

PC（不静定）橋梁の総合設計システム

住友建設 本間 秀世

○新井 英雄

1. はじめに

ここで紹介する電算システムは、大量の計算処理を行なうための大型コンピューターと周辺作業を行なうためのワークステーションとしての中型コンピューター及びパソコンをハード構成として、PC橋梁の詳細設計及び施工計算における計算業務を省力化するために開発された設計計算支援システムである。通常のラーメン橋・連続桁橋などのPC桁橋に限らず、アーチ橋・PC斜張橋などの特殊構造の橋梁も、架設方法を問わずに揚越し・架設計算から完成系計算に至るまで、データファイルを媒介として一連の処理を行なうことができる。架設を考慮した場合の断面力計算を行なう際に問題となるコンクリートのクリープ・乾燥収縮によってPC鋼材の応力変化により生ずる断面力は、PC鋼材の影響を部材の剛性行列の中に取り込むことによって、一般の変形法による構造解析と同形の条件式で解析される。

2. ハード環境

このシステムのハード構成は、図-1に示すように、大型・中型コンピューター及びパソコンよりなる。

大型計算機では、応力法・変形法による構造解析、断面応力度や断面耐力の照査などの一括処理型の計算を行なう。中型計算機では、一括処理のためのデータ作成・保存、試計算のために断面性能・たわみや断面力の計算、鉄筋計算などを会話型で行ない、パソコンは中型計算機の端末としての漢字処理を行なう。

パソコンにはインテリジェント機能の他にエミュレーターによる中型機との通信機能を持たせてある。

中型機と大型機間のデータ伝送は、4800 BPSの専用通信回線を通じて、マルチ処理RJEソフトによる遠隔JOB投入で行なう。中型機の最初の立ち上げよりシステムダウンまでの間、利用者の任意のJOB投入によりファイル転送が行なわれる。ファイルシプール機能があるので利用者は中途段階でのタスク処理を意識せずに済む。実行処理結果の送受にとどまらず大型・中型機間のDISK TO DISKのデータ転送も容易にできる。

中型機の専用ディスクは400MB程度あるので通常の稼働設計物件数の範囲においては十分に設計用データを格納することができ、終了物件については必要あればテープ管理を行なう。

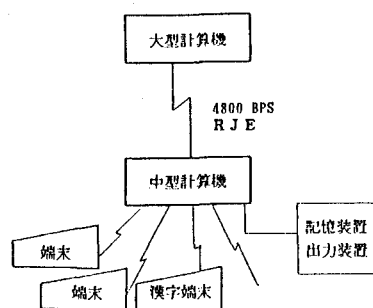


図-1 ハード環境

3. プログラム構成と実行フロー

1) 完成系検討プログラム群

中型機に用意されているプログラムは、PC鋼材の形状・緊張計算、主桁断面性能、梁の断面力や影

費線の計算、鉄筋計算などがあるが、ここでは大型機に用意されているプログラムの構成を説明する。
 ここでの中型機の役割は、編集機能を持つエディットプログラムによるデータ作成である。

図-2に大型計算機のプログラム構成を示す。

橋梁完成後のPC桁断面の諸検討は図中のSMTMプログラム群で行なう。SMTMプログラム群は基本的にはPCラーメン桁・連続桁の完成系断面力を全支保工施工状態で求め、応力度などを検討するために作られている。

第1段階のSMTM1では、ラーメン・連続桁橋の影響線及び特殊荷重による断面力をランニングコスト節減のために応力法を用いて計算する。桁自重・橋面荷重・活荷重等は影響線縦距に荷重強度を乗じて計算する。橋梁の構造設定を支点・部材結合条件の支持により行ない、これにより多径間連続桁、多径間有ヒンジラーメン桁、多径間連続ラーメン桁などの構造系における断面力解析が可能である。

第2段階のSMTM2では、配置されたPC鋼材による二次力を計算しPC部材応力度を算定する。PC鋼材張力の断面毎の有効係数を算定し、要求に応じて異なる材種の張力変化を計算する。SMTM1プログラムからのデータはファイルI/Oで受け渡しする。

第3段階のSMTM3では、せん断力に対して設計・終局荷重状態において検討しPC鋼材の配置必要量を求める。さらにSMTM2で設定されたPC鋼材と主桁断面による断面曲げ耐力を計算し、終局曲げでの部材の安全性を照査する。これらのPC部材としてのせん断・曲げ耐力の照査は相互に関連性を有す。SMTM1、2とはデータファイルを介して連動する。

