

疲労荷重下におけるFRPシートの付着剥離挙動に関する実験的研究

茨城大学 正会員 ○岩下 健太郎
 茨城大学 正会員 呉 智深
 茨城大学 Hesham Mohamed Ahmed Diab

1. 研究目的

本研究では、FRPシートの接着によるRC・PC構造物の補修・補強技術におけるFRP-コンクリート接着界面に及ぼす疲労荷重の影響を、FRPの引張ひずみ分布や剥離の起点となる予亀裂周辺における変位を詳細に観察することにより検討する。

2. 実験供試体の製作方法

FRP-コンクリート接着界面の挙動を検討するための実験方法は、図-1に示すように鋼ボルトを事前に埋め込んだ直方体のコンクリート塊を付け合せる形で配置し、その対角面にFRPシートを接着したうえで鋼ボルトを引っ張ることでFRP-コンクリート接着界面にせん断応力を生じさせる両引きせん断試験方式で行った。

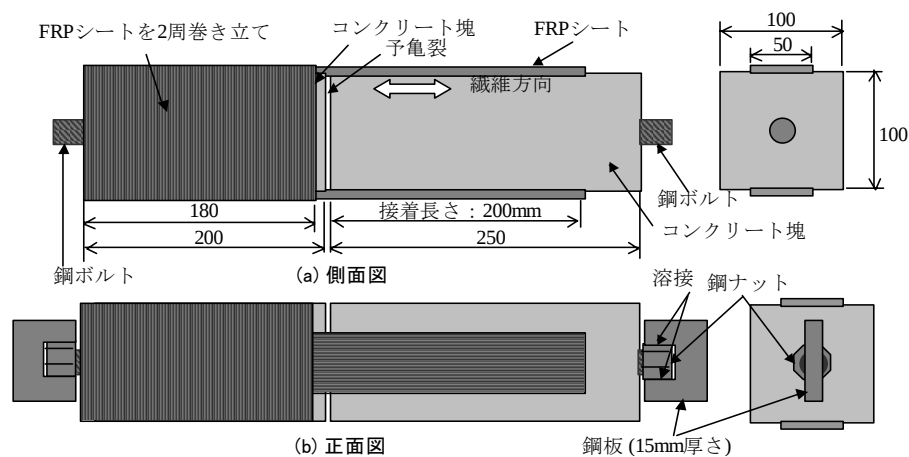


図-1 両引きせん断試験供試体の寸法図

ここで、FRPには国内外で最も需要の多い高強度タイプの炭素繊維シートを採用した。コンクリートの表面処理は、ダイヤモンドサンダーで骨材が露出するまでコンクリート表面を削り、アセトンを含ませた布で削りくずを拭き取った上でエポキシプライマーを塗布する方法で行った。なお、プライマー塗布後、12時間経過後に炭素繊維シートに繊維含有率(V_f)が50%となるような量のエポキシ樹脂で含浸・接着した。

