

インナー・ブレース配置による箱形断面部材の局部座屈抑制効果について

大阪市立大学大学院 学生員○谷 一成
大阪市立大学大学院 正会員 北田俊行

大阪市立大学大学院 正会員 松村政秀
阪神高速道路公団 正会員 林 秀侃

1. はじめに

圧縮あるいは曲げを受ける薄肉箱形断面部材の耐荷力および変形性能の向上・改善において断面を構成する補剛板パネル全体の座屈変形の発生を抑制することは極めて重要である。本研究では、補剛板パネル全体の座屈変形を効果的に抑制する方法として、インナー・ブレースを用いる補強法を提案した。インナー・ブレースを用いることにより施工が簡便でありかつ補剛に伴う自重の増加はほとんど生じないと考えられる。そこで、インナー・ブレースを用いる補剛法が耐荷力および変形性能に及ぼす影響について弾塑性有限変位解析プログラム USSP¹⁾を用いて検討した。

2. 解析モデル

図-1 および図-2 に示すような4点载荷を受ける箱断面の中央区間に着目し、縦補剛材を有しない場合（無補剛断面モデル、 $t=6\text{mm}$ ）、有する場合（補剛断面モデル、 $t=2.8\text{mm}$ ）の2種類を基本モデルと設定した。表-1 には、解析モデルの寸法・諸元を示す。無補剛断面モデルの基本モデルとなる $t6s0$ は、フランジの幅厚比パラメータ R_R を約 0.56, 補剛断面モデル $t2.8s0$ は、縦補剛材間の板パネルの幅厚比パラメータ R_R , および補剛板の幅厚比パラメータ R_F をともに約 0.6 に設定し、いずれも変形性能に劣るモデルとした。なお、補剛板パネル全体の座屈変形を防止するために箱断面の内側に設けるインナー・ブレースにはバネ要素を使用し、図-2 に示すように箱形断面中央にダイアフラム間に1～3箇所、それぞれ等間隔になるように配置した。ただし、

バネ剛性は $K(EA/l)=1.0 \times 10^9(\text{N/mm})$ とし、剛棒に近い状態とした。さらに、バネ要素の自由度は、今回の解析においては座屈変形が生じる方向のみ、すなわち面内方向のみとしている。

初期たわみは、ダイアフラム間の4辺を節とした最大値がフランジ幅の1/150の正弦波を用い、残留応力は考慮していない。

解析に用いた応力-ひずみ関係は、ヤング係数 $E=2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$, ポアソン比 $\mu=0.3$, 降伏点 $\sigma_Y=235 \text{N/mm}^2$, および、ひずみ硬化率を $H'=E/100$ で与えたバイリニア型と設定している（表-2 参照）。

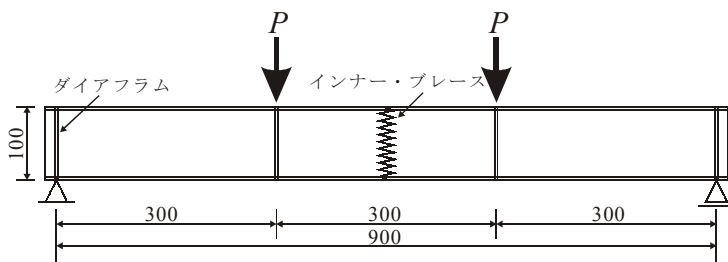
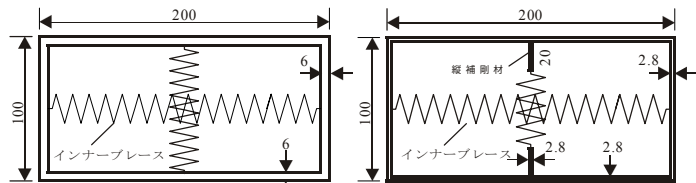


図-1 解析モデルと载荷方法（寸法：mm）



(a) 無補剛断面モデル (b) 補剛断面モデル

図-2 バネ要素を用いた解析モデル（寸法:mm）

表-1 解析モデルの断面諸元

解析モデル名	断面寸法 (mm)	板厚 (mm)	縦補剛材 (mm)	バネ 本数	R_R	R_F	R_S	γ / γ^*
無補剛断面モデル	200×100	6.0	-	-	0.557	-	-	-
				1				
				2				
				3				
補剛断面モデル	200×100	2.8	20×2.8	-	0.608	0.590	0.390	1.125
				1				
				2				
				3				

表-2 解析に用いた材料定数

降伏点 σ_Y (N/mm^2)	ヤング係数 E (N/mm^2)	ポアソン比 μ	ひずみ硬化率 H' (N/mm^2)
235	2.0×10^5	0.3	2.0×10^3

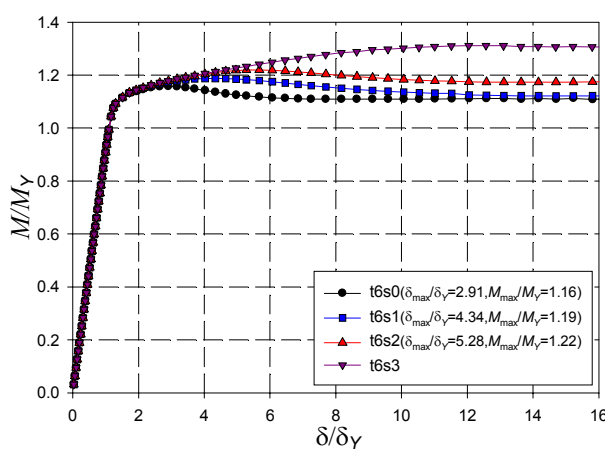
キーワード：弾塑性有限変位解析、インナー・ブレース、補剛板、座屈

連絡先：〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科 Tel.06-6605-2735 Fax.06-6605-2765

