薄板 SUS304 製三槽式沈殿槽における差込式仕切板の水圧自己密着と低歪み施工に関する技術報告

研磨粉含有排水を対象とした実機設計・製作・水張り試験

株式会社光洋ステンレス製作所　豊崎 寛樹

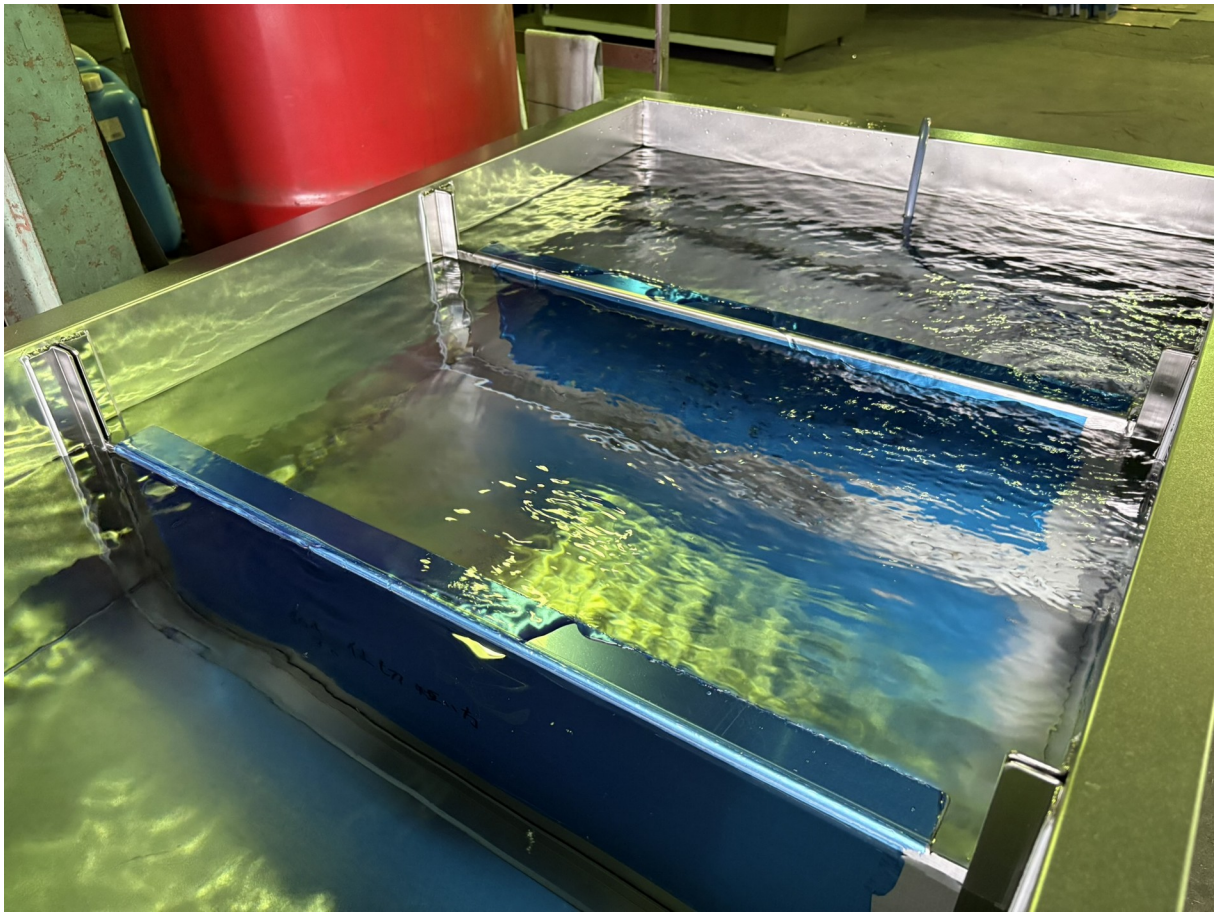


写真 1　実機水張り試験。3 槽に異なる水位が形成・保持された状態

要旨

本報告では、研磨粉を含む排水を段階的に沈降させる三槽式 SUS304 製沈殿槽について、清掃時に取り外せる差込式仕切板と、薄板の溶接歪みを抑えるガイド固定方法を検討した。仕切板は専用パッキンや締付機構を用いず、注水初期のわずかな漏水を許容する構成とした。水位上昇により槽間に差圧が生じると、仕切板が下流側ガイドアングルへ押し付けられ、目視上の漏水が大きく減少し、設計した水位差が保持された。またガイドアングルは全面連続溶接を避け、必要最小限の溶接で位置を保持し、ガイドと槽板との止水をシール材に分担した。実機水張り試験により、脱着性、止水性、清掃性および薄板槽の形状精度を両立できることを確認した。

