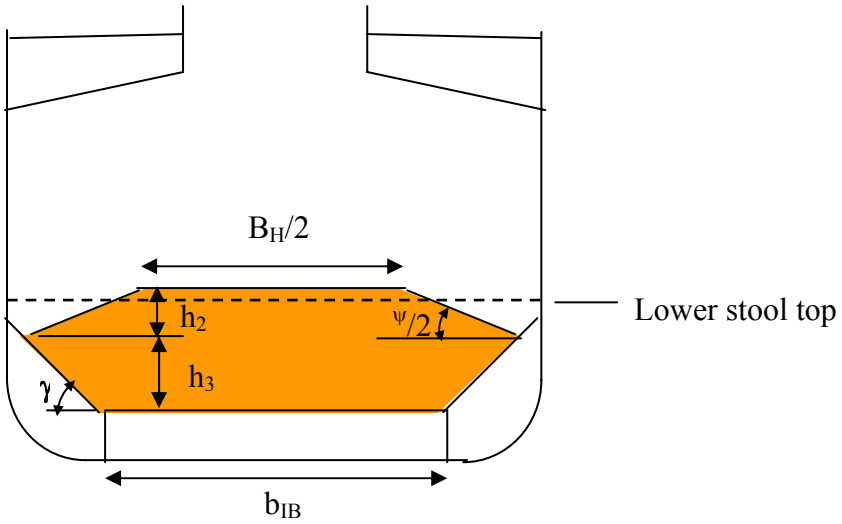
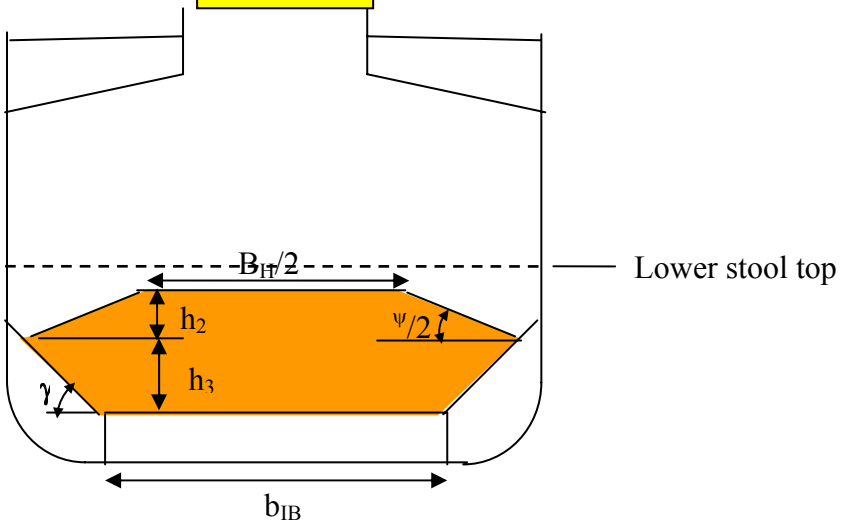
KC#851 質問

CASE (A)



CASE (B)



KC#851 回答

＜問題点の概要＞

貨物倉の形状と貨物密度とのある特定の組み合わせに対し、貨物の上部表面がより低く制限される場合、下部スツールの上部ナックル部より下方となる可能性がある。しかしながら、ばら積貨物船 CSR では、このことが明確に検討されていない。

本件について DNV が初めに取り扱いの提案を行った。これに基づき、本資料は、規則とは異なる算式、それを変化させたもの、そして最後にばら積貨物船 CSR の現行算式及びこれら 3 つの提案による比較結果を示す。

＜DNV の提案手法＞

“Calculation of Load height – DNV proposal – SESOL – 10th March 2009”において、DNV が以下の算式を示した。

