

所外発表論文等概要

<船体構造部>

フェロセメント板の引張および漏水性状

Tensile and Leakage properties of Ferrocement

小林 佐規

昭和58年5月

日本造船学会論文集第153号

フェロセメントは、鉄筋コンクリートに比べ、鉄筋とモルタルとの付着面積が大きいので、ひびわれ強度が高く、かつひびわれの分散性もよい。船舶など海洋環境で使用する強度部材への適用にあたっては、強度特性のほか、ひびわれに伴う水密性について十分調査しておくことが肝要である。

本論文は、強度設計などに必要な基礎的資料を得るため、フェロセメント板の引張および漏水試験を行い、これらの結果について報告したものである。試験体は、補強材に織金網を積層したA型および板の中央に棒鋼を配置したB型である。引張りによる変形および強度特性は、主に補強材比および比付着係数と関連させて検討した。水密性は、試験体に取付けた水タン

クからの漏水状況を引張载荷中に観察し、引張強度とひびわれ幅の点から3つの漏水段階を定め検討した。主な結論は次のとおりである。

(1) ひびわれ応力 σ_{cv} は、試験体の種類および金網の網目間隔の相違に関係なく、比付着係数 S_L との間において、 $\sigma_{cv} = \alpha S_L + \beta$ で表わされる。 α および β は材料定数であり、養生、乾燥状態により異なる。

(2) 降状および最大引張強度は、補強材の強度および補強材比から推定できる。

(3) 漏水開始応力は、補強材比0.035以下では最大引張応力の60%以上であるが、補強材比が0.035以上では降伏点を越える。

(4) 漏水が開始する最大ひびわれ幅は、板の降伏点のそれに相当し、比付着係数の増加により小さくなる。漏水開始ひびわれ幅のうち、最小値は0.025 mmであった。ひびわれ幅が0.05 mmを越えると、漏水は噴き出すようになる。

(6) 破断に相当する最大ひびわれ幅 C_{wF} と伸び δ とにおいて、 $C_{wF} = 0.25\delta + 0.45$ の関係があった。 C_{wF} は比付着係数の増加により、1 mm程度まで開くが、0.45 mmに達すると破断の危険性が生ずる。

溶接製殻構造物の残留応力に関する一解法

An analytical method on residual stresses
in welded built-up shell structures

松岡 一 祥

昭和58年 5月

日本造船学会論文集第153号

鋼製殻構造物は多くの場合溶接により組み立てられる。その結果、溶接残留応力および変形が生じる。この残留応力および変形は、静的な強度のみならず疲労強度にも影響を与える。また、溶接残留応力により応力腐食が促進される場合もある。そこで、今日まで多くの研究が行なわれてきた。しかし、それらの研究は、構造物の形状・溶接の形式ともに単純なものにかぎられていた。

本論文の目的は、任意形状の溶接製殻構造物の残留応力を、弾性応力解析により求める簡略な手法を示すものである。本手法は、固有応力による残留応力の表現、および、Duhamelの相似定理の拡張、さらに、曲がった溶接ビードの幾何学的性質を考慮することにより、残留応力を①固有応力から派生する2次的な応力②固有応力そのもの 和として表わす。①の2次的な応力は、固有応力から算定される仮想体積力および仮想外力の加わる弾性解析により得られる。本論文に示された計算例では、1例を除いてFEMによりこの2次的な応力を求めている。例題は実験結果の公表されている、パイプつき合せ円周溶接、球の赤道溶接、直線シーム溶接製鋼管を取り扱った。計算結果は実験結果とよく一致した。

本論文の方法は、弾性応力解析が1回必要なだけであり、殻要素を持つFEMプログラムならどのようなものでも使用できる。また計算時間は、増分法による熱弾塑性解析に比べると無視できるほど短い。

固有応力の分布形状は、溶接条件、材料定数、および、溶接ビードの幾何学的性質の影響を受ける。比較的信用できる残留応力の測定値が存在する2つの場合について、固有応力分布形状の推定方法を示した。

