

所 外 発 表 論 文 等 概 要

<推進性能部>

A Multigrid Incompressible NS Solver

マルチグリッド法による非圧縮性
ナビエ・ストークス・ソルバー

日野 孝則

平成6年6月

航空宇宙技術研究所

第12回航空機計算空気力学シンポジウム論文集

計算の収束を加速する方法として注目されている Multigrid法を非圧縮粘性流の計算に応用した。

定常状態を対象とし、疑似圧縮性を導入した Navier-Stokes 方程式を基礎式とする。空間については、有限体積法で離散化し、対流項は flux difference splitting による3次上流差分で評価した。時間進行は、Runge-Kutta法を使用した。また、局所時間刻み法、残差平均法、Multigrid法によって収束を加速している。

さらに、非線形の自由表面条件を組み込み、自由表面のある流れのシミュレーションも可能とした。

計算スキームの概要を示すとともに、計算結果を紹介する。無限流体中の2次元翼、それに水面の影響を付加した水中翼、3次元の船体まわりの流れ（水面ありと水面なし）などを計算し、可能なものは実験結果との比較を行なった。いずれも計算結果と実験値とはよく一致しており、本手法の精度を確認した。収束にいたる計算時間も妥当なものであり、効率的な数値シミュレーションが可能であることがわかった。今後、乱流モデルの検証や、複雑形状物体への適用など、より高度な手法開発のためのツールになると期待される。

2次元PAR-WIGの数値シミュレーション

Numerical Simulation of Two-Dimensional PAR-WIG

平田 信行

平成6年6月

航空宇宙技術研究所特別資料SP-27

近年、WIG特にPAR-WIG (=Power Augmented Ram Wing in Ground effect) が再び注目を集めてきている。PAR-WIGとは地面効果を有する翼で、翼の前方にとりつけた推進器から翼の下部に大量の空気流を流し込むものである。この結果、通常の地面効果より多大な揚力を得て、搭載パワー、構造重量を減ずることができ、航行性能が向上する。しかし流れ場は、特に推力が大きいときに大変複雑になり、このメカニズムの把握が肝要である。

本研究では2次元問題をとりあげ、大きな推力が働く地面効果翼に対する数値実験を行い、地面効果翼の流体力学特性を検討した。用いた数値解法は、有限体積法で離散化したNSソルバーで、アルゴリズムはFractional Step法による。連続の条件は、圧力のポアソン式を、V型のマルチ・グリッド法に基づいたADI法で解くことにより満足させた。運動方程式は、IAF法 (Euler Implicit) によって陰的に解くことで、時間刻み幅を大きくとった。

高レイノルズ数流れを解くために、乱流モデルには、Baldwin-Lomaxが提唱した代数モデルを用いた。また、PAR効果として、流体の推進器を配置する位置に体積力を与え、推力を表現した。

上記の手法を用いた計算を行った結果、PARがもたらす翼下面における一定の高い圧力、及び翼上面での加速流の影響から生じる低い圧力が高揚力を得るメカニズムであり、その傾向は、推力が大きいほど顕著であることがわかった。

今後の課題は、大きい推力のときに推進器から生じる強い噴流は、本論文で用いた0-方程式の乱流モデルでは表現しきれない。よって、噴流等に対応できるモデルの構築及び一般的な3次元翼まわりの流れを考えていきたい。

風洞における海面効果翼船 (WISES) の運動計測

Measurement of Wing-in-Surface Effect Ship (WISES) Motion in Wind Tunnel

塚田 吉昭、堀 利文、南 佳成、小林 征司

平成7年2月

日本学会議

第44回応用力学連合講演会講演予稿集

海面効果翼船 (WISES) は水面すれすれを航行し空中翼に働く海面効果を利用する。この海面効果により高い揚抗比が得られ次世代の超高速船の一つとして期待されている。WISESは高度に応じて空力特性や運動特性が変化するが、この特性を把握することは設計や安全性からも重要な課題である。

