

Title	炭素繊維強化プラスチック貼付による床積載荷重補強 ：高密度化による重量増システム設置対応例
Author(s)	木戸, 孝一; 小川, 増美; 平松, 靖之
Citation	国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学技術サービ ス部業務報告集 : 平成21年度: 39-44
Issue Date	2010-10
Type	Presentation
Text version	publ isher
URL	http://hdl.handle.net/10119/10012
Rights	
Description	

炭素繊維強化プラスチック貼付による床積載荷重補強 高密度化による重量増システム設置対応例

Increasing the Floor Load Capacity by Carbon Fiber Reinforced Plastics Example for the installation of recent high density, heavy computer systems

平成 22 年 7 月 30 日

技術サービス部・情報科学センター担当 木戸 孝一

施設管理課長 小川 増美*1

施設管理課・計画整備係 平松 靖之*2

概要

多くの大学情報センターは、規模の差こそあれ、講義棟、研究棟、事務棟等とは別の専有建物を有している。本学は残念ながら、1990 年の開学以来、情報科学センターとしての占有建物は有しておらず、情報科学研究科棟の研究室、実験室等を利用して情報科学センターを設置、ネットワーク機器、ファイルサーバ、大型計算機などの情報環境機器を収容して学内への情報環境サービス提供を行っている。結果、機器が複数箇所に分散し、情報科学センターの運営負荷が高く、全体の情報環境も複雑にならざるを得ず、機器設置スペースの集約化を検討していたが、グリーン IT 化への流れで、消費電力は下がってきてはいるものの、機器の集積度が高くなり、単位面積あたりの重量も大きくなる傾向にあり、現状の床積載荷重では最新機器の設置が難しく、床補強を検討する必要が出て来た。更に機器の集積度の高まりとともに、十分な冷却が必要となっており、一層負担がかかるようになってきている。

既存建物の床積載荷重の補強を行うには、いろいろな施工方法があるが、同時にいろいろな制約もある。通常の施工方法では、既設フリーアクセスの再工事など費用がかさむことになる。情報科学センターでは将来的なファイルサーバ、プライベートクラウド集約構想に基づき、本学施設管理課に依頼し、床積載荷重補強のための施工を検討いただいた結果、炭素繊維強化プラスチック貼付による補強を実施したので紹介・報告したい。なお、本稿で紹介する施工例は本学における一例であり、本施工実施に当たっては、十分な事前検討が必要なのでご注意願いたい。

1. 床耐荷重工事の必要性

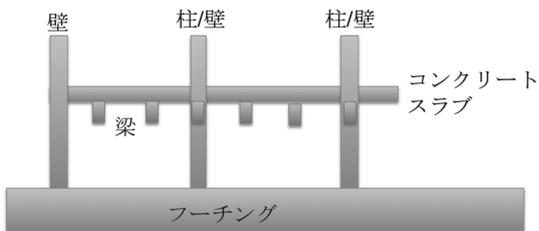
情報科学センターでは、本学の情報環境システムのおおよそ 1/4 を毎年更新している。最近の傾向として、グリーン IT への要求がますます高まっており、高効率化や省電力化はもはや避けられない重要な課題となってきた。一方で、例えばサーバ類は高可用性と高エネルギー効率を追求した結果、集積度が高まり省スペース化されたものの、単位床面積当たりの重量が増すという傾向にある、更に集積度の高まりは、より適切な冷却を必要としており、現状 400 kg/m² の積載荷重に対し、ラック 1 台あたり 1,000 kg/m² x 10 本程度、エアコン 250 kg x 2 台程

度が設置可能なスペースが必要となってきた。 これまでは重量を分散させるために床に鉄板を敷く、架台を設置する等で対応してきたが、限界があり、情報科学センターでは本学施設管理課に検討を依頼し、短納期で比較的安価な炭素繊維強化プラスチック貼り付けによる積載荷重補強を実施したので紹介・報告したい。

2. 従来の床耐荷補強工法のデメリット

床の構造は、基本的に壁、柱が有り、柱上を走る梁、その上の床スラブから構成される。一般的な建物では床の積載荷重を補強するには、本学の過去の例では、'08 年度の大型 CVCF 装置設置の際に、床下に柱を増設し、

