

道路照明柱基部腐食の対策と経過観察についての報告

日高 英治

本州四国連絡高速道路（株） 岡山管理センター 施設課

（〒701-0304 岡山県都窪郡早島町早島2985）

瀬戸中央自動車道において本四高速岡山管理センターが管理する道路照明柱の基部には、落葉が堆積し、堆肥化した土砂による表面腐食が生じていた。腐食が進行すると道路照明柱の必要強度が不足する事態となることから、腐食状況の把握及び、基部腐食の対策について検討を行い補修を実施した。本稿は、施工が完了し一定期間が経過したことから、道路照明柱本体の健全性の経過観察について腐食要因及び、腐食対策を含め報告を行うものである。

キーワード 道路照明柱, 腐食判断基準, 腐食要因, 腐食対策, 照明柱の延命化

1. まえがき

本州四国連絡高速道路株式会社（以下「本四高速」という。）が管理する道路照明柱の基部腐食について、更新又は補修を判断する基準が明確ではなかったことから、構造物損傷防止、道路利用者・第三者被害防止のための最適な構造物点検と迅速な補修対応が課題であった。道路利用者・第三者被害の発生を未然に防止し、且つ予防保全の観点から道路照明柱の腐食状況を的確に把握し、定量的に健全度の評価・判定を行うことを目的とした「腐食照明柱の更新又は補修の判断基準（案）」が策定された。本稿では点検結果から上記判断基準に基づく評価、腐食要因の分析に基づく補修方法の検討、補修後の経過観察について報告を行うものである。

2. 道路照明柱基部の腐食判定

2010年度に他高速道路で発生した道路照明柱の点検開口部破断・落下による事故を受け、本州四国連絡高速道路においても道路照明柱の点検開口部、支柱継手部について、塗膜割れ、亀裂、腐食、ボルトの緩み等の有無について緊急点検を実施した。その結果、本四高速岡山管理センター管内で29本の道路照明柱に基部腐食が確認された。点検結果を表-1に示す。

表-1 点検結果

場 所	点検総数	変 状				合計
		A	B	C	D	
早島IC～ 児島IC	414	5	24	0	0	29

（単位：本）

- A：亜鉛メッキ層の腐食を越えて鋼材の全周が腐食
B：亜鉛メッキ層の腐食を越えて鋼材の一部が腐食
C：亜鉛メッキ層の全周・一部が腐食
D：その他の変状

道路照明柱基部の腐食対策については、本州四国連絡高速道路全体が抱える課題であることから、本四高速は、定量的に健全度評価を行うことを目的として「腐食照明柱の更新又は補修の判断基準（案）」、「照明柱板厚測定調査要領（案）」及び「照明柱補修法に関するガイドライン（試行案）」を策定した。¹⁾

◆腐食照明柱の更新又は補修の判断基準（案）

腐食した道路照明柱の更新又は補修の判断にあたっては、道路照明柱の変状を定量的に健全度の評価・判定を行うため、鋼材の降伏点強度に対する必要板厚を算出し、残存板厚より補修対応を判断できる判定区分を整理した。

（図-1参照）

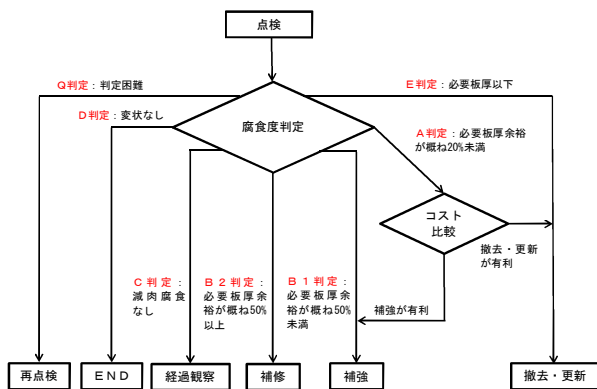


図-1 判定基準概念

◆照明柱板厚測定調査要領（案）

「腐食照明柱の更新又は補修の判断基準（案）」で用いる残存板厚の測定は、測定者による測定誤差を排除することを目的とし、板厚測定調査における実経験を基に超音波厚さ計の仕様や板厚測定時の注意事項を盛り込んだ。

