

## 鋼構造物ケレン・塗装装置の開発

後久 卓哉\* 西尾 仁\*\* 大矢 和久\*  
遠藤 健\*\* 門脇 亮\*\*

**要約：** 鋼構造物はの多くは腐食を防ぐため、メッキや塗装を施している。塗装は、紫外線や風雨により経年劣化し、塗装の割れや膨れがおこり錆が発生する。そのため、状況により補修塗装が必要となり、従来は足場やゴンドラを仮設し、人力により電動工具等を用いた旧塗膜のケレン後、補修塗装を行っている。

ケレン作業は、作業員が工具を把持して上下左右に移動させての作業で、重労働であり、ケレン後の塗膜片にまみれた悪環境での作業である。工費は仮設費と人件費が主であり、人間の作業能力から工期短縮やコストダウンを図ることが難しく、ケレン及び塗装の生産性や品質、安全性の向上を図る自動化装置の検討を行った。

その結果、鋼構造物周囲の付帯設備を越えて搬入する必要があること、また今まで開発を行った装置で対応していない塗膜のケレン作業を行うため、在来の装置改良では適用が難しく、新たなコンセプトのもとに装置を開発し屋内での実験を行った。

**キーワード：** 鋼構造物ケレン、ローラ塗装、補修塗装

**目次：** 1.はじめに  
2.開発の目的  
3.模擬壁面  
4.ケレン装置

5.塗装装置  
6.横行装置  
7.開発評価  
8.終わりに

### 1. はじめに

これまでに、コンクリート構造物への高圧洗浄作業や塗装作業を行う装置の開発を行ってきた。それらの装置は、実際に現場適用し施工実績をあげている<sup>1)</sup>。これまでも、鋼構造物への装置の対応が望まれていたが、市場の多い補修塗装では、塗装の前工程である素地調整（ケレン作業）に対応することが出来なかった。ケレン作業は、人力で行うのが一般的で、大面積のケレン作業は、単純な作業の連続であるが、電動工具を持ち上げた腕を常に保持した状態が続くため、非常に過酷な作業である。

また、塗装に関しては、今までスプレーガンの中では塗着効率の高い超低圧温風塗装機を用いて現場適用していたが、環境問題に対する関心の高まりから、スプレーガン使用禁止の現場も出てきている。そこで、塗装用具の中で、比較的機械化を図りやすいと思われるローラ塗装機の自動化に着手した。

今回、鋼構造物のケレン・塗装装置を開発するにあたり、鋼構造物の保守・管理を数多く行っている日石菱油エングリア(株)と共同で行うことで、実際の鋼構造物での作業における様々な条件やデータ等の提供を受け、効率的な開発を行うこととした。

### 2. 開発条件

ケレン及び塗装装置を新規に開発するにあたり、現場状況を念頭においた開発条件を設定した。

1) 鋼構造物周辺に壁や配管が存在するため、手搬入

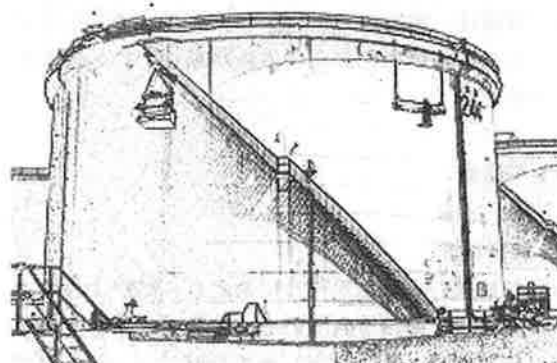


図1 作業イメージ

が可能なこと

- 2) ケレンは、3種ケレンが可能なこと
- 3) 容易に仮設が行えること
- 4) 周辺環境に影響を与えないこと
- 5) 在来の施工速度を上回ること
- 6) 安全であること
- 7) 汎用性があること
- 8) 操作が容易であること
- 9) 経済的であること

これらの条件を満たした装置の開発を行うにあたり、屋内において要素実験および試作機による実験を行った。

### 3. 模擬壁面

基礎実験及び試作機の実験を行うことを目的として、

表1 模擬壁面仕様

項目	寸法・仕様
寸法形状	W3,070×H1,535×t16 (mm) 曲率半径約11.8m
塗装	下塗り：変性珪砂塗料、乾燥膜厚 50μm、1回塗り 上塗り：ポリウレタン樹脂塗料、乾燥膜厚 70μm、2回塗り

