

鋼床版合成形式橋梁の解析方法に関する一提案

尾下里治¹・江川定利²

¹正会員 工博 (株)横河ブリッジ (〒592 大阪府堺市築港新町2丁)

²正会員 (株)横河技術情報 (〒273 千葉県船橋市山野町27番地)

鋼床版と主構造とを合成させた形式の橋梁の構造解析にあたっては、連続体である鋼床版のモデル化が常に問題となる。本文では、こうした形式の橋梁の解析法として、一定せん断流パネルと縁部材とにより鋼床版をモデル化する解析法を提案する。この解法は、従来から航空機の構造解析に用いられていたものであるが、橋梁の鋼床版に初めて適用するもので、鋼床版と主構造との偏心結合の考慮の仕方など、新たな提案を行っている。計算例として、鋼床版2主桁橋とニールセンローゼ桁橋を用い、FEM解析結果と比較することによって、本解析法の精度と実用性を確認した。本解析法により、これまで近似的に取り扱われてきた鋼床版のせん断遅れや局所的な応力集中などが、実務レベルで解析的に精度よく評価することができる。

Key Words: bridge, steel deck, stress analysis, 3-D analysis, effective width, shear lag

1. はじめに

長大橋の床版構造としては、鋼床版が採用されることが多く、しかも主構造と合成させて用いられる場合も多い。例えば、ニールセンローゼ桁橋や長大トラス橋、あるいはトラス形式の補剛桁を持つ斜張橋などでは、ほとんどの場合、主構造と鋼床版とが合成構造になっている。

通常の橋梁設計における解析法としては、骨組構造にモデル化して変位法により解析するのが一般的であるが、こうした版構造と骨組構造とが一体化した形式の構造解析では、連続体である鋼床版のモデル化が問題となる。

本文では、鋼床版のモデル化の手法として、一定せん断流パネルを用いることを提案する。この一定せん断流パネルとは、線形に変化する軸力を伝える縁部材をもつ板要素で、すべての直応力を無視し、一定のせん断応力だけを考慮するという制限された仮定から剛性マトリックスが誘導されている。この概念は、航空機の構造解析に使用されている応力外皮構造法(stressed-skin construction)の考え方を受け継いでいる。

一定せん断流パネルのメリットは、縁部材の軸力が部材間で線形に変化するので、軸力分布が連続した滑らかなものになることと、鋼床版を細かく要素分割しなくても精度良くせん断変形を評価できることにある。

本解析法については、以前に一部報告済み^{2),3)}である。その中では、鋼床版面と骨組部材との偏心結合を考慮しておらず、偏心による曲げモーメントの影響が少ないトラス橋を解析例として取り上げ、その精度と実用性を確認した。しかし、実際は鋼床版と骨組部材とは偏心して

結合されており、梁部材の曲げに対して鋼床版も有効に働くように設計されている。今回は、この偏心の影響の考慮の仕方も示しており、これによって一定せん断流パネルの応用範囲は格段に広がる。つまり、トラス橋やアーチ橋などの骨組構造に限らず、鋼床版桁をも含めたすべての鋼床版合成構造に適用可能となる。

本文では、まず、通常行われている解析法の現状と問題点を述べ、つぎに本解析法の概要を報告する。そして、鋼床版2主桁橋とニールセンローゼ桁橋の計算例を用いて、本解析法の妥当性をFEM解析結果と比較して検討する。さらに、本解析法を用いた場合の部材の設計法についても言及している。

2. 現行の解析法の概要と問題点

表-1に、鋼床版合成形式の橋梁の施工例と解析方法を示す。こうした形式の橋梁の解析のほとんどは、死荷重や活荷重あるいは温度変化などに対する面内解析と、橋軸直角方向の風荷重や地震荷重に対する面外解析とに分けて行われ、それぞれの解析結果を編集して設計部材力や変位が算出されている。よって、ここでは面内解析と面外解析とに分けて、解析法の現状と問題点を述べる。

(1) 面内解析

面内解析については、主構面を取り出して平面骨組構造としてモデル化されることが多い。このとき、鋼床版は、せん断遅れの影響を考慮した有効幅分を合成している梁部材に付加して解析される。しかし、表-2に鋼床

表-1 鋼床版合成形式の橋梁の施工例と解析方法

橋名	形式	横断面	解析方法
関西国際空港連絡橋	トラス		面内解析：平面トラスモデル 耐震解析：鋼床版をKトラスに置換した立体骨組モデル
ひつ石島・岩黒島橋	斜張橋		面内解析：平面トラスモデル 面外解析：補剛桁を梁に置換した立体モデル
東神戸大橋	斜張橋		面内解析：平面トラスモデル 面外解析：補剛桁を梁に置換した立体モデル
マタデイ橋	吊橋		面内解析：平面トラスモデル 面外解析：補剛桁を梁に置換した立体モデル
新浜寺大橋	アーチ橋		面内解析：平面骨組モデル 面外解析：鋼床版をダブルワーレントラスに置換した立体骨組モデル
成田橋	アーチ橋		面内、面外解析ともに鋼床版をKトラスに置換した立体骨組モデル
梅町橋梁	ラーメン橋		面内、面外解析ともに鋼床版をKトラスに置換した立体骨組モデル

版合成トラス橋の場合⁴⁾を例として示すが、鋼床版の有効幅については弦材に作用する断面力の種類によって変化するので、厳密に扱おうとするとかなり面倒なものとなる。また、斜材の取付点や斜張橋におけるケーブル定着点、あるいはアーチリブ起点部などでは局所的な応力集中が生じるので、別途 FEM 解析結果を基に応力分布を仮定して断面設計を行っている。

