

# ボルト締結平板試験片の引張試験と Code-Aster による再現解析

藤岡 照高<sup>1†</sup>

<sup>1</sup> 東洋大学理工学部

## Tensile Test and Verification Analysis by Code-Aster of a Bolted Plate Specimen

Terutaka FUJIOKA<sup>\*†</sup>

<sup>\*</sup> Toyo University, Faculty of Science & Engineering

### Abstract

Tensile test using a specimen consisting of three plates bolted together was performed. Strain distributions along the bolt hole were measured by strain gauges. The test results were compared with elastic FEA including contact by Code-Aster. The analysis agreed well with the test results.

**Keywords:** Stress analysis, Contact analysis, Strain measurement, V&V

## 1. はじめに

計算機シミュレーションに基づく設計や強度評価を行う上では、シミュレーションには誤差や誤りがつきものであることを常に意識しておく必要がある。このため、シミュレーションプログラムだけでなく、その使い方や技術者の経験的な判断まで含めて、精度・妥当性検証（V&V）を行う必要があると考えられる。オープンソース CAE ソフトウェアを使用する際には、ベンダーサポートに期待はできないため、ユーザー自身が技術力を高めて、自力で V&V を行う必要がある。著者は丸棒引張試験の再現解析 [1] において、材料非線形および幾何学的非線形問題に対する最も簡単な実験的検証例を示しているが、今回は、もう 1 つの非線形要因である境界非線形性（接触）について実験的検証を行った結果を報告する。

## 2. 試験片・試験方法

試験片は図 1 にアセンブリモデルを示す 2 枚の SS400 製平板の中央に直径 14 mm の穴をあけ、M12 のボルト 1 本で締結したものである。平板試験片の形状、寸法は図 2 に示す通りである。本試験片は文献[2]で行われた試験を参考に設計したが、学内試験機（島津製作所製オートグラフ AGS-H, 最大荷重 10,000 N）に合うように掴み部を狭くしている。

試験片には、文献[2]を参考に、図 3 に示す 8 箇所ではずみゲージによるひずみ計測を行った。試験では、3000 N まで負荷した状態で保持し、ひずみ分布を計測した。

## 3. 解析方法

解析には Salome-Meca 2015.1 に内包されたソルバ Code\_Aster Ver. 11.7 [3] を使用した。解析モデルと要素分割、境界条件を図 4 に示す。接触解析を行う都合から、使用要素は四面体線形要素とし、10630 要素、3814 節点とした。解析方法は、柴田による文献[2]を参考に設定した。試験は弾性範囲で行われたため、弾性接触を想定し、SS400 を再現するよう、ヤング率を 206 MPa, ポアソン比を 0.3 とした。

## 4. 解析結果

解析結果の一例として、荷重方向のひずみ分布のコンター図を図 5 に示す。また、ひずみゲージ計測の結果について、オープン CAE ソルバ、Code-Aster による解析と、商用ソルバ MSC.Marc [4] による解析の結果を比較して図 6 に示す。図 6 から、オープン CAE ソルバによる解析結果は、試験および商用ソルバによる解析とよく一致した。

<sup>†</sup> E-mail address of corresponding author: office@opencae.or.jp

## 5. おわりに

固体の有限要素法に基づくオープン CAE, Salome-Meca の接触解析機能について, 文献情報および学内試験機を用いた実験および商用ソルバとの比較による精度・妥当性検証を行った. 引張試験機は工学系教育機関や自治体ごとに設置されている公設試験場にはたいがい導入されており, ひずみゲージ計測は安価であるため, 中小企業でも自社の解析技術力の検証や社員教育に利用でき, 計算力学技術の普及に資するものと見込まれる. 本研究の解析および試験は東洋大学理工学部機械工学科構造力学研究室の卒業研究の一環として卒業研究履修学生の協力を得て行われた.

