

生産設計とはじめ

高武 淳夫

1. はじめに

戦後の造船史では NBC の話は落せない、ならば「生産設計の考えを日本に導入した経緯」のテーマでどうか、と私にお鉢が回ってきました。ありがたいことです。

この関連の一般向き読み物としては、すでに『世界制覇』（前間孝則：著・講談社：刊）上巻があり、この考え方の発生と推移は尽くされています。そこで、この小編では造船屋向きの話題に絞り、また高校入試に漢文があった世代として「温故知新：古きをたずねて新きをしる」は身に染みていますので、単なる昔ばなしにならないように努めてみます。

NBC では「生産設計」という言葉は、外部には Production Engineering と称し、内部では「工作図」でした。この工作図の呼び方が、今に至るまで誤解の元になっているような気がします。なぜなら、これまで続いてきた造船工作法を「溶接による船殻ブロック建造」に切り換えるための検討が Production Engineering で、それを伝達する手段が工作図の採用だったからで、目的「心」と手段「形」の取り違いが見られるのです。設計の変化や工作法の成熟などの歴史的な変遷につれて「生産設計」の内容は当然に変わってきます。この心と形の混交を正すため、半世紀前の NBC での事例を示してみましよう。これからの技術革新の参考になれば幸いです。

まずは当時の技術環境から入りましょう。

2. NBC 呉造船部とは

戦艦“大和”を建造した呉海軍工廠を大戦後の 10 年間（1952～1962）租借して、世界最大の商船を建造し続けた事業所です。

戦勝米国の Newyork に本社のある船会社：National Bulk Carriers inc.が、大戦中に Norfolk 造船所で使っていたリンデの Flame Planer, ユニオンカーバイドの Union-melt などの米国機器を持ち込ん

できていまして、技術はすべてを日本に公開するのが租借の条件でした。ここでの建造船は、すべて自家用でしたから Ore-carrier w/shuttle conveyor unloader, Dredgerw/drag-head & discharge-boom, Motor-yacht, etc. のいろんな設計上や建造上の実験ができたこともあり、国内造船所からの見学者が引きも切らなかったものです。このことが、もともと開放的な日本の各造船所の技術交流を刺激するのに役立ったのではないのでしょうか。

所長は E. L. Harn で、今もその名を冠した褒賞が米国造船造機学会 (SNAME) に設けられており、1997 年 (H8) には奇しくも現在の後継造船所：IHI 呉工場の本田公志さんが英文技報の論文「垂れ下がり Longi.Landing」で受けています。

これは曲り外板付の Longi.Fr. について、これまで空間的に振じれ曲がっていたものを、一平面でのベンダー加工だけで済むようにする設計方法で、詳しくは拙著の日本小型船舶工業会刊：造船現図指導書シリーズ『数値現図』に譲ります。

米国造船業の合理性を語る例として、最初に持ち込まれた木型専用釘があり、使用はできませんでしたが、同現図シリーズ『原寸型・定規』に紹介しております。また呉 NBC については『技術知の位相 新工学知-1 プロセス知の視点から』（吉川弘之：監修・東京大学出版会：刊）に寄稿した「船体曲面加工のプロセス知」でも触れています。

3. 真藤先生との勉強

呉 NBC で日本人の技術トップ：技術部長は、後に「ずんぐり船型」で知られる Dr. H. Shintoh でした。私の入社した 1954 年 (S29) 当時の年齢は 44 歳のはずです。

真藤さんは — NBC では誰であろうと面と向かって「さん」付けでしたから、以下も皆さん「さん」付けでゆきますが — 私も授業に与かった九大造船学科の講師でもありました。

NBC 呉の初期は、学卒はまず 2 年間は設計係に配属されていまして、私たち新入り 2 期生 4 人は

初期は毎週 1 回お宅に夕食に招かれ、真藤さんを囲んで、Timoshenko の『材料力学』を輪講していたこともあります。先輩 1 期生は同『弾性安定要論』だったと記憶します。テキストが、呟：フィート／呟：£ (ポンド) システムで、NBC もそうでしたから実務の勘を養うのに適していました。

また、中学教師の経験のある私は別の曜日には真藤家の家庭教師も兼ねていまして、アルコールを嗜まないボスのお宅へ到来する Suntory Old : ダルマを持ち帰る楽しみもありました。

