(昭和 46 年 11 月 日本造船学会秋季講演会において講演)

船体部材交差部へのプログラム 疲労試験の適用 (第 2 報)

正員 的 場 正 明* 正員 川 崎 哲 郎*

Some applications of program fatigue test to member joints
in ships hull structures (2nd report)

Masaaki Matoba, *Member* Tetsuro Kawasaki, *Member*

Summary

As the continuation of the last report¹⁾, program fatigue tests were carried out on the structural models of member joints in ship's hull structures. The main purposes of these tests were to estimate the fatigue strength of this part and to find a most effective method of reinforcements therefore.

In this investigation we treated the oblique type corner where the tank top plate and the sloping plate of a hopper tank top plate are jointed together in $\pi/4$ and/or $\pi/6$ angle as is usually found in a bulk carrier.

The experimental models were made on a deduced scale, and loads to be applied on the models were determined on the basis of the results of transverse strength calculations and the load program consisted of 2 mean loads, one corresponding to full-load condition and the other corresponding to ballast condition, each with fluctuating loads of 5 stages.

On the analysis, in addition to the consideration on the experimental data, we are also planning to carry out some preliminary calculation based on the fracture mechanics.

1 緒 言

部材断面変化部, 部材交差部での疲労強度は主に形状, 交差様式 (溶接法, 工作法, 工数と密接な関係がある) によつて支配されることが多い。

そこで各種の部材交差部について, 疲労強度上の優劣と, 実船での使用の可能性を予想する事を目的に, Program 疲労試験を計画し, 第一報においてすでに直交交差様式についての検討を行なつた⁽¹⁾。船体構造に用いられる部材交差様式は多種多様であるが, ある角度をもつて交差している斜め交差様式も数多く用いられている。斜め部材交差様式は特にバルクキャリアにおいて広く採用されている方式であるが, 最近の傾向である大型化にともない, その応力レベルが高くなり斜め部材交差様式に対する疲労強度検討の重要性がましている。

特に二重船側構造方式を用いる場合にはこの二重底との結合部の応力レベルが高くなり, さらにその重要性が増す。

そこで本研究では各種の斜交差型の模型を用い, Program 疲労試験を行つて疲労強度の面から検討を行なう。

2 実験計画および実験方法

2.1 試験対象および試験体

試験対象はバルクキャリアホツパ結合部および Double Hull 方式におけるトップサイドタンクの結合部であり損傷例からもよく論ぜられる個所である。

* 三菱重工広島研究所構造研究室

試験体は Fig. 1 a), b) に示すような形式, 寸法であるが試験機の能力の都合上実船と比較し web の深さは $1/5 \sim 1/6$ 板厚は $1/2 \sim 2/3$, スキヤロットは $2/5 \sim 1/2$ 程度になっている。Type-H の Plate Bend 1 型, Type-D の Built up 型は一般に広く採用されている型式である。Type B, C, E は Tripping BKT の効果を入れた型式であり, Type FG はブロック塔載法から考えられた型式である。

なお, 材料は軟鋼 (NK 規格材 A 級鋼), 溶接棒はイルミナイト系 LB-52 により下向で行った。

Fig. 1 a) 試験片形状

Fig. 2 b) 試験片斜交交差部詳細

2.2 荷重方法

試験機は当社名古屋航空機製 5 ton Hydract (レバーにより ± 15 ton に拡大) によつた。

Fig. 2. 1 航海当りの応力振幅とそれを越える回数の関係

Fig. 3. ロードプログラム

タンクトッププレートの部材交差部の応力分布状態についてみる。交差部は疲労亀裂発生の可能性のある場所であるため交差位置からそれぞれ 20 mm 離れた位置で計測を行なった。

まず交差部からタンクトップ側の Face Plate の Web 位置での応力についてみる。計測値と梁理論値 (接合部の Web face plate を全面有効と考えた $M/I/Y$) との比で各型式について表わせば、つぎのようである。

- Type-A₁ ($\theta=60^\circ$ Built up 型) 2.6 倍
- Type-D ($\theta=45^\circ$ Built up 型) 2.5 倍
- Type-H ($\theta=45^\circ$ plate bend 1 型) 2.5 倍
- Type-E ($\theta=45^\circ$ T.BKT 型) 2.1 倍
- Type-B ($\theta=60^\circ$ T.BKT 型) 2.0 倍
- Type-G ($\theta=45^\circ$ plate bend 2 型) 2.0 倍
- Type-F ($\theta=45^\circ$ plate bend 3 型) 1.6 倍
- Type-A₂ ($\theta=60^\circ$ Built up 型) 1.5 倍

