

屋外貯蔵タンクの浮き屋根の安全対策に関する
検討報告書（案）

令和2年3月

消防庁危険物保安室

はじめに

現在、我が国の屋外貯蔵タンクについては、設置後 30 年以上が経過したものが多く、この経年劣化による漏えい危険が高まっている。特に、底板と異なり具体的な点検基準が定められていない浮き屋根に関しては、腐食劣化による漏えい危険は高まりつつあることから、これまで、屋外貯蔵タンク浮き屋根の安全性を担保するための様々な検討がなされてきたところである。

その中では、漏えい事故の要因分析、漏えい事故の発生を低減させるための方策の提言がなされており、また屋外貯蔵タンク浮き屋根に関する腐食状況、補修状況等のデータ、屋外貯蔵タンク浮き屋根部からの具体的な漏えい事故を整理分析した屋外貯蔵タンク浮き屋根の効果的な点検に資する資料等が取りまとめられている。

本検討会では、これまでに検討された屋外貯蔵タンク浮き屋根の点検方法や、補修工事を実施する際の注意点について再整理を行うとともに、漏えいが発生した際の適切な対応方法についても検討を行った。

本報告書の作成にあたり、ご多忙中にも関わらず検討会に参画され、多くの貴重なご意見をいただいた検討会の委員各位、並びに資料等をご提供頂いた関係各位に対し深く感謝申し上げます次第である。

令和 2 年 3 月

屋外貯蔵タンクの浮き屋根の安全対策に
関するワーキンググループ

座 長 辻 裕 一

第1章 調査検討の概要	1
1. 1 調査検討の目的	3
1. 2 調査検討事項	3
1. 3 調査検討体制	3
1. 4 調査検討経過	3
第2章 浮き屋根の事故原因の調査と対策	5
2. 1 浮き屋根の事故事例と原因分析	7
2. 2 浮き屋根に関するアンケート調査	7
2.2.1 アンケート結果（定期点検）	7
2.2.2 アンケート結果（定期開放点検）	8
2.2.3 アンケート結果（浮き屋根に係る流出事例）	8
2. 3 浮き屋根の国内外の規格の調査	10
2.3.1 国内の規格の比較	10
2.3.2 国外の規格との比較	11
2. 4 第三者機関による事故調査に基づく分析	12
2. 5 浮き屋根に関する文献調査	14
2.5.1 「不具合溶接を有する重ね継手部の疲労亀裂進展評価」	14
2.5.2 「風による円筒タンク浮き屋根の挙動シミュレーション」	14
2.5.3 「シングルデッキ形浮き屋根の疲労損傷評価事例」	15
2. 6 漏えいの要因まとめ	15
2. 7 対策	15
2.7.1 漏えいの発生防止	15
2.7.2 ポンツーン内に漏えいが発生した際の影響拡大の防止	16
2.7.3 漏えいが発生した際の早期発見	17
2.7.4 その他	17
第3章 浮き屋根の漏えい発生時の対応	19
3. 1 浮き屋根に対する仮補修の現状調査	21
3.1.1 現地調査	21
3.1.2 仮補修に関する追加調査	23
3.1.3 大規模地震で損傷を受けた浮き屋根の事故調査	23
3. 2 仮補修を実施した試験片に対する疲労試験	24
3.2.1 疲労試験の概要	24
3.2.2 疲労試験結果	26
3. 3 適切な仮補修の方法	28
3.3.1 仮補修材の選定	28
3.3.2 施工の際の手順	28
3.3.3 フォローアップ	28
3. 4 仮補修後のタンク継続使用の要件	28
3. 5 恒久補修	29
第4章 まとめ	30
4. 1 浮き屋根の安全対策	31
4. 2 浮き屋根の漏えい発生時の対応	31
4. 3 今後の課題	31
参考文献（著者名は敬称略）	33

参考資料

- 1－1 浮き屋根の技術基準の概要
- 2－1 浮き屋根式タンクのポンツーン内部漏えいの推定原因と対策
- 2－2 アンケート集計結果
- 2－3 喫水線上昇に伴うルーフサポートやエマージェンシードレンからの逆流防止対策
- 3－1 仮補修に関する追加調査結果
- 3－2 仕様書「令和元年度 仮補修を実施した溶接継ぎ手の疲労試験業務」
- 3－3 報告書「令和元年度 仮補修を実施した溶接継ぎ手の疲労試験業務」
- 3－4 仮補修材油種別使用実績調査結果
- 3－5 仮補修材施工時の注意点事例

第 1 章 調査検討の概要

第1章 調査検討の概要

1. 1 調査検討の目的

平成15年十勝沖地震の際に発生した浮き屋根式屋外タンク貯蔵所の全面火災を受け、一定規模以上の浮き屋根に係る耐震性や沈降防止の基準が強化された。

一方、最近の状況として、当該改正基準の対象タンクを含め、浮き屋根の浮き部分（以下「ポンツーン」という）内部に危険物が漏えいしている事故等が散見されることから、平成29年11月に、消防機関を通じ、全国の浮き屋根式タンク（2,281基）を対象として、直近の点検記録におけるポンツーン内部の異状に関する調査を実施した。その結果、48基のタンクにおいて、ポンツーン内部への貯蔵危険物の漏えいが確認された。今回把握した48基については、直ちに浮き屋根沈降につながるようなポンツーンへの漏えいは確認されなかったものの、ポンツーン内への貯蔵危険物の流出は、浮き屋根を沈下させるおそれがあることから、その原因の調査及び対策の検討を行う。

また、浮き屋根における漏えい事故が発生した場合には、消防法第16条の3第1項に規定する措置を実施することとなっているが、その際の対応方法は、各消防本部により判断が異なることから、その実態を調査し、漏えいが発生した際の適切な対応方法についても検討することを目的とする。

1. 2 調査検討事項

- (1) 浮き屋根の漏えい事故の原因の調査と対策（第2章）
- (2) 浮き屋根の漏えい発生時の対応方法（第3章）

1. 3 調査検討体制

屋外貯蔵タンクの浮き屋根の安全対策に関するワーキンググループ委員名簿

（五十音順 敬称略）※()は前任者

座長	辻 裕一	東京電機大学 工学部 機械工学科 教授
委員	秋吉 隆雄	石油連盟 設備管理専門委員会
	小川 晶	川崎市消防局 予防部 危険物課長
	谷内 恒平	一般社団法人 日本産業機械工業会
	中井 宏治	石油化学工業協会
	中本 敦也	危険物保安技術協会 タンク審査部長
	西 晴樹	消防庁消防研究センター 火災災害調査部長
	美藤 貴之	一般社団法人 日本非破壊検査工業会 開発委員会
事務局	渡辺 剛英	消防庁危険物保安室長
	内藤 浩由	消防庁危険物保安室課長補佐
	迫田 知明	消防庁危険物保安室パイプライン係長（平成31年度）
	（清野 昇亨	消防庁危険物保安室パイプライン係長（平成30年度）
	門前 祐児	消防庁危険物保安室総務事務官

1. 4 調査検討経過

検討の経過は以下のとおりである。

○平成30年度

- 第1回検討会 平成30年8月22日
- 第2回検討会 平成31年2月27日

○令和元年度

- 第1回検討会 令和元年5月30日
- 第2回検討会 令和元年9月26日

第3回検討会 令和元年11月21日
第4回検討会 令和2年1月27日

※ 本報告書で使用する略語は以下のとおり

- 消防法（昭和23年法律第186号）・・・法
- 危険物の規制に関する政令（昭和34年政令第306号）・・・政令
- 危険物の規制に関する規則（昭和34年総理府令第55号）・・・規則
- 危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示（昭和49年自治省告示第99号）・・・告示
- 屋外タンク貯蔵所のタンク本体・・・タンク
- 屋外タンク貯蔵所の基礎・地盤・・・基礎・地盤
- 危険物の規制に関する政令及び消防法施行令の一部を改正する政令（昭和52年政令第10号）の施行後に設置許可の申請がなされた特定屋外タンク貯蔵所・・・新法タンク
- 危険物の規制に関する政令及び消防法施行令の一部を改正する政令（昭和52年政令第10号）の施行の際、現に法第11条第1項前段の規定による設置に係る許可を受け、又は当該許可の申請がされていた特定屋外タンク貯蔵所で、その構造及び設備が政令第11条第1項第3号の2又は第4号に定める技術上の基準に適合していなかったもののうち、その構造及び設備が昭和52年政令第10号附則第3項各号に定める技術基準に適合しているもの・・・旧法タンク

第2章 浮き屋根の事故原因の調査と対策

第2章 浮き屋根の事故原因の調査と対策

2. 1 浮き屋根の事故事例と原因分析

平成 29 年度に実施したポンツーンの一斉点検により覚知した、ポンツーン内部漏えい事故について、事業者からの申告に基づいた詳細な分析と原因の推定を実施した。その結果、原因としては母材や付属品の腐食、溶接部近傍の応力集中による割れ、補強材拘束による割れ、溶接不備や欠陥、板材製作不良等が挙げられ、それぞれに対する対策を検討した。（参考資料 2－1）

その結果、原因は主に腐食減肉と溶接施工不良の 2 つに起因しているものと考えられ、タンク開放時のポンツーン内部検査において、錆や汚れの除去や検査範囲が不十分であったこと、溶接の品質に対する注意が十分でなかったことが挙げられた。

2. 2 浮き屋根に関するアンケート調査

下記 4 団体へ協力を依頼し、容量 500kL 以上の浮き屋根を有する屋外貯蔵タンクを所有している事業所にアンケート調査を実施した。（参考資料 2－2）

- ・石油連盟
- ・石油化学工業連合会
- ・電気事業連合会
- ・独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

その結果、68 の事業所からアンケートの回答が得られた。この数字は、全国の該当する事業所のうち約 45%に相当する割合である。

2.2.1 アンケート結果（定期点検）

タンク使用中に実施する定期点検に関するアンケートの主な結果を図 2－1～3 に示す。法令では年 1 回以上が義務づけられているものの、それより多くの回数実施している事業所が多い。点検方法は使用中ということもありほぼ全て目視によっているが、ポンツーンマンホールを開けていない事業所も一定数存在する。なお、定期点検を日常実施している巡視点検と解釈して回答した事業所もあることには留意する必要がある。

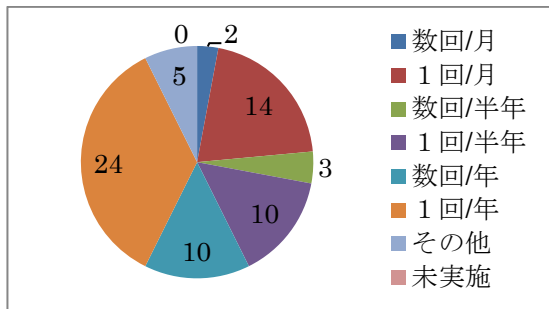


図 2－1 定期点検の頻度

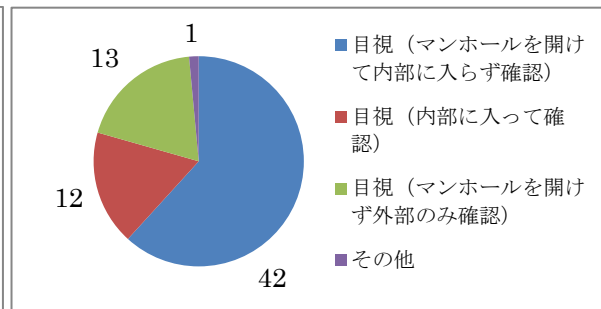


図 2－2 ポンツーン内部の点検方法

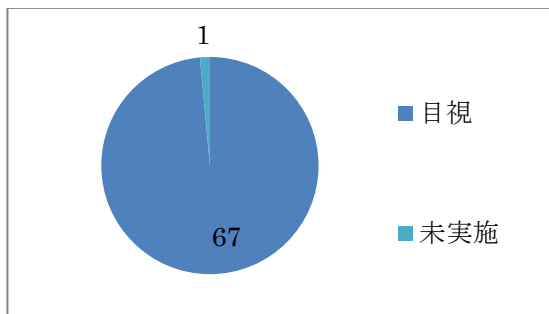


図 2－3 デッキ板（溶接部）の点検方法

2.2.2 アンケート結果（定期開放点検）

定期開放点検に関するアンケートの主な結果を、図2-4～6に示す。

定期点検と同じく目視検査を主としており、非破壊検査を実施している事業所は少数であった。また、非破壊検査を実施すると回答した事業所も、目視検査で異常が発見された際に実施するとの回答であった。

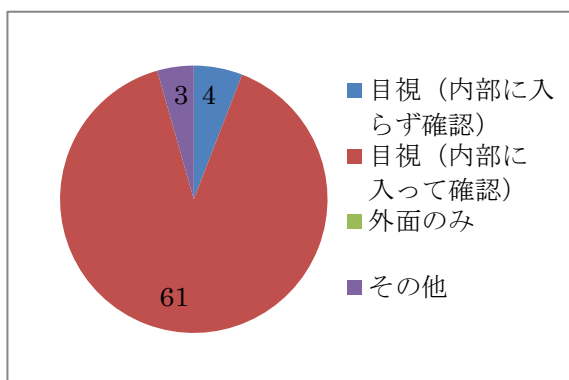


図2-4 ポンツーン内部の点検方法

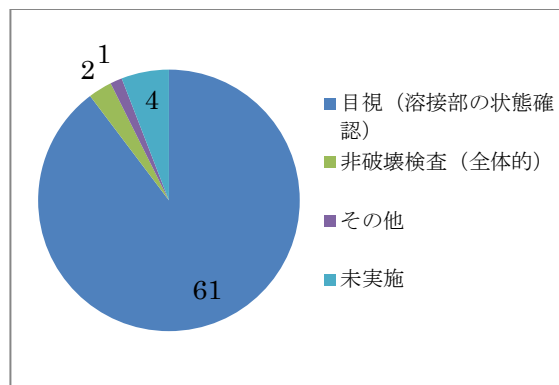


図2-5 ポンツーン溶接部（接液部）の点検方法

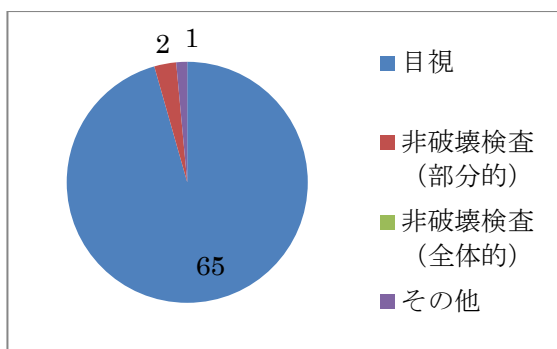


図2-6 デッキ上面溶接部の点検方法

2.2.3 アンケート結果（浮き屋根に係る流出事例）

浮き屋根に関するアンケートに対して回答のあった68事業所のうち、27の事業所から計173件の浮き屋根に係る流出事例の回答があった。その結果を図2-7～10に示す。

漏えい箇所毎の流出件数についてはポンツーンとデッキで4分の3以上となっている。

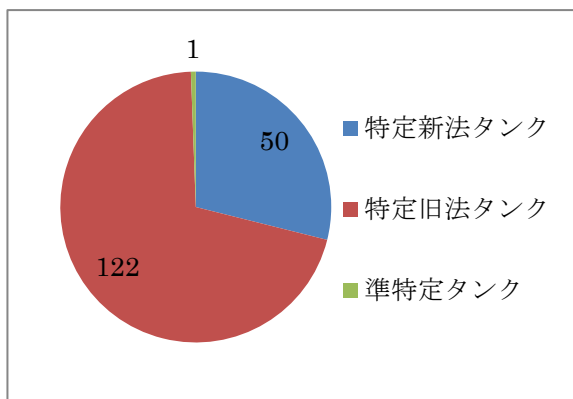


図2-7 タンク種別毎の流出件数

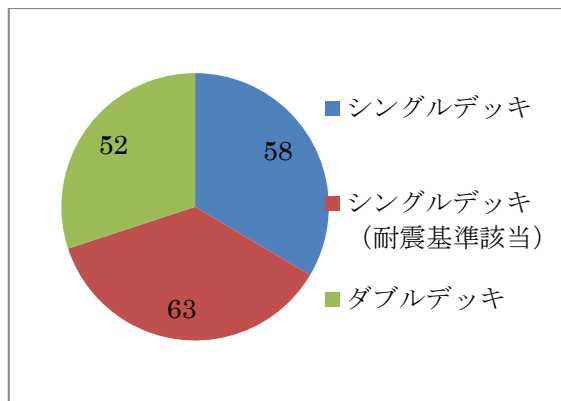


図2-8 浮き屋根形式毎の流出件数

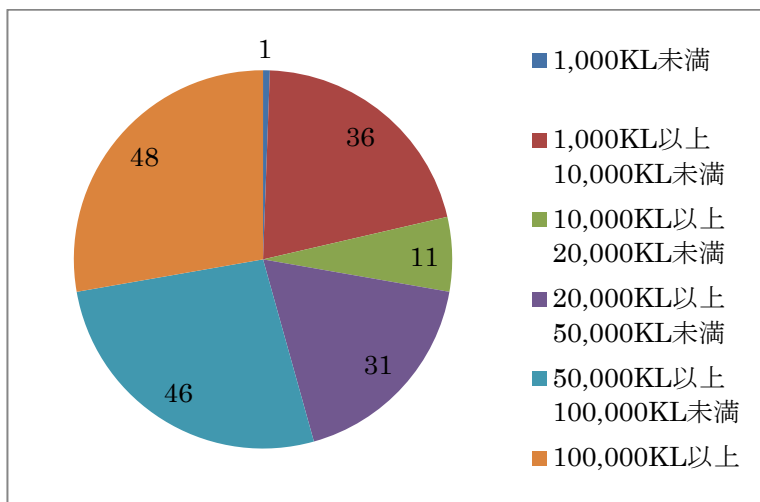


図 2 - 9 容量毎の流出件数

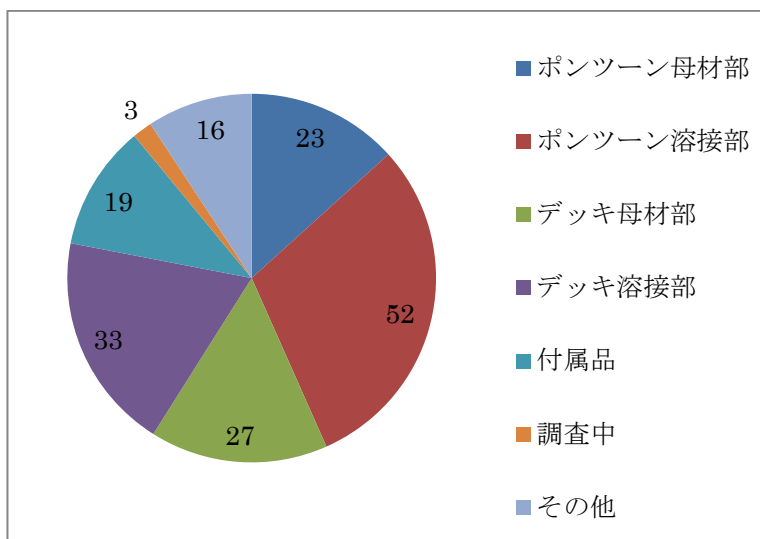


図 2 - 10 漏えい箇所毎の流出件数

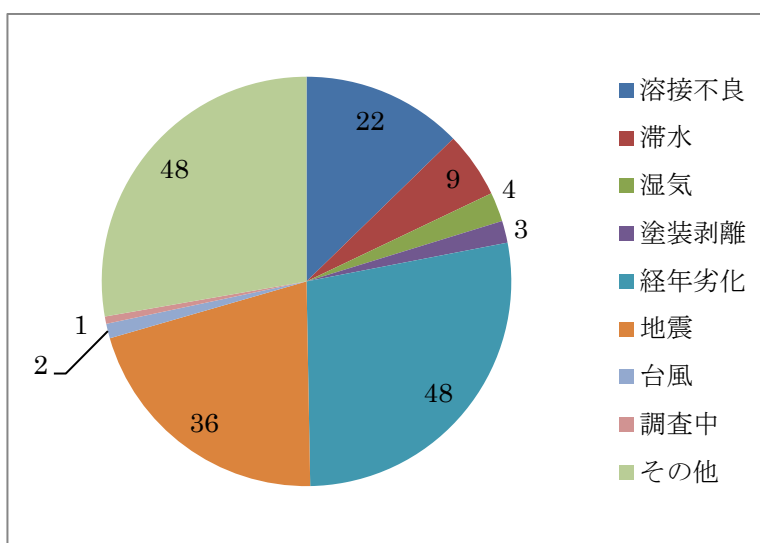


図 2 - 11 漏えい原因毎の流出件数

また、漏えい発生後に実施した仮補修方法について取り纏めた結果（図 2－12）、仮補修方法も様々なものがあり、事業所毎に方法も異なる。

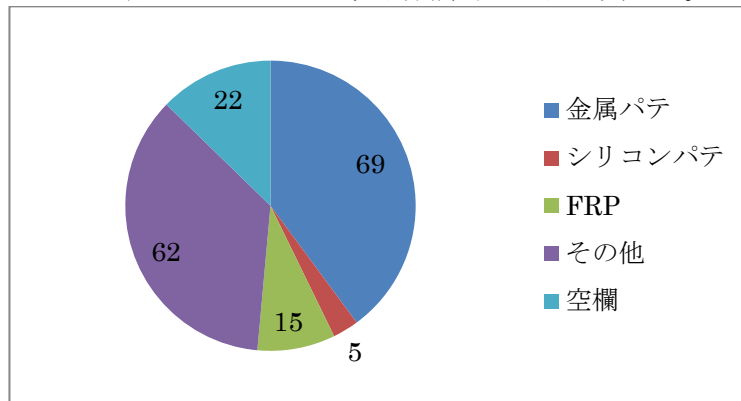


図 2－12 仮補修に用いられた材料

2. 3 浮き屋根の国内外の規格の調査

2.3.1 国内の規格の比較

国内の適用法規である消防法と、主な規格である JIS B 8501「鋼製石油貯蔵の構造（全溶接製）」（以下「JIS」という。）及び、JPI-8S-6「屋外貯蔵タンク維持規格」の比較表を示す（表 2－1）。

表 2－1 消防法と各規格の比較表

消防法				JIS 規格（JIS B 8501:2013） 鋼製石油貯蔵の構造（全溶接製）		JPI 規格（JPI-8S-6-2015） 屋外貯蔵タンク維持規格
種別 【規則第 20 条の 4】	液面揺動によって損傷を生じない浮き屋根（耐震浮き屋根）	左欄以外の浮き屋根		記載なし		——
構造区分 【告示第 4 条の 21 の 3】	一枚板構造（シングルデッキ）	一枚板構造（シングルデッキ）	二枚板構造（ダブルデッキ）	一枚板構造（シングルデッキ）	二枚板構造（ダブルデッキ）	——
容量等 【告示第 4 条の 21 の 3】	○容量 2 万 kl 以上又は ○容量 2 万 kl 未満で Hc*が 2.0m 以上のもの	○容量 1 千 KL 以上で左欄に該当しないもの	○容量 1 千 KL 以上	記載なし		——
耐震強度 【告示第 4 条の 21 の 4】	○浮き部分に生じる応力が許容値以下 ・円周方向面外曲げモーメント ・水平面内曲げモーメント ・円周方向圧縮力	適用外		耐震強度の記載なし ○シングルデッキの浮き屋根強さは、浮力に求める要件（250mm 降雨滞水時、2 室破損時）の状態によって生じるデッキの発生から発生する半径方向の荷重に対し、ポンツーンが破損してはならない		○消防法及び JIS 規格（JIS B 8501）を満たしているか確認し、必要であれば補修実施
浮力 【告示第 4 条の 22】	○浮き部分が完全に仕切られたもの			○ポンツーンの各室仕切り板は、それぞれ各室が水密となるように、少なくとも片側は、必ず連続すみ肉溶接とする		——
	○浮き部分の連続する 3 室に加え回転止め検尺管等が貫通している室及びデッキ部分が破損した場合において沈下しないもの	○浮き部分の連続する 2 室及びデッキ部分が破損した場合において沈下しないもの	○浮き部分の連続する 2 室が破損した場合において沈下しないもの	○条件の最も悪いポンツーン 2 室とデッキが同時に破損した場合において沈下しないもの	○条件の最も悪い隔壁 2 室が破損した場合において沈下しないもの	
	○浮き屋根上に水が 250mm 滞水した場合において沈下しないもの ○浮力は貯蔵する危険物の比重が 0.7 以上であるときは 0.7 として計算すること。			○貯槽の水平投影面積に対し、250mm に相当する降雨が全てデッキ上にたまったとき沈下しないもの		

		○浮力は、貯蔵液体の比重 0.7 以上であるときは 0.7 とし、0.7 未満のときはその値を用いる	
最小厚さ 【昭和 52 年政令第 10 号附則第 3 項第 2 号、告示第 4 条の 17 第 3 号】	3. 2mm 又は 4. 5mm	4. 5mm	○消防法及び JIS 規格 (JIS B 8501) を満たしているか確認し、必要であれば補修実施
溶接方法 【告示第 4 条の 22】	○浮き部分の溶接及び浮き部分と浮き部分以外の溶接は、完全溶け込み溶接又は同等以上の溶接強度を有する溶接方法	○デッキ板は重ね継手とし、板の上面から全厚連続すみ肉溶接、重ね代 25mm 以上 ○剛性の大きい部材から 300mm 以内のデッキ板継手は、板下面からピッチ 250mm、長さ 50mm 以上の断続全厚すみ肉溶接	○溶接補修は関連法規、規格及びこれらと同等と認められる基準に従う溶接方法
溶接部の試験 【規則第 20 条の 9】	○浮き屋根の総体に係る溶接部は、真空試験、加圧漏れ試験、浸透液漏れ試験等によって漏れが無いもの	○浮き屋根の溶接部は、空気圧試験、真空試験及びその他適切な方法による漏れ試験によって漏れがないもの（空気圧の場合、最低 353Pa とし、設計圧力を超えてはならない） ○貯槽本体の水張試験の水張り水抜きの際に浮き屋根の作動状況、シール部の状態及びデッキの漏れを調べる。ダブルデッキ形の屋根では、下部デッキの上面で漏れを調べる。	○点検時：目視にて異常が認められた場合、非破壊検査 ○溶接線補修後：磁粉探傷試験または浸透探傷試験、必要に応じて漏れ試験
付属品等 【告示第 4 条の 22】	○各浮き部分に危険物や水が浸入しない構造のマンホール ○降水量に応じた排水設備 ○排水能力を超えた場合の非常用排水設備	○各浮き部分には、水又は貯蔵液が入らない構造とし、ふた板は風で飛ばされない構造とする ○降雨量に応じた排水設備	○消防法及び JIS 規格 (JIS B 8501) を満たしているか確認し、必要であれば補修実施
	○排水設備からの危険物の流出防止機能	記載なし	
	○着底時の破損防止用通気管 ○回転を防止する機構 ○外周部はたわみ性、密着性のある材料 ○滑動部分は発火しない材料、構造	○着底時の破損防止用通気管 ○屋根を常に貯槽の中心位置に保持し、かつ、回転を防止するための機構 ○外周部はたわみ性、密着性のあるシール ○滑動部分は発火しない材料及び構造	
定期点検 【規則第 62 条の 4】	○1 年に 1 回以上 ○技術上の基準に適合しているかどうかについて	—	○消防法に準拠 ○性能維持の確認のため、1 年に 1 回以上

2. 3. 2 国外の規格との比較

アメリカをはじめとする各国で参照されている A P I (American petroleum Institute) 規格と E U で主に参照されている B S (BRITISH STANDARD) も近い内容の規格となっているが、一部の抜粋を以下に示す。いずれも一定以上の大きさのシングルデッキについては風荷重による疲労破壊を考慮するよう求めている。

API650 Annex C External Floating Roofs C. 3. 1. 5

For tanks greater than 60 m (200 ft) in diameter, the deck portion of single-deck pontoon floating roofs shall be designed to **avoid flexural fatigue failure caused by design wind loads**. Such designs shall be a matter of agreement between the Purchaser and the Manufacturer, using techniques such as underside stitch welding.

BS EN (BRITISH STANDARD) D. 3. 4 Roof stability under wind load

When tanks are to be erected in a region where wind conditions can give rise to fatigue in the roof center deck welds, the roof design and type to be used shall be as specified by the purchaser (see A. 1) for tanks 50 m diameter and above. In other cases, **no account**

shall be taken of wind generated fatigue loads.

また、ポンツーンの仕切り板について、J I S、A P I、は全周連続隅肉溶接を要求しているのに対して、B Sは底板からリム板上端までは連続隅肉溶接だが、上端の溶接は二つに一つの仕切り板を連続隅肉溶接とするよう要求している。

API650 C.3.6 Compartments

Compartment plates are radial or circumferential dividers forming compartments that provide flotation for the roof (see C.3.4). All internal compartment plates (or sheets) shall be single-fillet welded along **all of their edges**, and other welding shall be performed at junctions as required to make each compartment leak tight. Each compartment weld shall be tested for leak tightness using internal pressure or a vacuum box and a soap solution or penetrating oil.

BS D.7.3 Bulkheads

All internal bulkhead plates shall be at least **single fillet welded** along their **bottom and vertical edges for liquid tightness**, and **the top edge of alternate bulkheads shall also be provided with a continuous single fillet weld for liquid tightness**.

Bulkhead plate corners trimmed for clearance of longitudinal fillet welds shall be filled by welding to obtain liquid tightness.

2. 4 第3者機関による事故調査に基づく分析

アンケート結果や、上記事故事例及び危険物保安技術協会が実施した浮き屋根の漏えい事故調査から、漏えいの主な原因と対策案について取り纏めた（表2-2）。

この結果、タンクの開放検査時に、ポンツーン全体の気密状況が確認できる加圧漏れ試験、漏えいの原因となった腐食に対する点検、及び過度な応力集中を発生させる構造の見直し等が有効とされた。

表 2-2 浮き屋根の漏えい事故の概要と自主点検状況

	許可 容量	浮き屋根形 式	直近の保安 完前検査	開放時検査	工事後検査	漏洩 箇所 工事 有無	漏洩を受けて 実施した検査	漏洩発覚時期	漏洩量	漏洩概要	漏洩原因に対して有効な対策
1	9,610	シングル ハイデッキ	平成 24 年 3 月	目視検査(ボンツーン 内含む) 肉厚測定(原油タンク は全室) デッキ板は板毎 3 点 測定	加圧漏れ試験 (溶接線補修や、 一部板切り取り等 の部分補修であれ ば、浸透探傷試 験)	有	不明	平成 29 年 7 月	0.37KL	ボンツーン貫通附属品取付部溶 接線から流出、ボンツーン下板 ×貫通部の溶接線一部未施だ ったことで、ボンツーンが液密に なっていなかった。 設計図面では溶接指示あり。	ボンツーン全体に対しての加圧 漏れ試験 (溶接線には発泡液を用いる)
2	9,900	シングル ハイデッキ	平成 26 年 11 月	目視検査(ボンツーン 内含む) 目視検査で腐食が認 められた場合は肉厚 測定 漏れ・漏洩(油分の付 着)が疑われた場合 には加圧漏れ試験を 実施している。	加圧漏れ試験	不明	ボンツーン全室 の目視点検、 溶接線全線 PT 検査または真 空試験を実施。	平成 27 年 12 月	3KL	リムベント配管腐食により貫通	不要な構造の見直し
3	40,97 8	シングル ハイデッキ	平成 27 年 10 月	1、屋根板:目視及 び、タンク毎の腐食状 況により、超音波 / 磁 気飽和渦流探傷法 (SLOFEC など)による 定点 or 連続肉厚測 定。 2、ボンツーン:目視検 査 目視検査により、漏え い有無の確認の必要 のある溶接線には浸 透液漏れ試験あるい は真空試験を実施	バキュームテスト 又は浸透探傷試 験	有	不明	平成 28 年 6 月	滯油	内リム×補ガセット接合部、内リ ム母材割れ ピン接合が溶接により剛接合と なったため 平成 28 年発見時コーキング等 による応急措置を実施	過度な応力集中を起こす構造の 見直し
4	997	シングル ハイデッキ	—			不明	漏洩したボンツ ーンは発泡液 を用いた加圧 漏れ試験とバ キューム試験 (下板相互の み)を実施。漏 れは確認でき なかった。 PT 検査により 溶接部に貫通 孔が発見され た。	平成 28 年 5 月	滲み	下板相互溶接線より滲み	ボンツーン全体に対しての加圧 漏れ試験 (溶接線には発泡液を用いる) 溶接線に対する浸透液漏れ試 験
5	27,32 6	シングル ハイデッキ	平成 24 年 2 月			不明	不明	平成 26 年 6 月	滯油 (拭き取れ る程度)	ボンツーン溶接部 原因は不明(溶接欠陥の顕在化 と事業所は推定) ※開放検査これから	—
6	9,800	シングル ハイデッキ	平成 21 年 10 月			不明	不明	平成 29 年 8 月	滲み	ボンツーン下板溶接線に滲み 原因は不明(溶接欠陥の顕在化 と事業所は推定) ※開放検査これから	—
7	2,000	シングル ハイデッキ	平成 26 年 12 月	目視検査(ボンツーン 内含む) 漏洩事故との関連 は不明。但し定期 開放点検等「所 内事故の水平展 開検査」の記載有 り。	ボンツーンの板を 取り替えた場合は 工事箇所に対して 加圧漏れ試験を実 施。 漏洩事故との関連 は不明。但し定期 開放点検等「所 内事故の水平展 開検査」の記載有 り。	有	全室浸透液漏 れ試験を実施 (接液部のみ)	平成 28 年 10 月	0.16KL	スラグ巻き込み等溶接欠陥によ り下板×内リム、下板×外リム、 下板相互溶接線より漏洩	ボンツーン全体に対しての加圧 漏れ試験 (溶接線には発泡液を用いる) 溶接線に対する浸透液漏れ試 験
8	108.0 00	シングル ローデッキ	平成 26 年 4 月			無	不明	平成 29 年 10 月	満液	ボンツーン下板母材腐食により 貫通、漏洩	詳細な目視検査
9	108.0 00	シングル ハイデッキ	平成 28 年 8 月			無	漏れたボンツ ーンは浸透液 漏れ試験を実 施(接液部の み) 全室加圧漏れ 試験を実施(上 板×リム板、上 板相互は除く)	平成 30 年 6 月	21.5KL (1 室満液) 4.3KL (1 室滯油)	下板×円周リング端部母材割れ (内圧変化による割れ) 下板相互溶接線初期欠陥	ボンツーン全体に対しての加圧 漏れ試験 (溶接線には発泡液を用いる) 溶接線に対する浸透液漏れ試 験 溶接線に対する PT、MT 過度な応力集中を起こす構造の 見直し

2. 5 浮き屋根に関する文献調査

浮き屋根の安全性に関して、過去に実施された研究の情報収集を行った。

いくつかの例と概要を示す。

2.5.1 「不具合溶接を有する重ね継手部の疲労亀裂進展評価」

(圧力技術第 50 巻第 2 号、第 5 号)

浮き屋根のデッキ板の溶接継手は重ね継手になっており、一般的に板厚は 4.5mm となっている。この重ね継手部の疲労についての研究として、欠陥を有する重ね継手部を想定し(図 2-13)、繰り返し荷重をかけた際に、亀裂の疲労寿命(貫通に至るまでの回数)を算出している。その際の継ぎ手形状(図 2-13)の違い、曲げ・引張り荷重、欠陥の位置、板のギャップの大きさ(図 2-13 での ξ)による疲労寿命の違いをシミュレーションで検証している。

その結果、継手部に曲げ荷重が作用する場合、ルート亀裂(Root crack face)については隙間 ξ の増大に対する疲労寿命の低下の度合いは、止端側脚長 4.5mm モデル(図 2-13 右側)が 45 度モデル(図 2-13 左側)と比べて大きくなった。これは、のど厚の影響が大きいことを示している。また、止端部亀裂(Toe crack face)は、隙間 ξ の影響はあまり見られなかった。

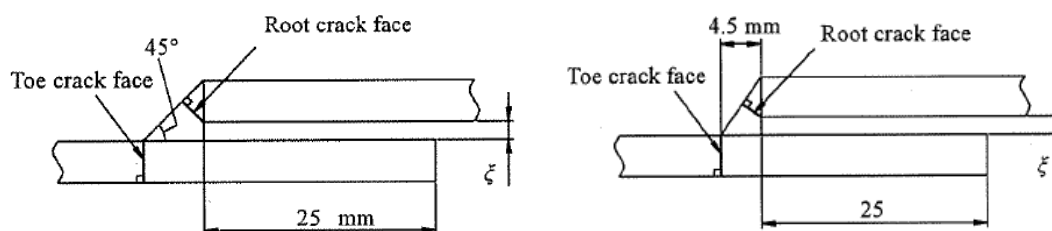


図 2-13 想定モデル

2.5.2 「風による円筒タンク浮き屋根の挙動シミュレーション」

(日本機械学会論文集 B 編 78 巻 792 号、799 号、80 巻 812 号)

使用中の浮き屋根には、地震、大雨、台風等による影響を受けることが想定されるが、日常的な荷重としては、主に雨や風が想定される。

ここでは直径約 80m、高さ約 20m の 10 万 kL 級のタンクを想定し、これが一様な風を受けた際に浮き屋根にどのような挙動が生じるかをシミュレーションしている。なお、デッキ板は板厚 4.5mm の一枚板形状としており、継ぎ手形状等は考慮されていない。

その結果、タンク上部に風が吹くことで、浮き屋根直上に圧力分布の差が生じ、浮き屋根のデッキ板に波打ち震動が生じることが確認された。その際の風速とデッキ板に生じる繰り返し曲げ応力範囲(最大標準偏差値)の関係は、以下の表 2-3 のようになり、卓越周期は風速によらず 1 秒～3 秒とされている。

表 2-3 風速と繰り返し曲げ応力範囲(最大標準偏差値)の関係

風速 (m/s)	10	30	50
曲げ応力範囲 (MPa)	1.48	10.4	22.8

このように、最大 50m/s の強風下においても、最大曲げ応力は 22.8MPa と SS400 の降伏点(約 240MPa)を大幅に下回っていることがわかる。ただし、実際のデッキ板の継ぎ手は、重ね継手であることや、またあくまでシミュレーションによる数値であることには注意を要する。

また、卓越周期が 1 秒～3 秒ということは、1 時間で 1,200 回～3,600 回、1 日で 28,800 回～86,400 回とかなりの回数曲げ荷重がかかるということになり、これによる疲労について配慮することが必要である。

2.5.3 「シングルデッキ形浮き屋根の疲労損傷評価事例」

(産業機械 2001.11「特集」タンク)

実際に溶接部からの漏えいが発生した浮き屋根において、一ヶ月間風速を測定し、また腐食減肉が顕著と認められた継手部を選定・型取りし、応力解析を実施した(図2-14)。

その結果、高応力はデッキ下板の減肉部の、隅肉溶接ルート部とその表面に集中し、デッキ板一般部の発生応力に比べ約2.3倍となった。

また、この状況下において「浮き屋根式貯槽の耐風設計についての一考察」から風による圧力変動の振動数を算出し、測定された最大風速13.2mから疲労強度評価を実施すると、建設後25年間でデッキの許容繰返し回数約7,900万回に対して、予想繰返し回数は約6,400万回と約8割に達しており、漏えい原因はデッキ板溶接部の疲労損傷の可能性が高いことを示していた。

同様の検討をデッキ板一般部(溶接部以外の箇所)について行ったが、デッキ一般部ではこの条件下では疲労損傷に至る可能性は皆無であることも判った。

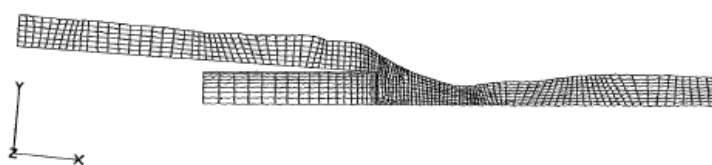


図2-14 隅肉溶接継手部の応力解析モデル

2.6 漏えいの要因まとめ

漏えい発生までのイメージを図2-15に示す。浮き屋根の漏えいの要因については、単純な腐食による貫通を除き、それぞれの要因が単独で漏えいの原因となったというよりは、初期欠陥を有する場合に、経年劣化(腐食の発生等)を経て、そこに疲労を引き起こすような繰返し荷重(風・雨・地震等)が発生し、複数の要因が重なった結果、発生しているものと推定される。

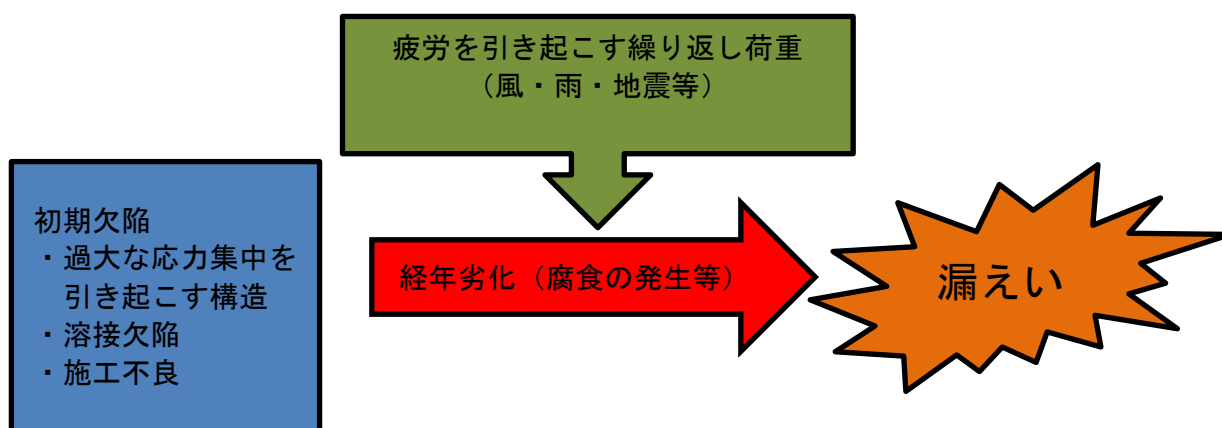


図2-15 漏えい発生までのイメージ

2.7 対策

漏えい発生までのイメージは、図2-15で示したとおりではあるが、浮き屋根式タンクの大半は建設から30年以上経過しており、経年劣化が進む中、浮き屋根の沈没による全面火災という最悪のシナリオを未然に防止するためには、漏えいの発生を防止し、漏えいが発生した際の早期発見、浮き屋根における漏えい拡大防止を図ることが必要である。

2.7.1 漏えいの発生防止

(1) タンク開放時に実施する点検

浮き屋根は、既存の欠陥を確実に発見するために、ポンツーンにおいては、開放検査時

においても、建設時に実施した際と同様に漏れ試験を実施する。また、その際には、検査できなかった溶接部が生じないように、ポンツーン全体を加圧する加圧漏れ試験を実施することが望ましい。加圧漏れ試験を実施する際には、塗装が健全であれば塗装を剥離せずに実施しても差し支えない。

また、過去に事故が発生した事例と同様の、過大な応力集中の生じる可能性のある構造については、改修することが望ましい。しかしながら改修することが困難な場合にあっては、入念な点検を実施するとともに、次回開放検査時においても同様に点検を実施する。

【過大な応力集中が生じる構造の例】

- ① 拘束された内リムに3枚以上の板が溶接されている箇所
- ② トラス、サポートが下板に直接溶接されている箇所

点検の具体的な実施方法においては、【別添1】「タンク開放時に実施する浮き屋根の点検について」(P.18)に示す。

(2) 溶接欠陥の発生防止

溶接部の欠陥の発生を防止するためには、適切な溶接施工が重要となる。具体的には2.5.1に示したように、重ね継手の溶接施工時には、のど厚の確保が重要となることから、新設時や板の取替工事を実施する際には、板同士の肌合わせを十分に行うとともに、適切な溶接材料、溶接条件、溶接士の技量、溶接後の検査等を盛り込んだ、溶接施工要領書を事業者と施工会社の間で取り交わし、施工会社の現場監督はそれが確実に遵守されるよう現場を管理する必要がある。

また、JISではデッキ板についてガーダ、支柱及びその他の剛性の大きい部材から300mm以内のデッキ板の継手は、板の下面からピッチ250mm、長さ50mm以上の断続全厚隅肉溶接を行うこととしており、デッキ板の更新等を実施する際には、このような構造に改修することが望ましい。

2.7.2 ポンツーン内に漏えいが発生した際の影響拡大の防止

(1) 仕切り板の構造の確認

浮き屋根は法令により相隣接する2室（告示第4条の21の3に規定するタンクにあつては連続する3の室及び回転止め、検尺管等が貫通している室）及びポンツーン以外の部分が破損した場合においても沈下しないものであることが要求されており、一定の損傷に対して安全性を有している構造となっている。しかしながら、これは仕切り板の溶接に漏れ等がなく健全であり、ある1室へ漏えいした内容物が隣の室に流出しないことが前提となっている。

また、過去の浮き屋根の沈没事故では、ある1室に漏えいした内容物が浮き屋根の沈下に伴い、喫水線が内リムの上端を超えたことにより、断続溶接となっていた仕切り板上部から隣の室に内容物が流出したことが沈没の一因になっている。

そのことから、現行のJISやAPI規格が規定しているとおり、仕切り板の溶接は、断続隅肉溶接等で完全に仕切られていることが望ましい。しかしながら、既存の浮き屋根の仕切り板を全て改修することは、コスト的にも工期的にも現実的ではないため、完全に仕切られていない場合には、法令で想定している破損パターンが生じた際に、仕切り板の断続溶接部から隣接する室に流出するおそれのないことを確認することが必要である（図2-16）。これに当たり、沈下傾斜量については、平成19年消防危第242号通知によるとともに（想定破損室は告示第4条の21の3による）、ポンツーンが破損した場合の浮き屋根の浮力と傾斜角の確認を行い、傾斜が生じることで、雨水が通常の排水設備から有効に排水されずに浮き屋根上に滞留することが想定される場合（平成25年7月31日付け消防危第141号の2）には、その滞水重量を加え計算する。

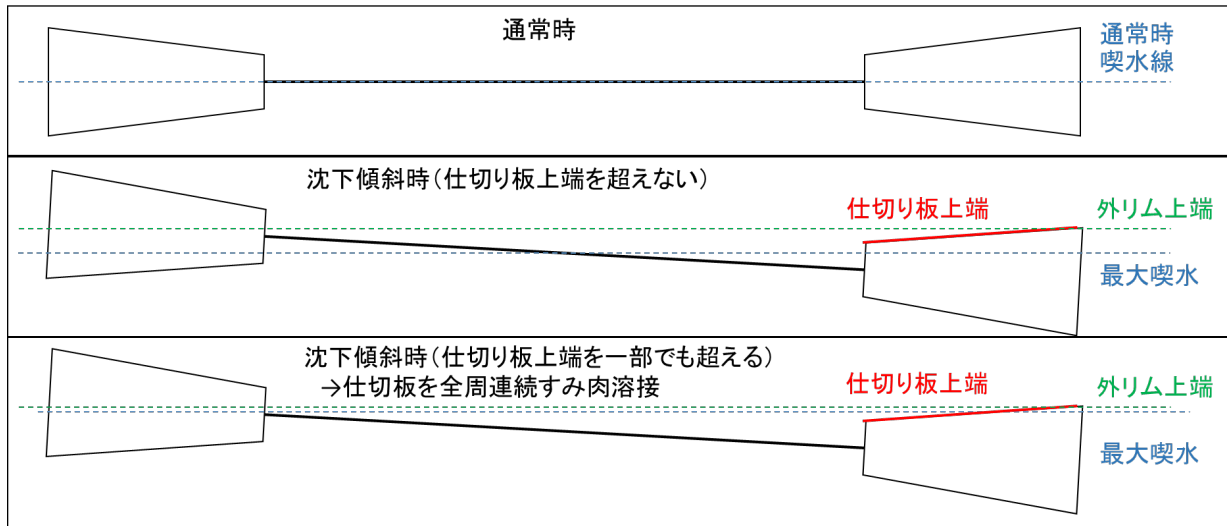


図 2-16 仕切り板の連続溶接化の要否の検討方法（ダブルデッキも同様）

（２）過去の補修履歴等を踏まえた浮力の確認

浮き屋根は、危険物の規制に関する技術上の細目を定める告示第 4 条の 22 に適合するように設計されているが、その後、使用期間が長引くに従い、当板補修等が行われ、建設時から、重量が増加していることも多い。通常、重量の変更を伴う工事が行われた場合には、工事後の重量で浮力計算を実施することになっている。過去に行われた改修工事等で、形状が当初設計から変更されていたにもかかわらず、正確な形状を事業者が把握していなかったケースもあったことから、正確な重量を算出するため、また適切な点検を実施するためにも、現状を表現する図面と実物が一致しているかの確認を行い、現状の正確な重量に基づいた浮力計算を実施する。

2.7.3 漏えいが発生した際の早期発見

浮き屋根での漏えい事故は、漏えい箇所がデッキ部であれば、日常行われている定期的な巡視点検等で知覚されることが多いが、ポンツーン内部の場合、漏えいしていることに気がつかないまま漏えい量が増大していく可能性がある。年に 1 回以上実施することを義務づけている定期点検等の機会に、浮き屋根についても、年に 1 回以上ポンツーン内部まで含めた点検を実施する。その際は、滲み等の軽微な漏れについても発見できるように入念な目視検査等を実施する。また、それに加え、浮き屋根に損傷が生じる可能性のある地震・大雨・台風等の自然災害発生直後においても、安全を確保した上でポンツーン内部まで含めた浮き屋根の点検を実施する。

2.7.4 その他

漏えいの形態として、腐食や溶接部の破損等以外にも、設備自体に不具合がないにもかかわらず、ルーフドレンやエマージェンシードレンから内容物が逆流し、デッキ板上に漏えいした事例がある。

これを防止するための具体的な検討方法について、参考資料 2-3 「喫水線上昇に伴うルーフサポートやエマージェンシードレンからの逆流防止対策」に示す。

これについては、実際のタンク内容物に浮き屋根が浮揚した状態で確認する必要があるため、オイルイン後、事業者にて著しい局所的な変形等が生じていないことを確認する。

タンク開放時に実施する浮き屋根の点検について

(1) 点検の対象部位

特定屋外タンク貯蔵所の浮き屋根（シングルデッキ、ダブルデッキ）を対象とする。

(2) 点検の内容

ア 目視検査

- ・デッキ板の溶接線及び板の腐食等の状況について、デッキ板上から目視検査を実施する。その際、脚長・のど厚不足については十分注意を払うこと。
- ・ポンツーン内の溶接線及び板の腐食の状況について、目視検査を実施する。

イ 加圧漏れ試験

- ・全てのポンツーン室に対して、加圧漏れ試験を実施する。
- ・試験圧力は、原則として 353 Pa (36 mmAq) 以上とする。
- ・加圧漏れ試験は、溶接線全線に発泡液を適用し、漏れがないことを確認する。または、圧力変化を測定することで漏れがないことを確認する。その際、塗装が健全である場合には塗装の剥離は不要とする。
- ・加圧漏れ試験の実施が困難な箇所に対しては、JISZ2330（非破壊試験－漏れ試験方法の種類及びその選択）に規定する漏れ試験を実施する。
その際は、試験されない溶接部が残らないよう留意する。（断続溶接で取り付けられている当板に覆われた溶接部等）
- ・加圧漏れ試験により漏れが確認された場合は、漏れの箇所を特定する。

ウ 超音波板厚測定

- ・ポンツーン底板に対して、超音波板厚測定を実施する。
（浮き屋根耐震基準対象タンクにあっては、このほかに平成 17 年消防危第 295 号通知で定められた箇所に対しても、超音波板厚測定を実施する）

(3) 不具合箇所の対応

- ・加圧漏れ試験等により漏れが認められた箇所に対しては、溶接補修を実施する。
- ・目視検査や超音波板厚測定により板の厚さが 3.2mm 未満となった箇所に対しては、溶接補修（肉盛り補修、当板補修、取替補修）を実施する。（浮き屋根耐震基準対象タンクにあっては、強度評価を満足する板厚を確保する必要がある）

(4) 補修後の検査

- ・デッキ板に係る溶接補修箇所に対しては、従来通り漏れ試験を実施する。
- ・ポンツーンに係る溶接補修箇所に対しては、加圧漏れ試験を実施する。すでに加圧漏れ試験が実施されている場合にあっては、加圧漏れ試験以外の漏れ試験でも差し支えない。

(5) 不要な設備や過度に応力が集中する構造の確認等

上記（2）で示した点検内容の他、ポンツーン内への流出事故を引き起こすリスクが高い不要な設備又は過度に応力が集中する構造の有無について確認する。これらの設備又は構造が確認された場合は、当該設備の撤去及び当該構造の見直しを行うことが望ましい。撤去等を実施しない場合にあっては、次回以降の開放検査においても、当該箇所については入念に点検する。

第3章 浮き屋根の漏えい発生時の対応

第3章 浮き屋根の漏えい発生時の対応について

タンク使用中に、ポンツーン内部及びデッキ部を含め、浮き屋根に危険物の漏えいが発生した場合、漏えいが滲み程度であっても消防法第16条の3第1項に規定する事故に該当するものであり、そのような事故が発生した場合にあっては、直ちに、引き続き危険物の流出及び拡散の防止、流出した危険物の除去や、その他の災害発生防止のための応急措置を講じる必要がある。その上で、タンクを速やかに開放し、恒久的な補修を行うことが原則である。

しかしながら、タンクの緊急開放は、事業所の運営に多大な影響とコストが発生することから、金属パテ等を用いて、漏えい箇所を塞ぎ（以下「仮補修」という）、漏えいを停止させた上で、タンクの使用を継続している運用例もある。

そこで、適切な仮補修の方法と、タンクを継続的に使用する際の注意点について調査・検討を実施した。

3. 1 浮き屋根に対する仮補修の現状調査

3.1.1 現地調査

2. 1で述べたアンケート調査を実施するとともに、実際の仮補修の実情を調査するため、仮補修を実施している事業所に協力して頂き、現地調査を実施した。

以下に当該事業所における仮補修の取り組みの一例を示す。

(1) 仮補修材

1層目：アクアパテ（エポキシ樹脂）

漏れを一時的に止める。速乾性あり。屋根の変形に対する追従性なし。

2層目：ウルトラシール（アクリル樹脂）

漏れを止める。密着性と速乾性あり。屋根の変形に対する追従性なし。

3層目：MMエラストマー（ポリマー）

1、2層目が割れた際に漏れを止める。屋根の変形に対する追従性あり。

(2) 施工手順

①下地処理として屋根板の塗装を剥離し、鉄面まで下地を出す。

②一層目は不具合部をポイントでアクアパテを施工。

③アクアパテの初期硬化を確認後（30分程度が目安）、2層目のウルトラシールを施工。

④ウルトラシールの初期硬化を確認後（30分程度が目安）、完全硬化させる（24時間）。

⑤ウルトラシールの完全硬化後、3層目のエラストマーを施工。

注意点：2層目以降、屋根板表面に油分が残った状態で塗布すると、硬化せずに柔らかく膨らんだ状態になるため、十分に油分を除去した上で施工する。

(3) 仮補修後の点検

①最初の4日間は、2回／日の点検。問題なければ以降は、1回／日の点検。

②降雨時や降雨後は、対象タンクのルーフドレンを確認し、油膜の有無を調べる。

③地震（震度3以上）、台風、大雨（50mm/H以上）が発生した場合は、安全が確保できたことを確認の上、仮補修部に異常のないことを確認する。

(4) 仮補修後の管理

①半年ごとに仮補修の再補修を実施。

②危険物が屋根上に流出した場合に備え、あらかじめ移送先タンクを決定しておく。

③消防本部に日常点検結果を報告する（1回／週）

④仮補修箇所に再度滲み等の漏えいが発見された場合は、消防局に報告し対応を仰ぐ。



図 3 - 1 浮き屋根の現地調査風景



図 3 - 2 浮き屋根の仮補修（アクアパテ+ウルトラシール+エラストマー）

3.1.2 仮補修に関する追加調査

仮補修に関して実態を詳細に調査するため、当初実施したアンケートの際に、仮補修を実施したと回答した事業書に対して、仮補修の不具合事例等について追加で調査を実施した（参考資料 3-1）。その結果の概要を表 3-1 に示す。

また、仮補修材を選定する際に注意している点として、耐油性、耐候性、追従性、硬化時間、内容物との相性を考慮している回答が主であった他、層ごとに注意点を設け、所内で手順書を作成し、仮補修技術の蓄積がされている事業所もあった。

仮補修材として実績のあるものは、いずれも台風や地震等の影響がなければ、概ね数ヶ月程度はもつ傾向がある。これは適切な仮措置材を選定し、適切に施工していれば、さらに長期間維持できるものと推定される。また、2層構造にしており、1層目が割れ、2層目が膨らみ、再度の漏えいに至る前に不具合を発見することのできた事例もあった。

表 3-1 仮補修の不具合事例

施工箇所	不具合発生までの期間	推定原因
デッキ板	2週間	施工不良・台風
デッキ板	2ヶ月	追従性の不足
デッキ板	6ヶ月	追従性の不足
デッキ板	10ヶ月	変形に対する追従性の不足
ポンツーン	2ヶ月	施工不具合
ポンツーン	数日～3.5ヶ月で計8回	施工不良・地震 (平成30年北海道胆振東部地震)

3.1.3 大規模地震で損傷を受けた浮き屋根の事故調査

平成30年に発生した北海道胆振東部地震において、特定屋外タンクの浮き屋根（ダブルデッキ型）において危険物の漏えいが発生しており、当該タンクが開放されたことから、現地調査を実施した。被害の概要を図3-3に示す。

損傷箇所の仕切り板が大きく座屈しており、地震動によって大きな圧縮荷重がかかったことが推定される。また、損傷箇所が仕切り板直下であり、また、溶接線の損傷も合わせて発生したことから、一箇所の貫通傷から3室に危険物が漏えいする結果となった。

当該タンクはダブルデッキ形の浮き屋根であるが、損傷が発生したのは中央付近のポンツーンであり、最外周のポンツーンのみで最低限の浮力は確保できるように設計されており、仮補修で漏えいを一時的には食い止めることができたものの、漏えいの再発が頻発することから、タンク開放予定を前倒し、地震発生から約1年後に浮き屋根の恒久補修を実施した。

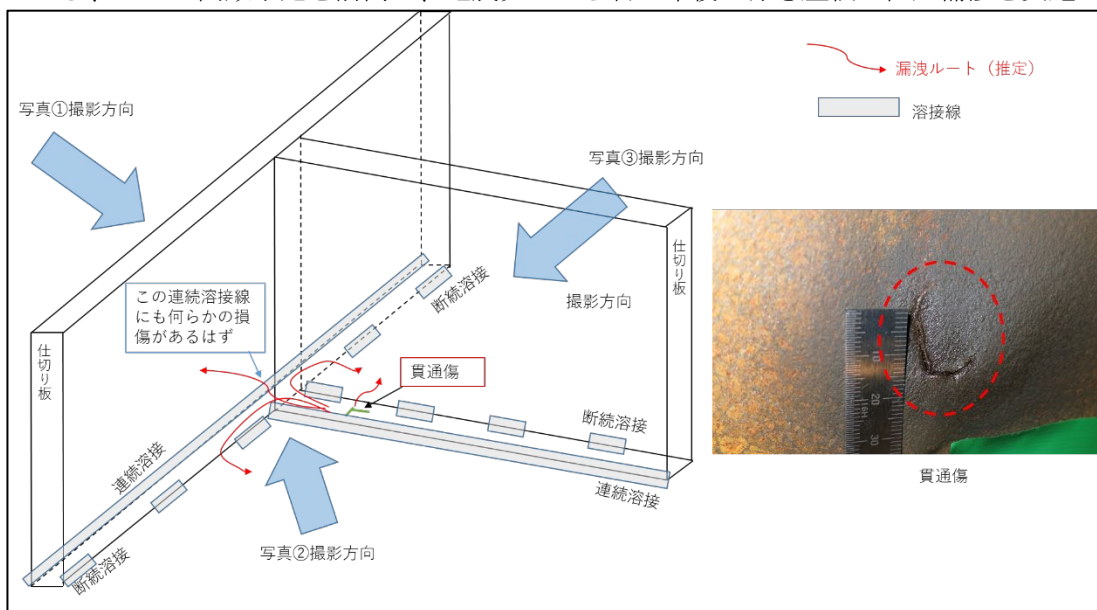
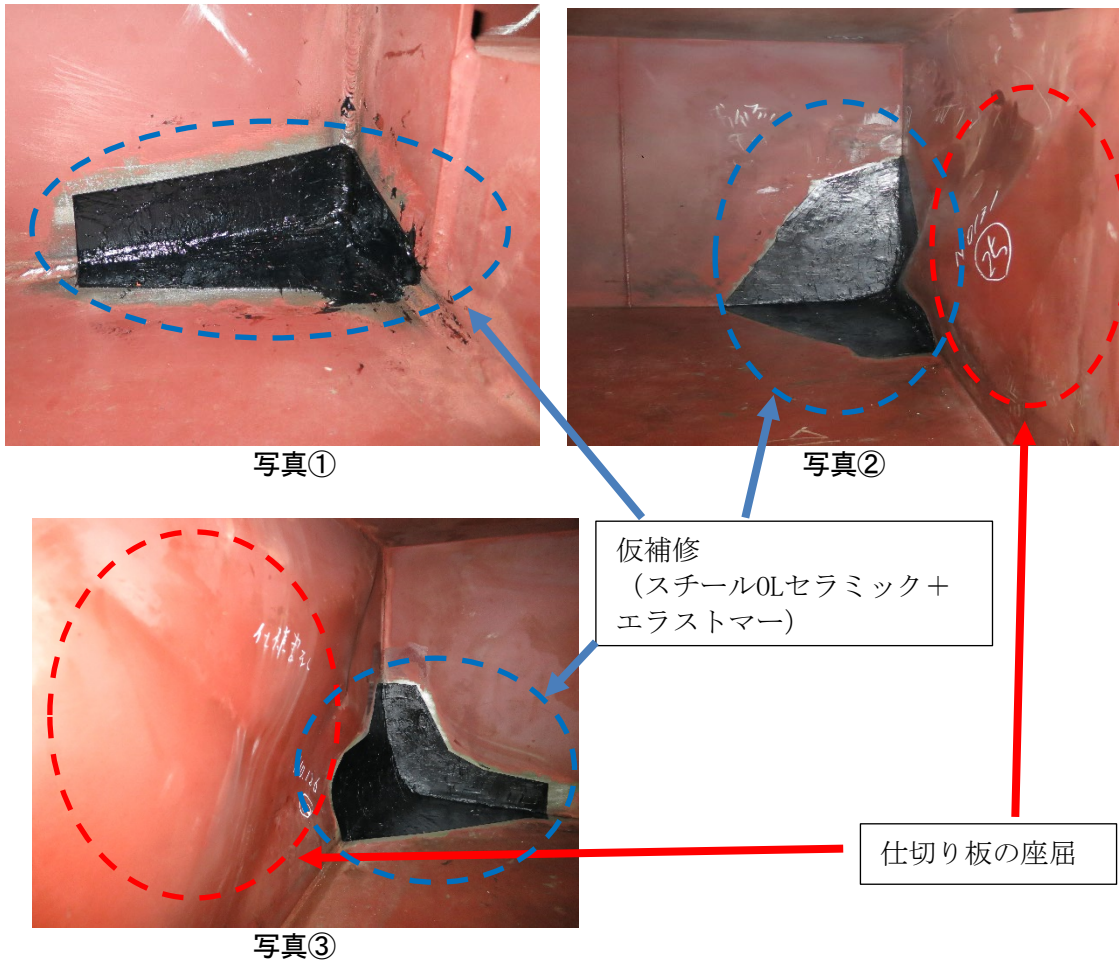


