

塩害区間用可動ブラケットの開発



倉岡 拓也*



出野 市郎*

塩害区間の可動ブラケットは腐食劣化が激しいため期待寿命前に取替えを行っており、耐食性の高い可動ブラケットの開発が求められている。そこで、本研究では塩害区間用ビームで実績のある飽和ポリエステル粉体塗装を施した塩害区間用可動ブラケットおよび長幹がいしの開発を行った。

可動ブラケットは鋼管パイプ内側においても腐食が進行することから、パイプ内部まで粉体塗装可能な構造を検討・試作し、パイプ内部においても十分な膜厚を有していることを確認した。長幹がいしについても金具部への塗装範囲の検討を行い、試作品を製作して機械的強度を満足していることを確認した。

また、試作品の塩水噴霧試験を実施し、30年経過相当時においても発錆などが無いことを確認した。

●キーワード：塩害、耐食性、可動ブラケット、長幹がいし、飽和ポリエステル粉体塗装

1. はじめに

塩害区間の可動ブラケットは腐食劣化が激しいため、期待寿命前に取替えを行っており、耐食性の高い可動ブラケットの開発が求められている。耐食性を高める方策としては、耐候性鋼材、ステンレス鋼材など、防食性能の高い材料に変更する方法と、溶融亜鉛めっき鋼材に塗装を施す二重防錆法が考えられる。過去に実施した「塩害区間用ビームの開発」にて上記について比較・検証を実施したところ、飽和ポリエステル粉体塗装（テリーパウダー）による二重防錆法が最適であるとの結論を得た¹⁾。そこで、本研究ではこの飽和ポリエステル粉体塗装を施した、塩害区間用の可動ブラケットおよび長幹がいしを開発することとした。

可動ブラケットは、図1に示すように鋼管パイプに種々のボルト穴が設けられた構造であるため、パイプ内側でも腐食が進行する。そのためパイプ内側まで確実に粉体塗装を施すことが求められるが、外径が60.5mmと小さく、複雑な構造をした鋼管内部に粉体塗装を施した例は少ないため、これに適した構造の検討およびその膜厚の確認を行うことが必要となる。また、長幹がいしについても金具部に粉体塗装を施した例が無いため、塗装範囲の検討および機械的強度の確認が必要となる。

本研究では、試作品を製作して上記の要件を満たすことを確認するとともに、試作品の塩水噴霧試験を行い、耐食性の検証を行った。



図1 一般的な可動ブラケット

2. 飽和ポリエステル粉体塗装

飽和ポリエステル粉体塗料は、飽和ポリエステル樹脂を変成して強力な自己密着性を付与した原料を用い、粉体塗料としたものである。金属に対する密着性に優れ、樹脂塗料の欠点とされる耐候性についても良好な特性を有するという特長がある。一方で、加工には300℃以上に部材を加熱する熱処理が必要なため、大きな炉が必要であるとともに現地加工が難しいという面もある。

飽和ポリエステル粉体塗装の施工方法には、加熱した材料にエアガンによる粉体の吹付けを行う静電溶射法と、加熱した材料を粉体が流動する槽に浸漬する流動浸漬法の2種類がある。静電溶射法は大きな部材でも塗装可能であるが、可動ブラケットのように径が小さな鋼管パイプ内部への吹付けは困難である。これに対し、流動浸漬法は塗装可能な部材の最大長が浸漬槽の大きさで制限されるものの、パイプ内部への塗装には適した方法である。そこで、本研究では流動浸漬法により塗装を行うこととした。流動浸漬法の作業の流れを図2に示す。

