

船舶の波浪荷重ひん度

Statistical Research of Wave Loads on Ships in Service

高橋 幸伯*

Yukinori TAKAHASHI

船舶が大洋航行中に受ける波浪荷重, 特に波浪曲げモーメントについて, そのひん度の短期分布および長期分布の求め方, この方面のこれまでの研究の概要, 今後の問題点などを主として実船計測による手法の立場から紹介する。

1. 船舶の波浪荷重

船舶は静水中に浮んだ場合, 重量(船殻, 装備, 貨物)および水圧(浮力)の分布によって, ある程度の静荷重を受けるが, 波浪中に航走する場合は, さらに不規則変動をする動的な荷重を受けるもので, これを一般に波浪荷重 (wave load) と呼んでいる。

この波浪荷重には, 航走中に絶えず繰返えされている周期的な荷重と, 特殊な条件下においてのみ受ける荷重とがある。前者には, 船全体をはりとして曲げようとする波浪曲げモーメントや, 横断面を曲げたりねじったりしようとする荷重などがあり, 後者の例としては, 船首船底に波浪衝撃を与えるスラミング (slamming) 現象, 船の全長にわたってはげしい振動を生ずるホイッピング (whipping) 現象, 上甲板などへの衝撃的な打込み水による青波 (green sea) 現象などがある。人によっては, 前者の周期的なもののみを波浪荷重と呼んでいる場合もある。ここでは, 主として波浪曲げモーメントについて述べることにする。

船舶の設計段階における波浪曲げモーメントの推定は, これまでは, ある基準の静止した波の形状寸法およびある載貨状態を想定して, 重量分布および浮力分布から曲げモーメントを算定し, 在来船の実績を勘案して設計資料とするという方法がとられてきた。構造部材の材質, 寸法などの大綱は, 各国の船級協会の構造規定で定められており, これから大きくはずれることは許されないが, 各造船所において計算あるいは経験によって, 若干の手を加えたり安全度の評価を行なったりしていたわけである。

最近になって, 必要にして十分な強度と性能を持った高経済性の船を造ろうという設計合理化の声が高くなってきたことや従来の経験を絶した船舶の超大型化の勢などにしたがって, 実際の波浪荷重の長期間のひん度分布を解析して, ある期間中における予想される極限最大荷重の推定や, 応力集中の大きい不連続構造部や開口部などの低サイクル疲労の強度の検討などを行なおうという動きが盛んになってきた。各船級協会においても, やはり主として経験に頼ってきていた構造規定を, この線に沿って改訂しようとする姿勢を示しはじめてきている。

そこで第一の基礎資料となるのが, 在来船における波浪荷重の実際の値で, いわゆる実船計測 (full scale measurement) が必要になってくる。実船においては, 曲げモーメントを直接測ることはできないが, 比較的計算の容易な基準点の応力 (ひずみ) を計測して, 曲げモーメントを算出する方法がとられている。寸法や形の異なる船の比較のために, 曲げモーメントに船の形状寸法の関数を乗じた無次元量として取扱うことが多い。長さ 150 m, 総トン数 12,000 t 級の貨物船では, 船体中央部上甲板における断面係数は $6\sim 7 \times 10^6 \text{cm}^3$ 程度で, $6\sim 7 \times 10^3 \text{t-m}$ の曲げモーメントで該部に 1kg/mm^2 の応力を生ずることになる。

2. これまでの研究の概要

波浪荷重の長期ひん度分布の研究は, 1956 年 Jasper¹⁾ が軍艦や商船の実船計測結果を発表し, 縦曲げ応力の長期分布が対数正規分布に適合することを述べて以来, 各国で急速に発達した。現在, アメリカ²⁻¹⁰⁾ のほかに, スウェーデン^{11, 12)}, イギリス¹³⁻¹⁵⁾, フランス^{16, 17)}, 日本¹⁸⁻²⁶⁾, そのほか²⁷⁻³⁰⁾ で多数の実測例が発表されており, 特に最近の 3~4 年間のみに限定しても, Tab. 1 のように活発な実船計測が行なわれている。

