

第九章 結論與建議

本計畫應用國立臺灣海洋大學航海人員訓練中心之 NT Pro-5000 型全功能操船模擬機，以真時(Real time)方式進行操船模擬試驗，探討進港船型在較大風力、海流及波浪情況下，對於觀塘港操航水域靠泊與駛離作業之操航安全性評估作業。港域環境係依台灣中油公司提出「迴避替代方案」完成模型建立。計畫船型包括包括 17.7、21.6 及 26.6 萬立方公尺容積 LNG 船。自然環境條件須分別考量計畫區之冬、夏季節風及不同潮位流況之組合，以及進港與出港操航作業，共計 10 種試驗條件組合。第一船席位置：LNG216 船考量二種風向與二種流向搭配(共四種環境條件)，各執行 12 航次操演，並選擇其中一種困難條件執行出港操航 5 航次，共 53 航次。LNG177 與 LNG266 船則選擇兩種較困難的環境條件各執行 12 航次試驗，共 48 航次。第二船席位置：LNG216 船選擇其中一種困難條件執行進港操航 12 航次。規劃總操航試驗共 113 航次，進行操演模擬與操船安全性評估。

本計畫試驗全程操演均聘請台灣中油公司繫泊船長、臺中港領港、臺北港領港及其他具實際引領 LNG 船進出經驗之領港負責執行船舶操縱與航行試驗，並由研究團隊之資深船長、船副與教師，分別負責協助操作駕駛台俾令、舵令操控與拖船指派操作等，並且負責控制台試驗條件設定與試驗資料儲存等工作。本試驗實際完成 117 航次試驗，符合計畫合約 113 航次規定，也符合各試驗條件試驗所規範的試驗次數需求。茲就本計畫執行成果提出相關結論與建議，說明如後。

整體而言，配合台灣中油公司「迴避替代方案」觀塘港域配置、環境海流流場、航道與水深分布等試驗規劃，真時操船模擬結果顯示；依據進港安全操航程序與適當設置助航設施下，17.7、21.6 及 26.6 萬立方公尺容積 LNG 船應可在風速 15m/s 限制下安全航行進出觀塘港域。

9.1 綜合討論

9.1.1 試驗結果

本計畫共完成 117 航次試驗，其中達成任務次數共 114 次。未達成任務的航次共 3 次。LNG216 船進港操航試驗總共執行 63 航次，成功完成任務 60 航次，失效未達成任務 3 航次。LNG177 與 LNG266 船進港操航試驗總共執行 48 航次皆全部成功完成任務。以風向影響分析顯示；未達成任務共 3 航次皆為西南風條件 LNG216 船進港操航。

比較四種規劃試驗條件，其中西南風退潮流條件影響操航安全最顯著。西南風退潮流條件風向與流向均由西南向東北作用，船艏趨風性與風壓流壓造成船位偏移，影響本船由 105° 航道轉向進入 060° 進港航道轉向能力。操船者必須提早調整船位與船艏向以便順利執行轉向。本船準備進入堤口時，堤口橫流(南向北)作用使本船航向於北堤附近向左偏轉，進入南堤附近再向右偏轉的傾向，操船者必須適時調整船艏向與船位避免碰撞風險。本船進入堤口後，由於西南風為船艏來風(順風)不利於內航道減速航行，操船者必須適時調整船速，進入迴船池迴轉。泊靠第一船席航次於迴船池內掉頭迴轉操作預留下游空間，避免西南風風壓使本船船位向下風偏移，碰撞北防波堤。試驗航次編號 014 與 079 均航行至第一船席前方水域迴轉碰撞北防波堤而失效。另外試驗航次 020 與 040 迴轉時船艏與北防波堤距離亦小於船寬，存在碰撞風險。泊靠第二船席的航次提早於迴船池前緣附近迴轉，避免風壓作用碰撞第一船席南端凸角。驗航次編號 104，受風壓作用船位偏移，向右迴轉掉頭時碰撞第一船席凸角。另外試驗航次 103 船艏與第一船席南端凸角最近距離亦小於船寬，存在碰撞風險。

真時操船模擬結果顯示大部分操航試驗均可安全成功完成任務。失效航次與瀕臨危險航次亦均可藉由制定進港安全操航程序排除風險。因此，為了提升大型 LNG 船進港安全性，尤其是西南風退潮流條件，必須充足的輔助設施協助與遵守進港操航程序。

9.1.2 失效原因探討

由失效原因與位置分析，有 2 航次碰撞北防波堤，有一次碰撞第一船席碼頭凸角。因風壓作用或船速控制過高，導致迴轉位置不當應可由設置助航設施，人員訓練與針對環境條件制定進港安全操航程序，掌握俾與舵的運用，控制適當的船速、航向與船位則可以確保航行安全性。失效原因探討如下：