面内解析に立体モデルを用いる場合もあるが、この時の鋼床版の取り扱い方については、平面解析する場合と同様に有効幅分の断面積と曲げ剛性だけを考慮する場合と、鋼床版面のせん断剛性をも評価するためにトラス斜材を付加する場合とがある。

立体解析において鋼床版をトラス構造に置き換えると、トラス部材が面内荷重に対して主構との共同作用を受け持ったり、結合している節点に離散的な集中荷重を生じさせることになり、実際の応力状態をうまく表せない場合がある。表-1 において平面モデルを用いる場合が多いのは、こうした理由もある。

(2) 面外解析

面外解析については、最近の傾向として、鋼床版をト

ラス構造に置き換えた立体骨組モデルが用いられる場合が多くなっている。このときのトラス斜材の断面積は、鋼床版のせん断剛性に等しくなるようにし、弦材の断面積は鋼床版の面外曲げ剛性と等しくなるように決定している場合が多い。

連続体である鋼床版を骨組構造に離散化して解析するこうした従来からの方法では、橋軸方向の伸縮、面内曲げ、面外曲げ、ねじりなどの全ての立体的な挙動に対して一致したモデル化は不可能であるし、鋼床版部分の力の流れ方も実際のものとは異なり不連続なものとなる。

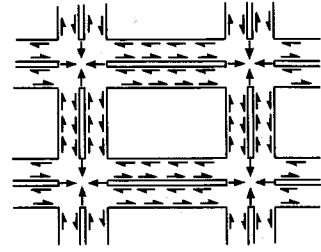
また、面内解析に平面モデルを用いる場合は、従荷重である面外荷重に対してのみ立体モデルを作成しなければならず、二つの異なる解析モデルを使用する煩雑さがある。

3. 一定せん断流パネルを用いた解析法

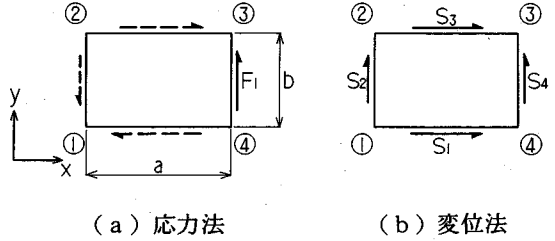
本解析法においては、鋼床版を一定せん断流パネルにより要素分割し、そのパネルの四辺には線形に変化する軸力を伝える縁部材を取り付ける(図-1)。一定せん断流パネルは、鋼床版のせん断変形にのみ抵抗する部材で、

表一 鋼床版合成トラス橋の鋼床版の有効幅

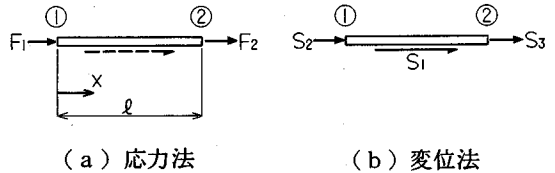
断面力		有効断面	断面力図
軸力	全体軸力 N_1	全断面有効	
	格点軸力 N_2	弦材部有効	
面内曲げモーメント	全体曲げモーメント M_1	等価支間長: λ_1	
	格間曲げモーメント M_2	等価支間長: λ_2	
	偏心曲げモーメント M_3	等価支間長: λ_3 合成断面の図心 弦材の図心	
面外曲げモーメント M	全断面有効		



図一 一定せん断流パネルによる鋼床版のモデル化



図二 一定せん断流パネルの要素力



図三 縁部材の要素力

直応力には一切抵抗しない。直応力に対しては、四辺に取り付けた縁部材が抵抗する。よって、一定せん断流パネルの板厚は鋼床版厚とすればよいが、縁部材の断面積には、鋼床版の直応力に対する剛性を評価できるように、その分担幅分の鋼床版や縦リブ、あるいは横桁の断面積を付与する。

解析モデルは、面内解析と面外解析とともに立体モデルとなるが、同一モデルで両解析が行えるので、解析精度の向上や結果の編集が容易になるなど利点が多い。

一定せん断流パネルと縁部材については、通常の変位法では存在しないせん断流という要素力が導入されている。せん断流を未知数とすれば応力法で容易に取り扱えることから、従来から応力法では用いられてきたが、変位法における使用例は少ない。変位法での適用にあたっては、応力法におけるたわみ性マトリックスを適当な変換を行って剛性マトリックスを求める。詳細は文献1)にあるので、ここでは概要だけを述べる。

(1) 一定せん断流パネルの剛性マトリックス

長方形で一定の厚さの一定せん断流パネルを考える。板に働く力を図一に示す。応力法における未知数は四辺に等しく働くせん断流 F_1 が1個だけであるが、変位法においてはせん断流 S_1, \dots, S_4 が要素力として選ばれる。

板厚を t 、せん断弾性係数を G とすると、応力法における力と変位の関係式は、Castigliano の定理を用いて次のように求められる。

$$v = (ab/Gt)F_1 = fF_1 \quad (1)$$

ここで、 v はパネルの相対変位で、 f は一定せん断流パネルのたわみ性である。このたわみ性から適当な変換マトリックスを使って、式(2)のような変位法における剛性マトリックスが誘導される。

$$k = \frac{Gt}{ab} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

(2) 線形に変化する軸力を伝える縁部材の剛性マトリックス

軸力要素に対する要素力の正方向を、図一に示す。要素における軸力 F は、応力法では次のように与えられる。

$$F = -\{1 - (x/l)\}F_1 + (x/l)F_2 \quad (3)$$

断面積を A 、ヤング率を E とすると、Castigliano の定理から力と変位の関係式が次のように求められる。

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \frac{l}{6EA} \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = fF \quad (4)$$

