

足場用治具兼多目的治具(カーリング)の性能照査および適用実績の報告

～第二東名高速道路 駒門橋(鋼上部工)下り線工事～

JFE 工建(株) 伊佐 和人 日大生産(院) 清水 健介
JEF 工建(株) 是信 由紀子 日本大学生産工 木田 哲量

1.はじめに

近年,公共事業の見直しや建設費の縮減に伴い,鋼橋施工業者には施工方法の簡略化および一本化などの施工方法の見直しを行い,建設費のコストダウンを求められている。また一方で,外観を良くするために,外面に使用するボルト箇所を減らしたり,WEB に取付られる架設用治具を架設完了後切断するなどの処理を求められるようになって来た。従来のように経済的で耐力的に形状が保持されれば良いというのではなく,経済的で耐力的に強固であり,さらに周囲の外観に溶け込む橋梁というものが求められている。しかし,このように発注者側のニーズが変わっているにも関わらず,施工方法や架設工事における治具は見直されていないのが現状である。

そこで,本論文では,上述の現状に対応すべく開発された『足場用治具兼多目的治具(以下,カーリングと称す)』の性能照査および適用実績の報告を行う。

2.従来の足場用ピース

桁の架設や職人の移動に必要な足場を仮設する際には腹板(WEB)に溶接されたピースが使用される。ここで図 1 に従来から使用されている足場用ピースを示す。ピースの形状は発注者によって異なり,その取付間隔は橋軸方向に対して細かくなっている。取付間隔は施工業者によって規定値の違いがあり,JFE 工建(株)の場合,1.8m 以内となっている。また,高さが 2.0m 以上の場所で作業を行う場合,作業床を設けなければならないことから,少数主桁橋などのように WEB 高さが高い場合,中段足場を設けるためにピース数量が増えることになる¹⁾。この足場用ピースは工事完了後,将来の補修用として残されるのが一般的であったが,現在はメンテナンス用としての使用頻度と都市景観を見たとき決して有益になっているとは言えず,特に,市街地域の橋梁においては美観を損ねるとして架設後の切断撤去が実施されるようになってきた。そのため,現場においては足場用ピースの切断作業の省力化が求められている。しかし,橋梁形式が多様化しているため,施工性や安全性

の確保という意味でも足場用ピースの数を減らすということは出来ないというのが現状である。そこで,足場用ピースの改良が望まれていた。

3.足場用治具兼多目的治具(カーリング)

および腹板孔明け工法²⁾

足場用ピースは美観を損ねるという理由から架設後切断撤去が実施されるようになってきた。しかし,現場での切断撤去作業は,コスト問題のほかにグラインダーによる切り粉が構造物の塗膜に付着したり,飛散して第三者の車両などに付着したりして被害が発生する可能性がある。そこで,このような被害の発生を少なくするためにも足場用ピースを切断せずに取り外し可能な治具を開発する方法を考案する必要があった。

まず,開発にあたって 治具の着脱が容易であること 現場にある架設用工具が使用できること 足場用治具以外の用途にも広く適用できること,以上のことが留意された。そのため,治具と WEB との接続にはボルトを使用し,ボルトを差し込むための孔を WEB に明けることとした。この WEB に孔を明ける工法は平成 14 年に JH(現在は中日本高速道路(株)静岡建設局発注の駒瀬川橋梁にて,JFE 工建(株)が床版コンクリート打設用型枠支保治具を取付る方法として開発したもので『腹板孔明け工法』²⁾と名付けられた。腹板孔明け工法は,WEB 上部(桁高が高い場合は中段部も)に明けた孔に型枠大引き材をボルトで取付け,使用後の孔はシリコン製の化粧

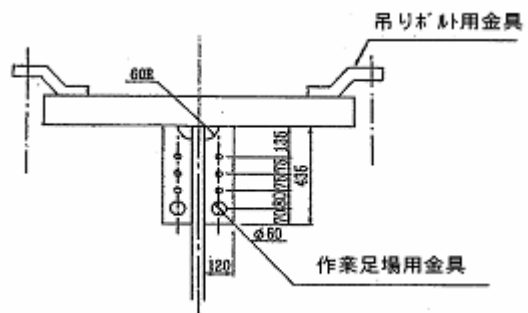


図 1 足場用ピース

A performance check and reports of application results of multi-purpose tool
to construct work stand

By Kazuto ISA, Kensuke SHIMIZU And Tetsukazu KIDA



図 - 2 設置モデル図(駒門橋)

