

U. D. C 620.197.6 667.69.691

鋼構造物ケレン・塗装装置の開発（その2）

後久 卓哉* 西尾 仁** 大矢 和久**
遠藤 健* 門脇 亮**

要約： 前報では、鋼構造物のケレンおよび塗装を行う装置の開発状況と、屋内基礎実験について報告した。

本報では、基礎実験をもとに設定した開発条件と、開発した装置による実際の石油タンクにおける2回のフィールド実験の結果、および実験の結果を受けて行った装置の改良についても報告する。

フィールド実験は、補修塗装時のケレンおよび塗装に関してフローティングルーフトタイプ2万5千KL級（実験時休止中）の一部約100㎡と、コーンルーフトタイプ1万5千KL級（稼動中）の一部150㎡を対象に、いずれも障害物の無い平滑面で行った。施工能力（作業性）、施工品質、周辺環境への影響の3項目について計測し、いずれも在来施工を上回る評価を得られた。

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 | 5. 第2回フィールド実験 |
| 2. 開発条件 | 6. 終わりに |
| 3. 第1回フィールド実験 | |
| 4. 第1回実験後装置改良 | |

1. はじめに

前報では、おもに屋内においてケレンおよび塗装装置の作業方式の検討や、移動機構などの基礎的な実験結果について述べた¹⁾。平成13年度以降は、前年度の成果を屋外フィールドで実験（写真1）し、在来工法に対し優位性のある機械化工法として早期実用化を目指し、開発を進めている。

本報では、基礎実験結果をもとに設定した開発条件と、在来工法による施工データおよび、2回のフィールド実験結果、1回目の実験結果を基に行った装置改良について報告する。

なお、本研究は平成12年度より、鋼構造物のケレン・塗装装置の開発を、鋼構造物の保守・管理を数多く行っている新日石エンジニアリング㈱と共同で行っている。

2. 開発条件

ケレン及び塗装装置開発を行うにあたり、以下の現場作業状況に即した開発条件を設定した。

- 1) 石油タンクの付属物は、在来工法で作業を行うこと。機械化施工率を高めるため、付属物周囲の在来工法施工範囲を極力少なくすること
- 2) ケレン作業（錆止め1層の塗装を含む）の能力は、在来工法の10㎡/h以上であること
- 3) ケレン作業時の騒音は、敷地境界で85dB(A)以下であること
- 4) ケレン程度は、3種ケレン以上を満足すること²⁾



写真1 フィールド実験状況

- 5) 塗装作業の能力は、在来工法の50㎡/h以上であること
- 6) 塗装品質（目視）は、在来工法と同等以上であること
- 7) 塗装膜厚は、指定された膜厚以上かつ極端に厚く塗られていないこと
- 8) 装置の盛替えは、在来工法のゴンドラ盛替え時間と同等以下であること
- 9) 周辺環境に影響を与えないこと
- 10) 在来工法に比べ安価であること

この設定条件を満たすことを目標に、ケレン装置、塗装装置、横行装置の全体システムを構成し（図1）、表1に示すプロトタイプ1を製作した。

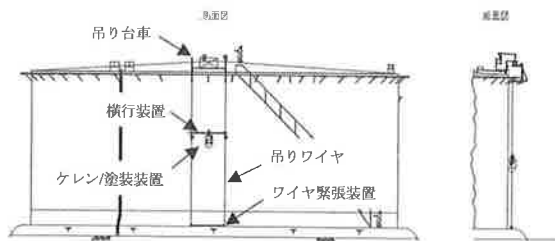


図1 システム構成

表1 第1回実験タンク仕様

項目	仕様
形式	FRT
容量	25,800KL
寸法	Dr :44,500 mm×H:18,140 mm
油種	実験時休止中

表2 第1回実験使用機材一覧

品名	仕様・寸法	備考
ケレン装置	ロータリ回転出力 1kw 壁面移動用インチ 0.6kw×2 W550×H480×D630 (mm)	質量 142 kg
塗装装置 塗料圧送ロータリ方式	動力 0.1kw 壁面移動用インチ 0.6kw×2 W380×H1550×D400 (mm)	質量 21 kg (塗料を除く)
横行装置 (ケレン装置用)	動力 0.1kw W3,200×H1,200×D800 (mm) ストローク: 2,800 (mm)	質量 80 kg
横行装置 (塗装装置用)	動力 0.1kw W2,400×H800×D800 (mm) ストローク: 2,800 (mm)	質量 80 kg
総合制御盤	W2,000×H1,300×D500 (mm)	質量 250 kg
膜厚計	WTG-3	ウエット
騒音計	NA29 (RION製)	

