

鋼トラスウェブPC模型桁の二次元FEM解析

九州大学工学部 学生会員 工藤 奈津子
九州大学工学研究院 正会員 黄 玲
九州大学工学研究院 FEM-会員 彦坂 熙
オリエンタル建設(株) 正会員 二井谷 教治

1. 目的

コンクリートと鋼の長所を兼ね備えた合成橋梁はフランスを中心に発展してきた。その中でわが国では、PC箱桁のウェブ部を波型鋼板に置き換えた波形鋼板ウェブPC橋が施工されている。これはウェブのコンクリートを鋼板にすることによって、自重の軽減を図ったものである。同様の目的で、波形鋼板ウェブ橋よりさらに少ない鋼板にすることが可能な鋼トラスウェブ橋が現在注目されている。わが国においての施工例は第二東名高速道路の一部にあるが、まだ少なく研究も十分にされていない。

そこで本研究では、鋼トラスウェブPC橋の構造特性を把握すること、数種の解析モデルを比較することにより適切なモデル化を提案することを目的とする。

2. 解析対象モデル

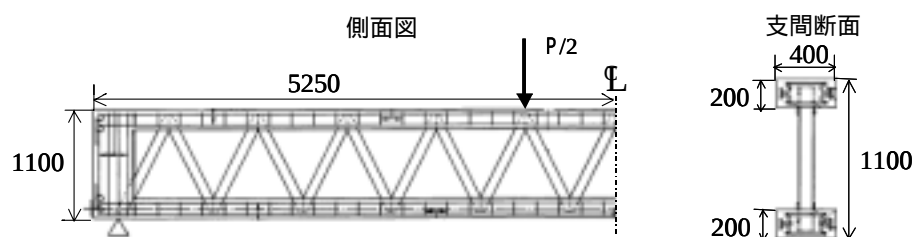


図-1 供試体形状寸法 (単位: mm)

表-1 材料定数

コンクリート	実測圧縮強度	49N/mm ²
	実測引張強度	3.5N/mm ²
	実測ヤング係数	33kN/mm ²
	ポアソン比	0.2
鉄筋	実測降伏強度	383N/mm ²
	ヤング係数	206kN/mm ²
PC鋼棒	公称降伏強度	930N/mm ²
	公称引張強度	1180N/mm ²
	ヤング係数	206kN/mm ²
鋼トラス材	実測降伏強度	270N/mm ²
	ヤング係数	206kN/mm ²

解析対象供試体¹⁾は、対称性を考慮して図-1のような支間10m、幅40cmの片側ウェブPC桁とした。トラス材にはH形鋼(SS400, H100×100×6×8)を用い、PC鋼棒は下床版のみ配置した。格点部の施工方法として、トラス材のH形鋼をプレートにはさんで溶接した構造とし、溶接部を直接上下床版コンクリートに埋め込んだ。供試体の材料定数は表-1に示す通りである。載荷方法は支間中央部に対称2点集中載荷の静的曲げ載荷試験を行った。

3. 解析モデル

一般に、波形鋼板ウェブPC橋の場合、ウェブ部を無視した上・下床版コンクリートで構成された断面を持つはりモデルで曲げに対する設計を行うことが多い。鋼トラスウェブPC橋ではいかなるモデル化が最も合理的であるか未だ確立されていない。そこで本研究では、解析モデルとして1.はりモデル、2.二次元FEMモデル1、3.二次元FEMモデル2の3種類を用いて解析し、解析モデルの比較検討を行う。

はりモデルは、トラスウェブを無視した、上・下床版コンクリートが仮想部材で連結された断面を持つはりとしたもので、床版のみで曲げに抵抗するものと仮定する。断面内では、上床版上縁から下床版下縁まで平面保持の仮定が成立するものとして計算を行う。FEMモデル1は、主鉄筋と帯鉄筋、各トラス部材をトラス要素で表しコンクリート部分を平面要素でモデル化した。FEMモデル2はトラス部材のフランジ部はトラス要素、ウェブ部は平面要素とし、コンクリート部分はモデル1と同様平面要素でモデル化を行った。これら3種の解析モデルの概略を図-2に示す。

4. 解析結果と考察

モデル別による支間中央の変位量、ひび割れ発生荷重、曲げ破壊耐力を表-2に示す。プレストレス520kN導入時の支間中央のたわみ量を比較すると、全てのモデルで実測値とほぼ一致しているが、設計荷重時のたわみ量はFEMモデル2が実測値に最も近い値となった。なお、支間中央の変位量は自重の影響を無視している。FEMモデルのひび割れ発生荷重は、下床版コンクリートの下縁応力度が引張強度に達する時の荷重とした。解析による曲げ破壊は、上床版コンクリートのひずみが終局ひずみに達し、主鉄筋が降伏したことにより確認

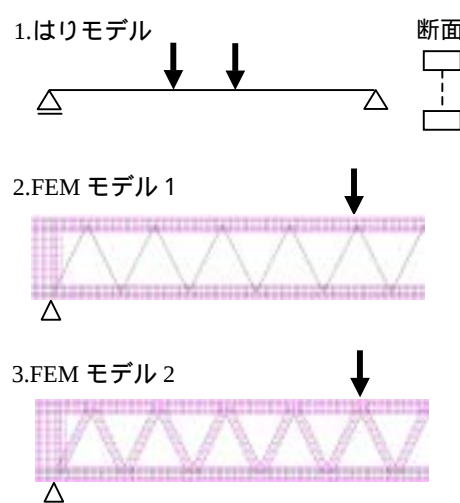


図-2 解析モデル

表-2 モデル比較一覧表

	支間中央の変位量		ひびわれ発生荷重 (kN)	曲げ破壊耐力 (kN)
	プレストレス導入時 (mm)	設計荷重時 (mm)		
はりモデル	-2.7	3.6	268	562
FEMモデル1	-2.57	5.87	280	630
FEMモデル2	-2.57	5.33	290	630
実測値	-2.5	4.9	255	676