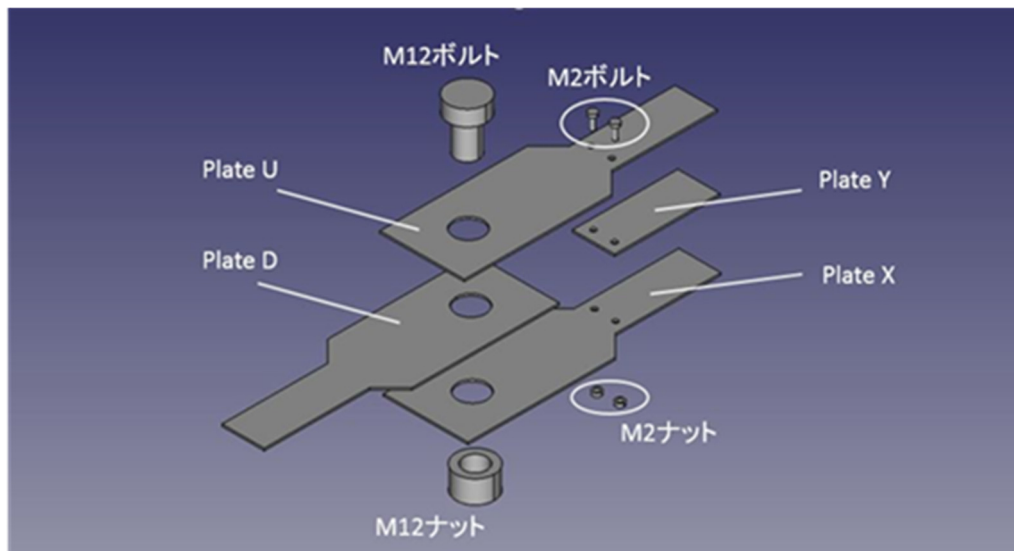


Fig. 1 Assembly model of the bolted joint plate specimen tested

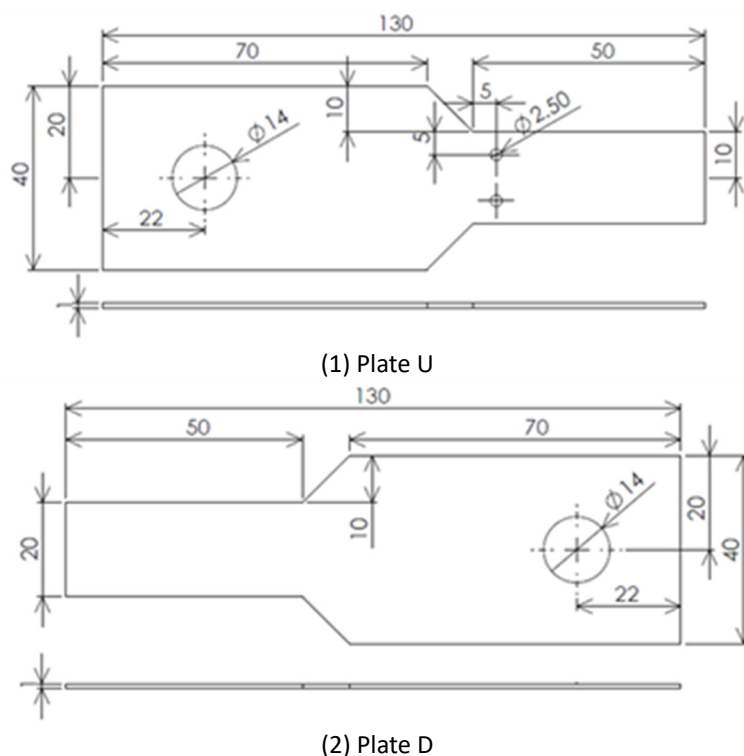


Fig. 2 Dimensions and configurations of plates composing the bolted joint specimen