これらはいずれも, 船体縦曲げ応力を計測して波浪曲げモーメントを求めることを目的としたものである。ひん度計としては, 簡単な機械的伸び計を応用したものから, 電気抵抗式ひずみゲージをピックアップとして機械式または電子管式のひん度計で計数するものや, 磁気テープに記録したアナログ記録を陸上で再生してデータ処理装置で解析するものなど種々雑多なものが使われている。計数方式も必ずしも統一されておらず, 帯域通過ひん度を計数するもの, 極値ひん度計数式のもの, 振幅ひん度計数式のものなどいろいろである。

実船計測結果の解析方法も, Jasper らの方法以外に, いくつかの方法が提案され, Gumbel³¹⁾ の極値統計理論を応用した Yuill³²⁾, 渡辺³³⁾ の長期分布推定法, Nordenström³⁴⁾ の Weibull 分布を適用した推定法などが発表されている。

これらはいずれも, 実船計測による短期分布 (詳細後

* 東京大学生産技術研究所第 2 部

Tab. 1 最近における船舶の荷重ひん度の実測例⁴⁰⁾

国	船 名	文献
ベルギー	"M. V. "Jordaens" "Mineral Seraing" (鉄 石 船)	27)
カナダ	"Sagueway" (五 大 湖) "Ontario Power" (北 大 西 洋)	28)
フランス	軍 艦	16, 17)
	客船 1, 貨物船 1, 油送船 2	未刊
日 本	空知丸, 檜山丸 (青 函 連 絡 船)	未刊
	貨物船 12 隻 (12,000 tDW 級)	19)
	隅田丸 (" 貨物船)	21)
	しあとの丸 (" ")	20)
	東京丸, 明扇丸 (150,000 tDW 油送船)	22, 23)
	日 興 丸 (33,000 tDW ")	未刊
ノルウェー	油送船 3 隻 (50,000 tDW 級)	29)
イギリス	油 送 船 (18,000 tDW 級) 貨 物 船 (長 さ 370 ft)	未刊
	軍 艦	15)
アメリカ	S. S. "Wolverine State" (15,000 tDW 貨物船)	7, 8, 9, 10)
	S. S. "Hoosier State" (15,000 tDW 貨物船)	未刊
	"Moore Mac Scan" "California Bear" (12,000 tDW 貨物船)	未刊
	"Edward L. Ryerson" (五 大 湖)	30)

述)の資料から長期分布の推定を行なうものであるが、一方、実船計測によらないで、模型試験と理論計算からまたは理論計算のみから、短期分布および長期分布を推定しようという試みも活発になされている。この方法は元来波浪中の船体運動の研究に関連して開発されたもので、波スペクトルによる波浪海面の表示法の理論³⁵⁾、波浪の統計理論³⁶⁾、規則波中の船体応答に関する実験および理論などを応用したものである。船種、船型、主要寸法(長さ、幅、深さなど)、船速、重量分布などを想定した船について、各種の波浪に対する波浪曲げモーメントの短期分布の計算結果と、就航が予定されている海面の波浪の長期分布資料とから、波浪曲げモーメントの長期分布を算定しようというものである。特にわが国においては、日本造船研究協会第 90 研究部会(部会長寺

沢)^{41, 42)}において、福田ら^{43~49)}の開発した手法を基として、波浪曲げモーメントの短期分布および長期分布の計算を含めた電子計算機プログラムを開発し、各種の船および波浪についてぼう大な系列計算が行なわれている。

しかし、これらの計算は、相当の仮定と省略を含んだ近似計算であるので、一方において、その信頼度を確認するための実船計測の必要性は、まだ減少する段階にはいたっていない。

1961年に発足し3年ごとに会合が行なわれている国際船体構造会議(I.S.S.C.)でも、この波浪荷重の問題は大きくとり上げられ、理論解析を主とする委員会^{37), 38)}、実船計測資料の収集整理を目的とする委員会^{39, 40)}、世界各海面の波浪統計資料を検討する委員会⁵⁰⁾などが設置されて、国際的な情報交換や討論が盛んに行なわれている。

3. 波浪荷重の短期分布

波浪曲げモーメントは絶えず不規則変動をしているものであるが、そのピーク値のひん度分布状態は、海面状態(波浪)S, 出合角度θ, 載貨状態D, 船速Vなどの外界条件によって異なってくる。しかし、20~30分間程度の短期間では、外界条件もほとんど変化せず、ひん度分布状態もほぼ一定となるので、これを短期分布と称している。

波浪曲げモーメントxのピーク値Xiの短期分布は、波浪中の縦揺れ、横揺れなどの船体応答の短期分布と同様に、Rayleigh分布にはほぼ適合し、そのひん度(確率分布密度)は、

$$p(X) = \frac{2X}{E} e^{-\frac{X^2}{E}} \quad (1)$$

で表わされることが確かめられている。ここに、Eは波浪曲げモーメントのエネルギースペクトルを積分した累積エネルギー密度であり、また各ピーク値Xiの自乗平均値とも一致し[Fig. 1(a)], また、ランダムにサンプリングしたxiの値の分散R²の2倍にも相当するものである[Fig. 1(b)].

