

炭素繊維シートによるレジンコンクリートの曲げ補強

(株)サンレック 技術本部 正会員 ○古田 圭一
(株)サンレック 名阪事業部 佐藤 隆治
岐阜大学 正会員 国枝 稔

1. はじめに

レジンコンクリート（以下、REC）は圧縮強度のみでなく引張強度も高いため、単体でも曲げ部材として設計が可能であるが、曲げひび割れの発生と同時に耐力が失われるという脆性的な破壊挙動を示すため、用心鉄筋の意味合いである程度の鋼材補強を行うと共に、曲げひび割れの発生を終局限界状態として設計することが主流となっている¹⁾。
本実験では、種類の異なる炭素繊維（以下、CF）により補強した単純はりの載荷試験を行い、ひび割れ荷重、並びにひび割れ発生以降の耐力力を調査することでじん性の改善度合いを確認し、比較すると共に、有限要素法によって破壊挙動の解析を試みた。

2. 実験概要

2. 1 REC の配合

供試体の作製に使用した REC の配合を、表－1 に示す。
REC は不飽和ポリエステル樹脂（オルソフタル酸系）を結合材とし、細骨材に珪砂（密度 2.65g/cm³）、粗骨材に山砕石（最大寸法 10mm、密度 2.63g/cm³）、充填材に重質炭酸カルシウム（平均粒径 40 μ）を使用した。

2. 2 供試体の種類と載荷試験

補強に用いる CF には、予備試験の結果と補強時の作業性を考慮して、シートタイプ（以下、CFS）を採用した。
表－2 に示す諸元の CFS を、はり高さを変えた 2 種類のはりの引張縁に、不飽和ポリエステル樹脂（イソフタル酸系）で接着した。接着に際し、REC の接着面はサンディングのみで、パテ等による不陸調整等は行わなかった。
製作した供試体の種類を表－3 に示す。
CFS を接着した供試体は、20℃室中に 24 時間以上保管したのち図－1 に示す載荷試験を行い、荷重とたわみ量の関係を計測する共に、ひび割れの発生状況と破壊性状を観察した。

2. 3 解析

2次元非線形有限要素法解析により、載荷試験で測定した破壊性状のシミュレーションを行った。解析には汎用解析コード DIANA を用いた。
解析モデルとして、REC は表－4 に示す材料特性の一般平面要素を、CFS はトラス要素を使用した。
REC と CFS の接着部分については、CFS の接着に用いた不飽和ポリエステル樹脂は、REC と強固に接着するため、剛結（完全付着）と仮定した。

載荷は、載荷点に強制変位を与える方法で行った。

表－1 REC の配合（質量比％）

樹脂	細骨材	粗骨材	充填材	触媒	促進剤
10	20	50	20	0.11	0.11

表－2 CFS の諸元

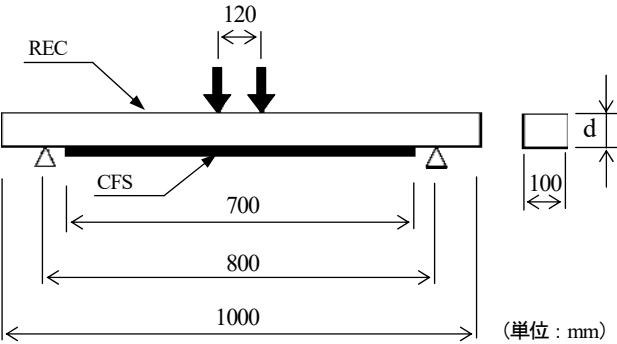
No.	タイプ	繊維目付 (g/m ²)	設計厚 (mm)	引張強度 (N/mm ²)	引張弾性率 (GPa)
M-30	中弾性	300	0.165	2,900	390
M-45	中弾性	450	0.247	2,900	390
H-30	高弾性	300	0.143	1,900	640

表－3 供試体の種類

はり高さ d(mm)	CFS No.	補強材比 (%)
40	M-30	0.41
	M-45	0.62
	H-30	0.36
60	M-30	0.28
	M-45	0.41
	H-30	0.24

表－4 REC の材料特性

引張強度(N/mm ²)	24.0
圧縮強度(N/mm ²)	150
弾性率(GPa)	35.0
ポアソン比	0.2



図－1 供試体と載荷方法

キーワード： レジンコンクリート，REC，炭素繊維シート，CFS，曲げひび割れ，じん性

連絡先： 〒480-0124 愛知県丹羽郡大口町萩島一丁目 106 番地 (株) サンレック 技術本部 TEL 0587-22-5006

3. 結果と考察

3. 1 载荷試験

はり高さが40mmと60mmの供試体の荷重とたわみ量の関係を、図-2、図-3に示す。また、はり高さ40mmの供試体の試験後の状況を、写真-1に示す。

CFSで補強した供試体は、曲げひび割れ発生以降も荷重は増加した。中弾性タイプのCFSで補強したはり高さ40mmの供試体(M-45)は、無補強の場合に比べ、3倍以上の耐荷力を発揮し、最大たわみ量は、最初の曲げひび割れ発生時の6倍以上に達した。

供試体の破壊性状は、はり高さ、CFSの種類によって異なった。中弾性タイプのCFSで補強した供試体は、高弾性タイプで補強したものに比べ、ひび割れ本数が増加する傾向が見られた。

