

コンクリート充填鋼管T継手のホットスポット応力に対する幾何学パラメータの影響

長崎大学 学生会員 ○葛 亜静 長崎大学 学生会員 鄭 建 長崎大学 正会員 中村 聖三
長崎大学 正会員 奥松 俊博 長崎大学 正会員 西川 貴文

1. はじめに

鋼管構造は土木や建築などの分野で広く利用されている。鋼管の中にコンクリートを充填することで、耐荷力が顕著に向上するため、近年コンクリート充填鋼管(CFST)アーチ橋が中国で多く採用されている。中国のCFSTアーチ橋においては、アーチをトラスで構成したトラスアーチ形式が多く用いられている。しかし、CFST継手の疲労設計法は未整備であり、実際、その溶接継手部に疲労破壊が生じた例が報告されている。CFST継手のような複雑な継手の疲労照査には、一般にホットスポット応力(HSS)が用いられる。本研究ではCFSTアーチ橋のHSSによる疲労設計法を確立することを最終目的として、T形継手を対象に幾何学パラメータがホットスポット応力に及ぼす影響を有限要素解析により検討する。

2. 検討対象幾何学パラメータ

既往のT形鋼管継手の研究で、着目部のHSSには主管の径厚比 $\gamma(=D/2t)$ 、支管と主管の板厚比 $\tau(=t/T)$ 、支管と主管の直径比 $\beta(=d/D)$ の3つのパラメータがHSSに主として影響することが報告されているため、本研究でもこの3つのパラメータ γ 、 τ 、 β に着目した検討を行う。ここで、 D は主管の直径、 d は支管の直径、 T は主管の板厚、 t は支管の板厚である(図1参照)。主管と支管のなす角は 90° に固定する。 γ 、 τ 、 β の値については、表1のように設定する。これは中国のCFSTアーチ橋の実績調査結果に基づき各パラメータの上下限値を決定し、その間で等間隔となるよう設定したものである。

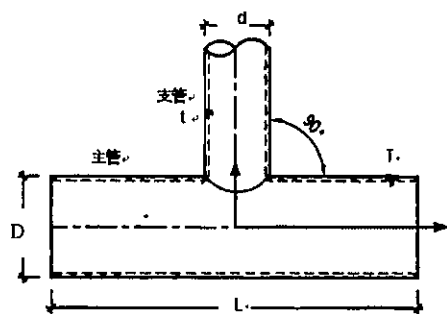


図1 パラメータの定義

表1 パラメータの値

	γ	τ	β
1	20	0.4	0.3
2	25	0.6	0.4
3	30	0.8	0.5
4	40	1.0	0.6

3. 有限要素モデル

汎用有限要素解析(FEA)ソフト MSC.Marc を用いて対象継手の線形弾性FE解析を実施し、溶接継手の主管側および支管側のホットスポット応力を算定する。境界条件は主管の両端をヒンジ支点とし、支管に軸力を作用させる。

3.1 要素タイプ

本研究のような解析を行う場合、鋼管をシェル要素、充填コンクリートをソリッド要素でモデル化することが考えられるが、その場合、鋼管の板厚中心とコンクリート表面の距離や溶接ビードをどのように考慮するかが問題となる。そのため本研究では、鋼管、コンクリートおよび溶接ビードのすべてに8節点ソリッド要素を利用する。

3.2 要素分割

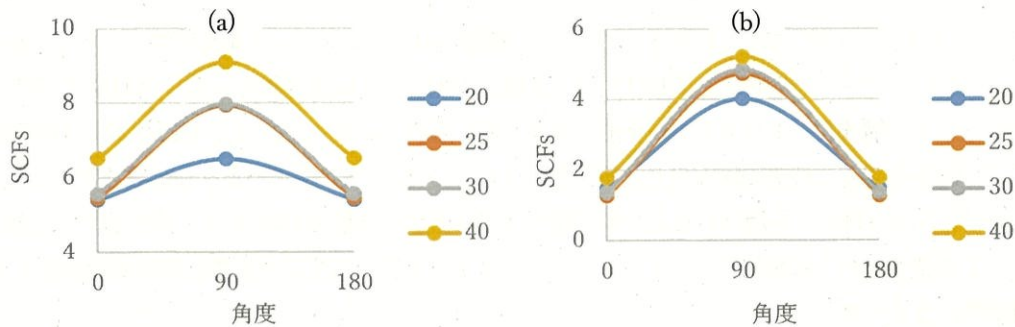
メッシュサイズの大きさは、ホットスポット応力に大きく影響するため、精確なホットスポット応力を得るためには、溶接ビード周辺を十分細かいメッシュにする必要がある。本研究では、主管と支管の厚さによって、溶接継手周辺のメッシュサイズを、支管の板厚が $t \leq 8\text{mm}$ のとき 2mm 、 $t < 16\text{mm}$ のとき 3mm 、 $t \geq 16\text{mm}$ のとき 4mm とする。コンクリートは鋼管のメッシュ分割に適合するメッシュとし、鋼管の厚さ方向を3分割にする。

