

テーパーネジを用いた鉄筋継手の 締付トルクと疲労強度との関係

1120293 岡上 将士
高知工科大学 工学部 社会システム工学科

近年、鉄筋同士を継ぐ場合にはガス圧接が主流となっており、コンクリート標準示方書[設計編]にガス圧接の設計強度は一般に母材の場合の70%としてよいと書かれている。しかし、ネジを用いた継ぎ手の場合が記されていないためモデル化することが必要であると考えた。そこで本研究ではテーパーネジを用いた継手をトルク別に四種類使用し、疲労実験を基にモデル化を行った。実験結果はテーパーネジの締付トルクによって疲労強度が変化しているため、締付トルクを条件として与えてモデル式を立てた。

Key Words : 疲労強度、疲労試験、テーパーネジ、締付トルク、鉄筋継手

1. はじめに

建造物の設計を行う場合は建造物の使用年数に対して、材料の疲労強度が達しているのかを照査などしなければならない。

しかし、母材鉄筋の疲労強度は設定されているものの、橋など長さを必要とする建造物の場合は鉄筋を継ぐということを余儀なくされる。だが、継手にした場合は母材よりも強度は弱く、近年主流となっているガス圧接での継手は母材鉄筋の疲労強度の70%とされている。

だが、コンクリート標準示方書[設計編]に記載されているのは溶接やガス圧接の場合しか設定されておらず、ネジの継手については記載されていないためモデル化を行う必要があると判断した。

本研究ではテーパーネジを用いた継手を使用して疲労試験を行い、鉄筋が破断もしくは想定回数を越えたところで実験の完了としその実験値を基にモデル化するものである。

2. 現行の疲労強度算定式

今現在定式化されている母材鉄筋の疲労強度算定式は式(1)である。²⁾

$$f_{srd} = \frac{10^{a_r}}{N^k} \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{\min}}{f_{suk}} \right) / \gamma_s \quad (1)$$

ここに、 f_{suk} : 異形鉄筋の母材の設計引張疲労強度 (N/mm^2)

N : 疲労寿命(回)

$$a_r = 3.09 - 0.003\phi \quad : N \leq 2 \times 10^6$$

$$= 2.71 - 0.003\phi \quad : N > 2 \times 10^6$$

ϕ : 鉄筋の直径 (mm)

$$k = 0.12 \quad : N \leq 2 \times 10^6$$

$$= 0.06 \quad : N > 2 \times 10^6$$

σ_{\min} : 鉄筋の最小引張応力度または永久荷重作用時の設計応力度 (N/mm^2) で、圧縮応力を受ける場合には一般に0とする。

f_{suk} : 鉄筋の引張強度の特性値 (N/mm^2)

今回使用した異形鉄筋を引張試験し

て得られた $371 \text{N}/\text{mm}^2$ を使用する。

γ_s : 鉄筋の材料係数 (一般に1.05)

2007年制定コンクリート標準示方書(設計編本編, 疲労強度)にはガス圧接部の設計疲労強度は、一般に母材の場合の70%としてよい。また、溶接により組み立てを行う鉄筋及び折り曲げ部を有する鉄筋の疲労強度は、母材の場合の50%としてよいと書かれている。¹⁾

2.0×10^6 回程度以下の試験データにより定めた S-N 線の傾きをそのまま用いた安全側の式としている。

式(1)には前述した通り、テーパーネジを用いた継手部の強度は考慮されていない。

3. 実験

3. 1 実験条件

テーパネジを用いた標準タイプトルク固定方式の継手を使用し、10、40、70、100Nmのトルクで締めつけた試験体を用意した。実験はそれぞれの試験体にかかる振幅応力を変化させ、破断もしくは推測していた回数まで試験を行う。

2. 2 材料

(1) 鉄筋

実験に使用した鉄筋継手の条件を表一1に示す。

試験体一本の長さは360mm、継ぎ手部の長さが40mm、継手部から両端までを160mmにしている。

表一1 使用鉄筋条件

使用鉄筋	SD345 D13	
継手部・締付トルク	テーパー10Nm	テーパー40Nm
使用本数	6本	6本
継手部・締付トルク	テーパー70Nm	テーパー100Nm
使用本数	6本	5本

3. 3 載荷

M T S モデル810材料試験機に鉄筋の掴み部長さを80mmとして設置し、試験体別の振幅応力は自荷重を想定した1.5kNを下限荷重として、上限荷重を変化させることで載荷と除荷を5Hzの振幅速度で繰り返し、疲労を蓄積させる。

