

高温時におけるポリウレア樹脂層を有する炭素繊維シート補強工法の付着特性 (1)

—実験的検討—

新日鉄住金マテリアルズ(株) 正会員 ○荒添 正棋, 小林 朗
 鹿島建設(株) 正会員 山野辺 慎一, 新井 崇裕
 北海道大学大学院 正会員 佐藤 靖彦

1. はじめに

既設コンクリート構造物の補強材として連続繊維シートが、近年多く用いられている。この連続繊維シートとコンクリート構造物との間に柔軟性のある樹脂を介し、コンクリートと連続繊維シートとの付着性能を向上させ、曲げ耐力等を向上させる研究も数多くみられる。筆者らも、温度依存性が小さく、一般的に使うエポキシ系の不陸修正材より2オーダー程度小さいヤング係数(70N/mm²程度)を有し、300%以上の伸び性能を持つポリウレア樹脂を変形層に用い有効性を確認してきた¹⁾。また、これまで本工法の低温環境下や疲労特性についての有効性について報告した²⁾が、煙突補強のような高温環境下におけるの構造物への適用も考え、その有効性についてコンクリートと炭素繊維シートとの付着試験を実施したので報告する。

2. 試験体概要および実験概要

表-1 炭素繊維シートの材料特性

材料の種類	引張り強度 (MPa)	ヤング係数 (GPa)	設計厚み (mm)	目付量 (g/m ²)	使用試験体
従来型炭素繊維シート	3890	249	0.333	600	case1
ストランドシート	4360	269	0.333	600	case2~case4

表-1に補強材の材料特性、表-2に試験体一覧を、図-1に代表的な試験体形状を示す。有効付着長さが長いことが推

定されたため、試験装置の制約から土木学会で提案されている連続繊維シートとコンクリートの付着試験方法(案)の両引き法ではなく片引き法を採用した。そのため、偏心に注意して載荷した。コンクリートブロックは、断面を300×300mm、高さを800mmとした。炭素繊維シートは、20mmの非接着区間を設け、コンクリートとの付着長さを700mm、幅を100mmとした。コンクリートの圧縮強度は32.0N/mm²(実験時)であった。

表-2 試験体一覧

case	ポリウレア樹脂層	温度(°C)
case1	無	23
case2	有	23
case3	有	50
case4	有	70

補強方法としてポリウレア樹脂層の無いcase1もあわせて4ケースとし、各ケース3体ずつ実施した。case1は、コンクリート表面に耐熱性のエポキシ系のプライマーを塗布し、その上にエポキシ系の耐熱性の不陸修正材を塗布後、従来型の炭素繊維シートを耐熱性のエポキシ系の含浸樹脂にて貼付けた。case2からcase4は、コンクリート表面にウレタンプライマーを塗布し、その上にポリウレア樹脂を塗布後、ストランドシートを耐熱性のストランドシート専用のエポキシ系樹脂にて貼付けた。温度をパラメータに23°C、50°C、70°Cの3種類を実施した。なお、炭素繊維シートを貼付ける際に使用したエポキシ系のプライマー、不陸修正材および樹脂はガラス転移点が70°C程度有する耐熱性の樹脂を使用した。

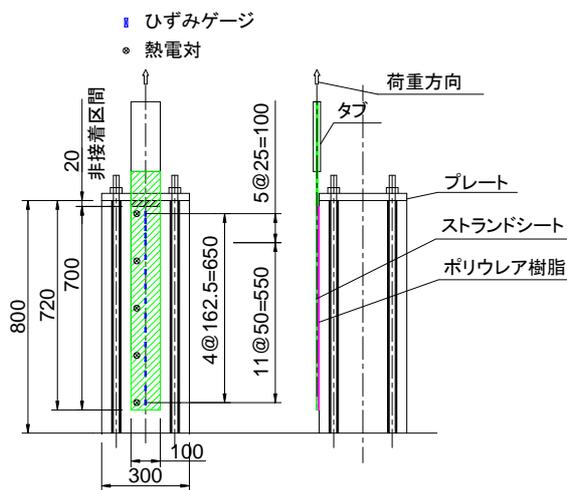


図-1 試験体形状

case3およびcase4については、電熱シートと断熱材(発泡ポリスチレンフォーム)を用い、温度管理を行った。実験時の計測項目は、荷重、試験機のストローク(変位)、炭素繊維シートのひずみ、炭素繊維シート下端における

キーワード：炭素繊維シート、ストランドシート、高温環境、変形層、ポリウレア樹脂、付着試験

連絡先：〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町3-8 新日鉄住金マテリアルズ株式会社 コンポジットカンパニー

TEL：03-5623-5558 FAX：03-5623-5551

相対変位、および温度とした。なお、
 載荷は単調での変位制御とした。

3. 実験結果と考察

表-3 に実験結果を、図-2 に代表的な各ケースの荷重変位の関係を示す。常温の試験体においてポリウレア樹脂無しの case1 に比べポリウレア樹脂有りの case2 の方が荷重においては 3 倍程度、剥離破壊エネルギーにおいては 7 倍程度あった。ポリウレア樹脂有りの試験体において常温の case2 と 50℃の case3 はほぼ同等の耐力および剥離破壊エネルギーを示した。また、70℃の case4 は case2, case3 に比べ 55% 程度の耐力および 1/3 程度の剥離破壊エネルギーを示したが、23℃のポリウレア無しの case1 に比べ耐力、剥離破壊エネルギーに比べ大きな値を示した。

