

経済性を追求した複合トラスの提案

Proposal for Hybrid Truss Bridge in Pursuit of Economy

能 登 宥 愿*
Hiroyoshi NOTO

Summary

A hybrid truss bridge is a medium span bridge designed to reduce construction cost, ensure construction safety and improve durability. In the structure of such a bridge, steel and concrete are used as appropriate for their unique characteristics and prestressed concrete supplies additional functions. A hybrid truss bridge has a prestressed concrete slab that combines deck and upper chord, and steel diagonal members and lower chord.

キーワード：新形式橋梁，複合橋梁，コスト縮減，外ケーブル

1. まえがき

本橋は工費縮減と架設時の安全性、供用時の耐久性向上を目指した中規模の支間に適した複合橋梁（幅員：2車線）である。構造形式は材料の使用箇所を考慮して鋼・コンクリート材料を使い分け材料の有する固有な特性およびプレストレス導入による付加機能を活かしている。即ち床版および上弦材をプレストレスコンクリート版（以後PC版と称す）で、斜材・下弦材を鋼部材で構成している（図-1）。

2. 構造解析

(1) 解析方針

本複合トラスは支間長と架設工法に密接な関係がある。平地部でベント支持架設が可能な場合は橋梁支持形式の自由度は高い。しかるに、山岳部で中央径間だけでなく側径間もベント支持が不可能な場合は、中間橋脚とトラス桁と剛結する。架設工法は目安として支間長（L）によって次のように分類することができる。

95m < L < 115m 張り出し架設

120m < L < 160m ケーブル斜吊り架設，斜ベント架設

PC版に対するプレストレスは、前死荷重（鋼とPC版の重量）に対して生ずるPC版の引っ張り応力にPC版内のPC鋼線に対応させる。この場合不要になったPC鋼線は

順次版外に出して定着していくが、何本かは格点部の局所的な応力、ひび割れ防止のため支間中央まで連続させる。特にケーブル斜吊り架設の場合の前死荷重時は完成系（3径間連続系）になるように斜吊りケーブルを調節する。後死荷重、活荷重に対しては外ケーブルで対応させる（図-2）。

