

表面処理方法の違いがFRPシート・コンクリート間のモードⅡ型破壊靱性値 K_{IC} に及ぼす影響

茨城大学大学院 学生員 三井雅一

茨城大学工学部 正会員 福澤公夫

茨城大学大学院 学生員 須田康之

1. はじめに

FRPシートとコンクリートとの複合界面における剥離は、極めて脆性的な挙動となることが報告されている。そこで、その脆性的挙動の評価に適している破壊力学の導入が検討されている。また、その剥離挙動は、図-1に示すように大別され、一つは複合界面内にせん断力が作用するせん断型(モードⅡ型)剥離であり、一つはピーリングにより生じられる開口型(モードⅢ型)剥離または引張型剥離と考えられよう。前者については、これまでにおいて、筆者らがダブルせん断試験法を用いて、FRPシート・コンクリート間のモードⅡ型破壊靱性値 G_{IIC} の算出を行ってきた¹⁾。本報告は、後者の開口型(モードⅢ型)剥離について、コンパクトテンション(CT)試験法を準用して破壊靱性値 K_{IC} の算出を試みたものである。さらに実験では、FRPシートの接着を行うコンクリート表面の処理方法の違いを因子として、その影響について検討を行った。

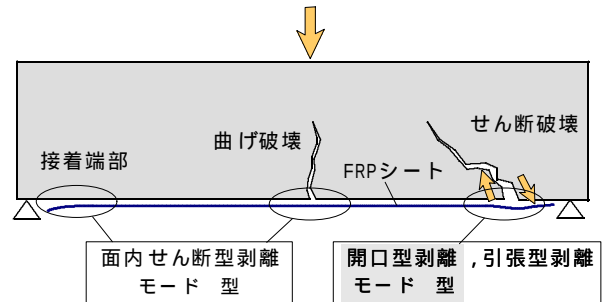


図-1 FRPシートの剥離挙動

2. 試験方法

図-2に示すようにCT試験片は、その上片と下片が同一のコンクリートにて作製し、上片にCFRPシート5層を接着した後、下片の接着面に所定の表面処理を施した後、両辺を一体化してCT試験片とした。また、試験片の切欠きは、図に示すように開口部先端から106mmまでは専用の鋼製型枠を用い成形するとともに、その切欠き先端から先には、理想的なき裂先端を再現するため厚さ0.05mmの剥離フィルムを両片の接着時に挟み込んだ。図-2に示すように、引張荷重の応力集中を避けるため、あらかじめ鋼管を所定位置に配置した。また、載荷位置からき裂先端までの設計き裂長さ a は80mmとしたが、接着時の若干のズレ等によるき裂長さ a の変化を考慮して、破壊靱性値 K_{IC} の算定に用いるき裂長さは、試験後の破断面を実測して使用した。

図-3に載荷方法を示す。載荷は、100kNの変位制御試験機によって行い、変位速度を毎分0.05mmと設定した。ロードセルにより引張荷重 P を、クリップゲージにより切欠き肩部の開口変位量CMODを測定した。

実験では、FRPシートの接着を行うコンクリート表面の処理方法の違いを因子として挙げ、その影響について検討を行った。表面処理方法としては、ディスクグラインダー処理、チッピング処理およびサンドブラスト処理を用い、それぞれについて3体、試験を行った。チッピング処理は、 $\phi 3\text{mm}$ の鋼棒12本を高速に前後させコンクリート表層部を取り除く処理方法とした。また、サンドブラスト処理は、#50のカーボランダムを研磨材として用いた。それら処理後のコンクリート表面 $20 \times 20\text{mm}$ の範囲をレーザ測定装置により3次元表面形状測定を行い、その表面積を算出したところ、ディスクグラインダー処理の場合

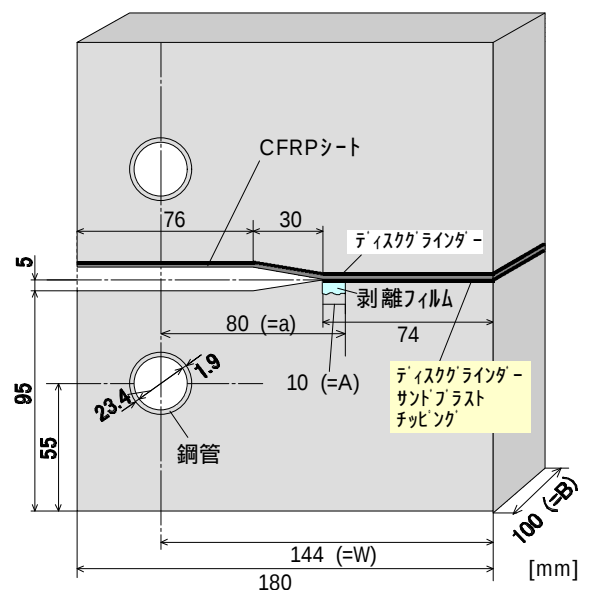


図-2 試験片詳細

キーワード: FRPシート, 破壊靱性値, コンパクトテンション試験, 表面処理方法

連絡先: 〒316-8511 茨城大学工学部都市システム工学科, TEL 0294-38-5162, FAX 0294-38-5268

408mm² に対して , チッピング処理は 506mm² , サンドブラスト処理は 471mm² と同程度の大きな凹凸がコンクリート表面に形成されることが確認された .

