

設計・生産計画

## IACS Harmonised CSR の紹介と その寸法影響に関する一考察

田中 孝幸\*  
Takayuki Tanaka



永吉 紗智子\*\*  
Sachiko Nagayoshi



古野 弘志\*\*\*  
Hiroshi Furuno



現行の「ばら積貨物船のための共通構造規則(CSR-B)」と「二重船殻油タンカーのための共通構造規則(CSR-T)」を一本化させ、IMOの「目標指向型新造船構造基準(GBS:Goal Based new-ship construction Standard)」に適合させた新共通構造規則「Harmonised CSR」が、2013年12月18日にロンドンで開催された第68回IACS理事会において全会一致で採択された。Harmonised CSRは、2015年7月1日以降に建造契約が行われるばら積貨物船並びに二重船殻油タンカーに対して適用となり、現行の2つの共通構造規則と置き換わっていく。

本稿では、GBSとHarmonised CSRの紹介に加え、弊社92,000DWT型ばら積貨物船(92BC)を対象に調査した寸法影響に関する知見について述べる。この寸法影響調査を実施するにあたり、日本海事協会よりご提供頂いたHarmonised CSR対応設計支援ツールを使用した。このHarmonised CSR対応設計支援ツールについては、その動作および機能検証を日本海事協会の「業界要望による共同研究」のスキームによる支援を受け、日本造船工業会の共同研究参加会員と日本海事協会との共同研究体制によって実施したものである。

### 1. 緒言

現行の「ばら積貨物船のための共通構造規則(CSR-B)」と「二重船殻油タンカーのための共通構造規則(CSR-T)」を一本化させ、IMOの「目標指向型新造船構造基準(GBS:Goal Based new-ship construction Standard)」に適合させた新共通構造規則である「Harmonised CSR」は、2015年7月1日以降に建造契約が行われるばら積貨物船並びに二重船殻油タンカーに対して適用となる。本稿では、まず、GBSとHarmonised CSRの概要とそれらの関係並びに現行CSRからの変更点について簡単に述べる。次に、Harmonised CSRの内容とその寸法影響について事前に把握するために、弊社92BCについての試算を行う。最後に、寸法影響調査結果から得られた知見とHarmonised CSRを適用する際の問題点について述べる。

### 2. GBSとHarmonised CSR

#### 2.1 GBSの概要

1980年代後半から続発したばら積貨物船の沈没事故やタンカーの折損・油流出事故を受けて、これまで船級協会に委ねられていた船体構造規則にIMOが関与すべきとの機運が高まり、IMOでは2003年からGBSの策定を開始した。GBSは、船体構造が環境に優しく安全であるという目標をIMOが定め、その目標が達成されるように各船級協会の船体構造規則等を適合させていくというものである。いわば、GBSは規則のための規則(Rules for Rules)である。

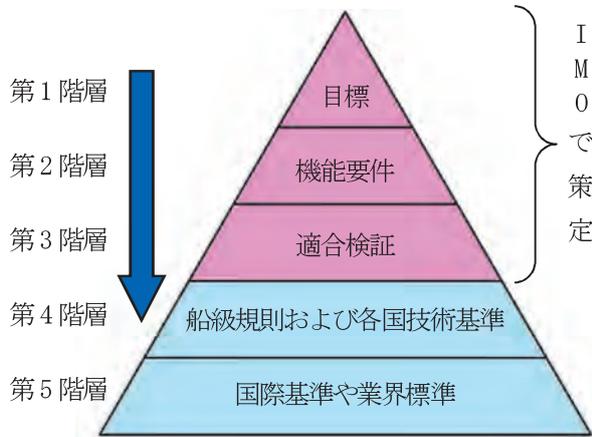
GBSは、第1図のように5つの階層で構成されており、第1階層の(船体構造が環境に優しく安全であるという)目標、第2階層の(第1階層を達成するための)15の機能要件(第1表)、第3階層の適合検証手順、第4階層の船級規則および各国の技術基準、第5階層のISO等の国際基準や業

