

## 建設用アルミ足場板洗浄装置の開発

井上文宏  
池田雄一  
(本社 建築生産本部)菱河恭一  
脇坂達也  
(本社 建築生産本部)

## Development of Cleaning System for Construction Aluminum Scaffolding Board

Fumihiro Inoue Kyouichi Hishikawa  
Yuichi Ikeda Tatsuya Wakisaka

## Abstract

Aluminum scaffolding boards are widely used at construction sites due to their light weight. However, it is important to carefully clean mud and concrete paste from dirty aluminum boards because the boards are scratched easily. This paper describes the development of an automated cleaning system to improve the work efficiency without damaging the board. Two washing methods are used in this system. In the first stage, a high-pressure water jet from rotating nozzles removes heavy dirt from the board instantly. In the second stage, the board is soaked in a water tank with a high-power ultrasonic vibration to gradually remove light dirt. The boards are automatically transported by conveyors and robots. The waste water discharged in each section is recycled by the process of chemical precipitation and multi-stage filters. We introduced the system to our Material Equipment Center, and as a result, aluminum boards are cleaned carefully without damage, and the work environment is also improved considerably.

## 概要

アルミ性足場板は軽量であるため建設現場で頻繁に使用されている。使用後の足場板は洗浄・点検され、再度利用されるが、アルミ自体は傷つきやすいことから適切な洗浄方法は確立されておらず、その作業状況も改善すべき点が残されている。そこで本研究開発ではアルミ足場板の洗浄方法を提案すると共に、作業の改善を目的とした自動洗浄装置の開発・実用化した。本装置では二つの洗浄技術を結合し洗浄能力を向上させた。初めに数台の回転ノズルより超高圧のウォータージェットを噴射し足場板表面の汚れを除去する。次いで足場板全体を超音波洗浄し、裏面や隠れた部分の汚れを徐々に除去する。洗浄条件は実験により検証し、部材に損傷を与えることはない。足場板の洗浄工程は搬送システムを導入して自動化し、使用した洗浄水は水処理装置を介して再利用した。本装置を機材センターに導入し、実際の作業に適用した。その結果、計画仕様を十分満たす洗浄が実現でき、作業効率の向上、作業環境の改善およびコストの低減が実現された。

## 1. はじめに

建設工事では多種大量の仮設材が使用されている。仮設材は各現場の工事計画に合わせて適時利用されるが、現場より回収された仮設材の大部分は Photo 1 に示すようにコンクリート片、塗料、泥等によってかなり汚れているため、通常ケレン方式で洗浄を行い、安全性を確認して、現場に再利用させる。しかし、仮設材の洗浄は一部の部材で機械化されているものの、大部分は小型機械を利用した人力作業で行われ、その作業状況は効率面、安全面、経済面で改善すべき多くの点が残されている。

ところで、建設用に使用される仮設材の中で、アルミ性の足場板は比較的軽量であり、腐食し難いため、最近、木性および鋼性の足場板に代って頻繁に使用されている。しかしながら、アルミの素材自体は弱く傷つきやすいた

