

CFRP 板ヤング係数が RC 曲げ部材剥離ひずみに与える影響

東レ ACE(株) 正会員 ○小畠 克朗
東レ建設(株) 服部 明生

1. まえがき

炭素繊維を一方向に並べてエポキシ樹脂を含浸させ板状に成型硬化させた炭素繊維強化プラスチック (Carbon Fiber Reinforced Plastics : CFRP) 板を、RC 部材に接着剤で貼り付ける曲げ補強が採用されている。CFRP 板の端部を定着しない場合には、CFRP 板がコンクリートから剥離して最大荷重となる。この剥離時の CFRP 板の引張ひずみの CFRP 板のヤング係数の違いによる影響を、既往の CFRP 板貼り付け補強 RC 部材の曲げ試験結果¹⁻⁷⁾に基づいて検討した報告である。

2. 補強部材の曲げ性能

CFRP 板を貼り付けて補強した部材の曲げ試験は数多く報告されているが、貼り付けた CFRP 板の両端部を炭素繊維シートや鋼板とボルトなどで定着したものが多く、定着しないで貼り付けただけの状態で試験した例は少ない。筆者らは CFRP 板端部の定着を行わない場合の構造性能を把握する曲げ試験を行った¹⁻³⁾。この試験と既往の文献⁴⁻⁷⁾における荷重～変位曲線の模式図を図 - 1 に示す。無補強は CFRP で補強しない試験体である。高強度、中弾性、および高弾性は、それぞれ、ヤング係数が 167GPa 程度、285GPa 程度、および 450GPa 程度の CFRP 板で補強した試験体を示す。また、高強度定着無および高強度定着有は、高強度の CFRP 板で補強し、定着無はその端部を定着していない試験体を、定着有はその端部を定着している試験体を、それぞれ示す。図中には、曲げひび割れ荷重、降伏荷重、剥離荷重、および高強度端部定着有の最大荷重を示している。

いずれの試験体も曲げひび割れの発生で剛性が低下しているが、低下の割合は無補強の試験体が大きく、これと比較して CFRP 板で補強した試験体は小さい。無補強の試験体は、曲げ降伏した後変位が急激に大きくなり、曲げ圧縮破壊して最大荷重に達している。一方、CFRP 板で補強した試験体は、曲げひび割れ発生後も剛性の低下が僅かで荷重が高くなる。高強度定着無および中弾性の試験体は、曲げ降伏した後も荷重が高くなり、CFRP 板が剥離して最大荷重に達し荷重が急激に低下している。高弾性の

試験体は、曲げ降伏する前に CFRP 板が剥離して最大荷重に達し荷重が急激に低下している。CFRP 板の剥離は、部材表面のコンクリートを剥ぎ取るような状況である。高強度定着有の試験体は、曲げ降伏後 CFRP 板が剥離を開始するが全体が剥離しないで荷重が高くなり、CFRP 板が破断して最大荷重に達している。CFRP 板が剥離または破断した後は、無補強の試験体と近似した経過を示す。

CFRP 板で補強した試験体は、無補強の試験体と比較すると、曲げひび割れ後の剛性が高く、降伏荷重も高くなり補強効果があることを示している。高強度定着無と中弾性の試験体を比較すると、荷重～変位曲線は近似しており、曲げひび割れ発生、降伏荷重および CFRP 板の剥離の順となる試験経過に顕著な差はないといえる。一方、高弾性の試験体は、曲げ降伏する前に CFRP 板が剥離して最大荷重に達することが特記できる。

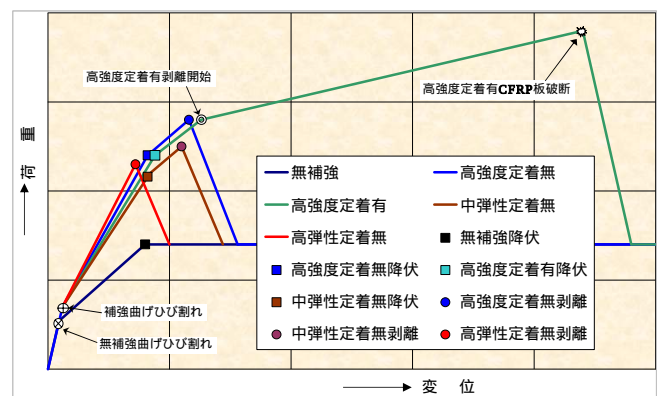


図 - 1 補強部材の荷重～変位関係

キーワード CFRP 板, ヤング係数, CFRP 板剥離, 剥離ひずみ, RC 曲げ補強

連絡先 〒103 - 0023 東京都中央区日本橋本町 2-4-7 東レ ACE 株式会社商事部 TEL03-3279-5481

3. CFRP 板ヤング係数と補強軸筋比との関係

既存部材のコンクリート表面に CFRP 板を貼り付けて補強した部材の CFRP 板補強軸筋比 p_{tr} を、(1)式で定義する。(1)式は〔既存部材の引張鉄筋軸方向剛性 + 貼り付けた CFRP 板の軸方向剛性〕/ 既存部材の引張鉄筋軸方向剛性で、CFRP 板による曲げ補強の程度を引張鉄筋も含めて表している。 d/D は、既存部材の梁またはスラブのせいに関する補正係数である。

$$p_{tr} = [(\sum(A_{st} \cdot E_{st}) + \sum(A_{cf} \cdot E_{cf})) / \sum(A_{st} \cdot E_{st})] d / D$$

$$= [1 + \sum(A_{cf} \cdot E_{cf}) / \sum(A_{st} \cdot E_{st})] d / D \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 p_{tr} : CFRP 板補強軸筋比、 d 、 D : 補強部材の有効せい、全せい