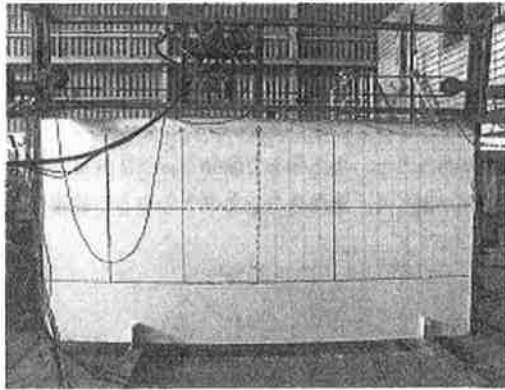


写真1 鋼製模擬壁面

模擬壁面を製作した(写真1, 表1)。模擬壁面は鋼構造物仕様の塗装を施し、屋内に設置した。実際にケレンを行う壁面は、塗装後 10~20 年が経過し劣化しているが、大面積の塗膜劣化促進の手段が無く、この壁面を用いて実験することとした。

#### 4. ケレン装置

##### 4.1 試作1号機

###### 4.1.1 装置概要

ケレン装置の自動化を行うにあたり、試作1号機として、在来工法で使用されている、工具を使用した自動化装置の開発を行った。使用した工具は、ジェットタガネと呼ばれる物である。ジェットタガネのケレン原理は、φ4mm程度の複数の鉄芯が圧縮空気により振動し、壁面に接触させる事で鋼材上の塗膜を剥離する。試作1号機はこのエアタガネを、同一円周上に3台均等に配置し回転させながら横送りし、ケレンを行う装置である(写真2、表3)。

###### 4.1.2 実験結果

試作1号機で実験した結果を表3に示す。実験は、鋼製模擬壁面の塗装4日後に行ったため、塗装膜に弾力があり、実際にケレン作業を行う塗装後 10~20 年経過した塗膜と比較しケレンが困難だった。また、装置動作に無駄があり、作業面積の27%の塗膜が壁面に残った(写真3)。

ジェットタガネは鉄芯を鋼板に打ち付けるため、騒音が発生する。作業時の騒音と人力作業の能力を、ジェットタガネ、電動サンダ、皮スキと比較した。表2に示す

表2 作業能力と騒音比較

ツール種類	ケレン面積 (cm <sup>2</sup> )	所要時間 (min)	作業能力 (m <sup>2</sup> /h)	騒音 4m地点 (dB A)
試作1号機 (機械)	3,280	22	0.89	96.0
ジェットタガネ大 (人力)	100	0.43	1.4	87.4
ジェットタガネ中 (人力)	100	0.92	0.65	85.3
電動サンダ (人力)	300	0.75	2.4	87.3
皮スキ (人力)	100	1.17	0.51	-

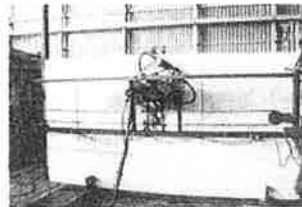


写真2 試作1号機

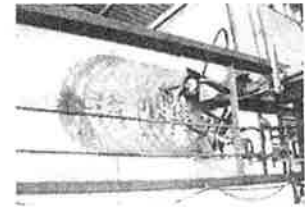


写真3 ケレン状況

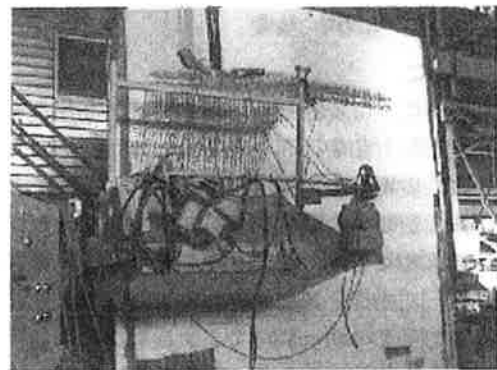


写真6 試作2号機実験状況

ように今回の実験ではケレン装置はジェットタガネを3台搭載しているにも関わらず、ジェットタガネ1台による人力作業と比較して作業能力が下回った。これはエアコンプレッサの空気供給量不足のためであり(供給量 1.0 5m<sup>3</sup>/minが必要なところ、実際にはその60%にあたる0.63 m<sup>3</sup>/min)、メーカーによると仕事量は供給不足量以上の60%以下になるとのことである。よって十分なエア供給を行えば、作業能力は少なくとも1.7倍に向上することが期待できる。しかし、作業量に対するエネルギー効率が悪いことや、付帯設備が大きくなってしまふことから、他方式のケレン装置を検討することとした。

