

4．最適ケーブル調整量の算出

本観覧車ではその構造的特徴から、ケーブル張力の変動が他のケーブル張力や構造体の出来形に大きな影響を及ぼす。計測により得られたケーブル張力および出来形を管理値内の数値に収めるための最適調整量を算出するにあたり、以下の数理計画法を用いた。

1) 重み付き最小自乗法

重み付き最小自乗法は、管理項目（ここではケーブル張力、リングおよび支柱の出来形）の誤差の自乗和が最小となるように調整量を計算する手法である。

$$Q \sum_{i=1}^M (w_i \varepsilon_i)^2 = \sum_{i=1}^M \left\{ \omega_i \sum_{j=1}^N \{ a_{ij} \cdot S_j - (d_i - c_i) \} \right\}^2$$

ここで、 Q ：誤差の最小自乗和 ω_i ：重み係数 ε_i ：誤差
 S_j ：調整長さ a_{ij} ：調整長さ感度行列 d_i ：目標値（管理値、設計値）
 c_i ：計測値 i ：管理項目(1～M) j ：調整ケーブル(1～N)

当該ステップの誤差(計測値 - 目標値) Q の自和を目的関数として、最小となる調整量 S_j が求解される。数学的な解法としては、2 次関数の極値を求め、 $\partial Q / \partial S_j = 0$ を満足する調整量を求解する。本方式では、多元($j \times j$) の連立方程式を求解することで一意的に解が求められる。

2) 制約条件付き非線形計画法

最小自乗法では誤差を無制約に最小とする手法で、算出される結果が数理的に誤差が最小であっても調整量が施工上の限界を超えていたり、一部の管理項目で許容値を超過する場合がある。この問題を解決するのが本法である。ここでは上記の最小自乗法の目的関数に対して以下のように制約を加えて加算することが出来る。

$S_j < S_{\max j}$ および $S_j > S_{\min j}$ ターンバックルの調整量の制約条件
 $\varepsilon_i < \varepsilon_{\max i}$ および $\varepsilon_i > \varepsilon_{\min i}$ 管理項目の制約（許容値）

5．ケーブル張力計測結果

以下にスポークケーブルの張力計測結果を示す。ジャッキのゲージに基づいて導入したケーブル張力は、目標管理値に対して 20～35%程度少ない張力しか導入出来てなかったことが分かる。（下図“調整前”）しかしながら、上記数理計画法に基づいた調整を行なった結果、1 回の調整で目標管理値の ± 10% の範囲に収めることが出来た。（下図“調整後”）

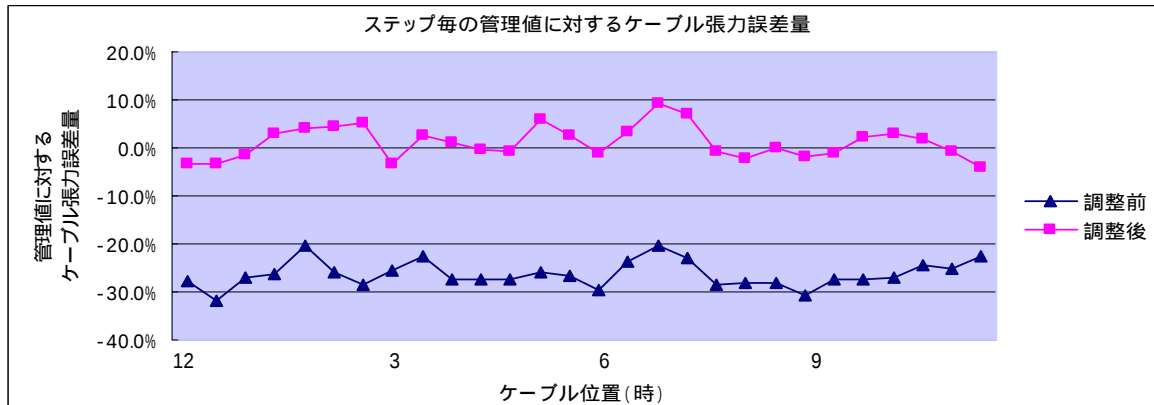


図 - 4 スポークケーブル張力調整結果

6．あとがき

本稿では、ドップラー振動計を用いた振動法によるケーブル張力測定手法および数理計画法による最適張力調整量を紹介した。計 136 本ものケーブルを有する大型構造物の張力を、これらの手法を採用したことにより短時間でかつ精度良く計測出来た。今後はこれらの手法をさらに応用し、様々な構造物に適用させることで建設工法の発展に貢献したい。

参考文献

- i) 杉山他, “シガポール大観覧車の耐風性検討 - 風洞実験 -”, 第 63 回年次学術講演会 (投稿予定), 2008
- ii) 亀井他, “シガポール大観覧車の建設概要”, 第 63 回年次学術講演会 (投稿予定), 2008
- iii) 近藤他, “シガポール大観覧車 - 回転架設用大型クランプジャッキの開発”, 第 63 回年次学術講演会 (投稿予定), 2008