◆照明柱補修法に関するガイドライン（試行案）

本州四国連絡高速道路において、道路利用者・第三者等被害の発生を未然に防止、道路構造物損傷防止のための予防保全の観点から実施する道路照明柱の補修、腐食防止対策及び基部周辺の環境改善対策例を示している。

また、近年に実施した道路照明柱の補修、腐食防止対策及び基部周辺の環境改善対策の実績を基にした事例集として整理した。

これらの基準等に基づき判定区分を用いた結果、本四高速岡山管理センター管内で腐食が確認された29本の判定結果を表-2に示す。

表-2 判定結果

判定	残存板厚の状態	対応措置	数量
E判定	必要板厚以下	撤去・更新	0
A判定	必要板厚の余裕が概ね20%未満	撤去・更新か補強	1
B1判定	必要板厚の余裕が概ね50%未満	補強	3
B2判定	必要板厚の余裕が概ね50%以上	防食補修	25
C判定	点錆程度で減肉腐食なし	経過観察	0
D判定	変状がないか軽微なもの	対応なし	0
Q判定	上記では判断できないもの	再点検	0

（単位：本）

このうちA判定・B1判定の4本については、既に必要板

厚の余裕が無く撤去・更新か補強となるが、補強方法については現段階で確立できていないことと、早急なリスク回避のため、今回は道路照明柱を更新し、残りのB2判定の25本について補修を行うこととした。

3. 腐食の要因分析

基部腐食がある道路照明柱は、以下の設置状況であった。

- ◆落葉の堆積により堆肥化した土砂等で道路照明柱地際部分が埋没した状態。
- ◆周辺草木が道路照明柱地際を取り囲み、湿った状態。

道路照明柱は一般的に熔融亜鉛メッキ仕上げ（HDZ55：付着量550g/m²以上）である。亜鉛メッキの減衰速度は、一般土壌中で16～27g/m²/年に対して、酸性の有機質還元土壌（堆肥）では、110～180 g/m²/年と非常に速く、HDZ55においても、3～5年で亜鉛メッキの寿命に達することが国内や海外での実験結果で知られている。²⁾（図-2参照）

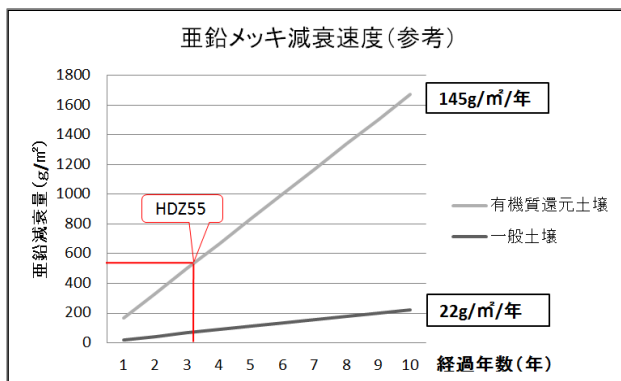


図-2 亜鉛メッキ腐食速度

今回確認された基部は、有機質還元土壌によって亜鉛メッキが極端に早く減衰した可能性があることから、腐食土の影響を検証するために、腐食環境にあった道路照明柱2本の周辺土壌を採取し、簡易pH測定を実施した。

測定地点1は、黒色の有機質還元土壌（堆肥）の環境でありpH=5.5、測定地点2では、若干の砂混じりの有機質還元土壌（堆肥）の環境でpH=6.5であった。このことから、弱酸性土が亜鉛メッキ腐食を促進する要因となっていた。