梁を支える補強工事を行ったが、この施工例では制約が多く下階の状況に左右されやすい。一般工法として、床の上にメッシュの鉄筋を敷設、コンクリートを打設する方法もあるが、この工法では工事そのものが大がかりとなり、また既に敷設されているフリーアクセスの撤去、再敷設が必要であり、さらに施工箇所としない箇所との段差が発生するなどのデメリットが発生し、また工期的にも長くなる。



建物構造(簡易図)



CVCF

CVCF下階の補強



下階にパイピング - 制約が多い

3. 炭素繊維強化プラスチック貼付工事とは

炭素繊維強化プラスチック貼付工事は、簡単に言うと、2. で述べた、メッシュの鉄筋材とコンクリートの打設を補強対象の床に施工するのではなく、いくつか制約はあるが、床スラブ、小梁の上面、あるいは下面、必要があれば上下両面に炭素繊維強化プラスチック帯板をエポキシ樹脂で接着し、曲げ耐力を向上させ、積載荷重を増加させる施工である。この施工にも類似のものがあ

り、本稿で紹介・報告する高強度もしくは高弾性の炭素繊維を一方向的に引揃え、熱硬化型のエポキシ樹脂を含浸させた炭素繊維強化プラスチックを使用したトレカ・ラミネート工法と、炭素繊維シートを積層する炭素繊維シート工法である。前者は施工ピッチ(貼付間隔)で補強量を最適設定する方法であり、後者は積層数で補強量を設定する。前者はより短工期である。また、メリットとしては、

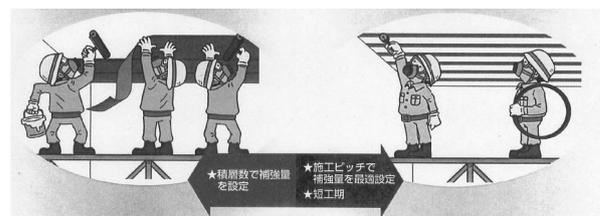
- ・ 速い = プライマー塗布や炭素繊維の積層が不要
- ・ 軽い = 良好な施工法、炭素繊維は鉄の 1/4 の軽さ
- ・ 安心 = 高い施工信頼性、工場で生産された高品質な CFRP 硬化プラスチック帯板を使用

などとなっている。両者の施工手順は次項で比較する。

4. 炭素繊維強化プラスチック貼付施工手順

4-1. 一般的な施工手順は以下の通りである、比較のため炭素繊維シート工法と施工手順を比較してみる。

トレカ・ラミネート工法炭素	炭素繊維シート積層工法
①準備工事/仮設工事	①準備工事/仮設工事
②下地処理(サンダー掛け)	②下地処理(サンダー掛け)
工程省略	③プライマー塗布/養生
工程省略	④不陸修正
③トレカ・ラミネート貼り付け	⑤繊維シート貼り付け
積層不要	⑥(繊維シート積層)
④養生/仕上げ	⑦養生/仕上げ
⑤仮設撤去	⑧仮設撤去



施工イメージ

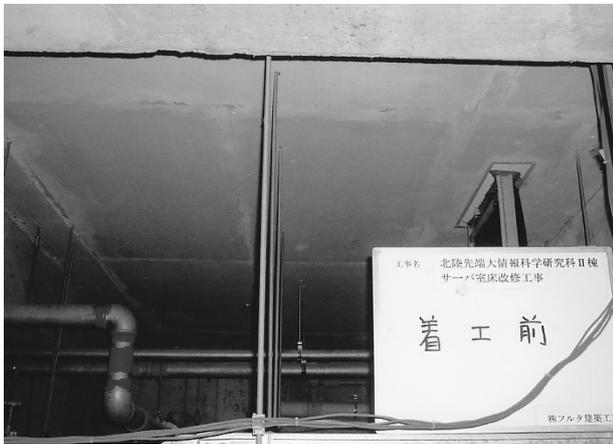
(トレカ・ラミネートカタログより抜粋)

