

我が国の航路基準の国際規格化について

川村竜児*・山本修司**・高橋宏直***

* (財) 沿岸技術研究センター 企画部 主任研究員

** (財) 沿岸技術研究センター 国際沿岸技術研究所長

***国土技術政策総合研究所 港湾研究部長

国際航路協会 (PIANC : Permanent International Association of Navigation Congress) においては、2005 年から航路に関する新しい指針の策定作業が進められている。本稿は、航路に関するわが国の基準や設計方法を PIANC の新しい指針に適切に反映させることを目的として実施している航路基準国際化調査業務について紹介するものである。

キーワード : 航路水深, 航路幅員, PIANC, 性能設計

1. はじめに

国際航路協会 (PIANC : Permanent International Association of Navigation Congress) 及び国際港湾協会 (IAPH : International Association of Ports and Harbors) が共同し、国際パイロット協会 (IMPA : International Maritime Pilots' Association) 及び国際航路標識協会 (IALA : International Association of Lighthouse Authorities) の協力を得て、1997 年6月に策定した“Approach Channels A Guide for Design” (以下「旧指針」という。) は、航路設計の技術的な判断に関する情報と推奨の提供をその目的としている。旧指針に強制力はないものの、欧米をはじめ開発途上国の多くの航路はこの旧指針に則って諸元が決定されている。旧指針の策定から10年を迎えようとする2005年7月、PIANC は、旧指針の見直しを行うべく新たなワーキンググループ (WG49 : Horizontal and Vertical Dimensions of Fairways) を設置した。PIANC WG49 における旧指針の見直し、すなわち、航路の水平方向 (航路幅員) 及び垂直方向 (航路水深) の諸元に関する新たな指針 (以下「新指針」という。) の検討は、今なお継続して行われている。

一方、わが国においては、(社) 日本航海学会等が旧指針のわが国への適用可能性について検討した結果、適切ではないとの結論に至ったが、この検討の過程においてより合理的な航路計画基準を構築できると予想された。このため、(社) 日本航海学会 規格委員会及び国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部が共同し、関係機関の協力を得ながら基準の検討を重ね、2004年4月に「次世代の航路計画基準 (2004)」を策定した。その後、国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部が、内容をより解りやすくするなどの見直しを行い、2007年9月に「次世代の航路計画基準 (2007)」を策定した。

また、わが国においては、昭和48年の港湾法改正により「港湾の施設の技術上の基準」が定められ、以降約10

年ごとに改正されてきており、直近では、従来の仕様規定を性能規定に変更した新たな基準が2007年4月から施行されている。

本稿は、前述したような背景の下、新指針の検討動向の把握、わが国において策定された航路計画基準等の内容の新指針への適切な反映を目的として2005年度から継続して行われている航路基準国際化調査業務の概要、成果及び今後の課題について紹介するものである。

2. 業務の概要

2.1 PIANC WG49 の会合への参画

PIANC WG49 の会合は、表-1 に示したとおり、2005年7月の設置と同時に開催された第1回会合以降、概ね年に2回の頻度で開催され、去る2009年5月11日及び12日に、ロンドンにおいて第9回目の会合が開催された (写真-1)。

表-1 PIANC WG49 の会合の開催経緯

回	開催日	開催場所
第1回	2005年7月8日	マドリード 【スペイン】
第2回	2005年9月29日	ブリュッセル 【ベルギー】
第3回	2006年5月19日	リスボン 【ポルトガル】
第4回	2006年11月10日	ウォーリングフォード 【イギリス】
第5回	2007年4月26日	ウィックスバーグ 【アメリカ】
第6回	2007年10月25, 26日	アントワープ 【ベルギー】
第7回	2008年4月17, 18日	ヴァーゲンゲン 【オランダ】
第8回	2008年10月1, 2日	ル・アーブル 【フランス】
第9回	2009年5月11, 12日	ロンドン 【イギリス】



