

定着金物を用いた連続繊維シートによる劣化スラブの補強効果

その2 両端固定スラブの固有周期と長期たわみ

スラブ補強 炭素繊維シート 定着金物
振動性能 長期クリープ

正会員 高橋 茂治^{*1} 同 福山 洋^{*2}
同 藤本 効^{*3} 同 岸本 剛^{*4}
同 中村 洋行^{*5} 同 加藤 貴久^{*6}
同 鈴木 英之^{*7}

1. はじめに

炭素繊維シート（以下、CFシート）の端部を折り返し定着金物側面に貼付け定着する工法を、スラブに適用した場合の補強効果確認実験を行なった。前報（文献[1]）では、強制加力により劣化させたスラブと劣化後に補強を行ったスラブの固有周期を測定し、補強効果を確認した。また、スラブの長期変形性状を確認するため、6ヶ月間の長期載荷実験の結果を報告した。本報では、その後の6ヶ月間の経年変化を追加報告するとともに、1年間の長期載荷実験後に行った強制加力実験の結果、及びその時の補強スラブの固有周期の変化、補強スラブの設計法について述べる。

2. 試験体

使用材料の試験結果を表-1、形状および配筋図を図-1に示す。試験体は、両端に梁型を持つ一方方向スラブで実大スケールの3体である。スラブ厚さは130mm、幅1170mm、内法スパンは4500mmとした。S-1はひび割れを発生させただけで補強を施さない試験体、SR-2とSR-3はひび割れを発生させた後に、CFシートによる補強を施した試験体であり、SR-2はスラブの上のみ、SR-3はスラブの上下面にCFシートを貼り付けた。

補強に使用したCFシートは目付量300g/m²、ヤング係数230kN/mm²、シート幅が250mmであり、これを二つ折りとして、125mm幅の2層とした。写真-1に補強要領を示す。ひび割れ導入載荷による変形が約10mm残留していたが、単管とジャッキベースを用いて残留変形を零とした。サポートを立てた状態でCFシートを4列貼り付け、CFシートの端部は上面、下面共に定着金物に巻き付けて固定した。

3. 長期載荷実験

サポートの除去と同時に、試験体中央部に500lの水槽を置き、長期載荷によるクリープ試験を開始した。（写真-2）。水槽の重量と併せて載荷荷重は5.1kNとなり、中央部モーメントは、住宅用の積載荷重1.8kN/m²にほぼ等しい（図-2）。

図-3に1年間の長期載荷試験結果を示す。CFシートの有る無しに関わらず、載荷開始直後から概ね1ヶ月の間で変形が大きく進行したが、それ以降の進展は殆ど見られなかった。その後、温度による影響が現れたが、CFシートを上下面に貼り付けたSR-3の変化量が最も小さい。

表-1 使用材料の材料試験結果

コンクリート	材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)	1/3 割線剛性 (kN/mm ²)	
	32	29.2	25	
スラブ筋 D10	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	伸び率 (%)
	347	487	186	22.5

