

UME-317	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） W.Geary, and J.Hobbs: Case Studies in Engineering Failure Analysis 1 (2013) 257-264		本資料の作成者名 梅村文夫
整理番号	資料のタイトル Catastrophic failure of a carbon steel storage tank due to internal corrosion		
失敗事例のタイトル 有機溶媒液中に混入した水に起因する腐食			一次原因（材料要素） 腐食
機種 貯蔵タンク	部品 タンク胴板	材料 炭素鋼	使用環境 廃溶媒（主成分：トルエン）
損傷発生時の状況 <p>複数の貯蔵タンクが、コンクリート壁（堤防）内に建設されていた。そのうちの一つのタンクが突如倒壊し、コンクリート壁を破壊した。そのため、内容物の廃溶媒が外部に漏出し、重大な環境汚染をもたらした（2009年）。タンクの使用歴は、概略10年であった。</p> <p>このタンクは、約350m³の廃溶媒を保管する貯蔵タンク（高さ10m、直径約8m）であり、タンクの胴体（高さ10m）は幅（高さ）2mの板を溶接で5段重ね上げて作成されていた。タンク胴体の板の厚みは5mmであった。内容物は有機物（主成分：トルエン）という事で、腐食性は無いと判断し、胴板の腐食代はゼロ、すなわち腐食代は全く考慮してなかった。</p>			
調査内容とその結果 <p>破壊した近傍の板厚を調査した結果、多くの部分で設計厚さ（5mm）より薄い個所が見られた。破面及びその近傍は腐食生成物で覆われていた。腐食生成物を除去し破面及び近傍を観察した結果、塑性変形の痕跡が見られ、破面は延性破壊とせん断破壊の両方の様相を示していた。</p> <p>5段重ね（2m板を溶接で積み上げた構造）の下から2段目の胴板が最も腐食で減肉しており、最少肉厚さは0.59mmであった。腐食はタンクの内面側から生じていた。</p> <p>タンクの外面には塗装（厚さ約0.3mm）が施されており、多くの個所で塗装は健全な状態であったが、破壊個所とその近傍では、塗装が剥離している個所が見られた。胴板の塑性変形に起因して、塗膜が剥離したと判断出来る</p> <p>タンクのレベルゲージの記録によると、タンク倒壊時には、内容物は75%充填されていた。</p> <p>胴板の化学分析の結果では、板は規格（BS EN 10025 S275）を満たす健全な炭素鋼であり、金属組織も通常の形態であった。板の硬さも健全材の硬さを示しており、硬さから推測される引張強度も規格値を満たしていた。</p> <p>有限要素法で腐食により胴板が薄くなった時の周方向応力を計算した。その結果、減肉部では、タンク内容物から受ける内圧により、胴板は力学的に耐える事が出来ない事が明らかにされた。</p>			
損傷発生のシナリオ <p>タンク倒壊時当時3ヶ月間の内容物の分析記録によると、内容物の主成分はトルエンであり、他に少量のメタノール、エタノール、アセトン等の有機物を含むとともに、水を含んでいた事が分かった。水の量は場所によって異なり、タンク底では1.2~3.2%、水のpHは3.3~4.4に低下していた。</p> <p>EEMUA（The Engineering Equipment and Materials Users Association）のガイドラインによると、トルエンを含む溶液中の炭素鋼の腐食速度は0.1~0.25mm/年とされている。タンクの使用歴は概略10年であることから、最大に見積もっても腐食による減肉は2.5mmであり、残存厚さは2.5mm以上となる。倒壊したタンクの最少肉厚は0.59mmであった。ところで、炭素鋼の腐食は、pHが低下した水によって加速する事が良く知られており、本タンクもpHの低下した水によって腐食が加速され、肉厚が過度に薄くなり、内容物の圧力に耐えられず、破壊したと判断できる。なお、下から2段目の位置で腐食が著しかった原因として、ジェット攪拌機が関与していた可能性も考えられた。</p>			
対策（損傷発生時にとられた対策あるいは現在とるべきと考えられる対策） <p>タンクの内面を塗装で防食するか、あるいはステンレス鋼製のタンクにする。</p>			
教訓 <p>(1) トルエンでも、その中に水を含み、その水のpHが低下するよう場合、炭素鋼の腐食は加速される。</p> <p>(2) 通称、非水溶媒でも大気環境中での取り扱いでは吸水等により含水環境となるので、炭素鋼の腐食代をゼロとするのは非常識、本事例は完全に設計の誤りと判断される。</p>			

備考			
主要因		教訓とすべき対象者	
チェックボックス		チェックボックス	
	当時の技術レベルでは不可抗力	○	設計者
	情報伝達不備・不足		製作者 / 建設担当者
○	担当者不勉強/教育不十分/意識不測		検査者
	指示ミス	○	使用者
	うっかり、ぼんやり		メンテナンス者
	その他		その他

2 ページ以降に写真、図表等を添付してください