

実物疲労試験に基づく既設情報板支柱の延命化

岐阜大学 学生会員 ○深見 亮介 岐阜大学 正会員 木下幸治
岐阜大学 学生会員 鶴田 元彦
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 (株) 正会員 小塚正博

1. はじめに

道路橋の付属施設である情報板支柱は、風荷重や交通荷重による繰り返し荷重を受けており、これまでに応力集中部である補強リブ部や開口部の溶接継手部に疲労き裂が発生した事例が報告されている¹⁾²⁾。情報板支柱が疲労き裂の進展により倒壊した場合、交通車両との接触など、大規模な事故につながる可能性があり、疲労き裂が検出された情報板支柱は取替作業が実施されている。一方、施工コストや人手不足などにより全ての情報板支柱に対して取替作業を実施することは困難である。そのため、既設の情報板支柱の疲労耐久性を簡易かつ効率的に向上させる疲労き裂補修および補強手法や疲労き裂の発生を未然に防ぐ予防保全対策手法の開発が望まれている。これまでの学内の研究では、実物情報板支柱の疲労試験システムを構築し、疲労試験を実施した結果、リブ部では溶接止端部、開口部ではルート部より疲労き裂が発生することを確認している³⁾。その上で予防保全手法として、ICR処理やカーボンペースト処理、開口部に対する当て板の設置を行い、疲労試験により各手法の疲労耐久性向上効果を明らかにしている⁴⁾⁵⁾。そこで本研究では、情報板支柱開口部の溶接部近傍に、簡易的に円孔を設けることにより、その開口部の溶接ルート部に生じる応力集中の緩和効果を検討し、疲労試験により当該溶接部の疲労強度に対する効果を実証する。

2. 対象とした情報板支柱

図-1 に本研究で対象とした情報板支柱の形状および寸法を示す。また、表-1 に情報板支柱の疲労試験計画を示す。表-1 には1体目から3体目³⁾⁵⁾の試験結果も示しており、本研究では4体目と5体目を扱う。本概要では情報板支柱は土工路肩部において約18年間供用されていたF型情報板支柱を用いた。また、疲労き裂が発生すると考えられるリブ部の各溶接止端部名称をA-1~4、開口角部の各溶接止端部名称をB-1~4とした。

3. 円孔付与による溶接ルート部の疲労強度向上手法

3. 1. FEM 解析による応力集中の緩和効果の検討

既往研究⁶⁾では、有限要素法解析を用いて開口部の溶接ルート部の応力集中を最も緩和できる円孔位置に関する検討を行った。具体的には、図-2(a)に示すように溶接止端部から円孔縁端までの距離を5~35mmの間で、5mm間隔で変化させた計7ケース

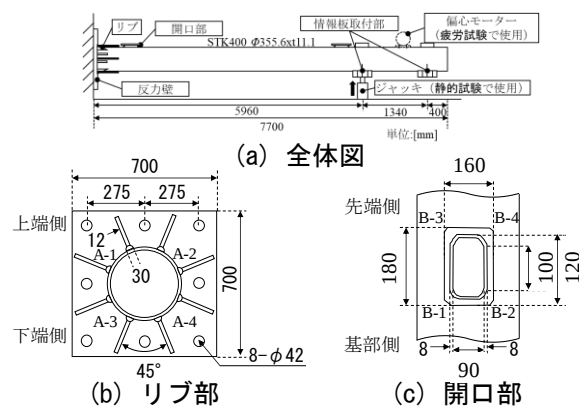


図-1 情報板支柱の形状および寸法

表-1 情報板支柱の疲労試験計画

情報板支柱	箇所	予防保全手法	補修・補強手法
S1 ³⁾	リブ部	なし	ICR処理 き裂切削処理
	開口部	なし	SHおよび当て板補強
S2 ⁴⁾	リブ部	ICR処理	カーボンペースト処理
	開口部	当て板設置	なし
S3 ⁵⁾	リブ部	カーボンペースト処理	なし
	開口部	カーボンペースト処理	なし
S4 (試験実施中)	リブ部	なし	溶接部切削+PPP
	開口部	円孔付与	ICR処理
S5	リブ部	溶接部切削+PPP	未定
	開口部	溶接部切削+PPP	未定