試験機への設置にあたり、他の疲労試験では掴み部での応力集中による破断は継手部が母材鉄筋よりも疲労強度が弱いということを踏まえて起きないとし、そのまま設置しても問題ないと判断した。



写真一1 疲労試験

4 実験結果及び考察

4. 1 実験結果

破断箇所は継手の上部、下部の差はあるもののテーパネジ部と母材鉄筋の境界付近で破断している。

実験値に忠実な仮定したものを図一1に示す。そして、疲労回数を変数として式(2)を仮定式とした。

仮定式

$$\log \frac{f_{sr}}{1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}}} = k - a_r \times \log N \quad (2)$$

$$10\text{Nm} : k = 3.48 \quad a_r = 0.220$$

$$40\text{Nm} : k = 3.455 \quad a_r = 0.212$$

$$70\text{Nm} : k = 3.36 \quad a_r = 0.185$$

$$100\text{Nm} : k = 3.29 \quad a_r = 0.166$$

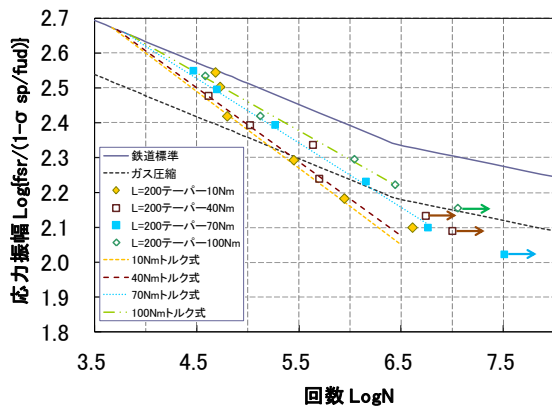


図-1 S-N線 (仮定式)

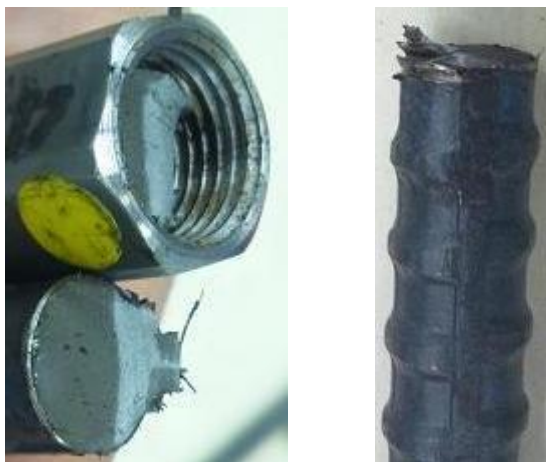


写真-2,3 鉄筋継手破断面

4.2 定式化

高応力振幅の場合は仮定式に当てはめると母材鉄筋よりも疲労強度が強くなってしまいうため、鉄道標準式と等しいとする。

また、 $N > 2 \times 10^6$ では母材鉄筋同様疲労強度が強くなるため今回定式化はしない。

よって、今回は $N \leq 2 \times 10^6$ において仮定式から鉄道標準式との交点と傾きを導き、テーパネジの締め付けトルク別に疲労強度を導き出せるようにする。

(1) 交点 $\log N_t, \log \sigma_t$

鉄道標準式(3)と仮定式(2)を使い、トルクを変数とし定式化すると式(4)となる。

式(4)によって算出した $\log N_t$ の値を式(3)に再び代入して $\log \sigma_t$ を導き出す。

$$\log \frac{f_{sr}}{1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}}} = 3.11 - 0.12 \log N \quad (3)$$

$$\log N_t = 2.06 \times 10^{-3} t + 3.65 \quad (4)$$

ここに t : トルク (Nm)

$$\log \sigma_t: \text{トルク毎の } \log \frac{f_{sr}}{1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}}}$$

