

## 白鳥大橋側塔ケーブル締付ボルトの軸力経時変化特性について

新日本製鐵 正会員 ○本間 徹 正会員 佐々木靖宗  
北海道開発局 田高 淳 大島 雅人 山田 弘幸

### 1. はじめに

白鳥大橋は橋長 1,380m(330m+720m+330m)の3径間2ヒンジ補剛箱桁吊橋であり、平成 10 年 6 月に供用が開始された。本橋は2つの側塔を有し、その側塔部でのケーブル入出射角差が小さいため、サドル内のケーブル反力による摩擦抵抗のみではケーブルがサドル部で滑動する。このため、側塔サドルにはその中心位置に水平摩擦版を設け、摩擦抵抗を大きくしていることに加え、サドル上蓋でケーブルを押さえ込み、ボルトにて締め込むことでケーブルの滑動を防止する独特な構造が採用されている。

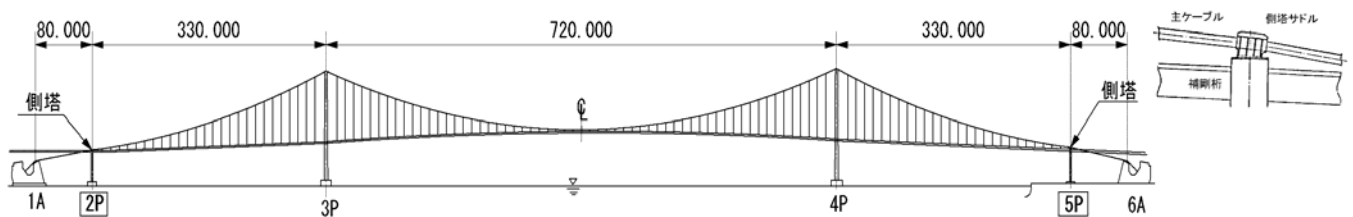


図-1 白鳥大橋側面図

この締付ボルト軸力、換言するとケーブルを拘束する力がケーブル滑動現象を支配するため、その時間経過に伴う軸力低下を計測し(軸力経時変化計測)、傾向を分析して将来のボルト軸力導入時期を推定することは維持管理上で極めて重要である。本稿では、供用開始後実施されたボルト軸力経時変化計測結果を整理した結果、軸力低下傾向が経過日数の常用対数に対する1次回帰ではなく、経過日数に対する1次回帰となっていることが確認できたので報告する。

### 2. 供用開始1年後(4次締付前)までのボルト軸力経時変化

ケーブルバンドならびに側塔ボルトにおける1次～3次締付後の軸力経時変化計測結果を表-1に示す。吊橋のバンド構造で今迄一般にいわれている「締付回数が進むにつれ軸力の低下傾向が鈍くなる(回帰係数の絶対値が低くなる)」ことを示しており、程度は異なるものの側塔ボルトもケーブルバンドと同様の傾向であることを示している。

平成 10 年 6 月供用開始後から平成 14 年度までの間、側塔ボルトの軸力管理は以下の考え方で進めていた。

(1) ボルト軸力の低下は、経過日数の常用対数に対する1次回帰式にて予測。

(2) 地震時の滑り安全率( $\alpha = 1.5$ )を満たす軸力残留率(70%)に低下する前に軸力を再導入。

(3) 軸力再導入の推定・判定は、回帰式に対する計測値のバラツキを考慮し、回帰式- $3\sigma$ を下限信頼直線とし、これを目安に軸力残留率(70%)を下回らない時期にて検討する。

表-1 1次～3次締付後のボルト軸力回帰式

ボルト締付区分		1次締付	2次締付	3次締付
ボルト締付時期		H6年7月	H6年9月	H9年4月
一般バンド	回帰係数 $\alpha$ (%)	-8.039	-4.446	-3.904
	切片 $\beta$ (%)	86.603	96.640	97.053
側塔サドル	回帰係数 $\alpha$ (%)	-10.373	-6.545	-5.505
	切片 $\beta$ (%)	92.251	97.916	95.142

### 3. 平成 15 年度における軸力低下予測ならびに平成 16 年度経時変化計測結果

平成 11 年 12 月に側塔ボルトの4次締付を実施してから 3, 200, 600, 1400 日後の 4 回の経時変化を平成 15 年度まで計測しており、建設時に作成された白鳥大橋維持管理マニュアルでは以降 5 年ピッチで計測することになっている。(初年度, 1 年後, 3 年後, 5 年後, 以降 5 年ピッチ方針)

表-2 H15年度時点での軸力残留率予測

		H15年状況	H20年予測
経過日数		1418	3243
軸力残留率 (%)	経過日数	回帰式	72.634
		信頼下限	63.646
	経過日数の対数回帰式	回帰式	81.151
		信頼下限	65.596

キーワード 白鳥大橋, 吊橋, 側塔, ボルト軸力, 経時変化

連絡先 〒050-0087 北海道室蘭市仲町 12 番地 新日本製鐵(株)室蘭橋梁工場 TEL 0143-47-2154, FAX 0143-47-2612

これらの計測結果に基づくボルト軸力の低下予測を「経過日数の常用対数に対する回帰式」と「経過日数に対する回帰式」に分けて統計処理し、各々の回帰式と信頼下限直線ならびに軸力残留率を整理すると図-2, 3となる。

