

海

2021 年 6 月 30 日

本地領牌浮塢 “YIU LIAN FLOATING
DOCK NO.1” 於香港友聯船廠近岸水
域發生沉沒事故的調查報告



香港特別行政區
海事處
海事意外調查組

2022 年 8 月 11 日

調查目的

海事處海事意外調查部調查這宗意外事故，旨在確定事發經過和肇事原因，以期改善海上人命安全，避免日後再次發生同類事故。

我們無意將過失或責任歸咎於任何組織或人士，除非為達到上述目的而有需要這樣做。

海事意外調查部不會牽涉於海事處可能對這宗意外事故所採取的任何檢控行動或紀律處分。

目 錄

頁 碼

總 結	1
1. 船 隻 資 料	3
2. 證 據 來 源	4
3. 肇 事 始 末	5
4. 證 據 分 析	8
5. 結 論	17
6. 建 議	18
7. 送 交 文 件	19

總結

2021年6月30日，碇泊於香港友聯船廠（船廠）近岸水域的本地領牌浮塢“YIU LIAN FLOATING DOCK NO.1”（浮塢）進行進出塢作業。於0845時，浮塢塢長（塢長）開始為浮塢壓載水艙注水，使其下沉，讓塢內船隻離開。當所有船隻離開浮塢後，塢長繼續為浮塢壓載水艙注水，準備其他待修的船隻進塢。在浮塢壓載下沉操作過程中，塢長發現第3及第4段浮箱壓載水艙水位比其他壓載水艙高，為控制浮塢下沉的異常，塢長遂關閉所有浮箱壓載水艙的電動進水閥（進水閥）及電動旁通閥（旁通閥¹）。同時打開該兩段浮箱的電動排水閥（排水閥），並啟動其壓載水泵將壓載水排放，惟艙內水位沒有下降跡象。其後，塢長打開了浮塢各壓載水艙的旁通閥及排水閥，啟動所有壓載水泵並聯排放浮塢壓載水，期望能止著下沉的速度，但未能奏效。於1945時，塢長關閉第4段浮箱壓載水艙的排水閥，讓潛水員下水檢查。約數分鐘後，第4段浮箱壓載水艙水位突然急速上升，為著潛水員的安全及為免浮塢繼續下沉，塢長立即通知潛水員上水，停止檢查並繼續排放浮塢壓載水。於2000時，塢牆²船艙多處發現入水，浮塢電力中斷，壓載水泵停止運作，海水持續湧入浮塢各壓載水艙及塢牆各艙室，浮塢繼續下沉。最後塢長關閉浮塢的燃油供應閥，宣佈棄塢，所有員工登上拖輪安全撤離浮塢。浮塢最終下沉擋淺。

調查發現下沉事故的肇因為浮塢的結構強度減弱，在各獨立浮箱的甲板鏽蝕顯著，其蝕耗接近鋼板的蝕耗極限³，未能及時進行有效的維修保養；在浮塢下沉時，船廠未能提供相關應急操作指引及應變措施；在排放壓載水期間，工作人員缺乏安全意識，未有意識到浮塢承受撓度及應力的變化可能使鏽蝕顯著的浮箱甲板進一步變形而破損，削弱浮塢的浮力。

¹ 浮塢的中央連通管連接到各浮箱壓載水艙的總支匯管。每段浮箱裝有一個電動隔艙旁通閥，必要時打開旁通閥，連貫其他水艙進行並聯注水或排水操作。

² 位於浮塢兩側，用以承受縱向強度的牆式結構。

³ 根據海事處第II類別船隻安全標準工作守則一附件M指引，鋼質船體外殼板及甲板厚度的蝕耗不可多於原建造厚度的百分之三十。相關板材蝕耗超過上述極限時，須予割換。

調查還發現當浮塢失去電力供應，壓載水艙的旁通閥和排水閥不能以電動或手動方式⁴關閉時，海水沿著壓載水的排放管路⁵持續湧入各壓載水艙，導致浮塢進一步失去浮力而下沉。

⁴ 事發時浮塢各壓載水艙的手動閥門位於水線之下，未能手動關閉。

⁵ 浮塢壓載水排放管路中未有設置相應的止回裝置。

1. 船隻資料

船名	: YIU LIAN FLOATING DOCK NO.1 (圖 1 所示)
擁有權證明書號碼	: B77V
類別	: II
類型	: 浮塢
總長度	: 194.00 米
最大寬度	: 38.10 米
深度	: 15.10 米
總噸位	: 12,120.56
建造年份	: 1976
船體物料	: 鋼
船東姓名	: YIU LIAN DOCKYARDS LIMITED

