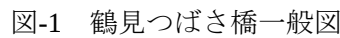


首都高速道路(株) 菊地 貞明
鹿島建設(株) 高橋 繁
鹿島建設(株) 正会員 ○上野 健治



1995 年の兵庫県南部地震を契機に、首都高速道路(株)では橋梁の耐震性照査・耐震補強を進めており、特に、代表的な長大吊構造系橋梁である横浜ベイブリッジ、レインボーブリッジ、鶴見つばさ橋の 3 橋については、委員会を設けて耐震性評価と耐震補強方法に関する検討を行っている¹⁾。ここでは、鶴見つばさ橋主塔橋脚の耐震補強工事に関して、炭素繊維シート巻立て補強に用いた含浸樹脂の選定経緯と施工実績について報告する。

鶴見つばさ橋は、横浜市内の鶴見航路に架かる中央径間 510 m、全長 1,020 m の 3 径間連続鋼斜張橋であり、1994 年に供用を開始している。耐震補強の対象となる主塔橋脚は、図-2 に示すように、高さが約 32m、最大幅が 27m と大規模で、その断面寸法が橋脚高さ方向に変化するという極めて複雑な形状となっている。耐震性評価の結果、レベル 2 地震時においてこの主塔橋脚のせん断耐力が不足することが分かり、炭素繊維シート巻立てによる耐震補強工事が計画され、事前に模型実験を行って、評価方法や補強効果の確認を行った²⁾。

従来、炭素繊維シートの含浸樹脂としてエポキシ樹脂が多く用いられているが、エポキシ樹脂の最低使用温度は+5℃であり、さらに、肌に触れるとかぶれるといった衛生上の問題がある。これに対し、アクリル樹脂は-10℃まで使用可能で、本工事の施工時期が1月～3月の厳寒期を含み、外気温が+5℃を下回る可能性が高い点もあるため、材料特性や強度等について比較検討を行った。

キーワード 長大橋橋脚，耐震補強，せん断補強，炭素繊維シート，アクリル樹脂

連絡先 〒231-0011 横浜市中区太田町 4-51 鹿島建設(株)横浜支店 TEL.045-651-1751



写真-1 鶴見つばさ橋全景

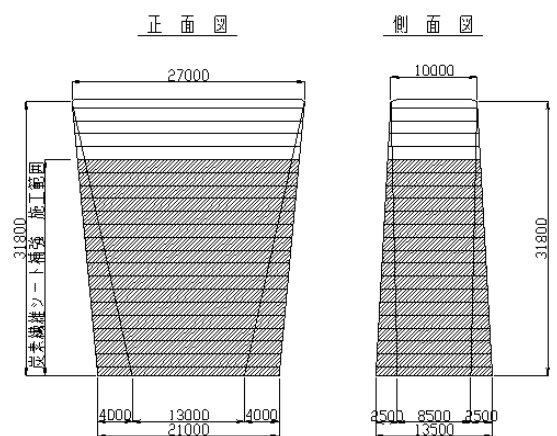


圖-2 主塔橋腳構造圖

に示す。材料特性や繊維シートに含浸硬化させた状態(以下、CFRP)としての特性に関しては、アクリル樹脂はエポキシ樹脂と同等以上の性能を有している。経済性や施工実績で劣るが、本工事の要件である低温での硬化性や施工上の安全性に関してはアクリル樹脂の方が優位と考えられる。

②低温下での強度特性：低温下のCFRPとしての強度特性を比較するため、+5℃および-10℃の温度で炭素繊維シート(目付け量：600 g/m²)に樹脂を含浸させたCFRP試験片に対する引張試験を行った。表-2に試験結果を示すように、+5℃の場合は、両者とも設計値を満足したが、-10℃の場合は、エポキシ樹脂は硬化不良となり、アクリル樹脂のみ設計値を満足した。

③温冷繰返し後の付着特性：アクリル樹脂硬化後のCFRPの耐久性を確認する目的で、-10℃～+50℃の範囲で温冷繰返し負荷を与えた後で付着強度を確認した。その結果、付着強度は設計値を満足し、写真-2に示すように表面を観察しても浮きや剥離等の異常は認められず、耐久性に問題無いことが確認できた。

以上のことから、本工事においてはアクリル樹脂の方が適用性が高いと判断し、アクリル樹脂を採用して工事を行った。

4. 施工実績とまとめ

アクリル樹脂は、可使時間がエポキシ樹脂と比較して短いため、施工サイクルが早くなり工期短縮に有利であると伴に、液だれや気泡が発生しやすい不安定な状態も短くなり、品質の確保という点でも良好であった。その反面、施工に時間をかけ過ぎると硬化による施工不能の原因となるため、気温と可使時間の関係を十分に把握し、当日の施工数量の計画・管理を厳重に行うことが重要である。また、600 g/m²といった高目付け量の炭素繊維シートを使用する場合、通常の200～300 g/m²程度のものを使用する場合と比較して、ローラーによるしごき回数を多くする等、繊維シートへの樹脂の含浸不足を防止することが大切であることが分かった。

以上、アクリル樹脂は、気温-10℃までの施工が可能で冬季や寒冷地での施工に適している。さらに、可使時間が短く速やかに次工程に移行できることから、多重層の繊維シート(4層, 5層もしくはそれ以上)の施工や、構造物・建築物内部等で施工時間や期間に制約があるようなケースにおいても適用性の高い材料である。今後、使用実績が増えればコストが下がり、選択の余地も広がることが期待できることから、今まで以上に施工条件や工期、コストを総合的に考慮した材料選定が重要となると考えられ、本論文がその一助となれば幸いである。

参考文献

1)小森和男他：首都高速道路における長大橋耐震補強検討、土木学会論文集、No.801、2005.10
2)溝口孝夫他：炭素繊維シートによる鶴見つばさ橋主塔橋脚SRC構造部の耐震補強効果確認実験、構造工学論文集、Vol.53 A、2007.3



写真-2 温冷繰返し負荷後の試験体



写真-3 炭素繊維シート施工状況

表-1 エポキシ樹脂とアクリル樹脂の比較

比較項目		アクリル樹脂	エポキシ樹脂
※1 材料特性	引張破壊応力	17.5 Mpa 以上	30 Mpa 以上
	曲げ強さ	20 Mpa 以上	40 Mpa 以上
	引張せん断強さ	10 Mpa 以上	10 Mpa 以上
※2 CFRP	引張強度	3400 Mpa 以上	3400 Mpa 以上
	付着強度	1.5 Mpa 以上	1.5 Mpa 以上
※3 施工特性	最低使用温度	-10℃	+5℃
	可使時間	40 分 (20℃)	60 分 (20℃)
	接着含水率	8%程度	6%程度
	安全性	かぶれにくい	かぶれ易い
経済性	材料単価	△	○
施工実績	施工実績	少ない	多い

※1：材料特性は、日本道路公団「構造物施工管理要領・床版上面補強対策工」による品質規格
※2：CFRP 強度は、日本道路公団「構造物施工管理要領・炭素繊維巻立て工法」による品質規格
※3：施工特性はメーカーによる材料試験値

表-2 低温下でのCFRP引張試験結果

作製温度	使用樹脂		引張強度 [N/mm ²]	弾性率 [kN/mm ²]
+5℃	エポキシ樹脂(冬用)	最低値	3523	231
		平均値	3778	236
	アクリル樹脂	最低値	3548	239
		平均値	4118	255
-10℃	エポキシ樹脂(冬用)	最低値	硬化不良により 実施不可	
		平均値		
	アクリル樹脂	最低値	3419	243
		平均値	3723	273
設 計 値			3400 以上	245