

照明柱路面境界部腐食の非破壊検査技術による検証結果（非破壊検査技術の比較）

株式会社アミック フェロー会員 ○松浦 康博
 株式会社アミック 陰山 公明
 藤沢市道路河川部 正会員 西山 博光

1. はじめに

照明柱を代表とする道路附属物の支柱路面境界部の腐食は、突然の倒壊を起こす要因となることから、路面を掘削し路面境界部を露出させ腐食状況の確認（掘削腐食調査）を行うこととなっている。ところが、掘削作業は多くの労力と時間が必要となること及び、掘削を行うかどうかの判断が曖昧なため腐食箇所を見逃す可能性がある。そこで、非破壊検査技術でスクリーニング診断を行うことで、掘削腐食調査の効率化・確実化を図ることが考えられる。本報告では、3つの非破壊検査手法（表-1）を用いて実照明柱の路面境界部の腐食診断を行った後に、路面を掘削し腐食状況を確認して診断結果の検証を行ったところ、有効性が確認できたので報告する。

2. 非破壊検査による腐食診断

表-1 非破壊検査腐食診断手法

表-2 掘削腐食調査との整合性

非破壊検査手法	A	B	C	照明柱 No.	路面境界部	設置経過年数	掘削腐食調査結果	診断結果		
	超音波表面SH波法	NS+システム	COLOPATスキャン					非破壊検査		
製品完成度	リース提供	リース6月開始	試作品					A	B	C
原理	超音波(SH波)のエコーを検知して腐食を検出	超音波(LA波)のエコーを検知して腐食を検出	磁場のゆがみを検知して腐食を検出	1	アスファルト	36	△	×	×	△
検出条件	診断可能な形状	丸柱、角柱とも対応可能	丸柱、角柱とも対応可能	2	コンクリート	36	△	×	×	△
	検出可能深さ	20~1000mm	0~360mm	3	アスファルト	36	△	×	△	△
	現場判断	○△×で判断が可能	だいたい判断可能だが、詳細はデータを持ち帰り解析が必要	4	コンクリート	32	○	×	○	○
腐食判定	表面処理	塗装の除去及び凸凹の平滑化が必要	凸凹の平滑化が必要	5	アスファルト	36	○	○	○	○
	腐食減肉率の推定	減肉率は求められないが、過去の掘削腐食調査結果と反射比率の関係から腐食度合いを推定	減肉率が分かった基準腐食試験片のエコー値と測定波形エコー値の比較から腐食減肉率を推定	6	アスファルト	36	○	×	○	△
腐食判定	腐食判定	反射比率の大きさを○×△の評価 ○:健全(腐食なし) △:腐食の疑い(反射比率200%以上) ×:腐食あり(反射比率400%以上)	残存板厚が推定出来るので限界板厚との比較が可能 ○:腐食減肉率10%以下 △:腐食減肉率50%未満 ×:腐食減肉率50%以上	7	アスファルト	37	×	×	△	×
				8	アスファルト	37	×	×	△	×
				9	アスファルト	37	○	○	○	△
				10	アスファルト	37	×	×	△	×
				11	インタロック	37	△	×	△	×
				12	アスファルト	37	×	×	×	×
				13	アスファルト	37	△	×	△	△
				14	アスファルト	37	△	○	○	△
				15	インタロック	26	○	×	○	○
				16	アスファルト	26	○	○	○	△
				17	アスファルト	26	○	×	△	△
				整合性				6	10	12

本検証で用いた非破壊検査技術3手法の特徴を、表-1に示す。診断を行った照明柱は藤沢市内の28本の実照明柱を対象とした。Aの機器及び調査方法は文献1)、B、Cの検証結果については、文献2)、3)を参照されたい。

3. 非破壊検査手法による腐食診断結果について

診断を行った28支柱のうち3手法とも共通して診断を行った17支柱の照明柱の掘削腐食調査による検証結果を表-2に示す。表中の記号で、○は、板厚減少率10%未満(健全)、△は、板厚減少率10%以上55%未満、×は板厚減少率55%以上(限界板厚以下)を示す。写真-1,2に、路面境界部の腐食状況写真を示す。



写真-1 照明柱7

写真-2 照明柱10

(1) 掘削腐食調査結果と非破壊検査診断の整合性

掘削腐食調査結果と各非破壊検査診断結果が整合した箇所は表-2の黄色の箇所である。この結果からはA、Cの手法は安全側の評価、Bの手法はどちらかと言うと危険側の評価となっていることが分かる。B、Cの手法のキーワード 道路附属物、非破壊検査、腐食劣化、スクリーニング

連絡先 〒230-0051 神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央4-36-1 株式会社アミック TEL: 045-510-4317