3. 試験結果および考察

図-4に得られた P-CMOD 曲線の一例を示す . また , 表-1には , ASTM E399-90 に準じて算出した破壊靱性値 K_{IC} の平均値を示す . 得られた試験結果より , FRP シートを接着する表面処理方法の違いにより P-CMOD 曲線および破壊靱性値 K_{IC} は大きく影響を受け , 本研究では , サンドブラスト処理 , チッピング処理 , ディスクグラインダー処理の順に P-CMOD 曲線が小さくなるとともに破壊靱性値 K_{IC} も小さく算出された . これは , サンドブラスト処理などによりコンクリート表面に大きな凹凸を生じさせることで , FRP シート・コンクリート間との複合界面が複雑な形状になり , き裂進展の抵抗性が増加したためと考えられる .

前述のように , チッピング処理とサンドブラスト処理後のコンクリート面の表面積の算出結果はほぼ同程度であったことからすると , 図-4および表-1に示されるように , チッピング処理の場合がサンドブラストの場合に比べ , P-CMOD 曲線ならびに破壊靱性値 K_{IC} は大きく低減することが分かる . この原因として考えられるのは , 処理後のコンクリート表層部の損傷である . チッピング処理は , 鋼棒によりコンクリート表面を叩き取る処理方法であるため , 処理を施したコンクリート表面近傍に , 細かい損傷が残リ , モード I 型の付着性状に影響を与えたものと推測される . そこで , 蛍光浸透剤によるコンクリート表層部付近の探傷を試みた . 処理を施したコンクリート表面に蛍光浸透剤を塗布した後 , 紫外線照射を行うことで探傷を行った . 図-5に , その観察結果を示す . 白く見える部分が紫外線に反応した蛍光浸透剤である . チッピング処理を行ったコンクリート表層部には , その全域にわたり , とくにモルタルマトリックスにおいて細かい損傷が確認された . それに対し , サンドブラスト処理については , 損傷は確認されなかった . このことから , チッピング処理による損傷が P-CMOD 曲線および破壊靱性値の低減の主因といえよう .

4. 結論

コンクリート表面の処理方法の違いにより , FRP シート・コンクリート間の破壊靱性値 K_{IC} は大きな影響を受け , その表面の粗さが大きいほど K_{IC} は大きくなるが , 表面に損傷を残す処理方法では , 著しく低減することを確認した .

参考文献

- 1) Fukuzawa, K., Numao, T., Wu, Z., Yoshizawa, H. and Mitsui, M: Critical Strain Energy Release Rate of Interface Debonding Between Carbon Fiber Sheet and Mortar, Proceedings of the FRPRCS-3, Vol.1, pp.295-302, 1997.

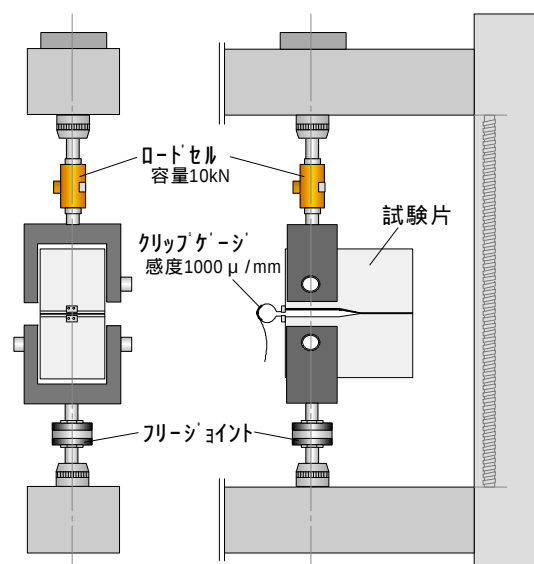


図-3 載荷方法

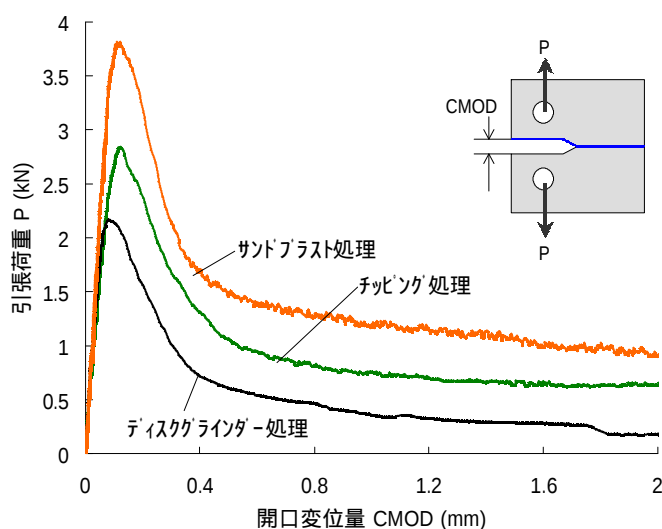


図-4 P-CMOD 曲線

表-1 破壊靱性値 K_{IC} の平均値

表面処理方法	破壊靱性値 K_{IC} [MPa m ^{1/2}]
ディスクグラインダー処理	0.662
チッピング処理	0.854
サンドブラスト処理	1.167

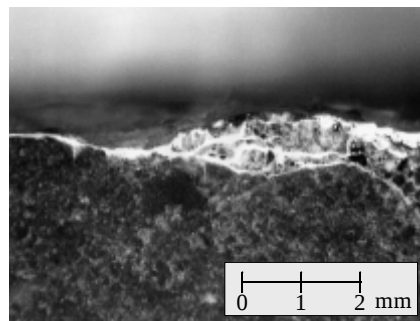


図-5 チッピング処理を施したコンクリートの表層部の損傷