

所 外 発 表 論 文 等 概 要

Thermal Shock Strength of Carbon-carbon Composite by Laser Irradiation Technique Base on Shear Strength Criterion

せん断強さクライテリオンに基づくレーザ照射法による炭素-炭素複合材料の熱衝撃強度

李 紅衛、天田重庚、秋山 繁

平成13年11月

Fusion Science and Technology, Vol.41, No.3

核融合炉のダイバータと第一壁は、プラズマ粒子の高熱流束に曝される。ダイバータは、プラズマディスプレイによって大きなエネルギー衝撃を受ける。そのため、これらの部材は、熱抵抗、高温強度、低原子番号を持つ材料というだけでなく、熱衝撃強度にも優れていなければならない。積層炭素-炭素(C/C)複合材料は、構成電子Cが低い原子番号であり、低密度、高強度、高腐食抵抗、高熱抵抗などの特性を有し、核融合炉のプラズマ対抗部材の有力な候補材料である。しかし、その熱衝撃強度は、あまり研究されていない。積層C/C複合材料は、繊維方向に沿った引張強さと圧縮強さは非常に高いけれども、層間のせん断強さは非常に低く、破壊メカニズムに非常に鋭敏である。そのため、積層C/C複合材料の熱衝撃せん断強度を評価する新しい方法を開発する必要がある。

そのため、本研究では、積層C/C複合材料の熱衝撃せん断強度を評価する新しい方法を開発する、クエンチング法よりも簡単で有効な手法として、レーザ照射法を提案した。新しく提案したレーザ照射法は、 $27\text{J}/\text{mm}^2$ までの熱流束範囲において、積層C/C複合材料の熱衝撃強度を評価するために有効である。レーザ照射による熱衝撃試験をモデル化し、有限要素法で熱応力解析を行い、せん断応力で破壊することを確認した。また、レーザ照射による積層C/C複合材料破壊時のレーザ出力密度を臨界破壊パラメータと定義し、レーザスポット径との関係より臨界破壊曲線を求め、次の結果を得た。

- (1)最大せん断力は、レーザビームの周辺の下で発生し、レーザビーム径 D と出力密度 P が大きくなるにつれて増大する。
- (2)材料破壊を引き起こすレーザビームの臨界出力密度 P_c を定義して、せん断強さクライテリオンに基づいて臨界破壊曲線が得られた。この臨界破壊曲線は、

破壊領域と非破壊領域を区分する。

- (3)えられた臨界破壊曲線から、熱衝撃強度の指標となる漸近臨界出力密度 P_a が得られた。
- (4) CO_2 レーザを用いて、 P_c を得るために熱衝撃試験を行い、実験と解析の結果が良く一致した。
- (5) P_c と P_{CL} は、積層C/C複合材料の熱衝撃せん断強度の新しい指標と成り得る。

アビアアクシデントときの気泡急成長による水撃力に関する研究

(第二報：水塊運動のパラメータサーベイ)

Study on Slug Impact Followed by Rapid Bubble Growth in an LWR Severe Accident, Second Report : Parameter Survey on Slug Coherent Movement

安達雅樹、汐崎浩毅、稲坂富士夫、綾 威雄、
吉江伸二

平成14年3月27～29日

日本原子力学会2002年春の年会 第II分冊核分裂工学

軽水炉のシビアアクシデント時における水蒸気爆発(溶融燃料と水との直接接触による急速かつ大量の蒸気発生)を想定し、それによって格納容器内の冷却プールで起きると予測される、コヒーレント性(同時性・同方向性)を伴う水塊運動と構造物への水撃力を評価するために、水中への高圧空気の注入による模擬実験を行っている。昨年の同学会の秋の大会では、予備試験を実施し上記の事象が起きることを実験的に確認したことを第一報として報告した。続いて本報告では実験装置における高圧空気の放出機構を、①放出口の数を1つに減らし、②より急激に気泡を成長させるよう、放出口に固定したガラスディスクを破碎することで開放するように改良して実験を行い、パラメータの水塊運動への影響について検証した。また③模擬格納容器の基礎に歪ゲージを新たに取り付け、模擬格納容器本体に作用する荷重を直接計測した。

模擬実験のパラメータの範囲(空気タンク側初期圧は0.5～2 MPa、放出口からの初期推移は0.6～1.4m)においては、高圧空気の放出により水面を保ちつつ加速上昇した後で、空気が吹き抜ける挙動を示した。これは水塊の運動が過渡的コヒーレント性を示したことを意味する。計測した空気が吹き抜ける位置と初期水位の関係については、初期水位0.8m以下では吹き抜け位置は初期圧にほとんど依存しないのに対し、初期水位1mでは初期圧を上げると吹き抜け位置が低くなる傾向を示した。また、この時の高速度撮影の結果によると、吹き抜け時の水面上昇速度は10～30m/s(水撃圧に換算すると15～45MPa)であった。