ここで、 f は要素のたわみ性マトリックスである。

変位法では図-3 に示すように要素両端に働く集中力 S_2, S_3 の他に、部材間に作用するせん断流 S_1 が必要となる。式(4)のたわみ性マトリックスから適当な変換マトリックスを使って、式(5)のような変位法における剛性マトリックスが誘導される。

$$k = \frac{2AE}{l} \begin{bmatrix} 6/l^2 & -3/l & -3/l \\ -3/l & 2 & 1 \\ -3/l & 1 & 2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

(3) モデル化の要領

鋼床版合成形式の橋梁のほとんどは、鋼床版面とそれに取り付く梁部材とは偏心結合しており、鋼床版は梁部材に作用する軸力の他に、曲げモーメントに対しても共同して働く。

こうした偏心結合の影響を考慮する方法としては、オフセットビーム要素⁹⁾が一般的に用いられている。しかし、オフセットビーム要素によると、部材両端部に節点力が集中的に作用するので、偏心によって生じる軸力や曲げモーメントが不連続に変化し、部材中央点での値のみが正解となる。よって、実際の部材設計に用いる断面力としては、精度的にも実用的にも無理がある。

ここでは、鋼床版と梁部材の図心との間に、一定せん断流パネルを挿入して偏心の影響を考慮することを提案する。一定せん断流パネルでは、その4辺に取り付く縁部材の軸力が、 i 端と j 端との間で線形に変化するので、オフセットビーム要素を用いたときのような離散的な節点力が作用せず、軸力や曲げモーメントも節点位置で連続したものになる。しかも、通常の骨組解析で行われる横桁間隔程度の粗い要素分割でも、十分な精度が得られる。

一例として、図-4 のような鋼床版合成構造をモデル化する場合、次のような要領となる。

a) 鋼床版と合成している梁部材は、その箱断面(または逆 T 断面)の図心位置で、一定せん断流パネルの縁部材①としてモデル化する。この縁部材①の剛性には、箱断面の断面積 (A) の他に断面 2 次モーメント (I_y, I_z) とねじり剛性 (J) も考慮する。

b) 鋼床版と梁部材の図心との間(偏心距離 e_2) には、一定せん断流パネルを挿入する。パネルの板厚 t_e は、梁部材のせん断剛性と等しくなるように、次のように求めればよい。

$$t_e = A_w / e_2 \quad (6)$$

A_w : 梁部材の腹板断面積

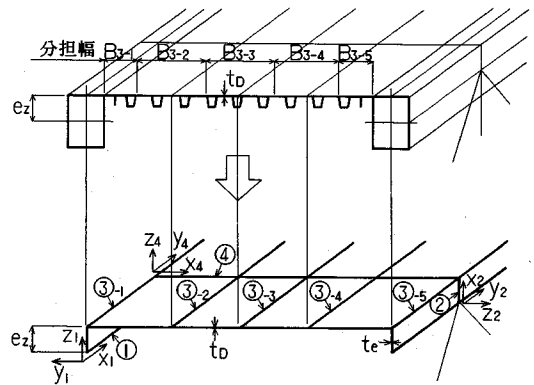


図-4 鋼床版合成構造のモデル化

c) 鋼床版と梁部材の図心とを結ぶ縁部材②の剛性は、分担幅分の腹板断面積 A と腹板面外の断面 2 次モーメント I_y (仮想の大きな値) を付加する。

d) 鋼床版はデッキプレート厚 t_d の一定せん断流パネルに置き換えるが、このときの橋軸直角方向の要素分割は 4 分割程度で十分である⁹⁾。橋軸方向の縁部材③には、その分担幅分の鋼床版の断面積(デッキプレート+縦リブ)のみを付加する。

ただし、面外解析を行う場合は、鋼床版の面内曲げ剛性を大きめに評価している(4 分割の場合は 12.5% 増)ことになるので、影響が無視できない場合は断面積を補正した方がよい。

e) 橋軸方向の鋼床版の要素分割は、横桁あるいはトラス格点間隔でよい。橋軸直角方向の縁部材④には、分担幅分のデッキプレートと横桁の剛性 (A, I_y, I_z, J) を考慮する。横桁が I 断面の場合は、断面積 A と面内断面 2 次モーメント I_y のみでよい。