(Type-A₁・Type-A₂ のちがいは Type-A₂ の二重底側 web のスキヤロツプが模型製作誤差のため取られていないことによる。) 各 Type とも梁計算値の 1.5 倍以上の応力値となつているが、そのうち Type A₁, Type-D が大きい。これは他の Type と比較して face の有効幅が小さいこととスキヤロツプの効果 (T.BKT のつ

荷重 P は Fig. 1 a) に示す方向に負荷し Program は前回の直交型式における Program 疲労試験に用いたもの¹⁾と同様に異常値 (静的横強度計算値の最大の波高振幅) に対応した振幅値が一航海における Full load condition, Ballast condition にそれぞれ 1 回起るとする。また試験機の program step には 10 段の制限があるため Full load condition, Ballast condition をそれぞれ 5 段とし計 10 段の Load program とした (今回の試験は特に対象船を定めなかつたため Load program は直交型式において用いたものと同様なものとした)。

一航海における Ballast, Full load condition での繰返し数と応力振幅 (交差部分での $M/I/y$) の関係を Fig. 2 に示し、応力振幅 3 kg/mm² 以下のものを無視すれば Fig. 3 に一例を示すような Load program が決定される。Fig. 3 は $\sigma_{\max}$ 7.6 kg/mm² の場合であるが $\sigma_{\max}$ が異つた場合はこの Load program をそのままのパターンで縮小もしくは拡大した。

3 実験結果および考察

3.1 静試験

疲労試験に先立つて静試験を行ない応力分布を計測し、その結果を Fig. 4 a)~i) に示す。タンクトッププレートとホットパー

Fig. 4a) 静応力分布 (Type-A₁) Fig. 4b) 静応力分布 (Type-A₂)

Fig. 4c) 静応力分布 (Type-B)

Fig. 4d) 静応力分布 (Type-D)

ているものではこの影響が小さくなると思われる。)と切欠の効果によるものと思われる。Type-Hは有効幅が小さいことによつて高い応力値を示す。

また Type-E, Type-B がほぼ等しい応力値を示しており, Type-D, Type-A₁ もほぼ等しい。これよりタンクトップ側の face plate 近傍の応力はホツパータンクプレートの傾斜角 ($\theta=45^\circ \rightarrow 60^\circ$) によつて余り影響されないようである。

Type-D, Type-E, Type-A₁ と Type-B の関係をみると T.BKT の効果によつて 75~78% 程度に応力が減少していることがわかる。また Type-F が他の Type と比較して (Type-A₂ を除く) 小さいのは形状的な理由

Fig. 4e) 静応力分布 (Type-E)

Fig. 4f) 静応力分布 (Type-F)

Fig. 4g) 静応力分布 (Type-G)

Fig. 4h) 静応力分布 (Type-H)

によるもので、ホツパータンクトッププレート側の応力についてみればその値は非常に大きい。Type-A₂の応力が梁理論値に近く1.5倍程度であるのはタンクトッププレート側スキヤロツプをとらなかつたためであり剛性が増し、他の Type に比較して応力が低下している。また同じ型式である Type-A₁と比較すればスキヤロツプがないため60%程度に応力が減少している。前述の T. BKT による応力減少効果とスキヤロツプがないこと

によるそれとを比較すれば後者の方がやや効果大きい。しかし、タンクトッププレート側の応力と亀裂発生の相関性はあまりない。

次にホッパータンクトッププレート側の応力 (Web 位置での) についてみれば次のようである。

Type-A ₂ ($\theta=60^\circ$, Built up 型)	4.5 倍
Type-F ($\theta=45^\circ$, Plate Bend 3 型)	4.1 倍
Type-A ₁ ($\theta=60^\circ$, Built up 型)	2.6 倍
Type-D ($\theta=45^\circ$, Built up 型)	2.1 倍
Type-H ($\theta=45^\circ$, Plate Bend 1 型)	1.3 倍
Type-B ($\theta=60^\circ$, T.BKT 型)	1.1 倍
Type-E ($\theta=45^\circ$, T.BKT 型)	0.9 倍
Type-G ($\theta=45^\circ$, Plate Bend 2 型)	0.1 倍

