

新技術調査表 (1)

				登録番号	2024002		
名 称	ガルバシールド工法				作成年月日	2024年4月15日	
					更新年月日	年 月 日	
副 題	塩害・中性化等により劣化した鉄筋コンクリート構造物の防食工法			開発年月日	2008年11月 1日		
分 野	①共通 ③公園 ⑤海岸 ⑦その他	2道路 4河川 6砂防	区 分	1材 料	大 分 類	特 記 項 目	
				②工 法 ③製 品 ④機 械 ⑤その他			鉄筋コンクリート構造物
開 発 者 等	開 発 会 社	会社等名	ベクターコロージョンテクノロジーズ		担当部署		
		担当者名	Mr. Haixue Liao		T E L	1-647-998-8718	
	提 案 会 社 兼 問 合 せ 先	会社等名	クリディエンス株式会社 (日本総代理店)		担当部署		
		担当者名	小野田 基	〒	150-0002	T E L	03-4590-0200
		住 所	東京都渋谷区渋谷1-1-3 6F		F A X	03-3409-3898	
ホームページ	http://www.crdc.co.jp/product/galvashield.html		e-maile	monoda@crdc.co.jp			

【概要】

ガルバシールド工法は、塩害・中性化などで劣化した鉄筋コンクリート構造物の鉄筋に亜鉛を犠牲陽極としたガルバシールドを設置することで、電気化学的作用により鉄筋腐食反応を抑制し、認証モルタルにて断面修復を行う工法です。特に対策の難しいマクロセル腐食への効果に優れ、構造物の再劣化を防止します。

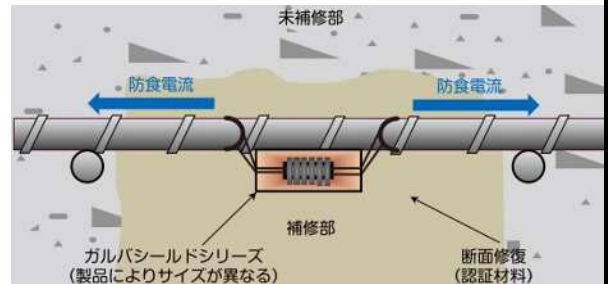


図-1 工法概要図

犠牲陽極材ガルバシールドは主に亜鉛コア、結束線、バックフィル材から構成されます。

亜鉛コア：純度の高い亜鉛を使用することで効率よく防食電流を発生させます。

結束線：コンクリート中の鉄筋に繋がります。結束線は亜鉛コアの中心を貫通し鑄造にて一体化されていますので、腐食による断線の心配はありません。

バックフィル材：バックフィル材となるモルタルには水酸化リチウムが混入されており、このバックフィル材により亜鉛が効率的に腐食し防食電流を維持することが可能となります。

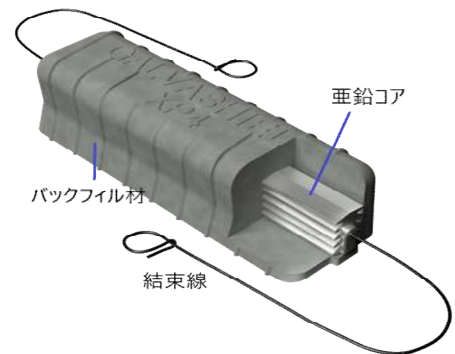


図-2 犠牲陽極材構造

【特徴】

1. 電気化学的作用による高い防食性能
2. マクロセル腐食の防止により耐用年数が向上
3. 作業工程の減少による省人化

【建設局事業への適用性】

- 断面修復を伴う塩害や中性化対策。
- 維持修繕を目的とする、コア抜きやドリル削孔による長寿命化対策。

新技術調査表（2）

キーワード	1安全・安心 ②環境 3ゆとりと福祉 ④コスト削減・生産性の向上 ⑤公共工事の品質確保・向上 6リサイクル 7景観
	自由記入 犠牲陽極材、マクロセル腐食、塩害対策、断面修復、長寿命化
開発目標 (選択)	①省人化 2省力化 ③作業効率向上 4施工精度向上 ⑤耐久性向上 6安全性向上 7作業環境の向上 8周辺環境への影響抑制 9地球環境への影響抑制 10. 省資源・省エネルギー 11. 出来ばえの向上 12. リサイクル性向上 13. その他
従来との比較	従来の材料名・工法名：亜硝酸モルタル断面修復工法 1 工程【①短縮 (13.3%) ②同程度 3増加 (%)】 (防錆剤塗布作業の削減) 2 省人化【①向上 (36.9%) 2同程度 3低下 (%)】 (防錆剤塗布作業の削減) 3 経済性【①向上 (7.4%) 2同程度 3低下 (%)】 (人件費の削減) 4 施工管理【1向上 ②同程度 3低下】 5 安全性【1向上 ②同程度 3低下】 6 施工性【1向上 ②同程度 3低下】 7 環境【1向上 ②同程度 3低下】 8 汎用性【1向上 ②同程度 3低下】 9 品質【①向上 2同程度 3低下】 (電気防食による性能向上) 10 その他 (耐用年数経過後の再施工時に断面修復を行うことなくコア削孔にて設置可能)

