資料 4-6

タンクの溶接部検査に伴う水張検査に係る検討

1　水張検査の概要

(1) 新設タンクに対する水張検査

水張試験はタンク新設時等に行われる実際の使用環境を模した試験であり、水による応力を加えて「漏れ」、「変形」の有無を確認することにより、タンクの健全性を包括的に評価するものである。特定屋外タンク貯蔵所における水張試験では、側板最下端の水平度や底部の凹凸状態の測定を行うこととされている。

また、内容物以上に比重の重い水による上載圧により、副次的に不等沈下の有無等タンク基礎の健全性を確認できる効果もある。

水張試験による検査※1は、完成検査前検査の一環として溶接部検査及び基礎・地盤検査とともに行うこととされており、屋外タンク貯蔵所に対する基準適合性確認の一端を担っている。

※1　水張試験：事業者自ら確認するもの、水張検査：市町村長等が確認するもの

危険物の規制に関する政令（昭和 34 年政令第 306 号）（抄）

第 11 条第 1 項第 4 号

屋外貯蔵タンクは、特定屋外貯蔵タンク及び準特定屋外貯蔵タンク以外の屋外貯蔵タンクにあつては、厚さ三・二ミリメートル以上の鋼板で、特定屋外貯蔵タンク及び準特定屋外貯蔵タンクにあつては、総務省令で定めるところにより、総務省令で定める規格に適合する鋼板その他の材料又はこれらと同等以上の機械的性質及び溶接性を有する鋼板その他の材料で気密に造るとともに、圧力タンクを除くタンクにあつては**水張試験において、**圧力タンクにあつては最大常用圧力の一・五倍の圧力で十分間行う水圧試験（高圧ガス保安法第二十条第一項 若しくは第三項 の規定の適用を受ける高圧ガスの製造のための施設、労働安全衛生法（昭和四十七年法律第五十七号）別表第二第二号若しくは第四号に掲げる機械等又は労働安全衛生法施行令（昭和四十七年政令第三百十八号）第十二条第一項第二号 に掲げる機械等である圧力タンクにあつては、総務省令で定めるところにより行う水圧試験）において、それぞれ**漏れ、又は変形しないものであること。**ただし、固体の危険物の屋外貯蔵タンクにあつては、この限りでない。

(2) 新設タンク底部における「漏れ」、「変形」

新設タンク底部における「漏れ」については、設計不備による強度不足、溶接の不具合、溶接による材料脆化、残留応力に起因する脆性破壊が考えられる。これらは水張検査の他に書類審査、目視、溶接部検査によっても確認されるが、溶接による材料脆化、残留応力に起因する脆性破壊は水張検査以外では確認していない。

新設タンク底部における「変形」については、設計不備による強度不足、溶接の熱影響による変形、基礎の不等沈下等が考えられるが、これらは水張検査以外でも書類審査、標準貫入試験等により確認される。

表 1.1　新設タンク底部における漏れ、変形の要因と確認方法

	要因	水張検査の他に行う確認方法
漏れ	設計不備による強度不足	書類審査
	溶接の不具合	目視、溶接部検査
	溶接による材料脆化、 残留応力に起因する脆性破壊	なし
変形	設計不備による強度不足	書類審査
	溶接の熱影響による変形	目視
	基礎の不等沈下等	標準貫入試験等

(3) タンク底部の溶接部補修に伴う水張検査

タンク底部における溶接部補修工事を行った際には原則として水張検査を行うこととされているが、新設時にも水張検査を行っていることから、溶接部補修に伴う水張検査はその補修内容による影響のみを確認するものであると考えられる。

この際の「漏れ」については、溶接の不具合、溶接による材料脆化、残留応力に起因する脆性破壊、溶接補修部以外では、グラインダ研削等による隅肉溶接部ののど厚不足が考えられる。溶接の不具合は水張検査の他に目視、溶接部検査によっても確認されるが、溶接による材料脆化、残留応力に起因する脆性破壊や隅肉溶接部ののど厚不足は水張検査以外では確認していない。

「変形」については、溶接の熱影響による変形が考えられるが、これらは水張検査以外でも目視により確認される。

表 1.2　溶接部補修に伴うタンク底部における漏れ、変形の要因と確認方法

	要因	水張検査の他に行う確認方法
漏れ	溶接自体の不具合	目視、溶接部検査
	溶接による材料脆化、 残留応力に起因する脆性破壊	なし
	隅肉溶接部ののど厚不足	なし
変形	溶接の熱影響による変形	目視

なお、タンク底部における溶接部補修工事であっても、変更申請が必要でない軽微な工事とされるものがあり、これらについては完成検査前検査が行われないことから、水張検査が免除される。タンク底部に係る補修工事のうち水張検査が免除されるものについて、表 1.3 に示す。

