

兵庫県土木部 正員 ○根谷義昭

〃 〃 〃 高橋邦雄

〃 〃 〃 山口 昇

1. 緒言

現在、一般に用いられているボルト締付け方法であるトルクコントロール法は、セットのトルク係数により、締付力に、ばらつきを生じる。また、まだ一般化はしていないが、ナット回転法の場合は、ボルト初期締め程度により、締付力にばらつきを生じ、かつ、ボルトの降伏点を越えて締付けることを前提とするため、伸び性能の優れたボルトであることが要求される。これらの問題を解決するため、すなわち、より一層安定した締付力を導入し、締付力はボルトの耐力点でおさえ、また、優れた施工性を有する締付方法として開発されたのが、耐力点検法（以下、耐力点法と呼ぶ）である。すでに、東大寺大仏殿工事、東福橋（加古川）等に用いられ、既締付工法に比べて優れた締付精度を有することが確認された。兵庫県では、この締付方法を、一般国道250号播州大橋橋梁整備工事の現場継手に本格的に取入れ、室内試験、施工性、締付精度等の調査、試験を行い、その一部については、報告済みであるが、ここでは、その後得た調査結果と、更に、播但連絡有料道路の飛の森高架橋（姫路市）の現場継手に、本締付方法を採用したので、両橋を通じて得た施工性、締付精度について報告する。

2. 締付方法

2.1 播州大橋の場合 播州大橋は、橋長443.8m、中員27.5mで、3径間連続非合成箱桁（2箱桁、 $l=190.2m$ ）2連、単純合成箱桁（2箱桁、 $l=63.4m$ ）1連より成り、このため、耐力点法を採用したのは、左岸側1の3径間連続非合成箱桁1連のうち、下り車線分（3車線）で、使用ボルト数は約3万4千本で、種類は、当初設計では、一次部材はF11T、M22を使用していたが、耐力点法では、ボルトの耐力点まで軸力を導入すること、及びばらつきの少ないことを考えた場合、F10T、M22を使用しても、より耐力は増加することと遅れ破壊を避ける意味から、F10T、M22を用いた。締付け前のボルトのキャリアレーションについては、耐力点法を本格的に橋梁の現場継手に用いるのは、最初でもあり、朝昼、締付け前に5本ずつ行った。1次締めは、インパクトレンチを用い、F11Tの標準ボルト軸力の80%、すなわち、19.0tを目標に締付けた。本締めは、全ボルトに対して、電流波形記録計によって、波形を記録し、ボルトのマーキングのずれと波形との対比を行った。

2.2 飛の森高架橋の場合 飛の森高架橋は、橋長92.75m、中員19.5mで、スパン割は、福崎側より、30.5、24.8、34.9m（以下、それぞれA橋、B橋、C橋と呼ぶ）の単純活荷重合成鉄桁で、上下4車線のうち、今回の工事では、下り2車線分の暫定施工区間に、耐力点法を用いた。使用ボルトの種類、数量は、F10T、M22で約3千本用いた。実施前に、ボルトのキャリアレーションを行い、1次締めは、18.0tを目標に締め、本締めは、添板板にボルト締付番号を記入し、全ボルトについて、電流波形との対比が可能にした。すなわち、こうすることにより、トラブルを起したボルト（以下、ミスボルトと呼ぶ）と波形の関係を対比するためである。なお、A、B橋については、頭側ボルトをレンチでおさえ、共回りを極力少くするようにした。

3. 調査結果とその考察

播州大橋、飛の森高架に使用したボルトの特性及び、キャリアレーション結果をそれぞれ表-1、

表-1 高力ボルトの諸特性（F10T、M22使用ロットの平均）

使用橋名	試 験 片				製 品		ナット	座金	ボルトの 伸び係数
	耐力(%)	引張強度(%)	伸び(%)	絞り(%)	引張強度(%)	耐力(HRC)	"	"	"
播州大橋	104.83	111.62	18.36	65.64	32.81	32.16	25.68	40.20	0.133
徳島高架	106.20	111.18	19.75	64.54	33.95	34.05	25.39	40.63	0.132

