

## 斜め配置横桁を有する曲線2主桁橋の適用限界について

Application limit of curved twin I-girder bridge with diagonal cross beams

北海道大学大学院工学研究科 正員 平沢秀之 (Hirasawa Hideyuki)  
 北海道大学工学部 ○学生員 市川雅也 (Ichikawa Masaya)  
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 林川俊郎 (Hayashikawa Toshiro)  
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤浩一 (Sato Koichi)

## 1. まえがき

鋼橋の合理化・省力化構造の一つである2主桁橋を曲線橋に適用させるために、著者らは横桁を斜めに配置する方法を提案した<sup>1)</sup>。この方法は主桁に対して通常直角に連結されている横桁を、約45°の角度で連結し、且つ主桁の下段に配置するものである。このような配置方法とすると橋梁完成時の断面は擬似箱形断面とみなすことができ、ねじりに対して効果的となることが明らかとなっている。しかし、床版に場所打ちPC床版を使用すると、架設時は開断面となるため、曲線橋としては不利な構造である。

そこで床版に鋼-コンクリート合成床版を用いることとし、底鋼板の効果を検討した<sup>2)</sup>。その結果、床版コンクリート硬化前の架設時において、底鋼板と斜め配置横桁により桁のたわみとねじり角及び主桁断面に生じる応力を低減できることが判明した。

本研究はこれまでの解析検討を更に発展させ、合成床版と斜め配置横桁を有する曲線2主桁橋の適用中心角を求めようとするものである。合成床版には数多くの形式が提案されている<sup>3)</sup>が、ここでは底鋼板が架設時において主桁に剛に結合されていることを仮定し、床版の形式については問題としていない。適用中心角を求めるにあたっては、道路橋示方書に示される許容応力度及びたわみ制限を満足することとし、鋼板の板厚を100[mm]以下とする条件の下で解析を行った。

## 2. 構造モデル

解析対象モデルは、横桁を斜めに配置した支間長50[m]の曲線合成2主桁橋である。床版の形式には底鋼板を有する合成床版を使用し、比較検討のためにPC床版を使用したモデルも作成した。中心角は10° 15° 20° 25° の4通りとした。主桁と横桁の断面寸法は表-1の通りで、主桁断面は通常の2主桁橋のようにフランジ幅を一定とし、厚さのみを変化させた変断面としている。断面寸法は設計において許容応力度を満たすように決定されるが、ここではフランジの板厚を種々変化させた様々なケースを設定して計算を行うこととした。

FEM解析のためのモデル化に際し、床版にはソリッド要素、鋼桁及び底鋼板にはシェル要素を用いた。床版コンクリートの材料定数は、ヤング係数 $E_c=2.9 \times 10^{10}$  [N/m<sup>2</sup>]、ポアソン比 $\nu=0.2$ とした。鋼部材の材料定数はそれぞれヤング係数 $E_s=2.0 \times 10^{11}$  [N/m<sup>2</sup>]、ポアソン比 $\nu=0.3$ とした。解析に際し、PC床版モデル、合成床版モデル共に、床版コンクリート硬化前の架設時の状態と完成時の状態それぞれモデル化した。図-1は架設時のFEM解析モデルを表したものである。

表-1 断面寸法 [mm]

	上フランジ幅	上フランジ厚	腹板高	腹板厚	下フランジ幅	下フランジ厚
主桁	500	16~90	3000	24	800	24~100
横桁	300	25	1000	16	300	25