図 3-3 損傷状況の概要



3. 2 仮補修を実施した試験片に対する疲労試験

アンケートから抽出した実績のある仮補修材の妥当性を確認するために、疲労試験を実施した。

3.2.1 疲労試験の概要

浮き屋根のデッキ板の一部を模した、重ね継手を有する厚さ 4.5mm の試験片に仮補修を施し、曲げ疲労試験を実施することで、適切な仮補修材や施工範囲を把握する。詳細は参考資料 3-2 を参照。

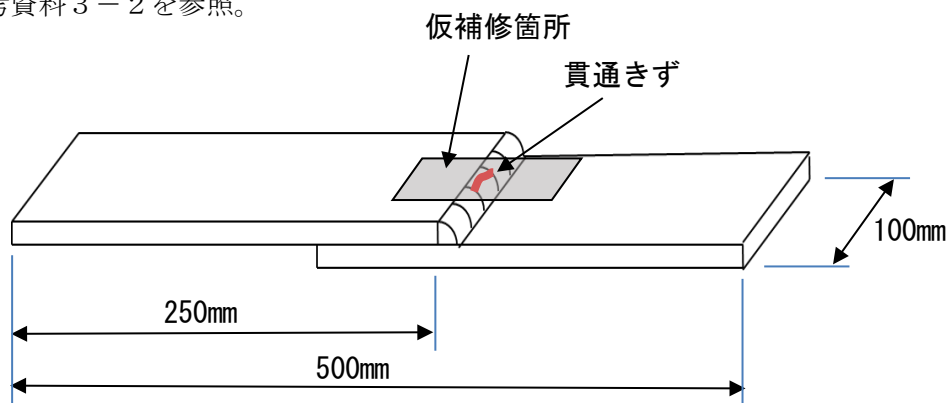


図 3-4 疲労試験片

(1) 仮補修の仕様

仮補修材は、次の7種類とし、それぞれ施工範囲（A：貫通きず周囲の溶接線を埋める程度、B：50mm×100mm）を変えて実施する。

措置1：FRP 3層（MC450 チョップストランドマット+WR570 ローピングクロス+ #30 Pサーフェイス）

措置2：ベロメタル

措置3：デブコン

措置4：レクターシール

措置5：マルチメタル oL-スチールセラミック

措置6：エラストマー

措置7：マルチメタル（1層目）+エラストマー（2層目）

表3-2 仮補修毎の施工範囲と試験片数量

	施工範囲A：貫通きず周囲の溶接線を埋める程度	施工範囲B：50mm（溶接線方向）×100mm（試験片長手方向）程度
措置1	—	3
措置2	3	3
措置3	3	3
措置4	3	3
措置5	3	3
措置6	3	3
措置7	—	3 1層目：施工範囲A 2層目：施工範囲B
小計	15	21
合計	36	

(2) 疲労試験の詳細

①試験の種類

溶接部を中心とした四点曲げ。曲げの向きは上下方向とする

②曲げ量

溶接部近傍母材において、母材が降伏する直前の歪みが発生するまでとする。

※試験の経過によっては途中で減じる可能性がある（後述）

③繰返し数

1,000回

(3) 疲労試験後の試験

①真空試験

目的：仮補修の気密性の確認

実施時期：仮補修を実施した上で疲労試験前後

対象試験片：全て

合格基準：漏れがないこと（疲労試験前の試験で漏れが見つかった場合は仮補修をやり直すこと。その際のコストは請負者の負担とする。）

②亀裂の進展観察

目的：疲労試験による亀裂の進展確認

実施時期：仮補修実施前と疲労試験後

対象試験片：施工範囲Bの試験片のうち措置毎に1ピース（計7ピース）

3.2.2 疲労試験結果

疲労試験結果の概要を表 3-3 に示す。詳細は参考資料 3-3 を参照。

施工範囲 A は⑤-A-1 に漏れが認められたものの、いずれも剥離は認められなかった。施工範囲 B は、②-B-2 に漏れが認められ、全面あるいは一部剥離したものがあつた。剥離の原因としては、試験片の変形に対して、硬化した仮補修材が追随できなかったものと推定される。

仮補修材が全面剥離したにもかかわらず、漏れが発生しなかったものは、仮補修材が貫通せずの中にまで入り込んだことで、表層の仮補修材が剥離しても、気密性を確保できたものと推定される。

また、亀裂の進展観察を実施した試験片は、いずれも疲労試験後に亀裂の進展は観察されなかった。

この結果を踏まえると、デッキ板のように大きな変位が発生することが想定される箇所に対しては、硬化する仮補修材を必要以上に広い範囲に施工することは不適當と考えられる。しかしながら、ポンツーン内の補強材近傍等の大きな変位が発生しにくい箇所では、変位に対する追従性はそれほど必要ではないと考えられる。

また、試験体の変位に追従できる比較的やわらかいものについては、広い範囲に施工しても剥離は発生していないが、硬化するものに比べ、機械的強度は劣るため、仮にタンク内から圧力がかかった際には、膨れ等が発生する可能性がある。

なお、今回の疲労試験は、母材が降伏する直前までの大きな変位を与えており、実際の浮き屋根の変位を模したのではないことに留意する必要がある。

表 3-3 疲労試験結果一覧表

仮補修材	施工範囲	試験片符号	試験前	試験後	疲労試験後の補修材	剥離箇所 剥離した回数
措置① (FRP)	B	①-B-1	漏れなし	漏れなし	一部剥離	端部 回数不明 ^{*1}
		①-B-2	漏れなし	漏れなし	一部剥離	端部 約 150 回
		①-B-3	漏れなし	漏れなし	一部剥離	端部 0 回 ^{*2}
措置② (ペロメタル)	A	②-A-1	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		②-A-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		②-A-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
	B	②-B-1	漏れなし	漏れなし	一部剥離	溶接部近傍 回数不明 ^{*1}
		②-B-2	漏れなし	漏れあり	全面剥離	端部 0 回 ^{*2}
		②-B-3	漏れなし	漏れなし	一部剥離	端部 0 回 ^{*2}
措置③ (デブコン)	A	③-A-1	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		③-A-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		③-A-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
	B	③-B-1	漏れなし	漏れなし	一部剥離	
		③-B-2	漏れなし	漏れなし	全面剥離	100 回で溶接部近 傍剥離→全面剥離
		③-B-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
措置④ (レクター シール)	A	④-A-1	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		④-A-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		④-A-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
	B	④-B-1	漏れなし	漏れなし	全面剥離	
		④-B-2	漏れなし	漏れなし	片側全面剥離	50 回で端部剥離 →片側全面剥離
		④-B-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
措置⑤ (マルチメタル oL-スチ ールセラミ ック)	A	⑤-A-1	漏れなし	漏れあり	剥離なし	
		⑤-A-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑤-A-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
	B	⑤-B-1	漏れなし	漏れなし	一部剥離	端部 回数不明 ^{*1}
		⑤-B-2	漏れなし	漏れなし	一部剥離	端部 0 回 ^{*2}
		⑤-B-3	漏れなし	漏れなし	一部剥離	端部 0 回 ^{*2}
措置⑥ (エラスト マー)	A	⑥-A-1	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑥-A-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑥-A-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
	B	⑥-B-1	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑥-B-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑥-B-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
措置⑦ (措置⑤ +⑥)	B	⑦-B-1	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑦-B-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑦-B-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	

* 1 施工範囲 B の 1 回目は途中観察を実施していないため

* 2 最初の荷重をかける際に剥離したもの。

3. 3 適切な仮補修の方法

3.3.1 仮補修材の選定

仮補修材の選定にあたっては、以下の事項に注意する必要がある。

- ・貯蔵物との相性（貯蔵物への耐膨潤性等）
- ・変形に対する追従性
- ・硬化時間
- ・耐候性

3.3.2 施工の際の手順

- ①作業者の安全に留意して作業を開始する。狭隘部となるポンツーン室内での作業は特に注意する。
- ②漏えい箇所周囲の油分を除去し、漏えい箇所の観察を行い、可能な限り貫通孔又はきずの大きさを測定する。
- ③漏えい量から技術的に仮補修の可否を事業者が判断し、割れの場合には割れの状況から進展性有無を事業者が判断し、所轄消防と協議する。
- ④漏えい箇所周辺の油分が可能な限り少ない状態で、仮補修を実施する。
- ⑤仮補修の具体的な方法は、仮補修材のメーカー指定の方法に従い、必要に応じてメーカーと協議する。
- ⑥硬化する仮補修材の施工にあたっては、デッキ板等の変形が予想される箇所については、必要最小限の範囲に施工する。（ポンツーン内の仕切り板や補強材近傍等の変形が発生しにくい箇所についてはこの限りではない）
- ⑦仮補修は2層以上とすることが望ましい。
 - 1層目に求められる特性：内容物との相性、硬化性
 - 2層目に求められる特性：変形に対する追従性、耐候性※2層目の施工の際には再度十分に油分を除去した上で実施する。
施工事例や注意点を参考資料3-4、3-5に示す。

3.3.3 フォローアップ

- ①仮補修が適切に維持されているかを確認するため、定期的な点検を実施する。特に施工直後1週間程度は頻繁な点検を実施する。その際、特に端部において剥離や膨れが発生していないか注意深く観察する必要がある。
- ②地震・大雨・台風等の直後にも点検を実施する。
- ③仮補修材は、定期的に交換することが望ましい。その際に、貫通孔又はきずの大きさが目視により拡大していないことを確認する。
- ④具体的な内容を消防本部と協議の上、計画書を作成し、消防本部に提出すること。その際、盛り込む事項としては、以下のとおり。
 - ・仮補修箇所に対する点検要領
 - ・点検頻度
 - ・仮補修材の交換頻度
 - ・漏えいが再発した際の対処方法
 - ・次回開放予定日（恒久補修）
 - ・その他所轄消防が必要と認める事項
- ⑤仮補修後に漏えいの再発が頻発する場合にあっては、仮補修の方法や、上記④の計画書の内容を再検討する必要がある。

3. 4 仮補修後のタンク継続使用の要件

仮補修は、あくまで一時的に漏えいを停止させるための措置であり、恒久的な補修方法としては認められない。また、追加調査を実施した結果からも、地震・大雨・台風等により、浮き屋根に大きな外力が作用した場合、仮補修を実施した箇所から、漏えいが再発する可能性がある。

よって、仮補修後にタンクを継続使用する場合には、下記事項を全て満足しており、浮き

屋根が一定の安全性を有している必要がある。

- イ) 直近の開放検査において、2.7.1(1)「タンク開放時に実施する点検」に示す点検を実施していること。
- ロ) 2.7.2(1)「仕切り板の構造の確認」に示すポンツーン内の仕切り板の健全性の確認を実施していること。
- ハ) 2.7.2(2)「過去の補修履歴等を踏まえた浮力の確認」に示す過去の補修履歴を踏まえた浮力の確認を実施していること。
- ニ) 漏えい箇所がポンツーン室内の場合には、漏えい発覚時の室内への滞油量が喫水線を超えておらず、かつ、漏えいした室が破損し浮力を失った場合においても浮き屋根が沈下しないものであること。

3. 5 恒久補修

タンクを開放した際には、溶接等で恒久的な補修を実施する。仮補修を実施した状態での再使用は認められない。

事故原因が過大な応力集中等の構造にある場合、破損部の補修だけでは、再び同様の事故が発生することが予想されるため、恒久補修を実施する際には第2章2.7.1「漏えいの発生防止」及び参考資料2-1「浮き屋根式タンクのポンツーン内部漏えいの推定原因と対策」を参考に、適切な対策を合わせて実施する必要がある。

ルーフドレンやルーフサポートからの逆流が認められた場合には、タンク開放の際に、歪みの解消等を図り、エアーポンプの設置等の応急対応を実施しなくとも、逆流が発生しないような工事を実施する必要がある。

第4章 まとめ

4. 1 浮き屋根の安全対策

全国の浮き屋根式タンクを対象とした、直近の点検記録におけるポンツーン内部の異状に関する調査を実施し、さらに浮き屋根式タンクを所持している全ての事業所に追加でアンケートを取り（回答数 64 件）、定期点検やタンク開放時の点検方法、過去の漏えい発生時の具体的な対応方法について実態を調査し、それを踏まえた対策を検討した。

従来、各事業者において、目視を中心とした点検は実施されていたが、事故の主な原因（腐食減肉・溶接欠陥）及び上記アンケート結果を踏まえ、具体的な漏えいの発生防止対策をとりまとめた。

また、事故が発生した際の影響拡大の防止、漏えいが発生した際の早期発見のための対策をとりまとめた。

4. 2 浮き屋根の漏えい発生時の対応

ポンツーン内及び浮き屋根上に危険物が流出した際には、原則タンクを開放し、溶接等で恒久補修を実施する必要があるが、タンクの緊急開放は事業所の運営に多大な影響とコストが発生することから、金属パテ等を用いた仮補修を実施し、漏えいを停止させた上で、タンクの使用を継続している運用例もあった。

そのため、仮補修の実態を調査するとともに、仮補修を施工した溶接試験体に対する疲労試験を実施した。

その結果を踏まえ、浮き屋根を安全に使用し続けるための、適切なタンクの要件を整理し、適切な仮補修の方法をとりまとめた。

仮補修後の継続使用のフローチャートを図 4-1 に示す。

4. 3 今後の課題

本報告書は現時点において収集可能な情報に基づいて、対策を検討したものである。

今後も事故事例を収集・共有し、新技術を積極的に活用しつつ、事故防止の取り組みを継続していくことが引き続き重要となる。

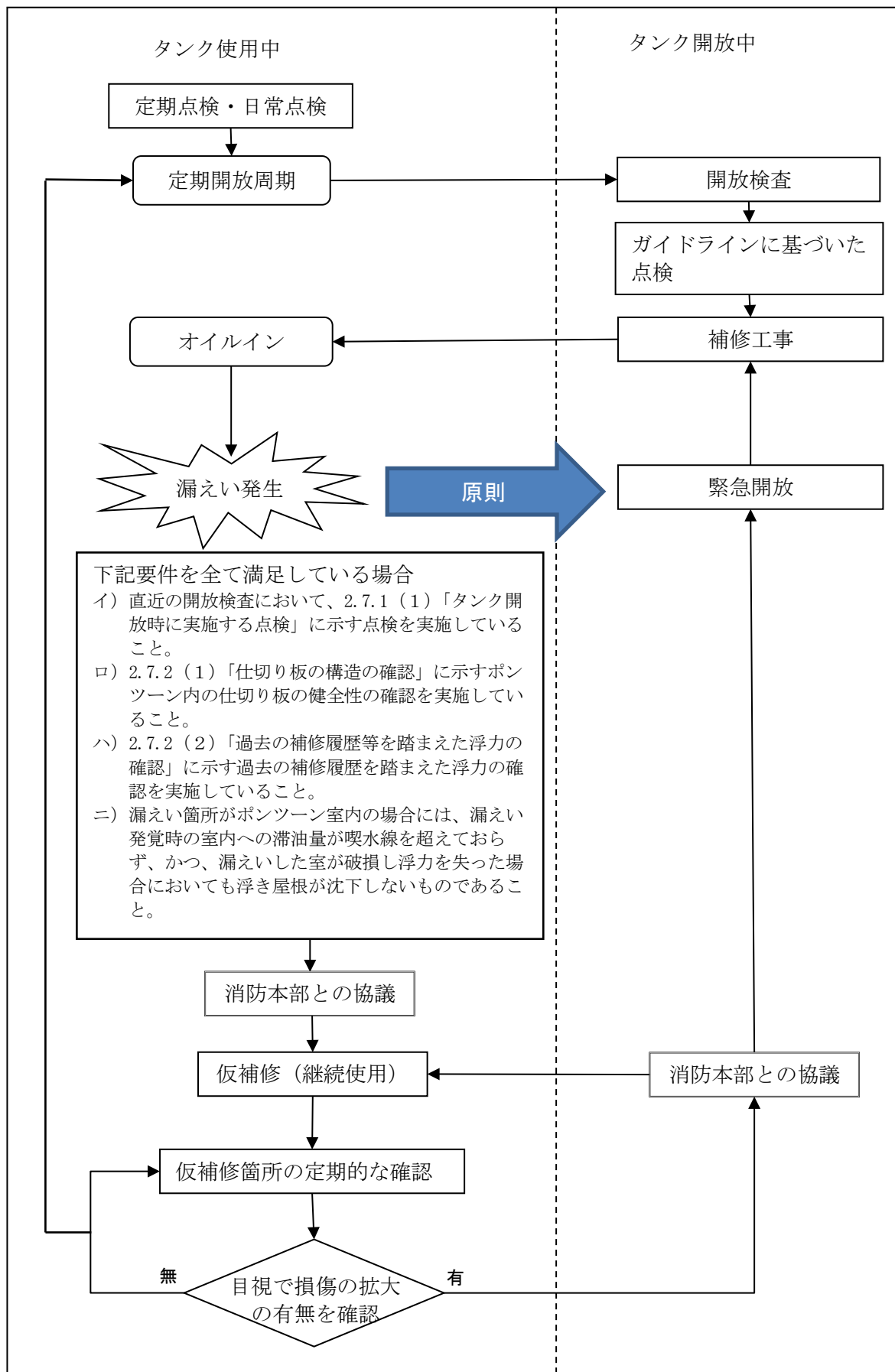


図 4 - 1 仮補修後の継続使用に関するイメージ

参考文献（著者名は敬称略）

- ・石油タンクの溶接設計（圧力技術第 15 巻第 2 号）
小倉信和
- ・浮屋根式貯槽の技術課題と提言（圧力技術第 32 巻第 3 号）
寛勝行
- ・浮屋根式貯槽の耐風設計についての一考察（圧力技術第 32 巻第 4 号）
山崎将史
- ・シングルデッキ形浮屋根式円筒タンクのスロッシング特性
（日本機械学会論文集（C 編）75 巻 750 号（2009-2））
吉田聖一、関根和喜、光田 司
- ・石油タンク浮屋根設計の研究動向（圧力技術第 47 巻第 4 号）
吉田聖一
- ・風荷重による浮屋根損傷に起因した石油タンク全面火災事故（圧力技術第 48 巻第 6 号）
若狭勝
- ・不具合溶接を有する重ね継手部の疲労亀裂進展評価：仮想き裂面の応力解析
（圧力技術第 50 巻第 2 号）
若狭勝、伊木聡、関根和喜、土田智彦、岩田克己
- ・不具合溶接を有する重ね継手部の疲労亀裂進展評価：影響関数法を用いた疲労き裂進展解析
（圧力技術第 50 巻第 5 号）
森影康、伊木聡、若狭勝、吉田聖一、白鳥正樹、関根和喜、土田智彦、岩田克己
- ・風による円筒タンク浮屋根の挙動シミュレーション（CFD 解析）
（日本機械学会論文集（B 編）78 巻 792 号（2012-8））
黒田眞一、上島秀作、石田和雄、吉田聖一、白鳥正樹、関根和喜、土田智彦、岩田克己
- ・風による円筒タンク浮屋根の挙動シミュレーション（スロッシング応答解析）
（日本機械学会論文集（C 編）79 巻 799 号（2013-3））
黒田眞一、上島秀作、石田和雄、吉田聖一、白鳥正樹、関根和喜、土田智彦、岩田克己
- ・風による円筒タンク浮屋根の挙動シミュレーション（スロッシングへの風速の影響）
（日本機械学会論文集 80 巻 812 号（2014））
黒田眞一、上島秀作、石田和雄、吉田聖一、白鳥正樹、関根和喜、土田智彦
- ・シングルデッキ型浮き屋根の疲労損傷評価事例（産業機械 2001. 11 特集「タンク」）
山内芳彦、富谷真

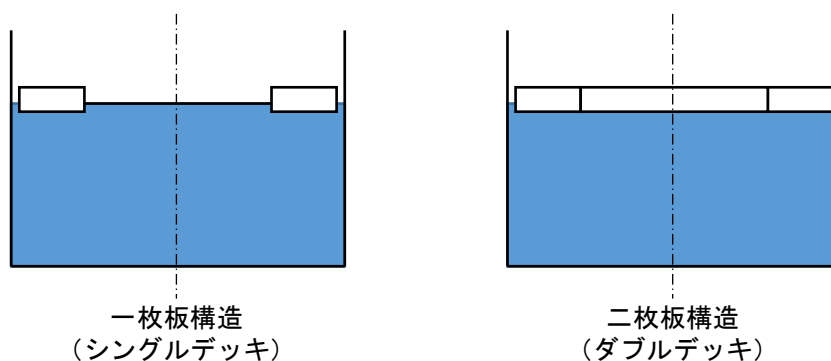
浮き屋根に関する技術基準等について

消防法における屋外タンク貯蔵所の浮き屋根（以下「浮き屋根」という。）に関する技術基準は、昭和49年に発生した水島コンビナート事故を受けて、昭和52年に特定屋外タンク貯蔵所の技術基準が整備された際に、浮力や排水設備等について規定された。

その後、平成15年の十勝沖地震による浮き屋根式屋外貯蔵タンクの被害を受けて、平成17年に浮き屋根の耐震基準が整備され、耐震強度、浮力、溶接方法等の技術基準が一部改正された。

浮き屋根に関する技術基準は、危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示（以下「告示」という。）に規定されており、その内容は主に浮力に関するものとなっている。

耐震基準への適合が必要な、告示第4条の21の3に規定される浮き屋根（一枚板構造（下図参照）で容量2万KL以上のもの、または H_c が2mを超えるもの。以下「耐震浮き屋根」という。）は、基準への適合期限である平成29年3月末において浮力性能等の安全性の確認ができていないが、それ以外の浮き屋根の中には、浮力性能等が脆弱なものがある可能性がある。



浮き屋根に係る基準の概要

種別 【規則第 20 条の 4】	液面揺動によって損傷を生じない浮き屋根 (耐震浮き屋根)		左欄以外の 浮き屋根	
構造区分 【告示第 4 条の 21 の 3】	一枚板構造 (シングルデッキ)		一枚板構造 (シングルデッキ)	二枚板構造 (ダブルデッキ)
容量等 【告示第 4 条の 21 の 3】	○容量 2 万 kl 以上 又は ○容量 2 万 kl 未満で Hc*が 2.0m 以上のもの		○容量 1 千 kl 以上で左欄 に該当しないもの	○容量 1 千 kl 以上
耐震強度 【告示第 4 条の 21 の 4】	○浮き部分に生じる応力が 許容値以下 ・円周方向面外曲げモーメント ・水平面内曲げモーメント ・円周方向圧縮力		適用外	
浮力 【告示第 4 条の 22】	○浮き部分が完全に仕切られたもの			
	○浮き部分の連続する 3 室に 加え回転止め検尺管等が貫 通している室及びデッキ部 分が破損した場合において 沈下しないもの		○浮き部分の連続する 2 室 及びデッキ部分が破損し た場合において沈下しな いもの	○浮き部分の連続する 2 室 が破損した場合において 沈下しないもの
	○浮き屋根上に水が 250mm 滞水した場合において沈下しないもの ○浮力は貯蔵する危険物の比重が 0.7 以上であるときは 0.7 として計算すること。			
最小厚さ 【昭和 52 年政令第 10 号 附則第 3 項第 2 号、告示 第 4 条の 17 第 3 号】	3.2mm 又は 4.5mm			
溶接方法 【告示第 4 条の 22】	○浮き部分の溶接及び浮き部 分と浮き部分以外の溶接 は、完全溶け込み溶接又は 同等以上の溶接強度を有す る溶接方法		適用外	
溶接部の試験 【規則第 20 条の 9】	○浮き屋根の総体に係る溶接部は、真空試験、加圧試験、浸透液漏れ試験等によって 漏れが無いもの			
付属品等 【告示第 4 条の 22】	○各浮き室に危険物や水が浸入しない構造のマンホール ○降水量に応じた排水設備 ○排水能力を超えた場合の非常用排水設備			
	○排水設備からの危険物の流 出防止機能		適用外	
	○着底時の破損防止用通気管 ○回転を防止する機構 ○外周部はたわみ性、密着性のある材料 ○滑動部分は発火しない材料、構造			
定期点検 【規則第 62 条の 4】	○1 年に 1 回以上 ○技術上の基準に適合しているかどうかについて			

規則：危険物の規制に関する規則（昭和 34 年総理府令第 55 号）

告示：危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示（昭和 49 年自治省告示第 99 号）

*：Hc は、告示第 2 条の 2 に定める液面揺動を考慮した側板の最上端までの空間高さ

浮き屋根の維持管理に関する過去の通知

通知	主な内容
平成 3 年 5 月 28 日 消防危第 48 号	「製造所等の定期点検に関する指導指針の整備について」 定期点検の指導指針
平成 17 年 10 月 3 日 消防危第 227 号	「浮き屋根式屋外タンク貯蔵所の保安対策の徹底について」 耐震機能確保、浮き屋根の日常的な維持管理の徹底 ・ 腐食、変形等がないことの確認、腐食部には塗装等による補修を行うこと。腐食の進行が著しく早い場合には、点検頻度の見直しを行うなど対応を図ること。 ・ 浮き室部分に雨水等が滞水していないこと及びマンホールが確実に閉鎖されていることを定期的に確認すること。 ・ 浮き屋根の排水設備については、詰まり等により排水能力に問題が生じていないことを定期点検時のほか降雨時に確認すること。 ・ 非常排水設備の機能確認の徹底を図ること。 ・ 点検の確実な実施体制について十分留意すること。
平成 24 年 1 月 31 日 消防危第 28 号	「東日本大震災を踏まえた危険物施設の地震・津波対策の推進について」 耐震性能、技術基準の適合状況等の再確認及びその際の留意事項、結果に応じた措置の実施 ・ 耐震浮き屋根は、過去の補修の影響を反映した適合状況の確認し早期に適合させること。 ・ 耐震浮き屋根以外の一枚板構造の浮き屋根は、過去の補修を考慮した浮力を確認し改修すること。 ・ 耐震浮き屋根以外の一枚板構造の浮き屋根についても、耐震基準適合状況を確認することが望ましいこと。
平成 25 年 7 月 31 日 消防危第 141 号	「浮き屋根式屋外タンク貯蔵所の保安対策の徹底及び応急措置体制の整備について」 ・ 浮き室内部を含めた損傷及び危険物のしみ等が発生した場合は、事故に該当すること。 ・ 強風、大雨又は大きな地震の発生後、速やかに浮き屋根を点検すること。特に、すべての浮き室内部に損傷等がないこと及びマンホールが確実に閉鎖されていることを確認すること。 ・ 浮き室破損時の傾斜による滞水重量を加えた浮力を確認すること。 ・ 浮き屋根の損傷等が発生した場合の通報体制を再確認しておくこと。 ・ 浮き屋根の損傷等が発生した場合の応急措置を定めておくこと。 ・ 浮き屋根の損傷等を確認した場合には、<u>応急措置を講じた後速やかに補修を行うこと</u>。 ・ 補修までに時間を要する場合にあっては、所轄消防本部と十分に協議し調整すること。

通知	主な内容
平成 25 年 11 月 20 日 消防危第 197 号	「屋外貯蔵タンクの耐震安全性の確保方策等の推進について」 浮き屋根の緊急的な浮力確保方策及び浮き屋根の沈下事故を防止するための点検のあり方 ・ 破損した浮き屋根の浮き室に危険物の浸入等が生じた場合には、<u>直ちに恒久的な補修を行うことが原則であること。</u> ・ 技術基準等による予防的な対策のみで、浮き屋根の安全性を担保するには限界があること。 ・ 以下に例示する効果的な点検方法により浮き屋根の状況を把握することが重要であること。 ・ 年 1 回以上実施する定期点検において浮き室部分における異常の有無を確認するために、必要に応じて目視、臭気確認、可燃性蒸気の濃度測定を行うこと。 ・ 大きな地震の発生後のほか、強風又は大雨後においては、事後速やかに浮き室部分における異常の有無を確認すること。 ・ 浮き室等に不具合箇所が発見された場合は、直ちに応急の措置を講ずるとともに、恒久的な改修計画について、所轄消防本部と協議する必要があること。
平成 29 年 11 月 17 日 消防危第 230 号	「浮き屋根式屋外タンク貯蔵所に係る調査について」 浮き屋根式屋外タンク貯蔵所の維持管理及び事故防止について、平成 17 年消防危第 227 号及び平成 25 年消防危第 141 号の周知徹底

浮屋根式タンクのポンツーン内部漏洩の 推定原因と対策について

浮き屋根の安全対策に関するワーキンググループ°

浮屋根式タンク ポンツーン漏洩タンクリスト

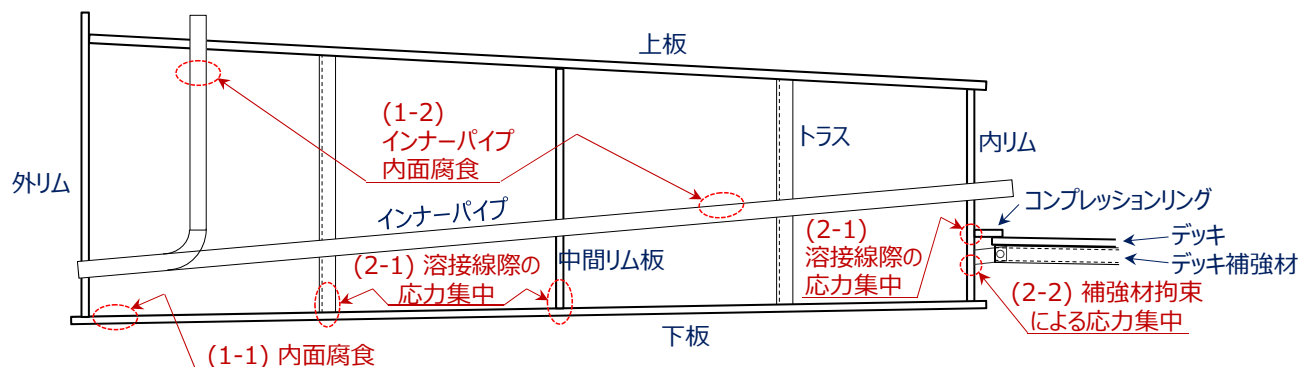
2018/8/16

No	浮き室内部の 漏洩覚知日	不備の原因	原因No	備考
1	2017年10月25日	・溶接欠陥:1室(No.28)	(2-4)	事例 2-4-5
2	2017年10月18日	・補強材拘束による割れ:3室(No.8、15、21)	(2-2)	事例 2-2-1
3	2017年10月25日	・溶接欠陥:2室(No.2、10)	(2-4)	事例 2-4-7
4	2017年10月25日	・溶接不備:2室(No.9、10) ・溶接欠陥:2室(No.2、5)	(2-3) (2-4)	事例 2-3-5 事例 2-4-6 事例 2-4-4
5	2017年10月11日	・インナーパイプ腐食穿孔:1室	(1-2)	事例 1-2-1
6	2017年10月23日	・ポンツーン内面腐食:1室(No.3)	(1-1)	事例 1-1-1
7	2017年11月28日	・溶接欠陥:1室(No.9)	(2-4)	事例 2-4-3
8	2017年10月23日	・溶接欠陥:1室(No.7)	(2-4)	事例 2-4-7
9	2017年12月7日	・溶接線際の応力集中による割れ:1室(No.18) ・溶接不備:1室(No.5)	(2-1) (2-3)	事例 2-1-2 事例 2-3-2
10	2017年11月29日	・溶接不備:1室(No.14) ・溶接欠陥:1室(No.14) ・材料不良:1室(No.11)	(2-3) (2-4) (2-5)	事例 2-3-4 事例 2-4-2 事例 2-5-1
11	2017年11月30日	・インナーパイプ腐食穿孔:1室(No.2)	(1-2)	事例 1-2-2
12	2017年12月7日	・溶接線際の応力集中による割れ:1室(No.6) ・溶接不備:2室(No.5、6)	(2-1) (2-3)	事例 2-1-1 事例 2-3-1
13	2017年11月13日	・ポンツーン内面腐食:1室(No.11)	(1-1)	事例 1-1-2
14	2017年12月11日	・溶接線際の応力集中による割れ:1室(No.57)	(2-1)	事例 2-1-3
15	2017年7月8日	・溶接不備:1室(No.32)	(2-3)	事例 2-3-3
16	2017年12月5日	・溶接欠陥:3室(No.2、6、10)	(2-4)	事例 2-4-8
(17)	2018年6月4日	ポンツーン点検中に、2ヶ所のポンツーンに滞油		追記
(18)	2018年6月28日	ポンツーン(浮き室)への滞油		追記

浮屋根式タンクのポンツーン内部漏洩（総括）

- 2017年度の点検により、ポンツーン内への油にじみ、漏洩が合計16基で確認されました。
 - 当該タンクを開放し、詳細な検査を行い、推定原因および対策案が纏まりましたので報告致します。
 - ✓ 推定原因は、(1)腐食減肉起因と(2)溶接施工起因に大別されます。
 - ✓ 具体的には、タンク開放時のポンツーン内部検査において、(1)腐食検査時の錆や汚れの除去や検査範囲が十分でなかったこと、(2)溶接の品質に対する注意が十分でなかったこと
 - ✓ 対策
 - 設備管理：運転中定期点検にて漏洩が無いことを確実に確認するとともに、次回タンク開放時に水平展開検査を実施し、自社検査基準に反映
 - 施工管理：今回の知見をユーザー側からメーカー側にフィードバック
- 浮き屋根式タンクのポンツーンの定期点検、および地震、強風、豪雨後の点検の確実な実施
石災法の異常現象としての認識、実行の強化（社内教育資料の見直し）

浮屋根式タンクのポンツーン内部漏洩（推定原因別分類）



【腐食減肉に起因する不具合】

(1-1) 内面腐食穿孔

- ⇒ 錆の付着/堆積を十分に除去せずに検査したことによる腐食の見逃し (事例1-1-1)
- ⇒ ポンツーン内に異常なスケール堆積が見られ、内面腐食を加速 (事例1-1-2)

(1-2) インナーパイプ腐食穿孔

- ⇒ インナーパイプの肉厚測定箇所が内面腐食による最小板厚部（気液境界～気層部）を捉えていなかった (事例1-2-1, 1-2-2)

【溶接施工に起因する不具合】

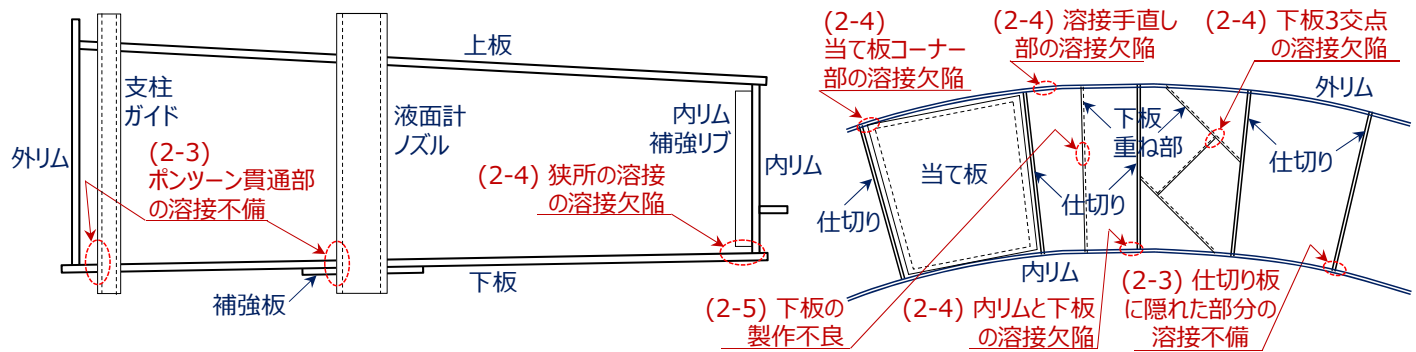
(2-1) 溶接線際の応力集中による割れ

- ⇒ 内リムに4枚の板が1か所に溶接され、かつ内リムが拘束された部位で、内リム母材に割れ発生 (事例2-1-1)
- ⇒ トラス/サポートが下板に直接溶接されている部位、あるいは中間リム板が下板に直接タック溶接されている部位で、下板母材に割れ発生 (事例2-1-2, 2-1-3)

(2-2) 補強材拘束による割れ

- ⇒ デッキ放射方向補強材のピン構造接続部を誤って溶接で拘束したことによる内リム母材の割れ (事例2-2-1)

浮屋根式タンクのポンツーン内部漏洩（推定原因別分類）



【溶接施工に起因する不具合】

(2-3) 溶接不備

- ⇒ ポンツーン貫通パイプが下板重ね部を貫通している部位で下板あるいは補強板が全周溶接されていなかったため、油の浸入路が形成（事例2-3-1, 2-3-2, 2-3-3）
- ⇒ 仕切り板を跨いだ下板あるいは内リム下部取替時に仕切り板を切欠かなかったため、仕切り板に隠れた部分で内リムと下板が溶接されていなかったため、油の浸入路が形成（事例2-3-4, 2-3-5）

(2-4) 溶接欠陥

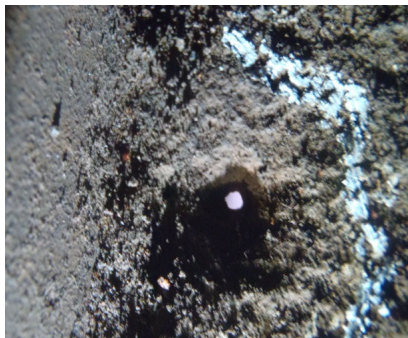
- ⇒ 取替・補修時の溶接線のうち、狭所の溶接（内リムの補強リブの陰など）/局所的な溶接補修、あるいは当て板コーナー部がR加工/カットされていない不連続溶接部、などで溶接欠陥発生（事例2-4-1, 2-4-2, 2-4-3, 2-4-4, 2-4-5）
- ⇒ 建設時の溶接線のうち、溶接手直しあるいは3交点がある場合など不連続溶接部で溶接欠陥発生（事例2-4-6, 2-4-7）
- ⇒ 建設時の溶接線のうち、内リムと下板の溶接線の仕切板付近で溶接欠陥発生（事例2-4-8）

(2-5) 板材製作不良

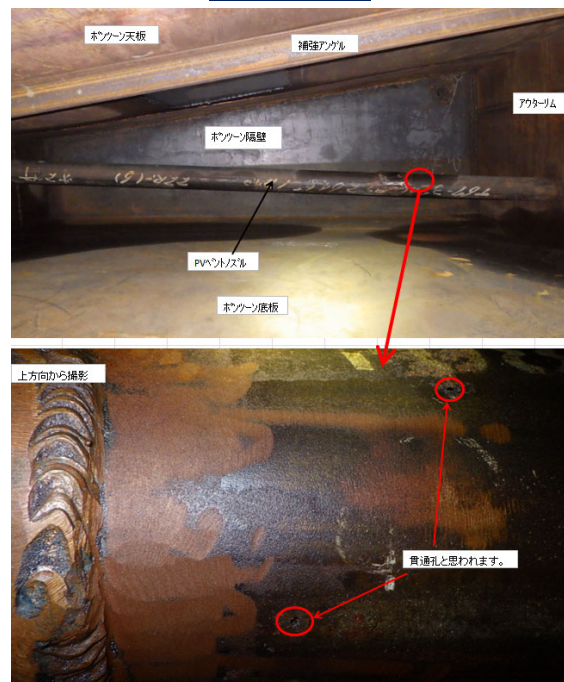
- ⇒ ポンツーン下板材が溶接で継ぎ足して製作されており、その継ぎ足し部で溶け込み不良が発生（事例2-5-1）

(1-1) ポンツーン内面腐食事例 (1-2) インナーパイプ腐食事例

事例1-1-2



事例1-2-1

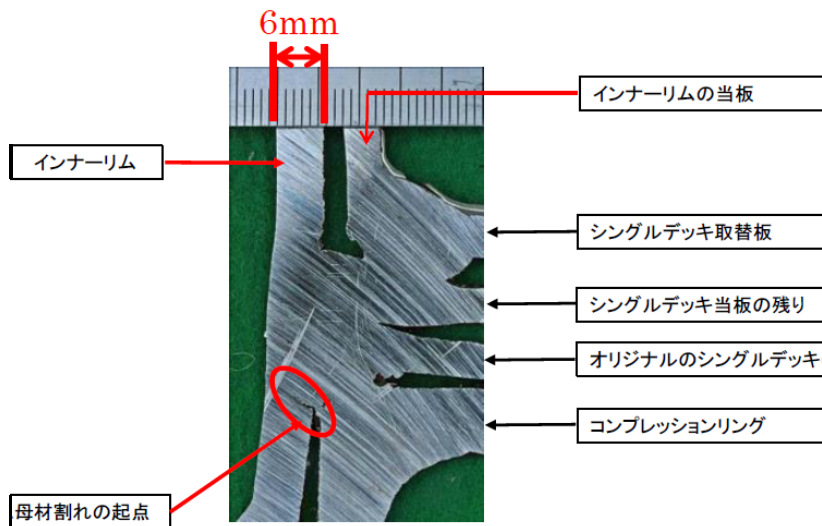


➤ 今後、タンク開放時に以下の点に注意して点検を行う

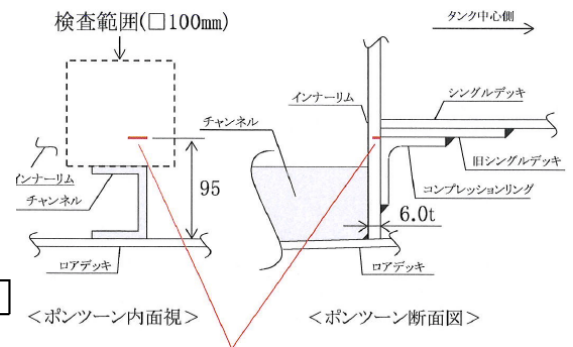
- ⇒ ポンツーン内面腐食検査時、錆の付着/堆積により検査困難な場合には、錆を除去して検査
- ⇒ 年次点検でポンツーン内に異常なスケール堆積が見られた場合には次回開放時に内面腐食に注意して検査
- ⇒ インナーパイプの内面腐食は、特に気液境界～気層部内面腐食に注意して検査

(2-1) 溶接線際の応力集中による割れ事例

事例2-1-1



事例2-1-1の隣接ボンツーン
(漏洩無し)



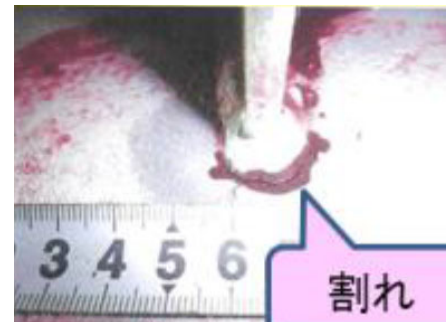
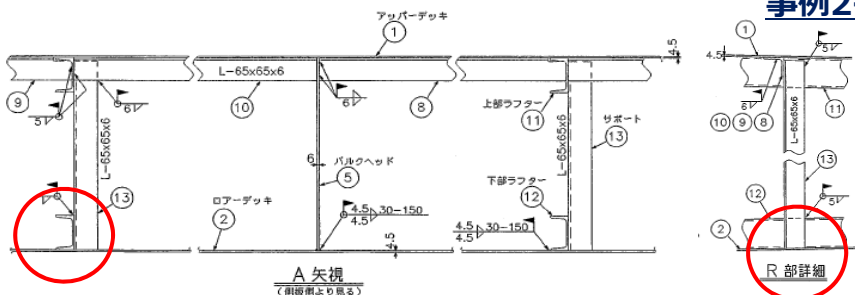
非貫通きず (漏洩無し)

➤ 今後、タンク開放時に以下の点に注意して点検を行う

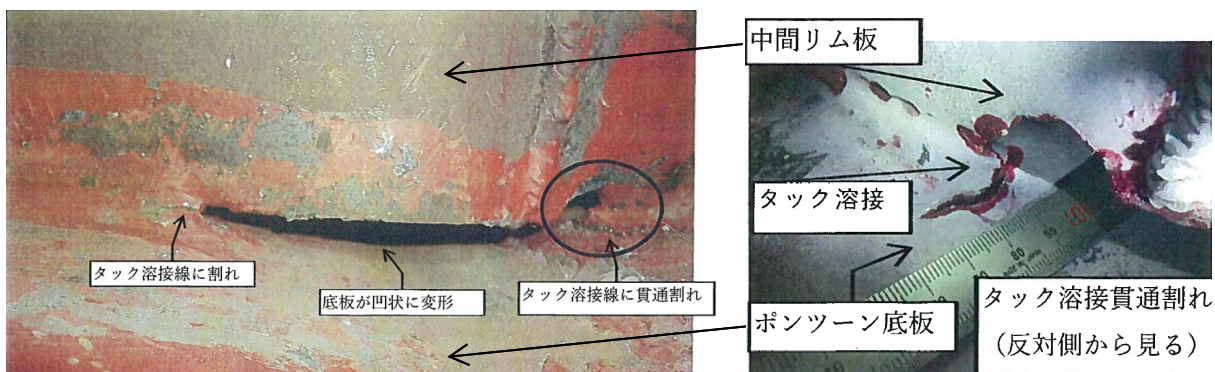
- ⇒ 内リムに3枚以上の板が1か所に溶接され、かつ内リムが拘束されている場合、内リム母材を点検
- ⇒ 開放時検査で割れの兆候を捉えられないような（急激に貫通割れに至るような）応力集中部については構造変更を検討

(2-1) 溶接線際の応力集中による割れ事例

事例2-1-2



事例2-1-3



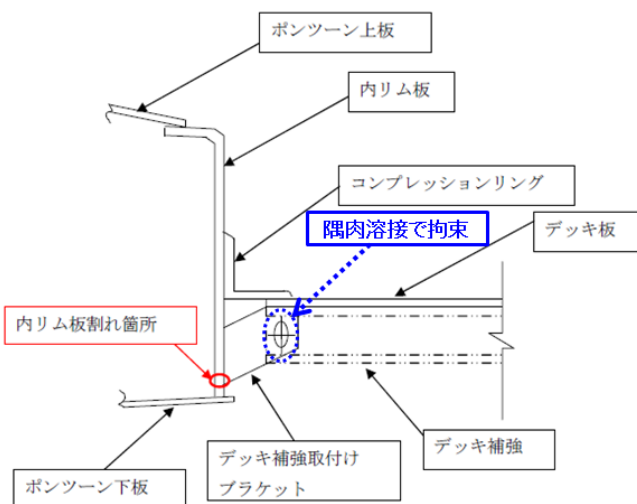
➤ 今後、タンク開放時に以下の点に注意して点検を行う

- ⇒ トラス/サポートが下板に直接溶接されている部位、あるいは中間リム板が下板に直接タック溶接されている部位を点検
- ⇒ 開放時検査で割れの兆候を捉えられないような（急激に貫通割れに至るような）応力集中部については構造変更を検討

(2-2) 補強材拘束による割れ事例

(2-3) 溶接不備事例

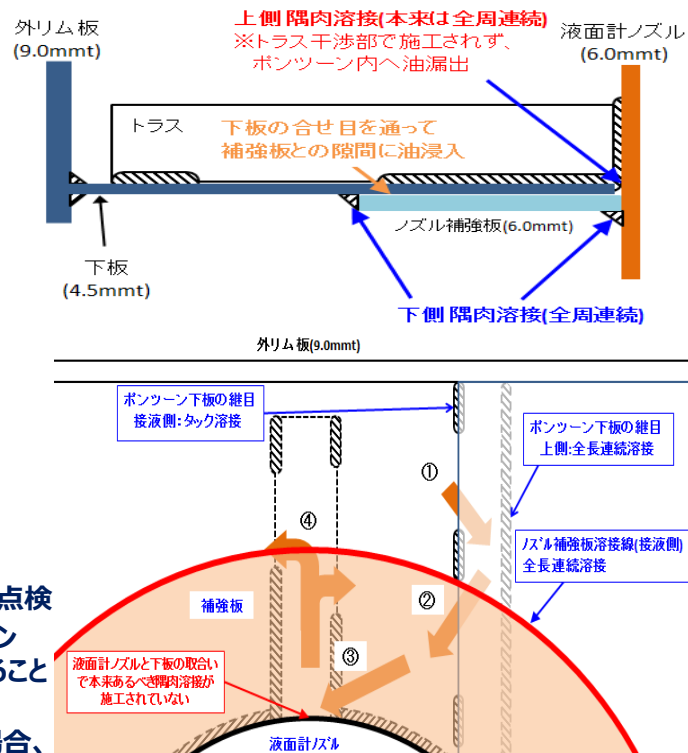
事例2-2-1 (3室)



➤ 次回、タンク開放時に以下の点に注意して点検を行う

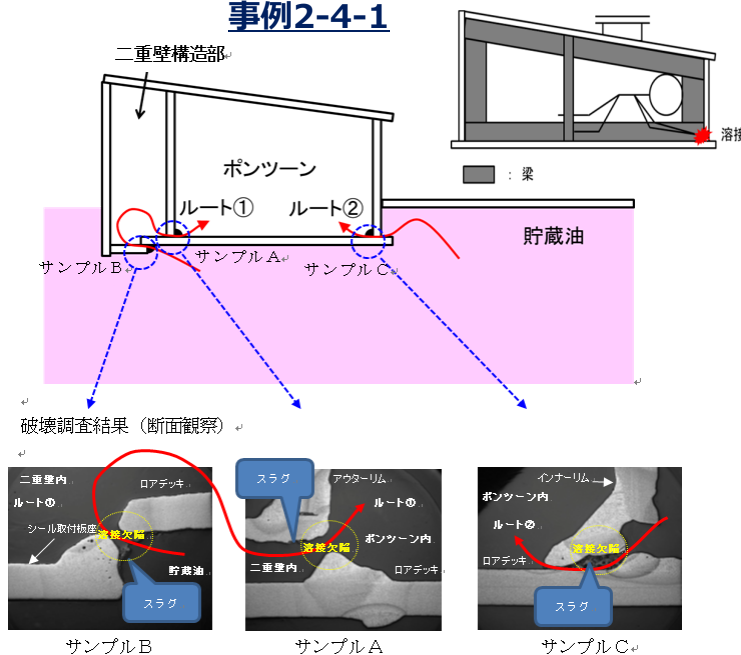
- ⇒ デッキ放射方向補強材はピン構造接続部の拘束有無を点検
- ⇒ ポンツーン貫通パイプが下板重ね部を貫通する場合、ポンツーン貫通パイプと下板の溶接部が全周溶接されていることを点検
- ⇒ 仕切り板を跨いで下板あるいは内リム下部を取替えた場合、仕切り板切欠き部の下板溶接部を点検
- ⇒ ポンツーン貫通パイプと下板の溶接部が全周溶接されていることの点検が困難な場合、あるいは仕切り板切欠き部の下板溶接部の点検が困難な場合、加圧漏洩試験を実施

事例2-3-3

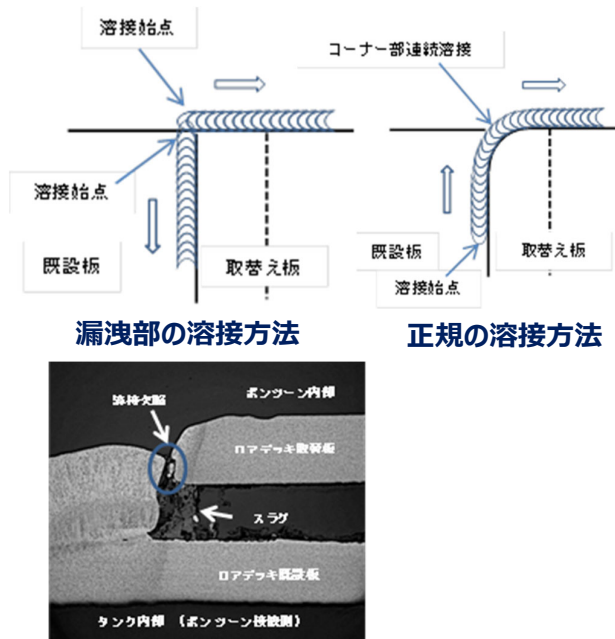


(2-4) 溶接欠陥事例

事例2-4-1



事例2-4-3

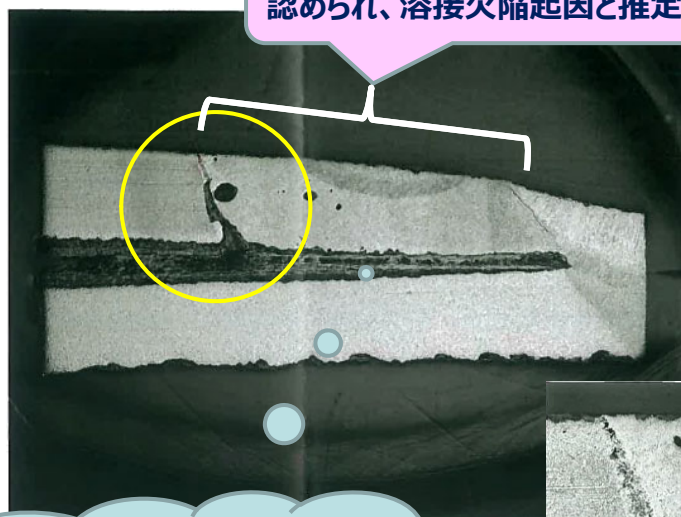
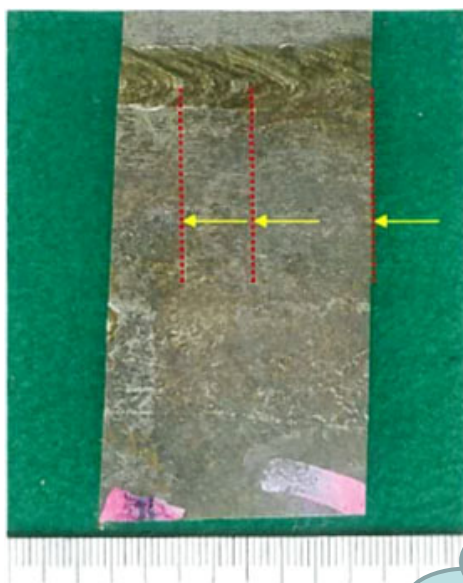


➤ 次回、タンク開放時に以下の点に注意して点検を行う

- ⇒ 過去の取替・補修時の溶接部について、狭所の溶接（内リムの補強リブの陰、など）/局部的な溶接補修部、あるいは当て板コーナー部の不連続溶接部を点検
- ⇒ 建設時の溶接部について、溶接手直し部あるいは3交点がある場合など、不連続溶接部を点検
- 建設時の溶接線のうち、内リムと下板の溶接線の仕切板付近で漏洩に至った溶接欠陥は、いずれも同一工場で同時期、同会社により施工されたものであり、それらの全溶接線は点検済み

(2-5) 板材製作不良

事例2-5-1



板材を溶接補修した様な組織が認められ、溶接欠陥起因と推定

綺麗に仕上げられており、素材の段階で補修された板を使用したものと推定



➤ 板材製作不良

⇒ ポンツーン下板材が溶接で継ぎ足して製作されており、その継ぎ足し部で溶け込み不良が発生（極めて稀な事例）

様式

浮き屋根に関するアンケート(事業所毎)

現在実施している浮き屋根の点検について、記入欄にできるだけ詳しくご記入してください。
選択式の場合であっても、記入欄に補足内容をできるだけ詳しくご記入ください。

1	都道府県名	〇〇県
2	消防本部名	〇〇市消防本部
3	事業所名	〇〇石油株式会社〇〇事業所

○定期点検(年1回以上)

1 点検頻度について (選択式) 1回/月

記入欄

2-1 ポンツーン内部の点検方法 (選択式) 目視(マンホールを開けず外部のみ確認)

記入欄

2-2 ポンツーンの漏洩の有無 (選択式) 目視

記入欄

2-3 ポンツーンの変形、亀裂の有無 (選択式) 目視

記入欄

2-4 ポンツーンの塗装状況及び腐食の有無(非接液部)

(選択式) 未実施

記入欄

2-5 ポンツーンの溶接部(非接液部) (選択式) 目視(漏れの有無確認程度)

記入欄

2-6 ポンツーンの付属品 (選択式) 目視

記入欄

2-7 ポンツーン点検その他 (実施している内容などについて自由にご記入ください。)

記入欄	
3-1 デッキの漏洩の有無	(選択式) 未実施
記入欄	
3-2 デッキの変形、亀裂の有無	(選択式) 未実施
記入欄	
3-3 デッキの塗装状況及び腐食の有無	(選択式) 未実施
記入欄	
3-4 デッキの溶接部	(選択式) 目視
記入欄	
3-5 デッキの付属品	(選択式) 目視
記入欄	
3-6 デッキ点検その他 (実施している内容などについて自由にご記入ください。)	
記入欄	

○タンク開放時の点検(定期開放点検等)

1 点検内容について	(選択式) 定期点検 + α (記入欄)
記入欄	
2-1 ポンツーン内部の点検方法	(選択式) 目視 (内部に入らず確認)
記入欄	
2-2 ポンツーンの漏洩の有無	(選択式) 目視

記入欄		
2-3 ポンツーンの変形、亀裂の有無	(選択式)	未実施
記入欄		
2-4 ポンツーンの塗装状況及び腐食の有無(非接液部)	(選択式)	未実施
記入欄		
2-5 ポンツーンの腐食の有無(接液部)	(選択式)	未実施
記入欄		
2-6 ポンツーンの溶接部(非接液部)	(選択式)	未実施
記入欄		
2-7 ポンツーンの溶接部(接液部)	(選択式)	未実施
記入欄		
2-8 ポンツーンの漏れ試験	(選択式)	真空試験(部分的)
記入欄		
2-9 ポンツーンの付属品	(選択式)	目視
記入欄		
2-10 ポンツーン点検その他 (実施している内容などについて自由にご記入ください。)		
記入欄		
3-1 デッキの漏洩の有無	(選択式)	未実施
記入欄		

3-2 デッキの変形、亀裂の有無 (選択式) 未実施

記入欄

3-3 デッキ上面の塗装状況及び腐食の有無(非接液部)

(選択式) 未実施

記入欄

3-4 デッキ裏面の腐食の有無(接液部) (選択式) 未実施

記入欄

3-5 デッキ上面の溶接部(非接液部) (選択式) 目視

記入欄

3-6 デッキ裏面の溶接部(接液部) (選択式) 目視

記入欄

3-7 デッキの付属品 (選択式) 目視

記入欄

3-8 デッキ点検その他 (実施している内容などについて自由にご記入ください。)

記入欄

○臨時点検(地震、大雨、暴風時等)

1 臨時点検を実施する判断基準についてご記入ください。

記入欄

2 点検内容について (選択式) 定期点検 + α (記入欄)

記入欄

○日常点検

- 1 点検で発見した漏洩に至っていない段階の著しい腐食や塗装剥離等に対する対応

(選択式) 仮補修実施(補修基準あり)

記入欄

(例) 対応時期: 1週間程度を目処
著しい腐食: ○ミリ以上の腐食に対して、FRPによる当板を取付け
塗装剥離: できるだけ早急に、2種ケレン+再塗装
点検頻度を増やし(1回/1日程度)経過観察 等

○その他

- 1 浮き屋根式タンクの供用期間中に、浮き屋根上(ポンツーン内、タンク外を含む)へ危険物が漏洩・流出した事例(過去15年程度)があれば、別紙1にその内容をできるだけ詳しくご記入ください。

事例の有無

(選択式) 有り(別紙に記入)

- 2 タンク開放時にポンツーンに対して気密試験を実施している場合には、要領書(標準的なもので可)を添付いただくか、記入欄にその実施方法をできるだけ詳しく記入してください。

ポンツーン気密試験

(選択式) 未実施

記入欄

- 3 点検方法や補修基準について、タンクの設置年数やシングル・ダブルデッキ等の構造の違い、又は貯蔵量や油種毎に違いがあれば、記入欄にその違いの概略を記入いただき、様式をコピー追加して詳細を記入してください。

特性等に応じた基準の違い(選択式) 無し

記入欄

(例)
シングルデッキとダブルデッキで違いあり。(ダブルデッキの詳細は様式(2)に記入)等

- 4 点検方法や補修基準について、社内基準等があれば、可能な範囲で添付してください。

(選択式) 社内基準なし

記入欄

以上

別紙

浮き屋根に係る流出事例(事例毎)

浮き屋根式タンクの供用期間中に、浮き屋根上(ポンツーン内を含む)へ危険物が流出(にじみ、漏えい等)した事例について、事例毎に内容をできるだけ詳しくご記入ください。

選択式の場合であっても、補足内容を記入欄にできるだけ詳しくご記入ください。

- 1 都道府県名 ○○県
- 2 消防本部名 ○○市消防本部
- 3 事業所名 ○○石油株式会社○○事業所

○流出事例の概要

- 1 タンク種別 *1 (選択式)
- 2 浮き屋根形式*2 (選択式)
- 3 容量
- 4 内径
- 5 高さ
- 6 内容物
- 7 漏洩場所 (選択式)

KL
mm
mm

記入欄

- 8 漏洩の原因 (選択式)

記入欄

- 9 流出の程度 (選択式)

10 概要

例を参考に、応急措置に至った経緯、応急措置の具体的内容、措置後の点検頻度、また恒久措置までの期間について記載してください。

○補修方法について

- 1 補修方法 (選択式)

記入欄

2	1の補修方法に至った経緯	(選択式)			
3	応急措置(仮補修)の具体的内容	(選択式)			
	記入欄				
4	応急措置後の点検頻度	(選択式)			
	記入欄				
5	応急措置後、恒久補修までの期間				
6	当該仮補修で使用可能と考える期間の程度		年	月	程度

*1 特定新法タンク：昭和52年2月15日以降に設置許可申請がされた特定屋外タンク貯蔵所、又は昭和52年2月15日より前に設置許可を受けた、若しくは設置許可申請がされていた特定屋外タンク貯蔵所で、その構造及び設備が危険物の規制に関する政令第11条第1項第3号の2及び第4号に定める技術上の基準に適合したもの