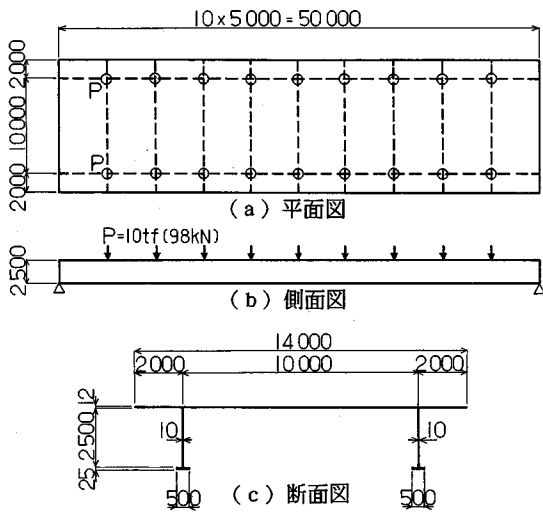
f) 鋼床版以外の部材については、通常の骨組部材でモデル化する。

4. 鋼床版桁橋における精度確認

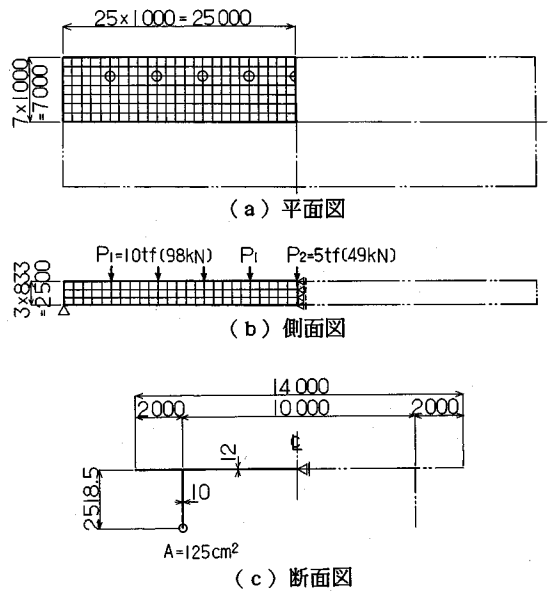
鋼床版と梁部材との偏心結合が最も重要な意味を持つ形式は、軸力が作用しない鋼床版桁橋である。特に、広幅員の 2 主桁橋は、鋼床版のせん断遅れの影響も加わるので、ここで提案する解析法の精度確認のための例題としては、最適と思われる。そこで、図-5 に示す鋼床版 2 主桁橋を対象にして、本解析法の精度を確認する。

支間長 50 m の単純支持桁で、荷重は主桁上の横桁位置に集中荷重を満載した。モデルの簡略化のために、鋼床版の縦リブは省略した。

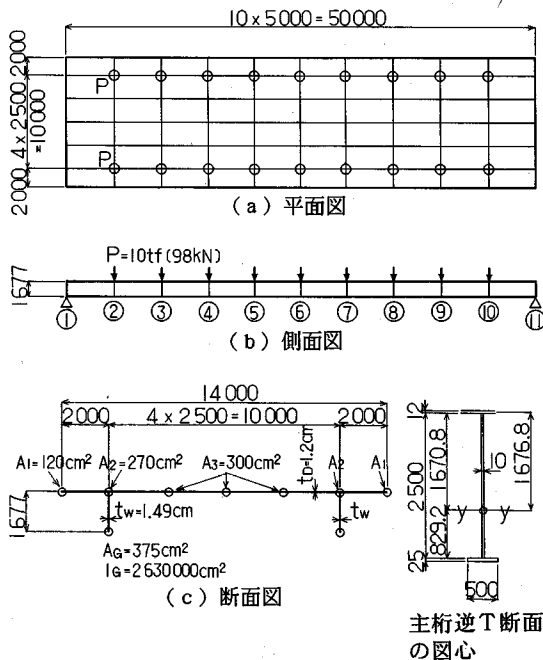
本解析法におけるモデル化と要素分割方法を、図-6 に示す。主桁が I 断面なので、梁部材の剛性は、逆 T 断面に対するものとなる。逆 T 断面梁の図心と鋼床版面と



図一五 鋼床版2主桁橋の計算例



図一七 FEMにおけるモデル化と要素分割



図一六 本解析法におけるモデル化と要素分割

の間にも3章の要領で一定せん断流パネルを挿入した。鋼床版面の応力は、縁部材の軸力から直接に求められるが、主桁の応力は、逆T断面梁の断面力から計算することになる。この場合、軸力とy軸回りの曲げモーメントが生じるので、着目位置における両者の応力を合計すればよい。

精度検証のための解析法としては、FEMを用いる。本文におけるFEMでは、一定ひずみ要素を用いているの

で、要素内の応力は一定の値となる。FEM解析におけるモデル化と要素分割要領を図一七に示す。モデルの対称性を考慮して、4分の1のみを解析した。主桁下フランジは、断面積のみを考慮して棒部材に置き換えた。

主桁下フランジの橋軸方向垂直応力分布を、図一八に示す。FEM解析では細かく要素分割しているが、要素内の軸力が一定になるので、階段状の応力分布となる。一方、本解析法によると、下フランジの応力は一部材内で線形に変化するので、全体に滑らかな応力分布となっている。しかも、FEM解析結果とよく一致している。

鋼床版の横断面の応力分布を、図一九に示す。横断線②、④、⑥の3断面について、FEM解析値と本解析法による値とを比較しているが、両者はよく一致しており、せん断遅れの影響も正確に評価されている。支間中央のたわみについても比較したが、両解析値は全く一致している。

5. ニールセンローゼ桁橋の解析例

鋼床版合形式の橋梁は非常に多くの種類があるが、ここでは、施工頻度が最も高い、鋼床版と合成している下弦材に大きな曲げ応力が作用する、橋端部の鋼床版の応力分布が複雑であることなどの理由から、ニールセンローゼ桁橋を解析例として取り上げる。

図一十に示すような支間長254mのバスケットハンドル形式のニールセンローゼ桁橋の実橋モデル^{6),7)}を選んだ。部材断面諸元等は省略するが、すべて実際の断面諸量を用いている。

