

(45) ウェブにパイプトラスを用いた軽量複合PC桁の構造について

JR東日本	東京工事事務所	正会員	○小林 将志
	同上		中山弥須夫
	同上		米倉 頼夫
	同上		三幣 高吉

1. はじめに

線路上空において、人工地盤を支持するための軽量複合PC桁が、これまでに提案されてきた¹⁾。この桁は、軽量で、施工性に優れていることを特徴としており、上フランジをコンクリートとデッキプレート(プランクシート)の複合断面とし、ウェブと下フランジに円形鋼管を用いる構造である。プレストレスの導入は、桁架設時の自重によるたわみに対抗するために内ケーブルを緊張し(一次緊張)、デッキプレート上のスラブコンクリート打設による自重増加分に対し、外ケーブルを緊張するものである(二次緊張)。このように、各施工段階に応じて適切なプレストレスを与えるのは、線路上空構造物に対するたわみ量の制限を満たすためである。

本研究は、上記の構造に類似する桁の設計事例が少ないことから、発生応力及びたわみ量の算定方法の妥当性を確認するために、縮小モデルの試験体を製作し静的載荷試験を行ったので、この結果及び考察について報告するものである。

2. 試験概要

2.1 試験体概要

試験体の一般図を図-1(a)に示す。試験体は、スパンは6.00m、桁高0.7326m、ケーブルを外ケーブルと中空鋼管内に2本配した複合PC構造である。

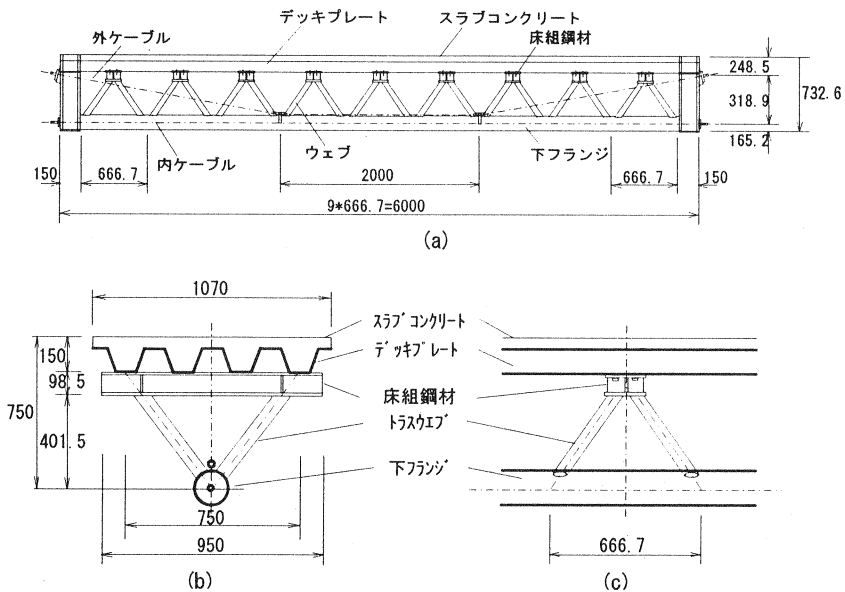


図-1 試験体一般図

断面図と側面図は、図-1(b)(c)に示す。上フランジとトラスウェブを接合する床組鋼材には、加工H形鋼を用いた。デッキプレートと床組鋼材はボルトにより接合し、トラスの格点の剛性を高めるために、橋軸方向に補剛板を溶接した。また、トラスウェブ上下端の接続は、鋼管の全周溶接とした。下フランジは、プレストレスに対しては圧縮に抵抗し、自重等の荷重に対しては引張材として抵抗するため、局部座屈に強い円形鋼管を用いた。

各部材の使用材料については、表-1に示すとおりである。コンクリートの降伏強度及び弾性係数は、試験体製作時に作成した供試体の試験日における平均値とした。

表-1 試験体諸元

部材名	使用材料及び特性
上フランジ	スラブコンクリート(使用時強度18.6MPa、弾性係数15.5GPa) デッキプレート(APA60、SS400、 $t=6.0\text{mm}$)
床組鋼材	H形鋼(175×175、SS400、高さ98.5mm(に加工) 補剛板($t=6\text{mm}$ 、SS400)
ウェブ	圧力配管用鋼管(STPG370、 $\phi 60.5\text{mm}$ 、 $t=5.5\text{mm}$)
下フランジ	鋼管(STK400、 $\phi 165.2\text{mm}$ 、 $t=7.0\text{mm}$)
P C鋼材	P C鋼より線(SWPR1T12.4)

