

平成 30 年度第 2 回残留ひずみ・応力解析研究会
微細構造プラットフォーム第 4 回放射光利用研究セミナー

開催日時：平成 31 年 3 月 19 日(火)10:00～17:00

場所：研究社英語センター大会議室

〒162-0825 東京都新宿区神楽坂 1-2 TEL 03-3269-4331

http://www.kenkyusha.co.jp/modules/11_meetingroom/index.php?content_id=1

主催：中性子産業利用推進協議会，茨城県中性子利用促進研究会
SPring-8 ユーザー協同体，JAEA 微細構造解析プラットフォーム

共催：J-PARC MLF 利用者懇談会(結晶解析・pdf 解析分科会)

協賛：総合科学研究機構(CROSS)中性子科学センター

QST 微細構造解析プラットフォーム

日本材料学会 X 線材料強度部門委員会

J-PARC センター

参加費：無料

ただし，資料代として 5,000 円いただきます。なお，中性子産業利用推進協議会の会員の皆様と大学，研究機関の方は無料です。それ以外の方は事務局までご相談ください。資料代は当日徴収させていただきます。

テーマ：各種計測手法によるひずみと残留応力の計測

趣旨：

構造物や部品に形成された残留応力は，静的・動的強度に大きく影響するため，重要な設計評価指標である。その測定方法には，破壊的方法や非破壊的方法，ならびに，有限要素法などによる解析などがある。今回の研究会では，疲労強度の大家である村上敬宜先生に $\sqrt{\text{area}}$ 法による微小欠陥材の疲労強度評価法についてご講演いただくとともに，各種の残留応力測定方法，ならびに，表面改質材の残留応力測定例を紹介する。

プログラム

10:00-10:05 開会挨拶 研究会主査 秋庭義明（横浜国立大学）

<施設の概況>

10:05-10:30 J-PARC MLF の現状と産業利用

富田俊郎（茨城県）

J-PARC MLF は供用開始後 10 年を経て，パルス中性子のビーム出力を 500kW まで増加させ，平均稼働率が 95%を超えるような安定運転を続けている。平成 30 年 7 月 3 日には定格の 1 MW での 1 時間の連続運転にも成功し，さらなる出力増加の期待も高まっている。本講演では，このような J-PARC MLF の現状や最近の産業利用および茨城県ビームライン iMATERIA の状況について報告する。

<チュートリアル>

10:25-11:15 $\sqrt{\text{area}}$ 法による微小欠陥材の疲労強度評価と品質管理への応用

村上敬宜（九州大学）

微小欠陥や非金属介在物などを起点とする疲労破壊は強度設計技術者を悩ます問題の 1 つである。本講演では，種々の形状・寸法を有する微小欠陥や介在物の幾何学的パラメータと

してそれらを最大応力方向に投影した面積の平方根 \sqrt{area} を選ぶ力学的根拠と、材料強度パラメータとしてビッカース硬さ HV を選ぶ根拠を説明し、この2つのパラメータだけで多くの材料の疲労限度を予測可能なモデルを紹介する。さらに、このモデルと欠陥や介在物の寸法の極値統計データを組み合わせることにより自動車部品などの多量生産部品や大型機械部品の疲労強度のばらつきの下限値を予測し、品質管理に応用する手法について事例を紹介しながら説明する。

11:15-12:00 DHD 法, iDHD 法および Contour 法による残留応力測定

三上隆男 (IHI 検査計測)

構造材料内の残留応力を測定する方法には多くの種類があるが、測定後の部材の完全さの程度によって3種類のカテゴリ：非破壊法(X線回折法, 放射光X線回折法, 中性子回折法など), 準非破壊法(DHD法, 穿孔法, Ring Core法), および, 完全破壊法(切断法, Slitting法, Slotting法, Contour法)に分類できる。準非破壊法と完全破壊法は応力解放法とも呼ばれるが、本講演では、応力解放法の中から、構造材料の内部まで測定可能なDHD法とiDHD法およびContour法について測定原理や測定事例について紹介する。

12:00~13:00 昼 食

<応力計測法>

13:00-13:20 電磁超音波共鳴による非接触応力評価

荻 博次 (大阪大学)

金属材料に非接触で超音波を送信・受信することのできる電磁超音波センサーは、非接触という決定的な利点を有する反面、電磁エネルギーから機械エネルギーへの変換効率が低く、実用化への障壁が高いものであった。ところが、これを共振法と組み合わせることにより、低い変換効率が共振の高いSN比により十分補われ、かつ、非接触故に複合共振の発生を防ぐことができ、音速の計測精度が著しく向上する。この手法を電磁超音波共鳴法と呼び、音速の精密計測により応力評価が可能となる。原子間ポテンシャルの非調和性により、弾性ひずみは弾性定数をわずかに変化させる。音速は弾性定数によって決まるため、音速を精密に計測することにより弾性歪み量を、そして、応力を評価することが可能である。この原理によりいくつかの応力計測例を紹介する。

13:20-13:40 DIC 計測システム VIC-3D を使った残留応力測定について

杉原裕雄 (レーザー計測)