(2) PC版の応力

構造モデルは次のように考える。

主構応力：全体系立体モデル（PC版はシェル）

床版応力：PC版5パネル（下弦材6パネル）を有する立体モデル

PC版の耐荷力：PC版2パネル（下弦材3パネル）を有する立体モデル



図-1 複合トラスの完成予想図

*技術本部先行技術研究室長

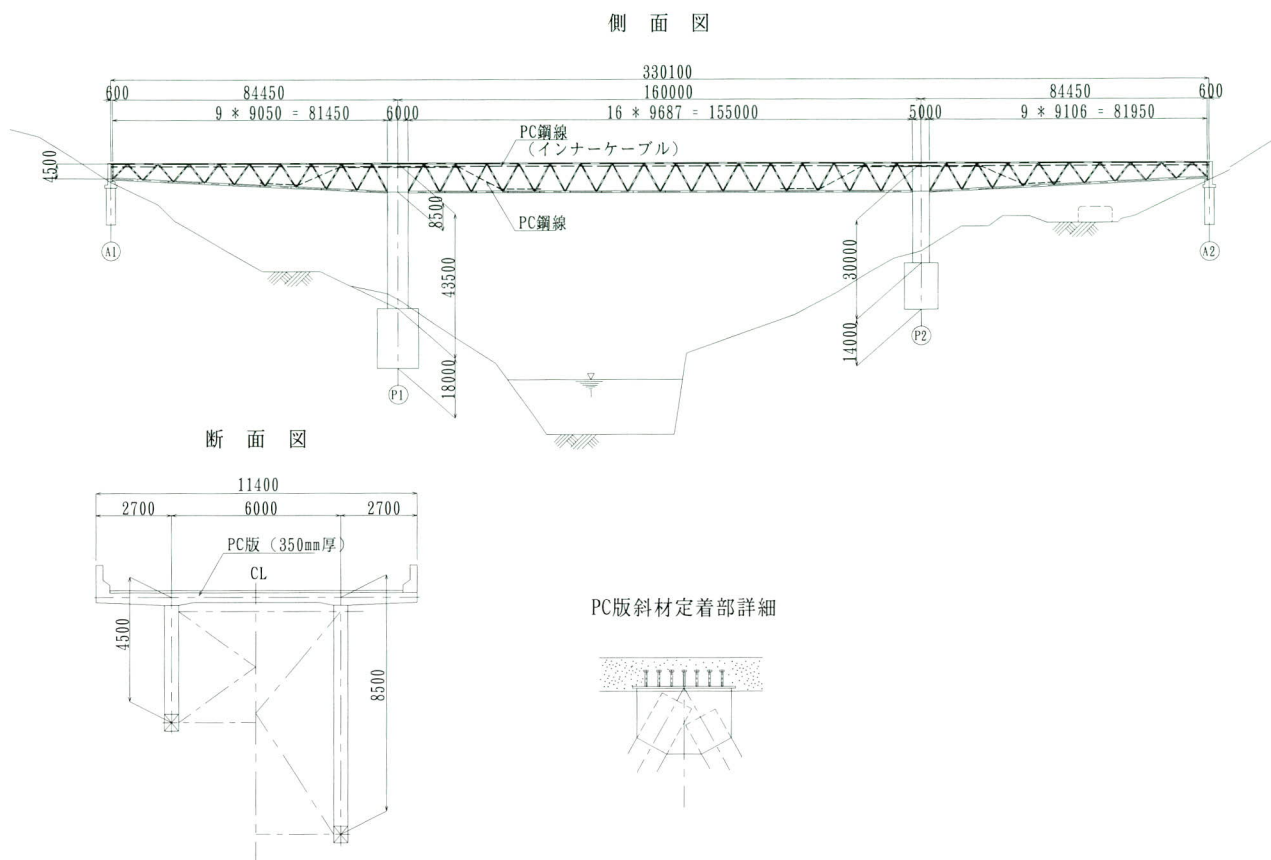


図-2 PC版複合トラス一般図

1) 主構応力

死荷重、活荷重によって生ずるPC版の主構応力は、ほぼ等分布であり、PC版は全幅（地覆内側幅員）有効

と考えられる（図-3参照）。

2) 床版応力

荷重ケースはB荷重（輪荷重14.0tf）の5タイプの載荷方法について検討した。ここでは橋軸方向応力が最大となる主構の中央でかつ格点間の中央に橋軸直角方向に4輪載荷した場合について述べる（図-4、5）。この載荷方法で上弦材がある場合（図-6、7）と比較する。格点支持の載荷ラインの応力は床版下面で最大48kgf/cm²の引っ張り応力が発生する。上弦材で連続支持された場合（上弦材有り）が最大30kgf/cm²であるので連続支持の60%増の引っ張り応力が発生する。これらの引っ張り応力は必要に応じ、床版内のPCケーブルで負担するものとする。

