

大阪大学大学院 学生員 ○土谷 逸郎 大阪大学大学院 フェロー 松井 繁之
日鉄コンポジット(株) 正会員 小林 朗 (株)ケミカル工事 真鍋 隆

1. はじめに

炭素繊維シート (Sheet-Type Carbon Fiber Reinforced Polymer、以下 CFRP シート) に関しては、コンクリートに接着した場合のせん断付着強度の算定を目的とした研究が数多く行われ、近年は付着界面をモデル化した FEM 解析も行われている。しかし、設計せん断付着強度はまだ明確にされていない¹⁾。そこで、本研究室では実部材の曲げひび割れ近傍での剥離現象に着目し、曲げ型試験の形式を用いた機械式の新型試験機を提案し、コンクリート強度をパラメータとした試験を実施して基礎的データの収集を行った。

2. 新型試験機の概要

図-1 に新型試験機の概要を示す。試験機は主に中央部で左右に独立した桁高 200mm の H 型鋼梁から成り、これらを中央頂部でヒンジにより結合し、梁部材上の亀裂を模したスリットを持たせたものである。同様にスリットを挟んで独立した 2 つのコンクリートブロックを、鋼製の C 型チャンネルに収め、下フランジにボルト接合する。CFRP シートはコンクリートブロックにスリットを跨ぐ形で左右対称に貼付する。最終的に CFRP シート貼付位置の桁高は 284mm となる。装置の支間を 1200mm とし、载荷は中央部スリットを挟んで 400mm 間隔で行い、CFRP シート貼付部を等モーメント区間となるようにしている。

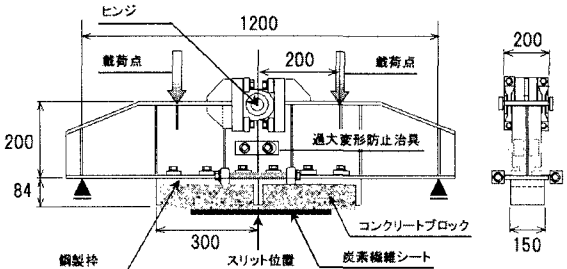


図-1 新型試験機 (単位: mm)

表-1 供試体のパラメータと材料諸元

	CFRP シートの諸元				コンクリートの諸元		付着長: L_d (mm)
	弾性係数 (GPa)	引張強度 (N/mm ²)	厚さ (mm)	目付量 (g/m ²)	弾弾性係数 (GPa)	圧縮強度 (N/mm ²)	
63-15	230	3400	0.167	300	26.3	35.8	150
63-20							200
75-15					24.2	29.1	150
75-20							200

3. 試験の概要

3.1 試験供試体

表-1 に供試体の概要と各材料の諸元を示す。
水セメント比を 63、75%とすることで、コンクリート強度がパラメータとなるようにした。また、せん断付着強度は貼付面積全域ではなく一定の有効付着長区間に分布するので、付着長に依存しないことが既往の研究から明らか¹⁾である。そこで、各強度に対し付着長 150mm と 200mm の供試体を 2 体ずつ、計 4 体を試験した。

3.2 試験方法

载荷は载荷能力 196kN (20tf) の油圧ジャッキ付きフレームを用い静的に行った。载荷速度は剥離時の CFRP シートの表面ひずみ遷移を測定するため、50N/sec 以下とした。測定対象は、20mm (部分的に 10mm) ピッチの CFRP シート表面ひずみ及び、梁中央部のコンクリートブロックの水平相対変位 (開き) との軸方向成分である。基本的に、試験方法は、日本コンクリート工学協会・連続繊維補強コンクリート研究委員会の「引張試験による連続繊維補強シートとコンクリートの付着試験方法」に準拠している¹⁾。

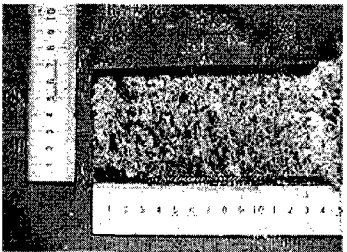
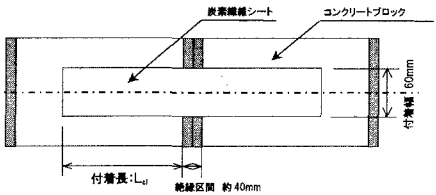


図-3 CFRP シート側での剥離面の様子 (63-15a)

4. 試験結果

4.1 荷重－相対変位関係

図-2に荷重とコンクリートブロック間の相対変位関係を示す。63・75シリーズ共にほぼ同じような荷重で部材の塑性域に入り、その後の破壊時の最大荷重も大差はない。塑性域では剥離が徐々に進行していると推測されるので、63・75シリーズの剥離性状には共通点があると思われる。

