

## 太径スレッドローリングねじφ16 引張接合部の有限要素解析による検討

正会員 ○太田紘恵\* 同 川邊裕一\*\*\*  
同 桑原 進\*\* 中島一浩\*\*\*

### 2. 構造—10. 鉄骨構造—e. 接合要素その他

スレッドローリングねじ ねじ接合 引張接合  
有限要素解析 損傷荷重

#### 1. はじめに

昨年度までの研究報告<sup>1)~4)</sup>によりスレッドローリングねじ接合部の力学性状が明らかにされてきた。本報では、有限要素解析を用いて、太径スレッドローリングねじφ16を対象に引張接合部のより詳細な検討を行う。

#### 2. 解析方法

図1に解析モデルと境界条件を示す。解析モデルは、先行して行われた引張接合の接合部実験<sup>3)</sup>の载荷装置を参考にし、図1左下の破線部内、ねじ部と被締結材下板をモデル化する。また、スレッドローリングねじと被締結材は回転体であり、軸対称の応力が作用すると仮定して、解析モデルは軸対称平面モデルとする。ねじ締結部周辺の寸法は図2の規格寸法に従い、最小分割サイズは0.05mm程度である。また、中心軸から被締結材端部までの長さは40mmとし、端部は紙面直行方向周りの回転を自由とする。载荷は、ねじ部上端に強制変位を与える。

図3に入力する材料特性として、真応力度—塑性ひずみ度関係を示す。黒線はねじ部を、灰色線は被締結材を表す。スレッドローリングねじのねじ部は、素材引張試験を行えるほど十分に長くないため、ねじ部のみを取り出した試験片を用いて圧縮試験を行うことで、公称応力度—公称ひずみ度関係を得ている。また、被締結材についても素材引張試験のデータが存在しなかったため、SN490B材の引張試験結果から、SS400材に相当する降伏応力度( $\sigma_y = 235(N/mm^2)$ )に変換したものをを用いる。解析には、汎用非線形解析プログラムMSC. Marc 2016を用いる。

表1に解析モデル一覧を示す。解析変数は、被締結材

板厚および図2のねじ形状等を表す3つの寸法(ねじ山角度 $\alpha$ 、ねじ山かかり高さ $d_1$ 、ねじ山ピッチ $p$ )である。適用寸法については、表中の白い部分が基本形状を、網掛け部分が変数を表し、変数については昨年度行った塑性解析<sup>4)</sup>を参考に設定する。被締結材板厚については、塑性解析結果<sup>4)</sup>から、φ16のねじが軸部の強度を有効に活用できるように必要な最小板厚12mmを基準として、それよりも2サイズ大きいものと小さいものを選択する。

#### 3. 解析結果

図4に解析から得られた荷重—変位関係を示す。(a)は被締結材板厚を変数、(b)はねじ山形状を変数とした場合である。図中の括弧付き数字は解析モデルNo.を示す。ねじ山角度 $\alpha$ を変数とした(4)、(5)は基本形状と大きな相違が見られなかったため、結果を割愛している。ねじ山かかり高さ $d_1$ を変数とした場合は色で区別しており、 $d_1$ が小さいほど、薄い色で表す。また、(8) $p = 1.2(mm)$ は破線で表す。図4(a)では、被締結材板厚が大きくなるほど、初期剛性と最大荷重が高くなる傾向がみられる。(1) $t_p = 6(mm)$ については、塑性化後の剛性が著しく低く、最大荷重に到達するまでに大きく変形している。図4(b)では、ねじ山かかり高さが大きくなるほど、ねじ山ピッチが細くなるほど荷重が高くなる傾向となる。なお、(8) $p = 1.2(mm)$ については耐力劣化を確認できていない。

耐力劣化を確認できないモデルがあるため、最大荷重で比較することができない。そのため、損傷時の荷重で比較する。損傷時の荷重は天井部材などの接合部を設計および評価する際に用いられる指標<sup>5)</sup>であり、初期剛性

