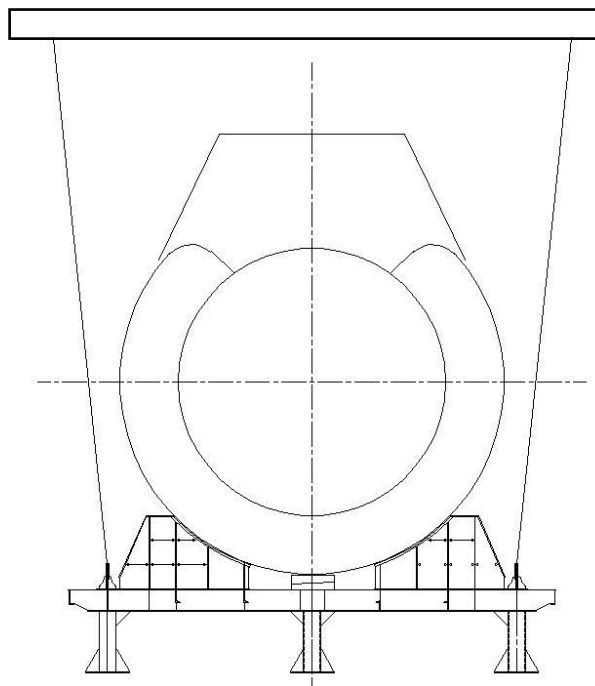


緣起

近年來本公司承建特殊造船業務，需要嚴格控管船體重量，其船段秤重工作交由船體工廠負責。船段秤重需要秤重台及吊桿才能執行。由於秤重台的吊點與吊桿呈現垂直狀態，與公司內所有現存吊桿型式完全不同，而且每船段秤重(含秤重台及吊具)達 200 至 280 公噸，因此需要設計重型及新型式的吊桿來執行任務。