式(1)にみるように、Rayleigh分布はただ一つのパ

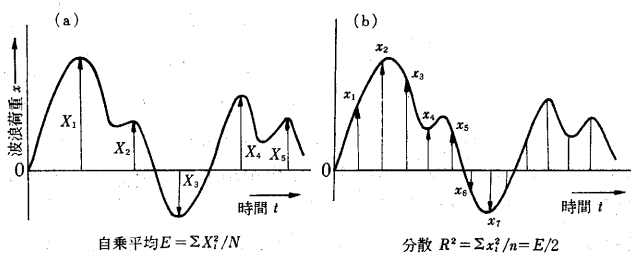


Fig. 1 E の 値

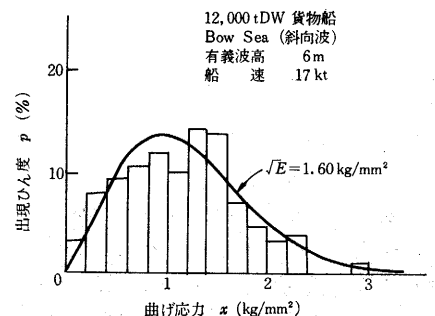


Fig. 2 貨物船の船体中央部上甲板の曲げ応力の短期分布例

ラメータ E のみで一義的に決まるものである。ある短期分布のヒストグラムの一例と、これから計算した E によって(1)式を用いて描いた分布曲線とを Fig. 2 に示す。

また E の値がわかると、Rayleigh 分布ではそのときの平均値や異常値を次のように推定することもできる³⁶⁾。

$$\left. \begin{aligned} \text{平均 値} &= 0.866 \sqrt{E} \\ \text{有義平均 値} &= 1.415 \sqrt{E} \\ N \text{ 回に 1 回の最大期待値} &= \sqrt{\log_e N} \sqrt{E} \end{aligned} \right\} (2)$$

有義平均値とは、標本中の全ピーク値 X_1, X_2, \dots, X_N を大きい方から順にならべて、上の方の 1/3 の個数だけについて求めた平均値、すなわち 1/3 最大平均値である。海洋波の波高の目視観測による平均値がほぼこれに相当することから、有義波高 (significant wave height) の名でよく用いられている。

このように、Rayleigh 分布においては、累積エネルギー密度 E 、またはその平方根 R.M.S. (root mean square) \sqrt{E} が、その群を代表するきわめて重要なパラメータである。この E の値はエネルギー密度曲線 (船体曲げ応力についての例を Fig. 3 に示す) の囲む面積を積分したものに相当する。厳密にはこの曲線がただ 1 箇所だけに卓越したピークを示し、他のところではゼロに近いような、きわめて狭帯域の場合にのみ、Rayleigh 分布が適合できるのである。実際には、図示の例よりももっと広帯域の場合もあるが、まず許容しうる程度に狭帯域であると考えて、取扱いの便利な単一パラメータの Rayleigh 分布を近似的に用いているわけである。

さきに述べたように、 E の値は各種の外界条件の関数で

$$E = F(S, \theta, D, V) \quad (3)$$

と表わすことができる。これらの外界条件のうち、波浪状態 S の影響が最も大きく、出会角度 θ がこれに次ぎ、載貨状態 D や船速 V の影響は比較的小さいので、近似的には

$$E = F(S, \theta) \quad (4)$$

としても差支えないと考えられる。

福田らの計算では、 D は計画満載状態、 V は計画速度と仮定して、 S, θ をいろいろに変化させた系列計算を行なっている。実船計測でも限られた数の短期分布をあまり多くのパラメータについて分類するのは実際的でないので、 S と θ とのみについて整理することが多い。さらに、実船計測では、きわめて長期間にはあらゆる出会角度に大体平均して遭遇するであろうという考えのもとに、 θ も省略して

