

薄肉箱形断面片持梁の応力性状に関する一考察

九州工業大学 学生員 ○原田和洋 川田工業 正会員 長尾悠太郎
九州工業大学 正会員 山口栄輝 九州工業大学 正会員 久保喜延

1. はじめに

橋梁設計の基本となっている古典的な梁理論 (Bernoulli-Euler 梁理論) は, せん断変形に対する理論的な矛盾などの問題を含んでいる。そのため, より高度な梁理論も提案されている¹⁾。一方で, コンピュータや構造解析ソフトウェアの進歩には目覚ましいものがあり, 3次元有限要素解析も比較的容易に行えるようになってきた。今後, この傾向はさらに強まるものと予想され, 橋梁設計にも3次元有限要素解析が積極的に取り入れられるようになると思われる。このような状況に鑑み, 本研究では, 薄肉箱形断面片持梁を取り上げて, 3次元有限要素法による線形解析を行い, 梁理論による結果と比較する。なお, 本解析には MSC/NASTRAN for Windows を用いる。

2. 解析対象

文献 1) で解析対象となっている薄肉箱形断面を有する片持梁をここでも取り上げる。全体図, 断面形状を図 1, 図 2 に示している。記述の便宜上, 図 2 (a) の梁を片持梁 A, 図 2 (b) の梁を片持梁 B と呼ぶ。片持梁 A の長さ L は 25m, 片持梁 B の長さ L は 15m, 荷重載荷点はいずれの梁でも上フランジの中央である。

3. 解析モデル

対称性より, 梁の 1/2 のみを解析対象とする。全領域を 4 節点のシェル要素で要素分割するが, 全体を大きく 2 つに分け, 固定端に近い領域では細かな要素を用いる。これは, 固定端近傍ではせん断遅れにより応力集中が生じるからである。細分割領域では各要素の形状が正方形, 残りの領域では辺長比が 1:3 の長方形として要素分割を行う。参考として, 片持梁 B の固定端近傍の要素分割図を図 3 に示す。

4. 解析結果

(1) 片持梁 A

各要素の形状が同じである 5 種類の要素分割を用いて, 有限要素解析を行った。要素が小さくなるにつれて応力状態は収束する。ただし, 固定端のフランジ端部 (フランジ・ウェブ結合点) の軸方向直応力は, 要素が小さくなるに従い大きくなり, 最も多くの要素を用いた段階でも十分収束しているとは言い難い。最も多くの要素を用いた段階の解析結果を, 文献 1) に掲載されている解析結果とともに図 4 に示す。これは, 上フランジ中央部と上フランジ端部の軸方向直応力の軸線に沿った分布である。横軸は自由端からの距離, 縦軸は古典的な梁理論で得られた固定端での上フランジ内直応力を用いて無次元化した応力値である。この図より, いずれの解析結果でも, 15m 付近までは古典梁理論で十分な結果を得られることが分かる。15m 以降では, 上フランジ中央部の直応力は梁理論の応力を下回り, 上フランジ端部の直応力は梁理論の応力を上回る。

本解析結果は, 上フランジ中央部では Reissner の解²⁾とよく一致しているが, 上フランジ端部では, 他の解析結果に比べると, 固定端のかなり近くまで古典的な梁理論の応力値からのかい離が小さく, その後, 固定端に近づくにつれて急激に大きな応力値を示すようになる。

キーワード: 3次元有限要素解析, 梁理論, せん断遅れ, 応力集中

連絡先: 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 Tel.(093)884-3100 Fax.(093)884-3100

(2) 片持梁 B

解析結果として固定端断面内の軸方向直応力分布を図5に示す。ここでも文献1)の解析結果を示しているが、片持梁Aの場合と同様に、本解析結果は、フランジ中央部で他の解析結果より小さな応力値となり、フランジ端部で大きな応力値となっている。また、図5より、断面内でのフランジの応力分布は、フランジ端部で急激に大きくなっていることがわかる。ウェブ内の応力分布も同様の傾向を示し、ウェブ端部（フランジ・ウェブ結合点）で大きく変化している。そのため、ウェブ内の応力分布は、ウェブ端近傍で直線状ではなくなる。