本報告は、WISESの運動特性を検討するため変動風水洞で実施したWISES模型の運動計測結果と、あわせて行った運動シミュレーションの結果を述べたものである。実験は逆デルタ翼をもつリピッシュ型WISESを典型的な例として取り上げ、風洞で比較的簡単にWISESの運動計測が可能となるようにサージ（前後方向の運動）を拘束した実験方法で実施した。サージを拘束したことで容易に運動計測が行え、かつ定量的な検討に用いられる精密な計測が可能となった。以下に得られた主な結果を記す。

1. 運動計測実験より、運動におよぼす海面効果の影響は特に運動の減衰に表れ、海面効果の影響が大きいほど減衰も大きくなることが分かった。
2. 運動シミュレーションによる運動の減衰の傾向は実験結果をよく表しており、海面効果の特徴を捉えていることが確認できた。しかし、周期の不一致など定量的には問題があり、更にモデルの改良の余地がある。

<機関動力部>

故障モデルを用いた船用機関の故障予測

Failure Prediction for Marine Diesel Engine Using Failure Modeling

沼野 正義、石村 恵以子

平成6年12月

社団法人日本機械学会

第3交通・物流部門大会講演論文集

現在、船用機関では省人化、非専門家化が進行しており、航海中の船用機関でのトラブルへの対応が困難となってきた。このため、航海中での保全作業を最小限にとどめ、機関部員の負担を軽減することが求められている。

著者らは、これらに対応するために、航海中の保全の軽減や支援を行なう高度な保全システムを提案している。これは、あいまい性を含んだ船用機関の故障に関する知識を基にした船用機関の故障予測モデルを核としたものであり、陸上で船用機関の故障予測を行ない、その結果を基に陸上で保全作業を実施することにより、航海中での保全作業の軽減や支援が行なえるものである。

船用機関の故障予測手法を提案し、排気弁を対象とした故障のモデル化を行い、あいまい性を含んだ知識をどのようにこの故障モデルに取り込むか、さらには、そのモデルを用いた故障予測シミュレーションについてその有効性を検討した。

**Combined Cycle of Solid Oxide Fuel Cell and Turbines
with the Aim of Separating CO_2 Gas**

CO₂分離を目的とする固体酸化燃料電池複合サイクルの研究

波江 貞弘、汐崎 浩毅、野村 雅宣、
川越 陽一、熊倉 孝尚

平成7年3月

米国機械学会/日本機械学会 (共催)

Proc. the 4th ASME-JSME Thermal Engineering Joint Conf.

**干渉CTによる火炎温度分布測定
(位相解析法を用いた縞画像処理)**

**Interferometric Tomography Measurement of
Flame Temperature Distributions
(Fringe Pattern Analysis by Analytical Phase Method)**

佐藤 誠四郎、熊倉 孝尚

平成7年3月

日本機械学会

第72期通常総会講演会講演集

No95-1-III

固体酸化燃料電池 (SOFC) は次世代型の燃料電池として注目されており、近年のセラミック技術の急速な発展にともなって実用化の可能性がより高くなっている。一方、地球温暖化問題に対する関心の高まりにつれ、その原因物質の一つである二酸化炭素 (CO_2) の大気への排出抑制の必要性が指摘されている。これに対して、永続的に重要な課題はエネルギー利用率の向上である。同時に、化石燃料に依存せざるをえない期間においては、エネルギー変換時に生じる CO_2 の分離回収技術の確立も必要であろう。

このような背景から、本報告ではエネルギー変換効率の向上とともに、 CO_2 の効果的な分離回収を目的とするSOFC複合サイクルを提案し、その性能特性についてモデル計算により検討した。

