

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01545

研究課題名（和文）溶接構造物の疲労性能を最大化する溶接プロセス条件の探査技術開発

研究課題名（英文）Development of assessment technology for welding process conditions maximizing fatigue performance of welded structures

研究代表者

堤 成一郎 (Tsutsumi, Seiichiro)

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：70344702

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,600,000円

研究成果の概要（和文）：疲労亀裂発生位置近傍の局所的な弾塑性応答が溶接継手の疲労寿命に与える影響を評価することを目的として、SM490Aの母材と溶接継手の疲労亀裂発生位置近傍を狙った再現HAZ材を用いて疲労試験を行い、得られた弾塑性応答の実験結果を再現可能な繰返し材料応答シミュレーションと疲労亀裂発生および進展寿命評価式を提案した。続いて、これを非荷重伝達型十字溶接継手に適用し、疲労寿命評価と実験結果との比較を通じて考察を行った。これらより、巨視的弾性状態を含む弾塑性応答を高精度に再現可能な材料モデルを開発して、接合条件に依存する疲労亀裂発生・進展評価手法を低炭素鋼からなる溶接継手に適用できるように拡張した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

溶接部を起点とする疲労損傷事例が多数報告され、その要因として、溶接部と構造的な不連続部が一致する、かつ溶接余盛や時に欠陥も存在するため高応力となる、溶接入熱による母材と溶接金属の希釈およびその後の冷却速度など、溶接プロセス条件に依存して不均一な材料組織/形状/強度分布と残留応力/残留変形が生じる、さらに、大型溶接構造物が実際に経験する応力や変形状態は、多軸/非比例/変動履歴となるため、実験的検討には限界があることなどが挙げられる。つまり、溶接プロセス条件に依存する疲労性能評価の高度化には、上記影響因子を適切に考慮可能な数値シミュレーション技術開発と実設計および施工への展開が重要である。

研究成果の概要（英文）：In order to evaluate the influence of the local elastoplastic response near the fatigue crack initiation location on the fatigue life of the welded joint, we used a simulated HAZ material targeting the SM490A base metal and the welded joint near the fatigue crack initiation location. We conducted a fatigue test and proposed a cyclic material response simulation that can reproduce the experimental results of the elastoplastic response and a fatigue crack initiation and propagation life evaluation formula. Next, this was applied to a non-load-transferring cruciform welded joint, and the results were discussed through fatigue life evaluation and comparison with experimental results. We have developed a material model that can reproduce elastic-plastic responses including macroscopic elastic states with high accuracy, and we have made it possible to apply fatigue crack initiation and growth evaluation methods that depend on joining conditions to welded joints.

研究分野：応用力学

キーワード：疲労 弾塑性 亀裂 FEM

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

船舶や鋼橋などの各種大型溶接構造物において、溶接部を起点とする疲労損傷事例が多数報告されている(図1参照)。その要因として、a)溶接部と構造的な不連続部が一致する、かつ溶接余盛や時に欠陥も存在するため高応力となる、b)溶接入熱による母材と溶接金属の希釈およびその後の冷却速度など、溶接プロセス条件に依存して不均一な材料組織/形状/強度分布と残留応力/残留変形(図2参照)が生じる、さらにc)大型溶接構造物が実際に経験する応力や変形状態は、多軸/非比例/変動履歴となるため、実験的検討には限界があることなどが挙げられる。つまり、溶接プロセス条件に依存する溶接構造物の疲労性能評価を高度化するためには、上記 a)から d)の影響因子を適切に考慮可能な数値シミュレーション技術開発と実設計および施工への展開(デジタルツイン、i-Construction)が死活的に重要となる。

