

## 炭素繊維シートおよびCFアンカーを用いた耐震補強工法の改善

清水建設技術研究所 正会員 ○池谷 純一

清水建設技術研究所 塚越 英夫

## 1. 目的

筆者らは、炭素繊維シート（以下CFシートと称する）端部の定着材料として写真1に示すCFアンカーを開発し、中央自動車道底沢大橋耐震補強工事<sup>1)</sup>におけるI型断面橋脚の壁のせん断補強に適用した（図1参照）。本補強工事に使用したCFアンカーの扇幅は350mm、埋込部の長さは250mmで、CFアンカーを構成する炭素繊維ストランド（以下CFストランドと称する）の本数は90本であった。本工事で明らかとなった課題およびその解決方法を表1に示す。本報は、表1中に示す課題を解決するために実施した試験について記す。

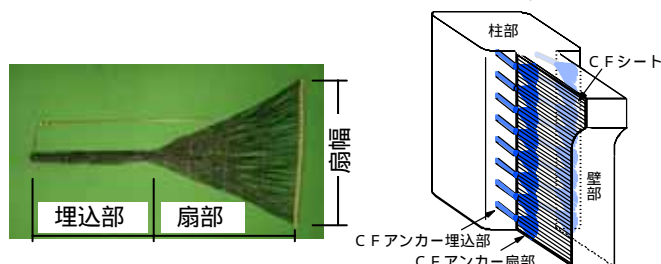


写真1. CFアンカー

図1. CFアンカー取付状況

表1. 課題と解決策

| 部位  | 課題                    | 原因                                                                    | 解決のための確認事項                               |
|-----|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 扇部  | 設置本数が設計本数より3割増加       | 1) 扇幅350mmのCFアンカーしか保有しなかった                                            | 扇幅200, 300, 400mmのCFアンカーのメニュー揃え          |
|     | 梁下には扇形状が変則的なCFアンカーを設置 | 1) 扇部を折りたたんで接着した場合のデータがなかった                                           | 扇部を折りたたむ                                 |
|     | 管理試験が困難               | 1) 実大CFアンカーを実大CFシートに貼り付けた試験実施<br>2) CFシート下面にt12mmの鋼板接着                | 実大CFアンカーを100mm幅のCFシートへ貼付/鋼板厚を薄くし、貼付面積も縮小 |
| 埋込部 | 設置本数が設計本数より3割増加       | 1) 既存鉄筋が障害となって所定深さが確保できない場合に削孔ビッチを狭めた<br>2) 埋込部仕様が1種類のCFアンカーしか保有しなかった | 扇幅200, 300, 400mmのCFアンカーのメニュー揃え          |
|     | 実際のコーン状破壊耐力未確認        | 1) コーン状破壊の生じない試験法を採用<br>2) 鉄道総合技術研究所の式にて安全側に設計した                      | コーン状破壊耐力の確認                              |

## 2. 使用材料

表2に使用材料の試験結果による性質を示す。

## 3. 試験方法

表3および表4にCFアンカー扇部接着および埋込部引抜試験体の水準を、図2および図3に各試験方法をそれぞれ示す。

表2. 使用材料の性質

| 使用材料                  | 性質                                                                                                          |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CFシート                 | 目付量 200g/m <sup>2</sup> , 引張強度 4221N/mm <sup>2</sup> , 弾性係数 254kN/mm <sup>2</sup>                           |
| CFシート用含浸接着樹脂          | 混合粘度 23800mPa・s, 引張強度 44.2N/mm <sup>2</sup> , 引張せん断強度 25.5N/mm <sup>2</sup> , 圧縮弾性係数 3.02kN/mm <sup>2</sup> |
| CFストランド (CFアンカーの構成材料) | 繊維素線数 24K, サイジング 剤 0.2%, 断面積 0.87mm <sup>2</sup> , 弾性係数 232kN/mm <sup>2</sup> , 引張強度 5300N/mm <sup>2</sup>  |
| CFアンカー用含浸接着樹脂         | 混合粘度 4500mPa・s, 引張強度 48.6N/mm <sup>2</sup> , 引張せん断強度 12.8N/mm <sup>2</sup> , 圧縮弾性係数 2.79kN/mm <sup>2</sup>  |
| コンクリート (埋込部試験用)       | 呼び強度 18N/mm <sup>2</sup> , スランプ 18.0cm, 最大骨材寸法 20mm, 試験時圧縮強度 25.2N/mm <sup>2</sup>                          |
| 先込充填樹脂 (埋込部試験用)       | コンクリート接着強度 2.4 N/mm <sup>2</sup> , 引張せん断強度 17.6 N/mm <sup>2</sup> , 圧縮弾性係数 2.25kN/mm <sup>2</sup>           |

