

快速評估船舶安全的 3D 幾何建模程式

摘要

CAD 電腦輔助設計系統已經廣泛地應用於造船工程的船體、船艙配置和結構設計，通常這些系統必需仰賴高度的專業，並不適合一些個案的應急處理，若是為了應急的處理需求，就必須有快速的建模工具，在可接受的誤差範圍內進行評估。

本文描述快速評估船舶安全的 3D 幾何建模程式，本建模程式是根據 ACIS 的 3-D 幾何模組化核心技術開發，船體、船艙配置和主要縱向結構的組成是本程式的基本功能，亦可和其他應用軟體連結評估船舶的安全，如流體靜力的演算，船舶在波浪中的運動分析，船舶縱向力量分析等，另外也可以修改先前船型參數進行新船型的建立。

1. 前言

船舶因為海上事故破損，也造成了海洋污染以及生命和財產的損失，海上事故的傷亡通常是因為險惡的天氣和海況(例如巨大的風浪、雨雪和濃霧)造成的，破損船因為風浪的效應而擴大損毀與浸水的範圍，以致失去了穩定性和結構的強度，由輕微的損害而漸漸的擴大到足夠傾覆或者沉沒。

改善破損船舶的安全，預估穩定性的破壞並分析船舶的迎浪運動是必須的，應急處理的船舶模組不僅包含船體內部的幾何，同時也必須包含船舶結構資料，並能產生一個分析模組並且提供流體靜力計算的數據。模組的精密度可以不需如同船舶設計那樣高，但是迅速的模組化是非常重要的，這和一些船上系統使用的模組是一樣的，目前在商業和軍事領域裡應急處理系統已經有了很好的方案，但是這些方案仍然需要很多的繁複的資料。

雖然商業的 CAD 套裝軟體可以滿足船舶安全評估的一些要求並且也有良好的使用者界面，但卻仍顯得有些繁重，因為這些軟體有著太多用不到的功能。另外，在船上安裝這種商業 CAD 建模程式的費用是太高了，因為它也包含了 CAD 系統全功能的價格。因此，考慮到系統升級、維修、新需求的適應以及其他長期的花費，開發一個船舶安全評估的 3-D 建模程式是較合乎經濟效益的。

本文描述一個船舶安全評估的 3 D 幾何建模程式的開發，特別是海上事故破損後續航能力的評估。本程式的開發是基於 3D 幾何學建模核心和圖形程式庫，根據 IDEF (ICAM Definition) 的方法和工具進行系統分析和模組化，建模程式的數據架構使用 UML (Unified Modeling Language 統一建模語言) 方法設計。

2. 船舶安全建模程式必須的準備

在 CAD 系統定義，幾何建模程式是 3D 幾何的核心，目的不同功能不同。評估船舶破損後續航能力建模程式的要素是紀錄擷取與分析，主要因素如下：

船舶幾何的定義：

- 使用者對於船型，船體佈置和結構部份的定義。
- 來自資料庫的船舶幾何定義。
- 船舶主要幾何規格的變化。
- 使用者對於幾何的修改。
- 船舶幾何的視覺化。

流體靜力計算：

- 流體靜力計算透過建模程式和流體靜力計算套件之間的界面。

裝載狀態和損壞部分的定義：

- 定義貨物類型和個別貨艙的裝載量。
- 定義損壞部分的尺寸和位置。

建立應用程式的數據：

- 建立幾何網格以分析波浪中的船舶運動。
- 建立數據以分析結構的安全。
- 建立決策支援系統數據。
- 管理應用程式產生的數據。

3. 數據結構之設計

模組化物件組成系統的過程分為分析與設計兩個階段，在分析階段，物件的分析是從參考物件領域再尋找出所有關聯物件；而在設計階段，物件定義為類別，同時把分析階段的結果關聯定義為繼承，然後呈現每個物件的數據結構與函數演算。模組化物件導向的優勢是語義落差的問題不會在模組化過程中的每個階段之間發生，而且這種方法對於開發複雜的工程系統頗具效率。

為了分析和設計階段的一致，兼顧模組化的效率，使用了 IDEF 的工具和方法，建模程式的數據結構使用 UML 法設計。函數、船舶安全評估建模系統相關資料與程序，以 IDEF 法依照建模的程序和機能存成文件，如活動圖，流程圖與物件狀態轉換圖等。定義破損船舶模組的組成物件，該物件包含曲線，空間，船艙，貨物和功能等項目以顯示破損船舶之特性。

定義物件為 UML 模型的初始類別，因為模組化的結合過程(使用案例圖、類別圖、順序圖、合作圖、狀態圖等)使用了 Rational Rose，這是一種物件導向系統的開發工具。UML 模組會自動建立每種類別的 C++ 代碼，同時附加詳細的資料，類別庫可以提供 120 種以上的不同類別。

