

一、設計原因

軍用與公務艦艇的上層結構因重量控制與特殊需求考量，通常採用鋁材質進行結構配置。然而，本廠過去主要使用鋼材作為建造材料，並已建立一套常用的標準化鋼構吊環設計。但在鋁構材料的吊裝方面經驗較少，且尚無一套標準化的鋁構吊環設計可供使用。

由於鋼材與鋁材的特性存在顯著差異，需設計一套適用於鋁構的標準化吊環。特別是艦艇上層結構採用的鋁材板厚通常介於 6mm 至 12mm 之間，若直接沿用過去鋼構吊環的吊裝佈置，可能會導致鋁結構產生較大的變形量，甚至永久變形。因此，必須對鋁構吊裝的設計與佈置進行謹慎的評估與規劃。

二、改善方法及效益

艦艇上層結構與煙囪採用鋁材質，設計過程需綜合考量鋁材特性、結構變形量及整體吊裝負載，進行廠內標準化鋁製吊環的設計與分析。本次設計與分析主要利用有限元素法進行建模與吊裝情境模擬。

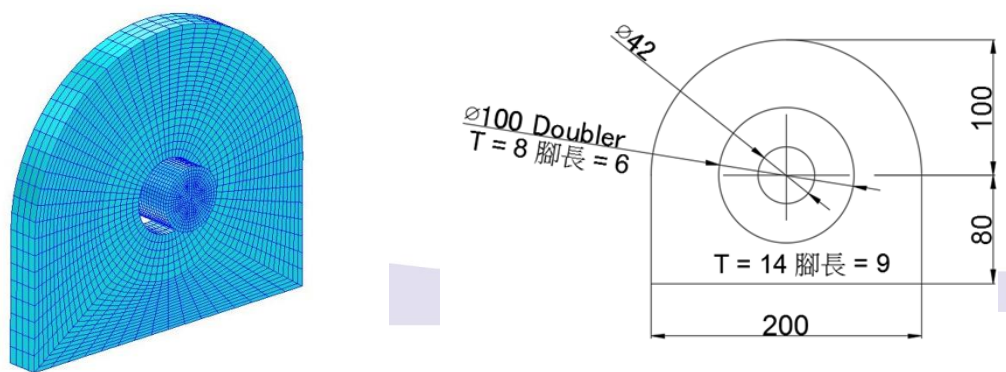
起初參照鋼構吊環需求，設計分析板厚約 20mm 的吊環母板，但由於艦艇上構與煙囪結構板厚較薄，存在厚薄板焊接處易受損的風險，

因此改採板厚 14mm 的吊環母板進行分析。此外，鋼材與鋁材在特性上的差異顯著，鋁材質的變形量約為同等條件下鋼材的 3 倍。吊裝點的佈置可能導致顯著變形，為減少變形量並避免後續整形工作，建議現場工程師根據經驗加裝 block 支撐骨材，以增強吊裝結構穩定性。

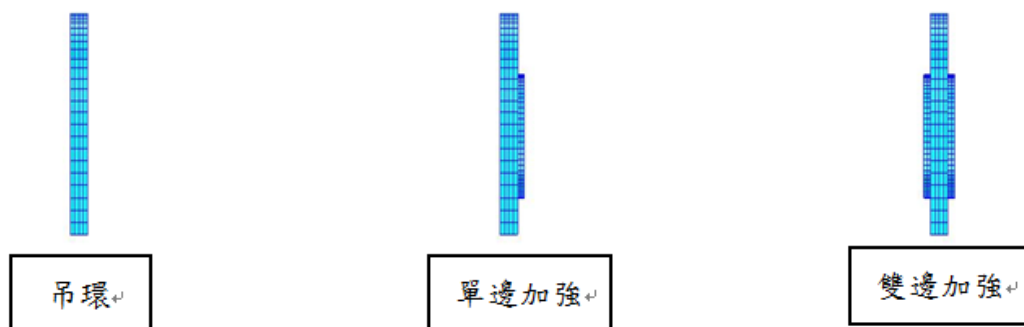
此次設計完成了兩種標準化鋁製吊環，分別為 3T 平板型與 5T H 型吊環，可用於現場 block 翻轉吊裝作業，提升施工效率並確保結構完整性。