### 2. 研究の目的

鋼構造物の疲労に起因する損傷事例は数多く報告されており、そのうちの多くが溶接継手部に確認されている。一般にき裂の起点となる溶接止端部等の応力集中部は形状が複雑であり、溶接プロセスに伴い発生する残留応力や溶接入熱による組織の変化重畳することから各種影響因子を定量的に評価することは容易ではない。そこで、S-N線図を取得することで統計的な分析が行われてきたが、各種影響因子を切り分けた統一的評価には至っていない。また、著者は巨視的弾性状態を含む繰返し弾塑性応答を高精度に再現可能材料モデル(以下、疲労SSモデルと称する)を開発しており、各種継手形状について局所的な弾塑性挙動を用いた疲労き裂発生寿命評価と、疲労き裂伝播寿命をき裂き裂発生連続挙動として評価する手法を提案し、妥当性を示している。本研究では熱影響による溶接部近傍の組織変化が溶接継手の疲労寿命に与える影響を明らかにすることを目的として、再現HAZ材を用いた疲労試験と材料応答シミュレーションを行う。また、得られた材料応答シミュレーション結果を用いて、疲労き裂の伝播を疲労き裂発生連続挙動として評価する手法2)を用いた非荷重伝達型溶接十字継手の疲労き裂発生および伝播寿命評価を可能とする。

### 3. 研究の方法

本研究で採用した材料構成モデル(疲労SSモデル)は、Mises型降伏面、非線形複合硬化、相似中心および繰返し損傷の概念を導入した非古典弾塑性構成式であり、滑らかな弾塑性遷移やわずかな塑性変形に伴うダメージの影響も取り込むことができるように定式化されている。これにより、低/高サイクル疲労問わず実現象に即した塑性ひずみの変化の表現が可能となる。解析にはAbaqus/Standard 2018を使用し、ユーザーサブルーチン機能を通して上記材料モデルを実装した。母材および熱影響部の材料応答再現シミュレーションについては、き裂の発生が予測される溶接止端部近傍の粗粒HAZ(CGHAZ)と細粒HAZ(FGHAZ)を狙った再現HAZ材を製作し、母材も含めた3種類の材料について疲労試験を行う。繰返し弾塑性解析を行い、疲労試験より得られた材料の繰返し弾塑性応答を精度よく表現する材料定数を同定する。非荷重伝達型溶接十字継手疲労試験模擬解析についてはFig.1に示す解析モデルを用いて繰返し弾塑性解析を行った。疲労き裂発生が予測されるピード止端部近傍における最小要素サイズは0.050mm四方とし、4節点平面ひずみ要素を用いた。解析手順としては、熱弾塑性解析により溶接残留応力を考慮するとともに、チャッキングによる角変形量強制を模して境界条件に片側のチャック位置における表面の節点を固定し、反対側のチャック位置と軸心が取れるよう強制変位を与えた。続いて、荷重条件として上述の境界条件を保持した状態で継手端部にピード止端部のひずみ範囲が一定値に収束するまで繰返し荷重を与えた。

### 4. 研究成果

Fig.1およびFig.2に示す非荷重伝達型溶接十字継手を対象に疲労亀裂長さ0mmを含む1mmまでの各亀裂長さを有するモデルについて弾塑性FEM解析を実施し、Fig.3に示す各モデルの亀裂先端において得られた局所的繰返し弾塑性応答とSM490Aの母材および再現HAZ材による実験データを用いて非荷重伝達型十字溶接継手の疲労亀裂発生および進展寿命を評価した。Fig.4に実験および解析による疲労寿命評価結果を示す。これより、亀裂長さ1mm時点の疲労寿命を比較すると、解析結果は実験を良好に再現していることが確認され、本研究で提案する疲労性能評価技術の予測精度の高さが示されている。