<溶接工 作 部>

動的破壊じん性に及ぼす負荷速度の影響

Effect of Tensile Rate on Dynamic Fracture
Toughness

藤井 英輔・西川 和美・大熊 勇・牛嶋 通雄

昭和58年 3月

(社)日本高圧力技術協会

第3回フラクトグラフィと事故解析に関するシンポジウム

構造用鋼等の破壊じん性特性を把握するために、種々の試験法が用いられており、構造物の使用条件、重要度に応じて材質の評価基準に採用されている。原子炉構造用鋼に関しては、例えばASME規格において動的破壊じん性による材質基準が設けられているが、少くとも動的破壊じん性について、標準となる試験法が確立されておらず、種々の要因について明確にされていない点が多い。

本報告では250mm厚の原子炉構造用鋼から採取した直径、20、30、50mmの環状切欠付丸棒試験片3種類を用いて、引張速度を0.5~8m/s(直径20mm)および0.5~2m/s(直径30、50mm)に変えて、動的破壊じん性に及ぼす影響等について検討した結果を述べている。実験結果から試験片の寸法によって、引張速度の影響が異なることが明らかとなった。すなわち、試験片長さ、断面寸法が異なることによってき裂先端部の変形挙動に与える引張速度の影響に差が生じること、3種類の断面寸法の試験片は、それぞれに対して一定の引張速度以上ではじん性値が引張速度に依存せず一定値となることなどを明らかにした。また、破断した試験片の主な裂発生部近傍のミクロ的な破面形態を観察し、ストレッチゾーン幅(SZW)と破壊挙動およびじん性値との関係を調べた。各試験片のSZWの形成とその温度依存性が破壊じん性と直接関係があり、破壊挙動と一致していること、弾塑性破壊域を含めてSZWとじん性値Jとの間に相関があることを明らかにした。

<機 関 開 発 部>

ホログラフィ干渉法による火炎温度分布測定

第1報、軸対称火炎における温度分布

Measurement of Flame Temperature
Distributions by Holographic Interferometry
1st Report, Temperature Distributions in
an Axisymmetric Flame

佐藤誠四郎・熊倉 孝尚・羽鳥 和夫

昭和58年3月

日本機械学会関西支部第58回定時総会講演論文集

光に対する気体の屈折率が密度の関数であることを利用して、従来から光学干渉法を用いた気体の密度、温度などの測定が行われている。光学干渉法を火炎温度測定に用いた場合、局所の温度と同時に広い範囲の温度が一度に得られ高・低温領域の分布の形状とか拡がりのような全体の情報を非接触で得ることができる。しかし通常火炎は組成変化を伴うので、温度を求めるにはガス組成を必要とし、これが光学干渉法による火炎温度測定の短所であり、一般に用いられていない理由の一つと思われる。これまで干渉法を用いた温度測定ではガス組成の取扱についていくつか試みられているが、温度測定におよぼす定量的な影響についてはあまり検討されていない。

本研究では、ホログラフィ干渉法による火炎温度測定の可能性を調べるため、定常火炎を用いガス組成を温度と濃度の相似性の仮定から求め、別にガスクロマトグラフによる測定値を用いた場合と比較した。また高温での測定精度向上のため、通常の干渉法のほか干渉感度の高いマルチパス干渉法を適用し、使用光学系の干渉縞の解析法、干渉光線の屈折の影響などについて検討した。主な結果はつぎの通りである。

1) 光学干渉法を用いた火炎の温度測定におよぼすガス組成の影響は、組成を空気として求めた場合に比べ未燃分などの多い領域で最高5～6%程度であり、火炎の下流側では空気とした場合と大差ない。

2) 光学干渉法で火炎のガス組成を空気として求める温度を基に、火炎の温度と濃度の相似性の仮定からガス組成を推定し、これを用いて組成変化による温度補正が精度よくできる。