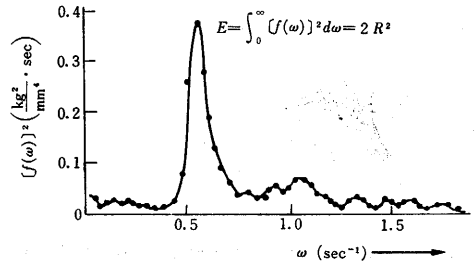


Fig. 3 曲げ応力のエネルギースペクトラム例

$$E = F(S) \quad (5)$$

として、1 個のパラメータのみで概略的に整理することもよく行なわれている。

パラメータを波浪状態 S のみに限定しても、実際の海洋波は単一の定常波ではなく、大きさ、周期および方向などの異なるいくつかの不規則波の重畳したものであるのが普通で、問題はあまり簡単ではない。海洋波は風によって起こされるものであるが、風向、風速だけでなく、風の吹送域、吹続時間、吹送距離などによってそれぞれ異なった波を生じ、それらが重畳して複雑な海象を示すものである。気象観測船や特別の波浪計測ステーションなどで特殊の計器を用いた計測記録もあるが、気象、海象の統計資料の大部分を占めているのは、商船の乗組員による目視観測資料で、項目としては有義波高、波向、波長、波浪階級、風速、風向、風力階級などのうち、いくつかは記録されているに過ぎない。吹送距離の大きいうねり (swell) と現場の風による風浪 (wave) との重畳がはっきり判別できる海面では、それぞれについて波高や波浪階級を記録している例もあるが、実際にははっきり区別できない場合が多い。

結局、適当な船用の波浪計測装置がなく目視観測にたよらざるを得ない現状では、波浪荷重の短期分布の実測結果を整理するパラメータとしては、きわめて乱暴ではあるが、その海域の有義波高かあるいは風力階級 (Beau

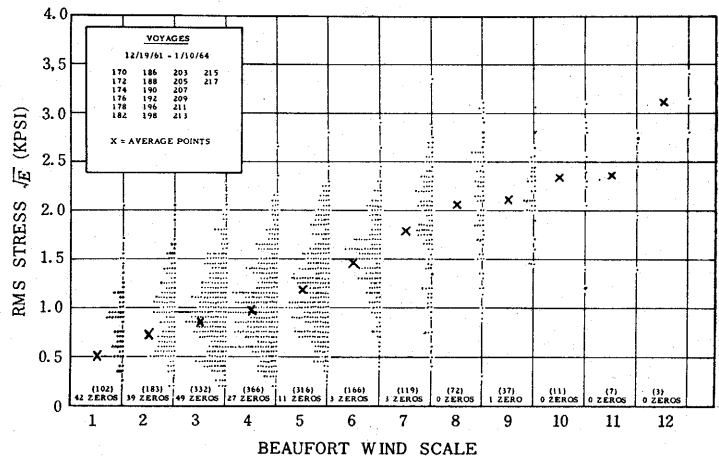


Fig. 4 R. M. S. のばらつき⁹⁾ (S. S. "Wolverine State")

fort scale) のいずれかをとっているのが普通である。Fig. 4 はアメリカのある貨物船の計測結果の一例で、風力階級と甲板曲げ応力の短期分布の \sqrt{E} との関係を示したものである。黒点一つがそれぞれ一つの短期分布に相当し、同じ風力階級のもとでもきわめて大きいばらつきを示している。図中×印はそれぞれの風力階級に対応する \sqrt{E} の平均値である。多くの因子に影響される現象をただ一つのパラメータで整理しているためもあるがわが国でこれをさらに出会角 θ についても分類した例でもやはりきわめて大きいばらつきを示している。このような、確率現象として統計的に処理すべき問題は、少数の実測資料でその傾向を論ずるのは危険で、ほう大な資料の蓄積の必要性が強調されるわけである。

短期分布の理論解析においても、外界条件としての海面状態 S の表示法はいろいろある。大体において波スペクトルの形で表わすのが普通で、I. S. S. C. の波浪委員会⁵⁰⁾で提案した有義波高 H と平均周期 T の 2 パラメータによる表示法などがよく用いられている。これは、Pierson ら^{51, 52)}の波スペクトルに若干の修正を加えたものである。