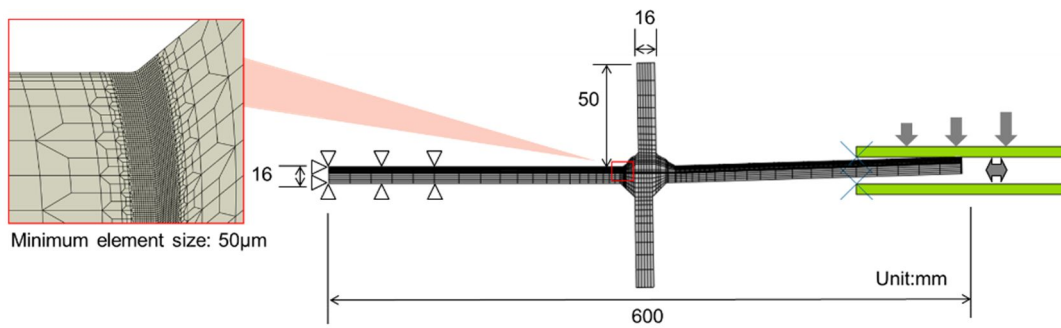


Fig.1 非荷重伝達型溶接十字継手の解析モデル

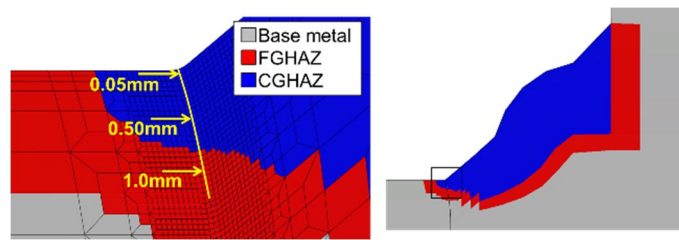


Fig.2 溶接始端部近傍に割り当てた HAZ 分布

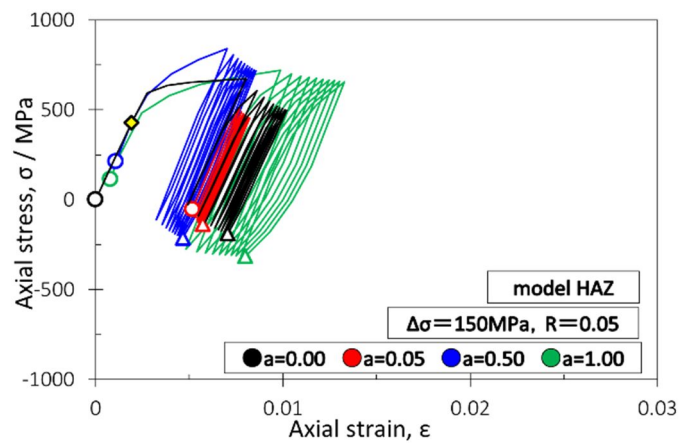


Fig.3 亀裂発生位置における局所的繰返し弾塑性応答

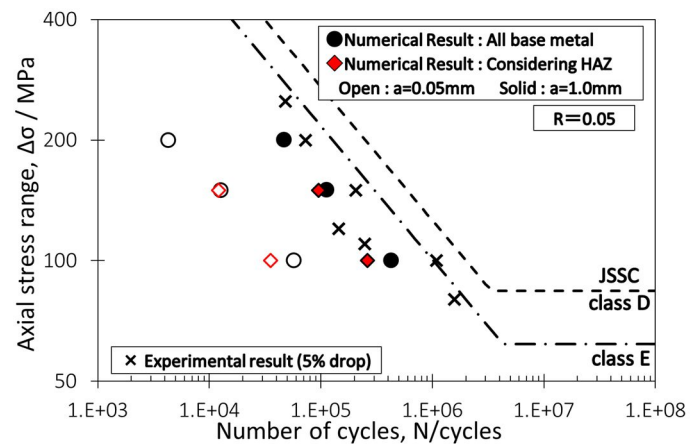


Fig.4 疲労寿命予測結果と実験結果の比較

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計31件（うち査読付論文 31件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Morita Kasumi, Mouri Masashi, Fincato Riccardo, Tsutsumi Seiichiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Experimental and Numerical Study of Cyclic Stress-Strain Response and Fatigue Crack Initiation Life of Mid-Carbon Steel under Constant and Multi-Step Amplitude Loading	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Marine Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 1535 ~ 1535
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jmse10101535	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fincato R., Tsutsumi S.	4. 巻 401
2. 論文標題 Numerical implementation of the multiplicative hyperelastic-based Extended Subloading Surface plasticity model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering	6. 最初と最後の頁 115612 ~ 115612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cma.2022.115612	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yonezawa Takayuki, Li Bo, Tsutsumi Seiichiro	4. 巻 108
2. 論文標題 Evaluation of Fatigue Crack Initiation and Propagation Life of Structural Steel Based on Local Strain Measurement by DIC	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Tetsu-to-Hagane	6. 最初と最後の頁 762 ~ 771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/tetsutohagane.TETSU-2022-008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Yixun, Tsutsumi Seiichiro, Kawakubo Takumi, Fujii Hidetoshi	4. 巻 45
2. 論文標題 Fatigue strength and fracture characteristics of linear friction welded joints of weathering mild steel	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures	6. 最初と最後の頁 2769 ~ 2783
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ffe.13772	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Luo Yuxiao, Tsutsumi Seiichiro, Han Rui, Ma Renle, Dai Kaoshan	4. 巻 66
2. 論文標題 Parametric formulae for stress concentration factor and clamping-induced stress of butt-welded joints under fatigue test condition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Welding in the World	6. 最初と最後の頁 1897 ~ 1913
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40194-022-01322-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Morita Tatsuro, Oka Yohei, Tsutsumi Seiichiro, Takesue Shogo, Higuchi Norio, Sakai Hitoshi	4. 巻 63
2. 論文標題 Short-Time Heat Treatment for Ti-6Al-4V Alloy Produced by Selective Laser Melting	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 854 ~ 863
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2022018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 MORITA Kasumi, MOURI Masashi, AYANG Buerlihan, FINCATO Riccardo, TSUTSUMI Seiichiro	4. 巻 40
2. 論文標題 Cyclic elasto-plasticity behavior and fatigue crack initiation lives of low carbon steels and their simulated HAZ.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 QUARTERLY JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY	6. 最初と最後の頁 36 ~ 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2207/qjws.40.36	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Yixun, Tsutsumi Seiichiro, Kawakubo Takumi, Fujii Hidetoshi	4. 巻 27
