

高次振動法によるPC外ケーブルの張力測定

川田建設(株)

正会員

○小林 太之

川田建設(株)

正会員

今井 平佳

中日本高速道路(株)

金崎 孝行

中日本高速道路(株)

小林 大助

1. はじめに

従来のPC橋は、PC鋼材をコンクリート内部に配置していたが、橋梁本体の自重軽減、施工性の向上、PCケーブルの点検の容易性や再緊張および取替が可能といった維持・管理性の向上という利点から、外ケーブル構造の適用が増えている。外ケーブル構造で重要なのはPC外ケーブルの張力であり、PC外ケーブルの張力測定は、従来、振動法により行われていた。しかし、曲げ剛性値が既知であることが前提であるため、事前に実物大試験等により曲げ剛性値を計測する必要があった。それに対し、高次にわたる複数の固有振動数を測定することで、PC外ケーブルの曲げ剛性と張力を同時に算定可能な「高次振動法」が開発された。本報告は、実橋梁におけるPC外ケーブルの張力を、高次振動法により測定した結果と設計値を比較して報告する。

2. 高次振動法を用いた張力測定システムとは

高次振動法を用いた張力測定システムは、PC橋の外ケーブルやエクストラードード橋の斜材において、施工時もしくは供用時のケーブル緊張力が確認できる手法である。複数の高次振動数とモード次数の関係（図-1）より、ケーブル長とケーブル単位質量がわかれば、ケーブルの張力と曲げ剛性値を同時に求めることができる。張力と曲げ剛性値が同時に算定できるため、テストピースでの事前実験や実橋でのキャリブレーション等による曲げ剛性値の把握は不要となる。

測定方法は、ケーブルに加速度計を取り付け、ハンマーで打撃を加えて加振し、固有振動数を測定し、解析ソフトを用いて張力および曲げ剛性を算定する。

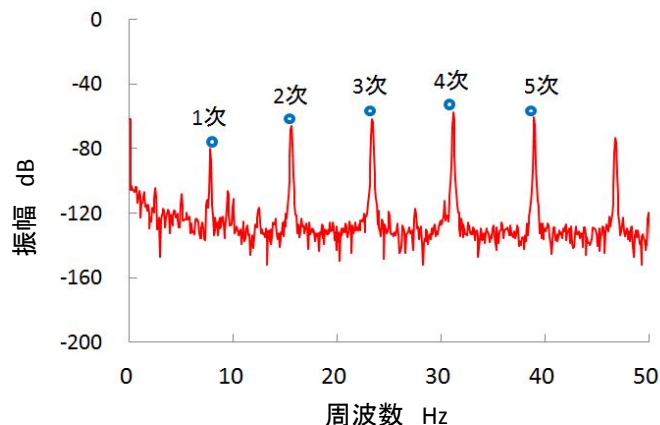


図-1 固有振動数測定結果 (P2-P3 区間⑧)

3. 測定ケーブルと緒元

測定ケーブルは、興津川橋（PC5径間連続箱桁橋）の外ケーブル（内部充てん型エポキシ樹脂被覆 PC 鋼より線）の19S15.2である（表-1）。緊張力を測定したケーブルは、緊張が完了している14本であり、測定箇所は、支間中央付近下側の偏向部間とした（図-2）。

表-1 ケーブルの仕様 (19S15.2)

項目	断面図
ケーブル外径 (mm)	82
規格破断荷重 (kN)	4,959
規格降伏荷重 (kN)	4,218
鋼材断面積 (mm ²)	2,635.30
ケーブル単位質量 (kg/m)	21.945

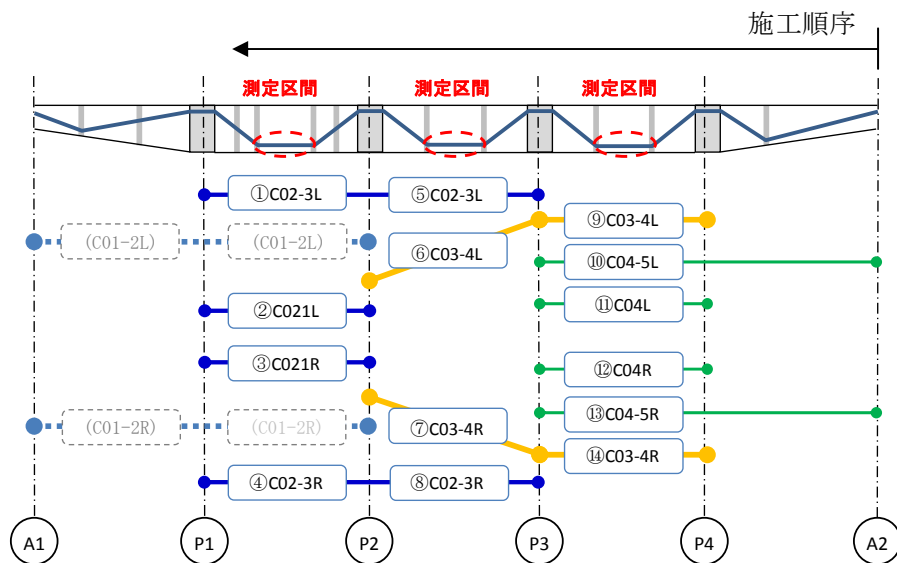


図-2 対象ケーブルと測定区間

キーワード 高次振動法、外ケーブル、張力測定、曲げ剛性、加速度計

連絡先 〒114-8505 東京都北区滝野川 6-3-1 川田建設(株) TEL. 03-3576-5321 E-mail: hirayoshi_imai@kawadaken.co.jp

