煙突装置ぎ装要領(ディーゼル船)*

南 哲 夫**

Procedure of Out-fitting for Funnel (Diesel Ship)

By Tetsuo Minami

It is the main function of funnel to draw off exhaust gas and mist gas discharged from several equipments in engine room to atmosphere, but also funnel has further big function to keep looking harmony and beauty of ship with the form and the colour.

Whereupon, there is a guidance about the general procedures of out-fitting for funnel of which the basic design, the detail design and process of manufacturing in accordance with opinionaries from shipyards in considering of so much difference from the design and out-fitting of each shipyard.

1. ま え が き

本資料は、日本舶用機関学会機関研究委員会機関第三研究部会で審議を行い、学会の資料としてまとめたもので、紙面の都合上一部割愛したものである。

従来、船舶の煙突装置の設計に際しての参考文献¹⁾としては、本学会の便覧¹⁾、あるいは少数の研究論文²⁾程度で、装置全体の設計作業を行う技術者にとっては満足できる内容のものではない。したがって、煙突装置の設計に関して、各社独自の実船における計測記録、あるいは、過去の実績をベースに設計標準としている例が多く、内容的にも各造船所においてかなりの差があるのが実状である。

したがって、本資料作成の目的は散在する資料を統一して、煙突装置全般の設計要領を作成することであり、今回、ディーゼル船を対象として担当造船所において審議案を作成し、必要に応じて各造船所へアンケートを実施し、席上審議を重ね、計画設計から詳細設計、あるいは生産過程に至るまでの技術者に対し役立つものとした。

2. 一 般

煙突装置は、機関室内の各機器の排ガス、ミスト等を集合して船外へ排出することを主目的として装備されるものであり、外筒の大きさ、形状、塗装色等により船全体の調和を保って美観を強調させる役目も合せ持っているものである。

煙突の設計は、船体との共振等による振動が生じたり、船全体の外観上のバランスなどの関係で、船殻設計で所

掌する造船所もあるが、ぎ装上の関係もあり機装設計で所掌するのが一般的である。

2.1 煙突装置の一般 ディーゼル船の煙突装置の構成は、図1のような様式で、下記内容のものによって構成される。

- (1) 煙突本体外筒
- (2) 補強材
- (3) 大気放出用諸管ぎ装品(排ガス管、ミスト抜き管、空気抜き管、排水管、ミスト用ベントボックス、消音器等)
- (4) 煙突内すえ付機器類(排ガスエコノマイザ、エアーホーン、汽笛、スモークエミッタ等)
- (5) 保守点検用金物、つりピース類、防火および防熱材

2.2 計画設計 ディーゼル船の煙突は、主ディーゼル機関、補助ボイラ、ディーゼル発電機の排ガス管を主体として、機関室内、居室内よりの諸管および関連機器等が配置されている。そこで、ディーゼル船の煙突を対象にしてその計画設計段階における詳細を記述する。

2.2.1 設計作業手順 作業内容は、大別して下記の項目に分類され、おのおの項目に沿っての計画設計作業が行われる。

(1) 仕様書、諸管系統図の確認 機関部仕様書、諸管系統図により煙突に組込まれる各種機器の種類、数および煙突装置に関する特殊仕様を把握する。

(2) 煙突下部床面積の確保 仕様書、全体装置図、諸管系統図等により、機器のすえ付スペース、大口径管、ダクトの立上がり箇所および交通装置を考慮して十分なスペースを確保する。

(3) 形状の確認 一般配置図(または機関室全体装置図)により煙突外筒の形状を確認する。

* 原稿受付 昭和54年11月5日

** 正会員 笠戸船渠(株)(下松市笠戸島708)

図1 煙突装置の構成

(4) 煙突高さ計画 乱流域の確認、算出等により煙突高さを決定するとともに、煙害防止対策について考慮する。

(5) 煙突構造に関する考慮 推進機械の回転により発生する船体振動を考慮して、煙突の補強、板厚、または船殻構造との取合いを考慮する。

(6) 排ガス管の管内抵抗および排出速度の確認 初期段階における主機、ボイラの排ガス管の抵抗計算書の見直しを行い、十分その許容範囲内に納まるかどうかを確認する。

(7) その他ぎ装品への考慮 吹鳴装置用のワイヤ、アンテナ用ワイヤ取付金具等他のセクションとの取合いがあるものについてピックアップしておく必要があり、詳細段階におけるぎ装品の製作漏れ、あるいは誤作等の防止をしなければならない。