結論として、以下の事項が明らかとなった。

- 1) 本システムでは、燃料電池内での発熱が燃料改質用の熱源として有効に利用されるため、比較的広い運転条件において総合効率が60%以上の値となる。
- 2) 上記総合効率は、燃料利用率とともに増加し、空気過剰率、蒸気・炭素比、空気循環率の増加につれ減少する。系圧力が増加すると、システム全体としては補助燃焼量の増加により効率は低下する。
- 3) 本システムから大気中に放出される二酸化炭素濃度は、従来の熱機関の1/10以下に減少する。一方、システム内の CO_2 分離装置入り口での濃度は3~10倍に濃縮される。このため、分離効率の向上が期待されると同時に、単位出力当たりの処理ガス量が1/3~1/10に減少し、分離装置が小型化されるため、実用上極めて有利になると考えられる。

火炎の空間的な温度分布を測定するためレーザ干渉法とCT (計算機トモグラフィ) が用いられている。CTを適用するには多くの干渉画像の処理が必要であり、従来の干渉法による干渉縞の測定では、干渉縞の符号の判定を要し計算機などによる自動化が困難である。

本研究では、干渉縞の処理の自動化と測定精度の向上のため、フーリエ変換干渉法、位相シフトモアレ干渉法などの位相解析法を用いて、シミュレーションにより得られる精度などの比較を行った。フーリエ変換法と位相シフトモアレ法は、ともに従来の干渉縞にキャリアと呼ばれる等間隔の直線縞を加え、変調した干渉像から縞次数を求める方法である。フーリエ変換法では求まる縞次数に不明確な量加わり相対値となること、位相シフトモアレ法ではこのような問題はなく絶対値が得られることなどを解析とシミュレーションから明らかにした。また、両測定法とも縞次数の符号が自動的に求められる。これらの結果から位相シフトモアレ法を用いてバーナ火炎の空間的な温度分布の測定を行った。CTの測定には6方向干渉系を用いて多方向の干渉像を同時に撮影し、空間分布は垂直方向5mm間隔で計算した水平断面の分布から、スプライン補間により求めた。位相シフトモアレ法は現状では処理時間がフーリエ変換法の4~5倍を要し、ハードウェア処理などによる高速化が望まれる。

<材料加工部>

**Fatigue Strength of Non-Load-Carrying Cruciform
Welded Joints by a Test Maintaining Maximum Stress at
Yield Strength**

最大応力を降伏応力とした条件下での
荷重非伝達十字溶接継手の疲労強度

太田 昭彦、松岡 一祥、鈴木 直之、前田 芳夫
平成6年11月

Engineering Fracture Mechanics, Vol.49, No 4

SM50B鋼による荷重非伝達すみ肉溶接継手を用いて、応力比0および最大応力を降伏応力とした疲労試験を行った。試験片の板厚は、20mmおよび40mmである。溶接止端部の残留応力は、板厚20mmの試験片で、降伏応力の40%、板厚40mmでは降伏応力に等しかった。板厚20mmで応力比が0の場合、その他に比べて、疲労強度が大きかった。残留応力が降伏応力の40%の板厚20mmの試験片で応力比0の疲労試験を行った場合、負荷応力に残留応力を考慮した実際の最大応力が降伏応力に達しないのに対し、最大応力を降伏応力とした試験、および、残留応力が降伏応力と等しい場合には、実際の最大応力も降伏応力に等しいため、この違いが生じたものと考えられる。以上の検討結果から以下の結論を得た。

- (1) 主板側溶接止端部表面の溶接残留応力を、固有応力法で計算し、主板厚が40mmの場合には、この値が引張で降伏応力と等しく、20mmの場合降伏応力の40%程度であることを示した。
- (2) 負荷した最大応力と溶接残留応力の和が降伏応力を超える場合、疲労強度は一定の下限界値になる。この和が降伏応力に達しない場合（ここでは板厚20mmで応力比が0の場合が当てはまるが）、疲労強度はこの下限値より高くなる。
- (3) 以上から、小型試験片の残留応力が大きい場合も小さい場合も、最大応力を降伏応力とした疲労試験結果が疲労強度の一定の下限界値を与えるので、この試験方法により得られたS-N曲線は疲労設計基準で要求される、引張の降伏応力程度の残留応力を持つ部材のS-N曲線と同等と考えられる。
- (4) 応力比0の疲労試験で生じる板厚効果（板厚が大きいほど疲労強度が低くなる）の主要因は板厚の増加に伴って止端部表面の溶接残留応力が高くなることにあると考えられる。
- (5) 溶接残留応力を持つ試験片に、修正グッドマン補正を行うことは過剰に安全側の評価となる。