また、この統計処理結果より算出される平成15年度時点ならびに平成20年(5年後)における軸力残留率の推定値を表-2に示す。

これより、平成15年時点で軸力残留率(70%)を下回っている軸力測定データはないものの、信頼下限直線では軸力残留率が70%を下回る可能性を示唆していると同時に図-2, 3に示すグラフの傾向から、明らかに軸力の低下傾向が片対数一次関数ではなく、経過日数の一次関数で評価することが実際の側塔ボルト軸力の低下傾向に近いことが分かる。

また、「経過日数に対する回帰式」で予測した場合、建設時に作成された白鳥大橋維持管理マニュアルに従って軸力導入予定時期の5年後(平成20年)の評価では、地震時の滑りに対して必要な軸力が回帰式においても確保できない状態となることが予測される。

以上の2通りの軸力低下の推定にて、いずれも近い将来に地震時の滑り安全率を確保できなくなることが予測されたため、平成16年度に軸力を再導入し、この傾向を再確認するために軸力再導入直前に経時変化計測を実施することとした。図-2, 3に平成16年度実施したボルト軸力経時変化の計測結果を示す。側塔ボルト軸力低下の傾向がより明確になったと言える。当面は、ボルト軸力の経時変化は、「経過日数の常用対数に対する回帰式」に基づく予測は危険側になると考えられるので、経過日数に対する回帰式」で判定するべきであると考えられる。

#### 4. ケーブルバンドボルト軸力の経時変化傾向

白鳥大橋におけるケーブルバンドボルト軸力の4次締付後の経時変化を図-4に示す。約1年経過後より軸力減少率が大きくなっている。岩田らによる関門橋、因島大橋等のケーブルバンドボルトの軸力調査と分析<sup>2)</sup>でも時間レンジが異なるものの同様の傾向が報告されている。

但し、側塔と比べその減少率が低いことや軸力残留率に余裕があることから、この現象は別な機会にて検討する。

#### 5. まとめ

本橋の側塔サドルではケーブルバンドに比べ、その軸力低下は著しいことが判ったため、ケーブルバンドと同様の軸力低下傾向の考えでは危険であり、経過日数の一次関数で評価するべきと考えられる。一方で今後、長期に亘り、側塔サドルボルト軸力が際限なく経過日数の一次関数的に低下していくかどうかについては、将来の計測で明らかにしていく必要があると考えている。

#### 参考文献

- 1) ケーブルバンドボルト、側塔サドル上蓋ボルト軸力管理マニュアル 北海道開発局、新日鐵・神鋼JV
- 2) TENSION DROP IN CABLE-BAND BOLTS ON SUSPENSION BRIDGES (SEQUEL) IWATA, K. (Honshu-Shikoku Bridge Authority)他 *Bridge Management*.

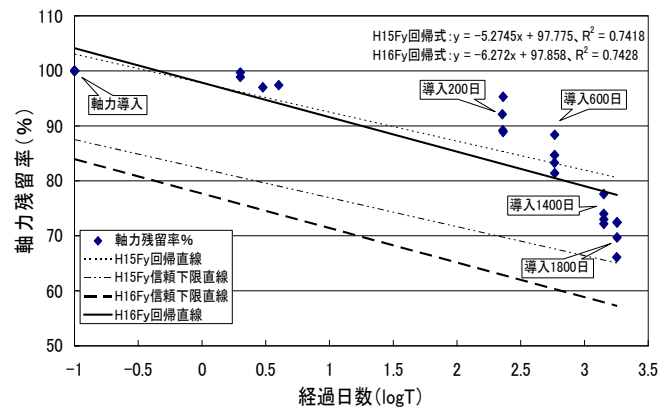


図-2 側塔上蓋ボルト軸力経時変化(片対数一次関数)

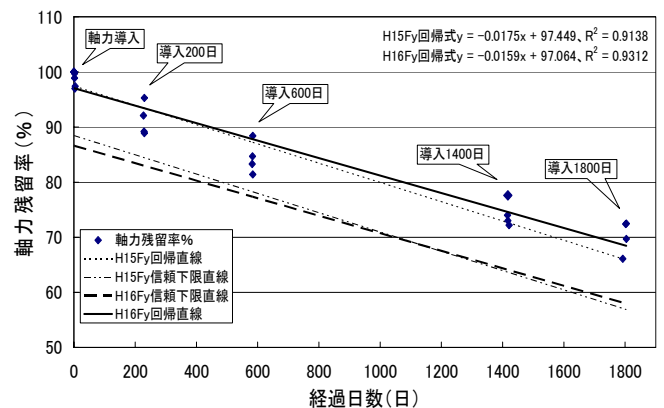


図-3 側塔上蓋ボルト軸力経時変化(一次関数)

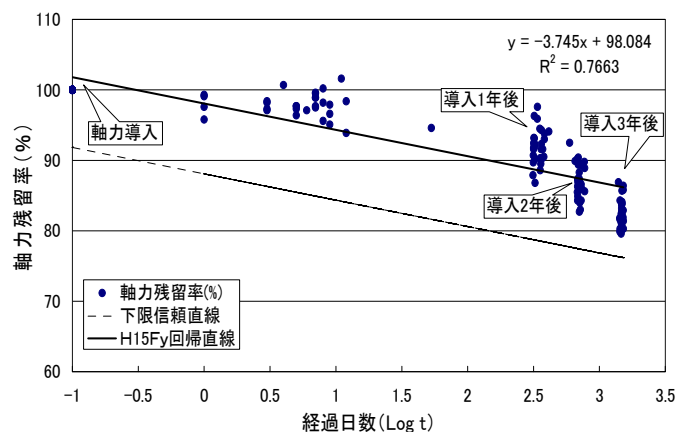


図-4 ケーブルバンドボルト軸力経時変化