この真藤家での勉強を、後に Union 板継ぎパネルを挟んで反転する専用 I-beam の設計や設備改善工事に役立っています。

余談ですが、NBC での設備はすべて内作でして、例えば、基本計画は Diamond 社 (米国) の 100t クレーンを日本材料に置き換えて製作する詳細設計を担当したことがあります。これなど工廠ゆずりの優れた造船職工さん達といえども「工作図」ナシでは施工できない類でしょう。

ちなみに需要の不安定な造船業で、企業が多角経営となるのは当然としても、設計から製造まで夫々に特化した専用の事業部門に分化する方向に、私は疑問を抱いています。つまり「生産設計」さえキッチリしていれば、製造は多能化でき多面的に操業が調整できるからです。この話はまた後で触れます。

さて、NBC の真藤さんから付ききりで見てもらった仕事に、Pulp Carrier の中央切断図の計画があります。船倉内面はすべてフラッシュ、粥状の貨物を Self-unlording する Duct が船底中心を走る二重殻構造で、上甲板は骨類をすべて暴露面に配置する、といった初見参の設計でした。

その指導は「トレーシングの下には新聞紙を 3 枚敷く。鉛筆は 1 種類、HB の芯を円錐形かつ先端を丸目に研ぎ、その先端の球面が保たれるように、軸を回しながら線を引く。その時の押さえる力を加減すれば、太・中・細の 3 種の線を描き分けられる」と作図要領にも及びました。なるほど慣れると製図スピードが出て、描画には行書の味わいも感じられるようになります。

また、あらゆる部分の設計がしたく船殻班長の志々田幸登さんに希望を伝えていた私に、待ちわびていた Stern & Rudder Frame の図面担当が巡ってきた時のことです。

NBC 船では、そのどちらも大型鋳物で、鋳鋼メーカーの能力から Stern Frame は上下 2 体をテルミット溶接していました。

これら鋳物の検収検査と接合後の現場型取り、それによる現図修正の工事にいささか飽いていた私は、提案を込めまして Shaft Bossing だけが鋳物の厚板構造で設計して提出しますと、技術部長室のガラス越しに呼出しの合図です。即、行ってみますと、目は笑っているの叱責だったのです。

「お前なあ、これは商船だぞ。丈夫で稼ぎ続けるためには、大事なオッポのところは鉄の塊でいいんだ。これまで通りにしておけ」

厚板溶接の信頼性には、まだ実績が不足と判断されたものと推察しましたが、それよりも総合的な経済性の考え方を体得させられたのでした。

後日談ですが、1993 年 (H5) に私が第二の勤め：中判カメラメーカー (マミヤ光機) の経営から退いた挨拶に真藤事務所に顔を出しますと、話もそこそこに「最近の大型コンテナ船の Speed-Length ratio は？」との質問でした。御本人の知識欲もさることながら、反面まだ勉強させてやろう、の魂胆だったのでしょ。

では、生産設計の考え方に入ります。

4. 材料が先で設計は後

NBC 当時は、今のように設計した結果で材料を買うような状況になく、手持ちか即入手可能な材料を調査確認し、その材料を最適に引き当てる計画が設計でした。

船殻用鋼板は「厚×幅×長さ」種類で確か 32 種が標準貯蔵材でした。その標準材も入手が止まった一時期は、やむなく豪州より 3 呎ほどの狭巾材を緊急輸入しています。安いだけにロール歪みのままの代物で、不要設備と見ていた Straightening roller が思いがけなく役に立ちました。

その時代には、もともと大型船 (と言っても 4 万トン油槽船～7 万トン鋳石船ですが) 肋骨に適する不等辺山形鋼は規格になく、フランジが厚くウェブが薄くて広い溝形鋼 2 種を標準材とし在庫させ、図 1 [溝形鋼→山形鋼] に見るように、所要寸法に切り分けて使っていました。

やがて建造船が更に巨大化 (10 万トン～) すると、切り分けた溝形鋼の間に板を挿入「ユニオン」

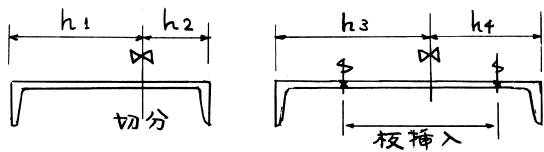


図1 溝形鋼→山形鋼

して広巾にし、そのビルトアップ溝形を山形に引き割る方式にしています。

中央切断図を計画する時、Longi. のスペースと配置は、この組み合わせを十分に検討して、スクラップを出さず、かつママ子が出ないように工夫する必要がありました。

基本計画でも先ずは下世話な「生産できる設計」が最優先の前提条件だったのです。

もともと、そのうちに鋼材の品質が向上し、ロール方向で折り曲げてもヘアクラックが発生しなくなったので、NBC 後期は Keel Bender で加工するフランジ・プレート：FP に切り換えています。

