

(143) 鋼トラスウェブPC梁の静的載荷試験

川田建設(株) 工事本部開発部 正会員 ○大澤 浩二
 秋田大学 鉱山学部土木環境工学科 正会員 川上 洵
 川田建設(株) 工事本部開発部 劉 新元
 川田建設(株) 同上 佐野ユミ子

1. はじめに

近年、土木構造物の合理化およびコスト縮減の観点から、鋼構造とコンクリート構造のお互いの長所を組み合わせ、より合理的な構造を目指した複合構造が注目され、各方面で色々な試みがなされている。著者らは、汎用性の高い中規模径間クラスの橋梁の合理化対策として、従来のPC箱桁橋のコンクリートウェブを鋼製のトラス部材に置き換えた鋼トラスウェブPC橋の研究を開始した。この形式の橋梁は、海外において数例の試験施工の実績があるものの、我が国ではまだ実績がなく、基本的な構造特性、適用性、可能性を確認する必要がある。本論文はスパン10.0m、梁高0.9mの模型を用いた静的載荷試験の結果をもとに鋼トラスウェブPC梁の曲げ特性について報告するものである。

2. 実験概要

(1) 供試体

図-1に供試体および載荷位置を示す。本供試体はI形断面PC梁のコンクリートウェブを鋼製の鉛直材付きワーレントラス部材に置き換えた構造である。ここで、トラス軸線は上下フランジの図心ではなく、表面で交差するものとした。主要材料を表-1に示すが、トラス部材にはH鋼H-100x100x6x8(SS400)、上下フランジとの接合にはスタッドジベルφ22x130mmを用いた。PC鋼材は、内鋼棒としてPC鋼棒φ23mm(SBPR785/1030)2本、外ケーブルとしてPC鋼より線φ15.2mm(SWPR7B)2本を用い、有効緊張力をそれぞれ12.6tf/本、15.3tf/本とした。なお、外ケーブルの偏向部にはテフロンシートを挿入することにより摩擦の低減を行った。また、材料試験結果を表-2にまとめる。

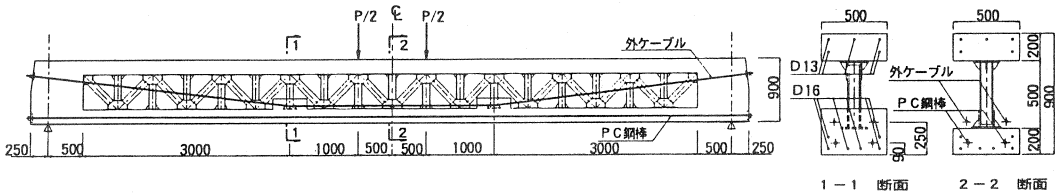


図-1 供試体一般図 (単位; mm)

表-1 主要材料

	規格・記号	備考
コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	目標強度
鉄筋	D13, D16(SD295A)	
PC鋼材	φ23(SBPR785/1030)	内鋼棒
	φ15.2(SWPR7B)	外ケーブル
トラス	H-100x100x6x8(SS400)	
	φ23x130	ジベル

表-2 材料試験結果 (単位; kgf/cm²)

	圧縮強度	引張強度	弾性係数	備考
コンクリート	434	33	2.96×10^5	t=28日
	降伏点	引張強度	弾性係数	備考
鉄筋	3,770	5,400	2.10×10^5	成績表
PC鋼棒	10,600	11,610	2.04×10^6	〃
PC鋼より線	18,350	19,880	1.99×10^6	〃
鋼材(トラス)	3,440	4,710	2.03×10^6	

(2) 試験方法

荷重試験は、200tf 油圧ジャッキを用いて、スパン10.0m、純曲げ区間1.0m の2点集中荷重とした。荷重サイクルは、①設計荷重まで、②ひび割れ発生荷重まで、③終局荷重までの3つのステップに分け、各ステップごとに荷重と除荷を繰り返すものとした。ここで、設計荷重とはデコンプレッションモーメントに相当する荷重とした。荷重管理は、ジャッキと載荷梁の間に200tf用ロードセルを設置して行った。計測断面は純曲げ区間および外ケーブル偏向部の前後とし、変位量のほか、上下フランジのコンクリート、鉄筋、PC鋼棒、外ケーブル、およびトラスの軸ひずみを計測した。さらに、外ケーブルについては定着具に取り付けた50tf用ロードセルにより張力変動を直接計測した。

