

(V-46) CFRPシート・コンクリート間のはく離付着特性に及ぼす温度・速度の影響

茨城大学大学院 ○学生会員 須田康之
茨城大学工学部 正会員 三井雅一

茨城大学工学部 正会員 福澤公夫
(株)青木建設研究所 正会員 舟川勲

1. 背景および目的

FRP シートの付着性状を大別すると図-1のようにせん断付着、引張付着、そしてはく離付着の 3 つに大別される。本研究ははく離付着特性に及ぼす供試体温度および載荷速度の影響について検討を行ったものである。

2. 試験方法

試験の因子と水準を表-1に示す。供試体温度として-15, 0, 20, 40 および 60 ℃の 5 水準を設けた。載荷速度は 5mm/min および 0.5mm/min の 2 水準とした。ただし 0.5mm/min のデータは既報¹⁾のデータを用いた。試験は 3 体ずつ行った。

図-2に CT 試験供試体を示す。供試体は上片、下片を別々に作製し、上片、下片の間にエポキシ樹脂を含浸した炭素繊維シート（目付量 200g/m²）を 5 層はさんで接着し、硬化させて一体としたものを用いた。接着作業は 20 ℃の環境下で行った。

図-3に試験方法を示す。試験機は冷・熱気循環方式の箱形恒温槽を付属した 100kN の変位制御万能試験機を用い、引張荷重 P を変化させるときの供試体切欠き肩口部の開口変位量 CMOD を測定した。供試体は、あらかじめそれぞれの温度に設定した恒温槽に約 24 時間静置し、また試験機の槽内も設定温度にしておき、供試体を試験機に取り付けた。試験機の槽内の温度が所定の温度に戻った段階で載荷を開始した。

3. 試験結果および考察

図-4に載荷速度を 0.5mm/min および 5mm/min とするときの付着軟化曲線を示す。付着軟化曲線は試験で得られた P-CMOD 曲線のデータを用い、多直線近似法によって求めた²⁾。載荷速度 0.5mm/min では 20 ℃が軟化開始点の付着応力（以後、軟化開始応力という）が最も高く、次いで 0 ℃、-15 ℃と温度が低下するにつれて軟化開始応力が低下している。40 ℃と 60 ℃はさらに軟化開始応力が大きく低下し、曲線の形状も付着応力を一定に保った状態で仮想ひび割れ幅 w_c が増加するじん性的な挙動が認められた。これに対し 5mm/min では軟化開始応力が全ての温度で増加している。曲線の形状は 5mm/min ではひび割れ幅の増加に対する付着応力の減少の度合いが 0.5mm/min より大きくなっており、挙動がよりぜい性的に変化したといえる。特に 40 ℃の場合は、0.5mm/min の軟化曲線では 60 ℃のじん性的な曲線の形状に近い

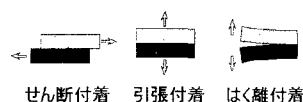


図-1 FRP シートの付着性状

表-1 試験の因子と水準

因子	水準
供試体温度(℃)	-15, 0, 20, 40, 60
載荷速度(mm/min)	0.5, 5

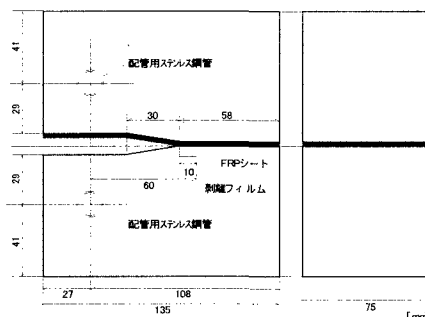


図-2 CT 試験供試体

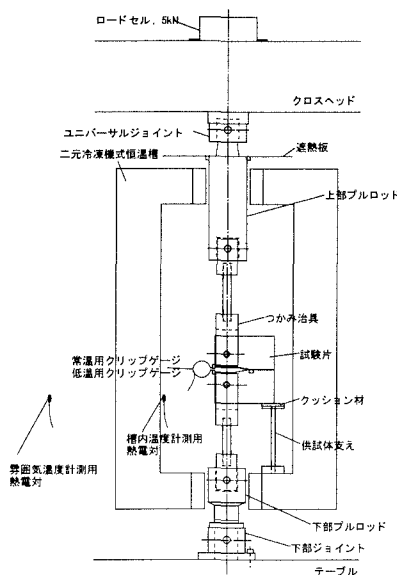


図-3 試験方法

キーワード：CFRP シート、はく離付着特性、供試体温度、載荷速度、破壊エネルギー

連絡先：〒 316-8511, 日立市中成沢町 4-12-1, 茨城大学都市システム工学科, TEL 0294-38-5162, Fax0294-38-5268

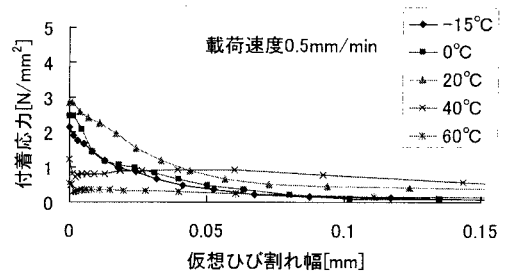
が、5mm/min では 20℃ のぜい性的な曲線の形状に近づいている。これより付着軟化曲線も温度、载荷速度の影響を受けるといえる。

