

波形鋼板ウェブ(CSW)とコンクリート充填鋼管フランジを有する合成桁橋への 梁の曲げ理論の適用性に対するCSW形状の影響

長崎大学 学生会員○御厨羽美

長崎大学大学院 正会員 中村聖三

長崎大学大学院 正会員 奥松俊博

長崎大学大学院 正会員 西川貴文

1. はじめに

本研究で着目するコンクリート床版、波形鋼板ウェブ(CSW)、コンクリート充填鋼管フランジを有する合成桁(図 1)は自重の軽減やねじれ、転倒に対する抵抗性の向上を目指して提案された新構造であり、近年中国においていくつかの橋梁に採用されている。CSWは軸方向の剛性が平板に比べて著しく低いため、梁の曲げ理論を適用して応力やたわみを求めるためには、断面剛性算定時のCSWの取り扱い方法を確立する必要がある。そのための第一ステップとして、本研究では梁理論と有限要素解析との誤差に及ぼすCSWの形状の影響を検討する。

2. 検討方法

2-1 概要

梁の曲げ理論に基づいて算出される公称応力、たわみと有限要素解析により算出される公称応力、たわみを比較する。その後、ウェブの板厚や高さ等を変えて誤差の割合の変化を比較することで、各パラメータが梁の曲げ理論の適用性に与える影響を調べる。

2-2 検討対象

文献[1]を参考にして設定した断面の詳細を図 2 に示す。橋長は9000mmとする。仮定した材料特性を表 1 に、荷重条件を図 3 に示す。また波形の詳細な形状を図 4 に示す。これらの条件で解析を行うモデルを基本モデルとする。

2-3 解析条件

(1) 梁理論

梁の曲げ理論に基づく解析ではウェブを平板と仮定した場合とウェブを無視した場合について計算を行う。上端の圧縮応力と下端の引張応力と2点集中荷重が作用する単純梁におけるたわみを求める。

(2) 有限要素解析

MARCを用い有限要素解析を行う。上フランジ、ウェブ、鋼管はシェル要素で、コンクリート床版、鋼管内コンクリートはソリッド要素で表現し、各部材は節点を共有させることで接続させた。作成した有限要素モデルを図 5 に示す。また、一端では X, Y, Z 方向に拘束、他端では Y, Z 方向に拘束という境界条件をそれぞれ鋼管の下半分に与える。

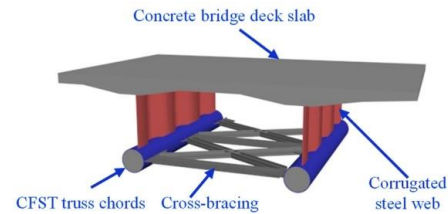


図 1 合成桁

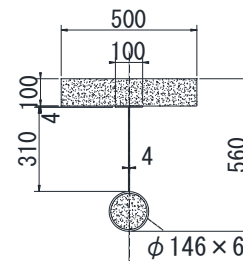


図 2 断面図

表 1 材料特性

	E_s (GPa)	μ_s
鋼材	205	0.3
	E_c (GPa)	μ_c
コンクリート	35.2	0.2

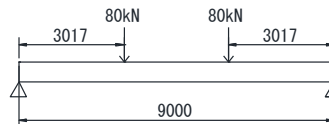


図 3 荷重条件

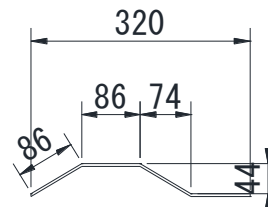


図 4 波形の形状

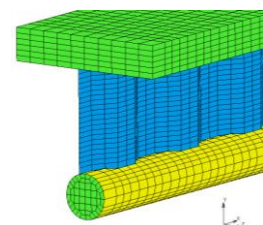


図 5 有限要素モデル

3. 解析結果と考察

3-1 基本モデルにおける解析結果

まず、断面内のひずみ分布について検討した。図6は、スパン中央におけるひずみ分布である。梁理論に基づく理論値と有限要素解析による解析値が示されている。梁理論に基づく解析では、ウェブは平板として考慮した。コンクリート床版と鋼管のひずみ分布は、断面の高さに沿ってほぼ直線的に結ばれているが、CSWを考慮すると「平面保持の仮定」は成り立っていない。CSWのひずみは床版や鋼管に比べて小さいため、曲げモーメントは主に床版と鋼管で受け持っていると言える。