原稿受理日：July 31, 2014

\*株式会社名村造船所 船舶海洋事業部 設計本部 企画開発部 開発課  
\*\*株式会社名村造船所 船舶海洋事業部 設計本部 基本設計部 船殻設計課

界標準で構成される。

第1階層から第3階層はIMOで策定し、第4階層および第5階層は船級協会や国、造船業界等が策定することとなっている。



第1図 GBS の構成

第1表 GBS 第2階層の機能要件

項目	機能要件
設計	1 設計寿命
	2 環境状態
	3 構造強度
	4 疲労寿命
	5 残存強度
	6 腐食に対する保護
	7 構造の冗長性
	8 水密性および風雨密性要件
	9 人的要因の配慮
	10 設計の透明性
建造	11 建造品質手順
	12 建造中検査
就航中	13 検査および保守
	14 交通設備
リサイクル	15 リサイクル

第3階層の適合検証では、第4階層の船級規則等が第1階層および第2階層に適合しているかの検証手順が定められており、第4階層に位置する船級規則等は、第2階層に規定される機能要件を満足しなければならない。

GBS には、船体構造規則が満足すべき目標を、規定的に定める Prescriptive approach と、リスクレベルに基づい

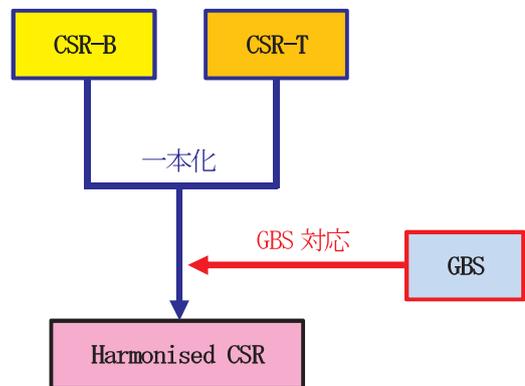
て定める Safety level approach の2つがある。現時点では、Prescriptive approach に基づく GBS が先行して策定されており、2010年5月にロンドンのIMO本部で開催された第87回海上安全委員会(MSC87)において、第3階層までの採択が完了している。

## 2.2 Harmonised CSR の概要

このGBSの動きを受けて、2003年6月に開催された第47回IACS理事会において、IACSはばら積貨物船と二重船殻油タンカーそれぞれの船体構造基準を船級協会間で統一した共通構造規則(CSR: Common Structural Rules)を策定することが採択された。そして、2006年4月に「ばら積貨物船のための共通構造規則(CSR-B)」と「二重船殻油タンカーのための共通構造規則(CSR-T)」が施行された。

2008年からは、関連業界からの要望を受けて、CSR-BとCSR-Tを一本化するための調和作業が進められた。

2010年5月のMSC87において、GBSの第3階層までが採択されたことを受け、IACSではGBS第2階層の機能要件のうち、CSRでカバーすべき技術的要件については、2つの現行CSRを一本化した新共通構造規則「Harmonised CSR」で対応させることとした(第2図)。



第2図 Harmonised CSR の位置付け

Harmonised CSRの策定にあたっては、これまでに2回の業界レビューが行われた。その業界レビューに先立ち、関連業界からの10人の代表で構成される外部諮問グループ(EAG)が事前レビューを行った。このEAGメンバーには、国際船主団体からの欧米メンバーに加えて、日韓中の各造船団体の代表が参加した。2012年7月から6ヶ月間の第1次業界レビュー、2013年4月から5ヶ月間の第2次業界レビューが行われ、2013年末の各船級協会の技術委員会での承認後、2013年12月18日にロンドンで開催された第68回

IACS 理事会において Harmonised CSR は全会一致で採択された。現在、Harmonised CSR は IMO に提出され、適合検証ガイドラインに沿ってその適合検証が行われている。GBS と Harmonised CSR の適用船舶と適用日を第 2 表に示す。

第 2 表 GBS と Harmonised CSR の適用対象

		GBS	Harmonised CSR
適用船舶	ばら積貨物船	150m 以上	90m 以上
	タンカー	150m 以上の二重船殻油タンカー	
適用日		<ul style="list-style-type: none"> <li>・2016 年 7 月 1 日以降に建造契約が行われる船舶</li> <li>・2017 年 7 月 1 日以降に起工又は同等の段階にある船舶 (建造契約が無い場合)</li> <li>・2020 年 7 月 1 日以降に引き渡しが行われる船舶</li> </ul>	2015 年 7 月 1 日以降に建造契約が行われる船舶 (ただし、GBS が適用となる場合は、Harmonised CSR も適用する必要あり)