3) 高温領域の測定精度向上のためマルチパス干渉法を適用し、より細かに温度測定点が得られる。

4) 使用した光学干渉法での干渉縞から温度の求め方を提示し、対象火炎による干渉光線の屈折補正の要不要を明らかにした。

フライホイールの最近の技術的進展について

On Recent Technological Progress of Flywheels

天田 重庚

昭和58年5月

日本舶用機関学会誌18巻5号

石油の枯渇がさげばれて以来、先進諸国はこぞってエネルギー問題の解決に努力を注ぐようになった。その方向はおおよそ、i) 石油に代わる代替エネルギーの開発、ii) エネルギー消費の少ない機器やシステムの開発、iii) 余剰エネルギーを貯蔵しておき、エネルギー重要変動に対応して随時放出できるエネルギー貯蔵装置の開発、などに分けられる。

エネルギー貯蔵装置のうちで、力学的エネルギーの形にてエネルギー貯蔵する装置の一つとしてフライホイールが脚光を浴びつつある。フライホイールはエネルギーをロータに回転エネルギーとして貯えるもので、最近の複合材料の開発と相まって、その性能が著しく進歩した。

本報告はフライホイールシステムの概要、フライホイールの基本性能、ロータ材料と基本性能との関係、複合材料製ロータ、フライホイールの応用例、問題点について解説したものである。

フライホイールに貯えられるエネルギー E は

$$E=1/2I\omega^2$$

にて与えられる。 I は慣性モーメント、 ω は角速度。最も重要な特性量はエネルギー密度 $e(=E/\omega: \omega, \text{重量})$ で

$$e=ks \cdot \sigma_a / \gamma, \quad \gamma: \text{比重}$$

のように表わせる。 ks はロータの形状にて決まる定数で、 $ks \leq 1$ となる。 σ_a は材料の許容応力。したがって、 e を高めるには (σ_a / γ) の高い材料の開発を必要とする。最近の炭素繊維を用いた複合材料製のロータでは $e=90\text{Wh/kg}$ に近い値を有する。

このような高性能のフライホイールは自動車、電鉄用変電所の余剰電力貯蔵装置など、種々の分野での応用が可能になりつつある。

<機 関 性 能 部>

**Characteristics of Countercurrent Gas-Liquid
Two-Phase Flow in Vertical Tubes**

気液対向二相流の流動特性

山口 勝治・山崎弥三郎

昭和57年12月

Journal of Nuclear Science and Technology
19巻12号

垂直流路内において、気相が上向きで、液相が下向きに流れる気液対向二相流は、各種の化学装置やヒートパイプ等で利用されており、原子炉の冷却材喪失事故 (LOCA) を熱流力的に解析する際生ずる流れである。しかし、これまでこのような流れを総合的に扱った研究はなく、不明な点も多い。

本研究の主目的は対向二相流の流動特性を明らかにし、ボイド率の整理式を提案することである。内径40 mmと80 mmの透明な垂直円管内を大気圧で流れる空気-水対向二相流の実験装置を用い、両相の流速を変えて実験を行った。実験で得られた結果は次の通りである。流れの変化する様子を観察した結果、フローパターンの基本的な部分は上昇流で観察されたものと同じであるが、流動様式判別線図で表示してみると、対向流ではスラグ流が広い流速範囲を占めることがわかった。また、フラッキング現象が発生するため、対向流の実現可能な実験条件に制限のあることを確認した。そして、ボイド率 (クイックシャット弁法にて測定) は気相の速度が増加するほど、また液相の下向きの速度が増大するほど大きな値となることを示した。

従来、上昇流のボイド率を求める際よく用いられてきた Drift Flux Model と本研究で得られた実験値との比較を行った。このモデルを対向流のフローパターンごとに適用することは可能であろうが、式に含まれている係数、定数を一般的に定めるにはデータ不足であることがわかった。

そこでボイド率に影響を与える変数を定め、次元解析により導かれた無次元数表示による方法を用いて、本研究と他の研究者の対向流でのボイド率のデータをもとに、新たに相関式を求めた。この無次元整理式ではあらかじめフローパターンを与えることなく対向流のボイド率を算出できるので有用であろうと思われる。

急拡大管内再付着流の熱伝達実験と考察

An Experiment and Some considerations on
Heat Transfer Characteristics of the Reattached
Flow in the Sudden Expansion Duct.