一方吹き抜けた起きても、オリフィス板に一部の水塊が到達したときのオリフィス板下面での計測圧力は1～2.4MPa、歪ゲージによる計測荷重は50～200kNであった。

Sea Traffic Simulation and its Visualization in Multi-PC System

マルチPCシステムによる海上交通シミュレーションとその可視化

沼野正義、伊藤寛子、丹羽康之

平成13年12月10日

international Congress on Modeling and Simulation (MODSIM 2001)

Proceedings of MODSIM 2001

海上交通は、自然・交通環境において、様々な船舶が互いに影響しあってそれぞれのミッションを達成するものと考えることができる。海上交通における様々な要因の評価を行ったり、安全かつ効率的なシステムを設計する為に、これを模擬するシミュレーションシステムが有力なツールとなる。各船舶を独立したエージェントとするマルチエージェントシステムとして、海上交通をモデル化する。交通環境や自然環境ならびに船舶をそれぞれコンピュータ上のプログラムエージェントとして定義することにより、柔軟かつロバスト性に富んだシステムを構築することができる。本論文では、この考えに基づいた海上交通シミュレーションシステム(SEATRA: Sea Traffic Simulation System)の構成と各エージェントの機能を明らかにするとともに、当研究所で開発した分散PC上でのシミュレーションの可視化手法について述べる。最後に、応用例として、高速海上交通の安全性評価、航路標識の有効性評価ならびに2002年7月から段階的に運用される船舶自動識別装置(AIS: Automatic Identification System)について紹介する。

チタン溶接継手の残留応力

Residual Stress in Welded Titanium Joint

松岡一祥、岩田知明、安藤孝弘

平成13年1月

チタン、第50巻、第1号

純チタンは海洋環境での耐食性、耐生物付着性に優れているため、復水器の海水冷却管等に適用され、船舶にも使用され始めている。

薄肉の溶接板骨構造物である船舶の構造材料として純チタンを使用する場合、溶接残留応力が、疲労、座屈等の強度評価において重要である。すなわち、疲労挙動では引張の残留応力は平均応力を上げたのと同じ効果を現し、見た目の疲労強度を低下させる。また、すみ肉溶接で組み立てられた板骨構造では溶接部に引張の残留応力が存在するのに対し、これに平衡するために骨に囲まれた板の中央付近に圧縮の残留応力が生じる。この残留応力により座屈荷重は低下する。

しかし、純チタン溶接継手の残留応力についての研究は乏しい。本報は純チタン溶接構造物の疲労、座屈等の強度評価に先立ち、継手の残留応力について検討した結果を示したものである。

検討の結果チタン溶接継手の残留応力について以下が判明した。

- (1) 純チタン溶接継手についても鋼溶接継手の場合と同様の固有応力分布形状をあてはめることができる。
- (2) 純チタン溶接継手では、母材の異方性により、固有応力にも異方性を考慮する必要がある。
- (3) 固有応力の分布形状を定める定数は、溶接方法の違い、酸化を防ぐための冷却、チタンと鋼の熱伝達の違い等により、鋼溶接継手とは著しく異なるものとなった。
- (4) 得られた固有応力が、すみ肉溶接等の残留応力の推定にも有効であることを示した。

熱可塑性樹脂の摩擦・磨耗特性

Friction- Wear Characteristics of Thermoplastics

前田利雄、櫻井昭男

平成14年3月

第31回FRPシンポジウム講演論文集

ポリエチレン、ポリプロピレン等はマテリアルリサイクルが可能であり今後レジャーボート等小型船舶への利用が急増することが考えられる。しかしながら、これらの材料は実績が少なく、経年劣化等の材料特性も明確でない。また、船体材料としての評価基準も整備されていない。このため当初では日本小型船舶検査機構と共同研究を結び、これらの材料の静的強度、疲労、衝撃試験等の動的強度、並びに紫外線、温度等の環境による劣化等の基本的特性を把握すると共に、船殻材料として使用する場合の検査・設計上の留意事項を策定する研究を行っている。本報告ではその一部のセメントモルタルとの摩擦・磨耗特性に、さらに、FRP及び使用状況を考慮した吸水状態での試験を加え、比較検討を行った結果を示した。供試材は熱可塑性樹脂5種類と熱可塑性樹脂複合材1種類及びガラスロービングクロス、カーボングロス、アラミドクロスを強化材に用いた繊維強化プラスチック(FRP)3種類とビニルエステル樹脂単体の計10種類である。相手材にはセメントモルタルを使用した。試験はJISK7218のプラスチックの滑り磨耗試験方法に準拠した回転式摩擦磨耗試験装置を用いて行った。これはディスク状の試験治具を用いて、上部ディスクに10×10×3～4(元厚)mmの試験片を取り付け、下部ディスクには相手材のセメントモルタル取り付けて圧着加圧し、下部ディスクを回転することにより摩擦・磨耗する方法である。得られた主な結果は次の通りである。

