

PCI形げた鉄道橋自動設計プログラム

日本国有鉄道橋梁設計事務所 小須田 紀元
(株) 構造計画研究所 ○菊 地 亨

1. はじめに

橋梁設計事務所では、昭和40年代初頭より、自動設計プログラムや自動製図プログラムの開発に着手してきた。当初の予定では、主要な橋梁構造物の設計や製図を全て電算によ、て行なう心算であったが、実際にプログラムの作成にかかる困難な問題が重なり、その結果、計画を縮少せざるを得なかった。特に、自動製図プログラムについては、残念ながら十分な成果が得られていない。しかし、自動設計プログラムについては、PCI形げたやPC箱形げた、PC下路げた、RC単丁げた、鋼スルードラス、鋼台成げた、鋼スルーガーダー、鋼デッキガーダー、鋼ラーメン橋脚、H鋼埋込げた等 が完成しており、設計外注の積算においても、これらのプログラムを使用することを原則としている。

しかしながら、設計標準の改定等諸般の状況によりプログラムの修正を必要とするものがでてきた。本稿で紹介するPCI形げたプログラムもその一つである。なお、PC箱形げたの自動設計プログラムやPC箱形げたの自動製図プログラム、PC下路げたの自動設計プログラムも、本年中に修正することが予定されている。

2. PCI形げた自動設計プログラム

橋梁設計事務所のプログラムの中からPCI形げた鉄道橋自動設計プログラムについて概要を紹介する。本プログラムによる設計例(旧版)を 図1、図2に示す。

(1) 目的

橋梁設計事務所における設計の流れは図3に示すようになっており、プログラムもこのシステムの一要素と考えている。

指定した条件の下で、PCIげたの設計計算を行なうことを意図しており、設計のレベル保持、設計時間の短縮、設計費の軽減化、設計思想の統一などを重要にしている。

橋梁設計事務所の場合、過去に多くの設計を行なっており、また、標準設計とし

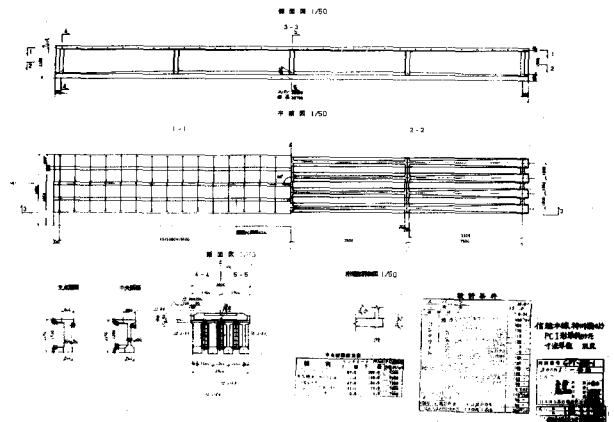


図1 けた配置図

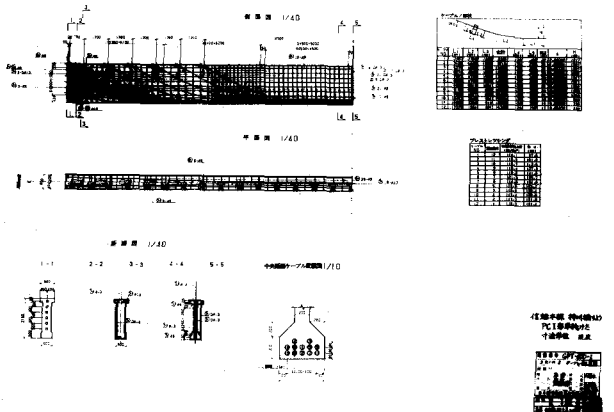


図2 ケーブル配置図

てまとめているので、任意の問題に対してけた配置やけた断面の枠が決めること
と、断面寸法はけた配置との絡みにおいて決める必要があることから、完全な自動設
計は考えていない。

(2) 適用範囲

本プログラムの対象とする橋梁は次のとおりである。③スパン長7m以下 ①単線
または複線 ②バラスト道床またはスラブ軌道 ③KS またはNP荷重 ④主げた
以下 ⑤斜角60°以上 ⑥主げた長の差/m以内のバチ形など。 以上のように、ほ
ぼ普通のPCI形げた橋を網らしている。

