

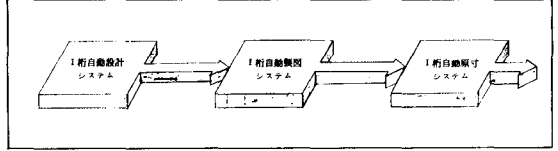
橋梁自動製図システムへの効果的ソフトウェア開発技法の適用

日本橋梁(株) 正会員 松田 正弘

〇羽田野 英明

1. ま え が き

橋梁製造業界における電算機の利用は目ざましく、各種構造物の設計々算や製作過程での各種情報作成が行われている。当社においても、橋梁生産トータルシステムの開発が行われ、その一環として、I桁橋梁の自動製図システムを実現のため、開発を進めてきた。



従来から、自動製図の開発には、多大な開発費用と労力と時間を必要とする。各発注機関ごとに標準図も異なり、それぞれに適應するプログラムを用意しなければならない。などの問題点があり製図の自動化を行うことは困難とされていた。しかし、今回、効果的ソフトウェア開発技法の適用を試みることにより、このシステムの完成を見、一貫した橋梁トータルシステムの一部が構築された。本文はI桁橋梁自動製図システムの開発において適用した開発技法とその効果について述べるものである。

2. システム開発上の問題点

従来のシステム開発において発生した問題点は、次のような事項である。

- (1) システム開発者と利用者が異なるため、相互の意志統一が不十分な場合は、システム運用開始後に利用者からの変更依頼が生ずる。部分的な変更でシステム全体に影響を及ぼさない場合は問題が少ないが、システム全体に影響を及ぼす変更は、システムの見直し作業が必要となり、当初予想もしないメンテナンス費用と期間が必要となる。
- (2) システム規模が大がかりになると開発費用が増大する。その原因としては (a) 開発工数の増加 (b) 開発期間の増加 (c) 完成後メンテナンス費用の増加 などがあげられる。(a)、(b)の費用は一時的なものであるが、(c)の費用はそのシステムの信頼性と利用期間によって異なるので、予測しにくい一面を有している。しかし、既存システムに対する保守作業もあり、メンテナンス体制が充分でないと、そのシステムライフサイクルを大幅に縮めることも考えられる。

3. システム開発技法

これらの問題点に対して、当自動製図システム開発にあたり、下記の作業により解決することを試みた。

(1) 図面標準化グループ

システムにおける運用開始後の変更点を極力少なくし、効果的なシステム運用を指向するためのシステム分析を行う目的で発足した。グループの構成員は利用者側3人、システム開発側3人の合計6人とした。このグループにおける作業は次のようなことである。

① 作画図面の決定

橋梁製作過程において16種類の図面が必要である。この中で入力データが少ない図面(自動設計が行われる構造部分)、および部分的プログラム作成が不可能なものについて作画図面の対象と考えた。I桁自動設計に組み込まれている図面(断面構成図、線形図等)、I桁自動原寸に組み込まれる図面(昇降図、組立マーク図等はすでに自動原寸システムに含まれシステム分析を行った時点で開発に着手していた)、および標準化が確立していない構造図面(伸縮継手、検査路等)については除外した。この結果、当システムの運用時期を早める目的で、開発ステップを2段階に考え図面の種類を下記のように選択した。

第1ステップ;主桁図, 対傾構図, 横桁図, 横構図, 架設段階キャンバー図

② 図面適用範囲の決定

図面の適用する客先としては，建設省，日本道路公団，首都高速道路公団，阪神高速道路公団，名古屋高速道路公社，福岡北九州高速道路公社，本州四国連絡橋公団を選び，その基準，標準図の比較検討を行った。その結果，全ての構造を含んだシステム開発は，開発期間と開発費用の増加をまねくので，比較的頻度の少ない構造（曲線Ⅰ桁，縦桁を有するⅠ桁，枝桁を有するⅠ桁），および標準化が遅れている構造（桁端の切欠部）については適用外とした。

③ 図面詳細部の標準化

設計者が描画する図面と同一の表現方法を，当システムに組み込もうとすると，線，文字，相互間の重なりをプログラム内で判断しなければならないので，開発上困難な場合が生じる。しかし，図面の表現方法を極端に変更すると，構造の把握が困難となり，また従来の図面になれた利用者が受け入れ難くなる。