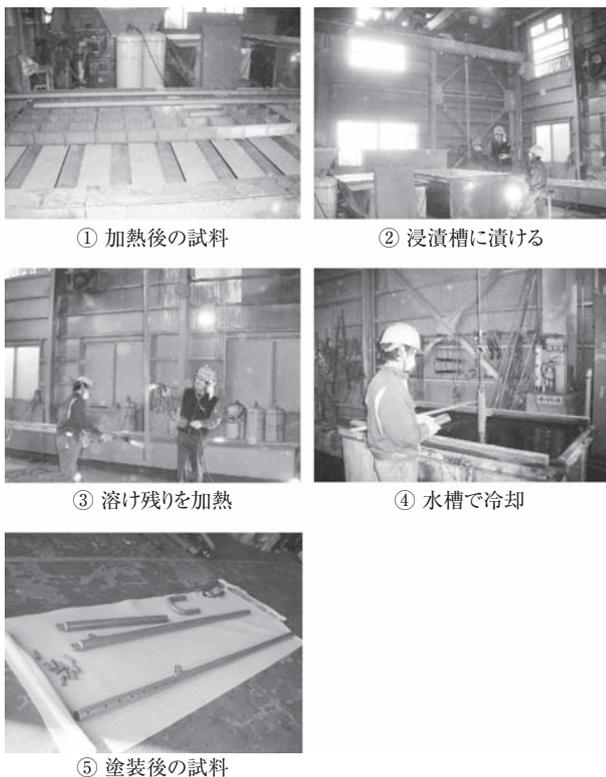


図2 流動浸漬法による粉体塗装の流れ

3. 塩害区間用可動ブラケットの試作

3.1 設計・検討

前述したように、粉体塗装は液体である溶融亜鉛めっきと異なり、粉体を空気流動させて対象物に付着させる。そのため、図1の可動ブラケットのようにパイプ同士を突き合わせて溶接した構造となっている場合、接合部に小さなめっき抜き穴はあるものの、空気の流動が阻害され、パイプ内側の隅々まで塗装することは困難である。そこで、内部形状の簡素化を図るため、鋼管パイプ先端にボルト結合用アイ金具を溶接し、パイプ同士をボルトで結合する構造とした。パイプ先端に蓋が付く箇所については、極力空気の流動を阻害することが無いよう、空気抜き穴を設けた。設計したブラケットの図面を図3に示す。

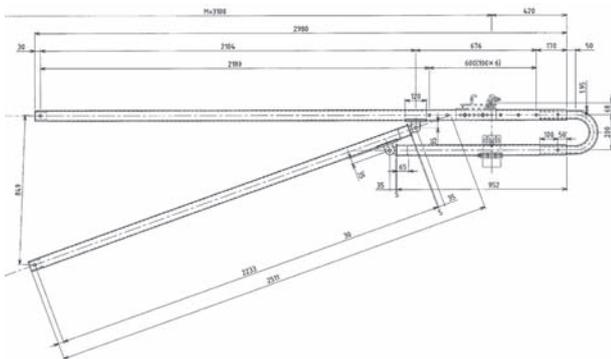


図3 試作品可動ブラケットの図面

なお、流動浸漬槽の大きさの制約から、Mゲージ（支持する架線から電柱までの距離）が3mを超える場合は、上下各主材にフランジ構造の接続部を設けるか、電柱と長幹がいしとの間に支持棒を設けることによりMゲージを確保する必要がある。

3.2 試作品の製作と評価

設計したブラケットの試作品に粉体塗装を施したのについて、パイプ内部の塗装状況の確認を行った。切断面写真の例を図4に示す。パイプ内部においても十分な塗膜が形成されており、電磁式膜厚計で測定したところ、パイプ内部・外部のいずれの箇所においても目標値である250mm以上の膜厚を有していることが確認できた。

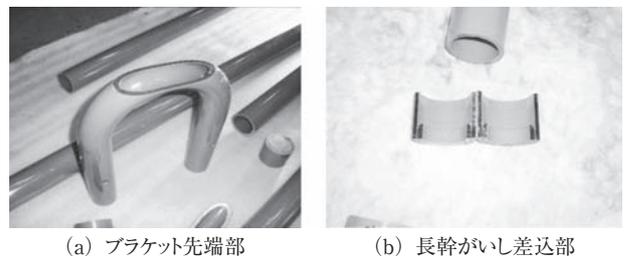


図4 切断面写真の例

4. 塩害区間用長幹がいしの試作

4.1 設計・検討

長幹がいしは電氣的絶縁を担保する磁器部と他の金具と接続するための金具部から構成されており、磁器部と金具部はセメントにより接着されている。金具部は全面に亜鉛めっきが施されており、金具内側の磁器部との接着面にはセメントとの密着性を強化するための特殊な塗料が塗布されている。そのため、金具内側については外気に触れることが無いことから粉体塗装を行わないこととし、この部分をマスキングして外側にのみ静电溶射法により粉体塗装を施すこととした。ただし、セメント接着部と金具の露出部との界面において腐食が進行することを防止するために、界面から2.5mmの位置までは金具内側にも粉体塗装を施すことにより、亜鉛めっきのみの金具部分が露出することが無い構造とした。