**Structural Strength of Extruded Aluminium Pi and
Hollow Sections**

パイおよび中空断面アルミニウム押出材の構造強度

松岡 一祥、田中 義照、千秋 貞仁、藤田 譲
平成7年4月

Sixth International Conference of Aluminium Weldments
(INALCO'95)

溶接製アルミニウム合金船の建造が増えている。アルミニウム合金は構造重量軽減のために用いられている。それらの船では、溶接部に疲労損傷が生じることが、設計・建造上の問題となる。一つの解決方法は、押出部材を使用して、溶接箇所を減らすことである。

日本では、A5083S-H112合金によるパイ断面押出材が過去10年間造船所に供給されてきた。パイ断面材は溶接製妨撓板に代えて船体外板に用いられていた。先頃、A6N01-T5による中空押出材が開発され、より一層の重量軽減のために用いられ始めている。

本論文は、パイおよび中空断面押出材構造の強度について実験的に検討した結果を示すものである。全9体の構造モデルを用い、軸圧縮試験4体、曲げ試験5体の実験を行った。実験で得られた耐力と断面形状を勘案して、パイおよび中空断面の構造重量低減効果について検討した。以下に得られた結論を示す。

- (1) 軸圧縮荷重に対して、A6N01による中空押出材は、A5083によるパイ断面材より重量低減効果が大きい。
- (2) A6N01中空押出材の曲げ試験では、構造モデルの全幅に渡って、溶接熱影響軟化部に塑性関節線が生じる場合があった。この場合、耐力は乏しく、重量低減効果はA5083より劣った。これは、軟化部の0.2%耐力が母材の55%に低減しているためである。軟化部が全幅を貫通するような構造配置はさけるべきである。
- (3) 全幅を貫通する溶接熱影響軟化部を肘板で分断した場合、A6N01中空押出材の曲げ耐力は40%程度向上し、A5083によるパイ断面材に比べ明白な軽量効果が現れた。上記(2)に配慮した、適切な構造配置は、A6N01中空押出材による構造重量低減には不可欠である。

< 装備部 >

**Fatigue Strength of Welded Joints of Al-Mg-Si Alloy
(6N01) Extrusions**

Al-Mg-Si合金 (6N01) 押出材溶接継手の疲労強度

松岡 一祥、上村 武、藤田 譲

平成7年4月

Sixth International Conference on Aluminium Weldments
(INALCO'95)

近年、日本では大型の高速船の建造が、隻数および総排水量とも増えている。これらの船舶の多くは溶接製アルミニウム合金構造である。日本では船舶に使用が認められているアルミニウム合金には、5000系で5052、5083、5086および5456合金が、6000系で6061および6N01合金がある。5083合金は、板材 (0, H32, H321) および押出材 (H112) として使用実績が多い。一方、6N01合金もその押出性の良さから上部構造を中心に使用が増加している。5083合金については過去に多くの研究が行われ、母材および溶接継手の疲労強度についての報告も多い。しかし、6N01合金の疲労強度についての研究は少なく、溶接継手、特にすみ肉溶接継手の疲労強度に関する情報が求められている。

本論文は、6N01合金押出材の溶接継手の疲労強度を取り扱う。2種類の試験片、1つは荷重非伝達すみ肉十字溶接継手 (Tシリーズ)、もう1つは両側に縦リブを持つ角回し溶接継手 (Lシリーズ) を用いて疲労試験を実施した。試験片の一部については疲労亀裂発生箇所の止端研削を行った。

