

連続鋼合成 2 主桁橋の三次元応力解析

長崎大学大学院

学生会員

○ 楠原 絵美

長崎大学工学部

正会員

松田 浩

コサカ設計・アソシエーツ

正会員

上阪 康雄

長崎大学工学部

正会員

森田 千尋

1 はじめに

現在の橋梁設計は、橋梁をはりや格子のような単純なモデルに置き換えて行なわれている。一方、コンピュータのハードウェア、周辺機器、および、ソフトウェアの進歩にはめざましいものがあり、最近では小型パソコンで容易に有限要素解析が行えるようになっており、構造を立体的、動的に解くためのツールが安価で入手可能となってきた。このような設計ツールを用いると、対象物を容易にモデル化する必要がなく、実際に近い力学的な挙動を正確に把握することが可能となり、構造システムに役立つものと考えられる。本報は、ドイツ語圏で多用されている解析ソフトウェアを 1) 設計製図の授業へ導入することを目的とした、構造解析モデルの作成方法、2) 連続合成 2 主桁橋を対象とした手計算による設計例 [1] と、対象物を簡易化しない三次元 FEM 解析による計算値とを比較・検討したものである。

2 3 径間連続鋼合成 2 主桁橋の解析

2.1 解析対象モデル

合成桁の断面図および側面図を図 1 に、設計条件を表 1 に示す。鋼桁は、図 4、表 2 に示すような、断面変化のあるモデルとした。また、対象モデルは、文献 [1] を参考に決定した。

本解析には、ドイツ語圏の大学で使用されている解析ソフトを用いた。鋼桁には梁要素、床版にはシェル要素を用いた。また、橋軸直角方向には、PC 鋼線を配置してフレストレスを導入し、ジベルはバネ要素 (10^7 kN/m) としてモデル化した。

荷重状態は、文献 [1] を参考に設計条件 (表 1) より合成前死荷重は、鋼桁 (10.30 kN/m^2)、コンクリート硬化前の床版 (7.35 kN/m) およびハンチの重量 (2.370 kN/m) を、合成後死荷重は、舗装 (1.80 kN/m^2)、高欄 (0.50 kN/m)、地覆 (5.843 kN/m) の重量を、活荷重は L 荷重 (B 活荷重) とし、等分布荷重 p_1 (10 kN/m^2)、 p_2 (3.5 kN/m^2) を図 2 に示すように偏載荷とし、簡便のため側径間にのみ載荷した。

2.2 解析手順

解析手順のフローチャートを図 3 に示す。

(I) 鋼桁断面指定

表 1 より、材料は SM490Y とし、I 断面において図 5 に示すように 6 点の座標と座標をつなぐ線を指定する。解析対象モデルは図 4、表 2 に示すような断面変化があるため、SEC-①～⑦をそれぞれ指定する。

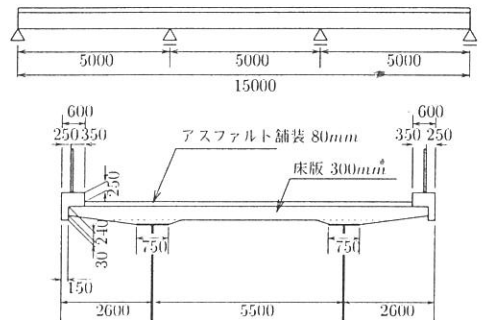


図 1 断面図 単位 (mm)

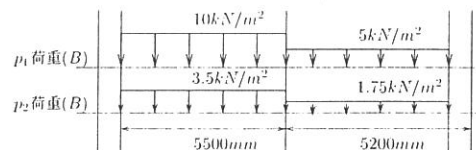


図 2 活荷重載荷図

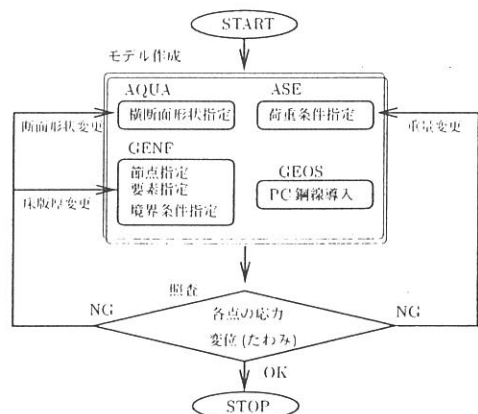


図 3 解析手順フローチャート

表 1 設計条件

項目	事項
道路規格	第 2 種 1 級
橋 格	B 活荷重
構造形式	3 径間連続 2 主桁橋
床 版	場所打ちプレストレスコンクリート床版
斜 角	90 度
使用材料	鋼 材 SM490Y コンクリート 設計基準強度 $\sigma_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$ P C 鋼 材 SWP19N 鉄 筋 SD345

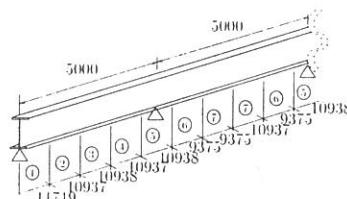


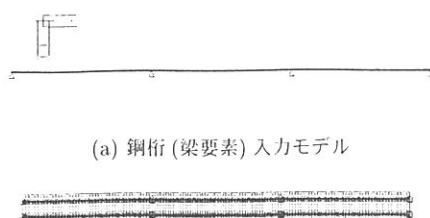
図 4 鋼桁断面図 単位 (mm)