2. 論文標題 Microstructure and mechanical properties of friction stir welded high phosphorus weathering steel	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science and Technology of Welding and Joining	6. 最初と最後の頁 388 ~ 397
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13621718.2022.2055290	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 OGUMA Noriyasu, NAKAGAWA Akiyoshi, NAKAMURA Yuki, TSUTSUMI Seiichiro, SAKAI Tatsuo	4. 巻 88
2. 論文標題 Construction of probabilistic model on interior crack initiation and growth behaviors for high strength steels in very high cycle fatigue	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Transactions of the JSME (in Japanese)	6. 最初と最後の頁 22-00021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.22-00021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Yixun, Tsutsumi Seiichiro, Kawakubo Takumi, Fujii Hidetoshi	4. 巻 159
2. 論文標題 Microstructure, mechanical properties and fatigue behaviors of linear friction welded weathering steels	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Fatigue	6. 最初と最後の頁 106829 ~ 106829
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijfatigue.2022.106829	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Yixun, Tsutsumi Seiichiro, Kawakubo Takumi, Fujii Hidetoshi	4. 巻 324
2. 論文標題 Effects of phosphorus content on fatigue performance of friction stir welded mild steels	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Construction and Building Materials	6. 最初と最後の頁 126682 ~ 126682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.conbuildmat.2022.126682	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 MORITA Kasumi, MOURI Masashi, AYANG Buerlihan, FINCATO Riccardo, TSUTSUMI Seiichiro	4. 巻 40
2. 論文標題 Evaluation of fatigue crack propagation behavior in low carbon steel and their simulated HAZ and fatigue life assessment of non-load carrying welded fillet joint.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 QUARTERLY JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY	6. 最初と最後の頁 27 ~ 35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2207/qjws.40.27	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shintaku Yuichi, Tsutsumi Seiichiro, Terada Kenjiro	4. 巻 153
2. 論文標題 A CDM-like constitutive law for predicting degradation of strength and ductility of steel subjected to cyclic loading	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Plasticity	6. 最初と最後の頁 103237 ~ 103237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijplas.2022.103237	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Luo Yuxiao, Qiu Keyi, He Minjuan, Ma Renle, Fincato Riccardo, Tsutsumi Seiichiro	4. 巻 173
2. 論文標題 Fatigue performance of the slit end area of slotted CHS tube-to-gusset plate connection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Thin-Walled Structures	6. 最初と最後の頁 108920 ~ 108920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tws.2022.108920	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Wang Yixun, Tsutsumi Seiichiro, Kawakubo Takumi, Fujii Hidetoshi	4. 巻 2022
2. 論文標題 Microstructure and mechanical properties of friction stir welded high phosphorus weathering steel	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science and Technology of Welding and Joining	6. 最初と最後の頁 1 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13621718.2022.2055290	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 濱田 匠李, 別府 万寿博, 市野 宏嘉, 堤 成一郎	4. 巻 68A
2. 論文標題 平坦状の先端を有する飛来物衝突を受ける鋼板の貫通評価モデルに関する検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 構造工学論文集 A	6. 最初と最後の頁 907 ~ 919
