円管部材接着接合部の静的挙動に関する基礎的研究

名古屋大学 正会員 〇清水 優 日之出水道機器 甲斐信博,三浦洋康,藤原俊之,飛永浩伸

155.8

6.1

1. はじめに

道路橋の照明柱基部では風荷重や上部工の振動の繰返しによっ て、三角リブの回し溶接部からき裂が発生することが報告されて いる¹⁾.これまでに基部周辺やリブの形状を改善した照明柱が開発 されている^{1),2)}が、溶接が煩雑であることや、曲線状の加工が容易 でないなど、製造上の課題が挙げられる.そこで、著者らは複雑 な形状を効率的に製造することができる鋳鉄を用いた基部構造の 開発に取り組んでいる.本研究では、基部構造と照明柱本体を接 着接合することを想定し、円管部材同士の接着接合部の応力の伝 達性状および接着接合部の強度の検討を行った.

2. 試験体

試験体には図-1 に示すような基部構造と鋼管を用いた.接着接 合部の応力伝達性状および強度に主眼を置いているため、基部構 造も鋼製とした.図-1(b)に示す鋼管(以下,鋼管柱)は照明柱本体を 模擬しており、実際の照明柱の寸法を参考に、外径 139.8mm、板 厚 4.2mm とした.図-1(a)に示す基部構造の鋼管(以下,基部鋼管と する)は外径 155.8mm、板厚 6.1mm とし、高さは外径の約 1.5 倍と なるように決定した.基部鋼管と鋼管柱の隙間は 2mm 程度となっ ており、2 液性エポキシ樹脂を充填して接着性を確保した.

試験体の製作は、まず基部鋼管の中に鋼管柱を立て、同心円と なるように位置調整を行った.基部鋼管には位置調整用にタップ を切ったボルト孔が設けられており、3方向からボルトで支持する ことで中心を合わせた.その後、基部鋼管に設けられた直径 6mm 程度の穴からエポキシ樹脂を圧入した.圧入後は室温 20℃前後の 養生室で1週間養生し、載荷試験を行った.

3. 静的載荷試験

静的試験の載荷状況を図-2 に示す.片持ち状態となるようにベ ースプレートを鉛直フレームにボルトで固定した.鋼管柱の自由 端下部から油圧ジャッキにより載荷を行った.

試験体には図-3 に示す位置にひずみゲージを貼付した.基部鋼管の端部付近は応力の変動が大きいことから、ひずみゲージを密図-3 に配置している.鋼管柱の上縁および下縁には変位計を設置した. 載荷位置にはロードセルを設置し、約2kNごとにひずみと変位を計測した.

リブ リブ 109.7 109.7 109.7 100 425 (a) 基部構造 図-1 試験体 (単位:mm)

基部綱管

鋼管柱

139.8

4.2



図-2 載荷状況



図-3 ひずみゲージ添付位置 (単位:mm)

4. 接着接合部の応力の伝達性状

10kN 載荷時の基部鋼管のひずみ分布を図-4 に示す.また、この図には有限要素解析を用いて得られたひずみ分

キーワード 接着接合,照明柱,円管,静的強度
連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 工学研究科 TEL: 052-789-4514

500 400

300

200 [m] 100

-100

ひずみ 0

布も示している. 図-4(a)より, 基部鋼管の端部に近づくほどひず みの変動が大きくなり、基部鋼管に伝達される応力が小さいこと がわかる. 基部鋼管の端部より 50mm 程度固定端側になるとひず みの変動が収束しており、十分に応力が伝達されている.また、 基部鋼管の引張側と圧縮側のひずみを比較すると、両者の絶対値 が異なっており、若干引張側にシフトしている. 原因については 詳細な検討が必要である.

図-5 に荷重と基部鋼管端部から 4mm 位置のひずみの関係を示 す.荷重を徐々に増加すると,22.3kNの時点で大きな音が発生し, 充填したエポキシ樹脂が凝集破壊した.荷重ひずみ関係では 22.3kNの時点で大きくひずみが変動している.また,引張側では 20kN付近から曲線の傾きが若干変化しており、樹脂の破壊が徐々 に進行していたと考えられる.また、載荷終了後に試験体を確認 したところ、内鋼管に扁平上につぶれるような変形が残留してい たことから、鋼管の塑性変形が先行したと考えられる.

5. 接着接合部の強度評価

樹脂層での破壊を定量的に評価するため、有限要素解析から樹 脂層中央に生じるせん断応力および垂直応力を求めた.図-6に 10kN 作用時の接着剤のせん断応力と垂直応力の分布を示す.これ までの接着継手に関する研究示されているように接着端部付近で せん断応力および垂直応力が大きくなっている.本研究で対象と するような円管部材の接着接合部では、せん断応力よりも垂直応 力が大きくなることがわかる.

接着樹脂の破壊の評価には主応力を用いる方法が提案されてい る³⁾. 樹脂層が破壊したときの荷重を用いて主応力を算出した結 果, 10.7MPa であった.

6. まとめ

鋼管同士の接着接合部を対象として静的載荷試験を行い、応 力伝達性状と接着強度を検討した.今回用いた内鋼管と外鋼管の 組み合わせでは、外鋼管の端部から 50mm 程度の範囲では外鋼管 への応力の伝達が不十分であった.鋼管の塑性変形が先行した後, 樹脂層からの破壊が発生した.

謝辞

試験体の製作にあたり、コニシ株式会社の堀井久一氏にエポキ シ樹脂を提供していただきました.ここに感謝の意を記します. 本研究はアイアンブリッジ研究会の活動の一端で行いました.ご 助言をいただいた研究会の方々に深謝いたします.

参考文献

1) 土木学会鋼構造委員会:鋼橋の疲労対策技術,丸善, pp.80-84, 2014.

2) 例えば、本間ら:鋼管照明柱等の基部耐疲労性に関する研究、土木学 会第56回年次学術講演会, I-B140, pp.280-281, 2001.

-200 -300 – FEA -400 ■ 実測値 -500 リブの先端からの距離 x [mm] (a) 引張縁および圧縮縁 100 80 60 -45 40 $[\eta \varepsilon]$ 20 ひずみ 60 40 -20 -40 +45 -60 - FEA -80 ■ 実測値 -100 リブの先端からの距離 x [mm] (b) 図心軸から±45°の位置 基部鋼管のひずみ分布 図-4 ξŊ 引張縁 圧縮縁 荷重[-150-100 -50 50 100 **ひずみ** [με] 図-5 外鋼管端部から 4mm の応力分布 10 垂直応力 [MPa] 垂直応力

引張縁

圧縮縁



3) Cadei, J.M.C. et al : Strengthening Metallic Structures Using Externally Bonded Fibre-Reinforced Polymers, CIRIA, C595, 2004.