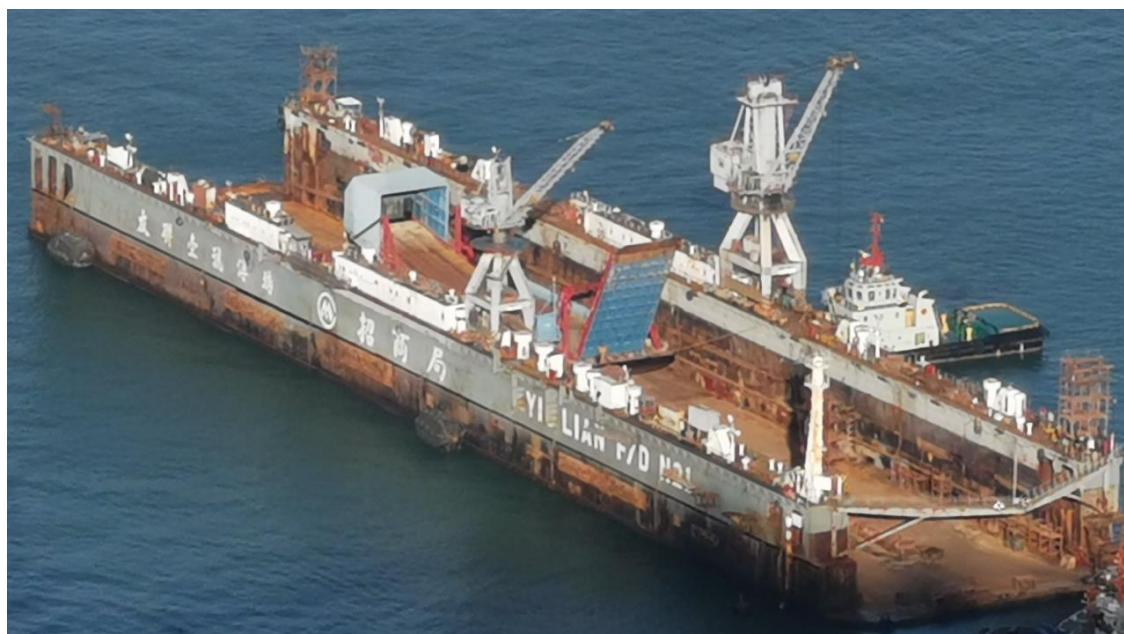


圖 1 : YIU LIAN FLOATING DOCK NO.1

2. 證據來源

- 2.1 浮塢塢長提供的資料。
- 2.2 船廠提供的資料。
- 2.3 香港天文台提供的天氣報告。
- 2.4 海事處本地船舶安全組提供的資料。

3. 肇事始末

本文時間為本地時間（協調世界時+0800）

- 3.1 2021年6月30日約0830時，碇泊於香港友聯船廠近岸水域的本地領牌浮塢⁶ “YIU LIAN FLOATING DOCK NO.1”開始進出塢作業。
- 3.2 約0845時，浮塢塢長於浮塢中央控制室（控制室⁷）通過中央監察及控制系統打開浮塢壓載水艙⁸的電動進水閥進行壓載注水，開始浮塢壓載下沉操作⁹。
- 3.3 約0930時，浮塢下沉到平均吃水約7.9米後，塢內所有船隻出塢，完成出塢作業。隨後塢長繼續為浮塢壓載注水，準備進塢作業。
- 3.4 約1000時，浮塢前吃水11.9米，後吃水10.8米。在附近水域待修的船隻陸續進入浮塢，並約1050時到達浮塢內的預定位置。
- 3.5 於浮塢壓載下沉操作過程中，塢長發現第3及第4段浮箱壓載水艙進水比平時操作時要快。塢長遂關閉所有浮箱壓載水艙的進水閥及旁通閥，並啟動壓載水泵對第3及第4段浮箱進行排水，但艙內水位未有下降跡象。塢長隨即通知船廠工程部尋求幫助，同時亦安排機房員工到現場檢查壓載水艙進水閥的工作狀態。經檢查確定所有壓載水艙進水閥的工作狀態均顯示為正常。

⁶ 浮塢為分離型結構，由7段獨立浮箱和左右兩舷塢牆利用螺栓連接組成。

⁷ 中央控制室位於浮塢右舷第4段塢牆的上層甲板。

⁸ 浮塢的每段獨立浮箱由一道位置於中線的水密縱艙壁分隔成左右兩邊。每邊另有一道上部設有透氣孔的邊縱艙壁再分隔成2個壓載水艙。即每段浮箱有4個壓載水艙，整個浮塢共有28個壓載水艙。

⁹ 壓載下沉操作是指通過打開壓載水艙的進水閥，靠重力注入壓載水。相反地，排水上浮操作則是指通過打開壓載水艙的排水閥及啟動其壓載水泵排掉壓載水。

- 3.6 約 1115 時，浮塢前吃水 12.2 米，後吃水 11.8 米。第 3 及第 4 段浮箱壓載水艙水位一直顯示為超高位狀態。船廠工程部管理人員到達現場瞭解情況後，塢長打開了各壓載水艙的旁通閥及其排水閥，並啟動 7 個壓載水泵排放壓載水，但未能奏效，浮塢仍繼續慢慢下沉。
- 3.7 約 1145 時，船廠管理人員與塢長商討後，決定調遣潛水員進行水下檢查及封堵第 3 及第 4 段浮箱壓載水艙的進水閥。
- 3.8 1100 時至 1600 時，塢長利用浮塢的 7 個壓載水泵排放壓載水，以維持浮塢正浮狀態。
- 3.9 約 1600 時，浮塢平均吃水約為 12.3 米。塢長安排塢內兩艘船隻離開浮塢。同時潛水員亦到達現場，準備下水進行塢底檢查。
- 3.10 約 1615 時，位於浮塢的主配電板房¹⁰開始進水。塢長立即安排從附近的發電機房接駁兩台風泵及兩台潛水泵為主配電板房進行排水，以免停電。
- 3.11 約 1630 時，兩艘船隻出塢，潛水員隨後下水進行第 3 段浮箱壓載水艙的進水閥檢查。為了潛水員的安全，塢長關閉第 3 段浮箱的壓載水艙排水閥停止排水。
- 3.12 約 1730 時，浮塢吃水為 12.9 米，超過最大吃水上限。潛水員上水報告，目測第 3 段浮箱壓載水艙的進水閥處於關閉位置。塢長隨後打開該壓載水艙的排水閥繼續排水。
- 3.13 約 1945 時，塢長關閉第 4 段浮箱壓載水艙的排水閥，潛水員下水封堵該壓載水艙的進水閥。當排水閥關閉約幾分鐘後，該水艙水位突然急速上升。塢長立即通知潛水員上水。
- 3.14 潛水員上水約幾分鐘後，塢長打開第 4 段浮箱壓載水艙的排水閥及旁通閥，全部水泵一起並聯排水。塢長同時安排員工檢查塢牆內的其他艙室。
- 3.15 約 2000 時，浮塢繼續利用壓載泵保持排放壓載水。員工報告浮塢多處出現入水，包括浮塢機艙及第 1 至第 7 段塢牆安