はり高さ40mmの供試体は、最終的にCFSが破断し、破壊に至った。はり高さ60mmで、中弾性タイプのCFSで補強した供試体は、CFS端部で剥離が生じ、破壊に至った。

3. 2 解析

はり高さが40mmの供試体の解析によって得られた荷重～たわみ関係を、実験値と併せて、図-4に示す。

解析で得られた荷重～たわみ関係は、最初に曲げひび割れが発生する時点で若干の荷重低下が生じるが、その後、再び荷重は増加に転じ、ひび割れが発生しながらも荷重とたわみは増加し続けるなど、実験値と一致する挙動を示した。

各供試体の最大荷重、並びに、最大たわみ量に関しては、解析モデルでは、RECとCFSの接着部分を剛結と仮定したため、最終的にCFS端部の剥離によって破壊した供試体では、解析値は実験値を上回る結果となったが、CFSの破断によって破壊した供試体は、解析値と実験値は、概ね一致した。

4. 結論

本実験で得られた結論を、以下にまとめる。

- (1) REC はりの引張縁をCFSで補強することで、曲げひび割れ発生時の急激な耐荷力の低下を防ぐことができ、十分なじん性を確保できることが確認できた。
- (2) CFSの接着に使用した不飽和ポリエステル樹脂は、RECとCFSの付着を確保する上で、良好な性能を有していることが確認できた。
- (3) CFSで補強したRECはりの曲げひび割れ発生以降、破壊に至る迄の挙動は、有限要素解析によってほぼ再現できた。
- (4) REC曲げ部材の設計において、終局限界状態を曲げひび割れの発生以降に設定する際には、CFSは有用な補強材であることが確認できた。

参考文献

- 1) コンクリート工事用樹脂部門委員会：レジンコンクリート構造設計指針(案)，委員会報告，「材料」第55巻第1号，2006年，pp.122-130

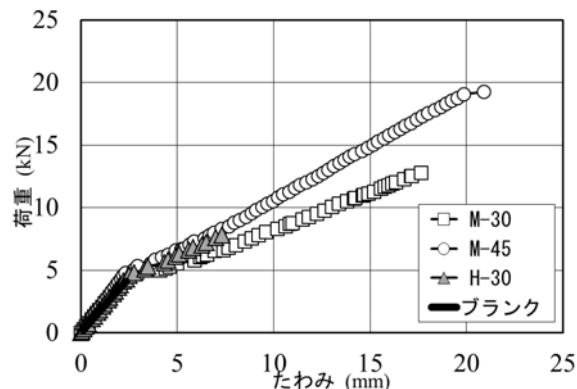


図-2 荷重～たわみ関係 (はり高さ 40mm)

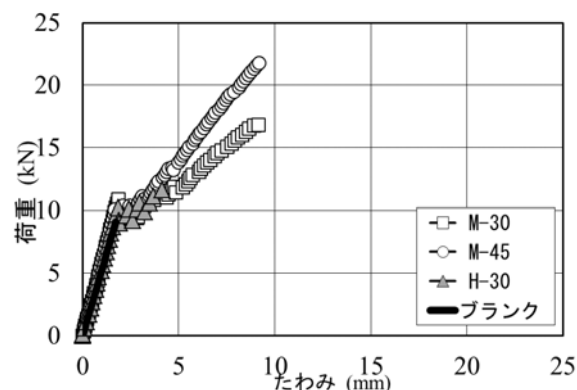


図-3 荷重～たわみ関係 (はり高さ 60mm)

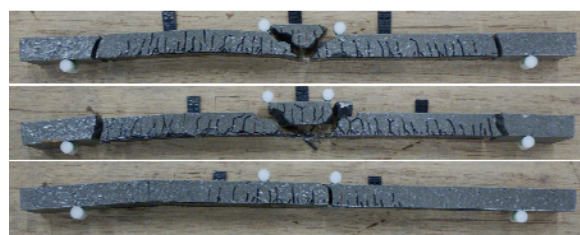


写真-1 载荷試験後の供試体状況 (はり高さ 40mm)
(上段: M-30, 中段: M-45, 下段: H-30)

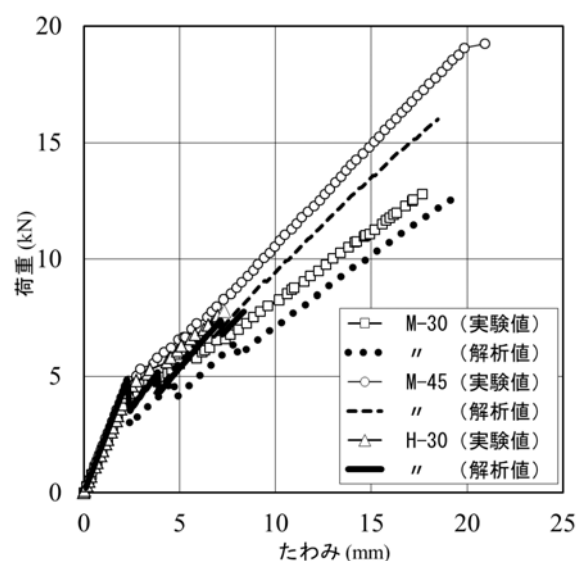


図-4 荷重～たわみ関係 (はり高さ 40mm)