

第V部門 連続繊維シートを用いたコンクリートの補強とその耐酸性能

京都大学 学生員○福本 仁志 正員 服部 篤史 サンレシ(株) 嘉指 成詞
京都大学 正員 宮川 豊章 正員 藤井 学

1. はじめに

連続繊維シートの貼付け工法では、シート、樹脂およびコンクリートという複合構造としての挙動、特殊環境下における耐久性等についてはあまり研究されていない。本研究では種々の仕様の連続繊維シートの貼り付け工法によるコンクリートの曲げ性状の改善効果とその酸浸漬後の経時変化について検討した。

2. 実験概要

供試体には、100×100×400 mmの無筋コンクリートの下縁中央に深さ 25 mmのノッチを入れた後、下縁全面に連続繊維シートをエポキシ樹脂で貼り付けたものを用いた。図-1に示すように、載荷スパン 300 mmで中央一点載荷の曲げ試験を行った。実験要因を表-1に、用いた各種連続繊維シートの特性を表-2に示す。樹脂はシートへの含浸性を考慮した標準的なもの(普通タイプ)、架橋構成の調整により耐酸性を高めたもの(耐酸タイプ)、および後者と引張強度が同程度であるが、架橋密度をやや低くして破断伸びを高めたもの(柔軟タイプ)の3つのタイプを用いた。樹脂の特性を表-3に示す。酸浸漬後の経時変化は、劣化促進を目的として同様の供試体の連続繊維シート貼り付け面を 10%硫酸水溶液に室温(5~10℃)にて所定の期間浸漬した後、同様の曲げ試験を行うことにより評価した。なお、0ヶ月時のコンクリート強度は44.1MPaであった。

表-1 実験要因

連続繊維シート	エポキシ樹脂	シートの積層方法	硫酸水溶液への浸漬期間
炭素繊維シート	普通タイプ：軸方向1層、軸方向2層、軸方向1層+軸直角方向1層の3種類	耐酸タイプ、柔軟タイプ：軸方向1層	軸方向1層についてのみ行い 0ヶ月(非浸漬)、1ヶ月、2ヶ月
アラミド繊維シート			
ガラスクロス	専用樹脂	軸方向1層	0ヶ月(非浸漬)、1ヶ月、2ヶ月
セラミックコート*		3 mm厚	

*シートではなくセラミックパウダーを専用樹脂に練込んだ樹脂モルタル

表-2 連続繊維シートの特性

種類	目付量* (g/m ²)	繊維 比重	繊維引張 強度 (kN/mm ²)	繊維引張 弾性率 (kN/mm ²)
炭素繊維シート	300	1.80	3.43	230
アラミド繊維シート	233	1.39	3.43	72.5
ガラスクロス	102**	2.54	1.47	72.5

*炭素繊維シートとアラミド繊維シートではシートの断面積が同じ **軸方向繊維量で、クロスとしては203g/m²

表-3 樹脂の特性

樹脂	比重	引張強度(N/mm ²)	伸び率(%)
普通タイプ	1.1	0.490	3
耐酸タイプ	1.1	0.250	8
柔軟タイプ	1.1	0.210	20

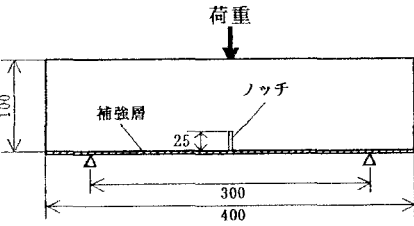


図-1 曲げ試験図

3. 実験結果および考察

実験の結果、樹脂の違いによる顕著な差がみられなかったので、普通タイプについて以下述べる。
[ひび割れ状況] 図-2に示すように、炭素およびアラミド繊維シートについては、曲げひび割れ発生後、割裂ひび割れが発生しそれが剥離ひび割れへと進展した。シートが破断することはなく、シート界面部のコンクリートの剥離によって終局を迎えた。一方、ガラスクロスやセラミックコートでは曲げひび割れ発生とはほぼ同時に補強層が破断した。

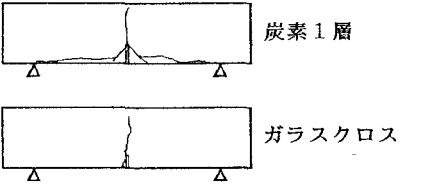


図-2 ひび割れ状況

〔曲げひび割れ発生荷重〕図-3に示すように、どの仕様についても補強効果がみられるが、繊維の弾性率の高い炭素繊維が最も効果大きい。積層枚数が軸方向2層では軸方向1層に比べ補強効果がほぼ倍になっているのに対し、軸方向1層+軸直角方向1層では軸方向の繊維量が軸方向1層のものと同量であるため、ほとんど変化がない。このように、補強層の軸方向の引張剛性が大きいほど曲げひび割れ発生荷重は大きくなる。