¹⁰ 主配電板房位於浮塢右舷第 4 段塢牆的安全甲板（見圖 2）。

全甲板上的船艙，情況開始惡化。

3.16 約2125時，浮塢電力中斷，壓載水泵停止運作，海水持續湧入浮塢各壓載水艙及各塢牆艙室，浮塢繼續下沉。

3.17 約2130時，塢長關閉浮塢上燃油供應閥，宣佈棄塢，所有員工登上拖輪安全撤離浮塢。

3.18 於2135時，塢長報告海事處浮塢發生沉沒事故。

4. 證據分析

證書

- 4.1 浮塢持有海事處簽發的法定運作牌照及驗船證明書，有效期分別為2021年11月4日及2021年11月2日。浮塢的運作符合法定證明書所須的要求。
- 4.2 浮塢亦持有海事處認可的船級社簽發的入級證明書，有效至2023年8月30日。浮塢並於2020年10月12日完成年度檢驗，符合船級社的入級及維持船級所須的要求。

天氣情況

- 4.3 據香港天文台提供的天氣報告，事發時天空多雲。1400時至2200時期間，在事發位置附近水域主要為蒲福氏風力4級，吹和緩南風。因此天氣狀況並非這事故的肇因。

浮塢的壓載水艙設計

- 4.4 浮塢每段浮箱左右兩舷各有一個長方形的中壓載水艙及一個L形的側壓載水艙（如圖2所示）。兩舷中壓載水艙之間有一道位於中線的水密縱艙壁。另外，在左或右舷中壓載水艙和其側壓載水艙之間的邊縱艙壁上部約於浮塢吃水3.8米（工作吃水）的位置設有透氣孔，可讓中壓載水艙和其側壓載水艙相通。若左或右舷其中一個水艙被意外地注入海水達致工作吃水，另一個水艙亦會入水。設計可加強浮塢的穩定性。
- 4.5 浮塢每段浮箱側壓載水艙近頂部位置設有透氣管，其管道出口設於上層甲板上。因此可排除海水從透氣管出口進入壓載水艙的可能性。

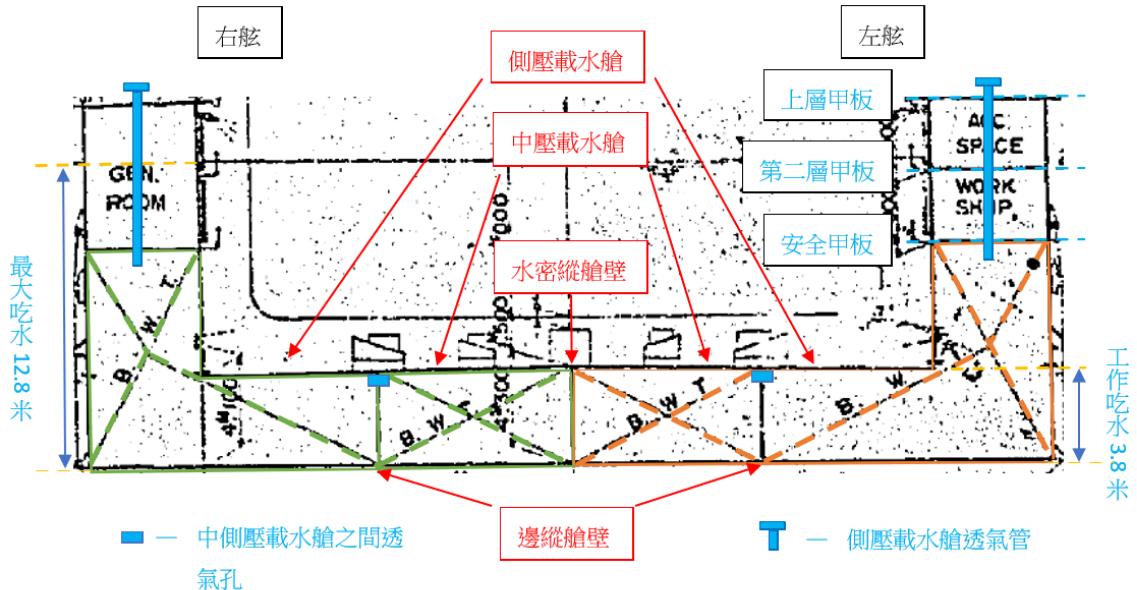


圖 2：浮箱壓載水艙橫截面圖

浮塢的檢查

- 4.6 事發後，船廠分段打撈浮塢上水。調查發現所有浮箱壓載水艙的進水閥處於關閉狀態及其人孔蓋都鎖緊蓋妥。因此可排除所有浮箱的壓載水艙因進水閥未能關閉或人孔蓋未有蓋妥而進水的可能性。
- 4.7 事發前，浮塢於2020年10月12日完成浮箱主甲板測厚檢驗，報告結果顯示各段浮箱主甲板有部份鋼板出現顯著鏽蝕：第1及第2段浮箱部份鋼板蝕耗在於27.2-29.6%之間（如圖3所示）；第3、第4及第5段浮箱部份鋼板蝕耗在於23.2-29.6%之間（如圖4所示）；第6及第7段浮箱部份鋼板蝕耗分別在於24-29.6%之間（如圖5所示）。