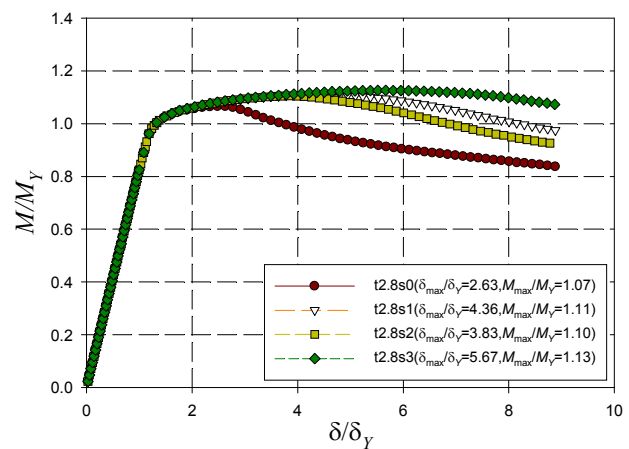
3. 解析結果

図-3 には、解析結果を示す。縦軸は支点中央の作用曲げモーメント M を無補剛断面モデル，あるいは補剛断面モデルの降伏曲げモーメント M_Y で、横軸は支点間中央の変位 δ を降伏変位 δ_Y でそれぞれ無次元化している。さらに、同図中には、最大曲げモーメント $M_{\max}/M_Y$ および最大変位 $\delta_{\max}/\delta_Y$ ($\delta_{\max}$: $M_{\max}$ 時の変位) も示している。

図-3 より、無補剛断面モデルおよび補剛断面モデルともに、インナー・ブレースを設けることによって、初期剛性はほとんど変化させずに変形性能を改善できることが確認できる。インナー・ブレースを1本とした t6s1 および t2.8s1 は、基本モデルである t6s0 および t2.8s0 に比べて変形性能が、それぞれ 50%程度向上できる。インナー・ブレースを2本配置すると、無補剛断面モデル t6s2 では、t6s1 に比べてさらに変形性能が向上する。一方、補剛断面モデル t2.8s2 では、t2.8s1 とほぼ同じピーク荷重をとるが、ピーク後、著しく耐力が低下している。その原因として、支点間中央つまりインナー・ブレース間に変形が集中したためと考えられる。さらに、インナー・ブレースを3本設けたモデル t6s3 および t2.8s3 において、変形能は大きく改善されるが、強度も上昇する。なお、t6s3 は、今回の解析では、ピークを得られなかった。



(a) 無補剛断面モデル



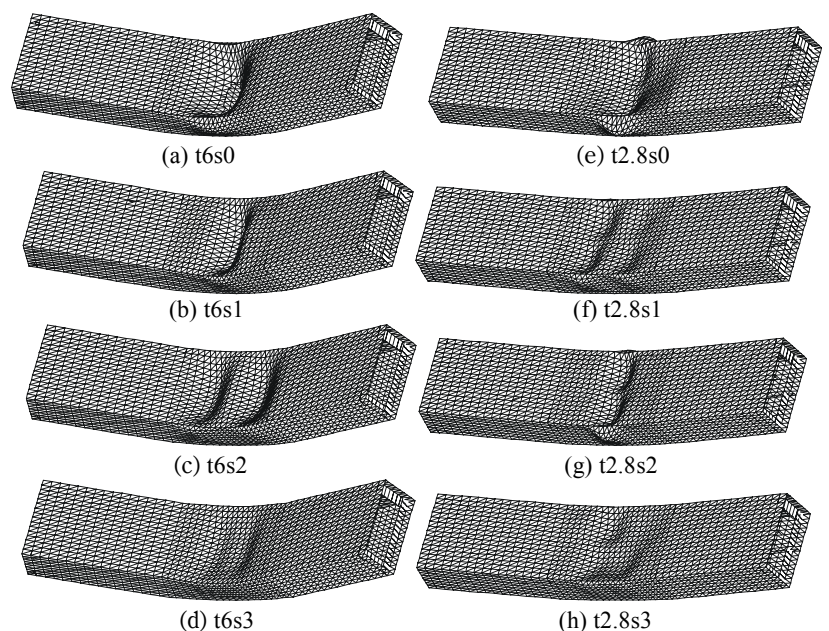
(b) 補剛断面モデル

図-3 曲げモーメント-変位関係

図-4 には、8つの解析モデルの変形状況を示す。インナー・ブレースを設置するとインナー・ブレースを節とした座屈変形が発生するものの板パネルあるいは補剛板パネル全体の座屈変形を効果的に抑制できるのが確認できる。

4. まとめ

箱断面内側にインナー・ブレースを設置する簡便な補剛方法で座屈変形を効果的に抑制し、変形性能を改善できることが分かった。しかしながら、インナー・ブレースを設ける箇所、本数によってその補剛効果に差異が見られる。今後、箱形断面内側に設けるインナー・ブレースの合理的な本数および配置箇所についてさらに検討する必要がある。



無補剛断面モデル（変形倍率5倍： $\delta/\delta_Y=10$ ）
補剛断面モデル（変形倍率3倍： $\delta/\delta_Y=8$ ）

図-4 各解析モデルの変形状態

参考文献 1) USSP 研究会：USSP ユーザーズ・マニュアル，Ver.5.0，日本構研情報（株），2001年3月