

41. 柱及び煙突の耐震補強における炭素繊維巻付機械の開発

(株)大林組：吉崎 正明・野村 潤

1. まえがき

建設業界で、新素材の研究が進められ、炭素繊維のG P級（低強度、短繊維）を、モルタル等に混入させて使用されている。

当社では、これに変わるH P級（高強度、連続炭素繊維）材を、柱及び煙突に軸方向（曲げ補強筋…UDプリプレグ、 $175\text{g}/\text{m}^2$ ）貼付ける。円筒方向（せん断補強筋…CFストランド、 $8\text{u}12\text{k}$ ）にスパイラル状に巻付けることにより、耐震性能が向上することを確認した。

そこで既存の柱・煙突に連続炭素繊維を自動的に巻付ける機械を開発した。

2. 耐震補強工法の現状

(1) 柱の耐震補強工法

- ・ 既存建物を増改築する際の耐力不足
- ・ 構造部材を撤去したり建物階数を増やす時の耐震性能が落ちる。
- ・ 耐震診断の結果耐震性能が不足している。などの時に補強工法を取入れる事が必要となる。

この補強方法としては、壁の増設、柱の補強があるが、オープンスペースを確保するため、柱の補強が多く採用されている。

補強工法としては、

- ① CFストランドを円筒状（スパイラル状）にせん断補強筋として巻付ける。
- ② 鋼板を巻付ける。

の2工法があるが、当社としては、① CFストランドをコンクリート表面に巻付けて、せん断補強を行なう方法とした。



写真-1 炭素繊維巻付機（柱用）

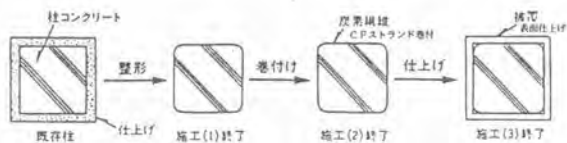


図-1 施工順序図



図-2 柱の補強フロー図

(2) 煙突の耐震補強工法

- ・ 旧設計体系による鉄筋コンクリート造
- ・ 塩害・排ガス温度の上昇等によってひび割れが発生している。

煙突

に補強工法を取入れる事が必要となる。

この補強工法としては、

- ① 煙突上部の老朽化した部分を切断し、ステンレス・FRP等で復元する。
- ② 煙突の周囲に鋼板を巻き補強する。
- ③ コンクリート表面のUDプリプレグを軸方向に、CFストランドを円周方向に貼付ける。

の3工法が代表的であるが、

- i. 煙突外周のみ補強するため、通煙中でも施工でき、作業を停止する事がない。
- ii. 炭素繊維を用いるため、補強による自重の増はほとんどなく、補強の範囲が最小限ですむ。
- iii. 炭素繊維で覆うため、過酷な環境条件にも適用でき、耐久性の向上が期待出来る。

等の優位性があるため、今回開発した工法である。

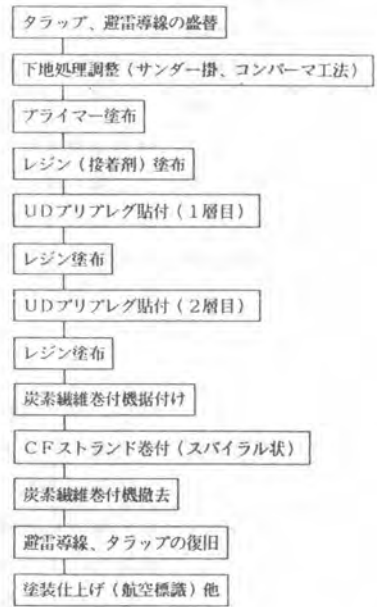


図-3 煙突の補強フロー図

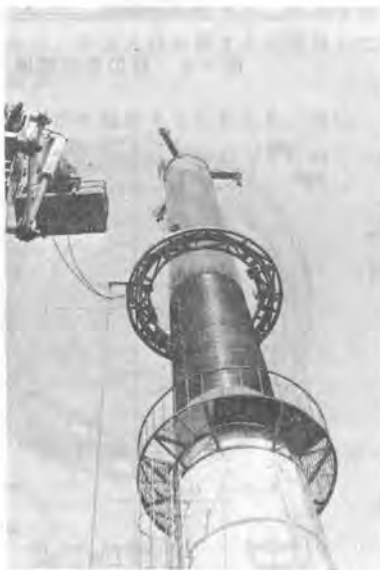


写真-2 煙突にCFストランドを巻付中
(左手に見えるのは高所作業車)

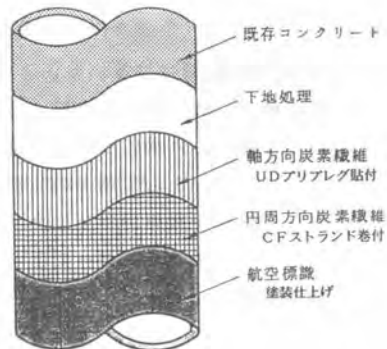


写真-3 煙突にCFストランドを巻付中

3. 巻付機械の開発

(1) 柱の巻付機械

巻付機械は、図-4のように、

- ・内輪 ……柱に油圧ジャッキ8台にて押付け、機械全体を柱に固定する。
- ・外輪 ……内輪に取付けた旋回用ギヤートモーターによって柱のまわりを回転する。
- ・昇降装置 ……外輪にセットされ、外輪の旋回に合わせて、設定したピッチで上昇下降させCFストランドを柱に巻付ることができる。又、ジョークラッチを中立にすれば、上下の移動はストップする。
- ・含浸装置 ……外輪にセットされ、レジン（エポキシ樹脂接着剤）を生（生）のCFストランドに定量的に含浸させ、CFRP（炭素繊維強化プラスチック）材として柱に一定の張力を加えながら柱に巻付る装置である。

