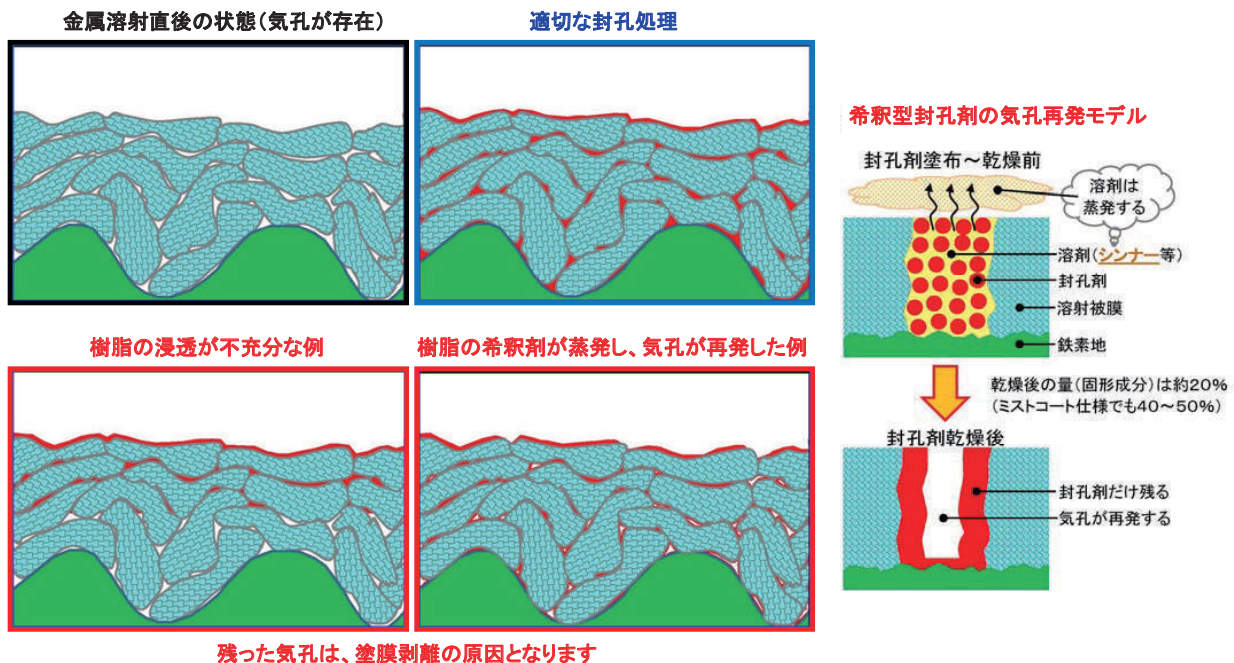


### 3. NETIS技術

NETIS登録No.TH-140010-A  
**金属溶射の塗装工程省力化工法 (SIC工法)**  
 Spraying with Inorganic Coating Corrosion Prevention  
 (腐食防止のための無機系コーティングによるスプレー)

#### 金属溶射とは？

- 金属溶射は、熔融亜鉛めっき同様の犠牲防食作用で鉄を守り、現場施工が可能です。金属溶射被膜には多数の孔(気孔)が存在するため、樹脂で孔埋め(封孔処理)を行い、塗装で仕上げます。



#### 「金属溶射の塗装工程省力化工法」(SIC工法)の特長

- 無溶剤1液型無機系封孔剤(SICシーラー)で封孔処理と塗装を行います。

工程ほか/工法		SIC工法	従来工法
防食下地		金属溶射	金属溶射
封孔処理 (1次封孔処理)		SICシーラー 希釈不要	希釈したエポキシ樹脂 (希釈型封孔剤)
塗装部	下塗	不要	エポキシ樹脂 120 μm
	中塗	不要	ふっ素樹脂 30 μm
	上塗 (2次封孔処理)	SICシーラー 40 μm	ふっ素樹脂 25 μm
工程数		金属溶射後2工程	金属溶射後4工程
環境	VOCの含有 (揮発性有機化合物)	なし	あり