トレカ・ラミネート工法では明らかにいくつかの行程が不

要となる。これは予め施工材料が工場で生産されており、施工場所での加工、作業が短縮されているためである。

4.2. 施工前・施工後

トレカ・ラミネート工法を簡単に理解するため、本学で行われた工事の施工前と施工後の写真を見てみる。



施工前



施工後

断熱処理のウレタンが既に塗布されており、施工部分が見づらいが、塗布された断熱材の下に一定の間隔で貼り付けられたトレカ・ラミネートの帯板が見える。

5. 本学でのトレカ・ラミネート工法の例

5.1. 事前検査(自主検査)

トレカ・ラミネート工法の適用分野は、積載荷重の補強に限らず、あらゆる構造物の補強に利用することができるが、施工の可否を事前に検討しておく必要がある。本学の施工においては、施工前に建築設計会社と施工業者により、以下の確認を行っている。

- 床耐荷重工事設計

- 工法の確認
- 構造計算

5.2. 事前調査

(1) 施工対象のひび割れ、断面欠損、鉄筋の錆の状態等の調査を行う。この事前調査で不具合があれば対処する必要がある。

5.3. 事前工事

(1) 断熱材等の補強対象の既存仕上げの撤去、(2) 幅0.3mm以上のひび割れは樹脂注入にて補修、(3) 必要に応じ、断面修復および鉄筋防食処理を行う、幸いなことに本学の事前検査では改善すべきところは発見されなかった、(4) 炭素繊維強化プラスチック(以下CFRP)帯板の接着位置を墨出しする。



補強対象の既存仕上げ撤去作業(断熱材撤去)



CFRP 帯板接着位置墨出し作業

5.4. 下地処理

(1) コンクリート躯体部分を研磨し、劣化したコンクリートの除去、(2) エアブロー等で粉塵の除去、(3) 油類はシ

ンナー等で脱脂する。



コンクリート躯体部分の研磨作業

5.5. 不陸(ふりく)調整

- (1) 下地表面の乾燥状態を確認(表面含水率 8%以下),
 - (2) 不陸修正面の清掃, (3) 不陸面修正剤の混合, (4) 不陸修正材を塗布して表面の不陸, 段差を修正する。
- (不陸 読み: ふりく 床や壁面等が平滑ではなく凸凹していること。又は水平でないこと。)



表面含水率の測定と結果(4.0% < 8%)

5.6. 接着準備

- (1) CFRP 帯板の接着位置を墨出しする, (2) CFRP 帯板は継手を設けないうよう割り付ける, (3) 施工長を計測し, CFRP 帯板を切り出す, (4) 切り出した CFRP 帯板の接着面をシンナーで清掃, (5) 接着剤の混合,
- (6) 気温 5℃以下, 湿度 85%以上の場合, 雨天及び結露の恐れがある場合は施工しない。



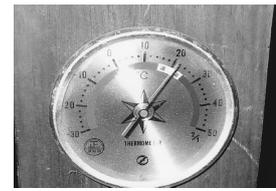
施工環境の確認



CFRP 帯板の清掃



湿度 42%



温度 21°C



接着剤の混合作業

5.7. 接着剤塗布

- (1) CFRP 帯板の接着位置墨出し, (2) 下地表面の清掃, (3) 下地表面に接着剤塗布, (4) CFRP 帯板に接着剤塗布, (5) 接着剤塗布量に注意, (6) 気温 5℃以下, 湿度 85%以上の場合, 雨天及び結露の恐れがある場合は施工しない, (7) 可使用時間を過ぎた接着剤は使用しない。



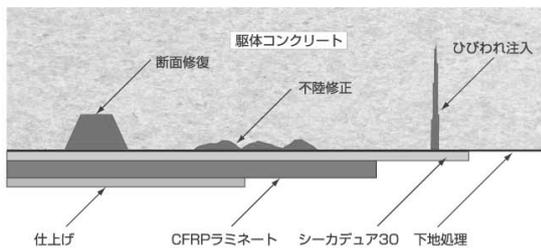
CFRP への接着剤塗布 下地表面への接着剤塗布

5.8. CFRP 帯板接着

- (1) 接着剤の塗布後, 速やかに CFRP 帯板を貼り付け,
- (2) 接着剤が CFRP 帯板の両側からはみ出るように補強対称表面に密着させる, (3) はみ出した接着剤はヘラ, ウェス等で除去, (4) 接着剤の可仕時間内で接着作業を行う, (5) 気温 5℃以下, 湿度 85%以上の場合, 雨天及び結露の恐れがある場合は施工しない。