Type-A₂, Type-F が梁理論に比べ 4.5 倍, 4.1 倍とそれぞれ大きな値を示しているが, Type-A₂ はタンクトッププレート側の web にスキヤロップがないため局部拘束となりこのホッパープレート側の応力が著しく高くなつたものと思われ, Type-F については R をとつているため有効幅が著しく減少したためとスキヤロップの効果が重畳し応力が高くなつたようである。

Type-A₁ と Type-D がそれぞれ 2.6 倍, 2.1 倍, Type-B と Type-E がそれぞれ 1.1 倍, 0.9 倍となつている。T.BKT の効果はタンクトッププレート側におけると同様にかなり大きく Type-B, Type-E は Type-A₁, Type-D の 42~43% に低下している。Type-H は T.BKT とほぼ同じ値を示す。

また, Type-A₁ と Type-D, Type-B と Type-E の値がタンクトッププレート側の応力と異なりその値の差がかなりあるのは, ホッパータンクトッププレートの傾斜角の応力におよぼす影響が表われているためであろう。Type-G の応力が非常に小さいのは, Hard spot を型成しているため局部的な剛性増加により応力が低下しているものと思われる。

また, タンクトッププレートとホッパータンクプレート交差部近傍の応力勾配についてみるため交差部から 175 mm 離れた点の web の位置での Face plate の応力と交差部の応力との比をとつてみると次のようである。

Fig. 5 a) 亀裂発生位置 (Type-A₁)

Fig. 5 b) 亀裂発生位置 (Type-A₂)

Fig. 5 c) 亀裂発生位置 (Type-B)

Fig. 5 d) 亀裂発生位置 (Type-C)

Fig. 5 e) 亀裂発生位置 (Type-D1)

Fig. 5 f) 亀裂発生位置 (Type-F1)

ホツパータンク側

Type-A ₂	($\theta=60^\circ$, Built up 型)	4.6 倍
Type-A ₁	($\theta=60^\circ$, Built up 型)	3.8 倍
Type-F	($\theta=45^\circ$, Plate Bend 3 型)	3.1 倍
Type-D	($\theta=45^\circ$, Built up 型)	1.8 倍
Type-B	($\theta=60^\circ$, T. BKT 型)	1.6 倍
Type-H	($\theta=45^\circ$, Plate Bend 1 型)	1.5 倍
Type-E	($\theta=45^\circ$, T. BKT 型)	1.5 倍
Type-G	($\theta=45^\circ$, Plate Bend 2 型)	0.2 倍

このことからわかるように Type-A, Type-F においてはホツパータンクプレート交差部近傍で船幅方向に応力勾配が急なつまり応力集中的な型式である。

Fig. 5 g) 亀裂発生位置 (Type-F₂) Fig. 5 i) 亀裂発生位置 (Type-G₁) Fig. 5 h) 亀裂発生位置 (Type-D₂) Fig. 5 j) 亀裂発生位置 (Type-G₂)

Fig. 5 k) 亀裂発生位置 (Type-H)

3.2 疲労試験

2で述べた方法にもとづいて Program 疲労試験を行なった。一航海を25日で Ballast Condition, Full load Condition を半々とし11航海とした。

各型式の試験片について高応力レベル ($\sigma_{\max}=8 \text{ kg/m}^2$) と低応力レベル ($\sigma_{\max}=5 \text{ kg/m}^2$) 1体ずつ行つた

写真1 実験状態

写真2 ダイテック例 (Type-G)

写真3 ダイテック例 (Type-F)

写真5 断面検査例 (ガーダーとホッパータンクウェブ交差部)

写真4 断面検査例 (Built up 型 タンクトッププレートとホッパータンクトッププレート交差部)

が、各 Type の亀裂発生位置伝播状況については発生状況を Fig. 5 に、伝播状況については Fig. 5 に示した亀裂附号を用い繰返し数と亀裂長さの関係を Fig. 6 に示し各 Type を比較した考察を Table 1 に一括する。

また実験状態を写真1に、ダイテック例を写真2、写真3、断面検査例を写真4、写真5に示す。

さらに亀裂発生回数と亀裂断面の公称最大曲げ応力 $\sigma_{\max}$ との関係を前報直交型式の場合と比較し Fig. 7 に示す。

疲労亀裂の発生はダイテックにより観察し、亀裂発生航海数を決定したが交差部での公称最大曲げ応力 $\sigma_{\max}$ (接合部の web, Face plate を全面有効と考えた梁理論値) が 8 kg/mm^2 レベルでの発生航海数を早い順にあげれば次のようである。