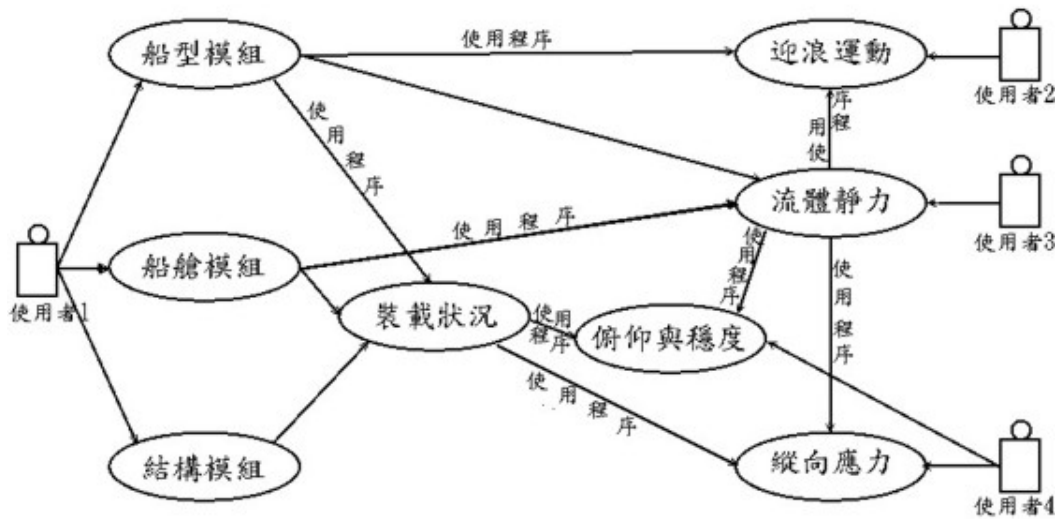


圖 1 使用案例圖的例子

圖 1 表示破損船舶安全流體靜力計算程式和建模系統的使用案例圖的例子。使用案例圖不僅表示參與者和案例圖，而且也展現出與船舶設計系統之間的相互關係。參與者是系統的使用者，而使用案例則是使用程序，如同圖 1。

4. 開發 3D 建模程式

在 PC 視窗環境裡，建模程式的開發是基於幾何學模組核心 ACIS 和 OpenGL 的 3D 圖形程式庫。為了增加系統的彈性和效率，利用 MFC 程式庫建立一個圖形使用界面。建模程式表示的船型、船體佈置和結構等幾何資料都可轉成 SAT 數據檔，以便其他 CAD 系統接合使用，流體靜力的計算和建模的結果都儲存相同資料庫裡。

圖 2 表示在建模系統計畫階段時單位功能的資料模組。船舶模組由船型、船艙和結構模組組成。船艙模組的定義是基於船型模組表層形成，船型模組化使用網格線和表層建模技術。為獲得該定義船舶的流體靜力特性，建模程式與流體靜力計算套件以及船舶運動分析程式之間都有聯繫界面。結構模組由船型和船艙模組構成，鋼板厚度、形狀及焊接處等結構資料隨後加上。

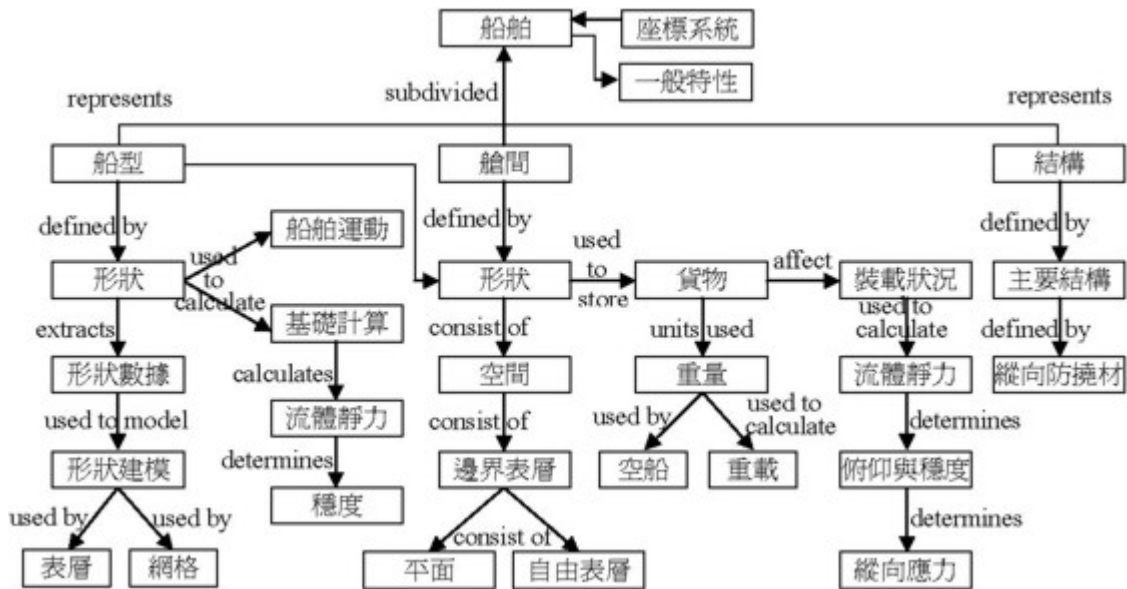


圖 2 資料模組的例子

圖 3 顯示整個系統結構配置，開發環境和工具程式摘要如表 1，使用者可以在相同的環境裡使用幾何建模程式和應用程式。首先，使用者進入建模程式進行船舶的幾何定義，然後再評估船舶安全。應用程式能像船型模組和船艙配置模組那樣經由界面程式進入建模程式取得幾何數據，而屬性則取自資料庫，合適的圖形使用者界面是為了使用的方便。

