

# ばら積貨物船用 PrimeShip-HULL 直接強度評価システムの紹介

情報技術部 小林敬幸、鈴木竜浩、瀧澤 大、米家卓也

## 1. はじめに

本会は、平成 14 年にタンカー版の PrimeShip-HULL 直接強度評価システムを公表し、昨年度の研究発表会でもその概要を報告した。本年（平成 15 年）は昨年までのタンカー版に引き続きばら積貨物船版を開発し本年 9 月に完成させることができたので概要を報告する。

新しいばら積貨物船版の PrimeShip-HULL 直接強度評価システム（初期画面を図 1 に示す。）は、タンカー版と同様のシステムである。設計荷重は 2002 年 8 月に発行された「ばら積貨物船の構造強度に関するガイドライン」[1] に沿っており、特に、150m 以上のばら積貨物船に適用される IACS の統一規則である Unified Requirement S25（以下、UR S25 という）[2] に従った積付状態の自動作成機能も有している。また、タンカー版の開発で得られた知見やユーザーからのコメントを取り入れ、より使い易いシステムとなるように開発されている。

主要部材の疲労強度評価について、上記の降伏・座屈強度評価用システムとは別に、タンカー及びばら積貨物船の主要構造部材の疲労強度評価用システムを開発したので合わせてその概要も報告する。

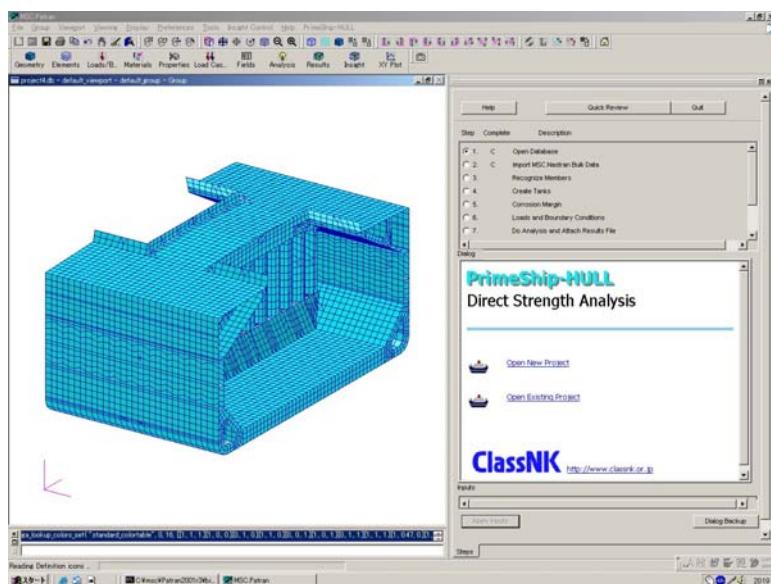


図 1 ばら積貨物船版 PrimeShip-HULL の初期画面

## 2. 機能説明（降伏・座屈評価システム）

### 2.1 システムの全体構成

図2は本PrimeShip-HULLばら積貨物船版直接強度評価システムの全体構成を示している。タンカー版と同様に、汎用のプリポストプロセッサであるMSC.Patranをプラットフォームに、解析手順をナビゲートしてくれるMSC.Acumenによってシステムを構築した。



図2 PrimeShip-HULLシステムの全体構成

このように、市販のアプリケーションをプラットフォームとしていることで、アプリケーション自体がもつ豊富な各種機能を利用できるのはもちろん、IT技術の進歩をアプリケーションが取り入れていけばその恩恵を自動的に本PrimeShip-HULLシステムが受け取れる事となる。また、ユーザーは船級協会のシステムを利用するため、CAEシステムを新たに習熟しなくてもよいというメリットがあると考えている。

### 2.2 部材の自動認識と区画定義

タンカー版と同様に腐食予備厚の控除や荷重の定義のため、読み込んだ解析モデルの各要素を自動的に構造部材に振り分ける部材認識機能を有している。本システムは図3に示す3つの断面形状に対応させるように開発した。