同じ荷重載荷で格点支持状態の主構間中心線の橋軸直角方向応力分布を図-8に示す。応力は載荷ラインが最大で上下面で各々-28, 28kgf/cm²である。

張り出し位置での橋軸直角方向応力が大きくなる載荷状態では、最大値は上下面で応力の符号が逆転するが絶対値はほぼ同様な値である。

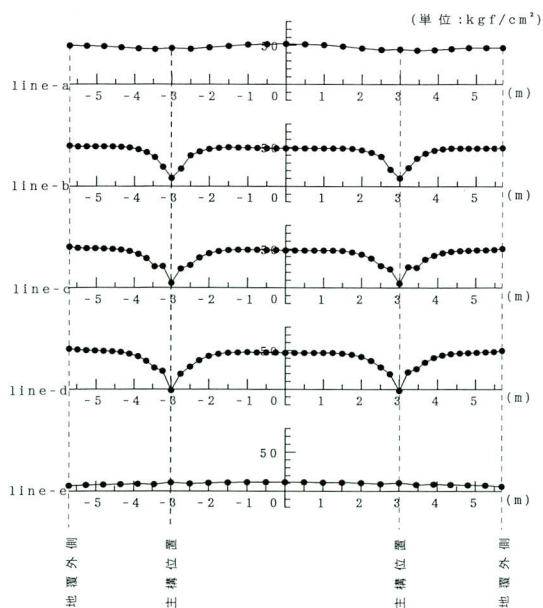


図-3 PC版上面応力分布（死荷重）

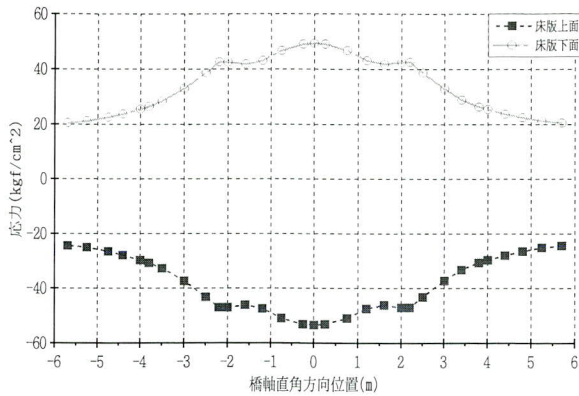


図-4 橋軸方向応力分布 (格点支持)

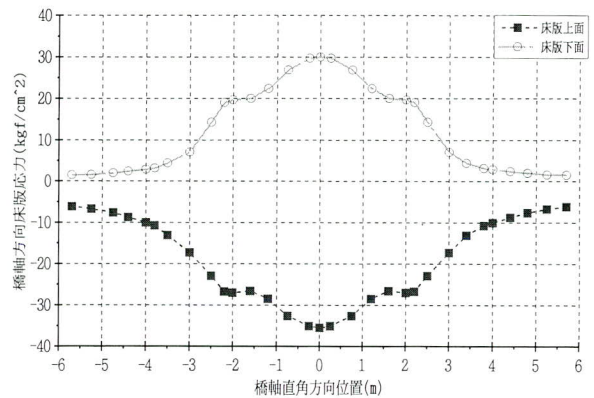


図-6 橋軸方向応力分布 (上弦材支持)

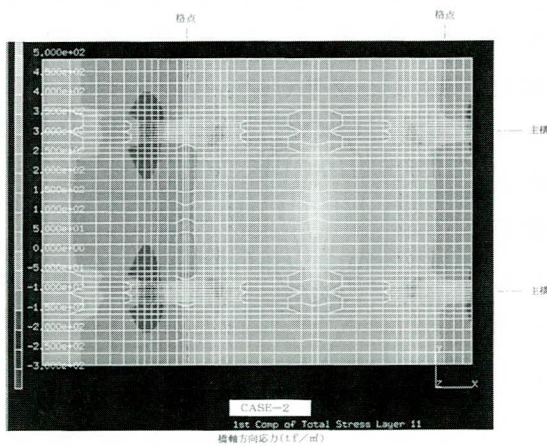


図-5 PC版下面橋軸方向応力分布 (格点支持)

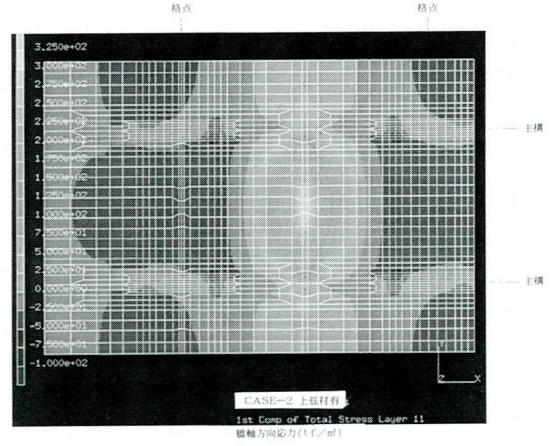


図-7 PC版下面橋軸方向応力分布 (上弦材支持)