表3. 扇部接着試験体の水準（各5個）

| CFシートの種類・層数            | CFストランド本数 (本) | 扇幅 (mm) | 扇長さ (mm) | CFシート幅 (mm) | 備考         |
|------------------------|---------------|---------|----------|-------------|------------|
| 200g/m <sup>2</sup> 2層 | 50            | 200     | 200      | 200         | 施工本数減用     |
|                        | 80            | 300     | 350      | 300         |            |
|                        | 110           | 400     | 400      | 400         |            |
|                        | 90            | 350     | 350      | 350         | 扇部1/2折りたたみ |
|                        | 90            | 350     | 350      | 350         | 扇部1/4折りたたみ |
|                        | 80            | 300     | 350      | 100         | 管理試験用      |
|                        | 90            | 350     |          |             |            |
|                        | 110           | 400     |          |             |            |

表4. 埋込部引抜試験体の水準（各4個）

| 試験方法     | CFストランド本数 (本) | 削孔径 (mm) | 埋込深さ (mm) | 埋込角度 (°) |
|----------|---------------|----------|-----------|----------|
| コーン状破壊無し | 50            | 16       | 190       | 0        |
|          | 80            | 20.5     | 170       |          |
|          |               |          | 240       |          |
|          | 110           | 23       | 270       |          |
| コーン状破壊有り | 50            | 16       | 190       |          |
|          | 80            | 20.5     | 170       |          |
|          | 110           | 23       | 270       |          |

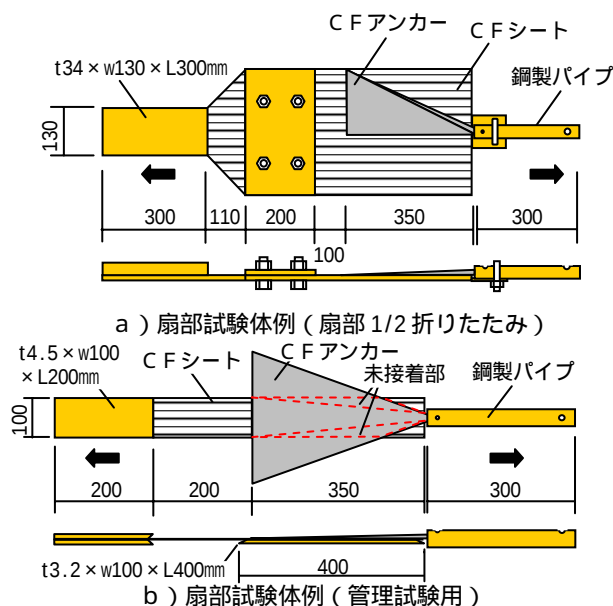
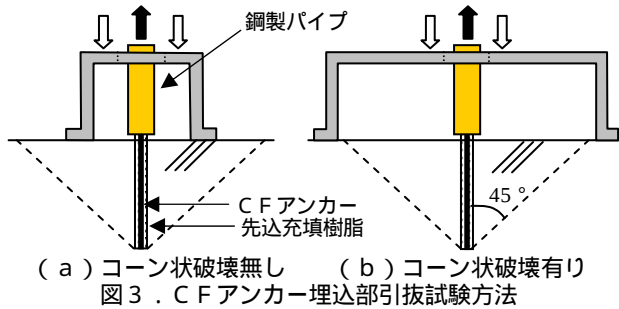


図2. CFアンカー扇部接着試験方法

キーワード：炭素繊維シート、CFアンカー、耐震補強、接着耐力、引抜耐力

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 TEL：03-3820-6413 FAX：03-3643-7260



#### 4. 試験結果および考察

図4に文献2に示した式に扇要角度の影響を加味したCFアンカー扇部接着耐力計算値(1式)と実験値の関係を示す。本結果より、今回の試験で得られたCFアンカー扇部の接着耐力は、いずれの扇幅のものも(1式)と良い適合を示しており、実施工に適用可能であることが分かった。また、管理試験用試験体の結果(CFストランド本数は、100mm幅のCFシートに実際に貼り付く本数を使用)も(1式)と良い適合を示し、現場管理試験方法として適用可能であることが分かった。なお、図5に示すように、CFストランドに作用する引張力 $q$ が一定であると、引張力の材軸方向分担率 $K$ は図5中の(2)式で表せる。この材軸方向分担率はCFアンカー扇要の角度が小さくなると大きくなるため、実際の管理試験では、100mm幅のCFシートに求められる引張力 $T$ にCFシートと直接接しているCFアンカーの扇要角度の割増( $T \times$  扇幅 100mmの $K_{100}$ /実際のCFアンカー扇幅の $K$ )を考慮して管理値とする。