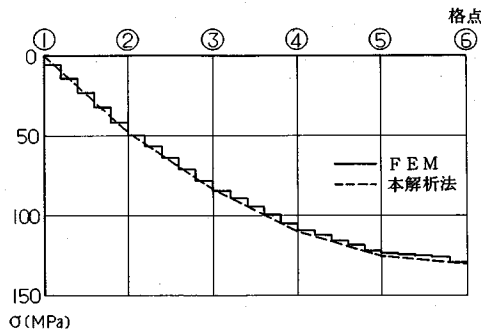


図-8 下フランジの垂直応力分布

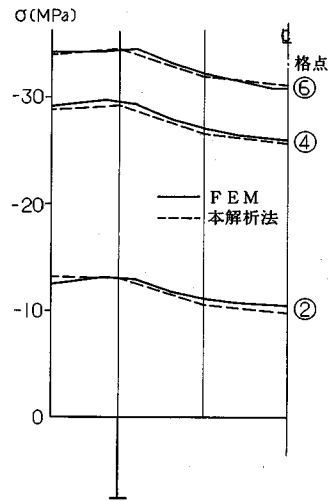


図-9 鋼床版面の垂直応力分布

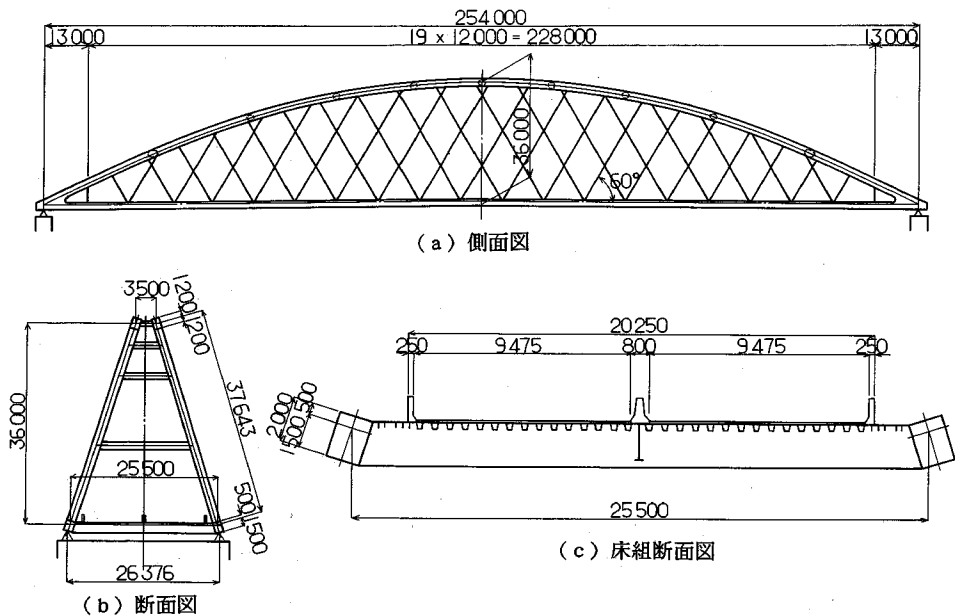


図-10 ニールセンローゼ桁橋の実橋モデル

本橋に本解析法を適用し、FEM解析結果と比較することによって、実橋モデルでの解析精度を確認する。

(1) 解析モデル

図-11に本解析法における解析モデル図を示す。鋼床版部分のモデル化の要領は、3章で述べたようで、下弦材の図心と鋼床版面との偏心箇所にも一定せん断流パネルを挿入している。特に、本橋がバスケットハンドル形式であることから、この偏心箇所のパネルは、斜めに傾いた向きに配置されている。

FEMにおける解析モデルは、図-12に示すようで、鋼床版部分とアーチリブ起点部のみシェル要素で詳細にモデル化し、その他のアーチリブや上支材などは梁部材でモデル化している。橋軸方向に対称な荷重を載荷することを想定し、支間中央までの1/2モデルとした。