2.2 試験方法

試験装置は、図-1の試験体に対し、試験荷重反力フレーム、供試体用支承、供試体架台を設置したものである。載荷方法としては、載荷桁を用いてスパン中央に対して対称な2点に均等な静的荷重を載荷するものである(図-2参照)。

外ケーブル及び内ケーブルの緊張力は、自重の補正のために両ケーブルとも816Nを導入した。

荷重の管理は、試験体破壊までの変位制御方式で行い、各荷重段階ごとに、部材変位量、発生応力、緊張端のプレストレス量をそれぞれダイヤルゲージ、ひずみゲージ、ロードセルにより計測した。

2.3 試験結果

本試験の破壊性状としては、載荷重 $P=4100\text{N}$ 付近で下フランジの鋼管下縁が降伏し、4500N付近で接合部のボルトが破断し始め、4800N程度で変位のみが増大する挙動を示し破壊に至った。

各ケーブルの緊張力は、弾性域において、ケーブル長の変位量に伴い両端が均等に増加しているものの、破壊領域では、左右不均一な増加を示した。

3. 応力及びたわみ量の算定方法

パイプトラスをウェブに用いた構造では、全断面を構成する要素がフレーム要素に置き換えられることが

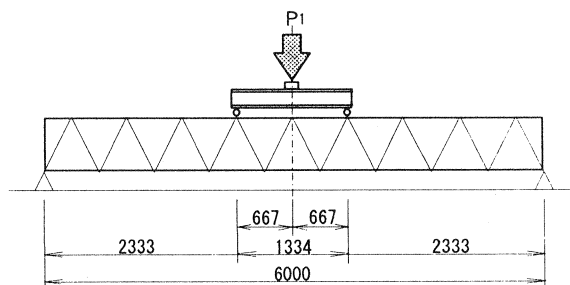


図-2 試験装置概要図

予想される。そこで、図-3に示すような構造系にモデル化することにより断面力を算定することとした。

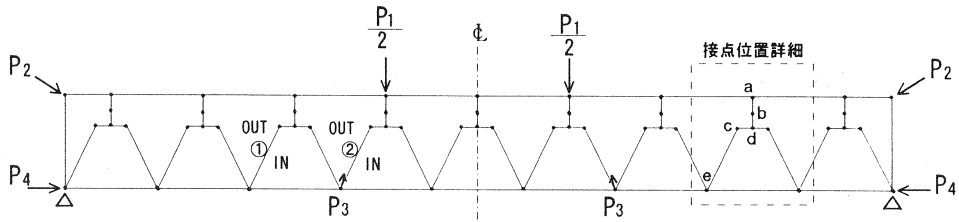


図-3 フレーム及び外力のモデル

構造物の要素としては、上フランジ、トラスウェブ、下フランジを主構造部材としてモデル化し、図中の接点位置詳細部で示される a - b に上フランジ重心から接続部までの剛性の大きい仮想部材を配し、床組の H 型鋼を鉛直方向と水平方向にそれぞれ剛性を仮定した部材 (b - d、c - d) を設定した。また、載荷力については、2 点載荷なので $P_1/2$ ずつの外力を与えた。

緊張力については、両ケーブルともアンボンドケーブルであるため、最近の文献²⁾に示されるように、換算外力載荷法を用いて緊張力を外力として与えた (P_2 、 P_3 、 P_4)。 P_2 、 P_4 は、それぞれ緊張端における外力であり、 P_3 は偏向部における外力をモデル化したものである。

構造物のモデル化に際しては、トラスウェブのパイプが溶接されているだけであり、ガセットプレート等の補強が施されていないことを考慮し、次のような 2 種類の算定方法を提案する。