整合率は10/17 (59%), 12/17 (71%) である。

(2) 腐食程度の整合率 (整合数/診断数)

非破壊検査手法 A, C は対象照明柱 28 支柱, B は 17 支柱について, 診断腐食程度と掘削腐食調査結果との整合率を表-3 に示す。健全状態では, 手法 B が最高の整合率 86% であるが, 不正解率が 14% である。手法 C は, 整合率は中程度の 69% であるが不正解はない。腐食状態では, 手法 C の整合率が 100% で, 次いで A, B の順で整合率が高い。危険状態では, 手法 A 及び手法 C の整合率が 100% で不正解率は C が小さい。

表-3 腐食程度の診断精度

腐食程度		非破壊検査手法		
		A	B	C
健全状態(O) の整合率	整合率	23%	86%	69%
	不正解率	25%	14%	0%
腐食状態(Δ×) の整合率	整合率	93%	90%	100%
	不正解率	42%	10%	21%
危険状態(×) の整合率	整合率	100%	25%	100%
	不正解率	79%	67%	29%

$$\text{整合率} = (\text{整合数} / \text{掘削腐食調査腐食状態数})$$

$$\text{不正解率} = (\text{不正解数} / \text{診断腐食状態数})$$

(3) 円周方向の腐食位置の診断精度

写真-1 や 2 のような腐食で開孔した位置の診断精度について, 28 支柱のなかで腐食開孔がある 4 支柱の照明柱について位置精度の検証を行った。表-4 に示すように, 手法 C の精度が良いことが分かる。(診断精度±45 度以内)

表-4 円周方向の腐食診断精度

照明柱No.	掘削腐食調査での確認位置	A		B		C	
		最大位置	評価	最大位置	評価	最大位置	評価
	145度	270度	×	-	-	180度	○
7	335度	360度	○	90度	×	375度	○
8	300~330度	360度	○	270度	○	355度	○
10	190度	360度	×	180度	○	175度	○

4. 非破壊検査手法の調査効率比較

表-5 に今回の調査から算出した非破壊検査手法の調査効率の比較を示す。表中の()内は, 診断を行わないで全て掘削腐食調査のみで腐食の確認を行った場合との比率である。

表-5 非破壊検査手法の調査効率比較

非破壊検査手法	現掘削腐食調査	A	B	C
1日当りの診断可能支柱数	6本/日(60分/本)	20本/日(18分/本)	15本/日(25分/本)	30本/日(12分/本)
1支柱当りの調査費用(非破壊+掘削)	25,820円(100%)	30,500円(118%)	28,600円(111%)	23,200円(90%)
1支柱当りの調査時間(非破壊+掘削)	60分(100%)	76分(127%)	64分(107%)	56分(93%)

5. 考察とまとめ

- (1) **非破壊検査手法の用い方**: 掘削腐食調査が必要な箇所を最初にスクリーニングとして非破壊検査手法で診断し, その後, 判明した健全な箇所を除いて掘削腐食調査を行うことで掘削作業の数を減らすことが出来る。
- (2) **非破壊検査手法の有効性**: 表-5 から B 及び C の方法の調査効率 (全調査費用, 全調査時間) は, 現掘削腐食調査と同程度であり, 労力が必要な掘削作業を軽減できることが分かる。
- (3) **今後の課題**
 - a) 内面の腐食の確認: 掘削腐食調査は主に支柱外面の確認であり, 内面の腐食状況は十分に確認できていないのが現状である。一方, 非破壊検査診断の場合は手法によっては内面の腐食を検知している可能性がある。今後は, それを確認するために, 撤去更新を行う照明柱の路面境界部を切り取って内面の腐食状況を詳しく調査し, 非破壊検査診断との整合性を確認する予定である。
 - b) データの蓄積: どの非破壊検査手法も, 掘削腐食調査との検証が十分でないため診断精度はあまり高くない。今後, 掘削腐食調査との対比を繰返し, キャリブレーション方法, 閾値の設定方法などの改善を行うことで, さらに費用面, 調査効率面で実用性が増すものと考えられる。

参考文献

- 1) 中池竜司他: 亜熱帯島嶼環境である沖縄における鋼管柱腐食劣化診断の有効性について, 土木学会第 73 回年次学術講演会, 2018. 8
- 2) 新美久仁彦他: 照明柱路面境界部腐食の非破壊検査技術による検証結果 (NS+システム), 土木学会第 74 回年次学術講演会, 2019. 9
- 3) 長嶋功一他: 照明柱路面境界部腐食の非破壊検査技術による検証結果 (COLOPAT スキャン), 土木学会第 74 回年次学術講演会, 2019. 9