3) PC版の耐荷力

ここでは格点のライン (橋軸直角方向) に主構を挟んで各2輪づつ载荷した場合の耐荷力を代表的に荷重とPC版の鉛直変位の関係 (図-9) で示す。

PC版の主構間隔の中央および張り出し先端でみる

と、前者で輪荷重の6.5倍位 (90tonf) まで、後者でみると輪荷重の4倍位 (60tonf) まで線形変化であり、その後も後座屈強度 (エネルギー吸収) がかなり期待できるものと思われる。

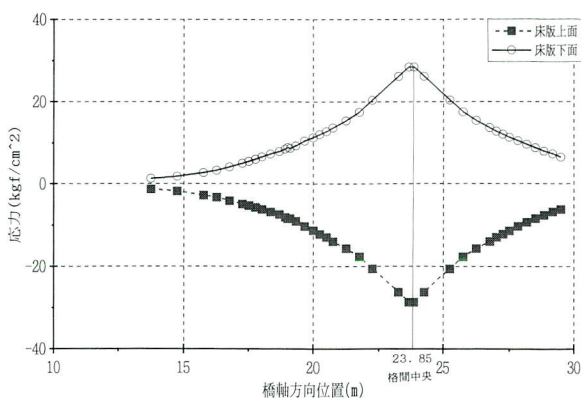


図-8 主構間中心線の橋軸直角方向応力分布

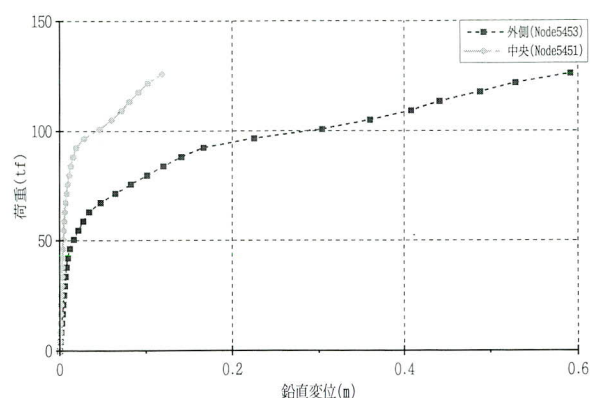


図-9 PC版の耐荷力 (荷重-変位) 曲線

(3) 格点ガセット部

1) 最適水平せん断力

PC版と斜材の格点部に生ずる水平せん断力は、外ケーブルの使用量と配置（折り曲げ位置）により大きさを変えることができる。複数ケーブルの最適配置は、中間支点近傍のいくつかの格点部の水平せん断力の低減、PC版の引っ張り応力の低減、圧縮応力の上限を考慮して最適なプレストレス量およびケーブル配置を決めることが重要である。本解析例では、配置のみにより水平せん断力を35%位低減できる結果が得られた（図-10）。

2) PC版と斜材の接続

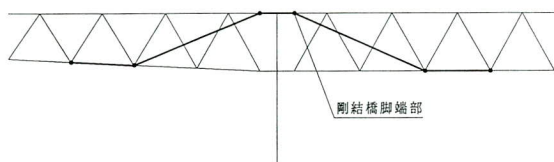
各種の接続法が考えられるが、ここでは格点ガセット部にスタッドジベルを溶殖する構造を提案する。

3) スタッドジベルとコンクリートの応力伝達

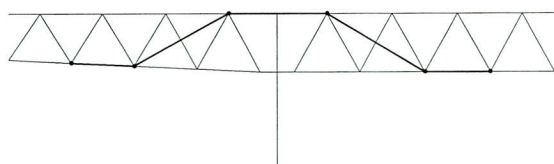
PC版と斜材の格点部に生ずる水平せん断力をジベル群で伝達すると、ジベルの位置により分担率が変化する。ジベルの最大水平力はジベル群の作用力方向の中央、直角方向では外側のジベルで生じ、その値は平均水平力の約25%増である（図-11参照）。