め、その洗浄には鋼性用の粗いケレン方式（振動式あるいはプレスローラ式で洗浄）は使用できず、従来は付着

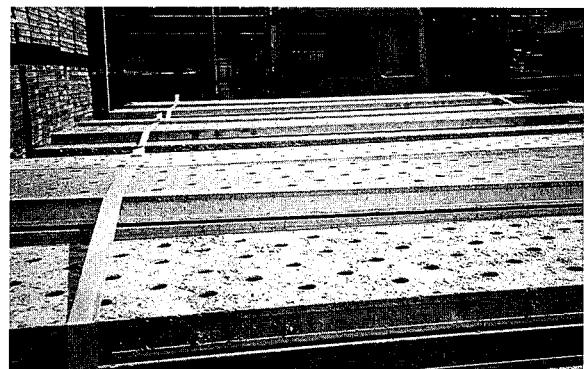


Photo 1 建設現場で使用された仮設アルミ足場板  
Aluminum Board Used at the Construction Site

した汚れを化学的に処理する方法が用いられていた。この方法は、まずアルミ表面に付着したコンクリート上層部を人力でたたき落とし、その後酸性溶剤に長時間浸して処理するものである。しかし、強固に付着したコンクリートを全面にわたりたたき落とすことは難しく、かえって部材に損傷や傷を与えることが多く見られる。また長時間の処理ではアルミ部材を侵す危険性があり、数種の付着物が混合した場合には、化学処理はほとんど効果が現れないようである。さらにこのような洗浄を取扱う専門業者は少なく、大量の足場板を洗浄するにはかなりの時間が必要である。このため建設現場からのニーズに対応することは難しく、そのコストもかなり高額になっているのが現状である。

本研究ではこのようなアルミ足場板のリサイクル使用に対し、効率的な洗浄方法を提案すると共にそれを自動化した洗浄装置の開発を実施した。アルミ足場板の基礎洗浄手法の検討、開発システムの設計概要と構成、実際の作業現場における稼働状況とその評価について記述する。

2. アルミ足場板の洗浄実験

アルミ足場板の洗浄にはウォータジェットおよび超音波の二種類の方法を採用し、部材に損傷を与えず、最も洗浄効果が得られる条件を実験的に検証した。洗浄対象のアルミ足場板の仕様を Table 1 に示す。

2.1 ウォータジェット洗浄実験

本実験ではノズルより噴出する超高圧のジェットをアルミ足場板に衝突させ、物理的作用によってコンクリートおよびその他の汚れを除去する方法を検討した。

ウォータジェットによる洗浄効果およびアルミ表面への損傷程度を計測するため、ジェット圧力および送り速度を種々に変化させた。ノズルは中心角約 30° の回転ノズルを使用し、洗浄される足場板の幅と実用的なノズル本数を考慮して、スタンドオフ距離を 150mm とした。試験体はコンクリートペーストが比較的全面に付着した実際のアルミ足場板 (4 m) を使用し、足場板一枚毎に実験条件を変えてデータの収集を行った。Fig. 1 にウォータジェット洗浄の実験の概略を示す。

Fig. 2 に洗浄実験の結果を示す。付着したコンクリートを除去するためには 40MPa 以上の噴射圧力が必要であり、また良好な洗浄状態を得るにはノズルの送り速度が約 60mm/s 以下であることが分かる。さらに圧力を高くした別の実験では圧力が 60~80MPa、送り速度が約 60mm/s 以下に対し、アルミ表面に微細な傷痕が現れ、100MPa 以上では目視で傷の状態が確認された。Photo 2 に送り速度 60mm/s における洗浄例を示す。圧力が 20MPa~30MPa ではコンクリート片が若干残り、40MPa 以上では完全に除去され、洗浄面の境界が鮮明に分かる。

同様の実験を他の付着物 (吹付塗料, ビニル系吹付剤, 泥など) に対して行った。吹付塗料を除去するには圧力が 100MPa 以上必要であり、アルミ板に損傷を与える危