図4、図5の解析結果より、薄肉箱形断面片持梁内の応力は、固定端のフランジ・ウェブ結合点近傍で急激に大きくなっており、既存の解析結果よりも局所化した現象であると推察される。

5. まとめ

3次元有限要素解析が比較的容易に行える環境になったことを踏まえ、シェル要素を用いて薄肉箱形断面片持梁を解析した。その結果を見れば、固定端で生じる応力集中の度合いは既存の解析結果よりも大きく、また、応力集中はより局所化している。

実橋の3次元有限要素解析もそれほど困難なことではなく、そうして得られた応力分布が、これまで設計時に想定していた応力分布と異なることも十分考えられる。今後は、3次元有限要素解析を前提とした、より合理的な橋梁設計法を開発していく必要もあると思われる。

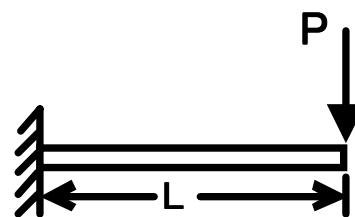


図1 片持梁

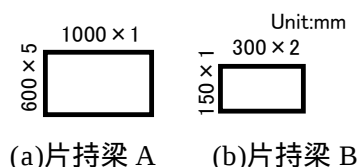


図2 断面

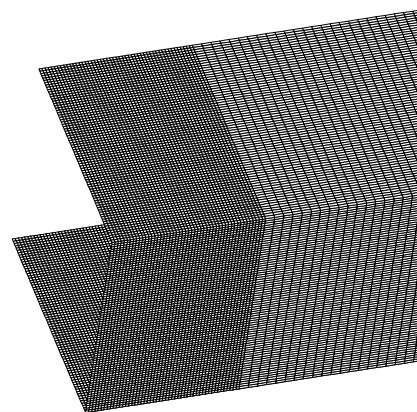


図3 要素分割（片持梁 B）

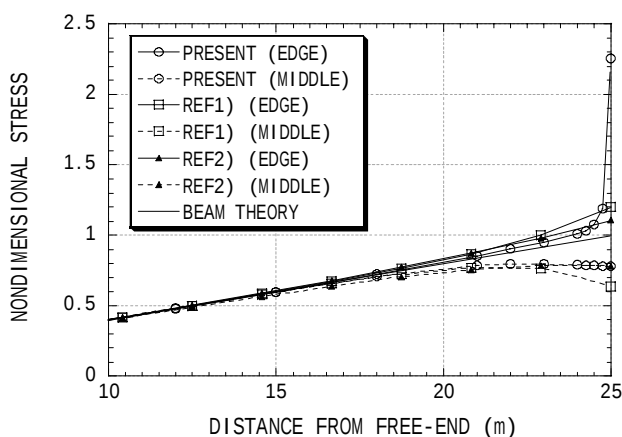


図4 片持梁 A の直応力分布

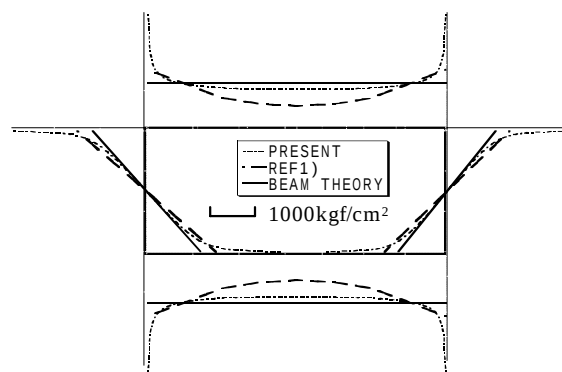


図5 片持梁 B の直応力分布
(固定端の断面内)

参考文献

- 1) 稼農知徳他：せん断変形を考慮した薄肉断面直線ばりの理論，土木学会論文報告集，第282号，pp.1-13，1979．
- 2) Reissner, E.: Least Work Solution of Shear Lag Problem, J. Aeronautical Science, Vol.18, pp.284-291, 1941.