- 1) 可塑性樹脂単体の動摩擦係数は0.2～0.5と小さく、FRPの1/2以下であった。
- 2) 磨耗特性は比磨耗量を求めて比較したが、高密度ポリエチレンとポリプロピレンが $2 \sim 5 \times 10^{-8} \text{mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{km})$ の良好な結果を示した。
- 3) 高密度ポリエチレン及びポリプロピレンの摩擦・磨耗特性は吸水や接触面における水膜の影響は余り受けない。

確率論的安全性評価手法による
タイタニック号事故の解析

Probabilistic Safety Assessment of TITANIC

三友信夫、松倉洋史、松岡 猛

平成14年2月

日本海水学会誌

現在、原子力発電プラントに代表される複雑システムにおいては、その安全評価のために確率論的安全性評価手法 (Probabilistic Safety Assessment, PSA) が導入されている。この手法を海洋分野へと応用するための第一歩として、タイタニック号事件の解析をイベントツリーを用いることによって行い、この研究の紹介を行った。

内容としては、イベント・ツリー手法の紹介を行い、次にタイタニック号の事件について、収集したデータをもとに経緯、各種条件、数値の設定などについて述べ、作成したイベントツリーを示した。さらに作成したイベントツリーに確率値を与え、解析を行った結果を示した。解析の結果は、実際に起こってしまったタイタニック号の事件はおおよそ42航海に1回という大きな確率で発生してしまうということがわかり、また、90%の信頼幅で考えると、おおよそ29~71航海に1回となるものとなった。しかしながら、この結果はタイタニック号という特定の船舶が辿った特有な環境下における事故の発生確率を示したものである。以上の結果に加え比較のために、さらに1978~1995年の間における旅客船・フェリーの事故遭遇確率を調査し、これらについても紹介した。最後にこのタイタニック号の事故を契機に、旅客船に対して各種安全対策が施され安全性がはるかに高められた点に触れ、この結果と被害者数の推定値から、この事件に関する考察について述べた。

本論により、海洋分野でのイベントツリーを用いた安全性評価の有効性を示し、タイタニックに限らず各種事故解析、事故原因究明の有効な手法となり得ること、さらに各種システムの事故解析に適用する事により、同種の事故の再発を防ぎ安全性向上に寄与できることを述べた。

ペレット方式による天然ガスハイドレート
輸送システムの検討

Transporting System of Natural Gas Hydrate in
Pellet From

中島康晴、川越陽一、高沖達也

平成13年12月

日本機械学会第10回交通・物流部門大会

日本機械学会第10回交通・物流部門大会講演論文集

天然ガスハイドレート (NGH) は、パイプライン、液化天然ガス (LNG) に次ぐ第3の天然ガス輸送形態として注目されている。天然ガスをLNGとして輸送する場合、生産地に建設する液化プラントの初期投資額が非常に大きく、大型のガス田でなければ収益を見込めない。これに対して、NGHでは製造プラントの初期投資額、運営費ともにLNGよりも少額となり、中小ガス田においても収益を見込むことが可能と期待されている。著者らは既報に引き続き、東南アジア地域の中小ガス田を想定したNGH輸送システムの検討を行い、NGHの輸送形態としてペレット方式が有望であることを見出した。

輸送体系では、生産地として東南アジア地域の中小ガス田を想定し、生産地において天然ガスからNGHを合成し、専用の輸送船で日本まで輸送する。NGHを揚荷した後、輸送船は再びガス田へと回航される。輸送形態の検討においては、NGHの物性に着目し、できるだけ常温常圧に近い条件下で輸送可能な慶体を検討した。NGHの平衡状態での分解温度は約 -80°C であるが、実際の試料では表面が氷り膜により被覆されることにより自己保存効果が働き、 -15°C 付近でも保存が可能となる。この性質を利用しつつ、輸送時の高密度化と荷役時のハンドリング性向上という観点から、NGHをペレット化して輸送する方式を考案した。NGHペレットは、合成したNGHを脱水し、型に詰め込んだ後に圧縮することにより調製した。形状については、輸送の観点からは球形が有利と考えられる。また、単一径のペレットを船倉に充填しただけでは空隙が多く輸送効率が充分でないため、大小2種類のペレットを混合し、混合率を調製することにより充填率を向上させる。荷役方式については、ベルトコンベア等で搬送し、船倉上から落下させて充填する方式等が適用可能と考えられる。今後は、ペレットの形状や組合せの最適化や、荷役技術の開発を行うとともに、輸送時における熱的安定性の評価を行うための基礎データとなる。熱伝導率などの熱物性データの蓄積を行う。