2. 3 Harmonised CSR での主な変更点

Harmonised CSR について、現行 CSR からの主な変更点と新たに規定された内容を以下に示す。

- ・設計荷重の見直し
- ・縦曲げ最終強度評価における計算方法の統一
- ・最小板厚規定の統一
- ・座屈強度評価方法の見直し
- ・疲労強度評価方法の見直し(ハッチコーナ部含む)
- ・直接強度計算の範囲・評価方法の見直し
- ・残存強度規定の新規追加
- ・最小グラブ重量および寸法計算式の見直し
- ・スラミングに対する船首船底補強規定の統一
- ・疲労強度に及ぼすホイッピング・スプリングの影響 (北大西洋 25 年という設計条件でカバーできることを示す技術背景資料を IACS が作成して IMO に提出する。)
- ・腐食予備厚の再検討 (現状からほぼ変更なし)

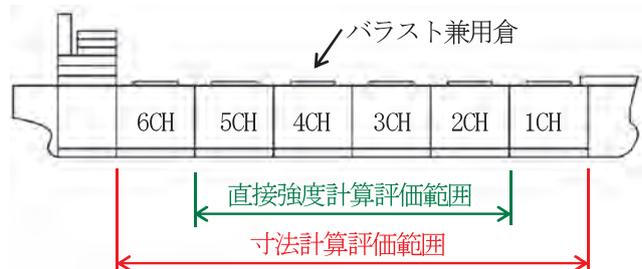
- ・溶接規定の見直し
- ・最小二重底高さ規定の追加 など

3. 寸法影響調査

3. 1 寸法影響調査の対象船

Harmonised CSR 適用による寸法影響の調査を、以下の対象船で実施する。

- ・対象船 : 92, 000DWT 型ばら積貨物船
- ・主要目寸法 :  $L_{pp} \times B \times D / ds = 226 \times 38 \times 20 / 14.2$  [m]
- ・適用規則 : CSR-B  $\Rightarrow$  Harmonised CSR 2<sup>nd</sup> Draft
- ・BC Notation : BC-B (GRAB 20ton  $\Rightarrow$  30ton)
- ・評価範囲 : 第 3 図に示す範囲
- ・直接強度計算 : コースメッシュによる降伏および座屈強度評価



第 3 図 寸法計算および直接強度計算の評価範囲

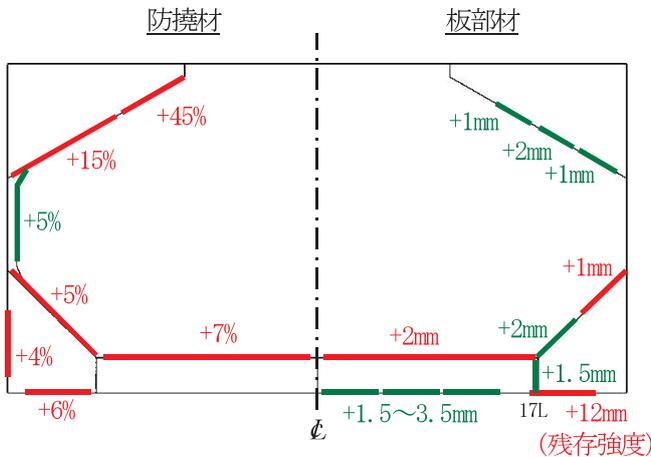
今回の寸法影響調査では、対象船の建造寸法からの寸法増加のみを考慮し、軽量化のための最適化は実施しない。また、座屈に対しては増厚による補強を行う。なお、本稿では今回の寸法影響調査結果のうち、No. 3 CARGO HOLD と No. 4 CARGO HOLD (バラスト兼用倉) の結果について述べる。

3. 2 No. 3 CARGO HOLD の寸法影響

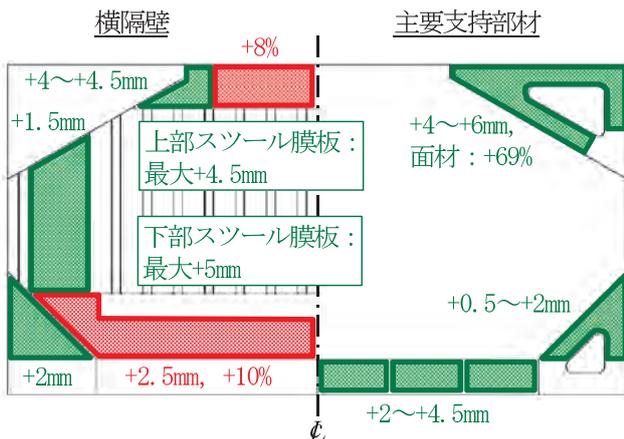
No. 3 CARGO HOLD 中央の寸法影響を第 4 図および第 5 図に示す。なお、赤色は寸法計算による寸法増加を、緑色は直接強度計算による寸法増加を示し、防撓材はその寸法増加量を断面積増加率(%)で、板部材は増厚量(mm)で示す(第 6 図および第 7 図も同様)。

