

2. 航路水深

第1段階：対象船舶が特定されない場合には、以下の値を基本とする。

- 1) うねり等の波浪の影響が想定されない港内等の航路： $D=1.10d$
- 2) うねり等の波浪の影響が想定される港外等の航路： $D=1.15d$
- 3) 強いうねり等の波浪が想定される外洋等の航路： $D=1.20d$

D：航路水深

d：対象船舶の検討対象運用条件における係船状態等の静水状態の最大喫水

第2段階：対象船舶が特定される場合には、必要な航路水深は次式により算定される水深とすることができる。

$$D=d+D1+\text{MAX}(D2, D3)+D4$$

D1：航走中の船首沈下量

D2：Heaving と Pitching による船首沈下量 ($\lambda > 0.45L_{pp}$ の場合における追加項目)

D3：Heaving と Rolling による船底ビルジ部沈下量 ($TR \approx TE$ の場合における追加項目)

D4：余裕水深

λ ：検討の対象となるうねり等の波浪の波長

L_{pp} ：対象船舶の垂線間長

TR：対象船舶の固有横揺周期

TE：検討の対象となるうねり等の波浪と対象船舶との出会い周期

なお、計画段階では基本水準面からの必要水深を算定するものであり、実際の運用に際しては以下の要素を検討することが必要である。

- 1) 潮位：航行時点の潮位は一般に基本水準面を超えており、この基本水準面上の潮位は実際の運用における水深要素として考慮できる。
- 2) 水深精度：海図の水深データの誤差は危険側となる可能性があるが、浚渫が実施された場合は計画水深に対し一般に余掘られており、水深が十分に調査された結果において当該計画水深に対する余掘分は実際の運用における水深要素として考慮できる。
- 3) その他：必要に応じて、気圧、海底面の底質、海底の障害物、海水比重等について考慮することが必要である。

(解説)

- 1) うねりは、対象船舶の船長と検討対象地点における波長との相対的な関係で決まる。
- 2) d は対象船舶の検討対象運用条件における係船状態等の静水状態の最大喫水であり、最大でも d =満載喫水(d_0)と考えられる。
- 3) D_1 (航走中の船首沈下量) は、次式により算定することができる。

$$D_1 = (0.7 + 1.5d/D) \{C_b / (L_{pp}/B)\} \cdot V^2/g + 15d/D \cdot \{C_b / (L_{pp}/B)\}^3 \cdot V^2/g \quad (\text{芳村の式})$$

なお、この算定結果は、以下の条件式を満足することを確認することが必要である。

$$D - d - D_1 > 0$$

この式を満足しない場合には、初期条件の船速を見直す等の再検討が必要である。

d : 対象船舶の係船状態等の静水状態における最大喫水

D : 航路水深

L_{pp} : 対象船舶の垂線間長

B : 対象船舶の船幅

C_b : 対象船舶のブロック係数

V : 対象船舶の速度 (m/s)

g : 重力加速度 (9.8m/s^2)

・芳村の式：芳村康男：浅水域の操縦運動数学モデルの検討：関西造船協会誌 第200号 (1986) [別添論文-1]

- 4) $\lambda > 0.45L_{pp}$ (検討の対象となるうねり等の波浪の波長 > 対象船舶の垂線間長 $\times 0.45$) の場合には、 D_2 (Heaving と Pitching による船首沈下量) を、下図より得られる D_2/h_0 の値より算定することができる。