Fig. 5 は、わが国およびアメリカの載貨重量 (D. W.) 12, 000~15, 000 t 級の貨物船 8 隻の実船計測結果から、有義波高 H と無次元波浪曲げモーメント

$$\bar{M} = M / \rho g L^3 B$$

の R. M. S. $\sqrt{E\bar{M}}$ との関係を図示したものである。ここに、 M は波浪曲げモーメント ($t-m$)、 L および B は船の長さおよび幅 (m) である。R. M. S. の値は Fig. 4 に示した例のように大きいばらつきを示すものであるが、各船ごとにそれらの平均値を結んだ曲線として示した。また、図中斜線で示した太線は、ほぼ同型の船についての理論解析による計算結果^{41, 42)}から求めたものである。

上述のとおり、実測資料は有義波高 H で整理したものと風力階級で整理したものとがあり、理論解析では H と平均波周期 T と波スペクトルを用いており、これらの変数間の相互関係は、現在のところまだ厳密にはつか

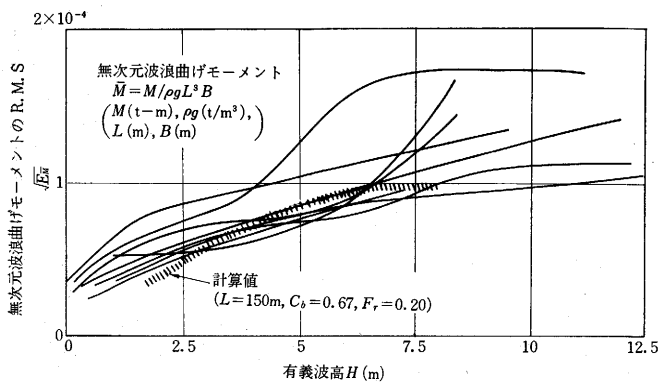


Fig. 5 R. M. S. の実測値と計算値²⁰⁾

めていないので、簡単な経験的な相関式を用いて H のみに統一表示したものである。

近似計算結果と実測の平均値とは比較的よい一致を示している。今後は、波浪荷重の短期分布の推定法としては、電子計算機を主流とし、多大の経費と労力を要する実船計測は、重点的に計算プログラムの精度を実証検討するために行なうというような方向に進むべきではないかと考える。

4. 波浪荷重の長期分布

船舶の波浪荷重ひん度の長期分布を実船計測で求めるのは、多大の労力と時間を要することが、多くの船についてこれを行なうことは困難である。したがって一般には、短期分布を重ね合わせて長期分布を推定する方法がとられている。

状態 S の海面を出会角 θ で航走する船舶の波浪荷重の短期分布またはそのパラメータ \sqrt{E} の値は、前節で述べたように近似計算でも求めることができ、実測によっても大体の平均値を求めることができる。したがって、長期間にわたる海象 S の遭遇確率と出会角 θ の発現確率が与えられれば、 \sqrt{E} の長期の発現ひん度は計算できる。

現在でも、波浪の長期資料として、 H と T の階級区分による世界の主要海面の長期分布が I. S. S. C.⁵⁰⁾でも与えられており、北大西洋については Roll⁵³⁾、Walden⁵⁴⁾、北太平洋および日本近海については山内ら⁵⁵⁾のさらに詳細な 10 年程度にわたる統計資料が発表されている。波浪荷重の短期分布とこれらの波浪の長期資料とも用いれば、波浪荷重の長期分布を推定することができる。

これによって、従来ほとんど経験のみにたよっていた極限最大荷重の推定もより精密にできるようになり、あまりはっきりしていなかった安全率という言葉も定量的な評価ができるようになる。

しかし、上記の波浪の統計資料は、ほとんどが商船の乗員の目視観測によるもので、その精度についてはなお問題があり、信頼性のある波浪計測装置の開発、これまで

での目視観測値と正しい計測値との比較検討が要望されている。波浪荷重の短期分布から長期分布を求める計算法、波スペクトルの標準化などについても、まだ多くの問題が残されているようである。