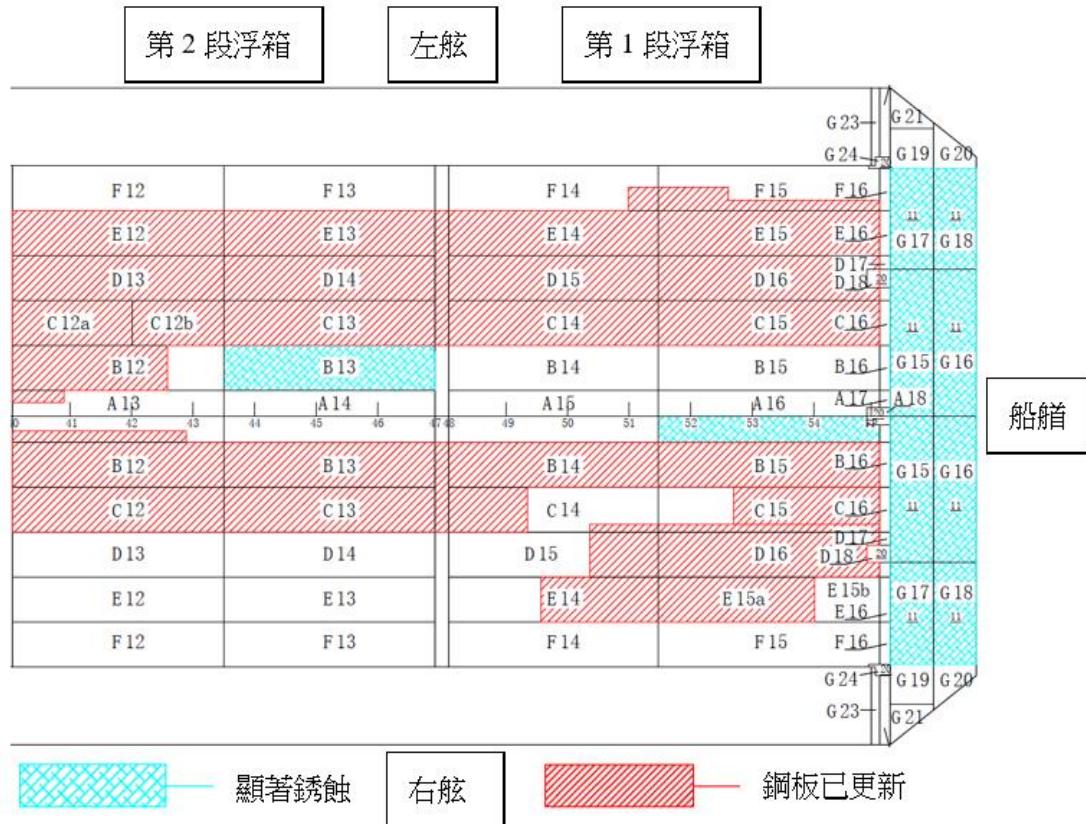


圖 3：事發前第 1 及第 2 段浮箱甲板測厚結果

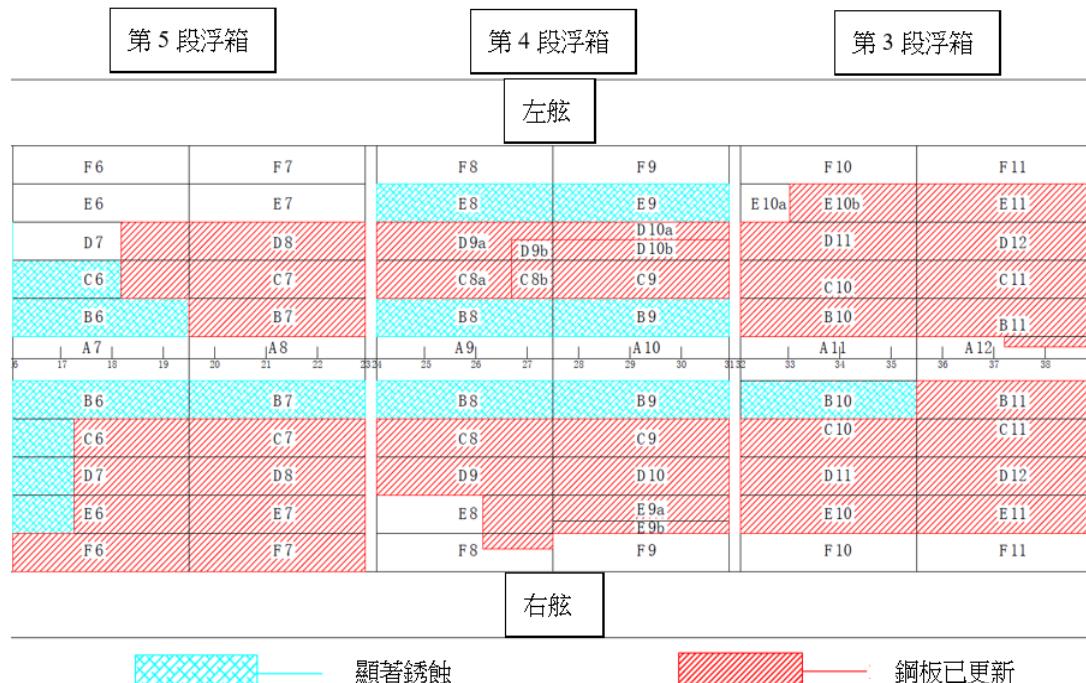


圖 4：事發前第 3 至第 5 段浮箱甲板測厚結果

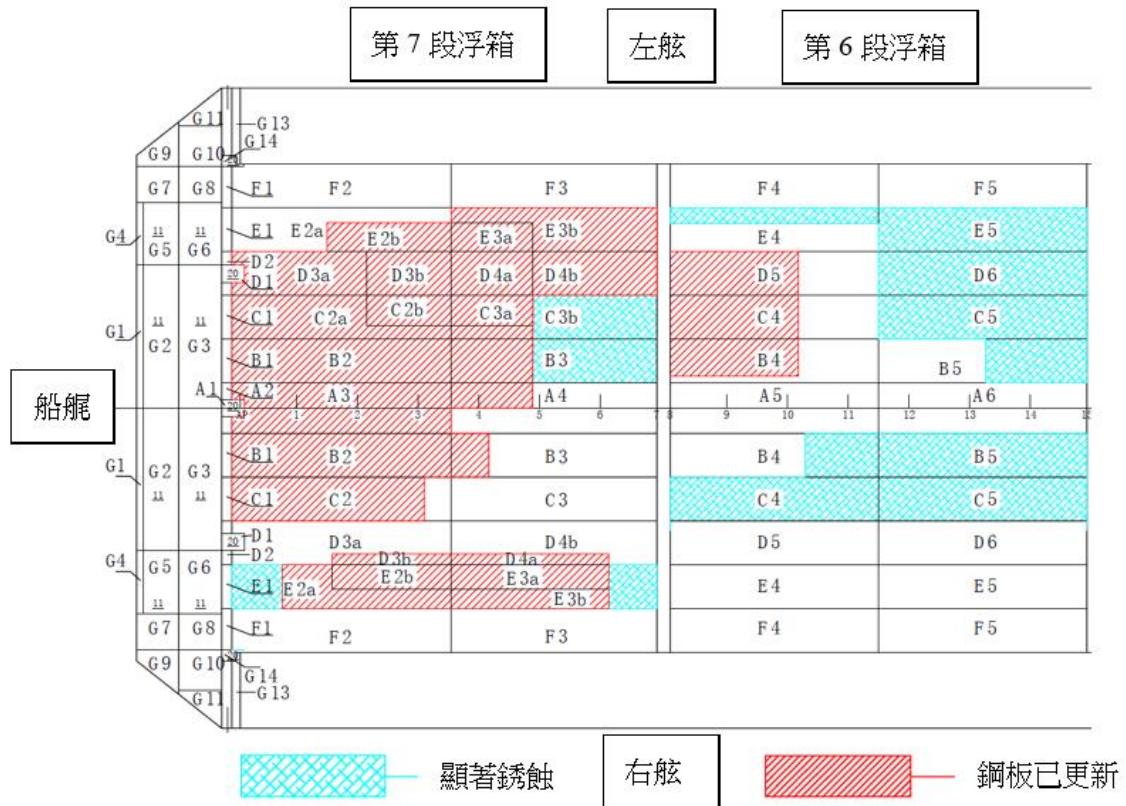


圖 5：事發前第 6 及第 7 段浮箱甲板測厚結果

4.8 調查發現各段被打撈上水的浮箱，於其甲板不同位置出現規則長度不一的破洞及長裂縫（如圖6所示）。浮箱甲板破損主要為約0.5米至24米長度不等的裂縫及一個直徑約12厘米的破洞，主要分布於第2段至第6段浮箱甲板上，而大部份裂縫出現在已有顯著鏽蝕的浮箱甲板上（如圖7至圖9所示），推斷其破洞或部份裂縫可能在事發前已存在，亦可能在浮塢壓載下沉操作時形成的進一步破損，導致各浮箱壓載水艙進水的主要肇因之一。