Table 1 アルミ足場板の仕様  
Specification of Aluminum Board

形状	重量	荷重
高さ : 29 mm 幅 : 240 mm 長さ : 4000 mm	10.1 kg	120 kg

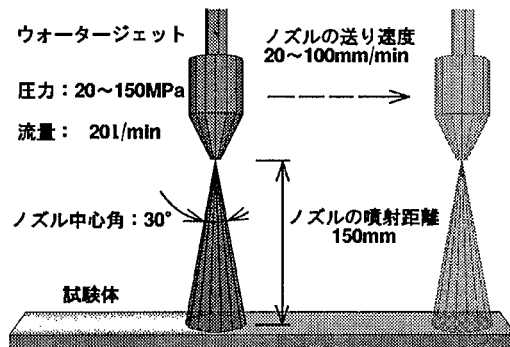


Fig. 1 ウォータジェット洗浄の実験の概略  
Outline of Water Jet Experiment

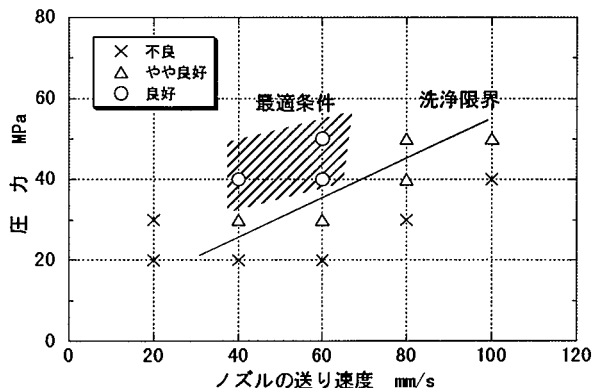


Fig. 2 洗浄限界に対する圧力と送り速度の関係  
Cleaning Limit for Water Jet Pressure and Feed Rate of Nozzle

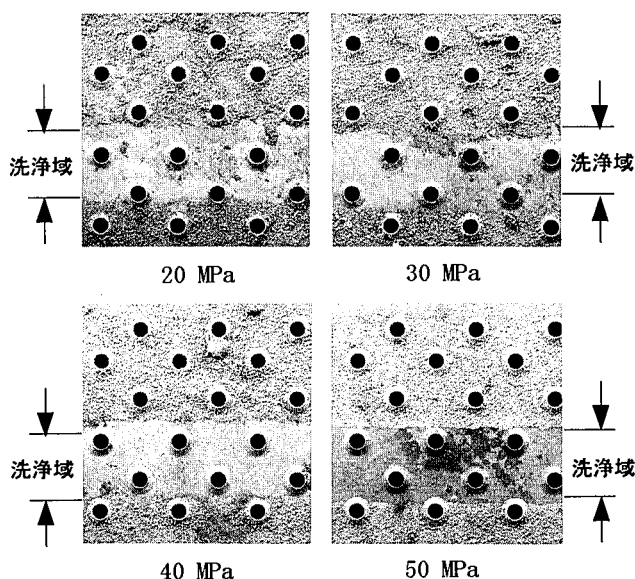


Photo 2 ウォータジェットによるコンクリートの除去  
Washing Condition of Concrete Paste by Water Jet

Table 2 超音波洗浄機の仕様  
Specification of Ultrasonic Cleaning Device

項目	仕様
形式	AQUATRON-600
周波数	25 kHz
出力	600 W
形状	400×270×100 mm

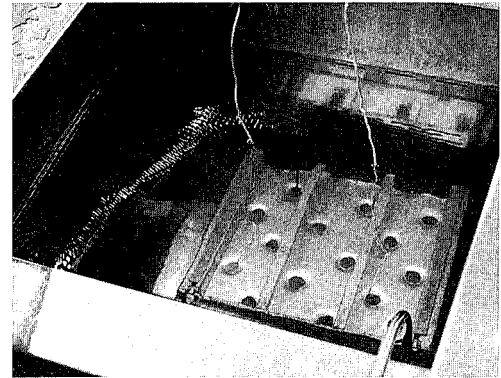
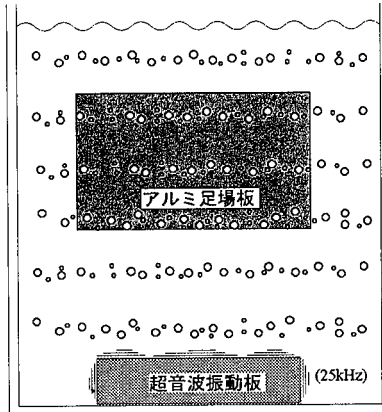
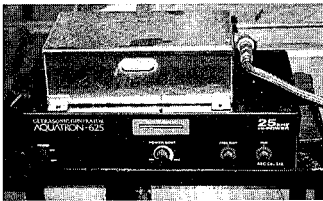


Fig. 3 超音波洗浄実験の概略  
Experiment of Ultrasonic Cleaning

険性がある。吹付剤および泥では 40MPa 以下で十分洗浄できることが確認された。したがって、吹付塗料を除くとウォータージェットの洗浄条件として圧力 40MPa 以上、送り速度約 60mm/s 以下であれば、大部分の汚れを洗浄できることが示された。