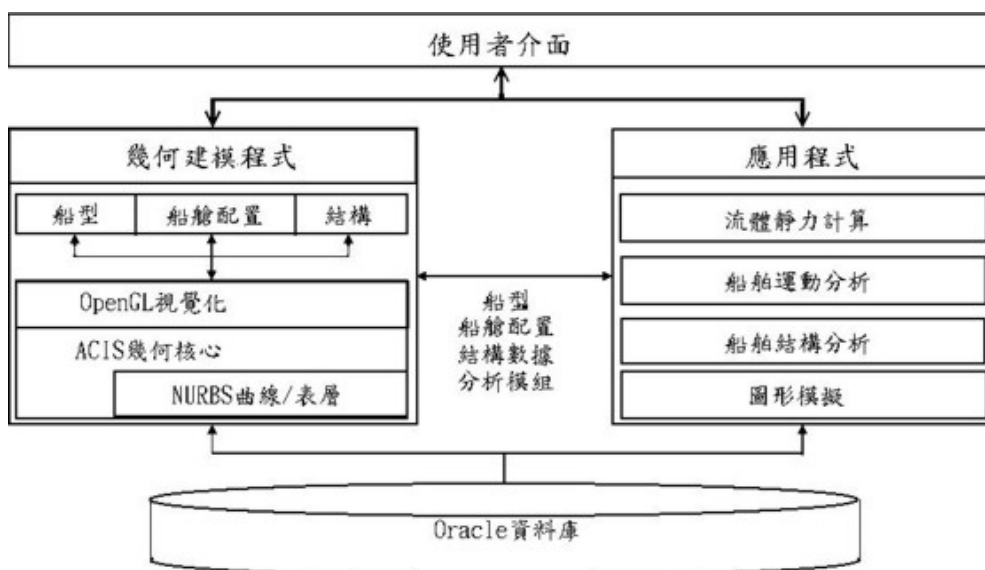


圖 3 系統結構

表 1 船舶建模程式開發環境和工具

項目	環境和工具程式
硬體	PC 平台
作業系統	視窗 9x · 2000 · NT
程式語言	Visual C/C++, Digital Fortran
資料庫	檔案系統
圖形使用者界面	Visual Studio
圖形程式庫	OPEN GL
數據模組化	Rational Rose, IDEF0, IDEF1, IDEF4
幾何核心	ACIS 3D Toolkit

4.1 船型模組化

利用曲線、NURBSs 和自由表層格式定義船型，NURBSs(非均勻有理 B 樣條)是幾何製圖和設計的工業標準格式。通常在造船的設計階段都使用 NURBSs 作為船型和其他適當部分的定義(Marson, 2002; Hazen, 2002)。

NURBSs 的特性如下(Pigel, 1991; Rogers and Earnshaw, 1991)：

- 提供一個標準分析的（如圓錐線）和自由型態的形狀通用的一般數學格式；
- 提供形狀大改變的彈性設計；
- 可以依據可靠的數值和準確的演算進行迅速合理的評估；
- 在仿射以及透視轉變時不變；
- 綜合 NURBSs、表層、非均勻和均勻有理貝茲曲線。

建立船型模組須先定義基本曲線，基本曲線就是那些描述船舶的特徵，諸如中線斷面曲線、船底正切曲線、船舷正切曲線以及船艙曲線。定義基本曲線之後，沿著船長或水線定義每一肋骨截面曲線，空間曲線通常定義船艙那種複雜的部分。圖 4 表示船型在系統開發時利用網格線定義的步驟，圖 5 表示定義基本曲線與截面曲線，圖 6 表示修整過的船型。