Type-A ₂ ($\theta=60^\circ$, Built up 型)	13 航海 (1年)
Type-D ($\theta=45^\circ$, Built up 型)	16 航海 (1年半)

Table 1. 各型式における

考察事項 Model	亀裂の始点および原因	亀裂の伝播状況	亀裂の検査上の問題
Type-H ($\theta=45^\circ$, Plate Bend 1型)	ホッパータンクプレートとタンクトッププレートとのKL部より発生。KL部のRが小さいこと。	亀裂発生後急に25mm程度まで伝播したが、その後大きな進展はない。	亀裂の発生箇所は大体ホッパータンクプレートとタンクトッププレートのKL部と予想され発見は比較的容易、亀裂の進展も遅く重大事故になりにくい。
Type-E ($\theta=45^\circ$, T.BKT型)	亀裂発生せず。	T.BKTにより亀裂発生近傍の応力が低いため、ホッパープレートの傾斜角が $\theta=45^\circ$ のためType-Bの $\theta=60^\circ$ に比較してさらに応力が低下し亀裂の発生がみられない。	Type-B とほぼ同様であるが亀裂はType-B以上に進展速度が遅くなるものと思われ重大事故に到るまでには十分発見できる
Type-B ($\theta=45^\circ$, T.BKT型)	ホッパートランスウエブとホッパータンクプレートとの隅肉溶接部スキヤロップのまわし溶接部Rootから発生スキヤロップによる切欠的形状	T.BKTによる交差部の応力低減効果により亀裂発生航海数がType-Aに比し大きい。また発生後もT.BKTが受けもつため亀裂付近の応力が低く、亀裂の開き防止となり伝播速度が小さい。	ホッパータンク側に発生した亀裂は発見の遅れる可能性があるが亀裂の進展速度は遅いので重大事故に到るまでに発見できる。
Type-C ($\theta=60^\circ$, Small BKT型)	Type-B と同一位置	亀裂発生はType-Bと同様な理由で比較的遅いが、T.BKTの長さをType-Bの1/3にしているためやや応力が高くなり、Type-Bと同様T.BKTの効果により小さい。	Type-B とほぼ同様
Type-D ($\theta=45^\circ$, Built up型)	ホッパートランスウエブとホッパープレート、ガーダープレートとの隅肉溶接部スキヤロップのまわし溶接部Rootより発生スキヤロップによる切欠的な形状に加えて応力集中の生じ易い結合型式	ホッパープレート側の亀裂、ガーダープレート側の亀裂とも隅肉のRootに沿って進展、伝播速度はホッパープレート側のものが遅いが、ガーダープレート側の亀裂は速く、大体一定の速度で進展する。	ホッパータンク側に亀裂が発生するため発見が遅れる可能性がある。Type-B, Cに比較すれば亀裂の発生、伝播速度が速く亀裂の発見に務める必要あり。
Type-A ($\theta=60^\circ$, Built up型)	Type-D と同一位置	亀裂の伝播経路はType-D とほぼ同様、発生航海数においてはほとんどType-Dと差はないが伝播速度についてはホッパープレートの傾斜角が $45^\circ \rightarrow 60^\circ$ と大きくなっているためType-Dと比較して早い。	Type-Dと同様な理由で発見の遅れる可能性がある。亀裂発生後の伝播速度が著しく速いので重大事故になる可能性もあり検査をひんばんに行なう必要あり。
Type-G ($\theta=45^\circ$, Plate Bend型)	タンクトッププレートとホッパープレートとの隅肉溶接部Rootより発生直交交叉によりHard Sportとなり局部拘束による応力集中	Face PL表側の隅肉ビードに沿って亀裂が幅方向に伝播し、80mm程度まで進展した時、この亀裂が二重底トランスウエブとガーダープレートの隅肉溶接ビードへさらに伝播、亀裂速度は速い。	各個所から亀裂が発生し、発見し易いものもあるが亀裂の進展速度も激しく重大事故に到る可能性がある。
Type-F ($\theta=45^\circ$, Plate Bend (3型))	Type-B と同一位置R形状による有効幅の著しい減少による応力集中とスキヤロップによる切欠的形状	ホッパープレート側の亀裂は隅肉ビードに沿って伝播するとともに、Face PLのR部に沿って更に新しい亀裂が大きな速度で伝播 ガーダープレート側亀裂は隅肉ビードRootに沿って伝播	ホッパータンク側の亀裂についてはType-A同様に重大事故に到る可能性がある。しかし、Face PLの亀裂についてはHold内から発見できるためType-Aより亀裂の発見の容易さはある