### 2.2 超音波洗浄実験

超音波洗浄は機械部材の超精密洗浄方法の一つとして工業分野では広く使用されている。その原理は水槽内に設置した振動子から約 25~100[kHz]の高周波数振動を与え、水槽内部に生じる微小気泡（キャビテーション）の崩壊圧力を利用して付着物を除去するものである。そのエネルギーは局部的に非常に大きく、水に接触する全ての面に作用するため隠れた部分の洗浄も可能である。

超音波洗浄の能力を調査するため、コンクリートが付着した試験体を試験水槽に入れ、Table 3 に示す超音波洗浄機より 25kHz の振動を与えた実験を行った。超音波洗浄実験の概略および洗浄状況を Fig. 3 に示す。この際、超音波キャビテーションの発生振動が定在波を形成する腹の部分に集中するため洗浄に偏りが生じる。これを防ぐ理由から試験体を周期的に揺動した。

Fig. 4 に超音波洗浄によるコンクリート除去量と洗浄時間の関係を示す。洗浄開始後約 2 分までは除去量はわずかであるが、その後急激に増加して 5~6 分で除去量は飽和状態に達している。大部分のコンクリートは除去でき、部材に損傷根は確認されていない。Photo 3 にアルミ板半分に超音波を与えた洗浄実験の結果を示す。アルミ板面の汚れがほぼ完全に除去でき、超音波を与えない部分との差が明瞭である。またゴム性のストッパーに損傷は確認されず十分再利用できる。

このように超音波は足場板の全ての面に強力に作用するが、ゴム部分のような軟弱部材には作用しない特徴があるため、材質が混在する足場板の洗浄には非常に適している。ただし超音波洗浄ではアルミ表面に厚く堆積した付着物を完全に除去するのは難しいが、付着物の上層を除去した薄層残留物の洗浄には非常に効果的である。

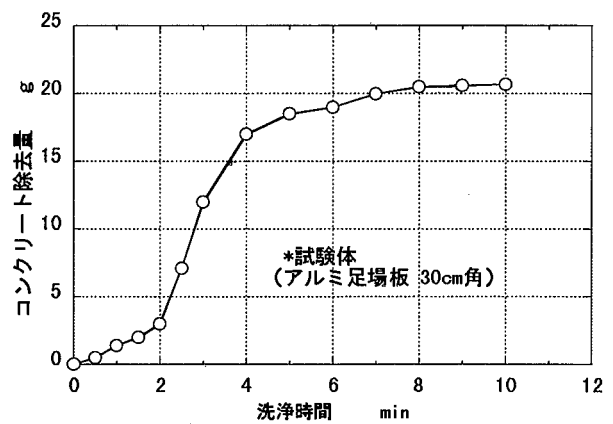


Fig. 4 超音波洗浄時間とコンクリート除去量の関係  
Relation of Cleaning Time and Removal Value

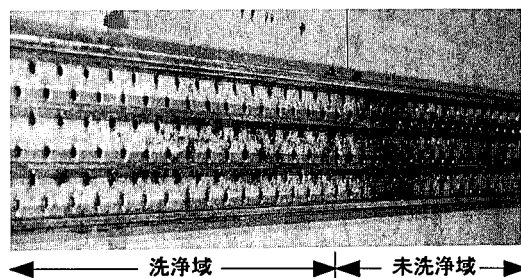


Photo 3 超音波洗浄前後における洗浄状態の比較  
Comparison of Cleaning Condition before and after Ultrasonic Cleaning

### 2.3 結合波洗浄実験

以上の二つの実験結果を基に、ウォータージェットと超音波洗浄を結合させ、洗浄順序および条件を実験的に見出した。この結果、まずウォータージェット (圧力 40MPa 送り速度約 60mm/s) によってアルミ足場板表側に付着した比較的厚いコンクリートを瞬時に除去し、次いで超音波洗浄によって足場板表側の残留付着物および裏側汚れを時間 (3分程度) をかけて除去することが、最も効果的かつ経済的な洗浄方法であることが確認された。