2.2.2 詳細設計 煙突装置の詳細設計手順は、各造船所でぎ装方法や設備等で異なることも考えられるが、本項では極く一般的に行われている方法による設計手順を記述することにする。

煙突装置の詳細設計段階における作業内容は、配置図や仕様書、管系統図、あるいは各排ガス管の抵抗計算書等を考慮して計画された煙突装置図をベースにして、一般的には下記要領で作業が行われる。

(1) 機関部仕様書、管系統図および他部門所掌図面の確認および調整 各パイプ類の材質、処理方法はもちろんのこと、機関室内あるいは居室など他部門より煙突内外へ付着するパイプ類、ダクト機器類の取合い、取付位

置、導設要領などについて各担当部門と協議打合せを行って相互の調整を計ると共に、そのぎ装品の種類を確認し、その意図を十分に織り込んでゆく必要があり、一般的には次の内容のものである。

a. 機関室内管装置および各排ガス管装置 各パイプ類の立上がり位置の調整およびおのの性質(流体)ごとにその開口位置、開口要領等を検討する。また、排ガス管については伸縮方向、伸縮継手の数および位置、あるいはエコノマイザ取付位置、消音器の容量決定、開口部の雨水対策、防火対策、その他温度計、圧力測定座等の有無を確認すると共に管のサポート等煙突構造と合せ検討を行う必要がある。

b. 交通装置 機関室内より煙突へ昇降するためのデッキの切明け位置、はしごの取付要領等を確認し、昇降方向近辺へパイプ類が立上ったり、出入口に邪魔物がないように考慮する。

c. 機関、船体、電気部関係のぎ装金物類 煙突床面や頂板の排水金物、つりピースおよびその他金物類、ギャレイ等居室よりの排ガス管付属金物類など関連部門より取寄せ検討しておく必要がある。

d. 船殻構造 煙突外筒の補強材と船殻のフレームやロンジビームの関連、早期き装による切明け穴の位置、大きさ、その周辺の補強など考慮しておく必要がある。また、ブロックシームと切明け箇所との関連についてもチェックしておく。

e. 総合(船体部)関係 甲板より煙突への出入口の条件、頂板排水管をデッキ上に流す場合、そのトレイの位置や大きさ、甲板き装物と煙突との取合い、また、その有無について確認をしておく。

f. 電路布設、照明など電気機器配置 煙突床面からの電路導設位置と立上がりパイプとの関連、内部の照明灯の取付位置や数、その他電気機器取付位置などあらかじめ検討しておく。

(2) ぎ装方法の考慮 煙突は一般的には単体にてぎ装し、進水近くに本船にとう載されるのが一般的であるが、船殻構造と同時にとう載する場合があれば、出図時期も考慮に入れなければならない。また、他の装置との合せ部分への考慮も必要である。

3. 煙突外筒

3.1 煙突形状 煙突外筒の形状は、各造船所間で船種別あるいは船の大きさ別に、おののの実船における経験値など色々なデータを織り込んで設計標準化されていることが多いため、アンケート調査による各造船所の煙突形状の採用比率を紹介する程度にとどめ、本項では新しく煙突装置を設計するに当たっての形状の選定方法について記述することにする。

一般的に考えられる形状決定の要素については、次のようなものがある

a. 船全体との調和、あるいは美観の面で有利である

こと。

b. 複雑な曲線はさけ、なるべく工作の容易なこと。

c. 溶接によるひずみの発生が少ない形状であること。

(1) 断面形状および側面形状 断面形状については、煙突の背面によって誘起される DOWNWASH の最小のものが望ましく、断面形状が円形のものが特に DOWNWASH が最小である。

側面形状は美観上最も重要であり、断面を頂部にゆくにしたがって円錐状に小さくすることは DOWNWASH を小さくするためには有効であるが、前後の傾斜角おのおのについて考えると、前面は煙の有効な吹上げ速度を増す点で効果を上げることがあるが、後面は美観だけを考えている。

