

複合トラス桁橋の格点部剛度と下床版の剛性低下に伴う断面力変化の検討

九州大学大学院 学生会員 ○太刀掛 正俊
九州大学大学院 正会員 日野 伸一
(株) 富士ピー・エス 正会員 左東 有次

(株) G.I.F. 元 大淵
九州大学大学院 正会員 山口 浩平

1. はじめに

複合トラス橋は従来の PC 箱桁のコンクリートウェブを鋼トラス材にて置換したもので、主桁自重の軽減とそれによる下部工の簡略化や橋梁スパンの長大化、またプレストレス導入効率の向上や施工の省力化などが図れる合理的な構造である。本研究ではこれら複合トラス橋の長所をさらに拡大し、主桁のプレキャスト化をも可能とした新しい構造形式として、複合トラス桁橋 (Prestressed Composite Truss Girder, 以下 PCT 桁橋) の開発を目的としている (図-1)。PCT 桁橋の特徴は、第一に上床版が場所打ちの合成構造であること、第二に下床版が PC 構造のプレキャスト化が可能であることが挙げられる。この構造的長から、施工時における負荷に対して上床版の鋼断面が有効に抵抗するため、上床版施工時の支保工および使用重機の省力化などが期待できる。さらに終局状態において、合成構造である上床版下端部の鋼材が引張力を負担するため、従来までの複合トラス橋では見られなかった破壊靱性の向上が期待できる。

本論文では二次元 FEM 解析により、PCT 桁橋におけるウェブの合理的な傾斜角度と、荷重増加に伴う下床版の剛性低下による各部材の断面力変化について検討した。さらに先に実施した格点部載荷試験¹⁾において得

れた知見を基に、格点部の剛度を低減させた場合の断面力への影響も検討した。

2. 解析モデルおよび手順

解析対象モデルは橋長 60m、桁高 3m の単径間複合トラス桁橋である (図-2)。まずウェブの傾斜角度 $\theta = 38^\circ \sim 80^\circ$ の 5 パターンの FEM 解析により、合理的な傾斜角度を検討した。

次にその結果を基に、ウェブの傾斜角度を固定して下床版の剛性低下や格点部剛度の変化が断面力へと及ぼす影響を検討した。解析パラメータは、使用状態を想定し、下床版が曲げおよび軸力に対する抵抗を保持した Case1、下床版の曲げひび割れ発生以降を想定し、曲げに対する抵抗のみ喪失した Case2、下床版軸力を PC 鋼棒のみで負担する終局状態 (写真-1) を想定し、曲げと軸力に対する抵抗を喪失した Case3 の 3 ケースにおいて、格点部を剛結とした $\alpha = 1.0$ の場合と、ピン結合に近い状態を想定した $\alpha = 0.013$ の場合 (図-3) の計 6 つである。表-1 に解析パラメータを示す。ここで剛度低減率 α は、ともに著者らが実施した格点部載荷試験¹⁾において、高剛度および低剛度格点構造の各鋼管に発生するモーメント値の比率を基にその弾性骨組解析により導出したもので、低剛度格点構造の鋼管に発生するモーメントが高剛度の 2 割まで減少する場合を想定している。

