

初期たわみの偏心を考慮した周辺単純支持板の座屈耐荷力

熊本大学大学院 学生員 ○岡部 翔平

ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 正会員 垣内 辰雄

熊本大学大学院 正会員 葛西 昭

1. 緒言

近年, 土木鋼構造物の耐震設計は飛躍的に向上し, 兵庫県南部地震など入力レベルの大きな地震動を受ける際には, 損傷を軽微にとどめるなどの指標ができつつある. 一方で, その後の余震や連動地震に対して, 構造物の供用

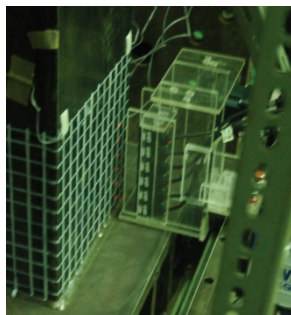
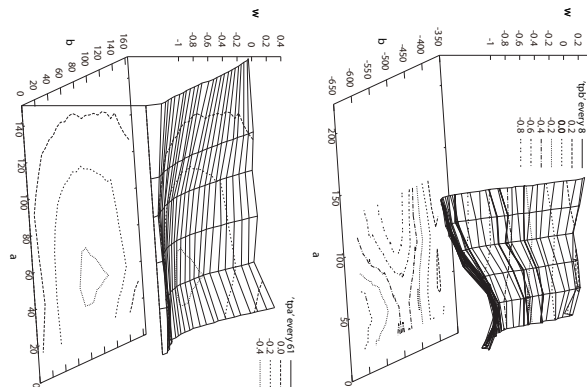


写真-1 レーザー計測



(a) 供試体 1

(b) 供試体 2

図-1 計測結果

表-1 供試体の初期たわみのピーク位置

	供試体 a	供試体 b
b_w/b	0.43	0.55
a_w/a	0.27	0.58
w_{max}/b	3.17×10^{-3}	4.46×10^{-3}

が可能であるかどうかを瞬時に見極めることは, 地震後の減災の観点から非常に重要である. これらを受けて, 文献 1),2)では, 橋脚が有する強度付近まで漸増载荷し, 橋脚が保有する耐震性能を若干低下させた後, 基部を構成する板の面外たわみを計測することで, 余剰耐力を評価する試みが行われている. まだ実用段階にはないが, この研究によると, 供用開始時に相当する, 水平力無载荷状態でも基部の構成板は, 初期たわみがいわゆる $\sin$ 関数の半波のようなきれいな形状にはなっていない. これは溶接状態など, 種々の条件からきれいな形状にならないことは容易に想像できる. そこで, 本研究では, 構成板の圧縮耐荷力を評価する際に, 板中央が最大初期たわみとなるところを, ずらすことによって, どの程度耐荷力が異なるかを数値解析によって明らかにする.

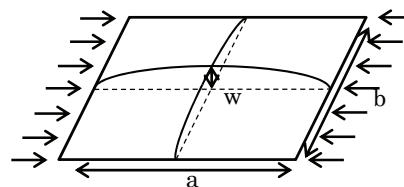


図-2 初期たわみ

2. 初期たわみ

文献 1),2)では, 6 基のレーザー変位計 (keyence 社 IL-065: 精度 0.002mm) を組合せ水平移動させることで, 精度と効率よく連続的に面外たわみを計測した (写真-1). 図-1(a), 図-1(b)は, その計測結果を示したものである. また, 表-1 は, これらの数値をまとめたものである. ここで, b_w 及び a_w は各辺におけるたわみ最大値の位置を示している. これらより, 初期たわみのピーク位置が必ずしも中心ではないことがわかる.

3. 初期たわみのモデル化

初期たわみは, 数値解析を行う場合, 半波長の正弦波の形状に近似して導入する方法が一般的である (図-2)³⁾. 本研究では, 初期たわみのピーク位置が b_w である場合 $b=b_w$ の位置で $\sin(x)$ が $x=\pi/2$ であることに着目し, たわみのピーク位置を無次元化した値が $\pi/2$ となるように, モデル化を行った. 式(1)~(4)は, 初期たわみのピーク位置が板の中心にない場合のたわみ量のモデルを示す.

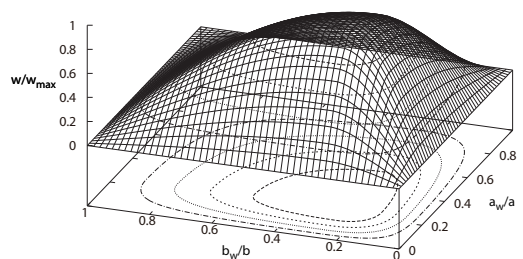


図-3 偏心したたわみのイメージ

キーワード 初期たわみ, 耐荷力, 無補剛板

連絡先 〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1 熊本大学大学院自然科学研究科社会環境工学専攻 TEL096-342-3579

$$0 \leq x \leq b_w, 0 \leq y \leq a_w$$

$$f(x, y) = w_{max} \cdot \sin\left(\frac{\pi x}{2b_w}\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi y}{2a_w}\right) \quad (1)$$

$$0 \leq x \leq b_w, a_w \leq y \leq a$$

$$f(x, y) = w_{max} \cdot \sin\left(\frac{\pi x}{2b_w}\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi(y+a-2a_w)}{2(a-a_w)}\right) \quad (2)$$

$$b_w \leq x \leq b, 0 \leq y \leq a_w$$

$$f(x, y) = w_{max} \cdot \sin\left(\frac{\pi(x+b-2b_w)}{2(b-b_w)}\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi y}{2a_w}\right) \quad (3)$$

$$b_w \leq x \leq b, a_w \leq y \leq a$$

$$f(x, y) = w_{max} \cdot \sin\left(\frac{\pi(x+b-2b_w)}{2(b-b_w)}\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi(y+a-2a_w)}{2(a-a_w)}\right) \quad (4)$$