三、 鋁製吊環結構評估分析結果

(1.) I 型吊環設計

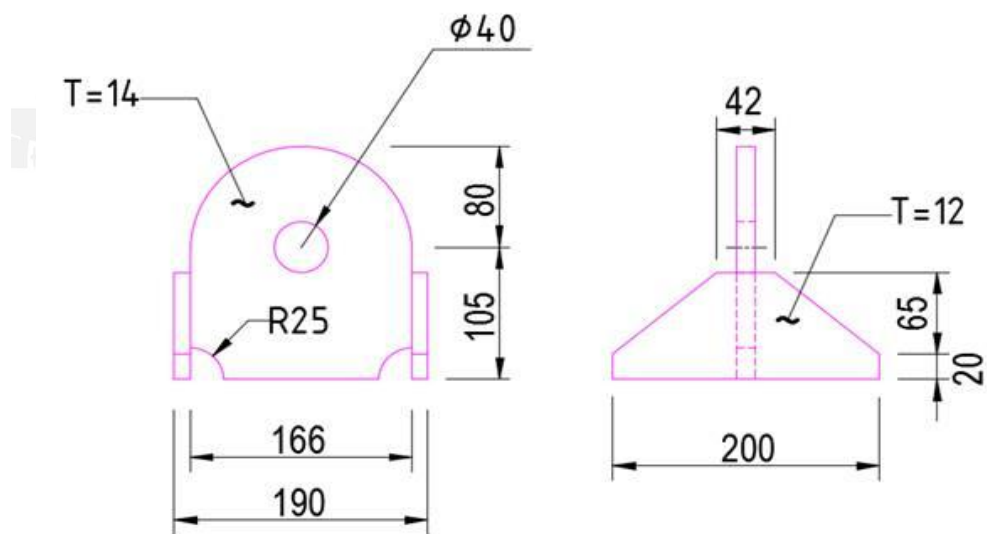


I型鋁製吊環有限元素模型示意圖

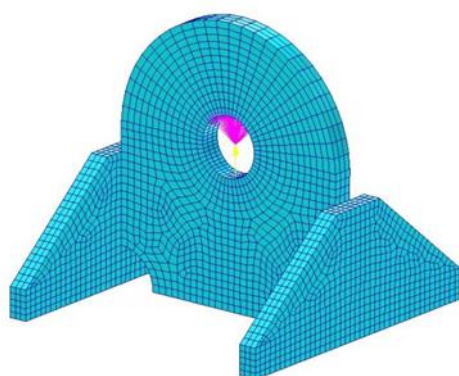


鋁製吊環加強方式示意圖

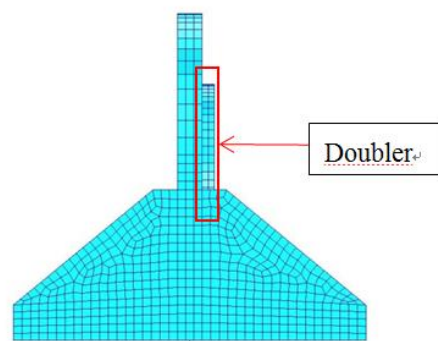
(2.) H 型吊環設計



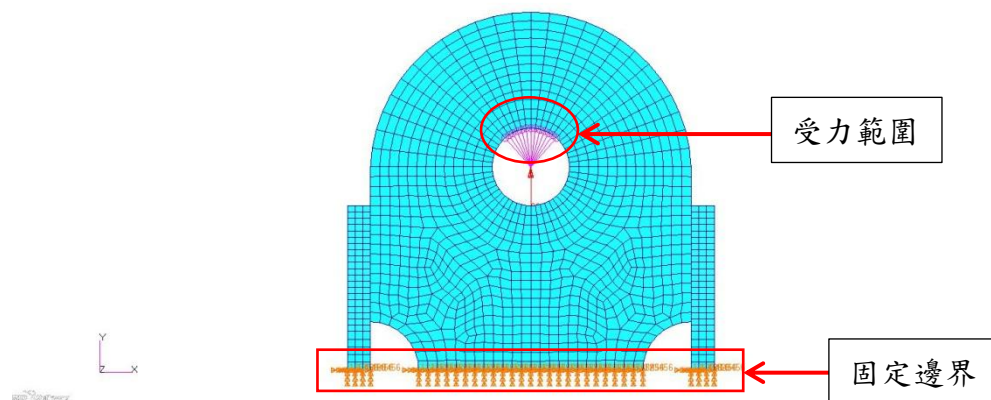
吊環尺寸示意圖



吊環有限元模型示意圖



吊環含單邊 Doubler 有限元模型示意圖



有限元模型邊界條件設定示意圖

- 三種受力面積條件：270 mm²、340 mm²、400 mm²
- 吊環孔內圓面積：1500 mm²
- 受力面積與吊環孔內面積比率：18%、23%、27%
- 本分析模型設定的材質為鋁合金-5083

➤ 評估標準:

本分析模型設定的材質為鋁合金-5083，其材料機械參數如下所示。

Alloy	0.2% Tensile Proof Stress (Mpa)	Tensile Ultimate Stress(Mpa)	Elastic Modulus (Mpa)
5083-H116	215	305	71700
5083-H116 HAZ	115	275	71700
* HAZ: 熱影響區			

➤ 分析結果:

不同厚度Doubler下吊環圓孔處應力分析結果表 (I型扁平吊環)

Doubler type	厚度 (mm)	最大邊界集中應力 (Mpa)	圓孔內部平均應力 (Mpa)	破斷安全 係數
單邊	8	313	233	1.5
	10	304	228	1.53
雙邊	4	308	252	1.38
	8	243	187	1.87

不同厚度單邊 Doubler 下吊環圓孔處應力分析結果表 (H 型吊環)

Ton	單邊 Doubler 厚 度 (mm)	最大 von Mises (Mpa)	安全係數
5T	7	152.00	1.41
	8	143.00	1.50
	9	135.00	1.59
	10	128.00	1.67
	14	125.00	1.72

四、結 論

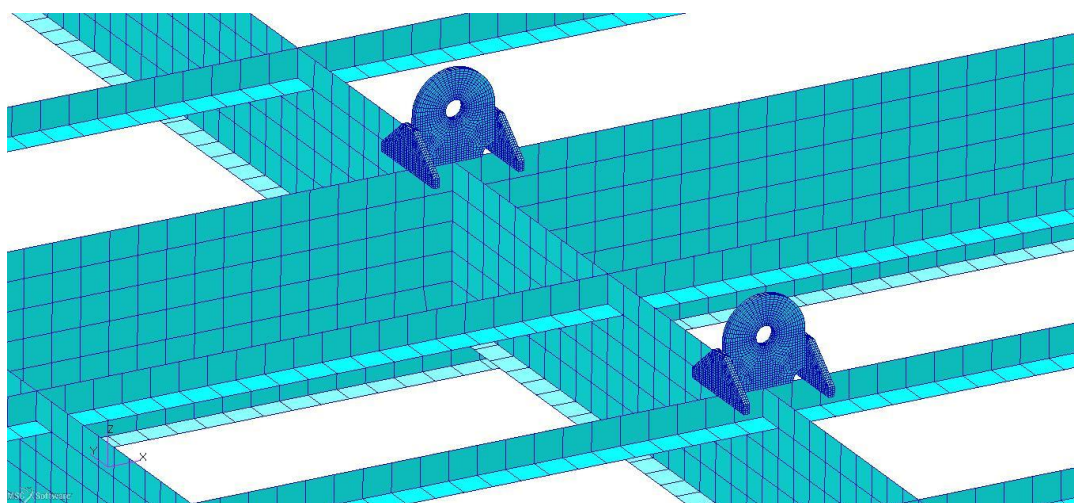
藉由吊環分析模擬並考量安全係數 1.5 以上之設計基準，因此考慮 I 型扁平吊環為母材板厚 14mm，單邊加強 8mm doubler；H 型吊環為母材板厚 14mm，單邊加強 8mm doubler 之設計，皆可達成安全係數為 1.5 倍以上之需求。