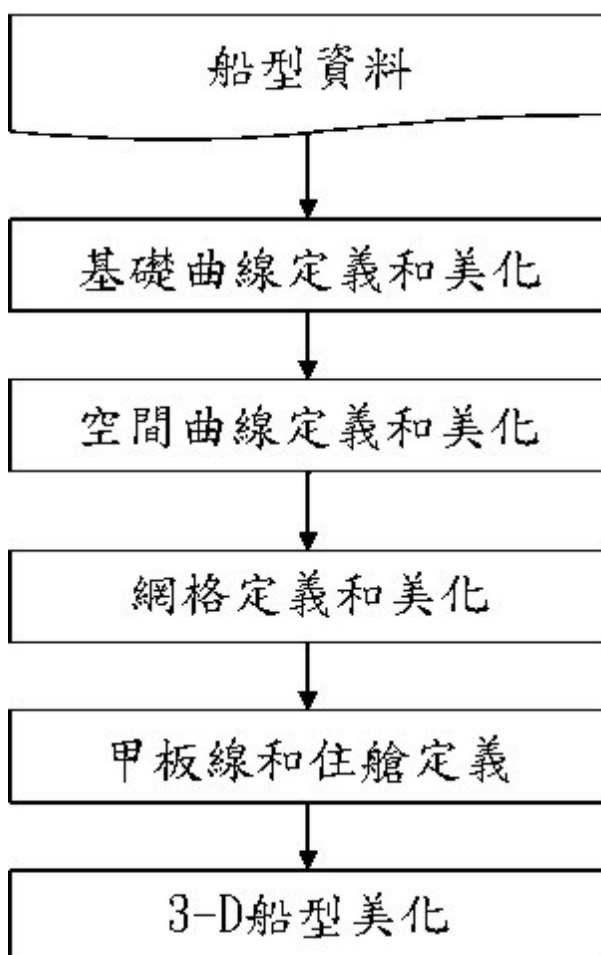
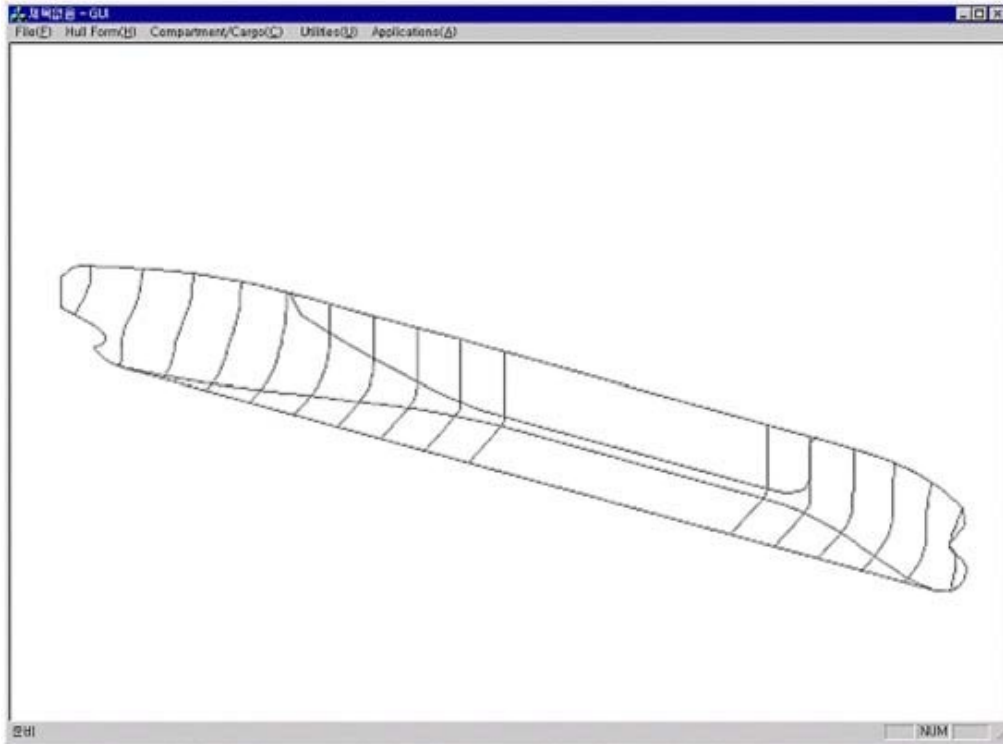
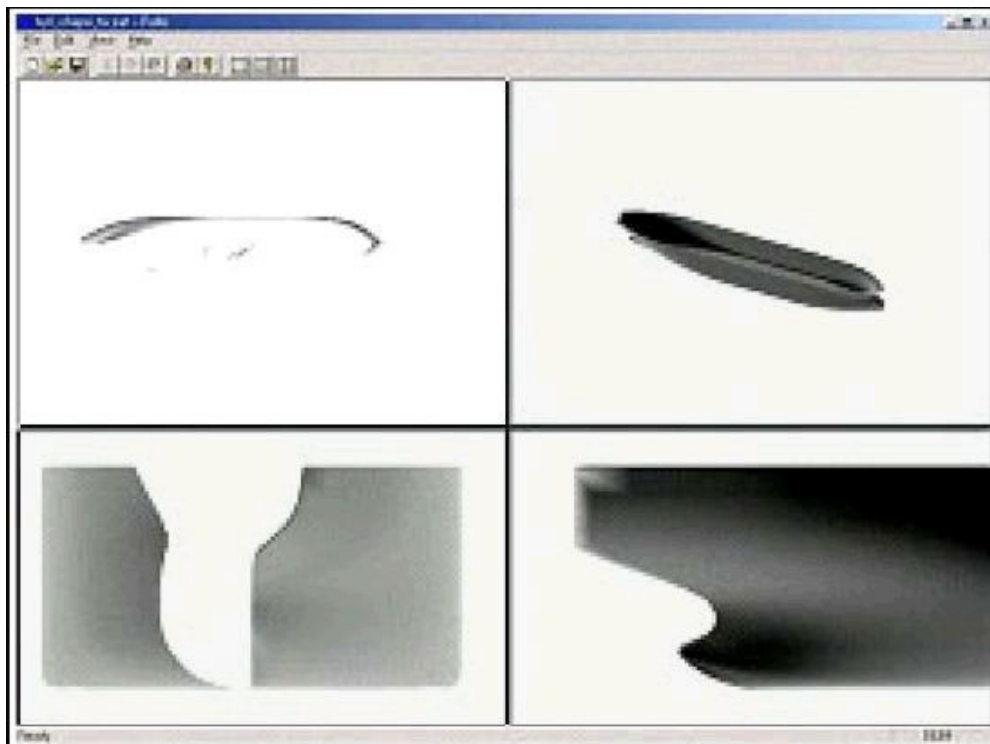