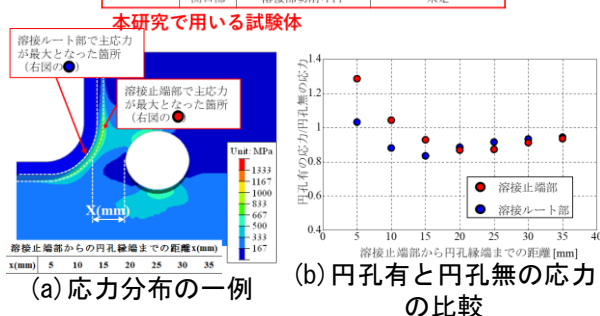


図-2 有限要素法解析の結果

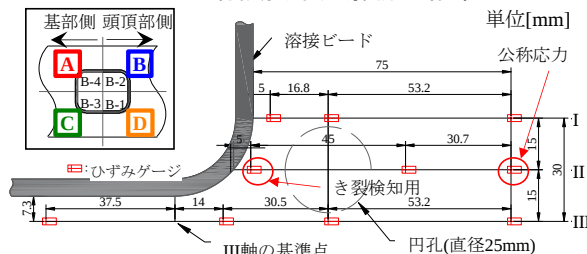


図-3 開口部におけるひずみ測定位置

を実施した。図-2(b)に各円孔を設けた解析ケースにより得られた回し溶接部周辺の止端部および溶接ルート部における最大の最大主応力を、円孔無の解析ケースのそれらにより除した値を示す。図-2より、溶接止端部からの円孔縁端までの距離を15mmとした場合が、最も応力緩和の効果が大きく、18%程度の応力低下が見られた。よって、開口部の溶接止端部から円孔縁端までの距離が15mmの位置に直径

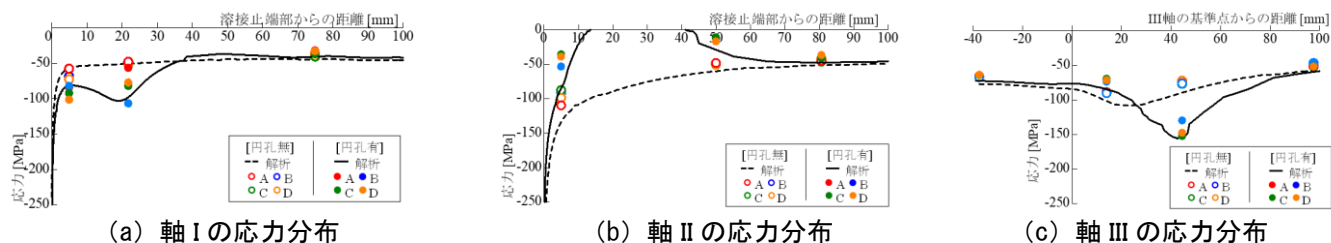


図-4 静的載荷試験結果と解析結果

25mm の円孔を設けた。

3. 2. 静的載荷試験による応力集中の緩和効果の実証

解析結果の妥当性を検証するため情報板支柱の静的載荷試験を行った。静的載荷試験は、円孔の有無の比較のため、孔あけ前後で行い、情報板取付部に鉛直荷重 11.25kN を与えた (図-1 (a) 参照)。図-3 に静的載荷試験におけるひずみ測定位置、図-4 に載荷試験結果と解析結果を示す。軸 I、軸 II、軸 III のいずれの軸であっても、さらには、円孔縁付近の応力集中部であっても、円孔有無によらず本解析結果は実験結果と良く一致した。以上より、解析結果の妥当性が検証できたことから、ここで検討した円孔を開口部の溶接止端部から 15mm の位置に設けることにより、開口部の回し溶接ルート部の応力集中を 18% 程度低減することが可能と考えられる。