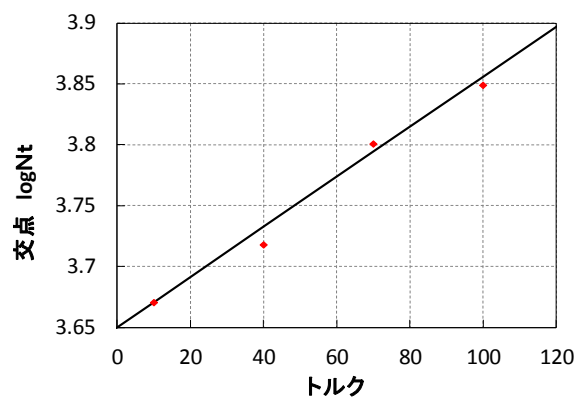


図-2 交点-トルク

(2) 傾き a_r

仮定式より傾きを図3に示す。

継手は母材鉄筋の疲労強度は超えられないと考え、傾きを0.12に終結するとし、ロジスティック曲線式を用いて定式化したのが式(4)である。

$$a_r = 0.12 + \left(\frac{0.105}{1 + 0.050e^{-0.034t}} \right) \quad (4)$$

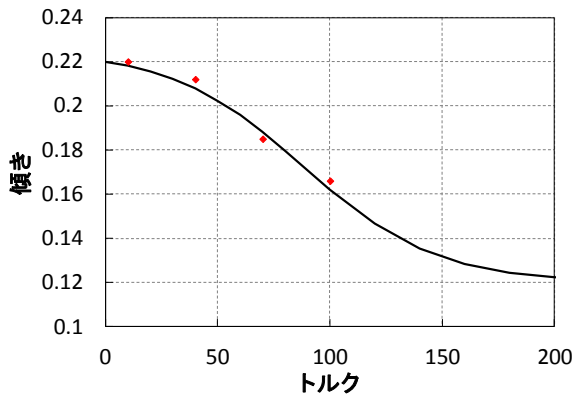


図-3 傾き-トルク

(3) 定式化

導き出した交点と傾きを使用し、式(5)に当てはめることでテーパネジのトルク別疲労強度を導き出すことができ、実験結果と定式化した値を図4に示す。

$$\log \frac{f_{sr}}{1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}}} = \log \sigma_t - a_r (\log N - \log N_t) \quad (5)$$

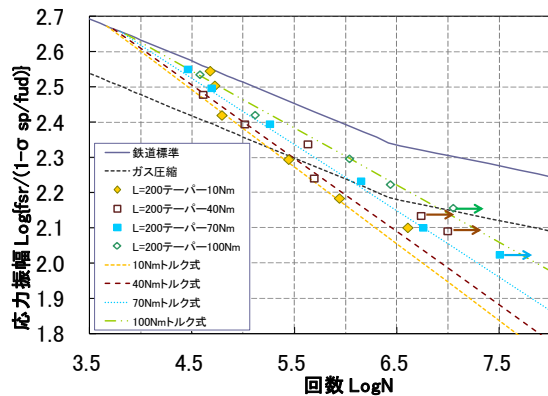


図-4 S-N線 (定式化)

4. 3 考察

今回の実験で定式化したのは $N \leq 2 \times 10^6$ であるが、図5に示すとおり低応力振幅高疲労回数では定式化した式よりも疲労強度を発揮している。

考え得る可能性としては、母材鉄筋でもそうであるように鋼材の特徴である疲労限界に起因してモデルよりも疲労強度が表れていると推測できる。

そのため、今回定式化した式と疲労限界域に

達した場合の式、それらの変異点を見つけることが必要である。

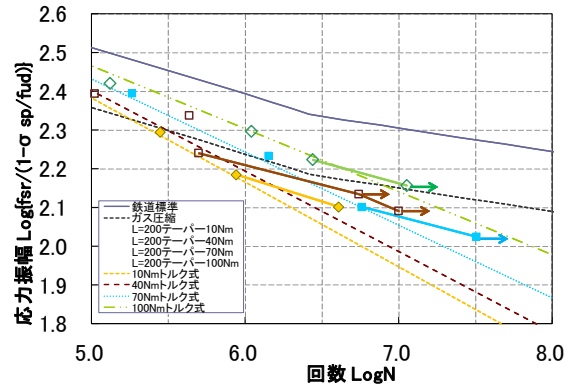


図-5 S-N線 (低応力振幅域)

5 まとめ

本研究では以下の結論を得られた。

- (1) テーパーネジを用いた鉄筋継手のS-N関係は締付トルクに影響を受け、高トルクでは疲労強度が高くなる。
- (2) 低応力振幅では鉄道構造物等設計標準のように二折れ線になると考えられる。²⁾
- (3) 定式化する式は低応力振幅域において安全側として使用することができる。

謝辞

本研究を行うにあたり、高知工科大学社会システム工学科の宮地日出夫から技術指導頂きました。ここに記して深謝します

参考文献

- 1) 土木学会：2007年制定コンクリート標準示方書 (設計編本編, 疲労強度), pp. 58-60, 2002
- 2) 吉田幸司, 鎌田卓司, 谷村幸裕, 佐藤勉：高繰返し回数での異形鉄筋の疲労強度に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol. 25, No. 2, 2003