写真-1 PIANC WG49 第9回会合の様相

PIANC WG49には、10カ国(オーストラリア、ベルギー、カナダ、フィンランド、フランス、ドイツ、日本、オランダ、南アフリカ、スペイン、アメリカ、イギリス)、3国際機関(IAPH、IMPA、IALA)が参画し、わが国からは、9回全ての会合に2.2に述べる国内検討委員会の委員が出席して、各会合における検討動向を把握するとともに、わが国の航路計画基準等を説明しつつ、新指針への適用を提案してきた。

2.2 国内検討委員会の設置

次世代の航路計画基準(2004)及び同(2007)の策定に携わられた有識者を中心として「航路基準国際化国内検討委員会」が設置された。同検討委員会のメンバーは、表-2のとおりである。

表-2 航路基準国際化国内検討委員会

委員長	大津 皓平 特任教授
	東京海洋大学 先端科学技術センター
委員	津 金正典 教授
	東海大学 海洋学部 航路学科航海専攻
委員	芳村 康男 教授
	北海道大学 水産科学研究院 海洋生物資源科学部門
委員	成瀬 進 常務理事
	財団法人 国際臨海開発研究センター
委員	平野 雅祥 顧問
	株式会社 三井造船昭島研究所

2.3 航路の設計に関する日本提案

これまでに9回開催されたPIANC WG49の会合において、次世代の航路計画基準(2004)及び同(2007)に規定されている航路の水深及び幅員を中心に、その考え方等を日本案として提示してきた。会合では、国土技術政策総合研究所港湾研究部において開発された航路諸元の計算プログラム“Japan-Fairway”を活用し、デモンストレー

ションを行いつつ、わが国の設計手法が明快かつ簡潔な物理モデルに基づく優れたものであることを強く主張してきた。風浪、波浪、船種、航行条件等の様々な要素を踏まえた航路諸元の緻密な計算手法は割愛し、ここでは、わが国からの提案のうち、航路水深の設計方法、航路幅員の設計方法及び計画対象船舶の諸元に関し、その概要を紹介する。

(1) 航路水深の設計方法

わが国からの提案、すなわち、次世代の航路計画基準(2004)及び同(2007)における航路水深の設計方法は式(1)で表される。

$$D = d + D_S + \text{Max}(D_P, D_R) + D_A \quad (1)$$

ここに、 D : 航路の水深

d : 対象船舶の最大喫水

D_S : 航走による沈下量

D_P : 縦揺れと上下揺れによる沈下量

D_R : 横揺れと上下揺れによる沈下量

D_A : 余裕水深

式(1)を図解すると図-1のようになる。

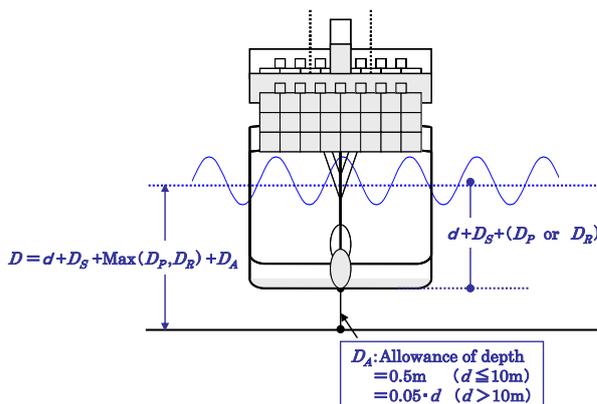


図-1 式(1)の図解

式(1)の右辺の各要素のうち、航走による沈下量 D_S 、縦揺れと上下揺れによる沈下量 D_P 及び横揺れと上下揺れによる沈下量 D_R について、イメージ図を示しつつ概説する。