代表的な各ケースの破壊形状を写真-1 に示す。ポリウレア樹脂無しの case1 は、全てコンクリート部の剥離となった。ポリウレア樹脂有りの 23℃の case2 および 50℃の case3 においてはシートの破断およびコンクリートとポリウレア樹脂との層間の破壊モードとなった。それに対して、70℃においては、繊維シートを貼付けたエポキシ樹脂での凝集破壊となった。

図-3 に最大荷重時の代表的な各ケースのひずみと端部からの距離との関係を示す。ポリウレア樹脂層の無い case1 は、575mm~700mm の間での局所的に付着応力を分担していることがわかる(0mm~575mm まで剥離)。一方、ポリウレア樹脂層の有る case2~4 は、計測位置の 0~700mm にかけて緩やかにひずみが伝達されており、全長に渡り付着応力を分担している。このことが、ポリウレア樹脂の無い試験体の耐力に比べポリウレア樹脂を用いた試験体の耐力の方が大きい理由と考える。

4. まとめ

常温および高温下でのポリウレア樹脂を介した炭素繊維シートとコンクリートの付着試験を実施した。ポリウレア樹脂を使用した試験体において、23℃、50℃の試験体に比べ 70℃の試験体の耐力および剥離破壊エネルギーともに低下したが、どのケースでも 23℃のポリウレア樹脂無しの試験体に比べ大幅に大きな耐力および剥離破壊エネルギーを示した。

参考文献

- 1) 高橋, 佐藤, 小林: ウレタン樹脂を有するストランドシート補強 RC はりの曲げ挙動, 土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集, V, pp. 351-352, 2011. 9
- 2) 小川, 佐藤, 小林, 荒添: 常温・低温下におけるポリウレア樹脂層を有する炭素繊維ストランドシートの付着耐力, 土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集, V-026, pp. 51-52, 2013. 9

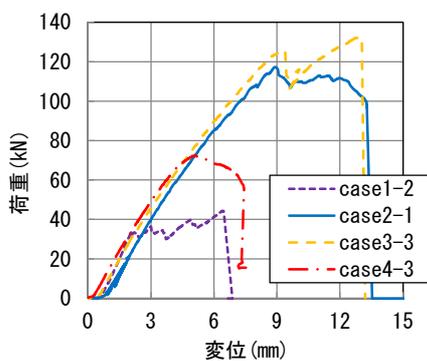


図-2 代表的な各ケースの荷重変位

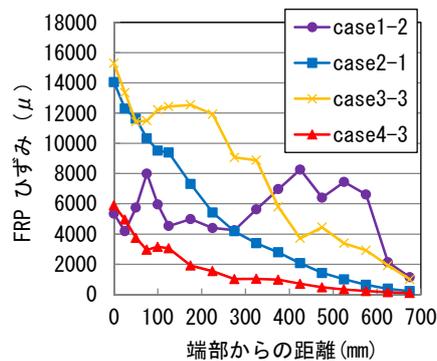


図-3 代表的な各ケースのひずみと端部からの距離との関係

表-3 実験結果

試験体	最大荷重 [kN]		剥離破壊エネルギー [N/mm ²]		破壊モード
	データ	平均	データ	平均	
case1-1	43.7	44.8	1.16	1.22	炭素繊維シートの剥離
case1-2	44.4		1.20		炭素繊維シートの剥離
case1-3	46.2		1.30		炭素繊維シートの剥離
case2-1	117.4	126.8	7.69	9.02	炭素繊維シートの剥離
case2-2	136.1		10.34		炭素繊維シートの破断
case2-3 *1	66.1		2.44		炭素繊維シートの破断
case3-1	124.0	123.8	8.58	8.58	炭素繊維シートの剥離
case3-2	115.4		7.43		炭素繊維シートの破断
case3-3	132.1		9.74		炭素繊維シートの破断
case4-1 *2	91.1	70.7	4.63	2.79	炭素繊維シートの剥離
case4-2	69.2		2.67		炭素繊維シートの剥離
case4-3	72.2		2.91		炭素繊維シートの剥離

※1 繊維シートを繊維方向に載荷できず不採用とした。
 ※2 繊維方向の温度のバラツキが大きくなり不採用とした。

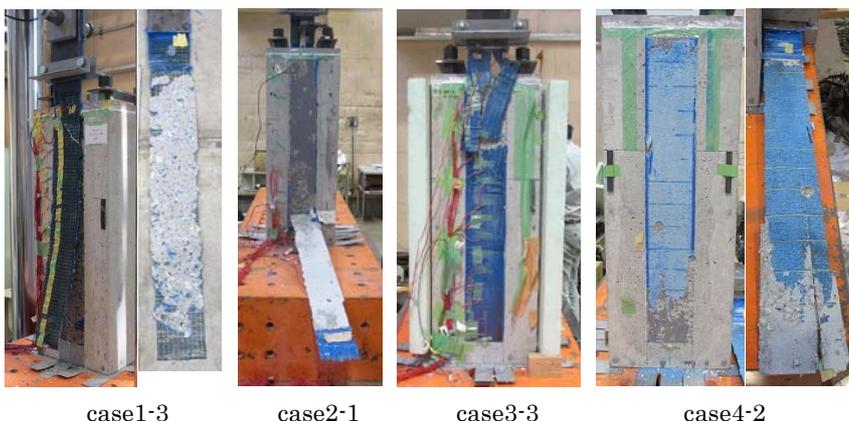


写真-1 代表的な各ケースの破壊形状