なお図-3のように、破壊後の供試体は全てCFRPシート表面にコンクリート粒子が付着していることから、コンクリート表層側で剥離破壊したことが分かる。

4.2 CFRPシートの表面ひずみ

最大荷重の90%に荷重が達した後のひずみ分布において、ひずみ増分が極大値を記録する毎のデータと、遷移によってひずみ勾配が平行移動している様子が見られる特徴的なデータとを抜き出した。そのひずみ遷移を捉えた一例を図-4に示す。遷移していくひずみ増分の勾配に着目すると、①→②→③…と順次、遷移するに従い、ひずみ増分の勾配が緩急を繰り返しながら端部へと平行移動していることが分かる。既往の研究では、このひずみの増加区間を有効付着長と仮定し、せん断付着強度を算定する方法が一般的であるので、それぞれの勾配から次式よりせん断付着強度を算定した。

τ_y = E_{cf}・Δε_{cf}・A_{cf}/S_g/b

ここに、E_{cf}: CFRPシートの弾性係数、Δε_{cf}: ひずみ勾配区間のひずみ差、A_{cf}: CFRPシートの断面積 (0.1002mm²)、S_g: ひずみゲージの貼り付け間隔、b: CFRPシートの幅 (60mm)

表-2に①・②・③より得られるせん断付着強度を示す。これより、得られたせん断付着強度は、①・③と②とで差が大きいので、①・③をτ_y、②をτ_y'とし、2種類に分けてそれぞれの平均値をとった。図-5にその結果を示す。

τ_yに関してはバラツキを含むものの、τ_y'に関してはデータが安定しており、前述の付着長に依存しない性質も満たしている。そこで、τ_y'を信頼するに足るせん断付着強度として評価することとした。その結果、各シリーズにおけるτ_y'の平均値は63シリーズで3.96MPa、75シリーズでは2.85MPaとなった。なお、この差の有意性に関しては、今後、供試体を増やしてから検討したい。

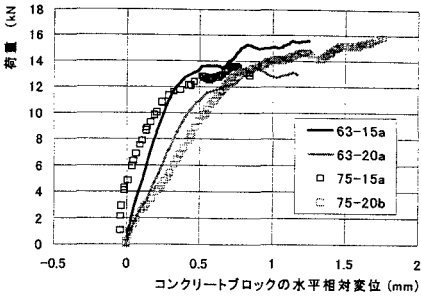


図-2 荷重－相対変位関係

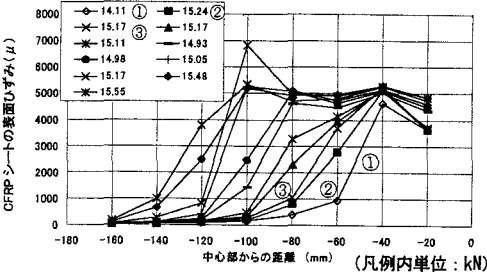


図-4 ひずみ分布の遷移 (63-15a)

表-2 せん断付着強度の算出結果 (63-15a)

①	P= 14.111kN	Δεl = 4618.9	930.1 = 3688.8 μ	τy = 7.10MPa
			Sg = 20mm	
	P= 15.239kN	Δεl = 5113.6	2755.8 = 2357.8 μ	τy' = 4.54MPa
②			Sg = 20mm	
	P= 15.239kN	Δεl = 2755.8	814.3 = 1941.5 μ	τy = 3.74MPa
			Sg = 20mm	ave. 4.14MPa
③	P= 15.170kN	Δεl = 3688.8	1043.9 = 2644.3 μ	τy = 5.09MPa
			Sg = 20mm	

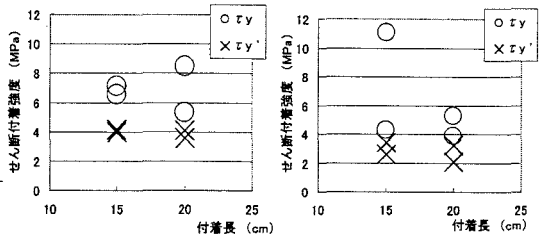


図-5 各供試体におけるせん断付着強度の平均値
左: 63 シリーズ供試体 右: 75 シリーズ供試体

5. まとめ

- ・ 新型試験機によるせん断付着強度試験では、付着領域 (有効付着長区間) がスリットのある中央部から外側に向かって進行する過程を観察できた。
- ・ 2 種類のせん断付着強度を得ることができ、そのうち、信頼性の高い強度の平均値は 63 シリーズで 3.96MPa、75 シリーズでは 2.85 MPa だった。