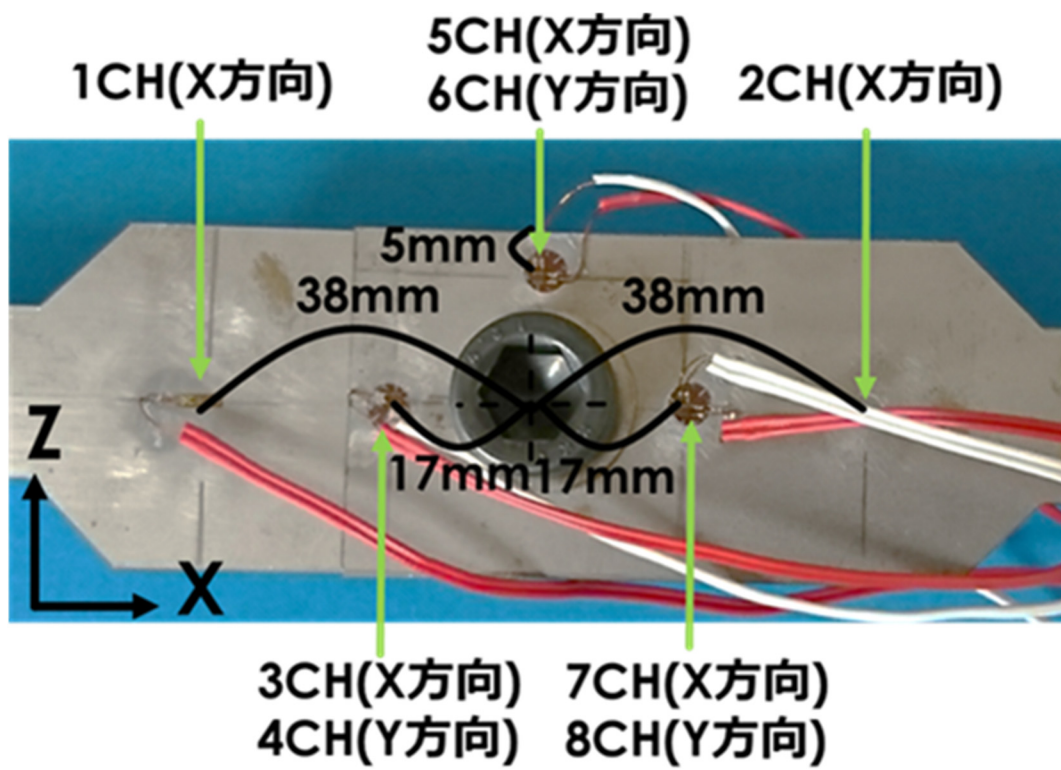


Fig. 3 Strain measurement points of the plates

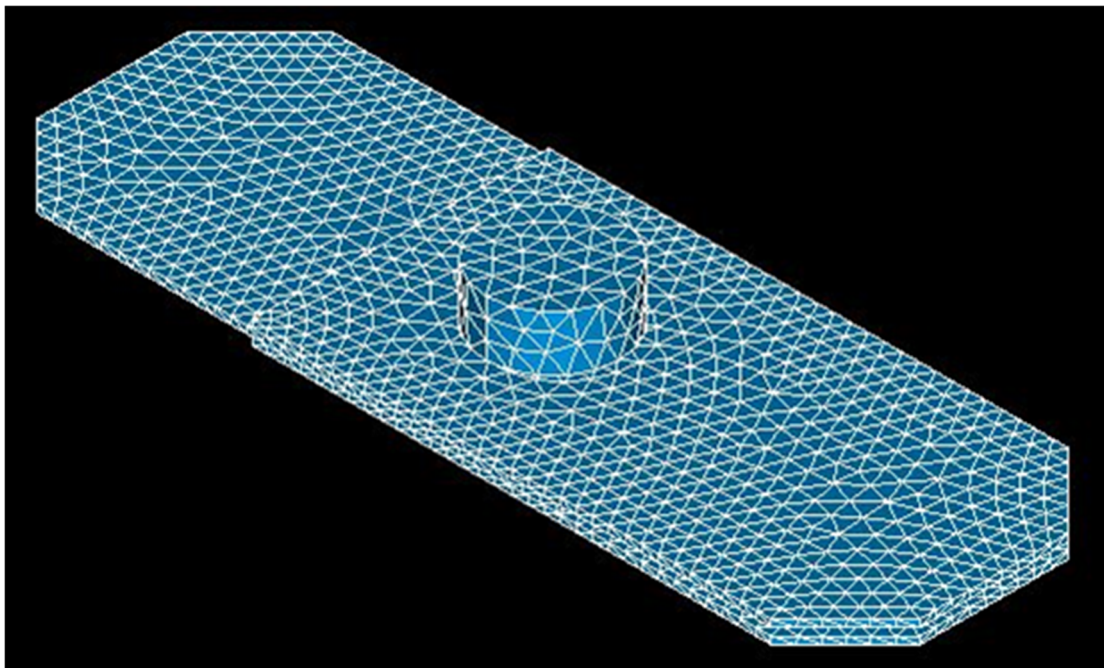


Fig. 4 Finite element subdivisions of the specimen

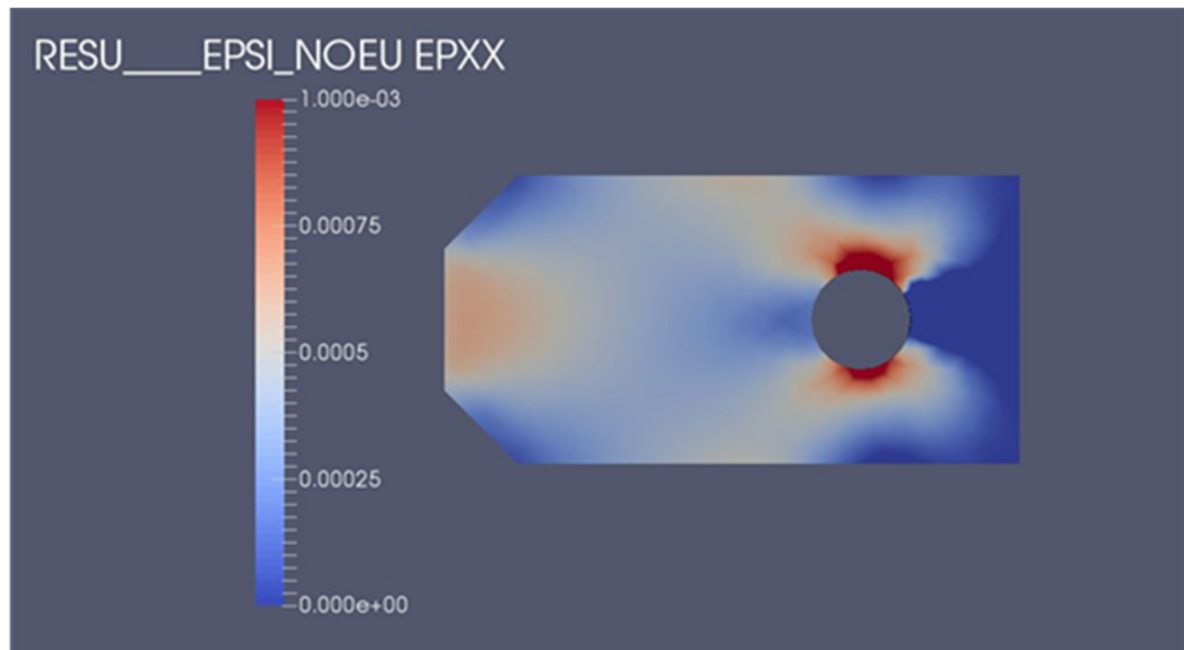


Fig. 5 Strain distributions on Plate D from FEA (strain in the loading direction)

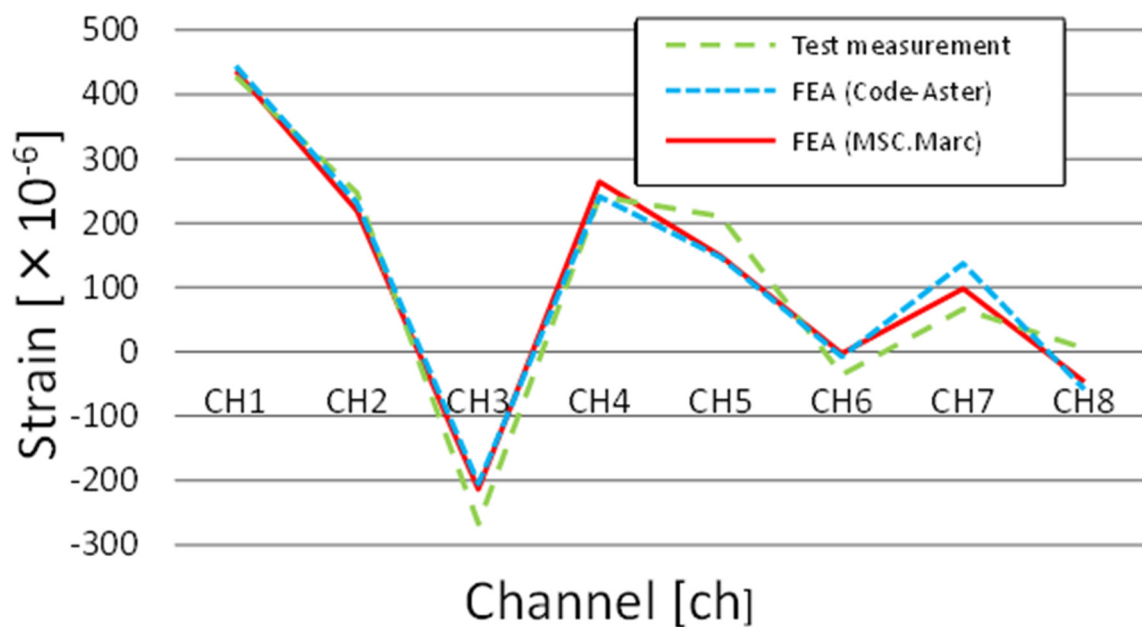


Fig. 6 Comparison between strain measurements and FEA results by Code-Aster and MSC.Marc

## 参考文献

- [1] 藤岡照高, 構造解析ソルバ検証用参照解の整備 (低合金鋼引張試験の Code-Aster による再現), オープン CAE シンポジウム 2015@富山, オープン CAE 学会, 富山, 2015.11.
- [2] 柴田良一, オープン CAE 「Salome - Meca」 構造解析—「弾塑性」「接触」解析編, 工学社, 2016.
- [3] EdF, <http://www.code-aster.org/> (accessed 2018-11-19).
- [4] MSC Software, <http://www.mscsoftware.com/> (accessed 2018-11-19).