〔荷重－変位曲線〕図-4に示すように、炭素およびアラミド繊維シートでは曲げひび割れ発生後も徐々に耐力が増加するのに対し、ガラスクロスおよびセラミックコートでは、曲げひび割れ発生とはほぼ同時に補強層が破断したためにその後の耐力は増加しなかった。炭素繊維シートは弾性率が大きいので曲げ剛性は大きいと同時に同荷重での変位は小さい。そのためRC棒部材への適用の場合、靱性の確保という点からみれば、変位が大きいアラミド繊維シートによる補強の方が優れている可能性がある。また、積層枚数を軸方向2層としても、先述のひび割れ状況となったため曲げ剛性はほぼ同程度であった。

〔連続繊維シートのひずみ〕軸方向に沿って下縁中央から0 mm、25 mm、50 mmおよび100 mmの箇所に貼付けたひずみゲージによって測定したシートのひずみと荷重との関係を図-5に示す。荷重が上昇してシートの剥離が中央部から支点へと進展したことが、シートのひずみが中央から順に急増していることからわかる。

〔耐酸性能〕曲げひび割れ発生荷重の硫酸水溶液浸漬による経時変化を図-6に示す。いずれの仕様の供試体についても、浸漬による低下はみられない。また、ひび割れ状況や曲げひび割れ発生後の曲げ性状についても、非浸漬の供試体とはほぼ同様の結果が得られている。このように、2ヶ月間での酸浸漬では、いずれの補強層もコンクリートを十分に保護しており、自身も酸に対してコンクリートの曲げ性状に影響を与える程の影響を受けていない。

4. まとめ

- (1) 補強層の軸方向の剛性が大きいほど、曲げひび割れ発生荷重は大きくなり補強効果が向上する。
- (2) 炭素およびアラミド繊維シートでは曲げひび割れ発生後もシートが破断せず耐力が増加する。
- (3) 10%硫酸水溶液への2ヶ月間浸漬では、補強効果は低下せず、連続繊維シートによる補強によりコンクリートが酸に対して保護され、補強層自身が受けた影響も、曲げ剛性に顕著な影響を与えるものではなかった。

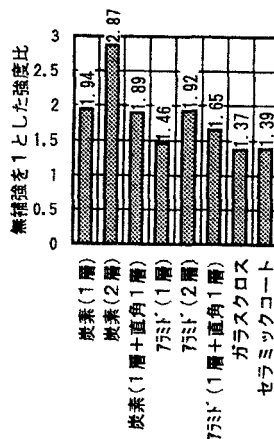


図-3 曲げひび割れ発生荷重(非浸漬)

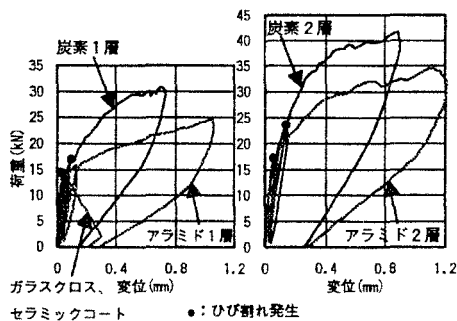


図-4 荷重－変位曲線

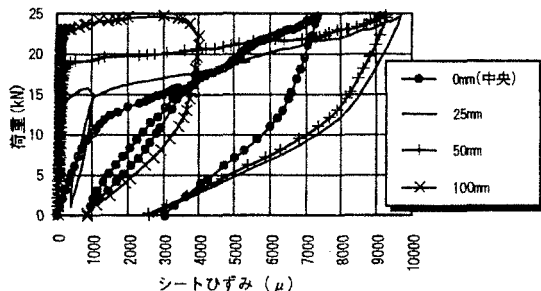


図-5 シートのひずみ分布(アラミド1層)

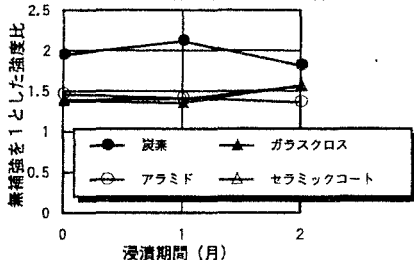


図-6 曲げひび割れ発生荷重の浸漬による変化