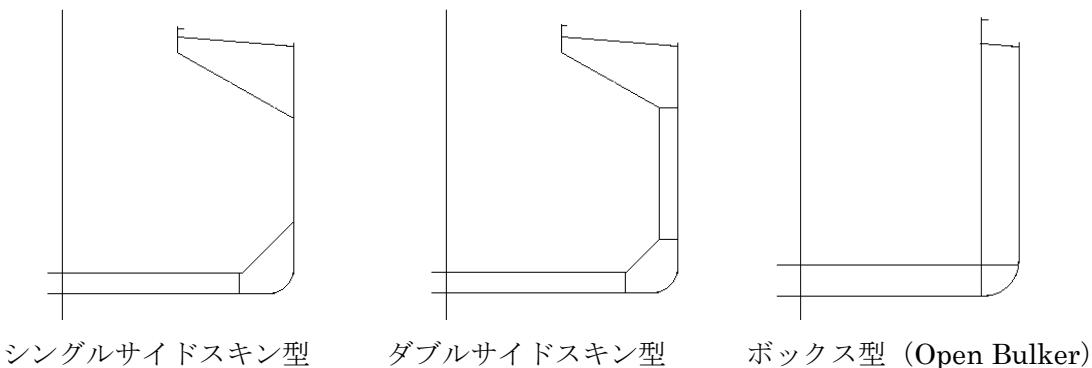


図3 システムが対応している断面形状

これらのうち、ダブルサイドスキン（以下、DSS）型断面のための部材認識パラメータを図4に、また、部材分類された結果を図5に示す。

本機能により、ユーザーは部材ごとに要素番号のつけ方を決めるなどの、部材認識のための特別な処理を施すことなくモデルを作成することが可能であり、また、認識された結果をもとに、部材ごとに定まっている腐食予備厚の控除、設計荷重の設定、ハルガーダ応力の負荷などが自動的に行える。図6に規定の腐食控除量の分布を示す。

また、部材分類結果から図7に示すように区画を定義することでタンク内圧や積付の設定が自動的に行えるようになっている。

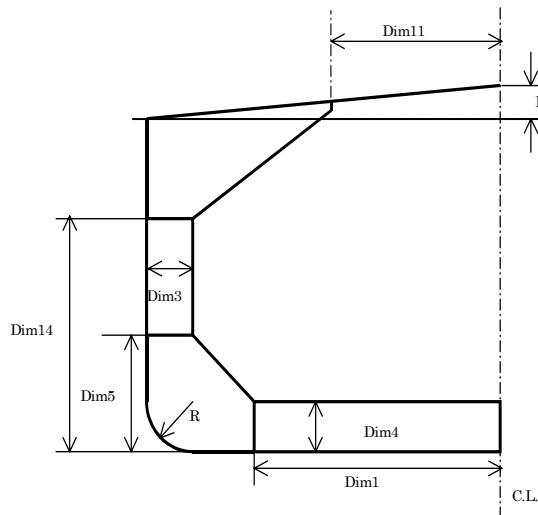


図4 部材分類のためのパラメータ

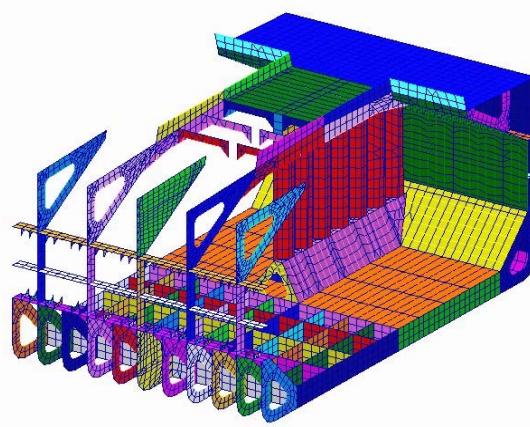


図5 部材分類結果

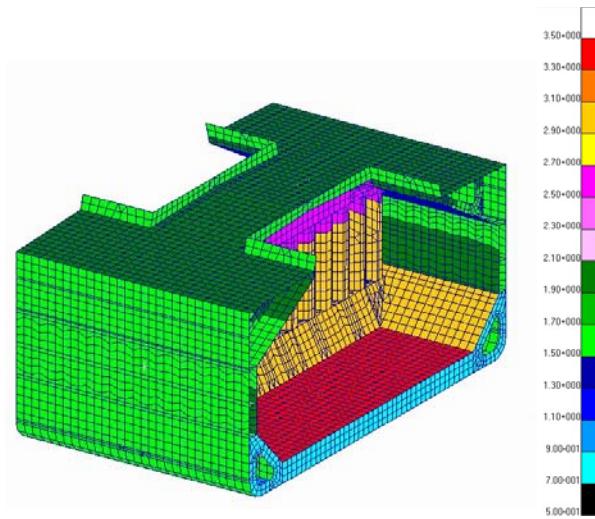


図6 腐食控除量

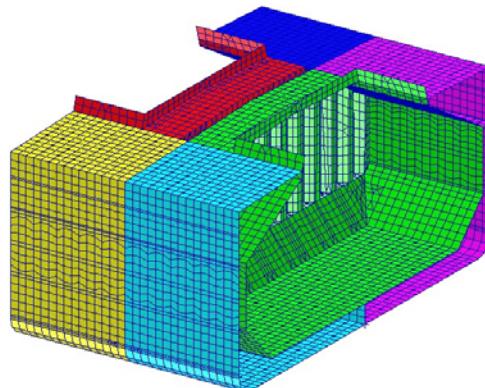


図7 区画分類 (DSS型ばら積貨物船)