疲労試験結果には、継手形状および止端研削の有無による明白な違いが現れた。止端研削したTシリーズの疲労強度が最も高く、溶接ままのLシリーズが最も弱かった。

得られたS-N関係と、亀裂発生箇所の応力集中および溶接残留応力を併せて検討し、以下の結論を得た。

- (1) 疲労強度に及ぼす溶接残留応力の影響の評価法としては、6N01合金についてはMIL-HDBK-5の等価応力による縮約が最も適している。
- (2) 溶接残留応力および応力集中を考慮して、溶接継手に適用できる等価応力の計算式を作成した。
- (3) 同式により、溶接継手形式および止端研削の有無による疲労強度の違いが解消され、4つのS-N関係は1本のS-N曲線に縮約された。

洗剤によるタンク洗浄

Tank Washing with Detergent

上田 浩一、間島 隆博

平成7年1月

日本船舶機関学会誌

ケミカルタンカーのタンク洗浄において海洋環境保全上、最適な洗浄方法の確立および必要洗浄水量の低減化が望まれている。その必要洗浄水量は、例えば1タンク当たり0.5m³発生を前提として算出した場合、年間約10万m³の発生量が試算されている。年間発生量を全量受入れ処理した場合20~50億円の費用を要するとの試算があり、洗浄排水はほとんど水であるため焼却には多くの燃料を必要とする。洗浄水量の低減にはタンクや配管内の残留量や洗浄中の滞留量を少なくすること、洗浄機のノズル口径を細くすること、洗剤を用いることが考えられる。そこで洗浄水に洗剤を添加して洗浄した場合のタンク壁面の清浄状態と排水中の残液濃度を模型タンク実験により調べた。供試液として非水溶性で低粘性の着色したアルキルベンゼンを用い、模型タンクに付着させ、これを洗剤を添加した水噴流で洗浄する場合について実験を行った。タンク内壁面として、最も洗浄され難い天井面の隅近傍の検査面と、洗浄され易い垂直面の中心部の検査面を設定し、それらの面の洗浄後の付着残量について調べた。これらの結果を水洗浄した場合と比較し検討した。

次のような結果が得られた。非水溶性の低粘性物質を洗剤で洗浄する場合洗浄水量は低減できる。実船試験で確認する必要があるが、模型タンク実験から得られた係数を基に計算すると、180m³のタンクを排水中の残液濃度0.1%まで洗浄する場合で、洗剤を無害であると考えた場合には約30%、洗剤が残液と同じ程度有害であると考えた場合は、約10%の洗浄水量が低減できる。

洗浄後の壁面での付着残留量については、洗浄前タンク全体面で平均約100 μ mの厚さの残液が付着している。最初に洗浄しながら洗浄廃水を排出し、その次に洗浄廃水をタンク内に溜めながら洗浄し、最後にその溜めた洗浄廃水を循環させながら洗浄した場合の壁面残留量は次のような結果が得られた。水のみで洗浄した場合、垂直面で、約0.06 μ m、天井面では0.24 μ m残留していた。2%の洗剤を使用した場合、洗剤と供試液を合わせて、垂直面で0.05 μ m、天井面で0.21 μ m残留しており、洗剤分を除くと垂直面で0.01 μ m、天井面で0.07 μ m付着残留していた。