【歩掛り表】 標準 ・ 暫定

【施工単価等】

(ガルバシールドXP4を4個/m²使用, 塩分濃度は2.4kg以上4.5kg未満を想定/m³, t=60mm, 100m²単位)

表-1 施工単価等比較表

比較項目	単位/材料	従来工法				新規工法				効果	備考	
		亜硝酸モルタル断面修復工法		ガルバシールド工法		犠牲陽極材設置工		断面修復工				
工程		鉄筋防錆工	断面修復工									
二日	日	6	9			3	10			13.3%		
	合計(日)	15				13						
省人化	人	48	150			15	110					
	合計(人)	198				125				36.9%		
経済性	材料費	防錆剤	40kg	55,200								
		断面修復材(防錆)	180kg	2,340,000								
		犠牲陽極材					400個	3,520,000				
		プライマー			7.5kg	18,975			6kg	24,000		※
		断面修復材			12,600kg	3,759,000			12,384kg	3,715,200		※
		養生剤			18kg	50,000			18kg	54,000		※
		小計		2,395,200		3,827,975		3,520,000		3,793,200		
		合計	6,223,175				7,313,200				-17.5%	
		円/100㎡										
	労務費	世話役(28,900円/人)	6	173,400	9	260,100	3	86,700	10	289,000		
		特殊作業員(26,700円/人)	16	427,200	48	1,281,600	6	160,200	40	1,068,000		
		普通作業員(23,900円/人)	12	286,800	30	717,000	6	143,400	20	478,000		
塗装工(31,300円/人)		10	313,000	3	93,900							
左官工(29,500円/人)		4	118,000	60	1,770,000			40	1,180,000			
小計		48	1,318,400	150	4,122,600	15	390,300	110	3,015,000			
	合計	5,441,000				3,405,300				37.4%		
他	諸経費		83,000		142,000		49,015		238,750			
	合計	225,000				287,765				-27.6%		
工程別合計		3,796,600	8,092,575			3,959,315	7,046,950					
総合計		11,889,175				11,006,265				7.4%		

※ それぞれの工法に対応した材料の使用

【参考資料】

- 宮里心一, 大即信明: 既存鉄筋コンクリート部材中のマクロセル腐食速度の推定, コンクリート工学論文集第12巻第2号 2001年5月
- 土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】
- 一般財団法人 建設業技術者センター: 断面修復工でのコンクリートの再劣化-マクロセル腐食-

新技術調査表（3）

1. 電気化学的作用による高い防食効果

健全なコンクリートは高いアルカリ性（pH12～13）にあり、その中の鉄筋は不働態被膜に覆われているため、腐食が生じにくい状態にあります。しかし、一定量の塩化物イオンの介在や、中性化などの原因により不働態被膜が破壊されると鉄筋の腐食が開始します。（図-3）

鉄筋の不働態被膜が破壊されてしまうと、鉄筋表面がイオン化し、鉄イオン（ Fe^{2+} ）が溶け出すアノード反応（電位低）と放出された電子（ $2e^-$ ）が酸素や水と反応するカソード反応（電位高）がおこることにより腐食電流が流れます。このような電気化学反応により腐食は進行します。（図-4）

鉄筋腐食によるコンクリートのひび割れや爆裂部位に断面修復を行うことによって健全な部位（補修部）と腐食が進行しやすい部位（未補修部）ができてしまい、この電位差により鉄筋の腐食が進行します。（図-5、写真-1）