頂面を傾斜させることは、外観上しばしば要求されることがあるが、煙突先端に発生する局部乱流境界域を高め、煙のまき返しを激しくするので傾斜角は 5 度以内にする必要がある。このため内筒の高さが外筒の乱流の影響を受ける範囲にある場合は、排出口はできるだけ頂面の後部に近い方が有利であるが、煙害防止対策としては一般的には外筒の高さより 1~2.5 m 内筒を高くすることが望ましい。

(2) アンケート調査における形状の実態 煙突形状について各造船所で最近 5 年間の使用実績のある形状は、図 2 に示す形状であり、その採用の割合は図 3 に示す通りである。

図 2 各造船所の最近 5 年間の使用実績のある形状

図 3 各社煙突形状採用実績

3.2 煙突高さ 煙突高さの決定の最大要素としては、乱流域限界点を明確にすることであり、高さ決定の資料としては本学会の便覧による計算方式、あるいは各造船所独自の計算方式や、実船計測等その数値を比較した場合かなりの幅があるのが事実である。よっておのの計算式は省略して、各造船所の煙突高さの決定要素である乱流域の高さを図 4 に示し、煙突外筒および内筒

図 4 アンケート調査における限界域

図 5 乱流域限界曲線と煙突高さの関係

の高さ決定について各社間で若干の数値の変動はあるが、その一般的な考え方を図 5 に示す。

3.3 煙突構造 構造については、外筒の板厚、補強材の配列等の選択が重要な条件である。重量の軽量化のみ考慮して板厚あるいは補強材への配慮を怠ると、ひずみ取り作業に思わぬ時間を浪費したり、航海中に船体振動に同調して振動の増幅または音の発生を引き起こすことにもなる。したがって、製作上の簡易化を考えると共に、これらの事故の起こらないような構造とするように考慮する必要がある。

(1) 板厚 補強材の配置間隔および煙突高さにも関連があるが、一般的には高さ 20 m 以下では板厚 10~6 mm 程度の採用実績が多い。また、煙突高さの中央付近で板厚を変更し、上部をうすくしている造船所もある。

板取りについては製造工程により異なるが、縦シームの採用実績が多く、煙突中央部付近で上部を薄くする場合は横シームを採用する。

外筒板の溶接部の開先取りは、一般的には 6 mm 以下の板の場合は開先加工は施工せず突合せ溶接とし、6 mm 以上の板厚については 40~60 度の開先加工の上、溶接を行う。また、板厚の異なる場合の突合せ溶接は、板厚を煙突の外側に逃がす方が補強材などの取付に便利であり、外観の仕上がりもきれいだである。

(2) 補強要領 煙突外筒本体の補強と共にすえ付面(船体甲板)の補強も十分考慮する必要がある、煙突の概略重量を船殻設計に指示し、デッキガーダ・デッキトランス等によって十分に固める必要がある。

外筒の縦補強のピッチは、船体フレームスペースに合うように配置し、一般的には全周の 4~8 箇所に大骨を設ける。補強材の大きさは煙突高さによっても異なるが、10 m 程度の煙突では大骨は L 90×200~300、小骨につ

一般的にはケーシングトップ又は煙突内最下段の横または縦けたに板構造のボルト締めもしくは溶接付けでがんじょうに固定し、熱による膨張は煙突上部方向に逃がすように計画する。図7に溶接構造の支持金物を、図8にボルト締めの支持金物を示す。

図7 溶接構造支持金物

図8 ボルト締め支持金物

中間の固定については、煙突本体の補強材を利用して大口径管は板構造のスライド式ボルト締めとするか、またはスリーブ方式とする。中、小口径管はUボルトにて固定する方法が一般的で、ナットはダブルナットかばね座金を使用する。

煙突頂板貫通部の固定はボルト締めのスライド式とし、雨水浸入防止対策としてカバーを設ける。なお、頂板上から長く突出す排ガス管については、煙突本体の補強材から形鋼などでボルト締めの支持金物を設ける必要がある。煙突頂板上の排ガス管の動揺止めの一例を図9に示す。