圖 4 船型的定義程序



圖五 船型基本曲線的定義



圖六 船型結果定義

4.2 船體配置建模

船體配置由邊界平面定義如圖 7，而且邊界平面與船型合併，空間由邊界平面和船型的截面取得，因此，空間由邊界和（或）自由表層定義，一個艙區由一個或數個空間組成。

定義一艘船的全部空間需要很多平面，為了協助進行空間的定義，如圖 8 所示，系統顯示所有空間縱向重心的截面，在作 3D 船體配置時，如果截面未如使用者預期，使用者可以自行編輯平面定義。

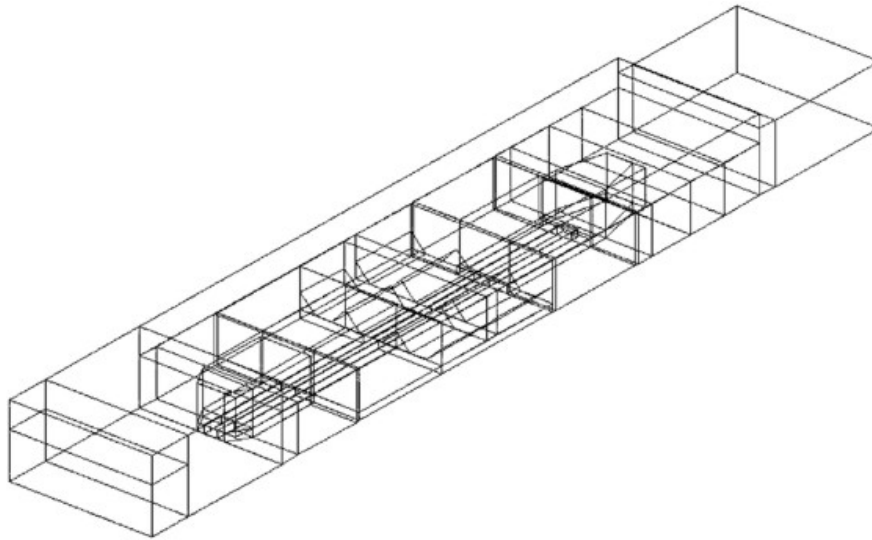


圖 7 邊界平面空間定義

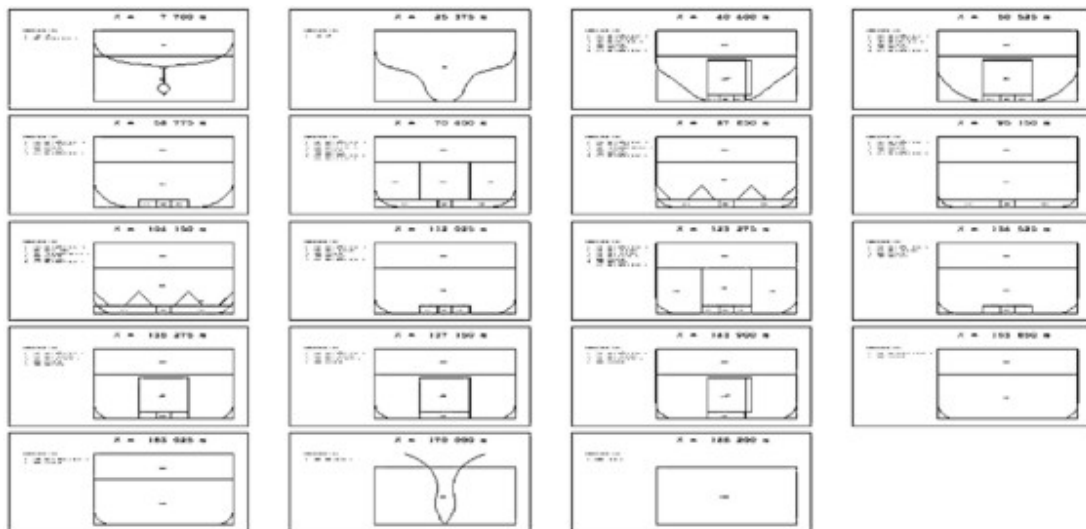


圖 8 定義空間的截面形狀

4.3 結構模組化

破損船舶縱向結構的安全評估可以 2D 形式表示，這表示縱向結構的定義是透過它們在船上連接的幾何位置。厚度和材料特性定義為屬性。破損結構部份的截面模數可由上述資料計算，

