

# 圧縮時における箱形断面短柱の強度および変形能と 四辺単純支持板のそれとの比較

熊本大学 学生会員 ○里見 春菜 熊本大学 正会員 葛西 昭  
熊本大学 学生会員 岡部 翔平 JR西日本 正会員 垣内 辰雄

## 1. 緒言

ここ数年の鋼製橋脚の耐震設計に関する研究成果をとりまとめているものとして、鋼橋の耐震制震設計ガイドライン<sup>1)</sup>がある。鋼製橋脚が有する強度と変形能に対する評価式が完備されているが、これらは、標準的な初期不整を考慮したものである。すなわち、具体的には、構成する板要素について、板幅の1/150の初期たわみが存在する状態で、評価したものである。従って、特に初期たわみをパラメータとした評価式になっていない。座屈設計では周知の通り、初期たわみの大きさに応じて、座屈荷重が変化するなど、初期たわみに対して、比較的敏感であるにもかかわらず、鋼製橋脚の強度と変形能については、ある一定の初期たわみを考慮するのみに留まっている。新設時などの場合、このような状況でも大きく問題になることはないが、例えば、鋼製橋脚が有する強度付近までの地震力が作用した場合は、その作用に伴い、構成板の面外たわみ量に変化し、その後の強度と変形能は、地震前と比べて同じであるかどうか、現段階では、比較する術がない。そこで、本研究では、まず、基礎的な検討として、四辺単純支持板と無補剛箱形断面短柱に対して、いずれも初期たわみ量に関してパラメトリックに圧縮解析を行った。当然、箱形断面短柱の成果が重要ではあるが、構成板そのものの評価でどこまで対応できるかを見極めるためにも四辺単純支持板の解析も行い、比較を行うこととした。

## 2. 数値解析モデル

基礎的検討として、図1のように四辺単純支持正方形板と無補剛箱形断面を有する部材を対象とした。構造諸元は表1に示すとおりである。応力-ひずみ関係は、降伏棚を有し、ひずみ硬化領域も有するものである。対象とした構造の境界条件としては、表2,3に示すように想定している。構成する板の初期不整としては、初期たわみと残留応力の双方を考慮する。特に初期たわみについては半波長の正弦波に近似して導入する。無補剛箱形断面短柱に関しては図2のように初期たわみをいれて検討している。載荷方法としては、図4のように軸圧縮力をかけた後、変異制御として回転角を与える。また、初期た

表1 構造諸元

鋼種	SM490
$t(\text{mm})$	12
弾性係数 $E(\text{GPa})$	200
降伏応力 $\sigma_y(\text{MPa})$	315

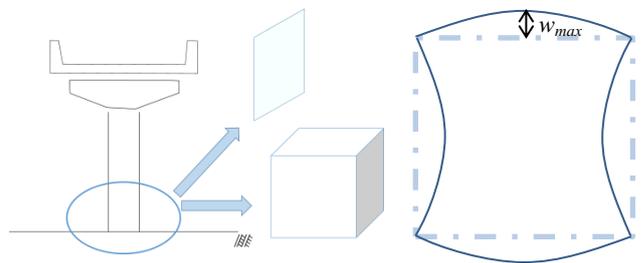


図1 対象領域の模式図

図2 無補剛箱形断面の初期たわみ図

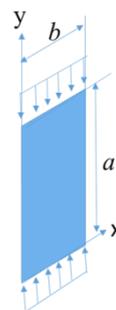


図3 単純支持板解析模式図

表2 単純支持板境界条件

	$u$	$v$	$w$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$
$x=0$	1	1	1	1	0	1
$x=a$	0	0	1	0	1	1
$y=0$	0	0	1	0	1	1
$y=b$	0	0	1	0	1	1

Free=0, Fix=1  
 $u, v, w=x, y, z$ 方向変位  
 $\theta_x, \theta_y, \theta_z=x, y, z$ 軸まわりの回転角

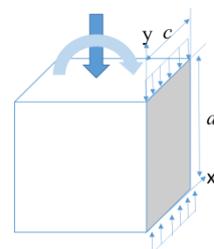


図4 無補剛箱形断面短柱解析模式図

表3 無補剛箱形断面短柱境界条件

	$u$	$v$	$w$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$
$y=0$	1	1	1	1	1	1
$x=d$	0	0	0	1	1	1

Free=0, Fix=1  
 $u, v, w=x, y, z$ 方向変位  
 $\theta_x, \theta_y, \theta_z=x, y, z$ 軸まわりの回転角

わみ量は1/50,1/100,1/150,1/250,1/500の5パターン、幅厚比パラメータについては0.52,0.65,0.78,1.04,1.30,1.57,1.83,2.09の間の8パターンで比較を行う。また図1,3,4はシェル要素の解析モデルの模式図である。

### 3.解析結果と考察

初期たわみ量が強度と変形能に及ぼす影響を見るために、四辺単純支持板と無補剛箱形断面短柱それぞれ、最大初期たわみ量は構成板における幅の1/50,1/100,1/150,1/250,1/500, 幅厚比パラメータ

$R=0.65, 1.05, 1.57$  の場合で解析を実施した。その結果として、板に作用する圧縮力およびその圧縮変形量の関係を示したものが図6である。以降では、このグラフにおけるピーク点のみを対象として、それぞれの図をまとめる。例えば、図6,7は横軸が最大初期たわみ量、縦軸はそれぞれ耐荷力  $\bar{\sigma}_{max}/\sigma_y$  とひずみ  $\bar{\epsilon}_{max}/\epsilon_y$  の関係を示す。図6より、全てのパラメータで四辺単純支持板が無補剛箱形断面が上回っていることが分かる。また、初期たわみ量が大きくなると  $\bar{\sigma}_{max}/\sigma_y$  は小さくなっているため、 $\bar{\sigma}_{max}/\sigma_y$  は初期たわみ量との相関性が強い。