特定旧法タンク：昭和52年2月15日より前に設置許可を受けた、又は設置許可申請がされていた特定屋外タンク貯蔵所で、その構造及び設備が危険物の規制に関する政令第11条第1項第3号の2及び第4号に定める技術上の基準に適合しなかったもの

*2 シングルデッキ(耐震基準該当)：危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示(昭和49年自治省告示第99号)第4条の21の3に規定するもの(一枚板構造の浮き屋根のうち、容量2万キロリットル以上又はHcが2.0メートル以上となるもの)

浮き屋根に関するアンケートの様式集計結果

消防庁が行ったアンケート調査(平成30年12月7日付け消防危第224号 屋外タンク貯蔵所の浮き屋根の維持管理に関する調査への御協力について(依頼))の集計結果を以下に示す。なお、調査に協力頂いた団体は以下である。

石油連盟
石油化学工業協会
電気事業連合会
独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

4団体から浮き屋根に関するアンケートについては、68事業所の事業所から回答を得た。

調査を行った68の事業所は、容量500kL(準特定)以上の浮き屋根式タンクを所有する約150の事業所(危険物保安技術協会が保有する2019年1月時点でのデータに基づく)に対し、約45%に相当する数である。

以下、アンケート調査項目ごとに集計した結果を示す。

定期点検(年1回以上)

1 定期点検の頻度について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表1 定期点検の頻度

点検頻度	回答数
数回/月	2
1回/月	14
数回/半年	3
1回/半年	10
数回/年	10
1回/年	24
その他	5
未実施	0
合計	68

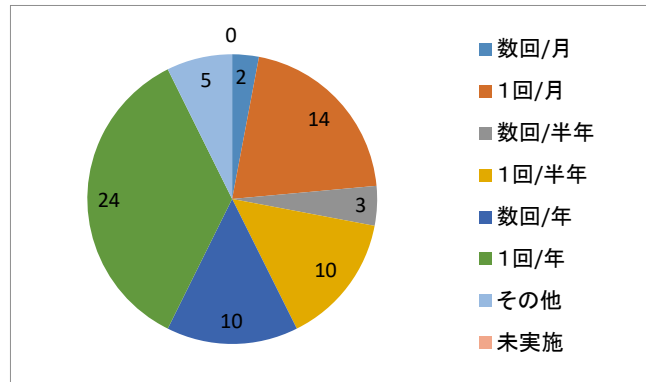


図1 定期点検の頻度

【記入欄の記載内容】

【数回/月】
・毎週目視にて点検を実施している。
・浮屋根上部からの目視点検:2回/月。ポンツーン内部点検:4回/年(内2回は法定点検)
・2回/月の周期にて屋根板日常点検
【1回/月】
・容量1万KL以上は1回/月、容量1万KL未満では1回/3ヶ月の点検実施している。
・法定点検:1回/年、日常目視点検:1回/月
・設備管理課による外観目視点検を毎月(12回/年)実施。検査会社による外観目視点検を5年間隔(1回/5年)で実施。
【数回/半年】
・ポンツーン:年間4回実施(3,6,9,11または12月)、シングルデッキ:年間4回実施(タンクによっては数回/月(通常のタンクパトロールで確認))
・四半期毎(年4回)に目視にて点検を行っている。
【1回/半年】
・1回/6ヶ月、月例点検にて目視点検実施
【数回/年】
・法定点検:1回/年(運転員実施)+3回/年(協力会社実施)。
・浮屋根外観点検(1回/3ヵ月)、危険物施設定期点検(1回/年)
・年2回
・3回/年 目視点検にて健全性確認。
・1回/3ヵ月(3月・6月・9月・12月)
・設備担当グループ年1回定期点検を実施する。運転管理グループによる自主点検は年3回点検を行い、そのうち1回はポンツーン内の点検を実施する
・ポンツーンの点検頻度については年4回(3ヶ月毎に1回)点検を行っている。シングルデッキの点検頻度については毎月点検を行っている。
・2回/年 浮屋根上部構造物(上部デッキ、付属品)、1回/年 ポンツーン内部
【1回/年】
・目視によるデッキおよびポンツーン内部点検を1回/年実施。外観および任意のポンツーン数か所の蓋を開け内部に入らず点検(確認)を1回/月実施している。
・法定点検:1回/年、自主検査:1回/3ヶ月
【その他】
・容量2万KL以上は1回/2ヶ月、容量2万KL以下では1回/4ヶ月の点検実施している。
・デッキの漏洩有無と排水詰まり有無の確認を2回/月、腐食・変形・亀裂有無の確認を1回/月、ポンツーンの漏洩有無・腐食・変形・亀裂有無の確認を1回/月実施している。
・1回/3ヶ月

2-1 定期点検におけるポンツーン内部の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表2 ポンツーン内部の点検方法(定期)

点検方法	回答数
目視(マンホールを開けて内部に入らず確認)	42
目視(内部に入って確認)	12
目視(マンホールを開けず外部のみ確認)	13
その他	1
合計	68

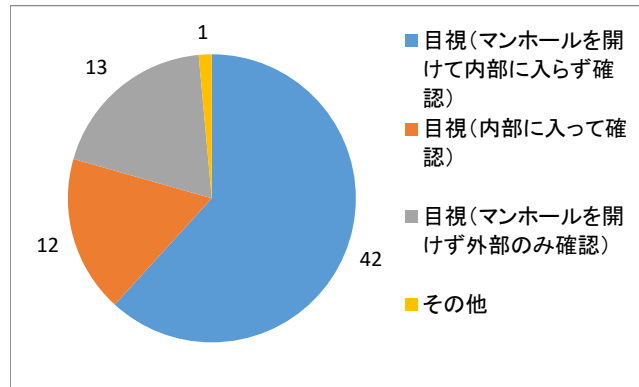


図2 ポンツーン内部の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

【目視(マンホールを開けて内部に入らず確認)】

・マンホールの留めボルトが蝶ねじタイプの場合は開放し目視確認している。また、ボルト止めタイプの場合はマンホールを開けず外部のみ確認している。 ※順次、タンク開放に合せ蝶ねじタイプへ変更している。

【目視(内部に入って確認)】

全てのポンツーン内に入り塗装状態の良否、腐食の有無、変形・亀裂の有無を確認している。

【目視(内部に入って確認)】

・ポンツーン内面(上下面を含む)全面を目視し、油にじみの有無、構造部材等の変形、亀裂、溶接割れ、塗装の不具合等の確認を行っている。

・ポンツーンM/Hを開放し、臭気及び可視範囲で漏洩の有無を確認している。

【その他】

・ポンツーンマンホールはフランジタイプとなっているため、目視による確認としている。

・マンホールを開けて内部に入らず、内部の目視点検。ただし、3年に1回マンホールを開けて内部に入り、内部の目視点検。

2-2 定期点検におけるポンツーンの漏洩の有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表3 ポンツーン漏洩有無の点検方法(定期)

点検方法	回答数
目視	40
ガス検知のみ	0
目視+ガス検知	28
その他	0
未実施	0
合計	68

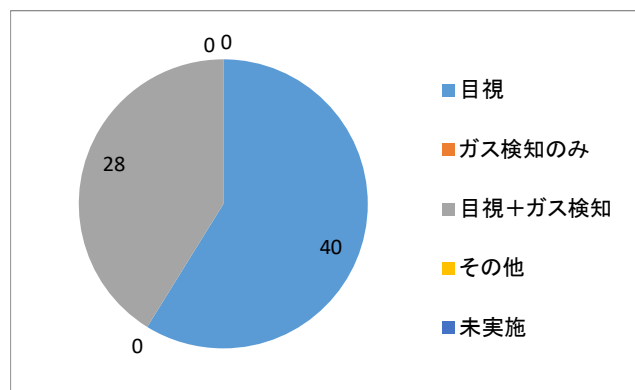


図3 ポンツーン漏洩有無の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

【目視】

(MH開)・溶接部の目視点検を実施している。

・マンホールより漏洩の有無を目視確認している。

・ポンツーンベントパイプ(空気抜きパイプ)から臭気で確認する。

(MH閉)・外部からの目視点検をしている。

【目視+ガス検知】

・マンホールの留めボルトが蝶ねじタイプの場合は開放し目視確認している。また、ボルト止めタイプの場合はマンホールを開けず外部のみ確認している。

・目視による危険物の滞留及び浸みの有無の確認、浮き室内の臭気の確認、ガス検知器を利用した可燃性蒸気濃度の測定

・ポンツーン内部は、マンホールを開けて可視範囲を目視検査およびガス検知器による可燃性ガス測定している。

・目視で確認し、滞液や浸み等が認められた場合、ガス検知若しくは内液の分析確認を行う。

・貯液に硫化水素を含むガスがある場合には、ポンツーン蓋のベントより携帯ガス検知器にて異常の有無を確認。異常がなければ内部を目視確認。

【未実施】

・実施していない。

- 2-3 定期点検におけるポンツーンの変形、亀裂の有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

図4 ポンツーン変形・亀裂有無の点検方法
(定期)

点検方法	回答数
目視	68
計器による測定	0
非破壊検査	0
その他	0
未実施	0
合計	68

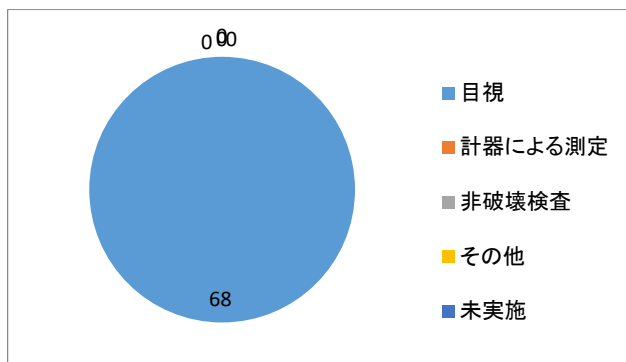


図4 ポンツーン変形・亀裂有無の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

・ポンツーンの変形、亀裂の有無は目視により確認。
・目視により変形、亀裂の有無を確認している。万一損傷が確認されれば、計測器などを用いて損傷形状、範囲などを追加確認する。

- 2-4 定期点検におけるポンツーンの塗装状況及び腐食の有無(非接液部)の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表5 塗装状況及び腐食有無の点検方法
(定期)

点検方法	回答数
目視(腐食状況の確認程度)	67
計器による測定(部分的)	0
計器による測定(全体的)	0
その他	0
未実施	1
合計	68

※ 未実施1件について、2-1回答欄(記入欄)にて実施と記載されて、誤入力と考えられる。

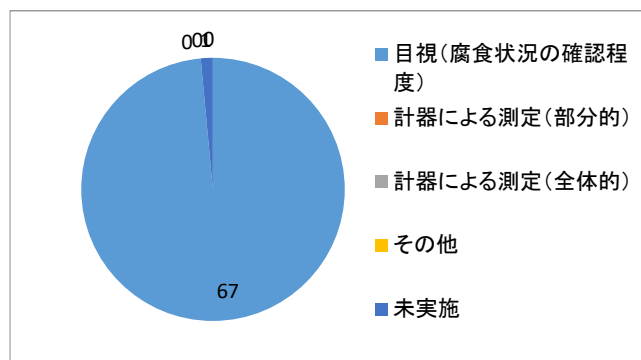


図5 塗装状況及び腐食有無の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

・ポンツーンの塗装状況は目視により確認している。
・塗装の劣化状況(ひび割れ・剥離等)を目視にて確認する。腐食状況は母材と溶接線について錆こぶや錆堆積を目視にて確認する。
・目視により塗装、腐食状況を確認、万一腐食が確認されれば、計測器などを用いて腐食範囲、深さなどを追加確認する。
・著しい塗装剥がれについては設備管理部門にて計器を使用した検査を実施している。
・外面目視点検による塗膜劣化調査を実施し、点数評価(自社基準)にて管理する。
・腐食が認められた箇所は詳細検査を実施する。
・目視点検を実施し、顕著な減肉が認められた場合には板厚確認している。
・漏洩確認の際に見える範囲での著しいポンツーンの腐食有無の確認している。

- 2-5 定期点検におけるポンツーンの溶接部(非接液部)の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表6 ポンツーン溶接部(非接液部)の点検方法
(定期)

点検方法	回答数
目視(漏れの有無確認程度)	58
目視(溶接部の状態確認)	9
非破壊検査(部分的)	0
非破壊検査(全体的)	0
その他	0
未実施	1
合計	68

※未実施について、誤入力と考える
(問い合わせ未実施)

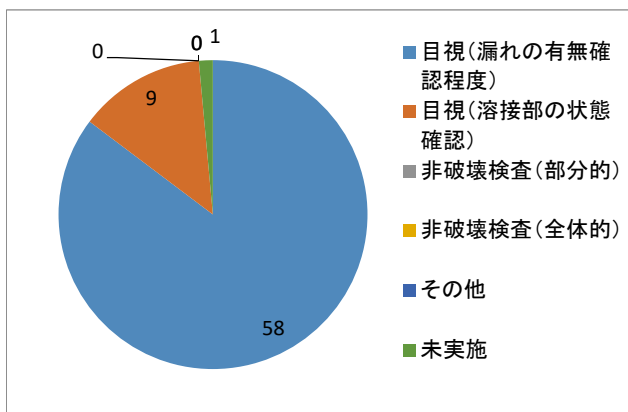


図6 ポンツーン溶接部(非接液部)の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

- ・目視による確認を実施している。
- ・目視により溶接部からの漏洩の有無を確認、万一溶接部の損傷が懸念されれば、当該部を非破壊検査などにて詳細点検を実施する。

- 2-6 定期点検におけるポンツーンの付属品の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表7 ポンツーン付属品の点検方法(定期)

点検方法	回答数
目視	65
機能確認	2
整備	1
その他	0
未実施	0
合計	68

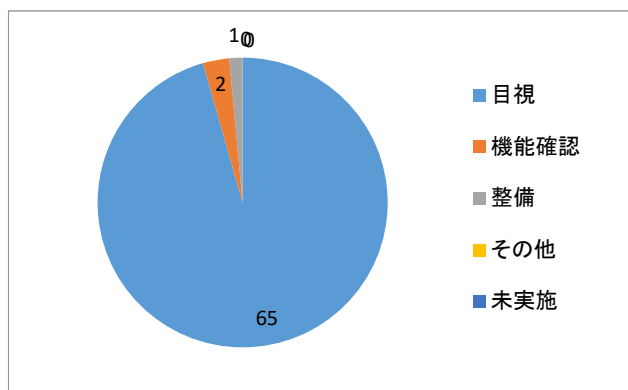


図7 ポンツーン付属品の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

- ・目視による確認実施が大半を占める。
- ・目視にて腐食状況の確認を実施している。
- ・マンホールが蝶ねじタイプの場合はパッキンの劣化状況を確認している。
- ・ポンツーンマンホールの外観を目視にて点検している。
- ・マンホール蓋、留め金具、ゴムパッキン、ウェザーフードの目視点検している。
- ・外部からの目視点検および水封式エマージェンシードレン管の適正水量確認している。
- ・ガイドポールのローラー部は動作確認し、その他の部位は目視点検をする。
- ・アトムス弁については1回/年の頻度で分解整備を実施。その他付属品については、目視確認のみ実施している。
- ・ポンツーンマンホールやベントパイプなどの付属品について、目視にて点検している。
- ・マンホールハッチのパッキンの破損有無と取付状況を確認している。
- ・漏洩確認の際に見える範囲での著しいポンツーン付属品の損傷有無の確認している。
- ・ゴムパッキンの劣化等を確認している。
- ・目視による、塗装の劣化状況及び腐食状況、異常な変形、亀裂の有無を確認している。

2-7 定期点検におけるポンツーン点検において、その他実施している内容について以下のものであった。(抜粋)

・ゲージボール及び回転止めのダブルデッキ浮屋根貫通部ガイドパイプの超音波面探傷検査を実施している。その検査結果の減肉量見合いで開放時に交換実施している。
・製造部門にて外観目視点検を行い、腐食等が認められた場合は設備管理部門にて検査や補修等を実施している。
・点検に併せて、ローリングラダーの車輪回転部のグリースアップなども実施している。
・内部に立入り実施する目視点検時に合わせて板厚測定(抜取)
・ポンツーン内に異物があれば、分析実施。
・ポンツーンの数が多くあり、フタはボルト数点留めのため、ポンツーン内点検時に大変苦勞している。

3-1 定期点検におけるデッキへの漏洩有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表8 デッキ漏洩有無の点検方法(定期)

点検方法	回答数
目視	63
ガス検知	0
目視+ガス検知	5
その他	0
未実施	0
合計	68

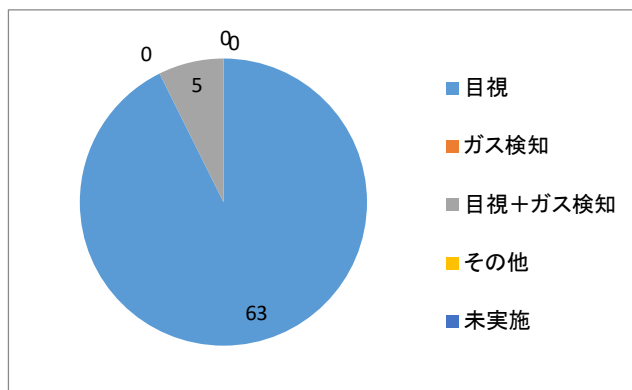


図8 デッキ漏洩有無の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

【目視】

- ・デッキ上から目視により漏洩有無を確認している。
- ・毎月目視にて点検を実施している。加えて、ルーフドレンに設置しているガス検知器にて漏洩を常時監視している。
- ・運転員による日常点検を実施。内部流体の受払時等に点検を実施。
- ・検尺(1回/月)及び原油受払後(数回/月)の点検時に目視にて確認している。

【目視+ガス検知】

- ・デッキ漏洩の有無を目視点検およびガス検知にて確認。

3-2 定期点検におけるデッキの変形、亀裂有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表9 デッキ変形・亀裂有無の点検方法(定期)

点検方法	回答数
目視	67
計器使用	0
非破壊検査	0
その他	0
未実施	1
合計	68

※未実施1件について、回答欄(記述式)に定期点検にて外観検査を1回/年実施と記載があることから、誤って未実施としている。

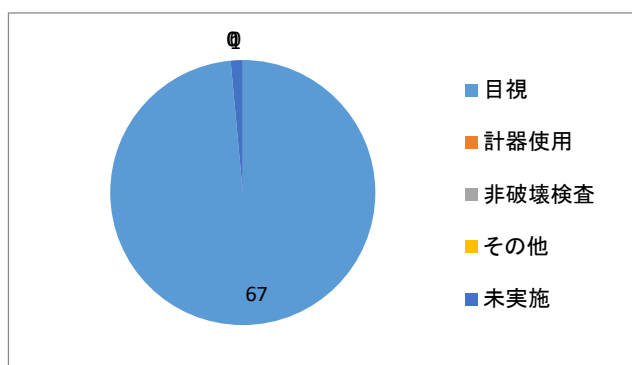


図9 デッキ変形・亀裂有無の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

- ・浮屋根上より目視による確認をしている。万一損傷が確認されれば、計測器などを用いて損傷形状、範囲などを追加確認する。
- ・デッキ上目視により変形、亀裂の有無を確認している。
- ・検尺(1回/月)及び原油受払後(数回/月)の点検時に目視にて確認している。
- ・目視点検にて顕著な変形や亀裂の有無について点検し、異常の疑いがあった場合には工務部門にて非破壊検査などの詳細点検を実施している。
- ・目視にて変形、亀裂の確認をする。補強リング取付部等は十分に注視する。

3-3 定期点検におけるデッキの塗装状況及び腐食有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表10 デッキ塗装及び腐食の点検方法
(定期)

点検方法	回答数
目視	66
計器使用	0
非破壊検査	0
その他	1
未実施	1
合計	68

※ 未実施1件について、ダブルデッキタイプであり、上部デッキをポンツーンの回答として捉えたためである。

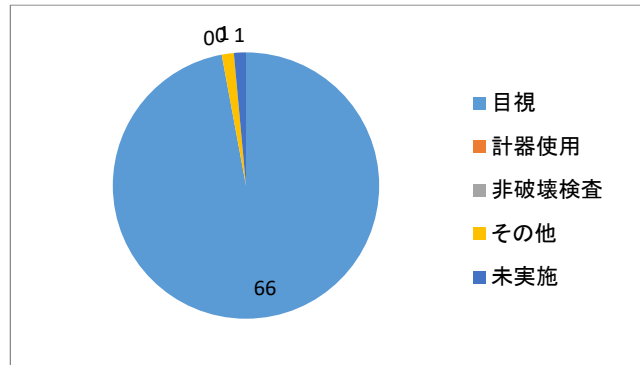


図10 デッキ塗装状況及び腐食有無の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

【目視】

- ・塗装: 1回/13年でタンク開放点検時に塗装を実施。
- ・浮屋根上より目視による確認、万一腐食が確認されれば、計測器などを用いて腐食範囲、深さなどを追加確認する。
- ・設備管理課による外観目視点検を毎月(12回/年)実施、検査会社による外観目視点検を5年間隔(1回/5年)で実施
- ・目視検査にて塗装状況及び腐食の有無を確認している。
- ・塗装の劣化状況(ひび割れ・剥離等)を目視にて確認する。腐食状況は母材と溶接線について錆こぶや錆堆積を目視点検をする。
- ・著しい腐食が認められた箇所は詳細検査
- ・目視点検を実施し、顕著な減肉が認められた場合には工務部門にて板厚確認している。
- ・デッキの塗装状況及び腐食の有無を目視点検を実施、雨水や砂塵で点検が出来ない場合は堆積を除去してから、目視検査を実施

【その他】

- ・目視点検および定点肉厚測定(年1回)を実施。

3-4 定期点検におけるデッキの溶接部の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表11 デッキ溶接部の点検方法(定期)

点検方法	回答数
目視	67
非破壊検査(部分的)	0
非破壊検査(全体的)	0
その他	0
未実施	1
合計	68

※未実施について、誤入力と考える
(問い合わせ未実施)

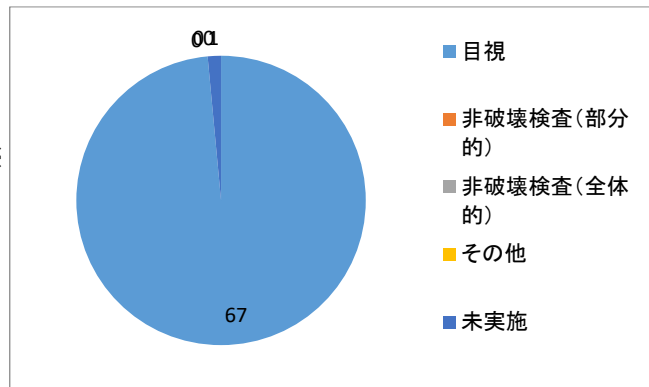


図11 デッキ溶接部の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

- ・デッキの溶接部は目視により漏れの有無を確認。
- ・定期点検にて外観検査を1回/年で実施。
- ・浮屋根上より目視による確認、万一溶接部の損傷が懸念されれば、当該部を非破壊検査などにて詳細点検を実施する。
- ・デッキ溶接部の健全性確認を目視点検にて確認。

3-5 定期点検におけるデッキの付属品の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表12 デッキ付属品の点検方法(定期)

点検方法	回答数
目視	64
機能確認	4
整備	0
その他	0
未実施	0
合計	68

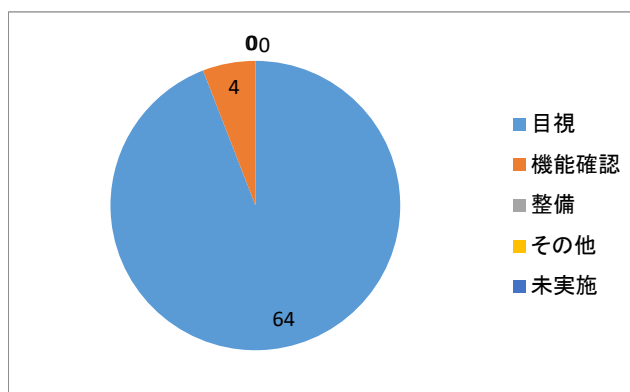


図12 デッキ付属品の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

・アトモス弁等は定期的に分解整備
・デッキの付属品についてはすべて目視にて状態を確認。
・浮屋根上より目視による確認
・目視による、塗装の劣化状況及び腐食状況、異常な変形、亀裂の有無を確認
・ウェザーシールド及びシール機構の側板との接触状況。マンホールの変形・亀裂等の有無。ルーフトレンの排水状況・腐食・詰まりの有無等
・オートマチックエアバントの作動確認やスラッジ測定口のゴムパッキンの確認等を併せて実施しています。
・フレームアレスター及びブリーザーバルブについて作動点検を1回/年実施、浮屋根排水設備の清掃を4回/年実施
・検尺(1回/月)及び原油受払後(数回/月)の点検時に目視にて確認している。
・1回/年、目視検査にて塗装状況及び腐食の有無を確認している。
・エマージェンシードレン、シール水位の目視確認、ガイドポール変形および亀裂の目視確認、ウェザーシールドの破損および金属部の露出の目視確認、ローディングラダーの変形および傾斜の目視確認
・デッキ付属品の健全性確認を目視点検にて確認。
・アトモス弁については動作確認をし、その他の部位は目視点検をする。
・デッキ上の付属品(通気管・マンホール・ルーフトレン集水口・エマージェンシードレン・ラダー等)の目視確認等
・屋根マンホールやノズル、雨水排水設備、緊急排水設備などについて、異常や塗装・腐食状況等について点検を実施している。
・各ノズルおよびガイドポールについて変形、亀裂、塗装状況および腐食の有無を目視にて確認。サンプルボックスの詰まりの有無、チャッキ弁の作動状況の確認。エマージェンシードレンの適正水位の確認。
・デッキ上点検の際にデッキ付属品の著しい損傷有無の確認、ルーフトレン流入金網の清掃、非常用排水装置の封水点検、通気弁フレームアレスター清掃等

3-6 定期点検におけるデッキ点検において、その他実施している内容について、その他実施している内容について以下のものであった。(抜粋)

・エマージェンシードレンノズルの水位確認、ルーフトレンストレーナーの清掃
・デッキ上雨水の排水状況を目視にて確認。ルーフトレン排水集水口の、蓋の金網清掃。エマージェンシードレン排水口の金網清掃。
・定期点検の内容【外観目視点検】 側板、屋根板、シャフト、ウェザーフード、フォームダム、ホソツーン、ルーフトレンサンプ、エマージェンシードレン、【機能検査及びグリース給油】 ガイドパイプ及びゲージポール、ローリングラダー、自動ブリーダーバント、シール間隔測定
・上部デッキの塗装劣化確認
・火山灰の除去等
・ルーフト上に設置している傾斜計で傾きが無い事を常時DCSにて監視している。
・ウェザーシールド屋根板の腐食・変形・損傷の有無、ルーフトレーナーの目詰りの有無、ルーフサポート、マンホール部の漏洩の有無
・ウェザーシールドの変形、損傷の有無確認他、ルーフトレンの詰まりの有無、集水口の腐食の有無他、検尺口、マンホールの腐食の有無他
・ウェザーシールドの変形、汚損の有無、側板との接触状況確認、マンホール部の漏洩の有無
・点検時、ルーフトレン排水口付近に堆積物があれば清掃を実施。
・ルーフトレンストレーナーにゴミが認められた場合は、清掃を実施している。
・ルーフトレン、エマージェンシードレン水封、オートマチックブリーザーバント、ウェザーフード、ルーフシール、ローリングラダー、ルーファース
・3年に1回、デッキ板厚測定(抜取)
・外面腐食による著しい減肉を確認した場合には、腐食の進展防止処置を実施しています。定期点検では、進展防止処置に劣化がないか目視点検している。
・アトモス弁の分解清掃・作動テスト:2回/年、運転時検査として肉厚検査を実施
・エマージェンシードレンの水レベルを測定している。(年2回)
・浮屋根全体、付属品の機能維持として、非常排水装置等の水シール確認、雨水排水管の機能(詰り)の確認、屋根シール部の変形、損傷等の確認を合わせて実施

○タンク開放時の点検(定期開放点検等)

- 1 タンク開放時の点検内容について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表13 点検内容(開放)

点検内容	回答数
定期点検と同じ	11
定期点検+α(記入欄)	52
その他	5
合計	68

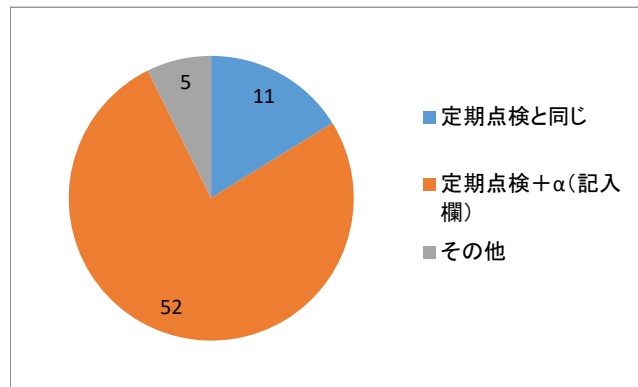


図13 点検内容(開放)

【記入欄の記載内容】

【定期点検+α】

・気密試験、側板との間隙測定
・ポンツーン内部に入り目視点検
・板厚測定検査、腐食・孔食部検査
・屋根板について、1点以上/1プレートでとった箇所の肉厚測定を実施。
・デッキ上目視により塗装剥離が認められた場合は延命処置として再塗装を実施。
・ローアデッキ肉厚測定、気密テスト、目視点検
・ポンツーン内部の目視点検、加圧漏れ試験、溶接部の目視点検、ノズル部肉厚測定、ポンツーンの板厚測定
・目視点検:内面全面、溶接線全線、板厚測定:アウターリム、内面当て板部、浸透液漏れ検査:アウターリム、インナーリム、仕切り板溶接線
・上部デッキ・下部デッキの板厚測定、ポンツーン隔壁・上部デッキ・下部デッキ溶接線の目視検査、腐食部のケレンによる減肉状況確認
・タンク内面・外面・浮き屋根内部の目視点検、浮き屋根シール取替(隔回実施)、ウェザーシールド目視点検
①屋根上・裏面の目視検査(全面および付属品含む)②屋根板付属品(回転内梯子レール接続部、浮屋根支柱保護板溶接部)溶接線のMT。③屋根板およびポンツーン板の肉厚測定(抜取 約1,800点)
・各部の変形、亀裂の有無、塗装状況および腐食の有無を目視点検。状況に応じて当板補修、塗装補修を行う。ポンツーンについては、内部に入槽し目視点検を行い、気密試験にて漏れの有無を確認。
・各部板厚測定、エマージェンシーシードレンの詰りの有無確認等を実施。
・浮屋根付属設備(ウェザーフード、ルーフドレン、エマージェンシーシードレン)の目視検査、肉厚測定、検査内容:腐食の有無、サンフックス金網の目詰まりの有無、サンフックス肉厚測定、ポンツーン、ルーフサポートの目視検査
・+αについて、ポンツーン気密テスト、スィベルジョイント&スウィングサクシジョン分解点検、液面計分解点検、タンク元自動弁分解点検を実施している。
・屋根板肉厚測定、ポンツーン内部目視検査、浮屋根下面側目視検査、ポンツーン板厚測定(消防第295号)、浮屋根シール点検等を実施している。
・定期点検にて認められた腐食箇所に対して、錆こぶ等の除去を行い残肉量の特定、補修要否を判断している。
・屋根板:目視及び、タンク毎の腐食状況により、超音波/磁気飽和渦流探傷法(SLOFECなど)による定点or連続肉厚測定。ポンツーン:目視及び、補修部はバキュームテストあるいは浸透探傷試験。
・デッキ板の形状測定、水張の上浮上テストにて浮屋根の作動確認。
・ポンツーン全室の詳細点検及び肉厚測定等。デッキ板詳細点検及び肉厚測定等
・外面および内面全面目視 ・デッキ板1枚あたり3点の肉厚測定。屋根付属品の肉厚測定 ・全ポンツーンの加圧漏れ試験。
・ポンツーンの上板、下板、内リム、外リムの多点肉厚測定。シングルデッキ部の屋根板の多点肉厚測定。
・目視検査、肉厚測定、UT面探傷検査、MT検査の実施
・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いた詳細点検を実施。目視検査にて検出された不具合部は必要に応じて非破壊検査(浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等)を用いて確認
【その他】
・ポンツーン:内外面目視(入槽実施)、定点板厚測定、シングルデッキ:外面目視、定点板厚測定
・浮屋根上部デッキは塗装補修を実施。下部デッキは3点/枚で肉厚測定を実施。
・開放点検は1回/7年実施。ウェザーシールド点検手入れ、シールバック取替(開放点検3回に1回)、スクレーパー点検、ポンツーン内部目視点検
・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。
・定期点検は実施していない。目視検査として腐食の有無を実施、腐食があれば測定を実施している。

2-1 タンク開放時におけるポンツーン内部の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表14 ポンツーン内部の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視(内部に入らず確認)	4
目視(内部に入って確認)	61
外面のみ	0
その他	3
合計	68

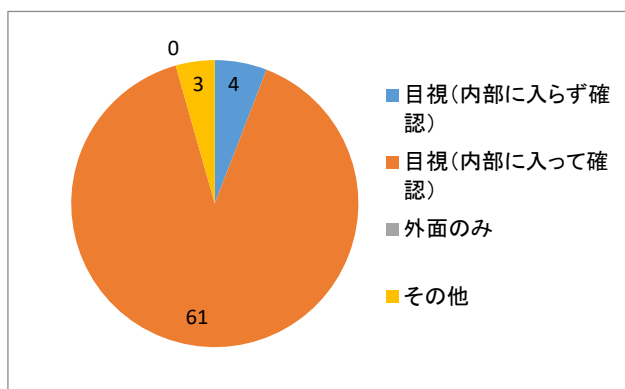


図14 ポンツーン内部の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

・ポンツーン内部に入って異常の有無について確認。
・目視によるポンツーンの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。検査については、PT・VTを実施。
・マンホールを開放して内部確認、外面肉厚測定で最小値となったポンツーンについて詳細肉厚測定
・ポンツーン接液部側はタンク洗浄後、入槽し目視点検を実施する。ポンツーン非接液部側は随時、隔壁マンホールより入槽し目視点検を実施する。
・内部の全範囲において、目視点検を実施している。
・検査員による、目視。補修部はバキュームテストあるいは浸透探傷試験。
【その他】
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。

2-2 タンク開放時におけるポンツーン漏洩有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表15 ポンツーン漏洩有無の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視	52
ガス検知のみ	0
目視+ガス検知	8
その他	4
未実施	4
合計	68

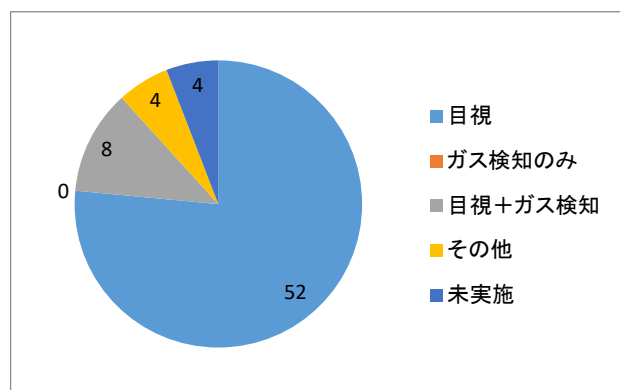


図15 ポンツーン漏洩有無の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【目視】
・すべてのポンツーン内部に入槽し、漏洩(重油付着)の有無を目視にて確認。タンク水張り検査時には、ポンツーン内部への浸水の有無を確認。
・ポンツーン内部目視により漏洩有無を確認。
・内部入槽しての目視検査(原油もしくは雨水の浸入跡確認)
・内部に入り、油の漏洩の形跡があったか目視にて確認。
・黒油: 目視にて油痕跡の有無を確認する。白油: 内部塗膜溶解痕跡の有無を確認する。
【目視+ガス検知】
・開放時とオイルイン時の2回実施。
・開放清掃時にポンツーンM/H開放し目視+ガス検知器で漏れ有無の確認を実施している。
【未実施】
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。
【その他】
・気密試験による確認
・ポンツーン全室の溶接線等について発泡液による気密テスト(490PaG)を行う。
・水張検査を実施する場合は水張時に漏洩の有無を確認する。

2-3 タンク開放時におけるポンツーンの変形、亀裂有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表16 ポンツーン変形・亀裂有無の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視	62
計器による測定	0
非破壊検査	3
その他	1
未実施	2
合計	68

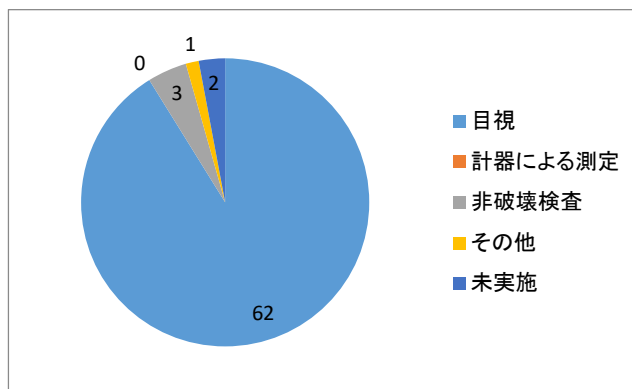


図16 ポンツーン変形・亀裂有無の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【目視】

- ・変形箇所は記録にとどめ、経過観察する。亀裂の場合は補修溶接を行い非破壊検査にて健全性の確認を行う。
- ・基本的に、目視により変形、亀裂の有無を確認。万一損傷が確認されれば、計測器などを用いて損傷形状、範囲などを追加確認する。
- ・浮屋根上および浮屋根マンホール内より目視による確認
- ・ポンツーン内・外部について、目視にて確認している。
- ・目視検査による異常が確認された場合、変形部の形状測定、非破壊検査(PT検査)等による確認
- ・変形・亀裂については目視で確認。亀裂については、加圧漏れ試験にて確認。
- ・外部は目視点検、内部の検査は実施せず
- ・非破壊検査会社による目視検査を実施している。点検結果により、塗膜に割れ等が見られた場合は詳細検査(非破壊検査)を実施する。
- ・目視にて板の変形や溶接部の亀裂有無確認。亀裂等が認められた場合は浸透探傷検査を行う
- ・ポンツーン内部から、変形、亀裂を目視点検。
- ・ポンツーンの外観及び内部の目視検査を実施する。
- ・目視検査 ※著しい変形等を検出した場合は当該部を浸透探傷試験
- ・ポンツーン内部とタンク内部(ポンツーン外部)から目視点検を実施し、異常の疑いがあった場合には非破壊検査などの詳細検査を実施している。
- ・目視検査にて、変形、亀裂等の確認を実施。亀裂等が懸念される場合は非破壊検査実施
- ・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査(浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等)を用いて確認

【非破壊検査】

- ・全面目視点検および浸透液漏れ検査
- ・デッキ板(ポンツーン内含む)付属品の溶接線は、NDI(PT)を実施する。(ショートビード注意) ただし、保護板等が設置されている場合は除く。
- ・内外面全面目視検査(溶接線含む)、ポンツーン内面タック溶接部MT検査

【その他】

- ・目視 + α (ポンツーンと側板との間隙測定)

【未実施】

- ・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
- ・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。

2-4 タンク開放時におけるポンツーンの塗装状況及び腐食有無（非接液部）の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表17 ポンツーン塗装及び腐食の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視（腐食状況の確認程度）	56
計器による測定（部分的）	6
計器による測定（全体的）	3
その他	1
未実施	2
合計	68

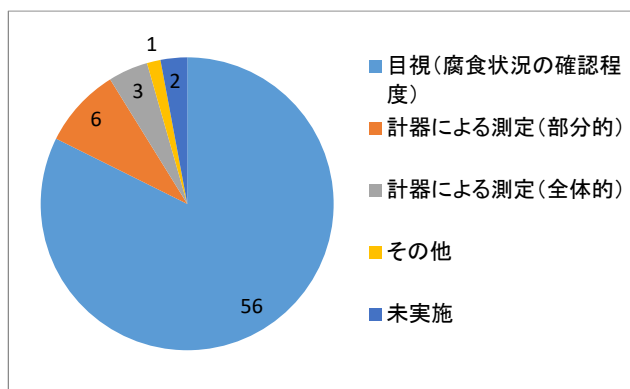


図17 ポンツーン塗装及び腐食の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

【目視】

- ・ポンツーン内部およびデッキ上から目視により塗装状況および腐食の有無を確認。
- ・内面：一部で雨水浸入による腐食あり。腐食部は補修または塗装を実施。外面：一部で雨水による腐食あり。腐食部は補修または塗装を実施
- ・著しい塗装の劣化・剥離・腐食がある場合は、ケレン及び補修塗装を行う。
- ・基本的に、目視により塗装、腐食状況を確認。万一腐食が確認されれば、計測器などを用いて腐食範囲、深さなどを追加確認する。
- ・すべてのポンツーン内部に入槽し、塗装状況および腐食の有無を目視にて確認。
- ・腐食ありの場合、腐食深さ計測。
- ・内外面から目視検査
- ・タンク側板外面と同様のウレタン系樹脂塗料にて塗装を施工している。定期開放検査時に塗装の剥離や軽微な腐食が発生している場合もあり、タッチアップ塗装を実施している。
- ・塗装状況を目視で確認。腐食検査は目視にて確認し、腐食箇所をデプスゲージにて計測・記録。定点の超音波肉厚測定を実施。

【計器による測定（部分的）】

- ・目視による確認及び錆腐、層状酸化等の著しい腐食については、ケレンを実施した上で計器（超音波板厚計もしくはデプスゲージ）による測定を実施する。
- ・内部・外部の目視点検を実施するとともに、著しい腐食が確認された箇所および各面の定点について、内部から板厚測定（超音波検査）を実施。
- ・塗装状況を目視で確認。腐食検査は目視にて確認し、腐食箇所をデプスゲージにて計測・記録。定点の超音波肉厚測定を実施。
- ・入槽の上、詳細目視点検。肉厚測定（部屋毎に ポンツーン底板、天板、アウターリム、インナーリムそれぞれ3点）

- ・内外面全面目視検査（溶接線含む）及び外リム全面目視検査、定点肉厚測定（上板、内リム、外リム）、外リム及びガイドウェル抜き取りUT面探傷検査

- ・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査（浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等）を用いて確認。

【計器による測定（全体）】

- ・消防法通達 危第295号による板厚測定、②目視検査による腐食部板厚測定、③上板板厚測定
- ・目視（外面腐食点検）、デプスゲージを使用し腐食深さを測定、近傍板厚の肉厚測定。 定点肉厚測定
- ・基本検査として目視検査及びポンツーンの上板、下板、内リム、外リムの肉厚測定を実施している。

【その他】

- ・目視検査、肉厚測定（上板を板毎に3点）

【未実施】

- ・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
- ・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。

2-5 タンク開放時におけるポンツーンの腐食有無(接液部)の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表18 ポンツーン腐食有無(接液部)の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視(腐食状況の確認程度)	51
計器による測定(部分的)	11
計器による測定(全体的)	1
その他	3
未実施	2
合計	68

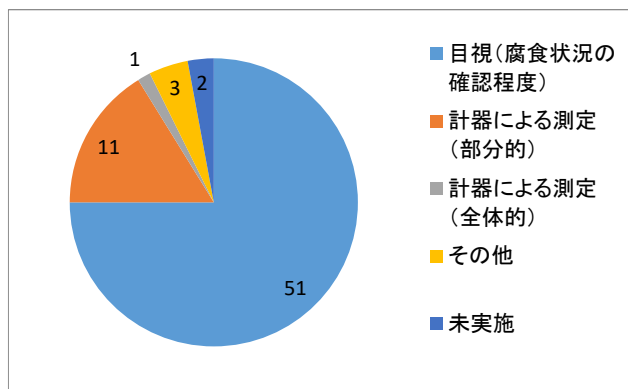


図18 ポンツーン腐食有無(接液部)の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【目視(腐食状況の確認程度)】

- ・目視によるポンツーンの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。
- ・内面:一部で雨水浸入による腐食あり。腐食部は補修または塗装を実施。外面:基本は検査なし。概ね変形、亀裂の履歴なし。状況に応じ目視実施
- ・腐食がある場合は、ケレン及び補修塗装を行う。
- ・目視により腐食の有無を確認、万一腐食が確認されれば、計測器などを用いて腐食範囲、深さなどを追加確認する。
- ・タンク内および浮屋根マンホール内より目視による確認
- ・定点の肉厚測定、腐食部の腐食深さ測定。
- ・ポンツーン内部に腐食を確認し、ケレン、パフ掛け、溶接線真空検査、塗装を実施。
- ・タンク内部より、腐食の有無を目視にて確認。
- ・ポンツーン内面は結露による腐食等の確認をする。タンク内からはリム板、下板及び補強材等の付属品の確認をする。

- ・目視点検を実施し、顕著な減肉が認められた場合には板厚確認している。
- ・内外面全面目視検査 ・ポンツーン11点×8方向の肉厚測定(消防危第295号に準ずる) ・腐食性ありの場合、ポンツーン全室のうち1/2をアウターリムおよびインナーリムを概ね3等分した方向について200mm幅で全長抜き取りUTを追加。
- ・ポンツーン内外面の目視による確認を実施し、加えて接液部の健全性確認のため肉厚測定を実施している。
- ・屋根板内外面の全面腐食検査。ポンツーン底板肉厚測定:板1枚につき3箇所測定
- ・浮屋根下面に対し、目視検査(デプスゲージ等による測定含む)を実施している。
- ・目視点検による腐食部について、デプスゲージを使用し、深さ測定実施。

【計器による測定(部分的)】

- ・目視による確認及び錆腐、層状酸化等の著しい腐食については、ケレンを実施した上で計器(超音波板厚計もしくはデプスゲージ)による測定を実施する。
- ・塗装状況を目視で確認。腐食検査は目視にて確認し、腐食箇所をデプスゲージにて計測・記録。定点の超音波肉厚測定を実施。
- ・入槽の上、詳細目視点検。肉厚測定(部屋毎に ポンツーン底板、天板、アウターリム、インナーリムそれぞれ3点)
- ・ポンツーン内部目視点検に合わせて、抜取の肉厚測定を実施。
- ・内面全面目視検査(溶接線含む)及び外リム全面目視検査・定点肉厚測定(下板)・外リム及びガイドウェル抜き取りUT面探傷検査
- ・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査(浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等)を用いて確認

【計器による測定(全体)】

- ・基本検査として目視検査を実施している。

【その他】

- ・ポンツーン内外面の目視による確認を実施し、加えて接液部の健全性確認のため肉厚測定を実施している。
- ・内外面全面目視検査 ・ポンツーン11点×8方向の肉厚測定(消防危第295号に準ずる) ・腐食性ありの場合、ポンツーン全室のうち1/2をアウターリムおよびインナーリムを概ね3等分した方向について200mm幅で全長抜き取りUTを追加。
- ・目視検査、肉厚測定(下板を板毎に3点)

【未実施】

- ・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
- ・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。

- 2-6 タンク開放時におけるポンツーン溶接部(非接液部)の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表19 ポンツーン溶接部(非接液部)の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視(漏れの有無確認)	25
目視(溶接部の状態確認)	40
非破壊検査(部分的)	0
非破壊検査(全体的)	0
その他	1
未実施	2
合計	68

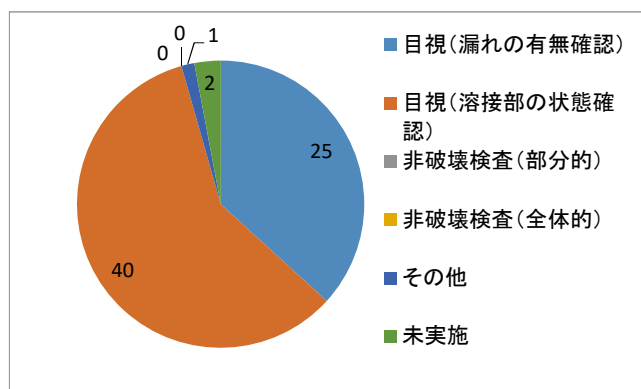


図19 ポンツーン溶接部(非接液部)の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【目視(漏れの有無確認)】

- ・すべてのポンツーン内部に入槽し、溶接部を目視にて確認。

【目視(溶接部の状態確認)】

- ・目視により溶接部の状態を確認。万一溶接部の損傷が懸念されれば、当該部を非破壊検査などにて詳細点検を実施する。
- ・入槽による全線目視検査を行う。腐食による欠損や外力による破断等の有無について、確認する。
- ・目視点検を実施し、異常の疑いがあった場合にて非破壊検査などの詳細検査を実施している。
- ・目視で割れの兆候が確認された場合、非破壊検査を行い、補修溶接を行う。
- ・内部・外部の目視点検を実施し、欠陥が確認された場合は、非破壊検査等を実施。
- ・目視点検による腐食部について、ディプスゲージを使用し、深さ測定実施。
- ・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必
- ・目視にて溶接部の状態確認。異常を確認した場合、PT試験にて確認。

【その他】

- ・塗膜上から全線目視検査および加圧漏れ検査

【未実施】

- ・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
- ・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。

2-7 タンク開放時におけるポンツーン溶接部(接液部)の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表20 ポンツーン溶接部(接液部)の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視(溶接部の状態確認)	61
非破壊検査(部分的)	0
非破壊検査(全体的)	2
その他	1
未実施	4
合計	68

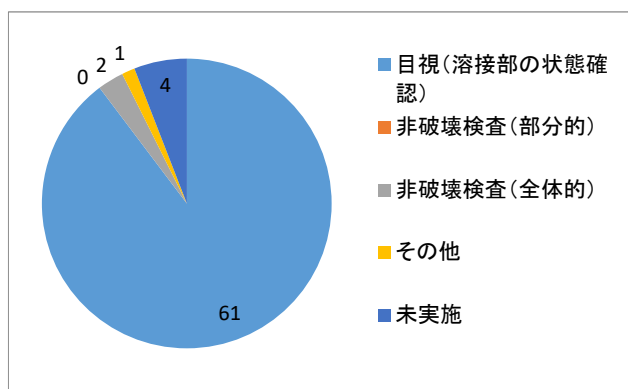


図20 ポンツーン溶接部(接液部)の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【目視(溶接部の状態確認)】

- ・目視によるポンツーンの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。
- ・タンク開放後、タンク内部目視により溶接部状態を確認。
- ・内面:一部で雨水浸入による腐食あり。腐食部は補修または塗装を実施。外面:溶接部腐食等の履歴なし
- ・目視で割れの兆候が確認された場合、非破壊検査を行い、補修溶接を行う。
- ・入槽による全線目視検査を行う。腐食による欠損や外力による破断等の有無について、確認する。
- ・目視により溶接部の状態を確認。万一溶接部の損傷が懸念されれば、当該部を非破壊検査などにて詳細点検を実施する。
- ・ポンツーン内部に腐食を確認し、ケレン、パフ掛け、溶接線真空検査、塗装を実施。
- ・目視にて溶接部の状態確認。異常を確認した場合、PT試験にて確認。
- ・塗装を剥がしてまでは行っていない
- ・目視点検による腐食・形状不良部について、必要に応じてNDI実施。
- ・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査(浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等)を用いて確認

【非破壊検査(全体的)】

- ・ポンツーン内面タック溶接線MT検査

【その他】

- ・塗膜上から全線目視検査および加圧漏れ検査

【未実施】

- ・検査員による目視、補修部はバキュームテストあるいは浸透探傷試験。

2-8 タンク開放時におけるボンツーン漏れ試験の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表21 ボンツーン漏れ試験の点検方法(開放)

点検方法	回答数
真空試験(部分的)	7
真空試験(全体的)	0
加圧漏れ試験	19
油浸透試験(部分的)	1
油浸透試験(全体的)	1
その他	14
未実施	26
合計	68

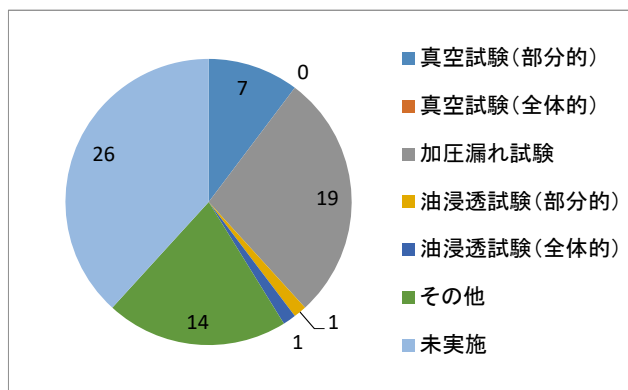


図21 ボンツーン漏れ試験の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【真空試験(部分的)】

- ・ボンツーン内部に腐食を確認し、ケレン、パフ掛け、溶接線真空検査、塗装を実施。
- ・補修無しは未実施、補修時は対象ボンツーンを実施
- ・詳細目視検査にて疑義が認められた場合、真空試験を実施し漏洩の有無を確認している。
- ・補修部はバキュームテストあるいは浸透探傷試験。
- ・点検結果に対して不具合部は必要に応じて真空検査にて確認

【加圧漏れ試験】

- ・空圧テスト(30mmH₂O)、溶接線リークテスト(油浸透等による)
- ・検査対象ボンツーンを空気にて昇圧(50mmAq)し、隣接するボンツーン及びデッキ側内リムの溶接線に発泡液をかけ、漏洩の有無を確認
- ・貫通を伴うような腐食または開口を伴う工事の場合のみ実施している。試験圧力:490Pa、試験方法:ボンツーンマンホール内を試験圧力まで空気圧縮機で加圧後、補修部分に発泡剤を塗布し、漏れがないことを確認している。
- ・ボンツーンマンホールに治具を取付け、圧縮空気にて加圧(圧力:30mmAq)し、発泡剤にて漏洩の有無を確認。
- ・50mmAq~150mmAq 空圧にて確認。外部より発泡液にて漏れ確認。
- ・全室(気密試験:40mmAq以上)実施
- ・気密試験圧力:(≠300mmAq)
- ・ボンツーン内に漏油懸念がある場合、加圧漏れ試験(50mmAq)にて外面より不具合位置の特定を行う。
- ・微加圧試験の実施。ただし、溶接補修や一部板切取りの部分補修の場合は浸透探傷試験で代替え検査。
- ・点検の結果、異常の疑いがあった場合や、ボンツーンの補修工事を行った場合には、加圧漏れ試験(気密試験)を実施している。

【油浸透試験(部分的)】

- ・インナーリム、アウターリム、仕切り板溶接線の浸透液漏れ試験
- ・部位、ボンツーンの大きさ等により、加圧試験、真空試験、油浸透試験から試験方法を選定する。
- ・概ね完成検査前検査(水張り検査)実施。完成検査前検査時はボンツーン内目視実施。水漏れなし。浮屋根新基準対応でボンツーン改修を実施したものは改修時に気密検査実施

【油浸透試験(全体)】

- ・浮き屋根新基準適合に伴う浮き屋根改修で油浸透試験を実施した。①検査液:軽油、②判定時間:塗油後1時間後及び5時間後

【その他】

- ・部位、ボンツーンの大きさ等により、加圧試験、真空試験、油浸透試験から試験方法を選定する。
- ・水張検査を実施する場合は水張時に漏洩の有無を確認する。
- ・タンク水張り検査時に合わせて、ボンツーン部の漏洩の有無を確認している。
- ・目視にて漏れ跡等の異常が認められた場合は、非破壊検査を行い必要に応じ溶接補修を実施し、加圧漏れ試験にて漏洩確認を実施する。
- ・目視検査で異常を認めた箇所及びボンツーンの補修等が発生した場合に補修場所によって真空検査、油浸透試験、浸透探傷検査を実施。
- ・補修があれば加圧漏れ試験実施
- ・漏洩懸念時に部分的な真空試験を実施します。
- ・水張試験時に漏洩の有無を確認。補修溶接箇所は真空試験を実施。
- ・ボンツーンの補修が発生した場合は補修したボンツーンの気密試験、または補修箇所のみ真空検査を実施

【未実施】

- ・気密試験等の漏洩に関する試験は実施していない。
- ・ゲージボール、浮き屋根回転止めボンツーンガイドパイプ交換時は、その部屋のみ気密テストを行っている
- ・ボンツーン改修及び補修工事があった場合は加圧試験を実施。
- ・概ね完成検査前検査(水張り検査)実施。完成検査前検査時はボンツーン内目視実施。浮屋根新基準対応でボンツーン改修を実施したものは改修時に気密検査実施。

(コメント)

- ・開放検査開始直後(補修前)に行うものと、補修後に行うものとが混在している。また、どのタイミングで実施しているかは、後述のQ&A(その他 2 タンク開放時にボンツーンに対して気密試験)にも記載があり、加味し判別する必要がある。不明な場合には、再度調査しないと判別できない。

2-9 タンク開放時におけるポンツーン付属品の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表22 ポンツーン付属品の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視	54
機能確認	5
整備	3
その他	3
未実施	3
合計	68

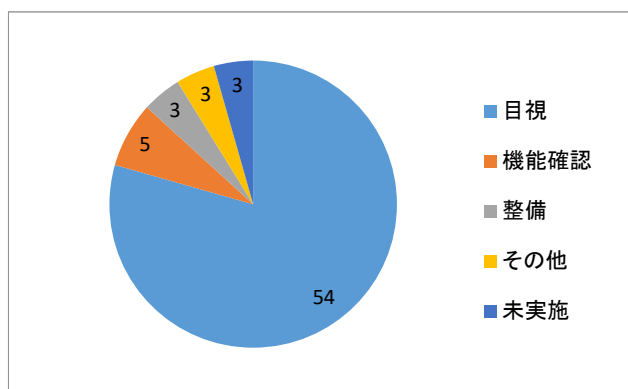


図22 ポンツーン付属品の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

・目視によるポンツーンの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。
・ポンツーン蓋の腐食状況について目視確認。
・概ね完成検査前検査(水張り検査)実施。完成検査前検査時に動作確認実施。マンホールガasket、ボルト、ナット等は目視で確認。支柱は開放前に目視、肉厚測定実施。
・割れの場合は補修溶接を行い非破壊検査にて健全性の確認を行う。
・目視点検及びノズル部肉厚測定
・目視点検および水封式エマージェンシードレン管の適正水量確認
・ポンツーンマンホールノズル及び蓋の整備
・アトモス弁点検整備、・浮き屋根回転止め、ルーフストッパー目視点検、ポンツーンマンホール点検
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・①ポンツーンマンホール蓋の腐食確認。②ウエザーフードの可動状況確認。③火災検知器設備の作動確認 など
・リムプレート(側板/隔壁)、スリーブ(貫通部)、アングルなどの付属品を目視点検
・ルーフサポートの外周腐食検査
・1)ウエザースリット、タンクシール機構、各ノズル(M/H含む):目視点検。2)回転止め、ゲージポール、フロート液面計ポール:目視点検。3)フロート液面計:点検、整備
・検査会社によるマンホール蓋、留め金具、ウエザーフードの目視点検
・アトモス弁の作動点検、ガイドポール及びゲージポールのガイドローラー及びスライディングプレート点検、浮屋根シール目視点検を実施している。
・ルーフサポートスリーブ管打音検査(状況により板厚測定)。
・目視点検による腐食・形状不良部について、必要に応じてNDI実施。
・目視、ポンツーン内インナーパイプ(リムベント)肉厚測定
・ガイドポールのローラー部は動作確認し、その他は目視検査を実施する。付属ノズルについては、肉厚測定を実施する。
・ポンツーンマンホールやベントパイプなどの付属品について、目視にて点検している。
・シールガスベントは、肉厚測定も実施。
・ガイドパイプの腐食、変形、亀裂の有無を目視にて確認。
・ポンツーン、デッキ含め浮屋根廻りのシール機構
・腐食状況の確認及び肉厚測定を実施。
・支柱ガイドおよびノズルの下端及び上端より50mmを各4点×全数肉厚測定
・腐食性ありの場合、支柱ガイドおよび屋根貫通ノズルを20本程度抜き取りで全長×20mm幅UT
・付属品の目視、支柱ガイド、ノズルの肉厚測定を実施。
・目視検査及び非破壊検査(肉厚測定)を実施する。
・パッキンの目視を含む。
・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施

2-10 タンク開放時におけるポンツーン点検において、その他実施している内容について以下のものであった。(抜粋)

・ポンツーン全室の目視検査を実施し、最も腐食している浮き室を対象に板厚測定を実施する。
・点検の容易さと漏洩の早期発見につなげるため、ポンツーン内部を白色で塗装している。
・屋根板を溶接補修した場合は、PTおよび油浸透検査を実施。・地中タンクについてはシャフト部のシールを隔回の開放点検で取替実施
・ポンツーンマンホールパッキンの取替を行う。ポンツーンの腐食状況に応じて当板補修、塗装補修を行う。
・目視検査、定点肉厚測定、腐食部腐食深さ、肉厚測定
・ソフトシールの目視検査(摩耗、クラックの有無)、ソフトシールの劣化検査(シート厚さ、引っ張り強度、伸び、硬さ)
・腐食防止措置として、内部塗装を実施。
・検査目的:FRTのポンツーンの内面は、発錆によるスケールの付着や腐食の有無、溶接部のにじみや漏れの有無を検査する。検査内容:外面天板腐食及びマンホール蓋シール不良による雨水の漏れ込み有無。検査方法:目視検査。
・【定点肉厚測定】・原油タンクに関しては全室肉厚測定実施(ポンツーン底板、インナーリム、アウターリム各1点)。・タンクミキサー取付上部のポンツーンに切欠き部がある箇所は切欠きの天板を肉厚測定。・リムベント配管、ポンツーン貫通部(回転止め等)、貫通マンホール等のベーパーゾーンが存在し局部腐食の懸念がある箇所。
・タンク開放前に事前の目視検査等を行い、必要に応じてタンク開放時の補修計画に反映している。

3-1 タンク開放時におけるデッキ漏洩有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表23 デッキ漏洩有無の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視	61
ガス検知	0
目視+ガス検知	1
その他	2
未実施	4
合計	68

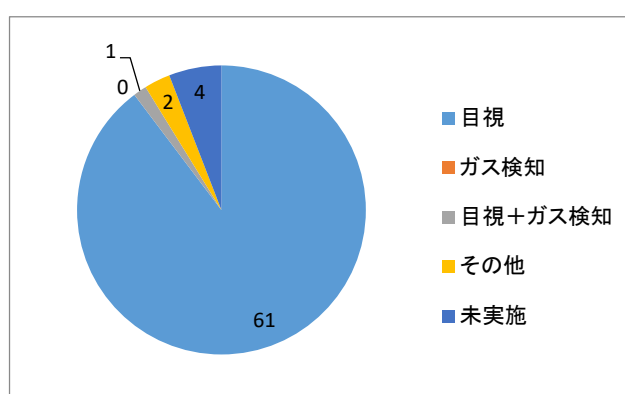


図23 デッキ漏洩有無の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【目視】
・目視によるデッキの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。
・浮屋根上および浮屋根マンホール内より目視による確認
・黒油: 目視にて油痕跡の有無を確認する。白油: 塗膜溶解痕跡の有無を確認する。
・水張試験時に漏洩の有無を確認。
・目視検査を実施ししみ箇所やしみ跡の有無の確認を実施
・水張り検査時に確認実施。波返し部はデッキ上から振動を与えて検査実施。
・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査(浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等)を用いて確認
【その他】
・ポンツーン内部に腐食を確認し、ケレン、パフ掛け、溶接線真空検査、塗装を実施。
・水張試験時に漏洩の有無を確認。補修溶接箇所は真空試験を実施。
【未実施】
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・ダブルデッキであるため、デッキ部への漏洩なし。
・日常点検において確認しているため、開放検査時に別途実施はしていない。