CFRP 帯板貼り付け作業



梁, 床スラブ下面の施工例

(トレカ・ラミネートカタログより抜粋)



貼り付けられた CFRP 帯板

5.9. 養生

(1) 接着剤が初期硬化するまで、雨水、埃などが付着しないよう注意、(2) 接着剤が十分に強度を発揮するまで帯板には大きな外力を加えない、(3) 周囲気温が 5℃ 以下になる場合は、加温する、などの処置が養生の段階で必要となる。

5.10. 仕上げ

(1) 必要に応じ、仕上げを行う、(2) 仕上げの施工時

期は接着剤の初期硬化後とする。



施工後の断熱材吹き付け作業

6. トレカ・ラミネート工法による積載荷重補強結果

設置サーバ+ラック, エアコン等の積載荷重

重量

サーバ+ラック	10,000 N/台 (0.8x1.2m)
エアコン	2,500 N/台 (設置エアコン)

施工区画と設置台数

範囲	サーバ+ラック	台数
区画 A	12 台	2 台
区画 B	10 台	2 台
区画 C	12 台	2 台

以上の要件を踏まえ、トレカ・ラミネート工法による積載荷重補強の可否の強度計算を行ったところ、以下の耐荷重が得られることとなった。

トレカ・ラミネート施工後の可能積載荷重 N/m²

	既設スラブ	補強後スラブ
積載荷重	4,000N/m ²	10,500N/m ²

以上の結果から、トレカ・ラミネート工法により、十分な積載荷重が求められることとなった。

7. メンテナンス

施工箇所のコンクリートに含まれる水分は、CFRP 帯板の剥離などまねく恐れがあり、定期的に施工箇所の点検が必要である。

8 施工可能条件

施工可能な条件をまとめてみると、

- 床下に施工に十分なスペースがあること
- 施工時、気温5℃を下回らないこと
- 施工時湿度 85%を上回らないこと
- 施工対象の含水率が 8%を上回らないこと
- 施工対象のひび割れ、断面欠損、鉄筋の錆の状態等が適切に処理されること。

以上の条件が満たせれば、施工検討を行うことができる。

9. 施工費用

おおよその比較であるが、トレカ・ラミネート工法、炭素繊維シート工法、従来工法とのコスト差は大体次の様な比率であると思われる。

トレカ・ラミネート工法	炭素繊維シート工法	従来工法
100	150	200

10. 積載重量補強に用いた材料

10.1. 東レ株式会社トレカ・ラミネート TL520 (CFRP

帯板)

10.2. 日本シーカ株式会社シーカデュア 30

CFRP 用接着剤

10.3. その他断熱用ウレタン等

11. 所見・まとめ

トレカ・ラミネートによる積載重量補強工事をまと

めると、

- 軽い
 - 人手による施工で重機は不用である
 - 補強後の荷重増加は僅かである
- 取扱が用意
 - 狭い空間での作業性が良い
 - 他工事と同時進行も可能
- 施工空間への影響がわずかですむ

但し、この工法も当然限界があり、事前に十分な検討が必要である。

参考資料:

五井建築設計研究所 北陸先端科学技術大学院大学・情報Ⅱ棟サーバ室床改修設計業務

株式会社フルタ建築工業 北陸先端科学技術大学院大学・情報Ⅱ棟サーバ室床改修工事, 施工計画書

CFRP ラミネート工法研究会・CFRP ラミネート工法カタログ

東レ株式会社・トレカ・ラミネートカタログ

協力:

北陸先端科学技術大学院大学・施設管理課長 小川増美*1, 施設管理課・計画整備係 平松靖之*2