図-2に示すように、船舶は、浅水域における航走時に沈下現象(squat)を起こす。

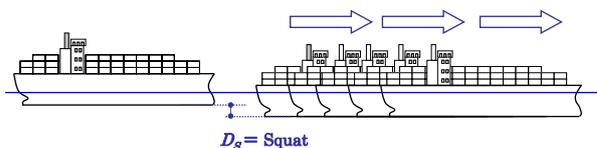


図-2 航走による船体の沈下

この沈下量については多くの推定式があるが、わが国からは、式(2)に示した芳村の推定式を提案した。

$$D_S = \left(0.7 + 1.5 \frac{d}{D}\right) \left(C_b \frac{B}{L_{PP}}\right) \left(\frac{U^2}{g}\right) + 1.5 \left(C_b \frac{B}{L_{PP}}\right)^3 \left(\frac{U^2}{g}\right) \quad (2)$$

図-3は、垂線間長175m、船幅25.4m、喫水9.5mのコンテナ船について、式(2)によって計算した沈下量と他の推定式によって計算した沈下量を図示したものである。式(2)が、他の計算式のほぼ中央値を与えるものであることがわかる。

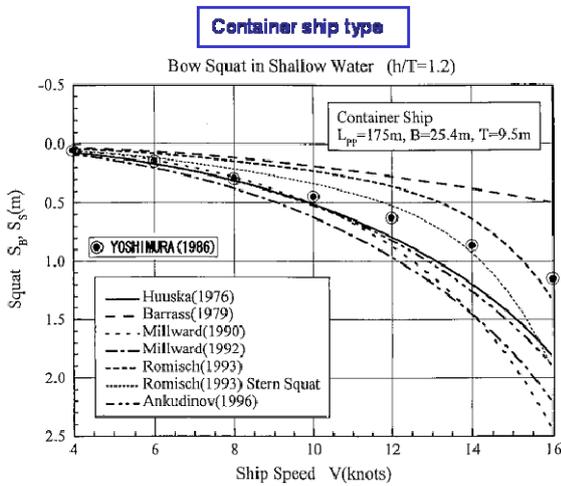


図-3 船体沈下量の推定値の比較

次に、縦揺れと上下揺れによる沈下量 D_P 及び横揺れと上下揺れによる沈下量 D_R について概説する。図-3の左側の図が D_P を、右側の図が D_R のイメージを示すものである。波浪の影響を受けて縦揺れと上下揺れを起こしている船舶は、特に船首又は船尾が平水中における喫水よりも深く沈み込む。一方、横揺れと上下揺れを起こしている場合は、左右いずれかのビルジキールが沈み込む。これらの2つの沈下量のうち、より大きな方が航路水深を決定する際の要素として採用される。

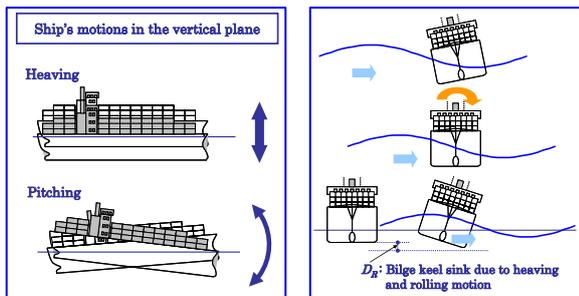


図-4 D_P と D_R のイメージ

最後に、海図読み取り値、浚渫の誤差及び底質条件などの不確定要素に対応するための余裕水深 D_A を加えることにより、ある航路に必要とされる水深 D が求められる。

(2) 航路幅員の設計方法

航路水深と同様に、航路幅員についても次世代の航路計画基準 (2004) 及び同 (2007) に示されている設計方法を我が国から提案した。航路幅員は、以下の式(3)~(5)によって計算される。

$$W_{TOTAL} = (W_{BM} + W_{IF}) C_{SF} \quad (3)$$

ここに、 W_{BM} : 基本操船幅員

W_{IF} : 相互作用流体力に対する付加的幅員

C_{SF} : リスクレベルに基づく安全率

$$W_{BM} = a(W_{WF} + W_{CF} + W_{YM} + W_{DD}) \quad (4)$$

ここに、 W_{WF} : 風影響対応幅員

W_{CF} : 潮流影響対応幅員

W_{YM} : 船首揺れ影響対応幅員

W_{DD} : 横変位影響対応幅員

$$W_{IF} = W_{BA} + bW_{PA} + cW_{OV} \quad (5)$$

ここに、 W_{BA} : 側壁影響対応幅員

W_{PA} : 行き会い影響対応幅員

W_{OV} : 追い越し影響対応幅員

式(4)における係数 a 、式(5)における係数 b 及び c は、対象となる航路が、①船舶の行き会いを想定しない航路(単航路)、②船舶の行き会いを想定する航路(往復航路)及び③船舶の行き会いと追い越しを想定する航路のいずれに該当するかによって、それぞれ以下のとおり与えられる。

