

CFRPシート・コンクリート間のはく離付着特性の載荷速度の影響

茨城大学大学院 須田康之
 茨城大学工学部 三井雅一
 八戸市役所 田口将凡
 茨城大学工学部 福澤公夫

1. はじめに

コンクリート構造物の耐震補強として用いられる FRP シートの付着を分類すると図-1に示すように,せん断付着,引張付着およびはく離付着に大別される.本研究は,そのうち,コンパクション試験(以下,CT試験という)により得られるはく離付着特性に及ぼす載荷速度の影響についての実験的な検討についての報告である.すなわち,CT試験により得られる引張荷重-開口変位量曲線から推定する付着軟化曲線および付着軟化曲線から求まる破壊エネルギーに及ぼす載荷速度との関係について検討を行った.

2. CT試験方法

図-2に示すように試験片は,独立した上片・下片の間に CFRP シートを接着して CT 試験片としたものを用いた.また,鋼管は載荷時における応力集中により供試体が破損しないようにするため配置した.また,図-2に示すように切欠き先端から 10mm の長さの非接着性フィルム(厚さ0.05mm)を挟み込むことで,FRP シート・コンクリート間の予き裂とした.表-1に用いたコンクリートの配合を示す.

CT 試験方法を図-3に示す.また,載荷速度は表-2に示すように 50mm/min から 0.005mm/min まで 5 水準を設定した.なお,各水準について 2 体の供試体にて試験を行った.試験機は計測制御装置を内蔵する 100kN の変位制御万能試験機を使用した.また,供試体に作用する引張荷重 P をクロスヘッドの上部に取り付けたロードセル(容量 5kN)により測定し,供試体の切欠きの端部の開口量 CMOD をクリップ型変位計(感度 1000 μ /mm)により測定した.なお,それらの測定は,載荷速度 50mm/min および 5mm/min の高載荷速度の CT 試験ではデジタル動ひずみ計にて高速のデータ収集を行った.動ひずみ計の内蔵メモリおよび各載荷速度による供試体破断までの時間の関係から,50mm/min では毎秒 25000 回の計測を行い,5mm/min では毎秒 12500 回の計測を行い, P -CMOD 曲線のピークの正確な特定を試みた.また,それら以外の載荷速度の CT 試験では,静ひずみ計にて毎秒約 2.5 回のデータ収集を行った.



図-1 FRP シートの付着の分類

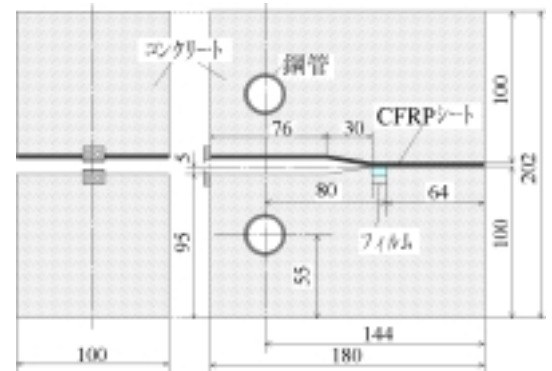


図-2 CT 試験片

表-1 コンクリートの配合

G_{max} (mm)	W/C (%)	s/a	単位量(kg/m ³)					f'_{28} (MPa)
			W	C	S	G	Ad.*	
20	42.0	0.43	170	407	742	991	1.00	51.2

*AE減水剤を使用

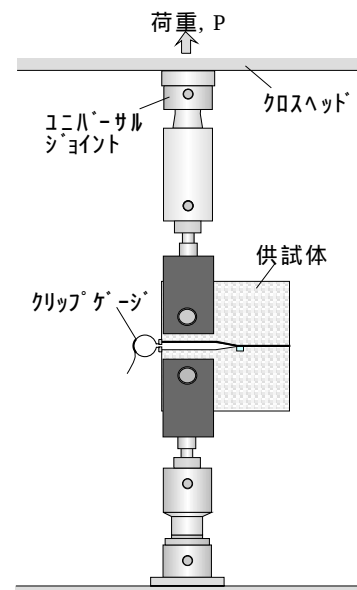


図-3 CT 試験

キーワード:CFRPシート,載荷速度,付着特性,コンパクション試験,破壊エネルギー

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

3. CT試験結果

図-4に CT 試験により得られた P-CMOD 曲線を示す。なお、動ひずみ計にて計測を行った 50mm/min および 5mm/min の測定値は、高速測定に伴うノイズが発生したため移動平均を用いてデータ処理を行った。図から分かるように、載荷速度が増加するにつれ、P-CMOD 曲線の最大引張力 P_{max} は顕著な増加を示すとともに、最大引張力 P_{max} に達した後の CMOD の増加に伴う引張力の低下が大きくなる。また、載荷速度が 0.5mm/min より遅い実験では、最大引張力 P_{max} を含めて P-CMOD 曲線全体が一致した。

