

PC 橋補強用外ケーブルの導入緊張力測定

(一財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○大宮 勲 正会員 青木 聡 水谷 亮勝
首都高速道路(株) 正会員 飯島 悠介

1. はじめに

首都高速道路のPCゲルバー橋では、構造物の耐震性の向上や長寿命化を目的に外ケーブルを用いた連続化工事が行われている。補強後の外ケーブルの維持管理において、経年の緊張力の変化を把握することが必要である。本稿では、8径間連続箱桁PC橋で行われた連続化工事での施工時および施工1年後において、振動法¹⁾を用いた外ケーブル緊張力の測定結果について報告する。

2. 構造概要

外ケーブルはF200TS(19×φ9.5)のPCより線を用いており、施工性を考慮して各箱桁の中ウェブ近傍に2本ずつ配置されている(図-1, 2)。外ケーブルは215mと長いため、橋梁の構造変化に伴う発生モーメントに対してプレストレスの効果が得られるように、1ケーブル当たり31箇所の偏向装置(写真-1)を設けている。外ケーブルは、定着部の両端からジャッキにより緊張を行った。緊張時においてケーブルに所定の緊張力が導入されるようにケーブル端部で緊張力を測定している。緊張力はジャッキ圧力計示度から求めており、式(1)により算出している。

$$P = \frac{\sigma_m A_j}{(1 + 0.02)} \quad (1)$$

P: 導入緊張力(kN), σ_m : ジャッキ圧力計示度(kN/mm²),

A_j: ジャッキ受圧面積(mm²), ジャッキ・定着具における摩擦のロス2%

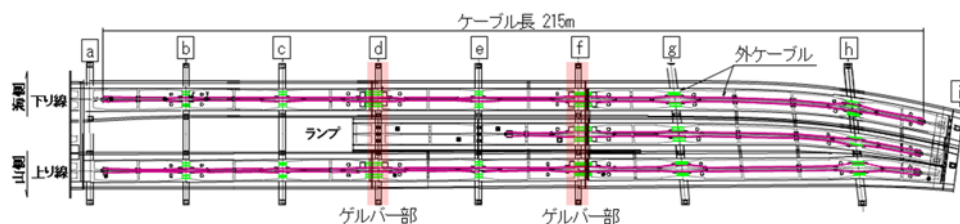


図-1 外ケーブル配置 平面図

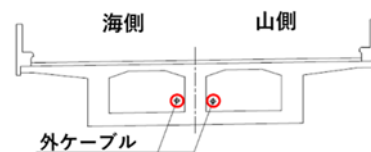


図-2 外ケーブル配置 断面図

3. 振動法による緊張力の測定

振動法は、ケーブルの固有振動数と張力の関係よりケーブル張力を推定する方法である。

(1) 測定内容

測定は外ケーブルの偏向装置間に加速度計をケーブルの上面に設置して、ゴムハンマーによる打撃で加振することにより行った。有効振動長は偏向装置間とし、支点は偏向装置の中心位置とした。緊張力はケーブルの1次固有振動数を用いて算出するため、打撃位置は有効振動長の中央とすることとしていた。しかし、有効振動長の4分の1付近の方が精度良く固有振動数を計測できたため、ここを打撃位置とした。また、加速度計もその近傍に設置した。

測定位置は作業性を考慮して、下り線の橋脚b付近4m区間と14m区間の2箇所とし、山側と海側でそれぞれ測定した。橋脚f付近においても同様に測定し、合計8箇所で行った(図-3)。写真-2に現場調査時の測定状況を示す。



写真-1 偏向装置

写真-2 測定状況

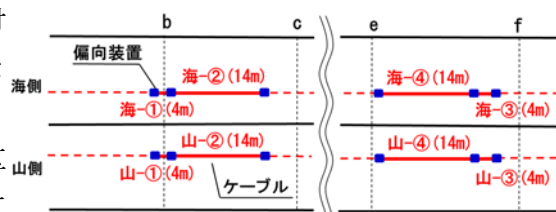


図-3 測定位置 平面図

キーワード 外ケーブル, 緊張力, 振動法, 固有振動数

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3丁目10番地11号 (一財)首都高速道路技術センター TEL03-3578-5751