涌坂 伸明

昭和58年6月

第20回日本伝熱シンポジウム講演論文集

急拡大流や突起物の後流の再付着流域では、その再付着点付近で熱伝達率の極大値を取ることが知られているので、多大の関心を持たれて研究が盛んであるが、その多くは再付着点付近の流れの機構を詳細に調べて行こうとするものがほとんどである。しかし極大熱伝達率を与えるとされる実験値の大部分は、熱流束を流体代表温度と伝熱面温度との温度差で除して得られる人為的定義量である。流体代表温度は主流の温度や混合平均温度を取ることが多いから、壁面近傍の流れの機構を調べる事に主眼を置いた研究は、温度差が壁面近傍によって生じているとの暗黙の前提の上に立つものと考えられる。しかしそこに問題はないであろうか。

本報では、まずこの様な問題点を調べる目的で、乱流域の空気流を使用し、拡大比1.5の矩型断面片拡大流路の再付着流の熱伝達率を測定し、その実験値が従来の整理法で再付着点付近で確に極大値を取ること示した。次に伝熱状態において、この再付着流域の流体側の伝熱面に垂直方向の温度分布を詳細に実測した。

その結果、再付着点より上流では、主流と剝離流との間に大きな温度勾配の存在することが明らかとなった。そして、この大きな温度差が再付着点上流の熱伝達率算定値を小さくするのに寄与しており、熱伝達率極大の生じる原因のひとつであると考えられる。事実、拡大前の流れの熱伝達率を基準とすれば極大熱伝達率の値はあまり大きなものではなく、レイノルズ数の高い域ではむしろ低下していることも示した。

これらと併せて再付着域全体の局所熱伝達を与える予測式の一般的形式についても本実験結果と Krall と Sparrow のオリフィス後流の実験データを基として考察し、拡大比も独立変数として含む局所ヌセルト数の形で示した。

＜ 艦 装 部 ＞

タンカーの荷油タンク火災の模型実験について

Some Observations on Experimental Fires in
Small Scale Oil Tanks of Tanker.

金子 俊男, 桐谷 伸夫

昭和58年 5月

日本火災学会昭和58年度研究発表会概要集

衝突のため、タンカーの荷油タンクの外板に破口を生じて、タンク火災となった場合を考えている。この火災による船体の温度上昇・火災の継続時間・燃焼状況などのデータを得るために模型火災実験を行った。

タンク模型として、荷油タンク単純な縮尺模型ではなく、燃焼の1次元的な拡がりを調べるために、燃料容器上の空間の幅・高さ・長さが $0.3 \times 0.3 \times 1.5\text{m}$ の、細長い鋼板製の模型を用いた。長さ方向の一端に開口を設けている。燃料としてn-ヘプタンを用い、液面積を模型底面とほぼ同じにした。換気パラメータ $A\sqrt{H}$ (A : 開口面積, H : 開口高さ)を $1.1 \sim 3.2 (\times 10^{-2}\text{m}^{3/2})$ の間に変化させて、開口寸法と燃焼性状との関係を調べた。

そして、以下のような結論を得た。

- ① 燃焼は開口の付近だけで行われ、火盛り期になっても、タンクの奥の方に火災の拡大することはない。タンク内部は酸素濃度は8～9%になっており、燃料は燃焼することができない。タンク内の火災は、自由燃焼時よりも $150 \sim 390^\circ\text{C}$ も温度が低くなっている。
- ② 燃焼速度 R (kg/min) については、換気パラメータ $A\sqrt{H}$ が $2.7 \times 10^{-2}\text{m}^{3/2}$ より小のときに、 $R=3.1 \cdot A\sqrt{H}$ の関係が成り立つ。これより開口の大きい時には、タンク壁体および空間の温度上昇は少なくなり、燃焼速度は換気パラメータとは逆に小さくなる。
- ③ デッキの温度上昇は高い時でも 500°C ぐらいで定常状態になる。そして開口高さの3倍以上も離れると、換気パラメータとは関係のない低い温度となる。