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/structcivil.68A.907	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tsutsumi Seiichiro, Fincato Riccardo, Luo Pengjun, Sano Moe, Ueda Toshihiro, Kinoshita Tomohiro, Tagawa Tetsuya	4. 巻 156
2. 論文標題 Effects of weld geometry and HAZ property on low-cycle fatigue behavior of welded joint	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Fatigue	6. 最初と最後の頁 106683 ~ 106683
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijfatigue.2021.106683	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 OGUMA Noriyasu, NAKAGAWA Akiyoshi, NAKAMURA Yuki, TSUTSUMI Seiichiro, SAKAI Tatsuo	4. 巻 88
2. 論文標題 Construction of probabilistic model on interior crack initiation and growth behaviors for high strength steels in very high cycle fatigue	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Transactions of the JSME (in Japanese)	6. 最初と最後の頁 22 ~ 00021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.22-00021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Yixun, Tsutsumi Seiichiro, Kawakubo Takumi, Fujii Hidetoshi	4. 巻 159
2. 論文標題 Microstructure, mechanical properties and fatigue behaviors of linear friction welded weathering steels	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Fatigue	6. 最初と最後の頁 106829 ~ 106829
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijfatigue.2022.106829	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 MORITA Kasumi, MOURI Masashi, AYANG Buerlihan, FINCATO Riccardo, TSUTSUMI Seiichiro	4. 巻 40
2. 論文標題 Evaluation of fatigue crack propagation behavior in low carbon steel and their simulated HAZ and fatigue life assessment of non-load carrying welded fillet joint.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 QUARTERLY JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY	6. 最初と最後の頁 27 ~ 35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2207/qjws.40.27	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 Luo Yuxiao, Qiu Keyi, He Minjuan, Ma Renle, Fincato Riccardo, Tsutsumi Seiichiro	4. 巻 173
2. 論文標題 Fatigue performance of the slit end area of slotted CHS tube-to-gusset plate connection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Thin-Walled Structures	6. 最初と最後の頁 108920 ~ 108920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tws.2022.108920	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 TSUTSUMI Seiichiro, BUERLIHAN Ayang, FINCATO Riccardo	4. 巻 77
2. 論文標題 NUMERICAL STUDY ON FATIGUE NOTCH SENSITIVITY OF HIGH AND MIDDLE STRENGTH CARBON STEELS FOR WELDED STRUCTURES	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A2 (Applied Mechanics (AM))	6. 最初と最後の頁 I_145 ~ I_153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejam.77.2_I_145	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 SHIBATA Homare, SATOH Keisuke, HORIKAWA Hidenobu, HAMASAKI Kohei, BO Li, TSUTSUMI Seiichiro	4. 巻 77
2. 論文標題 PROPOSAL OF MODIFIED ENS METHOD CONSIDERING EFFECTIVE STRESS CONCENTRATION FACTOR - APPLICATION TO BUTT WELD JOINTS WITH BACKING PLATE -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A2 (Applied Mechanics (AM))	6. 最初と最後の頁 I_307 ~ I_317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejam.77.2_I_307	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Yixun, Tsutsumi Seiichiro, Kawakubo Takumi, Fujii Hidetoshi	4. 巻 324