設計において最も頻度の多い橋梁構造タイプの完成系検討はSMTMプログラム群で一貫して行なえるが、構造解析の異なる橋梁タイプに対しては他のプログラムを利用する。また架設状態を追った場合も同様に別のプログラムで完成系を検討する。前者のために用意されたのが任意平面骨組構造解析プログラムFRAMEや立体骨組解析プログラムSPACERであり、後者のために用意されたのが任意平面骨組の架設・揚越し計算KASETSUプログラム群である。

FRAME・SPACERによって変形法で解析された断面力はディスクファイルを介してSMTMプログラム群の断面力テーブルに受け渡され、ここで任意の組み合わせをする。アーチ橋・PC斜張橋さ

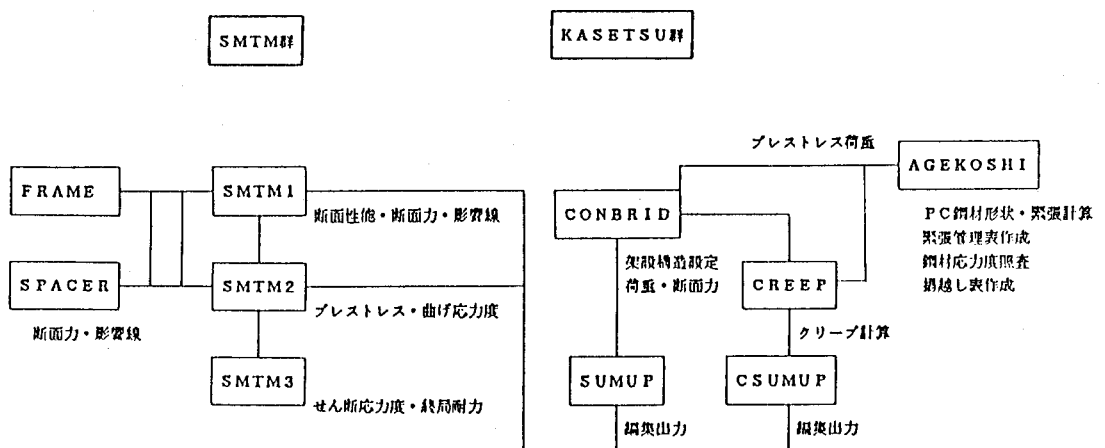


図-2 プログラム構成

らには平面線形の影響を考慮すべき橋梁はこれらのプログラムで構造解析し、一連の作業としてSMTMプログラム群で処理する。

2) 架設系検討プログラム

橋梁構造の架設方法には様々の種類があり、完成構造タイプの差異や現場条件によって採用される架設方法が異なり、さらに架設中の構造系は施工の進行に伴ない著しく変化する場合が多い。構造系変化に伴なうコンクリートのクリープ・乾燥収縮による断面力変化の計算も複雑になる。

連続桁橋の架設方法例を図-3に示す。D&W工法のフォルバオーゲンによる施工では、片持梁架設状態からラーメン構造へ、さらに仮固定解放による構造変化を経て最終の連続桁になる。押出し工法による施工では、桁製作台上で作られた主桁ブロックが順次橋脚や仮支柱上支点を通過して完成状態になるまで押出され、この際主桁は大きな正・負の曲げモーメント交番を受ける。ゲリュストワーゲンなどの移動支保工での段階施工は、主桁をスパン毎に施工する。押出し工法での架設完了時断面力は全支保工施工状態と同じであるために構造系変化に伴なうクリープ解析を省略できるが、他の2つの工法の場合は一般に無視できない。

架設検討のためのKASETSUプログラム群は、架設系でのこのような複雑な構造系変化を構造タイプに限定されることなく一貫して解析できることを目的としたものである。押出し工法による連続桁架設については、この工法が頻繁に使われ、またパターン化しやすいこともあり、別にPUSHOUTプログラム群として開発されている。通常のD&W工法桁橋だけでなく、アーチ橋やPC斜張橋などの特殊構造形式の橋梁も施工方法を問題にすることなしに架設系の検討を行なうことができる。