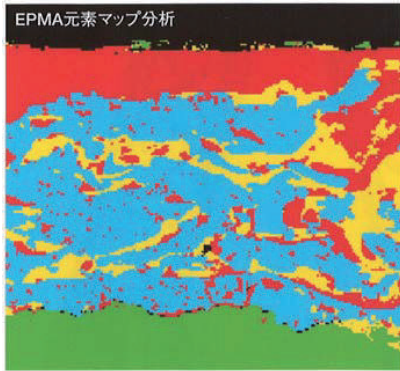
※( )内の工程は、SIC工法独自の表記です

固形成分が多く、揮発性有機化合物を含まず、浸透性の高いSICシーラーの特性を活かし、気孔の再発が無い適切な封孔処理と、耐候性のある上塗で仕上げる省力化工法です。

# SICシーラーの特性

## SICシーラーによる封孔処理＋塗装の元素マップ図

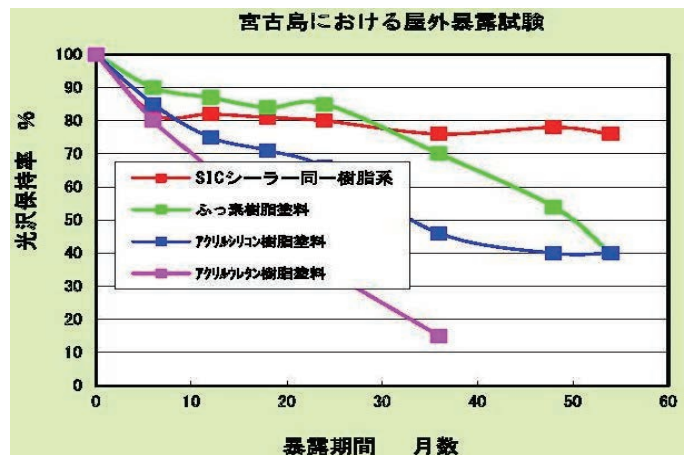
亜鉛・アルミニウム溶射被膜への封孔処理＋上塗のEPMA元素マップ



### 色の説明

- SICシーラー
- 亜鉛
- アルミニウム
- 鉄素地

● 亜鉛・● アルミニウム溶射の被膜内部にある気孔を●のSICシーラーが封孔し、鉄素地まで浸透。被膜上部に塗膜を形成する●と、気孔に浸透した樹脂が一体化し、塗膜剥離を防止します。



## SICシーラーの耐候性試験 →

耐紫外線性に優れた塗膜(上塗)を形成します。

※ 光沢の低下 → チョーキングの進行(劣化の始まり)

## 浸透性・硬度

グレード別の浸透性と硬度

SICシーラーのグレード	金属溶射被膜への浸透性	乾燥後の硬度
HS-100	200 μm	4~5H
HS-200	500 μm	3~4H

## 封孔性能の比較データ(固形成分の含有率)

※ 固形成分は、気孔の閉塞率に直結した値です。

封孔剤	原液固形成分	希釈材%	希釈材の量	固形成分【封孔率】
SICシーラー (HS-100クリアー色)	80.9%	不要	0	約80%
希釈したエポキシ樹脂 (ミストコート仕様)	68%	30~60% (比重0.86)	30% $100 \times 30\% \div 0.86 = 35$ 60% $100 \times 60\% \div 0.86 = 70$	30% $(68 \div (100 + 35)) \times 100 = 50\%$ 60% $(68 \div (100 + 70)) \times 100 = 40\%$

※ 上表の「希釈したエポキシ樹脂」は、顔料を含む固形成分であり、微細孔である気孔に顔料は浸透せず、クリアー成分のみが浸透することから、気孔の閉塞に関わる固形成分は上表の値より少なくなります。

## 耐紫外線性の比較データ

※ 塗膜の劣化に一番影響を与えるのは紫外線です。

塗料	主要な分子結合	分子の結合解離エネルギー	結合解離エネルギー相当の紫外線波長	紫外線波長 UVA: 315~380nm UVB: 280~315nm UVC: 280nm未満	紫外線による影響
SICシーラー	Si-O	431KJ/mol	278nm	UVCのレンジで分子が結合解離	UVCは通常地上に届かず、紫外線の影響を受けにくい
ふっ素樹脂	C-C	356KJ/mol	334nm	UVAのレンジで分子が結合解離	UVAは全紫外線量の99%を締め、結合解離~劣化する