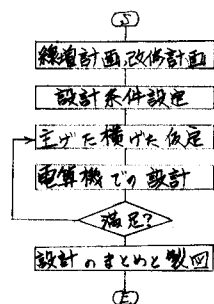


図3 設計の流れ

(3) 入力データ

本プログラムの入力データは次のとおりである。①スパン長、活荷重種類、コンクリート強度等の設計条件
②軌道中心、版上荷重、スラブ用荷重等の荷重条件 ③けた断面寸法の初期値、断面寸法変更条件 ④主げたや
横げた配置データ、支持条件 ⑤ケーブル使用条件など。

(4) 出力データ

本プログラムの出力データは次のとおりである。①設計条件、荷重条件、構造条件 ②設計された断面寸法、
ケーブル種類 ③設計断面力、断面性能、各種応力度 ④主ケーブルの形状、緊張計算結果 ⑤スラブ設計断面
力、横桁と鋼材の設計結果 ⑥横げた設計断面力、横げた横桁と鋼材の設計結果 ⑦コンクリートと鋼材の積算
量 ⑧クリープ、乾燥収縮、荷重、プレストレスによる変形量など。

(5) プログラム機能

従来の慣習に従った設計方法を中心にしてプログラムを開発した。主たる機能について記述する。

①荷重の取り扱い バチ形を対象とするため 橋の始端や終
端での版上荷重の寸法を入力する。版上荷重では、1.軌道重量
2.バラスト又は勾配コンクリート 3.排水勾配及び防水モルタル
4.バラスト止、ケーブル、ケーブルダクト 5.歩道重量 6.高欄、
防音壁 7.架線柱 8.積雪など、を扱う。これらは 主げた、横
げた、中埋めスラブの設計に使用される。はり出しスラブの設計
には、群集、高欄指力、共振荷重、風荷重も考えている。

格子げたとしての解析は 任意形状に対応でき、部材のねじり
も考慮できるように変形法を用いている。斜角が立つ時のための
弾性支持も考えている。

活荷重は図4のような載荷条件を考え、最も危険な荷重状態を
探している。



図4 活荷重の載荷状態

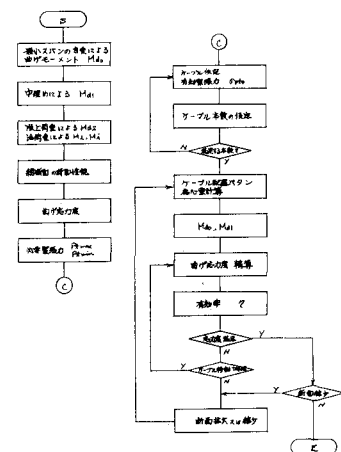


図5 主げた中央断面設計

①断面の設計 断面設計の流れを 図5に示す。全主げたの

断面は共通にするから、設計断面力として、自重による曲げモーメントの最小値と設計荷重時の最大曲げモーメントを並び用いている。

必要緊張力の最小値 $P_{\min}$ と最大値 $P_{\max}$ とは、次式で求める。

$$P_{\min} = A \times \{ (\sigma_{cat} - \Sigma \sigma) \times y_o / \eta - (\sigma_{cat} - \sigma_{do}) \times y_u \} / h$$

$$P_{\max} = A \times \{ (\sigma_{cat} - \sigma_o) \times y_o - (\sigma_{cat} - \Sigma \sigma) \times y_u / \eta \} / h$$

σ_{cat} , σ_{cat} : 緊張力導入時の上下縁の新着曲げ応力度

σ_{do} , σ_{do} : けた自重による応力度

σ_{cac} , σ_{cac} : 設計荷重時許容曲げ応力度

$\Sigma \sigma$, $\Sigma \sigma$: 設計荷重による曲げ応力度

y_o , y_u : 部材重心と上下縁との距離

η : プレストレス有効率

A : 部材断面積

スパン中央での有効緊張力の P_{to} は、緊張端において $0.9 P_{py}$ と仮定し、摩擦損失、弾性変形を考慮して求める。

必要ケーブル本数 n は、 $n = P_{\min} / (P_{to} \times \alpha_p)$ によって求め、5本以上12本以下になるように、ケーブル径を変更する。ケーブルの配置パターンは、図6のように定めている。

曲げ応力度精算時に、リラクゼーション、クリープ、乾燥収縮による低減を考え、有効率 η を再計算する。また、荷重ケース毎の応力度精算を行なう。この時合成応力と許容値との詳細を導入時と設計荷重時について行なう。この検討の判定結果は4種になり、その時の処理を示す次のようになる。