キーワード：沈殿槽／SUS304／研磨スラッジ／差込仕切板／静水圧／自己着座／溶接歪み

1. 背景と目的

金属研磨工程では、研磨粉や金属微粒子を含む排水が発生する。重い固形分を重力沈降で分離するには、流れを複数の槽に分け、各槽で流速を落とす方法が有効である。一方、沈殿したスラッジを定期的に清掃するためには、槽内の仕切りを固定せず、上方へ取り外せる構造が望ましい。

本件では「仕切板は清掃時に容易に抜けること」と「運転時には各槽の水位差を保持すること」を同時に満たすことを目的とした。さらに、槽本体が SUS304 t1.5 mm の薄板であるため、仕切ガイドを過度に溶接して槽を歪ませないことを設計上の重要条件とした。

2. 装置概要

項目	仕様
外形寸法	W1500 × D900 × H600 mm
槽深さ	400 mm
材質	SUS304（槽本体 t1.5 mm）
構成	3 槽・差し込み式仕切板 2 枚
設計水位	流入側 約 320 mm / 中央 約 300 mm / 排水側 約 270 mm
下枠	SUS304 30×30 角パイプ
移動	キャスター 6 輪
想定水量	約 400 L（運転時）

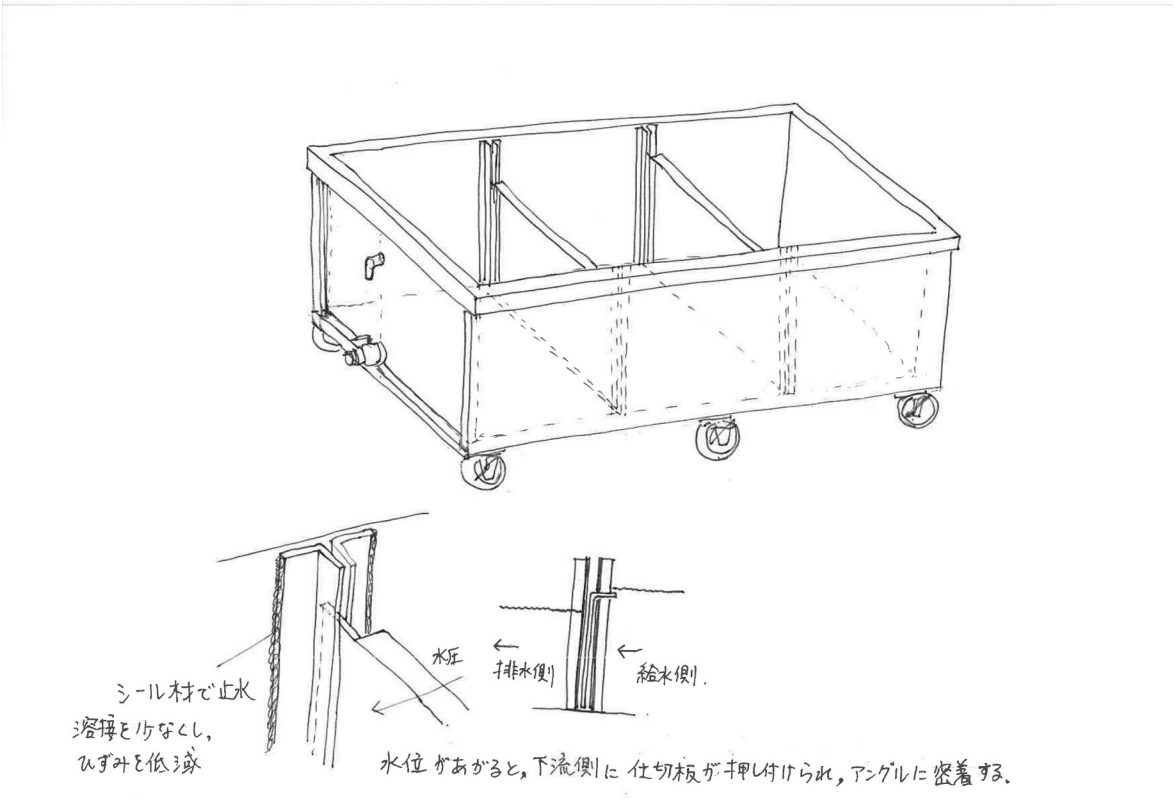


図 1　最終構造の模式図。仕切板は差込式とし、ガイド背面をシール材で止水。水位上昇時には仕切板が下流側ガイドへ押し付けられる。

3. 設計上の課題

3.1 脱着性と止水性の両立

仕切板を抜き差し可能にするには、板とガイドの間に製作・挿抜のためのクリアランスが必要となる。クリアランスを大きくすると水が短絡し、水位差が失われる。逆に隙間を極端に小さくすると、薄板の反りや溶接歪みによって仕切板が入らない、あるいは清掃時に抜けない恐れがある。

3.2 「全部を溶接する」ことの副作用

SUS304 に代表されるオーステナイト系ステンレス鋼は、フェライト系鋼等に比べて熱伝導率が低く、熱膨張係数が大きいため、薄板溶接では熱変形が問題になりやすい。TWI は、オーステナイト系ステンレス鋼について、低い熱伝導率と大きい熱膨張が残留応力と変形を増大させ、特に薄板製作では寸法公差の確保が難しくなると説明している。