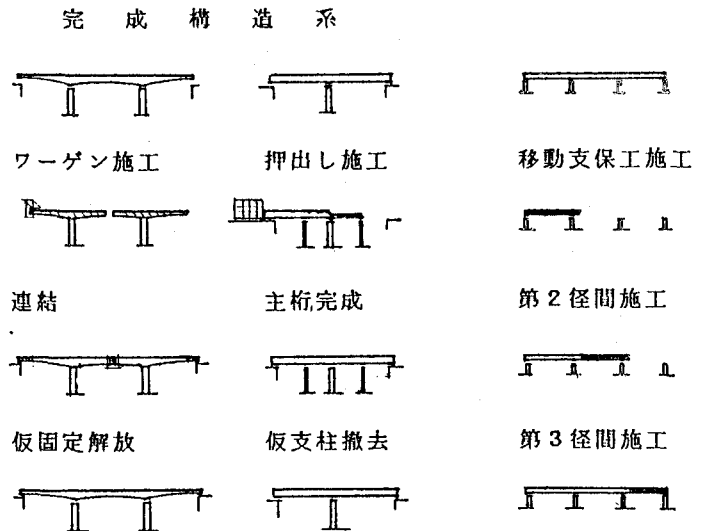


図-3 連続桁の施工時構造系変化例

CONBRIDプログラムは、部材設定・構造条件変化・荷重载荷による断面力を求めるプログラムである。アーチ橋架設に多い部材剛性変化や、連続桁橋に多い部材結合条件の変化など自由に取扱いき、また入力の手を計り部材自重は部材設定の指示のみで载荷する。PC鋼材プレストレス荷重は直接荷重形式で入力できる他、揚越し計算で入力された鋼材形状・緊張力データより間接的にPRESTRESSコマンドで一括载荷することができる。

CREEPプログラムでは、CONBRIDにより設定・計算された構造系・断面力に対し、架設時・架設終了後のクリープ・乾燥収縮により発生する断面力・変位を求める。クリープの計算方法は、部材断面としてコンクリートの全断面のみを考える場合と、断面内の鋼材の影響を考える場合の2種類がある。後者の方法ではPC鋼材の張力変化が全体の構造解析と同時に求められるためにPC部材の解析

に大変便利である。剛性行列と荷重項に対してクリープ係数の影響項と鋼材断面の影響項を乗じて一般の変形法の変形条件式と同じ取扱いで構造解析とPC鋼材の有効張力が計算される。この解析式は下の欄で紹介する。

AGEKOSHIプログラムはPC鋼材1本1本の形状・緊張計算、緊張管理表の作成、鋼材応力度照査、さらにたわみ・揚越し表の作成を行なう。ここで用いる断面力・たわみはCONBRID・CREEPの結果ファイルから抽出する。CONBRIDプレストレスデータはこのプログラムの結果ファイルからも作成できる。

3) 実行フロー

実際の設計でのプログラム相互の連動は次のようになる。

① PCラーメン・連続桁橋 : KASETSUプログラム群とSMTMプログラム群を連動させて架設完了後からクリープ終了時に至るまでの断面照査を行なう。平面線形を考慮する場合はSPACERプログラムで架設及び完成時断面力を計算しSMTMと連動する。

② PC斜張橋・アーチ橋及び合成構造 : FRAMEプログラムで完成系断面力を、KASETSUプログラム群より架設系断面力を計算しSMTMプログラム群を連動させる。

4) PC鋼材の影響を考慮した場合のクリープ解析法

この解析式は'1977.N04. プレストレストコンクリート'で紹介された条件式に基づく。

クリープ歪を $\xi_y = \frac{\Delta \sigma_o}{E} \cdot \Psi + \frac{\Delta \sigma_t}{E} \cdot \frac{\Psi}{1 - e^{-\Psi}}$ として部材断面の適合・釣合条件により断面の軸歪・曲率変化を求め微小変形の梁の式に代入することにより次の変形条件式が導入される。

$$F = \frac{1 - e^{-\Psi}}{\Psi} \cdot K \Delta + (1 - e^{-\Psi}) \cdot F$$

剛性行列 K の一部を取り出すと

$$K = \begin{pmatrix} \frac{EA}{l} \cdot k_1 & 0 & -\beta \\ 0 & \frac{12EI}{l^3} \cdot k_2 & \frac{6EI}{l^2} \cdot k_2 \\ -\beta & \frac{6EI}{l^2} \cdot k_2 & \frac{4EI}{l} \cdot k_3 \end{pmatrix}$$

となる。

剛性行列の各要素は一般の式に係数を乗じた形になり、さらに軸歪と曲率変化の連成項 β が現れる。荷重項についても同様な形式で表現される。 $\Psi \rightarrow 0$ とした場合 β は零になり、剛性行列の各係数は換算断面性能への変換式になる。

4. あとがき

ここで述べた設計計算支援システムは、ファイルベースのプログラム連動によってPC橋梁の設計計算を省力化するために開発され、既に体系化された自動設計システムである。PC橋梁において最も不確定要素の多いPC鋼材の配置決定におけるプログラミング上の問題点は多いが、さらにレベルアップをはかるべく今後とも研究していく所存である。