表 1.3　タンク底部に係る補修工事のうち水張検査が免除※2されるもの

	水張検査を免除できる変更工事（危規則第 22 条の 4）	軽微な変更工事として許可のいらない工事（平成 9 年 3 月 26 日付け消防危第 36 号通知）
重ね補修工事	底部（張り出し部を除く。）の 1／2 未満のもの	・1 ヶ所 0.09m^{2}以下 ・合計 3 ヶ所以下
肉盛り補修工事	溶接部に対する熱影響が軽微なもの（溶接部から当該板の板厚の５倍以上の間隔）	溶接部から当該板の板厚の５倍以上の間隔 ・1 ヶ所 0.003m^{2}以下 ・合計 0.03m^{2}以下（特定タンク以外） ・合計 0.06m^{2}以下（10,000KL 未満） ・合計 0.09m^{2}以下（10,000KL 以上）
溶接部補修工事		・1 ヶ所 0.3m 以下 ・合計 1.0m 以下（特定タンク以外） ・合計 3.0m 以下（10,000KL 未満） ・合計 5.0m 以下（10,000KL 以上）

※2　いずれも側板から 600mm 未満の範囲を除く。

2　これまでの検討を踏まえた本検討会の検討目的

(1) これまでの検討概要

危険物保安技術協会では、平成 18 年度から平成 20 年度まで、独立行政法人石油天然ガス金属鉱物資源機構から委託を受け、水張検査の合理化に関する検討を行っており、以降、側板から 600mm 未満の範囲を除くアニュラ板又は底板の溶接補修工事について、水張検査を免除できる軽微な溶接工事の範囲を拡大することの可否について検討を重ね、具体的に水張検査の免除要件をまとめている。

主な検討内容及び水張検査に係る提案内容は以下のとおりである。

○ 主な検討内容

平成 18 年度

・各種実態調査
・溶接試験体による曲げ、衝撃、引張試験を行い、変形量を計測

↓

平成 19 年度

・タンク底部（板厚 12mm・9mm）の溶接部補修時の変形等について、実タンクによる計測と FEM 解析を実施
・水張り時の側板近傍及び底部の応力の解析を実施
・軟鋼（SM400B）、板厚 12mm により試験体を作成し、繰り返し補修の検証を実施
・堅固な基礎・地盤の必要条件を検討するためのデータを収集するため、15,000KL タンクにて沈下挙動の確認を実施

↓

平成 20 年度

・タンク底部（板厚 6mm）の溶接部補修時の変形等について、FEM 解析を実施
・タンク規模が同じで、地盤が異なるタンクの水張り時の底部沈下量計測及び地盤データに基づく地盤変形解析を実施
・高張力鋼（SPV490Q）、板厚 12mm により試験体を作成し、繰り返し補修の検証を実施
・API STANDARD 653 基準によるタンク補修時の水張検査の要否について、米国エンジニアによる現場での評価の実施

○ 水張検査に係る提案内容

一般的な地盤の変形係数等が一様な均質地盤であると想定される新法タンクについては、溶接部の健全性確認試験による健全性の確認を前提に、側板から 600mm 未満の範囲以外のアニュラ板又は底板の溶接部補修工事が、「1 箇所（連続溶接又は断続的な溶接の両端）の長さ 1m 以下、補修深さ 3mm 以内、補修間隔 1m 以上」であれば、水張検査は免除しても差し支えないものと考える。

ただし、本提案の要件については、一般的な鋼板を対象としていることから、特殊な鋼板は想定していない。また、補修深さが 3mm を超えた場合の検討を行っていないことから、その場合の安全性について言及する段階にないとしている。

表 2.1　提案された免除要件の溶接部補修工事内容

	水張検査を免除できる変更工事（危規則第 22 条の 4）
重ね補修工事	底部（張り出し部を除く。）の 1／2 未満のもの
肉盛り補修工事	溶接部に対する熱影響が軽微なもの（溶接部から当該板の板厚の５倍以上の間隔）
溶接部補修工事	（現行では該当なし）
溶接部補修工事	1 箇所（連続溶接又は断続的な溶接の両端）の長さ 1m 以下、補修深さ 3mm 以内、補修間隔 1m 以上

(2) 本検討会の検討目的

上記の検討では、検討対象の範囲を「側板から 600mm 未満の範囲以外のアニュラ板又は底板の溶接部補修工事」としているが、本検討ではこの範囲を含めた底部全体を対象とし、水張検査を免除できる溶接工事の範囲について検討するものとする。