ところで、この FP 不等辺 L 部材は、展開形状で切断し、折れ工程で仕上げられます。図2 [横壁の水平防撓材] 参照。このように T.BHD では Stiffening は [Girder と ring になる Vertical Web]+ [その Web の slot を貫通する両端 snip の Horizontal stiffener] なので、Longi.Fr. を含み、これらの FP 部材を総称して「ヨーダー」と呼んでいましたが、スペルや語源は何だったのでしょうか。後年この「ヨーダーは？」の問いを、IHI 呉工場を訪ねた真藤さんから発されて、現役は一瞬は面食らったとの話を聞かされましたが、私も由来は知らないのです。

このイッシャーウッド・デザインの T.BHD. Stiffening 方式は、あとの話に出します Through BKT の構造にも関連します。

さて、これからのグローバル時代「鉄は国家な

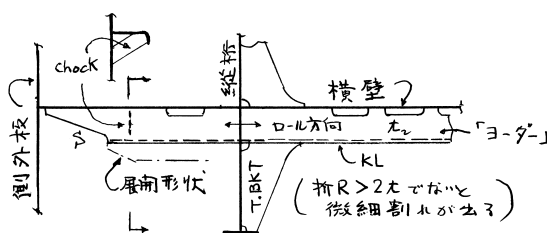


図2 横壁の水平防撓材

り」の譬えは古くても、やはり中進国は素材産業から立ち上がるのでしょう。そもそも原材料に近いところで素材にする方が、運送からして経済的です。この視点に立ちますと、コスト安を狙う「材料が先で設計は後」の生産設計は決して古い思想ではないと考えます。

また NBC 船の主機はタービン・ボイラーとも前もって米国で押さえられていた出物でしたが、これからの IT 時代は造船所も客筋も世界中の安価で適切な出物探しから設計を始めるようになるのではないのでしょうか。

5. 仕事が先で人は後

生産設計の原形「工作図」の背景には、NBC 独特の組織編成 [SHOP]/[CONTROL] の分離があります。

自家用船建造での経営手法は、アイドルを避けて総従業員に見合う操業を維持するように線表に組み、生産性の向上を後追いして負荷を増やし、ムリ・ムラ・ムダのロスがないように線表を繰り上げてゆきます。したがって基本的に人員調節の必要はなく、普通には構内外注もありません。(例外は省略しますが、一時的にまとまった手のかかるダイメットコート/ピュアエポキシでの特殊塗装だけでした)

この事情が職種別労働組合の米国造船業界ゆずりなのかどうかは詳らかではありませんが、いくらかは反映はしているようです。

この[SHOP]というのは Specialist & Worker を抱えた部門の総称で、職種別の技術を開発し、技能を訓練する役目を担います。

このショップに相当する溶接課は、殻艀や施設など工事区分をこえた溶接技術の集団です。溶接機材の管理/改善、略称：ユニオン（メルト）に代表される半自動装置の点検/修理、グラビティ（ウエルダー）の導入/実用化を事例とする新技術の開発も担当して、溶接ブロック建造という技術革新を下支えしています。

また同じ類いの外業課は、取付職/運搬職/足場職/鉸打職/船具職など職別の係や班をプールする専門技能の供給源でした。一歩づつの慎重な巨大船化でしたから、まだクラック・アレスター部は鉸カシメが残っていましたし、水密テストは全面水張りです。

対する[CONTROL]部門は Engineer & Expeditor だけのグループで、工程別に分かれていました。

このコントロール・サイドに属する組立係は「サブ」と略称する小組立班、「アッセン」と呼んで「筋」別に分かれている組立班で、その工程の殻艦一体工事を計画進捗するよう編成されています。この「筋」: Bay というのは天井クレーンの走るレール間の「流れ作業」の場所区分を指します。平板パネル板継の筋、骨組: Egg Box の筋…という具合です。計画実行に所要職種の人員は、必要なだけをショップに要求して派遣してもらうのですが、その作業編成グループ:「伍」は毎日変わるわけではなく期間を区切って定着が原則です。ただし欠員がでるとすぐ補充されます。人が変わっても「工作図」に作業内容が指示されているので、戸惑うことはありません。