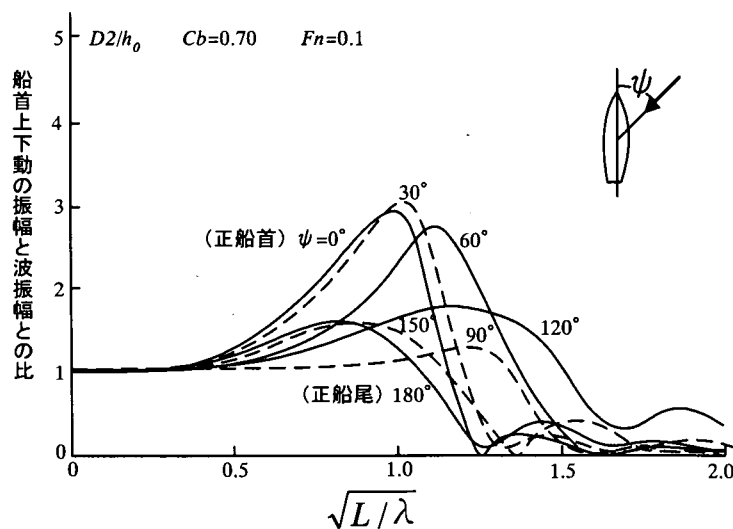


図 2-1 船首上下動と出会い波との関係

(日海防シズ① VLCC に関する十章 VLCC 研究会)

注：この図表は $C_b=0.7$, $Fn=0.1$ のケースのみを示しているが、浅海域で想定される値よりも大きな値 (安全側) となる深海域を対象としていることから、 C_b , Fn (フルード数: $V / (L_{pp} \cdot g)^{0.5}$) にかかわらず適用できるとした。

h_0 : 検討の対象となるうねり等の波浪の振幅 ($h_0=H/2$)

H : 検討の対象となるうねり等の波浪の波高

5) TR (対象船舶の固有横揺周期) と TE (検討の対象となるうねり等の波浪と対象船舶との出会い周期) がほぼ等しい場合には, D3 (Heaving と Rolling による船底ビルジ部沈下量) を次式 (規則波を対象とした「本田 操船通論 付録 A11」に準拠して不規則波を対象とした式に変換) により算定することができる.

$$D3=0.7 \cdot (H_{1/3}/2)+(B/2) \cdot \sin \Theta$$

$$\Theta=\mu \cdot \gamma \cdot \Phi$$

$$\mu \cdot \gamma=7 \quad (\text{高木の解析結果})$$

$$\Phi=360 \cdot (0.35H_{1/3}/\lambda) \cdot \sin \psi$$

ここで, TR (対象船舶の固有横揺周期) と TE (検討の対象となるうねり等の波浪と対象船舶との出会い周期) は次式により算定される.

$$TR=0.8B/(GM)^{0.5}$$

$$TE=\lambda/(\lambda/TW+V\cos\psi)$$

なお, GM (船の重心とメタセンターの距離) は, $GM=B/25$ の場合に適当であるとされている. しかしながら, 実際の GM の値は変動するため, $GM=0.5\sim 2.0 \times (B/25)$ として考える.

GM : 船の重心とメタセンターの距離

TW : 検討の対象となるうねり等の波浪の周期

$H_{1/3}$: 検討の対象となるうねり等の波浪の有義波高

B : 対象船舶の船幅

Θ : 対象船舶の最大横揺角度 (degree)

μ : 規則波による強制横揺れ倍率

γ : 有効波傾斜係数

Φ : 船首尾方向に対して直角にはかった表面波の最大波傾斜角 (degree)

ψ : 船舶の進行方向と検討の対象となるうねり等の波浪との出会い角度 (degree)

・ 本田啓之輔 操船通論 (増補五訂版) 成山堂書店 (1998)

・ 高木の解析結果: 高木幹雄: 浅海域における船体運動—その3 (図-20): 西部造船会第54回例会講演(1977)

[別添論文-2]

6) D4 (余裕水深) は, 舵をとった場合の船体傾斜による沈下等に対応し次のように与えることができる.