ここで、 b_w 、 a_w は、それぞれ板の幅方向と高さ方向のたわみのピーク位置であり、 w_{max} は最大たわみである。図-3に、式(1)~(4)を立体で表現した図を示す。

4. 解析結果

前章の初期たわみのピーク位置と、文献³⁾の残留応力を考慮し、SM490材における周辺単純支持板の耐荷力の解析³⁾を実施した。図-4は、最大初期たわみ $w=1/150$ が、板の中心にある場合 (0.5,0.5) と、板の中心から高さ方向に 0.4 偏心した場合 (0.1,0.1) の耐荷力曲線である。 $R=0.65$ の場合、偏心が大きくなると、道路橋示方書⁴⁾の式は、耐荷力を危険側に評価している可能性がある。

さらに初期たわみのピーク位置が、耐荷力に及ぼす影響を検証するために、たわみのピーク位置、幅厚比パラメータ R と初期たわみ量の敏感度解析を実施した。図-5は、 $R=0.39, 0.65, 1.17$ 、初期たわみ $w=1/150$ の場合である。 $R=0.39$ の場合、初期たわみのピーク位置の違いによる耐荷力 σ_u/σ_y の差は、1%の範囲に入っている。 $R=0.65$ の場合、 σ_u/σ_y は 93%~87% となり、板の幅中心の端部 (0.1,0.1) (0.1,0.9) で最大となる。 $R=0.65$ の場合、 σ_u/σ_y は 69~63% となり、板の中心位置 (0.5,0.5) で最大となる。また、偏心方向の耐荷力への影響は、载荷方向となる高さ方向より、幅方向の方が大きい。

5. 結言

本研究は、周辺単純支持板において、初期たわみのピーク位置が、耐荷力に及ぼす影響を検証した。本研究で得られた成果は以下の通りである。

- 1) $R=0.65$ の場合、偏心が大きくなると、道路橋示方書の式は、耐荷力を危険側に評価している可能性がある。
- 2) 幅厚比パラメータ ($R=0.39$) が小さい場合は、初期たわみのピーク位置による耐荷力の影響は、耐荷力の差が 1%程度と小さい。幅厚比パラメータ ($R=0.65, 1.17$) が大きい場合は、耐荷力の差は 6%程度となる。
- 3) 偏心方向の耐荷力への影響は、载荷方向となる高さ方向より、幅方向の方が大きい。

参考文献

- 1) 久保智央：水平繰返し载荷を受ける鋼製橋脚の耐震性能と柱基部変形状との比較，熊本大学工学部社会環境工学科卒業論文，2013。
- 2) 岡部翔平：地震時における鋼製橋脚の終局限界性能と初期不整の関係性，熊本大学工学部社会環境工学科卒業論文，2014。
- 3) 土木学会：座屈設計ガイドライン，2005。
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書および同解説 (I 共通編 II 鋼橋編)，2012。

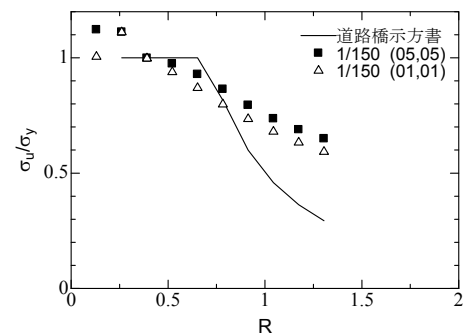
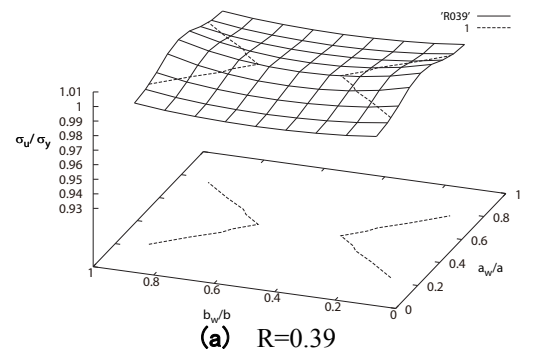
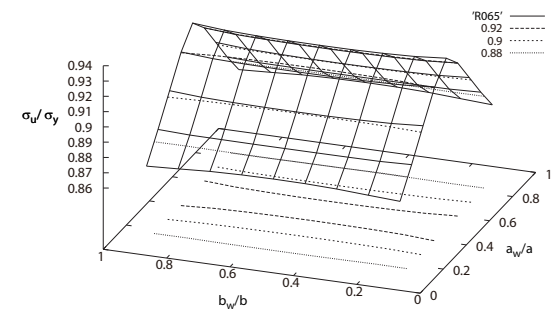


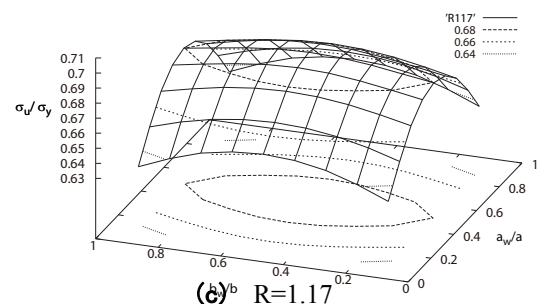
図-4 耐荷力曲線



(a) $R=0.39$



(b) $R=0.65$



(c) $R=1.17$

図-5 たわみのピーク位置と耐荷力の関係