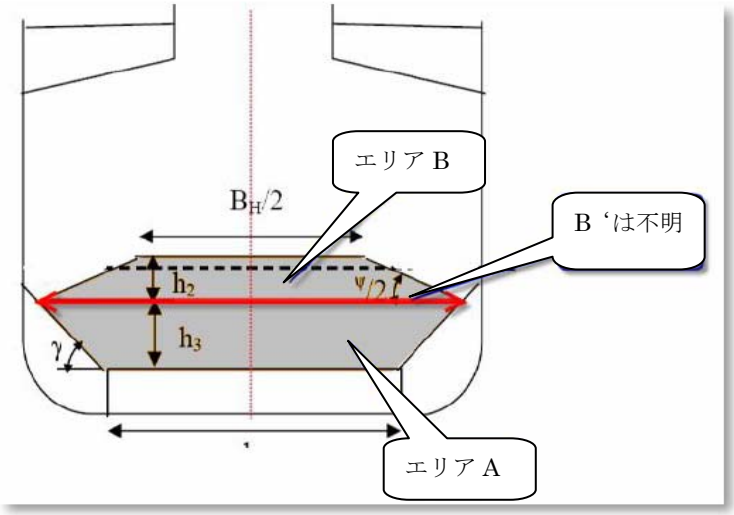


図 1：DNV による提案

下記について仮定する。

・h_1が 0 より小さい場合、h_3のみを計算する。

・スツールの容積は、貨物の形状及び高さに関わらず、すべて考慮すると仮定する。（保守的な取り扱い）

幅 B’ は次式により求められる。

$$B_{H.DNV} := \frac{\left(4\cdot\tan(\gamma)\cdot\rho_C\cdot b_{IB}^{2}\cdot l_H + \rho_C\cdot b_H^{2}\cdot l_H\cdot\tan\left(\frac{\psi}{2}\right) + 16\cdot\rho_C\cdot V_{TS} + 16\cdot M\right)^{0.5}}{2\cdot\sqrt{\rho_C}\cdot\sqrt{l_H}\cdot\sqrt{\tan(\gamma) + \tan\left(\frac{\psi}{2}\right)}}$$

＜BV による提案＞

DNVの提案手法にあるように、貨物上部表面の水平部分の幅は$b_H/2$ とし、下部スツールの容積はすべて、計算において考慮する。

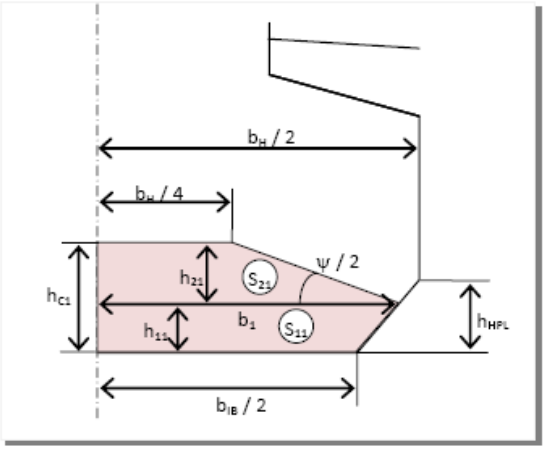


図 2：BV による提案その 1

$$b_1 := \sqrt{\frac{\frac{2}{l_H}\left(\frac{M}{\rho_C} + V_{TS}\right) + \frac{b_{IB}^2 \cdot h_{HPL}}{b_H - b_{IB}} + \frac{1}{8} \cdot b_H^2 \cdot \tan\left(\frac{\psi}{2}\right)}{\frac{h_{HPL}}{b_H - b_{IB}} + \frac{1}{2} \cdot \tan\left(\frac{\psi}{2}\right)}}$$

幾何形状の計算の後、幅 b_1 は次式によって求められる：

$$h_{11} := h_{HPL} \cdot \frac{b_1 - b_{IB}}{b_H - b_{IB}}$$

次いで、その他の値を、以下のように定義する。：

$$h_{21} := \frac{1}{2} \cdot \left(b_1 - \frac{b_H}{2}\right) \cdot \tan\left(\frac{\psi}{2}\right)$$ 及び

$$h_{c1} := h_{11} + h_{21}$$

＜BV による提案その 2＞

貨物上部表面の水平部分の幅は、貨物上部表面の下部のコーナーにおける貨物表面の幅の半分、つまり $b_2/2$ であるとここでは仮定する。

DNV の提案と同様、下部スツールの容積はすべて、計算において考慮する。

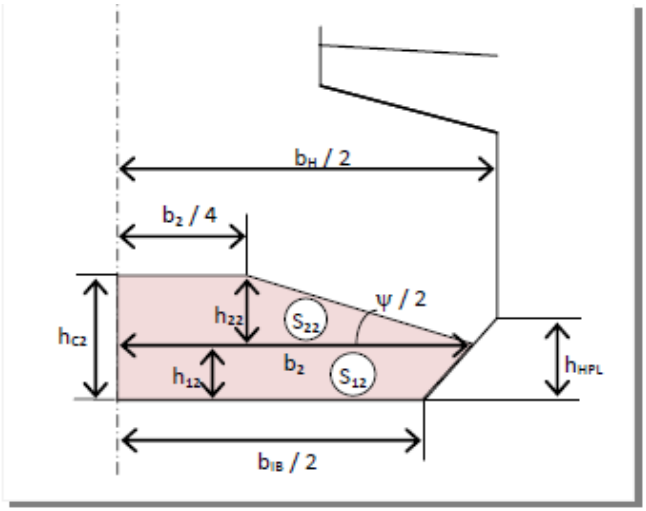


図 3：BV による提案その 2

幾何形状を計算した後、幅 b_1 は次式による。

$$b_2 := \sqrt{\frac{\frac{1}{l_H}\left(\frac{M}{\rho_C} + V_{TS}\right) + \frac{1}{2}\frac{h_{HPL} \cdot b_{IB}^2}{b_H - b_{IB}}}{\frac{1}{2}\left(\frac{h_{HPL}}{b_H - b_{IB}} + \frac{3}{8}\tan\left(\frac{\psi}{2}\right)\right)}}$$