NBC が租借中の呉の施設は、軍艦建造の配置のまま、狭い甲板 (Deck ではなく装甲 Armor) 工場の定盤が平板ブロック組立場に当てられ、重量は 30t.max. それ以外の組立は建造ドック 100t. クレーン下の渠頭部に局限されていましたから、組立工程はボトルネックそのものでした。ブロックの先行ストック場所は渠底に限られますが、それでも最盛時は月間2万屯の鋼材を処理しています。このネックであるアッセン・スケジュールの立案を主導して熟達された金内忠雄さんは、のち IHI 呉工場長になっても、管轄工場運営の全貌を掴むために、この仕事だけはそのまま抱え続けていました。

また「エレクション」係は、搭載班/足場班で逐次作業場所 (ステージ) を展開し、取付班は複数あって区画別に固めてゆき、これも複数の溶接班が後を追って完成させてゆく流れ工程で、編成されていました。

現図場担当だった三浦致和さんは、後任の私に個人別スケジュールの立て方を伝授してエレクションに転出しましたが、すぐにドックの事務所に張り付いて膨大な班別のデイリースケジュール立案に取り組んでいたのを思い出します。

これら Control Engineer の第一の仕事は、工作図を読んで仕事内容を掴み Shop からの所要人員を最少に押さえて工程計画を立てることにあります。その時参照するのが、のちほど触れる工程別溶接標準時間: βL (ベーターエル) で、溶接の絡む工程のすべての職種別予定工数は、このパラメータ

をベースに予量されました。溶接外の作業はすべて溶接の前準備であり、進捗度: アドバンスを直接に消し込めるからです。

この [SHOP]/[CONTROL] を分ける基本の考え方は、抱えている作業員をベースに作業を計画するのではないことです。表は仕事で裏に人が付随する見方で、計画上もし人が余るのなら抱えておくことはありません。返せばいいのです。

また溶接の絡みが少ない内業課は [SHOP] [CONTROL] の機能を兼ねていましたが、この基本、現図罫書/ガス切断/撓鉄歪取などの技能職を場所に固定せず、それぞれ各工程の必要に応じて流動するやり方は、やはり同じでした。詳細は省きます。

この方式から [SHOP]には当然に常時若干の余裕人員があり、ローテーションを組んで技能維持向上の教育訓練に向けたり、補助金物の作成や定盤の補修など不急の社内工事に当たらせています。

こうすることで工数実績は純工事量に対応し、操業の繁閑により濁るようなことはありませんでした。

6. 溶接建造法は制約だらけ

先の大戦中に米国で大量建造された全溶接構造の標準船で起こっていた脆性破壊は、当時まだ危惧されており、巨大商船の建造記録を書き換えてゆく NBC 呉では慎重な取組みがなされていました。

鉸接クラックアレスターは対応策の一つですし、縦強度に算入する Longi.FR.では、図3 [T.BHD.部の Longi.] に見るように貫通ブラケット構造で、しかも組立工程では精度調整のためでなく拘束を避けるため1呎の溶接見合せを残し、搭載工程での溶接順序が厳格に規制されていました。

当然にブロック・バットの位置と搭載順序およ

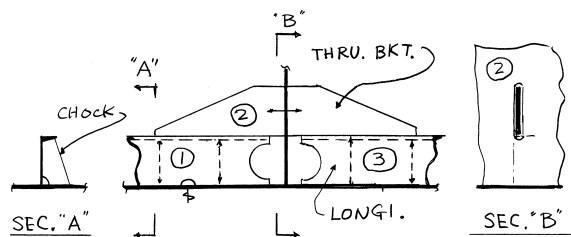


図3 T.BHD.部の Longi.