表2はCSWを平板とした場合と無視した場合の理論値、有限要素解析値、相対誤差を比較したものである。相対誤差は「(理論値-解析値)÷解析値×100」で算出している。有限要素解析については、引張応力とたわみはスパン中央の底面の1点(鋼管)の値を、圧縮応力はスパン中央の上面の床版幅方向の平均値を採用している。結果、全てにおいて10%未満の誤差が生じた。

3-2 ウェブ厚を変えたモデルにおける解析結果

ウェブの板厚を2mm, 6mm, 8mmと変化させたモデルを作成し、ウェブ板厚4mmのモデルと同様に曲げ理論に基づく理論値と有限要素解析による解析値の相対誤差を求めた。梁理論に基づく解析では、ウェブは平板として考慮した。結果を図7に示す。圧縮応力に関しては、どの板厚でも相対誤差がほとんど同じであることから、板厚の影響を受けにくいと考えられる。引張応力とたわみに関しては、ウェブ板厚が大きくなるに従い相対誤差が減少している。これは、板厚が大きいほどCSWの曲げ剛性が大きくなることにより、ウェブとしての軸方向剛性が平板に近づくためであると考えられる。

4. まとめ

本研究では、まず梁理論に基づく理論値と有限要素解析による解析値とでは圧縮応力、引張応力、たわみのいずれも誤差が生じることが確認できた。それを踏まえて、板厚の変化による相対誤差の変化について圧縮応力と引張応力、たわみでは異なる特徴があることが分かった。今後、梁理論を適用するためのCSWの取り扱い方法を提案するため、波形の形状を変えた場合や、ウェブの高さ等を変化させた場合についても同様の検討を行う予定である。

参考文献

[1] Hanhui Huang ら : Fatigue Performance Test and Numerical Analysis of Composite Girders with CSW-CFST Truss Chords, applied sciences, 12 巻, 11 号, pp.1-9, 2022

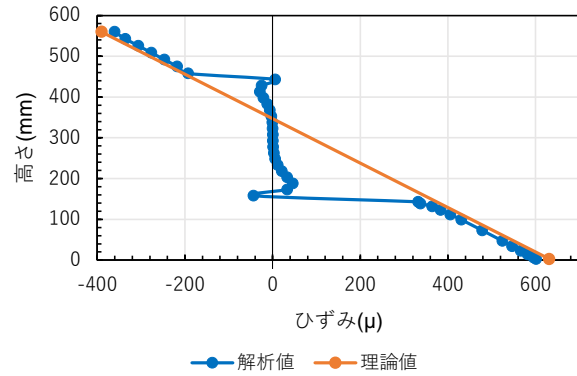


図6 ひずみ分布

表2 理論値と解析値の比較

	理論値		解析値	相対誤差(%)	
	平板	無視		平板	無視
圧縮応力 (MPa)	13.75	13.76	12.66	8.61	8.69
引張応力 (MPa)	130.44	134.60	125.97	3.55	6.85
たわみ (mm)	15.73	16.04	16.20	-2.90	-0.98

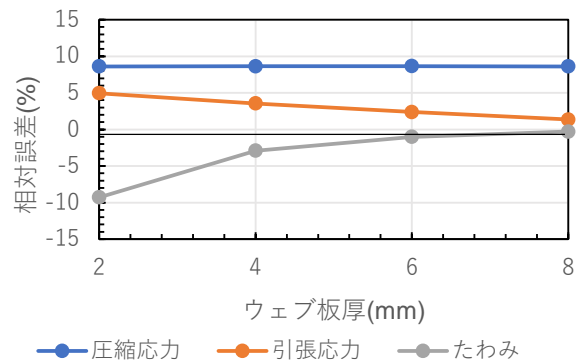


図7 ウェブ厚による誤差の変化