ボイラー構造規格と比較した欧州規格案

PrENの特徴

Characteristics of European Standard Draft
compared with the Regulation for Boiler

Structures

波江貞弘

平成14年2月

(社)日本ボイラ協会ボイラ研究第311号

欧州連合では、1997年に「圧力装置指令 (Pressure Equipment Directive, PED)」が採択され、2002年5月29日から施行される予定であり、ボイラー構造についても欧州規格 (EN) が制定されつつある。

一方、各国の規格を国際化させるための手法として、規格の機能性を整合させる動きがある。米国機械学会 (ASME) においては、従来の規格・基準を規制基準 (Administrative Requirement) と技術的基準 (Technical Requirement) に分離し、後者を民間規格・基準とする作業や前述のPEDに対応するための検討が始められており、わが国でも同様な検討がなされつつある。

本稿は、このような視点から、ボイラ協会のボイラー構造委員会において進められている欧州規格案 (PrEN) の調査作業の内容、特にPrEN規格に規定されている項目で、わが国のボイラー構造規格に欠けている事項について解説したものである。具体的には、一般事項、材料、設計と応力計算、ボイラーの寿命予測の各項目について、欧州とわが国の規定項目の相違、ならびに項目は対応しているが、規定内容に特徴的な差違がある項目を列記している。

わが国および欧州 (EN)、米国 (ASME) を含め、規格の国際化を模索する動きにおいて、キーワード的に考えられているのが、規格 (規制基準) と技術基準の分離、および規格の機能性の整合であり、その議論の端緒としての意義を述べている。

セラミックスのトライボロジー特性

—その特徴と応用—

Tribological Characteristics of Ceramics

—Features and Applications—

千田哲也、梅田一徳、松永茂樹、伊藤耕祐

平成14年1月

日本セラミックス協会誌「セラミックス」37巻1号

耐磨耗性セラミックス材料の開発プロジェクトの開始など、トライボロジーへの関心が高まるなかで企画された「セラミックスのトライボロジー部品への応用」の特集の一環として、化学的、機械的及び材料学的アプローチの融合の必要性を強調しつつセラミックスのトライボロジーを概説した。

セラミックスの磨耗試験では、表面き裂により多量の磨耗粒子が発生するシビア磨耗から、磨耗量の測定が困難なほど少ないマイルド磨耗まで、磨耗量に7桁程度の差がみられる。セラミックスは大気中で軽荷重で摺動させると優れた耐磨耗性を示すが、このようなマイルド磨耗は、大気中の水分と反応して酸化物や水酸化物が表面に生成し、この生成物が潤滑作用を示すためであるとされる。一方、き裂による粒子脱落が始まると表面粗さは急速に増大し、新たな応力集中によるき裂発生を加速する。こうして過酷なシビア磨耗が起きると、比磨耗量は非常に大きな値となる。セラミックスのこれらの性質を理解することで、適切な応用が可能となる。

こうした特徴を活かした応用例を紹介した。セラミックスは水による潤滑が可能であり、水ポンプやシールに利用される。軸受では、計量、低変形量による低振動、長寿命、耐食性、耐熱性等の性質を利用した精密機械、自動車用ターボチャージャー、熱処理炉等に応用されている。ディーゼル機関の排ガス再循環 (EGR) システムではCr-N系RVDコーティングが、また船用機関ではCr-C系溶射皮膜のプストンリングが開発され、燃料噴射ノズル用ニードルやプランジャ等への応用も進んでいる。さらに、超音波モータへのアルミナの応用や、摩擦係数の低いダイヤモンドライクカーボン (DLC) コーティングの電子機器や水栓バルブへの応用例がある。

将来への展望として、トライボロジー現象の解明の重要性を指摘した。マイルド磨耗では表面化学反応に着目する必要がある。き裂発生型の磨耗の力学モデルでは、微細構造を考慮したモデルの確率や結晶粒径以下のき裂進展抵抗を評価する新たなパラメータの導入等が必要である。