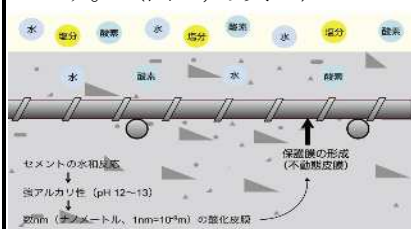


図-3 健全なコンクリート

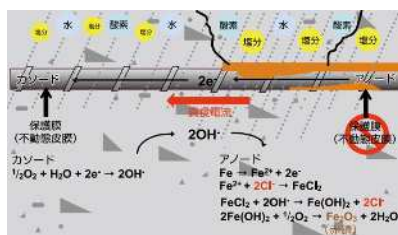


図-4 腐食進行中の状態

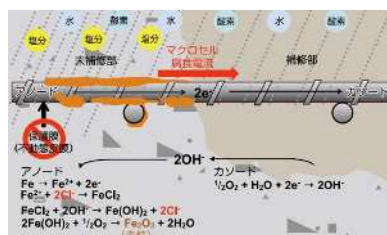


図-5 マクロセル腐食の発生

従来工法の亜硝酸モルタル断面修復工法とは、亜硝酸リチウム含有モルタルにて断面修復したり、鉄筋周囲やコンクリート補修部と未補修部の界面に亜硝酸リチウム含有ペーストを塗布することで腐食を抑制する工法です。この工法は、亜硝酸イオン（ NO_2^- ）が不働態被膜を再生することで防錆を行います。未補修部への浸透には時間を要する（塩分相当の拡散係数を使用）ため、特に初期のマクロセル腐食に対する効果はさほど見込めません。（図-6）また、高い塩分濃度では（亜硝酸イオンとのモル比0.8基準）十分な防錆効果は得られないため、マクロセル腐食による再劣化（写真-1）が発生する懸念があり、ガルバシールド工法と併用する事案が多く存在します。

一方、ガルバシールド工法は（1ページ目図-1 工法概要図残照）補修部に設置した犠牲陽極材の亜鉛が鉄筋よりも先にイオン化する原理を利用し、陽極内の亜鉛が犠牲となり腐食することでアノードとなり電子を鉄筋に供給します。電子を受け取った鉄筋（未補修部）がカソードとなることで、マクロセル腐食を防ぐことができます。（図-7）



写真-1 マクロセル腐食例

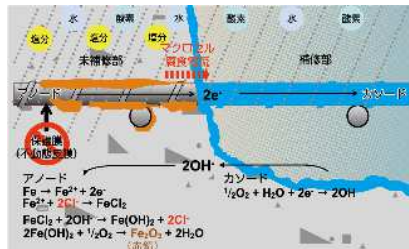


図-6 亜硝酸モルタル工法

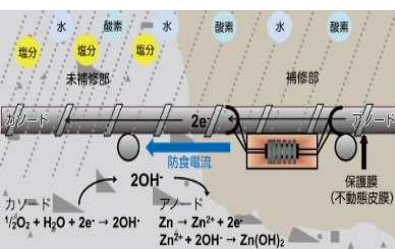


図-7 ガルバシールド工法

2. マクロセル腐食抑制により耐用年数が向上

従来工法を含むマクロセル腐食（表-3）による部分的な再劣化は、通常施工5～10年後に発生しますが、ガルバシールド工法での耐用年数は使用する犠牲陽極材の種類により20年～50年であり、実績として国内にて20年を超える耐用年数が確認されています。（表-4）従来工法の亜硝酸リチウムを使用した断面修復では、補修部より浸透した亜硝酸が未補修部の鉄筋に十分作用するまでに相当の時間がかかることと予想され、初期のマクロセル腐食に対応することが難しいと考えられます。従って、従来工法ではマクロセル腐食が発生した部位に再劣化が起こることになります。これより、従来工法の耐用年数を25年、マクロセル腐食による部分的な再劣化に対する補修が10年に一度全体の10%に発生すると仮定し、ライフサイクルコストの比較を行いました。（表-2/金額は2ページ目施工単価等参照）

その結果、従来工法では対象構造物を50年間維持するために1度の改修工事と4回の部分補修工事が必要となります。一方、ガルバシールド工法では25年後の1度の更新工事で済みます。なお、実際には、更新時の断面修復は発生しないことや、工事回数による関連施設や事業、公共への影響など、下記試算のコスト以上の差が発生すると考えられます。また、より長寿命な犠牲陽極材を選定することで更新工事を行うことなく長期間維持することも可能です。

新技術調査表（４）

表-2 50年間のライフサイクルコスト比較

施工年	従来工法 (円)	ガルバシールド 工法 (円)	効果 (%)
当初施工	11,889,175	11,006,265	7.4
10年後	1,188,917		15.8
20年後	1,188,917		22.9
25年後	11,889,175	11,006,265	15.8
35年後	1,188,917		19.5
45年後	1,188,917		22.9
合計	28,534,018円	22,012,530円	