(3) 空気抜き管およびミスト抜き 煙突に導設するミスト抜き管、空気抜き管は、一般的には主機関、発電機関等のミスト抜き管や潤滑油タンクの空気抜き管等であり、一部の造船所では直接煙突頂板上に開口している例もあるが、ミストやエアーベントはその性質上多量の油分を含んでおり、周囲を汚す恐れがあるために配管の途中にミストセパレータを設けたり、煙突頂部にエアーベントボックスを設けその中に開口する例が多い。

図9 煙突頂部動揺止

エアーベントボックスへは潤滑油系統の突気抜きを導入するが、一部の造船所では燃料油系統の空気抜き管を導入する例もある。エアーベントボックスの形状は、煙突内の熱気抜きを兼用してワイヤ等で煙突下面から開閉可能なダンバを設けた例もあり、空気抜き管の開口部の先端は90度以上に曲げ、煙突外筒の船尾側に設けたよろい戸の汚れを少なくするために船首向きに開口することが望ましい。

煙突内のパイプは一般的にはガス管とし、管内にドレンのたまらないよう注意する必要がある。また、エアーベントボックスへは雨水ができるだけ流入しないような構造とすることがある。

(4) その他諸管装置 蒸気による吹鳴装置にはスチームホイッスル、スモークエミッタ等があり、吹鳴時に水滴となったドレンが飛散したり、機器へのドレン持込みによる悪影響を防止するために供給蒸気管にドレンセパレータを設け、ドレン切りをする必要がある。

ドレンセパレータの取付位置は極力スチームホイッスル、スモークエミッタ等に近い場所に設け、分離されたスチームドレンはドレントラップを経てカスケードタンクへ回収する。

頂板上の雨水抜きは、煙突頂板を船尾方向に2~5度傾斜させ船尾側に設けたスカッパに集合しケーシングトップまたは機関室ビルジウエルに導く、また、一部の造船所では船外弁を介して排出している例もある。なお、口径については煙突の大きさにもよるが80~100Aのガス管が多く、ばい煙まじりの雨水のため配管はできる限り曲りを無くし直線配管とする。

ボイラ安全弁や吹出圧力9.5k以上の蒸気管付逃出口の大気放出は、煙突頂板上に導き先端を90度曲げ船尾方向に開口する例が多い。

4.2 諸管付属機器類

(1) 消音器 乗組員および港湾設備に対する騒音の低減を計るために、特に発電機関の排ガス管には排気消音器を設ける。主機関に対しては排ガスエコノマイザ・コンポジット形ボイラまたはスパークアレスタ等を設けた場合は、消音器を設けないのが一般的である。

消音器については理論的な計算方法は多数発表されており、本項では構造については省略し取付場所について記述すると、ほとんどの造船所が煙突内に設置し、消音器本体には150~200 mm/m程度ののぞき穴を設け、消音器下部にはドレン抜きプラグまたは座を設け、通常はめくらで使用し、必要に応じ開放する。また、Uシール管を設けて排水を常時デッキスカッパへ排出する例もある。

(2) スパークアレスタ 構造については本項では省略するが、対称船はオイルタンカー、LPG船、チップ船、カーフェリー等火の粉によってトラブルの発生を起こす可能性のある船種に設ける例が多い。

取付場所は排ガスエコノマイザ装備の場合はガス出口側に、装備しない場合は煙突内ケーシングトップにそれ

それがなじょうに取付け、ドレン(雨水)は機関室ビルジへ導く。

(3) 海(清)水噴霧式火の粉防止装置 海(清)水噴霧式は、オイルタンカー、LPG船およびコンテナ船等に一部造船所で設けた例がある。海(清)水は機関室装備の海(清)水圧力タンクユニットが消防管より分岐して、排ガスエコノマイザ上部に設けた6~8個のノズルから海(清)水を噴霧させ火の粉の飛散を防止する。なお、清水を使用する場合は排ガスエコノマイザの水洗用と兼用することもあり、その一例を図10に示す。

図10 海(清)水噴霧式火の粉防止装置

(4) ワイヤネット式火の粉防止装置 オイルタンカー、LPG船に対してはほとんどの造船所が標準として装備しており、形鋼にてわく組みしたものに1~2メッシュのステンレス金網を1~2枚重ねて取付け、排ガス管上部にボルトにて取付ける。網目のガス通過面積比は排ガス管口径面積の1.5倍程度が一般である。

