

複数の縦補剛材を有する補剛板の数値解析におけるモデル化について

熊本大学大学院 学生会員 ○鶴田 峻真
IHI インフラシステム 正会員 竹嶋 夏海
早稲田大学 正会員 小野 潔

熊本大学大学院 正会員 松村 政秀
IHI インフラシステム 正会員 岡田 誠司

1. はじめに

補剛板の耐荷力解析では、初期たわみや残留応力などの初期不整は製作誤差の許容できる最大値を考慮して耐荷力を評価できるように設定される。モデル化の範囲に着目すると、補剛板パネルのうちダイアフラムと断面角部で囲まれた部分を周辺が単純支持された補剛板としてモデル化されることがある。しかし、モデル化範囲におけるダイアフラム位置や縦補剛材端部の支持条件に因って耐荷力の評価結果が異なることが想定される。また、複数本の縦補剛材を有する補剛板の耐荷力を縦補剛材と板パネルの有効部分からなる T 型の柱モデル^{1),2)}を用いて評価できると実務設計上、有能である。しかし、縦補剛材本数が異なる場合の柱モデル適用の妥当性は必ずしも明確ではないことから、本研究では、複数の縦補剛材を有する補剛板を対象に、モデル化の違いが解析結果に与える影響を比較し、その耐荷力評価への柱モデル適用の妥当性の検証する。

2. 解析条件

解析対象は、各補剛板パネルに複数本（2 本、4 本、6 本）の縦補剛材を有する正方形断面柱とする。図-1 に示すように、各補剛板パネルに 2 本の縦補剛材を有する場合を例にとると、着目するモデル化は、全断面モデル（SC モデル）、1 本の縦補剛材と縦補剛材間の板パネルの有効幅部分からなる柱モデル（TC モデル）である。図-2 に拘束条件を示す。TC モデルにおける板パネルの有効幅 b_l は縦補剛材本数が 4 本以上であるとき $b_l = b/n$ として補剛板の終局強度は評価できるとされている²⁾ため本研究でも同一とした。表-1 にモデル諸元を示す。板パネルおよび縦補剛材の鋼種は SM490 とし、初期不整には残留応力および初期たわみを考慮する。初期たわみは、座屈固有値解析の結果から、板パネル、縦補剛材いずれも長手方向に $na/2$ 波の初期たわみ波形を正弦波で導入する。残留応力は、補剛板パネルで自己平衡を満たすように縦補剛材の付け根位置に $1.0 \sigma_{yp}$ （引張）、板パネル中央に $-0.3 \sigma_{yp}$ （圧縮）を導入する。ここで、 σ_{yp} は板パネルの降伏応力を表す。要素には 3 節点の一定ひずみ要素を用い、要素分割数は、板パネルの局部座屈変形を考慮できるよう縦補剛材間の板パネルの板幅 b_l を 8 分割、縦補剛材の高さ h_s を 8 分割とし、板厚方向の積分点数を 5 とする。解析では、初期不整を導入後、載荷辺に強制変位を漸増させる。解析には弾塑性有限変位解析プログラム EPASS/USSP³⁾を用いる。

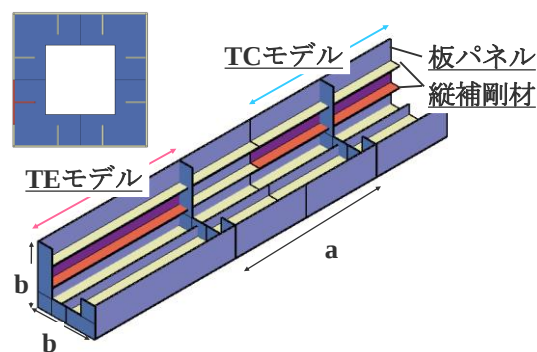
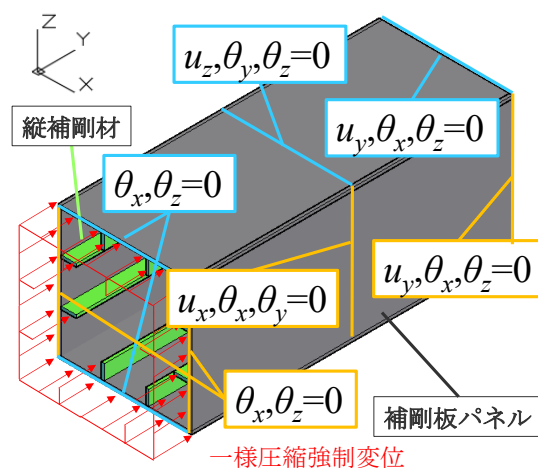
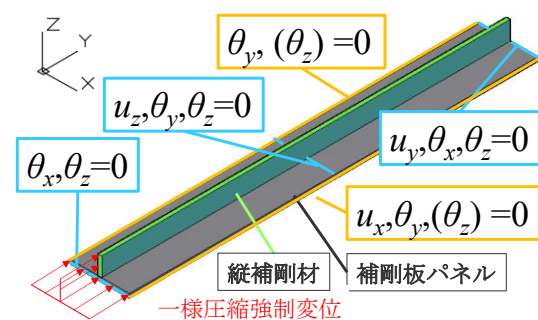


