

ガラス繊維シートの側面接着による RC はりの曲げ補強効果

九州大学大学院 学生会員 LE TUNG PHUONG, 正会員 日野伸一, 山口浩平
 (株)エス・エフエンジニアリング Basem Abdullah
 (株)ウェストホールディングス 佐々部宏

1. まえがき

現在, RC 部材の補強に高強度かつ耐食性に優れた炭素やアラミド繊維シートを, 樹脂接着する補強工法が多く用いられている. 繊維シート接着による RC 部材補強工法は, 施工が簡便で工期が短い等, 施工性に優れた特長を有している. 一方, ガラス繊維シート(以下, GF シート)は, 炭素やアラミド繊維シートに比べ材料単価が大幅に安価であるにも関わらず, ヤング係数が過小なため曲げ補強効率が劣るとして, 日本ではあまり補強実績がないのが現状である. しかし, 要求される補強レベルに応じて GF シートの適用が経済的になることもありうる. そこで本研究では, GF シートの既設コンクリート部材の曲げ補強への適用を目的として, ひび割れ損傷を有する既設木造建物布基礎を対象とした GF シートの側面接着による曲げ補強効果検証実験を実施した. あわせて, GF シートの剥離を考慮した曲げ補強効果の算定法についても考察を加えた.

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体の概略図を図-1, 2 に, 供試体の種類を表-1 に示す. 供試体は, 建物基礎を想定した過小鉄筋比の T 形断面はりで, Type A ~ F の 6 体である. 初期ひび割れ導入後, 全ての供試体のひび割れにエポキシ樹脂注入し, Type A 以外 GF シートを接着して補強した. さらに Type E, F についてはファイバーアンカー(図-3)を 6 本設置しシートの剥離を抑制した.

荷重は, 破壊に至るまで漸増または繰返し荷重を行い, コンクリート・鉄筋・GF シートのひずみ, ひび割れ幅およびスパン中央部でのたわみを計測した.

2.2 実験結果

図-4 にスパン中央部の荷重 たわみ関係を示す. 荷重たわみ曲線において, 終局までの曲線で作られる面積をエネルギー吸収能, 最大荷重時の変位を降伏荷重時の変位で除した値を塑性率と定義した. Type B ~ F のエネルギー吸収能と塑性率がそれぞれ無補強 Type A の約 7.0 ~ 20 倍, 2.2 ~ 3.0 倍が増加することが確認できた. シート補強に伴い靱性が顕著に向上したことが確認できる.

キーワード ガラス繊維シート, 側面接着, 曲げ補強, 剥離

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 九州大学建設設計工学研究室 TEL 092-802-3392

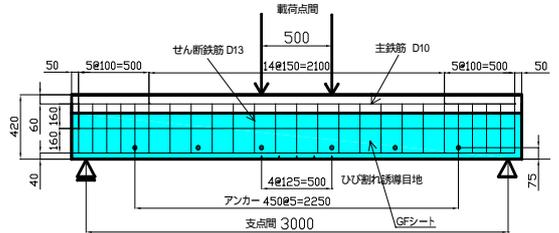


図-1 側面図

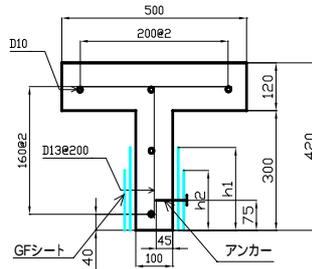


図-2 断面図



図-3 ファイバーアンカー

表-1 供試体種類

Type	貼付位置	層数	1層目高さ(h1)	2層目高さ(h2)	ファイバーアンカー	載荷方法
A	無	無	無	無	無	漸増
B	片面	1	300mm	無	無	漸増
C	片面	2	300mm	150mm	無	漸増
D	両面	4	300mm	150mm	無	漸増
E	片面	2	200mm	200mm	有	漸増
F	片面	2	200mm	200mm	有	繰返し

表-2 材料特性値

エポキシ樹脂	引張強度 (N/mm ²)	72	鉄筋 (SD295A)	降伏強度 (N/mm ²)	364
	破断伸び (%)	5		設計強度 (N/mm ²)	140
GFシート (Tyfo SEH-51)	弾性係数 (kN/mm ²)	3.2	コンクリート	弾性係数 (kN/mm ²)	200
	厚さ (1枚) (mm)	1.3		圧縮強度 (N/mm ²)	45.6
	引張強度 (N/mm ²)	575		引張強度 (N/mm ²)	3.22
	弾性係数 (kN/mm ²)	26		弾性係数 (kN/mm ²)	34.6
	目付量 (g/m ²)	915			
	破断伸び (%)	2.2			