車いすの安全性

Wheelchair Safety

宮崎恵子、橋詰 努、米田郁夫

平成13年12月

電子情報通信学会 信頼性／安全性研究会

電子情報通信学会 信頼性／安全性研究会 講演論文集

平成12年11月に、「高齢者・身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律」(通称：交通バリアフリー法)が施行され、ターミナル施設を含めた公共交通機関のバリアフリー化が進められている。車いす利用者は、身体障害者の中でも最も移動制約を受けると言えるが、車いす利用者を対象としたバリアフリー化も様々行われている。このようなバリアフリー化の進展に伴って、車いす利用者は、ますます社会に進出し、交通機関の利用もさらに広がることは明らかである。そこで本稿では、車いす利用者の身体安全確保の観点から、車いす並びに車いすのフィッティングについて概観し、まちの中での車いすの移動及び交通機関の利用における車いすの安全性について述べた。

まちの中における車いすの移動の安全性については、様々な研究がなされている。米田の属する機関では、まちの中によく見られる段差や片流れ斜面(歩道等に見られる雨水を誘導排水するための横断方向の勾配)を走行する安全性等について、車いす利用者の操作の負担感を評価するという観点から研究を実施している。段差では、20mmを越えるものは、走行の妨げになっている。片流れ斜面では、車いす操作の負担感を評価する負担率という指標を定義し、勾配0度から2度までは負担率に差がないが、勾配3度では負担率が倍増し、車いす利用者に負担を与えていることを示した。その他、他機関では、車いすの走行環境のバリアフリー度評価方法に関する研究等が進められている。交通機関における車いすの安全性では、ターミナルからバス、電車、旅客船等により乗込む時に課題がある。旅客船に関しては、浮き桟橋で動揺を抑えるための機構の研究等が実用化に向け実施されている。一方、車両内では、車いす固定の安全性確保が重要な課題となっており、車いすそのものの固定装置とシートベルトの適切な組み合わせについて、ISO並びにJISで議論となっている。旅客船内の移動の安全性については、海技研で実施している車いすを駆動する仕事率並びに車いすの旋回角速度を評価指標とする手法を紹介した。

CO₂海洋隔離技術CO₂ Ocean Sequestration Technology

綾 威雄

平成13年11月1日

海洋出版株式会社

月刊「海洋」平成13年11月号

「CO₂の深海貯留技術」は、1998年6月19日に決定された温暖化対策推進大綱に「今後推進すべき革新的技術」の一つとして記載されている。その研究の歴史、種類と投入法などについて一般的な解説を行うとともに、代表的な海洋隔離技術である「溶解法」と「貯留法」と取り上げ、海洋生態系への影響から見た特徴と課題について考察を行った。

(1)「可逆」か「不可逆」か

貯留法の隔離期間は2000年以上が期待され、貯留されるCO₂は50年や100年ではほとんど溶解せず窪地に残っており、万が一、貯留を続けることが不都合になれば、費用はかかるが回収が可能である。つまり、可逆性がある。言い換えれば、貯留法には安全弁が備わっていることになる。一方、溶解法は、溶解拡散させるという非可逆過程に立脚しており、一旦放流したCO₂を回収することは事実上できないという、弱点がある。

(2)「有限×有限」か「0×∞」か

貯留法の弱点は、少なくともCO₂で埋め尽くされる貯留窪地内部では生物が住めず、そこに生息している有用種を失う危険性がある点である。これを緩和させる一つの方法として、窪地の途中までCO₂を溜め、上方に生成するCO₂溶解海水の密度成層により、CO₂の溶解拡散を抑制する方法が提案されている。このような貯留法においては、生態系への影響評価は、貯留サイトとその近傍の影響が有限であり、影響範囲も有限であるため、「有限×有限」の形で行われることとなり、「生態系への影響度」と「影響範囲」との積を求めることは比較的容易である。

一方、溶解法においては、CO₂濃度を限りなく薄めてゆくため影響度も限りなく0に近づく。しかし、影響範囲はどんどんと無限大に近づくため、トータルの影響評価は「0×∞」の形、つまり、不定形の様相を呈する。これまでは、0×∞の内の0の部分に研究の力点が置かれてきたように思われる。どんどん薄まれば影響度が0に近づくのは当たり前のことである。重要なのは、0×∞がどのような値になるかということである。例えば、1000倍に希釈した際の影響度は少なくとも1000倍の精度がなければ、1000倍の影響範囲を掛け合わせた時の精度・信頼度がでない。これはなかなか骨の折れる仕事である。