載荷を行った。載荷試験は鉄筋規格降伏強度を σ_{sy} とする $0.5\sigma_{sy}$ 、 $0.7\sigma_{sy}$ 、 $0.95\sigma_{sy}$ のそれぞれの荷重まで載荷、下限荷重を $2tf$ とする除荷をし、最後に破壊するまで載荷した。高サイクル疲労試験は、道路橋示方書の床版鉄筋の許容応力度、重ね長さを算出するための継手の許容応力度であるそれぞれ、 1400kgf/cm^2 、 2000kgf/cm^2 の応力度が鉄筋に発生する荷重で下限荷重を $2tf$ に固定した荷重振幅一定のそれぞれ200万回の繰り返し載荷を行い、その後、破壊するまで荷重をかけた。1体の試験体では、合計400万回の繰り返し載荷となる。

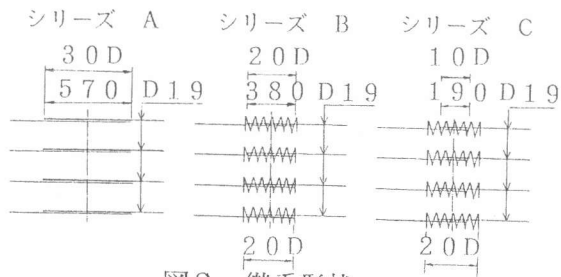


図2. 継手形状

表1. 試験体種類

名称	重ね長さ	補強筋の種類	試験供試体数量
シリーズA	570mm	なし	各試験1体
シリーズB	380	CFRPラセン筋 長さ=20×19mm, ピッチ=15mm, 内径=60mm	各試験1体
シリーズC	190	CFRPラセン筋 長さ=20×19mm, ピッチ=15mm, 内径=60mm	各試験1体

3. 載荷試験、高サイクル疲労試験による比較検討

表2に試験結果、図3に各試験体の載荷試験破壊時のひび割れ発生状況、図4には載荷試験時のたわみの履歴を示した。曲げ耐力は、シリーズA、Bではほぼ同じ値を示し、高サイクル疲労試験後の載荷でも同様の結果が得られた。シリーズA、Bとも繰り返し載荷後の載荷でも曲げ耐力の減少は認められなかった。

表2. 試験結果

試験体	コンクリート圧縮強度	載荷試験曲げ耐力	高サイクル疲労試験後の曲げ耐力
シリーズA	323 kgf/cm^2	28.1 tf	28.5 tf
シリーズB	345	28.3	28.6
シリーズC	330	23.3	24.5

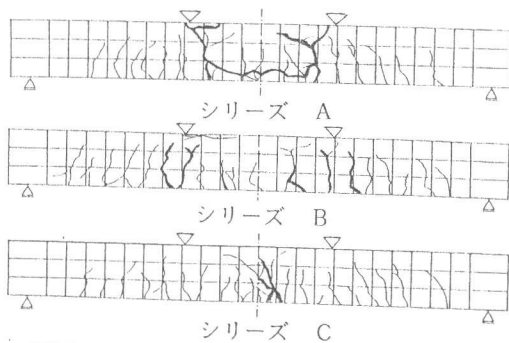
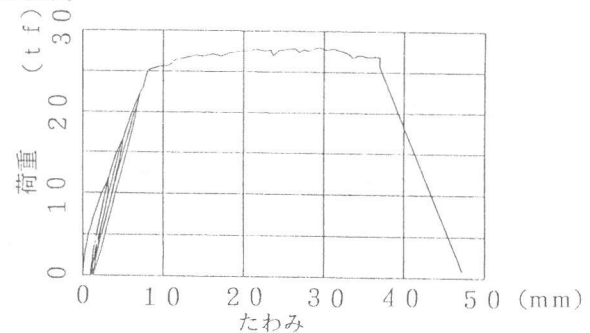
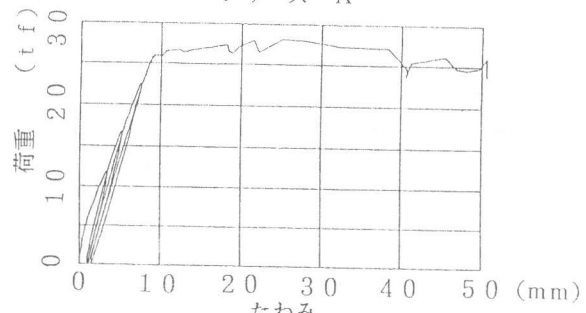