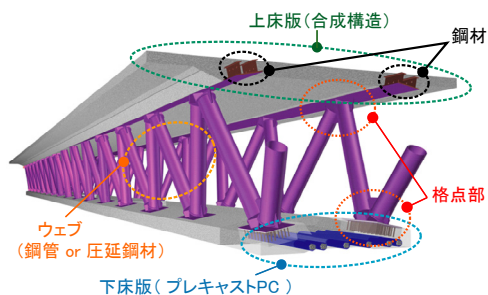


図-1 PCT 桁橋

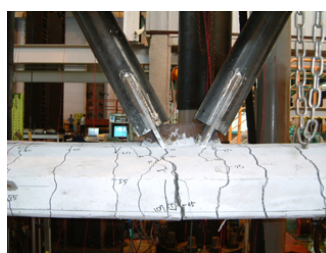


写真-1 終局状態の下床版

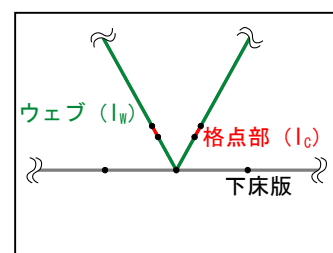
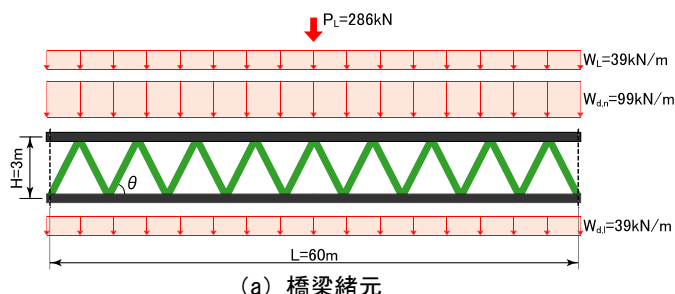


図-3 格点部の剛度のモデル化



(a) 橋梁緒元

(b) 断面緒元

	A (m^2)	I (m^4)
上床版	3.77	5.46E-02
下床版	1.73	4.01E-02
ウェブ	0.03	3.80E-04

図-2 解析モデル

表-1 解析パラメータ

	$\alpha=1.0$			$\alpha=0.013$		
	下床版	格点部		下床版	格点部	
	A_L	I_L	I_C	A_L	I_L	I_C
Case1	A_{lg}	I_{lg}	I_w	A_{lg}	I_{lg}	$0.013 \cdot I_w$
Case2	$0.5 \cdot A_{lg}$	0	I_w	$0.5 \cdot A_{lg}$	0	$0.013 \cdot I_w$
Case3	$0.015 \cdot A_{lg}$	0	I_w	$0.015 \cdot A_{lg}$	0	$0.013 \cdot I_w$

A_L : 下床版の入力断面積

I_L : 下床版の入力断面 2 次モーメント

I_C : 格点部の入力断面 2 次モーメント

A_{lg} : 全断面有効とした下床版の断面積

I_{lg} : 全断面有効とした下床版の断面 2 次モーメント

I_w : ウェブの断面 2 次モーメント

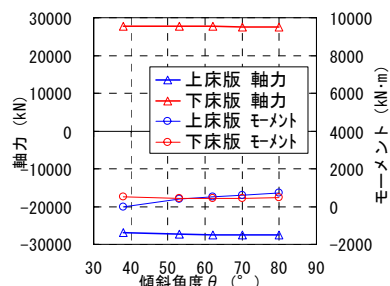


図-4 上下床版の断面力変化

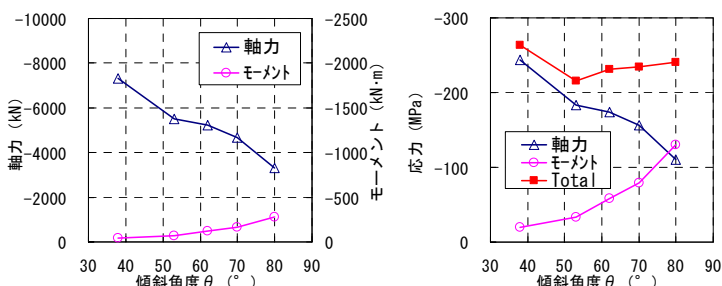
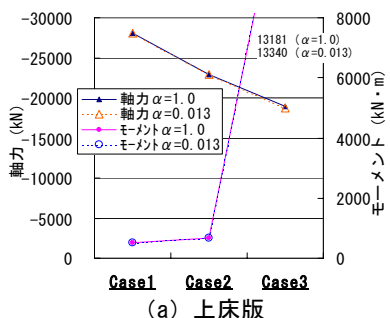
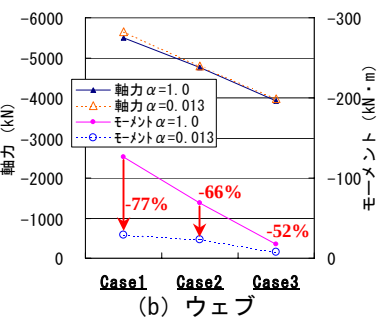


