

第三節 貨物裝載與船體應力

船舶在航行中承受著船舶重力、船舷外水壓力、波浪衝擊力、及各種慣性力等外力作用，由於船是由鋼材和骨架組成的浮動鋼構體，為著航行安全，船體結構須有不會發生極度變形和損壞功能的船體強度。

按照外力對船體結構變形的影響，船體強度分為總強度和局部強度；總強度又區分縱向強度、橫向強度和扭轉強度。船體縱向強度是指船體結構抵抗總縱彎曲的破壞力；橫向強度是船體結構抵抗橫向極度變形的破壞力；扭轉強度是指船體抵抗扭轉變形的破壞力。

局部強度是指船體部分結構抵抗局部變形的破壞力。船舶裝載而言，主要考慮縱向強度和局部強度，只要遵守貨載基本原則，符合船舶縱向強度，基本上也能符合船舶的橫向強度和扭轉強度；貨櫃船由於艙口較大致使甲板開口寬度較大，故符合扭轉強度也是其船體強度的重點。

一、船體縱向強度

在船舶所受的各種作用力中，對船體縱向強度影響最大的是重力和浮力。當船舶承受的重力和浮力沿艙

艙向分布嚴重不均超過設計強度時，將導致船體縱向強度結構，如：甲板、龍骨等，發生永久變形或損壞。

1. 船體縱向受力及其分布

船體所受的重力和浮力，是兩個垂直於船龍骨平面的平行力，其對船舶縱向的影響，決定了船體各艙區間垂直方向的不平衡力的大小，此改變船體的縱向形狀之力，即垂直剪力或切力(Shear Force；SF)，其最大值位於距船首及船尾四分之一的船長處附近。由於貨櫃船在近船尾處的船體收縮，該處的浮力相對較小，同時此處又是船的動力設備及上層建築最集中的部位重力較大，使該部位產生較大的剪力。

- (1)重量沿縱向的分布:由於船體各艙區間裝貨後的重量之差，沿縱向的重量分布曲線，如圖1-1¹所示。
- (2)浮力沿縱向的分布:由於船體表面是光滑連續的，船體各艙區間縱向位置所受的浮力，是一條光滑連續的曲線，如圖1-1所示。
- (3)垂向合外力沿縱向的分布:船體各艙區裝貨後，船體承受的重量和浮力之差，就是該段艙區間船體所受的應力，稱為載貨負荷。如

1 邱文昌 施記昌 海上貨物運輸

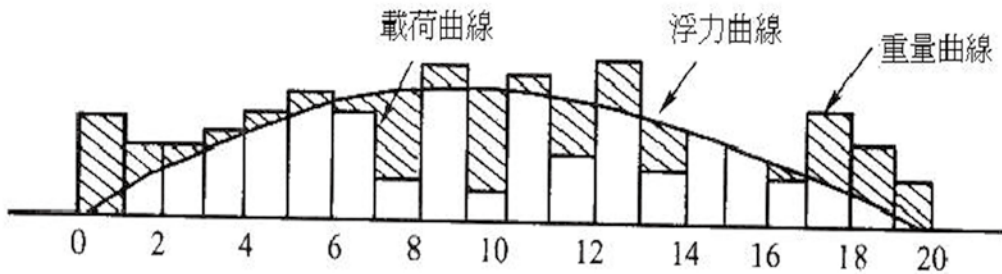


圖1-1 重量、浮力和載貨負荷的分布曲線

圖1-1所示，載貨負荷分布曲線用斜線部分表示，斜線在浮力分布曲線之上，表示該段船體所受的重量大於浮力；反之，則表示該段船體所受的浮力大於重量。

2. 船體橫剖面上的切力和彎矩

貨載在船體各艙區，在船體的橫剖面上會受到切力和彎矩的作用。

(1)切力及分布曲線：當船體某段艙區位置的橫剖面一側，受到的重量和浮力總數不相等，該側船體會受到來自另一側船體的作用力，其大小等於該段船體艙區位置所受的重量和浮力的差值，這一作用力就是切力 (Shear Force ; SF)。切力在船體各艙區位置的縱向變化，如圖1-2²，切力及彎矩的分布曲線，切力的最大值在距船舶首尾1/4 船長處。