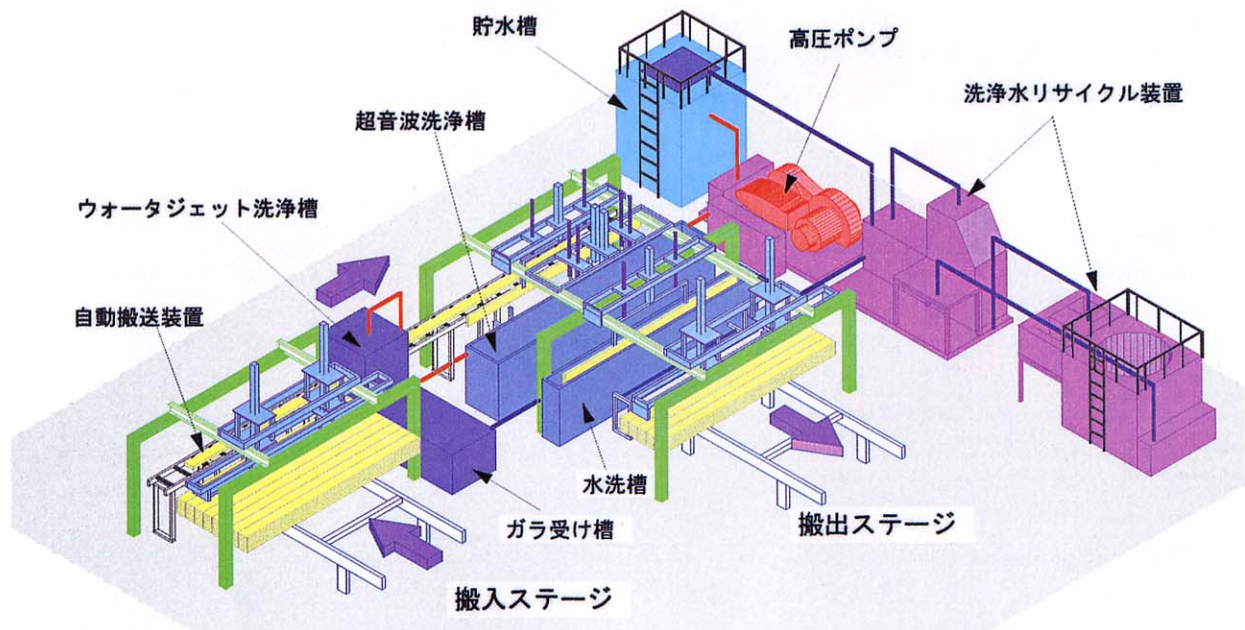


Fig. 5 アルミ足場板洗浄装置の概観写真およびシステムの構成  
 Photograph and Composition of Cleaning System for Aluminum Scaffolding Board

### 3. アルミ足場板自動洗浄装置の開発

#### 3.1 洗浄装置の概要と構成

2章で検討した二つの洗浄実験の結果を基に、アルミ足場板を対象とした自動洗浄装置の設計、製作を実施した。Fig. 5 に開発した足場板洗浄装置の概観写真およびシステムの構成を示す。本装置は次に示す四つのシステムより構成されている。

3.1.1 ウォータージェット洗浄システム 高圧ジェット発生装置とウォータージェット洗浄槽より構成される。高圧源はプランジャ型高圧ポンプ（圧力40MPa）を使用し、三方向弁を切替え洗浄室に送られる。

Fig. 6 に洗浄槽内部の概略を示す。洗浄室はジェットの反射とコンクリートガラの飛散を防止するため密閉防音構造であり、耐圧窓を通して内部の洗浄状況が十分観

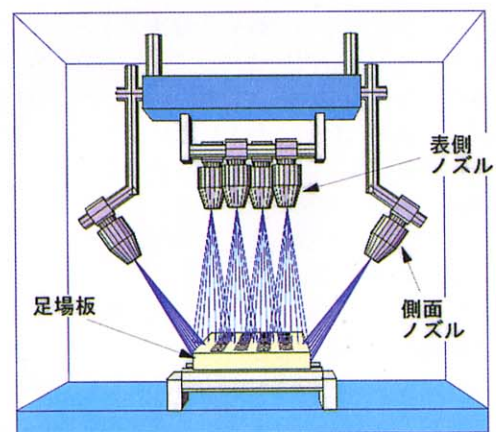


Fig. 6 ウォータージェット洗浄槽内部の構成  
 Arrangement of Rotating Nozzles in the Water Jet Room