板部材は、船底外板、17L サイドガーダ、ビルジホッパータンク斜板の下部、トップサイドタンク底板が座屈により増厚となり、内底板、ビルジホッパータンク斜板の上部がグラブに対する補強で増厚となった。また、ビルジホッパータンクの船底外板が座屈時残存強度により大幅に増厚となった。防撓材は、内底板縦通肋骨、ビルジホッパータンク斜板の縦通肋骨、船倉肋骨の面材が降伏により寸法増

加となり、トップサイドタンク底板の縦通肋骨が座屈により寸法増加となった。また、ビルジホッパータンクの船底縦通肋骨と船側縦通肋骨が疲労により寸法増加となった。



第4図 No. 3 CARGO HOLD の寸法影響(板部材, 防撓材)

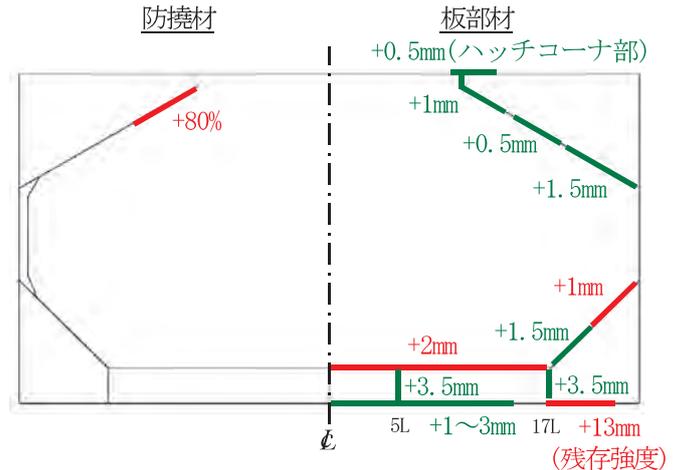


第5図 No. 3 CARGO HOLD の寸法影響(主要支持部材, 横隔壁)

主要支持部材は、二重底フロア、ビルジホッパータンク横桁、トップサイドタンク横桁が座屈により増厚となった。また、トップサイドタンク横桁の面材が降伏により寸法増加となった。横隔壁は、上部および下部スツール側板付き防撓材が降伏により寸法増加となり、ビルジホッパータンク横隔壁、波形隔壁の船側部、上部スツール側板の船側部、上部および下部スツール内の膜板が座屈により増厚となった。また、下部スツール側板がグラブに対する補強で増厚となった。

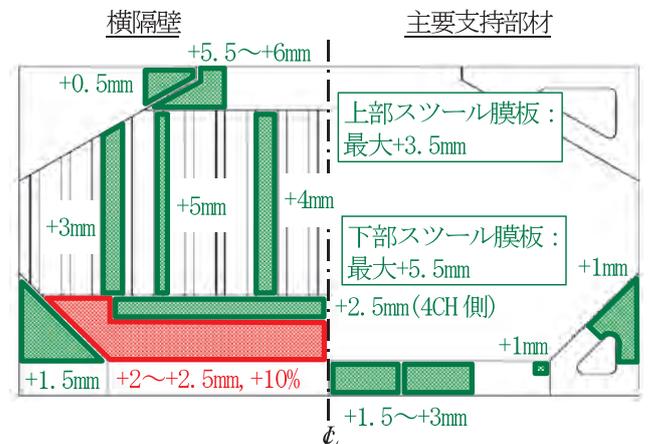
### 3. 3 No. 4 CARGO HOLD (バラスト兼用倉) の寸法影響

No. 4 CARGO HOLD (バラスト兼用倉) 中央の寸法影響を第6図および第7図に示す。



第6図 No. 4 CARGO HOLD の寸法影響(板部材, 防撓材)