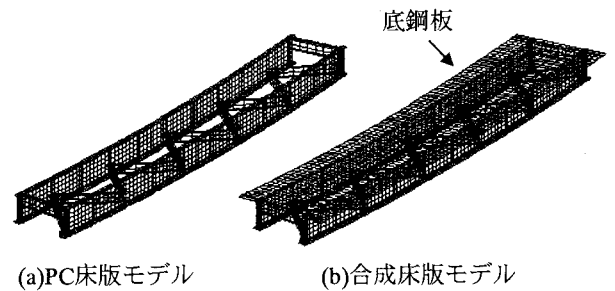


図-1 架設時のFEM解析モデル

## 3. FEM解析結果

## 3.1 主桁の応力

本解析モデルでは、外桁支間中央において最も大きい曲げモーメントが作用する。また、そりモーメントは横桁間隔の2分の1の断面で最大となる。したがって、主桁に発生する曲げ応力とそり応力の和は支間中央外桁下フランジの内側縁部で最大となる。図-2はこの点における応力を表したもので、合成前死荷重+合成後死荷重+活荷重による応力と下フランジ厚との関係を表している。いずれの中心角においても合成床版を用いることにより応力の低減効果が見られる。これは、合成床版のモデルでは底鋼板が存在することにより、曲線桁構造全体の剛性が高まり、外桁が負担する曲げモーメントが減少したためと考えられる。一例として中心角20°の場合、使用鋼材をSM520Cとすると、許容応力度は195[N/mm<sup>2</sup>]であるため、板厚はPC床版の場合には87[mm]必要となる。一方、合成床版の場合は72[mm]で良いことが分かる。その他の鋼材を使用する場合も同様に合成床版では板厚を薄くすることが可能となる。

## 3.2 たわみとねじり角

図-3は中心角25°モデルの支間中央外桁における架設時の死荷重によるたわみ及び完成時の活荷重によるたわみを表したものである。架設時では合成床版を用いることによりたわみが大幅に減少し、50%以上の低減効果が現れている。一方、完成時では両者のたわみはほとんど同じである。床版コンクリート硬化前は底鋼板の構造全体の剛性に与える影響が大きいですが、硬化後は床版の剛性が非常に大きくなるため、底鋼板の影響が小さくなると考えられる。