表-2に示す。この表よりわかるように、従来の締付方法に比べて、極めて安定した軸力が導入されている。本締の結果、電流波形及びマーキングしたボルトの目視によって発見

表-2. キヤリアレーション結果

	締付本数	平均軸力	標準偏差	変動係数
播州大橋	410	28.5	0.41	1.46
飛の森高架	15	27.5	0.46	1.67

されたボルトのトラブルは、ほぼすべてがボルトの共回りであり、これを大別すれば、電流波形に異常あり、共回りあり(Case I)、波形に異常なし、共回りあり(Case II)、波形に異常あり、共回りなし(Case III)、となる。この結果を調査した全数について示せば、表-3の通りである。このうち、Case IIの場合は、マーキングしたボルトの相対回転角が、正常締付ボルトの回転角とほぼ等しいことから、正常締付ボルトと推定できるので、継手の延り耐力に影響のある、Case IとCase IIIの異常締付ボルトの全締付本数に対する割合は、播州大橋2.1%、飛の森高架6.7%である。この差は、前者のホ

表-3 ミスボルト発生位置による分類 ()は%を示す

橋名	発生位置	締付ボルト数	Case I	Case II	Case III	合計
播州大橋	上フランジ	676	11(1.62)	4(0.59)	0	15(2.20)
	ウェブ	1232	51(4.13)	28(2.27)	1(0.08)	79(6.41)
	下フランジ	624	9(1.44)	8(1.28)	1(0.16)	17(2.70)
	横構	648	7(1.08)	6(0.92)	0	13(2.00)
	縦桁	280	11(3.92)	2(0.71)	0	13(4.64)
飛の森高架	ブラケット	1560	13(0.83)	3(0.19)	0	16(1.02)
	計	5020	102(2.03)	51(1.01)	2(0.03)	153(3.07)
	上フランジ	160	9(5.62)	9(5.62)	0	18(11.25)
	ウェブ	674	52(7.71)	30(4.45)	1	82(12.16)
	下フランジ	384	14(3.64)	15(3.90)	1	29(7.55)
対傾構	横構	324	20(6.17)	2(0.61)	0	22(6.79)
	縦桁	330	25(7.57)	12(3.63)	0	37(11.21)
	横桁	156	14(8.97)	6(3.84)	0	20(12.82)
計		2028	134(6.60)	74(3.64)	2(0.09)	210(10.35)

者ホのホは、製品アラストであり、現場のボルト締めまでの間は、20日程しか経過していないので、プライマーによるか、さびの発生状態の差に関係するとは断定しにくく、ただ飛の森高架のC橋は、架設に引出工法を採用したため、仮締ボルト数が多く、その箇所での共回り数が多かったことから判断して、仮締ボルト数に影響があるのではないかと考えられる。また、頭側をおさえて本締した場合の共回り率は、1.5%であった。なお、遅れ破壊に対するチェックをするため、現在継続して、追跡調査を行うようにしているが、半年後(昭和51年7月実施)の調査では、異常は認められなかった。

4. 結論

以上、耐力点法を実橋現場継手に適用した場合の例を、ミスボルトの発生を主として述べたが、これらの結果から得られた結論として次のようなことが云える。

1) 耐力点法は、非常に安定した軸力を導入できることが確認された。2) ミスボルトの発生はほとんどが、共回りであり、共回りの発生は、仮締ボルト位置で多く発生しそうだ。3) 電流波形による1:1の対応は困難であることから、目視によってボルトのマーキングの移動、特に相対回転角をチェックしていくことにより、締め忘れ、および共回りしているボルトを確認し、再度、増締め、ないし、取り換える方法を採用すべきである。

今後、更にF10T、耐力点法の基礎資料を得るため、施工、調査を続けて、実績を積み重ねていきたいと考えている。最後に、本調査、施工をするに当たり、御指導頂いた、神戸大学西村教授、川崎重工、川崎製鉄、日本鋼管の関係諸氏に深く感謝する次第である。

参考文献 1)、西村他、現場締め高力ボルト軸力のばらつきについて、土木学会論文報告集 第180号、1970年8月。

2) 菊川他、高力ボルトナット回転法の鉄道橋への適用 川崎製鉄技報 Vol.17, No1, 昭和50年1月。

3) 西村他、安定した軸力をうる高力ボルトの締付機器について 土木学会(29回)年次学術講演、昭和49年10月。

4) 耐力点法に関する委員会、東大寺大仏殿屋根工事における高力ボルト締付工事報告書 昭和50年8月。

5) 高橋他、新工法による高力ボルトの締付け 橋梁と基礎 Vol.11, No2, 昭和52年2月。