

スレッドローリングねじの貫通トルクと破壊トルクに及ぼす板厚および孔径の影響

明星大学 正会員 鈴木 博之
(株)ロブテックスファスニングシステム 正会員 ○中島 一浩
(株)ロブテックスファスニングシステム 川邊 裕一

1. はじめに

スレッドローリングねじ¹⁾(以下、ねじ)は、鋼部材同士を片側から接合することができるため、近年、鋼橋の補修・補強に使用された例が報告されている²⁾。このねじの目標ねじ込みトルク TT は、一般に鋼板を貫通したときの貫通トルク TP と、ねじの接合部が破壊したときの破壊トルク TF を用いて定められる³⁾。本研究では、 TT の決定に用いられる TP および TF に及ぼす板厚 t およびねじ孔径 ϕ の影響について調査する。

2. 目標ねじ込みトルク

目標ねじ込みトルク TT とは、図1のように、ねじが鋼板を貫通した時のトルク TP と、ねじの接合部が破壊した時のトルク TF を用いて、一般に次式で求められる。

$$TT = \{ (TP_{av} + 3\sigma_p) + (TF_{av} - 3\sigma_f) \} / 2$$

ここに、 TP_{av} : 貫通トルクの平均値
 σ_p : 貫通トルクの標準偏差
 TF_{av} : 破壊トルクの平均値
 σ_f : 破壊トルクの標準偏差

3. 実験方法

実験に使用したねじを図2に示す。ねじ径は $\phi=8\text{mm}$ と $\phi=12\text{mm}$ であり、試験に用いたねじの本数は各5本である。ねじのねじ込みに使用した鋼板を図3に示す。鋼板の材質はSS400であり、板厚は $t=4.5\text{mm}$, 6.0mm , 9.0mm , 12.0mm である。表1に鋼材の機械的性質を、表2に実験ケースを示す。鋼板には(ねじ径 $\phi-0.5\text{mm}$)の孔を各5個あけた。ただし、ねじ径 $\phi=12\text{mm}$, 板厚 $t=6.0\text{mm}$ の場合は、ねじ孔径の影響を調査するために(ねじ径 $\phi-0.3\text{mm}$)の孔をあけた実験ケースを追加した。ねじのねじ込みにデジタル式トルクレンチを用い、ねじ込みから接合部の破壊までのねじ込みトルク T とねじの回転角 θ を測定した。

4. 実験結果および考察

4.1 板厚の影響

図4にねじ径 $\phi=8\text{mm}$, 図5にねじ径 $\phi=12\text{mm}$ のねじのねじ込みトルク T と鋼板の板厚 t の関係を示す。図中の記号は最大値、最小値および平均値を示している。
図4のねじ径 $\phi=8\text{mm}$ の TP の平均値は、板厚 t の増加に伴って大きくなっている。 TP が板厚 t の増加と共に大きくなっているのは、板厚 t が大きくなると、ねじのはめあい長さが増えるので、おねじとめねじの間の摩擦が増え、トルク T が増加したためである。ねじ径 $\phi=8\text{mm}$ の TF の平均値は、板厚が $t=4.5\text{mm}$ から $t=6.0\text{mm}$

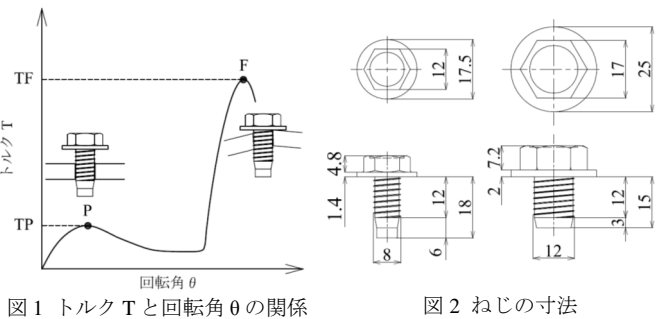


図1 トルク T と回転角 θ の関係

図2 ねじの寸法

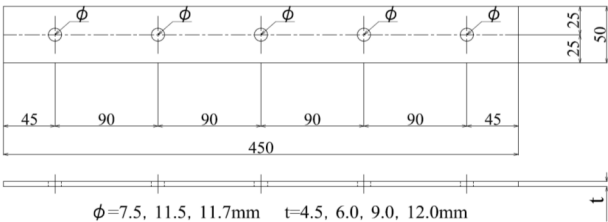


図3 鋼板

表1 鋼材の機械的性質(ミルシート値)