### 2.3 UR S25 の積付条件

計算用の荷重の負荷は、タンカーの場合と大きく異なっている。特にばら積貨物船版では船級付記符号（Notation）に関する IACS の UR S25 のうち、横強度に関する要件を取

り入れた点にある。

ここで UR S25 は、長さが 150m 以上のばら積貨物船に対して適用され、積載する貨物密度と積付方法に基づき、統一的な Notation と設計積付条件を定めている。

統一 Notation には、次の 3 種類がある。

BC-A : ばら積み貨物密度が 1.0ton/m<sup>3</sup>以上の貨物を運送するよう設計されたばら積貨物船であって、最大喫水で特定の船倉を空倉とする船舶に付記する。

BC-B : 貨物密度が 1.0ton/m<sup>3</sup>以上の貨物を均等積みで運送するよう設計されたばら積貨物船に付記する。

BC-C : 貨物密度が 1.0ton/m<sup>3</sup>未満の貨物を均等積みで運送するよう設計されたばら積貨物船に付記する。

システムでは、Notation に応じて定まっている横強度関係の設計積付を自動的に設定するようになっている。

まず、荷重作成の最初のステップで上記の Notation のいずれかと {no MP} を追記するかどうかを入力する。ここで {no MP} とは、多港積荷・揚荷 (multiple ports loading and unloading) をしない場合に追記する Notation である。これらを入力すると評価船倉 (target hold) として指定した船倉に対して、UR S25 が要求する積付を自動的に作成する。UR S25 では、船倉の積付ばかりでなくバラストタンクや燃料油タンクの状態を規定しているが、それらも含めて積付が自動設定される。評価船倉以外の船倉は、隣接船倉として評価船倉が厳しくなるような積付が設定される。

表 1 に Notation として BC-A を選択した場合にシステムが自動作成する積付を示す。中央部の船倉を評価船倉とし、前後の船倉は隣接倉として指定した。ここで、multiple for full と multiple for empty の積付は、追加 Notation として {no MP} を選択した場合は自動的に作成されない。

各積付条件の船倉への積付量は質量として入力する。UR S25 の積付は、次の 3 つの質量から作成されるので、システムでも M<sub>Full</sub> を除き質量として入力する。

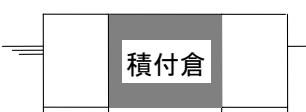
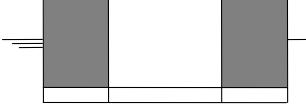
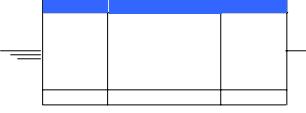
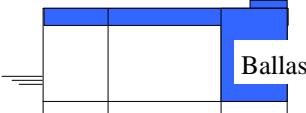
M<sub>H</sub> : 最大喫水での均等積み状態における各船倉の実貨物質量。

M<sub>Full</sub> : 仮想貨物密度 (= 均等積み質量 ÷ 船倉容積。最小 1.0ton/m<sup>3</sup>) の貨物を倉口縁材トップまで積載した場合の各船倉の貨物質量。ただし、M<sub>H</sub> より小としてはならない。

M<sub>HD</sub> : 最大喫水で特定の船倉を空倉とする積付時の、各船倉の最大貨物質量。

また、システムでは UR S25 とは別に、任意の積付を作成する機能もインターラクティブメニューに用意されており、UR S25 が適用されない場合や、特殊な積付などにも対応できるようになっている。

表 1 UR S25 の積付 BC-A

No.	積付名称	積付状態	喫水
1	Homo Full		最大喫水
2	Homo Slack		最大喫水
3	Alternate(L) for loaded hold		最大喫水
4	Alternate(E) for empty hold		最大喫水
5	Multiple for Full		最大喫水の 67%
6	Multiple for Empty		最大喫水の 83%
7	Normal Ballast		ballast
8	Heavy Ballast (for Ballast Hold)		heavy ballast
9	Heavy Ballast for non ballast hold		heavy ballast
10	Harbour (波浪荷重無し)		最大喫水の 67%