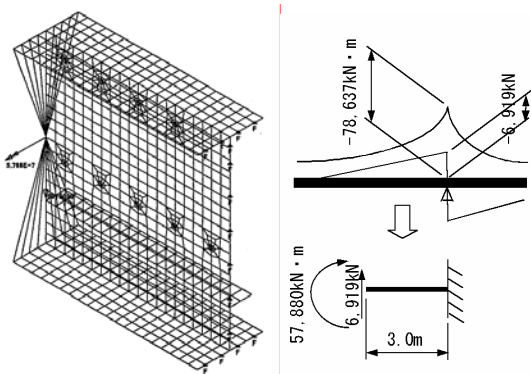


図 3 腹板ボルト孔の解析モデル

をボルトで埋めるものである。図 2 に腹板孔明け工法を用いた足場用治具の設置モデルを示す。

4. 孔明けによる腹板の応力³⁾

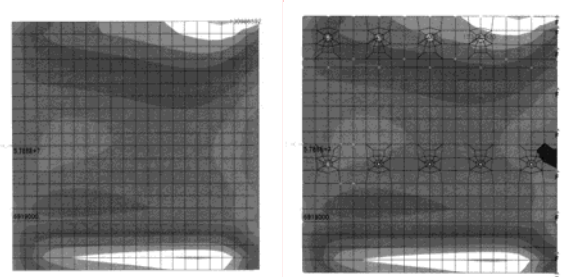
腹板孔明け工法は、WEBにボルト孔を明けるため、断面欠損と同様に扱われることになる。そのため、孔明けによるWEBへの影響をFEM解析により調べた。解析のモデルは、第二東名高速道路駒瀬川橋とした。解析上の孔径は25mm、ピッチは600mmとした。

解析は、応力状態の最も厳しい中間支点部の1パネル分(3m×3m)の主桁を図3示すように片持ち梁にモデル化した。設計断面力 $M = -78,637\text{kN}\cdot\text{m}$ 、 $S = -6,919\text{kN}$ に対して、先端3m位置に $M = -57,880\text{kN}\cdot\text{m}$ 、 $S = -6,919\text{kN}$ を作用させて等価とした。

FEMの応力勾配図を図4に、孔近傍の局部を除いた孔間の最大応力値を表1に示すが、孔の有無による影響はほとんど無く、応力の流れは同等であった。

5. 腹板の面外曲げ³⁾

張出し部支保工はトラス組であるため、上部金具部には面外力が作用する。床版荷重、支保工自重、作業荷重などを含め、水平力 $H = 26.5\text{kN}$ (600mmピ



(a)孔無し (b)孔有り

図 4 応力勾配図

表 1 ボルト孔の影響(N/mm²)

	孔無し	孔有り	比率
最大直応力度	205.6	205.6	1.00
最大せん断応力度	131.0	133.4	1.02

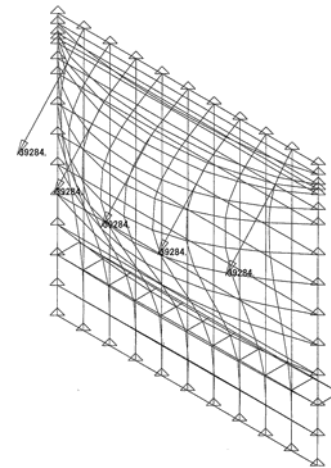


図 5 腹板の面外変形(腹板厚21mmの例)

ッチ)が作用する。

腹板をフランジと垂直補剛材で囲まれた4辺単純支持板(3m×3m)として、上部から250mmの位置に水平力が作用した場合のFEM結果を図5および表2に示す。

解析は4辺単純支持としたが、実際は回転ばね支持であり、値は小さくなるものと考えられたが、この結果を元に、5mm以上の変形が生じた腹板厚25mm以下の部位は、主桁間にターンバックルを設けて面外変形を抑えることとした。なお、最小腹板厚21mmのときの最大応力は 112.3N/mm^2 であり、施工時の許容応力 262.5N/mm^2 に対しては十分に小さい値であった。