板厚 t mm	降伏点 YP N/mm ²	引張強さ TS N/mm ²	伸び EL %
4.5	387	470	34
6.0	362	470	29
9.0	335	449	30
12.0	323	447	30

表2 実験ケース番号(ねじの本数)

	ねじ径 (mm)		
	φ=8	φ=12	
	孔径(mm)		
板厚t (mm)	φ=7.5	φ=11.5	φ=11.7
4.5	4508(5)	4512(5)	
6.0	6008(5)	6012(5)	L6012(5)
9.0	9008(5)	9012(5)	
12.0	1208(5)		

に厚くなると 10.5Nm 増加しているが、板厚が $t=6.0\text{mm}$, 9.0mm , 12.0mm では、 TF に有意な違いは認められない。この違いは、破壊モードの違いに起因するものと思われる。板厚が $t=4.5\text{mm}$, 6.0mm では、ねじが破壊していないので、鋼板に形成されたためねじが破壊したものと推察されるが、板厚が $t=9.0\text{mm}$, 12.0mm では、ねじがせん断破壊した。めねじの破壊を写真1に、ねじのせん断破壊を写真2に示す。板厚が $t=6.0\text{mm}$ と $t=9.0\text{mm}$,

12mm の TF はほぼ等しく、板厚が $t=6.0\text{mm}$ の場合もねじのせん断破壊が生じる可能性があったものと思われるが、今回の実験では鋼板に形成されたためねじの破壊となった。したがって、本研究の範囲においては、板厚 $t=6.0\text{mm}$ がめねじの破壊とねじのせん断破壊の分岐点に相当するものと思われる。

板厚が $t \geq 9.0\text{mm}$ になると、TF がほぼ一定になるのは、鋼板が厚くなると鋼板に形成されたためねじの強度がねじの強度より大きくなり、接合部の強度がねじの強度によって決まるためである。ねじ径 $\phi=8\text{mm}$ のねじの場合は、ねじのフランジと鋼板表面の摩擦力よりもねじのせん断強度が低いため、ねじがせん断破壊した。

図 5 のねじ径 $\phi=12\text{mm}$ の TP の平均値は、板厚が $t=4.5\text{mm}$ から $t=6.0\text{mm}$ に厚くなっても変化していないが、板厚が $t=6.0\text{mm}$ から $t=9.0\text{mm}$ に厚くなると、TP が大きく増加しているため、板厚 t をさらに厚くすると TP も増加するものと推察される。

図 5 のねじ径 $\phi=12\text{mm}$ の TF の平均値は、板厚が $t=4.5\text{mm}$ から $t=6.0\text{mm}$ に厚くなると 22.4Nm 増加しており、板厚が $t=6.0\text{mm}$ から $t=9.0\text{mm}$ に厚くなると 55.6Nm 増加している。板厚が $4.5\text{mm} \leq t \leq 9.0\text{mm}$ において、TF と板厚 t がほぼ線形関係になったのは、ねじ径 $\phi=12\text{mm}$ のねじを用いたため、ねじの強度が鋼板に形成されたためねじの強度より大きくなったため、接合部の破壊が鋼板のめねじ破壊となり、TF がねじのはめあい長さに依存したためである。

ねじ径 $\phi=12\text{mm}$ のねじの場合は、板厚 t によらず全ての試験片がめねじの破壊であった。

4.2 孔径の影響

図 5 には板厚が $t=6.0\text{mm}$ 、ねじ径 $\phi=12\text{mm}$ 、鋼板の孔径が $\phi=11.7\text{mm}$ (ねじ径 $\phi=0.3\text{mm}$) の場合のねじ込みトルク T と鋼板の板厚 t の関係も示している。

鋼板の孔径が $\phi=11.5\text{mm}$ の TP の平均値は 28.0Nm 、孔径が $\phi=11.7\text{mm}$ の TP の平均値は 21.8Nm であり、孔径 ϕ が大きくなると TP は小さくなった。また、孔径が $\phi=11.5\text{mm}$ の TF の平均値は 133.0Nm 、孔径が $\phi=11.7\text{mm}$ の TF の平均値は 100.4Nm であり、孔径 ϕ が大きくなると TF は小さくなった。これは、鋼板の孔径 ϕ が大きくなると、ねじと鋼板とのねじのかかりが浅くなり、おねじとめねじの間の摩擦が減り、トルク T が小さくなったためである。