3. 非線形解析

供試体の曲げ破壊耐力、変位量、外ケーブル張力の増加量の解析値を算出するため、線形解析プログラム (TDAPⅢ) を用いて材料非線形性を考慮した解析を行った。ここで、幾何学的非線形性は考慮していない。

①解析モデルは、図-2に示すように上下フランジを弦材とする平面骨組構造とし、トラス格点と上下フランジ図心との間には剛部材を設け剛結とした。また、外ケーブルの偏向部には鉛直方向のみ剛バネを挿入し、スライドできるものとした。

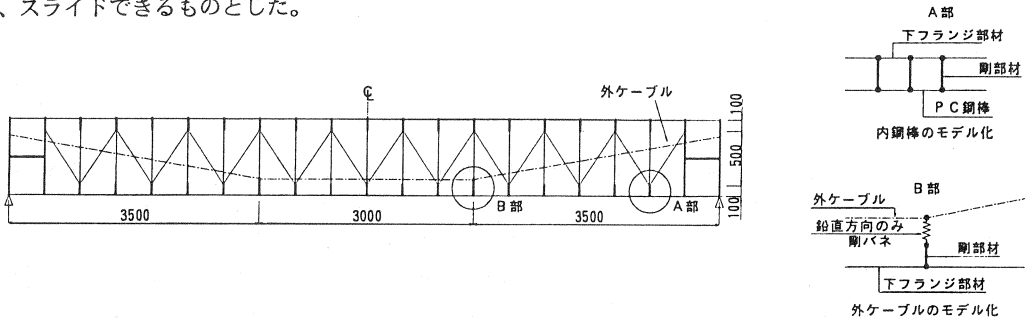


図-2 解析モデル

②材料非線形性は、上下フランジ、内鋼棒および外ケーブルにおいて考慮し、トラスは弾性体とした。材料の応力-ひずみ曲線は道路橋示方書に準じて、図-3に示すとおりとした。また、上下フランジは図-4に示すファイバーモデルを採用している。

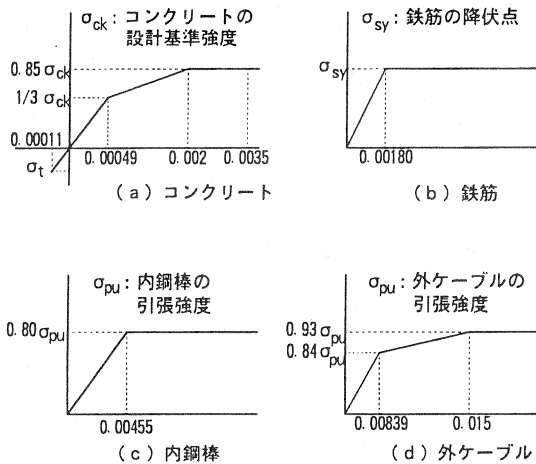


図-3 材料の応力-ひずみ曲線

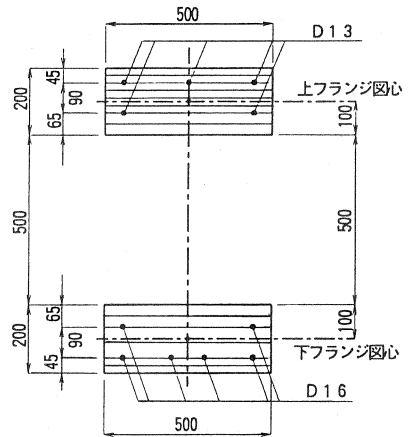


図-4 上下フランジのモデル化

4. 試験結果および考察

(1) 試験結果概要

表-3に主要荷重値の比較、図-5にひび割れ図を示す。ひび割れ荷重、終局荷重とも実測値と解析値は良く一致している。ここで、終局荷重はコンクリートのひずみが 3500μ に達した時点の荷重とした。解析値に示す簡易計算とは外ケーブルの張力増加を無視して道路橋示方書の耐力式より求めたものである。