察できる。洗浄室内には合計6本の回転ノズルが取付けられ、その4本は足場板表側を、残りの2本は足場板側面をそれぞれ洗浄する。ジェットのラップや干渉を抑制するため、上部4本のノズルはちどりに配置されている。また側面ノズルはジェット噴射位置をそれぞれずらして配置した。ジェットによって除去された付着ガラは汚水と共に洗浄室側下のガラ受け槽に入り、各々分離されて産廃処理される。

**3.1.2 超音波洗浄システム** 超音波洗浄槽と洗浄水処理装置から構成される。Photo 4 にシステムの外観を示す。洗浄槽は足場板全体を洗浄できる大型のタンクを使用する。その底部には14台の振動板が設置され、ここより超音波振動を与える。洗浄槽の内部は3列に分割され、足場板は一度に3枚、搬送アームを介して順次3回洗浄される。超音波の洗浄効果を高めるため、水処理装置より超脱気水を供給し、キャビテーションの発生を活性化させている。

**3.1.3 自動搬送システム** ローラコンベアと6台のアーム式搬送ロボットを連続的に移動し、アルミ足場板の搬入から各種の洗浄、整列および搬出までを自動で行う。Photo 5 に搬送システムの例を示す。各搬送ロボットは位置検出センサによるシーケンス制御で順次運転され、洗浄条件に合わせて搬送速度を調整することができる。また、手動操作に切換えることにより各ロボットを自由に操作することができ、必要に応じて集中洗浄が可能であり、激しい汚れにも対応できる。

**3.1.4 洗浄水リサイクルシステム** 各洗浄システムで使用された排水は、水処理装置によって浄化され再利用する。コンクリート微片を含む廃液はまず250 $\mu$ m以下のメッシュでろ過される。次いで二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)およびポリマー(PAC)を添加し、中和したマイクロダストを高分子化させて凝集沈殿を行う。その上澄み液は再度20 $\mu$ m以下のメッシュでろ過され、貯水槽に送られる。Fig. 7 に洗浄水のリサイクルフローを示す。処理水は十分に工業用水質基準を満足しており、極めて環境に配慮したシステムとなっている。

**3.2 本装置の仕様と稼働状況**

**3.2.1 仕様と予備設定** 洗浄装置の仕様を Table 3 に示す。予備設定として、足場板の長さおよび洗浄速度を選択する。通常、高速洗浄モードで処理するが、汚れが激しい場合にはウォータジェット洗浄の効果を高めるため低速モードを選択する。足場板は100枚を1ユニットとし、連続3ユニットまで搬入することができ、1ユニットの洗浄が終了すると、順次1ユニットが追加できる。1日の処理枚数は4mの足場板で約400枚であり、長さが短い3m、2mでは処理時間が早くなるため、400枚以上の処理が可能である。

