

付着型 高強度 ECF スtrandの性能確認試験

神鋼鋼線工業株式会社 正会員 ○細居 清剛 神鋼鋼線工業株式会社 上井 宏記
 神鋼鋼線工業株式会社 野田 一成 大成建設株式会社 正会員 大熊 光
 西日本高速道路株式会社 正会員 福田 雅人 大成建設株式会社 正会員 細谷 学

1. はじめに

一般的に橋梁用 PC ケーブルには普通強度 PC 鋼より線が用いられているが、最近では構造物の軽量化、省資源・省エネルギー化、コスト削減を目的として高強度 PC 鋼より線の採用が増加している。今回、さらなる利用拡大を期待し、高耐久性・高防食性を付与する目的でエポキシ樹脂被覆を施した高強度 ECF スtrandについて機械的特性を確認するべく各種試験を実施した。

2. 被覆の無い高強度 PC 鋼より線

被覆の無い高強度 PC 鋼より線は JIS G 3536 に規定されている PC 鋼より線 (SWPR7BL) に対して最大試験力が 20%以上向上し、かつ、靱性・延性も遜色のないものとして既に開発済みであり、(社)プレストレストコンクリート技術協会「高強度 PC 鋼材を用いた PC 構造物の設計施工指針」に定められる機械的性質ならびに要求性能を満足することが確認できている。代表サイズの機械的性質を表-1 に、要求性能を表-2 に示す。

表-1 被覆の無い高強度 PC 鋼より線の機械的性質

呼び名	最大試験力 kN	0.2%永久伸びに 対する試験力, kN	伸び %	リラクセーション値 (1000 時間) %
高強度 PC 鋼より線 7 本より 15.2mm	314 以上	267 以上	3.5 以上	2.5%以下
高強度 PC 鋼より線 7 本より 15.7mm	335 以上	285 以上	3.5 以上	2.5%以下

表-2 被覆の無い高強度 PC 鋼より線に要求される性能確認試験結果

性能照査項目	要求される性能	試験方法	試験結果
遅れ破壊抵抗性	最小破断時間が 1.5 時間以上、 累積破断確率 50%のときの破断 時間が 4 時間以上であること。	FIP に定める水素脆化促進試験方法に準拠する。 試験溶液: NH_4SCN (20wt%) 溶液温度: 50℃ 載荷荷重: 最大試験力の 80%	最小破断時間: 約 3 時間、中央値 破断時間: 約 9 時間であり、要求 される性能を満足することを確認 した。
耐疲労性	定着具を組み合わせない鋼材の 疲労試験において、上限応力度を $0.7\sigma_{pu}$ 、変動応力幅を 195N/mm^2 の条件で繰返し回数 200 万回で 鋼材が破断しないこと。	ISO6934-4 1991 に定める試験方法による。	繰返し数 200 万回で破断しない ことを確認した。
曲げ引張抵抗性	鋼材を曲げた状態で引張試験を 行い、破断強度低下率が 5 個の平 均値で 28%以下であること。	FIP に定める曲げ引張試験方法による。	破断強度の低下率は、5 本の平均 値で約 19%であり、要求される性 能を満足することを確認した。

3. 高強度 ECF スtrand

ECF スtrandは PC 鋼より線にエポキシ樹脂被覆を施し、且つ、各素線隙間部にも同樹脂を充填した高耐食性 PC 鋼より線である。高強度 PC 鋼より線に ECF 加工を行う場合、普通強度材の場合と同工程で同樹脂を用いるためエポキシ材料自体の品質・性能は変わらない。しかしながら、通常と異なる鋼材に表面処理や加熱処理を行うことによる影響が明確にはなっていないため、各種試験を実施して性能確認を行った。



図-1 ECF スtrand

キーワード PC 鋼材, 高強度, ECF スtrand, 内部充てん型エポキシ樹脂被覆 PC 鋼より線

連絡先 〒660-0091 兵庫県尼崎市中浜町 10 番地 1 神鋼鋼線工業 (株) 技術部 PC 鋼線技術室 TEL06-6411-1072

4. 試験内容

(公社)土木学会「エポキシ樹脂を用いた高機能 PC 鋼材を使用するプレストレストコンクリート設計施工指針 (案)」に定められている品質規格に基づき試験を実施した。今回、橋梁用 PC 内ケーブルでの採用を目指し、エポキシ樹脂に珪砂を塗布した付着型(図-1)を用いて、コンクリートとの付着特性の確認も行った。

5. 試験結果

各種試験を実施した結果、下記について確認する事が出来た。1) エポキシ樹脂膜厚は定められた規格値を全て満足した。2) 寸法・機械的特性にエポキシ樹脂被覆の影響はなく、高強度 PC 鋼より線全ての項目において規格値を満足した。3) エポキシ被覆は均一で、目視で認められるような異常等はなかった。4) 被覆前鋼材直径の 32 倍の円筒に鋼材を巻き付ける曲げ試験(図-2)を実施しても、被覆の剥離や割れは発生しなかった。5) 引張破断試験後供試体(図-3)に被覆の飛散等はなく、鋼材とエポキシ樹脂被覆の密着性は良好であった。6) 製造時のエポキシ樹脂被覆の連続性に問題はなかった。7) リラクセーション 1000 時間試験を実施し、15.2mm で 1.27%、15.7mm で 1.03%の結果が得られた。通常、ECF スtrandでは製造時加熱処理がリラクセーション特性に影響を与えるため、規格値を 6.5%以下としているが、高強度 PC 鋼より線を用いた場合はその影響がなく、低リラクセーション品の規格値である 2.5%以下を満足した。8) コンクリートとの付着強度(初滑荷重)は同径普通強度 PC 鋼材以上の値となった。また、試験後の供試体を解体してエポキシ樹脂被覆の損傷状況を確認したが鋼材の露出はなかった(図-4)。

6. まとめ

試験の結果、高強度 PC 鋼より線に ECF 加工を行った場合でも橋梁用 PC 内ケーブルの要求性能を十分に満足する事が確認できた。

今後は新名神高速道路生野大橋のカンチレバーケーブルとして採用される予定である。また、リラクセーション特性に関しては普通強度材よりも良好な結果が得られたため、試験体数を増やして十分なデータが得られれば、低リラクセーション品仕様に変更する予定である。

参考文献

・(社)プレストレストコンクリート技術協会 高強度 PC 鋼材を用いた PC 構造物の設計施工指針 平成 23 年 6 月
・(公社)土木学会 エポキシ樹脂を用いた高機能 PC 鋼材を使用するプレストレストコンクリート設計施工指針(案) 平成 22 年 7 月

表-3 性能照査項目および実施試験一覧

項目		試験方法
高強度 ECF スtrandの基本的性能	1)エポキシ樹脂被覆厚	光学式顕微鏡測定
	2)寸法・機械的特性	寸法測定 引張試験
	3)被覆外観	目視確認
	4)被覆密着性	曲げ試験 (※2)引張試験)
	5)被覆の連続性	ピンホール検査
	6)リラクセーション特性	リラクセーション試験
付着型 ECF スtrandの基本特性	7)コンクリートとの付着強度	付着試験

※試験 2) 寸法・機械的特性と兼ねて実施



図-2 曲げ試験状況



図-3 引張破断後試験体



図-4 付着試験状況