1. 試驗航次編號 014 與 079，試驗條件均為西南風。本船進入堤口時船速約 11~12 節，進入迴船池時船速約 8-9 節。內航道航行時錯失於迴船池前利用拖船協助、主機倒俾等機制減速掉頭迴轉，導致逼近北防波堤岸壁而艏碰撞而操演失效。
2. 試驗航次編號 104，試驗條件均為西南風泊靠第二船席。本船於迴船池中心附近向右舷迴轉，拖船僅配置於右船艏與正船艏，左船艏與正船艏拖船未作用。導致迴轉時船位往下風偏移過大，船尾碰撞第一船席碼頭凸角。

9.1.3 拖船配置

本研究真時操船模擬試驗規劃配置 4 艘 5,000hp 馬力拖船提供領港調配使用。本船進入堤口後維持航向與船位於航道中線，並減俾減速準備進入迴船池。減速至 6~7 節以下時正船艏與正船艏拖船帶纜，協助減速與保持船位與航向。向右舷迴轉時右船艏與左船艏配置拖船，向左舷迴轉時則右船艏與左船艏配置拖船。迴轉時注意風壓造成船位偏移的風險，必要時正船艏、艏拖船於下風位置協助推頂或拖拉。

除了出港航次使用 2 艘拖船協助外，進港 113 航次中有 9 航次(8%)使用 3 艘拖船，有 104 航次(92%)均使用四艘拖船。

9.2 結論

本計畫執行 17.7、21.6 及 26.6 萬立方公尺 LNG 船在較大風力(15m/s 風速)、海流及波浪情況下，對於觀塘工業港進港與出港操航安全性評估作業。本計畫擬定觀塘港真時操船模擬試驗之操航計畫，並依所研擬之定案配置完成計畫船型之真時操船模擬試驗。操航港域環境依據中油公司「迴避替代方案」觀塘港域建立。自然環境條件考量計畫區之冬、夏季節風及不同潮位流況之組合，試驗之港灣配置及海域海流數值資料由台灣世曦工程顧問有限公司提供。真時操航試驗自 2018 年 11 月 29 日完成本船船模調校後開始執行，至 2019 年 1 月 11 日止共完成 117 航次試驗，達成所有操航試驗條件所規劃的操航次數要求。同時，本計畫完成各試驗案例定性與定量分析，提出主要結論如下：

1. 本計畫共完成 117 航次試驗，其中達成任務次數共 114 次，成功率達 97%。整體而言，真時操船模擬與分析結果顯示；在觀塘港域設定環境條件，風速 15m/s 條件下，無論東北風或西南風、漲潮或退潮，三種船型 LNG177、LNG216 與 LNG266 船具有相當的安全性航行於觀塘港執行進港或出港作業。
2. 針對真時模擬試驗分析結果，提出改善措施以提升大型 LNG 船進出港操航安全性。說明如下：
 - (1) 本船啟動後，沿著 105° 航向左轉 060° 進港航道，船艏向與風向之夾角較小，偏移作用較為緩和，堤口外 1 海浬，將船位控制在航道中線上，本船可順利在航道中央進入堤口。
 - (2) 通過堤口速度應控制在 8~9 節以下，保持船位與航向於內航道中線，並逐漸減俾減速，以 6 節以下速度進入迴船池，並在到達迴船池中央時能減速至 4 節以下，以利掉頭迴轉。
 - (3) 充分使用四艘拖船標準作業模式，發揮拖船協助之功能。
 - (4) 進港靠泊第一船席操航程序：建議本船掉頭迴轉位置應位於迴船池中央區域，預留下游空間，避免西南風風壓使本船船位向下風偏移，碰撞北防波堤。雖然迴轉掉頭後船位離第一船席較

遠耗時，但可以提升操作安全性。

- (5)進港靠泊第二船席操航程序：建議本船掉頭迴轉位置應位於迴船池中心西側邊界，掉頭迴轉時船艏不超過迴船池中心以北，避免風、流作用，使船尾碰撞到第一船席的凸角。

9.3 建議

雖然依據本計畫真時操船模擬試驗結果顯示，在計畫設定條件下 17.7、21.6 及 26.6 萬立方公尺等級 LNG 船具有相當的安全性航行於觀塘工業港執行進港或出港作業。並且於第 9.2 節結論提出相關確保安全的措施，本節針對其他降低進出港操作風險，增加航行安全的助航設施建議如下：

1. 航道綠色浮標位置限制了本船的航行空間，建議內航道第一、二綠色浮標可以向左移至防波堤旁，與迴船池綠色浮標平行，且該區域水深均浚深至 18 公尺。
2. 建議第二船席迴船池紅色浮標以南及北緯 $25^{\circ}02'50''$ 以北之水域，浚深至水深 18 公尺，並將迴船池紅色浮標南移至 $25^{\circ}02'50''$ 緯度線上，以增加第一船席凸角與紅色浮標之間的距離，有利於本船迴旋空間，以及推移至第二船席之空間，否則本船在接近第二船席時，距離紅色浮標太近，可能發生碰撞浮標之危險。