3. 第1回フィールド実験

第1回目の実験目的を、ケレンの程度の検証と騒音、塗装品質が開発目標を満足するかの確認とした。

3.1 実験タンク仕様

石油タンクは、大きく分けて2つの屋根タイプがある。

一つは、精製後の製品を保管する固定屋根（コーンルーフ）、もう一つは原油などを保管する浮き屋根（フローティングルーフ）である。第1回目の実験では、最終塗装後10年以上経過した、休止中のフローティングルーフタイプのタンクを用いて実験を行った（表1）。

3.2 使用機材

本実験では表2の、ケレン装置、塗装装置、横行装置を使用した。

3.3 第1回実験結果

3.3.1 ケレン装置作業範囲

ケレンは、ウインドガータ下部より2,700mm、マウンド上端から500mmまで作業が可能であった。

上部に関しては、壁面からワイヤ吊り点の離隔距離が200mmに対し、ケレン用横行装置の壁面からの吊り点離隔距離が452mmあり、ウインドガータ下部から2,700mmの

表3 ケレン作業手順と能力

動作移動手順	作業能力
横行装置上を左右一往復ケレン後、横行装置の右端部で常に上昇（ケレン装置本体水平）	11.2 m ² /h
横行装置上を右→左、又は左→右に移動後、横行装置左右それぞれの端部で上昇（ケレン装置本体水平）写真2	9.0 m ² /h
横行装置上を右→左、又は左→右に移動後、横行装置左右それぞれの端部で下降（ケレン装置本体20度傾斜）写真3	16.3 m ² /h



写真2 ケレン作業状況



写真3 装置傾斜取付



写真4 ケレン後状況



写真5 溶接線部状況

箇所では、吊り角度が約4度となった。吊り角度が大きくなると壁面に対するケレン装置押付け力が強くなり、装置上昇が不可能となった。

壁面に装置が過度に押付けられると、ケレン用チェーン回転モータおよび、横行用モータに過負荷がかかり、作業能力が低下すると共にモータ故障の原因になる。

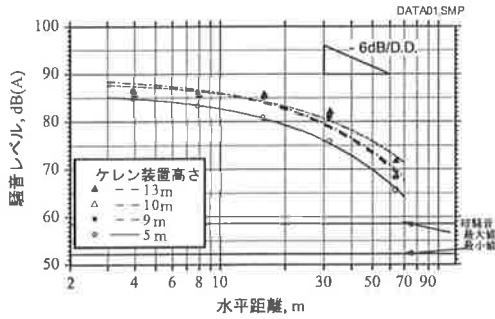
今回は、ゴンドラ同様ウインドガータ上の水抜き穴を利用して吊り下げたため、吊りワイヤ上端部の壁面からの離隔距離が固定となった。しかし水抜き穴は、一定の間隔では無く、またすべてのタンクに水抜き穴が設置されていないことから、装置盛替え時の位置調整を短時間時に行うためにも、吊り下げ方式は、水抜き穴に依存しない方式を考える必要がある。

3.3.2 ケレン作業能力

ケレン作業は、3パターンの装置移動手順で行った。それぞれの移動手順における、ケレン作業能力を表3に示す。

ケレン装置を左右に一往復させると、一様なケレンが可能だが能力に劣る。そこで横移動を片道にしたところ、ケレンにムラが発生したため、横行速度を遅くして対応した。その結果、一往復のパターンより能力が劣る結果となった。

さらに、ケレン装置を20度傾斜取付けし、実験を行っ



(測定条件 回転周波数:30Hz, チェーン出代:60mm)

図2 騒音計測データ

たところ、横行時のケレン作業幅が広くとれ、ケレンムラもなく、作業能力は実験中で最も良好であった。

3.3.3 ケレンの程度

ケレン作業は活膜部分から、劣化して剥離しかけている箇所まで、一様に作業を行った。

ケレン後の壁面の状況をゴンドラにより確認した。チェーン回転方式のケレン装置で作業を行ったため、従来のサンダを使用したケレンとは、アンカーパターン（ケレン作業跡）が異なり、評価は難しいが、ケレンの程度は3種から2種の間であると判断した（写真4）。開発目標は3種ケレンであり開発条件は満足したが、ケレンに一部ムラがあるため、装置の壁面にならう機構の改良が必要である。