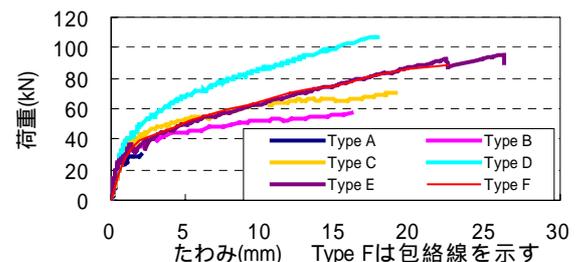


図-4 荷重 たわみ曲線

図-5 に各タイプの最大荷重の比較を示す。図中の()は Type A の最大荷重との比である。GF シートの補強に伴い最大荷重が 2.0 倍～3.8 倍まで増加することが確認できた。Type E, F は、ファイバーアンカーによる GF シートの剥離抑制効果により、Type C と同程度の補強量にも関わらず最大荷重がそれぞれ Type C の 1.4, 1.3 倍増加した。

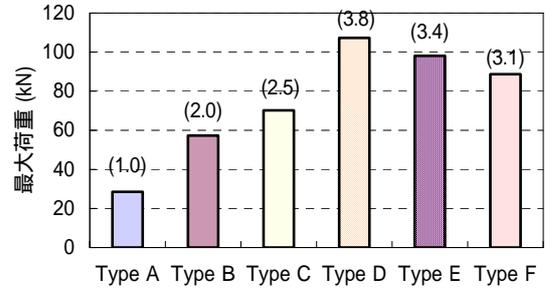


図-5 最大荷重

3. 補強耐力の評価

3.1 GF シートの実測ひずみを用いた耐力算定

Type A については、上縁コンクリートひずみが終局ひずみに達した時を終局状態とし、Type B～F については、最下端 GF シートのひずみを終局時のシートひずみの実測値(設計破断ひずみ 22000 μ の 40%～60%)として曲げ耐力を算定した。表-3 に各タイプの最下端 GF シートのひずみの実測値と計算結果を示す。この計算では、実験値と計算値の比が 0.74～1.34 となった。特にファイバーアンカーを設置した Type E, F では、シートのひずみは 12000～13000 μ と大きく、これを用いた計算値は実験値と良く一致する結果となった。

表-3 曲げ耐力(シートの実測ひずみによる計算結果)

Type	A	B	C	D	E	F
実験耐力(kN)	28.5	57.3	70.2	107	98.1	88.7
実測ひずみ(μ)	—	8090	5456	11836	12754	11950
シートひずみの実測値による計算耐力(kN)	31.7	48.6	52.4	144	93.7	86.2
実験耐力 / 計算耐力	0.90	1.18	1.34	0.74	1.05	1.03

3.2 GF シートの剥離応力¹⁾による耐力算定

本実験で GF シートの剥離が終局耐力を支配することが確認された。そこで、土木学会の補修補強指針による界面剥離エネルギー $G_f (=0.5)$ ¹⁾を用いて耐力算定を行った。即ち、終局時において GF シートの剥離状況の観察より、断面下縁か 200mm の高さまで GF シートが完全に剥離した状態を終局状態と定義した(図-6)。そして、既に剥離した GF シートについては式(1)を用いて一定応力状態として引張力を算出した。また、GF シートが剥離していない部分では完全合成断面としてシートの引張力を算定した。

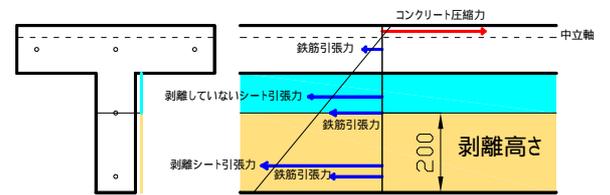


図-6 中央断面におけるひずみ分布図と各力成

表-4 曲げ耐力(剥離応力による計算結果)

Type	B	C	D
実験耐力(kN)	57.3	70.2	107
計算剥離応力(N/mm ²)	142	142	142
計算耐力(kN)	48.2	62.6	97.1
実験耐力/計算耐力	1.19	1.12	1.10

$$\text{剥離シートの引張力} = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} \epsilon_c dx \times E_f \times A_f \quad (1)$$

ϵ_c : 剥離高さにおけるコンクリートのひずみ

ℓ : 剥離長 (mm)

A_f : 剥離した GF シートの断面積 (mm²)

E_f : GF シートの弾性係数 (kN/mm²)

アンカーを配置した Type E, F を除く Type B～D に対して計算結果を表-4 に示す。GF シートの剥離応力に基づく計算値と実験値の比は 1.10～1.19 となり、比較的ばらつきの少ない評価を与えることがわかる。さらに、表-3 に示す実測ひずみを用いた結果と比べ、精度良く評価できると考えられる。

4. まとめ

ひび割れを有する T 形断面 RC はりを対象として、GF シートの側面接着による曲げ補強効果を実験的に検証した結果、(1) 過小鉄筋比の RC はりに対して曲げ耐力および靱性を向上できること、また、破壊形式は GF シートの剥離破壊型であること、(2) ファイバーアンカーの設置により、GF シートの剥離を抑制し、さらなる耐力向上が期待できること、(3) GF シートの実測最大ひずみにより算定した曲げ耐力は、実験耐力の 0.74～1.34 の精度で評価できること、また、GF シートの剥離応力に基づく耐力算定値は実験値の 1.10～1.19 の精度で評価できることがわかった。

1) 土木学会：連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針，2000 年 7 月