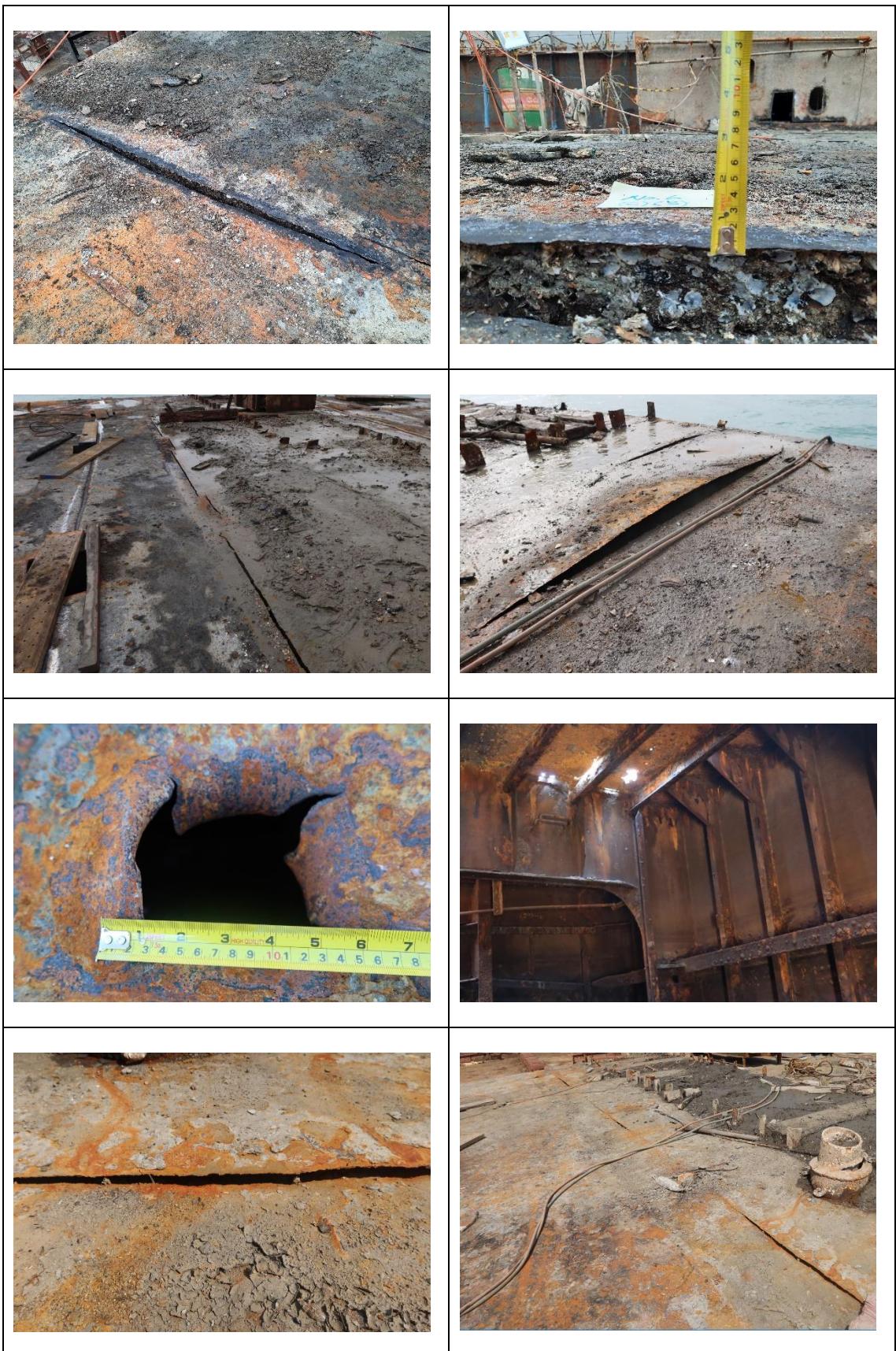


圖 6：事發後浮箱甲板出現的部份裂縫及破洞

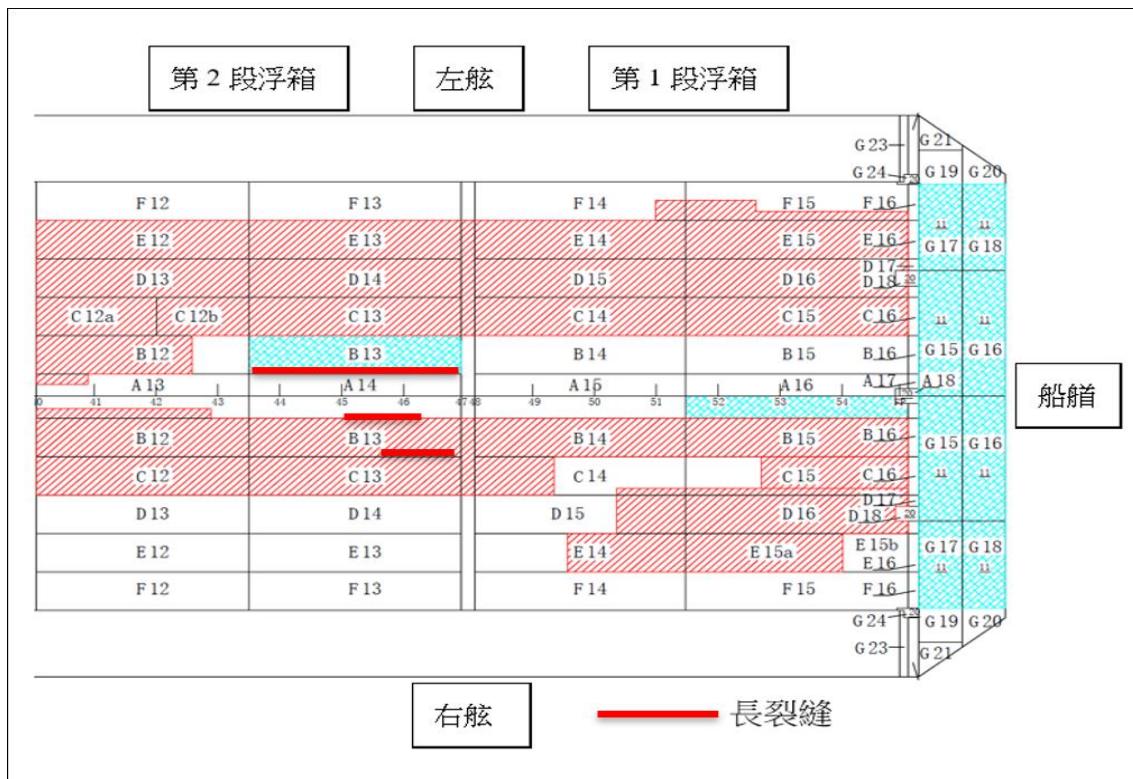


圖7：事發後被打撈上水的第1及第2段浮箱甲板出現裂縫的位置

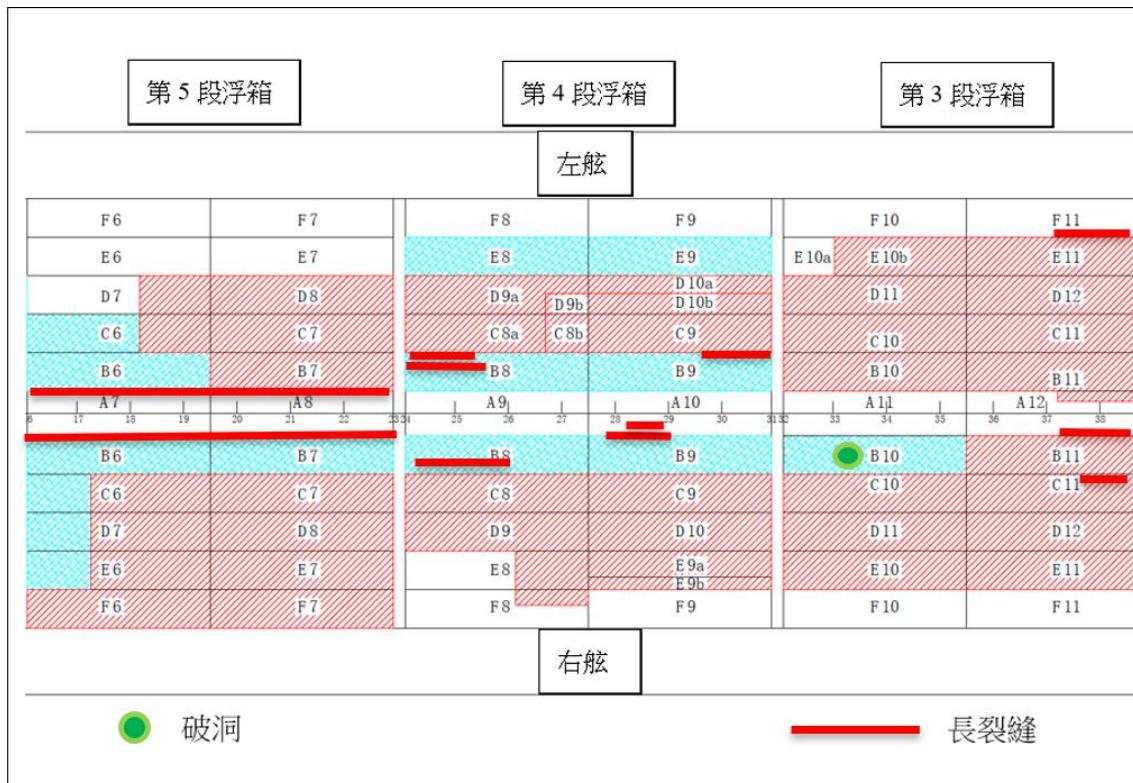


圖8：事發後被打撈上水的第3至第5段浮箱甲板出現破洞及裂縫的位置

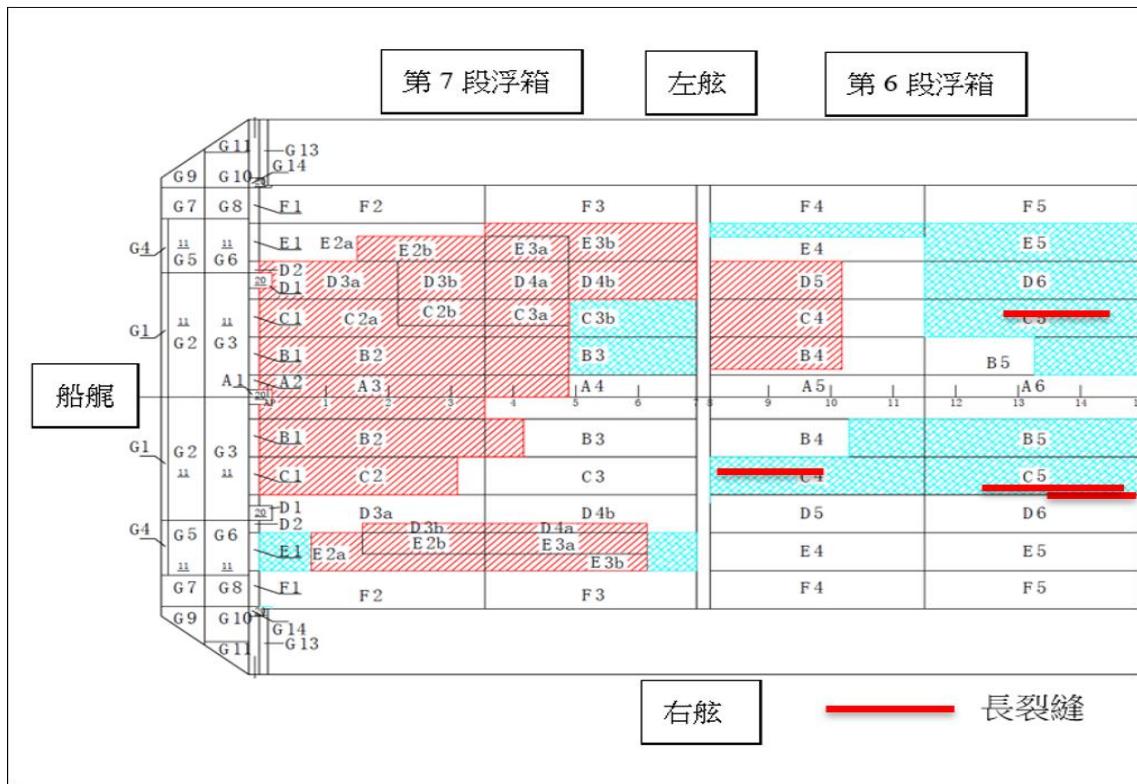


圖9：事發後被打撈上水的第6至第7段浮箱甲板出現裂縫的位置

浮塢操作

- 4.9 塢長主要負責浮塢內船隻的日常進出塢作業，包括操作浮塢及指揮船隻進出浮塢。他在船廠工作12年，擔當塢長職位已有8年，獨立完成進出塢操作超過600艘次，熟悉操作浮塢的工作。
- 4.10 浮塢壓載下沉和排水上浮操作是通過進排水系統進行操作。該系統由壓載水泵、電動閥門及進排水管三部份組成。壓載水泵、電動閥門均可在控制室監控及操作。
- 4.11 浮塢每段浮箱的壓載水艙設有1台排量每小時最大可達3000立方米的壓載水泵、7個電動閘閥門（1個進水閥、1個排水閥、1個旁通閥及4個中或側壓載水艙進排水閥）。電動閘閥門同時備有手動開關，供緊急或有需要時使用。進排水管之間沒有設置止回裝置。（如圖10所示）