##### 4.2 試作2号機

###### 4.2.1 装置概要

均一に効率よくケレン作業が行えるものとして、チェーンを壁面に接触させる事で、塗膜を剥離する方法を考えた。チェーンは、φ8mmサイズを用い、一本のシャフト

表3 試作機仕様

項目	試作1号機	試作2号機	試作3号機
外形寸法	W2,750×H645×D1,460(mm)	W1,050×H350×D800 (mm)	W550×H480×D630 (mm)
重量	130kg	180 kg	142 kg
横移動モータ	100W (100V 単相モータ)		
チェーン回転モータ	3相 200V、1.5kw (インバータ制御)		
壁面移動ウインチ	ペビ-ホスト (400WDCモータ) × 2台		
ケレン能力	0.89 m <sup>3</sup> /h	5.0 m <sup>3</sup> /h	8.0 m <sup>3</sup> /h



写真4 試作2号機機構

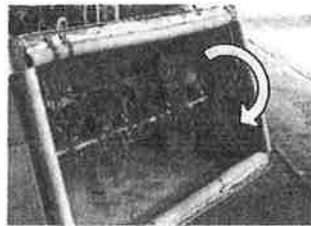


写真5 チェーン取付状況



写真7 試作3号機

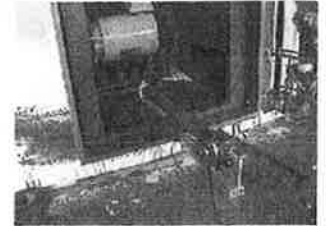


写真8 チェーン押出し装置

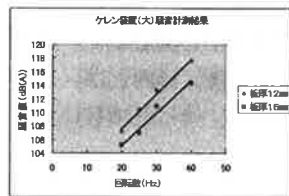


図2 試作2号機騒音値

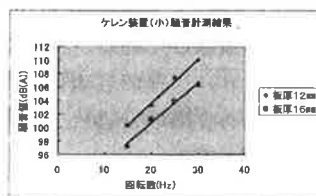


図3 試作3号機騒音値

表4 塗装装置仕様

項目	寸法・仕様
外形寸法	W380×H1550×D400 (mm)
重量	28 kg
ローラ上下移動モータ	3相 100V、90w (インバータ制御)
壁面移送ウインチ	ペビ-ホスト (400WDCモータ) × 1台
ローラ幅	390 mm

に対し一列当たり10本、90度ずつ合計40本取り付け付けた。このチェーンを取り付けたシャフトを回転させケレン作業を行う(表3、写真4、5)。壁面上の移動は、2台のウインチにより行う方式である。

#### 4.2.2 実験結果

実験の結果作業能力は5 m<sup>3</sup>/hであった。ケレンは試作1号機の方式に比べ均一に行うことが出来た(写真6)。しかし、チェーンを鋼製の壁面に接触させるため、大きな音が発生した。実験時の騒音測定結果を図2に示す。騒音レベルは、シャフトの回転数及び板厚に比例して大きくなる傾向が見られる。実験は、屋内で行っており音が反響していること、また模擬壁面には厚いもので板厚16 mmの鋼板を使用しているが、実際の構造物では、最下部で板厚が32 mm程度あるため、騒音レベルに関しては、室内実験より下回ると思われる。

#### 4.3 試作3号機

##### 4.3.1 装置概要

試作2号機により、チェーン回転方式で、塗膜のケレンを行えることが確認できた。しかし、2.項の開発条件に挙げられている手搬入が可能な重量以上である。そのため、外部での実験を想定し、試作3号機を開発した(表3)。ケレンの方式はチェーン回転方式であり、試作2号機と同様だが全体をコンパクトにまとめた。チェーンはφ6 mmサイズに変更し、チェーンの密度を試作2号機の4倍とした。また、チェーンと壁面の接触幅を調整が可能な機構も付加した(写真7、8)。壁面上の移

動は、試作2号機同様2台のウインチにより行う。

#### 4.3.2 実験結果

実験の結果、ケレンの能力は、試作2号機に比べ1.6倍の8 m<sup>3</sup>/hとなり、また騒音レベルも若干ではあるが減少した(図3)。騒音レベル減少の要因として、チェーンの径が細くなったこと、チェーンを取り付けたシャフトの長さが半分になり、チェーンが鋼板に接触する面積が少なくなったことが挙げられる。

#### 5. 塗装装置

塗装装置は、これまでにスプレーガンの中では塗着効率の高い超低圧温風塗装機\*1を用いて開発を行ってきた。しかし、近年世間の環境に対する意識の向上により、吹付塗装では、塗料ミストの飛散養生を行うが、飛散をゼロに押さえることが出来ないことから、屋外での吹付塗装機の使用を禁止する現場も見られる。