表 2 面外力による腹板の変形解析結果

腹板厚(mm)	21	25	29	35	39
最大面外変形量(mm)	10.5	6.24	4.06	2.37	1.74

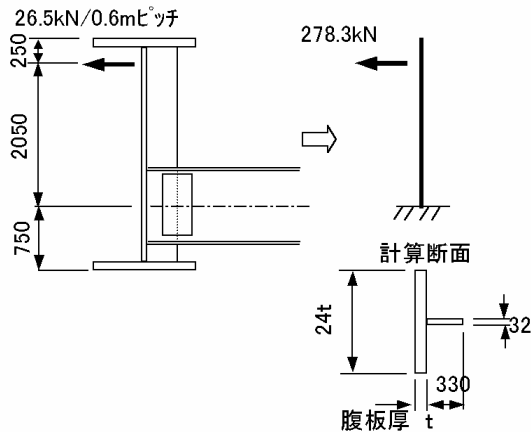


図 6 横桁フレームの変形計算モデル



図 - 7 チェーン取付状況

6. 主桁の面外曲げ³⁾

面外水平力により、腹板パネルのはらみと同時に、横桁フレームの倒れ、主桁フランジの曲がりが生じることが考えられた。

最大腹板厚39mmの場合で、最大横桁間隔6.3mを用いて横桁フレームの変形を計算すると、12.4mmとなった。計算モデルを図 6に示す。

横桁間6.3mのフランジの曲がり、支持間隔を単純梁として計算し、最小フランジ断面1050×39に対しても1.2mm程度であった。

7. カーリングの開発⁴⁾

(1)開発条件

治具を開発するに当たっての設計条件は、以下の通りである。

1) 足場専用治具として使用する場合

使用チェーン数を3本とする(図-7)。治具に作用するチェーン荷重は鉛直に作用したと考え(実際は3本とも吊り角が変化する)

$$\text{鉛直荷重} = 3 \text{本} \times 4.22 \text{ kN} = 12.66 \text{ kN}$$

鋼の安全率を1.7としたとき、

$$\text{許容設計耐力} = 12.66 \times 1.7$$

$$= 21.522 \text{ kN} \quad 22 \text{ kN}$$

短期荷重としての応力の割り増しを考慮すると

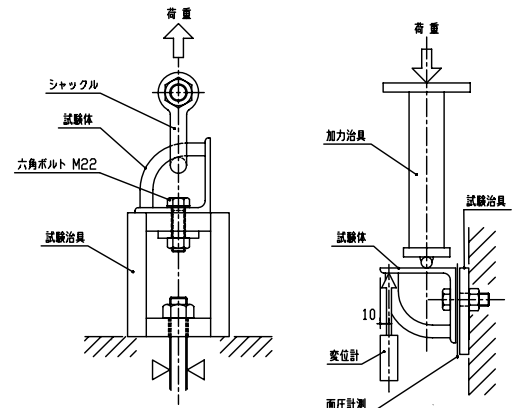


図 - 8 試験モデル図

$22 \text{ kN} \times 1.25 = 27.5 \text{ kN}$ となる。

2) (床版荷重 + 足場荷重) 載荷の場合

この組合せは主桁間と考え、朝顔用チェーンがないため2本とする。

大引き材間隔：900mm

主桁間隔：3.0m

平均床版厚：360mm

治具に作用する床版荷重 = $0.36 \times 0.9 \times 3.0$

$$\times 24.5 \text{ kN/m}^3 \times 1/2 = 11.9 \text{ kN}$$

足場荷重 = $2 \text{本} \times 4.220 \text{ kN} = 8.440 \text{ kN}$

故に、

$$\text{許容設計耐力} = (11.9 + 8.44) \times 1.7 = 34.6 \text{ kN}$$

35 kN

短期荷重としての応力の割り増しを考慮すると

$$35 \text{ kN} \times 1.25 = 44 \text{ kN} \text{となる。}$$

(2)カーリングの耐荷試験

1)試験方法

試験体を試験治具に取り付け、アムスラー式万能試験機にて試験体に荷重を負荷し最大破壊荷重を求める。図-8に試験モデルを示す。

2)供試体

タイプ-1 L-130×130×9 (l=80) + 丸鋼 22(突き合わせ溶接) [SS400]

タイプ-2 L-130×130×9 (l=80) + 丸鋼 22(差し込み溶接) [SS400]

タイプ-3 L-130×130×9 (l=80) + 丸鋼 19(突き合わせ溶接) [SS400]

タイプ-4 L-130×130×9 (l=80) + 丸鋼 19(差し込み溶接) [SS400]

ここで、突き合わせ溶接とは丸鋼をアングルに突き合わせ全周すみ肉溶接したもの、差し込み溶接とはアングルの開孔部に丸鋼を差し込み裏側を栓溶接、表側を全周すみ肉溶接したものを意味する。