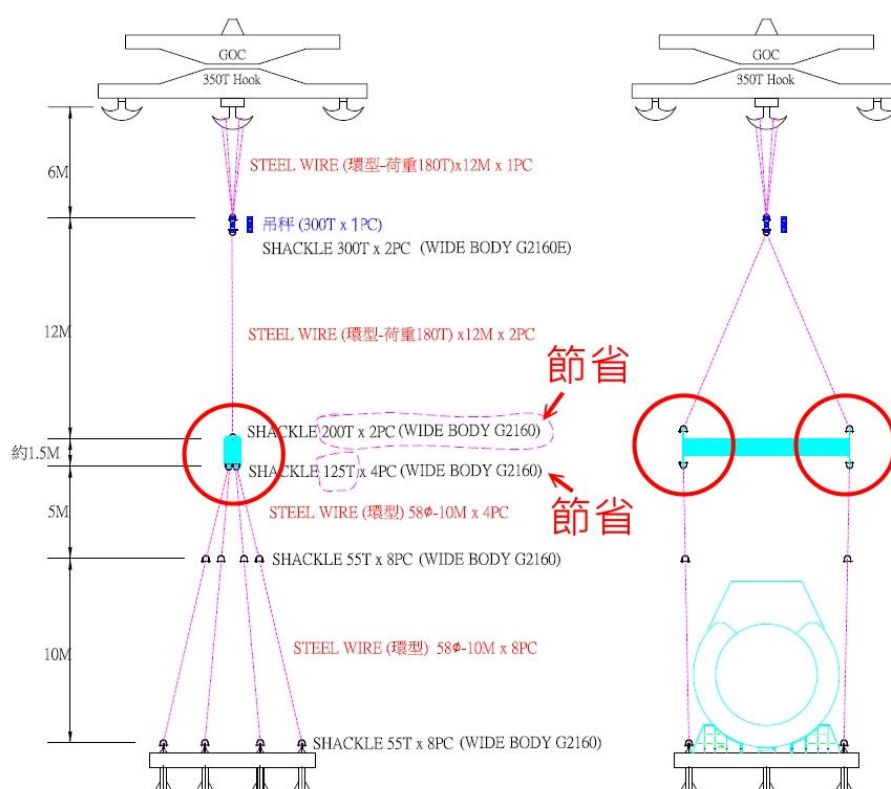


船段與秤重平台關係示意圖

設計概念

最理想的吊桿設計是 1. 吊桿重量越輕越好 2. 能夠吊越重越好 3. 吊桿造價

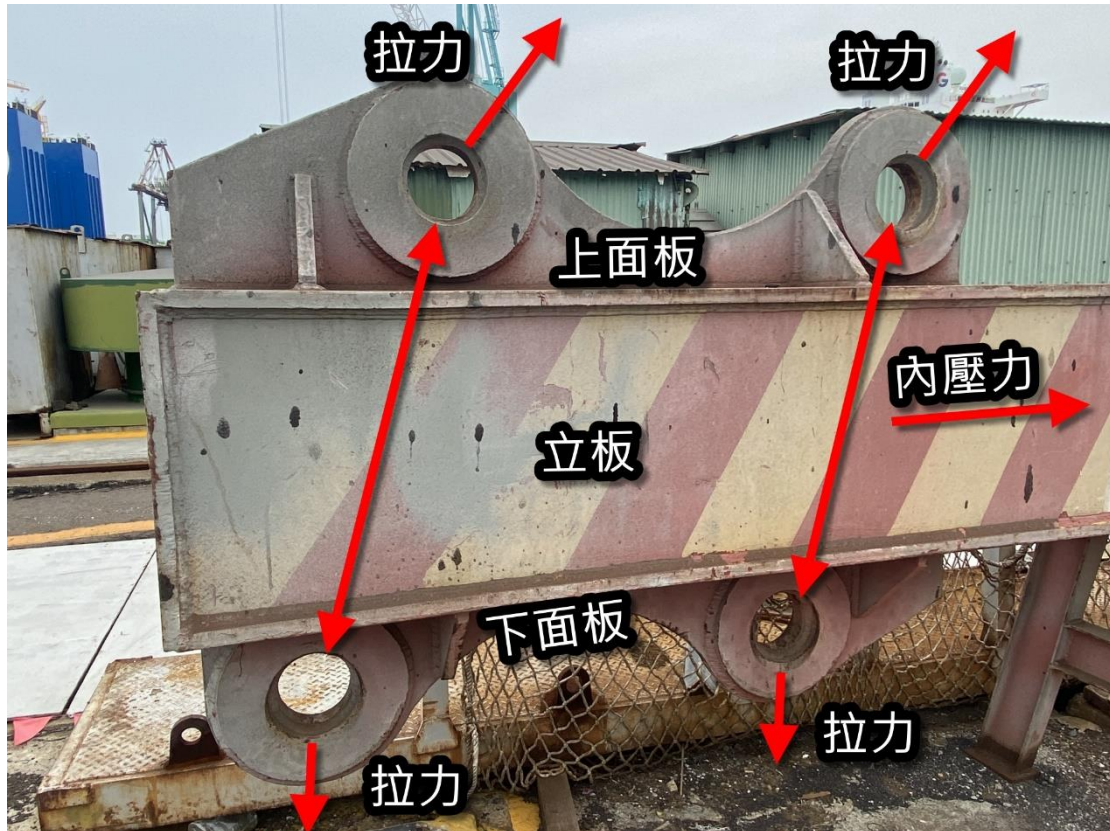
越便宜越好。基於以上三個理由進行分析，承載力 350 公噸長度 9 公尺的吊桿，若以吊環桿在吊桿上下面板的傳統設計方式，整支吊桿重量可能達 10 公噸以上，而且依據吊具配置規劃需要 200 噸卸扣 2 只及 125 噸卸扣 4 只，整套吊桿造價初估約達 175 萬元台幣。因此，輕量化吊桿及免除卸扣設計，成為吊桿改良的重點。