また、溶接線部に関しても、写真5の通り問題なくケレンを行うことが出来た。

3.3.4 騒音

ケレン作業中に、騒音値の測定を行った。測定は、装置の高さ、チェーン回転数、壁面へのチェーン当たり代を変更して、タンク壁面から4、8、16、32、64m離れた5カ所で行った。

測定により得られたデータ（図2）を基に騒音測定結果を評価する。

図2は水平距離とケレン装置の高さによる騒音レベルの変化を示したものである。ケレン装置直近（4m）では85dB(A)であるが、離隔距離32mではおよそ80dB(A)、64mではおよそ65~70dB(A)まで下がった。装置の位置が高いほど騒音値が高くなるのは、タンクの板厚の影響と考えられる。これは、屋内実験でのデータ¹⁾と同様の結果であった。最も近接した敷地境界での騒音値は、暗騒音と同じレベルであり、開発条件を満たしているが、ケレン装置の背面に蓋を取付け、チェーンの径を小さくするなど改良を施し、さらなる騒音の低減を目指す必要がある。

3.3.5 塗装装置壁面作業範囲

塗装時の移動範囲は、ウインドガータ下部より2,500mm)、マウンド上端から500mmまで作業可能であった。

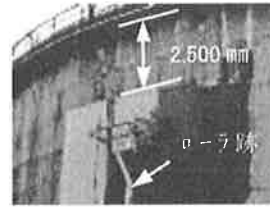


写真6 塗装上限

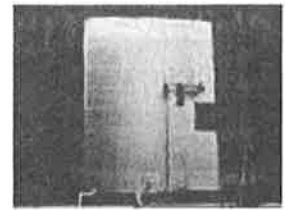


写真7 塗装状況

表4 塗装仕様

工程	塗料名	塗装膜厚
下塗り1	ズボイド下塗り (赤錆色)	35 μm
下塗り2	ズボイド下塗り (緑色)	35 μm
中塗り	アルミニウムMP	30 μm
上塗り	アルミニウムMP	30 μm

表5 塗装作業能力

作業条件	作業能力 (平均)
下塗り1、下塗り2、中塗り	82.4 m ² /h
上塗り	68.4 m ² /h

ケレン装置同様、吊りワイヤの角度により壁面に対する塗装装置押付け力が強くなることで、塗装ローラ上昇・下降用モータに過負荷がかかり、ローラ上下動作が不能となった。また、壁面にローラが接触し装置を上昇させるため、上昇中のローラ軌跡が残る。上方での一部分の塗装を行う場合、接触跡が残る。

吊り下げ方式に関しては、ケレン装置と同じであるため、同様の問題が生じており、水抜き穴に依存しない方式を考える必要があるが、塗装装置では塗装開始位置までの上昇時、塗装ローラを壁面に接触させず上昇する必要もある。

塗装用横行装置は上昇下降用にウインチを使用した。ウインチの場合、毎回の盛替え時ワイヤを、地上まで降ろし、次の穴へ引き上げる必要がある。盛替え時間短縮のためには、ケレン装置用横行装置と同様にワインダ方式にする必要がある。

3.3.6 塗装仕様

実験時の塗装仕様を表4に示す。この仕様は、実験に使用したタンクの既存の塗装仕様と同様である。

3.3.7 塗装作業能力

塗装は、ローラ塗装装置を用い、表4の塗装仕様に基づき作業を行った。今回の実験では、作業手順をすべて同一で行ったため、能力は装置本体の調整状況と塗料の違いにより数値が異なった。表5に条件別による塗装作業能力を示す。上塗りにおいて作業能力が低下しているが、最終仕上げであるため塗装ムラを無くし、既存の塗装との境界の仕上げに時間を要したことが原因である。