①の場合: $a=1, b=0, c=0$

②の場合: $a=2, b=1, c=0$

③の場合: $a=4, b=1, c=2$

前述の式(1)と式(3)~(5)の比較からわかるように、航路復員の設計方法は、航路水深の設計よりも考慮すべき事項が多い。上述した単航路と往復航路の違い、航路の幅員方向両端の構造(運河や掘り込み)等種々の要素を組み合わせ、すなわち、式(5)右辺の各要素を踏まえて決定しなければならない。

ここでは、まず W_{BM} (基本操船幅員) の構成要素となる式(4)の右辺の各項について、イメージ図を示しつつ概説する。

船舶が風及び潮流を受けて航行している際、対地針路を直進に維持するためには斜航する必要がある。 W_{WF} と W_{CF} は、その斜航に対応するための幅員である(図-5)。また、 W_{YM} は、外力による船舶の動揺のうち、航路幅員

への影響が大きい船首揺れに対応するための幅員であり、(図-6の左)、 W_{DD} は、操船者が自船位置の進路からの左右の変位を確認できる視認能力限界を航路幅に反映させるものである(図-6の右)。

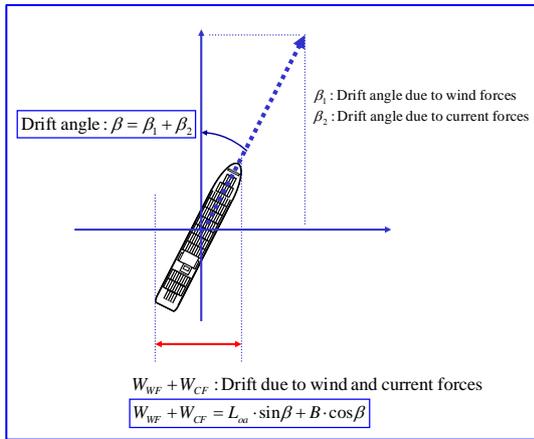


図-5 W_{WF} 及び W_{CF} のイメージ

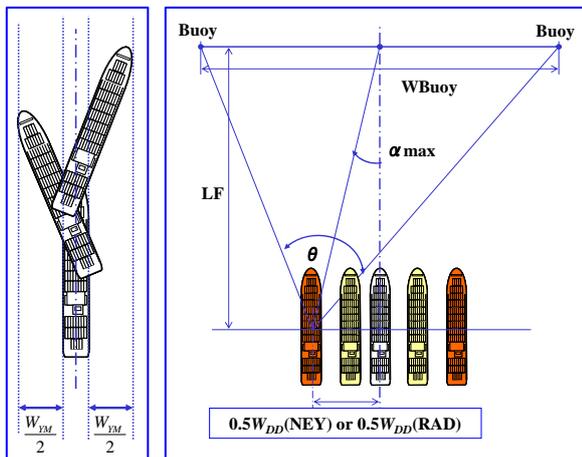


図-6 W_{YM} 及び W_{DD} のイメージ

次に、 W_{IF} (相互作用流体力に対する付加的幅員)について述べる。

船舶が航路の側壁付近を航行する際、前述した浅水域航行時の沈下現象と同様に船首吸引等の流体现象が起こる。 W_{BA} は、このような側壁影響に対応するために必要な幅員である(図-7の左)。