亀裂の状況とその考察

工 作 上 の 問 題	補 強 法	そ の 他 の 事 項
曲げ加工が入る。 継手に精度を要する以外は工 作的には問題がない。	(1) K.L. 部 (2) (2) KL 部の板厚 増 Web に平行な Carling を設ける	コーナーでの Grain のたまりがない。
板加工, 工数が低下する反面溶 接工数が, T. BKT のない Type-A に比しやや増加し, 溶接 欠陥工作誤差を生じ易い。		ホッパータンク内の部材 配置の都合上 T. BKT を 角度 ϕ をつけて取りつけ る場合, $\phi=15^\circ$ 以内で あればさほどの低下はない ものと思われる。
Type-E と同じ。	T. BKT のタン クトップの伸び 板と Web にか かるスキヤロ ップをなくする。	T. BKT を片側のみにす ることも考えられるが非 対称となり振り等の効果 が入り Type-B より悪 くなるものと思われる。
Type-E と同じ。	Type-B	比較的良く用いられて いる。T. BKT をトラ ンスウェブの両側で大 きさを変えることも考 えられる。
板加工工数が低下する反面溶接 工数が増加 (Type-E ほどでは ない) する。また現場でのプロ ック継が比較的楽な形状。	Type-E	比較的良く用いられている
Type-D と同じ。	Type-B	コーナーで Grain のたまりがない。
溶接工数は Type-A に比し低 下するが曲げ加工工数が増加す る。	(1) (2) (2) FULL PENE. による T. BKT を設ける。	コーナーで Grain がたまるので揚荷 上好ましくない。
Type-G ₁ とほぼ同じ	ガーダープレート両 側のウェブのスキヤ ロップをなくする。	コーナーで Grain がたまるので揚荷 上好ましくない。Capacity の増加が 期待できる。

Fig. 6. 亀裂伝播状況

Type-F ($\theta=45^\circ$, plate bend 3 型)	25 航海 (2年)
Type-G ($\theta=45^\circ$, plate bend 2 型)	27 航海 (2年半)
Type-C ($\theta=60^\circ$, Small T. BKT 型)	93 航海 (8年半)
Type-H ($\theta=45^\circ$, plate bend 1 型)	140 航海 (13年)
Type-B ($\theta=60^\circ$, T. BKT 型)	141 航海 (13年)
Type-E ($\theta=45^\circ$, T. BKT 型)	165 航海 (15年)

にて亀裂なし

亀裂発生個所については Type-G, H が切欠的なスキヤロットがないため、ホツパータンクプレートの K, L 部タンクトッププレートとホツパータンクプレートの交差部隅肉溶接部 Face plate 等の上に発生した。残りの各 Type については切欠的なスキヤロットがあるため、ホツパータンク側ウェブのスキヤロットのまわし溶接部分から発生している。Type-G, H を除く各 Type が二重底側でなくホツパータンク側で発生しているのは静試験において Face plate の応力が高かったことから納得される。また各 Type のうち発生航海数の早い Type についてみれば、静試験においてもホツパータンクプレートの応力が高くさらに応力勾配が大きい応力集中的 Type である。

各型式の伝播状況は本報の場合亀裂発生寿命の長いほど伝播速度はおそい。Fig. 6 に伝播速度を示すように (英文字は試験片型式附号に対応), Type-H Plate bend 1 型, および T. BKT をもうけた Built up 型 (Type-B, C, D, E) が亀裂進展がおそい。Type-H は Tank top plate の板曲げ部中央から亀裂が発生するが応力分布 (Fig. 4 h) は亀裂発生点のみ応力値が高く発生点まわりの応力はひくい。亀裂の伝播速度のおそいのは亀裂が伝播すると亀裂先端が低応力場にはいるためであろう。T. BKT をうけた型が伝播速度が遅いのは亀裂発生後 T. BKT が亀裂の口開きを防止する事がその原因であろう。伝播速度の速いのは Built up 型および Type-F のスキヤロットから生じ溶接隅肉を通つて Bottom 側に伝播する亀裂である (Type-A, Type-F)。これは伝播線に沿つてかなり長い範囲に亀裂発生点と同程度の応力値を示す事、亀裂が溶接ルートの未溶着部を含む二次元的応力集中を示す亀裂であることがその原因であろう。その他比較的伝播速度のはやいのは Type-G であり Hard spot より生じた亀裂は Bottom 側および Tank Top plate の両方向に同時にほとんど等速に進展し T 字型の亀裂となる。