**3.2.2 洗浄工程** Fig. 8 に本装置の洗浄工程(高速洗浄モード)におけるタイムチャートを示す。足場板1枚は約6分で全洗浄工程を終了する。1枚目のウォータジェット洗浄が終了すると次の足場板が順次洗浄され、

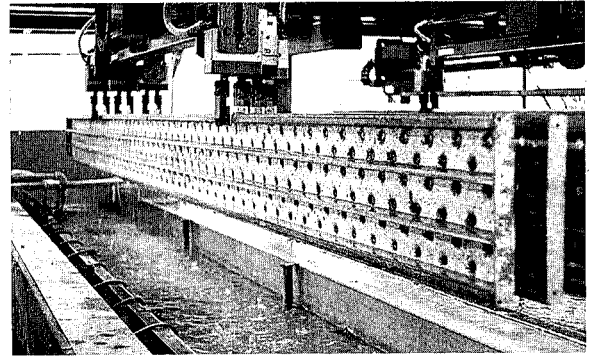


Photo 4 超音波洗浄システム  
Ultrasonic Cleaning System

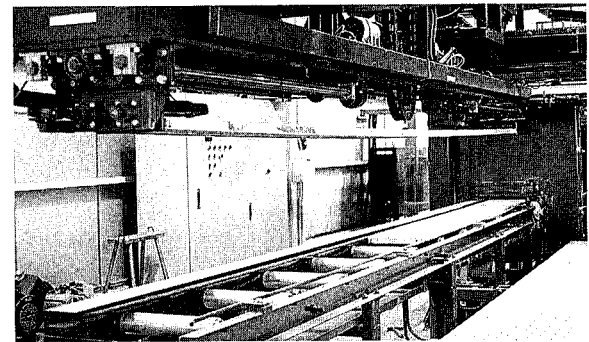


Photo 5 自動搬送システム (コンベア及びアーム)  
Automated Delivering System (Conveyor and Load)

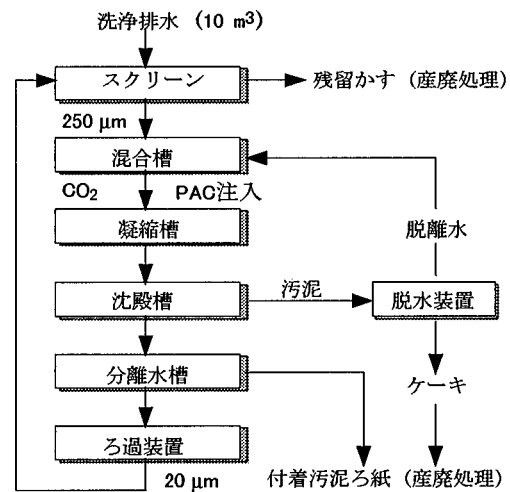


Fig. 7 洗浄水のリサイクルフロー  
Flowchart of Recycle System

Table 3 アルミ足場板洗浄システムの仕様  
Specification of Cleaning System

項目	仕様
洗浄対象	アルミ性足場板 4m, 3m, 2m
洗浄速度	高速洗浄モード: 60枚/時間 低速洗浄モード: 40枚/時間
洗浄方法 (1)	ウォータジェット洗浄 40 MPa 120 l/min 旋回ノズル6本
洗浄方法 (2)	超音波洗浄 25 kHz 600W 14台
搬送方法	完全自動搬送
排水処理	多段フィルター濾過および凝集沈殿
洗浄能力	400枚以上/日

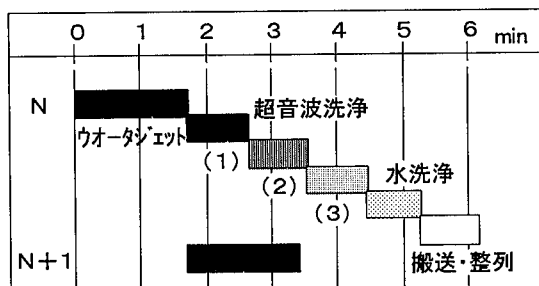


Fig. 8 高速洗浄モードにおける洗浄工程  
Timechart of Cleaning Process at High Speed Mode

その後約 1.5 分間隔で連続的に処理される。超音波洗浄は 3 工程に分けられ十分な洗浄時間を取り足場板全体の洗浄を行う。仕上げ工程では水洗いを行い、付着物を完全に取除く。すべての洗浄終了後、足場板は搬出ステージで整列され、1 枚毎にカウンタ計測され、管理用データベースに記録される。

**3.2.3 装置の稼動状況** 開発した洗浄装置は平成 7 年 4 月より、大林組東京機材センターに導入され、Photo 6 に示すように実際の作業に使用されている。建設現場より回収されたアルミ足場板は予想をはるかに越える激しい汚れであるが、本装置の洗浄能力で十分処理することが可能となった。Photo 7 にアルミ足場板の洗浄結果を示す。洗浄の前後を比較すると、アルミ板に付着したコンクリート片およびその他の汚れはすべて除去され、損傷も確認されていない。

