

大型車が頻繁に通行している長大吊橋補剛桁の縦断形状計測法

日本道路公団下関管理事務所

相良 貢

日本道路公団下関管理事務所

堀野 恵

日本構造橋梁研究所大阪支社 正会員 ○梅本 幸男

関門橋補剛桁の縦断形状（標高）計測は、供用後の異常発生の有無を確認するため、過去4回にわたりレベル計測法で実施されてきた。補剛桁の標高差は約7mあり水準器を数度盛替えする必要があるが、その結果①大型車のタワミの影響により計測値が安定しない、②計測に長時間を要するため温度変化による誤差を生じやすい、③交通規制が必要となる等の諸点が問題となっていた。

そこでこれらの問題を解決するために、『光波測距儀による追尾計測』（以下AP計測と省略）を行い、その結果を『大型車の影響評価法』で補正することにより、タワミの影響を取り除く方法を採用した。

このAP計測は図-1のように、地上の計測基準点に据えた光波測距儀から中央径間中央点（ $L_c/2$ 点）の東西補剛桁上に設置したターゲットを視準し距離（ L ）や鉛直角（ α ）を連続計測して高さ（ H ）を計算し、標高を求める方法である。この方法によれば、毎秒2.5回のデータの読み取りが可能であり、車の通過によって生じている10mmに満たない補剛桁のタワミ変位量も確実にとらえることができる（図-2）。

この計測時間中に大型車が全く通過していない時間帯（非通過時間帯）が約1分間続けば、タワミの影響を受けない標高を得ることが可能である。

しかし、2晩（約8時間）の調査の結果、大型車は毎分数台以上と極めて頻繁に通過しており、約1分間の非通過時間帯はわずか5回しかなかった。これでは計画的な計測は不可能であり、今後この方法を採用していくことも困難となる。

そこで、大型車が通過している時間帯の結果からタワミの影響を取り除くために『大型車の影響評価法』で補正する方法を検討した。

20t大型車による $L_c/2$ 点のタワミ影響線を図-3に示すが、最大タワミは片主構当たり約55mmになる。しかし走行中の大型車によるタワミの影響を受け続けている標高を微小時間間隔で計測し、その結果を計測回数で平均すればタワミ影響値（ $\delta 0$ ）は6.3mmとなる。



図-1 AP計測法概略図

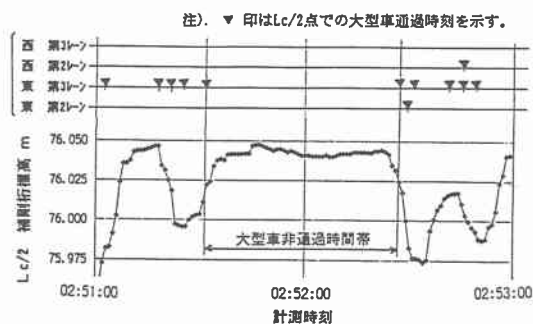


図-2 AP計測結果例

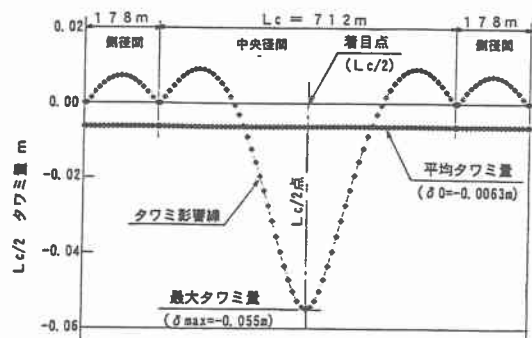


図-3 $L_c/2$ 点のタワミ影響線

これより標高を任意時間(T)連続計測して平均値を求め、その同じ時間内に通過した大型車台数に応じて下記式で算出した標高補正值(Δ)で補正すれば、一部の仮定値を設定する必要があるが大型車の影響を取り除いた標高を得ることが可能である。

$$\Delta = (W/20) \times \Sigma (n_i \times \eta_i) \times T_h \times \delta_0 / T$$

ここに、W … 大型車の平均重量(15tfと仮定)

n_i … 計測時間内のレーン別通過台数

η_i … 通過レーンに伴う重量低減比
(2主構間の1-0分配値)

T_h … 吊橋通過所要時間(48秒と仮定)

δ_0 … 1台当たりのタワミ影響値

T … 1ケース当たりの計測時間

この方法に基づく補正值の計算結果例を表-1に示す。この値は大型車通過台数や走行レーンによって多少変わるものの、計測時間Tを30分間と設定したことにより、どのケースも20mm以下となった。

この大型車の影響評価法によって求めた補剛桁の標高Aを大型車の非通過時間帯の結果B(いずれもAP計測)、同時に実施したレベル計測の結果Cとあわせて表-2に示す。この表で、大型車影響評価法によって求めた標高結果Aはバラツキも小さくその値は標高結果Bの値にほぼ一致しており、大型車影響評価法で補剛桁の標高を算出することが可能であることがわかる。

一方、レベル計測では前述の問題点を避けることができず、計測中の中間盛替え点において $\sigma_{\max}=0.057\text{m}$ となるなど結果が不安定でありバラツキが大きいことを再確認した。

【結論】

補剛桁の縦断形状計測で『AP計測』と『大型車の影響評価法』を採用した結果、以下の点が確認できた。

- ①レベル計測結果に比べAP計測結果は精度面での信頼性が高く、長大吊橋の形状計測法に適している。
- ②大型車の通過台数を同時に調査することにより、机上計算でタワミ影響値の標高補正も可能である。
- ③補剛桁上へのターゲット設置は検査路や足場からの作業が可能であり、路面交通規制が不要となる。

【今後の課題】

2晩のAP計測結果(基準温度換算標高)に約40mmの差が生じた。ケーブル表面温度しか計測しておらず、日中の気象条件の違いによるケーブル全体の温度を正しく評価できなかったことが、主たる要因であると考えている。これに関しては、今までのレベル計測法では知る機会も少なくまた計測の精度上からもあまり重要視されてこなかった。しかし、AP計測法で標高をより精度よく評価できるようになったことにより、ケーブル全体温度も同時に正しく評価することが新たな課題となってきた。

表-1 大型車による標高補正值の例

19日第6ケース 2:30:00~2:59:59(T=30分)		
Lc/2点の通過 大型車台数 n_i	東側 車線 (九州行き)	第2レーン 44台 第3レーン 143台
	西側 車線 (本州行き)	第2レーン 30台 第3レーン 34台
標高補正值 Δ (Lc/2点)	東側 主構	0.018 m
	西側 主構	0.014 m

注). 第1レーンは交通規制(通行止め)した。

表-2 計測結果の比較(単位: m)

[着目点 Lc/2点]

計 測 法	記号	東側 Lc/2	西側 Lc/2
A 大型車影響評価法 (AP計測)	Hm(n)	75.995(11)	76.057(11)
	σ (n)	0.006(11)	0.004(11)
B 大型車非通過時間帯結果(AP計測)	Hm(n)	75.994(5)	76.056(4)
	σ (n)	0.003(5)	0.002(4)
C レベル計測結果 (レベル計測)	Hm(n)	76.057(2)	76.092(2)
	σ (n)	0.011(2)	0.007(2)
標高差(B-A)	—	-0.001	-0.001
標高差(C-A)	—	0.062	0.035

注) Hm(n) はLc/2点の n ケースの計測によって得られた基準温度(20°C)換算平均標高値を、 σ (n) は標高標準偏差を示す。