2. 論文標題 Effects of phosphorus content on fatigue performance of friction stir welded mild steels	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Construction and Building Materials	6. 最初と最後の頁 126682 ~ 126682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.conbuildmat.2022.126682	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Yixun, Tsutsumi Seiichiro, Kawakubo Takumi, Fujii Hidetoshi	4. 巻 156
2. 論文標題 Fatigue performance of friction stir welded weathering mild steels joined below A1 temperature	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Fatigue	6. 最初と最後の頁 106667 ~ 106667
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijfatigue.2021.106667	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Yixun, Ueda Kazushi, Nagao Ryota, Tsutsumi Seiichiro	4. 巻 14
2. 論文標題 Fatigue Life Assessment of Welded Joints by Combined Measurements Using DIC and XRD	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 5802 ~ 5802
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma14195802	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fincato R., Tsutsumi S.	4. 巻 387
2. 論文標題 Coupled elasto-viscoplastic and damage model accounting for plastic anisotropy and damage evolution dependent on loading conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering	6. 最初と最後の頁 114165 ~ 114165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cma.2021.114165	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Yixun, Tsutsumi Seiichiro, Kawakubo Takumi, Fujii Hidetoshi	4. 巻 823
2. 論文標題 Microstructure and mechanical properties of weathering mild steel joined by friction stir welding	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 141715 ~ 141715
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2021.141715	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小谷 祐樹、津山 忠久、Ayang Buerlihan、堤 成一郎	4. 巻 67A
2. 論文標題 付加溶接形状の制御と止端グラインダー仕上げの併用による面外ガセット溶接継手の疲労強度向上効果	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 構造工学論文集 A	6. 最初と最後の頁 497 ~ 508
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/structcivil.67A.497	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Yixun、Luo Yuxiao、Kotani Yuki、Tsutsumi Seiichiro	4. 巻 14
2. 論文標題 Generalized SCF Formula of Out-Of-Plane Gusset Welded Joints and Assessment of Fatigue Life Extension by Additional Weld	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 1249 ~ 1249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma14051249	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gadallah Ramy、Tsutsumi Seiichiro、Aoki Yasuhiro、Fujii Hidetoshi	4. 巻 64
2. 論文標題 Investigation of residual stress within linear friction welded steel sheets by alternating pressure via X-ray diffraction and contour method approaches	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Manufacturing Processes	6. 最初と最後の頁 1223 ~ 1234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmapro.2021.02.055	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Yixun Wang, Seiichiro Tsutsumi
2. 発表標題 Fatigue life extension by additional weld and its assessment by high performance SCF formula considering spline bead profile
3. 学会等名 IIW Commission XIII (Fatigue of welded components and structures) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Seiichiro Tsutsumi, Riccardo Fincato, Tatsuo Sakai, Kenjiro Terada, D.S. Paolino
2. 発表標題 Influence of soft/hard inclusions on the stress distribution and the slip formation in a polycrystal matrix
3. 学会等名 Eighth International Conference on Very High Cycle Fatigue (VHCF8) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関