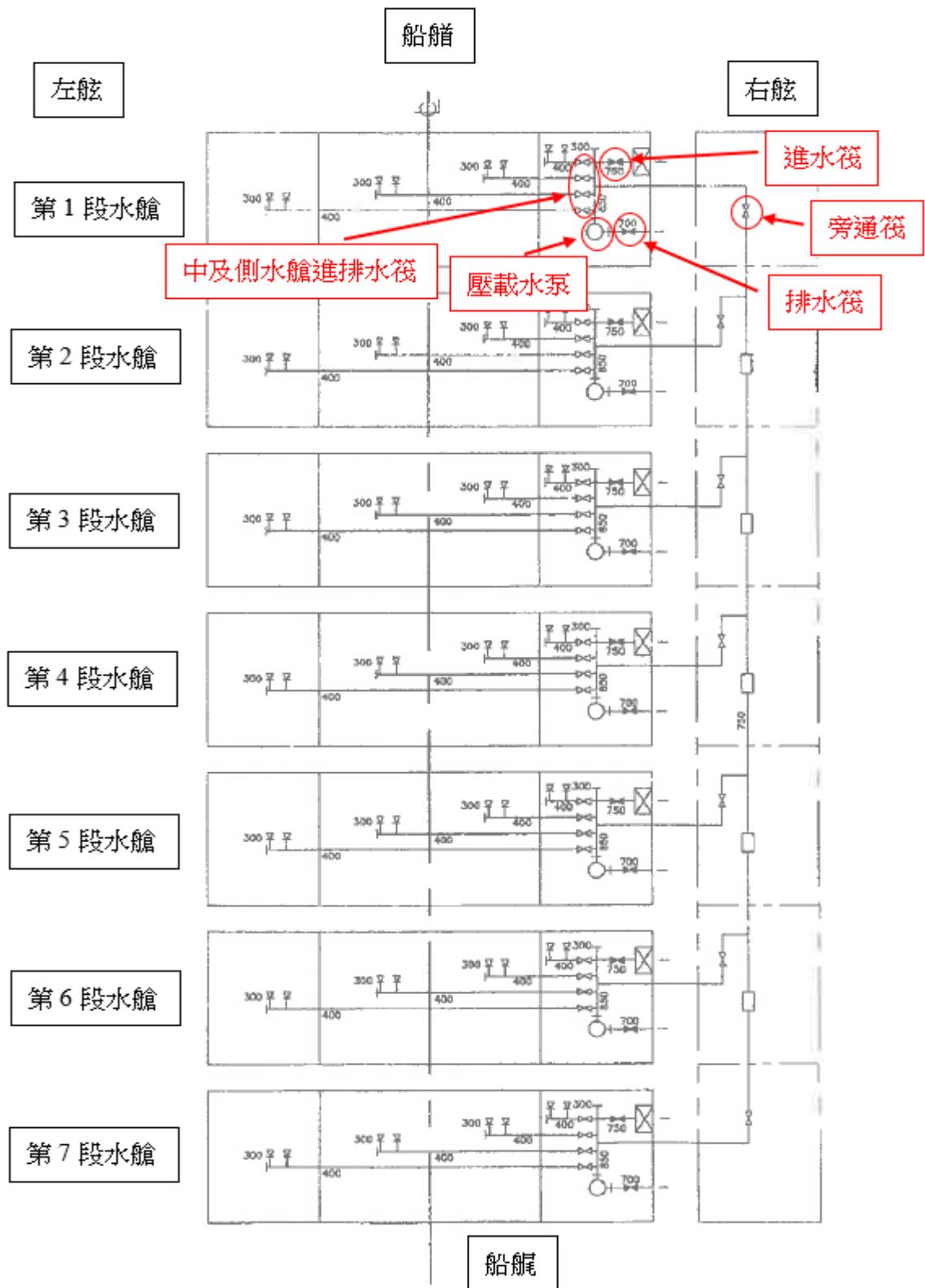


圖 10：浮塢進排水系統

- 4.12 浮塢操作是以師徒言傳為主，主要內容涉及泵排操作和坐墩計算等。工作經驗是從日常操作中累積而獲得。船廠沒有制訂或提供相關應急操作的指引。事發時，塢長按照過往浮塢的操作經驗及判斷，採取他認為合適的應急措施。
- 4.13 當排放第3及第4段浮箱壓載水未能奏效時，塢長打開了浮塢各壓載水艙的旁通閥及排水閥，利用7個壓載水泵以並聯同步的方式排放浮塢的壓載水，可能因為各壓載水艙排放壓載水效能出現差異，使浮塢壓載水的分佈不均，導致浮塢結構承受的撓度及應力產生了過大的變化。當時於排放壓載水期間，工作人員未有意識到浮塢可能承受過大的撓度及應力的變化，使鏽蝕顯著的浮箱甲板進一步變形而破損，導致受損的壓載水艙在事故中進水。
- 4.14 調查發現船廠沒有制訂或提供相關應急操作指引，在浮塢應急操作時未能提供有效的應變措施。
- 4.15 當浮塢發電機房、主配電板房相繼入水，浮塢失去電力供應時，壓載水泵停止工作，壓載水艙的旁通閥和排水閥不能以電動或手動方式關閉。海水靠重力作用順著壓載水的排放管路持續湧入各壓載水艙，浮塢進一步失去浮力而下沉。

浮塢的維修保養

- 4.16 根據浮塢於2020年10月12日的浮箱主甲板測厚檢驗報告，結果顯示浮塢浮箱主甲板有部份鋼板出現顯著鏽蝕。該鋼板蝕耗在23.2-29.6%之間，接近原建造厚度30%的蝕耗極限(參考4.7)。於2022年3月17日船廠完成浮塢分段打撈工程，在調查中發現浮塢各浮箱甲板有部份鋼板出現顯著鏽蝕，包括長度規則不一的長裂縫和破洞(參考4.8段)。根據船廠提供的維修紀錄，未有證據顯示船廠在事發前對鏽蝕顯著及破損的浮箱甲板進行有效的維修保養。

5. 結論

- 5.1 2021年6月30日，碇泊於香港友聯船廠近岸水域的本地領牌浮塢“YIU LIAN FLOATING DOCK NO.1”進行進出塢作業。於0845時，塢長開始為浮塢壓載水艙注水，進行浮塢壓載下沉操作。當塢內船隻離開浮塢後，塢長繼續為浮塢壓載水艙注水，準備其他待修的船隻進塢。在浮塢壓載下沉操作過程中，塢長發現第3及第4段浮箱壓載水艙水位比其他壓載水艙高，遂關閉所有浮箱壓載水艙的電動進水閥及電動旁通閥。同時打開該兩段浮箱的電動排水閥，並啟動其壓載水泵將壓載水排放，但艙內水位沒有下降跡象。其後，塢長打開了浮塢各壓載水艙的旁通閥及排水閥，啟動所有壓載水泵並聯排放浮塢壓載水，但未能奏效。於1945時，當塢長關閉第4段浮箱壓載水艙的排水閥，讓潛水員下水檢查。約幾分鐘後，第4段浮箱壓載水艙水位突然急速上升，塢長立即通知潛水員上水，停止檢查並繼續排放浮塢壓載水。於2000時，塢牆船艙多處發現入水，浮塢電力中斷，壓載水泵停止運作，海水持續湧入浮塢各壓載水艙及塢牆各艙室，浮塢繼續下沉。最後塢長關閉浮塢的燃油供應閥，宣佈棄塢，所有員工登上拖輪安全撤離浮塢。浮塢最終下沉擋淺。
- 5.2 調查發現下沉事故的肇因為浮塢的結構強度減弱，在各獨立浮箱甲板鎳蝕顯著，其蝕耗接近鋼板的蝕耗極限，未能及時進行有效的維修保養；在浮塢下沉時，船廠未能提供相關應急操作指引及應變措施；排放壓載水期間，工作人員缺乏安全意識，未有意識到浮塢承受撓度及應力的變化可能使鎳蝕顯著的浮箱甲板進一步變形而破損，削弱浮塢的浮力。
- 5.3 調查還發現當浮塢失去電力供應，壓載水艙的旁通閥和排水閥不能以電動或手動方式關閉時，海水沿著壓載水的排放管路持續湧入各壓載水艙，導致浮塢進一步失去浮力而下沉。

6. 建議

- 6.1 報告副本送交船廠，讓船廠和塢長知悉這宗意外的調查結果，汲取教訓，特別是加強浮塢維修保養，提高關於浮塢壓載水操作對浮塢結構影響的安全意識。
- 6.2 船廠應提供相關浮塢破損進水的應急操作指引、應變措施及相關人員的培訓；及
- 6.3 海事處會發出海事處佈告，載述這宗意外，讓業界汲取教訓。

7. 送交文件

- 7.1 調查報告擬稿已送交船廠、塢長及海事處本地船舶安全組讓他們提出意見。
- 7.2 截至諮詢期屆滿，收到香港海事處本地船舶安全組的意見。經審核其意見後，由於沒有新的發現，報告未有作出修改。