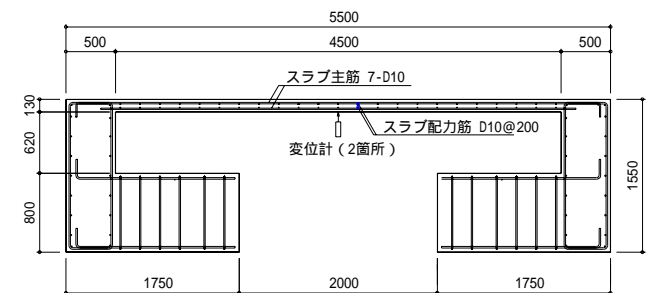


図-1 試験体図



写真-1 CFシートのコンクリートへの定着
住宅の積載荷重 $w = 1.8\text{kN/m}^2$

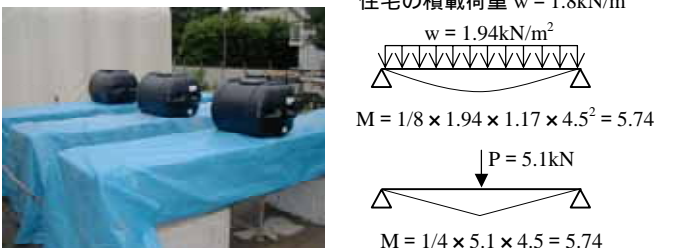


写真-2 長期載荷実験

図-2 長期載荷荷重

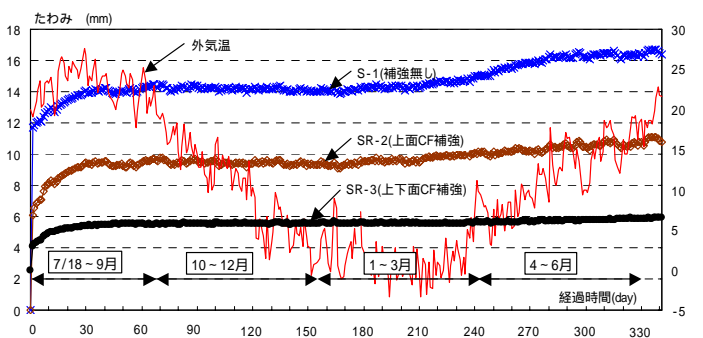


図-3 長期載荷試験結果(午前6時のデータ)

Structural upgrading of deteriorated RC slabs utilizing continuous fiber sheets with casting steel plate for anchorage.
-Part2- Specific frequency and long term deflection of strengthened both ends fixation slabs

TAKAHASHI Shigeharu, FUKUYAMA Hiroshi, FUJIMOTO Isao, KISHIMOTO Takeshi, NAKAMURA Hiroyuki, KATOH Takahisa, and SUZUKI Hideyuki

弾性たわみ計算値 (1.18mm) に対する各試験体の変位増大倍率は、無補強の SR-1 が 12.4 倍、上面補強の SR-2 が 7.80 倍、両面補強の SR-3 が 4.75 倍であり、補強量に応じて小さくなった。ただし、各試験体の変位差は、載荷直後で生じた差の影響が大きく、CF シートによる導入ひび割れ幅進展の抑制、および曲げ剛性の改善による効果が支配的であると考えられる。

4. 強制加力実験

1 年間の長期載荷実験終了後、ひび割れ導入加力実験と同じ加力方法で、40mm の強制変位を与える最終加力実験を行い比較を行った。右図は長期載荷による残留変形も考慮した荷重-変形曲線、左図は長期荷重除荷時を零点とした荷重-変形曲線である。強制変形後の残留変形は、補強量に応じて少なくなっている。

5. 振動測定結果

固有振動数の測定は、ひび割れ導入加力前後、CF シート補強後、長期載荷試験後、強制加力後の計 5 回行った。図-5 に各試験体の固有振動数の推移を示す。ひび割れの導入により健全時の 57% まで固有振動数が低下したが、上面補強で健全時の 73%、両面補強で 92% まで回復した。また、両面補強の測定値は、スラブ厚低減係数を 0.925 ~ 0.95 とした一方向梁の固有振動数算出式 (文献[1]、文献[2]) に良く一致した。

6. 補強スラブ設計方法と補強効果の評価

補強スラブの曲げ設計は式 (1) による。尚、CF シートの長期許容応力度は、ひび割れの抑制を目的として、丸鋼の長期許容応力度相当の 160 N/mm² と設定した。

今回の試験体の負担モーメントは、スラブ端部固定と考えると、端部モーメントの方が大きくなる。そのモーメントは、自重によるモーメント 6.16kN・m、中央載荷によるモーメント 2.87kN・m であり、CF シート補強による長期許容モーメント 9.65kN・m とほぼ同程度である。

7. まとめ

本実験の結果より、以下に示す知見が得られた。

- 1) ひび割れにより剛性が低下したスラブを、ジャッキアップし、本工法による CF シート補強を施すことで、スラブの剛性が向上した。スラブ上面だけの補強でも剛性がある程度回復したが、上下面に CF シートを貼ることで、更に剛性が回復した。
- 2) 本設計法による CF シート補強により、スラブのたわみと振動性状を改善することができた。クリープ性状に関しては、長期載荷開始から 1 ヶ月間でクリープ変形が進行したが、それ以降の進展は殆ど見られなかった。
- 3) 損傷スラブの補強を対象とした場合、スラブ引張鉄筋を考慮した式 (1) によりシート補強量を算出することで、健全スラブ厚の 0.925 ~ 0.95 倍程度にまでスラブ剛性を改善できることを確認した。