5. 荷重ひん度計

波浪荷重ひん度の計測装置については、筆者自身本誌に概要を紹介したこともあり⁵⁶⁾、その他にも紹介展望記事も多いので⁵⁷⁻⁶⁰⁾、詳しくは触れないことにする。

さきに、Tab. 1 で示した各国の実船計測

で使用されている計器も千差万別であるが、大別すると、小型簡便な計器で半自動的にデータが収集できるような手軽な方法と、磁気テープまたはパンチテープなどできるだけ多くの情報を記録しておいて、あとで陸上で処理装置にかけて各種の解析を試みようという、二つの動きがあるようである。

計数方式も、極値計数 (peak count) 方式、振幅計数 (range count) 方式のほかいろいろあるが、その得失を一概に論ずることはできない。船舶の場合のように、きわめて長時間変動し続けて静止点が得られないものでは、ゼロ点漂動などの問題もあるので、手法の点からは振幅式の方が好ましい。しかし、極限最大値の推定とカ理論解析結果との対照とかを考えると、厳密にはゼロ点からの極値を計数する方式でなければならない。

また、疲労強度との対応という点でも、いろいろな応力振幅 σ_a と平均応力 σ_m の組み合わせによる、重複繰返し変動応力を受ける材料の疲労強度の問題自体が、まだ十分解明されていない現状なので、どの方式でなければならぬという決め手はないようである。大きい変動に重畳した高周波のリップル波も、実測においては機械的または電気的フィルタを通して適当に処理しているが、どの程度のフィルタにするかということは、処理上の不便の関係から決められていることが多く、疲労強度試験その他で裏付けられたはっきりした根拠があるわけではない。

最近、実働荷重による疲労強度の研究が各方面で活発に行なわれているので、これらの点についてもはっきりした方向が示されるようになることを期待している。

記録テープを電子計算機などの処理装置にかけて解析する方法では、いろいろ複雑な計数方式も採ることができる。最近、鉄道橋の応力ひん度解析用として鉄道技研で開発されたプログラム⁶¹⁾などは、非常に興味のあるもので、疲労強度の検討資料としては最も適した計数方式ではないかと思う。しかし、船舶の波浪荷重の場合には、その変動曲線の性状からみて、それほど高級な計数方式によらなくても、これまでの計数方式あるいは短期分布の \sqrt{E} を求める方式で十分ではないかとも考えられる。

Fig. 6 は最近筆者のところで試作した R. M. S. 計測器の記録例で、船体曲げ応力 x の変動曲線と $1,000 \text{ sec}^C$

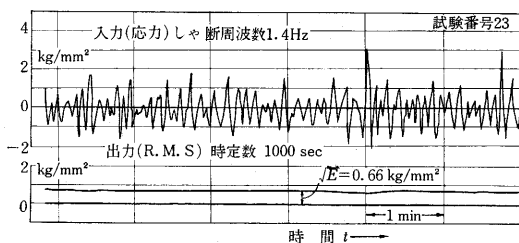


Fig. 6 R. M. S. の記録例

間の $\sqrt{E}x$ を記録したものである。 $\sqrt{E}x$ はほとんど一定値を示している。これは抵抗線ひずみ計の出力からそのままアナログ計算によって、 \sqrt{E} を求める簡単なポータブル計器である。現在、日本造船研究協会第99研究部会 (部会長高橋) の行なっている超大型油送船の荷重ひん度計測に試用しているが、簡易無人計測へ順次移行させるための試みとしては有用なものと考えている。

6. あとがき

船舶の波浪荷重のうち、特に波浪曲げモーメントについて、そのひん度の短期分布および長期分布の求め方、これまでの研究の概要などについて略述した。

短期分布における海面状態の表示法、波スペクトルの標準化、波浪計測機器の開発の必要性、実働荷重による疲労強度の問題、ひん度計数方式の問題など、今後の問題点を列挙した。この方面に興味を持たれる方のご参考になれば幸である。

波浪荷重のうち横断面に働く横荷重についての研究は、理論計算でも実船計測でもまだきわめて不満足な状態であるが、疲労強度の問題ではかえって縦方向荷重よりも重要性の大きいもので、横強度部材の設計合理化の余地も多く残されていると考えられる。この横荷重についても、その短期分布および長期分布を海面状態の関数として検討しようとする機運が、現在相当高まってきているのは喜ばしいことである。(1968年8月19日受理)