圖 9 顯示一個結構部份定義的例子。

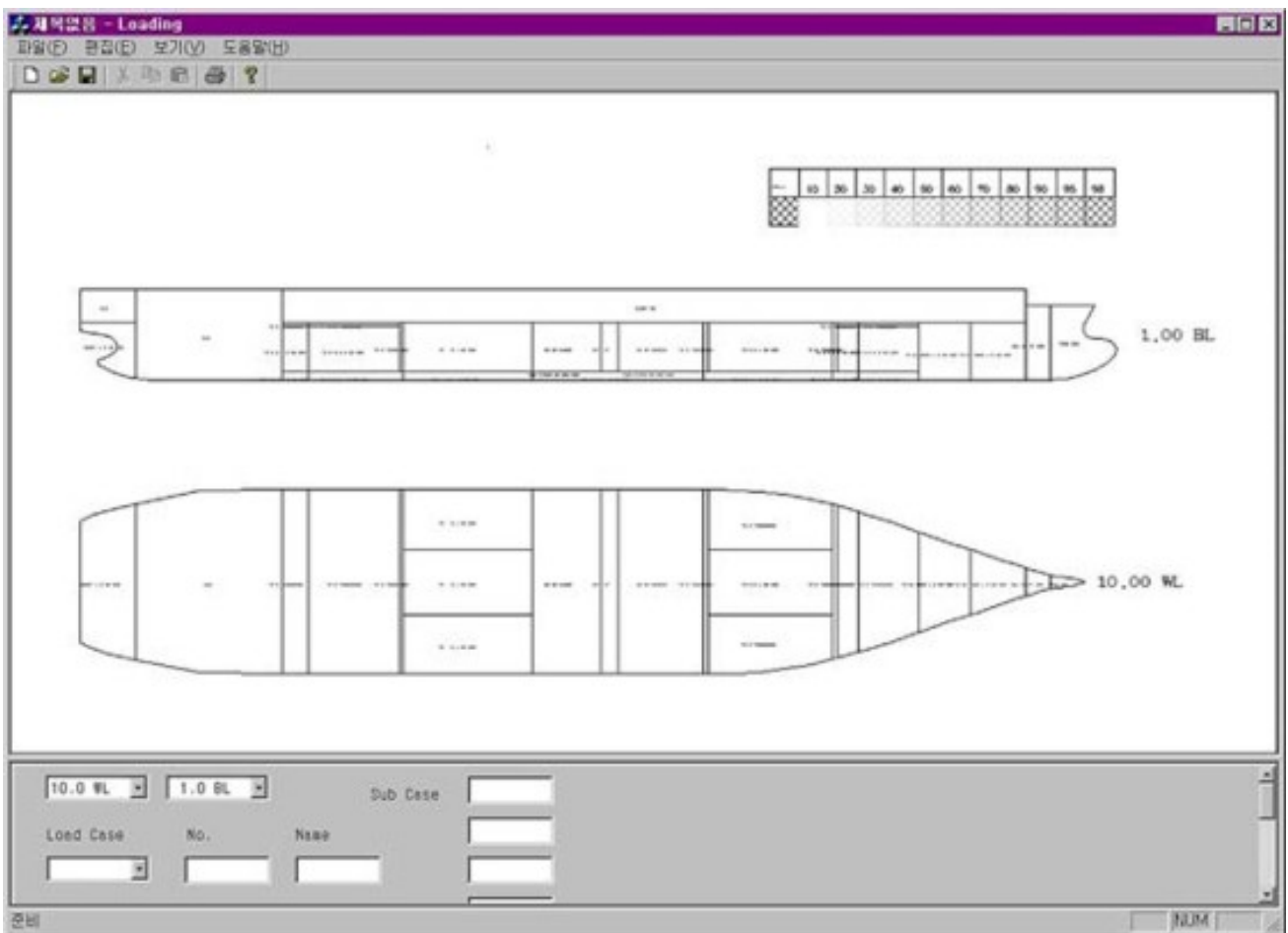


圖 9 定義縱向結構

4.4 裝載狀態的定義

裝載狀態是指在一艘船舶在不同吃水時重量分佈的情形，諸如在不同裝載狀態下計算的吃水重心和浮心，俯仰差和傾斜度的重要數據。計算的結果和重量的分佈引用為船舶穩度和縱向結構安全的基本數據。