4.3 煙突内排ガス管の保温要領

(1) 煙突内排ガス管の保温の範囲 排ガス管の保温の範囲については、人体に接触することに対する危険防止が主体で、一般的には床上2m程度までに限り防熱するほか、交通装置の関係で危険な場合は保護的に防熱することがある。

(2) 保温材の材質および厚さ 主機関および補助ボイラ排ガス管に対しては、ロックウールボード厚さ75~100mm程度を装備する例が多いが、排ガスエコノマイザを煙突内部に装備した場合排ガスエコノマイザより上部に対しては、温度降下を考慮して25mm程度に薄くする例もある。

発電機排ガス管については、シリカ保温筒50~75mm程度を使用する例が多いが、一部造船所では主機関などと同様に75~100mm程度のロックウールボードを使用する例もある。

(3) 保温施工要領 主機排ガス管および補助ボイラ排ガス管の施工要領については、ロックウールの外側をラス張りまたは針金締めの上アスベストまたはグラスクロスを張り、その外側を0.6~0.4mm/mの亜鉛メッキ板で包むなど各造船所ごとに標準の施工要領をきめているのが実状で、就航後振動等により保温材が脱落することのないように施工する必要がある、その実例を図11に示す。

図11 保温要領

4.4 諸管塗装要領

(1) 排ガス管(主機用、缶用、発電機用) 排ガス管の材料は、装備後面は直接高温にさらされ、外面は防熱を行うか耐熱塗料を塗布するため一般的には無処理無塗装の黒皮を使用するが、製作中の発錆等を考慮して処理材を使用する例もある。

防熱を施工しない外面は、塗装前処理としてディスクサンダー・ワイヤブラシ等により溶接部や発錆部を処理する例が多く、特に下処理材を使用した場合は十分に下処理ペイントを除去しないと耐熱塗料がめくれることがあるので留意する必要がある。

耐熱塗料はガルボンL、ウエルボンド、シルバスパ等500等があり、塗膜の厚みについては仕上がり状態で塗料によって異なるが、20~75ミクロン程度を標準とする。なお、防熱外装亜鉛メッキ板の外面にも同様に塗装を施工することが一般的である。

(2) その他煙突内一般管 蒸気、排気ドレン管は、一般的には保温を施工する管本体の外面は無処理無塗装が多く、保温を施工しない管外面は耐熱塗料(耐熱シルバ)を塗布する。

空気抜、ミスト抜管は、黒管を使用した場合は煙突外筒内面と同じく耐熱塗装仕上げが一般的であるが、メッキ管の場合は無塗装とする例もある。

排水管はメッキ管が一般的で、無塗装の場合と煙突内面と同様にする場合の二つの方法がある。

4.5 交通装置 煙突内への出入口は、暴露甲板より一箇所設けるのが一般的であり、煙突内へ排ガスエコノマイザその他航海中保守管理を要する機器類を装備した場合は、機関室内より直接煙突内へ出入りできる開口を設ける場合もある。また、保守点検を要する機器類については、おどり場やはしごを設ける必要がある。

(1) 煙突への出入口および形状 暴露甲板からの出入口は、甲板部交通装置との関連や煙突内部のスペースにより右げんまたは左げんの煙突外筒の側部に一箇所設け、船首方向開きが一般的である。

開口寸法については、高さ方向1,000~1,700mm、幅500~800mm程度で甲板上300~400mm上部に開口し、出入りの際に支障のないように考慮する。

機関室からの出入口については、機関室よりののはしご

装置および煙突内装置との関連でスペース的に可能な所に決められ、開口寸法については5~600×600~2,000 m/m等スペースにより任意で、開口部へは危険防止のため開閉可能なグレーチングまたは開口周囲へ手すりを設ける例が多い。なお、開口部は熱気抜きを兼ね大きくあける場合もある。

(2) はしごおよびおどり場装置 煙突頂板上へのはしごは、煙突の外部へ設ける場合と内部へ設ける場合があるが、小形の煙突では外部へ垂直ばしごを設け、大形の煙突の場合は内部に装備された機器類の点検用を兼ねたはしごを利用して頂板上へ上がるようにする例が多い。