350 噸吊桿吊具配置圖

傳統吊桿缺點

傳統吊環設計均為單片式，吊環眼孔容易因起吊時卸扣歪斜而產生單邊磨損，而且吊環直接銲接在吊桿上下面板，其連接點除了產生上下拉力外，吊桿本體也有向內的壓力，拉力對於力量傳遞的銲接點就變得非常重要。銲工資格及 NDT 檢驗需要特別嚴格，在製造成本上也會增加不少，而且整支吊桿板厚也需要加強。



傳統吊桿力量貫穿上下面板及立板示意圖



單片式吊環設計卸扣容易歪斜



歪斜的卸扣容易產生眼孔磨損

新型式設計

為了去除傳統吊桿的缺點，改變吊環與吊桿本體連接點的受力方式就顯得特別重要，必須將傳統的吊環直接銲接在吊桿本體上下面板的方式，改以將吊環與吊桿本體分離，如此可以將鋼索拉力由吊環全部吸收，不需要經由吊桿本體傳遞。

[illegible]

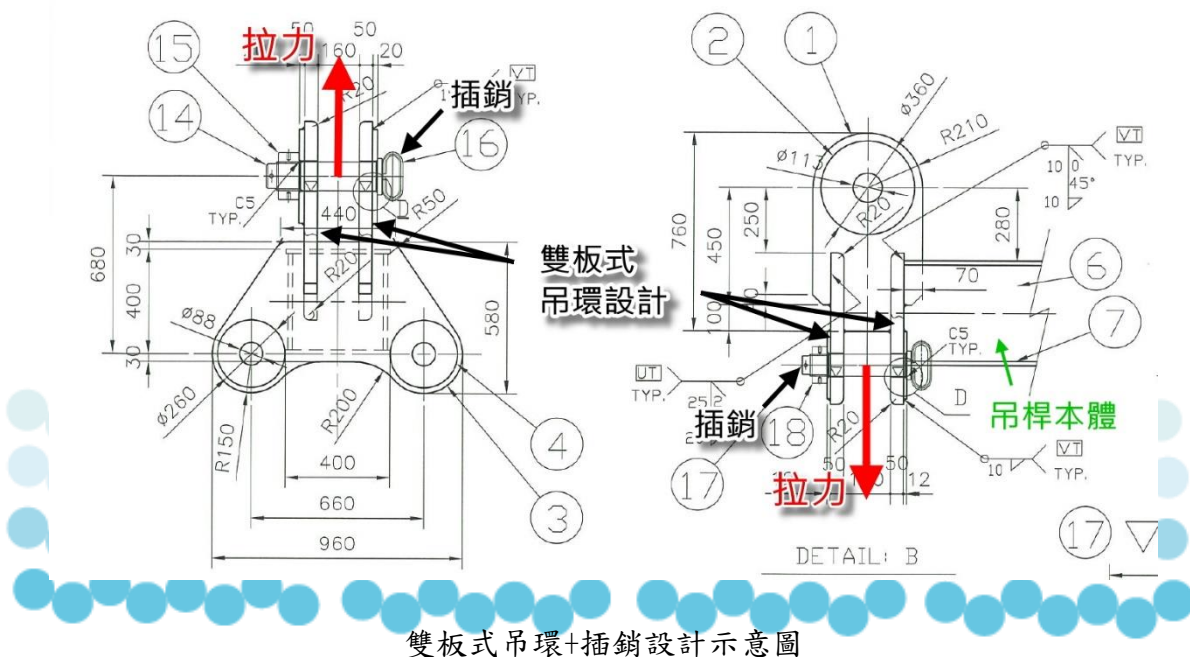
另外一點，傳統的吊環為單板式設計，卸扣加在吊環之後再加上鋼纜，這樣卸扣就變成必要配備，而重型卸扣非常昂貴，本次 350 噸吊具配置使用的 200 噸卸扣每只廠商報價 33.6 萬台幣，125 噸卸扣每只 15.6 萬台幣，一支吊桿需要 200 噸卸扣 2 只及 125 噸卸扣 4 只，合計需要 129.6 萬元台幣。為了省去卸扣昂貴費，本次設計打破傳統卸扣的需求，改以雙板式吊環外加插銷設計，這樣的設計如同將卸扣二邊支點直接轉換在吊環上，而單板的吊環變成鋼索的倒裝，如此設計也可以免除單板式吊環眼孔的單邊磨損。