3-2 タンク開放時におけるデッキの変形、亀裂有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表24 デッキの変形・亀裂有無の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視	64
計器による測定	0
非破壊検査	0
その他	0
未実施	4
合計	68

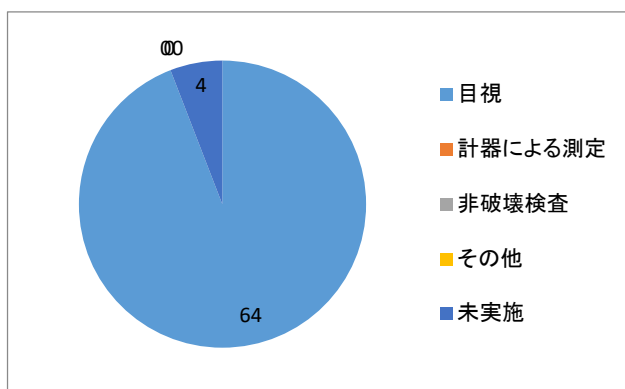


図24 デッキの変形・亀裂有無の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【目視】

- ・変形箇所は記録にとどめ、経過観察する。亀裂の場合は補修溶接を行い非破壊検査にて健全性の確認を行う。
- ・変形箇所は記録にとどめ、経過観察する。亀裂の場合は補修溶接を行い非破壊検査にて健全性の確認を行う。
- ・台風などの強風により繰り返し応力が発生する箇所(屋根支柱部補強板やポンツーン内部のリブ板溶接部など)は非破壊検査(MT、PT)を+αで実施している。
- ・基本的に、目視により変形、亀裂の有無を確認している。万一損傷が確認されれば、計測器などを用いて損傷形状、範囲などを追加確認する。
- ・外観目視検査を実施しており、検査結果により非破壊検査を行うこととしているが、これまで外観目視検査で変形、亀裂等の不具合は確認されていない。
- ・目視点検による腐食・形状不良部について、必要に応じてNDI実施。
- ・デッキの変形、亀裂の目視点検および形状測定を実施。
- ・目視にて変形、亀裂の確認をする。・補強リング取付部等は十分に注視する。
- ・タンク内外面から目視にて顕著な変形や亀裂の有無について点検し、異常の疑いがあった場合には非破壊検査などの詳細点検を実施している。
- ・著しいデッキの変形、亀裂の有無を目視点検を実施
- ・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査(浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等)を用いて確認

【未実施】

- ・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
- ・目視検査と臭気有無の確認を実施している。ガス検は実施していない。
- ・対象タンクは、全てダブルデッキであるため実施していない。
- ・日常点検において確認しているため、開放検査時に別途実施はしていない。

3-3 タンク開放時におけるデッキ上面の塗装状況及び腐食有無(非接液部)の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

図25 デッキ上面の塗装及び腐食状況の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視	56
計器による測定	7
非破壊検査	2
その他	2
未実施	1
合計	68

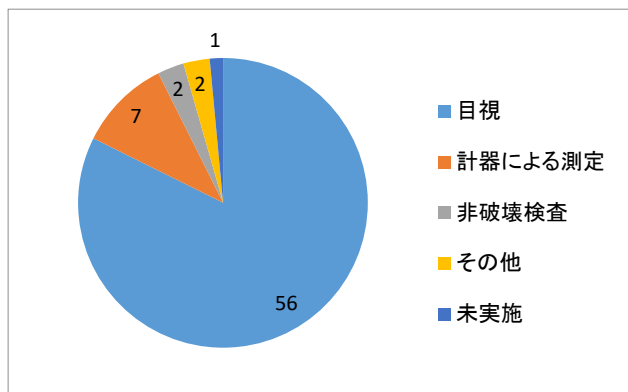


図25 デッキ上面の塗装及び腐食状況の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【目視】

- ・デッキ上目視により塗装状況および腐食の有無を確認。
- ・著しい塗装の劣化・剥離・腐食がある場合は、ケレン及び補修塗装を行う。
- ・目視点検、・浮き屋根上部板全面塗装
- ・上部デッキ上面の目視検査にて発見された不具合は、塗装補修を実施。下部デッキは上記定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
- ・基本的に、目視により塗装、腐食状況を確認している。万一腐食が確認されれば、計測器などを用いて腐食範囲、深さなどを追加確認する。
- ・腐食を確認した箇所のケレン・塗装補修、取替え補修・真空試験を実施。取替え補修・真空試験
- ・腐食の有無。目視にて、不適合箇所があれば別途修理を実施する。
- ・全体的な目視確認と併せて、定点および著しい腐食が認められた箇所の板厚測定(超音波検査)を実施。
- ・目視(外面腐食点検)、デプスゲージを使用し腐食深さを測定、近傍板厚の肉厚測定。・定点肉厚測定
- ・定期開放の前年度に錆、剥がれ、傷等について目視検査を行っている。
- ・浮屋根(ポンツーン含む)上面の塗装修理に合わせて、発錆箇所確認を実施している。(発錆状況によっては、デプスゲージによる測定含む)
- ・目視点検による腐食部について、デプスゲージを使用し、深さ測定実施。
- ・デッキ上面の塗装状況及び腐食の目視点検および肉厚測定を実施。
- ・塗装の劣化状況(ひび割れ・剥離等)を目視にて確認する。腐食状況は母材と溶接線について錆こぶや堆積を目視にて確認する。
- ・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査(浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等)を用いて確認

【計器による測定】

- ・全体的な目視確認と併せて、定点および著しい腐食が認められた箇所の板厚測定(超音波検査)を実施。
- ・塗装状況を目視で確認。腐食検査は目視にて確認し、腐食箇所をデプスゲージにて計測・記録。定点の超音波肉厚測定を実施。
- ・目視(外面腐食点検)、デプスゲージを使用し腐食深さを測定、近傍板厚の肉厚測定。定点肉厚測定
- ・目視検査、定点肉厚測定を実施。腐食部位について前処理(ブラスト等)を実施し、詳細肉厚を確認。

【非破壊検査】

- ・デッキ全面目視点検及び肉厚測定
- ・目視点検: デッキ全面。板厚測定: 各板1~3箇所

【その他】

- ・該当なし
- ・目視検査、肉厚測定(上板を板毎に3点)

【未実施】

- ・側板外面と同様のウレタン系樹脂塗料にて塗装を施工している。定期開放検査時に外面腐食が発生している場合もあり、嵌め板交換又は、タッチアップ塗装を実施している。

3-4 タンク開放時におけるデッキ裏面の腐食有無(接液部)の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

図26 デッキ裏面の腐食有無(接液部)の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視	47
計器による測定	13
非破壊検査	3
その他	3
未実施	1
合計	67

※ダブルデッキタイプのデッキ裏面はボンツーン内部となり接液しない。そのため選択式回答に的確な選択肢がなく、1件空欄回答

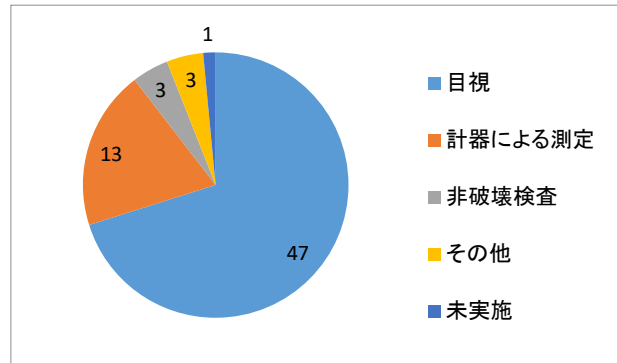


図26 デッキ裏面の腐食有無(接液部)の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【目視】 ・目視によるデッキの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。 ・著しい塗装の劣化・剥離・腐食がある場合は、ケレン及び補修塗装を行う。 ・下部デッキ裏面に塗装はないため、開放時表面錆は発生する。しかし、開放点検における3点/枚の肉厚測定において問題なし。 ・タンク内部より、デッキ裏面の腐食の有無を目視にて確認。 ・裏面側からは目視のみの確認となるが、上面からの肉厚測定により裏面減肉状況を評価している。 ・形状不良、損傷等の有無、腐食状況、その他設備の健全性を損なう不具合がないか目視検査を行っている。 ・検査会社による外観目視検査を実施 ・浮屋根下面に対し、目視検査(ディプスゲージ等による測定含む)を実施している。 ・目視点検による腐食部について、ディプスゲージを使用し、深さ測定実施。 ・タンク内部から、デッキ裏面腐食状況の目視点検を実施。(ディプスゲージを用いる) ・目視点検を実施し、顕著な減肉が認められた場合には板厚確認している。また、タンクの構造によってベーパースペースが懸念される部位について、板厚測定を実施している。 ・基本検査として目視検査を実施している。ダブルデッキの場合は肉厚測定も実施している。 ・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査(浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等)を用いて確認 【計器による測定】 ・タンク開放後、タンク内部目視によりデッキ裏面の腐食を確認。デッキ上からの肉厚測定によりデッキ裏面腐食の程度を確認。 ・デッキ上面より超音波厚さ測定を実施している。最小厚さ以下が認められた箇所については、嵌め板交換を実施している。 ・デッキ上面より、定点の超音波肉厚測定を実施。 ・裏面側からは目視のみの確認となるが、デッキ上面からの肉厚測定により裏面減肉状況を評価している。 ・肉厚測定 板一枚当たり5点 ・目視及び、タンク毎の腐食状況により、超音波 / 磁気飽和渦流探傷法(SLOFECなど)による定点or連続肉厚測定。 ・超音波厚さ測定を実施する。板1枚につき3点測定。 【非破壊検査】 ・屋根板内外面の全面腐食検査、屋根板肉厚測定:板1枚につき3点測定 ・板一枚当たり、3点程度の肉厚測定を実施し確認している。 ・定点肉厚測定 【その他】 ・目視検査、肉厚測定(下板を板毎に3点) ・目視検査。非接液側より肉厚測定 →板毎3点、 →ベーパー溜り懸念部については抜取りで詳細検査 ・目視検査+肉厚測定を実施している。 【未実施】 ・記述なし

3-5 タンク開放時におけるデッキ上面の溶接部(非接液部)の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表27 デッキ上面溶接部(非接液部)の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視	65
非破壊検査(部分的)	2
非破壊検査(全体的)	0
その他	1
未実施	0
合計	68

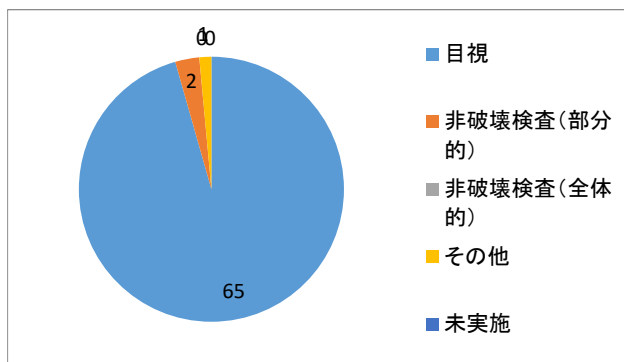


図27 デッキ上面溶接部(非接液部)の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【目視】
・目視を実施している。必要に応じてブラスト又はケレン等で処理したあとにMT検査を実施している。
・詳細な目視検査により健全性の確認を実施している。
・目視で割れの兆候が確認された場合、非破壊検査を行い、補修溶接を行う。
・定期開放の前年度に錆、剥がれ、傷等について目視検査を行っている。
・塗装を剥がしてまで点検は行っていない。
・上部デッキ上面の目視検査にて発見された腐食部は、塗装補修を実施。下部デッキは上記定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・目視により溶接部の状態を確認している。万一溶接部の損傷が懸念されれば、当該部を非破壊検査などにて詳細点検を実施する。
・腐食等の不適合無し・目視にて、不適合箇所があれば別途修理を実施する。
・全体的な目視確認と併せて、著しい腐食が認められた箇所の計器による検査を実施。・不適合箇所があれば別途修理を実施する。
・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査(浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等)を用いて確認。
・外観目視検査を実施しており、検査結果により非破壊検査を行うこととしているが、これまで外観目視検査で変形、異常は確認されていない。
・目視にて確認。デッキ板とポンツーンとの取り付け溶接部(コンプレッションリング)のみPT試験を実施。
・基本検査として目視検査を実施している。目視で気になる箇所はPT及びバキュームテストを実施している。
・目視点検による腐食・形状不良部について、必要に応じて非破壊検査を実施。
【非破壊検査(部分的)】
・検査員による目視点検及び過去肉盛溶接補修部の浸透探傷試験を実施。
【未実施】
・記述なし

3-6 タンク開放時におけるデッキ裏面の溶接部(接液部)の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表28 デッキ裏面溶接部(接液部)の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視	57
非破壊検査(部分的)	1
非破壊検査(全体的)	0
その他	1
未実施	8
合計	67

※ダブルデッキタイプのデッキ裏面はポンツーン内部となり接液しない。そのため選択式回答に的確な選択肢がなく、1件空欄回答

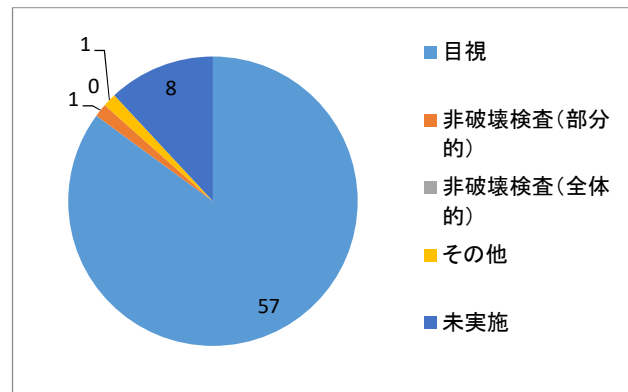


図28 デッキ裏面溶接部(接液部)の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【目視】

- ・目視によるデッキの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。
- ・タンク開放後、タンク内部目視により溶接部状態を確認。
- ・目視で割れの兆候が確認された場合、非破壊検査を行い、補修溶接を行う。
- ・上部デッキ裏面は上記定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。下部デッキ裏面は開放時の目視検査実施。
- ・デッキ(上部板)の裏面はポンツーンとなるため、接液部は無し。
- ・浮屋根マンホール内より目視による確認
- ・タンク内部より、デッキ裏面の溶接部を目視にて確認。
- ・腐食等の不適合無し。・目視にて、不適合箇所があれば別途修理を実施する。
- ・塗装を剥がしてまでは行っていない
- ・検査会社による外観目視検査を実施
- ・浮屋根下面に対し、目視検査の範囲内で実施している。
- ・目視点検による腐食・形状不良部について、必要に応じてNDI実施。
- ・外面溶接線の健全性を確認しているため、裏面溶接線の検査については未実施。
- ・タンク内部から、デッキ裏面腐食状況の目視検査を実施。
- ・目視点検を実施し、異常の疑いがあった場合には非破壊検査などの詳細検査を実施している。
- ・基本検査として目視検査を実施している。目視で気になる箇所はPT等を実施している。
- ・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査(浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等)を用いて確認

【非破壊検査(部分的)】

- ・基本的に目視検査をしているが、補強リングの溶接部は割れが発生しやすいため、非破壊検査(MT)を実施している。

【その他】

- ・全面目視およびデッキ板1枚あたり3点の肉厚測定

【未実施】

- ・一部断続溶接が行っているが、補助的な溶接のため検査は行わない。
- ・重ね溶接部のため確認できず。
- ・外面溶接線の健全性を確認しているため、裏面溶接線の検査については未実施。

3-7 タンク開放時におけるデッキ付属品の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表29 デッキ付属品の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視	51
機能確認	5
整備	8
その他	4
未実施	0
合計	68

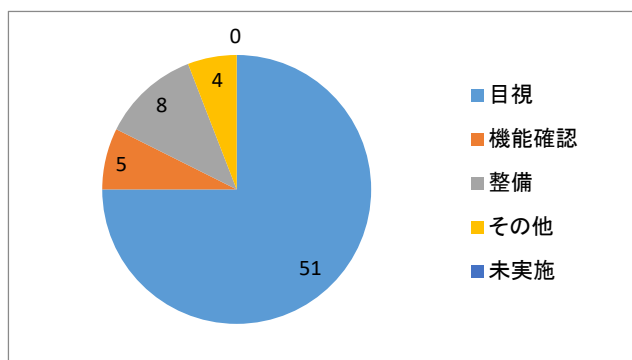


図29 デッキ付属品の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

・デッキポスト・スリーブ部肉厚測定
・デッキの付属品についてはすべて目視にて状態を確認。
・ノズル類、ルーフトレンは肉厚測定実施。(スィベルジョイントは分解点検実施) 支柱は開放前に目視、肉厚測定実施。
・リムベント(アトモス弁、フレイムアレスター)は分解点検実施。減肉部は補修実施
・目視で割れの兆候が確認された場合、非破壊検査を行い、補修溶接を行う。
・溶接線全線目視点検及びノズル部肉厚測定
・フォームダム目視点検。・漲水堰板目視点検清掃
・上部デッキ付属品は上記定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。下部デッキ付属品は開放時目視点検実施。
・ブリーザーバルブ: 分解整備。浮き屋根排水装置: 分解整備。緊急排水装置、オートマチックブリーザーベント: 目視検査。
・ゲージポール・回転止め: 目視検査。
・デッキポスト、自動空気抜き、検尺口、液面計、センターサンプ、ウレタンシール設備、仕切り板、ローリングラダーなどの付属品を目視点検、整備、機能確認などを実施している。
・ウェザーシールドの取外し点検整備を実施。
・自動排気弁、ブリーザーバルブ、フレイムアレスター、エマージェンシードレン管、ルーフトレン管の点検を行う。
・腐食等の不適合無し。・目視にて、不適合箇所があれば別途修理を計画実施する。・ブリーザーベント・自動ブリーダー・エアージェンシードレン・ローリングラダー・ウェザーフード。・ソフトシール(ウレタンフォーム)・ルーフサポート
・外観目視点検に加え、エマージェンシードレンの詰りの有無等を確認。・不適合箇所があれば別途修理を計画実施する。
・デッキ内・外部について、目視にて確認している。
・ルーフトレンパイプのスィベルジョイントの目視、作動点検。エマージェンシードレンの本体及びエキスパンドメタルの腐食検査。ガイドポールの変形、腐食検査、自動ブリーダー点検
・外観目視点検、センターサンプボックス及びエマージェンシーボックスについては、超音波厚さ測定を実施している。
・各 부품の点検・整備を実施(スィベルジョイント等)
・ノズル及びマンホール 肉厚測定。・ブリーザー弁、フレイムアレスター分解整備。・雨水排水弁、非常用排水弁目視、肉厚測定
・通気管、リムベント、オートマチックブリーザーベント: 開放点検整備。エマージェンシードレン、各ノズル(M/H含む): 目視点検。ルーフトレン、スィベルジョイント: 開放点検整備実施、加圧漏れ試験。
・シール装置、ローリングラダー、ワックススクレーパー、アウターリム、インナーリムを目視点検している。
・シール装置、ワックススクレーパー、アウターリム、インナーリム、ローディングラダーを目視点検している。
・ワックススクレーパー、カウンターウエイト、ウェザーシールドを目視点検している。
・形状不良、損傷等の有無、腐食状況、その他設備の健全性を損なう不具合がないか目視点検を行っている。
・アトモス弁、フレイムアレスター、オートマチックブリーザー分解整備を年1回実施
・フレイムアレスター、ブリーザーバルブ、浮屋根排水装置、浮屋根サポート等の分解整備、作動確認を実施。
・オートマチックブリーダーベントの機能点検実施、エマージェンシードレンの外観目視等を実施している。
・目視点検による腐食、形状不良部について、必要に応じてNDI実施。
・ブリーザーバルブの分解整備点検。浮上テストにて、ラダーの動き・回転止めポール作動・ウェザーシールド作動確認を実施。
・アトモス弁については動作確認をし、その他は目視を実施する。付属ノズルについては肉厚測定を実施する。
・屋根マンホールやノズル、雨水排水設備、緊急排水設備、その周辺のデッキ板について、異常の有無や腐食状況等について点検を実施している。
・各ノズル及びガイドポールについて変形、亀裂、塗装状況および腐食の有無を目視にて確認、4方向の肉厚測定を実施。
・ローリングラダー、支柱、排水管類、ゲージポール廻りシール機構他 付属品点検一式
・付属品の目視点検による腐食及び損傷の有無確認、ノズル類の目視点検及び肉厚測定、ルーフトレンサンプの目視点検及び肉厚測定、非常用排水設備の目視点検及び肉厚測定、通気弁フレイムアレスターの整備。
・支柱ガイドおよびノズルの下端及び上端より50mmを各4点×全数肉厚測定。・腐食性ありの場合、支柱ガイドおよび屋根貫通ノズルを20本程度抜き取りで全長×20mm幅UT
・目視点検 付属ノズル(デッキポスト含む)肉厚測定。
・付属品の目視、ルーフトレンM/Hの肉厚測定を実施している。
・目視点検及び非破壊検査(肉厚測定)を実施する。
・検査会社による目視点検。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施。

3-8 タンク開放時におけるデッキ点検において、その他実施している内容について以下のものであった。(抜粋)

・点検時、腐食箇所のタッチアップ塗装を実施。
・ルーフトレンは点検復旧後、気密検査実施。
・屋根デッキ板を1点／枚肉厚測定している。
・屋根板を溶接補修した場合は、PTおよび油浸透検査を実施。
・浮屋根上より代表点(数点)の肉厚測定。
・デッキの腐食状況に応じて当板補修、塗装補修を行う。
・目視検査、定点肉厚測定、腐食部腐食深さ、肉厚測定
・デッキ板については、設置後約40年が経過し、経年劣化による減肉が進行している状況であることから、今後は全面探傷検査を行い、減肉傾向を把握し、計画的な更新が必要であると考えている。
・ガイドポール肉厚測定(他社不具合事例反映)・ルーフトレン配管目視、肉厚測定、スィベルジョイント整備・ルーフトレン肉厚測定 ・ルーフサポート目視、塗装
・ガイドポール肉厚測定(他社不具合事例反映) ・ルーフトレン配管目視、肉厚測定、スィベルジョイント整備 ・ルーフトレン肉厚測定 ・ルーフサポート目視、塗装 ・ルーフサポートガイド肉厚測定
・シングルデッキ上面、ボンツーン室内外面:開放検査都度全面塗装補修
・板1枚あたり、3点以上の板厚測定
・タンク開放前に事前の目視検査等を行い、必要に応じてタンク開放時の補修計画に反映している。

○臨時点検(地震、大雨、暴風時等)

1 臨時点検を実施する判断基準について、以下のようであった。(抜粋)

・地震：二次点検として(必要に応じ)、大雨、暴風：甲号防災活動(※)解除後。 ※：台風等により事業所へ被害の恐れがあると判断した際に発令
・設備の設計基準を超える自然災害等の場合に実施
・地震規模25ガル以上にて点検
・地震：震度3以上で実施。台風通過後に実施。
・地震発生/大雨時/台風通過等の後 ルーフ上の目視点検実施。
・タンクレベルの異常変動時、ルーフドレン排水異常時、天災時(大雨、地震等)
・地震の場合、25ガル以上もしくは震度4以上で実施する。・台風接近前と通過後に実施する。・暴風、大雨警報発令時等、必要と判断した場合に実施する。
・感振計25ガル以上で点検実施。大雨、暴風雨については特に無し
・震度3以上の地震発生時
・地震：震度4以上
(1)震度5弱以上の地震を観測した場合。
(2)平均風速25m/s以上又は最大瞬間風速40m/s以上を観測した場合。
(3)降雨量が、浮き屋根の通常の排水能力を超えた場合。
(4)竜巻が基地内を通過した場合
①地震：震度5弱以上又は80ガル以上、スロッシング250mm以上、台風：瞬間最高風速30m/s以上、大雨：降水量40mm/h以上、大雪：積雪111cm以上
②地震：震度5強以上又は250ガル以上、スロッシング500mm以上、台風：瞬間最高風速50m/s以上、大雨：降水量100mm/h以上、大雪：積雪111cm以上
①瞬間最大風速25m/sec以上
②1時間当りの最大雨量 50mm超
③震度 4以上
・震度4以上の地震、台風および大雨後に実施する。
・地震：津波、強風・大雨・波浪等荒天が発生した場合および風速20m/s以上の強風および雨量が50mm/h以上の大雨が発生した場合に臨時点検を実施。
・発電所で地震発生した場合、点検を実施している。
・他所の事故事例の水平展開、行政からの要請時
・台風襲来時、事業所で震度3以上の地震が発生したとき
・その他、必要に応じて実施
・震度4以上の地震発生時または、地震により地震観測装置が動作し、地表面の加速度が8ガルを超えた場合
・震度4以上の地震が発生した場合
・雨天等の点検基準はないが雨天時にはルーフドレン抜き状態を確認することとしている。ドレン抜きの状態により、デッキ上の目視確認も行うようにしている。
・地震時には工場点検基準に則り点検。
・判断基準なし
・台風暴風雨圏に入った場合、台風通過後に実施する。
・震度5弱(80ガル以上)の地震が発生した場合、沈静化後に実施する。
・その他、竜巻等の異常気象が発生した場合、沈静化後に実施する。
①地震加速度(25gal以上)の場合、設備の臨時点検を実施する。
②大雨(50mm/時以上)の場合、設備の臨時点検を実施する。
・地震：8GAL以上でパトロール実施。
・事業所規則・基準により現場目視点検実施 例)地震時は加速度25gal以上
・事業所規則・基準により現場目視点検実施 例)地震時は加速度40gal以上
・地震発生後に市消防局より要請があった時
・他社事例水平展開
・地震：強い揺れを感じたとき、及び弱い地震であっても長時間ゆっくりとした揺れを感じたとき
・台風：台風接近前、通過後に点検実施 ※大雨、暴風時は、状況により判断
・台風：予防処置指令発令(気象情報を勘案し発令)時
・地震：震度6弱以上又は震度3以上で設備被害発生もしくは発生の恐れがある時
・震度3以上の地震が発生時に点検実施。
・異常処置標準で定めており、台風通過前後・地震鎮静後(震度3以上)設備点検を行う
・最大瞬間風速25m/s以上、最大降雨量50mmを超える場合、地震にて震度4又は5弱が観測された場合に浮屋根上の臨時点検を実施。
①台風事前措置指令発令時 台風が24時間以内に基地に接近し、強風域(平均風速が15m/s以上の風が吹いている領域)に入ることが予想される場合。
②台風事前措置指令解除時
③異常気象観測後平均風速25m/s以上、瞬間最大風速35m/s以上、雨量40mm/h以上のいずれかを観測した場合。
④地震発生時 10ガル以上(1次点検)
⑤地震発生時 25ガル以上(2次点検)

・地震:50ガル以上は精密点検、50ガル未満でスロッシングが300mm以上の場合。暴風;台風通過後。
・瞬間最大風速25m/sec以上 & 最大降水量(50mm/hr) & 震度4～5弱は浮き屋根の外観目視点検
・瞬間最大風速30m/sec以上 & 最大降水量(100mm/hr) & 震度5強以上は浮き屋根の浮き室内部破損の有無点検
・地震:震度4および5弱(ポンツーン内部は5強以上)
・最大降水量50mm/時間超(ポンツーン内部は100mm/時間超)
・瞬間最大風速25m/s超(ポンツーン内部は30m/s超)
①【風】 瞬間最大風速25m/s以上:浮屋根外面目視点検 瞬間最大風速30m/s以上:浮屋根外面目視点検+ポンツーン点検
②【雨】 1時間当たり最大降雨50mm超:浮屋根外面目視点検 1時間当たり最大降雨100mm超:浮屋根外面目視点検+ポンツーン点検
③【地震】 震度4及び5弱:浮屋根外面目視点検 震度5強以上、25ガル以上、スロッシング幅が500mm以上のいずれかの場合:浮屋根外面目視点検+ポンツーン点検
① 風(25m/s)以上、② 雨(50mm/H)以上、③ 地震(震度4以上)、④ 津波等
・瞬間最大風速 25m/sec以上
・1時間当たりの最大降水量 50mm超え
・震度 4以上 の発生後/通過後に臨時点検を実施する。
・強風後 最大瞬間風速 25m/s以上:浮屋根目視点検 最大瞬間風速 30m/s以上:浮屋根目視点検およびポンツーン内部の目視点検
・大雨後 1時間当たりの降水量50mm超:浮屋根目視点検 1時間当たりの降水量100mm超:浮屋根目視点検およびポンツーン内部の目視点検
・地震後 震度4～5弱:浮屋根目視点検 震度5強以上:浮屋根目視点検およびポンツーン内部の目視点検
・地震: 震度3 簡易点検:計器室等で警報等の発生の有無を確認する 震度4 一次点検:巡視による簡便かつ迅速な点検を実施する。概ね10分～20分程度で確認する。 震度5 二次点検:設備点検リストに基づき詳細な点検を実施する。
・強風後 最大瞬間風速25m/sec以上
・大雨 1時間当たり最大降水量50mm超
・その他 高潮・波浪警報、それらの特別警報の区域に含まれた場合
・上記に加え、浮き屋根タンクの浮き室内部破損の有無は、「瞬間最大風速30m/sec以上」、「最大降水量100mm/h超の雨」、「震度5強以上の地震」時に実施
・瞬間最大風速30m/sec.以上・1時間当たりの最大降水量100mm超・震度5強以上で浮き屋根タンクの浮き室内部破損の有無を確認
・地震:震度4以上 浮屋根外観目視点検、震度5強以上 左記+浮き室内部点検
・大雨:50mm/h超 浮屋根外観目視点検、100mm/h超 左記+浮き室内部点検
・暴風:25m/s以上 浮屋根外観目視点検、30m/s以上 左記+浮き室内部点検
※ 社内規準『地震強風等終息後の対応要領』による。
①瞬間最大風速25m/s以上、または1時間当たりの最大降水量が50mm超となった場合、または震度4および5弱の地震が発生した場合
②瞬間最大風速30m/s以上または1時間当たりの最大降水量が100mm超となった場合、または震度5強以上の地震が発生した場合
①浮き屋根タンクの浮き屋根の外観目視による異常の有無
・瞬間最大風速:25m/sec以上 ・1時間当たり最大降水量:50mm超 ・震度4or5弱
②浮き屋根タンクの浮き室内部破損の有無(ポンツーン)
・瞬間最大風速:30m/sec以上 ・1時間当たり最大降水量:100mm超 ・震度5強
・瞬間最大風速25/ms以上 ・大雨40mm/hr超 ・震度4or5弱 一点検内容の①
・瞬間最大風速30/ms以上 ・大雨100mm/hr超 ・震度5強以上 一点検内容の②
・地震=震度4以上、暴風風=瞬間風速25m/s以上、大雨=50mm/h以上、津波=構内浸水
・地震時40gal以上もしくは震度4以上 ・強風時平均風速20m/s以上 ・降水量50mm以上の場合は臨時点検を実施する。
・40ガル以上の地震
・大雨:雨量64mm/h以上、暴風:60m/s以上、地震:150gal以上
・浮き屋根タンクにて、タンク設計値以上(下記記載)の強風、大雨、又は大きな地震が発生した場合。
・尚、点検実施期間については、事後速やかに(1ヶ月以内)実施する事とする。
風速・・・60m/S以上 降雨量・・・浮き屋根改修実施タンク=60mm/H以上
・地震時に点検を実施
・下記基準値を設け、基準値を超えた場合は臨時点検を実施している。①強風時(10分平均で20m/sを越えた場合)②豪雨時(降り始めから連続して総雨量50mm以上)
①台風接近時、瞬間最大風速40m/h以上が発生した場合。
②地震、大雨、暴風等により液面計スロッシングアラーム発報時。
・地震・・・80gal以上、地震発生時措置手順表に則り25gal以上で一次点検実施。・大雨(洪水)注意報発令(台風も含む)発令下に於ける降雨時。・暴風時・・・瞬間最大風速30m/s以上、強風対策要領に則り点検

2 臨時点検時における点検内容について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表30 点検内容(臨時)

点検内容	回答数
定期点検と同じ	17
定期点検+α(記入欄)	20
その他(記入欄)	31
合計	68

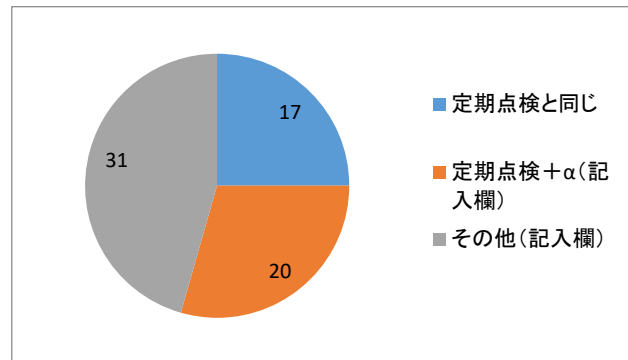


図30 点検内容(臨時)

【記入欄の記載内容】

・ポンツーン内部を含む浮屋根の損傷状況を確認
・巡視点検を行い、異常を認めた箇所については修繕を実施
・液面変位(タンクスロッシング)の調査実施
・地震が発生した場合は、タンク液面変位をタンク形状(CRT・FRT等)ごとに液面計の液面変位を所定記録用紙に記録、記載し提出する。
・目視による外観点検を実施。設備の異常が認められるものおよび予想される場合は詳細点検(分解点検等)を実施。
・ルーフデッキの変形/歪み、ポンツーン蓋の状態確認。
・大雨時は特にFRTルーフ上の排水システムを入念に点検している。
・ポンツーンは漏洩の有無を確認する。
・デッキは変形、亀裂の有無を確認する。
・目視外観点検実施
・平日通常時間帯は定期点検と同じく目視(マンホールを開けて内部に入らず確認)を実施
・外部からの目視点検
・自然現象終息後にマンホールを開放し、浮き室内には入らず、目視及びガス検知器を使用して点検を実施。
①ルーフ上点検
②ポンツーン内部点検(原則外周(48室)のみ、そこで被害が確認された場合は全ポンツーンを実施する)
・浮き屋根タンクの浮き屋根外観目視による異常の有無
・浮き屋根のデッキおよびポンツーンマンホール開による目視点検を実施。
・浮き屋根および浮き屋根付属品の変形、破損、沈下等の有無について外観より目視点検を実施
・地震・津波、強風・大雨・波浪等荒天が発生した場合 →日常巡視点検に準じ実施
・風速20m/s以上の強風および雨量が50mm/h以上の大雨が発生した場合 →危険物定期点検表のうち屋外タンク貯蔵所定期点検記録表に基づき実施
・震度1~4の場合、燃料タンク廻りの外観点検
・震度4以上の場合、燃料タンク廻りの外観点検+精密点検を実施している。 ※精密点検とは燃料タンクの基礎、底板(アニュウ)、側板、浮き屋根、付属品(弁他)、ルーフドレンに関する「変形・損傷」、「油漏洩」等の点検を実施している。
【点検項目】
・タンク本体(屋根板含む) ・配管 ・フレキシブルチューブ
【点検内容】
・変形、亀裂の有無 ・漏洩の有無 ・液状化現象の有無 ・シール機構の確認
・他所事故の水平展開、行政からの要請時においては、内容に応じた点検を実施
・台風襲来時、事業所で震度3以上の地震が発生したときは、日常点検と同様に全体的な外観目視点検を実施。
・大雨時には、ルーフドレン抜き状態を確認し、問題なく排出されているか、油分等が出ていないか確認する。
・地震時にはデッキ上に油分等が無い、デッキ及びポンツーンに問題はないか目視により点検、確認する。(但し、詳細点検項目はなし)
・地震発生後には、目視にてタンク本体等に損傷のないことを確認
・直後点検として外観目視による確認を行う。
・翌日にマンホールを開放して内部の目視による確認を行う。
①定期点検内容と同じ。
②雨水排出ドレン配管出口からの雨水排出状況、ルーフ上の雨水溜まり状況。
・地震発生時(8GAL以上)はスロッシング調査を行う。
・大雨時はルーフドレン出口の油膜確認、排水溝の枯草除去、ためますの油膜確認を特に注意して行っている。
・暴風時は飛来物による本体への損傷の有無の確認。暴風によるスロッシングが多発するため、浮き屋根部の点検を特に注意して行っている。
・浮き屋根、他各所の液漏れ、損傷がないかを確認 ※加速度150gal以上、また基準以上の大雨・暴風となった場合は浮き室(ポンツーン)マンホールを全室開放し目視にて異常(破損・漏洩等)が無い事を点検。
・浮き屋根、タラップ(浮き屋根付帯設備)の液漏れ、損傷確認
・基礎:き裂、沈下、ボルトの緩みの有無
・タンク本体:変形、き裂、漏洩の有無
・配管:取り合い部の変形、漏洩の有無
・台風:浮き屋根排水状況の目視点検
・地震:タンク本体の変形・亀裂の目視点検

・タンクポンツーン仮補修箇所の目視点検を実施する。 ・台風通過前後・地震鎮静後の点検については、上記標準の中でチェックリストを設けている。 ・台風通過前後：屋根上点検（ルーフドレン排水口の清掃およびポンツーン内部） ・地震鎮静後：タンク本体・基礎部、ルーフ上の設備およびポンツーン内部の異常有無、防油堤等の損壊有無 ・最大瞬間風速30m/s以上、降雨量100mmを超える場合、震度5強以上が観測された場合はポンツーン内部点検を追加で実施。
①陸上タンクのルーフドレンストレーナーにゴミ等がないこと。 ②浮き屋根の変形、傾き、異常な滞水、漏油がないこと。 ③浮き室の損傷、油、水等の侵入がないこと。 ④各タンクの漏れ、亀裂、破損はないこと。 ⑤タンク本体の沈下、傾き、側板、屋根に亀裂、湾曲はないこと。 ・浮き屋根（浮き室内含む）に亀裂、変形、沈降、傾き、漏油はないこと。 ・内容物の漏れはないか ・付属機器、配管に異常はないか
・地震：点検表に従い点検実施。 ・スロッシング；ルーフ点検、シール部よりの漏えい有無点検。 ・暴風・台風；ウエザーフード点検 ・大雨；基準はないが日常点検としてルーフドレン排出状況を確認。
・瞬間最大風速25m/sec以上 & 最大降水量（50mm/hr）& 震度4～5弱は浮き屋根の外観目視点検 ・瞬間最大風速30m/sec以上 & 最大降水量（100mm/hr）& 震度5強以上は浮き屋根の浮き室内部破損の有無点検
・浮き屋根タンクの浮き屋根の外観目視による異常の有無 ・屋根タンクの浮き室内部破損の有無（降水100mm超又は、風速30m/s超、震度5強以上） ・デッキ上への漏洩の有無、ポンツーンM/Hを開放し、ポンツーン内部の漏洩の有無を確認している。
・通常の点検が困難な場合は、監視カメラで外観目視とする。
・浮き屋根タンクの浮き屋根の外観目視による異常の有無。 ・さらに、瞬間最大瞬間風速30m/s以上、最大降水量100mm超、震度5強以上の場合は浮き屋根タンクのポンツーン内部破損の有無。
1. 漏洩の有無 2. 変形・損傷の有無 3. 塗装状況・腐食の有無 4. アースの断線有無 5. タンク周囲異常の有無 6. ベント等の閉塞有無 7. ルーフドレン排水状況 8. 浮き屋根部の歪み
・浮き屋根タンクの浮き屋根の外観目視による異常の有無 ・浮き屋根タンクの浮き室内部破損の有無「瞬間最大風速30m/sec以上」、「最大降水量100mm/h超の雨」、「震度5強以上の地震」時に実施する。
・浮き屋根外観目視点検は、デッキやポンツーン、付属品の漏洩や損傷、変形、その他異常の有無について目視点検を実施している。 ・浮き室内部点検は、マンホールを開けて覗き込んで目視点検を実施し、異常の疑いがあった場合には状況に応じて詳細確認している。
・①の場合：浮き屋根タンクの浮き屋根の外観目視による異常の有無 ・②の場合：上記①の点検に加えて、浮き屋根タンクの浮き室内部破損の有無を点検（ダブルデッキは外周の浮き室を対象）
・浮き屋根タンクの浮き屋根の外観目視による異常の有無 ・浮き屋根タンクの浮き室内部破損の有無（ポンツーン） ・デッキの外観目視による異常の有無 ・ポンツーン内部の破損の有無
・タンク外周外観、ルーフドレン、浮き屋根上部、ポンツーン内部の異常有無漏洩を目視点検
・浮き屋根タンクの浮き屋根（デッキ上）の外観目視点検 ・瞬間最大風速：30m/sec以上、1時間当たり最大降水量：100mm超、震度5強以上の場合は、浮き室内部（ポンツーン）の目視点検も実施（ダブルデッキは最外周のみ点検）
・油、ガス等の臭気およびタンクの変形等を防油堤の外回りを自転車等で点検する。・ルーフ排水弁からの油流出がないか確認し、目視で、タンクルーフの傾き、損傷、漏油の有無を確認する。 ・地上からのタンク点検又は監視カメラによる点検 ・ルーフドレンの排水に油分が含まれていないか確認 ・受払い量を超える内容量に変化がないか確認（アラームあり） 【スロッシングの疑いがあるタンクについて以下追加実施】・屋根板上点検実施
・ルーフ上及びポンツーン内の点検（目視点検、ガス検） ・80ガル未満の地震時の対応（80ガル以上の地震の場合は安全確保出来次第実施） ・ウエザーフードの変形破損状況。 ・アトモス弁・PV弁の変形破損状況。 ・ローリングラダー車輪脱輪・変形状況。 ・ルーフ上・屋根板の傾き、変形破損。
・定期点検＋下記項目を確認：①ルーフに著しい傾きが無い事 ②局部的に滞水が無い事 ③滞水状況をスケール等で確認 ④ポンツーン点検（ガス検知器にてガス濃度確認）＊浮き屋根構造強化未完タンク
・タンクポンツーンの内部及びマンホール閉鎖状況に異常がないか点検。 ・タンク屋根上および液面計点検。
・地震・・・定期点検と同じ、タンク屋根上に異常が無い点検する ・大雨（洪水）・・・事前にタンク排水系統点検 - 降雨時は、タンクレベルの増減を確認 - 通過後、浮き屋根の通常の排水能力を超える降雨量を目安に定期点検と同じ。 20mm～30mm/Hr日常巡回点検に基づき点検実施 ・暴風時・・・定期点検と同じ、強風被害防止対策表に則り実施

○日常点検

- 日常点検にて発見された漏洩に至っていない著しい腐食や塗装剥離等に対する対応について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表31 補修の対応方法

対応方法	回答数
仮補修実施(補修基準あり)	18
仮補修実施(補修基準なし)	39
仮補修未実施	8
恒久的補修を実施	3
合計	68

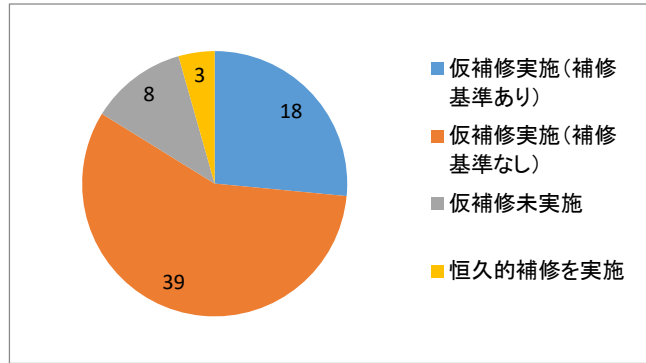


図31 補修の対応方法

【記入欄の記載内容】

・対応時期：発見から1週間以内を目途に著しい腐食：検査部門の検査結果により対応
・塗装剥離：状況に応じて対応(ケレン、再塗装)
・対応時期 腐食：原則として当日中に応急処置(鉄セメント等)を実施する。 塗装：早い段階で作業を計画し、腐食進行防止のためタッチアップ塗装を実施する。
・保安全管理部門に連絡するとともに、日常点検を強化する。
・エポキシ樹脂または塗装による仮補修を実施。
・著しい腐食は事象無し。
・塗装剥離は軽度な時点でケレン・塗装を行う。
・日常点検で著しい腐食は見受けられていない。
・開放点検時にアッパーデッキ部の塗装を実施している。
・腐食減肉部に対して、金属パテによる補修。 塗装剥離：できるだけ早急に、2種ケレン+再塗装。 点検頻度を増やし(1回/1日程度)経過観察 等
・塗装剥離：できるだけ早急に、2種ケレン+再塗装。 点検頻度を増やし(1回/1日程度)経過観察 等
・手工具によるケレン、タッチアップ塗装。 次回開放時にブラストによる本塗装
・浮き屋根(ハロゲン化物消火設備のVE下部)に関して、開口部あり。 コーキングによる応急補修を実施済み。 恒久補修は開放点検時に当て板補修等を実施。
・対応時期：特に取り決めはなし。 著しい腐食や減肉：特に減肉が激しい場合は、金属補修材(デブコン)にて仮補修。 塗装剥離：できるだけ早急に、ケレン+再塗装。 程度によるが、点検頻度を増やし(1回/1か月程度)経過観察
・当社業務課員(運転員)にてケレン作業行い、さび止め塗装等仮補修
・腐食が確認されれば、計測器などを用いて腐食範囲、深さなどを確認し、応急対策として腐食抑制のため補修塗装を実施する。その後、タンク開放点検時に恒久的な補修を実施する。
・著しい腐食：経年監視。 塗装剥離：経年監視
・腐食・塗装剥離状況に応じて適宜補修方法を検討。現時点で日常点検による腐食・塗装剥離状況は異常なし。
・これまで対応実績なし。状況に応じて適切な修繕を行う。
・対応時期：できるだけ早急に対応。 著しい腐食：当板取付、または取替。 塗装剥離：3種ケレン(手ケレン)+再塗装
・事象が確認された場合は、日常点検を重点的に行う等により傾向管理し、状況によるが、補修は開放点検時に実施する。
・対応時期：可能な限り早急に対応を行う。 著しい腐食：金属補修材による応急補修等。 塗装剥離：2種または3種ケレン+再塗装
・著しい腐食：腐食部に対して補修材(スーパーエメタル)を塗布し、仮補修を行う。
・著しい腐食：著しい腐食に対して、FRP等による樹脂塗布
・塗装剥離：できるだけ早急に、2種、3種ケレン+再塗装
・対応時期：1週間程度を目処
・著しい腐食：必要最小板厚を下回った場合に応急処置として応急処置(スーパーメタル等)を実施 但し、補修実績はなし
・塗装剥離：2週間程度を目処に、2種ケレン+再塗装
・日常点検等で腐食の発生が認められた場合は、タッチアップ塗装を実施している。
・製造部門による点検で腐食等が認められた場合、設備部門において検査や補修等を実施し、その結果により開放点検時期を早めて、計画的に補修を実施する。
・著しい腐食：スーパーメタル等の応急補修材による仮補修
・塗装剥離：塗装劣化部の3種ケレン+塗装
・塗装剥離：できるだけ早急に、2種ケレン+再塗装
・著しい腐食：デブコン(金属セメント)補修。 塗装剥離：3種ケレン(手ケレン)+再塗装
・点検で発見した漏洩に至っていない段階の著しい腐食や塗装剥離等は無し
・腐食状況等により、都度、補修内容を検討し対応
・状況により対応を判断
・仮補修実施の可否については、現場の状況を確認した上で、都度判断している。
・ボンツーン内部は錆止め塗装を実施しており、著しい腐食は認められていない。なお、定期点検で認められた塗装剥離箇所については、開放工事にて塗装を実施し腐食防止に努めている。
・塗装剥離：年度当初に発注しているタッチアップ塗装の中で塗装補修を行う。
・補修基準については、タンク保守標準にて定めている。
・開放点検以外で対応は行っていない。

・著しい腐食に対する対応は、これまで発生していないため無し。・塗装剥離及び発錆箇所の対応として、仮設足場設置不要範囲に対し、供用中適用可能なケレン方法(手工具)＋再塗装にて塗装修理を実施する。
・工事・検査管理部門に検査依頼し、その結果をもって判断している。
・対応時期: 即日または速やかに実施
・著しい腐食: 残肉厚3.2ミリ以下の腐食に対して、冷間溶接材施工(スーパーメタル) 日常重点監視項目として(1回／6M程度)経過観察実施
・塗装剥離: 次回、定期開放点検時に再塗装
・サビシャット等の防食塗装塗布 ・メタルパテ等での漏洩防止対策
対応時期: 2～3日程度を目処 著しい腐食: 腐食進行防止の目的でマルチメタルを施工する。 塗装剥離: できるだけ早急に、2種ケレン＋再塗装 施工後の点検: 年次点検にて、腐食防止箇所の施工状況確認及び異常の有無を確認する。
(個々に状況が異なるため、状況により判断としている。) ・腐食・塗装剥離(錆除去可能な場合) ⇒ 冷間補修・塗装補修など(状況に応じた補修方法を選択) 時期もリスクに応じた状況による。
・外面の防食塗装は次回開放検査までに、本体に著しい発錆が生じないことを目安に補修の要否を判定する。
・過去の日常点検で著しい腐食や塗装剥離を確認したことはない。
・今後、日常点検にて著しい腐食等を発見した場合は、その時点で対応詳細を検討する。
・対応時期: 著しい腐食を認めた場合速やかに実施。
・応急補修前処理: 入念な手工具によるケレンおよび脱脂処理。
・応急補修内容: エポキシ硬化剤パテ、アクリル樹脂硬化剤シート、FRP等を状況に合わせて適用。
・腐食状況に応じ、著しい箇所の塗装を実施する
・対応時期: 2か月以内を目標
・著しい腐食: 樹脂で環境遮断し腐食進展を抑制
・塗装剥離: 腐食進展の傾向が窺える場合は2種ケレン 錆不活性剤＋耐候性塗料を塗装 ※樹脂補修箇所は恒久補修するまで年1回の点検を行う。
・著しい腐食の対応 対応基準: 1.3mm以上の腐食に対して金属パテ等を取付け 対応時期: 漏洩リスク(腐食深さ)に応じて設定 その他: 工務部門にて経過監視している
・著しい腐食の場合は、塗装を実施。(軽微な場合は、年1回の定期点検で次回経過観察)
・著しい腐食: 応急補修材(デブコン)による処置をおこなったことがある。定期開放時に恒久補修の実施。
・著しい腐食があれば金属パテ等による補強を実施。
・著しい腐食は、点検頻度を増やし経過観察等(腐食状況により頻度決定)その部分の塗装剥離は、出来るだけ早く再塗装 休止タンクは、除く
・著しい腐食は、点検頻度を増やし経過観察等(腐食状況により頻度決定)その部分の塗装剥離は、できるだけ早く再塗装
・目視点検・肉厚測定の確認後、塗装補修等を実施する
・著しい腐食のうち、残存肉厚3.2mm以上の場合、塗装等の防食措置を実施。
・著しい腐食のうち、残存肉厚3.2mm未満の場合、□300×4.5mmの鋼板を接着剤で補強し、恒久補修時期について検討する。
・残肉3.2mmを満足しない外面腐食進行を認めた場合、環境遮断を目的とし、接着剤による応急補修を実施。
・応急補修(再塗装等)を行い、機能を維持している。タンク開放時に恒久補修を計画し、実施している。
・塗装剥離時は、速やか(おおむね1週間以内)に3種ケレン及び塗装を実施する
・腐食、塗装剥離: できるだけ早急に、2種ケレン＋再塗装
・対応時期: 即日～1ヶ月程度を目処(腐食や塗装の状況による)
著しい腐食: 板厚3.2mmを次回開放までに下回ると予測される箇所には、応急補修材(デブコン、ペロメタル、FRP)等の取付け 塗装剥離: 塗装の損傷程度により、できるだけ早急に塗装、年次計画の塗装。又は次回開放時の塗装補修かを判断する。

○その他

- 1 浮き屋根式タンクの供用期間中に、浮き屋根上（ポンツーン内、タンク外を含む）へ危険物が漏洩・流出した事例（過去15年程度）の有無について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表32 漏洩・流出事例の有無

漏洩・流出事例の有無	回答数
有り(別紙に記入)	27
無し	41
合計	68

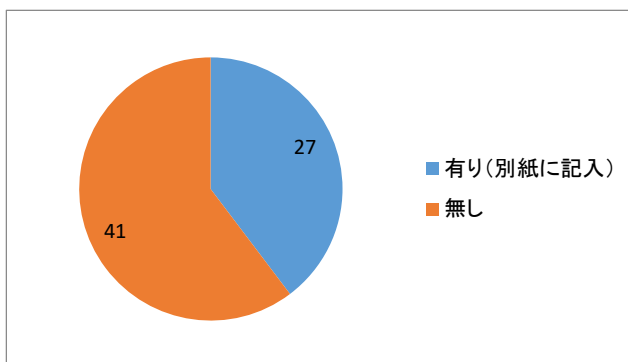


図32 漏洩・流出事例の有無

- 2 タンク開放時にポンツーンに対して気密試験を実施している場合の実施方法について、以下に集計した結果を表と円グラフにし、主な記載内容を列記した。

表33 気密試験の実施状況

気密試験の実施有無	回答数
未実施	46
実施(要領書添付)	1
実施(記入欄に記入)	21
合計	68

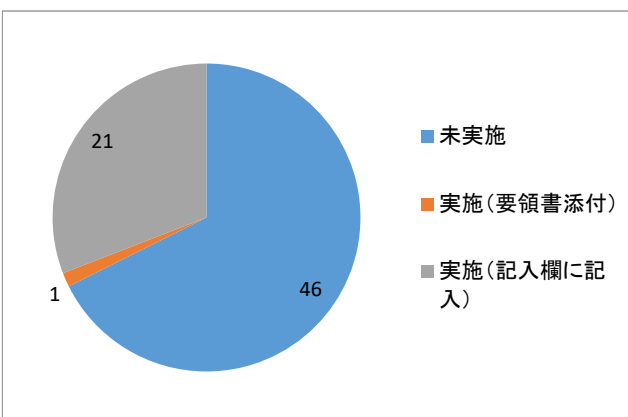


図33 気密試験の実施状況

【記入欄の記載内容】

・試験圧力490PaG(50mmAq)にて気密試験(発泡液塗布)を行い、漏れがある場合は補修を行う。
・一般の開放点検時は実施しないがポンツーン更新、改修、補修時に実施する。ポンツーンマンホールに不活性ガス供給ノズルおよびマンメーター付きのテスト用マンホールを設置し石鹼水による溶接部の発泡試験を行う。
・空圧テスト(30mmH ₂ O)、溶接線リークテスト(油浸透等による)
・ポンツーンマンホールより圧縮空気を封入し、30分保持し、各シール部、圧力降下を確認する。
・検査対象ポンツーンを空気にて昇圧(50mmAq)し、隣接するポンツーン及びデッキ側内リムの溶接線に発泡液をかけ、漏洩の有無を確認する。
・ポンツーンマンホールに治具を取付。圧縮空気にて微加圧を行う。(圧力:30mmAq、保持時間:10分以上)、発泡剤(石鹼水)を用いて漏洩のないことを確認。
・浮き屋根新基準適合に伴う浮き屋根改修で気密試験を実施した。検査方法:加圧による気密試験(空気)、検査圧力:36mmAq以上(簡易マンメータで圧力確認)、保持時間:10分以上
・マンホールの液密化対応工事は以下の方法で実施(以前は未実施)。エアー抜き弁から空気を入れる。マンメーターにて圧力を計測。目視できる部分は発泡液により確認。目視できない部分は放置により降圧の有無を確認。
・ポンツーンのベント配管に窒素を繋ぎ、減圧弁にて0.49kPaの圧力をかけ発泡液による気密試験を実施する。
・50mmAq～150mmAq 空圧にて確認。外部より発泡液にて漏れ確認。下部の溶接継ぎ手が内側からの重ね溶接になっている箇所は、ハンマリングして、錆等を落として実施。
・ポンツーン各室の気密性を保持する全溶接線を発泡剤を用いた加圧による気密試験を実施。圧源:空気、試験圧力:40mmAq、保持期間:10分以上
・実施したポンツーン気密試験報告書を添付
・ポンツーン各室に設置したエアーベントへエアーホースを接続し、空気にて2.95kPaまで加圧する。2分間状態を保持し、漏れがないことを確認する。
・ベントパイプに治具を取り付け、エアー注入用ホースとマンメーターを取り付け、0.49kPa以上の圧力をかけて規定圧力昇圧後、試験個所に石鹼水等の発泡剤をかけて漏えいのないことを確認する。
・ポンツーン1室毎に空気による気密試験を実施し、漏洩が無いことを確認。気密試験圧力:(≠300mmAq)
・補修時にポンツーンに圧力 600Paで気密試験を行い、発泡剤を用いて漏れを確認している。連続溶接線に対しては、真空度-53.3KPa以上にて真空試験を実施。
・目視検査により、漏えい有無の確認の必要のある溶接線に実施する。浸透液漏れ試験要領:浸透液は蛍光漏えい試験剤を水1Lに1～1.5g溶解したものを使用する。浸透液を塗布した継手の裏面側に浸透液が浸透してくるか否かを検査する。検査は浸透液を塗布してから30分経過してから行う。真空試験要領:真空度は400mmHg以上、保持時間は5秒以上で行う。判定:漏れの無いこと

・ポンツーンの補修工事を実施した場合や、漏水・漏洩（油分の付着）が疑われてた場合に、気密試験（加圧試験）を実施している。気密試験は、ポンツーンに設置しているベントから加圧して50mmAqで保持し、圧力降下の有無など石鹼水などによる漏洩検査を実施している。
・ポンツーンの板を取替える等の工事を実施した場合は、ポンツーン内に50mmH ₂ Oの空圧を掛け、当該部位について発泡水を用いて漏洩のないことを確認している。
・ポンツーン内部の溶接線全線に対して真空漏洩検査を実施。当該検査ができない箇所についてはPT（浸透探傷）検査を実施。
・ポンツーンマンホールを閉止し、ベント管から500Paに加圧した後に圧力保持および監視を行う。同時に溶接線へ石鹼水を散布し、漏れが無いことを確認する。10分以上圧力が保持できていれば異常無しと判断。
・ポンツーンM/Hを閉止し、加圧保持（10分）、石鹼水での漏れ確認を実施。
・ポンツーン構造強化時に実施、それ以降は未実施。

（コメント）

- ・開放検査開始直後（補修前）に行うものと、補修後に行うものとが混在している。実施及び未実施ともに記述欄を読むだけでは判別できないものもあり、先述のQ&A開放点検2-8（タンク開放時におけるポンツーン漏れ試験について）についても加味する、不明な場合には、再度調査しないと判別できないものがある。
- ・加圧漏れ試験圧力について、最大300mmAq、最低30mmAqと幅が見られた。圧力50mmAqとする回答が多くみられた。

- 3 点検方法や補修基準について、タンクの設置年数やシングル・ダブルデッキ等の構造の違い、又は貯蔵量や油種毎に違いがあれば、その違いの概略について回答された内容を以下に集計した。違いの有無について、選択式の回答結果を表と円グラフにした。加え、記述式の回答については、主な内容をまとめた。

表34 点検方法及び補修基準の違い

項目	回答数
無し	66
有り(様式(コピー)に記入)	0
有り(記入欄に記入)	2
合計	68

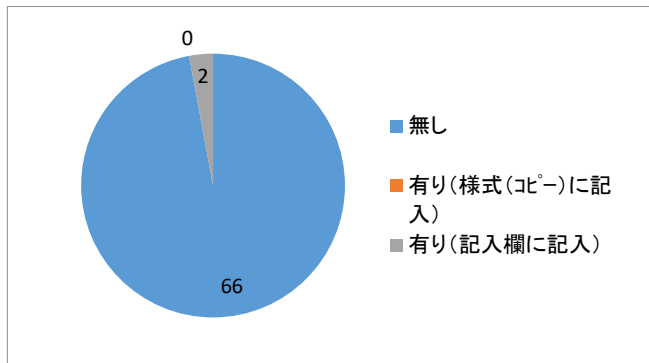


図34 点検方法及び補修基準の違い

【記入欄の記載内容】

・各燃料タンクで油種が違うが点検内容は同じ。
・全て同じ構造であり、点検方法・補修方法は同じである。
・特性等に応じた基準の違いは無し。いずれのタンクも、浮屋根については目視検査を基本の結果とし、塗装劣化や異常の有無など認められれば、拡大検査(詳細検査)を実施する運用としています。
・原油・未洗ナフサ等の腐食性があるものに関しては、気液境界部の肉厚測定を手厚くする。
・屋根(接液側)に減肉を認めた場合は、最上段の減肉状況をあわせて確認するようにしている。

- 4 点検方法や補修基準について社内基準等があるか調査し、以下に結果を集計し表と円グラフにした。また記載内容について列記した。

表35 社内基準の有無

点検方法	回答数
社内基準なし	19
社内基準有り(添付)	3
社内基準有り(添付不可)	44
回答なし	2
合計	68

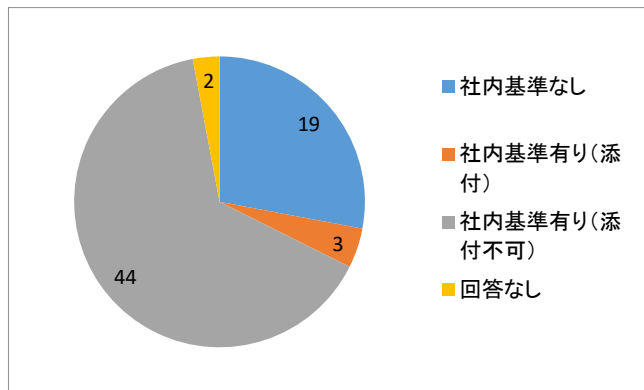


図35 社内基準の有無

【記入欄の記載内容】

・定期点検は法定点検に基づき行い、開放時の点検については「屋外貯蔵タンク検査作業指図書」(社外秘)に基づき実施。
・点検方法: 基準なし、補修基準: メーカー推奨 ポンツーン板厚3.2mm以下(旧法タンク 政令11条の4 参考)
・設備仕様標準では、定期検査の点検内容として漏洩、亀裂、変形、塗装状況及び腐食の有無、排水の状況を、その点検方法は、目視、肉厚測定について仕様を決めている。定期開放検査では、屋根板表面及び裏面の形状不良、ポンツーン
・点検方法の社内基準等は定めていない。補修基準は次としている。①屋根板(4.5mm): 残板厚3.1mm以下は溶接肉盛り補修、②ポンツーン上板(6.0mm): 残板厚3.1mm以下は溶接肉盛り補修、③ポンツーン外リム板: 残板厚3.5mm以下は
・日常点検=燃料設備パトロール要領(添付参照)、定期点検=消防法第14条の3の2 および 消防危第48号
・溶接等の一般的な基準書による部分も多いが、基準書が多数になるのでタンク検査基準のみを添付する。
・点検方法については、社内基準「設備設計施工技術基準」が有りますが、補修基準については社内基準は有りません。※ 社内資料故、添付は出来ません。
・「気密試験をすること」程度の手順書しか社内基準はなく、手順の詳細についてはKHGKの講習資料等を用いて実施している。
・浮き屋根、ポンツーンの詳細基準はなし、点検方法について記載があるのは、以下の基準『平底貯槽(タンク)保全標準』
・補修基準: デッキおよびポンツーン主要部に関して、次回開放時まで肉厚3.2mmを下回らぬよう補修を行う。
・タンク開放時の点検は、法規(通達含む)、所轄消防局からの指導、自社基準等に準じて点検を実施している。(目視、非破壊検査、気密試験等)
・定期点検要領、台風対策要領、タンク検査仕様書を作成している。