# NETIS登録 No.TH-140010-A

## 施工イメージ



## 金属溶射の主な施工実績

発注者	受注形態	工 事 名	施 工 内 容
国土交通省	元請	豊石橋橋梁補修工事	支承30基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
国土交通省	下請	大石地区橋梁補強工事	支承39基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
国土交通省	下請	古廟地区橋梁補強工事	支承20基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
環境省	下請	平成24年度浄土ヶ浜集団施設地区海岸歩道等復旧工事	海岸遊歩道 494㎡ 7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	元請	一般国道107号真木沢橋伸縮装置交換等工事	支承18基 亜鉛7μm溶射+エポキシ樹脂
岩手県	元請	一般国道340号大渡橋耐震補強工事	支承14基 亜鉛7μm溶射+エポキシ樹脂
岩手県	元請	主要地方道一関北上線江雲橋耐震補強(上部工)工事	支承32基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	元請	主要地方道花巻衣川線新田橋耐震補強工事	支承16基 亜鉛溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	元請	一般国道455号袋野大橋耐震補強(上部工その1)工事	支承24基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	元請	一般国道455号三田市橋橋梁耐震補強・補修(上部工)工事	支承16基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般国道281号馬渡下の橋橋梁補修工事	支承12基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般国道106号平津戸第一橋塗装塗替工事	支承 8基 亜鉛溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般県道花巻零石線豊沢橋橋梁補修工事	支承 4基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般国道340号管波橋橋梁補修工事	支承20基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般県道江刺金ヶ崎線金ヶ崎橋橋梁補修(塗装)工事	支承14基 亜鉛溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般県道夏油温泉江釣子線夏油大橋橋梁補修工事	支承 8基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般国道281号鰻淵上の橋橋梁補修工事	支承 4基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般県道衣川水沢線笹森橋橋梁補修工事	支承16基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般国道397号漁止橋橋梁補修工事	支承 4基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般県道花巻和賀線下根子橋橋梁補修工事	支承16基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般県道石鳥谷花巻温泉線松林寺橋橋梁補修工事	支承12基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般県道宮古港磯鶏高架橋橋梁補修工事	支承 8基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般国道281号北鈴橋橋梁補修工事	支承10基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般国道107号田瀬大橋恒久対策工事	支承 4基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
岩手県	下請	一般国道340号馬場野橋ほか2橋橋梁補修工事	支承31基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
宮城県	元請	平成21年地創交5-5-003号敷玉橋橋梁補修工事	支承20基 亜鉛溶射+エポキシ樹脂
八戸市	下請	白銀・鮫間白銀B○ペイント塗替工事	支承14基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
花巻市	元・下	市道朝日橋線(朝日橋)橋梁補修工事	支承20基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
花巻市	下請	市道天王橋・志戸平線(天王橋)橋梁補修工事	支承 4基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤
NEXCO中日本	下請	亀山ハイウェイオアシス橋国道1号跨道橋TRC床版工事	床版360㎡ 型枠159㎡ 亜鉛7μm溶射
J R東日本	下請	宿戸・陸中野間災害応復旧(太平洋地震)桁架設工事	支承16基 亜鉛7μm溶射+無溶剤1液型無機系封孔剤

## お問い合わせ

### 株式会社 中央コーポレーション

□本社営業部

〒025-0003 岩手県花巻市東宮野目11-5

tel.0198-26-3033 fax.0198-26-3035

e-mail netis@m.e-chuoh.com

※ 技術資料のダウンロードは [www.e-chuoh.com](http://www.e-chuoh.com)

□東北営業所

〒982-0015 宮城県仙台市太白区南大野田3-1

第3エステート斎藤103号室

tel.022-346-8531 fax.022-346-8386

## 金属溶射の塗装工程省力化工法（S I C工法）の開発

(株)中央コーポレーション ○猪狩 達夫  
(株)中央コーポレーション 正会員 工博 新銀 武  
(株)中央コーポレーション 工博 高木 録郎

### 1. まえがき

先進諸国において、鉄の生産量に対し腐食による損失は1割程度と言われており、我が国の2013年の粗鋼生産額が約1億1千万tであることより、1製鉄所の年産額にも及ぶ年間1千万t強の鉄を損失していることになる。