最初のひび割れは純曲げ区間の下フランジ下縁に発生したが、載荷荷重の増加とともにトラス格点部の2次曲げが卓越し、上フランジの載荷点および下フランジの載荷点から一つ外側の格点でのひび割れ幅が大きくなり、最終的には載荷点付近のコンクリートが圧壊した。なお、圧壊した上フランジ上縁では 4800μ のひずみを記録した。

(2) プレストレスの導入効率

鋼トラスウェブP.C梁を設計するにあたって、「常時荷重に対してトラスを無視し、上下フランジだけを考慮した梁構造として設計できるか」という課題がある。ここでは、常時荷重のうち、プレストレス導入時のトラス部材の拘束がどの程度あるかを確認するために、内鋼棒、外ケーブル緊張後のスパン中央断面のひずみ分布を図-6に示す。計算値として①梁構造として求めたもの、②トラス構造として求めたものの2種類を示す。これによれば、実測値はトラス構造として求めた計算値と同一の傾向を示すものの、梁構造として求めた計算値とも十分な精度で一致している。

(3) 荷重とひずみの関係

図-7にスパン中央の荷重-ひずみ曲線を示す。 $P=20.0\text{tf}$ から下フランジの鉄筋ひずみが急激に増加し、 $P=40.0\text{tf}$ で降伏する。下フランジに配置されたP.C鋼棒も鉄筋と同様の挙動を示し、終局荷重 $P=54.0\text{tf}$ で降伏ひずみに達する。上フランジは、下フランジの鉄筋が降伏する $P=40.0\text{tf}$ から引張域に入るが、終局荷重時のコンクリート上縁ひずみは 1800μ 程度に留まっている。

また、外ケーブルはたわみの挙動に追従したひずみ増加を示すが、終局荷重時においても 1500μ 程度(初期ひずみを考慮して 7000μ 程度)であり、降伏には至っていない。

表-3 試験結果概要 (単位; tf)

	実測値	解析値	
		簡易計算	非線形
ひび割れ荷重	16.0	15.6	19.0
終局荷重	54.0	51.0	60.0

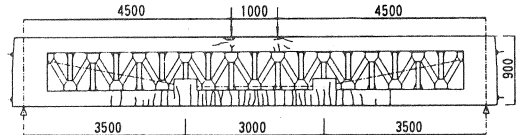


図-5 ひび割れ図

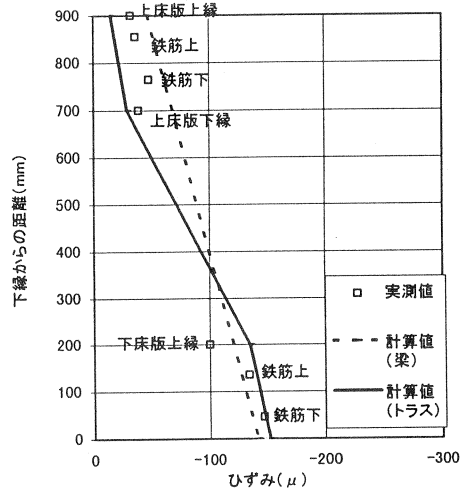


図-6 プレストレス導入時のひずみ分布

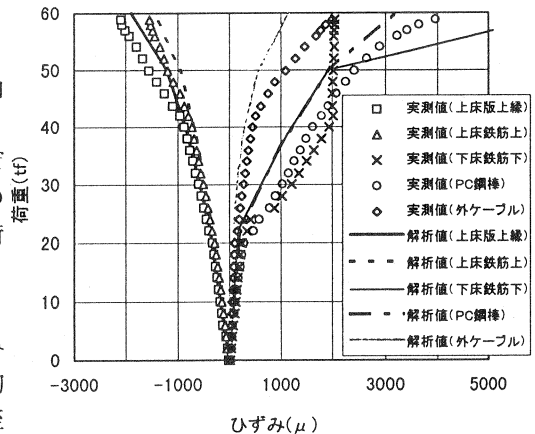


図-7 荷重-ひずみ曲線

(4) 主要荷重段階でのひずみ分布

図-8にひび割れ発生直前(P=15.0tf)、下フランジ鉄筋降伏時(P=40.0tf)、終局荷重時(P=54.0tf)の各荷重段階でのスパン中央のひずみ分布を示す。各部のひずみはP=40.0tf程度までは直線上に載っており、上下フランジで構成された梁として挙動していると考えてもよさそうである。しかし、P=54.0tfにおいては梁としての平面保持は保たれない。これは、上下フランジの2次曲げの影響が卓越してくるためである。