(2) 荷重ケース

荷重ケースとしては、鉛直荷重の活荷重満載(L)と、水平横荷重の風荷重満載(W)の場合の2ケースを考える。いずれの荷重も、格点位置に集中荷重として与え、

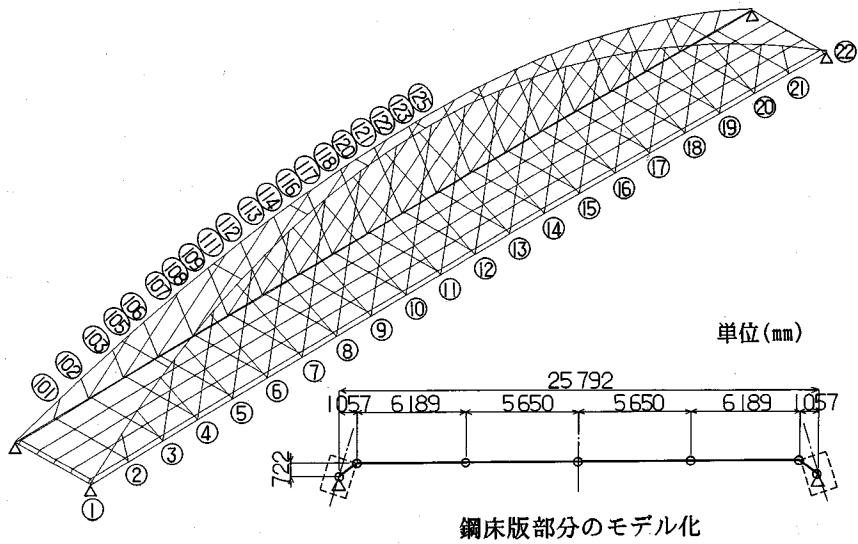


図-11 本解析法における解析モデル

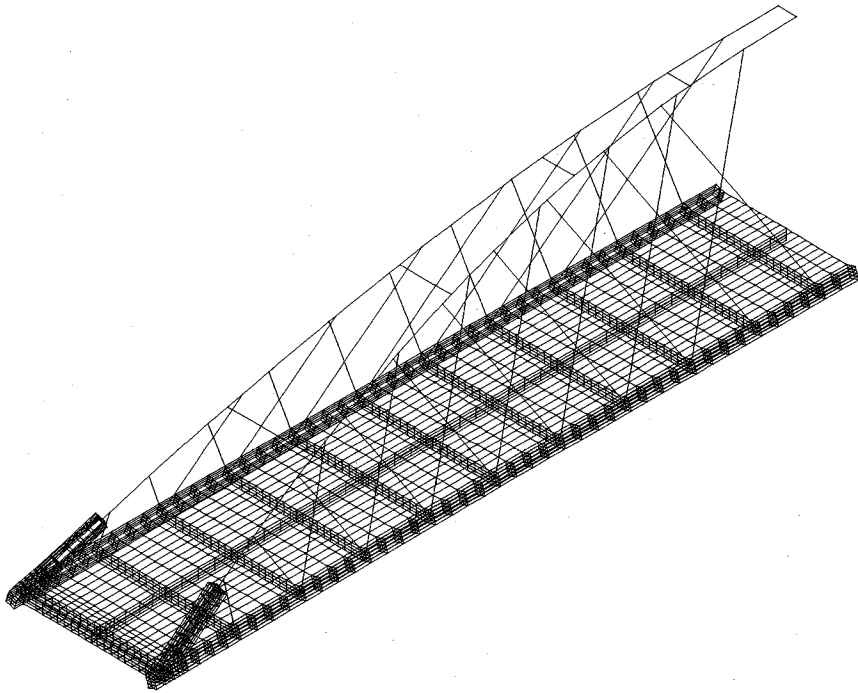


図-12 FEMにおける解析モデル

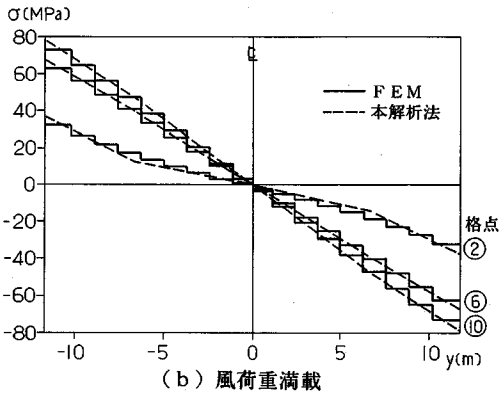
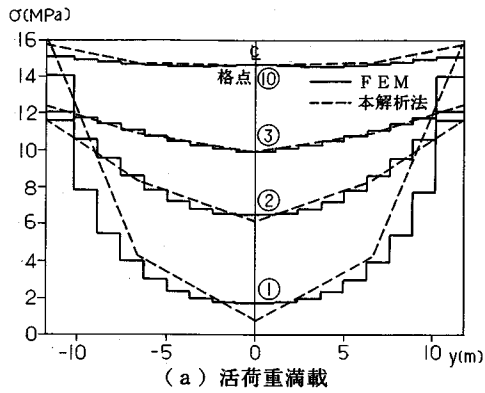
格点間の曲げの影響が生じないものとした。

(3) 解析結果

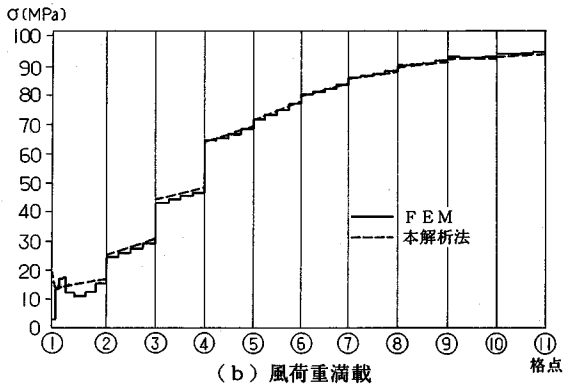
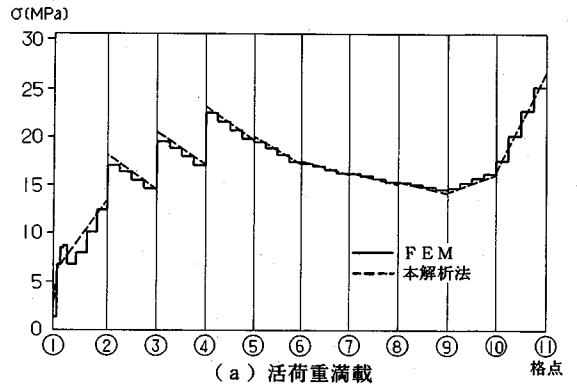
a) 鋼床版の橋軸方向垂直応力分布