3.3.8 塗装品質

塗装後（下塗り1）の壁面の状況を確認した。地上からの目視においては、ムラ無く塗装が行えており、在来と同程度である。



写真8 下塗り1完了

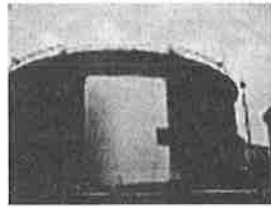


写真9 上塗り完了

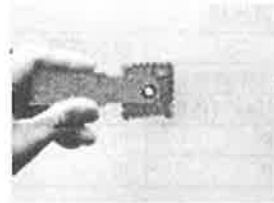


写真10 膜厚計測



写真11 膜厚50μm

表6 改良項目

装置名	項目
ケレン装置	<ul style="list-style-type: none"> ・小径チェーンの適用 ・駆動モータ仕様再検討 ・装置四隅に接触ローラー取付 ・ケレングスト回収袋取付 ・背面蓋取り付け ・チェーン回転ドラム押し機構 ・軽量化(組立方式)
塗装装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ローラー取付部改良 ・ローラー押付けストローク増 ・ローラー上下用モータ仕様再検討
横行装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ケレン塗装共用タイプ製作
上部吊り金具	<ul style="list-style-type: none"> ・ウインドガータ用吊り金具製作

しかし、中塗り（アルミニウムペイント）においては、塗りムラが目視ではっきりと見える塗装面となった。しかし、上塗りにより中塗りの塗装ムラをカバーする事ができた。共同研究先実験担当者によると、白、銀色の中塗り塗装に関しては、在来工法においても装置同様塗装ムラが出るとのことである。よって、ローラ式塗装装置の性能は、開発条件を満足していると判断した。各層の塗装完了状況の写真を写真7~9に示す。

3.3.9 塗装膜厚

塗装を行う際には、あらかじめ塗装面積に対し使用する塗料数量が計算可能ため、使用する塗料を計量し、塗装装置に積込み作業を行った。塗装後には、各層の膜厚をウエット状態で計測した。ウエット膜厚計 50μm のゲージに塗料が付着している状態を確認することで、表4の塗装仕様による指定膜厚が得られていること確認した。

(写真10、11)

3.3.10 第1回実験まとめ

第1回実験では、2項の開発条件のうち2)~7)を満足する結果が得られた。しかし、各作業能力は装置の改良を行うことで、さらに向上の可能性があり、機械化施工の優位性を高める必要がある。

表7 第2回実験タンク仕様

項目	仕様
形式	CRT
容量	14,709KL
寸法	Dr18,415 :mm×H15,215:mm
油種	R-LGO

表8 使用機材

品名	仕様・寸法	備考
ケレン装置	チェーン回転モータ 3相 200V 1.5kw W700×H790×D900 (mm)	質量 140 kg (分割 50 kg)
塗装装置	ローラ移動モータ AC100V 0.2 kw W380×H1550×D400 (mm)	質量 30 kg
横行装置	リフト 3相 200V 0.5kw×2 横行用モータ 3相 200V 90w W3800×H800×D400 (mm)	質量 115 kg
装置吊り装置	W900×H1500×D1700 (mm)	質量 460 kg
制御盤	W600×H590×D200 (mm)	質量 50 kg
膜厚計	WTG-3	ウエット
膜厚計	ホジテカ 1500 (Kett製)	ドライ
騒音計	NA29 (RION製)	

4. 第1回実験後装置改良

第1回実験の結果を受け、装置の改良を行った。改良項目を表6に示す。改良点は、ケレン及び塗装装置を横移動する横行装置を、共通化し、ケレン用のチェーンをφ4mmタイプに変更した。塗装装置は、壁面へのならいが良くし、作業後の洗浄を簡単に行える取付け方式に変更した。改良後は屋内での実験を行い、第2回実験に備えた。

5. 第2回フィールド実験

第2回実験は、平成13年11月に行った。第1回実験異なる条件は、屋根タイプが、コーンルーフ(固定屋根)であること、稼働中のタンクであることの2項目である。条件が異なることにより新たに屋根上に設置する装置吊り台車を開発し実験に望んだ。

実験では、装置改良を行った項目の効果について計測を行った。

5.1 実験タンク仕様

実験に使用したタンクの仕様を表7に示す。今回の実験は、稼働中のタンクで行った。内容物はLGO(Light Gas Oil)である。LGOは、脱硫前の軽油で半製品状態を一時保管しているため、実験中にもタンクの内容量は増減していた。

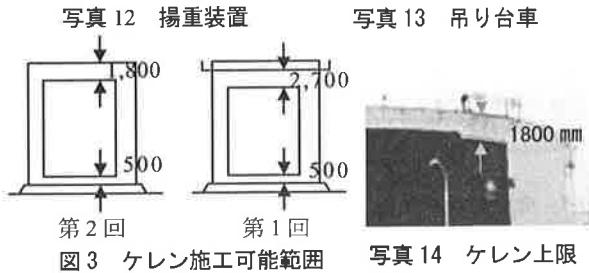
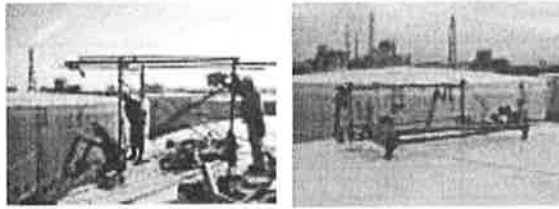
5.2 使用機材