内部に設けるはしごも、スペースの関係で垂直ばしごを標準とし、長さについては昇降時の安全性を考慮して3~4 mごとにおどり場を設け、小休止できるようにすることが好ましい。なお、3~4度の傾斜をつけて装備する例もある。

おどり場は煙突に装備した機器類の保守管理のため必要な箇所に設け、できるだけ広くすることが望ましいが、諸装置の関係で広くできないのが実状である。

おどり場に設ける手すりは、各造船所とも機関室に使用する標準的な寸法のものを使用するのが一般的で、高さは1~1.1 mである。

(3) 頂板開口部 頂板上の開口については、降雨対策および防火対策としてちょうつがい付きとびらし、内外部より開閉可能とする。なおとびらの開度はAB、LR船級協会では、90度以内とするよう要求される場合がある。開口部の大きさは、500×500 m/m程度が一般的であり、安全対策として取っ手やハンドレールなどを設ける例もある。

4.6 防火防熱対策 防火上から考えると、煙突内を機関室の一部として考える場合と、機関室外と考える場合の二つの考え方があり、機関室の一部と考える場合は、防火ダンパを煙突の頂部付近に設け、機関室外と考える場合は船体部ケーシングトップへ防火ダンパを設けることになる。この選択については煙突内の装置、スペース、換気、作業性の良否等多くの条件を考慮して決められる。

(1) ケーシングトップ諸管貫通部 煙突を機関室内とした場合は、貫通部は機関室の換気および作業の簡易性等からバカ穴貫通とする例が多く、船体構造の許す限り大きく切りあける場合もある。

煙突を機関室外とした場合のデッキ貫通部については、ケーシングトップが防火壁となるので、貫通部を閉鎖する必要がある。このエヤタイトの程度は、貫通金物、スリーブ溶接等完全密閉形や、伸縮代を考慮したキャップ方式などがある。

(2) ケーシングトップの熱気抜き 機関室の換気は煙突を経て排出する例が多く、特に機関室ヘスカイライトを設けず、煙突内に熱気抜き穴を設ける例が多い。開口寸法については、内部装置によるスペース上の問題もあるが、航海中の余剰空気に対し3~5 m/sec.程度の流速になるような開口を設けている例がある。また、一部の造船所では次のような計算式によって開口の面積を決定している。

$$Q = A \sqrt{2g \times \frac{t_2 + t_1}{273 + t_1}} \times H$$

Q = 自然排出量 (M^3/H)

A = 熱気抜き穴の面積 (M^2)

H = 煙突高さ (H)

t_1 = 外気温度 ($^{\circ}C$)

t_2 = 室内温度 ($^{\circ}C$)

(3) 煙突頂部熱気抜き位置および開口の大きさ

頂部の熱気抜きの位置については、ダンパ閉鎖装置の難易性、ミストボックスとの兼用または分離形等各造船それぞれの方式が採用されている。開口部の大きさは下部開口の1~1.5倍程度が一般的である。

(4) 熱気抜きダンパ閉鎖装置 熱気抜きダンパは、機関部の熱気を常時排出するために通常は開放されているが、火災時は緊急に閉鎖する必要がある煙突を装置した甲板上またはファイヤステーションなどから容易に閉鎖できる装置を設けなければならない。開閉の方法についてはいろいろな方法が採用されており、ワイヤを利用して操作する手動式が多く、動力を利用する開閉装置については、船級(AB等 ACCU等)または船主要求項目として、ファイヤステーションから圧縮空気を動力としてエヤシリンダを遠隔操作して閉鎖または開閉をする例がある。

5. む す び

以上ディーゼル船を対象としたぎ装要領をまとめたものであるが、各造船所でいろいろなぎ装方法があり、本書は参考として活用いただきたい。

最後に、ぎ装要領の作成に際し、関係各位に全面的なお力添えをいただいたことに対し深く謝意を表します。

文 献

- 1) 船用機関計画便覧(日本船用機関学会編)
- 2) 船舶の煙害が少ない煙突高さ(日本造船学会誌第524号)
船舶用煙突の製作システム(石川島播磨技報第13巻)
船舶ぎ装に関する空気力学的実験の二、三の応用例(造船協会論文集第93号)