図1 鋼橋の腐食状況



我が国は鉄の原材料を殆ど輸入に頼っていることから、腐食による損失を抑えることは経済的にも重要であり、また我々鋼構造物に携わる者としても、鋼道路橋の長寿命化を目指す上で重要な課題の1つといえる。

鋼構造物には耐候性鋼材、熔融亜鉛めっき、塗装、金属溶射など様々な防食法が採られているが、その金属溶射の従来工法に対して、耐久性、経済性等に優れた新しい工法開発を行ったので紹介する。

### 2. 金属溶射と開発した工法の概要

金属溶射の防食システムは、熔融亜鉛めっきと同様の犠牲防食作用を主としており、鉄に対して亜鉛やアルミニウムの電位差を利用し、異種金属間電池を形成して鉄を防食する。

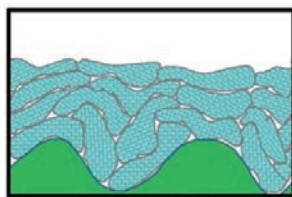
金属溶射は金属を溶かして圧縮空気を吹き付けることで、熔融した金属が微粒子となって飛行し、鉄素地に付着して瞬時に冷えて凝固させる工法であり、あたかもスプレーガンで塗装することより、鉄を熱変形させない、施工物の寸法に制限が無い、現場施工が可能である等の特長がある。

熔融金属粒子の積層被膜であることより、金属溶射の被膜内面はパンケーキ状のミクロン単位の粒子が重なり合った構造で、粒子間の隙間が被膜表面から鉄素地まで続くものがあり（貫通気孔）、被膜全体に10%前後存在する。この気孔を塞ぐ封孔処理が防食上重要であり、さらに意匠性や防食性能向上のため塗装が行われる。

図2 金属溶射の施工状況



図3 溶射被膜断面のイメージ



封孔処理 未処理

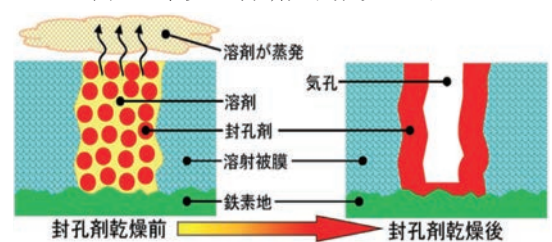
この気孔の封孔処理が不完全な場合、気孔に残存する空気、水分等による塗装塗膜の膨れ・割れ・剥離、溶射被膜損傷の早期化等、金属溶射の耐久性に大きく影響することがある。

従来は有機溶剤系塗料で封孔処理と塗装を行っていたが、紹介する工法は、無溶剤1液型無機系封孔剤を用いこれらの処理を行うことで、従来と比して、耐久性の向上、省工程、環境負荷の低減が期待出来る。

### 3. 封孔剤に求められる性能

封孔処理は、金属溶射被膜内の気孔を埋めることが最大の目的であり、よって封孔剤に求められる性能は、鉄素地まで達する浸透性と、固形分量を最大として気孔を完全に閉塞させる性能が備わっていることである。従来は有機溶剤系塗料をシンナー等の溶剤で希釈したものが封孔剤として用いられていたが、溶剤の蒸発によりその跡が再び気孔になることにより、気孔を完全に封孔することが困難であった。

図4 希釈型封孔剤の気孔発生モデル



キーワード 重防食, 金属溶射, 無機系樹脂

連絡先 (株)中央コーポレーション 岩手県花巻市東宮野目11番5号 tel 0198-26-3033

#### 4. 無溶剤 1 液型無機系封孔剤

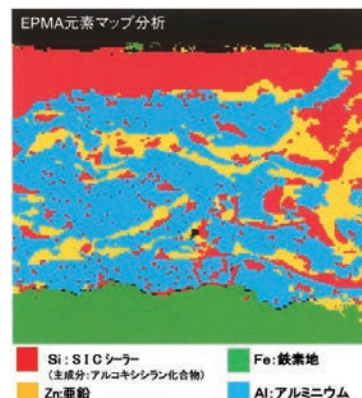
従来から広く使われる有機溶剤系の封孔剤は、溶剤の蒸発による封孔不完全という問題点があることより、当社では金属溶射事業の立ち上げ時から、新規に開発されていた無溶剤系の 1 液型無機系封孔剤を採用してきた。この無溶剤 1 液型無機系封孔剤は、硬化反応後 100%無機系樹脂となるので、紫外線による劣化は殆ど起こさず、耐候性を要求される上塗塗装にも使用可能である。