鋼床版の橋軸方向垂直応力分布について、代表的な横断面における両解析結果を比較して、図-13に示す。

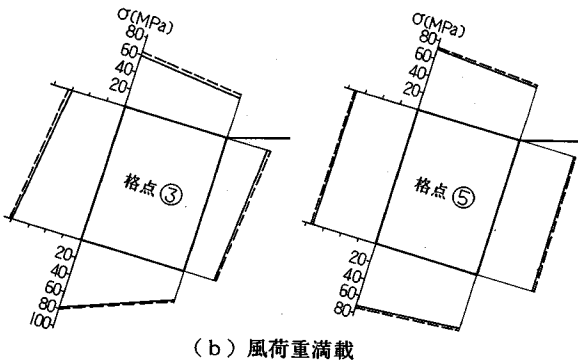
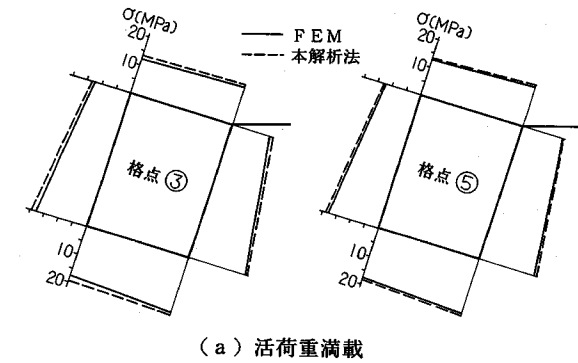
FEMの解析結果は、要素分割をかなり細かくしているが、階段上の応力分布形状となる。一方、本解析法では、鋼床版を橋軸方向に4分割しかしていないが、FEMの応力分布とよく一致している。特に、活荷重満載時には橋端部で急激な応力集中が生じているが、本解析法でこうした鋼床版のせん断遅れの影響が正確に評価できて



図一13 鋼床版の垂直応力分布



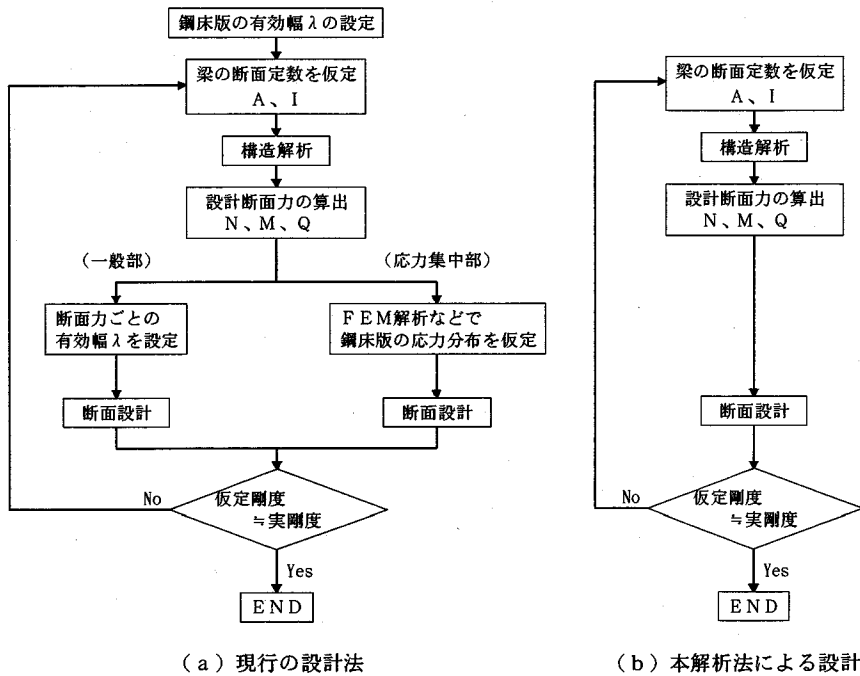
図一14 下弦材下フランジ中央の垂直応力分布



図一15 下弦材断面の垂直応力分布

表一3 アーチリブや吊材の断面力と変化量

荷重	着目部位	①FEM	②本解析法	②/①	
活荷重満載	アーチリブ	101	-5243	-5249	1.00
	軸力 (kN)	123	-5219	-5227	1.00
	アーチリブ	102	651	731	1.12
	面内曲げモーメント (kN・m)	107	358	380	1.06
	吊材張力 (kN)	3-102	229	239	1.04
	鉛直変位 (mm)	6-107	172	172	1.00
風荷重満載	吊材張力 (kN)	9-114	169	168	0.99
	鉛直変位 (mm)	11	79.9	80.4	1.01
	アーチリブ	101	7241	7317	1.01
	軸力 (kN)	123	-3504	-3561	1.02
	アーチリブ	103	-10055	-10772	1.07
	面外曲げモーメント (kN・m)	107	-3582	-3659	1.02
	吊材張力 (kN)	118	-3186	-3207	1.01
	吊材張力 (kN)	3-102	-191	-201	1.05
	吊材張力 (kN)	6-107	-208	-213	1.02
	水平変位 (mm)	9-114	-123	-124	1.02
水平変位 (mm)	11	235.1	246.0	1.05	



図一16 鋼床版と合成している梁部材の設計フロー

いるといえる。

b) 下弦材の橋軸方向垂直応力

下弦材下フランジ中央点での垂直応力について、橋軸方向の分布状態の両解析結果を比較して、図一14に示す。鋼床版と同様に、FEMの解析結果は細かな階段上の応力分布となるのに対して、本解析法の結果は一部材内で応力が線形に変化するの、全体に滑らかな応力分布となる。活荷重載荷時と風荷重載荷時とでは、下弦材下フランジの応力分布形状がかなり異なるが、両解析結果はよく一致している。

