ＣＦＢ耐震補強工法の鉄道高架橋への適用について

広成建設株式会社　正会員　○森　康弘*1
西日本旅客鉄道株式会社　正会員　中瀬　理至*2
ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社　正会員　竹山　純徳*3
新日本石油株式会社　正会員　小牧　秀之*4

１．はじめに

鉄道構造物の鉄筋コンクリートラーメン高架橋の耐震補強工事において．駅部等の高架橋下が高度に活用された区域の柱を施工する場合，鋼板巻立て補強等の一般的な工法では支障する壁や既存の機器類，あるいは騒音・粉塵の影響，作業範囲・資材搬入路の確保など多くの制約や問題が出てくる．このような問題を解消する方法は，活用されている事務所・店舗や支障物等の撤去・復旧、移設が必要となり，工期の長期化や工事費の増加を招く事になる．

そこで本稿ではこれらの課題を改善するために，炭素繊維を帯状に形成して使用する新しい耐震補強工法，「ＣＦＢ工法」の実構造物への適用について紹介する．

２．ＣＦＢ工法の概要と特長

ＣＦＢ工法は幅 50mm の帯状炭素繊維を 100mm 以内の間隔で，必要な量[1)]だけ柱の外周に巻付け，エポキシ樹脂でＦＲＰ化させる工法であり，以下の特長を有している．

① 鋼板巻立て補強と同程度の耐震性能を有する．
② 型枠に樹脂を流し込んでＦＲＰ化させる浸漬工法を採用する事で，現場状況によっては工期短縮が可能である．
③ 補強材料が軽いため材料搬入・施工を人力で行う事が容易であり，狭隘な場所でも施工可能である．
④ また，補強作業時には動力を必要とする機器を使用しないため騒音，振動を生じない．
⑤ 通信機器室等の溶接の火花，煙，埃を発生させてはならない箇所での施工が可能である。
⑥ 既設柱の表面が直接目視できるため，日常点検や地震が起こった後の緊急点検が容易で，構造物の早期復旧が可能となる．

３．ＣＦＢ工法実験結果

耐震性能の確認は，鉄道高架橋柱を模した 300×300mm の縮小ＲＣ柱[2)]と 1000mm×1000mm の実物大ＲＣ柱を用いて交番載荷試験を行い，じん性能やエネルギー吸収性能に関しての補強効果の確認を行った．

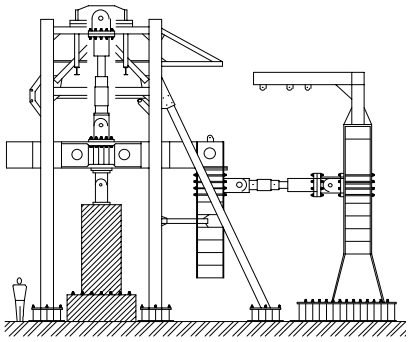

図-1　試験装置概略図

実物大試験では幅 50mm の帯状炭素繊維を 100mm 間隔で巻付け，柱基部 1D（塑性ヒンジ領域）（D：柱断面高さ）区間を 10 層巻き，1D 以外の区間を 5 層巻きとした．

その結果，**図-2** より今回の試験体を鋼板巻立て補強（SS400，t=6mm）したと仮定した場合の骨格曲線の計算値と同程度の変形性能を有しており，本試験体と同様な仕様で補強する事により，鋼板巻立て補強と同等の補強効果がある事が確認できた．

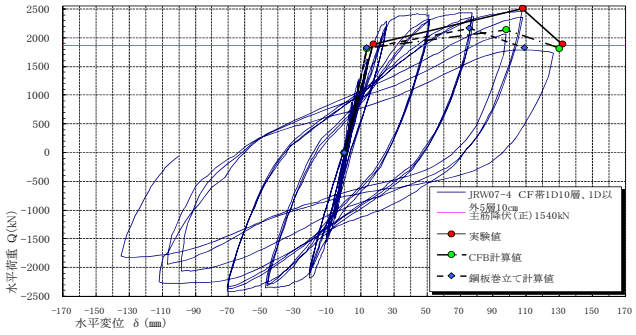

図-2　荷重－変位曲線

キーワード　鉄道高架橋，耐震補強，炭素繊維
連絡先　*1　〒732-0056　広島市東区上大須賀町 1-1　技術部　TEL：082-264-2490
*2　〒530-8341　大阪市北区芝田二丁目 4-24　施設部　TEL：06-6375-2192
*3　〒532-0011　大阪市淀川区西中島 5-4-20　技術室　TEL：06-6303-1150
*4　〒105-8412　東京都港区西新橋一丁目 3-12　ＣＦ事業室　TEL：03-3502-9247