推定値 1：各部材間の結合条件を完全剛結としてフレーム解析した結果

推定値 2：トラスウェブ端部の結合条件のみピンとしたフレーム解析の結果

以上の仮定から解析された断面力より、平面保持の仮定が成り立つ合成構造として応力を算出し、実測値と推定値の比較を行う。

4. 考察

4.1 フランジの発生応力

桁の中央断面において想定設計荷重 ($P = 2058\text{N}$) が載荷された場合の上下フランジの発生応力と推定値を比較したものが図-4 である。

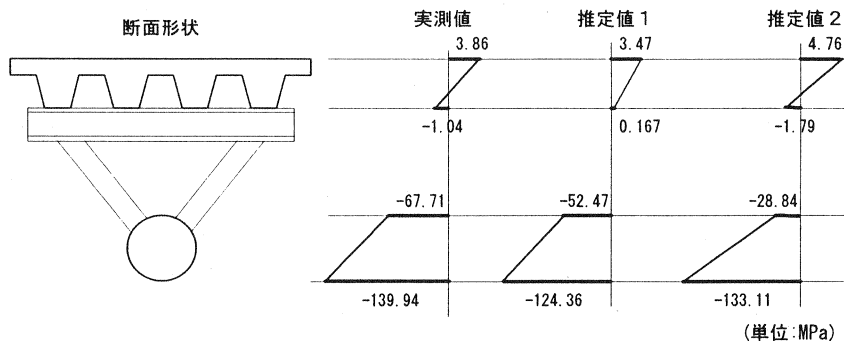


図-4 上下フランジの発生応力と推定値

この図より、上下フランジの曲げ応力は、推定値 1 と推定値 2 の中間的な値を示していることから、トラスウェブ端部の結合条件が、ある程度の回転を許す半剛結条件によって支持されていることが分かる。

また、下フランジの軸応力は推定値2に比べて推定値1の状態に近いことから、この部分の結合条件が剛結に近かったと予想される。

4.2 トラスウェブの発生応力

構造上弱点となる圧縮側のトラスウェブに着目し、設計荷重時における部材長中央断面の発生応力を実測値と推定値により比較したものが表-2である(測定した部材位置及び計測位置については、図-3参照)。

この表より、実測値は推定値1と2の中間的な値をとることが分かる。これは、推定値1がトラスウェブの上下両端が完全に固定されている

ため曲げ応力が発生し、IN側とOUT側の発生応力に大きな開きが生じるのに対し、推定値2は、両端ともピンであるため二次応力が働かず、軸力のみによって応力が決定されるためである。従って、トラスウェブの発生応力は、部材両端の結合条件を半剛結に仮定する必要があることが分かった。

4.3 最大たわみ量

スパン中央における下フランジ下縁のたわみ量を表したものが図-5である。この表より、試験体のたわみ量は、載荷重1000N位までは推定値1の挙動に近く、2500N位を越えると推定値2よりも大きな値を示した。

これは、荷重が小さいときはトラスウェブの端部が剛結合に近く、載荷重が増加すると剛結からピン結合へと移行し、各部材が降伏耐力を越えると塑性ヒンジが働き、たわみ量を増大させたためである。

表-2 トラスウェブの発生応力と推定値

		実測値	推定値1	推定値2
部材①	IN	32.04	11.54	65.93
	OUT	68.67	140.82	65.93
部材②	IN	36.43	23.26	62.74
	OUT	69.43	126.18	62.74

(単位 MPa)

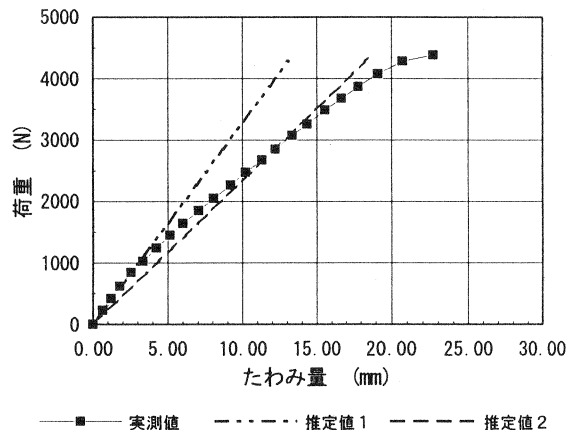


図-5 最大たわみ量

5. まとめ

ウェブにパイプトラスを利用する構造に対し、本研究で確認した事項は、以下の通りである。

- (1)上下フランジ及びトラスウェブの発生応力は、トラスウェブの端部の結合条件を半剛結であると仮定することで算定できることが明らかとなった。
- (2)桁の最大たわみ量は、発生応力同様トラスウェブ端部の半剛結条件を仮定することにより求めることが可能であることが分かった。また、簡易的には、剛結条件をピンとして評価することにより求まることが確認された。
- (3)アンボンド外ケーブルによる緊張力は、換算外力載荷法によりモデル化できることが確認された。

参考文献

- 1)吉見・斉藤・大石：大スパン軽量複合PC桁の曲げ性能に関する研究、プレストレストコンクリート技術協会 第3回シンポジウム論文集、1992.11
- 2)(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC橋の新しい構造事例に関する研究報告書(外ケーブルの有用性と適用に関する調査検討)、1993.3