※従来工法では10年に一度部分的な再劣化（10％）に対する断面修復が必要となると仮定（施工費用の10％を計上）

表3 マクロセル腐食速度例

マイクロセル腐食（基準）	0.05mm/y
マクロセル腐食	2～6倍
マクロセル腐食速度 コンクリート内部 打継目	※ 0.06mm/y 0.22mm/y

※塩分濃度やアノード/カソード比によって変わるが、マクロセル腐食速度が速いため、補修後 5～10 年で再劣化するケースが多い。

表-4 耐用年数を25年としガルバシールドXP4を㎡あたり4個使用した場合

使用亜鉛量 (25年分/全設置量)	25年後の 必要電流値	半減期 (減衰率)	初期発生電流値	25年後の 防食電流値
336g/640g	0.4mA/㎡	12.5年	3.2mA/㎡	0.8mA/㎡
○	マクロセル腐食	2回半減	0.8mA/個	○

3. 作業工程の減少

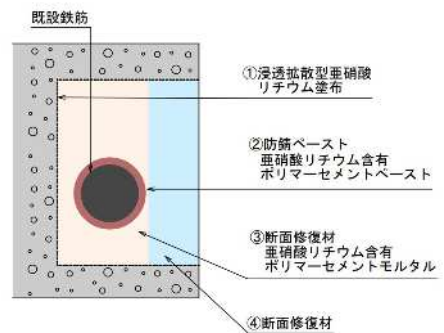
ガルバシールド工法は従来工法と比較し2工程少なく、工程の減少により省人化されている。

従来工法との作業工程の比較（t=60mm 100㎡あたり）

工程	従来工法		ガルバシールド工法	
	日数	人数	日数	人数
1. 亜硝酸リチウム塗布/ ガルバシールド設置	1	10	3	15
2. 亜硝酸ペースト塗布	2	18		
3. 亜硝酸モルタル断面修復	3※	30※		
4. 断面修復工	9	140	10※	110※
計	15	198	13	125

※プライマー塗布は断面修復工に含む

図-8 従来工法



ガルバシールド工法工程写真



施工前



工程1
ガルバシールド設置



工程4
断面修復



完成

新技術調査表（5）

実績件数	東京都： 3 件 国土交通省： 87 件 その他公共機関： 179 件 民間： 18 件	(内訳) 東京都	建設局： 件 都市整備局： 件 港湾局： 件 首都高： 件	水道局： 件 下水道局： 件 交通局： 3 件	
特 許	① 有り	2 出願中	3 出願予定	4 無し (番号： 特許6393601)	
実用新案	1 有り	2 出願中	3 出願予定	4 無し (番号：)	
評価・証明	1 技術審査 (番号：) ・証明年月日 ()		2 民間開発建設技術 (番号：) ・証明年月日 () ・証明機関 ()		
	3 新技術情報提供システム [NETIS] (番号：) 登録年月日： ()		4 その他 ()		
【評価等の内容】					
	局 名	事務所名	工 事 件 名	施 工 期 間	CORINS 登録 No.
都実績	交通局		三田線日本橋川交差部構築補強	2011/4	
			新宿線岩本町3丁目ポンプ所	2010/1	
			浅草線長寿命化試験工事	2012/6	
	発 注 者	工 事 件 名	施 工 期 間	CORINS 登録 No.	
東京都以外の実績	沖縄総合事務局 北部国道事務所	令和4年度北部国道管内橋梁補修工事	2023/4		
	広島国道事務所	令和4年度国道185号竹原大橋外橋梁補修工事	2023/4		
	静岡県交通基盤部	令和3年度沼津土肥線橋梁耐震対策工事	2022/2		
	中日本高速道路株式会社 金沢支社	北陸自動車道黒部IC～朝日IC間コンクリート構造物補修工事	2022/2		
	名古屋市交通局	第2号線トンネル構造物改修工事	2021/9		
	北海道開発局 函館開発建設部	一般国道229号八雲町相沼内橋梁補修外一連工事	2021/2		
	新潟県庁	国道460号県単橋梁維持修繕松風橋橋梁補修	2019/12		
	在日米軍嘉手納基地	ホワイトビーチ栈橋補修	2017/5		
	宮崎河川国道事務所	今町橋梁補修工事	2014/2		
	山口県周南土木建築事務所	一般国道315号 (狩人橋) 橋梁補修 (耐震補強) 工事	2013/7		
沖縄総合事務局 北部国道事務所	平成22年度北部国道管内函渠その1工事	2011/7			