

操船者からみたターニングベースンの設計に関する研究

Design of Turning-Basin from Mariners' View Point

井上欣三*・宮坂真人**

by Kinzo INOUE and Makoto MIYASKA

1. はじめに

港湾における水域施設は、原則として運輸省令で定める「港湾の施設の技術上の基準」をもとに整備される。船舶が港内で回頭を行うエリア（ターニングベースン）も、これをもとに整備がなされ船舶側に提供されている。一方、これら水域施設を利用する船舶側の立場から見れば、それらが操船者にとっていかに安全で、かつ利用しやすいかといった点についても検討がなされるべきであり、その意味からも水域施設の設計思想に操船者の意見が反映されることが望ましい。そのためには、操船者側からみた水域施設の設計基準を明確にしておくことが必要であり、また、その基準が明確になることで、施設提供者側に利用者側の意向を合理的に説明することが可能となる。そこで、この研究では、ターニングベースンの設計について「大きさ」と「配置」の二つの要素で定義できると考え、その設計基準のあり方について検討を行った。

2. 設計概念

（１）ターニングベースン設計の基本的考え方

運輸省令で定める技術上の基準では、ターニングベースンの大きさは、船舶が自力で回頭する場合は船長の3倍、曳船を使用する場合は船長の2倍を直径とする円の面積が標準の値とされている。また、

配置については、係留施設の前面が望ましいとされている。一方、操船者の立場からは、回頭操船に物理的に必要となる水域を確保したうえで、さらにある程度の余裕を考慮して、岸壁から一定の離隔距離を持ってターニングベースンが配置される考え方が望ましく、また、物理的に必要な水域についても、そこには外力影響を補償し得る余裕量が含まれていることが期待される。

（２）ターニングベースンの設計要素

図1は、ターニングベースンの設計要素を「大きさ」及び「配置」の二つの要素で表し、それぞれの要素を個別に検討する事により所要のターニングベースンを求める手順を示したものである。

ここでは、対象船舶の船種・船型、使用できる曳船の隻数・推力・曳船の配置条件に加えて、回頭運動に影響を与える風外力の影響を考慮し、さらに船首尾に配置する曳船の推力差についても検討を加え、物理的に必要な「大きさ」を求める。

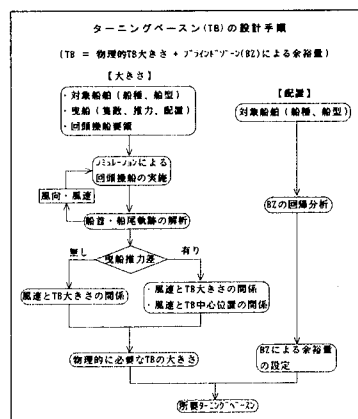


図1 ターニングベースンの設計手順

一方、もう一つの要素である「配置」については、

キーワード：港湾計画、海上交通

*正会員 工学博士 神戸商船大学 教授

(〒658 神戸市東灘区深江南町5-1-1)

Tel:078-705-3139, Fax:078-431-6254

**非会員 商船学士 神戸商船大学 助手

上記のように求めた物理的に必要な大きさの円を、岸壁からどの程度離して設置するべきかについて検討を加える。この離隔距離を表現するにあたっては、操船者が船橋から周囲を見渡したときに生じる、船体との見通し線より内側の視認できない範囲（ブラインドゾーン）に着目し、ブラインドゾーンを基準にして求まる必要距離を岸壁との離隔距離とする。

この設計手順によれば、回頭に必要な物理的水域の「大きさ」と、操船者の心理的余裕を考慮した「配置」の2要素がそれぞれ独立に明らかになるので、ターニングベースンを設計する関係者間で、ターニングベースン設計上の指針や情報を合理的に検討できることになる。

3. 物理的に必要なターニングベースンの大きさ

(1) シミュレーションによる回頭操船

船体が回頭を行うために物理的に必要な水域の大きさを求めるにあたっては、パソコンを用いたデスクトップ型操船シミュレータを使用した。このシミュレータに用いられている数学モデルについては、実船実験と模型実験との比較検証も行われており、基本的な運動については十分な精度で妥当性を有していると考えて良い。

今回シミュレーションの対象とした船舶は、コンテナ船、PCC、VLCCの3船種であるが、そのうちのコンテナ船の主要目を表1に示す。

表1 コンテナ船の主要目

全長(m)	246.27
垂線間長(m)	230.00
型幅(m)	32.24
型深さ(m)	21.20
喫水(m)	11.50 (FULL)
排水量(KT)	53,875
トリム(m)	0
重心位置(m)	-5.55
受風正面(m ²)	850
面積側面(m ²)	6,090

このシミュレーションでは、操船者の技量といった不確定要素を排除し、一定条件で決まる物理的確定量を求めることが重要と考え、主機、舵は使用せず、曳船は船体を垂直に押し続けることで180度の右回頭を行った。左回頭については、対象船舶の船