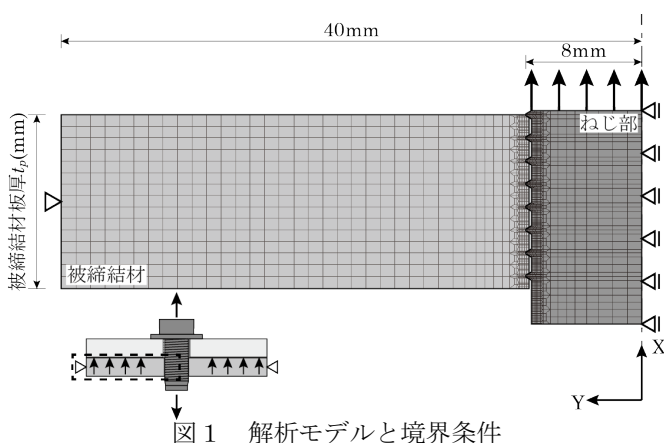


図1 解析モデルと境界条件

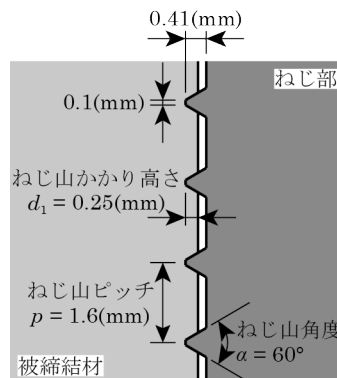


図2 ねじ締結部周辺の規格寸法

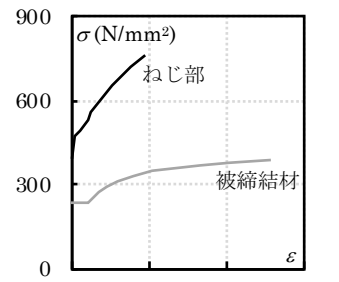


図3 材料特性(真応力度—塑性ひずみ度関係)

の直線 I と、履歴曲線の接線で、1/3 初期剛性となる直線 II の交点における荷重を用いる。

表 1 の右から 2 列目に損傷荷重を、右から 1 列目にそれぞれの損傷荷重を基本形状の損傷荷重で無次元化した値を示す。また、(1)~(3)については、図 5 に荷重-被締結材板厚関係として、有限要素解析結果、塑性解析結果<sup>4)</sup>、および引張接合の接合部実験結果<sup>1)~3)</sup>を重ねて示す。表 1 より、ねじ山かかり高さやねじ山ピッチを変数とした場合には、ねじ山のかかり量が大きくなるほど損傷荷重が高くなる傾向となるが、その差はわずかであり、ねじ山かかり高さやねじ山ピッチは、有限要素解析においては、損傷荷重に大きな影響を与えないことがわかる。図 5 より、有限要素解析の最大荷重は塑性解析の破壊強度や接合部実験の最大荷重より低いが、(3)  $t_p = 19(\text{mm})$  に関しては、実験の最大荷重と有限要素解析の最大荷重がほぼ一致しており、塑性解析の軸部破壊強度にも近い値となっている。

図 6 に(1)~(3)の変形状態と相当応力度分布を示す。変形状態は最大荷重に到達した際の状態であり、変形倍率は等倍である。被締結材板厚が小さい場合には、被締結材が大きく変形する。そのため、ねじ締結部上部ではねじ抜けが発生し、下部のおねじに応力が集中していることがわかる。一方で、(3)  $t_p = 19(\text{mm})$  については、おねじはめねじにかかった状態を保っており、被締結材の板厚方向に対して、すべてのねじ山で応力を負担しているこ

とがわかる。図 5 で被締結材板厚が小さいモデルが実験結果の最大荷重よりも低い値を示したのは、実現象よりも早期にねじ抜けが発生したためであると考えられる。

参考文献

- 1) 鈴木博之：スレッドローリングねじで接合された継手の強度に関する実験的研究，土木学会 構造工学論文集，Vol.61A，2015.3
- 2) 藤井勝義，中島一浩，川邊裕一，桑原進：独自のねじ形状を有するスレッドローリングねじの締結特性，日本建築学会大会学術講演梗概集（広島），C-1，構造 III，pp.681-682，2017.9
- 3) 中島一浩，鈴木博之，川邊裕一：直径 16mm のスレッドローリングねじ引張接合継手に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（広島），C-1，構造 III，pp.683-684，2017.9
- 4) 太田紘志，桑原進，川邊裕一，中島一浩：スレッドローリングねじ接合部引張破壊性状の解析による検討，日本建築学会大会学術講演梗概集（広島），C-1，構造 III，pp.685-686，2017.9
- 5) 一般社団法人建築性能基準推進協会：建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説