文 献

- 1) Jasper: *Trans. Soc. Naval Arch. & Marine Engr.*, **64**, 1956
- 2) Jasper et al: *David Tayloy Model Basin. Rep.*, **977**, 1957
- 3) Jasper et al: *Ditto*, **1216**, 1957
- 4) Jasper et al: *Ditto*, **1251**, 1960
- 5) Jasper et al: *Ditto*, **1198**, 1960
- 6) Jasper et al: *Ditto*, **1537**, 1961
- 7) Fritch et al: *Ship. Structure Commit.*, **SSC-164**, 1964
- 8) Fritch et al: *Ditto*, **SSC-181**, 1967
- 9) Band: *American Bureau of Shipping*, 1966
- 10) Lewis: *Trans. Soc. Naval Arch. & Marine Engr.*, **75**, 1967
- 11) Bennet: *European Shipbg.*, **8-5 & 8-6**, 1959
- 12) Bennet: *Swedish Shipbg. Res. Foundation*, **Rep. 32**, 1962
- 13) Johnson & Larkin: *Trans. Roy. Inst. of Naval Arch.*, **106**, 1964
- 14) Johnson & Taylor: *Inst. Civil Engr. London*, 1966
- 15) Smith: *Ditto*, 1966
- 16) Chéneau & Bonizec: *Assoc. Tech. Marit. Aeronautic*, **65**, 1965
- 17) Chéneau & Sandouly: *Ditto*, **66**, 1966
- 18) 秋田好雄他: 造船協会論文集, **105**, 1959
- 19) 日本造船研究協会第49研究部会報告, 造研報告 **49**, 1965
- 20) 日本造船研究協会第63研究部会報告, 造研報告 **65**, 1968
- 21) 安藤文隆他: 造船協会論文集, **119**, 1966
- 22) 日本造船研究協会第99研究部会報告, 造研資料 **62**, 1967
- 23) 日本造船研究協会第99研究部会報告, 造研資料 **76**, 1968
- 24) 矢崎敦生他: 船舶技研報告, **1-3 & 1-4**, 1964

年)にできあがった。いまは“尚古集成館”として島津藩関係の博物館になっていて、島津斉彬愛用の写真機などが陳列されている。

九州地方には、長崎の眼鏡橋のごとく、江戸時代の初めから中国伝来のアーチ橋の技術があり、また熊本城の石垣のようにすぐれた石の構造技術の伝統があった。だから尚古集成館の建築も、外人の指導があったにせよ、実際に工にあたった日本の石工たちは、もともとすぐれた技術を持っていたようだ。明治の代表的な石の建築としては、日本銀行本店(明治 29 年)とか、もとの赤坂離宮(明治 42 年)などが、意匠的にも技術的にも最高のものとしてあげられる。だが、その壁体の内部には多量の鉄材が補強物として用いられており、次の時代への移り変わりのほう芽をひそめていることは、煉瓦の建築と同様である。

石の建築もやはり関東大震災後、ほとんど新築されることはなかった。いや、そんなことはない。昭和の戦前まで街の銀行など堂々たる古典様式で石で建てられていたのではないか、国会議事堂もそうだとおっしゃる方もあろう。しかしあれは表面に石をはっただけで、中身は鉄骨や鉄筋コンクリートなどである。構造的な意味ではさいきん流行の建築外装タイルと同じなのである。

明治の末には、鉄骨や鉄筋コンクリートの建築が、ごく試験的に建てられるようになったが、その数はきわめて少なかった。したがって、遺っているものもまれであ

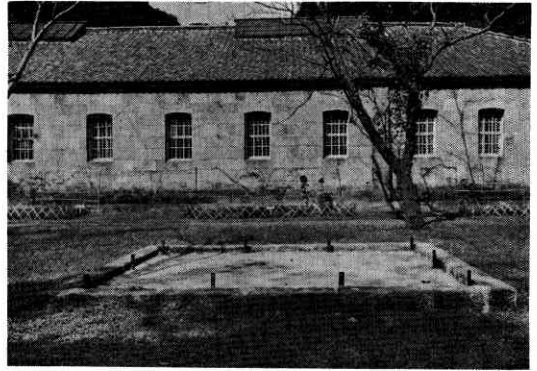


図 13 旧集成館機械工場(慶応元年, 1865, 現, 尚古集成館)