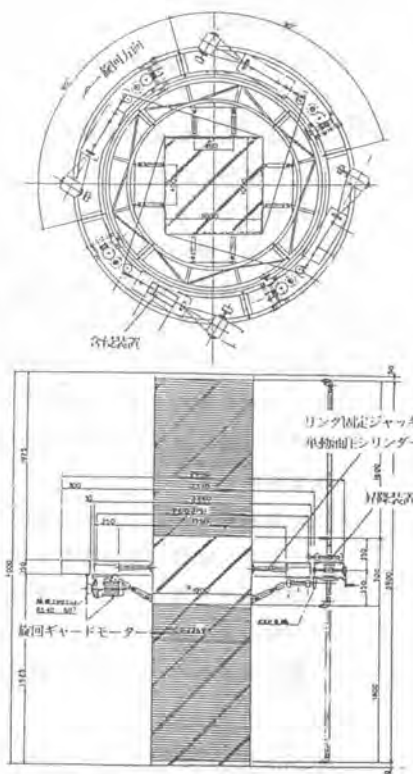


図-4 柱の巻付機械

(2) 煙突の巻付機械

巻付機械は、図-5のように、

- ・内輪 ……外輪に取付けた旋回ギヤードモーターによって煙突のまわりを回転する。
- ・外輪 ……昇降用のモーターウィンチ、エンドレスワインダーによって上昇、下降する。
- ・昇降装置 ……外輪に取付けられた昇降用のモーターウィンチ、エンドレスワインダーで上昇、下降する。

※CFストランド巻付時

……モーターウィンチが30mm/min

※巻付機械盛替時

……エンドレスワインダーが

6m/minの速度でそれぞれ移動する。

- ・含浸装置 ……内輪にセットされ、レジンを生（生）のCFストランドに定量的に含浸させ、CFRP材として煙突に一定の張力を加えながら煙突に巻付る機構などが組込まれている。

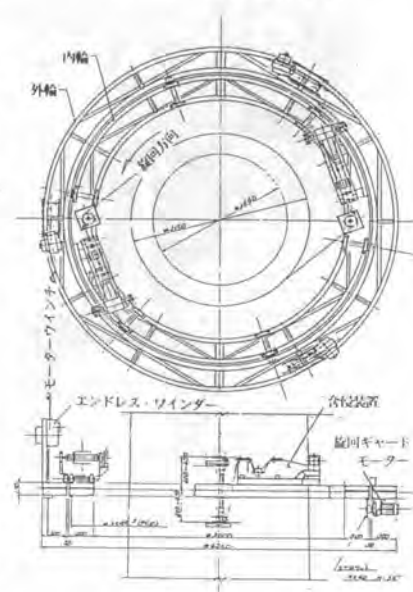


図-5 煙突の巻付機械

表-1 補強工法用の巻付機械の仕様

	柱の巻付機械	煙突の巻付機械
CFの巻付ピッチ	2.5~10.0mm	2.5~10.0mm
回転リングの回転数	4.85RPM	3.0RPM
昇降速度	10mm/min(炭素繊維巻付時) (ジョークラッチによる 上昇下降中立切替装置付)	30mm/min(炭素繊維巻付時) [モーターウインチ] 6m/min(移動時) [ワインダーモーター]
含浸装置の台数	4台	2台~4台
CF巻付時の張力	1~3kg	1~3kg
巻付対象の径	1.0m丸又は角柱	3.0mφ
機械の外形寸法	=3.0m	=4.3m
総重量	1.1ton	1.5ton
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・旋回ギヤードモーター 0.4kw/200Vを全ての 動力源としている。 ・油圧ジャッキ 4.5T×100mm…8台 ・油圧ポンプ …4台 	<ul style="list-style-type: none"> ・旋回ギヤードモーター 0.4kw/200V ・モーターウインチ 0.1kw×4P…3台 500kg巻 巻取量50m ・ワインダーモーター 0.5kw……………3台 500kg巻 ・ワイヤーロープ 8mm

4. まとめ

鉄筋コンクリートの表面にCFストランド（HP級連続炭素繊維）・UPプリプレグを耐震補強材として土建分野では、日本で初めて施工した、ユアサ建材工業㈱衣浦工場2号煙突、当社技術研究所の煙突及び柱の補強工事をした結果、UDプリプレグ貼付けの自動化、CFストランド巻付時のレベル・張力の自動管理、足場の簡素化等、巻付機械としてまだまだ自動化、省力化するところがある。今後実績を踏まえて開発していきたい。

謝辞

本工法を開発するにあたり、終始、御協力、御助言をいただきました、三菱化成㈱ 炭素線事業部および、総合研究所の方々に対し、深く感謝いたします。