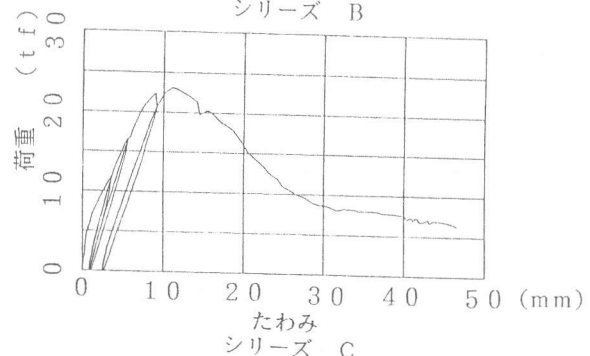
図3. 載荷試験体のひび割れ発生状況



シリーズ A



シリーズ B



シリーズ C

図4. 載荷試験体たわみ履歴

図3に描かれているように全シリーズとも継手端部から発生したひび割れが上部まで伝播し破壊を引き起こしているが、CFRPラセン筋で補強していないシリーズAは、同時に文献[2]の実験結果のような継手面よりの割裂によっても破壊している。シリーズB、Cでは鉄筋面内のひび割れは発生していない。なお、疲労試験時には、シリーズA、Bとも割裂ひび割れは発生していないが、シリーズCでは鉄筋応力 2000kgf/cm^2 の繰り返し载荷中に 0.02mm 程度の割裂ひび割れが認められた。

また、重ね継手中心の鉄筋ひずみ、梁中央のたわみを見ても、シリーズBはシリーズAより若干高めの値を示しているに過ぎなく、継手の応力分配上問題はない。

4. AEによる破壊挙動の比較検討

表1に示した試験体のうちシリーズA、Bの試験体各1体ずつに载荷試験同様のサイクルで载荷し、イベントカウント、イベント継続時間を計測した。さらに、鉄筋周辺のクラックの伝播状況を知る目的で、シリーズBでは2次元の破壊源探査を行った。この時、試験日程の都合で試験体中の音速を試験開始前

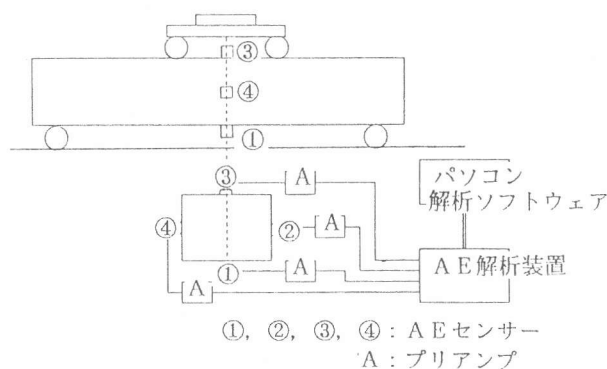


図5. AEセンサー取り付け位置

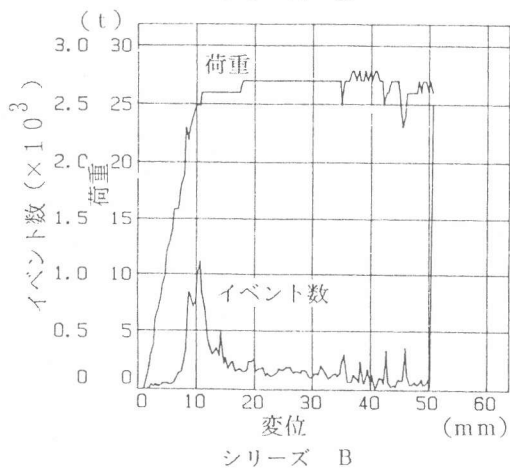
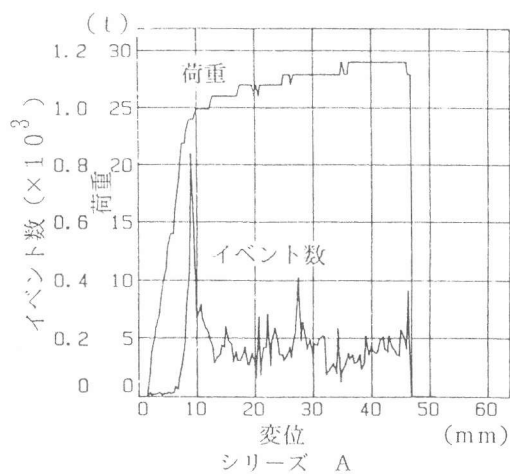