る。東海道線の国府津機関車庫(明治 44 年)などは、明治時代に建てられた鉄筋コンクリートの建築のまねな存在の一つである。

近代化の多くの産業的・技術的手段を欧米に仰いだ日本では、“古いものは恥ずかしいもの”という意識が、明治以来、根強く国民の心情の中にわだかまっている。自ら創ることによって育つべき自負心が欠けていたのである。しかし、これからのわれわれの文化は、そのようなコンプレックスの上には成立しない。たとえそれが先祖の借金証文であっても、それをはっきり見さだめることから、胸を張った明日への歩みが始まるのである。明治建築は、明治 100 年の時点における、われわれの心情に対する“踏み絵”でもある。(1968年 8月12日受理)

(p. 17 よりつづく)

- 25) 高石敬史他: 同上, 2-2, 1965
- 26) 永井保他: 造船協会論文集, 120, 1966
- 27) Aertssen: *Trans. Roy. Inst. Naval Arch.*, 108, 1966
- 28) Mathews: *Nat. Res. Council, Ship Section, Canada*, 1966
- 29) Storm: *Skipsteknisk Forskningsinstitutt, Rep. R-70*, 1967
- 30) Church: *Amer. Soc. Civil Engr.*, 1965
- 31) Gumbel: "Statistics of Extremes", Columbia Univ. Press., 1959
(河田竜夫監訳: 極値統計学, 広川書店, 1963)
- 32) Yuille: *Trans. Roy. Inst. Naval Arch.*, 105, 1963
- 33) 渡辺恵弘: 造船協会誌, 429, 1965
- 34) Nordenström: *Rep. Div. of Ship Design, Chalmer Univ.*, 1965
- 35) Neumann: *Tech. Memo. No. 43, Beach Erosion Board*, 1953
- 36) Longuet-Higgins: *Journal of Marine Res.* Vol. II, 1952
- 37) Vossers et al: *Rep. of Commit. 2b-I, 2nd I. S. S. C.*, 1964
- 38) Gerritsma et al: *Rep. of Commit. 2b-I, 3rd I. S. S. C.* 1964
- 39) Bennet et al: *Rep. of Commit. 2b-II, 2nd I. S. S. C.*, 1964
- 40) Jourdain et al: *Rep. of Commit. 2b-II, 3rd I. S. S. C.*, 1967
- 41) 日本造船研究会第90研究部報告, 造研資料 56, 1967
- 42) 日本造船研究協会第90研究部会報告, 造研資料 68, 1968
- 43) 福田淳一: 造船協会論文集, 110 & 111, 1961 & 1962
- 44) 福田淳一他: 同上, 114, 1963
- 45) 福田淳一: 九大工学部紀要, 26-2, 1966
- 46) 福田淳一他: 西部造船会報, 26, 1963
- 47) 福田淳一: 同上, 34, 1967
- 48) Fukuda: *Japan Shipbg. & Marine Engg.*, 2-3, 1967
- 49) 福田淳一: 造船学会論文集(旧造船協会論文集), 123, 1968
- 50) Warnsinck et al: *Rep. of Commit. 1, 2nd I. S. S. C.*, 1964
- 51) Pierson, Neumann & James: "Practical Method for Observing and Forecasting Ocean Waves by Means of Wave Spectra and Statistics", *Hydrographic Office, U. S. Navy*, 1955
(久保・磯崎共訳: 大洋の波の新しい予報法, 気象協会, 1957)
- 52) Pierson & Moskowitz: *New York Univ., G. S. Rep. 63-12*, 1963
- 53) Roll: *Trans. Soc. Naval Arch. & Marine Engr., Tech. Res. Bulletin*, 1-19, 1958
- 54) Walden: *Deutscher Wetterdienst, Seewettermat.*, 1964
- 55) 山内保文他: 造船研究, 7-2, 1965
- 56) 高橋幸伯: 生産研究, 17-1, 1965
- 57) 非破壊検査協会: 応力ひん度計測に関するシンポジウム別刷, 1958
- 58) Johnson et al: *Rep. of Commit. 6, 2nd I. S. S. C.*, 1964
- 59) Johnson et al: *Rep. of Commit. 6, 3rd I. S. S. C.*, 1967
- 60) Sympo. on Electronics, Measurement and Control in Ships and Shipbuilding, Glasgow, 1966
- 61) 伊藤文人: 鋼構造協会, 疲労小委員会資料, 45, 1968