1. 設計荷重時に許容値を満足し、緊張力導入時も満足する。 ; 断面の繰り検討。フローを図7に示す。
2. " 緊張力導入時には越える。 ; 緊張力を低下する。
3. 設計荷重時に許容値を越え、緊張力導入時には満足する。 ; 緊張力を増す。
4. " 緊張力導入時にも越える。 ; 断面寸法を増す。けた高、下フランジや上下フランジ厚の順で変更する。

⑦ケーブル側面配置と精算 前述のようにして中央で得られたケーブルを巻き上げ、中央以外の断面で応力度精算を行なう。全数けた端定着する場合は、けた端配置可能領域の内で均等化させて配し、一列で入らない時には通常用いられるように、けたの上縁側から2列で定着する。上縁定着可能な場合は半数程度まで上縁に定着するが、最近増えてきたスラフ軌道の場合、ストップ突起があり、巻き上げに制限が加わるため、配置が容易ではなくなっている。

ケーブル定着後、スパンの $1/4$ 英や $1/6$ 英、変換、ケーブル定着点前後等の位置で応力度精算を行なう。一般的に言えば、断面力はけた中心に対して非対称であるので、けた中央から左右について精算し、全主けたについても精算する。中央以外での曲げ応力度の許容値との検討は、ケーブル定着の移動で調節する。

スパン中央以外では、曲げ応力度よりも斜引張応力度の検討が重要である。格子解析の結果、けたにはせん断力とねじりモーメントが計算されているので、両者による斜引張が許容値内に納まるように断面を設計する。斜引張応力度が許容値を越える場合には、ウェブ厚を変更して対応する。

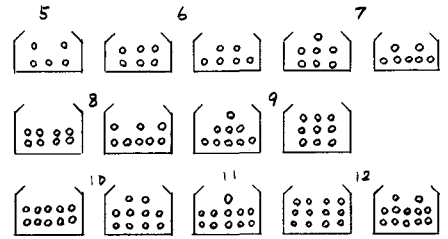


図6 ケーブル配置パターン

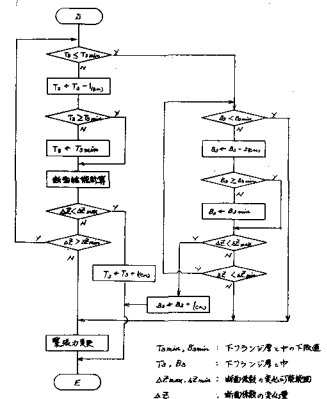


図7 中央断面寸法精算

④スラブの設計 PCげた橋の場合、スラブとして設計する対象となるのは、主げたフランジと中理めからなるスラブと、主げた外の歩道スラブの2種である。これらは一方向スラブとして扱い、けた始端、終端の2ヶ所において設計する。

スラブ設計の断面力として曲げモーメントのみ考える。主げた軸周を固定梁として求められる支間中央の値の1.4倍と、支点上の値の0.8倍とを設計モーメントとする。スラブ荷重を図8に示す。

スラブの設計断面は、耳げたウェブ外面、げた軸、けた間中央になる。これらすべての設計断面を通して心内となる範囲に横締め鋼筋を配置し、プレストレスを与える。

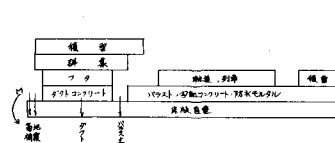


図8 スラブ荷重

④横げた設計 横げた設計は、T形断面のけたとして、全横げたに対して行なう。

格子計算の結果横げた上で計算されている曲げモーメントに横げた自重を考慮し、設計曲げモーメントを選んでいる。設計せん断力とねじりモーメントは斜引張応力度を最大とする組合せを選ぶ。

スラブ用の横締め鋼筋が、横げたとしてのフランジにプレストレスを与えているので、通常、正の曲げモーメントが過大になる傾向があり、横げたの横締め鋼筋が必要になっている。

斜引張応力度が許容応力度を越える場合には、横げた圆心に緊張力を追加して許容値を満足させるようにしている。

また、橋梁端横げた上あるいは中間横げた上に架線柱を取りつけることが多くなってきた。この架線受けけたにも補足計算を行ない、一貫して設計している。

3. おわりに

構造物設計事務所における電算機利用の現状とPC工形げた自動設計プログラムについて、その概要を述べてきた。

PC工形げた自動設計プログラムの原型は、7年前に作成された同名のプログラムであり、実務経験に基づき改良を重ねたものであり、いわば、本プログラムは修正第3版ということになる。今回は大幅な機能向上が図れたので、若干の使用期間后、従来のプログラムに替えて本プログラムを使用していくつもりである。将来、製図プログラムとも一体化し、電算機利用のメリットを更に活用していきたい。