び建付方向は、この構造条件に制約されます。この図は皮板のバットが壁の後ろにあるので、船首に向かって搭載してゆく側外板か甲板の場合です。

図4 [SERRATION] に示す鋸歯状の開孔は、Longiの Drain Hole を兼ねて板付き溶接長を削減する目的でした。防撓材の溶接はスパンの端部を1/10 連続すれば、中間はタック：断続溶接でよいので、セレーションは、そのタックの Wet space での工夫です。

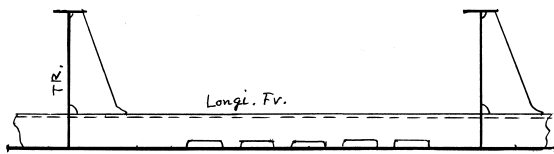


図4 SERRATION

そして1/10 端部外でも、この開孔は Tripping BKT の足元近くは省いていました。この省略判断は工作図に任されており、明確に指示しますから、現図や βL 計算で迷うことはありません。

やがて下向き隅肉溶接が Gravity Welder の開発で半自動化すると、このタック部の溶接は極めて過大（倍増？）になりますが、省人化を最優先に現状のような機能強度上はムダな連続隅肉に踏み切り、このセレーションによる削減方策は放棄されています。

技術革新の適用では、利点欠点を確実につかみ、利の方を優先し欠の方を押さえてゆく前向き姿勢が大切ですが、この不必要溶着量／歪み発生／エネルギー浪費の過剰隅肉溶接の削減は、今もなお設計の直接計算によるリミット脚長指示と半自動溶接機での可変小脚長制御の開発という課題として残されたままです。

7. 工作図は変貌する

NBC で創案された船殻のアッセンブリ図は、当時は各ブロック単位に個別で、それぞれに部品表がセットになっていました。その作成は初めはヤード図と同じく設計係船殻班の担当で、大卒新入社員の訓練用の仕事でもありました。

そもそも船殻設計図はキープランでもヤードプランでも板面か断面の単位に描かれています。ある一つのローカルな部分の空間的な詳細構造を理

解しようとする、その部分を含む複数枚の図面から読み解かねばならず、けっこう面倒で習練がいります。

この欠点を排除した、一枚でブロックのすべてが読めるアッセン・プランには、ヤードプランでは兼用表示だけの実形の出ていない断面、例えば同じ要領でも少しづつ変形してゆく「sheerのあるDeck 付き」や「首尾に向かう曲り外板付き」の Trans.Webなどを、すべて図に起こして小骨の配置や形状の詳細が縮尺で分かるようにし、各部品ごとの重量とブロック重心の計算を行って出図していました。ですから内業の計画でも確実にカッティング・プランに拾えました。

また曲りブロックの外板面の作画は、大きく変形した Shell Expansion 図からのトレースではなく、サイド外板は WL を押さえた側面を、ビルジ外板はダイアゴナルを基準とした投影面を描くなど近似形状表現に工夫していたものです。

これらの作図の縮尺は全て1/30 で統一していましたから、かなり正確です。

当時は拡大縮小のきくコピー機はなく青写真だけでしたから、元図のコピーは鉛筆トレースで、手を動かすことが頭を働かせることに運動していました。

私が船殻班で、たまたま2万トン戦標船 T2 タンカーの船尾機関室を生かし、5万トンの貨物船にジャンボイングする工事：船名“Spruce-Wood”のヤードとアッセンの両図面の取りまとめ担当だったとき、作図には工廠育ち大先輩のベテラン設計者連が与えられた結果もあって、設計ミスが零、設変出図も零、現図ミスも皆無を記録しました。

設計のチヨンボは、ほんの些細なことでも後工程に多大の迷惑をかけますから、当時から「設計は神様であれ！」の言わず語らずの鉄則があり、その目標が完璧に達成できたのです。

この成績は、複雑な船尾部ナシもさることながら、こうした構造詳細を隅から隅まで追及する図面システムに負うことが大きかった、と今も自負しています。

最近、3D-CAD で設計ミスが減った…との話を耳にしましたが、原理的に成り立つものの、それまでミスが多かった方がむしろ問題ではなかったか、と感じます。

そして入社3年目のころ、設計係での工作図作成の業務が内業課に渡されることになり、その全般の担当として私は職場を設計室から現図場に移しています。

そこでのアッセン・プラン一式の作図者としては現業 Worker から抜擢の高卒若手が与えられ、更には内業事務所のカッティング・プラン作成のグループと溶接課にて算出が始まっていた βL 計算のグループが抱き合わせられることになりました。

先にもスケジュール立案で紹介しました、この βL とは、NBC 呉で創案され実行された溶接管理量の一つで、種類別×姿勢別×脚長別の標準溶接時間のことです。ブロック建造法でネックであった船殻アセンブリ工程の計画や管理を、より理論的に精密に取り扱えるように溶接単位長当たりの各種施工時間： β を実験で求め、そのデータを溶接長： L に乗じて溶接作業所要時間： βL を算出するのです。当然にエレクトロニクス工程にも適用されて、具体的数量的に工作法の優劣を比較できます。

