

# 電気防食工法を用いた道路橋の維持管理手法に関する

## 共同研究報告書 第 502 号, 第 516 号

平成 30 年 7 月, 令和 2 年 3 月

### 総 目 次

1 編 序論	1- 1
1. 本研究の背景と目的	1- 1
2. 本報告書の構成	1- 2
2 編 電気防食工法の現状	2- 1
1. はじめに	2- 1
2. 電気防食工法の各技術に関する調査の方法	2- 2
2.1 調査対象会社および工法	2- 2
2.2 調査内容	2- 3
3. 電気防食工法の各技術に関する調査結果	2- 4
3.1 各工法の概要	2- 4
3.2 構造物の部位に関わる適用性	2- 11
3.3 立地環境に関わる適用性	2- 16
3.4 その他に関わる適用性	2- 19
3.5 耐用年数	2- 22
3.6 各工法の施工実績	2- 27
3.7 各工法のコスト	2- 30
参考文献	2- 33
3 編 電気防食工法の維持管理の実態調査	3- 1
1. はじめに	3- 1
2. 管理者へのアンケート調査	3- 1
2.1 調査概要	3- 1
2.2 アンケートの設問	3- 1
2.3 アンケート結果概要	3- 2
2.4 アンケート結果の分析	3- 7

3.	電気防食メーカーへのアンケート調査	3- 13
3.1	はじめに	3- 13
3.2	電気防食工法の維持管理に関する調査の方法	3- 14
3.3	電気防食工法の維持管理に関する調査結果	3- 16
4.	まとめ	3- 61
4.1	はじめに	3- 61
4.2	電気防食における維持管理の実施状況	3- 61
4.3	電気防食の維持管理内容に関する現状とその評価	3- 61
4.4	電気防食の維持管理方法における課題と方向性	3- 63
4.5	遠隔監視システムについて	3- 69
4.6	流電陽極方式の電気防食について	3- 71
4.7	記録について	3- 71
4.8	新工法の開発について	3- 71
付録-1	管理者へのアンケート調査票	3-付録- 1
付録-2	電気防食メーカーへのアンケート調査票	3-付録- 5

4 編	供用中の橋梁の調査	4- 1
1.	はじめに	4- 1
2.	調査内容	4- 2
3.	概略調査（6橋）	4- 3
3.1	概略調査対象橋梁	4- 3
3.2	確認された事象	4- 3
3.3	概略調査結果のまとめ	4- 5
4.	詳細調査および追加調査	4- 6
4.1	調査対象橋梁	4- 6
4.2	調査内容	4- 6
5.	橋梁調査結果のまとめ	4- 10
5.1	A橋調査より	4- 10
5.2	B橋調査より	4- 10
5.3	C橋調査より	4- 10
5.4	共通	4- 10
	最後に	4- 10
6.	A橋調査結果抜粋	4- 11
6.1	電気防食方式の概要	4- 11
6.2	外観調査	4- 11
6.3	コンクリート表面電位分布測定	4- 11
6.4	内部照合電極での復極量試験結果	4- 12
6.5	調査よりわかったこと	4- 12

7. B橋	4- 13
7.1 通電方式の概要	4- 13
7.2 定電流方式の特性（チタンメッシュ方式）	4- 13
7.3 定電位方式の特性（チタングリッド方式）	4- 14
7.4 流電陽極方式の特性（亜鉛シート方式）	4- 14
7.5 調査よりわかったこと	4- 15
8. C橋	4- 16
8.1 橋脚陽極部の変状	4- 16
8.2 橋脚気中部回路での測定例	4- 17
8.3 調査よりわかったこと（C橋）	4- 17
付録-1 概略調査報告書	4-付録- 1
1. A橋	4-付録- 1
2. X橋	4-付録- 6
3. Y橋	4-付録- 7
4. B橋	4-付録- 13
5. C橋	4-付録- 18
6. Z橋	4-付録- 24
付録-2 詳細調査報告書（A橋）	4-付録- 31
1. A橋電気防食概要	4-付録- 31
2. 詳細調査内容	4-付録- 32
3. 詳細調査結果	4-付録- 33
4. 調査結果のまとめ	4-付録- 46
5. おわりに	4-付録- 49
付録-3 詳細調査報告書（B橋）	4-付録- 50
1. B橋電気防食概要	4-付録- 50
2. 詳細調査内容	4-付録- 52
3. 詳細調査結果	4-付録- 53
4. 調査結果のまとめ	4-付録- 62
5. おわりに	4-付録- 64
付録-4 詳細調査報告書（C橋）	4-付録- 65
1. C橋電気防食概要	4-付録- 65
2. 詳細調査内容	4-付録- 68
3. 詳細調査結果	4-付録- 69
4. 調査結果のまとめ	4-付録- 80
5. おわりに	4-付録- 82
付録-5 追加調査報告書（B橋）	4-付録- 83
1. 追加調査概要	4-付録- 83
2. 追加調査項目	4-付録- 84
3. 通電状態の確認	4-付録- 86
4. 陽極被覆モルタル浮き部での防食効果の確認	4-付録- 92
5. 耐用年数を経過した防食板の調査	4-付録- 97
6. モニタリング測定不具合の調査	4-付録-105
測定データ	4-付録-109