(2) 振動法の原理について

一般的にケーブルの張力は式(2)で求めることができる

$$T_1 = \frac{4L^2 f_1^2 W}{g}$$
 (2)

T_1 : ケーブルの曲げ剛性を考慮しない張力(kN)

L : 有効振動長(m), f_1 : 1次の固有振動数(Hz)

W : 単位重量(102.717N/m), g : 重力加速度(9.81m/sec²)

しかし、式(2)はケーブルの曲げ剛性を考慮していないため、本測定は振動法によるケーブル張力の実用算定式¹⁾から、より精度の高い曲げ剛性を考慮した式(3)を用いて緊張力を推定した。

$$T_2 = \frac{4L^2 f_1^2 W}{g} K_s$$
 (3)

T_2 : ケーブルの曲げ剛性を考慮した張力(kN)

$$K_s = 0.857 - 10.89(C/f_1)^2 \quad (3 \leq \xi \leq 17)$$

E : ヤング係数($2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$)

$$K_s = 1 - 2.2C/f_1 - 2(C/f_1)^2 \quad (17 < \xi \leq 100)$$

I : 断面二次モーメント($1.26 \times 10^{-7} \text{ m}^4$)

$$K_s = 1 \quad (100 < \xi)$$

K_s : ケーブルの曲げ剛性を考慮した場合の補正値

$$\xi = L\sqrt{T_1/(EI)} \quad C = \sqrt{EIg/(WL^4)}$$

4. 結果の比較

表-1 ジャッキ導入緊張力と施工時および1年後の推定緊張力

表-1 に施工時でのジャッキ圧力計示度によるケーブル端部の導入緊張力と、施工完了時と1年後の振動法による測定緊張力を示す。振動法において曲げ剛性を考慮するための補正値 K_s は、4m 区間で 0.84~0.86、14m 区間で 0.95~0.96 であり、有効振動長が短いほど補正量が大きくなる。

単位 (kN)	ジャッキ導入緊張力 T_a	施工完了時 振動法 測定値 T_b	施工1年後 振動法 測定値 T_c	ジャッキ導入緊張力と施工時の振動法による測定値の比率 (T_b/T_a)	振動法の施工時に 対する1年後の変化率 (T_c/T_b)
海-①	1171.5	1174.6	1139.1	100%	97%
海-②		1034.3	1027.6	88%	99%
海-③		1241.1	1265.4	106%	102%
海-④		1146.5	1144.2	98%	100%
山-①		1125.4	1121.0	96%	100%
山-②		1193.9	986.5	102%	83%
山-③		1236.7	1266.8	106%	102%
山-④		1176.3	1145.1	100%	97%

施工時のジャッキ導入緊張力を基準値と考え、施工時のジャッキによる緊張力と振動法の緊張力を比較し、振動法の精度を確認した。海-②を除き差は2%~6%であり、有効振動長によらず振動法で緊張力を概ね推定できると考えられる。海-②では12%の差が見られたが、測定誤差によるものと考えられる。

次に施工時と1年後の振動法による緊張力の変化を確認した。緊張力に大きな変化があったのは山-②であり、17%の低下が見られた。その他は1%~3%と微小であった。山-②の結果から、山側におけるケーブルが低下したと考えられると、他の山側の3箇所の結果も同様に緊張力の低下がみられるはずである。しかし、変化率は2%~7%であるため、緊張力が低下した可能性は低いと考えられる。緊張力が変化した原因として、施工から1年が経過して、偏向装置と外ケーブルの摩擦がなじみによって拘束状態が変化したこと。また季節の温度変化に伴い部材が伸縮し偏向装置とケーブルの接触位置が移動したことにより、有効振動長が変化することが考えられる。

5. まとめ

施工時のジャッキの緊張力と振動法の測定緊張力を比較した結果、有効振動長によらず振動法で緊張力を概ね推定できることを確認した。施工時と1年後に対し、振動法による推定緊張力を比較した。一部で17%の緊張力の低下が見られたが、他の計測点において低下が見られないことから、ケーブルの緊張力が低下した可能性は低いと考えられる。

参考文献

1)新家徹ほか：振動法によるケーブル張力の実用算定式について 土木学会論文集第294号 pp.25-31, 1980.2