（写真-1～4参照）



写真-1 埋没した状況



写真-2 腐食状況



写真-3 草木が取り囲んだ状況



写真-4 腐食状況

4. 補修方法の検討

これまで道路照明柱の錆びに対しては、常温亜鉛メッキ材による防食補修を行ってきたが、基部以外の部分では経年変化による目立った変状は確認されていない。前項の腐食要因分析からも、弱酸性の有機質還元土壌に埋没した基部腐食の補修は、これまで行ってきた常温亜鉛メッキ材での補修だけでは、腐食に対する抑止力が期待できないことから、亜鉛メッキ層が有機質還元土壌と直接接触しないよう対策を行う必要があるとともに、周辺環境変化による土砂等の堆積についても留意しなければならない。また、道路照明柱1本あたりの施工量が僅少であることから施工性、経済性に留意する必要がある。補修にあたっては、鋼材腐食による応力がかかる柱本体の断面が減少していることから、定期的に健全性を確認する必要があるため、容易に点検ができるよう努めなければならない。さらに、道路照明柱は設置後30年～35年で更新する計画をしており、現在25年が経過しているため過度な補修方法は経済的ではない。このことから以下の方針に基づき補修を行うこととした。

- ◆周辺環境，経年変化に合わせた補修方法の選定とすること。
- ◆施工性，経済性に優れていること。
- ◆補修後も変状箇所の経過観察が簡易に可能であること。
- ◆恒久対策とせず，今後10年度程度の補修健全性が保たれること。

5. 補修材の選定

道路照明柱の基部の腐食対策は、金属腐食の進行を抑止することを目的として補修を行う。その方法は、錆を除去した後に防錆，又は錆そのものを不活性化させるものがある。補修材には様々な仕様があるが、道路照明柱の防食に実績があり、前項の方針と合致した補修材を選定した。（表-3参照）

- ① 錆安定化処理剤は、浮き錆び除去程度の下地処理で塗布できるため、完全な錆の除去を必要とせず塗布することができるが、養生に時間を要するため施工性がやや劣る。
- ② 常温亜鉛メッキ材は、完全な錆の除去が必要となるが養生時間は短く上塗りを必要としないため全体として施工性が良い。
- ③ この他に完全な錆の除去を行った後にFRPシートによる補修方法があるが施工に時間を要し高価である。

これまでの防食補修でも常温亜鉛メッキ材を使用しているが、埋没環境以外（気中部）では変状は無くその効果は維持されていることに加え、施工性、

経済性を鑑み、本四高速岡山管理センターでは常温亜鉛メッキ材（標準膜厚 $80\mu\text{m}=500\text{g}/\text{m}^2$ ）による補修とし、腐食環境の改善を合わせて実施することが最も適していると判断した。

表-3 補修材選定表

種別	① 錆安定化処理剤	② 常温亜鉛メッキ材	③ 紫外線硬化型FRPシート
主な用途	錆層へ浸透し錆を不活性化させる	常温で亜鉛付着し防食効果を高める	FRPシートが接着・硬化し部材補強が可能
施工性	○	◎	△
経済性	○	◎	△
使用実績	実績あり	実績あり	実績あり
補修後の経過観察	○	○	△
期待寿命	10年以上	10年以上	10年以上
メリット	浮き錆除去程度の下地処理で塗布できる	・下塗り材が不要 ・養生時間が短い	平面、曲面に対応でき部材補強ができる
デメリット	養生に時間を要する	完全な錆除去が必要	・完全な錆除去が必要 ・補修後の確認は不可
評価	○ ケレン作業が困難な場所に有効	○ 簡易にメッキ補修が可能	△ 補強が必要な場合に有効
備考	堆積土砂等による腐食環境の改善が必要		