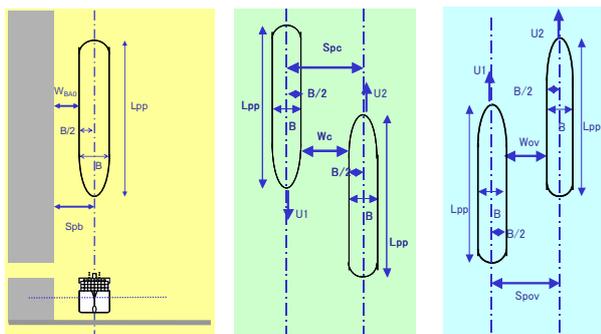


図-7 W_{BA} , W_{PA} , W_{OV} のイメージ

W_{PA} と W_{OV} は、2隻の船舶が行き会い(図-7の中)、追い越し(図-7の右)の航行条件下にある際に、互いに及ぼし合う流体力の影響に対応する幅員であり、 W_{BA} と同じ考え方で算定される。この流体力は、2船間の距離が近いほど大きく、遠くなると小さくなる。

(3) 計算例

我が国がPIANC WG49に提案した航路水深及び航路幅員の設計手法を用いた計算例を示す。

図-8は、排水量59,500トン、全長288.3m、垂線間長273.0m、船幅32.2m、最大喫水13.3mのコンテナ船(パナマックス)が、船首右舷から出会い角60度の波浪を受けながら船速10ノットで航走するとの条件下において、必要となる航路水深を計算した例である。従来の基準では、波浪の状況に応じて航路の水深を $1.10d \sim 1.20d$ と規定していた。新たな航路水深の設計手法は、波浪が比較的穏やかな領域において従来の基準とよく整合しているとともに、従来の基準では想定しなかった高波浪の領域における水深の計算も可能となっている。

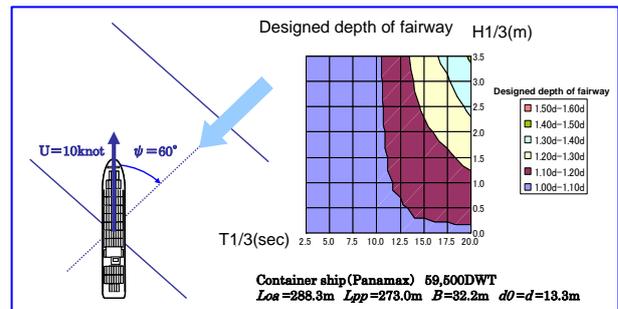


図-8 航路水深の計算例

航路幅員の計算例を示したものが図-9である。この計算例では、船速10ノット、正横から10m/sの風、潮流なし、レーダー搭載を航行条件、傾斜45度の側壁を有する構造の往復航路とし、前述の航路水深の例と同じ諸元のコンテナ船の他にVLCC及びLNGを加え、それぞれの船種についての計算結果を示している。

往復航路に関する従来の基準では、航路幅員は船舶の全長を基本に、その1.5倍又は2.0倍と規定されている。従来の基準に従って計算した航路幅員は、例えばコンテナ船では約432m又は約577mという非常に広い幅の航路が必要ということになる。その一方、新たな航路幅員の設計手法を用いれば、必要な航路幅員は約297mとなり、極めて合理的、かつ、現実的な結果を得ることができる。

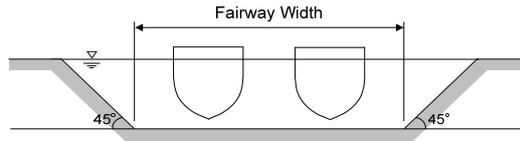
(4) 計画対象船舶の諸元

前述した水深や幅員を求めるにあたり、重要となるのが当該航路を航行すると想定される最大の船舶、すなわち、計画対象船舶を決定することである。

【Navigational Environments】

Ship Speed	10.0 knot
Cross Wind	10.0 m/s (90°)
Cross Current	0.0 knot (90°)
By Rader (avarage 1° and 2°)	