検討範囲の一例について、概念図を図 2.1 に示す。

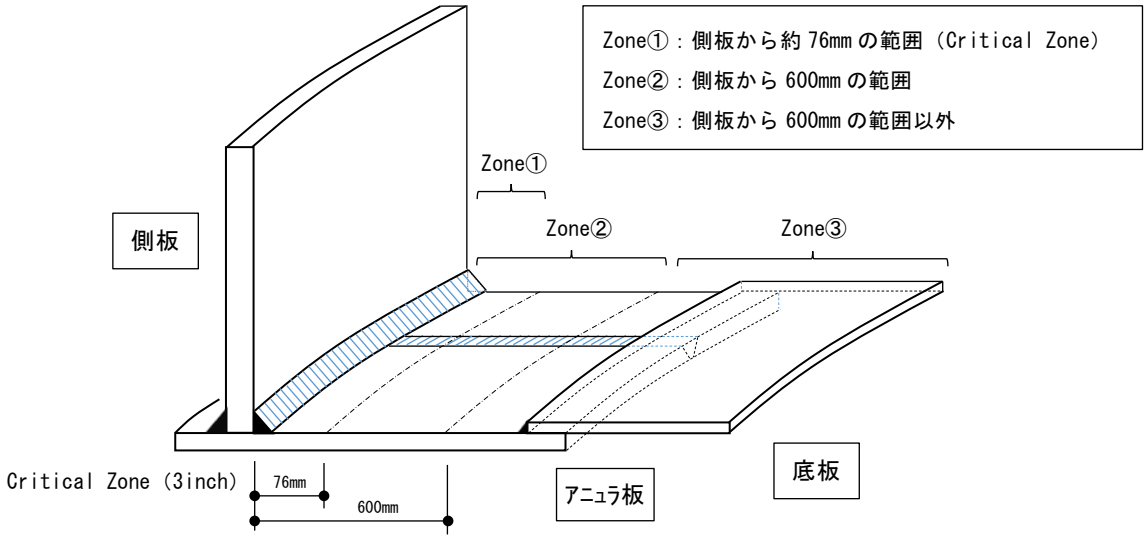

図 2.1　検討対象の概念図

3　底部における溶接部補修に伴う水張検査に係る実態調査

水張検査に係る検討を行う上で参考とするため、水張検査の実施状況、事故事例及び溶接部の補修状況等について実態調査を行った。調査結果については以下のとおりである。

(1) 屋外タンク貯蔵所に係る各検査の件数（危険物規制事務統計表（消防庁）より）

ア　水張検査の件数（第 20 表の 1）

容量 1,000KL 以上の液体危険物タンクの水張検査の件数について、平成 23 年度から 27 年度までの間を調査した結果、以下のとおりであった。

平成 23 年度：501 件　平成 24 年度：441 件　平成 25 年度：494 件

平成 26 年度：499 件　平成 27 年度：444 件

イ　完成検査前検査における溶接部検査の件数（第 20 表の 1）

容量 1,000KL 以上の特定屋外タンク貯蔵所の溶接部検査の件数について、平成 23 年度から 27 年度までの間を調査した結果、表 3.1 のとおりであった。

表 3.1　過去 5 年間の液体危険物タンクの完成検査前検査における溶接部検査の件数

容量区分 / 年度	1000KL 以上 5000KL 未満	5000KL 以上 1 万 KL 未満	1 万 KL 以上 5 万 KL 未満	5 万 KL 以上 10 万 KL 未満	10 万 KL 以上 20 万 KL 未満	20 万 KL 以上 30 万 KL 未満	30 万 KL 以上 40 万 KL 未満	40 万 KL 以上	小計	底部の溶接部検査を保安検査で代替したもの ※3
H23	169	105	40	14	3	0	0	0	331	44
H24	165	104	34	10	6	0	0	0	319	47
H25	166	71	58	16	3	0	0	0	314	53
H26	143	90	66	13	7	0	0	0	319	40
H27	124	81	60	15	6	0	0	0	286	42

※3　危険物の規則に関する政令

第 8 条の 2（完成検査前検査）

第 4 項

前項の規定にかかわらず、次の各号に掲げる液体危険物タンクの設置又は変更の工事については、当該各号に定める規定は適用しない。

第 2 号

液体危険物タンクの変更の工事のうち、タンクの底部に係る工事（タンクの側板に係る工事を含むものを除く。）で、当該変更の工事の際行われた法第 14 条の 3 第 1 項又は第 2 項の規定による保安に関する検査により、当該液体危険物タンクの溶接に関する事項が、第 11 条第 1 項第 4 号の 2 に定める基準に適合していると認められたもの

ウ　保安検査の件数（第 21 表の 1）

容量 10,000KL 以上の屋外タンク貯蔵所の定期保安検査及び容量 1,000KL 以上の屋外タンク貯蔵所の臨時保安検査※4について、平成 23 年度から 27 年度までの間を調査した結果、表 3.2 のとおりであった。