本装置に従事する作業員は 1 名であり、荷の搬入・搬出、装置の準備点検および管理等の記録が主である。作業環境が改善され、極めて良好な作業が実施されている。

**3.2.4 処理枚数および洗浄コスト** 本装置は平成 7 年 6 月より実質的に稼働しはじめ、平成 9 年度現在における延べ処理枚数は、18 万枚（年平均 6 万枚）を越える実績があり、当初の目標処理枚数を十分達成することが可能となった。

平成 8 年度の処理実績をもとに、洗浄コストの試算を実施した。その結果を Fig. 9 に示す。図中の値は専門業社による総洗浄コストを 100 とした割合を示している。本装置を利用した自社洗浄では、各足場板の洗浄コスト（人件費およびランニングコストの和）は 20~30% 程度低減でき、輸送にかかる運送費は不要となった。その結果、自社洗浄コストの年総額は業社洗浄に比べ 2/3 程度であることが分かり、作業コストの低減が可能となった。

#### 4. おわりに

ウォータージェットおよび超音波を利用したアルミ足場板の洗浄方法を実験的に検証し、これを応用した自動洗浄装置の開発を行った。ウォータージェットの粗い洗浄と超音波の精密洗浄を結合することで、アルミ部材に優しい洗浄が可能となった。この装置を実際の作業に適用した結果、計画仕様を満たすアルミ足場板の洗浄が達成でき、

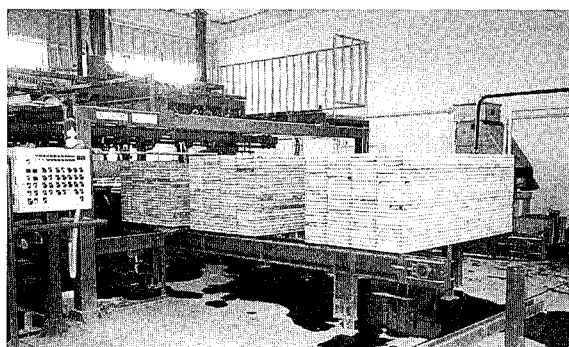
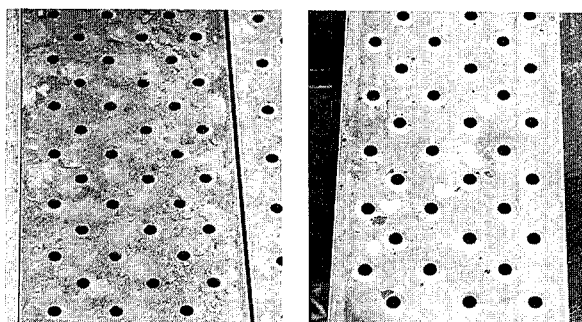


Photo 6 アルミ足場板洗浄装置の実稼動状況  
Operating Condition of Cleaning System



(1) 洗浄前 (2) 洗浄後

Photo 7 本洗浄装置による洗浄状況の比較  
Comparison of Effect before and after Cleaning

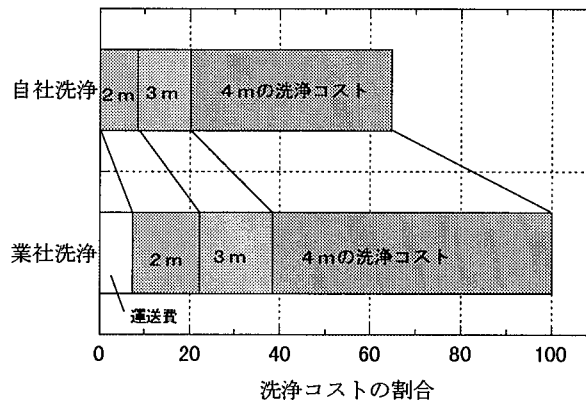


Fig. 9 洗浄コストの比較  
Comparison of Cleaning Cost

さらに作業効率の向上、作業環境の改善、低コスト洗浄が実現された。

#### 謝辞

本装置の実験および開発に対し、共同研究先である(株)荏原製作所 遠藤 薫課長および田中 学氏に多大のご協力を頂きました。記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) F. Inoue et al, A practical Development of Automated Cleaning System for Construction Aluminum Boards, Proc. Int. 13<sup>th</sup> ISARC, Tokyo Japan, P.126. ~ 135. (1996).