另外一點，傳統的吊環為單板式設計，卸扣加在吊環之後再加上鋼纜，這樣卸扣就變成必要配備，而重型卸扣非常昂貴，本次 350 噸吊具配置使用的 200 噸卸扣每只廠商報價 33.6 萬台幣，125 噸卸扣每只 15.6 萬台幣，一支吊桿需要 200 噸卸扣 2 只及 125 噸卸扣 4 只，合計需要 129.6 萬元台幣。為了省去卸扣昂貴費用，本次設計打破傳統卸扣的需求，改以雙板式吊環外加插銷設計，這樣的設計就如同將卸扣二邊支點直接轉換在吊環上，而單板的吊環變成鋼索的倒裝，如此設計也可以免除單板式吊環眼孔的單邊磨損。

報價憑單

品名 Description	單位 Unit	數量 Q'ty	單價 Unit Price	金額 Amount
1.300噸秤重儀 含SGS報告費用,5年校正費用	組	2	595,000	1,190,000
2.300噸卸克 1021527 G2160 E 美國現貨	只	2	583,000	1,166,000
3.180T 12M長 鋼索	條	3	200,000	600,000
4.200噸卸克 No.1021234	只	2	336,000	672,000
5.125噸卸克 No.1022110	只	4	156,000	624,000
6.40噸鋼索 10M	條	12	99,800	1,197,600
7.55噸 卸克 No.1021287 美國現貨 鋼索交期約30天,安全係數 6:1 卸克無現貨需20週 秤重儀交貨期:6週	只	16	65,000	1,040,000
Total(未稅):				6,489,600
營業稅:				324,480
合計:				6,814,080
報價有效期限: 30天				
交貨期: 140天				
交貨地點: 貴公司				
付款條件: 一次付清				

重型卸扣報價單





雙板式吊環實際成品



雙板式吊環與鋼索實際安裝圖

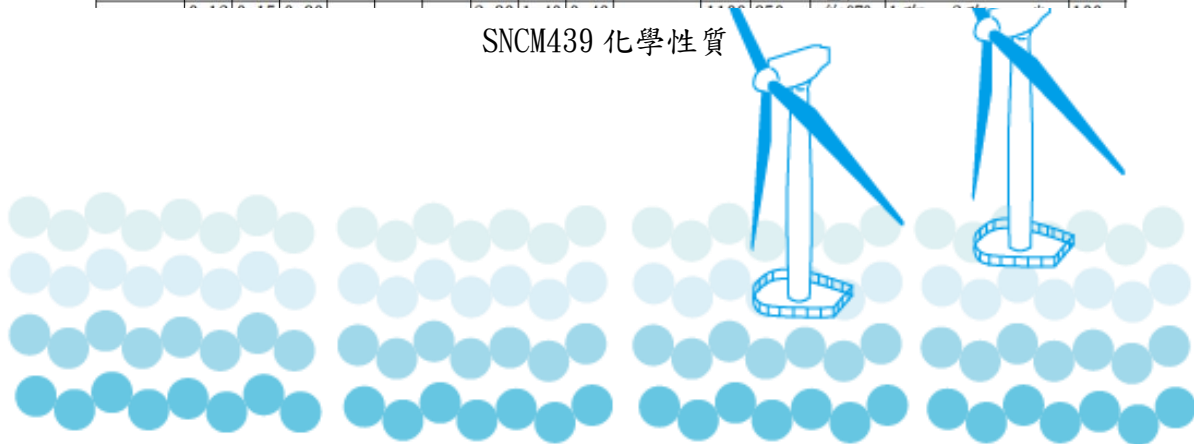
插銷設計

新型式吊桿沒有卸扣，改以插銷替代卸扣的插銷，由於重型鋼索直接與插銷接觸，插銷的韌性、耐磨性及耐衝擊性就變得非常重要。本次插銷選用材質 SNCM439 鎳鉻鉬鋼(俗稱藍十字合金鋼)，此材料有以上的優點，另額外施以調質處理及中週波硬化處理，更可以增加材料的韌性及耐磨性。其化學性質及機械特性如下表所示