【Sectional Condition】



Two-Way		Ship Type					
		Container		VLCC		LNG	
Loa Lpp B d		288.3m		333.0m		283.0m	
		273.0m		316.0m		270.0m	
		32.2m		60.0m		44.8m	
		13.3m		20.4m		10.8m	
$W_{TOTAL} = (W_{BM} + W_{IF}) C_{SF} ※1$		297.3m	9.2B	390.2m	6.5B	339.0m	7.6B
W_{BM}	$W_{WF} + W_{CF}$	33.0m	1.0B	60.3m	1.0B	46.8m	1.0B
	W_{YM}	2.2m	0.1B	2.2m	0.0B	2.2m	0.0B
	W_{DD}	54.2m	1.7B	62.7m	1.0B	53.3m	1.2B
	$W_{WF} + W_{CF} + W_{YM} + W_{DD}$	89.3m	2.8B	125.1m	2.1B	102.2m	2.3B
	a	2		2		2	
$W_{BM} = a(W_{WF} + W_{CF} + W_{YM} + W_{DD}) ※2$		178.7m	5.5B	250.3m	4.2B	204.4m	4.6B
W_{IF}	W_{BA}	15.0m	0.5B	13.4m	0.2B	13.0m	0.3B
	W_{PA}	103.6m	3.2B	91.1m	1.5B	90.7m	2.0B
	b	1		1		1	
	W_{OV}	163.2m	5.1B	155.7m	2.6B	150.1m	3.3B
	c	0		0		0	
$W_{IF} = W_{BA} + bW_{PA} + cW_{OV} ※3$		118.6m	3.7B	104.5m	1.7B	103.7m	2.3B
C_{SF}		1.0		1.1		1.1	

Appendix[F] ※1:Eq.(1.1) ※2:Eq.(1.2) ※3:Eq.(1.3)

Risk Factor	Container	VLCC	LNG
1. U(Ship Speed)	0	0	0
2. Cargo Type	0	3	3
3. Traffic Density	0	0	0
4. Uncertain Element	1	1	1
Total Evaluation Points	1	4	4
C_{SF}	1.0	1.1	1.1

図-9 航路幅員の計算例

我が国は、ロイズ統計及び日本船舶明細書の船舶データを用いて統計的に解析した船種ごとの標準的な諸元を提案した。

3. 業務の成果と今後の課題

PIANC WG49 における新指針については、現在なお検討が進められている状況であるが、2005 年以降の積極的な対応が身を結び、日本提案は、高い評価を得て、新指針に盛り込まれることがほぼ確実となっている。

新指針は、6つの章からなる本文と6つの付属書で構成されている。第2章の航路水深の設計方法では、我が国の提案が適切に盛り込まれるとともに、我が国が作成した図も採用されることで調整が進められている。第3章の航路幅員の設計方法においては、新たな設計方法として日本の方法が明記されるとともに、付録の水平方向の諸元に関する詳細計算手法の中では、ROM と称されるスペインの方法と並んで、我が国の航路幅員に関する計算手法がほぼ提案のとおりに掲載される見込みである。

PIANC WG49 の新指針は、来年4月又は5月に出版すべく今なお検討が進められているところであり、本年の10月にドイツのエルスフレートにおいて第10回目の会合が開催される予定である。

新たな設計方法として日本の方法と併記されるスペインの方法に関する原稿がまだ提出されていないこともあり、今後とも、新指針の策定動向を注視しつつ、必要に応じて日本の意見等を提出していく必要がある。

4. おわりに

我が国の航路に関する設計方法が国際的な指針に盛り込まれることがほぼ確実となっていることは、本調査業務によって得られた大きな成果である。これは、東京海洋大学の天津特任教授をはじめとする検討委員会の委員の皆様のご多大なるご尽力なくしては為し得なかったものであり、ここに敬意と謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所港湾研究部：平成20年度航路基準国際化調査業務報告書，平成21年3月
- 2) 天津皓平・平野雅祥・芳村康男・津金正典・高橋宏直：新しい航路設計基準，Asia Navigation Conference 2006 No.26 2006
- 3) 日本航海学会企画委員会，国土技術政策総合研究所港湾研究部：次世代の航路計画基準，(2007)
- 4) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説，日本港湾協会，(2007)