浮き屋根に係る流出事例(事例毎)の別紙集計結果

浮き屋根に関するアンケート(事業所毎)に回答のあった68事業所のうち、27事業所から浮き屋根に係る流出事例(事例毎)の回答があり、合計173件の漏洩事例の回答を得た。

以下、漏洩事案の調査項目ごとに集計した結果を示す。

・流出事例の概要について

1 タンク種別ごとの流出件数について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

タンク種別	件数
特定新法タンク	50
特定旧法タンク	122
準特定タンク	1
合計	173

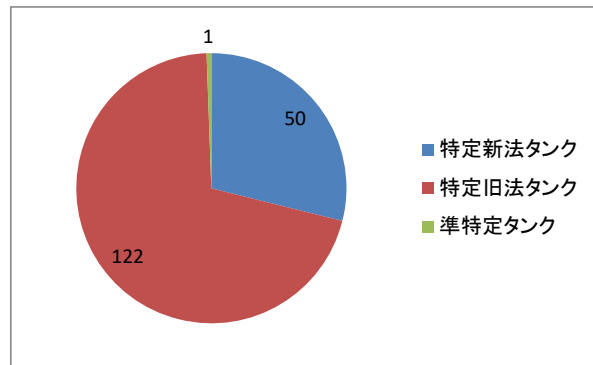


図1 タンク種別ごとの流出件数

- ・特定新法タンクより特定旧法タンクの方が件数多い。設置基数の割合が、特定旧法タンクの方が多くことから、比例して多いと考えられる。
- ・特定新法タンクも流出事例が多く見られた。

2 浮き屋根形式ごとの流出件数について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

浮き屋根形式	件数
シングルデッキ	58
シングルデッキ(耐震基準該当)	63
ダブルデッキ	52
合計	173

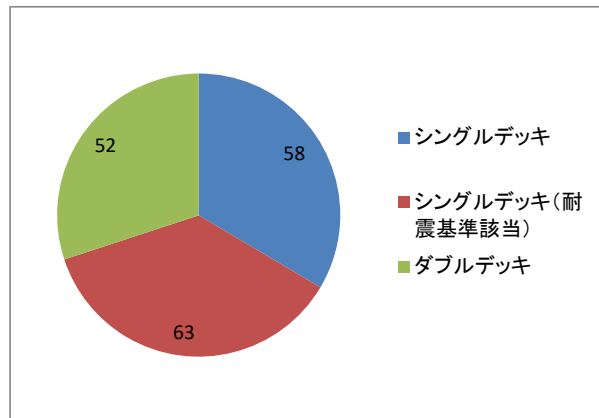


図2 浮き屋根形式ごとの流出件数

- ・どの浮き屋根形式にも流出事例がみられ、浮き屋根形式の違いによる差異はみられなかった。

3 タンク容量ごとの流出件数について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表3 容量ごとの流出件数

容量	回答数
1,000kL未満	1
1,000kL以上10,000kL未満	36
10,000kL以上20,000kL未満	11
20,000kL以上50,000kL未満	31
50,000kL以上100,000kL未満	46
100,000kL以上	48
合計	173

(準特定)
(特定)
↓
↓
↓
↓

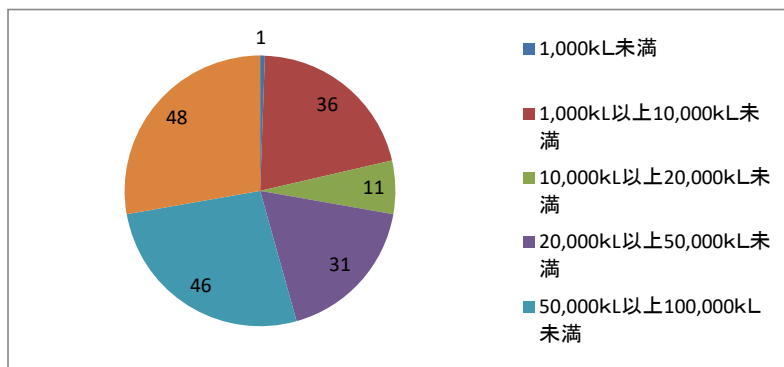


図3 容量ごとの流出件数

・容量毎に流出件数を整理したが、事例数の偏りはみられなかった。

4 タンク内径別の流出件数について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表4 内径別の流出件数

内径	回答数
10m未満	0
10m以上30m未満	28
30m以上50m未満	30
50m以上70m未満	45
70m以上	70
合計	173

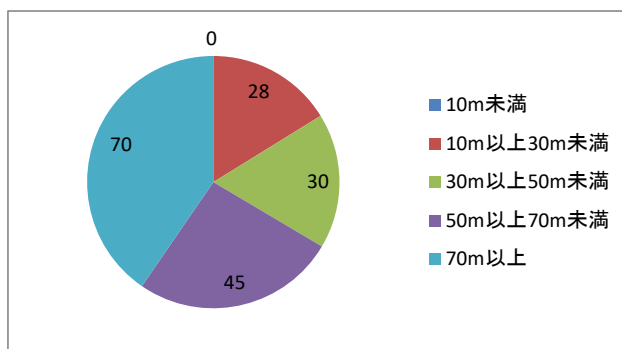


図4 内径別の流出件数

・タンク内径別に流出件数を整理したが、事例数の偏りはみられなかった。

5 タンク高さ別の流出件数について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表5 高さ別の流出件数

高さ	回答数
10m未満	1
10m以上15m未満	25
15m以上20m未満	51
20m以上	96
合計	173

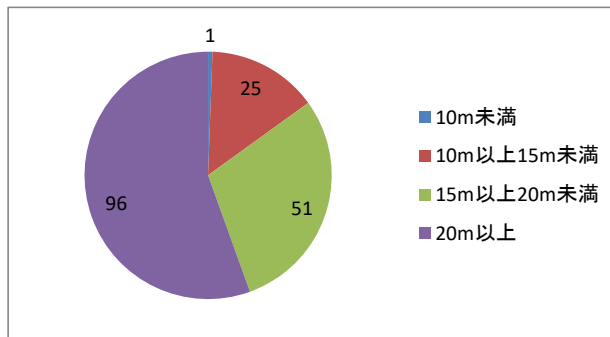


図5 高さ別の流出件数

・タンク高さ別に流出件数を整理したが、事例数の偏りはみられなかった。

6 内容物ごとの流出件数について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表6 内容物ごとの流出件数	
内容物	件数
原油	97
原油・ナフサ	1
ナフサ	24
ガソリン	28
重油	3
軽油	4
灯油	9
スロップ油	2
C8留分	4
キシレン	1
合計	173

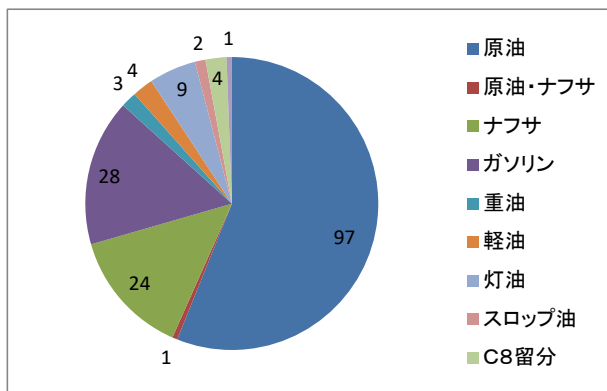


図6 内容物ごとの流出件数

・どの内容物にも流出がみられた。原油やナフサなど大容量貯蔵するタンクは、浮き屋根形式が多く採用されている。その浮き屋根を対象としているため、内容物として原油やナフサなどの件数が必然的に多くなっていると考えられる。

7 漏洩場所について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表7 漏洩場所ごとの流出件数	
漏洩場所	件数
ポンツーン母材部	23
ポンツーン溶接部	52
デッキ母材部	27
デッキ溶接部	33
付属品	19
調査中	3
その他	16
合計	173

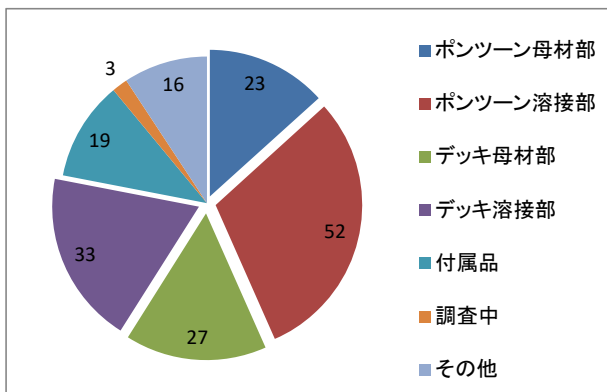


図7 漏洩場所ごとの流出件数

・漏洩箇所としてポンツーン及びデッキを合わせると75%を超え、その大多数を占めている。ポンツーン及びデッキのいずれも漏洩箇所は、溶接部か母材部である

漏洩場所の記述部について、アンケート記入欄に記載される内容を以下まとめた。

以下の漏洩場所の記述については、もっとも多かった回答を一番目に、2番目以降はそれ以外で目立ったものを記載し

【ポンツーン母材部】
・ポンツーン内部 ロアーデッキ(漏洩部の板厚:6mm)
・漏洩部の板厚:4.5mm
・ポンツーンアウターリムに開孔し油滞留
・ポンツーン母材部、及び溶接部に割れ
・浮き屋根デッキ板母材部に3か所、デッキ板溶接線に一か所
・母材部の割れ(約100mmL)ポンツーン2室に流出
・底板母材部の板厚:4.5mm
・底板母材部(底板裏面側に取付けられたストッパー溶接部)各1ヶ所底板の板厚:4.5mm、アウターリム板の板厚6.0mm

【ポンツーン溶接部】
・アウターリムとロアーデッキ隅肉溶接部
・ポンツーン底板相互溶接線 漏洩部の板厚:6.0mm
・ポンツーン1室内 下板溶接線ににじみ
・ポンツーンのルーフサポートスリーブ保護板隅肉溶接線
・ポンツーン内トラス干渉部で、下板とノズル取り合い部の隅肉溶接部
・外リム底部の溶接線部分、及びポンツーンの内リムサポート付け根部分の溶接線。
・ポンツーン溶接部全周90mの全体的に何らかの損傷、ポンツーン底板のLアングルに割れ、ポンツーンアウトリムの下側角部にアヒルの口型の割れ、ポンツーンインナーリムの上方角に押しつぶされたような変形あり
・インナーリム板×補強板溶接線に樹脂状に固化した垂れた痕跡を確認した。漏洩部の板厚:4.5mm
・ポンツーン底板×インナーリム板×仕切板の三点交差溶接線に樹脂状の固形物を確認した。漏洩部の板厚:4.5mm
・ポンツーン内センターリングと下板との溶接線、漏洩部の板厚:4.5mm
・底板とアウターリム板の溶接線部、底板の板厚:4.5mm、アウターリム板の板厚6.0mm
・底板とアウターリム板の補強リングアングル溶接部、ポンツーン底板板厚:4.5mm、アウターリム板補強リングアングル:L65*65、板厚6.0mm
・底板の重ね溶接線部、底板の板厚:6.0mm
・ポンツーン仕切板溶接線部、底板の板厚:4.5mm、仕切板の板厚6.0mm
・内側中間リム板との溶接線部、底板の板厚:4.5mm、内側中間リム板の板厚
・底板と仕切板の溶接線部:底板の板厚:4.5mm、仕切板の板厚4.5mm
・底板とリング板継ぎ溶接線部:底板の板厚:4.5mm、リング板の板厚4.5mm
・ポンツーン底板と内側リム板の溶接線部:底板の板厚:4.5mm、内側リム板の板厚6.0mm
・Lアングル×ポンツーン底板のタック溶接止端部:漏洩部の板厚:4.5mm
【デッキ母材部】
・漏洩部のシングルデッキ母材板厚:4.5mm
・ポンツーン内部 ロアーデッキ(漏洩部の板厚:6mm)
・ローリングラダーサポート近傍 漏洩部の板厚:4.5mm
・デッキ元厚4.5mmに対し、3箇所の腐食による開孔
・浮き屋根デッキ板母材割れ(計8箇所)
・ポンツーン近傍の屋根板部分。溶接の歪みにより多少凸の形状となった屋根板の頂の箇所の穿孔。
・シングルデッキ板母材部に約1mmφの穿孔が1箇所認められた。
・シングルデッキ母材のポンツーンとの付け根部分より油の漏洩を確認。
・バキュームベント補強板溶接線近傍のデッキ板母材:漏洩部の板厚:4.5mm
・浮き屋根デッキ油側の旧付属品補強材取付け溶接線および屋根骨取り付け用外面保護板近傍のデッキ板母材2箇所の計3箇所より同時に漏洩。:漏洩部の板厚:4.5mm(地震時)
【デッキ溶接部】
・デッキ溶接部:板厚4.5mm
・屋根デッキ板溶接線に油染みを確認
・浮き屋根デッキ板母材部(裏面に溶接線あり)1か所 割れ約15mmL
・浮き屋根デッキ母材中央部で割れ発生。(減肉なく、裏面溶接線起点と推測される。)
・浮き屋根デッキ板×コンプレッションリング溶接線
・過去施工された当板補修溶接線よりしみ
・シングルデッキ溶接に長さ850mm、幅最大23mmの割れを確認。
【付属品】
・側板と浮き屋根シール装置の接触面 (内容物の受入時のエア噴出しに伴う漏洩)
・側板と浮き屋根シール装置の接触面 (地震の液面揺動に伴う噴出し漏洩)
・ポンツーンのインナーパイプ(シールガスベント)
・エマージェンシードレン管内にピンホールが発生し若干流出
・保護板溶接線(約25mmL)
・エマージェンシードレン管フランジ部
・滞水によるデッキ板のたわみ変形から、非常用排水設備(エマージェンシールーフドレン)から逆流
・浮き屋根中央のサンプルハッチから漏洩 (滞水による)
・非常用排水設備(エマージェンシールーフドレン)の封水量減少により、シール機能の低下からデッキ上へ漏洩
【その他】
・エマージェンシールーフドレン
・屋根補修当板母材より油のにじみ
・屋根補修三枚重ね溶接部より油のにじみ
・地震により、ポンツーン内油溜まりおよび油侵入、浮き屋根上、ルーフドレン排水口から
・台風により、浮き屋根全体が沈没
・溶接欠陥部が起点となり、ポンツーン内リム×コンプレッションリング溶接線割れと推定
・浮き屋根デッキ板4箇所
・リブとポンツーンの溶接線、及び、底部に設けられた切り欠き部屋の天板母材から漏洩した。
・タンクシール部と側板との隙間(配管内の滞油を窒素パージにてタンクに回収する際、配管内部に残存していたガス溜まり部分が浮き屋根シール部より油を同伴し吹き出し)

8 漏洩の原因について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表8 漏洩の原因ごとの流出件数

漏洩の原因	件数
溶接不良	22
滞水	9
湿気	4
塗装剥離	3
経年劣化	48
地震	36
台風	2
調査中	1
その他	48
合計	173

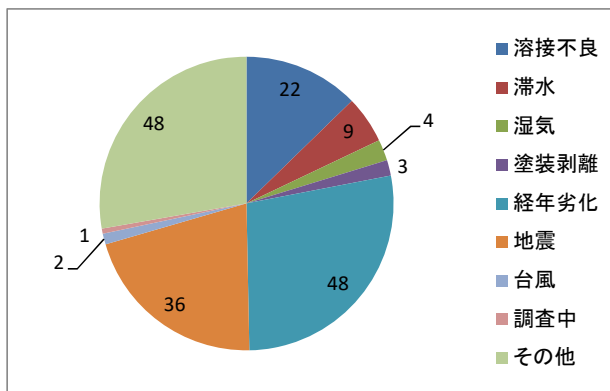


図8 漏洩の原因ごとの流出件数

漏洩の原因について

今回の調査結果としてもっとも多い回答数となった漏洩の原因は経年劣化とその他である。しかし、この二つの内容を読むと、溶接不良や滞水、地震などの原因と思われるものや、原因の特定に至っていないもの、及び複数の原因が考えられるものが含まれている。

詳しい分析を行うには、一件づつ時間をかけて調べる必要がある。

漏洩の原因について記述部について、アンケート記入欄に記載される内容を以下まとめた。

以下、記述部については、もっとも多かった回答を一番目に、2番目以降はそれ以外で目立ったものを記載した。

【溶接不良】
・取替時に隠れる部分を一部溶接されていなかったため
・取替・補修時の溶接線のうち、狭所での溶接施工時の不良
・溶接欠陥(溶け込み不足と形状不良)の顕在化
・突き合わせ溶接部の開先ルート間隔不足による溶込不良からクラックが発生した。
・溶接欠陥と溶接線減肉による漏えい発生
・建設時の溶接不良部(内在欠陥)が、塗膜の経年劣化部で外面腐食が進行し、開口に至ったと考える
・ポンツーン内部トラス断続溶接線とローデッキ相互溶接線が近接しており、断続溶接線側で割れが発生し、最終的に
・ルーフサポートスリーブ保護板上に取り付ける補強リング部において、溶接により保護板を引っ張る方向に大きな応力が作用したため、保護板隅肉溶接線の弱い部位(応力集中部)から亀裂が生じ、数年後に浮屋根の昇降運動や揺動
【滞水】
・デッキ上に雨水滞留部があり、塗膜劣化/外面腐食を誘因し、溶接線から漏洩
・発災前、降雨しており、屋根板に局部的に滞水が発生している状況だった。滞水付近はデッキからピン穴までの高さが低くなっており、滞水したことで喫水面が上昇し、ピン穴から漏洩した。
・漏洩発生箇所は雨水の滞留および砂塵の付着しやすい箇所であり、雨水、砂塵下で外面腐食が進行したことにより
・タンクデッキ板塗装に耐水性が高いが、耐候性(耐紫外線)に比較的弱い塗料を採用したことで、紫外線などによる塗膜劣化により、塗膜内に雨水が侵入した。破損した塗膜内に雨水が(飛来塩分含む)侵入し塗膜内にて外面腐食を発生させ、開口に至った。
・長年使用による経年的な減肉や繰り返しの液面揺動等によりデッキ板の凹凸が大きくなった。降雨によって排水しきれないデッキ板凹み部に水が溜まり、雨水の重みによりデッキ板が沈み込み、ルーフサポートの固定ピン高さが喫水レベルに達したことから、ルーフサポート固定ピンから漏出した。 同ような変形により非常用排水口から逆流。
【湿気】
・ポンツーン内に出来た気層部で、水分が乾湿状態を繰り返す事によって、ポンツーン内面側から腐食した。
・ブリーザーノズルはベーパークッション目的でノズル下部がボックスの形状をしていた。ノズル内部が何らかの要因で負圧となり、PVベントが作動し外気を吸引したことで、ボックス上部で結露が発生し、サワーウォーターとなったことにより、局部減肉による開口が発生したと推測。
・センターポンツーンは建設当初より浮き屋根に勾配を取るために砂を充填しウエイト調整をしていた。この砂が長年の運転中に吸湿し、デッキ板が湿食を起こし開孔した。
【塗膜剥離】
・デッキ上に雨水滞留部があり、塗膜劣化/外面腐食を誘因し、溶接線から漏洩
・補修した塗装の仕様が求めた使用で行われておらず、素地調整に不備があったため塗装内部で錆が成長し、開口に至った。
・局部的な塗装劣化(キズ状)による外面減肉
【経年劣化】
・外面腐食、または内面腐食、のほかに前述の溶接不良及び滞水による理由が多くあった。溶接不良部については、設置時当初の溶接不良部が起点となり、経年使用により割れに繋がった
・経年劣化や溶接線の内在欠陥、震災及びその後の余震などの液面揺動等により、デッキ溶接線に負荷が掛り、割れに至ったと考える
・震災による影響が原因の可能性。
・溶接線に破断有り。※震災の影響も考えられる。
・ルーフドレン管内面の腐食
・母材部孔食による貫孔
・溶接欠陥と溶接線減肉による漏えい発生と推定
・錆の付着/堆積を十分に除去せずに検査したことによる腐食の見逃し
・インナーリムのリブ板が下板に直接溶接されている部位で、下板母材に割れ発生

・浮屋根上下動によるタック溶接止端部への応力集中が原因と推定
【地震】【台風】 近年発生した地震及び大型台風による破損と回答あり
【その他】
・調査中、原因が特定できていない、または推定程度で原因の特定に至っていない とする回答がもっとも多かった。
・本来あるべき隅肉溶接が、施工されていなかった。
・エマージェンシードレンから漏洩したものと推測（水封措置の不備）
・ボンツーン補強用アングルのタック溶接部応力疲労割れ
・燃料受入時の、オペレーションミスにより配管内のガスと同伴して、外周シール部から噴出した。
・屋根板外面の経年腐食による開口。
・主排水管の配管を交換をした際に、固定管の場所に誤ってスィベルジョイントを取り付けてしまったことで、正しく折れ曲がらず配管が破損した。その後の液払出しにて液面とともに屋根が下がり、破損した管がつっかえ棒のように底部と垂直になった。そこに液面が更に下がり、屋根を押し上げるようにして、配管が屋根を破損させた。
・台風でない強風により、タンク液面の揺動が発生したため、ボンツーン内部の溶接部が疲労破壊した。東日本大震災及びその余震等によりボンツーン内部の溶接部に負荷が蓄積されていたものと推定する。
・浮屋根主排水管の取替を行った。排水弁を閉止した状態で、降雨により屋根に滞水し、エマージェンシールーフドレンから逆流し、漏洩した。
・管の取付けフランジ部のボルト締め付け不良
・地震等による波打ち現象により、荷重がリブ先端に繰り返して作用したことで、リブ部溶接止端部を起点として疲労割れが生じました。別のボンツーンでは、ボンツーン切り欠き部屋に、内部流体の腐食性ガスが滞留し腐食が発生した。
・ボンツーン下板材が溶接で継ぎ足して製作されており、その継ぎ足し部で溶け込み不良が発生
・タンク建設時に屋根板内面へ補強アングルを溶接した際、施工不良によって孔が形成され、同部位外面で経年的な腐食による減肉が進行したことで、開孔に至ったと推定。
・地震等によりボンツーンに過大な応力が作用し、特に中間リム板のタック溶接は補強部材の近傍のため応力集中し、脆性破壊による亀裂が発生、その後経年的な液面揺動などによる延性破壊により亀裂が進展して貫通に至ったと考えら
・ボンツーンの接液側にラフター（Cチャンネル）が施工されており、そのラフター先端部の溶接始端部を起点に屋根板の揺動による繰り返し応力で疲労亀裂が発生し、貫通に至った。

9 流出の程度について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表9 流出の程度ごとの流出件数

流出程度	件数
にじみ	92
漏洩（拭き取れる程度）	23
漏洩（タンクを開放せずに回収可能な程度）	19
滞油	38
滞水	0
空欄	1
合計	173

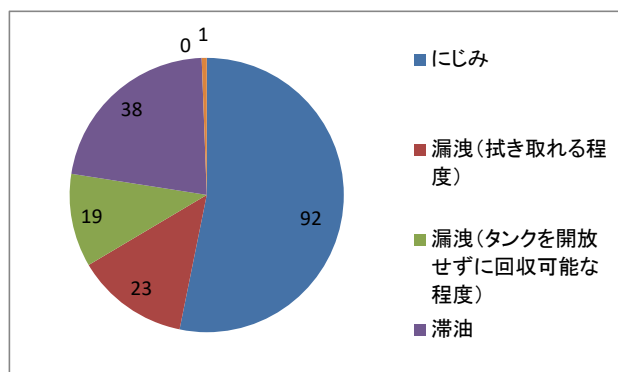


図9 流出の程度ごとの流出件数

・流出の程度について、にじみ及び漏洩を合わせると75%程度、滞油が25%程度であった。

・補修方法について

- 1 定期開放まで仮補修のみ実施したのか、または応急措置を実施後、速やかに恒久的補修に至ったのかなどの補修方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表10 補修方法ごとの件数

補修方法	件数
タンクの定期開放まで仮補修のみ	75
応急措置→恒久的補修	33
その他	62
空欄	3
合計	173

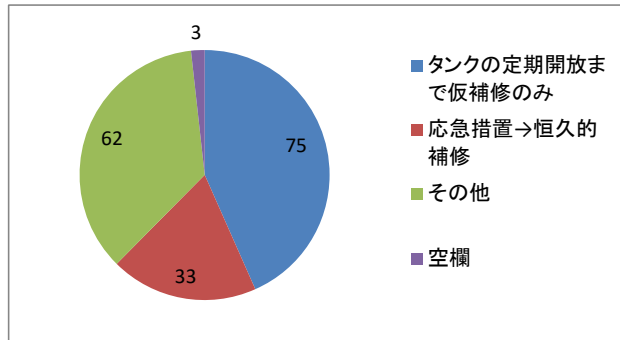


図10 補修方法ごとの件数

・流出の程度について、にじみ及び漏洩(拭き取れる程度)を合わせると75%程度であった。滞油が25%みられた。

アンケート記入欄に記載される内容を以下まとめた。

【タンクの定期開放まで仮補修のみ】
・にじみ程度であったため、応急措置の上、経過観察とした。(現在進行中のもの)
【応急措置→恒久的補修】
・にじみ程度であったため、応急措置の上経過観察とし、直近の開放検査時に肉盛り補修や取替補修などの恒久補修を実施した。
【その他】
・即、液抜きし臨時開放した。
・地震時のスロッシングによる液漏洩である。
・送液配管内エア混入などにより、エア吹き出しに伴う外周シール部からの漏洩事例であるので、補修が発生していない。

- 2 補修に至った経緯について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表11 補修に至った経緯ごとの件数

補修に至った経緯	件数
事業所の判断	67
消防との協議の結果	91
その他	9
空欄	6
合計	173

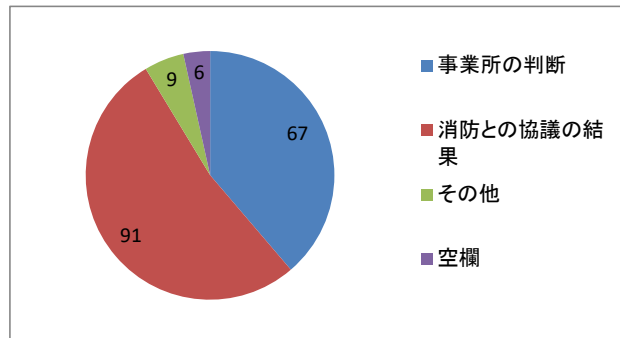


図11 補修に至った経緯ごとの件数

3 応急措置(仮補修)の具体的な内容について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表12 応急措置に用いられた材料ごとの件数

応急措置(仮補修)方法	件数
金属パテ	69
シリコンパテ	5
FRP	15
その他	62
空欄	22
合計	173

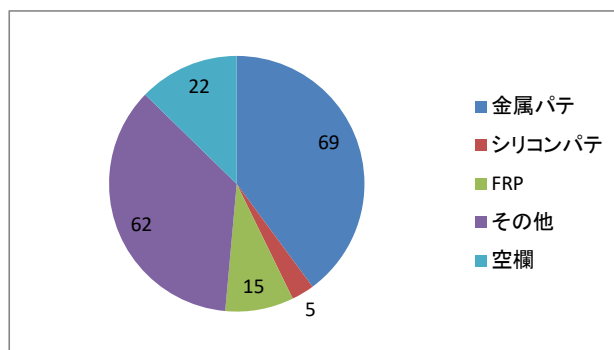


図12 応急措置に用いられた材料ごとの件数

金属パテ、シリコンパテ、及びFRP等について、具体的な補修について、記述回答のあった事案について、以下にまとめ

【金属パテ】

・スーパーEメタル
・1層目:レクターシール、2層目:ペロメタル
・1層目:鉛、2層目:ペロメタル、フロロシリコン730
・デブコン+鉄板
・デブコン+エラストマー
・固形石鹸で開口部を塞ぎ、デブコンAで固める
・固形石鹸で開口部を塞ぎ、マルチメタルで固める
・アルミテープで開口部を塞ぎ、デブコンで固める

【シリコンパテ】

・にじみ箇所近傍の塗装剥離後、仮補修を実施した。1層目:プライマーA、2層目:シリコンFE2000、3層目:シーラント70、4層目:FRSコート フロロシリコン
・にじみ箇所近傍の塗装剥離後、仮補修を実施した。1層目:フロロシリコン730、2層目:プライマーD、3層目:シール剤SH-790 4層目:コーティング剤 SE-5070

【FRP】

・FRP仕様:MC450チョップドストランドマット+WR570ロービングクロス+#30Pサーフェイス=FC-30C/S/G」
・3層補修、1層目:アクアパテ、2層目:ウルトラシール、3層目:エラストマー

【その他】

・金属パテ+FRPによる補修、金属パテ仕様:MM-メタルoL-スチールセラミック、FRP仕様:MC450チョップドストランドマット+WR570ロービングクロス+#30Pサーフェイス=FC-30C/S/G」
・商品名:シールパテ、デンゾーテープ。ポンプン屋根開口箇所は、シールパテおよびデンゾーテープで仮補修を実施した。
・モルタル充填と水シール工法にて仮補修
・漏洩箇所を木栓にて塞ぎ、3層の異なる機能を有した応急補修を行った。(1層目:エポキシ硬化剤パテ(商品名 ビグパテ)、2層目:アクリル樹脂硬化剤シート(商品名 ジップパッチ)、3層目:ウレタンエラストマーパテ(商品名 MM-エラストマー))
・ストップホールの設置(2か所)、添え板設置(150×150)、FRP塗布(300×500)、FRP仕様:MC450チョップドストランドマット+WR570ロービングクロス+#30Pサーフェイス=FC-30C/S/G」
・土嚢設置。
・固形石鹸で開口部を塞いだうえで清掃し、Devcon NEWファススティック + Three Bond 液状ガスケット1215を塗布した。
・固形石鹸で開口部を塞いだうえで清掃し、ペロメタルスーパーパット + ハマタイト SM-101を塗布した。
・アウターリム肉盛り補修、内部底板の当て板補修、上板、及び間仕切り板のデブコン補修

・多くの仮補修方法が見られた。流出程度にもよるが、同じ程度のにじみや漏洩量であっても、仮補修方法が異なってい

4 応急措置後の点検頻度について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表13 応急措置後の点検頻度ごとの件数	
応急措置の点検頻度	件数
数回/日	5
1回/日	18
数回/週	0
1回/週	23
その他(記入欄)	115
空欄	12
合計	173

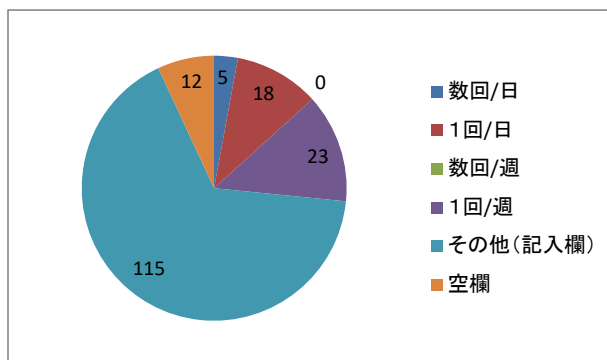


図13 応急措置後の点検頻度ごとの件数

応急措置後の点検頻度について、アンケート記入欄のその他に記載される内容を以下まとめた。

【その他】 回答数が多い理由として、地震による浮き屋根上への漏洩、送液時のエア混入により外周シール部からの吹き出し漏洩、及び漏洩確知後に速やかに液抜きした事例が多く含まれる。

以下、その他の回答について、記述される内容を抜粋した。

- ・常時監視。
- ・漏洩が発生するのは、タンクレベル上昇時である原油揚荷中である事から、揚荷は監視が出来る日中に限定し、揚荷中は監視人をタンク上部に常駐させた。また、タンク静置中は1日1回、原油の払出し中は2時間に一回漏洩の有無を確認する事とした。
- ・4ヶ月毎のタンク設備自主点検時、及びサンプリング等の浮屋根上作業(約4回/年)時に、デブコン補修を行なったポンツーンを重点に内部の状況確認を実施し、ポンツーンの健全性を確認する。また80gal以上の地震発生時にも前記と同じ内容で臨時点検を実施する。
- ・月2回定期点検で漏洩の有無を点検。その他震度4以上の地震発生後及び台風通過後に漏洩の有無について点検。
- ・本漏洩は設備に起因するものではないため、設備の点検は実施せず、設備使用上の再発防止を行っています。
- ・3か月ごとに目視点検実施。
- ・震度3以上の地震発生時やゲリラ豪雨発生時に点検実施。
- ・酸素濃度管理頻度は、当初毎日測定していたが測定値に大きな変化が認められなかったので週1回の測定を実施。

・【数回/日】【1回/日】 1回/日以上点検を実施している回答は、応急措置後速やかに液抜き作業し臨時開放点検などを実施した事例が多く含まれている。

・【空欄】 回答数が多い理由として、地震による浮き屋根上への漏洩、送液時のエア混入により外周シール部からの吹き出し漏洩、及び漏洩確知後に速やかに液抜きした事例が多く含まれる。

5 応急措置から恒久補修までの期間について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表14 応急措置から恒久補修までの期間ごとの件数	
応急措置の期間	回答数
0年(速やかに応急措置実施)	22
0年超～1年以下	28
1年超～2年以下	23
2年超～3年以下	15
3年超～4年以下	11
4年超～5年以下	5
5年超～6年以下	8
6年超～7年以下	7
7年超～8年以下	2
8年超～9年以下	3
空欄or - or NA	49
回答数	173
最小(年)	0
最大(年)	8.75

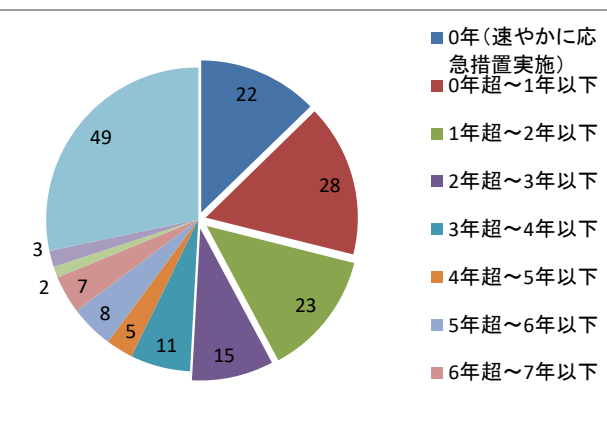


図14 応急措置から恒久補修までの期間ごとの件数

・数値回答のあった124件の回答数に対し、空欄、横バー及びNAの49件の回答があった。

・仮補修から恒久補修までの期間について、最大8.75年、最低0年(速やかに恒久補修実施)と幅のある回答結果であった。

・0年から3年以下までの期間で恒久補修とした回答が88件であった。これは回答のあった124件に対し、半数を超える約71%に当たる。

6 当該仮補修で使用可能と考える期間について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表15 仮補修で使用可能と考えられる期間ごとの件

仮補修による使用可能と考える期間	回答数
0年(速やかに恒久補修実施)	31
0年超～1年以下	3
1年超～2年以下	2
2年超～3年以下	20
3年超～4年以下	0
4年超～5年以下	12
5年超～6年以下	0
6年超～7年以下	1
7年超～8年以下	0
8年超～9年以下	27
9年超～10年以下	6
空欄 or - or NA	71
回答数	173
最小	0
最大	10

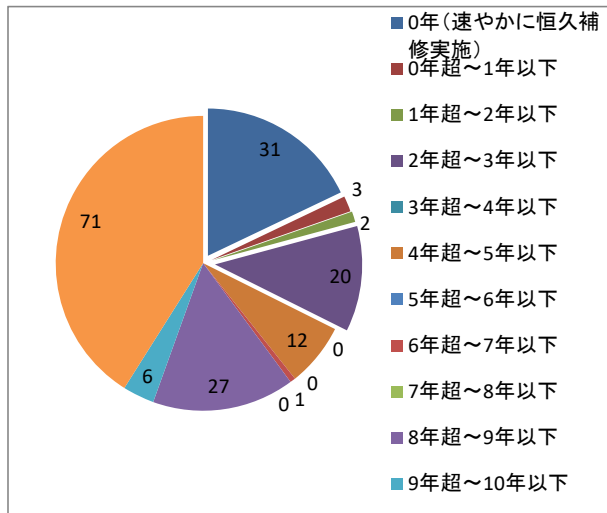


図15 仮補修で使用可能と考えられる期間ごとの件数

- ・数値回答のあった102件の回答数に対し、空欄、横バー及びNAの71件の回答があった。
- ・仮補修で使用と考える期間について、最大10年、最低0年(速やかに恒久補修実施)と幅のある回答結果であった。
- ・0年から3年以下までの期間で恒久補修とした回答が56件であった。これは回答のあった102件に対し、半数を超える約55%に当たる。

屋外貯蔵タンクの浮き屋根の安全対策に関するワーキンググループ

喫水線上昇に伴うルーフサポートやエマージェンシードレンからの逆流防止対策

(1) 背景

令和元年第 1 回 WG において、消防庁殿より WG の進め方（WG 資料 1 - 1）が以下の通り提案され、この中で「喫水線の上昇に伴うルーフサポートやエマージェンシードレンからの逆流の危険性」に対する対策として石油連盟にて本ガイドラインを策定して WG において審議された。

【WG 資料 1 - 1 抜粋】

1. 漏洩を未然に防止する方法

1 - 1 原因分析

- (1) 過去の事例の詳細な分析（WG 資料 1 - 3）
- (2) 流出事例の収集（H30 年第 2 回）

1 - 2 対策

(1) 適切な点検の実施

① 定期点検（今年度第 2 回）

課題：ポンツーン内の目視点検頻度等

② 開放点検（WG 資料 1 - 2）

(2) 点検の結果に基づく適切な補修（恒久補修）の実施

① 恒久補修の注意点（今年度第 2 回）

課題

- ・重ね補修等で重量が増加した場合の浮力計算の実施
- ・喫水線の上昇に伴うルーフサポートやエマージェンシードレンからの逆流の危険性
- ・重ね補修等の重量増加部分に著しく雨水がたまることによる腐食の危険性
- ・補修工事の施工管理方法
- ・過度に応力集中が発生する構造の見直し 等

2. 漏洩発生時の対応

2 - 1 応急措置の可否の要件

2 - 2 適切な応急措置の方法

2 - 3 応急措置後のタンク使用継続可能な期間

2 - 4 応急措置後の対応・点検頻度

(2) 石油連盟案

喫水線上昇に伴うルーフサポートやエマージェンシードレンからの逆流防止対策を考慮すべき状況

- 浮屋根上のルーフサポートやエマージェンシードレンの設置位置において、デッキの局所的なひずみが発生し、相対的にデッキ面からの喫水線の上昇が見られた場合、ルーフサポートのピン孔やエマージェンシードレンからの貯蔵油の逆流の危険性について評価を行う。

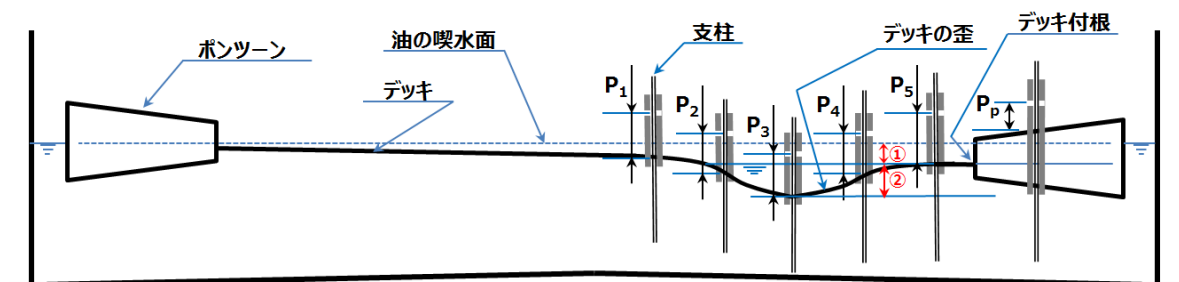
(2-1) ルーフサポートのピン孔からの貯蔵油の逆流の危険性について

- ルーフサポートは適切に設計することでピン孔からの貯蔵油の逆流を防止できる。ただし、タンク開放時に浮屋根の工事を行った際には、工事後に浮屋根デッキのひずみが見られなかった場合でも、運転に入り、油を入れた状態で滞水時に浮屋根デッキのひずみをチェックする。
- その結果、浮屋根上のルーフサポート部にデッキの局部的なひずみが発生し、相対的にデッキ面からの喫水線の上昇が見られた場合には、貯蔵油の逆流の危険性が無い事を確認する。この時、貯蔵液比重は実液比重（最小値）を適用する。
- なお、スリーブより上にピン孔があるタイプ（スリーブ自体にピン孔が無い構造）の場合、下記「ピン孔高さ」を「スリーブ上端」と読み換える。

【ガイドライン】

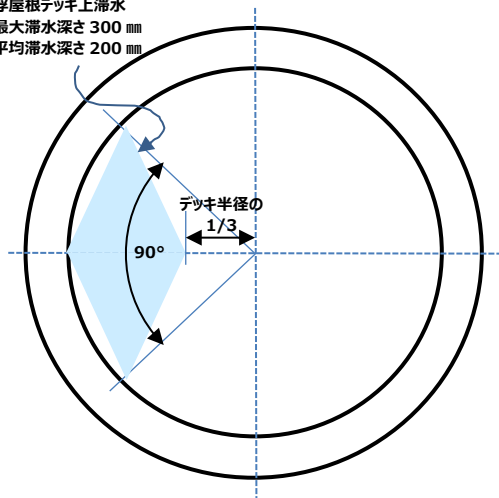
【支柱のデッキ上ピン孔高さ P_x 】>【各支柱付根からの喫水線高さ*】+余裕代 50 mm

測定要領：ここで「各支柱付根からの喫水線高さ*」は、「デッキ付根からの喫水線高さ（下図①）」と「デッキ付根と支柱付根のデッキ面との最大高低差（下図②）」をそれぞれ計算あるいは測定し、その合計値とする。



【計算例】

浮屋根デッキ上滞水
最大滞水深さ 300 mm
平均滞水深さ 200 mm



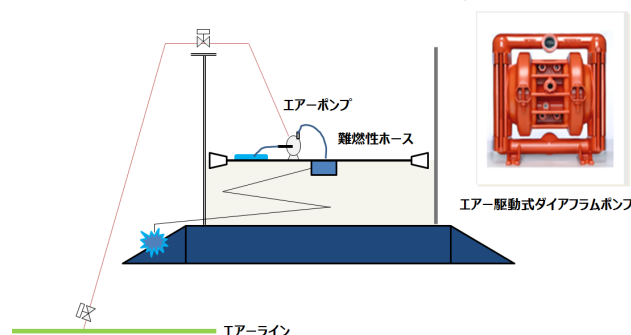
最小液比重	タンク径	ハイデッキ P_x^*	ローデッキ P_x^*
0.65	20m	585 mm	644 mm
0.65	40-80m	575 mm	637 mm
0.70	20-80m	562 mm	621 mm
0.75	20-80m	549 mm	605 mm
0.80	20-80m	536 mm	589 mm
0.85	20-80m	523 mm	573 mm
0.90	20-80m	510 mm	557 mm

注) 上表において P_x^* は左図滞水範囲内の最大滞水深さ (300 mm) 部における支柱のデッキ上必要ピン孔高さを示す

- 左図滞水による浮屋根沈降/傾斜を評価
- 歪深さはデッキ付根のレベルを基点として測定する
- 左図の平均 200 mm 滞水重量はデッキ平均 30 mm 滞水に相当

- 対策例：ルーフサポートのピン孔から貯蔵油の逆流の危険性有りと判断された場合、浮屋根上の滞水を仮設エアープンプなどで排水する、などの仮設対応を取る。

仮設エアープンプ設置による対策例



(2-2) エマージェンシードレンからの貯蔵油の逆流の危険性について

- 対象：シングルデッキの水封式非常用排水設備（以下、「エマージェンシードレン」と称する）
- エマージェンシードレンは、適切な設計、および適切な周期による封水量の点検と定期的な注水により逆流を防止できる。ただし、タンク開放時に浮屋根の工事を行った際には、工事後に浮屋根デッキのひずみが見られなかった場合でも、運転に入り、油を入れた状態で滞水時に浮屋根デッキのひずみをチェックする。
- その結果、エマージェンシードレンの設置位置においてデッキの局部的なひずみが発生し、相対的にデッキ面からの喫水線の上昇が見られた場合には、エマージェンシードレンからの貯蔵油の逆流の危険性について評価を行う。
- エマージェンシードレン周辺の局部的なひずみ部に滞水している場合には想定よりも少量の滞水時点でタンク内に排水されるだけであるが、エマージェンシードレン周辺の局部的なひずみ部に滞水が少ない場合で、かつ当該再計算結果で NG だった場合には貯蔵油の浮き屋根上への逆流の危険性が考えられる。

【ガイドライン】

- ✓ エマージェンシードレン設置部が局部歪で凹んでいて、かつ滞水が少ない状況において、更なる歪進行あるいは滞水が発生して最終的にエマージェンシードレンから排水されるまでのデッキ沈降に対する余裕代を見込む（余裕代は状況に応じて事業者が設定することとし、設定された余裕代が確保されているか測定する）

デッキ沈降/歪余裕代* = 今後見込むべき更なる喫水線上昇 Δh + 更なる局部歪増大 $\Delta\sigma$ の合計値

*デッキ沈降/局部歪を確認した時点以降、エマージェンシードレン設置部周辺が滞水し、最終的に滞水がエマージェンシードレンからタンク内に排出されるまでに見込むべき更なる喫水線上昇 Δh + 更なる局部歪増大 $\Delta\sigma$ は、状況に応じて事業者が設定

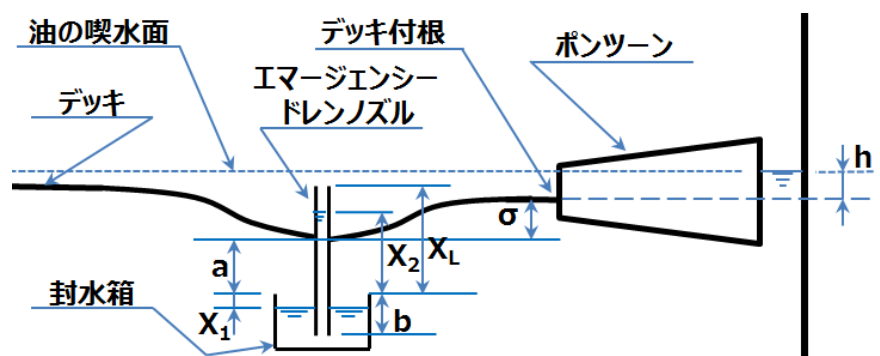
- ✓ 測定要領：デッキ沈降/歪余裕代は計算で確認できるが、他の方法として、浮屋根上からエマージェンシードレンに注水して封水箱を満水にした時点で、「エマージェンシードレンノズルと封水面の高低差（ $X_L - X_2$ ）」を測定することで以下の通り確認できる。計算および測定は貯蔵液比重が最大値である時に実施する。

封水レベル余裕代* = $X_L - X_2 \geq \rho \times (b + \Delta h + \Delta\sigma) - b$ [mm]

ここに $X_L - X_2$: 封水レベル余裕代
 $\Delta h + \Delta\sigma$: デッキ沈降/歪余裕代
 ρ : 液比重
 b : 封水箱深さ（エマージェンシードレンノズル先端までの深さ）

*封水レベル余裕代とは、エマージェンシードレンノズル先端から封水面までのレベル差

※液比重が最大でない時に測定した場合、次式で評価してもよい（但しコンサバティブな値となる）・・・【評価に用いる X_2 】=【測定時の X_2 】×【最大比重】／【測定時比重】



- 対策：エマージェンシードレンから貯蔵油の逆流の危険性有りと判断された場合、エマージェンシードレンのセンターパイプを運転中に嵩上げするなどの仮設対応を取る。

【測定時の液比重による封水レベル余裕代の補正計算】

測定時の液比重におけるバランス】

$$(h_i + \sigma_i + a) \times \rho_i = X_{2i} \times 1.0$$

$$(h_i + \sigma_i + a) = X_{2i} / \rho_i$$

最大液比重時におけるバランス

$$(h_x + \sigma_x + a) \times \rho_x = X_{2x} \times 1.0$$

$$(h_x + \sigma_x + a) = X_{2x} / \rho_x$$

$$X_{2x} = X_{2i} \times \rho_x / \rho_i \times (h_x + \sigma_x + a) / (h_i + \sigma_i + a)$$

ここで、 $(h_x + \sigma_x + a) / (h_i + \sigma_i + a) \leq 1$ のため、コンサバティブな値でも良ければ $X_{2x} = X_{2i} \times \rho_x / \rho_i$ を採用し、

$$XL - X_{2x} = XL - (X_{2i} \times \rho_x / \rho_i)$$

により評価してもよい

【封水レベル余裕代の計算】

エマージェンシードレンの封水箱を満水にした時のノズル内側と外側の水圧バランス式

$$X_2 + b = \rho \times (h + \sigma + a + X_1) + (b - X_1)$$

$$X_1 + X_2 = \rho \times (h + \sigma + a + X_1)$$

… 式①

封水箱が満水にした時なので、 $X_1 = 0$ とすると

$$X_2 = \rho \times (h + \sigma + a)$$

… 式②

ここで、封水箱を満水にした時のノズル先端からノズル内部の封水面の高低差を「封水レベル余裕代」と呼ぶ

$$\text{封水レベル余裕代} = XL - X_2$$

その後、更なる喫水線上昇および局部歪増大が発生し、エマージェンシードレンのノズル外側の封水レベルがノズル下端まで下がった時の水圧バランス式（この時の X_1 、 X_2 、 h 、 σ を X_1' 、 X_2' 、 h' 、 σ' と表記する）

$$X_1' + X_2' = \rho \times (h' + \sigma' + a + X_1')$$

… 式③

封水レベルがノズル下端まで下がった時なので、 $X_1' = b$ とすると

$$b + X_2' = \rho \times (h' + \sigma' + a + b)$$

$$X_2' = \rho \times (h' + \sigma' + a + b) - b$$

… 式④

ここで、今後見込むべき更なる喫水線上昇 Δh + 更なる局部歪増大 $\Delta \sigma$ の合計値（デッキ沈降/歪の余裕代）

が 100 mm～200 mm となるように目標を設定する

$$\Delta h = h' - h$$

$$\Delta \sigma = \sigma' - \sigma$$

$$\Delta h + \Delta \sigma = 100 \text{ mm} \sim 200 \text{ mm} \text{ を目標として設定}$$

式②と式④の両辺の差を取る

$$X_2' - X_2 = \rho \times (h' - h + \sigma' - \sigma + b) - b$$

$$= \rho \times (\Delta h + \Delta \sigma + b) - b$$

… 式⑤

【デッキ沈降/歪の余裕代 $\Delta h + \Delta \sigma = 100$ mmのケース】

式⑤において、目標値 $\Delta h + \Delta \sigma = 100$ mmの時、ノズル内の封水レベルがノズル内でバランスする $XL \geq X2'$ とすると

$$X2' - X2 = \rho \times (b + 100) - b \quad \dots \text{式⑥}$$

$$X2' \leq XL \quad \dots \text{式⑦}$$

式⑥と式⑦より

$$XL - X2 \geq \rho \times (b + 100) - b \text{ であれば封水がバランスする}$$

$$\text{封水レベル余裕代} = XL - X2 \geq \rho \times (b + 100) - b \text{ が必要となる}$$

b=400 mm、封水レベル余裕代が 50 mmの時に上記の目標を達成する液比重を求める

$$\text{封水レベル余裕代} \quad 50 \text{ mm} \geq \rho \times (400 + 100) - 400$$

$$\text{液比重} \quad \rho \leq (400 + 50) \div (400 + 100) = 0.9$$

b=400 mm、封水レベル余裕代が 0 mmの時に上記の目標を達成する液比重を求める

$$\text{封水レベル余裕代} \quad 0 \text{ mm} \geq \rho \times (400 + 100) - 400$$

$$\text{液比重} \quad \rho \leq (400 + 0) \div (400 + 100) = 0.8$$

b=400 mm、液比重が 0.7 で、封水レベル余裕代が 0 mmの時に許容できる $\Delta h + \Delta \sigma$ を求める

式⑤と式⑦より

$$XL - X2 = \rho \times (\Delta h + \Delta \sigma + b) - b$$

$$\Delta h + \Delta \sigma = (XL - X2 + b) \div \rho - b$$

封水レベル余裕代が 0 mmなので $XL - X2 = 0$ mmとなり、次に b=400 mm、 $\rho=0.7$ を代入する

$$\begin{aligned} \Delta h + \Delta \sigma &= b \div \rho - b \\ &= 400 \div 0.7 - 400 = 171 \end{aligned}$$

【デッキ沈降/歪の余裕代 $\Delta h + \Delta \sigma = 200$ mmのケース】

式⑤において、目標値 $\Delta h + \Delta \sigma = 200$ mmの時、ノズル内の封水レベルがノズル内でバランスする $XL \geq X2'$ とすると

$$X2' - X2 = \rho \times (b + 200) - b \quad \dots \text{式⑥'}$$

$$X2' \leq XL \quad \dots \text{式⑦'}$$

式⑥'と式⑦'より

$$XL - X2 \geq \rho \times (b + 200) - b \text{ であれば封水がバランスする}$$

$$\text{封水レベル余裕代} = XL - X2 \geq \rho \times (b + 200) - b \text{ が必要となる}$$

b=400 mm、封水レベル余裕代が 140 mmの時に上記の目標を達成する液比重を求める

$$\text{封水レベル余裕代} \quad 140 \text{ mm} \geq \rho \times (400 + 200) - 400$$

$$\text{液比重} \quad \rho \leq (400 + 140) \div (400 + 200) = 0.9$$

b=400 mm、封水レベル余裕代が 80 mmの時に上記の目標を達成する液比重を求める

$$\text{封水レベル余裕代} \quad 80 \text{ mm} \geq \rho \times (400 + 200) - 400$$

$$\text{液比重} \quad \rho \leq (400 + 80) \div (400 + 200) = 0.8$$

b=400 mm、封水レベル余裕代が 20 mmの時に上記の目標を達成する液比重を求める

$$\text{封水レベル余裕代} \quad 20 \text{ mm} \geq \rho \times (400 + 200) - 400$$

$$\text{液比重} \quad \rho \leq (400 + 20) \div (400 + 200) = 0.7$$

【封水バランス計算】

封水箱を満水にした時点で封水のバランスが取れる。

例えば、 $h=100$, $\sigma=300$, $a=600$, $p=0.8$, $X1=0$ の場合、 $X2=p \times (h + \sigma + a) - X1 = 800$

この時、 $X2 - a = 200$ となる。

ノズル長さ $XL = 880$ mm であれば、 $XL - X2 = 80$ mm となる。

その後 $h + \sigma$ が増加した場合、封水レベル $X2$ が上昇し、ノズル先端から封水が溢れて次のバランスを保つ。

例えば、 $h=200$, $\sigma=400$, $a=600$, $p=0.8$ の場合、 $X1 + X2 = 960$

この時、 $X2 - a = 360 - X1$ となり、ノズル先端から封水が溢れて次のバランスを保つ。

ノズル高さ $XL = 880$ mm であれば、 $X2 = XL = 880$ mm、 $X1 = 80$ mm でバランスを保つ。

更に $h + \sigma$ が増加して、 $X1 = b = 400$ となった時に貯蔵油の逆流が始まる。

例えば、 $h=400$, $\sigma=600$, $a=600$, $p=0.8$ の場合、 $X1 + X2 = 1280$

この時、 $X1 = 400$ であれば、 $X2 - a = 280$ mm となる。

ノズル高さ $XL = 880$ mm であれば、 $XL - X2 = 0$ mm となる。

以上

浮き屋根に関するアンケート(事業所毎)

現在実施している、又は過去に実施していた浮き屋根の応急措置について、記入欄にできるだけ詳しくご記入してください。

1	都道府県名	〇〇県
2	消防本部名	〇〇市消防本部
3	事業所名	〇〇石油株式会社〇〇事業所

1 応急措置後に当該箇所からの不具合の発生の有無について
(選択式) 選択して下さい

2 (1で有りとした場合)複数ある場合は適宜事例毎に欄を追加して下さい。
2-1 不具合の詳細

2-2 その際の応急措置の詳細

2-3 不具合を発見した状況

2-4 応急措置実施からの経過時間と不具合発生のきっかけ(地震・大雨等)

2-5 不具合の推定原因

2-6 不具合発生後の対応

3 応急措置後の継続使用の判断基準ー漏洩量や漏洩箇所 (事業所としての考え)

4 応急措置材を選定する際に注意している点(内容物との相性、作業性、硬化時間等)

- 5 可能であれば実施している応急措置毎に実際の施工の写真を添付して下さい。
応急措置材の製品名(詳細な型式まで)

1層目

2層目

3層目

写真貼り付け欄

応急措置材の製品名(詳細な型式まで)

1層目

2層目

3層目

写真貼り付け欄

応急措置材の製品名(詳細な型式まで)

1層目

2層目

3層目

写真貼り付け欄

事例① 金属パテ

施工箇所	デッキ板
不具合の詳細	・ 応急措置の金属パテが割れ、滲みが再発していた。 ・ 応急措置の金属パテの表面が剥がれ、滲みが再発していた。
発見に至った経緯	・ 1回/半年のタンクルーフ清掃時、1回/半年のタンクの定期点検時（法令は1回/年であるが、自主的に2回実施） ・ 1回/3か月の応急補修箇所点検時
応急措置から不具合発生までの期間	10か月
推定原因	施工箇所の変形に対する追従性の不足
不具合発生後の対応	応急補修方法を見直した。 施工方法については、事前に消防と協議した。

事例② マルチメタル

施工箇所	ポンツーン内部
不具合の詳細	再度同じ個所で不具合が発生した。不具合箇所は、ポンツーンロアーデッキとトラスの断続溶接線。
発見に至った経緯	月1回の入槽点検（自主検査）にて認められた。
応急措置から不具合発生までの期間	2か月
推定原因	最初の応急措置にて、不具合箇所にマルチメタルが上手く入りこまなかった為、トラスとロアーデッキ接触部の極小の隙間から貯油物が伝ってきたと推測した。
不具合発生後の対応	消防に許可を取った後、再度応急補修を実施した。トラスとロアーデッキの極小の隙間を埋めるのは困難と判断し、当初の仮補修部から次のロアーデッキ重ね溶接線までの断続溶接線間を全てマルチメタルで覆い、漏洩を停止させた。

事例③ 3層構造 ①アクアパテ ②ウルトラシール ③エラストマー

施工箇所	デッキ板
不具合の詳細	屋根板応急補修部にしみ跡、アロマ臭確認。 応急補修部は3層目（エラストマー）が30mmH程の膨らみ、表面にひび割れ（最大5mm深さ程度）が発生していた。
発見に至った経緯	年次点検時に確認
応急措置から不具合発生までの期間	2015年6月30日 ⇒全層補修（しみ確認） 2017年4月6日 ⇒全層補修（しみ無、樹脂端部の劣化） 2018年4月10日 ⇒全層補修（しみ無） 2018年10月5日 ⇒3層目割れ（しみ無）割れ部のみ重ね塗り補修 2019年5月15日 ⇒膨張&しみ痕確認（年次点検で覚知）
推定原因	屋根の変形・揺動により、追従性に乏しい1層目のアクアパテが鋼板より剥離し、間隙を通じて油分が2層目のウルトラシールに接液し、軟化。油分の内圧により樹脂にせん断応力が生じた結果、軟化したウルトラシールの円形剥離が発生。3層目のエラストマーのひび割れは、アクアパテの部分剥離により発生した空間内の内圧上昇に伴って生じる。 鋼板とのエラストマー接着部分が剥離する前に、エラストマー中央部の表面の膨れ・割れが覚知され、割れ部には一部にしみ痕が確認されたものと推測する。
不具合発生後の対応	3層構造応急補修の再施工

事例④ 3層構造 ①エポキシ系補修剤（デブコン） ②MMメタルoLスチールセラミック ③MMエラストマー

施工箇所	デッキ板
不具合の詳細	台風襲来により、当該補修剤が徐々に浮屋根から剥がれ、最終的に応急補修剤と浮屋根板の隙間からしみが発生。
発見に至った経緯	ルーフトレンから原油混じりの雨水が流出。屋根上においても、溜まった雨水上に原油が浮かんでいるのを発見した。
応急措置から不具合発生までの期間	応急措置実施したが2週間後に台風が襲来、その翌日に屋根上に原油が浮かんでいるのを発見した。
推定原因	台風による浮屋根板の揺れと撓みとスチールセラミックおよびエラストマー塗布時の下地処理が悪かったためと推定。
不具合発生後の対応	消防に通報後、緊急開放し補修実施。

**事例⑤ 3層構造①マルチメタルOLスチールセラミック(速乾型)
②マルチメタルOLスチールセラミック(通常型)
③マルチメタルVP10-017**

施工箇所	デッキ板
不具合の詳細	応急措置が一部割れ、漏えい（極少量）が再発していた。
発見に至った経緯	1 か月に 1 回実施している点検で発見
応急措置から不具合発生までの期間	応急措置実施から約 2 か月後
推定原因	風によりデッキ板が揺動し、補修材が追従できずに剥がれた（部分割れ）と推定
不具合発生後の対応	消防本部へ軽微な変更届出を提出し、再度応急措置をやり直した。 応急措置の方法をマルチメタルVP10-017からマルチメタルエラストマーに変更し、施工し直した。