なお、ここで述べた要件の概略は主に横強度の要件に関するものであって、UR S25 にはこれら以外にも要件があるので正確には本会の改正規則等を参照されたい。

## 2.4 設計荷重

作成された各積付に対して設計荷重が計算される。このとき、波浪設計荷重は静荷重と組み合わせて山もしくは谷状態としてモデルに負荷される。ただし、Harbour Condition に対しては鋼船規則に従い静的荷重のみで計算する。

## 2.5 境界条件

ばら積貨物船のモデルに対しデフォルトで設定される境界条件を表 2 に示す。

表 2 ばら積貨物船に対する境界条件（空欄は自由）

場所	前後 方向	左右 方向	上下 方向	x 軸 回転	y 軸 回転	z 軸 回転	備考
モデル前後端	拘束				拘束	拘束	前後対象条件
横隔壁の船側上部	左舷		拘束				
	右舷	拘束	拘束				

タンカー版との差は、左右方向の拘束点位置にある。タンカー版では横隔壁の中心線頂部を拘束していたが、ばら積貨物船はクロスデッキも評価対象であることから、中心線での拘束をやめ、船側のしかも右舷側のみの拘束としている。

## 2.6 強度評価

強度評価を含めたポスト処理の部分は、タンカーと同様である。本システムで出力される応力分布図と強度評価結果を図 8 及び図 9 に示す。

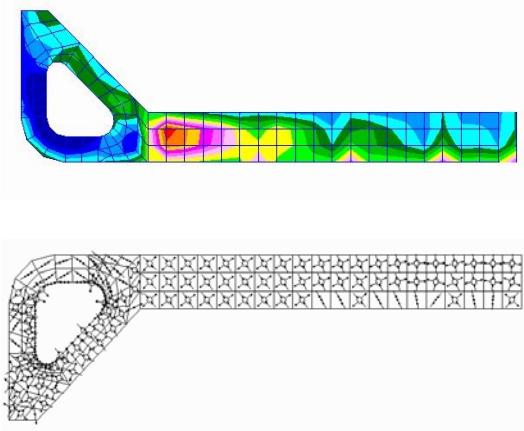


図 8 等価応力と主応力分布

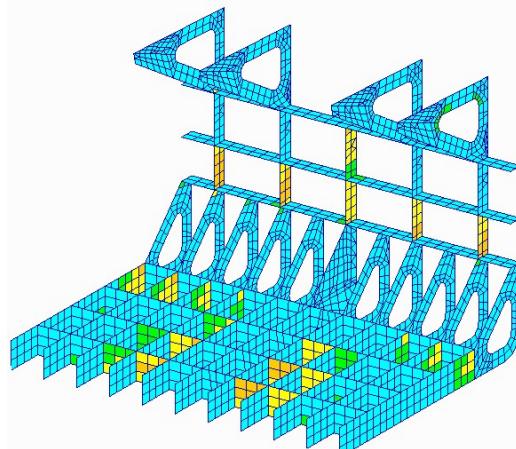


図 9 降伏強度評価結果

## 2.7 レポート作成機能

もっとも工数のかかる作業の一つが計算結果及び評価結果をまとめてレポートとして仕上げることである。本システムにはレポート作成機能を設け、ユーザーの工数削減を図った。レポートは、荷重計算のための入力値とガイドラインの算式による船体運動特性等が表として作成される、さらに、評価結果は表示画面をキャプチャしてレポートに入れるようになっている。ユーザーは強度評価をしながらレポートに入れたい画面を、メニューの

カメラアイコンをクリックして保存していく。その際に、タイトルと備考を入力できるようになっている。キャプチャされた図は順番の入れ替えや削除が可能となっている。

完成したレポートは html 形式のファイルで保存されるので、一般的なブラウザソフトで参照し、また、出力することも可能である。この機能はタンカー版にも設けられている。

### 3. 疲労強度評価システム

#### 3.1 概要

タンカー版及びばら積貨物船版とも疲労強度評価ガイドラインに対応した疲労強度評価システムを開発した。このシステムはガイドラインの規定に従い主要構造部材の応力集中部の疲労被害度を、公称応力と応力集中係数からホットスポット応力を求めて計算するものである。モデルは直接強度計算に使用したものを用いるが、グロス寸法であることと、負荷する荷重が、降伏・座屈評価の場合は超過確率が  $10^{-8}$  レベルの荷重なのに対し疲労強度評価では  $10^{-4}$  レベルのものを用いることから、直接強度計算のシステムとは異なるプログラムとした。ただし、これらは内部的な処理で対処しているため、使い勝手は直接強度計算システムと同様である。