このような状況をふまえ、塗料が飛散しないローラー方式での塗装装置の開発に着手した。

##### 5.1 装置概要

ローラー式塗装装置は、消耗品であるローラー部には、市販品の内部から塗料が染み出す方式の物を用いた。塗料は、装置本体に一斗缶を直接積み込み、塗料缶本体に取り付けたスクイズポンプによりローラー部へと供給する(写真9、10)。ローラー部はガイドレール上をギヤードモータにより上下し、自動モードでは上下動作を繰り返す。塗料の供給量は、ポンプのモータ回転数を調整して行う。本装置は、軽量であり1人で十分運搬が可能

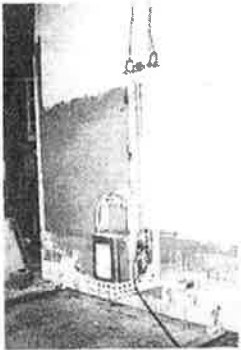


写真9 ローラー式塗装装置



写真10 ローラー部

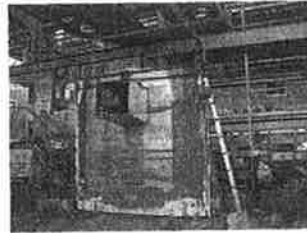


写真11 ケレン用横行装置

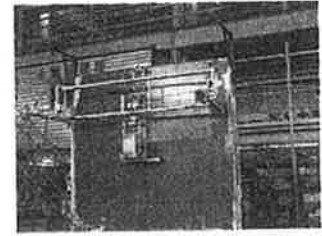


写真12 塗装用横行装置

なものとした。装置の仕様を表4に示す。

### 5.2 実験結果

実験は、ローラー式塗装装置を天井クレーンにより吊り下げ、横方向に移動させ行った。使用した塗料は、変成エポキシ樹脂系塗料及びポリウレタン樹脂系塗料である。模擬壁面において、6.67 m<sup>2</sup> (横 2.9m×縦 2.3m) の塗装を行ったところ、92.4 m<sup>3</sup>/hの施工速度であった。ゴンドラを使用した在来工法では調査結果から、150 m<sup>3</sup>/hの施工速度で塗装を行っており、在来工法に比べ 62%の能力である。塗装の品質は、人力によるローラ塗装と同程度である。

### 6. 横行装置

前項までの通り、ケレン及び塗装装置は作業を行うツールとしての、方向性が固まった。しかし、実験で使用している2台のウインチによるV字形吊り下げ方式では、高さ20m以上の構造物壁面上では、本体が左右に揺れる位置決めが困難であり、安定した無駄のない作業を行う事が出来ないと思われる。また、施工速度を向上させ

る上でも、2m程度の横送り装置は必要となる。そこで、本体を安定して移動させ、効率の良い作業を行うためにケレン及び塗装装置それぞれに横行装置を開発した(写真11,12)。

### 7. 開発評価

本開発の最終成果は、2. 項の開発条件を満足しなければならない。今回報告した屋内実験では、ケレン作業方式から模索しており、現状で開発条件を満たしている項は、2. 6)、7)の2項目である。今後、屋内とは、条件の異なる実際のフィールドで実験を行い、残った項目について検証を行う。

### 8. 終わりに

本開発は、これまでに研究開発を行ってきた壁面作業装置で得られたノウハウを生かし、ケレン・塗装装置の研究開発を行っている。今回は新たに鋼構造物の補修塗装分野に着眼して開発を行っているが、補修塗装は構造物の機能維持のため必ず行われ、その市場規模は大きく開発の意義はとても大きい。今後は、屋内実験で開発された装置を、実際のフィールドに持ち込み、早期実用化に向け実験施工を行う予定である。

### 参考文献

- 1)後久卓哉,光永純一他2名,壁面施工自動化技術の開発(壁面作業用)の沖縄石川石炭の補修工事への適用),東急建設技術研究所報,No25, pp.135-142,1999
- 2)後久卓哉,坂本浩一他2名,壁面塗装用(壁面塗装での現場適用事例),第7回建設用ロボット・システム論文集,pp.247-252,1998

## Development of the Paint Scraping Device and the Painting Device for Steel Structures

T.Gokyyu, H.Nishio, K.Ooya, K.Endou, R.Kadowaki

A steel structure thing gives plating and a coating to prevent corrosion in nature. It deteriorates by the ultraviolet rays and wind and rain in the sutra age, and rust occurs in the coating. A repair coating is necessary by the conditions. A foothold and a gondola are built temporarily so far, and a repair coating is being done by the human power. Paint scraping work is heavy labor, and it is work in the bad environment. The examination of an automation device to work for Paint scrap, the productivity of the coating and the improvement in the quality and the safety was done.

Application is difficult as that result by the improvement of the device which did development till now. It went under the new concept the development of the device .