5. まとめ

本研究の範囲において、以下のことが分かった。

- (1) ねじ径 $\phi=8\text{mm}$ の TP は、板厚が $4.5\text{mm} \leq t \leq 12.0\text{mm}$ においては、板厚 t が厚くなると共に増加する関係にあった。
- (2) ねじ径 $\phi=8\text{mm}$ の TF は、板厚が $t=4.5\text{mm}$ 、 6.0mm では増加し、鋼板に形成されたためねじが破壊した。板厚が $6.0\text{mm} \leq t \leq 12.0\text{mm}$ では TF はほぼ一定であり、ねじがせん断破壊した。
- (3) ねじ径 $\phi=12\text{mm}$ の TP は、板厚が $t=4.5\text{mm}$ 、 6.0mm では変化が無かったが、板厚が $t=9.0\text{mm}$ になると TP は大きく増加した。
- (4) ねじ径 $\phi=12\text{mm}$ の TF は、板厚 t が厚くなると共に増加する関係にあり、鋼板に形成されたためねじがせん断破壊した。
- (5) ねじ径 $\phi=12\text{mm}$ 、板厚が $t=6.0\text{mm}$ の場合、鋼板の孔

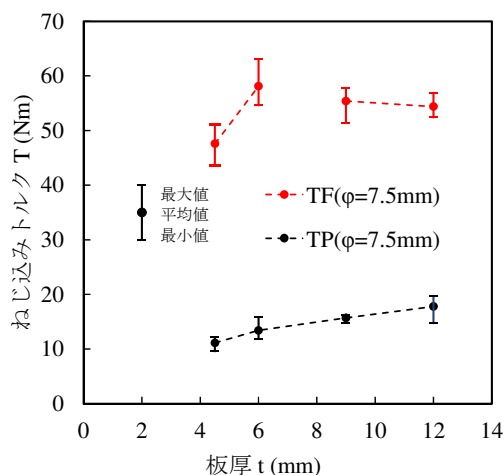


図 4 ねじ径 $\phi=8\text{mm}$ のねじ込みトルク T に及ぼす板厚 t の影響

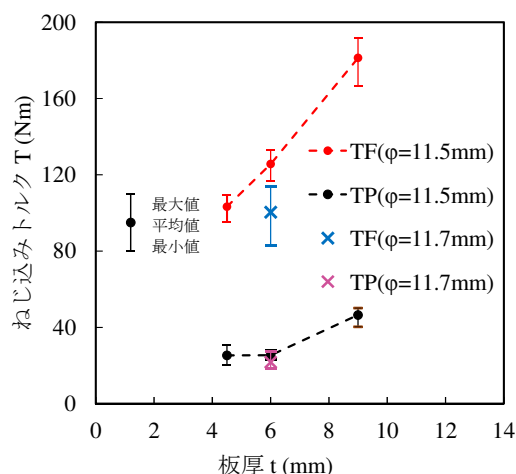


図 5 ねじ径 $\phi=12\text{mm}$ のねじ込みトルク T に及ぼす板厚 t の影響



写真 1 めねじの破壊

写真 2 ねじの破壊
実験ケース 9008

実験ケース 6008

径 ϕ が大きくなると、ねじと鋼板とのねじのかかりが浅くなり、TP および TF は小さくなった。

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，構造工学論文集 Vol.61A, P614-626, 土木学会, 2015 年 3 月
- 2) 坂本千洋, 小西日出幸, 奥村信太郎, 坂野昌弘：U リブ鋼床版垂直補剛材上端部に対する下面からの疲労対策，鋼構造年次論文報告集，第 27 巻, P815-823, 日本鋼構造協会, 2019 年 11 月
- 3) 鈴木博之, 川邊裕一, 中島一浩：スレッドローリングねじの締付けトルクに関する実験的検討，鋼構造年次論文報告集，第 27 巻, P99-106, 日本鋼構造協会, 2019 年 11 月

謝辞：本研究の実施にあたり、吉田悠斗君（研究当時、明星大学 4 年生）の協力を得た。記して感謝の意を表します。