#### 3.2 疲労被害度計算

具体的な計算手順は、まず疲労被害度計算用の荷重による解析計算を行い、次に得られる応力を用いてユーザーが指定する節点の被害度を節点ごとに計算していく。ここで、考慮する積付は、タンカーでは満載状態とバラスト状態の 2 状態、ばら積貨物船では均等積み、隔倉積み、ノーマルバラスト及びヘビーバラストとの 4 状態を考慮する。

解析が終了後、被害度の計算を行う。システムでは次の 3 段階で計算を行う。

##### i. 公称応力の算出

被害度を計算する節点を指定し、公称応力を算出するための要素を指定する。

##### ii. ホットスポット応力計算

継ぎ手のタイプを指定し応力集中係数を計算してホットスポット応力を算出する。

ユーザーが直接係数を入力することも可能。

##### iii. 疲労被害度の計算

適用する S-N 線図を選択し疲労被害度を計算する。

各段階ごとに入力画面が現れ、ユーザーはそれにしたがって数値を入力すればよいようになっている。図 10 に疲労強度評価の結果画面を示す。図中の赤点が疲労被害度を計算した節点である。計算結果は画面上に表としても表示され、また、レポート機能が備わっているため html 形式のファイルにまとめることが出来る。

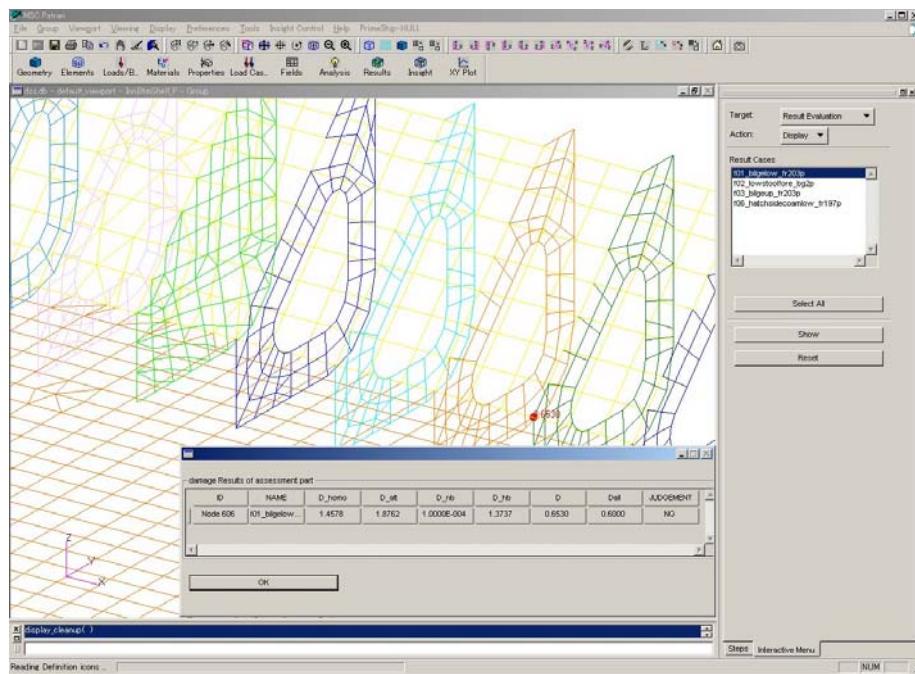


図 10 疲労被害度計算結果表示画面

#### 4. 終わりに

昨年度は未完成だったタンカー版のレポート作成機能と疲労強度評価システムが完成し、今年開発したばら積貨物船版とともに PrimeShip-HULL 直接強度評価システムは、主要な 2 船種に対応させることができた。両システムとも設計者に対し無償で提供することとしている。

また、現在コンテナ船のガイドラインを作成しているが、これに対応する直接強度計算システムも平行して開発している。コンテナ船システムは 2004 年上期に公表予定である。

#### [参考文献]

- [1] 日本海事協会：「ばら積貨物船の構造強度に関するガイドライン」(2002 年 8 月)
- [2] IACS: Unified Requirement S25 "Harmonized Notation and Corresponding Design Loading Conditions for Bulk Carriers" (Feb. 2003)

#### [問合せ先]

日本海事協会 研究センター 情報技術部（技術システム部門）

〒267-0056 千葉市緑区大野台 1-8-3

TEL:043-294-4977 FAX:043-294-6924 / E-mail: primeship-hull@classnk.or.jp