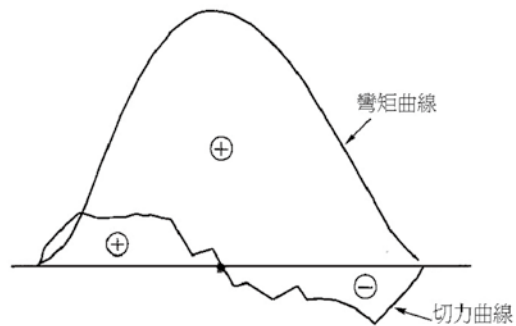


圖1-2 切力及彎矩的分布曲線。

(2)彎矩及其分布曲線：當船體某段艙區位置橫剖面一側的重量力矩，不等於該側浮力對剖面的力矩；於是另一側船體會通過剖面上的結構傳遞一個內部力矩，使該艙區位置的合力矩是零而平衡，這內部力矩就是彎矩 (Bending Moment ; BM)，彎矩在船體各艙區位置的縱向變化，如圖1-2所示，彎矩的最大值一般在船中處。

3. 波浪切力與波浪彎矩

當船在大海中航行，因為波浪，使浮力沿船體縱向的分布發生變化，使船體各艙區位置橫剖面上的切力和彎矩，比在靜水面時的值增大，其差值，即波浪切力與波浪彎矩。

4. 剪切變形與彎曲變形

當船在大海中航行，切力與彎矩在船體產生的作用，會使船體出現剪切變形與彎曲變形。

(1) 剪切變形：若船體某段艙區位置，其前後兩端受到大小相等而方向相反的切力作用，就會出現剪切變形。剪切變形會使該段艙區位置橫剖面上的各縱向結構，相對於相鄰剖面的對應結構發生垂向位移，因而產生剪切應力，其最大值在橫剖面形心的水平線附近。

(2) 彎曲變形：若船體某段艙區位置，其前後兩端所受的彎矩大小相等，方向相反，則該段船體會發生彎曲變形，使船體縱向結構的中心線出現彎曲變形。

(3) 船體中拱及中垂變形：船體由於受到切力的作用，使船體艙區與艙區之間產生剪切變形；由於彎矩的作用，產生了彎曲變形；船體受到剪切變形和彎

曲變形的影響而導致船體縱向變形，因而產生中拱及中垂變形；當艙艙部重量大於浮力而艙部浮力大於重量時會產生中拱變形，使船底受壓，上甲板受拉；當船航行時遭遇惡劣天候海況波濤洶湧，若船體處於波峰上，且波長等於船長時，中拱變形最大。對艙部重量大於浮力而艙部浮力大於重量時，會產生中垂變形，使船底受拉，上甲板受壓，船體在惡劣天候的波谷中，中垂變形最大。

因此船長在操船時要採用適當航速或調整航向，首重安全及避免貨損，其次才是到港船期。

二、船體局部強度

船體承受的重力和浮力，能使各艙區間橫剖面上出現切力和彎矩，使船體產生總縱彎曲變形和剪切變形外，還會在局部範圍內對船體的結構如：甲板、船底等產生應力，發生局部變形。局部變形超過限度，會造成船體結構損壞，因此，船體結構必須具有局部強度。

對船長和大副而言，裝卸貨時關注各個載貨部位的局部強度，航行時確保所有部位所承載的貨重不超過局部強度的安全值。

海事職校配課業務經驗談（上）

陳宇琦

國立基隆高級海事職業學校專任教師兼教學組長

摘要

因應社會環境之變遷、國人社經條件之精進，海事職業學校在科別配置上也精進許多。隨著教改的腳步，從95部定課綱到101部定課綱著實多元化了許多，如何讓配排課產生教學效益最大化、師生滿意度合理化及公告時效性最速化；儘是本文思考之方向和努力的目標。影響排課配當業務的因數不一而足，舉凡校區環境、適教時段、連堂需求、分組教學、特別課程及特別教室與專業師資之配合。基隆海事職校依部定編制共有七群16科，一般科目教師約50人、專業科目教師約80人，每學期開設科目超過230門。在種種因素的糾結下，本文力圖將此業務做一陳述，逐一檢視、製成簡表，以求對此一業務有所助益並提供參考與改進之依據。

關鍵字：海事水產職校、部定課綱、教學效益、排課配當。

壹、排課業務概述

國立基隆高級海事職業學校招收國中畢業學生，編制科別有航海科、輪機科、漁業科、養殖科、食品科、商業經營科、資訊科、觀光科及烘

焙食品科等，共六群8科及1實用學程。單一年級選必修共同排課科目為15門，各科專業排課科目則多達180門。

一、海事群排課概述

航海科及輪機科每一年級各為一班共6班、群科屬性為海事群，兩科間的科際課程在部定科目中互有必修專業科目，排課時為避免誤植排課，故在需求表上必須特別註明跨科任課教師。

1.航海科專業科目：

- (1)高一：航海學、船藝、船舶構造、綜合航海實習、羅經學與操舵系統實務、海圖作業實習、船藝實習。
- (2)高二：海運概論、基本電工與實習、航海學、綜合航海實習、貨物作業實務、輪機。
- (3)高三：海上安全法規概論、專題製作、航海氣象與海洋學、雷達航海、航海英文、雷達航海實習、船舶構造、鋼船構造。