3. 実験方法

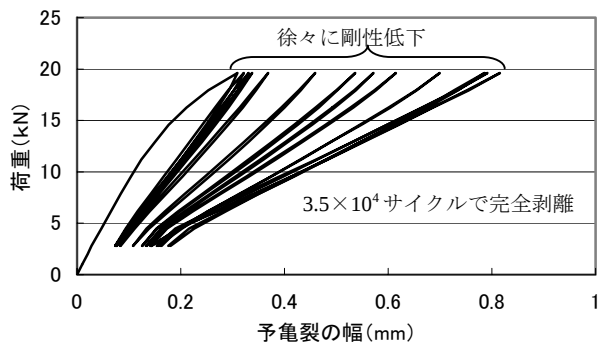
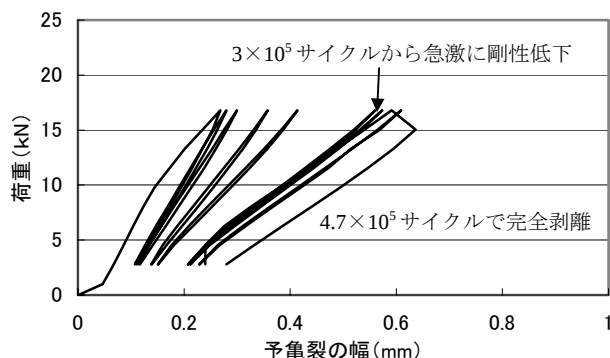
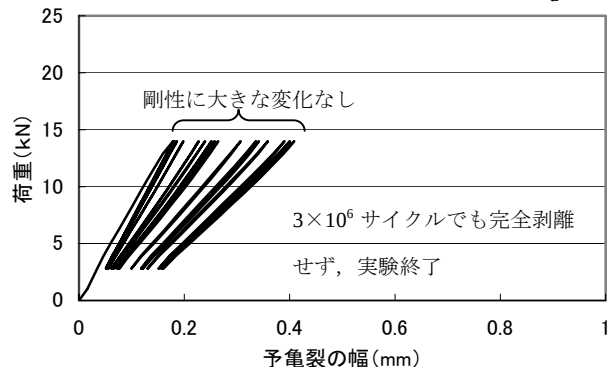
まず、両引きせん断試験を静的荷重下で3体行い、最大荷重の内最も小さい値を静的剥離荷重(P_0)として疲労荷重の基準とした。ここで、紙面の都合により付着剥離挙動に関する記述は省略するが、荷重速度2kN/minで静的試験を行った結果、 P_0 は34kNであった。付着疲労試験における繰り返し最大荷重は $0.58P_0$ 、 $0.49P_0$ 、そして $0.41P_0$ とし、繰り返し最小荷重はいずれの場合にも $0.08P_0$ とした。付着疲労試験にはInstron8502油圧サーボ式疲労試験機(100kNロードセルを装備)を使用し、波形はsin波形で荷重速度は5Hzとした。

4. 実験結果

両引きせん断付着疲労試験より得られた荷重と予亀裂幅の関係とFRPひずみ分布を繰り返し最大荷重のレベルごとにそれぞれ図-2～図-4および図-5～図-7に示す。すると、 $0.58P_0$ 供試体では1サイクル目から予亀裂近傍のFRPひずみが一定となっており、30mm程度のマクロ剥離が生じており、他のケースより荷重と予亀裂幅の関係における傾き(剛性)がやや小さいことがわかる。また、 10^4 サイクル程度の短期的な疲労荷重負荷でも剥離が進展していき、それとともに剛性がさらに低下して、短期的に完全剥離に至った。よって、繰り返し最大荷重がマクロ剥離が生じるレベルにあるような疲労荷重が負荷された場合には、短期間で完全剥離に至ることがわかった。次に、 $0.49P_0$ 供試体では、疲労荷重負荷の当初にはマクロ剥離は生じないレベルにあるが、繰り返し回数の増加とともにFRPひずみが増加していき、マクロ剥離が形成された後は急激に剛性が低下し、ある程度短期間で完全剥離に至った。よって、マクロ剥離の形成後は短期間で剥離に至ることが

キーワード FRP, 接着界面, 疲労荷重, コンクリート, 付着剥離

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL 0294-38-5247

図-2 荷重-予亀裂幅の関係 (0.58P_u)図-3 荷重-予亀裂幅の関係 (0.49P_u)図-4 荷重-予亀裂幅の関係 (0.41P_u)