更に注目すべきは固形分の割合であり、希釈型有機系封孔剤の固形分量は 20%前後（ミストコート仕様では 40～50%とされる）に対し、無溶剤 1 液型無機系封孔剤は 80%以上の固形分量が得られている。

固形分量は、塗料の性能評価項目である加熱残分に該当し、液体で気孔を充填した際の硬化・乾燥後の固形残分であることより、気孔の閉塞率に直結した結果をもたらすので非常に重要な品質と言える。

この無溶剤 1 液型無機系封孔剤による封孔性は、金属溶射被膜断面を E P M A 元素マッピングすることにより、ブローホールのように密閉している気孔を除けば完全封孔していることが検証出来ている。

図5 E P M A 元素マップ



#### 5. 浸透性の改善

防食目的の金属溶射の被膜厚さは、一般的に100～150μm であるが、金属支承を現場施工した事例では、狭い作業空間、複雑な形状等が相成り、200μm 以上の被膜を形成する箇所が発生する。

図6 支承への金属溶射



上述既存製品の場合、浸透深さは 200μm 程度であり、鉄素地まで浸透しない恐れがあることより、封孔剤メーカーと共同して、より深く浸透する新製品の開発を取り進め、500μm 迄の封孔を可能にした。この製品も無溶剤 1 液型無機系であり、耐紫外線性・耐熱性・耐薬品性等の性能も既存製品と同等である。

#### 6. 新技術としての特徴

従来の金属溶射の塗装仕様は、C-5 塗装系の流れを組むもので、各層の役割や層間の密着性を考慮したため、金属溶射後 4 工程必要であり、工期も 4 日となる。

一方、今回紹介する SIC 工法の場合、従来同様の耐久年数であれば、金属溶射後最大 2 工程で完了でき、且つ素地調整も含め 1 日で工事を完了しうる。

#### 7. まとめ

本工法は、500μm の溶射被膜の完璧な封孔ができ、同時に上塗塗装も可能なSICシーラーを用いることにより、耐久性向上・省工程・工期短縮・低コスト・環境負荷の低減を実現させた工法であり、新規橋梁とともに既設橋梁の補修にも適用可能であることにより、既工法の改良版として、橋梁や土木鋼構造物の長期防食法として提案し、岩手県新技術等活用促進事業への登録から始まり、国土交通省 NETIS に申請し、登録された。

本工法を開発するにあたり、封孔剤の開発、施工技術面でご協力を頂いたSIC工法協会の日本電通(株)、(株)永照に謝意を表します。

表1 仕様の比較表

工程/工法	S I C工法	従来工法
防食下地	金属溶射	金属溶射
封孔処理 (1次封孔処理)	S I Cシーラー	希釈したエポキシ樹脂
下塗	不要	エポキシ樹脂
中塗	不要	ふっ素樹脂
上塗 (2次封孔処理)	S I Cシーラー	ふっ素樹脂
工程数	金属溶射後 2 工程	金属溶射後 4 工程