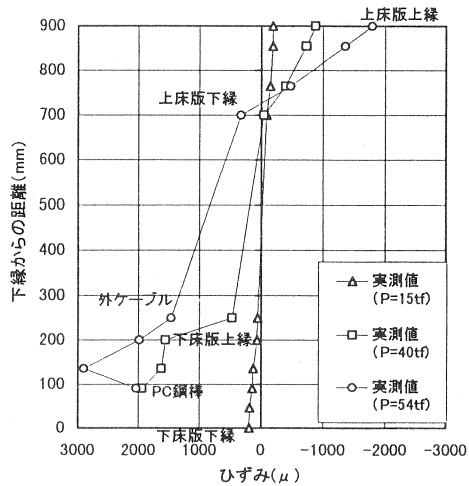


図-8 各荷重段階でのひずみ分布図

(5) 荷重とたわみの関係

図-9にスパン中央の荷重-たわみ曲線を示す。スパン中央の荷重-ひずみ曲線と同様にひび割れ発生後のP=20.0tf、下フランジ鉄筋降伏時(P=40.0tf)の2ヶ所に変局点が見られる。

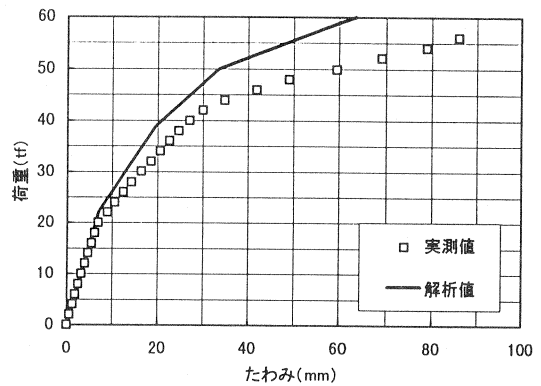


図-9 荷重-たわみ曲線

(6) 荷重と外ケーブル張力増分の関係

図-10に荷重と外ケーブル張力増分の関係を示す。たわみと同様の挙動を示している。ここでは、端部の定着部に設置したロードセルの結果を示しており、終局荷重P=54.0tfにおける張力増分は3.9tf(28kgf/mm²)である。一方、スパン中央においてひずみゲージで直接計測した結果では、4.1tf(29kgf/mm²)であり、ほぼ一定値となっている。

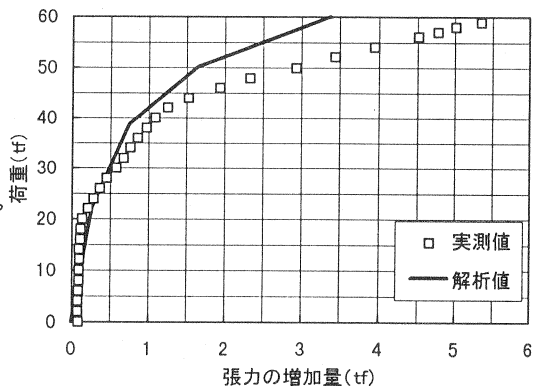


図-10 荷重-張力増加の関係

5. おわりに

鋼トラスウェブPC梁の曲げ特性を確認する目的で、静的荷重試験を行い、以下のことが分かった。

- ①自重、プレストレスなどの常時荷重については、簡易的にトラスを無視し、上下フランジだけを考慮した梁構造として設計できる。
- ②終局耐力についても、同様に梁構造として設計できる。ただし、トラスの格点構造によっては、上下フランジに2次曲げが発生するため、留意する必要がある。

本形式の橋梁には、格点構造、床版などの横方向の設計法、施工法などの課題が残されており、今後これらの検討を進めたいと考えている。なお、クリープ乾燥収縮に対する挙動を把握するために、同形状の供試体の経時計測を実施中である。結果については、別の機会に報告したいと考えている。

参考文献

1)佐野, 佐々木, 川上: 外ケーブルを用いた複合トラス橋梁の構造解析, 土木学会平成8年東北支部技術研究発表会