板部材は、トップサイドタンク底板の上部、ハッチコーナ部が降伏により増厚となり、船底外板、5L/17L ガーダ、ビルジホッパータンク斜板の下部、トップサイドタンク底板が座屈により増厚となった。また、内底板、ビルジホッパータンク斜板の上部がグラブに対する補強で増厚となり、ビルジホッパータンクの船底外板が座屈時残存強度により大幅に増厚となった。防撓材は、トップサイドタンク底板の縦通肋骨が座屈により寸法増加となった。



第7図 No. 4 CARGO HOLD の寸法影響(主要支持部材, 横隔壁)

主要支持部材は、二重底フロア、ビルジホッパータンク横桁が座屈により増厚となった。横隔壁は、下部スツール側板上部のNo. 4 CARGO HOLD 側、波形隔壁の一部が降伏により増厚となり、下部スツール側板付き防撓材も降伏により寸法増加となった。また、ビルジホッパータンク横隔壁、波形隔壁の一部、上部スツール側板の船側部、上部および下部スツール内の膜板、トップサイドタンク横隔壁の一部

が座屈により増厚となり、下部スツール側板がグラブに対する補強で増厚となった。

### 3. 4 重量影響

3.1 に示す調査において、貨物倉の重量増加は 520 トンとなった。重量増加に占める割合が大きかった項目は、直接強度計算で 166 トン、グラブに対する補強で 115 トン、スラミングに対する船首船底補強で 81 トン、座礁時残存強度で 58 トンであった(第 3 表)。貨物倉における最小板厚の影響は、No. 6 CARGO HOLD の二重底ガーダの一部のみで、7 トンの重量増加に留まった。

第 3 表 貨物倉における重量増加の内訳(トン)

直接強度計算	グラブ補強	船首船底補強	座礁時残存強度	その他	合計
166	115	81	58	100	520

## 4. 考察

### 4. 1 座屈強度評価方法の見直しによる影響

Harmonised CSR では、座屈強度の評価方法が現行 CSR から見直されており、直接強度計算において様々な部材で座屈補強が必要となった。また、損傷状態における防撓材の座屈強度評価が追加されたことにより、船体中央部においてトップサイドタンク底板の縦通肋骨に大きな寸法影響が出た。

### 4. 2 最小グラブ重量の見直しによる影響

現行 CSR では、BC-A または BC-B Notation が適用されるばら積貨物船の最小グラブ重量は、船の長さに関係なく一律 20 トンと規定されていたが、Harmonised CSR では、近年のグラブの大型化を考慮し、船の長さが 200m 以上 250m 未満で 30 トン、250m 以上で 35 トンと見直された。これにより、弊社 92BC の場合、最小グラブ重量が 20 トンから 30 トンに変更となった。粒状貨物の荷下ろしに用いられるグラブの様子を写真 1 に示す。

グラブに対する補強の規定は、内底板および内底板から 3m 以内の高さにあるビルジホッパータンク斜板、下部スツール側板等に適用される。この補強を低減する最も有効な手段としては、これらの部材の防撓材心距を小さくすることである。

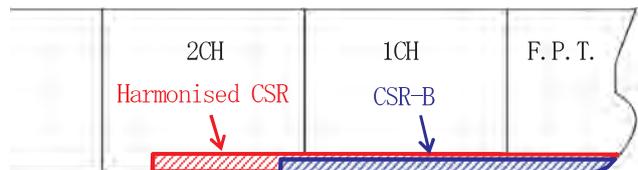


写真 1 グラブ

### 4. 3 スラミングに対する船首船底補強規定の

統一による影響

スラミングに対する船首船底補強の規定は、CSR-T を基に統一されており、弊社 92BC の場合、その範囲が後方に約 20m、深さ方向に 0.2m 拡大した(第 8 図)。



第 8 図 CSR-B と Harmonised CSR の船首船底補強範囲

また、この補強範囲の拡大に併せて、設計衝撃荷重も変更されているため、ビルジ外板部の縦通肋骨の強度が不足し、寸法を増加させる必要があった。

さらに、今回の寸法影響調査では、二重底ガーダ及びフロアの板厚を寸法計算式で決定したため、二重底ガーダは部分的に 0.5mm 増厚、二重底フロアは最大 11.5mm の増厚となった。この規定には代替設計法が定められており、設計工数の増加に繋がるものの、直接強度計算を実施することにより板厚を決定することが認められている。

### 4. 4 残存強度規定の新規追加による影響

Harmonised CSR では、GBS への対応として残存強度規定が新たに追加されており、写真 2 に示す「衝突」や「座礁」による損傷状態においても、十分な縦曲げ最終強度を有するよう設計する必要がある。