表 1 解析モデル一覧と解析結果

No.	被締結材板厚 $t_p(\text{mm})$	ねじ山角度 $\alpha(^{\circ})$	ねじ山かかり高さ $d_1(\text{mm})$	ねじ山ピッチ $p(\text{mm})$	損傷荷重 (kN)	基本形状 (2)との比	
1	6	60	0.25	1.6	8.54	0.26	
2	32.87				1.00		
3	71.55				2.18		
4	12	45	0.125	0.375	32.31	0.98	
5		90			33.00	1.00	
6		60			0.125	29.29	0.89
7					0.375	34.29	1.04
8			0.25	1.2	38.05	1.16	

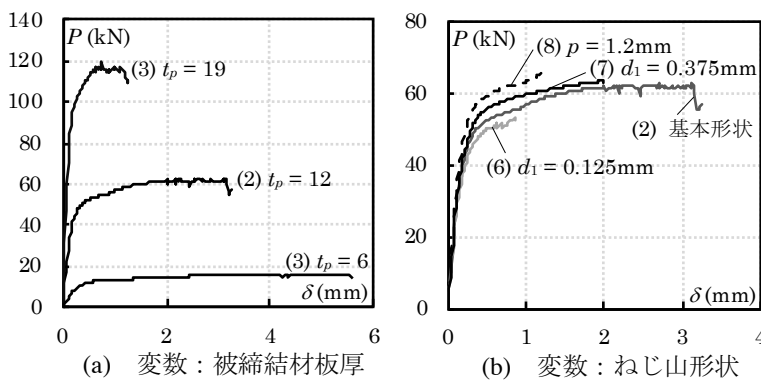


図 4 荷重-変位関係

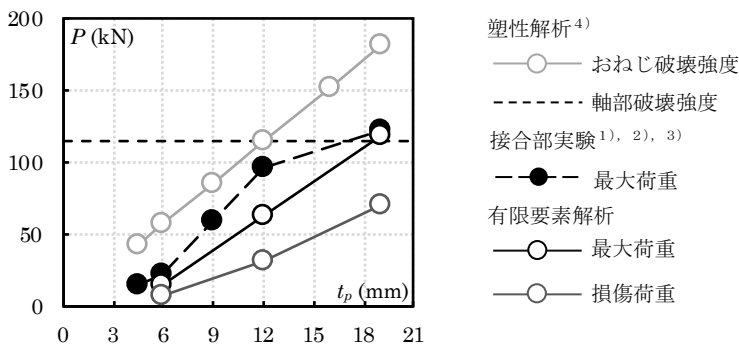


図 5 荷重-被締結材板厚関係

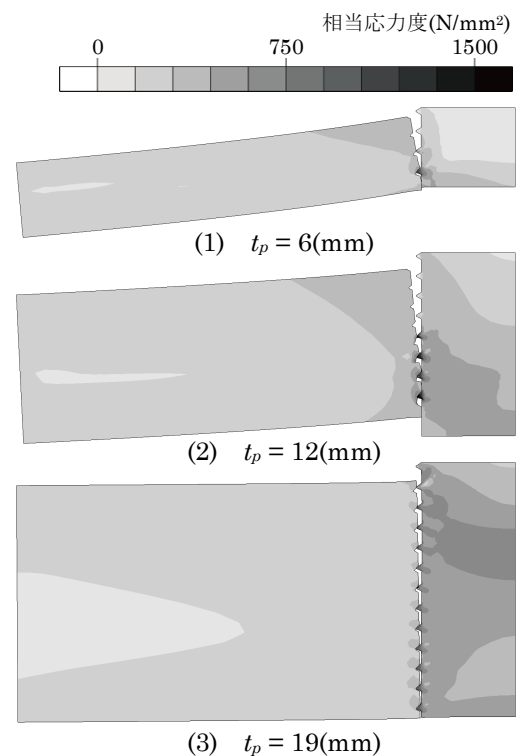


図 6 変形状態と相当応力度分布

\*元・大阪大学大学院 地球総合工学専攻 大学院生  
 \*\*大阪大学大学院 地球総合工学専攻 准教授・博士(工学)  
 \*\*\*ロブテックスファスニングシステム

\*Former Graduate Student, Graduate School of Eng., Osaka Univ.  
 \*\*Associate Prof., Osaka Univ., Dr. Eng.  
 \*\*\*Lobtex Fastening System Co., Ltd.