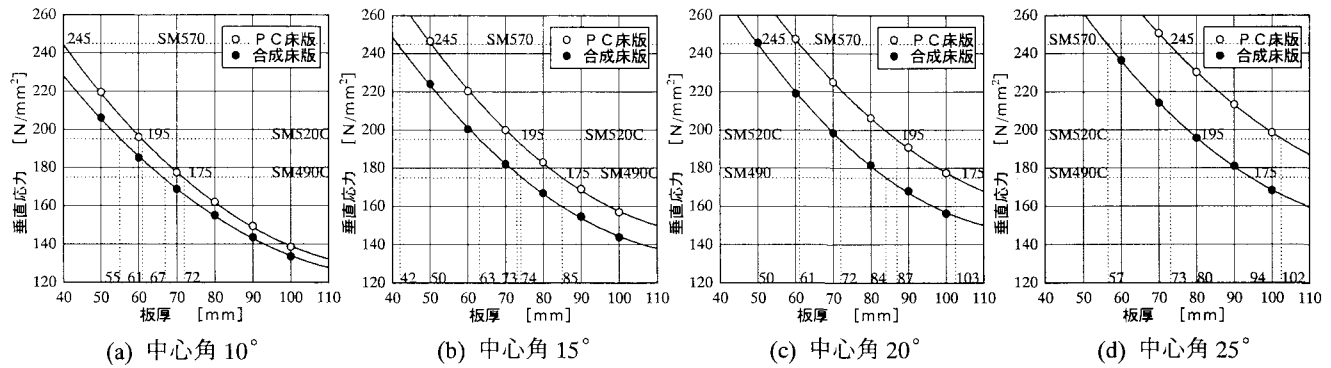


図-2 外桁下フランジの板厚-応力関係

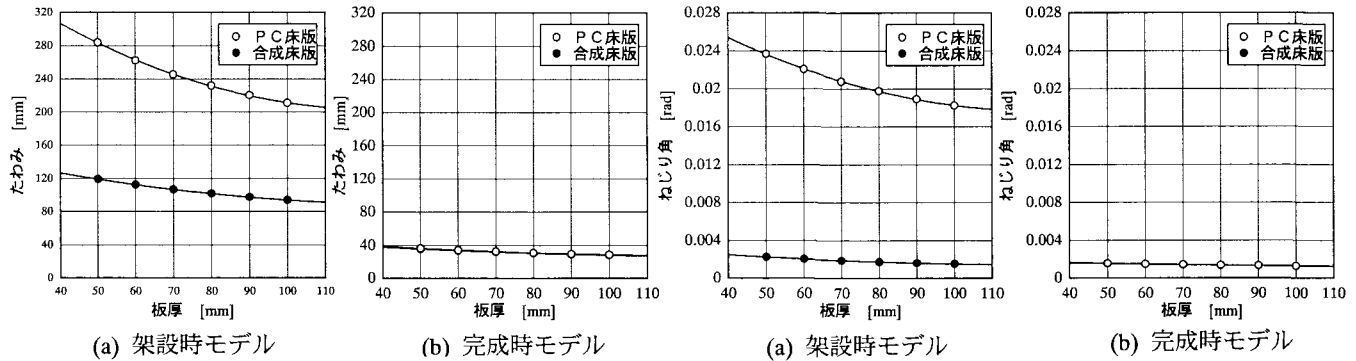


図-3 たわみ

図-4 ねじり角

ねじり角は、支間中央の内桁と外桁のたわみの差を主桁間隔で除して算出した。図-4はこのねじり角を中心角25°モデルについて表したものである。架設時モデルでは合成床版のねじり角の低減効果が顕著に現れている。これは、PC床版を使用した場合には、床版コンクリート硬化前は開断面として機能しているが、合成床版を使用した場合には床版コンクリート硬化前においても底鋼板が主桁と剛結され、下段配置された斜め横桁と併せて擬似箱桁断面として機能したためと考えられる。

### 3.3 適用限界

道示のたわみ制限は本モデルの場合、100[mm]となる。図-3(b)の解析結果より中心角25°のモデルでたわみ制限を満足している。

各種鋼材の許容応力度を満たす板厚の最大値(支間中央外桁下フランジが最大の板厚)が図-2に示されている。この板厚と中心角の関係を整理し、鋼種毎にプロットしてグラフに表したものが図-5である。例えばSM490Cを使用すると、PC床版モデルでは板厚が100[mm]となる限界中心角は19°である。合成床版モデルでは28°まで適用範囲が広がる。同様にして他の鋼種についても合成床版を使用すると適用中心角を拡大させることができる。ただし、曲線橋では内桁のアップリフトの問題があるため、中心角の適用限界に考慮する必要がある。

### 4. あとがき

本研究では、曲線2主桁橋の床版に鋼-コンクリート合成床版を用い、且つ横桁を下段斜めに配置する構造を対象として応力、変形に関する解析を行った。特に合成床版に設けられた底鋼板の効果を調べるために従来型のPC床版

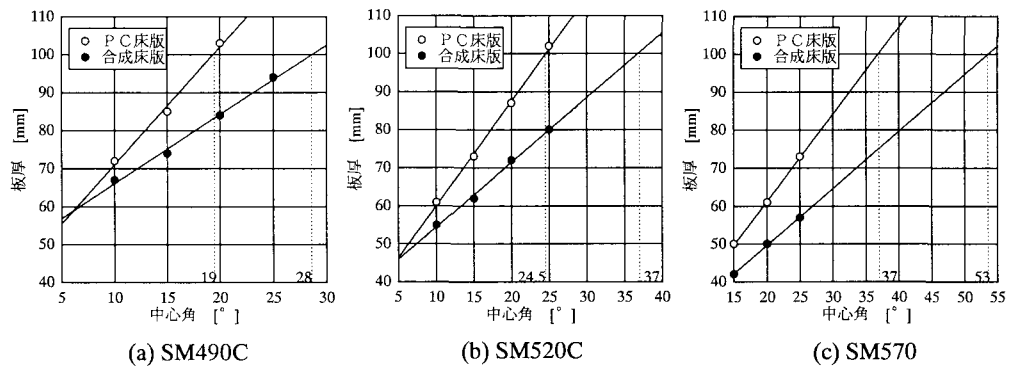


図-5 中心角-最大板厚関係

モデルとの比較検討を行った。

その結果、鋼-コンクリート合成床版を使用することにより、コンクリート硬化前の状態において主桁の応力、たわみ及びねじり角が大幅に低減されることが明らかとなった。架設時において応力や変形が抑えられれば仮部材が不要となる等、省力化の面からも効果的であると考えられる。また、応力に関しては合成前死荷重による応力が低減できるため許容応力度設計を行う際、板厚を薄くできる効果が期待できる。更に、合成床版を使用することにより適用範囲の拡大が可能となることが判明した。

### 【参考文献】

- 1) 平沢秀之、林川俊郎、佐藤浩一、田上優介：横桁を斜めに配置した曲線2主桁橋の静的挙動に関する一考察、構造工学論文集、Vol.48A, pp.1091-1098, 2002.
- 2) 平沢秀之、福島敦、林川俊郎、佐藤浩一：合成床版と斜め配置横桁を有する曲線2主桁橋の解析、土木学会北海道支部論文集、第59号、pp.90-93,2003.
- 3) 阿部幸夫、久保圭吾、高木優任、武内隆文：各種合成床版の構造と適用例、第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集、pp.23-30,1998.