A_{st} 、 A_{cf} : 引張鉄筋、CFRP 板の断面積、 E_{st} 、 E_{cf} : 引張鉄筋、CFRP 板のヤング係数、

試験で得られた CFRP 板の剥離ひずみと(1)式で求めた CFRP 板補強軸筋比との関係を図 - 2 に示す。なお、端部を定着した試験では、剥離開始と明記されている結果のみをプロットしている。図には、高強度 CFRP 板、中弾性 CFRP 板、および高弾性 CFRP 板の総平均値も示している。CFRP 板の剥離ひずみは、CFRP 板補強軸筋比が大きくなるほど、また、CFRP 板のヤング係数が大きくなるほど、小さくなっている。CFRP 板の剥離ひずみの総平均は、高強度が $4,342 \times 10^{-6}$ 、中弾性が $2,985 \times 10^{-6}$ 、および高弾性が $1,964 \times 10^{-6}$ である。CFRP 板のヤング係数が大きくなるほど剥離ひずみが小さくなるのは、CFRP 板とコンクリートとの接着面に発生する応力が、ヤング係数が大きくなるほど大きくなるためと考えられる。CFRP 板のヤング係数の違いが構造性能に与える影響について報告されている^{例え 8)}。この報告では、「高弾性 CFRP プレートと同程度の断面剛性で弾性係数が低い高強度の CFRP プレートを用いた方が、CFRP プレート界面の発生応力が緩和され、疲労延命効果が期待できることが確認された。」と述べている。高弾性の CFRP 板を用いて部材を曲げ補強する場合には、曲げ主筋が降伏する前に CFRP 板が剥離することや、コンクリートとの接着面応力が大きくなるために疲労耐久性能が低くなることなどに注意する必要がある。

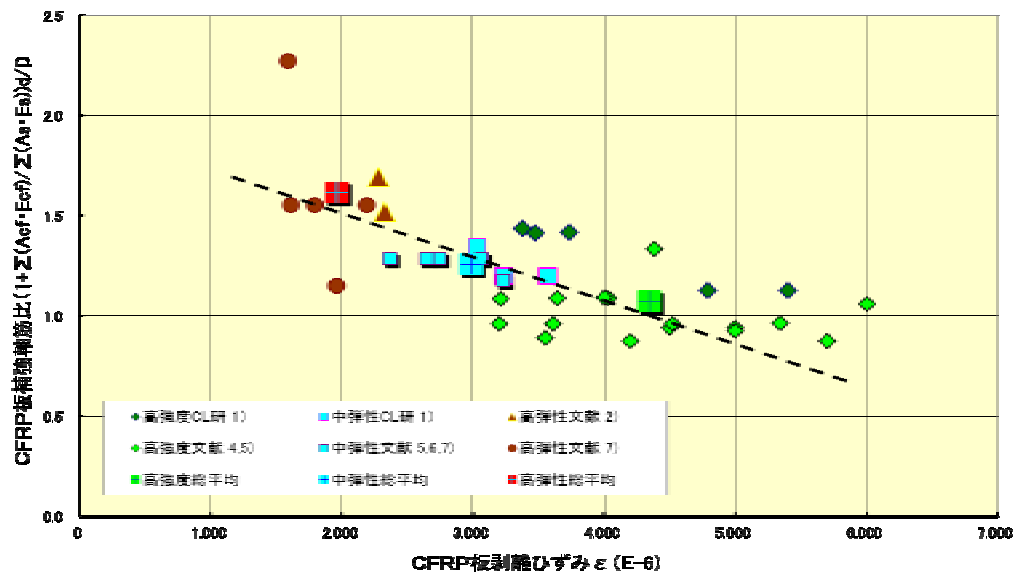


図 - 2 CFRP 板剥離ひずみ～CFRP 板補強軸筋比

4. まとめ

CFRP 板のヤング係数が RC 部材に貼り付けて補強した CFRP 板の剥離ひずみに与える影響について述べた。CFRP 板による曲げ補強は CFRP 板のヤング係数とその剥離ひずみに配慮して設計する必要がある。

【参考文献】

1)CFRP ラミネート工法研究会：CF ラミネート貼付補強 RC 梁・床スラブの曲げ試験，TSI 委託報告書 2)松井孝洋他：CFRP 板による RC 梁および RC スラブの曲げ補強効果について，土木学会第 67 回年次学術講演会（投稿中）3)木村耕三他：CFRP ラミネートを貼り付けた低強度コンクリート梁部材の曲げ性状，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）4)井上真澄他：炭素繊維プレートで補強した RC はりの曲げ特性に関する実験的研究，土木学会論文集 5)榊大林組技術研究所：CFRP 板による RC 補強梁の曲げ試験報告書 6)ショーボンド建設㈱：CF プレートにより補強された RC 梁の曲げ補強効果確認試験報告書 7)GBRC 性能証明第 07-24 号：e プレート工法—CFRP 板を用いた既存 RC、SRC 梁、RC スラブおよび S 梁の曲げ補強工法— 8)加藤貴久他：CFRP プレートを用いた床版の疲労耐久性向上に関する研究，第 32 回コンクリート工学年次論文集（2010）