4. 採用した構造

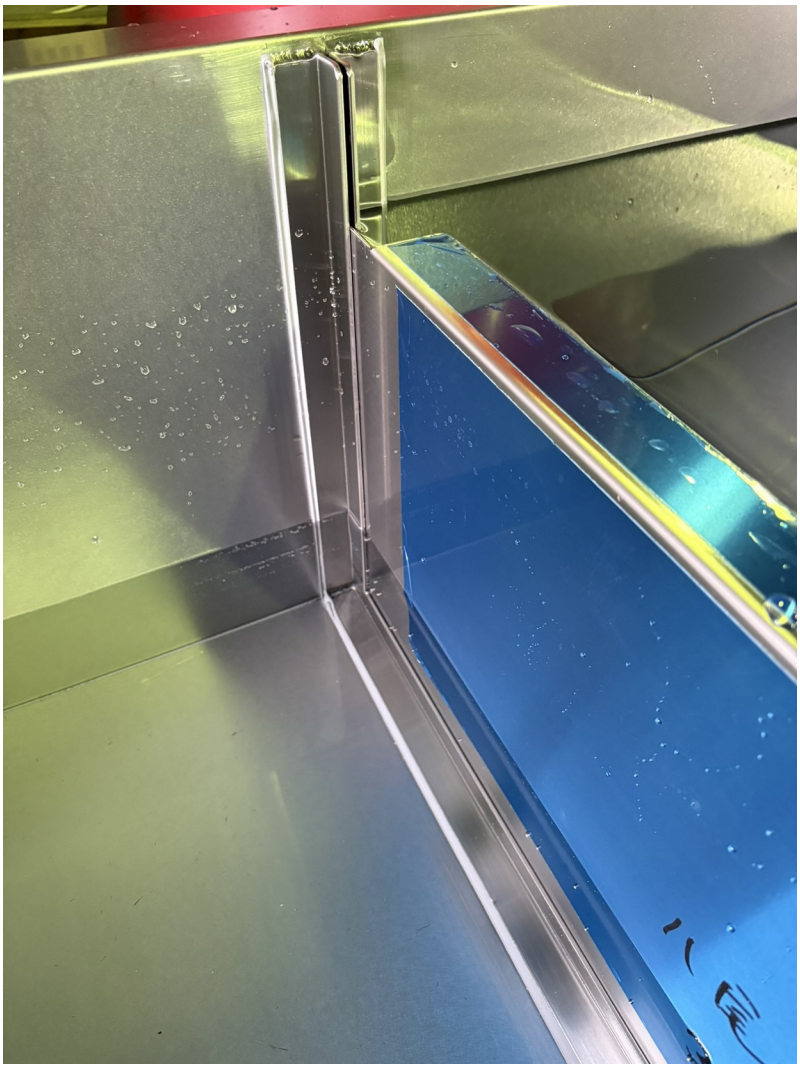


写真２　差込式仕切板とガイドアングル。ガイドは槽側に必要最小限の溶接で固定し、止水はシール材で補完した。

4.1 機能を三つに分ける

- **位置と強度：必要最小限の溶接**
- **ガイド背面の止水：シール材**
- **仕切板の密着：水位差による静水圧**

このように、溶接へ「強度・位置決め・水密」をすべて負担させず、役割を分けることで、薄板の歪みを抑えながら必要性能を確保した。

4.2 水圧による自己密着

注水初期には、仕切板とガイドの隙間から隣接槽へ水が移動する。しかし上流側の水位が高くなると、仕切板の両面に静水圧差が生じる。この差圧によって板は下流側ガイドへ押され、接触が強まり、漏水が減少することを期待した。

簡略化して仕切幅 b=0.9 m とし、両側水深を h1、h2 とすると、仕切板を一方向へ押す静水圧合力差 ΔF は次式で表される。

$$\Delta F = 1/2\ \rho\ g\ b\ (h_1^2 - h_2^2)$$

320 mm と 300 mm の水位差では約 55 N（約 5.6 kgf）、300 mm と 270 mm では約 75 N（約 7.7 kgf）となる。締付ボルトのような大きな力ではないが、仕切板がガイド内でわずかに移動して接触するには十分に意味のある力である。

5. 実機水張り試験

完成後、清水による水張り試験を実施した。注水開始直後には、想定どおり仕切板とアングルの隙間から水の移動が確認された。水位が上昇すると仕切板が下流側ガイドへ押し付けられ、漏水が目視上大きく減少した。最終的に三つの槽には異なる水位が形成され、その状態が保持された。