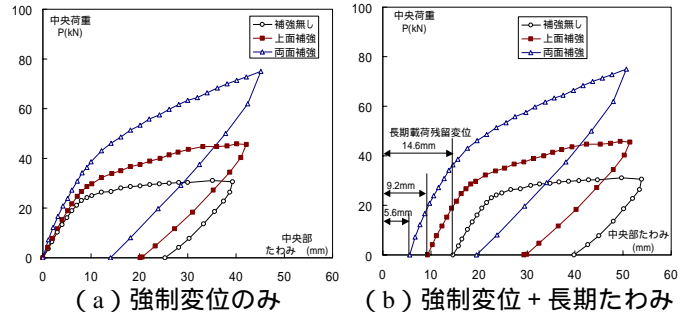


図-4 最終加力実験結果

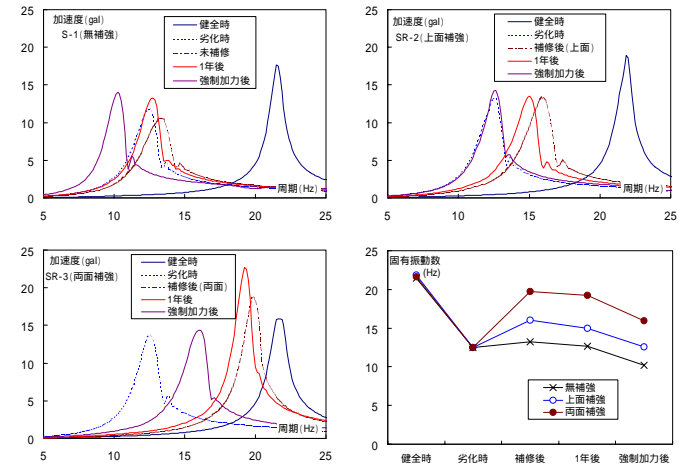


図-5 振動測定結果

$$M = a_t \cdot f_t \cdot j + a_{cf} \cdot f_{cf} \cdot j_{cf} \quad (1)$$

a_t = 引張鉄筋断面積 (mm²)

f_t = 鉄筋の長期許容応力度 (N/mm²)

$j = \frac{7}{8} d, d$: 有効せい (mm)

a_{cf} = 炭素繊維シートの全断面積 (mm²)

f_{cf} = 炭素繊維シートの長期許容応力度 (N/mm²)

$j_{cf} = \frac{7}{8} D, D$: スラブ厚 (mm)

【参考文献】

- [1] 高橋茂治ほか：定着金物を用いた連続繊維シートによる劣化スラブの補強効果，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2，pp.473 ~ 482，2008.8
- [2] 高橋茂治ほか：定着金物を用いた連続繊維シートによる劣化スラブの補強効果，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.29，No.3，pp.1627-1632，2007.7
- [3] 中村洋行ほか：定着金物を用いた連続繊維シートによる RC 構造物補強工法の開発 (その 1 ~ 5)，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2，pp.473 ~ 482，2007.8
- [4] 新林実ほか：バリアフリー対応型ポイドスラブに関する実験研究 (その 8)，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2，pp.759 ~ 760，2000.9
- [5] 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 - 許容応力度設計法，1999

*1 川金テクノソリューション *2 建築研究所 工博
 *3 ベターリビング 工博 *4 奥村組
 *5 コンステック 工博 *6 三菱樹脂
 *7 安藤建設 工博

*1 Kawakin Techno Solution *2 Building Research Institute, Dr.Eng
 *3 Center for Better Living, Dr.Eng *4 Okumura Corporation
 *5 Constec Engineering, Dr.Eng *6 Mitsubishi Plastics
 *7 ANDO Corporation, Dr.Eng