4. 疲労試験結果

情報板支柱を学内の実験室にある反力壁に片持ち梁状となるように PC 鋼棒で固定した。偏心モーターは支柱の頭頂部に U ボルトを用いて取り付け、それを起振させることにより、情報板支柱に繰り返しの曲げ荷重を与えた³⁾。疲労試験中のリブ部および開口部の公称応力は、それぞれ回し溶接の止端部から 75mm および 81mm の位置で計測した。公称応力範囲はリブ部で 100MPa、開口部で 90MPa とし、応力比は $R=-1$ とした。疲労試験開始後、疲労き裂の発生および進展については、き裂検知用ひずみゲージの応力範囲の減少と、磁粉探傷試験または浸透探傷試験により確認を行った。図-6 に 48 万回時点での開口部の疲労試験結果を示す。30 万回と 35.6 万回時に表面長さ 15mm 程度のき裂が生じており、円孔を付与した開口部の溶接継手の疲労強度は Asweld と同等以上である。き裂形状の把握を目的に 35.6 万回時に発生したき裂を切削した所、図-7 に示す通りき裂の起点がルートであることが分かった。図-8 にリブ部の疲労試験結果を示す。リブ部では 4 万および 14.5 万でルートき裂が発生したため、図-9 に示すように溶接部切削および未溶着部への PPP 処理で補修をしている。その補修の結果、48 万回時点では疲労強度は F 等級となっている。

参考文献: 1) 宮脇ら: 門型標識柱基部構造の改良について, 阪神高速道路公団技報, 第 19 号, pp.38-44, 2001. 2) 小塩ら: 交通振動下にある高架橋付属物の振動測定と疲労耐久性の評価, 土木学会論文集, No.766, 1-68, pp.219-232, 2004 年 7 月. 3) 木下ら: 情報板支柱の疲労試験システム構築とその疲労特性, 鋼構造年次報告集, 第 27 巻, pp.778-783,

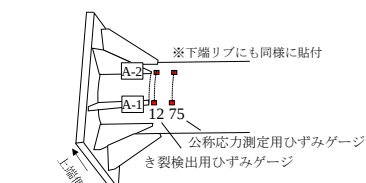


図-5 リブ部のひずみ測定位置

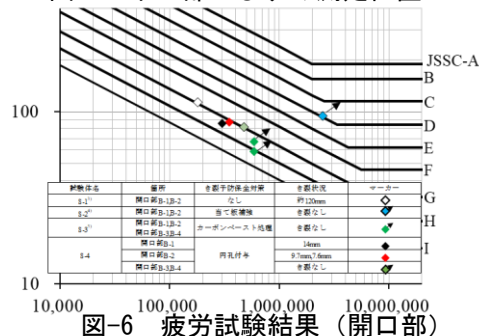
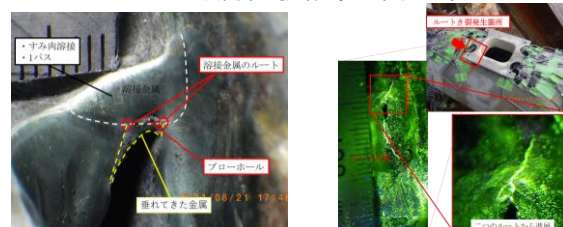


図-6 疲労試験結果 (開口部)



(a) マクロ試験結果 (b) き裂の切削

図-7 開口部に生じたルートき裂

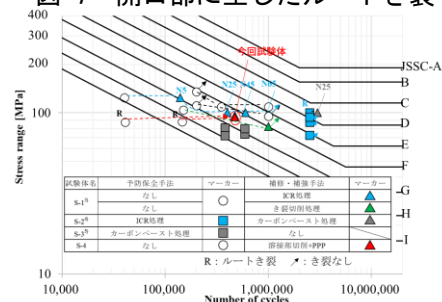


図-8 疲労試験結果 (リブ部)

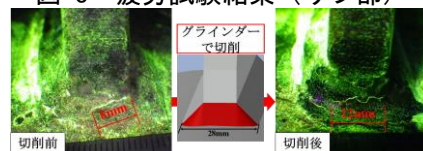


図-9 溶接部の切削

2019.11. 4) 小塚ら: 実物大の疲労試験による情報板支柱の疲労耐久性向上に関する検討, 鋼構造年次論文報告集, 第 28 巻, 2020.11. 5) 小塚: 実物 F 型情報板支柱の疲労特性と対策, 岐阜大学生産開発システム工学専攻博士論文, 2021.3 6) 岩田ら: 情報板支柱開口部の円孔を用いた応力集中緩和効果の解析的検討, 令和 2 年度土木学会中部支部研究発表会講演論文集, 2021.