4.2 試作品の製作と評価

長幹がいしの試作品を製作し、膜厚および機械的強度などについて確認を行った。金具内側まで粉体塗装を施したことによる接着性能の低下が懸念されたが、表1に示すJIS C 3801「がいし試験方法」により試験を行ったところ、通常の長幹がいしと同等の性能を有していることが確認できた。試作した長幹がいしを図5に示す。

表1 長幹がいしの試験方法および試験結果

試験項目	試験方法	判断基準	試験結果
外観	JIS C 3801-1の6	JIS C 3802 電気用磁器類の 外観検査による	異常なし
構造	JIS C 3801-1の5	寸法が図面どおりで あること	図面どおり
冷熱	JIS C 3801-1の10 (70℃差 15分 3回反復)	がいし各部に 異常がないこと	異常なし
引張 耐荷重	JIS C 3801-1の8.1.1	引張耐荷重: 23kN	試料No.1: 異常なし 試料No.2: 異常なし 試料No.3: 異常なし
曲げ破壊 荷重	JIS C 3801-1の8.2.2	曲げ破壊荷重: 2.3kN以上	試料No.1 4.37kN (磁器破壊) 試料No.2 4.26kN (磁器破壊) 試料No.3 4.08kN (磁器破壊)
吸湿	JIS C 3801-1の11 (9.8MPa 4時間加压)	磁器内部への 液の含浸なし	含浸せず

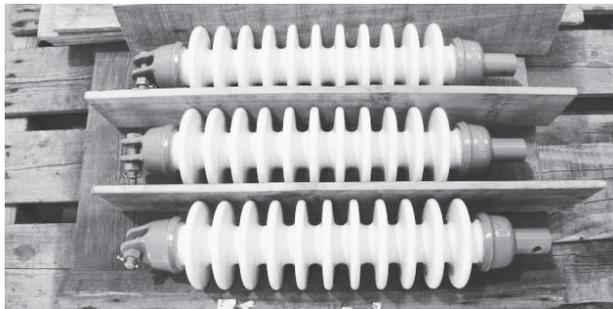


図5 試作した長幹がいし

表2 塩水噴霧試験条件

準拠規格	JIS Z 2371「塩水噴霧試験」
試験サイクル (1サイクル)	噴霧2h、乾燥4h、湿潤2h
試験時間	270サイクル (2,160時間)
塩水濃度	5%

表3 塩水噴霧試験試料

No.	試料種別	試料の塗装	付属金具の塗装
1	可動ブラケット	亜鉛めっきのみ	
2	可動ブラケット	粉体塗装+亜鉛めっき	
3	可動ブラケット	粉体塗装のみ	
4	長幹がいし	亜鉛めっきのみ	亜鉛めっきのみ
5	長幹がいし	粉体塗装+亜鉛めっき	粉体塗装+亜鉛めっき
6	長幹がいし	粉体塗装+亜鉛めっき	粉体塗装のみ



図6 試料の設置状況

5. 試作品の塩水噴霧試験

5.1 塩水噴霧試験方法

塩害区間用可動ブラケットの耐食性を評価するため、テクニカルセンター所有の塩水噴霧試験装置を用いて、表2に示す条件で加速腐食劣化試験を行った。

塩害区間用ビームの開発においては亜鉛めっきに粉体塗装を施した二重防錆を採用したが、粉体塗装は金属に対する密着性が非常に高いため、亜鉛めっき無しでも十分な防錆性能を有する可能性がある。そこで、試料として、一般的な「亜鉛めっきのみの試料」、二重防錆した「粉体塗装+亜鉛めっきの試料」、コストダウンを狙った「粉体塗装のみの試料」の3種類の可動ブラケットを用意した。試料の一覧を表3に示す。表中の付属金具とは、長幹がいしに可動ブラケットを接続した状態を模擬するための長さ100mmのパイプであり、可動ブラケットのがいし接続部と同様の構造とした。また、塗装に傷が付いた場合を模擬するため、鋼材にまで達するクロスカットを各試料に施した。試料の設置状況を図6に示す。