この工作図グループの現図場統合で、取材および切断の合理化、組立工法の溶接作業量計算による検討までが、アッセン・プランに織り込まれることになり、その結果を現図型定規に盛り込んで伝達する体制が固まったのでした。やがてはエレクトロニクス係に所属し散在していた足場／吊揚図の作成スタッフも、このグループに合流しています。

この統合工作図グループ内では、アッセン・プラン／カッティング・プラン／ βL 計算／現図の作業を時宜に応じてローテーションしたので、NBC 採用の高卒選抜スタッフは急速に目が開けたらしく、のち他社や他部門へ移っても広い範囲で活躍しています。

この時期には、中央平行部に属する小組立桁板類の全てで、左右舷での小骨類の取付面を逆にして、つまり対称部材でなく同一部材にする、いわゆるN部材方式を適用し、大組立工程前の部材整理場を半減させています。

また、桁板：ウェブ本体を切り出す標準寸法素材（半吋厚）を、罫書きの前工程で逐次フラッシュバット板継ぎし、幅一定で長さ endless の板にして歩留まりを上げたのも、この頃のことでした。まだロール巻きトイレットペーパーの出現以前でしたから倣ったわけではありません。

NBC 呉での造船イノベーションは「溶接による

ブロック建造」で、その変革を、こうした「工作図」による総合検討と結果の伝達で乗り越えたのですが、さて、これからの造船イノベーションは「IT（情報技術）化」です。設計はデジタル情報の製品モデルを構築し、そのデジタルモデルを現場工作では定盤系に変換、それを基に総合検討をして、結果で自動化装置を駆動する。そのような全ての情報がリアルタイムの通信で伝えられる変革となります。

当時は取材を指示したカッティングプランが、その後に切断順序も指定するオペレータプランに進化したように、おそらく形式は変わるとしても、基軸になる生産設計の考え方は更なる精密化を追い求めて、NBC 呉で切り開いたイノベーション経験が再来するものと期待しています。

8. 見取り図の効用

そこでデジタル製品モデルからの出力に絡む「見取り図：Bird view」に話題を移しましょう。

当時のアッセン・プランでは図面タイトルのすぐ上と別冊の部品表の表紙に、そのブロックの見取り図（俯瞰図）を描いて一見して組立の特徴や概要が掴めるようにし、また、サブ（小組立）や部品の形状は部品表の該当欄に略図を記入して、その部品欄だけ眺めて直観的に判別できるようにしていました。

「現場には考えたり図面を見たりさせるな！、そのため机の上ではできるだけのことをやれ！」が合い言葉だったので。

これらのポンチ絵作成は現業員から工作図スタッフに移った高卒組の図面読解力の訓練に役立ちました。どのように工作したがよいか、経験のない素人だけに普遍的な原理原則で考え、お互いが相談し合い、困れば現場に走って確認する以外に方法はありません。

先にも述べましたが、手を動かして絵を描くことは、即、考えることでした。考えて対象物の全貌を立体としてイメージしないかぎり、フリーハンドでスケッチの線は描けないからです。同じように、これからのIT時代には設計者はCADオペレータに依存してはならないと考えます。

こうして生産設計が、それを担う人が、育ったのでした。

そして工作図をガイダンスとして使う各職別作業者も「溶接によるブロック建造」という造船イノベーションを確実に乗り越えたのでした。

NBC 呉で始まった生産設計とは、詰まるところ従来の考えを引きずったベテランに依存しないで、

- (1) まず仕事のやり方を普通にしっかりと考えること、
- (2) その考えたことを明確に図面にし図面通りに仕事すること、

この二つです。この二条件が満たされてくると略図スケッチ描きも、まずは部品表から形状区分が部品番号で大別できることで省略が始まり、やがてはブロックの見取り図も特例でないかぎり廃止しています。

いずれも、そっくり止めるのではなく是々非々の判断としたのでした。

冒頭に触れたように「見取り図」は、現在はコンピュータ統合生産: CIM で、3D-CAD からの出力が期待されています。ただし漏れ聞くように、理由が図面の読めない現場作業者にも分かりやすくするためだけ、ということでしたら、もう日本の造船には期待が持てないように思います。期待される「造船 IT イノベーション」とは「造船全工程の Process simulation を実現するレベルの高度