体形状は左右対称であるのでシミュレーションは省略した。

なお、曳船の押し位置については、実際の回頭操船を参考に、FP (Fore Perpendicular)、AP (After Perpendicular) からそれぞれ0.05L_{pp} (L_{pp}: 垂線間長)の距離とした。また、水深喫水比(H/d)は全て1.2として設定した。

(2) 船首尾曳船に推力差がない場合

図2は、North~NWの主要8方位から風速8m/sの定常風が吹く状態を設定し、推力30トンの曳船を船首、船尾に1隻ずつ配置してコンテナ船を回頭させたときの船首尾の軌跡を示したもので、原点から外に向かって放射状に伸びている軌跡は、船体重心の移動軌跡である。

実際には、船体を反時計回りに回頭させる場面や、船体と風向の初期相対位置も様々なケースが想定されるので、これら船首尾の軌跡を全て包含する外接円を、物理的に必要なターニングベースンの大きさと定義することにした。

なお、船首尾に配置した曳船に推力差がない場合は、船種、風速及び曳船推力を種々に変えた場合においても、船首尾軌跡を全て包含する外接円を求めると、外接円の中心位置は重心初期位置とほぼ一致することが確認された。

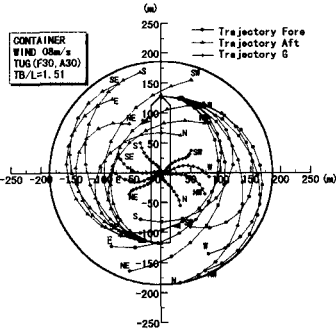


図2 回頭による船首尾線の軌跡
(曳船推力差無し、時計回り回頭)

このようにして求めたコンテナ船のターニングベースンの大きさと、風速の関係を整理したものを、図3に示す。横軸に風速、縦軸にはターニングベースンの大きさ(TB)を対象船舶の全長(L)で基準化した値

(TB/L)をとった。

図3で合計推力が90トンの場合、運輸省令で定める技術上の基準で、曳船を使用した回頭の場合に標準とされている2Lに対応できるのは、風速が12m/sまででしかないとわかる。

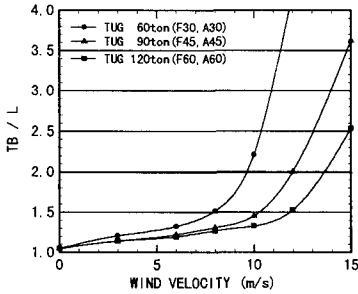


図3 風速とTB/Lの関係（曳船推力差無し）

このように、物理的に必要なターニングベースンの大きさは、対象となる船種、使用する曳船の推力及び風速の組み合わせによって変化することがわかる。

（3）船首尾曳船に推力差がある場合

図4は、North～NWの主要8方位から風速8m/sの定常風が吹く状態を設定し、推力30トンの曳船をコンテナ船の船首に1隻、船尾に2隻配置して回頭させた結果を示している。このように船首尾の曳船に推力差がある場合は、曳船の推力差に応じて横方向の速度成分が発生するため、船体は横滑りをするように回頭運動を行うことになる。

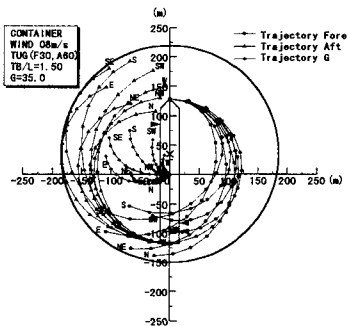


図4 回頭による船首尾の軌跡
（曳船推力差 Fore<Aft、時計回り回頭）

なお、回頭運動に伴う船首尾の軌跡を全て包含す

る外接円の中心位置は図中×印で示したように、船首尾軸上において、船尾曳船の推力の方が大きければ船首方向に、逆に船首曳船の推力の方が大きければ船尾方向に原点から変位して現れることになる。

このようにして求めたコンテナ船のターニングベースンの大きさと風速の関係を整理したものを、図5に示す。横軸に風速、縦軸にはターニングベースンの大きさを全長で基準化した値をとっている。なお、図中における実線が船首尾曳船推力比（船首：船尾）が1：2、破線が1：5の場合を示す。