CFアンカー扇部を折りたたんでCFシートに接着した試験体の接着強度(接着耐力をCFシートと直接接するCFストランド断面積で除した応力度)の平均値は、折りたたみ無し 2725N/mm<sup>2</sup>(底沢での基準試験結果) 1/4 折りたたみで 3292、1/2 折りたたみで 3997とCFアンカー扇部の折りたたんだ幅が大きくなると増す。この結果から、実施工においてもCFアンカー扇部を折りたたんで施工しても良いことが確認できた。

図6に文献2に示した抜け出し式(3式)による $L_{cs} \cdot (n_{cs} \cdot a_{cs})^{1/2} \cdot \cos \theta$ (埋込角度 $0^\circ$ )とCFアンカー埋込部引抜耐力の関係を示す。本結果より、コーン状破壊無しの試験によるCFアンカー埋込部の引抜耐力は、いずれも(3)式と良い適合を示しており、実施工に適用可能であることが分かった。一方、コーン状破壊有りの試験によるCFアンカー埋込部の引抜耐力は、コーン状破壊無しの値とほぼ同程度であり、鉄道総合技術研究所の接着系アンカーのコーン状破壊耐力式から得られる値を大きく上回っている。これより、CF

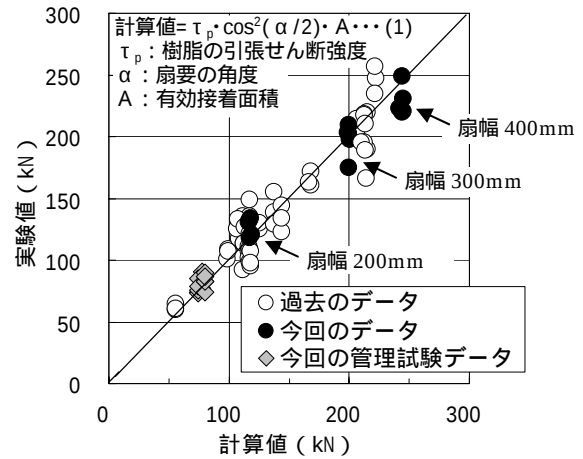


図4. 扇部接着耐力の実験値と計算値の関係

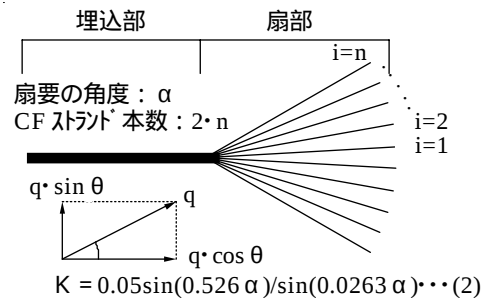


図5. CFアンカーのCFストランド配置と力の分力

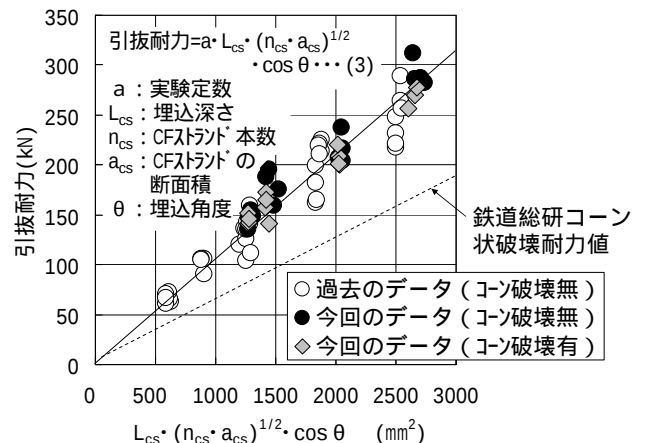


図6. 埋込部引抜耐力と $L_{cs} \cdot (n_{cs} \cdot a_{cs})^{1/2} \cdot \cos \theta$ の関係

アンカー埋込部のコーン状破壊耐力は、鉄道総合技術研究所の式にて安全側に評価できることが確認できた。

#### 5. 結論

- (1) 扇幅 200、300 および 400mm のCFアンカーは、実施工に適用が可能である。
- (2) CFアンカー扇部は折りたたんで施工して良い。
- (3) 提案した簡易なCFアンカー扇部管理試験方法は、実施工に適用が可能である。
- (4) CFアンカー埋込部のコーン状破壊耐力は、鉄道総合技術研究所の式で安全側に評価できる。

#### <参考文献>

- 1) 池谷他: I型断面橋脚の炭素繊維シートと炭素繊維ストランドによる補強, 日本コンクリート工学, Vol. 43, No. 3, 2005. 3
- 2) 長澤他: 炭素繊維アンカーによる耐震補強工法の定着設計と施工方法, 既存構造物の耐震補強に関するシボ・ジ・ム, 2002. 11