の生産設計」にあつて、そんな低次元の話ではないのではありませんか。

9. 耐氷構造への改造

ここで NBC 生産設計の事例を一つだけ挙げておきましょう。

呉建造の 6 万トン型鉱石船の 1 隻を北極海回りに使うため、図 5 [耐氷補強] に示す要領で、吃水付近に高張力鋼:HT80 外板ブロックを埋め込む工事です。

旧構造に正確に切墨をして取り除き、その後にキッチリ取り合う新ブロックを組立てて入れ替えるのです。

初めての HT80 は日本では入手できず米国から輸入しましたが、やはり狭巾材で圧延歪みが残っていました。平板にする歪取りは今度はローラーでは歯が立たず、プレスで逆を取るように延ばしています。曲加工も加熱温度管理が要求されたから、できるかぎりプレス曲げで追い込まねばならず、また外板のシーム溶接には常時下面からの一定の余熱が必要でしたから、組立定盤の支持治具には多孔バーナー・パイプを邪魔しないよう位置の制約がありました。

また密な配置の防撓格子構造となる Additional

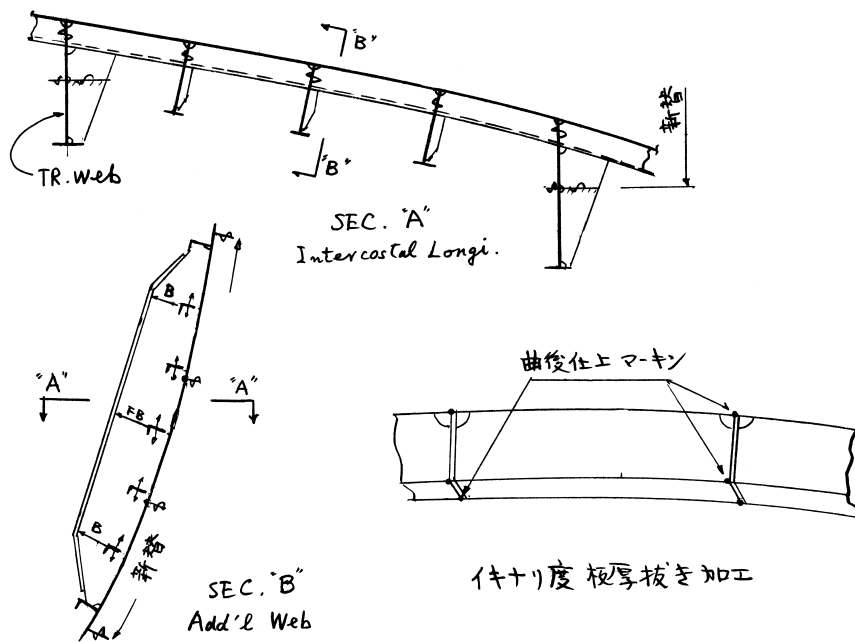


図 5 耐氷補強

Web は、外板に normal 取付で通常の Fr.なり横断面ではなく、交差する Longi.は Slot 貫通が許されず intercostal でした。

曲り外板付き Longi.ですから、当然に空間形状での曲りと振れがあり、図面通りのバラバラ処理では展開も精度が出ず正確な曲加工もできません。

また、その“こまぎれ Longi.”の両 clip 端にはイキナリ度（羊羹を斜めに切ったような密着度）が発生し切斷に問題あります。

そこで対策として、図のように曲げ振れ加工までは連続の Longi.とし、あとバラバラに切り離すことにしました。

つまり、NBC 呉では山形鋼は腹マーキンでしたから、曲加工後に反転して組立場送りとする。その組立場近傍でウェブ端／山角／フランジ端の3点を実長定規で位置出しし、Trans.Web 板厚分だけ平行な2本ノズルの特製バーナーで一品一品に切離す。そして順次に配材してゆく。この施工手順を工作図に指示し、適確に組込んだのでした。

この事例のように造船所が慣れてない新規の場面では、生産設計は欠くことはできません。そして、これからの日本の造船所には、より生産設計が重視されるような高付加価値の多様なプロジェクトに挑戦してゆく体制が求められていると考えます。