DIC 計測システム VIC-3D は従来のひずみゲージを使った測定と同様に正確なひずみを計測できるので、ひずみゲージを使ったホールドリリング計測に対して置き換えることができる計測手法である。本講演では、画像相関計測法(DIC)である VIC-3D の計測原理や概要、さらに、計測で得られる内容や結果を FEM の結果と比較して紹介する。画像相関法による計測は従来方法と比べて遥かに簡便に計測でき、そのデータも画像として得られるので、解析等の時間を大幅に短縮できる。ひずみゲージと比べて数多くの計測データを短時間で測定可能である。

13:40-14:00 ひずみゲージを使用した残留応力測定について

渡辺智美 (東京測器)

ひずみゲージを使った残留応力測定では、試験体を破壊またはセミ破壊しなければ測定ができない。どちらの測定方法でも、試験体に切断や穿孔を加えるときに新たな応力が極力発生しないようにしなければ測定誤差が増加してしまう。本講演では、セミ破壊のエアブレイジブセンターホール式残留応力測定法について、測定原理、専用ロゼットひずみゲージとひずみ測定器、穿孔機器と作業手順、穿孔方法による加工ひずみの発生量の違い、穿孔深さと解放ひずみ量の関係、ひずみ測定の精度に関係する残留応力の誤差、穿孔径測定の注意事項などを中心に説明する。

14:00-14:20 耐熱 FBG センサによる Na 循環ループ建設溶接ひずみの緩和現象の発見
ー日本初カルノーバッテリーシステムへの適用についてー

西村昭彦 (JAEA)

東日本大震災を経た現在, 日本再興戦略の政府方針の下で IoT を最大限活用する施策が進められている. 建築土木の分野では, 構造体の健全性モニタリングとして高速多点計測が可能な Fiber Bragg Grating(FBG)センシングの導入が進められている. 講演者が開発した耐熱 FBG センサの普及が進めば, 再稼働が進む原子力発電所や高経年化が懸念される石油化学プラントなど, 高温かつ高压の流体を輸送する施設の配管やタンクの溶接部の健全性の監視に役立つ. 本講演では, 点描法を用いたパルスレーザ加工による耐熱 FBG センサの開発と高温 Na 配管への実装について経緯を振り返る. また, 日本で初めて導入されるカルノーバッテリーシステム(熔融塩蓄熱発電)への適用状況について紹介する.

14:20-14:40 半導体ひずみセンサー「STREAL」

岡田亮二 (ルネサスイーストン)

半導体ひずみセンサー『STREAL』は, 従来のひずみゲージ計測システム(ひずみゲージ, ブリッジボックス, アンプ等)を 1 チップ化(2.5 mm角)した従来にないセンサーである. 最小分解能は 1×10^{-6} Strain であり, さらに, AD コンバーターや温度計を搭載する. 消費電力は定格で 1 mA であり, 電池駆動が可能である. 計測対象を工夫することによって, 圧力やトルク, 重量など多様な力や, 微小な変形を計測でき, 制御や状態監視など, その用途は限りなく広い. 本講演では, ひずみセンサーの原理や概略仕様, モジュールの構造, 使用方法などの概要と応用案を紹介する.

14:40-15:00 一体型 SOI ピクセル検出器による残留応力分布の超高速測定技術

佐々木敏彦 (金沢大学)

X 線応力測定を 1 秒程度で行うことが可能になる新技術について紹介する. 本技術の特徴は, 測定部から発生する回折環 (デバイリング) を新型半導体検出器の使用によって高速に 2 次元計測するとともに, 得られた画像から $\cos\alpha$ 法によって高精度に応力を決定するである. X 線検出器には日本で開発された「一体型 SOI ピクセル検出器」を適用することで測定の高速度を可能とした. また, 本方法は, 単一入射法であるとともに装置の小型化も可能なため, 狭隘部の測定にも適している. 本講演では, 金沢大学の試作機とそれを用いた測定精度の検証のほかに, 溶接やレールに対する残留応力のマッピング測定への適用結果について紹介する.

15:00~15:10 休 憩

<表面改質>

15:10-15:35 フェムト秒レーザによるドライレーザピーニングとそのメカニズム

佐野智一 (大阪大学)

材料へのコーティングおよびプラズマ閉じ込め用の水を必要とせず, 大気中で材料に直接レーザを照射することによってピーニング効果を付与することのできる「ドライレーザピーニング法」を開発した. 2024 アルミニウム合金母材および 2024 アルミニウム合金のレーザ溶接継手および摩擦攪拌接合継手にドライレーザピーニングを施し, いずれの疲労特性も向上させることができた. 本講演では, これらドライレーザピーニングを施した試験片の硬さ分布と, 放射光 X 線による非破壊ひずみ計測による残留ひずみ分布が疲労特性に及ぼす影響について説明し, XFEL による動的ひずみ計測結果に基づく本手法のメカニズムについて紹介する.