凡例：◎適 ○やや適 △やや不適 ×不適

6. 腐食環境の改善

道路照明柱基部は、有機質還元土壌と直接接した場合、亜鉛メッキの減衰が著しく早まることから上塗り材により亜鉛メッキ層を保護するか、コンクリート巻き立てによる嵩上げ方法が考えられる。上塗り材による亜鉛メッキ層の保護をする場合、道路照明柱は常に振動しており、上塗り材はこの振動に合わせた伸縮が可能であることも考慮する必要がある。あわせて防水性・耐候性に優れたものでなければ再補修が必要となり経済的ではない。本四高速岡山管理センターでは、以下の点からコンクリートによる基部の嵩上げは行わないこととした。

- ◆道路照明柱は常に振動しているため、僅少で施工した嵩上げコンクリートが既設基礎に十分付着しない懸念がある。
- ◆嵩上げたコンクリート部分が支点となるため、基部周辺のコンクリート部分の割れが想定される。
- ◆分離又はクラック箇所から、空気・水等が進入し新たな錆が発生する恐れがある。
- ◆嵩上げた場合、防食補修部がコンクリートに覆

われるため経過観察が困難。

また、周辺草木を除去後、道路照明柱基部のレベルは現状のままとし、周辺土壌の掘り下げと草木の侵食を抑止する砕石敷設により腐食環境の改善を図るとともに、経年により有機質還元土壌の流入等の周辺環境の変化も想定し、一定の高さを確保した上塗り材を亜鉛メッキ層の保護を目的とし施工することとした。

このような保護膜を形成する材料も目的に応じ多様多様に存在するが、道路照明柱基部に対して上塗り材を形成する際、防水機能の観点から重要となるのは、その塗布面が鉄（柱）とコンクリート（基礎）に跨ることである。本四高速岡山管理センターでは以下の特長を勘案し、液体ゴムによる上塗り材を採用した。

（表-4参照）

表-4 道路照明柱基板上塗り材の特長

種別	液体ゴム		超厚膜型エポキシ樹脂塗料	
	鉄(亜鉛)	コンクリート	適用可	適用不可
適用素材	適用可	◎	適用可	◎
	適用可	◎	適用不可	×
プライマ処理	不要	◎	必要	△
乾燥時間(20℃半硬化)	1時間	◎	16時間	△
系統	1液性	◎	2液性	○
耐熱	95℃	◎	100℃	◎
防水性・耐候性	優れている	◎	優れている	◎
価格比※	1	◎	2.6	×
保守性	補修後の経過観察が簡易に可能	○	補修後の経過観察がやや困難	△

※上塗り材の材料費のみ

凡例：◎適 ○やや適 △やや不適 ×不適

一般的にゴムの劣化要因としては、酸素、オゾン、熱、紫外線、金属触媒、放射線などがある。今回採用した液体ゴムについてはメーカーにおいて25年相当の寿命が、促進耐候性試験にて確認されているとのことであるが、有機質還元土壌の、液体ゴムへの付着による劣化については検証されていない。よって、強酸性である「リン酸(pH=1.5)」を用い簡易的に加速試験を実施した結果、24時間経過後に割れ・剥がれ・膨れ、粘り、硬化等の変状がなかったことから、酸性土壌での使用も問題ないと判断した。（写真-5参照）

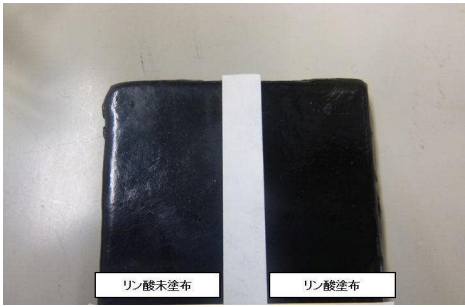


写真5 液体ゴム塗布試験片

7. 施工

道路照明柱基部の補修は、常温亜鉛メッキ材と液体ゴムの組合せとし、以下の工程で補修作業を行った。
(図-3、写真-6参照)