裝載狀態的定義由使用者輸入或使用預先定義的數據檔，使用者定義貨物類型以及每一貨艙在不同裝載狀態時的總量，檢查定義狀態如圖 10。

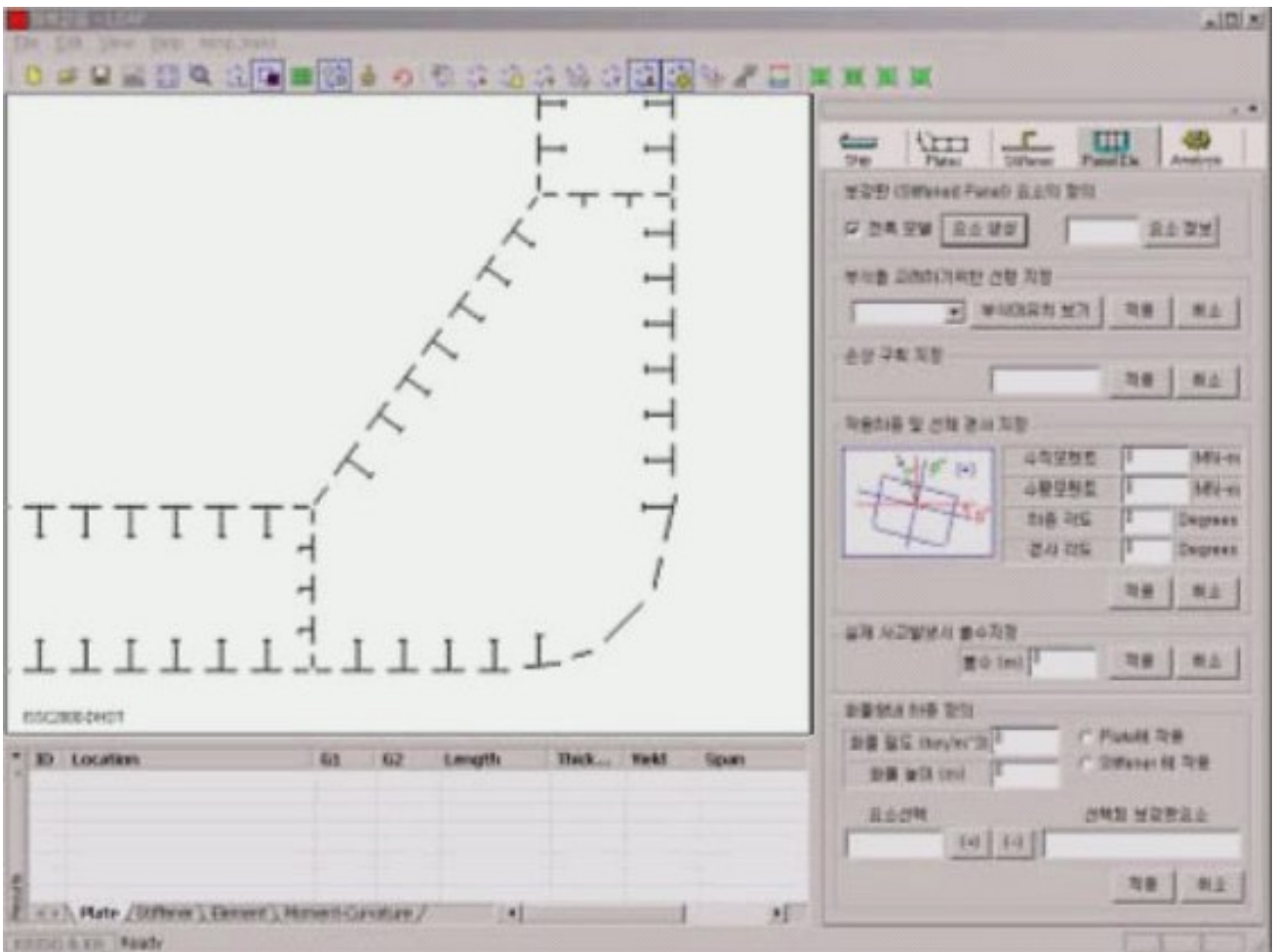


圖 10 裝載狀況的定義

4.5 與其他應用程式的界面

在建模系統裡船艙配置模組由 3D 自由表層定義，但是應用程式(例如流體靜力計算程式)只需要 2D 船艙配置資料。因此，2D 資料必須從 3D 船艙配置模組中抽提，計算船艙配置體積必須的資料如下：

- 船艙配置名稱和數目。
- 截面資料和船艙配置的縱向邊界座標。
- 截面資料和船艙配置每一截面變動點的座標。

圖 11 顯示從 3D 船艙配置模組建立 2D 截面資料的程序，從 3D 船艙配置模組取得 2D 截面資料，由船艙配置模組和平面橫斷交叉產生曲線，交叉曲線的邊界點被抽提，最後，根據上述邊界點建立 polyline，幾何資料必須包括過程中每一邊界點的順序。