なお、過去の知見より、今回使用した試験条件における試験時間270サイクルは、重塩害区間の経年30年に相当することがわかっている¹⁾。

5.2 塩水噴霧試験結果

30年相当経過後の亜鉛めっきのみの試料の外観を図7に、粉体塗装+亜鉛めっきの試料の外観を図8に示す。亜鉛めっきのみの試料についてはパイプのほぼ全面に錆が生じているのに対し、粉体塗装+亜鉛めっきの試料では試験開始時と同様の外観を保持しており、30年経過相当時においても発錆は見られなかった。また、クロスカットを施した箇所についても、図9に示すとおり、発錆は見られなかった。なお、図9において白く写っているのは、錆ではなく固着した塩分である。

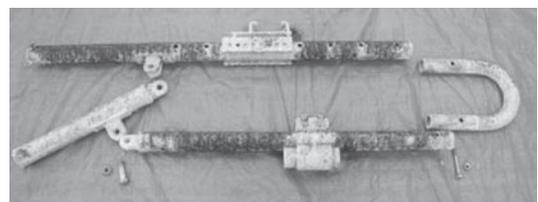


図7 亜鉛めっきのみの試料

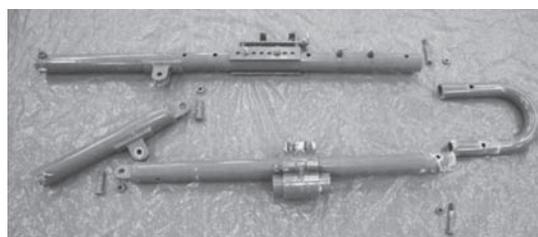


図8 粉体塗装+亜鉛めっきの試料



図9 粉体塗装+亜鉛めっき クロスカット部



図11 フィールド試験中の試作品 (明かり区間)

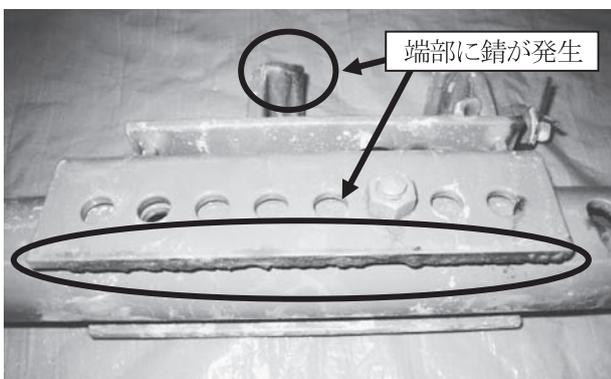


図10 粉体塗装のみ 部材端部の発錆状況



図12 フィールド試験中の試作品 (トンネル区間)

一方で、亜鉛めっきを省略し粉体塗装のみを施した試料については、全体的には試験開始時の外観を維持しているものの、図10に示すように部材の端部において錆の発生が見られた。これは、部材端部では塗装にピンホールなどが発生しやすいためであると考えられる。これに対し、粉体塗装+亜鉛めっきの試料においては同条件の箇所でも錆の発生は見られない。これは、仮にピンホールなどがあっても、亜鉛めっきの防食作用により発錆が抑えられているためであると考えられる。

以上のことから、塩害区間用可動ブラケットの防食方法としては、二重防錆となる粉体塗装+亜鉛めっきによる方法が適していると考えられる。

なお、長幹がいしについても発錆は見られなかった。

6. フィールド試験実施状況

実験室レベルでの耐食性が確認できたため、実使用環境における試作品の機能検証を行う目的で、塩害区間である信越本線米山構内～笠島・青海川間にて2011年6月よりフィールド試験を実施中である。本線への設置状況の一例を図11、図12に示す。

なお、フィールド試験の実施にあたり、ブラケットの内部構造をさらに簡素化するため、上下の各主材と斜材とのボルト

接続を止め、各々のパイプを並行に配置して側面同士を溶接により接続する構造へと変更している。

7. まとめ

本研究の結果を以下にまとめる。

- (1) パイプ内部まで塗装可能な構造の可動ブラケットを検討し、鋼管パイプ内外ともに十分な塗膜厚が形成されることを確認した。
- (2) 金具部に粉体塗装を施した長幹がいしを試作し、通常品と同等の性能を有していることを確認した。
- (3) 試作品に対して塩水噴霧試験を行った結果、粉体塗装+亜鉛めっきの二重防錆を施した試料において、30年経過相当時でも発錆は無く、高い耐食性を有することを確認した。

今後は、フィールド試験の結果を踏まえ、必要により改良を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 吉田匡志：塩害区間用長寿命ビームの開発, JREA, Vol.50, No.9, 2007