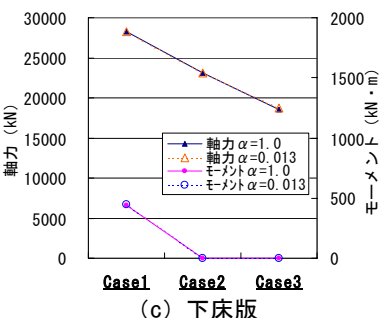
図-5 ウェブの断面力と応力の変化



(a) 上床版



(b) ウェブ



(c) 下床版

図-6 各部材の断面力変化

3. 解析結果

(1) ウェブの合理的な傾斜角度

図-4 に上下床版の断面力変化, 図-5 にウェブの断面力変化およびその応力を示す. 上下床版の断面力は, 傾斜角度にほとんど影響を受けないことがわかる. またウェブでは, その傾斜角度が大きくなるに従い軸力は減少し, 逆にモーメントは増加することが伺える. 軸力と曲げモーメントの合計応力は, 傾斜角度が 50° 以上では顕著な差が認められず, 使用する鋼材量などから判断すると, $\theta = 50^\circ \sim 60^\circ$ 程度が最も合理的であるといえる. よって以下の解析においてはウェブの傾斜角度 θ を, 先の格点部載荷試験と同様の $\theta = 62^\circ$ とすることとした.

(2) 下床版の剛性変化による影響

(a) 断面力の再配分

図-6 に上床版, ウェブ, 下床版の断面力変化を示す. 使用状態を想定した Case1 から終局状態を想定した Case3 に移行するにつれ, 上下床版ならびにウェブいずれにおいても軸力が減少している. これは下床版の損傷による応力の再配分による影響で, 構造系としてトラス構造からはり構造へと移行していることを示唆している. したがって, 下床版の剛性変化はトラス構造では重要になるといえる.

(b) 曲げ剛性の影響

下床版の曲げ剛性の影響は, Case1 と Case2 により比較できるが, 下床版の曲げ剛性喪失による上床版に生じる曲げモーメントの変化はそれほど顕著ではない.

(c) 軸方向剛性の影響

下床版の軸方向剛性の影響は, Case2 と Case3 の比較により考察できる. 下床版の軸力の喪失にともなう, 上床版の発生曲げモーメントが急増していることが伺える. このことから下床版の軸方向剛性の喪失以降に対しては, 上床版の曲げに対する抵抗力の増加が効果的であるといえる. Case3 のような終局状態において, 従来

までの複合トラス橋では上床版が PC であるため, 上床版下縁に発生する引張応力に抵抗しうるだけのプレストレス量の導入が必要であった. しかしながら上床版に導入できるプレストレス量は上縁の応力状態によって制限され, 必要量を導入することは困難である. PCT 桁橋では, 合成構造である上床版の下縁の鋼材で引張応力を負担することが可能であり, それによる複合トラス橋の破壊靱性向上が期待できる.

(3) 格点部の曲げ剛度の影響

上下床版の各断面力およびウェブの軸力に対して, 格点部の剛度の違いが与える影響はほとんど無いが, ウェブに発生する曲げモーメントの値が各ケースでそれぞれ, -77%, -66%, -52%と大きく低下することがわかった (図-6 (b)). このことから, 格点部の剛度を低下させ, ピン構造へと近づけることで, ウェブに発生する曲げモーメント値が小さくなり, その結果, ウェブ部材の断面縮小が可能であると考えられる.

4. まとめ

以上の解析により, PCT 桁橋のウェブの傾斜角度は, $\theta = 50^\circ \sim 60^\circ$ で最も合理的であり, またその終局状態では, 上床版には大きな曲げモーメントが作用することがわかった. この曲げモーメントに対して, PC 断面ではなく, 合成断面としての鋼材が曲げ引張抵抗することで, 従来までの複合トラス橋に比較し, 提案する PCT 桁橋の場合には靱性のある破壊挙動の発揮が期待できる. また格点部の剛度を小さくすることで, ウェブに発生する曲げモーメントを低減できるため, このような格点構造は, ウェブ部材の断面縮小化が期待できる等の優れた構造となりうるということがわかった.

参考文献

- 1) 米永, 日野ら: 鋼・コンクリート複合トラス橋格点部の応力伝達機構に関する実験的研究, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 平成 19 年 3 月 (投稿中)