事例⑥ - a レクタ-シル・ペロメタル

不具合箇所	ポンツーン内部
不具合の詳細	仮補修箇所の一部が割れ滲みが発生していた。
発見に至った経緯	震度 3 以上の地震発生対応の点検で発見。
応急措置から不具合発生までの期間	約 3.5 か月後
推定原因	仮補修後に発生した地震により、冷間溶接材に割れが発生したと推測。

事例⑥ - b・c シルフプライマー、コロテフハテ、エラストマーシート、シリコンシーラント

不具合箇所	ポンツーン内部
不具合の詳細	b：仮補修箇所の一部が割れ滲みが発生していた。 c：仮補修箇所の一部から滲みが発生していた。
発見に至った経緯	震度 3 以上の地震発生対応の点検で発見。
応急措置から不具合発生までの期間	b：約 20 日後 c：約 50 日後
推定原因	b：地震により、冷間溶接材に割れが発生したと推測。 c：仮補修の施工不具合。

事例⑥ - d・e エラストマーシート本体上にシーラント

不具合箇所	ポンツーン内部
不具合の詳細	仮補修箇所の一部から滲みが発生していた。
発見に至った経緯	仮補修後の点検で発見。
応急措置から不具合発生までの期間	d：8日後 e：1日後
推定原因	仮補修の施工不具合。

事例⑥ - f・g・h MMメタルOLスチールセラミック MMエラストマー95

不具合箇所	ポンツーン内部
不具合の詳細	仮補修箇所の一部から滲みが発生していた。
発見に至った経緯	仮補修後の点検で発見。
応急措置から不具合発生までの期間	f：15日後 g：4日後 h：6日後
推定原因	仮補修の施工不具合。

応急措置後の継続使用の判断基準

・ 浸み程度であれば、消防との協議の上、その後の運用について決定している。※同意見4件 ※協議の際、漏えいが浸み程度、応急措置後漏れがないこと、タンクの運用状況、次回の開放時期といった項目を考慮していた。また、推定原因及び対策を加味し決定している事業所もあった。
・ 応急補修部の再施工を1年1回から、半年に1回とする（油種問わず）。
・ 漏洩量、漏洩箇所（デッキ板、ポンツーン内）に係わらず、緊急開放。 但し、タンク内容物の移送等操作が、速やかに出来ない場合にタンク開放期間までの応急措置として実施。（消防との協議の結果により判断）
・ 応急措置後に継続使用可能と考えているが、消防からの継続使用の許可は得られていない。

応急措置材を選定する際に注意している点

・ 耐油性、耐候性、追従性、硬化時間、内容物との相性を考慮している回答が主であった
・ その他、層ごとに注意点を設けていたり、所内で手順書を作成し、応急補修技術の蓄積されている事業所もあった
・ ※詳細は次ページ参照

応急措置材を選定する際に注意している点

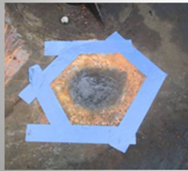
メーカーに問い合わせ、燃料油に対する抵抗性を有していることをデータシートで確認している。また、メーカーへ浮き屋根不具合部の応急補修で〇Ｌ－スチールセラミックを使用した箇所では、1年間、問題は無かったことが報告されていることなどを確認済み。
耐油性があり、即効性があるものを選定している。
1～3層目とも施工・硬化期間は降雨時を避ける事。1・2層目はすぐに硬化する為、硬化確認後次の層の施工が可能。3層目の硬化確認は施工後24Hとする。アクアパテの追従性が無いので、広範囲に塗布はしない（あくまで油の封じ込め部材＝2～3層目の作業環境性の確保としての最小限施工とする） 3層構造により油種によっては2年以上の耐用も確認されているが、現状で半年に一回施工とする。
内容物との相性、硬化時間に注意している。（ガソリンおよび高アロマー含有ナフサでは硬化時間が掛かる） 特に硬化時間について、スチールセラミックは硬化剤の違いにより2種類ある。 また所内での配管等における応急補修に関しては所内で手順書を作成し、応急補修技術の蓄積に努めている。（TK-6で施工した下地処理不良についてもメーカーを呼んで勉強会を開催し、その内容も反映済み）
1層目（エポキシ硬化剤パテ） 速乾性があり密封性の高いパテにより、漏洩を封鎖する。 2層目（アクリル樹脂硬化剤シート） 剥離強度の高い接着シートで1層目を被覆する。 3層目（ゴム質ウレタンエラストマーパテ） 柔軟性に優れ屋根の揺動に追従可能なパテにより1層目、2層目を補強する。
耐用温度、圧力、流体に対する耐腐食、耐溶性 硬化時間、必要な表面処理、劇毒性と必要保護具
メーカーカタログ耐薬品性一覧における対炭化水素との相性 メーカーカタログ値による耐熱温度 滲み量が多い場合は硬化時間の早いものを選定
不具合箇所の原因推定：内面or外面、腐食or割れ、損傷（減肉）程度、範囲 貯蔵流体：耐食材、耐薬品性 応急措置材：強度、耐圧、耐熱、硬化時間 応急措置期間、過去の使用実績の有無、作業性を総合的に判断して選定する。
耐油性、硬化時間、追従性、耐候性などを確認し、選定している。
仮補修に使用した1層目MMXOLスチールセラミックはメーカーに問い合わせ内容物と接触していても硬化することを確認済み。

応急措置材の施工法及び製品名

- 1層目 MM (マルチメタル) oLスチールセラミック
2層目 MM (マルチメタル) エラストマー

振動・波打部への対処

MM-メタルoLスチールセラミック
で油を止める

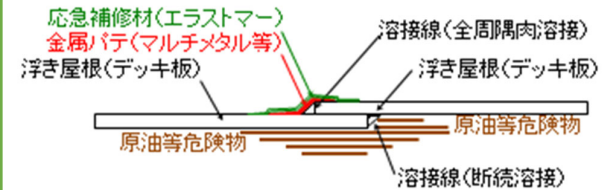


MM-エラストマー 95
を重ね塗り



- 1層目 MM (マルチメタル) oLスチールセラミック
2層目 不織布・ガラスクロス等
3層目 MM (マルチメタル) エラストマー

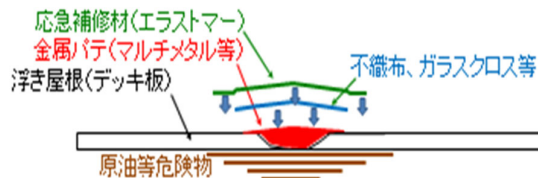
図-2)見直し後の応急補修方法①



(広範囲に金属パテを塗布する場合は不織布等を併用して補強します)

- 1層目 MM (マルチメタル) oLスチールセラミック
2層目 不織布・ガラスクロス等
3層目 MM (マルチメタル) エラストマー

図-2)見直し後の応急補修方法②



(広範囲に金属パテを塗布する場合は不織布等を併用して補強します)

- 1層目 MM-メタルoLスチールセラミック (赤硬化剤)
2層目 MM-メタルoLスチールセラミック (黄硬化剤)
3層目 MM-エラストマー 95
3層目仕上げ後の写真



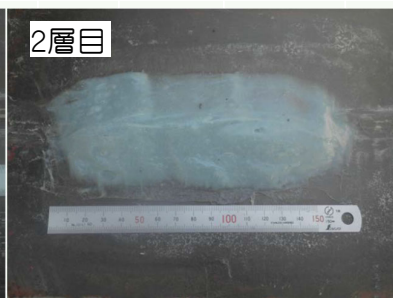
応急措置材の施工法及び製品名

- 1層目 フィックスオール・新アクア
2層目 ウルトラスール (US-1000)
3層目 MMエラストマー-95

1層目



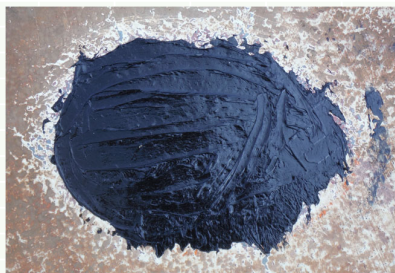
2層目



3層目

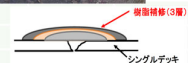


- 1層目 MM-メタルoLスチールセラミック
2層目 MM-エラストマー
3層目



- 1層目 エポキシ硬化剤パテ (ピグパティ)
2層目 アクリル樹脂硬化剤シート (Zip - Patchi)
3層目 ゴム質ウレタンエラストマーパテ (MM エラストマー-95)
2層目

3層目



【補修仕様詳細】

- 1層目: エポキシ硬化剤パテ
2層目: 透水性があり密封性の高いパテを塗布
3層目: アクリル樹脂硬化剤シート
3層目: 剛性度の高い接着シートで補修
3層目: ゴム質ウレタンエラストマーパテ
柔軟性に優れた屋根の揺動に追従可能なパテを塗布

1層目 2層目 3層目

応急措置材の施工法及び製品名

- 1層目 エポキシ硬化剤パテ（ビグパティ）
2層目 アクリル樹脂硬化剤シート（Zip-Patchi）
3層目 ゴム質ウレタンエラストマーパテ（MM エラストマー95）
1層目



3層目



【補修仕様詳細】
1層目：エポキシ硬化剤パテ
速乾性があり密着性の高いUVパテを塗布
2層目：アクリル樹脂硬化剤シート
剥離強度の高い接着シートで被覆
3層目：ゴム質ウレタンエラストマーパテ
柔軟性に優れた屋根の運動に追従可能なパテを塗布



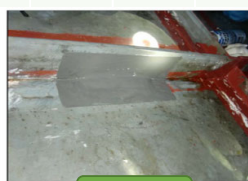
- 1層目 石鹸及びネオシールにより滲みを停止
2層目 マジックボンド
3層目 デブコンAQ



- 初回 1層目 マルチメタルOLスチールセラミック（速乾型）
// 2層目 マルチメタルOLスチールセラミック（通常型）
// 3層目 マルチメタルVP10-O17



2層目



3層目

- 再施工 1層目 マルチメタルOLスチールセラミック（速乾型）
// 2層目 マルチメタルOLスチールセラミック（通常型）
// 3層目 マルチメタルエラストマー



1層目



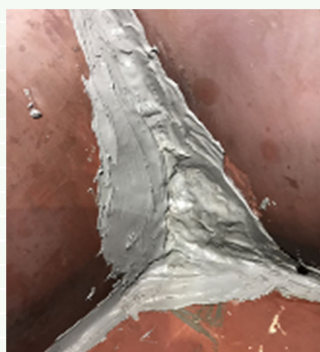
3層目



2層目

応急措置材の施工法及び製品名

- 1層目 レクターシール EP-200 エポキシパテ
2層目 ペロメタル（標準型）



- 1層目 シルプライマー（関西保温製）
2層目 コロテープパテ（関西保温製）
3層目 エラストマーシート（関西保温製）
4層目 シーラント45



- 1層目 MMメタルOLスチールセラミック
2層目 MMエラストマー95



参考：応急措置後の継続使用の判断基準（全回答）

•デッキ、ポンツーン共にしみ程度であれば、消防へ相談（現場確認あり）のうえ、再補修を実施し継続使用の打診を行い、次回の定期開放で恒久補修する。
•漏えい量がにじむ程度であったこと、推定原因及び対策を実施することで継続使用可能と判断し再度施工を実施した。
•応急補修部の再施工を1年1回から、半年に1回とする（油種問わず）。
•消防との折衝により決定するが、応急補修後しみがある状況では再度通報する。 •応急補修後に漏えいが停止した場合は、所内のタンク運用状況を加味して消防と折衝する。
•浮き屋根上の漏洩トラブルは、消防通報を行っていることから、消防と協議の上、応急措置後のタンクの運用範囲を決定している。 応急措置後に継続使用可能と考えているが、消防からの継続使用の許可は得られていない。
デッキ上、ポンツーン内ともに、漏えい量がしみ程度であり、応急措置後に漏れがないことで継続使用。滞油があった場合、回収して応急措置が可能であり、措置後に漏えいが止まった場合は継続使用。
応急補修後の点検において、しみがないこと。もしくはしみがあった場合にも応急補修の再施工によりしみが停止すること。
漏えい量、漏えい箇所（デッキ板、ポンツーン内）に係わらず、緊急開放。 但し、タンク内容物の移送等操作が、速やかに出来ない場合にタンク開放期間までの応急措置として実施。（消防との協議の結果により判断）
•しみ程度であれば継続使用する。 •緊急開放判断は、消防本部との協議（漏油量や次回の開放時期を考慮する）により決定する。
現状、仮補修箇所からのしみは認められておらず継続使用するが、再発するようであれば開放し補修することを検討中。

仕 様 書

1 業務名

「令和元年度 仮補修を実施した溶接継ぎ手の疲労試験業務」

2 業務の概要・目的

近年屋外貯蔵タンクの浮き屋根において、浮き室内部やデッキ上に危険物が漏洩している事故等が散見されることから、浮き屋根の安全対策に関するワーキンググループを開催しているところである。

通常漏洩が発見された場合、タンクを開放し溶接工事を伴う恒久補修を実施するところであるが、大規模タンクの場合、すぐにタンクの開放を行うことはタンク繰り等の都合もあり難しく、漏洩量が軽微なものであれば、タンク開放までの間漏洩を止めるために様々な仮補修を実施し、開放できるようになるまで使用を続けるのが実態である。

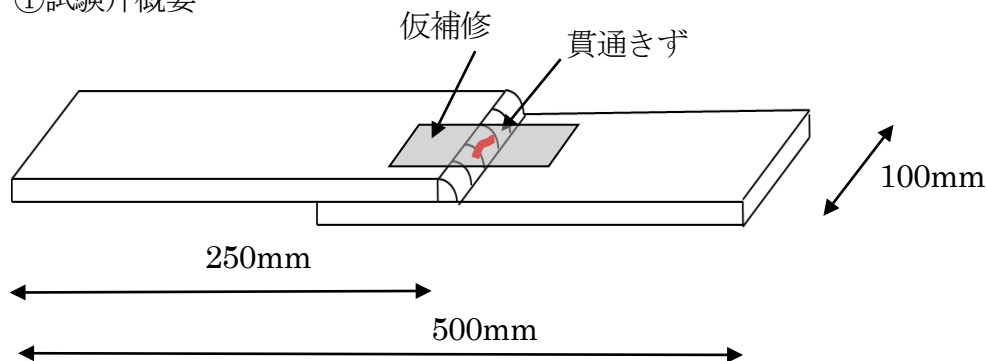
そこで、仮補修の妥当性や耐久性を確認するために、貫通傷を有する溶接継ぎ手に様々な仮補修を施した試験片に対して疲労試験を行う業務を委託するもの。

3 業務内容

消防庁の仕様に基づき試験片を作成し、疲労試験を実施した上で報告書を取りまとめる。

(1) 試験片

①試験片概要



②材料及び板厚等

試験片の材料は JIS G 3101 の SS400、板厚は 4.5mm とする。

板厚については、JIS 公差を認めるものとする。

③継ぎ手詳細

溶接継ぎ手は貫通きずを有する脚長 4.5mm の全厚隅肉溶接とし、板の重ね代は 25mm とする。

ビード表面に対するグラインダー等を用いた表面処理は実施しない。

④貫通きず詳細

長さ 10mm 幅 0.2mm 程度の線状貫通きず

⑤仮補修詳細

次の 7 種類をそれぞれ実施する

措置 1 : FRP3 層 (MC450 チョップストランドマット+WR570 ローピングクロス+ #30 Pサーフェイス)

措置 2 : ベロメタル

措置 3 : デブコン

措置 4 : レクターシール

措置 5 : マルチメタル oL-スチールセラミック

措置 6 : エラストマー

措置 7 : マルチメタル (1 層目) エラストマー (2 層目)

⑥仮補修の範囲と試験片数は以下の表の通りとする

	施工範囲 A : 貫通きず周囲の溶接線を埋める程度	施工範囲 B : 50mm (溶接線方向) × 100mm (試験片長手方向) 程度
措置 1	—	3
措置 2	3	3
措置 3	3	3
措置 4	3	3
措置 5	3	3
措置 6	3	3
措置 7	—	3 1 層目 : 施工範囲 A 2 層目 : 施工範囲 B
小計	15	21
合計	36	

(2) 疲労試験

①試験の種類

溶接部を中心とした四点曲げ 曲げの向きは上下方向

②曲げ量

溶接部近傍母材において、母材が降伏する直前の歪みが発生するまでとする。

※試験の経過によっては途中で減じる可能性がある (後述)

③繰り返し回数

1000 回

(3) 検査

①真空試験

目的 : 仮補修の気密性の確認

実施時期：仮補修を実施した上で疲労試験前後

対象試験片：全て

合格基準：漏れがないこと（疲労試験前の試験で漏れが見つかった場合は仮補修をやり直すこと。その際の費用は請負者の負担とする）

②亀裂の進展観察

目的：疲労試験による亀裂の進展確認

実施時期：仮補修実施前と疲労試験後

対象試験片：施工範囲Bの試験片のうち措置毎に1ピース（計7ピース）

（4）試験実施の手順

最初に施工範囲Bの試験片を措置毎に1つ実施し、結果を消防庁に報告すること。

※結果次第では以降の試験において歪み量を減ずる等実験条件を若干変更する可能性がある。

（5）試験片の保管等

疲労破壊試験終了後の試験片は大切に保管し、消防庁からの指示に従い指定した場所に送付すること。

（6）試験結果の報告

試験の詳細な手順・試験結果を報告書にまとめ、消防庁に提出すること。

（7）その他

業務実施前に上記仕様を満足するための具体的な試験手順を提案し、消防庁の了承を得ること。

本業務の実施に際して、不明な点等が生じた際には、その都度消防庁と協議し、決定することとする。

4 成果の納入

（1）成果物

試験業務報告書一式（印刷物1部及び電子データ）

＊ドキュメントの電子媒体は、Microsoft Word2013、Microsoft Excel2013、Microsoft PowerPoint2013のいずれかで、閲覧及び編集可能なこと。

（2）納入期限

令和2年1月17日（金）

（3）納入場所

消防庁予防課危険物保安室

総務省消防庁 御中

報告書番号	Y1901695
-------	----------

(表紙本文共 全 49 頁)

「令和元年度 応急措置を実施した 溶接継ぎ手の疲労試験業務」 報告書

2020年1月17日



JFE テクノリサーチ株式会社
構造材料ソリューション本部
本部長 星野 俊幸

〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町 1-1
TEL 044-322-6207 FAX 044-322-6528

承認	査閲/審査	作成

1. 件名

令和元年度 応急措置を実施した溶接継ぎ手の疲労試験業務

2. 材料調達

材質 : SS400 (JIS G3101 一般構造用圧延鋼材)

寸法 : 500mmL×300mmW×4.5mmt

数量 : 29 枚 (溶接継手作製分+母材の静的試験分)

3. 溶接施工

3-1.溶接方法、寸法、数量

・隅肉溶接継手

・寸法 : 500mm×500mm

・数量 : 14 枚

3-2.溶接条件

・溶接機 : ダイヘン製 A350P

・溶接材料 : 神戸製鋼所製 B-14 (φ 4mm)

・電流-電圧 : 160A-27.7V

・狙い位置 : 上板上下の角狙い

・運棒方法 : ウィービング

・溶接速度 : 13cm/min

・後退角 : 20°

・脚長 : 4.5mm 狙い

4. 試験片加工

4-1.予備試験用試験片(母材)

・数量 : 1 体

・寸法 : 500mmL×100mmW×4.5mmt

4-2.疲労試験片(隅肉溶接継手)

・数量 : 36 体

・寸法 : 500mmL×100mmW

・人工欠陥 : 溶接ビード上に放電加工にて表面長さ10mm、幅約 0.5mm の貫通欠陥を導入

5. 応急措置

疲労試験片の人工欠陥部に応急措置を実施しました。

・識別 : 措置①～措置⑦ (7 種類)

・施工範囲 : 施工範囲A (人工欠陥周囲の溶接線を埋める程度)

施工範囲B (50mm(溶接線方向)×100mm(試験片長手方向))

・数量 : 36 体

6. ひずみゲージ貼付

- ・型番 : KFGS-5-120-C1-11 (共和電業製)
- ・数量 : 母材試験片 1 枚/体、疲労試験片 3 枚/体 (計 109 枚)
- ・ひずみゲージ貼付位置 : 図 2 に示します。

7. 試験条件

7-1. 予備試験(母材の静的曲げ試験)

- ・目的 : 疲労試験のストローク条件を決定するため
- ・試験機 : 島津製作所製油圧サーボ式疲労試験機 (容量 200kN)
- ・数量 : 1 体 (500mmL×100mmW の母材試験片)
- ・試験方法 : 母材の試験片中心にひずみゲージを貼り付け、塑性変形するまで静的に圧縮し、採取した荷重-ひずみ線図から母材が塑性変形する直前のひずみ値を測定しました。

7-2. 疲労試験

- ・数量 : 36 体
- ・制御方法 : ストローク制御
- ・ストローク比 : $R=-1$ (両振り)
- ・繰返し速度 : 0.5 Hz
- ・最大繰返し数 : 1,000 サイクル
- ・ストローク条件 : 圧縮時は試験片裏面に貼り付けたひずみゲージのひずみ値、引張時は応急措置部の両端に貼り付けたひずみゲージ 2 枚のひずみ値の平均が $1000 \mu \varepsilon$ に到達したときのストロークで疲労試験を実施しました。

8. 発泡漏れ試験

疲労試験前と疲労試験後に「JIS Z 2329 発泡漏れ試験」に基づき発泡漏れ試験を実施し、疲労試験による応急措置部の損傷を確認しました。

9. マクロ観察

- ・目的 : 疲労試験により人工欠陥部より新たなき裂が発生していないか、もしくは人工欠陥に変形がないか確認するためマクロ観察を実施しました。
- ・数量 : 7 体(施工範囲 B の各 1 体目)
- ・観察方法 : 人工欠陥に対し直角方向に切断し、表面を 1000 番のエメリー紙で研磨。
光学顕微鏡で欠陥部を観察しました。

9. 試験結果

9-1. 材料調達

調達した鋼板の外観写真を図 1 に示します。

9-2. 溶接施工

溶接状況写真および溶接後の継手外観を図 2 に示します。

9-3.試験片加工

人工欠陥導入後の疲労試験片外観を図 3 に示します。

9-4.応急措置

応急措置の識別・数量まとめを表 1 に、施工範囲について図 4 に示します。応急措置方法を示した後に応急措置後の試験片外観を図 5 に示します。

9-5.ひずみゲージ貼り付け

ひずみゲージ貼付位置を図 6 に示します。

9-6.予備試験・疲労試験結果

予備試験状況を図 7 に、予備試験より得られた荷重-ひずみ線図を図 8 に示します。疲労試験状況写真を図 9 に、疲労試験結果を表 2 に示します。疲労試験前後の試験片外観を図 10 に示します。施工範囲 A では応急処置方法によらず応急措置材は剥離しませんでした。施工範囲 B では措置①～措置⑤で疲労試験開始直後に応急措置材の剥離が確認され、端部のみ剥離したものや全面剥離が確認されました。一方、措置⑥、措置⑦では応急措置材の剥離は確認されませんでした。

9-7.発泡漏れ試験結果

使用装置および発泡漏れ試験状況を図 11 に、疲労試験後、漏れが確認された試験片の外観を図 12 に示します。疲労試験前は全ての試験体で漏れは発生せず、応急措置に問題がないことを確認しました。疲労試験後では疲労試験によって試験片表面の応急措置材が剥離したもののでも漏れが発生しない試験片が確認されました。これは欠陥内に残存した措置材が影響したと考えられます。また、一部の試験片では漏れが確認されました。

9-8.マクロ観察結果

マクロ観察用試験片の採取イメージを図 13 に、マクロ写真を図 14 に示します。施工範囲 B の各 1 体目、全ての試験片で疲労試験による人工欠陥部の変形および疲労き裂の発生は確認されませんでした。



(a)鋼板外觀



(b)板厚測定状況

図 1 鋼板外觀(SS400)



図 2-1 アーク溶接機



図 2-2 被覆アーク溶接棒

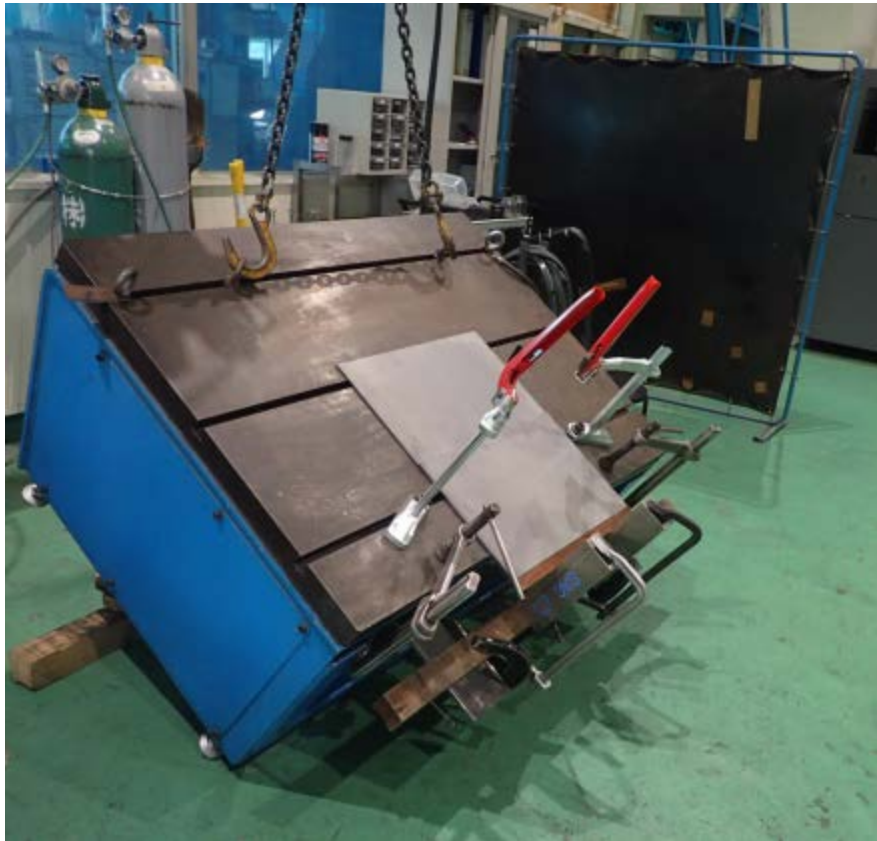


図 2-3 溶接前の重ね隅肉継手セッティング状況



図 2-4 被覆アーク溶接作業



図 2-5 溶接後の重ね隅肉溶接ビード外観

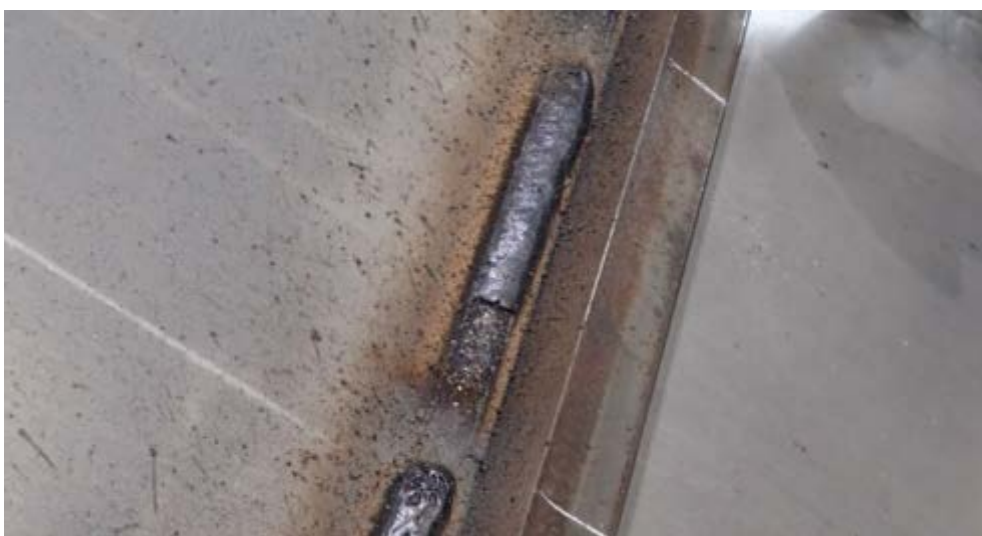


図 2-6 重ね隅肉溶接ビード拡大写真

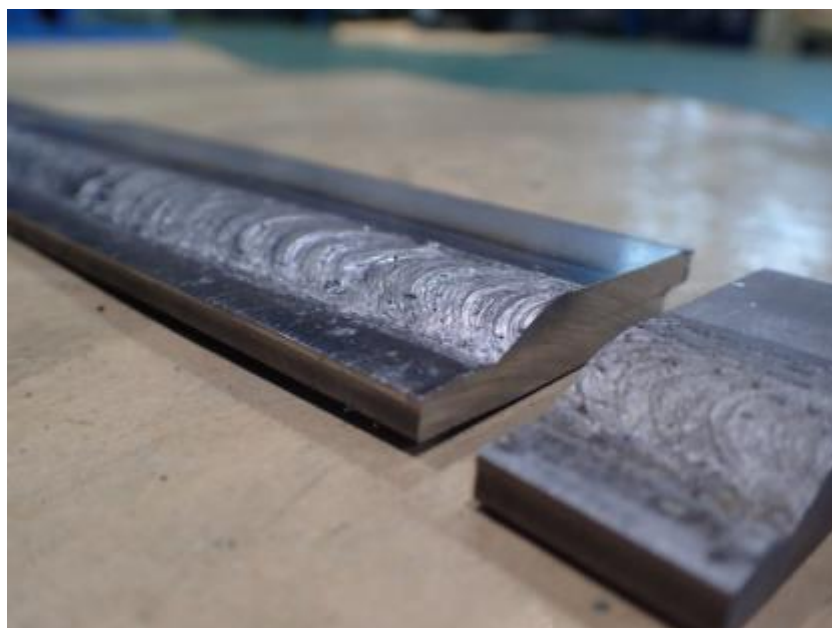


図 2-7 重ね隅肉溶接ビード外観

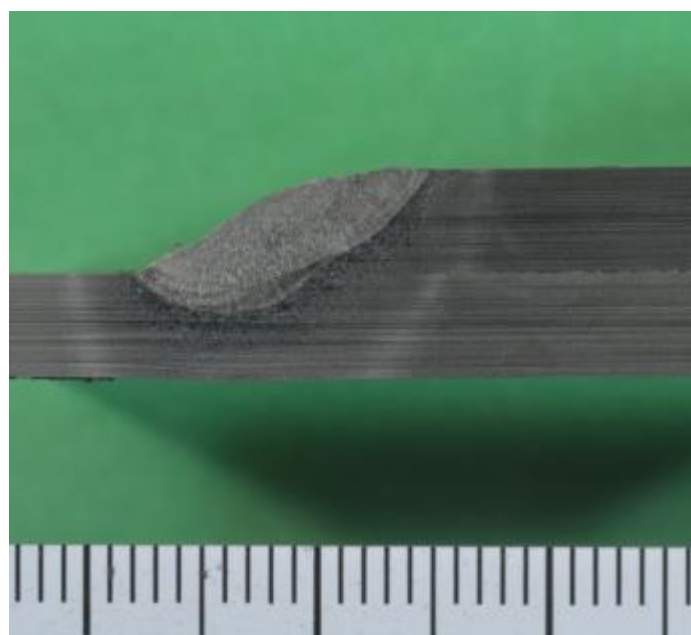


図 2-8 重ね隅肉溶接ビードの断面マクロ写真

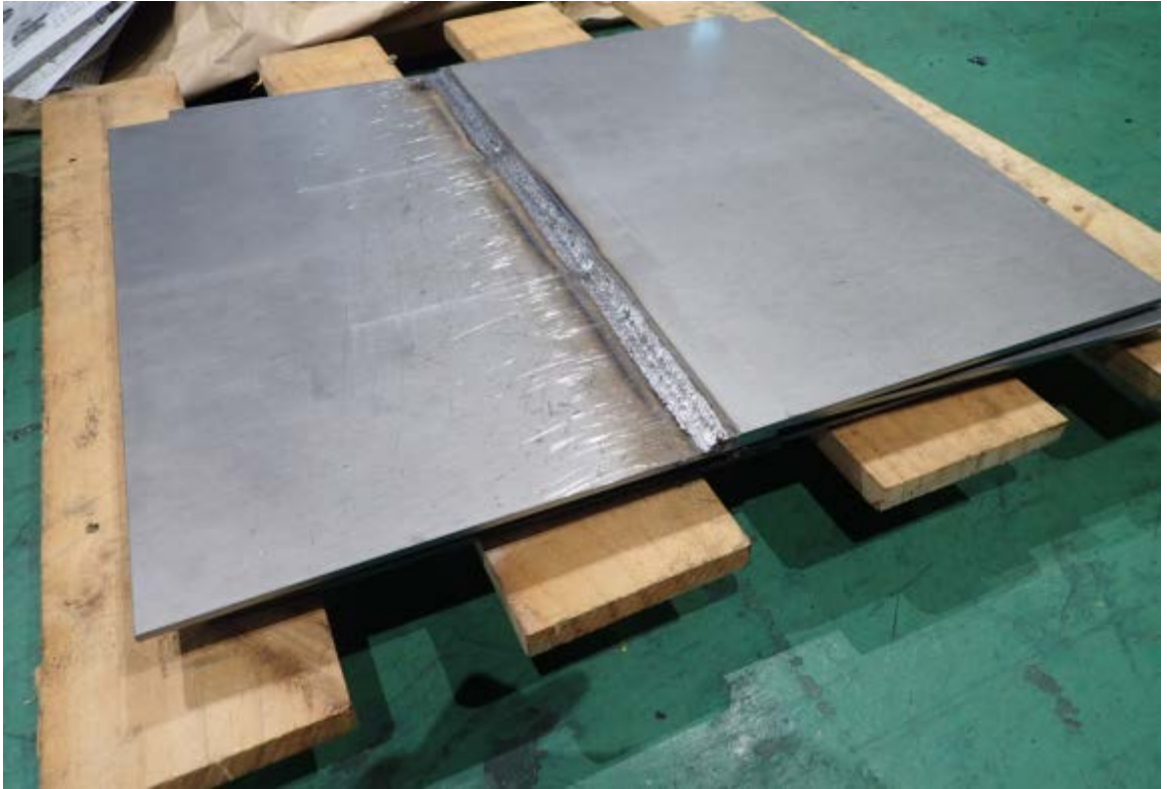


図 2-9 重ね隅肉溶接継手外観写真(その 1)

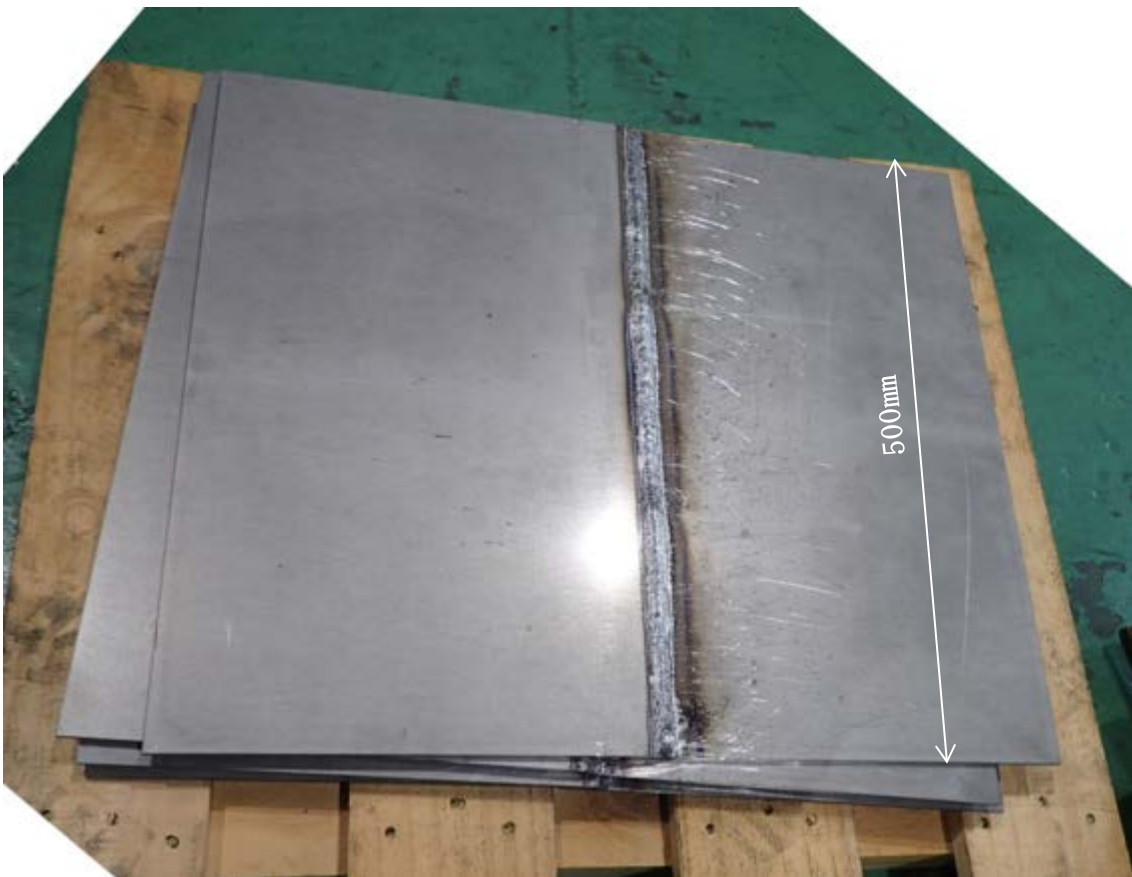
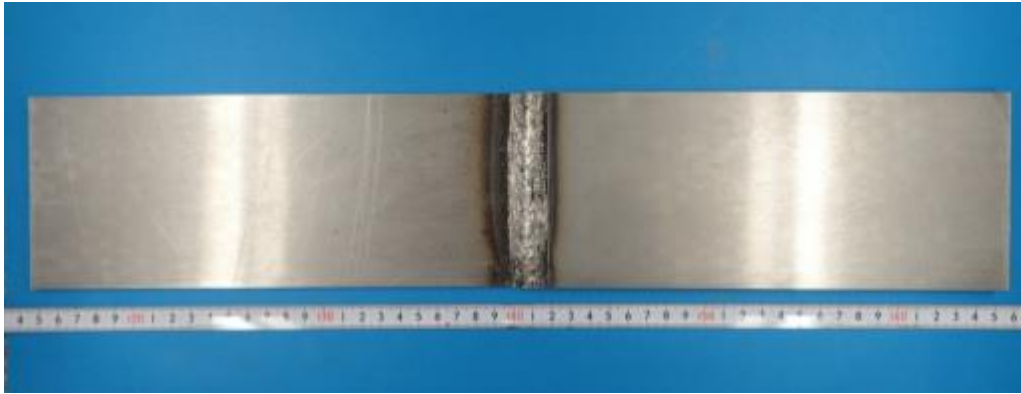
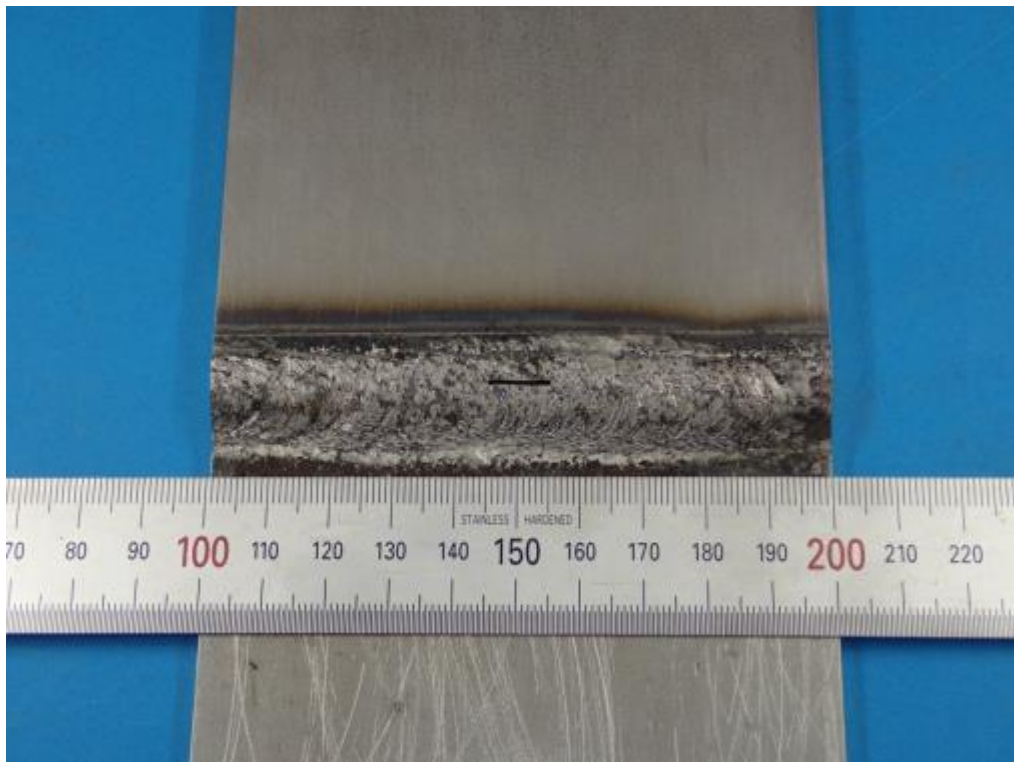


図 2-10 重ね隅肉溶接継手外観写真(その 2)



(a)全体



(b)人工欠陥部拡大

図 3 疲労試験片外観写真

表 1 応急措置の識別、数量まとめ

識別	内容	施工範囲 A	施工範囲 B
措置①	FRP3 層 (MC450 チョップストランドマット+WR570 ローピングクロス+ #30P サーフェイス)	-	3
措置②	ベロメタル	3	3
措置③	デブコン	3	3
措置④	レクターシール	3	3
措置⑤	マルチメタル oL-スチールセラミック	3	3
措置⑥	エラストマー	3	3
措置⑦	マルチメタル(1 層目) +エラストマー(2 層目)*	-	3
小計		15	21
合計		36	

※措置⑦：1 層目は施工範囲 A、2 層目が施工範囲 B

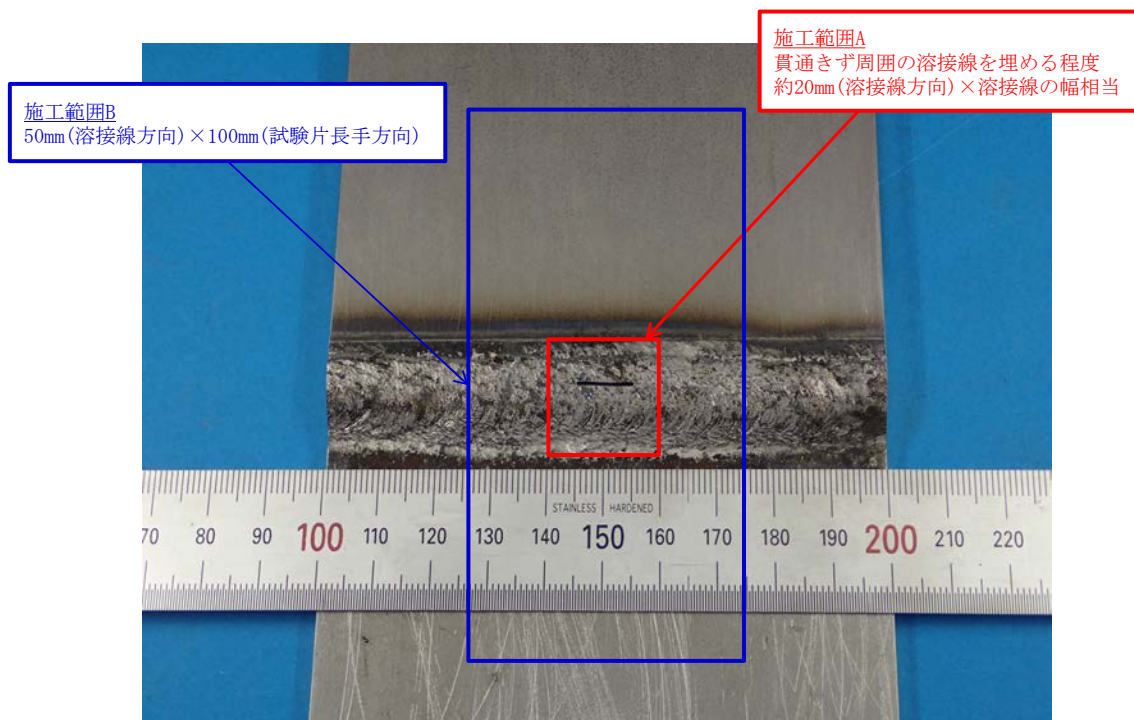


図 4 施工範囲について

○応急措置手順について

【措置①(FRP3 層)】

1) 下地処理

- ・金属やすりで措置部表面を粗く研磨し
- ・措置部表面を脱脂

2) プライマー処理

- ・プライマー(R-806DA+コバルト 0+パーメック N)をローラーで塗布する⇒1 日乾燥
- ・パテ(パテ GN+パーメック N)を欠陥部にコテで塗布(1mm 程度)⇒1 日乾燥

＜プライマーの作成方法＞

R-806DA100ml に対してコバルト 0 0.4ml、パーメック N 1.5ml

※R806DA とコバルト 0 を十分に攪拌した後にパーメック N を添加して攪拌

※パーメック N は塗布直前に添加(使用可能時間 30 分～40 分)

＜パテの作成方法＞

リポキシパテ 100g に対してパーメック N 2.5ml を添加して攪拌

※パーメック N は塗布直前に添加 (使用可能時間 30 分～40 分)

3) 1 層目 FRP

- ・接着剤(R-806B+パーメック N)塗布してチョップストランドマットを貼り付け、その後、接着剤を上から塗布して脱泡ローラーで脱泡⇒3 時間以上乾燥

4) 2 層目 FRP

- ・ストランドマットの表面をエメリーペーパーで研磨して平滑に
- ・接着剤(R-806B+パーメック N)塗布してロービングクロスを貼り付け、その後、接着剤を上から塗布して脱泡ローラーで脱泡⇒3 時間以上乾燥

5) 3 層目 FRP

- ・ロービングクロスをエメリーペーパーで研磨して平滑に
- ・接着剤(R-806B+パーメック N)塗布してサーフェイスマットを貼り付け、その後、接着剤を上から塗布して脱泡ローラーで脱泡⇒3 時間以上乾燥

6) トップコート

- ・サーフェイスマットの表面をエメリーペーパーで研磨して平滑に
- ・上塗り材(R-806B+空気硬化剤+パーメック N)をローラーで塗布⇒乾燥

＜接着材の作成方法＞

R-806B 100ml に対してパーメック N 1.2ml 添加して攪拌

※パーメック N は塗布直前に添加 (使用可能時間 30 分～40 分)

＜上塗り材の作成方法＞

R-806B 100ml に対して空気硬化剤 5ml、パーメック N 1.2ml を添加して攪拌

※パーメック N は塗布直前に添加 (使用可能時間 30 分～40 分)

【措置②(ベロメタル)】

- ・金属やすりで措置部表面を粗く研磨
- ・措置部表面を脱脂
- ・ベロメタルを補修部に塗布 ※6mm 厚以上を目安に塗布

＜ベロメタルの作成方法＞

ベース材と活性剤を容積比 1 : 1 で混合 (3 分程度で)

【措置③(デブコン)】

- ・金属やすりで措置部の表面を粗く研磨
- ・措置部表面を脱脂
- ・デブコンを補修部に塗布

＜デブコンの作成方法＞

主材と硬化剤を重量比 7 : 1 で混合 (重量は秤で測定)

【措置④(レクターシール)】

- ・塗布面積に合わせた大きさにカット
- ・断面の 2 色ムラが無くなるまで 1~2 分程度練り合わせ。
- ・補修部に押しつけて接着

【措置⑤(マルチメタル oL-スチールセラミック)】

- ・金属やすりで措置部の表面を粗く研磨
- ・混合したスチールセラミックを押しつけながら塗布

＜スチールセラミックの作成方法＞

本剤を付属の計量スプーン(大)、硬化剤を計量スプーン(小)で
すりきり 1 杯の比率で計量して混合 ※硬化剤は黄色を使用

【措置⑥(エラストマー)】

- ・金属やすりで措置部の表面を粗く研磨
- ・措置部表面を脱脂
- ・エラストマーを塗布

＜エラストマーの作成方法＞

エラストマーと硬化剤を容積比 4 : 1 で混合 (付属のカップを使用)

【措置⑦(マルチメタル+エラストマー)】

- ・金属やすりで措置部の表面を粗く研磨
- ・混合したマルチメタルを押しつけながら施工範囲 A に塗布
- ・スチールセラミックが乾燥後、エラストマーを施工範囲 B に塗布
※マルチメタル、エラストマーの作成方法は措置⑥、措置⑦参照

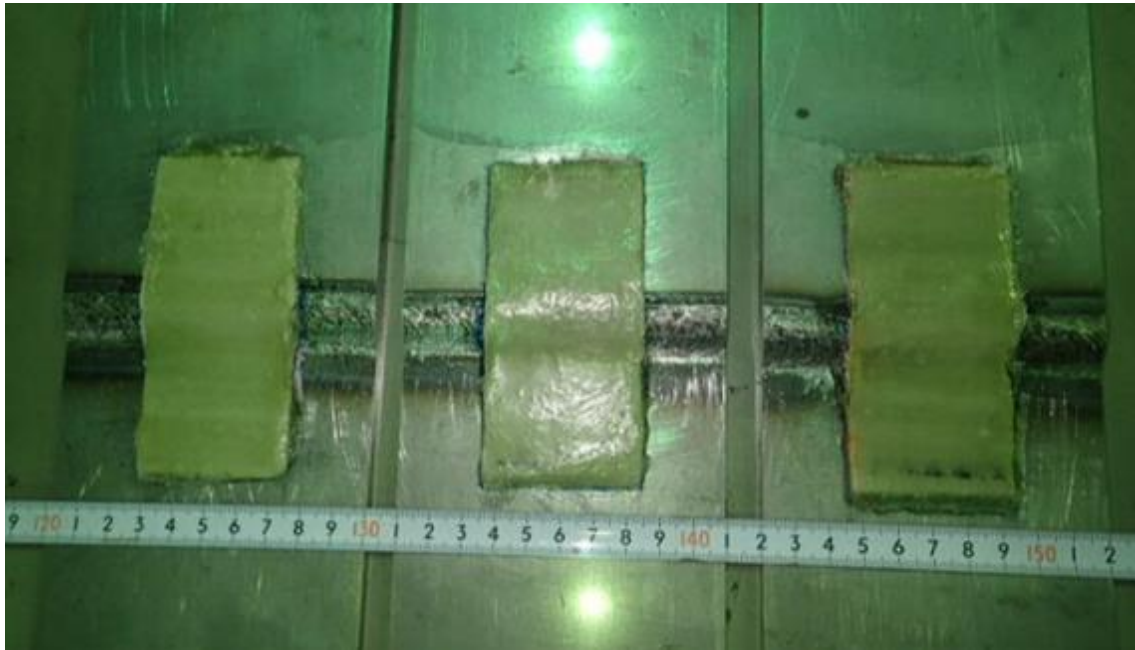


図 5-1 応急処置状況写真(措置①、FRP3 層、施工範囲 B)



図 5-2-1 応急処置状況写真(措置②、バロメタル、施工範囲 A)



図 5-2-2 応急処置状況写真(措置②、バロメタル、施工範囲 B)

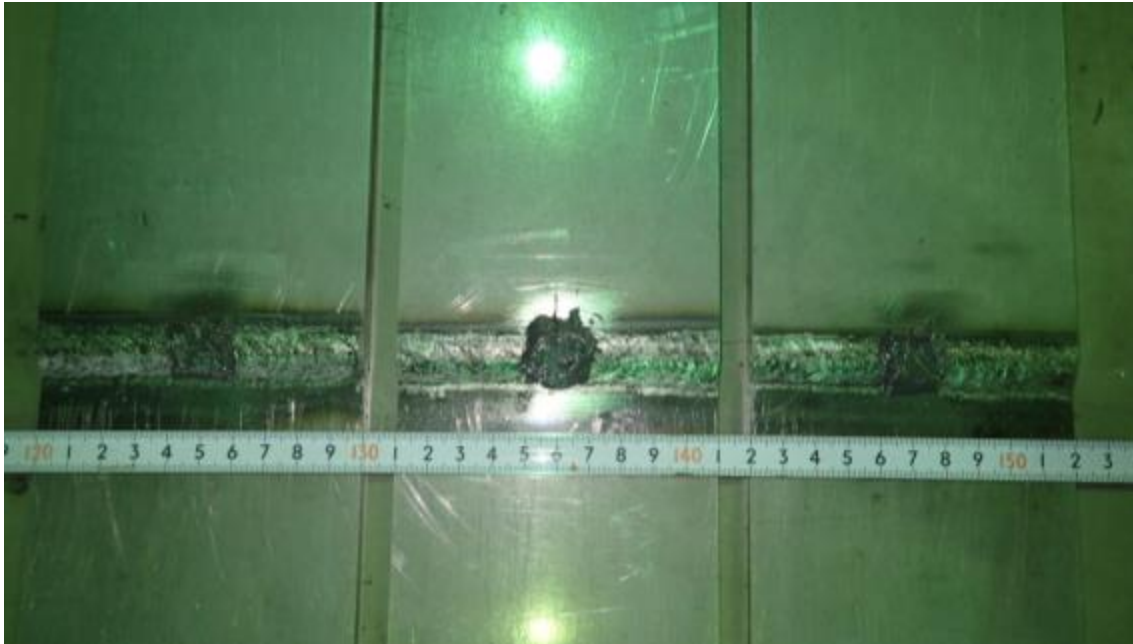


図 5-3-1 応急処置状況写真(措置③、デブコン、施工範囲 A)



図 5-3-2 応急処置状況写真(措置③、デブコン、施工範囲 B)



図 5-4-1 応急処置状況写真(措置④、レクターシール、施工範囲 A)

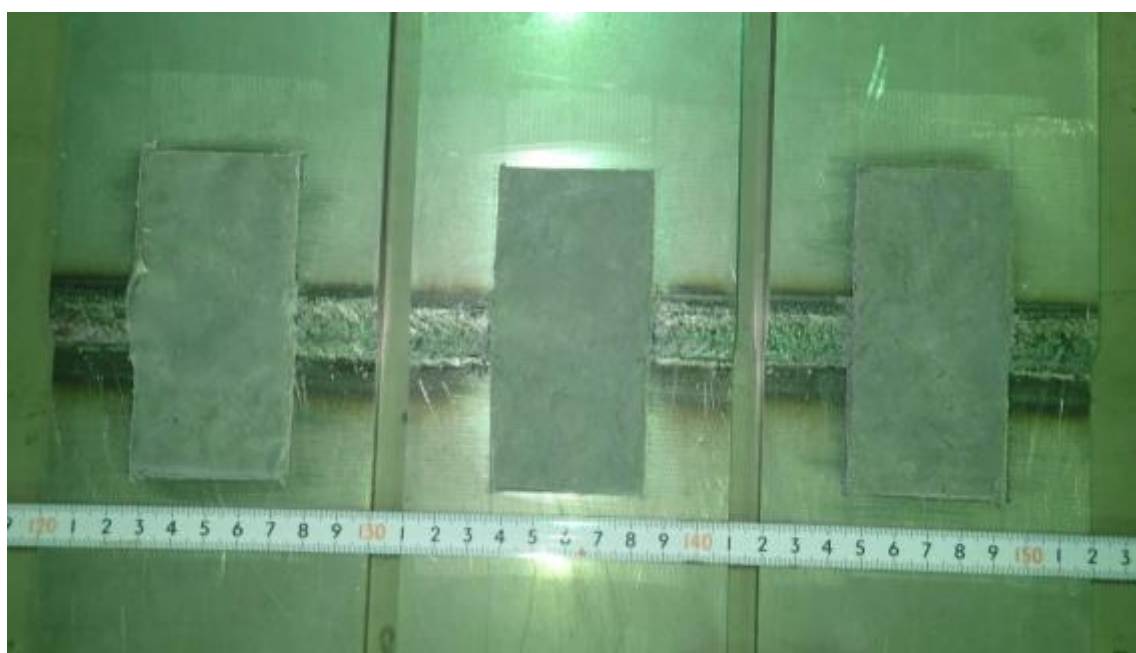


図 5-4-2 応急処置状況写真(措置④、レクターシール、施工範囲 B)



図 5-5-1 応急処置状況写真(措置⑤、マルチメタル、施工範囲 A)

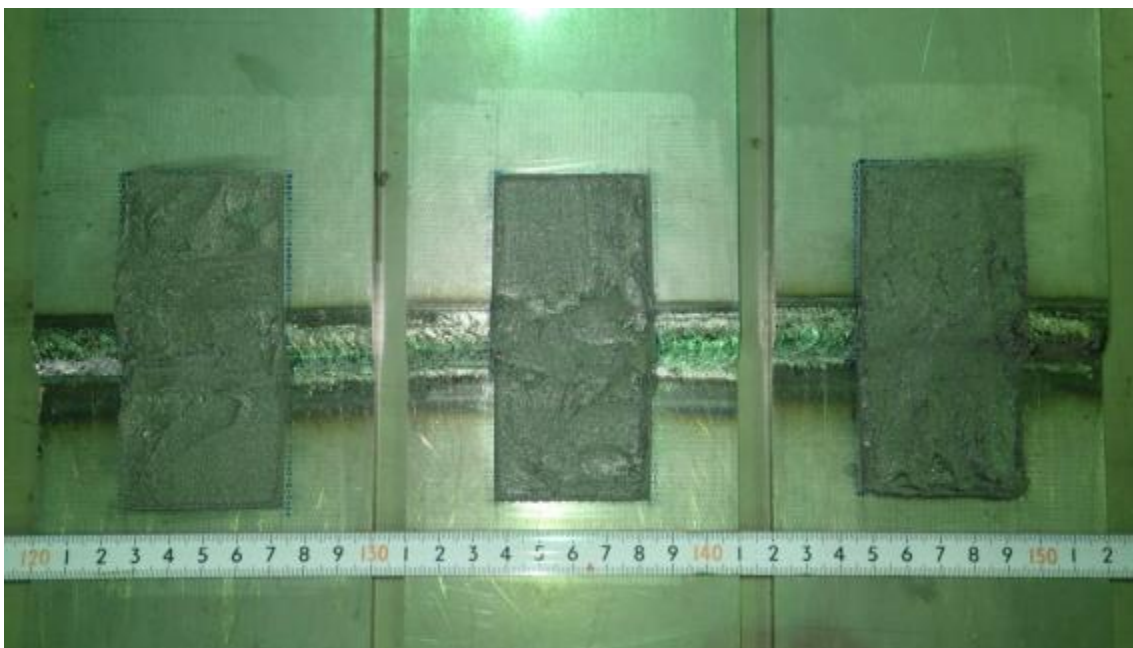


図 5-5-2 応急処置状況写真(措置⑤、マルチメタル、施工範囲 B)



図 5-6-1 応急処置状況写真(措置⑥、エラストマー、施工範囲 A)



図 5-6-2 応急処置状況写真(措置⑥、エラストマー、施工範囲 B)



図 5-7 応急処置状況写真(措置⑦、マルチメタル+エラストマー、施工範囲 B)

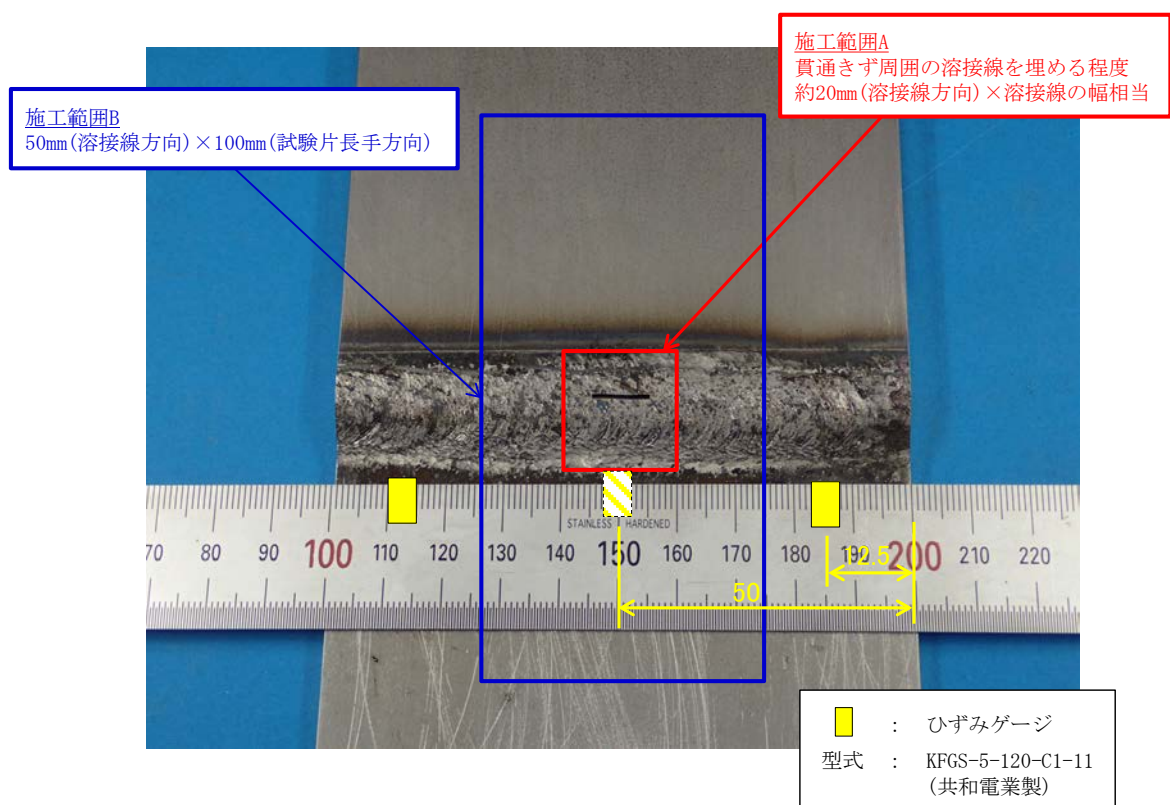
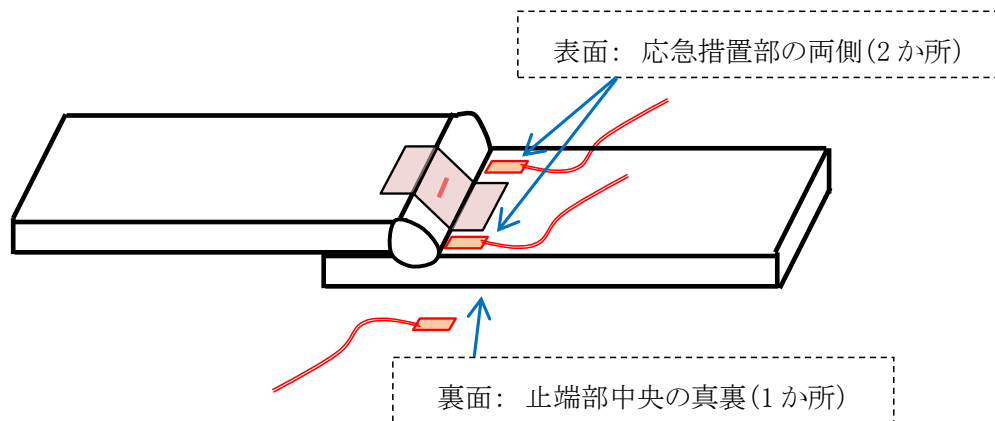
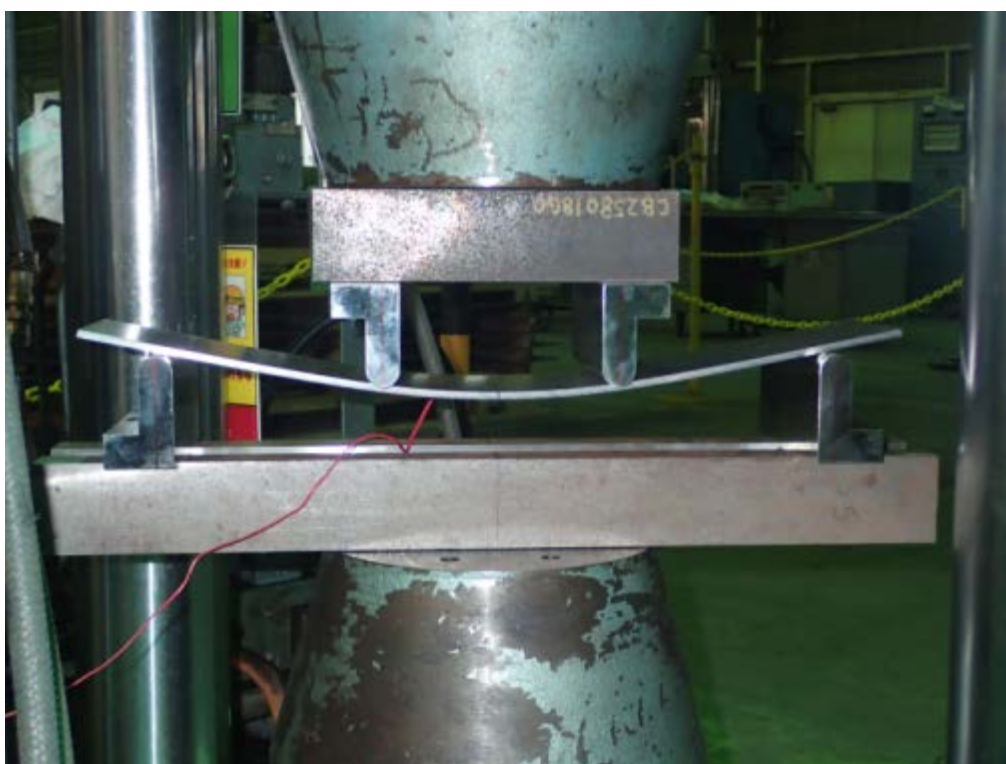