5 編	撤去橋梁の調査	5- 1
1.	はじめに	5- 1
1.1	背景と目的	5- 1
1.2	本編の構成	5- 1
2.	荒磯橋の概要	5- 3
2.1	書類調査	5- 3
2.2	定期点検に関する書類調査	5- 16
3.	撤去桁の調査結果	5- 45
3.1	撤去桁の現状把握のための調査	5- 45
3.2	詳細調査	5- 67
4.	FEMによる防食効果の評価	5- 94
4.1	FEMの概要と入力パラメータの決定	5- 94
4.2	解析結果と実測値との比較	5-100
5.	調査結果のまとめと本検討から得られた知見	5-103
5.1	調査結果のまとめ	5-103
5.2	本検討から得られた知見	5-104
6 編	維持管理マニュアル（案）の策定	6- 1
1.	はじめに	6- 1
2.	目次構成	6- 1
3.	維持管理のポイント	6- 2
4.	各種点検	6- 3
4.1	点検種別	6- 3
4.2	実施者	6- 3
4.3	点検頻度	6- 4
	参考文献	6- 4
7 編	新工法の開発（間欠通電方式の検証）	7- 1
1.	はじめに	7- 1
2.	実験概要	7- 3
2.1	供試体概要	7- 3
2.2	通電方法および測定項目	7- 6
3.	実験結果	7- 7
3.1	各曝露環境における防食効果の検証	7- 7
3.2	各条件の腐食電流密度	7- 47
3.3	通電停止期間の復極状況	7- 51
3.4	間欠通電（断続通電）の適用にあたって	7- 53

8 編	結論	8- 1
1.	研究調査結果の要点	8- 1
1.1	工法の現状と維持管理の実態	8- 1
1.2	電気防食適用後の不具合実態調査	8- 2
2.	維持管理マニュアルの策定	8- 2
2.1	点検種別と頻度の設定	8- 3
2.2	点検内容と記録	8- 3
3.	今後の課題と展望	8- 3
3.1	維持管理マニュアルの社会実装	8- 3
3.2	新技術の活用	8- 4

9 編 供用中/供用後の橋梁の調査 — 電気防食を適用した弁天大橋における防食効果の検証 —

1.	はじめに	9- 1
1.1	調査の経緯	9- 1
1.2	調査内容	9- 2
2.	概略調査	9- 3
2.1	弁天大橋（B 橋）の概要	9- 3
2.2	電気防食に関する事項（調査票より）	9- 4
2.3	電気防食の維持管理に関する事項（調査票より）	9- 4
2.4	定期点検結果他に関する事項（調査票より）	9- 5
2.5	外観目視調査結果	9- 5
2.6	書類調査	9- 7
2.7	詳細調査項目	9- 7
3.	詳細調査	9- 8
3.1	弁天大橋電気防食概要	9- 8
3.2	詳細調査内容	9- 10
3.3	詳細調査結果	9- 11
3.4	詳細調査結果のまとめ	9- 20
4.	追加調査	9- 22
4.1	概要	9- 22
4.2	追加調査項目	9- 23
4.3	通電状態の確認	9- 25
4.4	陽極被覆モルタル浮き部での防食効果の確認	9- 31
4.5	耐用年数を経過した防食板の調査	9- 36
4.6	モニタリング測定不具合の調査	9- 44
5.	解体調査	9- 54
5.1	概要	9- 54
5.2	調査内容	9- 54
5.3	チタンメッシュ方式の調査結果	9- 59
5.4	チタングリッド方式の調査結果	9- 70
5.5	亜鉛シート方式の調査結果	9- 83
6.	電気防食を適用した弁天大橋（B 橋）調査のまとめ	9- 97
6.1	陽極の変状と防食効果について	9- 97
6.2	電気防食の効果範囲	9- 97
6.3	陽極材の付着強度	9- 97
6.4	分配電流（外部電源方式）	9- 97
6.5	陽極耐久性試験	9- 97
6.6	配線配管材	9- 98
6.7	全体を通して	9- 98

## 10 編 撤去橋梁の調査

### － 陽極の異なる腐食環境における配置がコンクリート内部の鋼材の分極量の分布に及ぼす影響の評価 －

1. はじめに	10- 1
1.1 本編に示す調査の背景と目的	10- 1
1.2 撤去桁の概要	10- 2
2. 実験概要	10- 6
2.1 調査対象の部位	10- 6
2.2 通電方法	10- 7
2.3 その他の測定項目	10- 9
3. 実験結果	10- 10
3.1 電気抵抗率	10- 10
3.2 陽極－鋼材間の交流抵抗	10- 10
3.3 陽極への電流分配	10- 11
3.4 G5-3 の下フランジ部の自然電位の分布と鋼材の腐食状況	10- 12
3.5 分極量比の分布	10- 12
4. まとめ	10- 16

## 11 編 間欠通電方式の検証      － 異なる腐食環境における防食性の評価 －

1. はじめに	11- 1
2. 実験概要	11- 2
2.1 供試体概要	11- 3
2.2 通電方法および測定項目	11- 7
3. 実験結果	11- 11
3.1 各暴露環境における防食効果の検証	11- 11
3.2 試験室温 20℃, 相対湿度 60%の試験結果（間欠通電）	11- 11
3.3 試験室温 20℃, 相対湿度 90%の試験結果（間欠通電）	11- 19
3.4 試験室温度 40℃, 相対湿度 90%の試験結果（間欠通電）	11- 41
3.5 試験室温度 40℃, 相対湿度 90%の試験結果（常時通電）	11- 62
3.6 屋外暴露の試験結果（間欠通電）	11- 78
3.7 屋外暴露の試験結果（常時通電）	11- 91
4. 実験結果の考察	11- 98
4.1 各試験条件における鋼材の腐食状況	11- 98
4.2 防食期間中の通電停止期間における復極状況	11-100
4.3 間欠通電における防食効果	11-103
4.4 まとめ	11-106
5. 間欠通電（断続通電）の適用にあたって	11-107