2.輪機科專業科目：

- (1)高一：輪機、基本電工與實習、輪機俾工實習、輪機當值與安全作業。

(2)高二：海上安全法規概論、海運概論、船用內燃機、冷凍空調、專題製作、輔機、輪機裝配與焊接實習。

(3)高三：船舶自動控制、船用內燃機、機電整合與實習、輔機、氣油壓及控制系統實習、動力設備拆裝實習、船藝學。

二、水產群排課概述

漁業科及養殖科每一年級亦各為一班共6班、群科屬性為水產群，兩科間的科際課程在部定科目中亦互有必修專業科目，排課時為避免誤植排課，故在需求表上亦必須特別註明跨科任課教師。

1.漁業科專業科目：

(1)高一：漁具漁法、漁具漁法實習、航海與實習、海上安全實務、文書處理、海洋生態保育。

(2)高二：水產概要、水產生物概要、航海與實習、軟體應用、海圖實務、潛水實習。

(3)高三：生態學概要、航海與實習、船藝實習、漁業統計實務、水產資源概要、漁業管理、海洋漁場、海洋氣象。

2.養殖科專業科目：

(1)高一：水產養殖學、水產養殖實習、飼料生物實習、餌料生物。

(2)高二：水產概要、水產生物概

要、水產養殖學、水質學概要、魚類生理生態學、水產養殖實習、水質實習。

(3)高三：水產概要、水產生物概要、水產養殖學、水質學概要、魚類生理生態學、水產養殖實習、水質實習。

三、食品群排課概述

食品科與烘焙實用技能班（學程）之群科屬性為食品群。食品科每一年級有2班共6班，烘焙實用技能班每一年級各為一班。由於烘焙實用技能班之課程師資尚在調整中，許多課程必須由食品科支援，兩科在教師課程配當上需密切配合，故在需求表上必須特別註明跨科之任課教師、且不會互相干擾專業教室之使用。

1.食品科專業科目：

(1)高一：食品概論、食品加工總論、烘焙理論、烘焙實習。

(2)高二：食品加工、食品微生物、食品加工與分析、食品加工實習、食品微生物實習、食品化學與分析實習、專題製作。

(3)高三：生物技術概論、農畜產加工、食品分析、品質管制、農畜產加工實習、水產食品製造、食品分析實習、食品營養、廢水處理。

2.烘焙科專業科目：

(1)高一：食品加工、食品加工實

習、烘焙食品概論、麵包製作、中式點心製作。

(2)高二：餐旅概論、食品微生物、專題製作、蛋糕製作實習、西式點心製作實習、蛋糕裝飾、食品微生物實習。

(3)高三：食品化學與分析、食品化學與分析實習、畜產加工、食品分析、食品包裝實務、烘焙食品製作實習、餅乾製作實習、蛋糕裝飾。

四、商業群排課概述

商業經營科每一年級有四班共12班、群科屬性為商業群，該科之編制規模為本校之最，各年級專業課程所應用之資訊軟硬體設備相當頻繁，故在教師課程配當需求表上，必須特別註明連堂需求、特別教室及任課教師、避免互相干擾專業教室之使用。

商經科專業科目：

(1)高一：商業概論、會計學、會計實務、計算機概論、行銷學。

(2)高二：會計學、計算機概論、專題製作、會計實務、經濟學概要、會計資訊系統實習。

(3)高三：經濟學、計算機概論、商業軟體應用、會計資訊系統實習。

五、電機電子群排課概述

資訊科每一年級有三班共9班、群科屬性為電機電子群，該科之編制

規模為本校之次，各年級專業課程所應用之資訊軟硬體設備亦相當特別，故在教師課程配當需求表上，必須特別註明連堂需求、特別教室及任課教師、避免互相干擾專業教室之使用。

資訊科專業科目：

(1)高一：基本電學、基本電學實習、基礎電子實習。

(2)高二：電子學、電子學實習、數位邏輯進階、數位邏輯進階實習、程式語言。

(3)高三：電子電路、專題製作、電腦網路、工業電子實習、電子專業實習、數位邏輯設計實習。

六、餐旅群排課概述

觀光科為單班單科、群科屬性為餐旅群，由於科教學目標之需求，故在教師課程配當表上，必須特別註明不同科程及教師連堂之需求已符合科之發展規劃。

觀光科專業科目：

(1)高一：餐旅概論、餐旅英文與會話、飲料與調酒、雞尾酒調製、觀光日語會話。

(2)高二：餐旅英文與會話、餐旅服務、專題製作、旅遊實務、觀光日語會話。

(3)高三：餐旅英文與會話、餐旅服務、專題製作、旅遊實務、觀光日語會話。