図 6 ひずみゲージ貼付位置

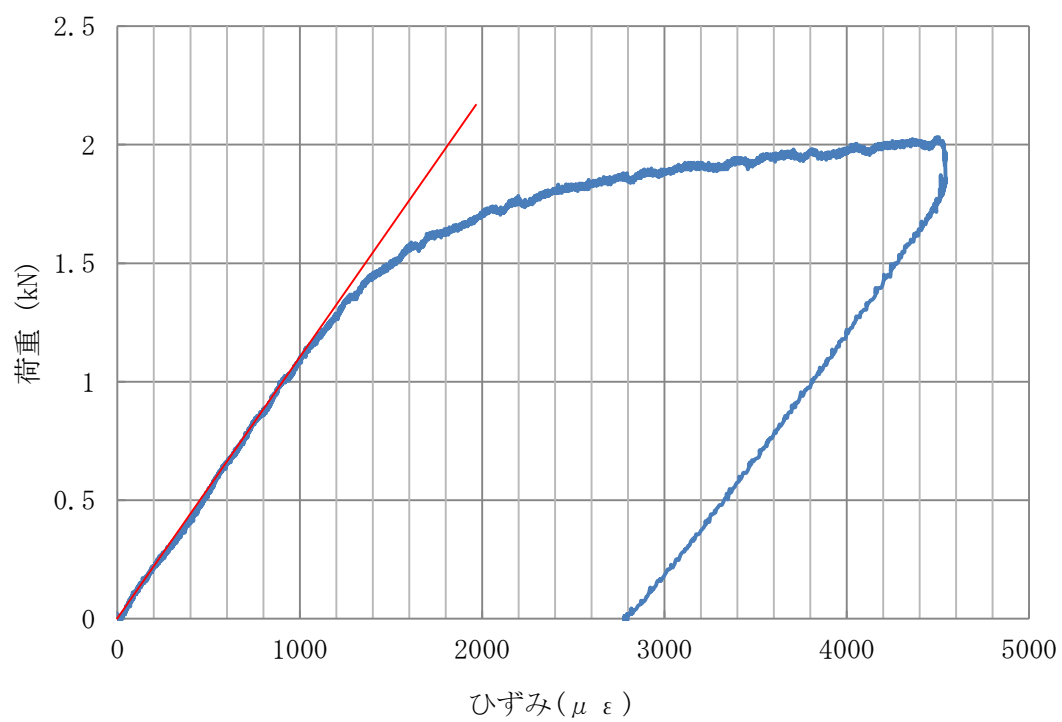


(a)試験前

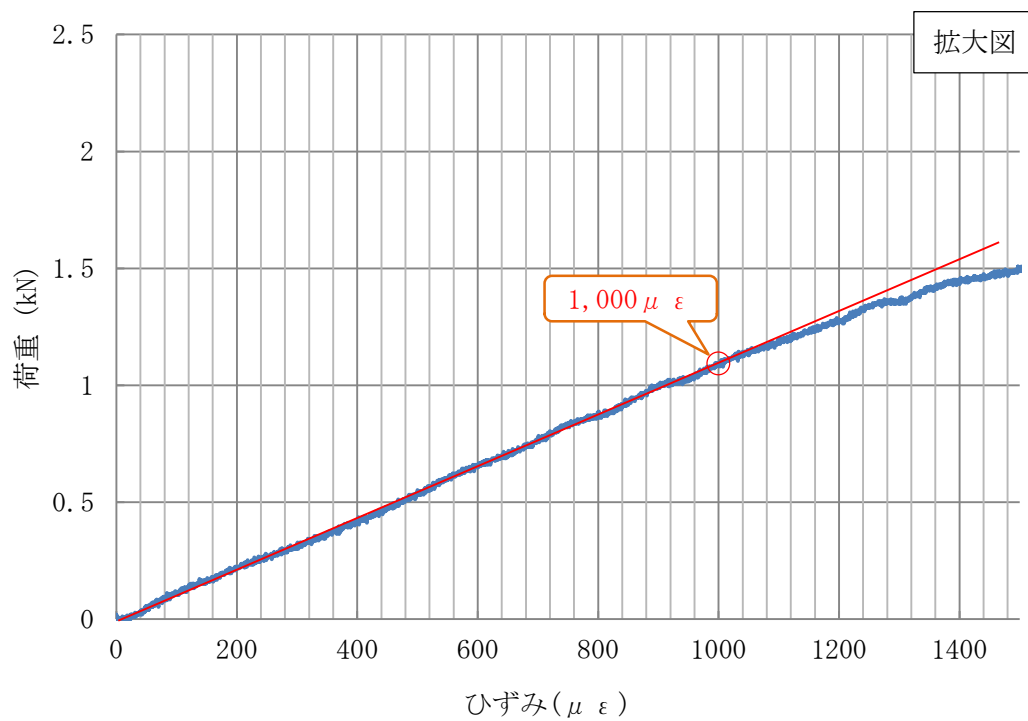


(b)試験後

図 7 予備試験状況写真



(a)荷重-ひずみ線図(全体)



(b)荷重-ひずみ線図 (弾性変形領域拡大)

図8 荷重-ひずみ線図

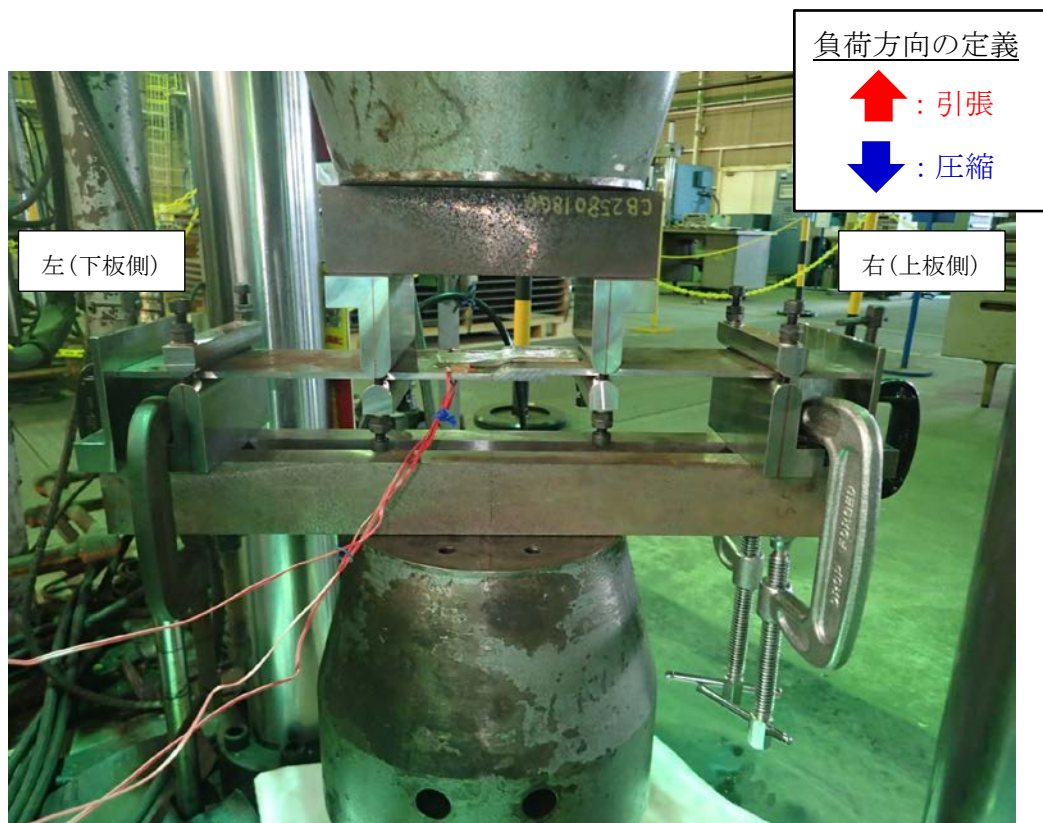


図 9 疲労試験状況写真

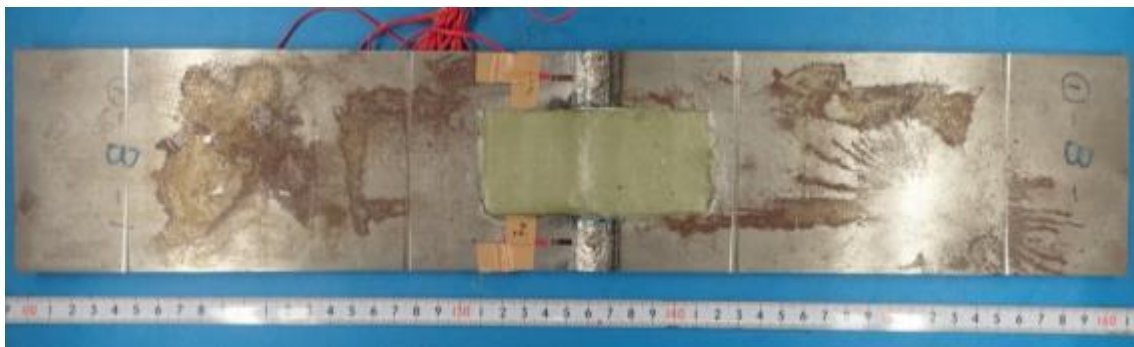
表 2 疲労試験結果

識別	試験体		上スパン (mm)	下スパン (mm)	ひずみ振幅 ($\mu\epsilon$)	圧縮ストローク (mm)	引張ストローク (mm)	繰返し数 (cycles)	疲労試験後の 補修材	備考
	施工範囲	試験片符号								
措置①	B	①-B-1	150	400	1000	8.020	5.805	1,000	一部剥離	※左端、溶接部近傍でFRPが剥離
		①-B-2	144	400	1000	8.710	6.695	1,000	一部剥離	約150回で剥離を確認(左端、5～10mm)
		①-B-3	150	400	1000	11.425	4.530	1,000	一部剥離	疲労試験開始直後に剥離を確認(左端、10mm)
措置②	A	②-A-1	144	400	1000	8.085	5.685	1,000	剥離なし	
		②-A-2	144	400	1000	7.870	5.785	1,000	剥離なし	
		②-A-3	144	400	1000	8.115	5.550	1,000	剥離なし	
措置③	B	③-B-1	144	400	1000	9.740	6.275	1,000	一部剥離	※溶接部近傍で剥離を確認
		③-B-2	144	400	1000	8.135	5.255	1,000	全面剥離	疲労試験ストローク決定時に剥離を確認(左端、5～10mm)
		③-B-3	144	400	1000	8.285	5.600	1,000	一部剥離	疲労試験開始直後に剥離を確認(左端、30mm)
措置④	A	④-A-1	144	400	1000	7.510	5.680	1,000	剥離なし	
		④-A-2	144	400	1000	8.190	5.520	1,000	剥離なし	
		④-A-3	144	400	1000	7.835	5.670	1,000	剥離なし	
措置⑤	B	⑤-B-1	144	400	1000	9.320	5.875	1,000	一部剥離	※
		⑤-B-2	144	400	1000	7.945	5.690	1,000	全面剥離	約100回で溶接部近傍に剥離を確認⇒全面剥離
		⑤-B-3	144	400	1000	9.790	6.395	1,000	剥離なし	
措置⑥	A	⑥-A-1	144	400	1000	8.150	5.675	1,000	剥離なし	
		⑥-A-2	144	400	1000	8.825	6.400	1,000	剥離なし	
		⑥-A-3	144	400	1000	8.035	6.110	1,000	剥離なし	
措置⑦	B	⑦-B-1	144	400	1000	11.070	5.740	1,000	全面剥離	※
		⑦-B-2	144	400	1000	8.380	5.875	1,000	一部剥離	約50回で剥離を確認(左端、数mm)⇒左側が全面剥離
		⑦-B-3	144	400	1000	8.375	5.720	1,000	剥離なし	
措置⑧	A	⑧-A-1	144	400	1000	8.175	5.831	1,000	剥離なし	
		⑧-A-2	144	400	1000	8.455	5.705	1,000	剥離なし	
		⑧-A-3	144	400	1000	7.810	5.445	1,000	剥離なし	
措置⑨	B	⑨-B-1	144	400	1000	9.660	5.825	1,000	一部剥離	※端部で剥離を確認
		⑨-B-2	144	400	1000	9.360	5.525	1,000	一部剥離	疲労試験開始直後に剥離を確認(左端、10mm)
		⑨-B-3	144	400	1000	8.875	6.035	1,000	一部剥離	疲労試験開始直後に剥離を確認(左端、10mm)
措置⑩	A	⑩-A-1	144	400	1000	8.380	5.600	1,000	剥離なし	
		⑩-A-2	144	400	1000	7.800	6.745	1,000	剥離なし	
		⑩-A-3	144	400	1000	10.000	5.270	1,000	剥離なし	
措置⑪	B	⑪-B-1	144	400	1000	10.290	5.640	1,000	剥離なし	
		⑪-B-2	144	400	1000	8.220	5.525	1,000	剥離なし	
		⑪-B-3	144	400	1000	8.165	5.545	1,000	剥離なし	
措置⑫	A(1層目) B(2層目)	⑫-B-1	132	450	1000	20.725	9.845	1,000	剥離なし	
		⑫-B-2	144	400	1000	9.775	7.015	1,000	剥離なし	
		⑫-B-3	144	400	1000	10.365	5.315	1,000	剥離なし	

※施工範囲Bの各1体目は試験中の観察を実施していないため、応急措置材が剥離した回数は不明

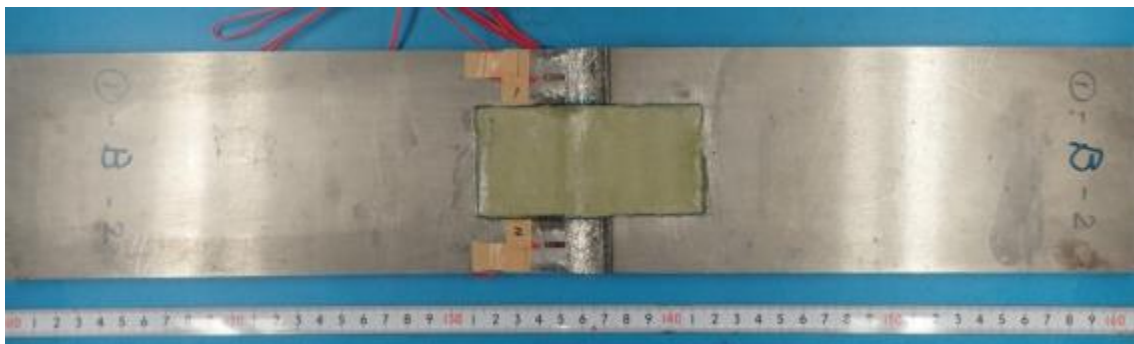


(a)疲労試験前

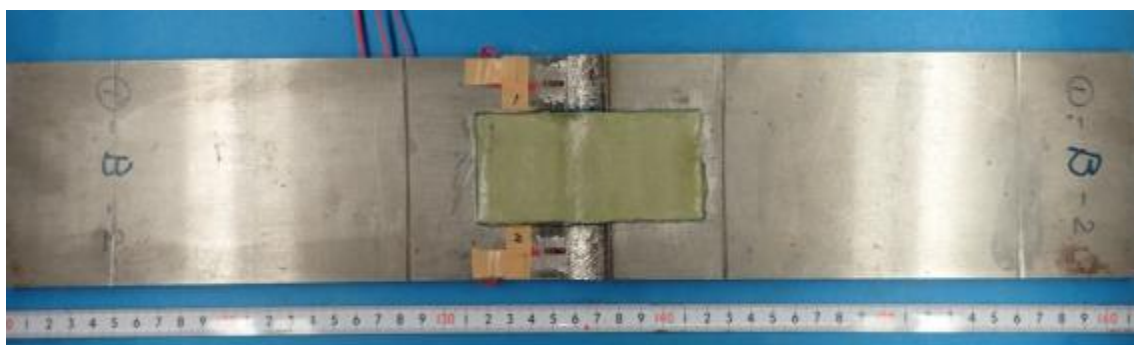


(b)疲労試験後

図 10-1-1 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.①-B-1)

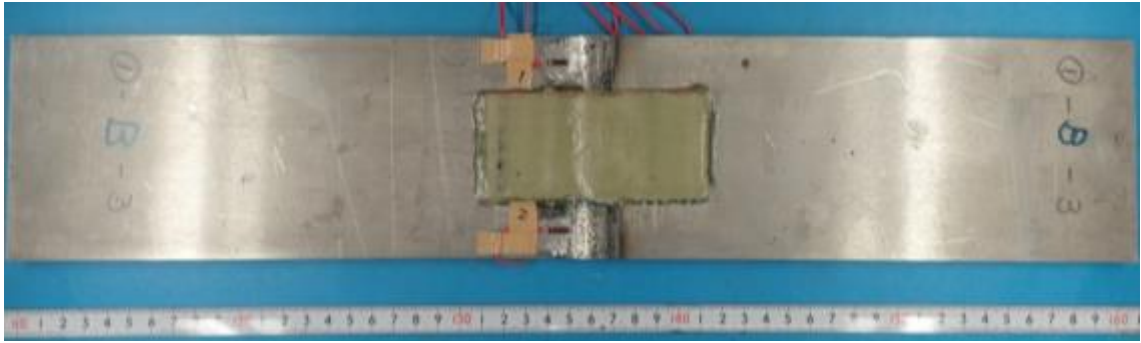


(a)疲労試験前

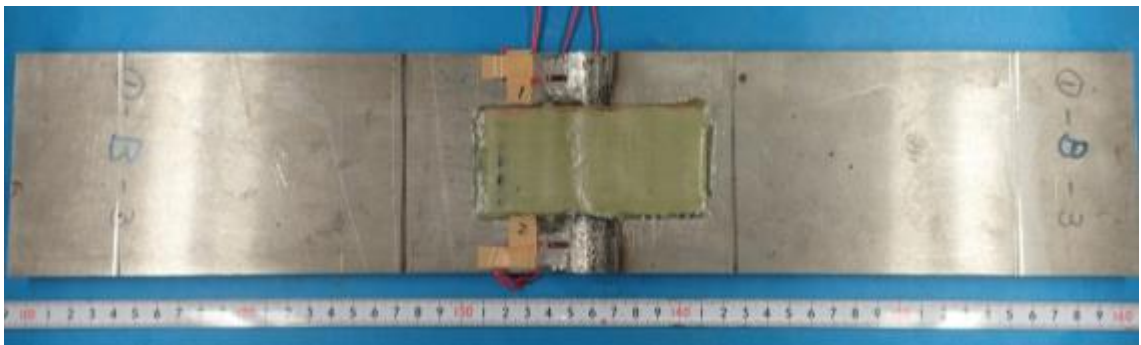


(b)疲労試験後

図 10-1-2 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.①-B-2)

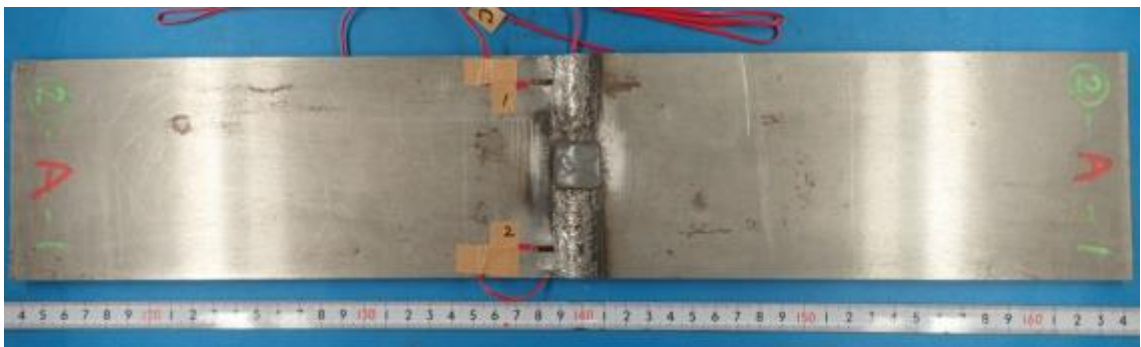


(a)疲労試験前

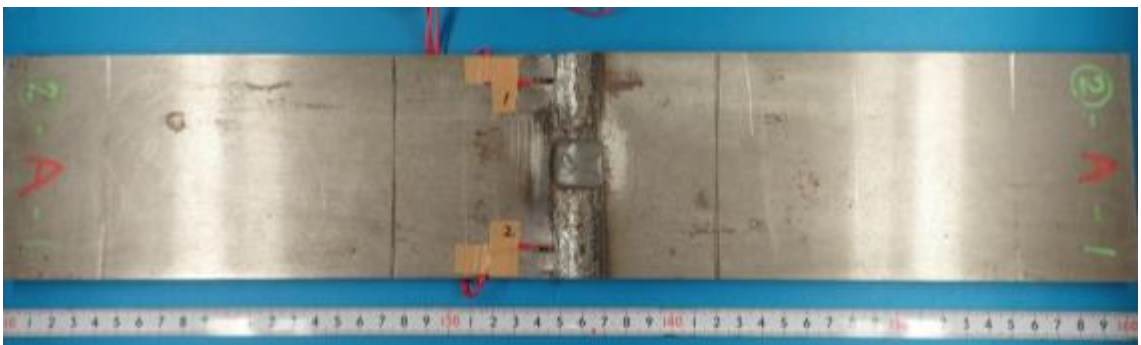


(b)疲労試験後

図 10-1-3 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.①-B-3)

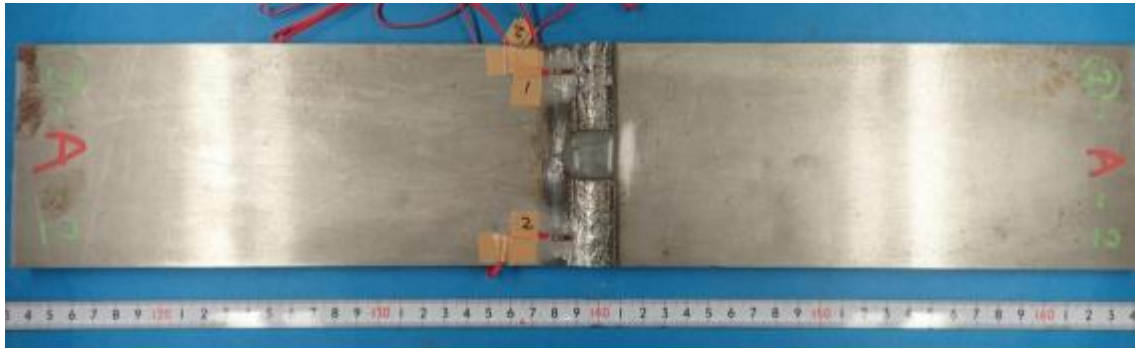


(a)疲労試験前

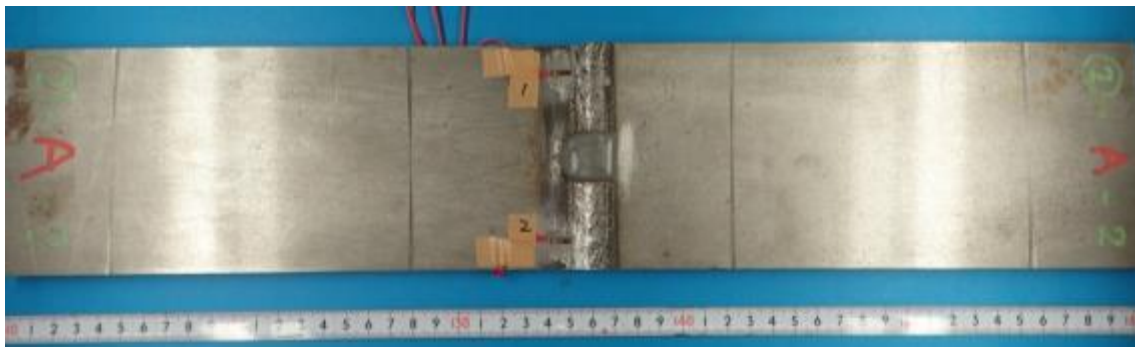


(b)疲労試験後

図 10-2-1 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.②-A-1)

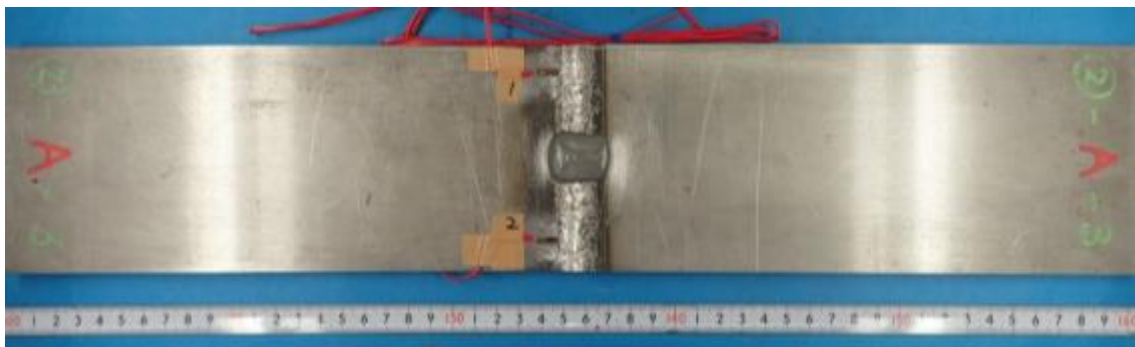


(a)疲労試験前

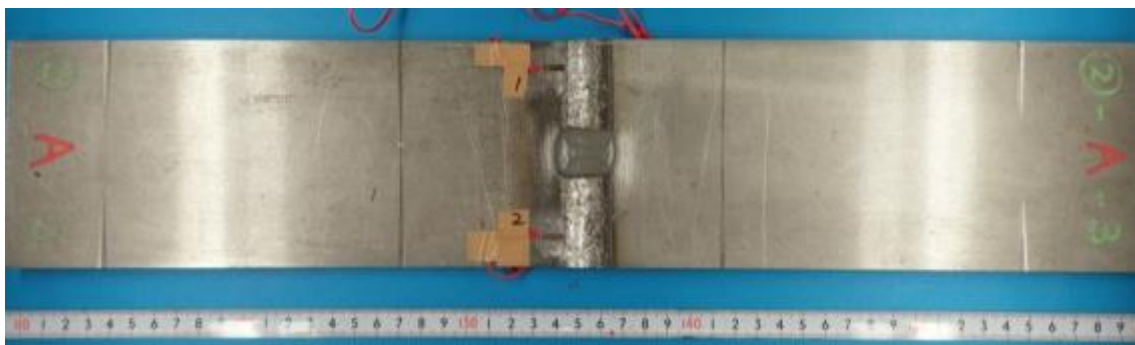


(b)疲労試験後

図 10-2-2 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.②-A-2)



(a)疲労試験前



(b)疲労試験後

図 10-2-3 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.②-A-3)



(a)疲労試験前

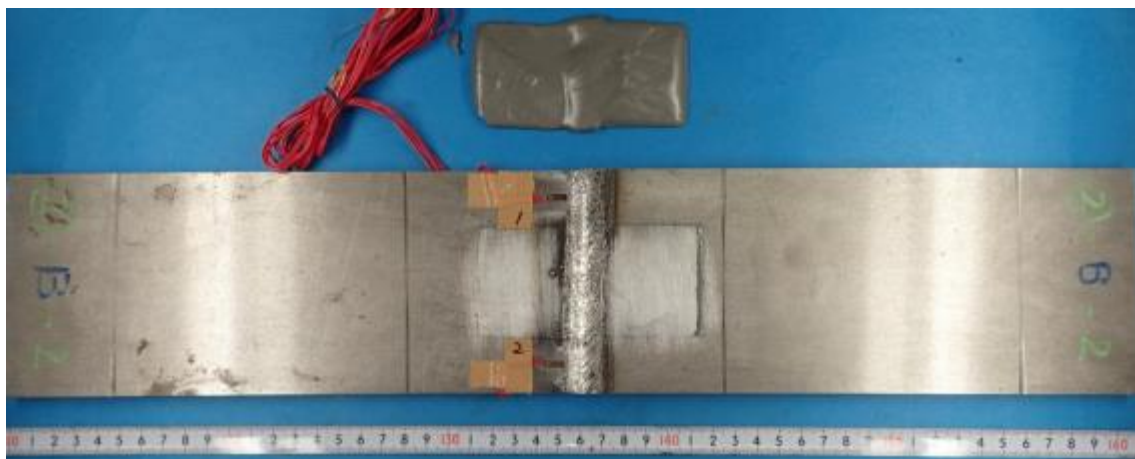


(b)疲労試験後

図 10-2-4 疲労試験前後の試験片外観(TPN No. ②-B-1)

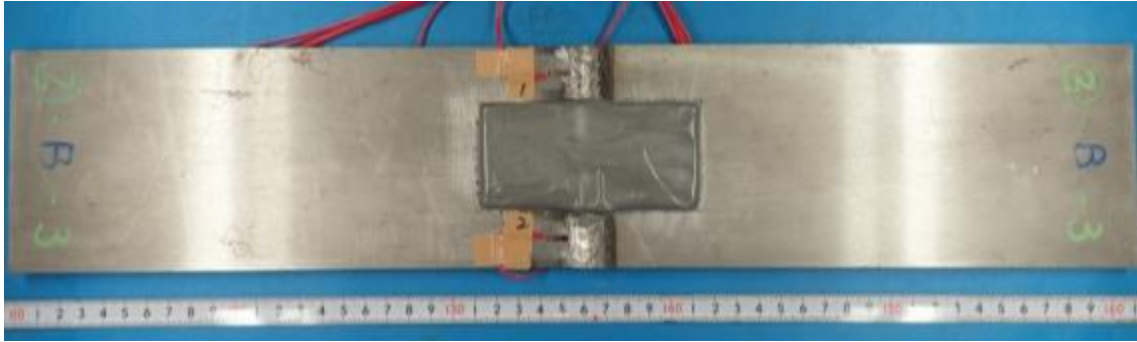


(a)疲労試験前

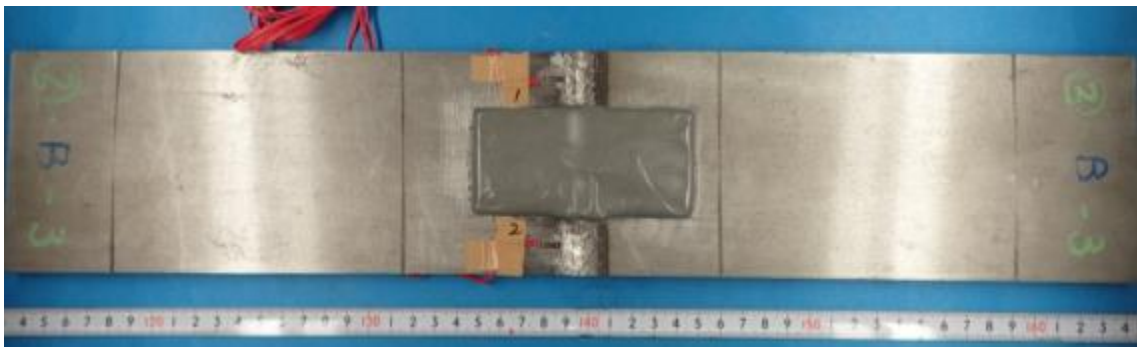


(b)疲労試験後

図 10-2-5 疲労試験前後の試験片外観(TPN No. ②-B-2)

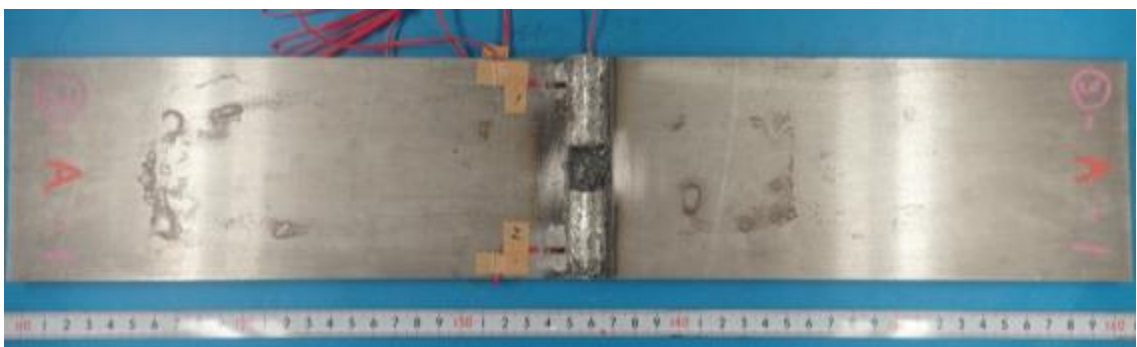


(a)疲労試験前

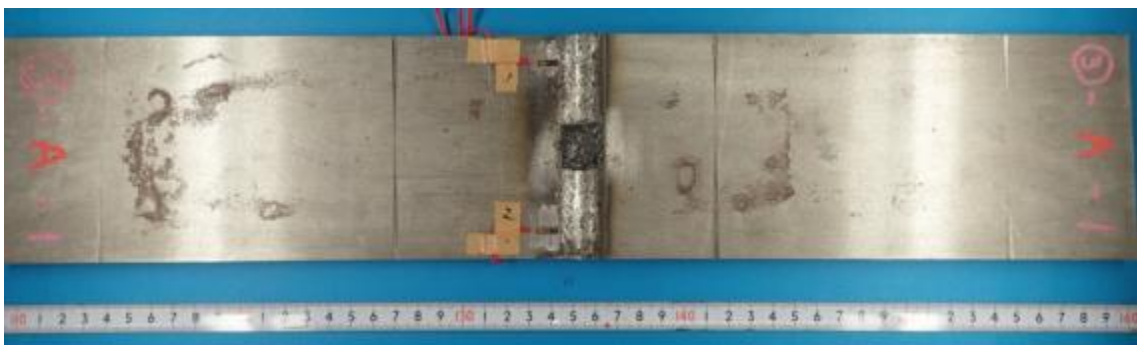


(b)疲労試験後

図 10-2-6 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.②-B-3)

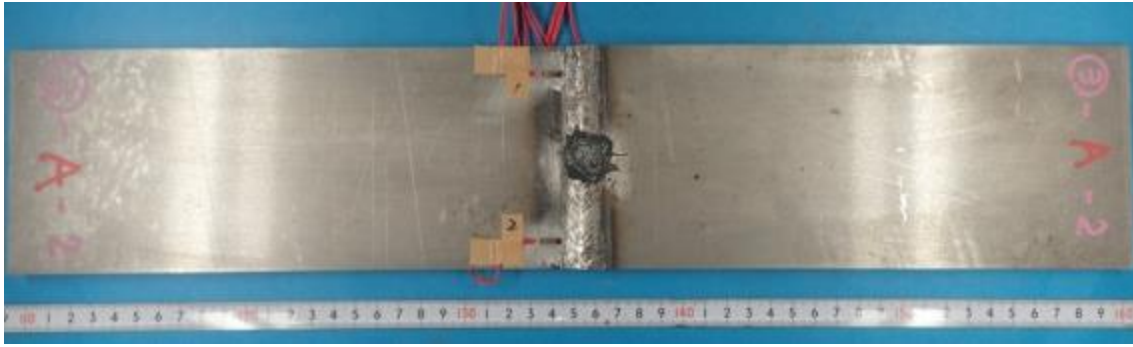


(a)疲労試験前

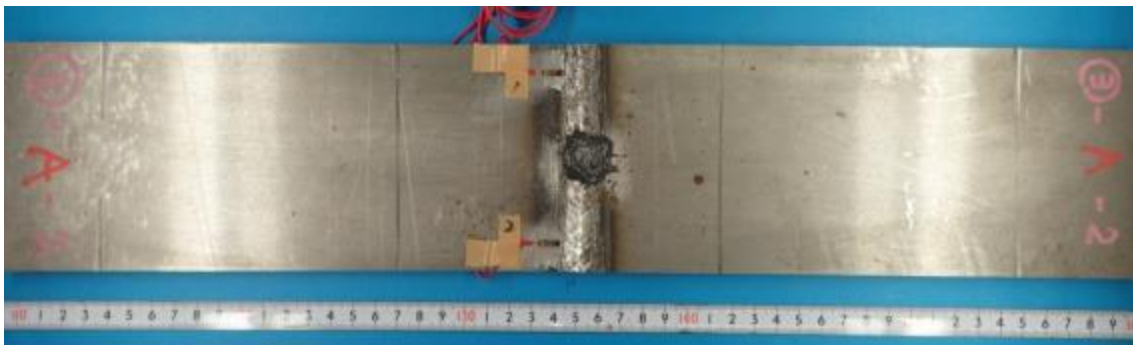


(b)疲労試験後

図 10-3-1 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.③-A-1)

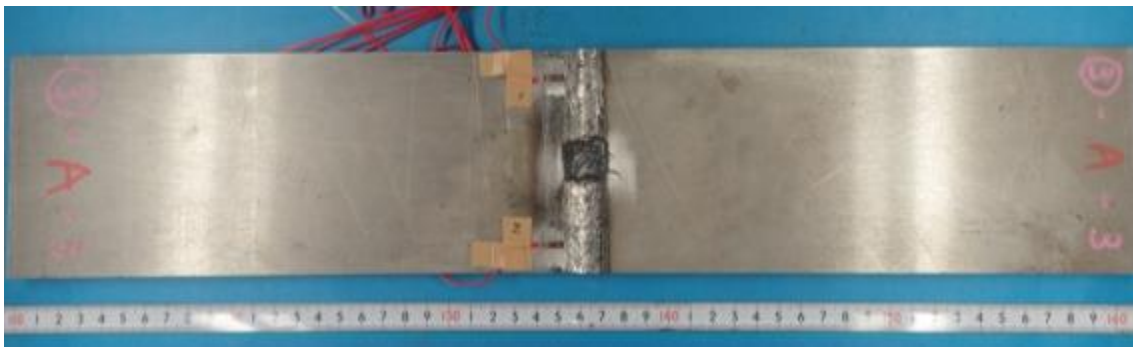


(a)疲労試験前

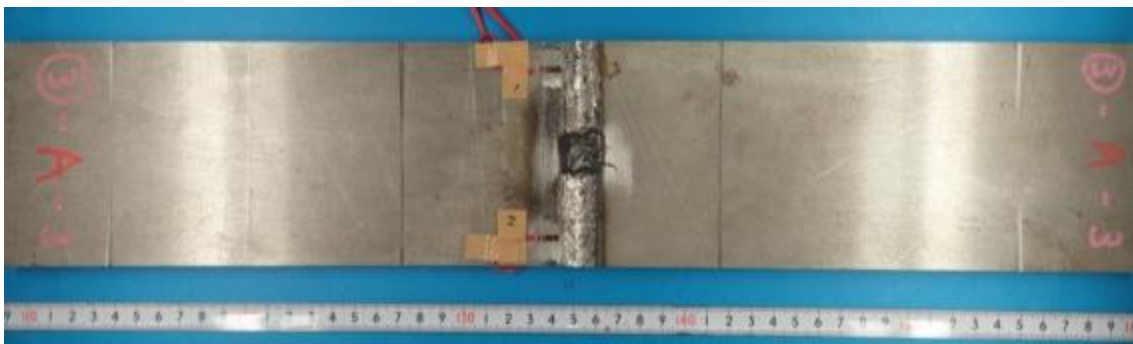


(b)疲労試験後

図 10-3-2 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.③-A-2)

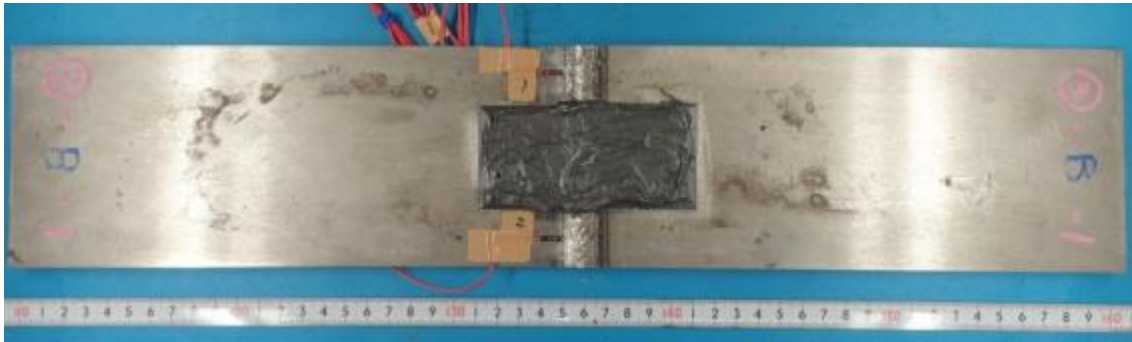


(a)疲労試験前



(b)疲労試験後

図 10-3-3 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.③-A-3)

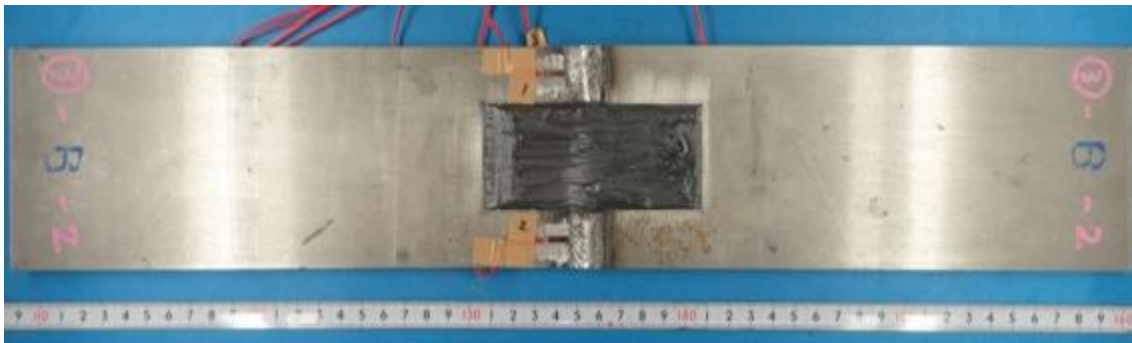


(a)疲労試験前

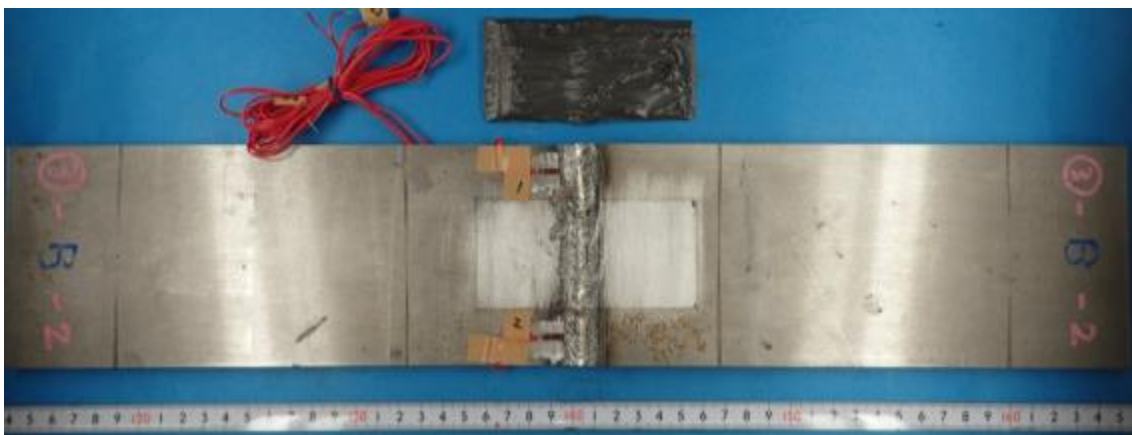


(b)疲労試験後

図 10-3-4 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.③-B-1)

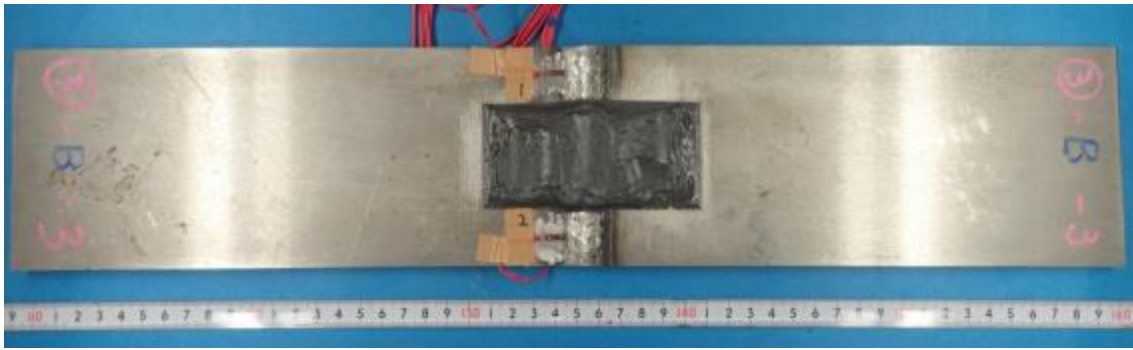


(a)疲労試験前

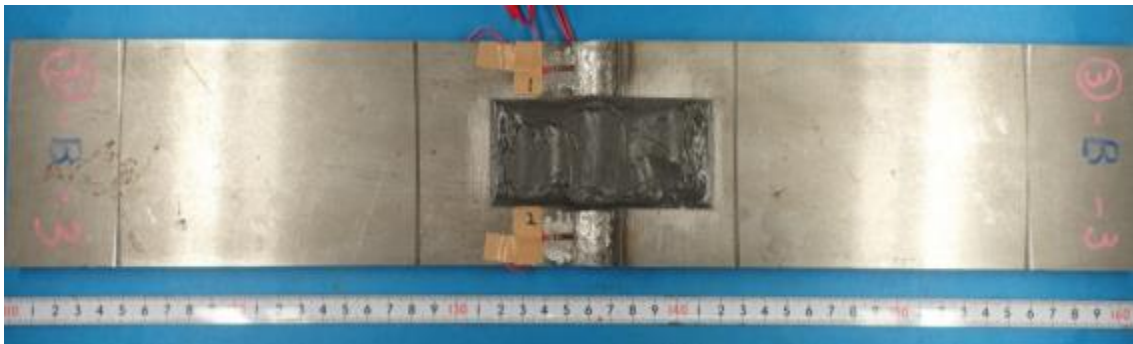


(b)試験後

図 10-3-5 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.③-B-2)

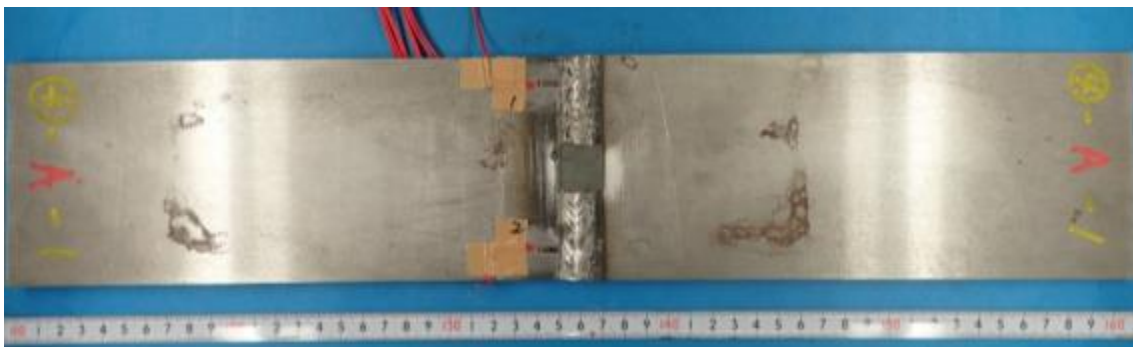


(a)疲労試験前

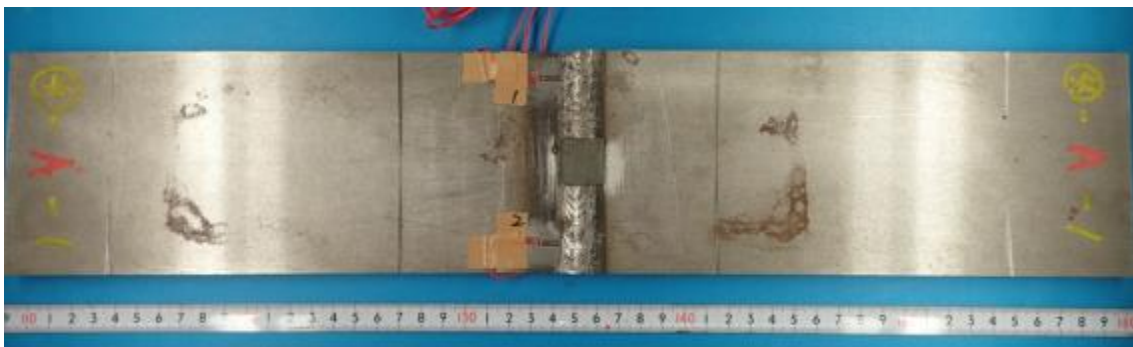


(b)疲労試験後

図 10-3-6 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.③-B-3)

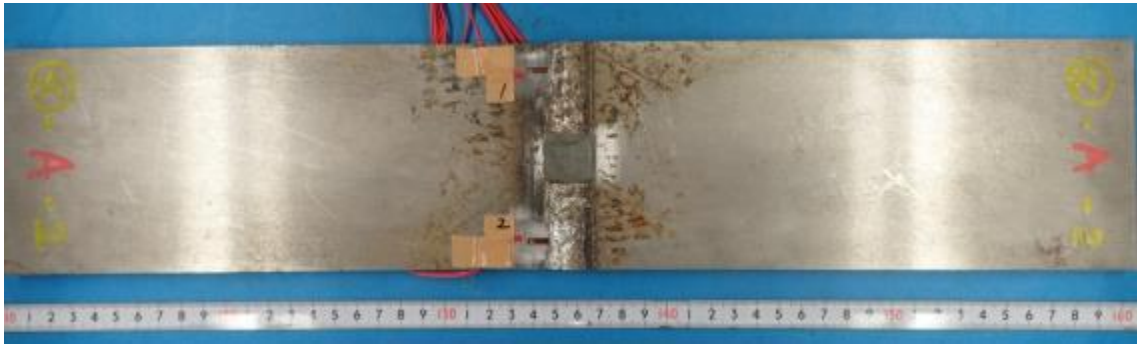


(a)疲労試験前

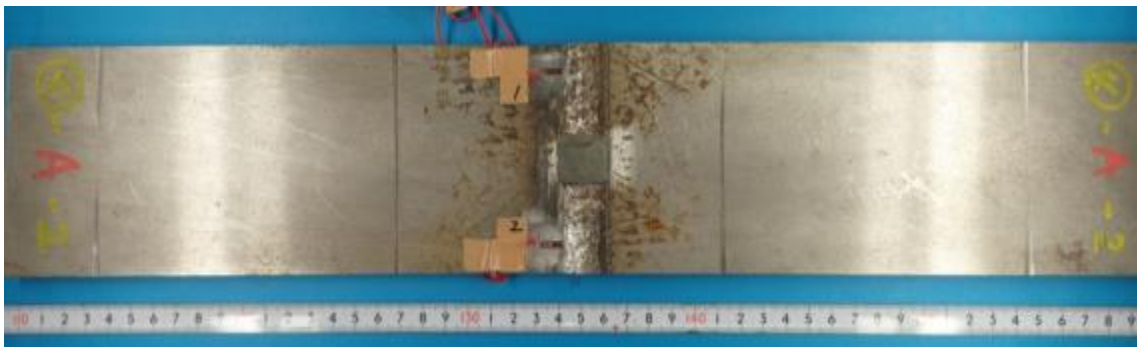


(b)疲労試験後

図 10-4-1 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.④-A-1)

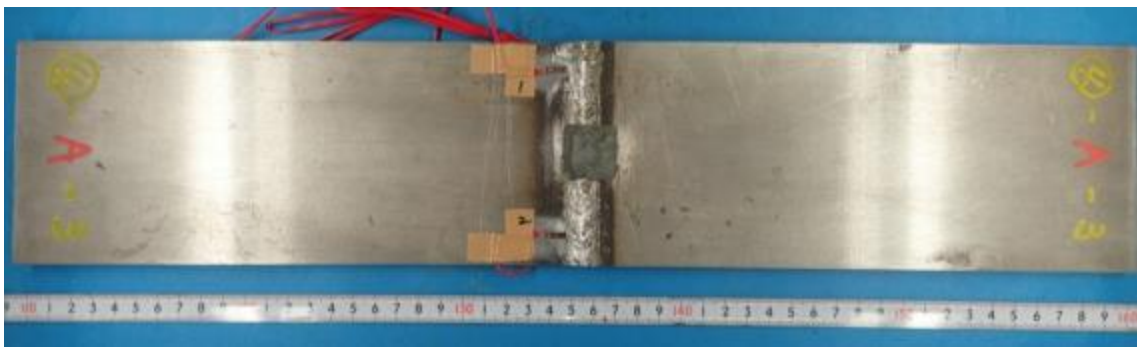


(a)疲労試験前

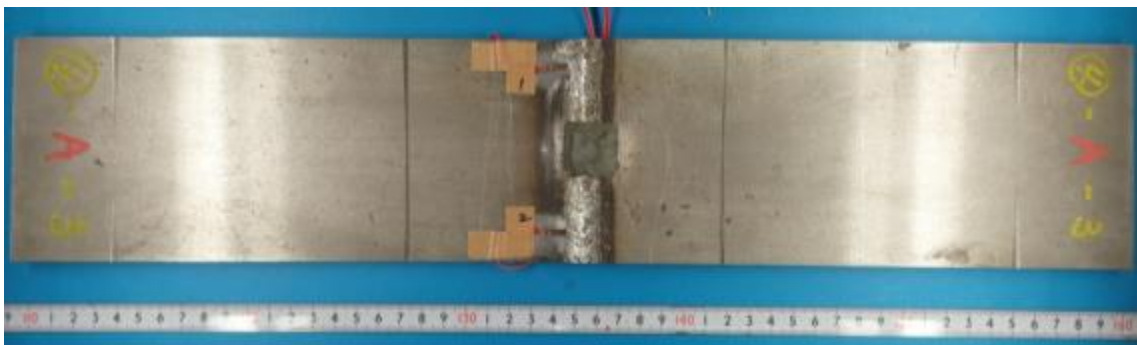


(b)疲労試験後

図 10-4-2 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.④-A-2)

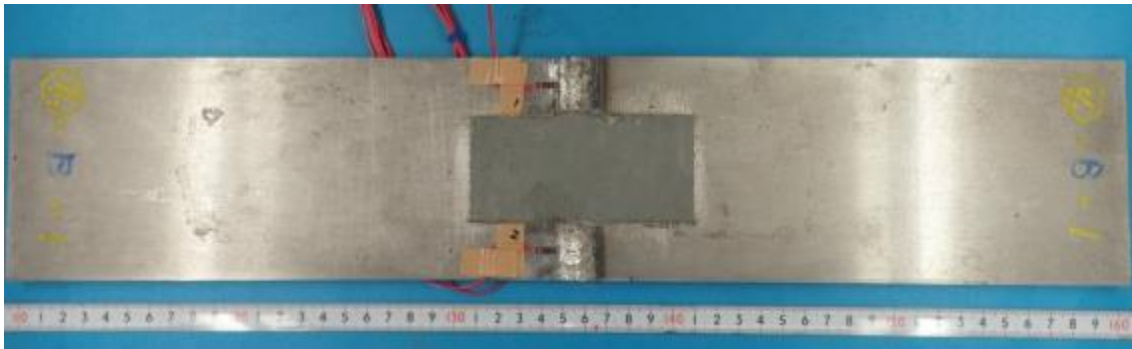


(a)疲労試験前

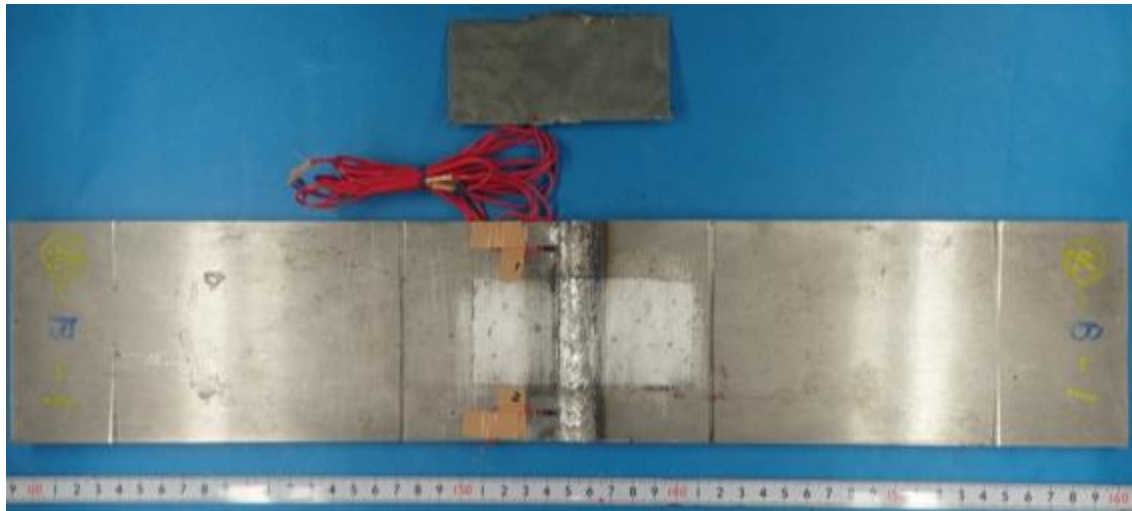


(b)疲労試験後

図 10-4-3 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.④-A-3)

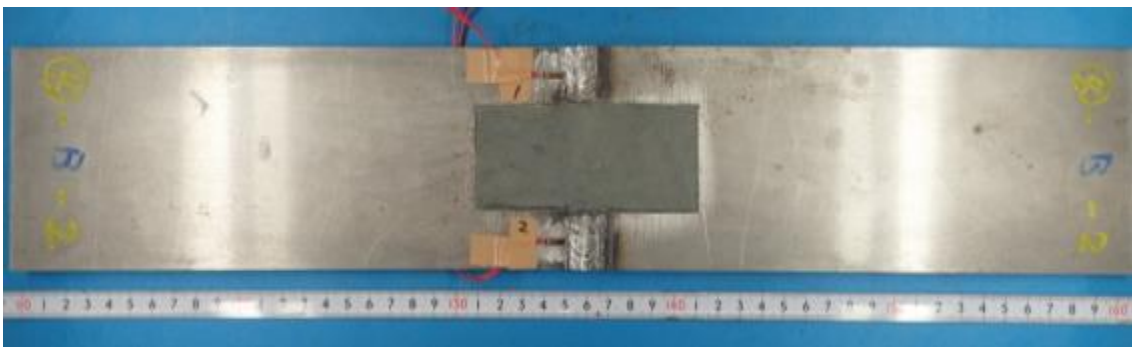


(a)疲労試験前

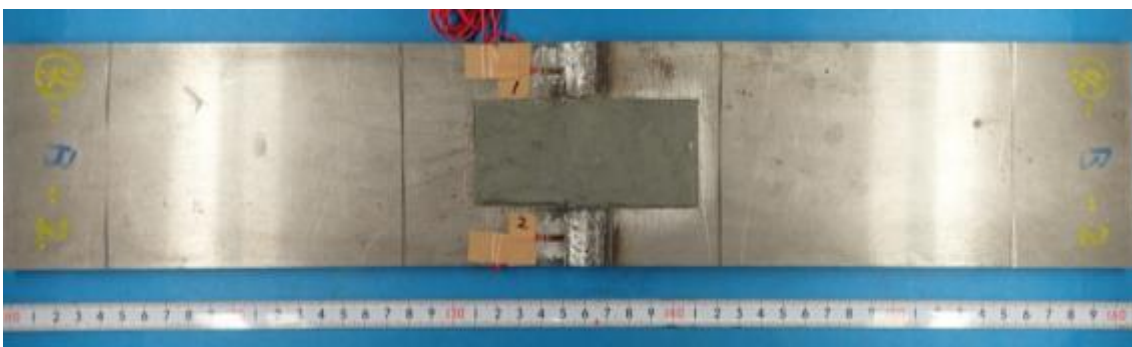


(b)疲労試験後

図 10-4-4 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.④-B-1)