ジベルの軸方向応力はソリッドモデルの接触問題

CASE-A 橋脚端部



CASE-B 第1格点



CASE-C 第2格点

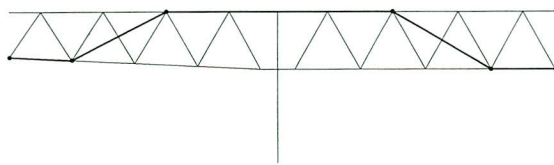


図-10 外ケーブルの折り曲げ位置のパターン

(FEM解析の要素、機能)として構造モデルを作成し解析する。モデルとしてはコンクリートの充実体の中にジベルを埋め込み水平力を作用させる（図-12）。

3. 架設工法

架設工法は架設地点の地形によるが、ここでは側径間ベント支持が可能な場合のケーブル斜吊り架設を示す。この場合は主構造閉合時に完成系の応力状態になるように斜吊りケーブルの張力調整をする（図-13参照）。

前述したように支間長等により張り出し架設との選択になるが、架設時の安全性、トータルのコストを考慮して決定する。架設先端で使用されるワーゲンは鋼桁架設とPC版の移動型枠の二つの役目を担っている。幅員が2車線、3車線であることによって、主構間隔を2種類に設定するすることにより、またトラス桁、箱桁である場合でも、ワーゲンの骨組みの高さを調整することで対応する。こうすることによりワーゲンの標準化が可能となる（図-13参照）。