<原子力技術部>

**Absorbed Dose Measurements and Calculations in
Phantoms for 1.5 to 50 keV Photons**

1.5~50keV光子に対するファントム中での
吸収線量測定及び解析

成山 展照、田中 俊一、中根 佳弘、波戸 芳仁、
平山 英夫、伴 秀一、中島 宏
平成7年2月

Health Physics Journal
Health Physics

最近、紫外領域から数十keVのエネルギーをもつ低エネルギー光子が放射光施設などで広く利用されるようになってきた。このことから低エネルギーX線に対する線量計算の発展が放射線防護や工学的、研究的な利用の上で重要になってきている。また、ICRP（国際放射線防護委員会）は1990年に皮膚に対しても新たにweighting factorを設けるなど新しい勧告を行なった。こうした点を踏まえ、低エネルギー光子に対する線量の計算を行なった。まず、低エネルギー光子輸送計算用に改良されたEGS4モンテカルロコードの適用性を確認するため、シンクロトロン放射線からの10、30keV単一エネルギー光子を用いてファントム中の吸収線量を測定した。実験は、30cm立方ファントム中に線量計としてTLD（熱蛍光線量計）を内挿して行なった。測定値は直線偏光を考慮したEGS4の計算値と一致した。そこでこのEGS4コードを使ってICRU（国際放射線単位および測定委員会）平板ファントム中の0.07mm、0.02~0.1mm、10mm深さの線量を計算した。光子エネルギーは1.5keVから50keVであり、光子断面積には最新のPHOTXライブラリーを用いた。その結果、10mm深さ線量は10keV以上で発表されている実効線量より大きいこと、10keV以下では皮膚線量が支配的になってくることなどが確認された。その結果、10keV以上では10mm深さ線量が、10keV以下では0.02~0.1mm深さ線量がICRPの1990年勧告における実効線量の代わりとして実際的な線量となりうるということが明らかになった。

Vaporに対する10eV-1keV電子角度スペクトル計算

Calculation of angular spectrum for water vapor irradiated
by 1 keV electrons

成山 展照
平成7年3月
日本原子力学会
1995年春の年会

低線量被曝時の健康影響を評価する目的で、人体中における微視的な放射線挙動をモンテカルロ法を用いてシミュレートするコードが現在ドイツにおいて開発されている。本研究では、その物理的な精度を確かめるため、人体模擬のVapor（水）ターゲットに1keV電子が垂直入射した場合の角度スペクトルを計算し、実験値と比較した。用いた電子断面積は、弾性散乱、15種類の励起、6種類の電離断面積からなり、その各々について付与エネルギーおよび散乱後の角度分布が決定される。輸送計算におけるエネルギー下限値は10eVである。平板ターゲットの厚さは、線源電子の飛程の大きさまで6通りに変え、ビーム方向に対し±4度の円錐内で粒子を検出した。また、実験と同様の条件にするため、ターゲット後方にもVaporをおいた。粒子数はビーム径方向に積分された。なお、飛程の計算には経験式 $R=40E(1+0.5E)$ を用いた。ここで、Eはエネルギーで単位はkeV、Rは飛程で単位はnmである。つまり、E=1keVに対してR=60nmとなる。計算はすべて100万ヒストリーで行った。40nm厚さに対する計算結果は、100eV付近で実験値がばらつき計算値も若干過小になっているが、計算値と実験値がほぼ一致する結果を示した。また、強度の径方向依存性を調べたところ、ビーム軸から50%飛程離れると数十eVで1桁、数百eVで2桁減衰することなどが明らかになった。

<氷海技術部>

クライオスタット用FRPの真空保持性能の検討
(接合部を有する場合)

Study on Vacuum Keeping Performance of
Jointed FRP for Cryostat

前田 利雄、桜井 昭男、高島 逸男、尾股 貞夫
平成7年3月
日本材料学会
第24回FRPシンポジウム講演論文集

FRPを壁材とした真空断熱構造は軽量で、機械的特性に優れ、金属などの異種材料との複合も比較的容易であるため、コンパクト化が要求される船用クライオスタットの断熱法として有望である。しかしながら、一般にFRPはガスの放出・透過があり、また接合部からのリークなどにより断熱層の真空度が徐々に低下するため、時々真空引きを行っているのが現状である。このため、筆者らはこれまでにFRP部材からどの程度の速度でガスが透過し放出されているかを調べるとともに、その低減策としてAI蒸着膜の有効性について検討した。引き続き本報では、FRP接合部材および接合部を設けたクライオスタット模型についてガスの透過・放出の特性を求めるとともに、内槽の繰り返し冷却試験を行った。