次いで、その他の値を以下のように定義する。

$$h_{12} := h_{HPL} \cdot \frac{b_2 - b_{IB}}{b_H - b_{IB}}$$ 及び

$$h_{22} := \frac{1}{4} b_2 \cdot \tan\left(\frac{\psi}{2}\right)$$

$$h_{c2} := h_{12} + h_{22}$$

＜傾斜した貨物上部表面＞

貨物上部表面の傾斜した箇所は、すべての高さが、ここで計算されるように与えられれば、以下の算式で求められる。

CSR

$$z_{CSR}(y) := h_{DB} + h_{HPL} + h_{13} - 2\cdot\frac{h_{23}}{b_H}\left(2\cdot y - b_H\right)$$

DNV / BV first approach

$$z_{BV1}(y) := h_{DB} + h_{11} + \frac{2\cdot h_{21}}{b_H - 2\cdot b_1}\left(2\cdot y - b_1\right)$$

BV second approach

$$z_{BV2}(y) := h_{DB} + h_{12} - 2\cdot\frac{h_{22}}{b_2}\left(2y - b_2\right)$$

＜数値比較＞

DNV による例に基づく場合

貨物倉の形状	ホールド長さ	l_H	28.80m
	ホールド幅	b_H	32.26m
	内底の幅	b_{IB}	22.40m
	内底板上のホッパー高さ	h_{HPL}	3.40m
	スツールの容積	V_{TS}	187.40m³
貨物	貨物倉内の全貨物質量	W	8000.00t
	貨物密度	ρ	3.00t/m³
	貨物の安息角	ϕ	35.00°

計算結果は、以下のとおり。

説明	変数	CSR BC	BV 1	BV 2	DNV
ホッパーと接する点における貨物表面上部の幅	B';b_1;b_2	32.6000m	28.6428m	28.3136m	28.6431m
	h_0	3.4000m			
	h_1	-1.7157m	2.1527m	2.0392m	2.1526m
	h_2	2.5429m	1.9726m	2.2318m	1.9727m
貨物上部表面の水平部分の高さ	h_C	4.2272m	4.1253m	4.2710m	4.1253m
上部表面の高さ　$b_H/4$	$z(b_H/4)$	4.2272m	4.1253m	3.9599m	4.1253m
h_C の差異	/CSR		-2.41%	+1.04%	-2.41%
	/BV1			+3.53%	0.00%
	/BV2				-3.53%
変数 B';b_1;b_2 の差異	/CSR		-12.14%	-13.15%	-12.14%
	/BV1			-1.15%	0.00%
	/BV2				+1.15%
$z(b_H/4)$の差異	/CSR		-2.41%	-6.32%	-2.14%
	/BV1			-4.01%	0.00%

貨物とその密度による容積のベースに、対応する貨物質量を計算することにより検証を実施した。各ケースにおいて、初期の貨物質量は、8,000t とする。
貨物上部表面の形状の違いを以下の図に示す。