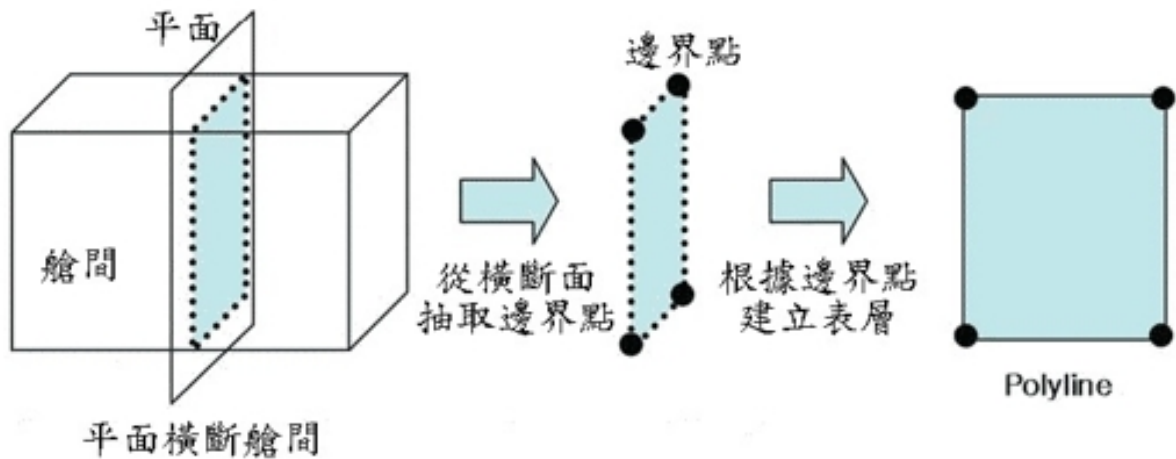


圖 11 從船艙配置抽提截面資料

為了顯示流體靜力計算結果，不同水線產生的船艙配置資料（如貨物類型，密度與裝載數量等）都需存成檔案，波浪運動程式和流體靜力計算套件可使用共同界面。

船舶破損後續航力評估的應用程式需要 2D 船型數據，從 3D 船型產生 2D 船型數據的程序如下：

- 根據習慣定義 3D 表層的輸入數據使用橫斷交叉法提取 2D 曲線。
- 已提取的曲線應根據應用程式重新安排適當的格式。
- 產生應用程式的數據檔案必須包含非幾何數據(例如船舶編號，主要規格，肋骨數目和空間)。

圖 12 顯示從 3D 船型中抽出 2D 幾何資料的概念，主要提取的 2D 曲線是舢艙輪廓、艙線、水線、肋骨部分、船底和船舷切線。

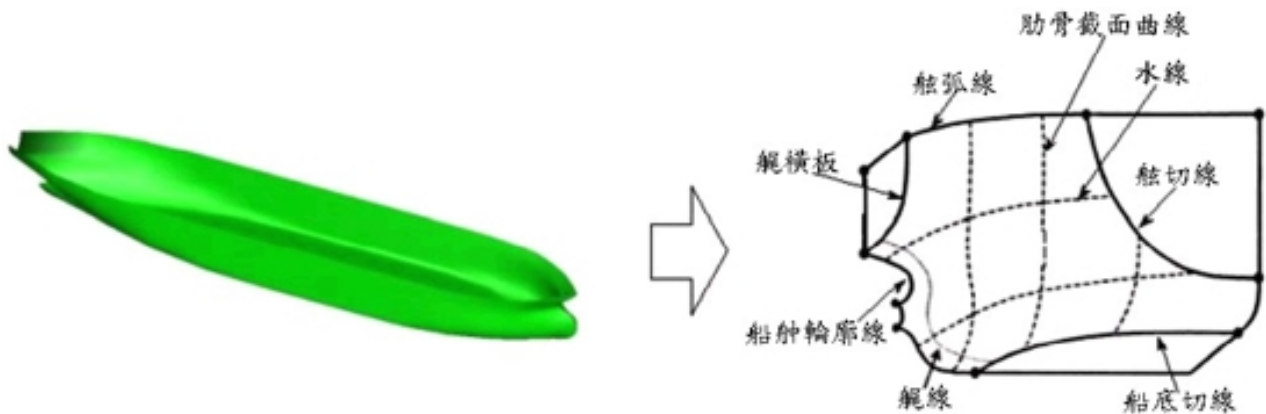


圖 12 從 3D 模組中抽出 2D 幾何資料

5. 結論

專為破損船舶安全與續航評估開發的 3D 幾何建模程式基於 ACIS 核心，本建模程式是建立一個破損船舶快速而有效的模組的好用的工具，也可以與其他應用程式連結，如波浪行為分析程式、縱向結構分析與流體靜力計算套件等。

使用者界面和技術功能性一樣重要，因為本建模程式的使用者除了這個領域的專家，還包括船員。因此，使用者界面經過仔細的設計並且考慮一般使用者的實用性，本程式將根據使用者意見繼續更新。