4. 付着軟化曲線および破壊エネルギー

コンクリートは、限界値を超えた後、破壊が徐々に進展する準ぜい性材料である。FRP シート・コンクリート間のはく離付着特性にも同様に軟化特性が認められる。福澤ら¹⁾は、その特性を付着軟化特性とよび、コンクリートの引張軟化曲線の推定方法である多直線近似法を用いてその軟化特性を算出している。本研究においても、既報と同様に、仮想ひび割れモデルを導入した FEM を用いた近似解析法を行った。

図-5に近似法により得られた CFRP シート・コンクリート間の付着軟化曲線を示す。図の縦軸は付着応力 σ であり、横軸はひび割れ幅 w_c である。図から分かるように、載荷速度により付着軟化曲線は大きく変化する。その曲線の軟化開始点の付着応力(以後、軟化開始応力という)は、本研究にて載荷速度が 50mm/min の場合 5.4N/mm^2 であり、もっとも遅い 0.005mm/min の場合で 3.1N/mm^2 と、載荷速度の相違により著しい差が生じた。また、図-4の P-CMOD 曲線と同様に、載荷速度が 0.5mm/min より遅い場合では付着軟化曲線は、ほぼ同一となること分かる。さらに、載荷速度が速くなるにつれひび割れ幅 w_c の増加に伴う付着応力の低下が大きくなり、ぜい性的となることが確認される。

図-6に破壊エネルギー G_f と載荷速度との関係を示す。破壊エネルギー G_f は図-5の付着軟化曲線にて囲まれる面積であり、CFRP シート・コンクリート間のひび割れ進展に消費されるエネルギーである。このエネルギーが大きいほど CFRP シート・コンクリート間の付着特性は良好であると評価できる。その際に、限界ひび割れ幅 w_c は 0.1mm とした。図-6の横軸は、載荷速度が 0.005mm/min の場合を 1 とする相対載荷速度を軸としている。図から載荷速度が増加するにつれ、CFRP シート・コンクリート間のはく離を生じさせる破壊エネルギー G_f が増加することが分かる。

5. まとめ

CFRP シート・コンクリート間のはく離付着特性は載荷速度に大きく影響を受け、載荷速度が高くなるにつれぜい性的な挙動を示す。また、破壊エネルギーは、載荷速度の増加により、その破壊エネルギーは増加する。

参考文献 1)福澤,三井ら:FRP 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,(掲載決定)。

表-2 載荷速度の水準

載荷速度 (mm/min)
50, 5, 0.5, 0.05, 0.005

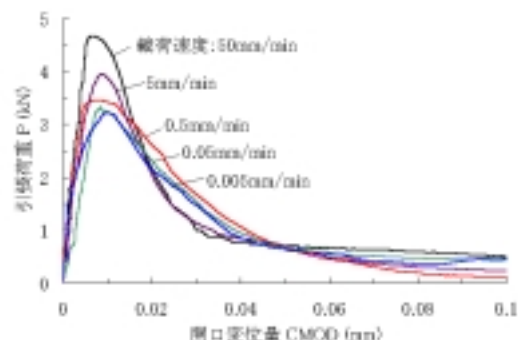


図-4 P-CMOD 曲線

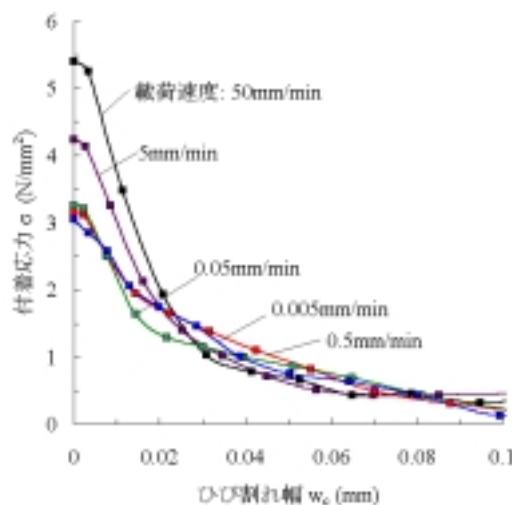


図-5 付着軟化曲線

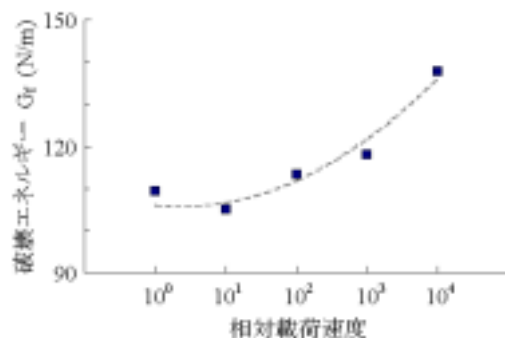


図-6 破壊エネルギーと載荷速度との関係