第1回実験後に改良を行ったプロトタイプ2を使用した。横行装置が、共通化され機材点数は減少した(表8)。

5.3 第2回実験結果

5.3.1 設置

装置吊り台車の部材揚重には、ビティ杵、単管、ホイストを使用した簡易揚重装置(写真12)を使用した。



台車の揚重を含めた装置吊り台車の設置時間は 3 時間 10 分であった。

5.3.2 ケレン装置の作業範囲

上部および下部の施工可能範囲を第 1 回目実験と比較して図 3 に示す。

新規に開発した屋根上台車 (写真 13) のアームは可動式であり、吊りワイヤ上端の壁面隔離距離が変更可変となったことから、装置に負荷をかけず上限まで作業を行うことが可能となった。この上限は、横行装置が散水リングのステーに接触する直前の位置であり、現状の吊り下げ方式と装置の大きさではこの位置が限界である (写真 14)。

上部の施工に関しては、細かい作業が伴うため、在来工法を併用するのが効率的である。方法としては、ゴンドラを使用するか、装置吊り台車に作業床を設けるなど、効率が良く安全な作業方式が考えられる。

5.3.3 ケレン作業能力

ケレン装置の動作は第 1 回目の実験で最も高効率であったケレン装置傾斜取付け方式を採用し、傾斜角度を 20° から 30° に変更した。さらに、能力向上を目的に横送り速度を第 1 回目実験時の 1.4 倍とした。装置吊り台車を使用した事により、壁面上部から下部まで一定の隔離距離で作業を行うことができた。作業能力を表 9 に示す。

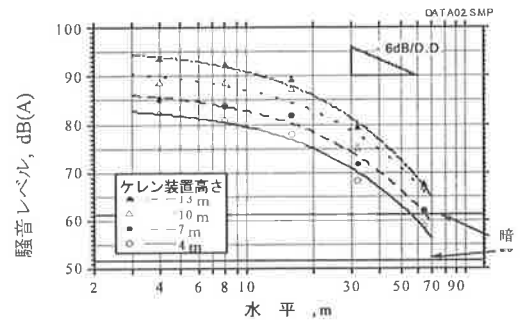
5.3.4 騒音

ケレン時に発生する騒音を第 1 回目実験時と同じ壁面からの隔離距離で測定した。測定結果を図 4 に示す。第 1 回目実験とは、タンクに屋根があること、タンク内部に液体が入っていること、ケレン装置のチェーンが細くなり、裏面に蓋を取り付けた点が異なる。

ケレン装置直近の 4m では 83~95dB(A)とほぼ同じ結果であった。しかし、距離が離れると、今回の方が騒音レベルは小さくなった。一番離れた 64m 地点では今回：59~68dB(A)、前回：66~78dB(A)と、7~10dB(A)の大きな差がでた。4m 地点で前回データと比べ、数値が変わらないのは全体に騒音レベルが低減されたことが要因である。

表 9 ケレン作業能力の比較

項目	第 2 回実験	第 1 回実験	備考
作業面積	23.3 m ²	21.2 m ²	同じ動作パターン
所要時間	75min	78min	
作業能力	19.2 m ² /h	16.3 m ² /h	



(測定条件；H13.11.8 油面高h=10.5m)

図 4 騒音計測データ (第 2 回)



写真 15 背面カバー 写真 16 ケレダスト

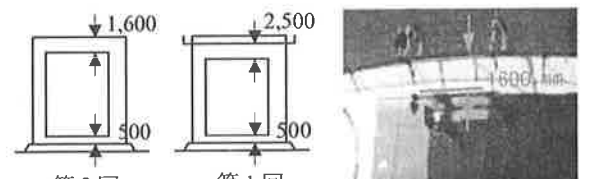


図 5 塗装施工可能範囲

写真 17 塗装上限

5.3.5 ケレダストの回収

ケレダストの飛散を極力抑える為に背面に蓋を取り付け、装置下面を網目状の鉄板にし、その下にケレダスト回収袋を取り付けた (写真 15,16)。その結果、装置内部及び回収袋に回収されたケレダストは、既存塗料の塗膜を重量測定して計算したところ、回収率は発生量の約 73%であった。