キーワード：コンクリート充填鋼管、疲労設計、ホットスポット応力、有限要素解析

連絡先：〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学大学院工学研究科 Tel:095-819-2613

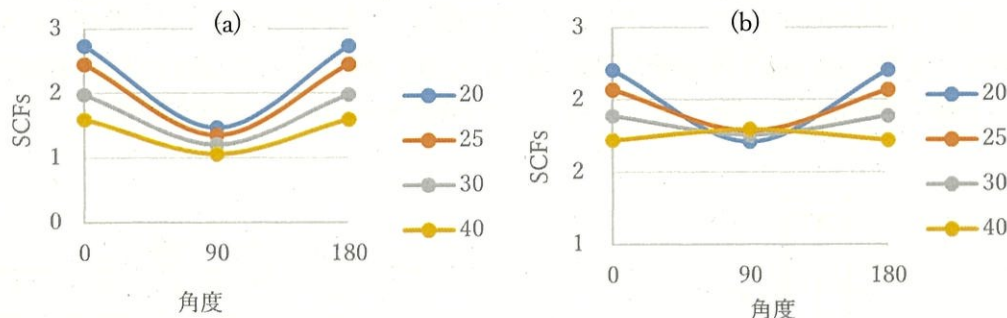
3.3 鋼管・コンクリート接触面のモデル化

支管に引張力が作用した際に、主鋼管とコンクリートが剥離することを考慮ため、Marc の“Touch”機能を利用する。“Touch”機能を用いることで、鋼管・コンクリート接触面における接線方向の剥離、接線方向の摩擦挙動を考慮することが可能になる。既往の研究により鋼管・コンクリート間の摩擦係数が0.2~0.6であることが報告されているため、本研究では別途実施した実験結果との比較に基づき、摩擦係数を0.3と設定する。



(a) 主管 (b) 支管

図2 引張力作用下における γ の値ごとの SCF 分布



(a) 主管 (b) 支管

図3 圧縮力作用下における γ の値ごとの SCF 分布

4. 解析結果と考察

本文では紙面の制約より、主管の径厚比 γ の影響のみを示す。図2には、 $\tau=1.0$, $\beta=0.5$ の場合における引張力作用下での HSS に対する応力集中係数(SCF)の分布を、 γ の値ごとに示している。図3は圧縮力作用下における同様の図である。0°と180°は溶接線のクラウンであり、90°はサドルである。HSSは溶接止端からの距離が0.4t, 1.0tの2点における主応力を用いた外挿法より算定した。応力集中係数はHSSと支管公称応力の比である。これらの図から、引張力作用下では主管・支管ともにクラウンと比べてサドルのSCFのほうが大きい一方、圧縮力作用下では主管クラウンのSCFがサドルより大きいことがわかる。支管では、クラウンとサドルにおけるSCFの大小関係が γ の値によって変化している。また、引張荷重下ではおおむね γ の増加とともにSCFも増加する傾向があるのに対して、圧縮力作用下では、 γ の増加とともにSCFが減少する傾向が見て取れる。

5. おわりに

本研究では主管の径厚比 γ 、支管と主管の板厚比 τ 、支管と主管の直径比 β の3つのパラメータを変化させた有限要素解析を実施して、各パラメータがホットスポット応力に及ぼす影響を調査した。今後その結果に基づき、疲労設計に用いるホットスポット応力を構造パラメータの関数として定式化することを試みる予定である。

参考文献

- [1] Wang, K. et al. “Fatigue behavior of welded T-joints with a CHS brace and CFCHS chord under axial loading in the brace”. Journal of Bridge Engineering, 2013.
- [2] Zheng, J. et al. “Validation of Finite Element Model of Concrete-filled Steel Tubular (CFST) T-joint for Hot Spot Stress Calculation”.