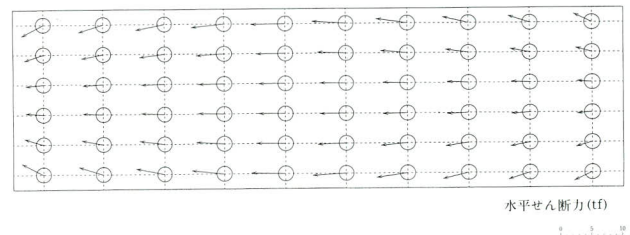


図-11 スタッドジベル水平せん断力

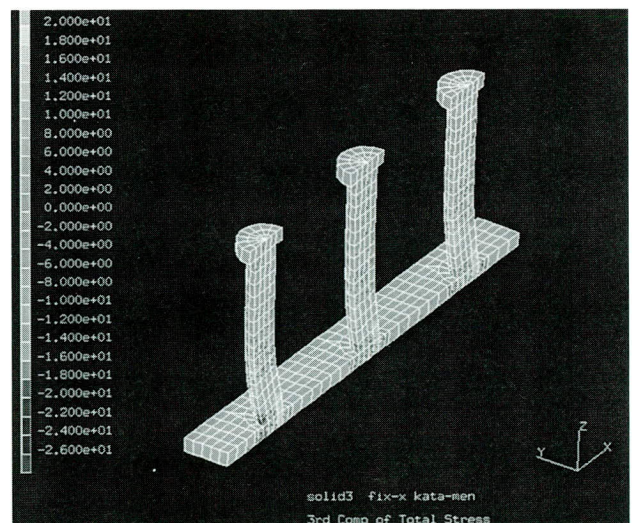


図-12 コンクリート中のスタッドジベルの応力、変形

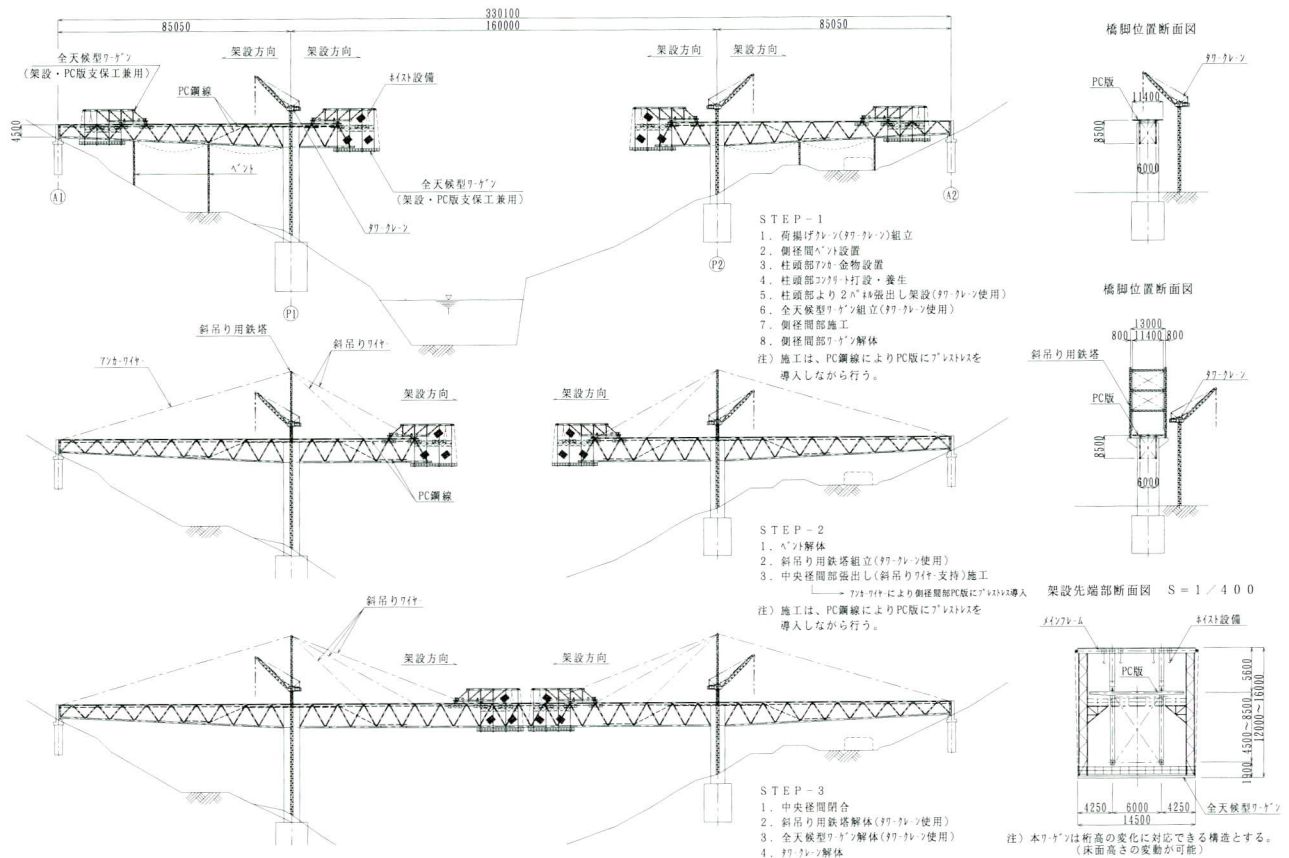


図-13 PC版複合トラス架設要領

4. まとめ

各種解析および検討により設計～架設までいろいろな点が明らかになったが、実施を目指すためには今後、PC版と格点部等の静的な耐荷力、繰り返し荷重による疲労照査等実験で確認する必要があると思われる。

架設については、従来の鋼桁架設以外にPCの架設技術が必要になる。我々は先達の技術を勉強し、そこから独自の技術を研究していく必要があると思われる。

ここで述べている複合トラスと合理化鋼トラスを比較すると、複合トラスが鋼重、工費で各々約25%、15%の低減を図ることができた。

5. あとがき

新しい形式の橋梁が、橋梁の技術革新に役立ちさらにコスト削減に寄与することを期待して、今後も技術の研鑽に励みたいと思います。

〈参考文献〉

- 1) 能登宥願：第22回日本道路会議，経済性を追求した複合トラスの提案 1997.12

1997.10.31 受付