5.3.6 塗装装置壁面作業範囲

塗装時の移動範囲は、上端部より 1,600 mm (写真 17)、マウンド上端から 500 mm まで作業を行うことが可能であった。上部は、ケレン装置同様装置吊り台車の効果があり、ローラ移動用モータに負荷をかけず上限まで塗装を行うことが可能となった。第 1 回目実験との施工可能範囲の比較を図 5 に示す。第 1 回目実験時は、ローラが壁面に接触し上昇していたが、壁面との隔離距離の変更が可能になり作業開始位置まで、ローラを接触させず移動可能となった。

5.3.7 塗装仕様

塗装は、表 9 の仕様に基づき行った。この仕様は、実験に使用したタンクの既存の塗装仕様と同様である。

5.3.8 塗装作業能力

各層の塗装能力を表 10 に示す。第 1 回実験時に比べ各層の能力のばらつきは少ないが、最高能力は約 14%低下している。これは、塗りムラを無くし、良い品質を確保するために横送り速度を遅くしたことが要因である。



写真 18 乾燥膜厚測定

5.3.9 塗装膜厚

乾燥膜厚は、上塗り塗装完了後 10 日間隔において実施した。測定状況を写真 18 に示す。測定は側板一枚 (3×1.5 m) 当たり 3 箇所、1 カ所当たり 3 回測定した。塗装仕様 (表 9) では 4 層の塗装膜厚の合計 130 μm 以上確保する必要がある。ゴンドラ幅 2m ごとに側板 1 段ずつ膜厚の測定を行った結果、最小値は 167 μm であった。平均 221 μm、最大 309 μm あり、4 層合計で 91 μm 厚い。従って、要求仕様を満足していることが測定により確認されたが、塗装膜厚は厚すぎても悪く、塗料使用量の管理を厳密にすべきである。

5.3.10 第 2 回実験まとめ

第 2 回実験では、2.項の開発条件のうち 2) ~6) および 8) を満足する結果が得られた。

1)については、階段など付属物に関して検証がされてお

謝辞

本開発の共同研究先である、新日石エンジニアリング㈱およびテスト施工に協力いただいた関係各者に感謝の意を表します。

参考文献

- 1)後久卓哉,西尾仁他 3 名,鋼構造物ケレン・塗装装置の開発,東急建設技術研究所報, No27,,pp.51-54,2001
- 2)KHD システムガイドブック プラント塗装,関西ペイント㈱ ,,pp.9

Development of the Paint Scraping Device and the Painting Device for Steel Structures (Part 2)

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

Development of the equipment which performs removal and paint of a steel structure of the old paint, and the result of the experiment in a factory were reported last time.

The result of two field experiments in the actual oil tank by the developed equipment and improvement of equipment are reported this time.

The field experiment was done in a part of outer wall side without the obstacle of two kinds of tanks. In the experiment, it verified about productivity, workability, quality, and circumference environmental influence.

表 9 塗装仕様

工程	塗料名	塗装膜厚
下塗り 1	ズボイド下塗り (赤錆色)	35 μm
下塗り 2	ズボイド下塗り (緑錆色)	35 μm
中塗り	タイコーマリン (中塗り)	30 μm
上塗り	タイコーマリン (上塗り)	30 μm

表 10 塗装作業能力

作業条件	作業能力 (平均)
下塗り 1、下塗り 2、中塗り	79.2 m ² /h
上塗り	79.9 m ² /h

らず、今後実験を行う。

7)については乾燥膜厚測定の結果最低膜厚は確保しているが、全体では若干の厚塗りである。m²当たりの塗料使用量を管理して、厚塗りを防止する必要がある。

9)については、ケレンダストの回収は行ったが、未だ完全ではなく、回収率の向上を図る改良が必要である。

10)に関しては、今後実施体制で実験を行い検証する。

6. 終わりに

本報では、設定した開発条件に基づき製作した試作機を実際のフィールドで実験し、機能や、性能を検証した結果を報告した。これにより、石油タンクの障害物のない平滑部においては、効率よく作業が行えることが検証され、実用化へ一歩前進した。

今後は、階段や配管部など障害物のある箇所の、機械化施工範囲を検証する実験施工を行う予定である。