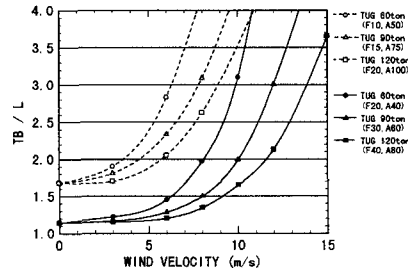


図5 風速とTB/Lの関係
（曳船推力差 Fore<Aft）

図5で合計推力が90トン、曳船推力比1：2の場合は、運輸省令で定める技術上の基準で標準とされている2Lに対応できるのは、風速が10m/sまででしかないとわかる。

図6は、コンテナ船の船首尾に配置した曳船の推力差とターニングベースン中心位置の移動量の関係を整理したものである。横軸に風速、縦軸には移動量を全長で基準化した値をとっている。図中の実線は曳船推力比が1：2、破線が1：5の場合を示す。なお、縦軸のプラスは船首方向に、マイナスは船尾方向にその中心が移動すること意味する。

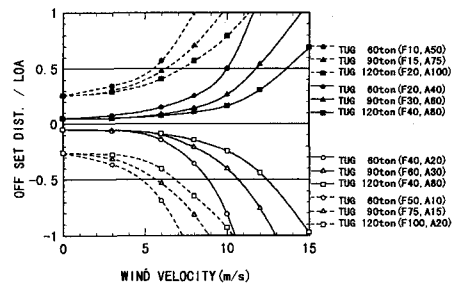


図6 曳船推力差とTB中心位置移動量の関係

図6で示すように、風速が大きくなるほど、曳船の合計推力が小さくなるほど、また、同じ合計推力でもその推力比が大きくなるほど中心の移動量も大きくなることからわかる。ここに示した移動量とその方向に関する情報を把握しておくことは、ターニングベースンの配置を検討するうえで重要となる。

4. ブラインドゾーンを考慮したターニングベースンの配置

操船者は所要の操船目標を達成するために、主機、舵、曳船等の手段を用いて自船の運動を制御している。そして、周囲から様々な情報を得て、その情報を意志決定のための判断材料とし安全かつ効率的な運航に努めており、この情報ソースの大部分は視覚から得られるものである。

一方、船橋において自船の周囲を見渡したとき、操船者からは直接見ることでできない死角部分（ブラインドゾーン）が、船体そのもの、又は甲板上の構造物や積荷等によって形成される。

特に、輻輳海域における航行や港内操船のように、自船のすぐ近くに他船や、浮標、岸壁等の障害物が存在する場合、操船者はそれらを視認して瞬時に自船が安全であるかどうかの判断を下さなければならず、このような場合においては、ブラインドゾーンの存在はその大きさに応じて操船者に負担を強いることになる。

前述したように、この研究では物理的に必要な大きさのターニングベースンを、最小限このブラインドゾーンに相当する距離（ブラインドディスタンス）だけ岸壁から離して配置することが、ターニングベースンの設計を検討するに際し、操船者の安全感覚にとって重要な意味を持つと考えている。すなわち、その船舶の持つブラインドディスタンスに相当する距離、又はそれ以上の距離が、回頭エリアと岸壁との間に確保されていれば、操船者は自船の周囲にある障害物全てを海面上に視認することができるので、操船者にとっては不安が和らぐことになる。したがって、ここではこの距離が操船者にとって最低の余裕量であると考え、その配置場所を決定するための基準とする。

通常の船型の船舶であれば、船首方向のブライン

ドゾーンがその船舶にとって最大の大きさとなるので、この研究ではその距離をブラインドディスタンスと定義し、船体諸元の判明する文献をもとに、約400隻の様々な船種の全長とブラインドディスタンスの関係を調査し回帰分析を行った。図7は、コンテナ船の回帰分析の結果を示したものである。この図を見てわかるように、ブラインドディスタンスにはばらつきがあるので、一概にその大きさを決定することは困難であるが、新しい港湾計画や新規パースの設置など、実際にターニングベースンの配置を検討する際には、そのパースの設計最大対象船舶のものを採用すると良い。

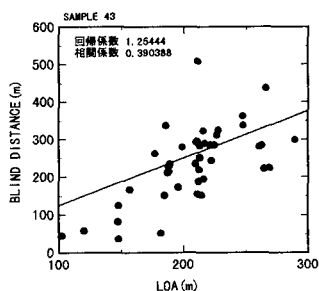


図7 全長とブラインドディスタンスの関係

5. むすび

港湾における水域施設の整備にあたっては、その利用者である操船者の意識がそこに反映されることが望ましく、そのためには操船者からみた設計基準を明確にしておかなければならない。

そこで本稿では、操船者の立場からみたターニングベースンの設計基準のあり方について検討を行い、その設計手順の策定を行った。その策定にあたっては、ターニングベースンの設計要素はその「大きさ」と「配置」の二つの要素で構成され则认为、物理的に必要な大きさと操船者にとっての心理的余裕量を分けて説明する考え方を提案した。

この考え方に従えば、対象とする船舶の船種・船型や外力の影響等が個別に考慮できるので、同じ港湾であっても係留施設ごとにその対象船舶に応じた設計検討が可能となるとともに、出入港基準のような安全対策の検討材料を提供することも可能である。