４．施工手順

ＣＦＢ工法の標準的な施工手順を以下に示す．(**図-3, 写真-1**)

（１）躯体表面清掃・・・型枠のシール作業をしやすい程度に躯体表面の汚れや埃を取り除く．

（２）コーナー部処理・・・炭素繊維は繊維直角方向に対して鋭角な部分があると所定の引張強度が出ない恐れがあるため，柱のコーナー部にサンダーをかけるか，ハンチ部分に既設柱のコンクリート設計圧縮強度以上の材料で作成したスペーサーを設置することで 40R を確保する．

（３）型枠設置（台座）・・・台座となる型枠を墨出し位置に合わせて設置し，その後躯体と型枠の隙間をコーキング材でシールする．

（４）帯状炭素繊維巻付け・・・たるみとねじれが無いように軽く引っ張る程度に締めつけ，積層数を確認しながら所定の量を巻付ける．

（５）型枠設置（側壁）・・・側壁となる型枠を固定し，台座型枠との隙間をコーキング材でシールする．

（６）エポキシ樹脂流し込み・・・練混ぜたエポキシ樹脂を液面が帯状炭素繊維より上になるまで流し込む．樹脂流し込み完了後は硬化するまで養生を行う．一般的な養生時間は半日程度である．

（７）型枠撤去・・・硬化後，補強材を傷めないように型枠を撤去する．その後は状況に応じた内装仕上げ等を行う．

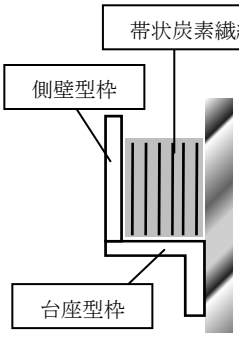

図-3　断面図　　**写真-1　帯状炭素繊維巻付け**

５．施工事例

ＣＦＢ工法はこれまでＪＲ西日本管内の新幹線高架橋で施工しており，代表的な３例について紹介する．

（１）防火扉との離隔が無い柱．(**写真-2**)

柱との離隔が無い状態で防火扉が設置してあるが工期を縮めるために防火扉をそのままにし，柱の被り部分にコアを抜き，そこへ帯状炭素繊維を通して樹脂を流し込む事で耐震補強を行った．

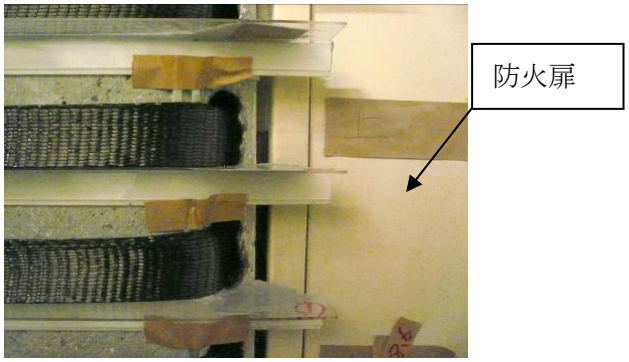

写真-2　躯体被り部削孔後のＣＦ巻付け状況

（２）継電器室に隣接する柱．(**写真-3**)

振動や衝撃を与えてはいけない継電器室の外壁との離隔が 80㎜ しかない状況である．施工は継電器室側の型枠に筒状の物を設置し，型枠内へ帯状炭素繊維を通して樹脂を流し込む方法で補強を行った．

（３）通信機器室内の柱．(**写真-4**)

柱回りに多くの通信機器が設置してあり，中には列車運行上，移設する事が非常に困難な機器もあったため，重量物を持ち込むのは危険であった．柱に直接設置してある機器は移設を行ったが，その他の柱周辺に設置してある機器は稼働したまま作業を行った．

写真-3　継電器室に隣接　　**写真-4　通信機器室内**

６．まとめ

ＣＦＢ工法は施工事例で紹介した場所のように柱周辺だけではなく，搬入路も含めた支障物の撤去復旧を見込んだトータルでの工期と工事費を検討した時に有効となる工法である．最後に今回の実験にあたって，広島大学及び㈶鉄道総合技術研究所の関係者の方々に多大な御指導，御鞭撻を頂きましたことをお礼申し上げます．

参考文献

1)　炭素繊維シートによる鉄道高架橋柱の耐震補強工法設計・施工指針：㈶鉄道総合技術研究所

2)　帯状炭素繊維シートで補強した高架橋柱の水平抵抗性能に関する実験的研究（椛山　健二）：日本コンクリート工学協会年次論文集 2006