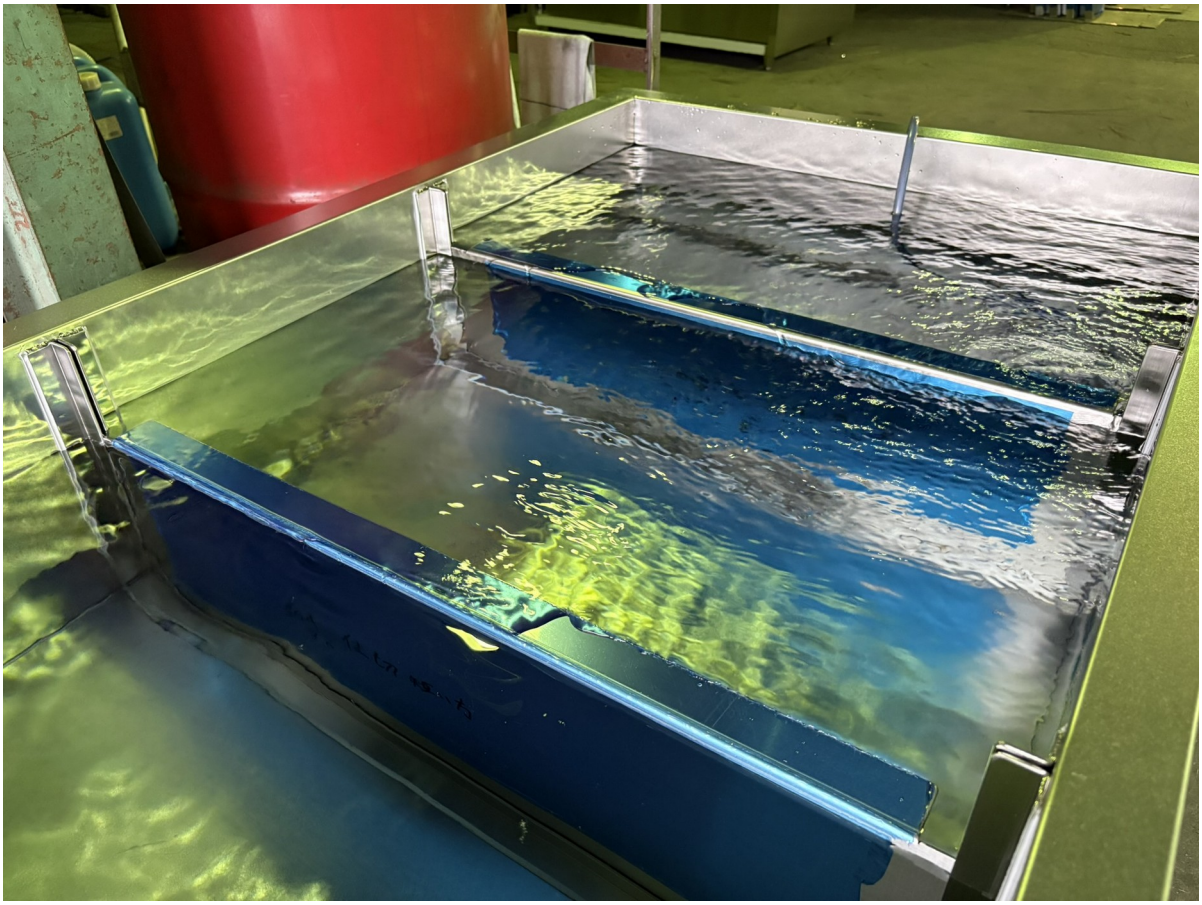


写真 3　水位差保持の確認。上流側から下流側へ段階的な水位差が形成されている。

この挙動は「初期漏水は許容するが、運転水位に達すると自己密着によって止水性が高まる」という設計段階の予想と整合した。

6. 先行技術との係と本件の技術的特

多槽式沈殿槽、脱着可能なバッフル、水圧を利用する止水板はいずれも既知である。例えば、金属粒子を含む排液を複数のバッフル室に順次通過させる沈殿装置や、清掃のために取り外せる仕切壁の例がある。また水処理分野のストップログでは、ステンレス製パネルと三方シールを用い、水圧下で止水する製品が実用化されている。

要素	位置づけ	内容
多槽式沈殿	既知	複数槽で段階的に沈降させる考え方は既知

脱着仕切り	既知	清掃・交換のために外せるバッフルは既知
水圧による着座	既知	ストップログ等では水圧をシールに利用
今回の実装	実用上の特徴	専用締付機構を設けず、初期漏水を許容し、水位差で金属仕切板を下流側ガイドへ自己密着させる
ガイド固定	実用上の特徴	全面連続溶接を避け、必要最小限の溶接とシール材で、止水と低歪みを分担

したがって本件の意義は、既知の物理現象そのものを新発見したことではなく、町工場で製作する薄板 SUS 槽の条件に合わせ、①初期漏水を許容する差込式仕切り、②水位差による金属面の自己密着、③全面連続溶接を避けた低歪み施工、④シール材による水密機能の分担、を簡素な一体構造として実装し、実機で成立を確認した点にある。

なお、本節は公開文献の限定的な調査に基づく技術的整理であり、特許法上の新規性・進歩性を判断するものではない。

7. 課題と今後の検証