また図7をみると、 $R=0.65, 1.05$  の場合は無補剛箱形断面短柱が上回っているが、 $R=1.57$  は下回っている。また、 $R=0.65$  は右下がりなのに対して、 $R=1.05, 1.57$  は右上がりとなっているので  $\bar{\epsilon}_{max}/\epsilon_y$  の初期たわみ量との相関性は弱いと考えられる。

図8では四辺単純支持板と無補剛箱型断面短柱の強度による比較をするために、幅厚比パラメータ  $R$ 、初期たわみ量の敏感度解析を実施した。図8は  $R=0.52, 0.65, 0.78, 1.04, 1.30, 1.57, 1.83, 2.09$ 、初期たわみ量は面の中心が幅の1/50,1/100,1/150,1/250,1/500の場合で、横軸は幅厚比パラメータ、縦軸は耐荷力が最大になったときの四辺単純支持板と無補剛箱型断面短柱の比率を表している。

$R$  が1より大きいパラメータでは、 $R$  が大きくなるにつれて、ある一定の値に収束する傾向がある。また、 $R$  が1より小さい領域では、 $R$  が大きくなるにつれて、比率が大きくなる傾向がある。

### 4.結論

本論文では、基礎的な検討として、四辺単純支持板と無補剛箱形断面短柱に対して、いずれも初期たわみ量に関してパラメトリックに圧縮解析を行い、荷重変位曲線、 $\bar{\sigma}_{max}/\sigma_y$  - 初期たわみ量、 $\bar{\epsilon}_{max}/\epsilon_y$  - 初期たわみ量、比率 - 幅厚比パラメータの結果を得た。本研究で得られた成果は以下の通りである。

- ・初期たわみ量が増えるにつれて耐荷力は小さくなる
- ・変形能は初期たわみ量に影響されない
- ・耐荷力の比率は  $R > 1$  では2割増となる

今回の解析では無補剛箱型断面の境界条件が強いため、今後境界条件を変えて境界条件を変えて解析を行う必要がある。

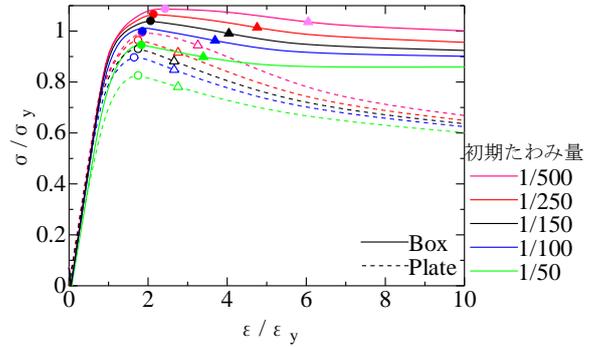


図5 荷重変位曲線(R=0.65)

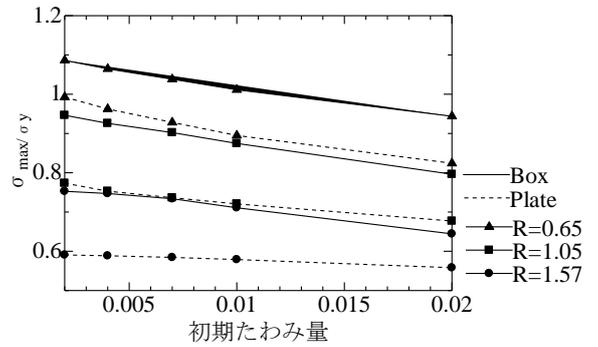


図6 耐荷力-初期たわみ量

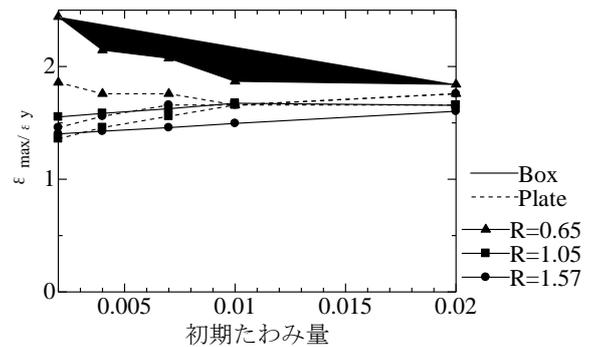


図7 ピーク時変位-初期たわみ

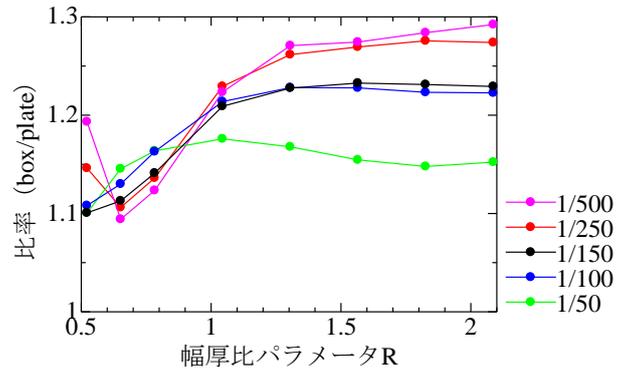


図8 比率-R

### 5.参考文献

- 1) 宇佐美勉著, 日本鋼構造委員会: 鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン, 技報堂出版, p., 2006.
- 2) Abaqus Analysis User's Manual Version 6.13: SIMULIA, DASSAULT SYSTEMS, 2013.
- 3) 葛漢彬・高聖彬・宇佐美勉: 鋼製補剛箱形断面橋脚の繰り返し弾塑性解析と耐震性能評価, 鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集, pp.85-92, 1997年.