3)試験結果

試験結果を表-3に示す。水平方向引張荷重試験結

表 - 3 試験結果

荷重条件	No.	試験体	丸鋼径 (mm)	溶接	最大荷重 (kN)	取付ボルト仕様
Case-1	1	タイプ-1	22	突き合わせ	1 77.6	普通 M22 丸ワッシャー付
	2	タイプ-2		差し込み	2 119.6	
	3	タイプ-3	19	突き合わせ	89.2	
	4	タイプ-4		差し込み	113.5	
Case-2	5	タイプ-1	22	突き合わせ	3 50.0	
	6	タイプ-1			4 60.0	
	7	タイプ-2	差し込み	5 77.6		
	8	タイプ-3	19	突き合わせ	6 57.5	

- 1 P=50kNにて加力一時停止後、破壊まで継続加力。
- 2 P=119.6kNにて加力停止
- 3 2kN毎にアングル先端部の変位計測を実施。50kNにて加力停止
- 4 2kN毎にアングル先端部の変位計測を実施。60kNにて加力停止
- 5 2kN毎にアングル先端部の変位計測を実施。77.6kNにて加力停止
- 6 2kN毎にアングル先端部の変位計測を実施



図 - 9 使用機器



図 - 10 悪い使用例



図 - 11 推奨使用例



図 - 12 メガネの使用例

果にて本品の製品としての降伏が明瞭に見られ、その荷重は丸鋼径 22 が 19 を約 30% 上回っており、鉛直方向圧縮試験においても同様の傾向となっている。水平方向引張荷重試験後の試験体から溶接方法による破壊状況の相違が見られ、突き合わせ溶接では溶接部破断、差し込み溶接では溶接際での母材破断となった。溶接部材においてはバラつきの発生し易い溶接部の破断よりも、強度的に安定した母材破断が有利であると考えられる為、今回の試験においては、タイプ-2 丸鋼 22(差し込み溶接)が、最も安全性の高い組み合わせであると考ええる。

以上の結果から、カーリングを使用する際の設定荷重は、取付に使用するボルトのせん断耐力とするのが、現場での使用の目安としている(駒門橋の場合)。普通ボルトの場合、約 30.0kN、HTB(F10T)約 90.0kN としている。

(3)カーリングの取付け・取外し要領

治具は吊り荷重や受け荷重などで回転しないよう治具センターに固定ボルト用の孔明けが施されている。すなわち丸鋼線上に締め付けボルト孔があるため機械締めは不可能である。したがって、図 - 9 に示す手締め用機器で行うものとする。

図 - 10 はラジエツトを正規の状態で使用した場合であるが、丸鋼に本体がぶつかる可能性がある。図 - 11 のように反対使いにすると問題なく使用できる。図 - 12 はメガネタイプで機器の入手も簡単なことから推奨できる締め付け・取外し方法である。指先でナットを締め付けた後、メガネで 60~90 度位回転すると十分な締め付け力となるのでラジエツトを使う必要がないと思われる。

8. まとめ

腹板に孔を明けた場合でも応力の伝達は、孔を明けていない場合とほぼ同じであることを FEM 解析により証明した。

最小腹板厚 21mm のときでも腹板に生じる最大応力は 112.3N/mm^2 となり、施工時の許容応力 262.5N/mm^2 に対して許容内であることがわかった。

カーリングの最大荷重は 119.6kN となり、突き合わせ溶接では溶接部破断、差し込み溶接では溶接際での母材破断となった。

9. 謝辞

まず、私にこのような論文の発表の機会を与えて下さった日本大学の先生方ならびに日本大学大学院 (JFE 工建株式会社)、清水健介さんに感謝を申し上げます。次第であります。

【参考文献】

- 1) 足場設置基準社内基準 JFE 工建(株) 鋼構造本部
- 2) 伊佐和人, 清水健介, 木田哲量: 第 37 回日本大学生産工学部学術講演会 (土木部会) pp.67 ~ pp.70
- 3) 柄一, 清水健介, 庄司志津男, 須藤聡, 村松達生, 石田照明: 第 3 回道路橋床版シンポジウム講演論文集(土木学会) pp. 307 ~ pp. 312
- 4) JFE 工建(株) 橋梁・構造計画部開発技術室: 腹板孔明け部に適用する足場用治具の開発(多目的治具: カーリング) 2004. 11