並提供現場佈置吊點人員依標準之參考依據，可依此進行小組鋁構吊點佈置，並提供相關結構加強材尺寸，使現場單位能快速且在安全之狀況下佈置吊點與進行吊裝作業。

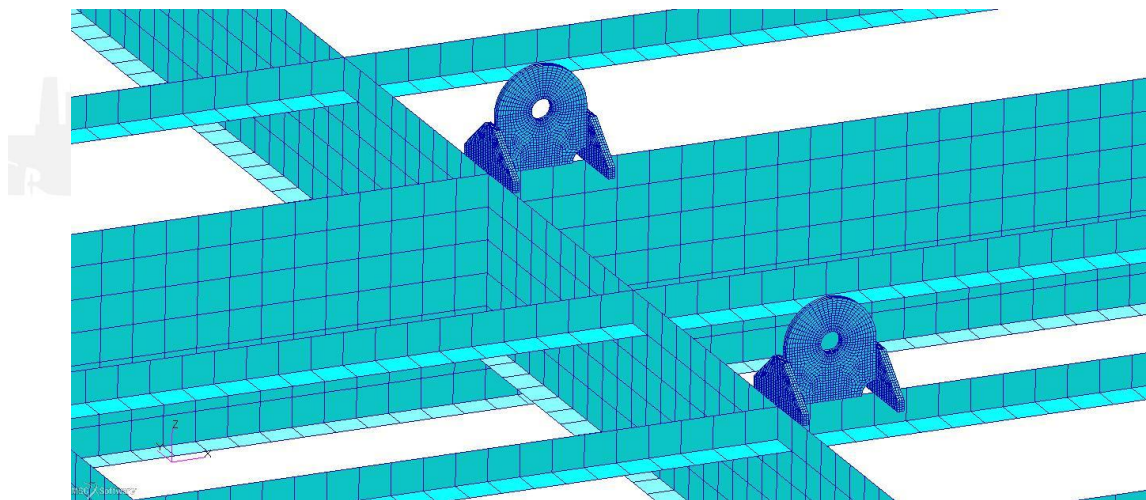
➤ 吊環佈置下之結構加強：

因鋁構材料較軟，可能造成吊裝時較大的變形，吊環佈置建議如下：

1. H 型吊環設置於較強結構交會處，建議吊環中心對骨(放置於縱橫向結構交會處)



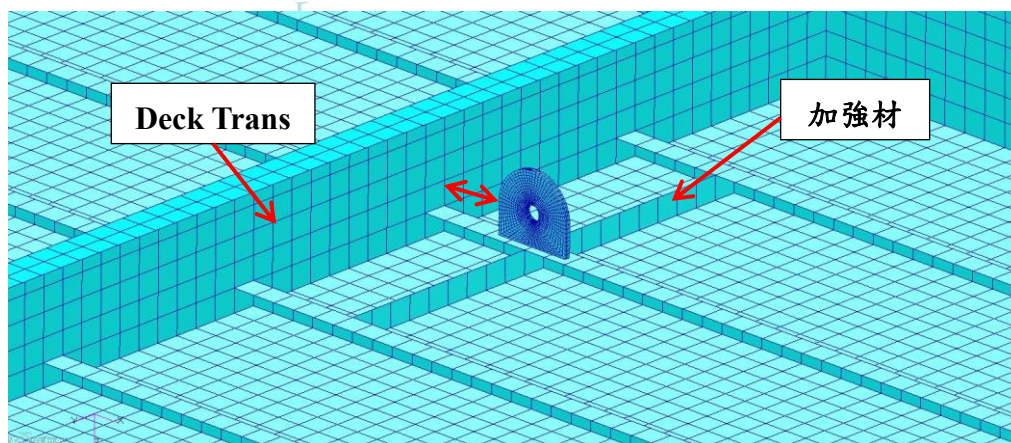
吊環中心對骨示意圖



吊環翼板對骨示意圖

2. 扁型吊環

- (1.) 建議放置於大 girder /frame 上，可提供較強支撐，也避免局部變形量過大
- (2.) 若必須放置於小根骨材上(deck long. 等)，必須加上與骨材相同厚度之加強材(FB)，但不同距離會影響板材變形量，建議儘量靠近大骨材(girder /frame)



吊環中心距離 Deck Trans 300mm 示意圖



Tons	吊環位置	吊環中心與 Trans Girder 距離 (mm)	最大 von Mises (Mpa)	安全 係數	有加強材 最大 von Mises (Mpa)	安全 係數
3 tons	Longitudinal Stiffener	120	148.00	1.45	116.00	1.85
5 tons		120	247.00	0.87	193.00	1.11
3 tons		180	307.00	0.70	119.00	1.81
5 tons		180	512.00	0.42	199.00	1.08
3 tons		240	336.00	0.64	115.00	1.87
5 tons		240	560.00	0.38	192.00	1.12
3 tons		300	350.00	0.61	135.00	1.59
5 tons		300	584.00	0.37	225.00	0.96

3 噸 I 型扁平吊環與 5 噸 H 型吊環佈置位置與結構安全係數之整理表

距離 ^{*1} 噸數	吊環位置	0mm~100 mm	100mm~300mm	300mm
3	Longitudinal	不需加強材 ^{*4}	不需加強材 ^{*4}	不需加強材 ^{*4}
5	Girder ^{*2}	不需加強材 ^{*4}	不需加強材 ^{*4}	需使用加強材 ^{*4}
3	Longitudinal	不需加強材 ^{*4}	需使用加強材 ^{*4}	需使用加強材 ^{*4}
5	Stiffener ^{*3}	不建議吊裝	不建議吊裝	不建議吊裝
備註 *1: 吊環中心與 Trans Girder 距離(mm) *2: Longitudinal Girder : 410x14+100x18 T、*3: Longitudinal Stiffener : 60x60x6 L *4: 加強材: 60x6 FB 目前分析之船體變形量皆可能會超過 15mm，請吊裝執行單位自行考量吊環位置固定方式				

3 噸 I 型扁平吊環與 5 噸 H 型吊環位置與建議加強材整理表