弊社 92BC の場合は、「衝突」による寸法影響はなかったものの、「座礁」では No. 3~5 CARGO HOLD のビルジホッパ

一タンクの船底外板を大幅に増厚しなければならなかった。

今回の寸法影響調査は、第2次業界レビューで行ったもので、Harmonised CSR 2<sup>nd</sup> Draft を用いて試算を行っているが、2013年12月18日にIACS理事会で採択された規則では、この規定が見直されており、「座礁」による寸法影響は無くなった。



写真2 衝突事故による船側の損傷

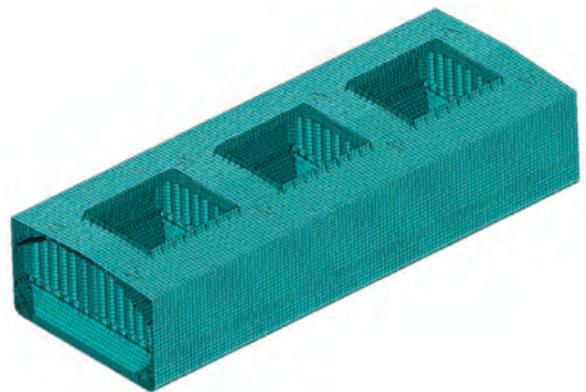
#### 4. 5 最小板厚規定の統一による影響

Harmonised CSR では、各部材の最小板厚が2つの現行CSRの厚い方に統一された。また、部材によっては、2つの現行CSRよりも強化された。そのため、最小板厚規定の統一による影響は大きいと予想していたが、それに反して、今回の寸法影響調査では、他の規定により寸法が決まるため、No. 6 CARGO HOLD の二重底ガーダの一部のみに留まった。ただし、船尾部と機関室区域の船側外板では、最大1mmの増厚となることが予想されるため、本船全体では3.4に示す重量よりも増える見込みである。

#### 4. 6 設計への影響

今回の試設計から、Harmonised CSR の寸法計算については設計への影響は小さいが、直接強度計算については船殻設計に大きな影響を及ぼすことが分かった。弊社92BCでは、直接強度計算の解析モデル数が、これまでの2つから6つに、ケープサイズのばら積貨物船では、これまでの3つから8つに増加し、解析モデルの作成・修正や評価の時間が大幅に増大する。例として、船体中央部の解析モデルを第9図に示す。Harmonised CSR では、船首部や機関室区域を含めた曲り部の貨物倉も直接強度計算にて評価しなければならないため、解析モデルの作成の時間が大幅に増える。また、コースメッシュ解析に加え、スクリーニング解析、

詳細メッシュ解析、極詳細メッシュ解析も要求され、さらに、部材によって評価基準が異なるため、評価作業の煩雑化が懸念される。二重船殻油タンカーの場合も、ばら積貨物船と同様の影響が予想される。日本海事協会からいち早くHarmonised CSR 対応設計支援ツールがリリースされ、非平行部を含めた直接強度計算の効率化が図られているが、それでもなお、直接強度計算に必要な設計期間は現在の人員で作業した場合、2倍以上になると見込まれる。そのため、解析モデルの作成・修正にかかる時間を低減するためのツールの導入や計算時間短縮のための高性能PCの導入、人員増強など、対策を講じていく必要がある。



第9図 船体中央部の解析モデルの一例

また、船殻重量は、弊社92BCの場合で520トン以上増加し、ケープサイズのばら積貨物船に至っては1,000トン前後の増加になると予測され、軽荷重量と鋼材費の増加が懸念される。

さらに、Harmonised CSR では未だに不合理・非現実的な寸法を与える場合もあり、しばらくは規則の見直しが継続的に行われることになるだろう。

#### 5. 結言

現行の2つのCSRを一本化させ、GBSに対応させた新共通構造規則「Harmonised CSR」は、2015年7月1日以降に建造契約が行われるばら積貨物船並びに二重船殻油タンカーに適用される。弊社92BCを対象として、Harmonised CSRによる寸法影響調査を実施したところ、貨物倉だけでも520トンの重量増加となった。また、直接強度計算の強化により、船殻設計の設計期間に影響が出るため、解析のモデル作成、修正、評価にかかる時間を低減するとともに、より合理的な規則となるよう、船級協会やIACSに働きかけていく必要がある。