附表：中、低碳鎳鉻鉬合金鋼（SNCM 系列）成份、熱處理、機械性質

大同 記號	化學成份 %									JIS 記號	鍛造 溫度 ℃	熱處理 ℃			
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo			正常 化	退火	淬 火	回火
SNCM220 (SNCM21)	0.17 0.23	0.15 0.35	0.60 0.90	≤ 0.03	≤ 0.03	≤ 0.03	0.40 0.70	0.40 0.65	0.15 0.30	SNCM220 (SNCM21)	1100 850	850 ~900 空冷	約850 爐冷	1次 2次 * 850~900, 800~850 油冷 油冷	150 ~200 空冷
SNCM240 (SNCM6)	0.38 0.43	0.15 0.35	0.70 1.00	≤ 0.03	≤ 0.03	≤ 0.03	0.40 0.70	0.40 0.65	0.15 0.30	SNCM240 (SNCM6)	1050 850	820 ~870 空冷	約820 爐冷	820~870 油冷	580 ~680 空冷
SNCM415 (SNCM22)	0.12 0.18	0.15 0.35	0.40 0.70	≤ 0.03	≤ 0.03	≤ 0.03	1.60 2.00	0.40 0.65	0.15 0.30	SNCM415 (SNCM22)	1100 850	850 ~900 空冷	約850 爐冷	1次 2次 * 850~900, 780~830 油冷 油冷	150 ~200 空冷
SNCM420 (SNCM23)	0.17 0.23	0.15 0.35	0.40 0.70	≤ 0.03	≤ 0.03	≤ 0.03	1.60 2.00	0.40 0.65	0.15 0.30	SNCM420 (SNCM23)	1100 850	850 ~900 空冷	約850 爐冷	1次 2次 * 850~900, 770~820 油冷 油冷	150 ~200 空冷
SNCM431 (SNCM1)	0.27 0.35	0.15 0.35	0.60 0.90	≤ 0.03	≤ 0.03	≤ 0.03	1.60 2.00	0.60 1.00	0.15 0.30	SNCM431 (SNCM1)	1050 850	820 ~870 空冷	約820 爐冷	820~870 油冷 油冷	570 ~670 急冷
SNCM439 (SNCM8)	0.36 0.43	0.15 0.35	0.60 0.90	≤ 0.03	≤ 0.03	≤ 0.03	1.60 2.00	0.60 1.00	0.15 0.30	SNCM439 (SNCM8)	1050 850	820 ~870 空冷	約850 爐冷或約 170 空冷 (爐冷)	820~870 油冷	580 ~680 急冷
SNCM447 (SNCM9)	0.44 0.50	0.15 0.35	0.60 0.90	≤ 0.03	≤ 0.03	≤ 0.03	1.60 2.00	0.60 1.00	0.15 0.30	SNCM447 (SNCM9)	1050 850	820 ~870 空冷	約850 爐冷或約 670 空冷 (爐冷)	820~870 油冷	580 ~680 急冷