$$d \leq 10\text{m} \quad D4=0.5\text{m}$$

$$d > 10\text{m} \quad D4=d \text{ の } 5\%$$

D : 航路水深

d : 対象船舶の検討対象運用条件における係船状態等の静水状態の最大喫水

d_0 : 対象船舶の満載喫水

L_{pp} : 対象船舶の垂線間長

B : 対象船舶に船幅

- Cb : 対象船舶のブロック係数
DT : 対象船舶の満載時の排水トン
 γ : 海水の比重 (1.025)
V : 対象船舶の速度 (m/s)
TR : 対象船舶の固有横揺周期
GM : 船の重心のとメタセンターの距離
 λ : 検討の対象となるうねり等の波浪の波長
TW : 検討の対象となるうねり等の波浪の周期
TE : 検討の対象となるうねり等の波浪と対象船舶との出会い周期
H : 検討の対象となるうねり等の波浪の波高
H_{1/3} : 検討の対象となるうねり等の波浪の有義波高
h₀ : 検討の対象となるうねり等の波浪の振幅 (h₀=H/2)
⊙ : 対象船舶の最大横揺角度 (degree)
 ψ : 船舶の進行方向と検討の対象となるうねり等の波浪との出会い角度 (degree)
 μ : 規則波による強制横揺れ倍率
 γ : 有効波傾斜係数
 Φ : 船首尾方向に対して直角にはかった表面波の最大波傾斜角 (degree)

計算事例-1 うねり等の波浪の影響が想定されない
港内等の航路への大型コンテナ船の入出港

船種	: 大型 CTNR	
載荷重量トン	: DWT(ton)	82,275
総トン数	: GT(ton)	76,847
排水量トン	: DT(ton)	110,715
TEU CAPACITY	: TEU	6,208
満載喫水	: d0(m)	14.0
最大喫水	: d(m)	14.0
対象船舶幅	: B(m)	40.0
垂線間長	: Lpp(m)	287
海水の比重	: γ	1.025
ブロック係数	: Cb	0.671
船舶速度	: V(ノット)	10.0
船舶速度	: V(m/s)	5.1
航路水深	: D(m)	15.4
D1: 航走中の船首沈下量: D1(m)		0.55
参考: Tuck の式(m)		0.50
D2: Heaving と Pitching による船首沈下量(m)		0.0
D3: Heaving と Rolling による船底ビルジ部沈下量(m)		0.0
D4: 余裕水深(m)		0.7
航路水深: d+D1+D2+D3+D4 (m)		15.3
参考: 最大喫水 * 1.1		15.4

計算事例-2 強いうねりなどの波浪が想定される
外洋等の航路への大型コンテナ船の入出港

船種	: 大型 CTNR	
載荷重量トン	: DWT(ton)	82,275
総トン数	: GT(ton)	76,847
排水量トン	: DT(ton)	110,715
TEU CAPACITY	: TEU	6,208
満載喫水	: d0(m)	14.0
最大喫水	: d(m)	14.0
対象船舶幅	: B(m)	40.0
垂線間長	: Lpp(m)	287
海水の比重	: γ	1.025
ブロック係数	: Cb	0.671
船舶速度	: V(ノット)	10.0
船舶速度	: V(m/s)	5.144
対象波浪 周期-TW(秒)		14
対象波浪 波高-H(m)		2
対象波浪 周辺海域水深=D(m)		18
対象波浪 波長= λ (m)		174
対象波浪と航路法線交角= ψ (度)		60
D1 : 航走中の船首沈下量(m)		0.5
参考 : Tuck の式(m)		0.42
$0.45 \times Lpp$ (m)		129
(波長 $>0.45 \times Lpp$) $(L / \lambda)^{0.5}$		1.28
D2 / h0: 上下動振幅/波振幅		2.1
h0: H / 2		1.0
D2: Heaving と Pitching による沈下量		2.1
$GM=0.5 \sim 2.0 \times (B / 25)$		0.8~3.2
固有周期= $0.8B / (GM)^{0.5}=TR$		17.9~35.8
$TE=\lambda / (\lambda / TW + V \cos \psi)$ (秒)		11.6
TR \neq TE		
D3: Heaving と Rolling による沈下量		0.0
D4: 余裕水深		0.7
D=d+D1+D2+D3+D4		17.3
参考: 最大喫水 * 1.2		16.8