※ ( ) 内の工程は、S I C工法独自の表記。

## 4. 資格者一覧

分類	資格	人数	分類	資格	人数	
建設業法 技術検定	技術士	1	安全衛生教育	安全衛生教育 職長教育(建設業)	36	
	技術士補	5		安全衛生教育 職長・安全衛生責任者教育(建設業)	20	
	1級土木施工管理技士	36		安全衛生教育 建設現場管理者統括監理	1	
	2級土木施工管理技士	14		建設工事に従事する労働者に対する安全衛生教育	1	
	1級建築施工管理技士	5		安全衛生教育移動式クレーン定期自主検査者安全教育	4	
	2級建築施工管理技士	4		安全衛生教育 天井クレーン定期自主検査者安全教育	6	
	2級管工事施工管理技士	1		管理技術者に対する安全衛生教育	1	
	2級(第1・2種)建設機械施工技士	1		職業能力開発促進法	2級型枠施工技能士	1
	2級造園施工管理技士	1	1級構造物鉄工・製罐		13	
建築士法	2級建築士	6	2級構造物鉄工		26	
	免許関係	宅地建物取引主任者	1		2級建築塗装	1
第1種衛生管理者		2	溶射技能士		1	
ガス溶接作業主任者		6	WES8103 非破壊検査		International Welding Engineer	1
危険物取扱者		9			特別級WES	1
クレーン運転士		4			1級WES	4
第2種電気工事士		1		2級WES	6	
鉄骨製作管理技術者登録機構		鉄骨製作管理技術者		4	超音波検査・レベル3	1
	技能講習 作業主任者	プレス作業主任者		4	超音波検査・レベル2	2
第2種酸素欠乏危険作業主任者		3		超音波検査・レベル1	4	
有機溶剤作業主任者		6		浸透深傷・レベル2	1	
地山の掘削・土止支保工作業主任者		5	浸透深傷・レベル1	2		
型枠支保工作業主任者		1	溶接資格	アーク溶接 A-2F N-2F	40	
足場の組立作業主任者		13		ステンレス溶接 CN-F CN-V TN-F MA-F	10	
施工管理者等のための足場点検実務者研修		13		半自動溶接 SA-2F SA-2FV SA-2FH SA-2FP SN-2F SN-2FH SA-3F SA-3FH SN-3F SN-3FV SN-3FO	46	
ずい道等の掘削・覆工		2		アルミニウム溶接 TN-2F MN-2F	8	
鉄骨の組立作業主任者		5		スタッド溶接・A級	2	
建築物等の鉄骨の組立等作業主任者		5		すみ肉溶接	13	
建築物等の鉄骨の組立等作業主任者		5		(一社)日本鉄道施設協会	JR工事管理者(在)	11
鋼橋架設等作業主任者		8			JR工事管理者(幹)	12
技能講習 就業制限業務		ガス溶接技能講習	72	東北総合通信局	無線従事者(第3級陸上特殊無線技士)	5
	玉掛技能講習	89	(社)日本鋼構造協会・建築鉄骨	建築鉄骨製品検査技術者 認定登録証	3	
	フォークリフト運転技能講習	33	品質管理機構認定資格	建築高力ボルト接合管理技術者 認定登録証	1	
	小型移動式クレーン運転技能講習	36	溶融亜鉛めっき高力ボルト技術協会	技術者資格者証・技能資格者証	7	
	床上操作式クレーン運転技能講習	63	(一社)日本建築 あと施工アンカー協会	あと施工アンカー施工士・第1種	6	
	車両系建設機械運転技能講習	4		あと施工アンカー施工士・第2種	2	
	高所作業運転技能講習	18		あと施工アンカー技術管理士	1	
	技能講習 その他	給水装置工事配管技能者	1	(社)河川ポンプ施設 技術協会	1級ポンプ施設管理技術者	2
配水管技能者登録証		1		2級ポンプ施設管理技術者	1	
特別教育	自由研削砥石取替特別教育	57	(一社)日本溶射学会	溶射管理士(防食)	2	
	アーク溶接特別教育	77	(社)建設コンサルタンツ協会	シビルコンサルティングマネージャ(RCCM)	1	
	第59条第3項 クレーン運転業務	4	日本ビュー・エンジニアリング協会	VEリーダー	1	
	酸素欠乏危険作業	2	日本コンクリート 工学会	コンクリート診断士 登録者	1	
	低圧電気取扱作業者特別教育	11		コンクリート技士 登録者	2	
	動力プレス金型等の取付等業務	5	建設業振興基金	2級建設業経理士	8	
	粉じん作業特別教育	32	(一社)日本橋梁建設協会	登録橋梁基幹技能者	2	
	2m以上10m未満(高さ限定)高所作業車特別教育	10				
	ゴンドラ取扱特別教育	6				
	チェーンソー以外の振動工具の取扱業務	4				
	専門工事業安全管理担当者研修	1				
	ZRC工法講習会	2				
	車両系建設機械(整地・運転)	1				

2015.10.10現在