表 2 鋼桁断面変化表 (mm)

断面	上フランジ	下フランジ	ウェブ
①	750x25	750x28	2925x15
②	750x26	750x38	2924x15
③	750x26	750x38	2924x15
④	750x23	750x32	2927x15
⑤	750x29	800x50	2921x20
⑥	750x23	750x36	2927x15
⑦	750x23	750x23	2927x15



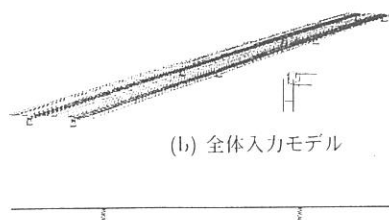
図5 I型鋼断面図



(a) 鋼桁(梁要素)入力モデル



(c) 全体入力モデル X-Y 平面



(b) 全体入力モデル



(d) 全体入力モデル Y-Z 平面

図6 入力モデル

(II) 節点、要素指定、全体系解析モデルの作成

全体構造系モデルを図6に示す。(a)は鋼桁全体を、(b)～(d)は構造系全体のモデルを示す。ここでは、節点座標、節点・要素番号を入力する(後で変更可)。要素分割数や、床版厚の変更も可能である。梁要素については、(I)で指定した断面断面を入力するようになっているため、断面変化の変更も可能である。このように作成した、解析モデルをグラフィック表示したものを図7に示す。

(III) PC 鋼線導入

床版に鉄筋、PC 鋼線を導入する。鉄筋、PC 鋼線の材料定数、断面積等を指定し、配置位置、間隔を入力する。PC 鋼線導入の様子を図8に示す。

(VI) 荷重条件指定

(II)で作成されたモデルに荷重条件を指定する。節点番号、要素番号の確認後、合成前死荷重、合成後死荷重、活荷重を載荷させる。また、(III)で指定したPC 鋼線にプレストレスを導入したり、乾燥収縮、クリープの影響も指定することができる。図9に活荷重載荷状態を示す。

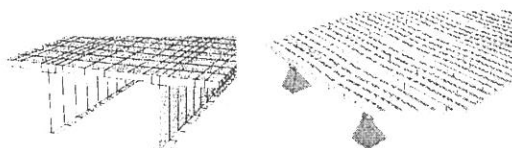


図7 解析モデル

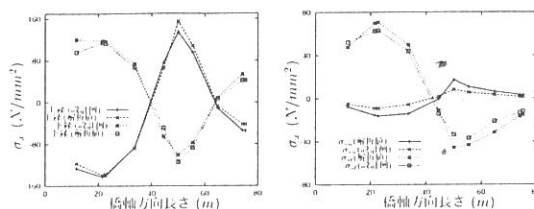
図8 PC 鋼線配線図



図9 活荷重載荷状態

2.3 解析結果

合成前曲げモーメント、および合成後曲げモーメントによる応力の状態を図10、図11に示す。なお、対象モデルは活荷重合成桁とし、合成前は鋼桁に死荷重を、合成後は、死荷重+活荷重を載荷させた。両図より、文献[1]による計算値と本解析値がほぼ一致した。また、片持ち部、鋼桁上面、床版支間中央部における床版の応力状態を図12に示す。地覆、高欄の影響だけでも、中間支点上では、各部において値にばらつきがあることがわかる。



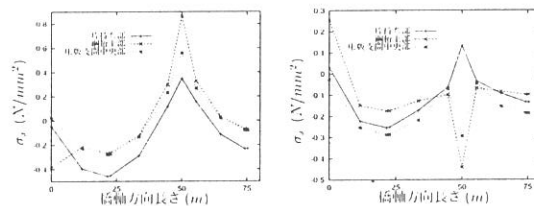
(a) 合成前曲げモーメント

(b) 合成後曲げモーメント

による応力度

による応力度

図11 鋼桁応力度



(a) 床版上縁応力 σ_{eu}

(b) 床版下縁応力 σ_{eb}

図12 後死荷重載荷時の床版の応力度

3 まとめ

本報では、設計製図の授業に設計ツール導入することを目的として、設計例と比較検討した。合成桁橋の3次元解析では、床版、鋼桁はそれぞれ、ソリッド要素、シェル要素でモデル化されている[2]。そのため、床版厚や鋼桁断面が変更された場合、再度モデルを作らなくてはならない。しかし、本解析モデルは、床版、鋼桁を、それぞれ、シェル要素、梁要素でモデル化しているために、変更後のモデル作成は、図3に示すように、入力ファイル内の数値を変更するだけでよい。したがって、実構造に近い状態で迅速に計算することが可能である。本解析ツールは、教育用として用いるだけでなく、主桁作用と床版作用の二軸応力状態を考慮した立体的な挙動の正確な把握、コンクリートのクリープ乾燥収縮、温度により、現場施工において経時変化するコンクリートの特性を考慮した解析などの研究にも適用していく予定である。

参考文献

- [1] 社団法人 日本橋梁建設協会：PC 床版を有するプレストレスしない連続合成2主桁橋の設計例と解説、2001.7
- [2] 坂井、大垣、八部、橋本：合成2主桁橋の横桁配置に関する研究、橋梁と基礎、pp49-53,1997.3