SNCM439 化學性質

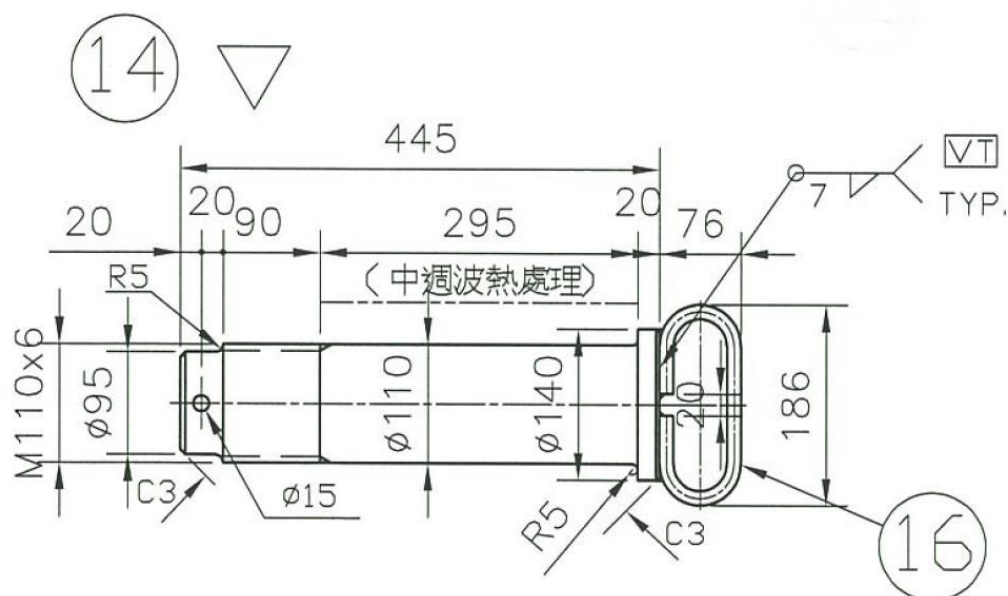


附表：中、低碳鎳鉻鉬合金鋼（SNCM 系列）成份、熱處理、機械性質（續）

JIS G4103-1979

機 械 性 質						最大 有效 直徑 mm	變態溫度℃		用 途 舉 例
降伏點 kgf/mm ²	抗拉強度 kgf/mm ²	伸長率 %	斷面縮率 %	衝擊值 kgfm/cm ²	硬度 H _B		Ac	Ar	
—	≥85 (≥834)	≥17	≥40	≥6 (≥59)	248 341	45	730 830	770 660	相當於 SAE8620 的鎳鉻鉬低合金滲碳用鋼。齒輪、軸類。
≥80 (≥785)	≥90 (≥883)	≥17	≥50	≥7 (≥69)	255 311		730 780	720 660	相當於 SAE8640 的鎳鉻鉬低合金鋼。軸類
—	≥90 (≥883)	≥16	≥45	≥7 (≥69)	255 341		724 815	755 615	相當於 SAE4315 的滲碳用鋼。齒輪、軸類
—	≥100 (≥980.7)	≥15	≥40	≥7 (≥69)	293 375	80	724 810	750 615	相當於 SAE4320 的標準型滲碳用鋼。滾柱軸承、大型齒輪及軸類曲軸、渦翼輪接棒
≥70 (≥686)	≥85 (≥834)	≥20	≥55	≥10 (≥98.1)	248 302		725 775	715 655	曲軸、渦翼輪接棒。
≥90 (≥883)	≥100 (≥980.7)	≥16	≥45	≥7 (≥69)	293 352		730 775	710 655	相當於 SAE4340 的標準型鎳鉻鉬合金鋼。大型軸類、齒輪類
≥95 (≥932)	≥105 (≥1030)	≥14	≥40	≥6 (≥59)	302 363	80	720 770	705 630	相當於 SAE4347。大型軸類、齒輪類
—	≥120 (≥1177)	≥14	≥40	≥8 (≥78)	341 415	60(油淬130)	720 790	420 320	其硬化能僅次於 SNCM630 屬風硬鋼。不滲碳時也可當超強韌鋼使用。