15:35-16:00 ショットピーニング面における残留応力深さ分布の非破壊推定法

岡野俊之 (オカノブラスト)

ショットピーニングは、高度な信頼性が要求される航空機や自動車部品などに高い圧縮残留応力を付与し、疲労強度を向上させる表面改質技術として利用されている。そのため、表面の残留応力値とその深さ分布は非常に重要である。しかし、深さ分布測定には、表面逐次除去を必要とし、非破壊では対応できずに多くの時間と手間を要する。そこで、本講演では、ショットピーニングにより生成される固有ひずみを、直線または二次曲線分布と仮定し、熱応力解析理論を援用することで、X線表面残留応力値と曲げ変形量および $2\theta\text{-sin}^2\psi$ 線図の非線形性を利用した表面残留応力勾配解析法から残留応力の深さ分布を非破壊で推定できる方法を紹介する。

16:00-16:25 コールドスプレー法を用いた超高強度鋼溶接継手部の疲労強度の改善
小川和洋（東北大学）

超高張力鋼板平滑材の疲労特性は低強度材に比べ高くなることが知られている。しかしながら、自動車の足回り部材に利用される熱延鋼板の溶接は重ね隅肉継手が多く、この場合、溶接止端部が応力集中源となり、疲労に対する切欠き感受性が高くなるために高強度鋼板を使用しても低強度材同等レベルの疲労特性しか示さない場合がある。そこで、本研究では、金属粒子を溶融させることなく基材への高速衝突で皮膜形成可能なコールドスプレー法を用い、溶接止端部の幾何学形状の改善および粒子衝突による圧縮残留応力の付与により、溶接継手部の疲労強度改善を試みた。その結果、応力集中の軽減ならびに圧縮残留応力の付与により、疲労強度の改善に成功した。

16:25-16:55 中性子とX線回折によるSiC粒子強化アルミニウム合金の材料特性評価
秋庭義明（横浜国立大学）

金属基複合材料(MMC)は、金属単体と比較して高比強度、高比剛性であり、かつ耐熱性や耐磨耗性に優れるため、航空宇宙用構造材料をはじめとして、各種産業への利用が期待される。しかしながら強化材と母材の弾塑性変形特性が異なるため、実用的な強度特性評価のためには、各構成相の応力・ひずみをそれぞれ独立に抽出することが望まれる。そこで本研究では、まず各構成相の弾性特性に着目し、X線法および中性子法を用いて、複合則の観点から弾性変形特性を検討した。次いで、実用に際して重要となる疲労の観点から、疲労き裂伝ばの観点から疲労損傷検出の可能性について検討した結果について紹介する。

16:55-17:00 閉会挨拶とお知らせ 峯村哲郎（茨城県）

交流会：17:20～19:20

近くの地ビールダイニング「ラ・カセット」で交流会を開催します。参加費は2,000円です。施設側とユーザーのざっくばらんな意見の交換の場になります。是非ご参加ください。詳細は文末をご参照ください。参加希望者は事前に登録してください。当日も受け付けます。会費は当日受け付けます。なお、事前に登録されて当日キャンセルされた場合には会費を申し受けません。

<参加申込み先>

参加を希望される方は下記までお申し込みください。

中性子産業利用推進協議会 事務局 大内 薫

E-mail: info@j-neutron.com

(1)名前, (2)所属, (3)連絡先(電話番号, E-mail address)

(4)交流会への参加の有無(領収書を発行します)

をご記入の上、メールにてお申し込みください。

<会場へのアクセス>

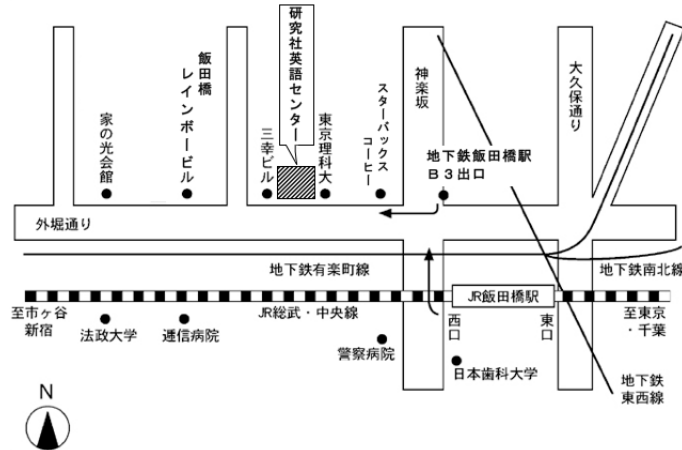
研究社英語センター

所在地：〒162-0825 東京都新宿区神楽坂 1-2

TEL：03-3269-4331

JR総武線飯田橋駅西口徒歩約3分

東京メトロ南北線・有楽町線飯田橋駅 B2a, B3 出口徒歩約 7 分



<交流会場のご案内>

会費：2,000 円

時間：17:20～19:20

会場：神楽坂 ラ・カシェット (<http://la-cachee.co.jp/>)

美味しい地ビールを楽しめるところです。

〒162-0825 東京都新宿区神楽坂 1-10 三経第 22 ビル 3F

TEL: 03-3513-0823