今回の試験は実用上の成立確認を目的としたものであり、漏水量や沈降性能を定量評価したものではない。今後、技術報告として精度を高めるには、次の測定が有効である。

- 水位差と仕切部漏水量の関係
- 注水開始から定常水位までの時間
- 仕切板の脱着反復後の止水性能
- 実際の研磨スラッジが付着した状態での密着性
- 各槽の沈殿量・SS 濃度の比較

8. 結論

SUS304 薄板で製作した三槽式沈殿槽において、上方へ取り外せる差込式仕切板を採用し、専用の締付機構を設けずに、槽間の水位差による静水圧を利用して仕切板を下流側ガイドへ自己密着させる構造を実機検証した。注水初期の水移動は認められたが、運転水位に近づくと漏水が減少し、各槽に水位差が形成・保持された。

また、ガイドアングルの全面連続溶接を避け、位置固定を溶接、止水をシール材に分担したことで、薄板槽の熱歪みを抑えながら脱着性と水密性を両立できた。本事例は「溶接量を増やす」ことではなく、必要な機能を分け、力の流れを利用することで簡素な構造から性能を引き出した実践的な設計事例である。

参考文献

[1] ORBINOX, “SL Stop Log” Datasheet, Rev.2, 2024. 三方シールを備えるステンレス製ストップログの構造例。
[2] TWI, “Welding of Austenitic Stainless Steel - Part 2,” Job Knowledge 104. オーステナイト系ステンレス鋼の熱伝導率・熱膨張と薄板溶接変形について。
[3] US6592754B2, “Apparatus and process for removing metallic particles from effluent liquid waste.” 複数のバッフル室と脱着可能な仕切構造を用いる沈殿分離の先行例。