表 3.2　過去 5 年間の特定屋外タンク貯蔵所の保安検査の件数

容量区分 / 年度	1000KL 以上 5000KL 未満	5000KL 以上 1 万 KL 未満	1 万 KL 以上 5 万 KL 未満	5 万 KL 以上 10 万 KL 未満	10 万 KL 以上 20 万 KL 未満	20 万 KL 以上 30 万 KL 未満	30 万 KL 以上 40 万 KL 未満	40 万 KL 以上	小計
H23	3(3)	1(1)	142(1)	41(0)	52(0)	0(0)	0(0)	0(0)	239(5)
H24	0(0)	0(0)	138(0)	43(0)	47(0)	1(0)	2(0)	4(0)	235(0)
H25	1(1)	0(0)	154(0)	48(0)	49(0)	0(0)	1(0)	1(0)	254(1)
H26	1(1)	0(0)	170(0)	52(0)	58(0)	0(0)	1(0)	4(0)	286(1)
H27	1(1)	0(0)	172(0)	47(0)	46(0)	0(0)	1(0)	0(0)	267(1)

※4　（　　）内の数値は、臨時保安検査（法第 14 条の 3 第 2 項に基づく保安検査）

(2) 水張検査時の不具合事例

水張検査時の不具合事例については、危険物に関する事故とは見なされないことから統計を取っていないため、任意の消防本部に対して担当者に聞き取り調査を行った。その結果を表 3.3 に示す。

表 3.3　水張検査時の不具合事例

年度	タンク容量	事例内容
H20	100000KL	底部の溶接線が割れ、当該部分から漏水。
H23	1600KL	側板廻り階段付け根部分（補修部以外）からの滲み。
H28	9900KL	側板の孔食部からの漏水。
H28	9900KL	浮き屋根のポンツーン内への漏水。

上述のとおり、水張検査時の不具合事例は危険物に関する事故ではないので、水張検査時の不具合事例については、消防本部のみならず事業者の協力も必要であり、今後改めて調査することが望ましいとされた。

(3) 供用中のタンク底部溶接部からの流出事故事例

供用中のタンク底部溶接部からの流出事故事例について、危険物に係る事故事例「流出編」(消防庁) から平成 22 年から平成 26 年の間に発生した事例を調査した結果、表 3.4 のとおりであった。

表４　供用中のタンク底部溶接部からの流出事故事例

発生年	設置年	容量	内容物	板厚	材質	概要
H22	S43	51,252KL	JET 燃料	底板 6mm	SS41	当て板近傍の底板の溶接部（重ね合わせ）が破断し、流出したもの。
H23	S43	20,171KL	ナフサ	底板 8mm	SS41	ルーフサポート付近の底板の溶接部（重ね合わせ）が破断し、流出したもの。
H25	H21	2,000KL	酢酸	底板 10mm	SUS316	底板の溶接部（突き合わせ）が施工不良（溶け込み不良）及び腐食により貫通し、流出したもの。

また、供用中のタンク底部溶接部からの流出事故は事例数が少ないことから、過去に遡って調査を行った。(資料 4-4 参照)

(4) タンク底部の溶接部補修の状況について

危険物保安技術協会が平成 23 年度から 27 年度までの 5 年間に、保安検査又は溶接部検査（新設タンクを除く。また、1 回の開放で複数回検査を実施したものは 1 基とする。）を実施した容量 1,000KL 以上の特定屋外貯蔵タンク 2307 基（旧法タンク：1854 基、新法タンク：453 基）の底部溶接部の補修箇所、補修長さ等について、データを取りまとめた。（資料 4-3 参照）

４　次年度以降の調査検討事項

次年度以降は、以下の項目について調査検討を行うものとする。

(1) 水張検査における不適合事例

一部の消防本部からの聞き取りから、底部溶接部の破断事例があったほか、側板の腐食等による漏れの事例があった。

来年度は、各消防本部や業界団体に水張検査における不具合事例のアンケート調査を行い、詳細な分析を行う。

(2) 供用中のタンク底部の溶接部からの流出事故事例

水張検査を免除できる条件を検討することを踏まえ、取りまとめた流出事故事例について、原因の調査、分析等を行う。

(3) タンク底部溶接部補修の実態調査

タンク底部溶接部の補修状況について調査した結果、設置が古いタンクほど補修率が高

い傾向にあった。この傾向について、新法タンク・旧法タンク（溶接施工法確認試験の有無）による違いか、老朽化によるものか等、更に分析を行う。

(4) 溶接部補修の熱影響の調査

溶接部補修の熱影響による残留応力や脆性破壊の可能性について、試験の目的、具体的な手法等を示した上で、試験及びシミュレーション解析等を行う。

(5) タンク底部における溶接部補修に伴う水張検査の代替手段等の検討

(1)～(4)の調査等を踏まえ、タンク底部における溶接部補修に伴う水張検査の代替試験等に関する検討を行う。

以上