図6. イベントカウント結果

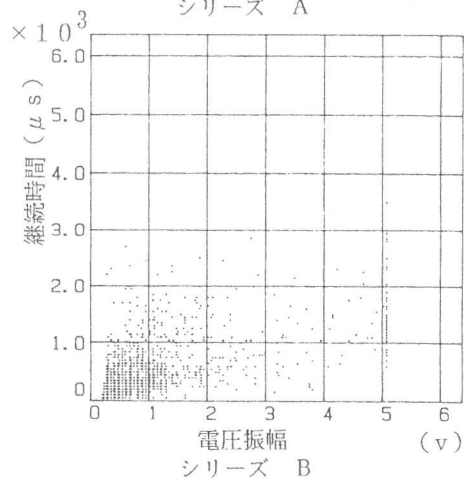
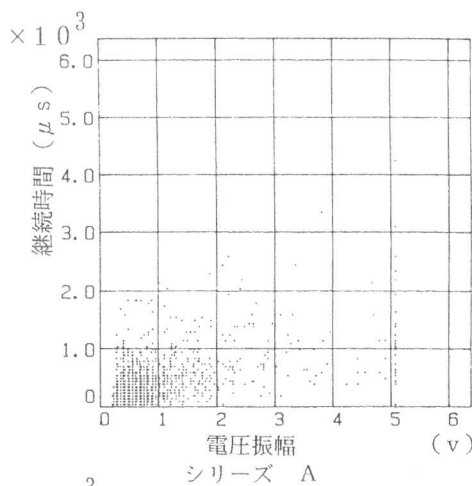


図7. AE継続時間

に1度しか測定していないため、その結果は厳密な位置を表すものではない。図5にAEセンサー取り付け位置、AEブロックダイアグラムを示した。図6は、最終荷重段階での試験体下面第1センサーで観測されたイベントカウント、図7はそのときのイベントの継続時間、すなわち、しきい値以上の電圧の継続時間の分布、図8は4つのセンサーによる2次元での0から

12tの荷重段階で評定可能であったイベントの発生位置を示している。図6を見るとシリーズAには明瞭なカイザー効果が現れているが、シリーズBにはイベントカウントのピークがなだらかとなる傾向が見受けられた。この事実は、ラセン筋が存在することでラセン

筋内部と外部でコンクリート物性が異なる特性をもつ、いわば複合性のある材料に変化したことを示していると推測される。破壊源探査の結果からは、両側のラセン筋内部微小破壊が抑制されていることが見て取れる。シリーズBに継続時間が若干長いイベントが見受けられた。

今回行ったAE試験では、試験体の数がそれぞれのシリーズについて1体ずつであるので結果は参考程度のものと考えている。

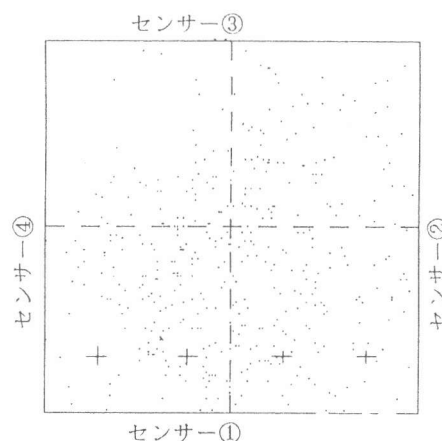


図8. 破壊源探査結果

5. まとめ

- 1) 荷重試験および高サイクル疲労試験の結果、CFRPラセン補強筋により補強された重ね継手は鉄筋直径の20倍の重合せ長さでもコンクリート標準示方書に規定された重合せ長さの重ね継手と同等の曲げ耐力および疲労耐力が期待できる。
- 2) 使用状態において発生することが予想される応力レベルを荷重した高サイクル疲労試験においても荷重試験において見られるような重ね継手部端部のクラックは発生せず、高サイクル疲労試験後に行った荷重試験においても曲げ耐力の低下は認められない。
- 3) CFRPラセン筋により鉄筋面内の割裂破壊を抑制することができたが、文献[2]が比較検討している分散配置された重合せ継手ほどの曲げ耐力は得られず、さらに効果的な継手補強方法を検討する必要がある。

謝辞

実験において、試験体のCFRPラセン筋は三菱化成(株)より提供を受けた。また、AE計測にあたっては、(株)エヌエフ回路設計ブロックの協力を得た。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 木曾茂・山本忠守・飯束義夫：細径鉄筋継手の補強に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.15，No.2，pp.271-276，1993。
- 2) 出雲淳一・榎本松司・岡村甫・池田尚治：各種鉄筋継手の集中度がRC梁の疲労特性に及ぼす影響について，第3回コンクリート工学年次講演会講演論文集，pp.257-260，1991。
- 3) 丹羽義次・小林昭一・大津政康：アコースティック・エミッションによる破壊源探査，土木学会論文報告集，No.276，pp.135-147，1978。