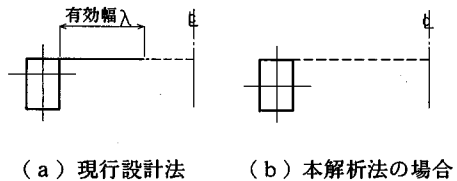
図一15には、代表的な横断面における下弦材断面内の応力状態について、両解析結果を比較して示す。本解析法の値は、FEMに比べて安全側で大きくなる傾向にあるが、両者はよく合っている。

c) アーチリブの断面力と吊材張力

表一3にアーチリブの断面力や吊材張力について、両解析結果を比較して示す。主要部分のみを比較しているが、アーチリブ起点部付近で両解析結果の差異が多少あり、その他の中間部についてはよく合っている。FEMにおける解析モデルでは、アーチリブ起点部でシェル要素による立体的な構造モデルから1本の梁要素に変化しており、この部分の剛性の変化の不連続性の影響があるためと思われる。

d) 変位量

支間中央部での下弦材の変位量を表一3に示している



図一17 断面設計で扱う梁部材の断面形状

が、活荷重による鉛直変位量、風荷重による水平変位量とも、両解析結果はよく一致している。

6. 本解析法を用いた場合の部材設計法

本解析法を用いた場合の鋼床版部分の応力計算方法は、従来からある設計方法とは大きく異なるものとなる。両者の設計フローを図一16に示すが、相違点を整理すると以下のようである。

- (1) 表一2にあるような鋼床版の有効幅は、格点間の曲げモーメントに対するものを除けば、すべて解析的に考慮されるので全く考慮しなくてよい。ただし、格点間の曲げモーメントに対しても、格点間に構造節点を設けて荷重を載荷すれば全体系の曲げモーメントと合計した形で同時に解析可能である。
- (2) 鋼床版と合成している梁部材の部材力は、鋼床版のせん断遅れの影響を考慮して算出される。よって、梁

部材の断面設計は、図-17に示すように、鋼床版を含まない単体の断面形状に対して行えばよい。

(3) 鋼床版部分の垂直応力は、縁部材の軸力から直接求められる。また、せん断応力は、一定せん断流パネルのせん断流から求められる。

(4) アーチ起点部や吊材定着部、あるいはトラス格点部などの鋼床版のせん断遅れによる応力集中については、FEM解析を行わなくても本解析法で応力照査できる。

(5) 鋼床版以外の構造部材については、一般の立体解析と同様に梁や棒部材として扱える。

7. おわりに

本文では、鋼床版合成形式の橋梁の解析法として、鋼床版を一定せん断流パネルと縁部材とでモデル化する解析法を提案した。そして、いくつかの計算例に適用して、FEM解析結果と比較することによって、その解析精度を検討した。

結果として本解析法は、局所的な応力集中も含めて高精度の結果が得られ、また、実務設計にも十分適用可能な実用性があることが確認できた。

本解析法は、構造解析法だけでなく部材設計法も含めて、従来からの鋼床版合成構造の設計法を根底から大きく変えるものである。これによって、設計者は煩わしい有効幅の概念から解放されるし、より厳密な応力解析が可能になる。今後広く普及して、鋼床版合成橋梁の合

理的な設計がなされることを望むものである。

最後に、本研究を進めるにあたり、大阪大学の西村直男教授には貴重なご意見を賜りました。また、5章のニールセンローゼ桁橋の計算例には、阪神高速道路公団の新浜寺大橋の構造諸元を用いましたが、引用を快諾して頂いた阪神高速道路公団の吉川紀氏をはじめ、関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) J.S. シェムニスキー：マトリックス構造解析の基礎理論，培風館，pp.139-142，1971.
- 2) 尾下里治：鋼床版合成トラス構造の解析法の提案，横河ブリッジ技報，No. 23，pp.27-33，1994.1.
- 3) 尾下里治：鋼床版合成トラス構造の解析法の提案，土木学会第48回年次学術講演会概要集，1993.9.
- 4) 松下雅行，鶴田和久，中澤昭二，山田稔：3径間連続鋼床版曲線トラス橋の設計と架設，橋梁と基礎，pp. 121-125，1993.8.
- 5) 尾下里治，金子俊一：直線，曲線および斜角の合成I桁橋の立体解析，土木学会論文集，第374号，pp.339-348，1986.10.
- 6) 吉川紀，杉山功，山内幸裕，袴田文雄：新浜寺大橋の設計概要，土木学会論文集，第397号/VI-9，pp.27-33，1988.9.
- 7) 栗本英規，金子俊一，三浦芳雄：新浜寺大橋（ニールセンローゼ桁）の設計について，横河橋梁技報，No. 19，pp. 77-85，1990.1.

(1994.10.5 受付)

A PROPOSAL OF ANALYTICAL SOLUTION FOR BRIDGE WITH STEEL DECK CONNECTED TO CHORD MEMBERS

Satoji OSHITA and Sadatoshi EGAWA

This paper proposes an analytical solution for the bridges with steel decks connected to chord members. In order to analyze this type of bridge, the constant shear flow panel with the edge members which transfer the linear axial forces are presented for the modeling of the steel decks.

Although this analytical method has been already reported, this paper describes how to consider the eccentric connections between steel decks and chord members.

As the examples of this method, a tow-web girder bridge and a Nielsen system arch bridge were analyzed. And the validity of the proposed method was shown in comparison with FEM.