図-1 正方形断面柱



(a) SC モデル



(b) TC モデル

図-2 正方形断面柱

キーワード 補剛板, FEM 解析, モデル化, 圧縮特性

連絡先 〒860-0855 熊本市中央区黒髪 2-39-1 熊本大学工学部 TEL 096-342-3546

表-1 解析モデル諸元

n	b (mm)	a (mm)	h (mm)	t (mm)	t_s (mm)	α	R_R	R_S	R_F	γ / γ^*
3	1940	1940	189	30	30	1.00	0.45	0.40	0.45	1.00
5	3235	3235	281	30	30	1.00	0.45	0.60	0.45	1.00
7	4528	4528	363	30	30	1.00	0.45	0.77	0.45	1.00

3. 解析結果

荷重変位関係を図-3 に示す．同図の縦軸および横軸は，降伏荷重 P_y および降伏変位 u_m でそれぞれ無次元化している．同図より，初期剛性はサブパネル数 n が異なっても一致しているが，実線で示される TC モデルは点線で示される SC モデルと比較して，最大荷重は縦補剛材の本数の少ない n3，n5 モデルでは小さく，n7 モデルでは若干大きい．最大荷重時の変位はそれぞれのサブパネル数において概ね一致している．

$u/u_y = 2$ 時における y 方向の応力コンター図を図-4 に示す．同図より，n5_SC モデルでは，モデル y 方向プラス側は，縦補剛材の先端に降伏応力に近い引張応力が，板パネルには圧縮応力が作用している．モデル y 方向マイナス側は，縦補剛材の先端に圧縮応力が作用しているが，縦補剛材の板パネルとの付け根位置には作用していない．これは n5_TC モデルにおいても確認できる．同様な傾向は，n3 モデルおよび n7 モデルにおいても確認できたことから，サブパネル数 n によらず，TC モデルにより SC モデルの変形モードおよび応力状態を十分に再現できているといえる．

4. まとめ

本研究では，複数の縦補剛材を有する補剛板のモデル化の違いによる解析結果の違いを検証した．以下に，得られた知見をまとめる．

- 1) 柱モデルは全断面モデルに比べ，初期剛性および最大荷重時の変位は概ね一致するものの，最大荷重はサブパネル数 n により異なる．
- 2) $u/u_y < 2$ 程度では，TC モデルを用いて SC モデルの変形モードおよび応力状態を再現できる．

引き続き，TC モデルにおける板パネルの有効幅の設定や終局荷重の評価法に関し検討を進める．

参考文献

- 1) 奈良 敬, 小松 定夫, 北田 俊行, 連続補剛板の極限圧縮強度特性に関する研究, 土木学会論文集, 392 号, p. 273-280, 1988.
- 2) 奈良 敬, 小松 定夫, 補剛された圧縮板の極限強度曲線に関する統計学的研究, 土木学会論文集, 392 号, p. 289-296, 1988.
- 3) Masato Kano, Masahide Matsumura and Toshiyuki Kit-ada : Development of an elasto-plastic and finite displacement dynamic analysis system for spatial bridge structures consisting of thin-walled steel and composite members, IABSE Reports, Vol.92, pp.102-103, 2006.9.

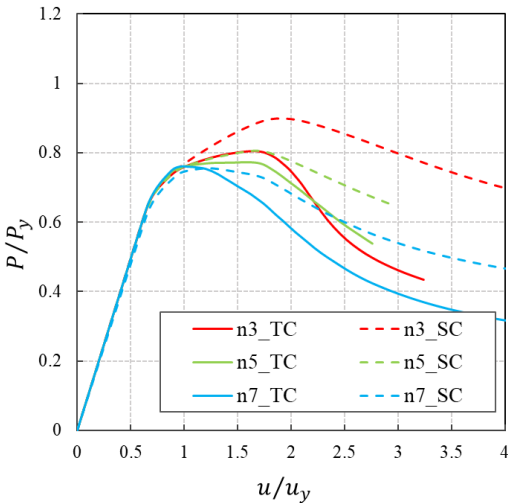


図-3 荷重変位関係

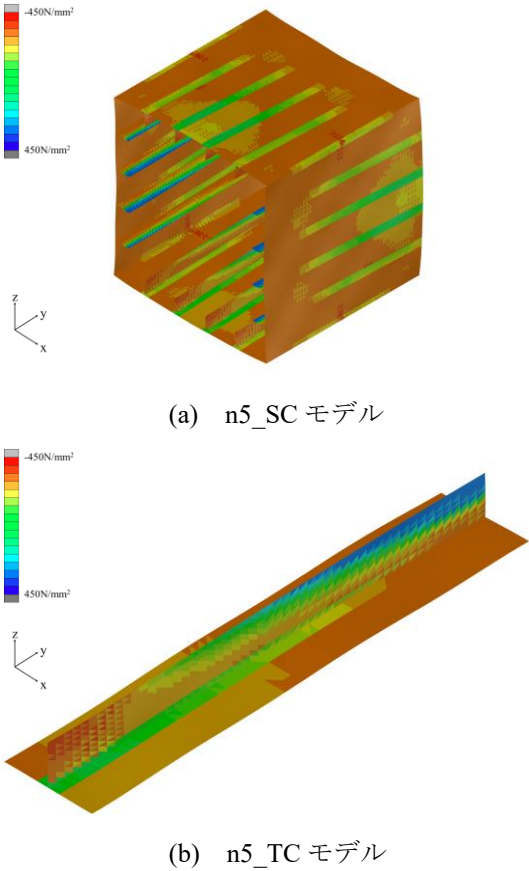


図-4 y 方向応力コンター図