ちなみに、この時の外板ブロック切り直し現図の経験が『船殻外板総合処理システム：SHELL（造船学会論文集第139号収載）』開発のヒントになったのでした。

10. 生産設計のルーツ

そもそも造船での工作図の概念は、どこで発生したのでしょうか。

私はNBCの初期の姿を問うことなく、てっきり先の大戦時に戦標船を量産した米国であろうと予想していました。が、実は違っていました。

NBC 呉が遠くなった70年（S45-）代、私は米国 Sandiego の NASSCO : National Steel and Shipbuilding Co.に、やはりNBCでの石橋健さんをリーダーとする IHI からのコンサルの一員として赴き、引き続き、その延長で再度「構造図内容の改善」依頼に応じるリーダーとして滞在したことがあります。

検討対象の構造図は、cylindrical bow で、機関砲座を Foc'sl DK に備える10万tタンカー連続建造用でしたが、まるっきり遙かな昔の米国流NBCスタイルのヤードプランまでで、工作図らしきモノはなかったのです。

工作図そのものの原形は機械加工の工程設計にあり、NBC 呉の独創とは言えませんが、造船への適用は世界で初めてだったのでしょう。

例えば、曲り外板ブロックの板継ぎジグの現図型は、最初はブロックを一枚の幅広外板と見立てて、その上面当て見透曲型を角だし木型に打ったモノで、その木型群を組立定盤上に並べて、シーム位置に支持材を立て揃える方式だったのですが、これは、私の前の現図担当技師だった三浦さんのアイデアでした。私の代には外板形状より支持材の方に注目し、定盤からのシーム高さ定規のやり方に変えましたが、いずれもNBC 呉の現図が嚆矢とするものです。

このように当時は、いつも、どうしよう、こうしよう、と誰もが考え続けていた気がします。真藤さんの指導理念が全体の雰囲気を整え、その雰囲気から皆のアイデアが吹き出してきた結果が生産設計の体系になっていったのでしょう。

1977年（S52）日本機械学会誌の『工程設計』特集（第80巻第704号）の求めに応じ、私はNBCで学んだ生産技術体系を一典型として『造船工業における建造計画と生産設計』の小文にまとめております。

11. おわりに

まだまだNBC 生産設計について語りたことは多々ありますが、要は形でなく心なのでさきりはありません。いくらかでも、これからの時代の参考になれば幸いです。

NBC 呉は1962年に期限がきて解散しました。入社して8年、いい勉強をさせて貰ったことは、ここに一端を語りましたが、後に私が他の日本の企業組織に移ってからの違和感はかなりのものでした。

ずっと毎年、東京近傍と呉近傍の東西交互に行われてきました夫人同伴のNBC・OB会も、2000年11月の今治を最後にして、以降は東と西で別個になりました。メンバーの高齢化で長距離の移動が難しくなってきたからです。

その今治の会で北村源三さんから、「おい高武、君を入社試験で大園政幸さんと落とそうか、と言っていたら、真藤さんから後輩を落としていいのか、と返されたんだよ」と、取って置き話が飛び出しました。両先輩は幸い私と同じ旧福高・九大造船だったのです。私には思い当たるがありました。

筆記試験で、水平に浮いた箱船 $L \times B \times d$ と船首尾槽の長さが与えられ、船尾槽が浸水したときのトリムの変化を計算する問題があり、私は少し銜って、 B に無関係な側面形状の平面幾何として、 $L \times d$ の矩形の面積と重心を同じとする台形を求めて解いていたのです。

翌日の口頭試問で両先輩に、「合ってはいるが、これは船舶算法の答えではないな」と窘められたことを覚えていたのです。ちなみに NBC の試験には辞書／便覧／計算尺などなど何を持ち込んでもよかったです。

ほんとうに NBC 呉に入れたのは幸運だったわけです。

生産設計の極意は、諸先輩が戦後から NBC 開所までの救難（沈船浮揚／曳航／解体）作業で、造

船学の原理原則をキチンと適用してきた経験から胚胎したものではないでしょうか。

NBC 呉社内技術誌の名称は『技道』ですが、その命名に求道者の姿勢と気迫を感じたものでした。この『技道』を含む呉 NBC の資料や遺物は、私も収集委員をしております「呉海事博物館」（仮称）に収納されます。

著者プロフィール

高武 淳夫

1930 年生
福岡県糸島郡出身
最終学歴：
九州大学造船学科
1954 年 NBC 呉造船部入社
1962 年 呉造船所に転社
1968 年 IHI に転籍
1985 年 定年退社で
マミヤ光機へ
1987 年 常務・浦和工場長
1994 年 マミヤ OP 監査役退任
現在 高武技術士（船舶）事務所