した。載荷試験における供試体支間中央の、荷重とたわみの関係を図-3に示す。およそ300kNあたりまでは直線分布で弾性域では全てのモデルで実測値と同じ挙動を示していると言える。一方、塑性域に入ると主鉄筋が降伏し始める450kN付近までは実測値とほぼ一致しているが、それ以降は実測値と解析値に開きがみられ、最終的な曲げ破壊時の荷重を比較すると実測値が解析値を上回る結果となった。

プレストレス導入時において中央断面では図-4に示すようなひずみ分布が得られた。はりモデルは平面保持の仮定に基づき直線分布となっている。下床版においては実測値と多少誤差はあるものの精度良く表すことができた。また3つの解析モデルは非常によく一致していることから、プレストレス導入時はモデル別に差はないと言える。

載荷試験時の各トラス部材の軸力変化を図-5に示す。軸力の実測値は、H形鋼の格点間中心断面の上下フランジ表面で測定したひずみの平均値から計算したものである。FEMモデル2の軸力は、トラス部材中央における上下フランジ部の応力から算出した。H1の軸力変化を見ると、2載荷点間においてはせん断力が発生しないためせん断力に抵抗する軸力が非常に小さくなっている。荷重が500kN付近までは解析値と実測値はほぼ一致しているが、500kN以上になると開きが見られる。これは図-3からわかるように、実測値は500kN付近で桁の変形が急激に大きくなっていることから、トラス材に何らかの影響を及ぼしたことが予想される。なお、グラフの荷重範囲内ではトラス材は未だ降伏に至っていない。コンクリート断面のひずみ分布同様軸力も、モデル1、2はほぼ等しい結果となった。

5. 結論

1. 鋼トラスウェブ PC 橋は、はりモデルに近似してプレストレス導入時の曲げ挙動を示すことが可能であるが、鉛直荷重時のたわみを過小評価する。
2. 今回用いた2つのFEM解析モデルの違いは、桁の変位量や断面ひずみ分布にほとんど影響しない。
3. せん断力に抵抗するトラス部材の軸力は、FEMモデル1が実測値とほぼ一致したことから、トラス部材は一つのトラス要素として近似できる。
4. 桁の変形が大きくなると実験ではトラス構造の骨組み形状が変化し、解析値と実測値に誤差が生じた。
5. 以上のことから、FEM解析を行う場合トラス部材は細かく要素分割せずモデル1のようにモデル化することが合理的である。

参考文献

1. 二井谷教治, 正司明夫, 二階堂輝幸, 渡瀬博: 鋼トラスウェブ PC 模型桁の載荷試験, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.3, 1998

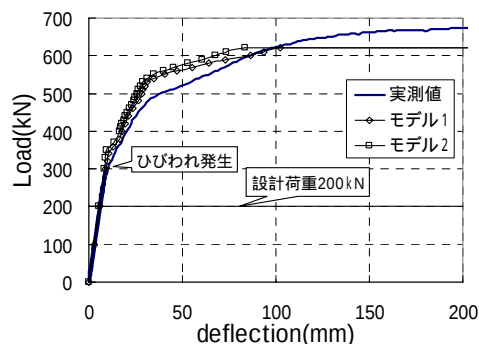


図-3 荷重—たわみ曲線

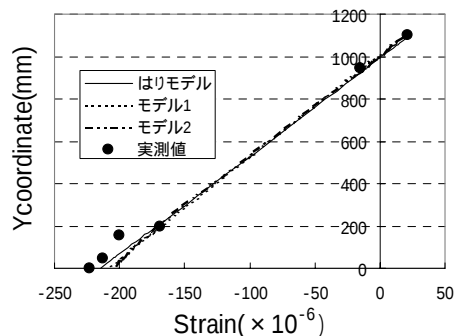


図-4 プレストレス導入時中央断面のひずみ分布

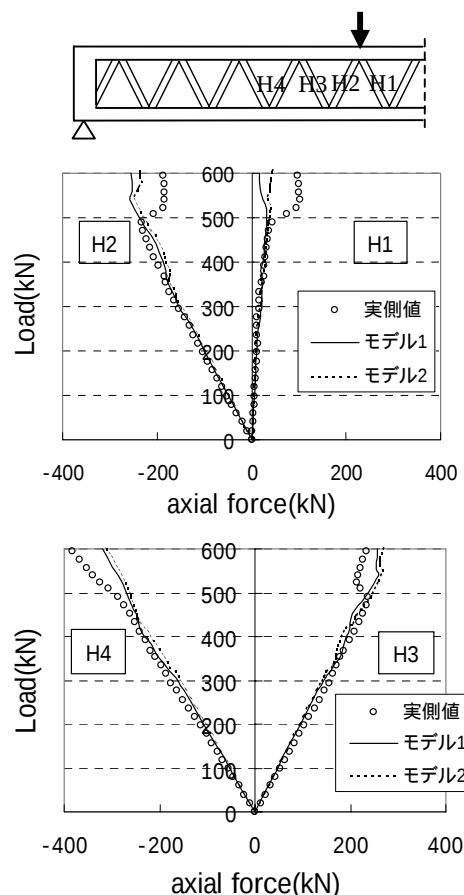


図-5 トラス部材の軸力変化