図-5に付着軟化曲線によって囲まれた面積である破壊エネルギー G_f と供試体温度との関係を示す。ここでは、 G_f を算出する限界のひび割れ幅 w_c を 0.1mm とした。0.5mm/min よりも 5mm/min の方が破壊エネルギーがいずれの温度でも大きくなっている。0.5mm/min の場合は、20℃ をピークとした上に凸の曲線となったが、5mm/min の場合は -15℃ ～ 40℃ までほぼ一定であった。供試体の破壊面を観察すると、20℃ 以下では全ての供試体がコンクリート部で破壊した。コンクリートは载荷速度が増加すると G_f も増加するという³⁾、コンクリートの特性を示すものと思われる。40℃ では、0.5mm/min では樹脂部の破壊が見られたが 5mm/min ではコンクリート部の破壊が主に観察された。40℃ では载荷速度が大きくなると G_f は樹脂の性質からコンクリートの性質へと依存の度合いが移行していき、また温度よりも速度に依存する度合いが大きくなると考えられる。

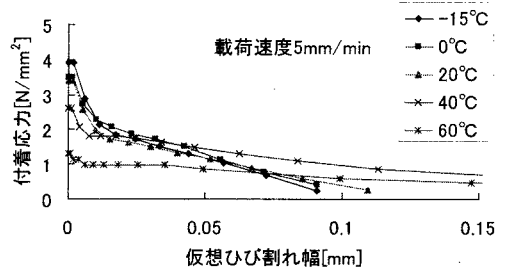
60℃ ではいずれの载荷速度においても G_f が大きく低下しているが、60℃ では全ての供試体が樹脂部で破壊していることから、樹脂がゴム化し、強度などの力学的特性が大きく低下したためと思われる。

図-4に示す FRP シート・コンクリート間の付着軟化挙動がぜい性的挙動であるかまたはじん性挙動であるかを定量的に評価すべく、じん性指標 TI を算出した。じん性指標は、最大付着応力 σ_{max} と限界ひび割れ幅 w_c により囲まれる面積に対する前述の破壊エネルギー G_f の比として表され、式(1)として算出される⁴⁾。式(1)を図-6中に示す。このじん性指標は 0 から 1 の値を表し、0 を示す場合は完全ぜい性挙動を示す場合である。図-6に算出したじん性指標 TI を示す。低温では TI が低くぜい性的であり、高温では高い値を示しておりじん性的であるといえる。これより TI は温度の影響を受けるといえる。しかし载荷速度を変化させても TI に大きな差は見られない。従って载荷速度による TI への影響は小さいと考えられる。

参考文献：1) 福澤公夫，三井雅一，沼尾達弥，舟川勲：CFRP シート・コンクリート間のはく離付着特性の温度依存性，材料，第 50 巻，第 12 号，pp.1349-1356，2001.12，2) 橋高義典，上村克郎，中村成春：コンクリートの引張軟化曲線の多直線近似解析，日本建築学会構造系論文報告集，第 453 号，pp.15-25，1993.11 3) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造の破壊力学に関するコロキウム，第 1 部，1990，4) 川又篤，三橋博三，福山洋：ハイブリッド型繊維補強セメント系複合材料の引張軟化曲線，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），A-1，pp.385-386，2000.9



(a) 载荷速度 0.5mm/min



(b) 载荷速度 5mm/min

図-4 付着軟化曲線

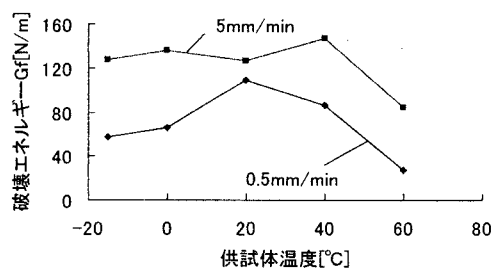


図-5 破壊エネルギー G_f

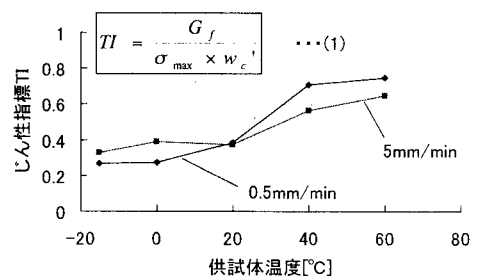


図-6 じん性指標 TI