試験に供したFRPは強化材に平織のガラスロービングクロスおよびカーボクロスの2基材を用い、樹脂には大型構造物の成形性、接着性、低温靱性等を考慮してビニルエステル樹脂を使用した。接合方式は加圧接着、積層接着およびリベット併用接着の3種類により中央部にシングルラップ継手を設けたものを使用した。また、供試クライオスタット模型は円筒形とし、カーボクロス基材を用い、内外槽とも3分割としてそれぞれハンドレイアップ法で積層した。組立は内槽を積層接着で行い、外槽は円筒の端部に設けたフランジ部をリベット併用のマットイン接着により行った。ガス透過・放出の特性はSUS304製の真空漏れ試験槽を用い、ビルドアップ法により圧力上昇速度を求めて、比較検討を行った。

その結果、常温ではウェットレイアップによる積層接着が他の接合方式に比べて圧力上昇速度は小さく、接合部のない場合と比較しても遜色のない真空保持性能を有している。低温になると接合方式の違いによる差異は顕著でなくなり、接合部の有無による圧力上昇速度の違いも高々2倍程度であり、供試した接合方式は超低温域においても適宜利用できることがわかった。また、クライオスタット模型内槽の熱衝撃による耐久性を検証するため、液体窒素の充填を繰り返し10回行い、貯留時のひずみ分布の変化についても調べたが、発生応力はフランジ部近傍で4 kg/mm²程度と小さく、また層内温度が上昇すると熱応力は初期値に戻り、塑性ひずみやクラック等の劣化は認められなかった。

極低温用複合材の落錘三点曲げ衝撃試験

3-point Bending Impact Test by Falling Weight
Method on FRP for Cryogenic Use

桜井 昭男、前田 利雄、高島 逸男、尾股 貞夫
平成7年3月
日本材料学会
第24回FRPシンポジウム講演論文集

液体水素や超電導技術の利用開発に伴い、経済的で信頼できる極低温用構造部材の開発が急がれている。なかでも、非金属系材料として、カーボン、アラミド繊維等による先進複合材は軽量・高強度で、任意の形状に成形でき、しかも磁気遮蔽性などの特殊な機能をも具備できるため、極低温用構造部材として利用すべく種々の研究が進められている。筆者らは極低温用構造物の安全設計に不可欠な先進複合材等の動的強度特性を明らかにし、動的荷重を考慮した有効な複合構成を求める目的で低温衝撃試験を行っており、昨年度からは落錘式の三点曲げ衝撃試験を開始した。この方式は振り子式試験機よりも衝突速度が大ききこと、多軸曲げ衝撃試験が可能なこと、供試材の温度維持が容易であるというメリットがある。本報告では、先進複合材の低温落錘三点曲げ衝撃試験について、試験システム、試験条件の検討を行うとともに、動的強度の温度依存性、異方性と複合構成との関係について調べた。

供試複合材は、ガラスロービングクロス、カーボクロス、アラミドクロスの3織布を強化材とした直交積層材と、45°斜交積層材とした。使用した落錘衝撃試験機は有効落下高さが2 mで、荷重の計測は落錘の頂部に取り付けたロードセルにより行った。また、支持台の周囲は断熱材で覆われており、液体窒素で冷却することによって、-180℃までの雰囲気温度で試験を行うことができる。

試験の結果、最大曲げ応力は温度の低下とともに徐々に大きくなり、-50~-100℃付近でピーク値を示した。しかし、さらに温度が下がると最大曲げ応力は急激に減少し、脆くなっていくことがわかった。静的試験ではこのような傾向はほとんどみられない。本試験に供試した樹脂は低温用の高靱性タイプであるが、極低温かつ負荷速度が大きい条件では破壊ひずみが小さくなるためであり、極低温域での使用にあたって注意を要するとともに、今後極低温用樹脂開発のキーポイントでもあると考える。

このほか、衝撃特性の方向依存性を求めるため、最大荷重までの吸収エネルギーと斜向角度との関係について温度を変化させて調べた。そして、異方性が大きくなる原因と、その対策について言及した。