4. 測定機材と測定方法

高次振動法による測定には表-2に示す機材を使用する。
測定状況を写真-1に示し、測定フローの順序で行う。

表-2 測定機材

機材名	用途	数量
① 加速度計	: 振動測定	2個
② データロガー	: 振動測定	1台
③ 周波数解析ソフト	: 固有振動数検出	1台
④ 張力解析用ソフト	: 張力算定	1台
⑤ プラスチックハンマー	: ケーブル加振	1個
⑥ ホースバンド、保護ゴム	: 加速度計取付治具	適量

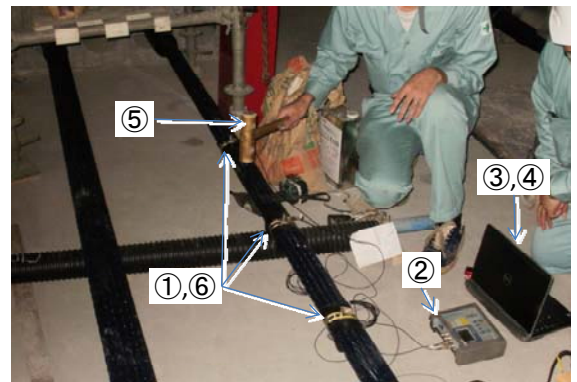
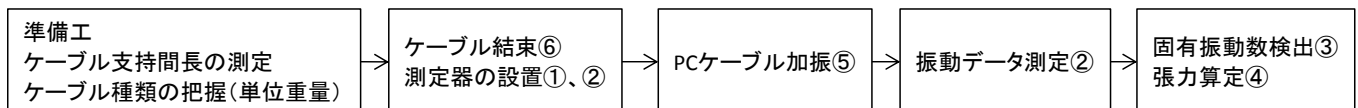


写真-1 測定状況

測定フロー



5. 測定結果

測定結果を表-3に示す。

表-3 測定結果

測定日: H26.8.29

径間	測定 No.	ケーブル No.	測定結果 (kN)	設計値 (kN)	設計値との差 (%)		緊張日	定着部導入張力 (kN)
P1-P2	①	C02-3L	2,949	2,904	101.6	1.6	H26. 8.28	3,127,950
	②	C021L	2,928	2,912	100.5	0.5	H26. 8.29	3,127,950
	③	C021R	3,008	2,912	103.3	3.3	H26. 8.29	3,127,950
	④	C02-3R	2,986	2,904	102.8	2.8	H26. 8.28	3,127,950
P2-P3	⑤	C02-3L	2,949	2,876	102.6	2.6	H26. 8.28	3,127,950
	⑥	C03-4L	2,928	2,879	101.7	1.7	H25.12.16	3,093,195
	⑦	C03-4R	2,811	2,879	97.6	-2.4	H25.12.16	3,127,950
	⑧	C02-3R	2,956	2,876	102.8	2.8	H26. 8.28	3,127,950
P3-P4	⑨	C03-4L	2,792	2,880	97.0	-3.0	H25.12.16	3,093,195
	⑩	C04-5L	2,873	2,873	100.0	±0.0	H25.10. 7	3,155,754
	⑪	C04L	2,774	2,881	96.3	-3.7	H25.10. 8	3,127,950
	⑫	C04R	2,753	2,881	95.5	-4.5	H25.10. 8	3,127,950
	⑬	C04-5R	2,786	2,873	97.0	-3.0	H25.10. 7	3,127,950
	⑭	C03-4R	2,821	2,880	98.0	-2.0	H25.12.16	3,127,950

6. まとめ

高次振動法を用いた張力測定システムにより、緊張定着後のPC外ケーブルを測定した結果、設計値との差が概ね5%以下となった。

緊張日からの経過時間で測定結果と設計値との差を見ると、緊張直後（H26. 8）の差の平均は+2.3%、緊張から8ヶ月後（H25. 12）の差の平均は-1.4%、緊張から10ヶ月後（H25. 10）の差の平均は-2.8%であり、設計値との差は時間が経過するとともに－（マイナス）の値が大きくなっている。これは、コンクリートのクリープ乾燥収縮による変形の影響により、緊張力が減少したためと考えられる。

これらのことから、高次振動法を用いた張力測定システムは、エポキシ被覆外ケーブルの初期および維持管理時の張力測定に有効であるといえる。

参考文献

- 1) 特許番号 3313028 「張力のかかっているケーブルの曲げ剛性および張力の測定方法」
- 2) 特許番号 3550296 「構造物の張力および曲げ剛性の測定方法」
- 3) NETIS TH-140005-A 「橋梁用ケーブルの張力測定・モニタリング技術(高次振動法)」
- 4) 第42回土木学会関東支部技術研究発表会 V-53 「高次振動法によるPCケーブルの張力測定」