SNCM439 機械性質



插銷設計示意圖

新式吊桿優點

一、節省鋼材費用：此 350 噸吊桿雙板式吊環每片鋼板厚度僅需 50mm，若改為

單板式吊環設計，相同強度則需要 100mm 板厚，而厚板非常用料，不好買也比較貴。

二、節省卸扣費用：雙板式吊環設計改以插銷作為鋼索吊點，不需要卸扣作為連結裝備，可以省去大筆費用。

三、安全係數加大：鋼索拉力不會經過吊桿本體，本體僅受較小的壓力，使整體的安全性變大。

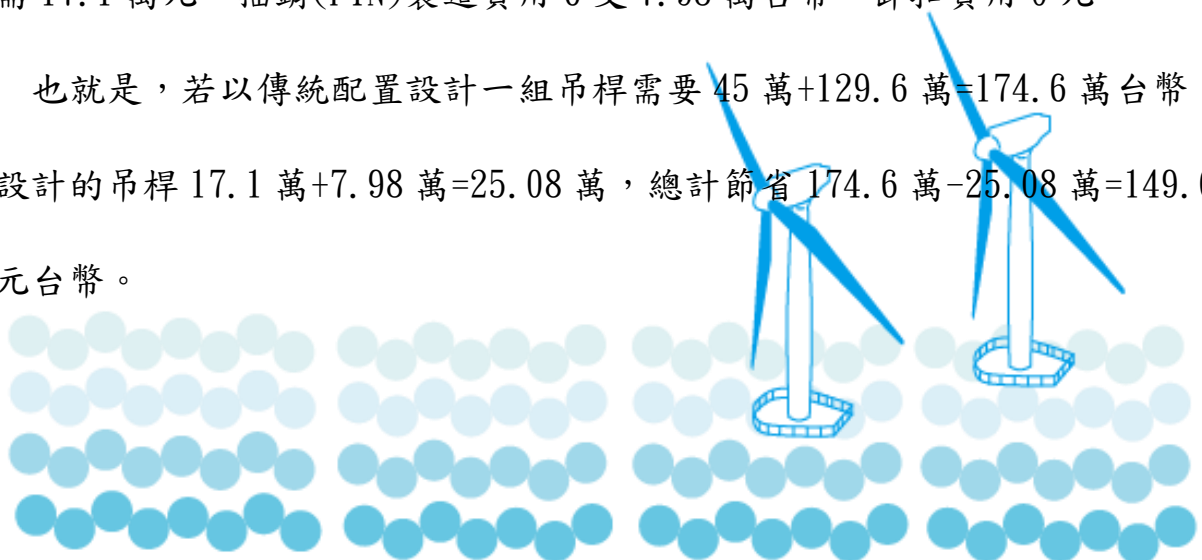
四、增長使用壽命：雙板式吊環設計因為插銷受力平均，因此吊環眼孔不會因卸扣單邊受力而產生磨耗變形，對於整支吊桿的使用壽命增長不少。

成本分析

長度 9 公尺荷重 350 公噸的傳統吊桿初估重量約 10 公噸，以每公噸 4.5 萬台幣估算，不含設計行政費一支造價要 45 萬台幣，依照吊具配置本支吊桿需要 200 噸卸扣 2 只及 125 噸卸扣 4 只，合計成本需要 129.6 萬台幣。

新型式的吊桿重量僅 3.8 噸，以每公噸 4.5 萬元計算，不含設計行政費用僅需 17.1 萬元，插銷(PIN)製造費用 6 支 7.98 萬台幣，卸扣費用 0 元。

也就是，若以傳統配置設計一組吊桿需要 $45 \text{ 萬} + 129.6 \text{ 萬} = 174.6 \text{ 萬}$ 台幣，新設計的吊桿 $17.1 \text{ 萬} + 7.98 \text{ 萬} = 25.08 \text{ 萬}$ ，總計節省 $174.6 \text{ 萬} - 25.08 \text{ 萬} = 149.02$ 萬元台幣。





新型式輕量化的吊桿 9 米長，荷重 350 噸，淨重 3.8 公噸

實際測試

由於本公司電子吊秤最重僅達 300 公噸，因此實際測試時不計吊具(吊桿、卸扣、鋼索)僅以測重塊與測重架計算，合計 270.2 公噸完成測試。



吊桿實際測試



電子秤數據

結論

本公司屬於重型工業，吊桿使用非常頻繁，尤其動輒數百噸的工作物幾乎天天都在使用，其安全性與經濟性顯得非常重要。本次新型式的吊桿兼顧以上二樣優點，也由於輕量化的結構在使用方便性及效率上也大大提升，整支吊桿的使用壽命也有延長的效果，這樣的豐富經驗可以和大家一起分享。