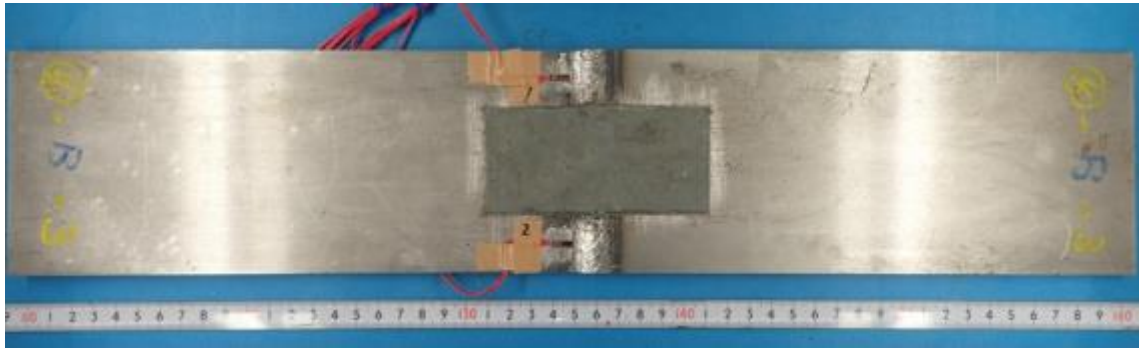


(a)疲労試験前

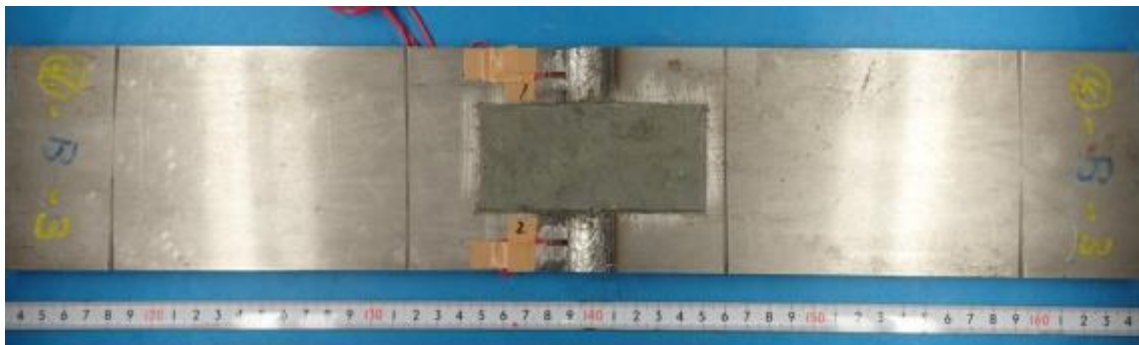


(b)疲労試験後

図 10-4-5 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.④-B-2)

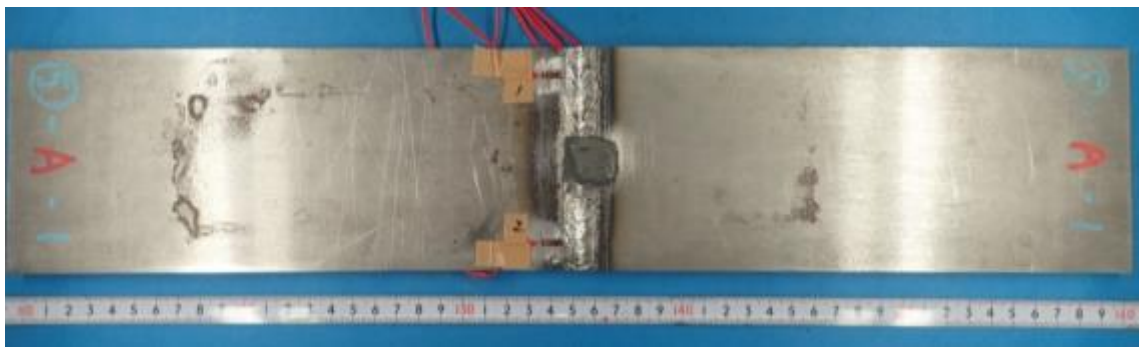


(a)疲労試験前

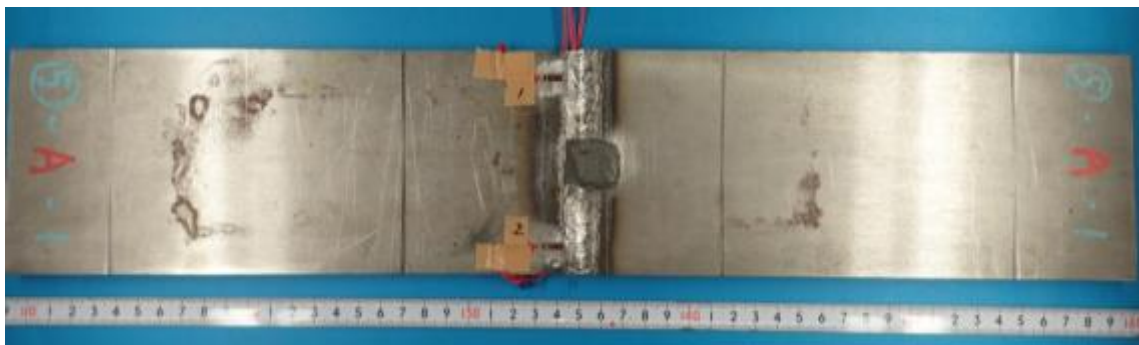


(b)疲労試験後

図 10-4-6 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.④-B-3)

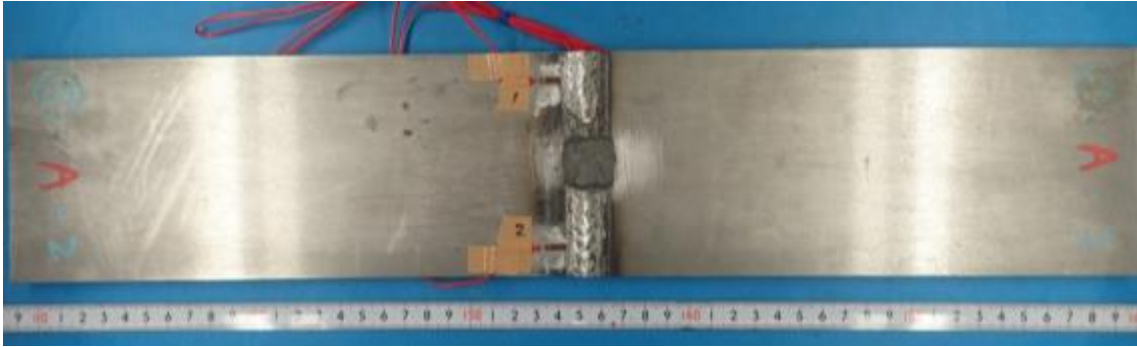


(a)疲労試験前

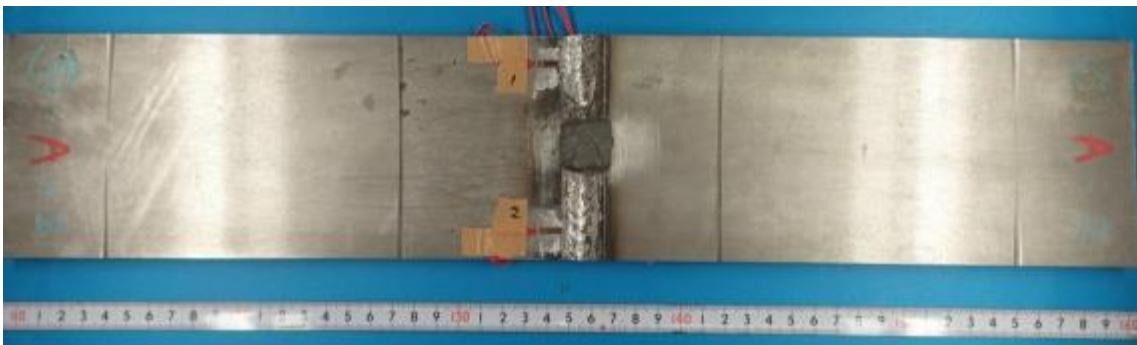


(b)疲労試験後

図 10-5-1 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑤-A-1)



(a)疲労試験前

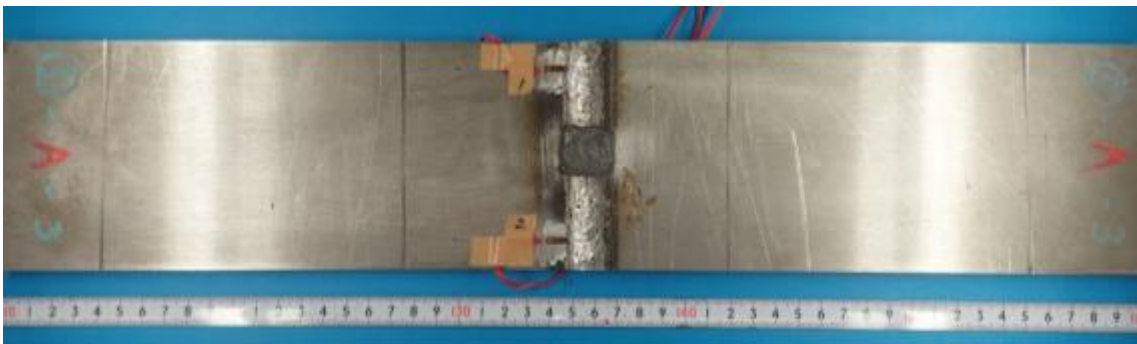


(b)疲労試験後

図 10-5-2 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑤-A-2)

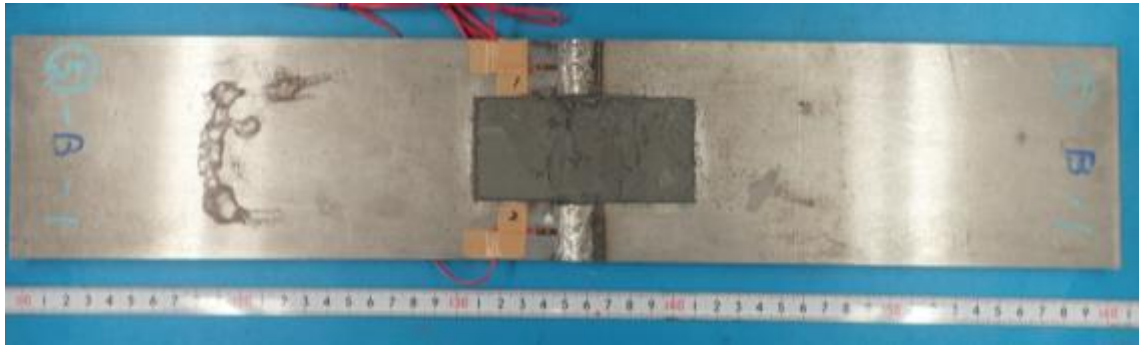


(a)疲労試験前

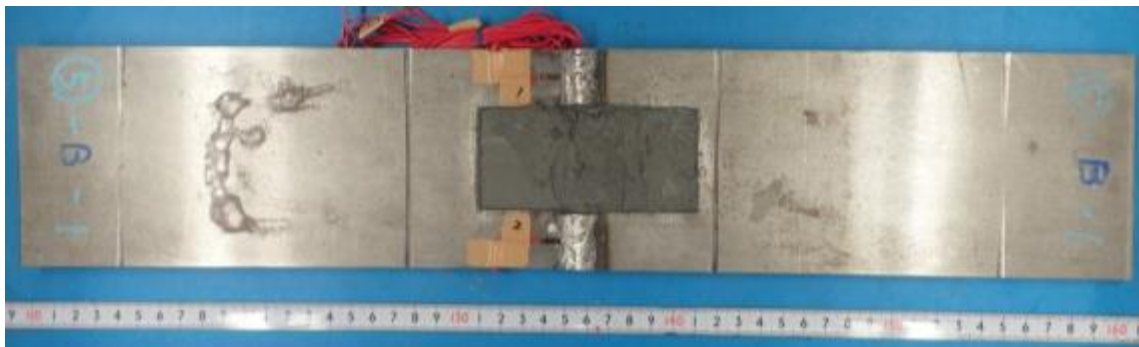


(b)疲労試験後

図 10-5-3 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑤-A-3)

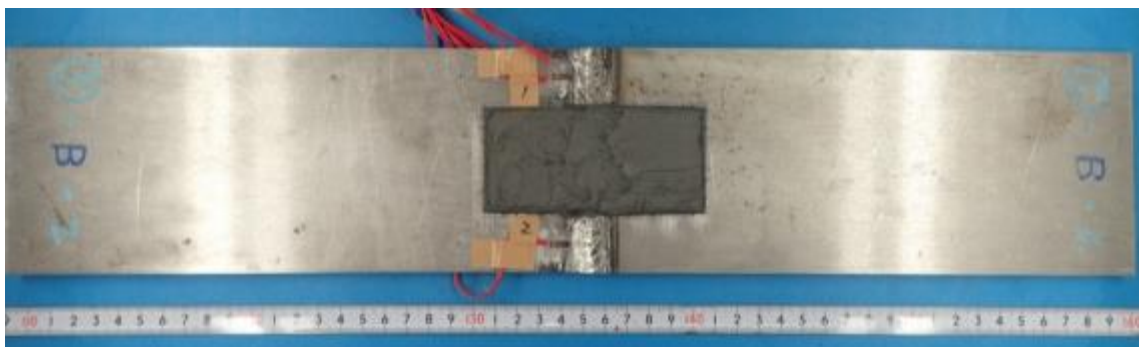


(a)疲労試験前

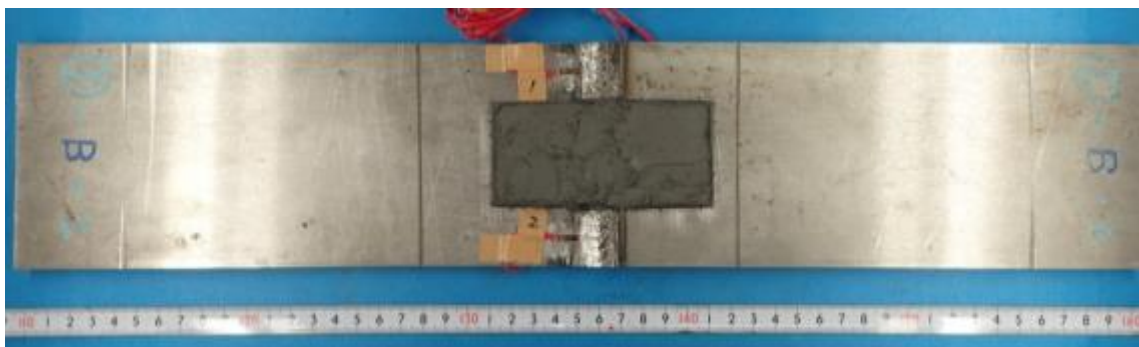


(b)疲労試験後

図 10-5-4 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑤-B-1)

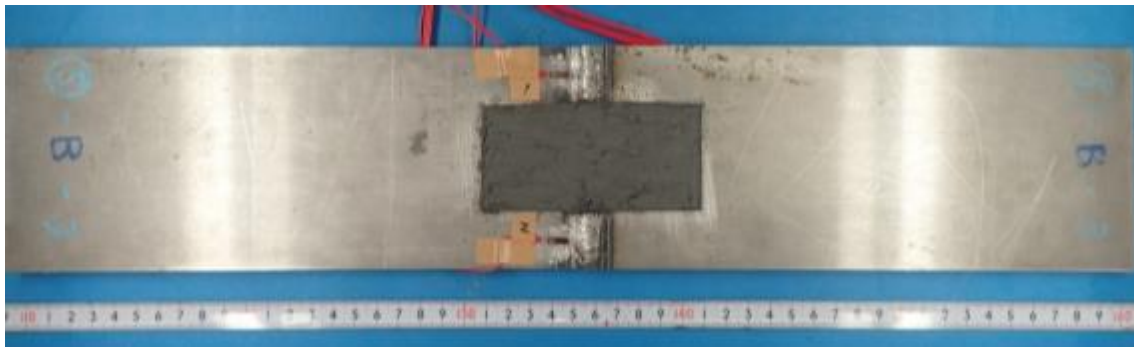


(a)疲労試験前

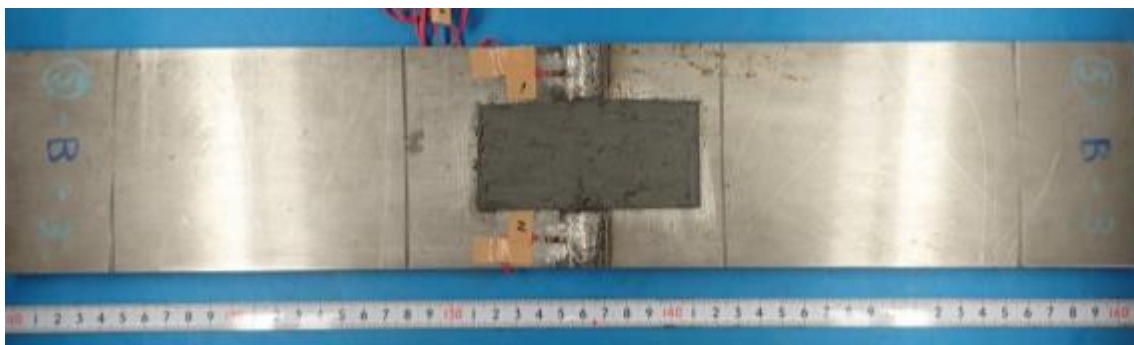


(b)疲労試験後

図 10-5-5 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑤-B-2)

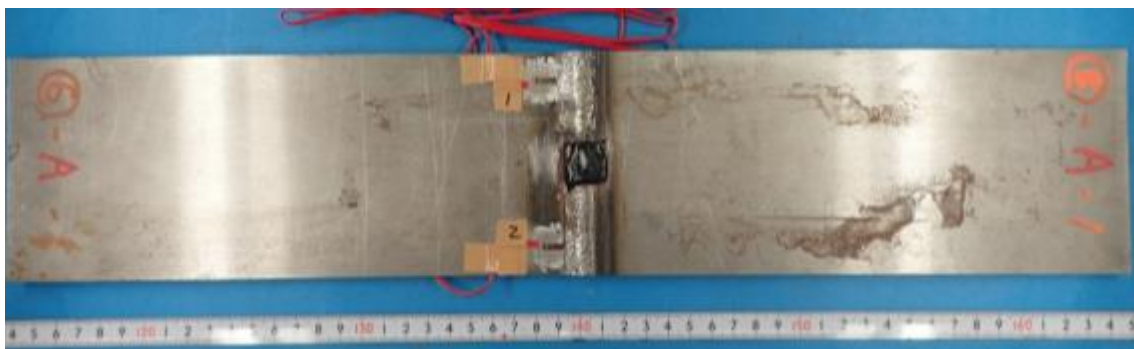


(a)疲労試験前

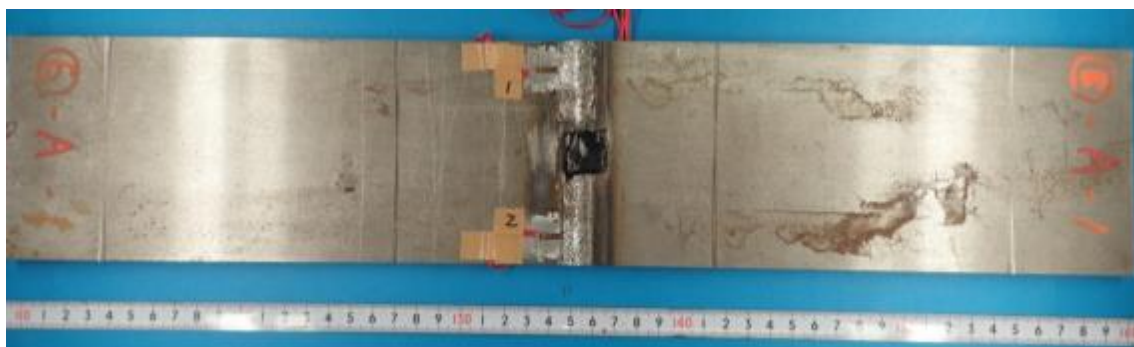


(b)疲労試験後

図 10-5-6 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑤-B-3)

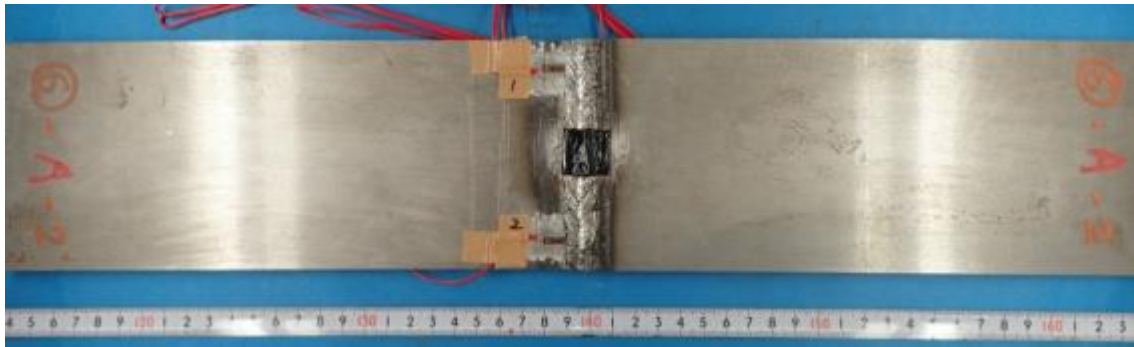


(a)疲労試験前

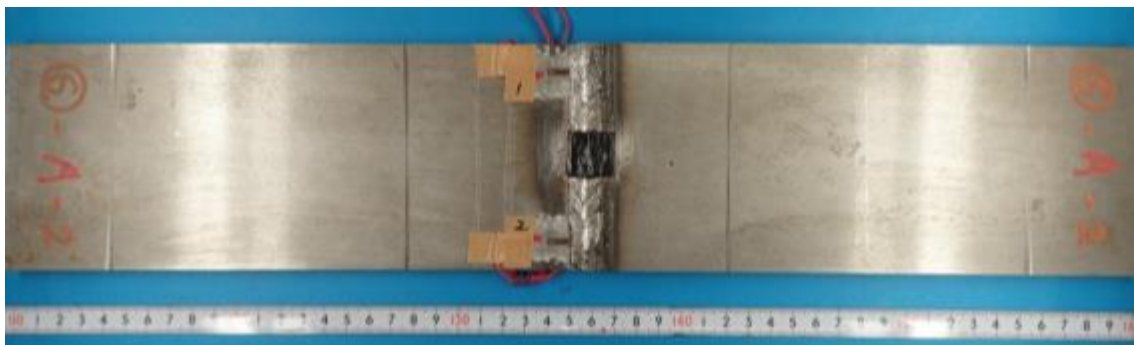


(b)疲労試験後

図 10-6-1 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑥-A-1)

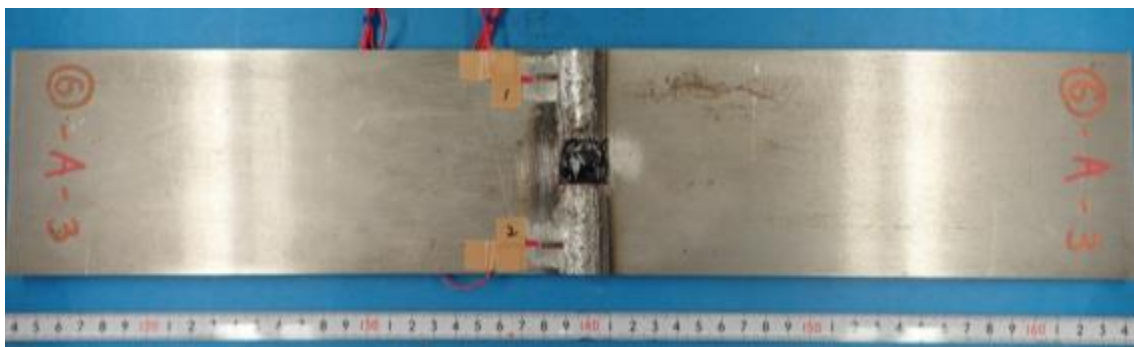


(a)疲労試験前

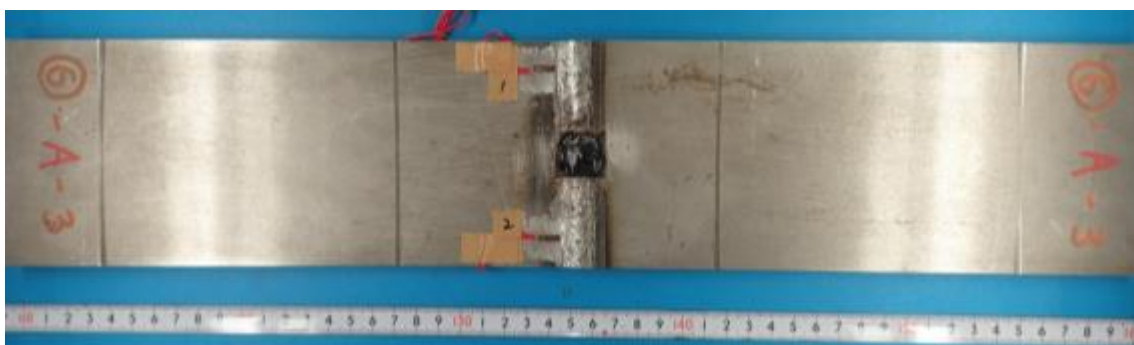


(b)疲労試験後

図 10-6-2 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑥-A-2)

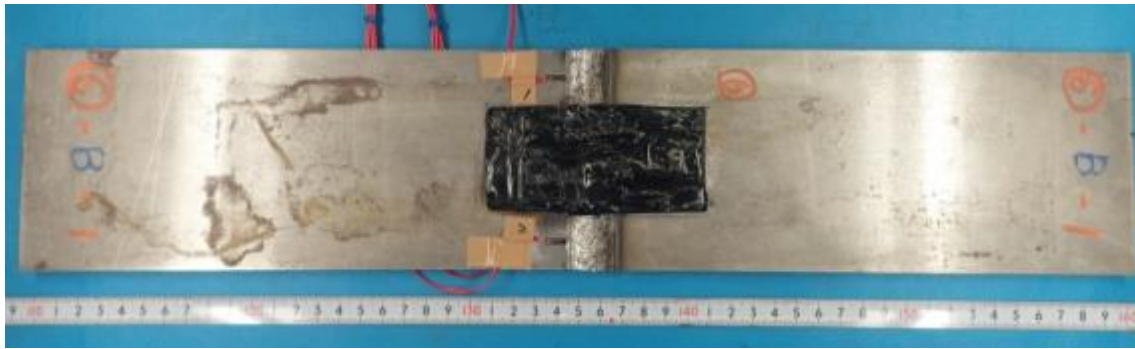


(a)疲労試験前



(b)疲労試験後

図 10-6-3 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑥-A-3)



(a)疲労試験前

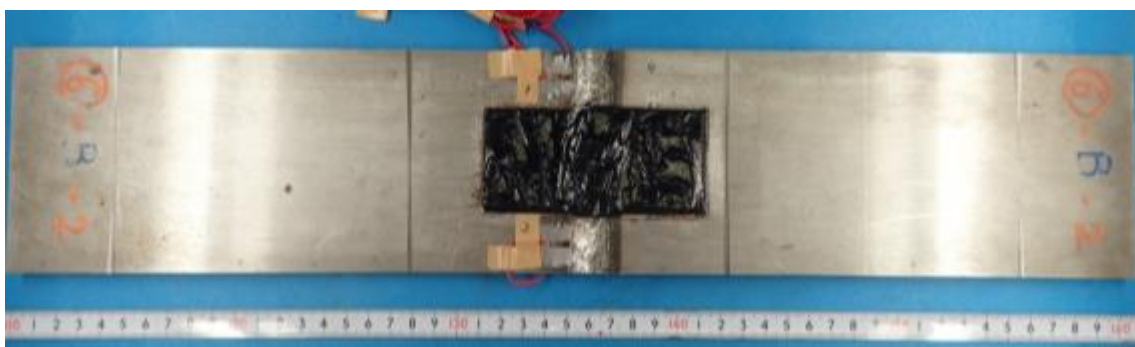


(b)疲労試験後

図 10-6-4 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑥-B-1)



(a)疲労試験前

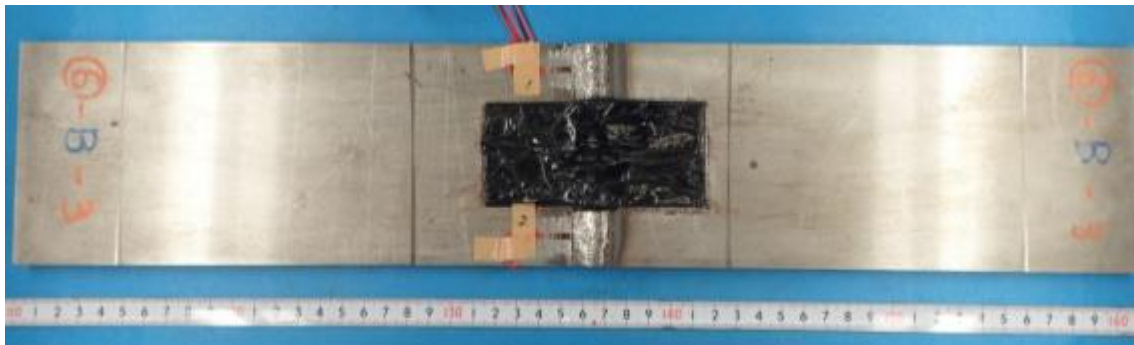


(b)疲労試験後

図 10-6-5 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑥-B-2)

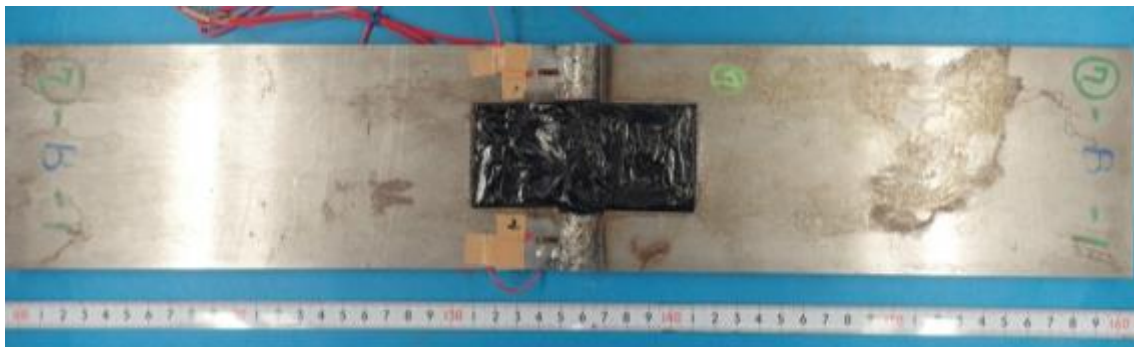


(a)疲労試験前



(b)疲労試験後

図 10-6-6 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑥-B-3)

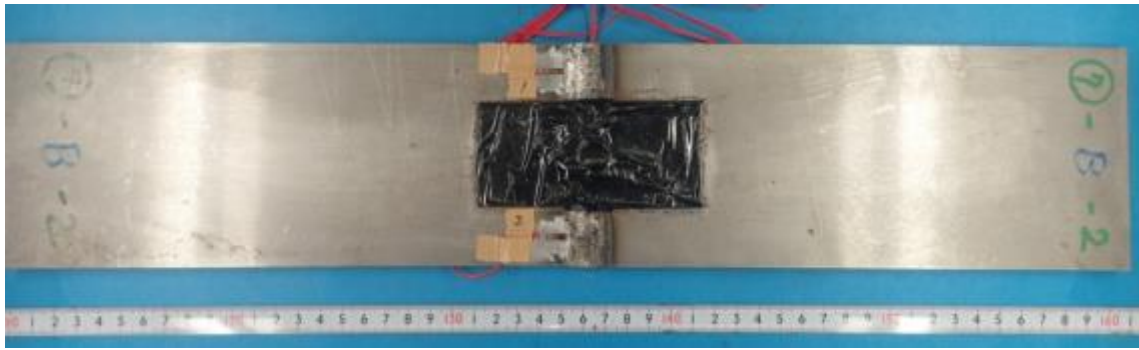


(a)疲労試験前



(b)疲労試験後

図 10-7-1 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑦-B-1)

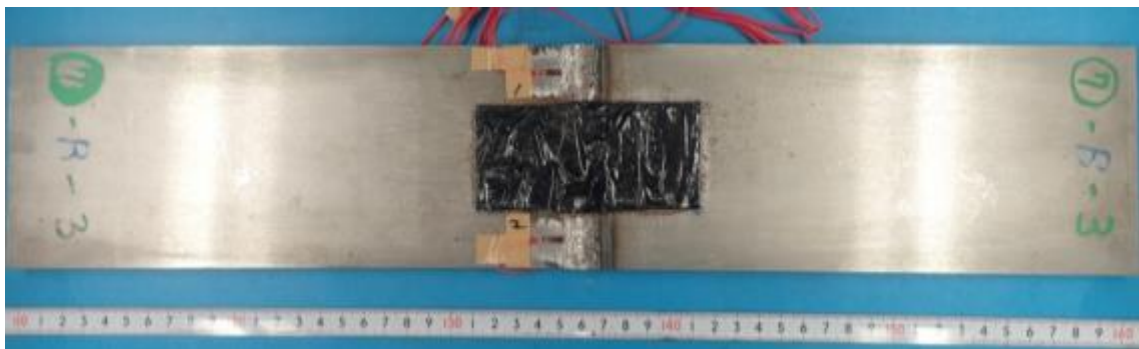


(a)疲労試験前

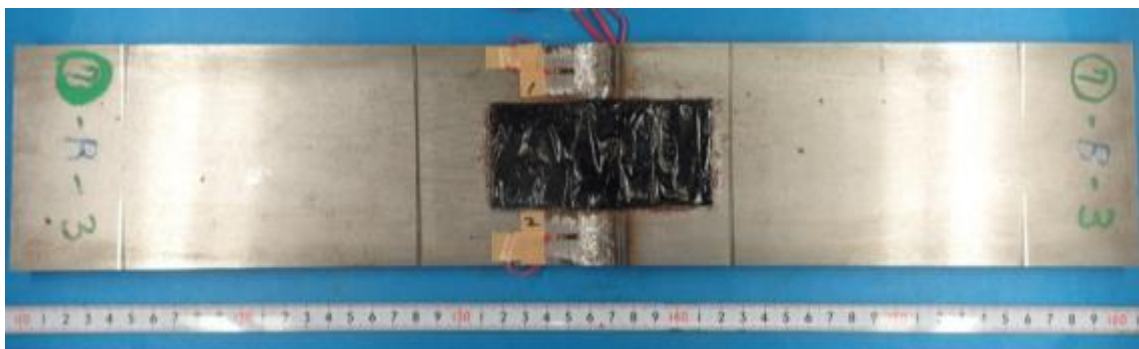


(b)疲労試験後

図 10-7-2 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑦-B-2)



(a)疲労試験前



(b)疲労試験後

図 10-7-3 疲労試験前後の試験片外観(TPNo.⑦-B-3)



(a)使用装置



(b)試験状況

図 11 発泡漏れ試験装置および試験状況

表 3 発泡漏れ試験結果

識別	施工範囲	試験片符号	試験前	試験後	疲労試験後の補修材	備考
措置①	B	①-B-1	漏れなし	漏れなし	一部剥離	
		①-B-2	漏れなし	漏れなし	一部剥離	
		①-B-3	漏れなし	漏れなし	一部剥離	
措置②	A	②-A-1	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		②-A-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		②-A-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
	B	②-B-1	漏れなし	漏れなし	一部剥離	
		②-B-2	漏れなし	漏れあり	全面剥離	
		②-B-3	漏れなし	漏れなし	一部剥離	
措置③	A	③-A-1	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		③-A-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		③-A-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
	B	③-B-1	漏れなし	漏れなし	一部剥離	
		③-B-2	漏れなし	漏れなし	全面剥離	
		③-B-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
措置④	A	④-A-1	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		④-A-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		④-A-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
	B	④-B-1	漏れなし	漏れなし	全面剥離	
		④-B-2	漏れなし	漏れなし	一部剥離	
		④-B-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
措置⑤	A	⑤-A-1	漏れなし	漏れあり	剥離なし	
		⑤-A-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑤-A-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
	B	⑤-B-1	漏れなし	漏れなし	一部剥離	
		⑤-B-2	漏れなし	漏れなし	一部剥離	
		⑤-B-3	漏れなし	漏れなし	一部剥離	
措置⑥	A	⑥-A-1	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑥-A-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑥-A-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
	B	⑥-B-1	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑥-B-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑥-B-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
措置⑦	B	⑦-B-1	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑦-B-2	漏れなし	漏れなし	剥離なし	
		⑦-B-3	漏れなし	漏れなし	剥離なし	

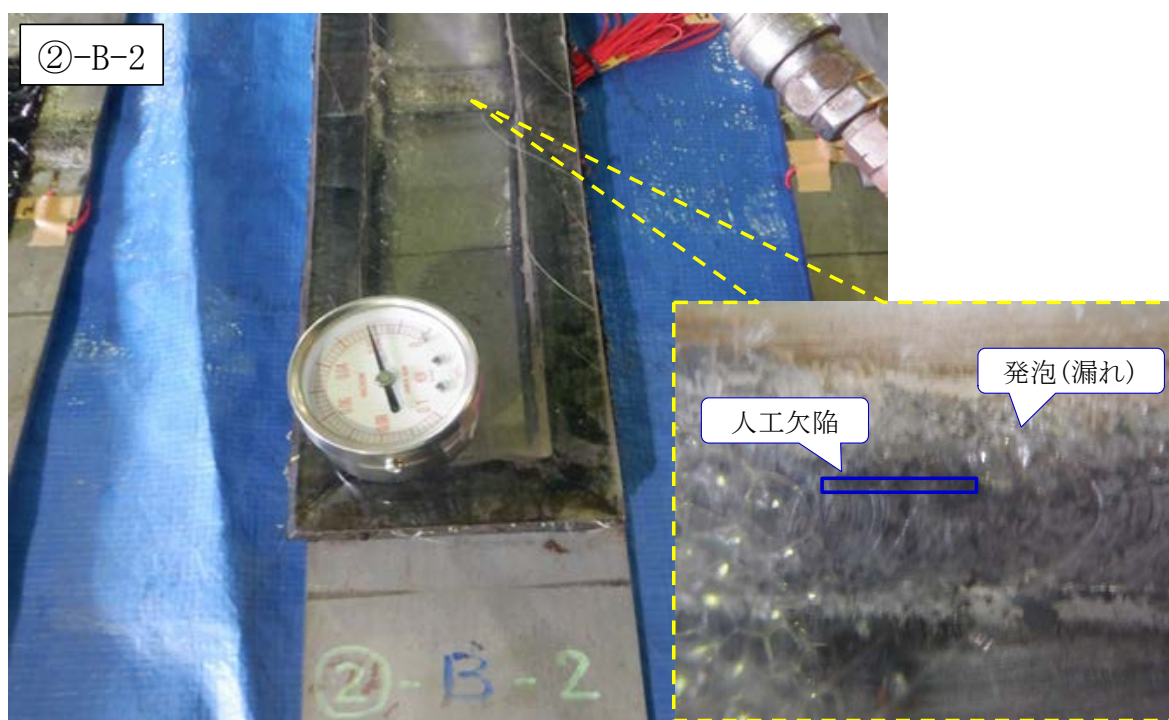


図12-1 発泡漏れ試験結果(②-B-2、漏れあり)

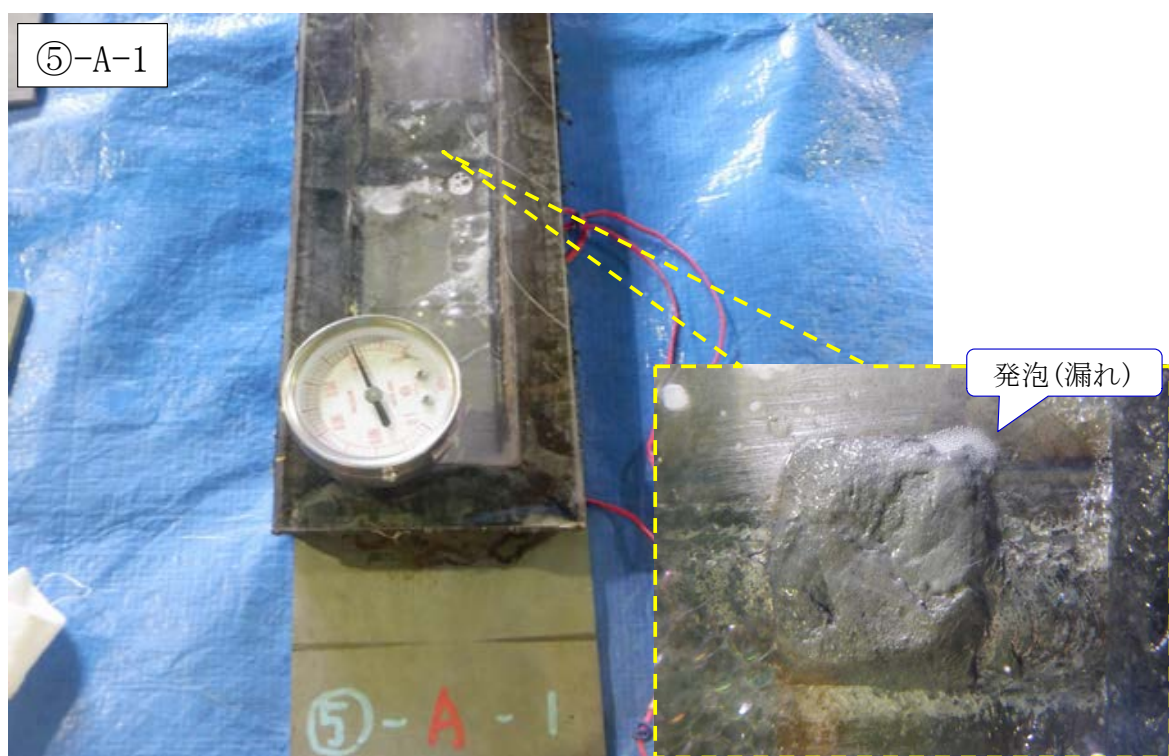


図12-2 発泡漏れ試験結果(⑤-A-1、漏れあり)

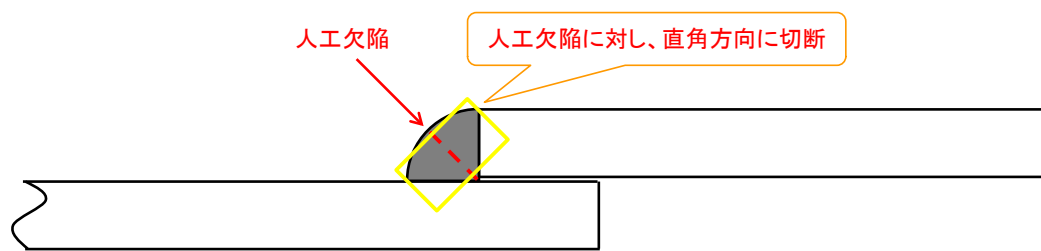


図 13 マクロ観察用試験片採取イメージ

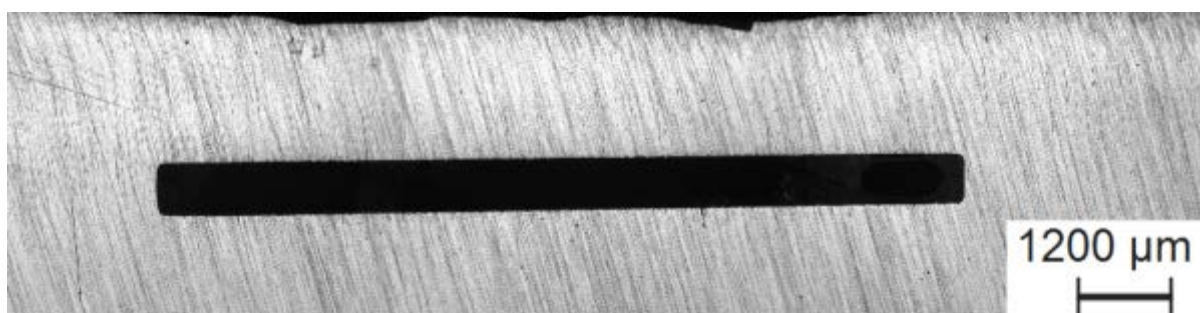


図 14-1 人工欠陥部のマクロ写真(措置①、FRP3 層、①-B-1)



図 14-2 人工欠陥部のマクロ写真(措置②、ベロメタル、②-B-1)



図 14-3 人工欠陥部のマクロ写真(措置③、デブコン、③-B-1)

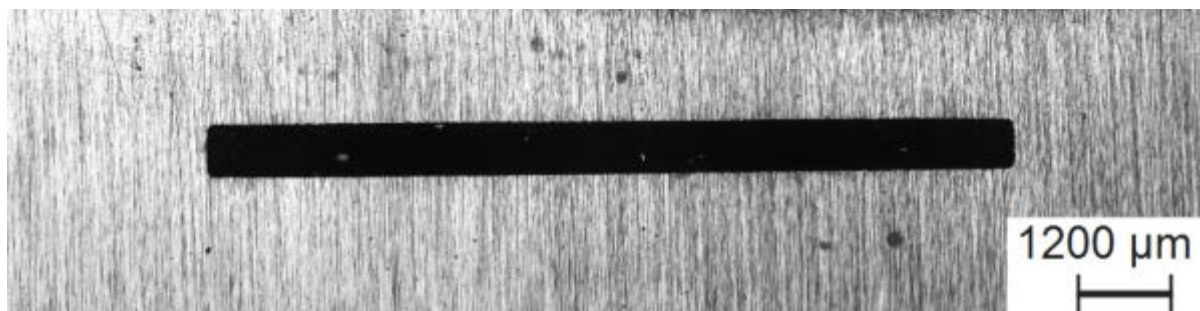


図 14-4 人工欠陥部のマクロ写真(措置④、レクターシール、④-B-1)

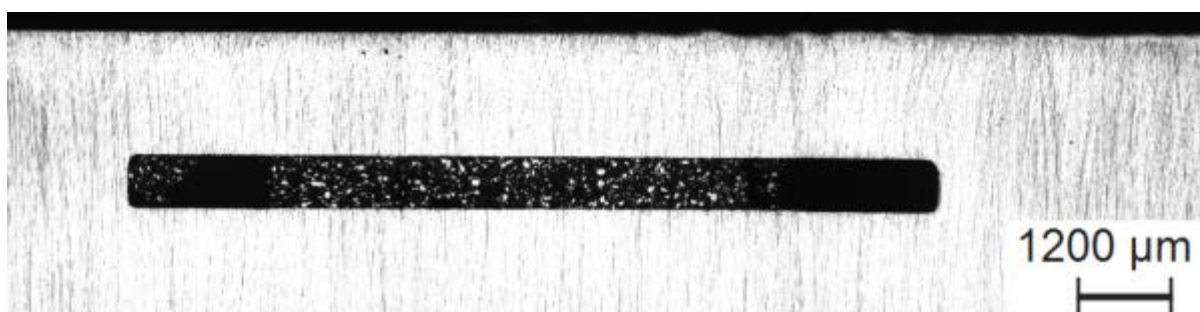


図 14-5 人工欠陥部のマクロ写真(措置⑤、マルチメタル、⑤-B-1)



図 14-6 人工欠陥部のマクロ写真(措置⑥、エラストマー、⑥-B-1)

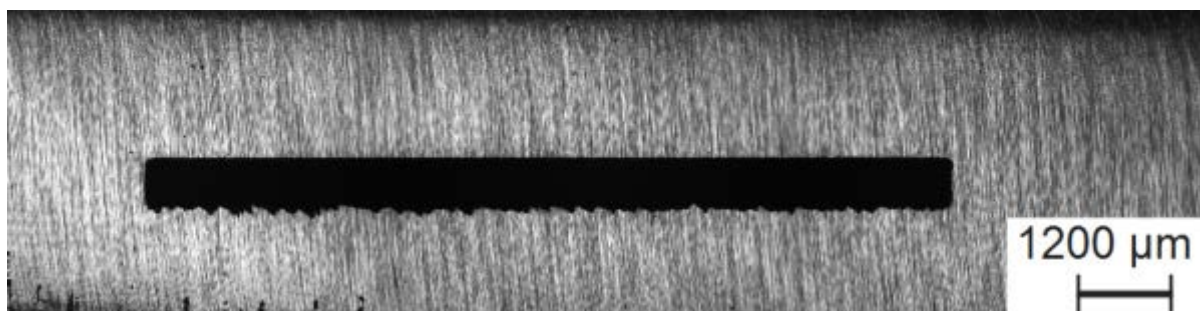


図 14-7 人工欠陥部のマクロ写真(措置⑦、マルチメタル+エラストマー、⑦-B-1)

2019 年 9 月 26 日 石油連盟

タンク浮屋根ポンツーン/デッキ 仮補修材油種別使用実績調査結果

	補修材構成	製品名	製造会社	内容物(貯蔵油)との相性として注意している点、その他特記事項
A 社 A 社 B 社 C 社 E 社	デブコン	デブコン AQ デブコン SF デブコン デブコン SF	デブコン ITW パフォーマンスポリ マーズ&フルイズジャパン	A 社：油分が残っていると、上手く止められないため、タンクの液レベルを一旦下げる、もしくは何らかの措置(仮補修材と接触しないように)をしてから施工することとしている。 B 社：経時的に剥離が生じ、3 ヶ月から半年程度で再補修が必要となると思われる。 C 社：耐アロマ 70%までの油種に対し膨潤性は無い。70%を超える油種については使用実績無し。 E 社(B)：特に無し
A 社	止水セメント	ライオンシスイ 105	住友大阪セメント	A 社：油分が残っていると、上手く止められないため、タンクの液レベルを一旦下げる、もしくは何らかの措置(仮補修材と接触しないように)をしてから施工することとしている。
A 社		ショウワ止水剤 P	昭和電工建材	A 社：油分が残っていると、上手く止められないため、タンクの液レベルを一旦下げる、もしくは何らかの措置(仮補修材と接触しないように)をしてから施工することとしている。
A 社	①FRP 樹脂 ②と組合せ	リボキシ R-804 リボキシ R-804B	昭和電工	A 社：油分が残っていると、上手く止められないため、タンクの液レベルを一旦下げる、もしくは何らかの措置(仮補修材と接触しないように)をしてから施工することとしている。
	②補修マット (繊維系)	チョブドストランドマット 平織クロス サーフェイスマット	日東紡	
A 社	シーリング材	トプコール SP	東レ・ファインケミカル	A 社：油分が残っていると、上手く止められないため、タンクの液レベルを一旦下げる、もしくは何らかの措置(仮補修材と接触しないように)をしてから施工することとしている。
B 社	シリコンコーキン グ			B 社：経時的に剥離が生じ、3 ヶ月から半年程度で再補修が必要となると思われる。
D 社		1 層目：ファススティック 2 層目：Three Bond 液状ガス ケット 1215	デブコン スリーボンド	D 社：特に無し

D 社		1 層目：ウルトラシール 2 層目：ウルトラパッチ 3 層目：ウルトラシール	阿南電機	D 社：特に無し
E 社		1 層目：MM-メタル oL スチールセラミック(赤硬化剤又は黄硬化剤) 2 層目：MM-エラストマー	マルチメタル	E 社(A)：特になし（アロマ含有率最大 99%の芳香族で実績有り） E 社(F)：耐油性があり、即効性があるものを選定している E 社(G)：ガソリンおよび高アロマー含有ナフサでは硬化時間が掛かる。特に硬化時間について、スチールセラミックは硬化剤の違いにより 2 種類ある E 社(H)：燃料油に対する抵抗性を有していることをメーカーのデータシートで確認している
F 社		塗膜剥離材:スケルトン S-301 MM-メタル oL スチールセラミック MM-エラストマーNo.962 硬化剤 EL-95	ミキ塗料 マルチメタル マルチメタル	F 社：主に原油が対象であるが、油用なので他の油でも適用可
E 社		1 層目：フィックスオール・新アクア 2 層目：ウルトラシール (US-1000) 3 層目：MM エラストマー95		E 社(J)：60%アロマ含有ナフサで膨れ事例有り（原因調査中）
E 社	エポキシ硬化剤 パテ アクリル樹脂硬化剤シート ゴム質ウレタンエラストマーパテ	1 層目：ピグパティ 2 層目：Zip - Patchi 3 層目：MM エラストマー95		E 社(I)：
E 社		フレクサン 80P	デブコン	E 社(C)：原油タンクのみ実績有り、補修部の滲みが再発して再補修ケース有り
E 社		シリコンシーラント 8051N	セメダイン	E 社(C)：原油タンクのみ実績有り、補修部の滲みが再発して再補修ケース有り
E 社		スーパーメタル 1111	ベルゾナ	E 社(D)：
E 社		マジックボンド デブコン A Q		E 社(E)：メーカーカタログ耐薬品性一覧における対炭化水素との相性確認、メーカーカタログ値による耐熱温度確認

石連 E 社(J) タンク浮屋根ポンツーン/デッキ 仮補修材施工時の注意点事例

◆ 仮補修材仕様

- ✓ 1 層目：アクアパテ（フィックスオール・新アクア、阿南電機）
- ✓ 2 層目：ウルトラシール（ウルトラシール US-1000、阿南電機）
- ✓ 3 層目：エラストマー（MM エラストマー95、マルチメタル）

◆ 仮補修材塗布面積/厚み

【1 層目：アクアパテ】

- ✓ 塗布面積：割れの長さ方向に対して前後に +20～40 mm ずつ、左右に +30～40 mm ずつ広げた範囲に施工
- ✓ アクアパテは追従性が無いので、広範囲に塗布はしない（あくまで油の封じ込め部材であって、2 層目 3 層目の作業環境を確保し得る最小限の施工とする）
- ✓ 塗布厚み：3～5 mm（母材、溶接線、保護板の溶接線等、施工場所によって異なり、母材 < 溶接線 < 保護板の溶接線）

【2 層目：ウルトラシール】

- ✓ 塗布面積：前後左右ともアクアパテ塗布範囲 + 50～100 mm
- ✓ 塗布厚み：1 mm 程度

【3 層目：エラストマー】

- ✓ 塗布面積：前後左右ともウルトラシール塗布範囲 + 30～50 mm
- ✓ 塗布厚み：0.5 mm 程度

◆ 仮補修材施工時の注意点

【油止め】

- ✓ 漏油は石鹼で乳化させて止めている

【下地処理】

- ✓ 下地処理は特に気を付ける点であり、石鹼で乳化させて止まれば、時間をかけて磨く
- ✓ 下地処理時間は、漏れ箇所の状況によって異なるが、溶接線の割れであれば、周辺溶接線及び上板側、下板側の塗装・錆を剥がす作業（剥離剤、スクレーパー、ワイヤーブラシ、サンドペーパー、パーツクリーナー等使用）で 10～20 分（下塗り塗装がしっかりしている場合は、更に時間が掛かる）
- ✓ 1 層目施工前に # 100 のサンドペーパーで仕上げる
- ✓ 磨き範囲は 3 層目施工範囲 + 50 mm 位を仕上げておく
- ✓ 塗料・錆の粉末はパーツクリーナーで除去する

【端部処理】

- ✓ 各層の端部処理も重要
- ✓ 2 層目 3 層目の端部が一番剥がれやすく、端部に錆こぶ、凹凸腐食等がある場合は隙間をできるだけなくすために、0.1～0.3 mm 程度で薄く塗り（押し付けるようなイメージ）密着性を上げる

【硬化時間】

- ✓ 1 層目、2 層目の硬化は通常 30 分程度、爪の跡がつかないくらいまで硬化を確認する
- ✓ 1 層目、2 層目はすぐに硬化するため、硬化確認後次の層の施工が可能
- ✓ 3 層目の硬化は冬場で 24 時間、温度が高ければもっと早い
- ✓ 1～3 層目とも施工・硬化期間は降雨時を避ける

【再補修時期】

- ✓ 3 層構造にすることで油種によっては 2 年以上の耐用も確認されているが、現状で半年に一回再施工としている

以上

石連 E 社(G) タンク浮屋根ポンツーン/デッキ 仮補修材施工時の注意点事例

修正 2019 年 12 月 18 日

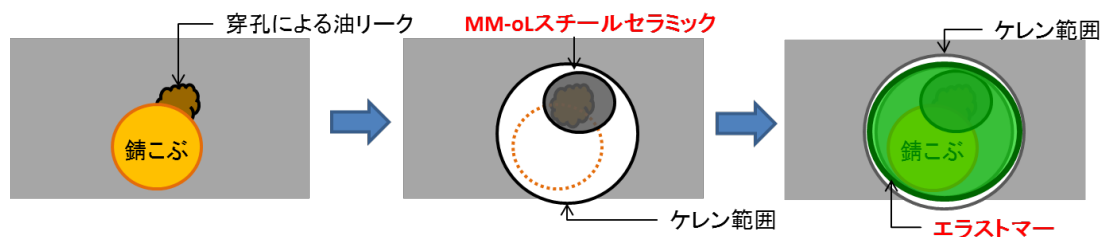
2019 年 11 月 21 日

◆ 仮補修材仕様

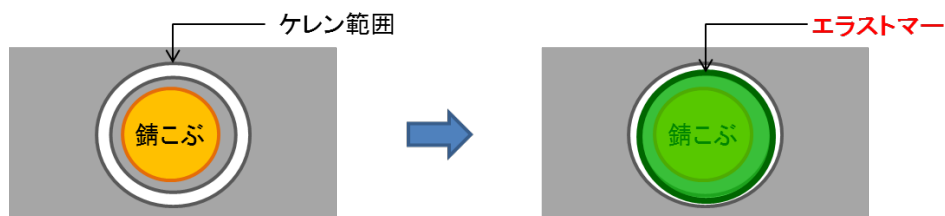
- ✓ 1 層目：MM-メタル oL スチールセラミック（赤硬化剤又は黄硬化剤、マルチメタル社製）
- ✓ 2 層目：MM-エラストマー（MM エラストマー95、マルチメタル社製）

◆ 仮補修方法

- (1) 穿孔部：MM-メタル oL-スチールセラミック+エラストマー(補修方法詳細は添付-1 参照)



- (2) 腐食が過度に進んだ錆こぶ部：エラストマー(補修方法詳細は添付-2 参照)



添付 - 1 穿孔部の仮補修要領

添付 - 2 腐食が過度に進んだ錆こぶ部の仮補修要領

(1) 穿孔部の仮補修要領

○用意するもの

- ・油掃除道具(オイルキャッチャー、ウエス、スポンジ等)
- ・脱脂剤(MM ディグリーザー)
- ・ケレン工具(サンドペーパー、スクレーパー、ワイヤーブラシ、ケレンハンマー等) ※防爆構造のもの
- ・MM-メタル oL-スチールセラミック(赤)
- ・MM-メタル oL-スチールセラミック(黄) ※(赤)・(黄)は硬化剤の色。
- ・MM-エラストマー95
- ・ラッカースプレー(シルバー色)
- ・木栓、固形石鹸(※大きな穿孔の場合に使用)

○施工手順

①油リーク場所の確認

②油掃除道具、脱脂剤を用いて漏れた油を除去し、穿孔箇所を探す

③ウエス、スポンジ等で穿孔を塞ぎ漏れを止める。(※穿孔が大きく爪楊枝程度の場合は木栓を打ち込む。)

④下地処理

- ・ケレン工具で塗膜を落とす
- ・脱脂剤で表面の油等の汚れを落とす

⑤MM-メタル oL-スチールセラミック(赤)の施工準備

- ・MM-メタル oL-スチールセラミックと硬化剤(赤)を混合する。配合比(容積比)は 2:1
- ・硬化剤と混合後、可使時間は約 3 分(表面温度 30℃の場合)

⑤MM-メタル oL-スチールセラミック(赤)の施工

③を取り除き、素早く MM-メタル oL-スチールセラミックを穿孔部に塗布。このとき、穿孔部に押し付けるように塗布する。それでも、油は出てくるので油と混ぜるようなイメージで練る。油と馴染んできたら再び押し付けるように穿孔部に塗りつける。この作業を硬化するまで繰り返し漏れを止める。

⑥MM-メタル oL-スチールセラミック(黄)の施工準備

- ・MM-メタル oL-スチールセラミックと硬化剤(黄)を混合する。配合比(容積比)は 8:1
- ・硬化剤と混合後、可使時間は約 20 分(表面温度 30℃の場合)

⑦MM-メタル oL-スチールセラミック(黄)が硬化するまで放置(約 20 分)

⑧MM-メタル oL-スチールセラミック(黄)の施工

- ・MM-メタル oL-スチールセラミック(赤)を覆うように塗布

⑨MM-エラストマー95 の施工

- ・MM-エラストマー95 と硬化剤を混合する。配合比(容積比)は 4:1
- ・硬化剤と混合後、可使時間は約 8 分(表面温度 30℃の場合)

⑩MM-エラストマー95 が硬化するまで放置(約 8 分)

⑪ラッカースプレー塗布

注意：配合量を正確に計らないと、エラストマーの特性である「ゴムのような柔軟性」を出すことができない

(2)腐食が過度に進んだ錆こぶ部の仮補修要領

○用意するもの

- ・ 脱脂剤(MM ディグリーザー)
- ・ ケレン工具(サンドペーパー、スクレーパー、ワイヤーブラシ、ケレンハンマー等) ※防爆構造のもの
- ・ MM-エラストマー95
- ・ ラッカースプレー(シルバー色)

○施工手順

①錆こぶ部の確認

④下地処理

- ・ ケレン工具で施工範囲の塗膜を落とす。※錆こぶ部の周辺のみ
- ・ 脱脂剤で表面の油等の汚れを落とす

⑨MM-エラストマー95 の施工

- ・ MM-エラストマー95 と硬化剤を混合する。配合比(容積比)は 4:1
- ・ 硬化剤と混合後、可使時間は約 8 分(表面温度 30℃の場合)

⑩MM-エラストマー95 が硬化するまで放置(約 8 分)

⑪ラッカースプレー塗布

注意：配合量を正確に計らないと、エラストマーの特性である「ゴムのような柔軟性」を出すことができない

以上