<作業工程>

1. 錆びの除去・・・グラインダー、ワイヤーブラシを用い2種ケレン作業実施。
2. 錆び部分の補修・・・常温亜鉛メッキ材を塗布する。
3. 水勾配の確保・・・基部への溜水を防ぐ為コーキングによる水勾配の施工実施。
4. 上塗り・・・メッキ層保護を目的とした液体ゴムを塗布する。
5. 周辺環境の改善・・・周辺土壌の掘り下げ及び敷砂利設置。

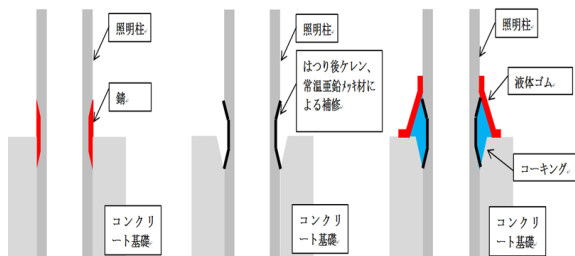


図-3 補修方法イメージ図

補修完了状況を写真-6に示す。



写真-6 補修状況

8. 経過状況

補修を行ってから一定期間（15ヶ月）が経過したことから、防食補修の効果を検証するため、表面状況と内部状況について確認を行った。

確認項目は以下のとおりとし、道路照明柱2本について経過観察を行った結果を以下に示す。

(表-5参照)

表-5 経過観察における確認項目と結果

No.	主な確認項目	具体的内容	対象1	対象2
1	環境改善の効果	草木の侵食状況、周辺土砂による埋没状況の確認	異常無し	異常無し
2	表面素材の劣化等(液体ゴム)	目視・触手による状況確認(割れ・剥がれ・膨れ、粘り、硬化、内部水分等がないこと)	異常無し	異常無し
3	表面素材の変化状況(液体ゴム)	当初塗膜厚からの比較	変化無し 0.8mm(±0)	変化無し 0.8mm(±0)
4	亜鉛メッキの状態	目視による確認	異常無し	異常無し
5	道路照明柱素地部の発錆状態	目視による確認	異常無し	発錆有り
6	道路照明柱の板厚測定	当初板厚との比較	変化無し 3.7mm(±0)	変化無し 3.7mm(±0)

() 内は前回データとの比較値

対象1は、主な経過観察項目より目立った変状は無く、基部素地面の錆びも発生しておらず、防食効果が維持できているものと判断できる。(写真-7参照)



写真-7 対象1の経過状況

対象2については、表面上特に問題はないが、基部素地面の錆びが確認された。錆は微小であり、液体ゴムや亜鉛メッキの劣化が確認できないことから新たに発錆したものではないと推察され、本工法による道路照明基部

の腐食対策として有効であると思料する。
(写真-8参照)



写真-8 対象2の経過状況

9. まとめ

施工後15ヶ月と早い段階での経過観察であることから、十分な検証は実施できていないが、現時点で概ね補修に対する健全性が確保できている。今後も継続的に観察することにより基礎データを積み上げていき道路照明柱基部の補修方法として確立していきたい。

本報告は、錆の要因や周辺環境というリスク排除を念頭に経済性も考慮し、使用材料の選定や工法の検討を行った。今後、新たなリスク発生も考えられるが、構造物の健全性確保の観点から、錆の促進要因となる周辺環境やその他リスクについては、構造物点検を活用し定期的な経過観察を行う予定である。構造物劣化による第三者への被害はあってはならないことから、同種の設備への展開も視野に入れ、引き続き検討を行い適切な維持管理に努めていきたい。

参考文献

- 1) 本州四国連絡高速道路(株)：本四技報 Vol.37 No.119 道路照明柱の基部腐食問題への対応～判断基準等の策定～
- 2) 亜鉛めっき鋼構造物研究会：溶融亜鉛めっきの耐食性