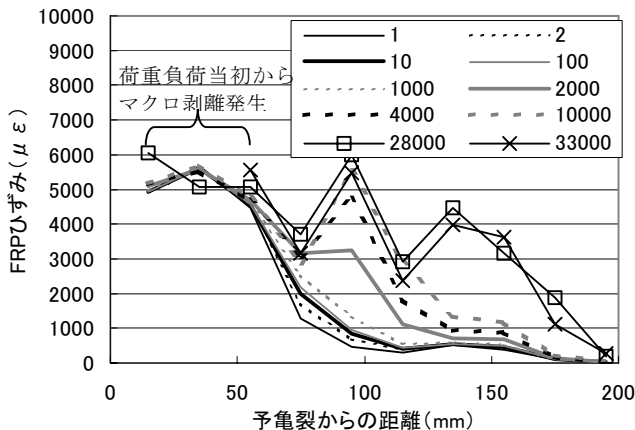
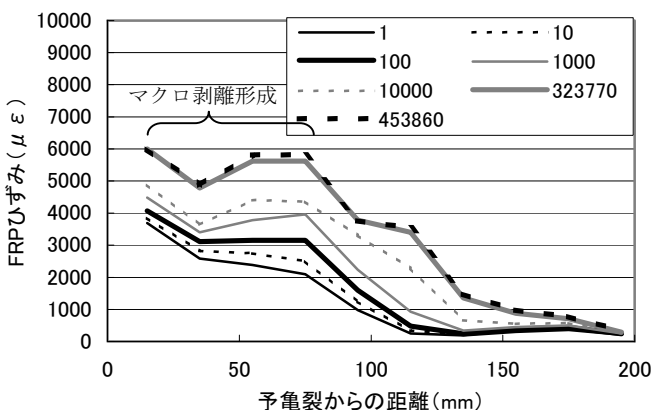
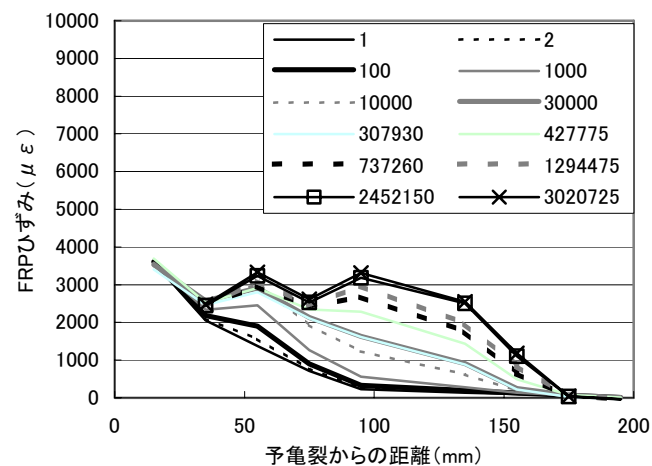
実験的に明確となった。さらに、0.41P_u 供試体では、繰り返し回数の増加とともに FRP ひずみの伝達範囲が広がり、 2×10^6 程度のサイクル数に到達すると、以後はほとんど FRP ひずみが増加しなくなる。そして、マクロひずみの形成および剛性の大きな低下は

見られなかった。よって、マクロひずみが形成されない程度に小さな疲労荷重を負荷した場合には、ある程度ひずみの伝達範囲が拡大した後はひずみ増加が停止し、疲労寿命が飛躍的に延びることが実験的に明確となった。

まとめ：本研究の成果として、疲労荷重負荷により FRP-コンクリート接着界面にマクロ剥離が形成された場合、それ以後は短時間で完全剥離に至るが、マクロ剥離が生じないような小さな疲労荷重を負荷した場合には、繰り返し回数の増加とともにひずみの伝達範囲がより広がることでひずみ増加が鈍化し、マクロ剥離が形成されにくくなり、その結果として完全剥離に至るまでの寿命が延びることが実験的に明確となった。

謝辞：(独) 宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 複合材技術開発センター (ACE-Tec) には実験を行うにあたり多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げる。

参考文献：岩下健太郎, 呉智深, 石川隆司, 濱口泰正, 鈴木俊雄, 連続繊維シート接着界面の疲労荷重下での付着挙動に関する研究, 日本複合材料学会誌, Vol.30, No.1, pp.24-37, 2004

図-5 FRP ひずみ分布 (0.58P_u)図-6 FRP ひずみ分布 (0.49P_u)図-7 FRP ひずみ分布 (0.41P_u)