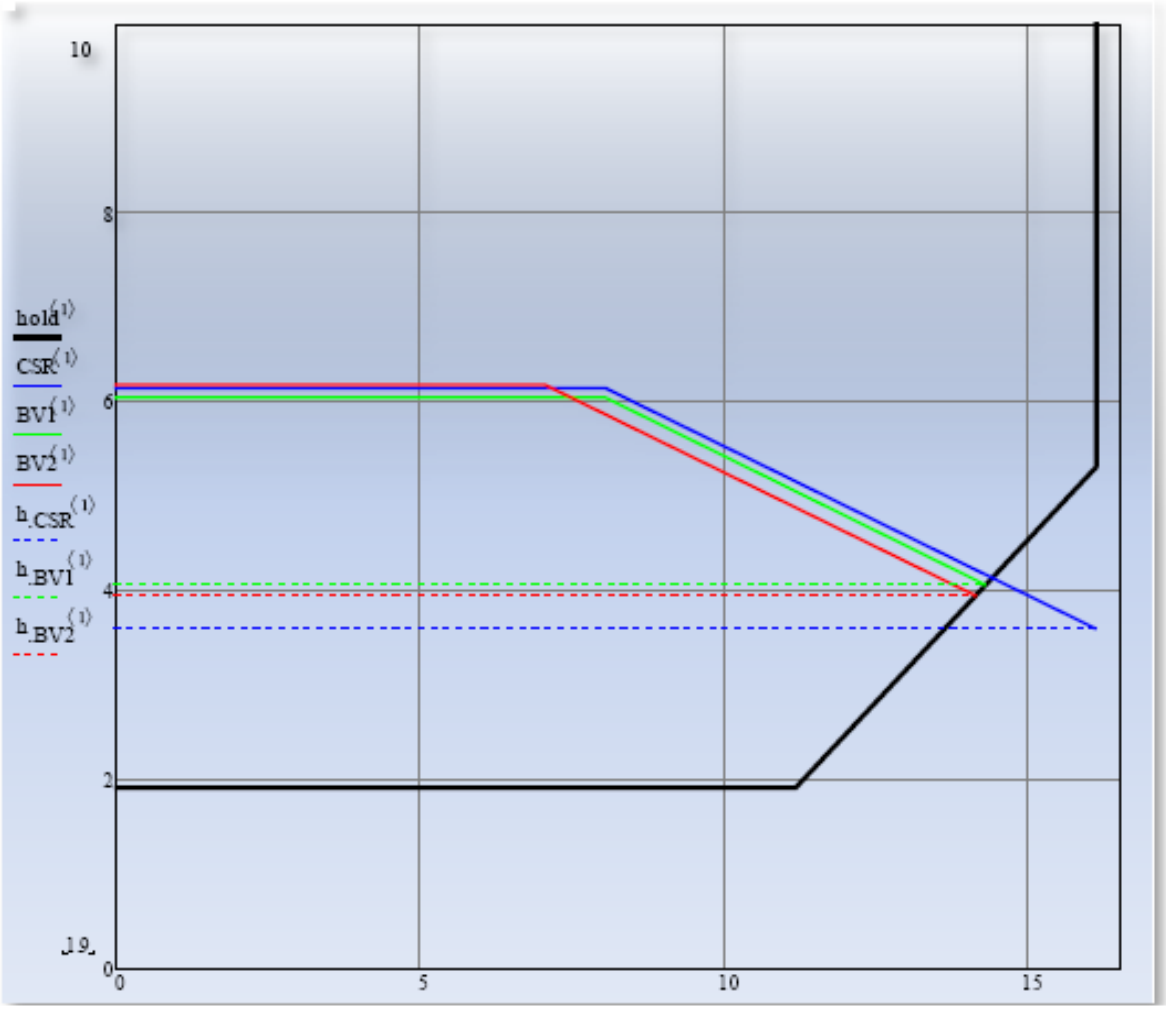


図 4：貨物上部表面の形状

＜結論＞
上記の値から以下のことが分かる。
・DNV の提案手法及び BV の提案その 1 は、同じ結果を与える。即ち、算式で使用される変数のみが異なっている。
・貨物容積は、このような貨物形状であっても、CSR の算式により正しく求められる。
・これら 4 つの手法の違いに関し：
　・貨物上部表面の水平部分については、すべて、それぞれほぼ同じである。
　　貨物の形状をモデル化において既に採用された近似方法を考慮すると、これらの違いは、有意なものではない。
　・貨物上部表面の傾斜した箇所は、同じ傾斜を有する。
　　したがって、最も大きな違いは貨物上部表面の水平部分の幅の違いによる、現行 CSR 手法と BV 提案その 2 の間でのみ生じるが、これらの差は小さく、無視できる。

・貨物を積載する貨物倉の幅は、３つの新提案がお互いに有意に減じる結果を与える。

荷重（粒状貨物による圧力、慣性圧力、せん断荷重等）は、貨物高さに線形な関数なのでこれらの違いによる影響も、限定的なものとなる。
この提案（DNV、BV1、BV2 の手法）はもともと貨物倉内の貨物によって使われている箇所をより適切に表記することにある。
これらの代替提案の第 1 の欠点は、現行のばら積貨物船 CSR の手法と比較して、貨物積載用の貨物倉の幅が減少することである。
第 2 の欠点は、貨物倉が、ホッパーの上部まで積載される場合と、ホッパーが、貨物により完全に覆われない場合との違いを評価する必要があるため、その箇所に対する規則がより複雑になることである。

貨物高さの差異は、有意なものではないが、この新手法による貨物倉の幅に及ぼす影響は、より小さいため、現行 CSR の手法をそのままとすることは、より保守的で簡易である。
しかしながら、今後行われる調和作業において、ばら積貨物の荷重評価手法の改良には、意義深いと考えられる。