以上の斜交差型式の実験結果と前報における直交型式の結果を亀裂発生について Fig. 7 に比較する。斜交交差のものは交差点において Girder Tank top plate, Hopper tank plate の三枚の板がまじわる型式であるもの

Fig. 7. 亀裂発生回数と公称最大曲げ応力の関係

が多く、二枚の板がまじわる直交交差のものとは詳細型式が異り交差角の影響は明確ではなく、むしろ詳細型式の違いによる強度差の方が顕著であろう。Built up 型, Type-F, Type-G は直交 as weld 型のものよりやや弱く、Type-H Built up, T.BKT 型のは直交 small BKT のものとほぼ同等の強度を有する。

これらの結果の設計上への適用は、各方面からの検討によつて定められるべきであるが、各交差型に対し許容応力をいかに定めるかについては本実験結果はなにがしかの参考にならう。

4 結 び

主な結論を簡単に要約すると次のようである。

- 1) Plate bend 1 型 (Type-H) は疲労亀裂発生、伝播の両面からみて T.BKT のものと同程度に優れている上に、亀裂発生、進展の検査が容易である。
- 2) ホッパータンクトッププレート (斜交板) の傾斜角について $\theta=45^\circ$, $\theta=60^\circ$ のものを比較した結果, $\theta=$

60° のものは $\theta=45^\circ$ のものとはつきりした差があり、亀裂の発生、伝播の両面で劣る。

3) $\theta=45^\circ$: Built up 型 (Type-D), $\theta=60^\circ$ Built up 型 (Type-A) は亀裂の発生および伝播の面で好ましくないが、T. BKT をつけることにより大幅な強度向上ができる。特に亀裂発生後停留亀裂となる可能性が非常に伝播防止の面で大きな効果がある (Type-B, Type-E 参照)。

4) Plate Bend 2 型 (Type-G), Plate Bend 3 型 (Type-F) とともにホッパータンクトッププレート (斜交板) コーナーで局所的な応力集中を生じ、疲労亀裂発生に対して悪いばかりでなく、発生後もいろいろな個所から亀裂を生ずる。また伝播速度も速い。これらの二型式は Built up 型 T. BKT なしのものと比較し亀裂発生に対してややよいが、伝播性能および亀裂発生個所の多様性から考えて総合的に見地からみると Built up 型 T. BKT なしのものより悪い。

5) 各型式の亀裂発生に対する使用限界について仮に 10 年 (110 航海) における亀裂の発生限界応力 (公称最大曲げ応力) で表わせば次のようである。

$\theta=45^\circ$: Plate Bend 1 型 (Type-H)	8~ 9 kg/m ²
$\theta=45^\circ$: T. BKT 型 (Type-E)	8.5~ 9 kg/m ²
$\theta=60^\circ$: T. BKT 型 (Type-B)	8~ 9 kg/m ²
$\theta=60^\circ$: Small T. BKT (Type-C)	7.5~ 8 kg/m ²
$\theta=45^\circ$: Plate Bend 3 型 (Type-F)	3.5~4.5 kg/m ²
$\theta=45^\circ$: Plate Bend 2 型 (Type-G)	3.5~4.5 kg/m ²
$\theta=45^\circ$: Built up 型 (Type-D)	2.5~ 3 kg/m ²
$\theta=60^\circ$: Built up 型 (Type-A)	2~ 3 kg/m ²

なお本研究に対し有益な討論、指示をいただいた造学西部構造委員会、三菱船体構造会議の委員各位に深く感謝する。

参 考 文 献

- 1) “船体部材交差部へのプログラム疲労試験の適用” 森, 的場, 梅崎, 広瀬: 造学論文集 125 号
- 2) “船体の疲労損傷”, 服部, 浦賀技報, 1969
- 3) “Fatigue of welded structure”: T. R. Gurney cambridge univ. press 1968
- 4) “溶接継手の疲労寿命の計算法” 白石, FS 委員会資料, 昭和 37 年