内航タンカーの安全

Safety of Coastal Tanker

翁長 一彦

昭和58年 7月

日本損害保険協会予防時報 134号

内航タンカーは一般に小型船であって、安全設備は簡単なものであり、また乗員の数も少なく、その練度や知識は必ずしも充分ではない。しかしわが国においてはこのような内航タンカーの数が特に多く、その安全対策が必要となる。船舶の事故は大型船の方が率が高いという資料もあり、その場合の災害も大型船ほど大きい。小型の内航船は隻数が多く市街地に接した内湾迄就航しているため、陸上の火災や災害と類似な様相を呈するおそれが大きい。

一般にタンカーの事故は火災や爆発という形となるが、その直接的な原因は引火性ガスと酸素とがある割合で存在し、さらに着火エネルギーが存在したことにある。空気中の酸素濃度を減らすイナージェティングを行えば危険性を低下できるが、経済的な理由と設備の設置場所の制約とから小型の内航タンカーでは難しい。そして、積載量や品質を確認するために、カーゴタンクのハッチを開く場合が多く、引火性ガスが甲板上に流出する頻度が大きく、これも液面計等の諸設備が完備している外航船に較べて危険性を増すこととなる。何よりも小型船のために、甲板上に流出したガスに対して十分な危険区域をとれないことが問題である。

このような安全確保上不利な条件が多いため、着火源となる火気の取扱いは勿論、発電機、無線機等は荷役中すべて使用しない等の注意が払われているが、なお不測の爆発事故が生じることがある。

不測の事故の中には、静電気の帯電によると思われるものが多いが、これには船体塗装の絶縁度による影響、電気防食による影響とボンディングケーブルの問題、タンク洗浄による帯電、パイプ内流れによる帯電等が考えられ、種々の研究が行われている。静電気については実用な検知技術がないことも問題であり、今後の技術開発が望まれる。

316鋼/フジツボすきまの再不動態化電位 E_R についてRepassivation Potential for Type 316 Steel/
Barnacle-Crevice in Sea Water

柴田 俊明, 辻川 茂男, 篠原 正

昭和58年5月

社団法人腐食防食協会

'83春期学術講演大会

耐食材料であるステンレス鋼の弱点は孔食あるいはすきま腐食などの局部腐食にある。すきまを構成するものは種々あるが、海水使用環境では自然のすきまとして付着性海洋生物によるものがあり、よく知られているものにフジツボがある。このフジツボの付着下でステンレス鋼がすきま腐食をおこすことはよく知られている。本研究ではSUS316鋼を実海水中に浸漬暴露してフジツボを付着・成長させたものを試片とし、316鋼/フジツボすきまにおける再不動態化電位 E_R を測定した。合わせて同すきまによるすきま腐食発生試験を行なった。

暴露は開始時間を6, 7, 8月の3回に分け期間を変えて行なった。 E_R の測定は、フジツボが多数付着したままの試片(Type M)と付着フジツボのうち1個だけを残して他を落した試片(Type S)の2種を使用し、辻川、篠原らが開発したパーソナルコンピュータシステムによる自動化測定により行なった。すきま腐食発生試験はType M試片を使用し、試片を+0.2V vs SCEに定電位保持して行なった。 E_R 測定・発生試験とも試験液は日本標準海水を使用し、室温・空気開放下にて行なった。

E_R 測定の結果次の知見が得られた。

- (1) E_R は $-0.02 \sim -0.2$ V vs SCEの範囲で一定であり、Type M, Type S試片とも暴露期間に依存しない。
- (2) Type S試片より、 E_R は底殻径および侵食深さに依存せず求められる。
- (3) 暴露開始時間が遅くなるとともに E_R が卑化する傾向がみられる。

すきま腐食発生試験の結果は、試片上の316鋼/フジツボすきまのうち、すきま腐食をおこしていないものの割合(残存率 $R(t)$)により整理した(図参照)。

ここで

$$R(t) = 1 - F_i$$

$$F_i(t) = n_i / N_i$$

ただし $F_i(t)$:発生率, n_i :すきま腐食をおこしたフジツボすきま数, N_i :試片上に付着しているフジツボの全数。この結果、6月から暴露した試片では暴露期間が1~3カ月の試片では短時間のうちにすきま腐食が発生し、暴露期間が4~5カ月の試片では発生時間が長くなり、暴露期間に対し依在性があることがみられた。