このような点を考慮して寸法線の引出方向，材料作画位置，溶接記号の作画位置等に検討を加え，図面詳細部の標準化を行った。

④ 構造追加データの標準化

設計々算結果を用いて構造取合を決定する時に，設計々算においては考慮されていない部分が多くある。例えば，補剛材の取付方向，溶接線相互のクリアランス，部材間相互のスキ量などがある。このデータは，Ⅰ桁自動製図における入力データとなるが，このデータを全て利用者が作成する事は作業が多くなるので，文献1)，2)を参照してシステム内標準値を設定した。これによって，システム内標準値に合致しない項目のみデータを作成することにした。

この結果，Ⅰ桁自動製図の入力データは，60%のデータを省略可能になり，入力データ作成作業が大幅に減少することになり，データ作成時のケアレスミスも減少することになった。

⑤ システム運用体制の検討

Ⅰ桁自動製図システムが実用段階に入ると，従来まで設計者が担当していた製図作業が減少することになるが，別の作業として入力データ作成や自動作画機の操作が生ずるため，従来の作業体制を見直す必要がある。そのため，システム開発段階で新システムの効果的運用を考えておくことが必要となる。

当自動製図システムでは，次の3段階におけるTSS端末によるデータ修正機能を有している。

- a 自動設計結果の追加修正
- b 材料計算システム入力データの追加修正
- c 自動原寸システム入力データの追加修正

このような追加修正機能を効果的に運用したり，入力データミスによる作業のやり直しを防止するために，入力データ作成，TSS端末操作，自動作画機操作に対する効果的人員配置の検討を行った。

⑥ システムの評価と確認

開発途中におけるレビュー作業として，システム開発仕様の満足度，変更点の検討を行った。

開発仕様は作画図面等の成果品のない段階で検討しており，実際に出力された成果品との仕様の満足度を評価しなければならない。この評価・確認作業において，成果品はほぼ仕様を満足していたが，成果品に対する追加手作業をもっと減らしたいとの要望が利用者側から出され，検討した結果40箇所程度の追加，修正作業があった。

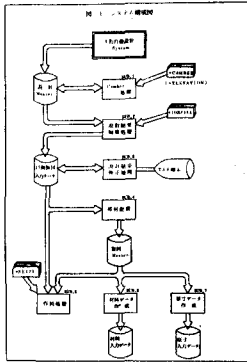
このような仕様変更が，システム完成後に生ずると大きな手戻り作業となるが，開発途中の手戻り作業の方がはるかに軽微であった。しかし，開発仕様の検討に不足があった事は，反省しなければならない。また，システム完成後は定期的な見直し作業を行うため，このグループを継続させていく予定である。

①～⑥に述べた図面標準化グループの作業は，当初の目的をほぼ満足する結果となった。

(2) システム設計作業の標準化

システムの開発において効果的な開発作業を進め、完成後のメンテナンス作業を容易にするため、システム設計作業に検討を加え標準化を行った。この検討により、システム設計時に作成するドキュメント類の仕様を下記のように決定した。

- ① システム分析書 システム要件を明確にして、利用者ニーズの把握を目的として作成する。今回のシステムでは、図面標準化グループの作業記録がこれに相当する。
- ② 機能分解書 システム分析書を基礎として、システムの必要機能を詳細に抜き出すための書類である。この書類によってシステムの必要機能を明確に把握し、システム分析書に対して機能不足がないかを検討した。また、類似機能の整理、統合が可能となった。
- ③ Input 設計書, Output 設計書 利用者が使用する Input マニュアルを作成し、成果品の出力 Format を設計する時の書類であり、自動製図システムの場合の出力 Format は、作画表現設計、材料計算システム入力データ設計、自動原寸システム入力データ設計がこれに相当する。
- ④ サブシステム構成図 図 1 に示すように、システムの流れをマクロ的に考え処理の流れを設計する。
- ⑤ サブシステム内プログラム構成図 サブシステム内を実行プログラムに分解し、プログラム間のデータの流れを把握する。



⑥ FILE設計書

システムの性格によって異なるが、システム全体でアクセスする FILE とサブシステム内だけの局所的 FILE に分けられる。

この設計書によって、FILE の属性、データの属性を決定する。当システムでは、システム全体でアクセスする FILE を Direct

Access File とし、その FILE が

相互ポインターで連結する構造とした (図-8)。局所的 File は、全て Format 付順編成 File として設計を行った。

- ⑦ モジュール分解図 1つのプログラムをデータの流に沿って、モジュールに分解し、各々のモジュールの機能を決定する。モジュールは単一機能になるまで分解をするため、上位モジュールは処理コントロールのみとなる。このような分解処理を行うと、必然的に1つのモジュールの Step 数は少なくなって行き、共通的に使用可能なモジュールが明確となる (図-2)。

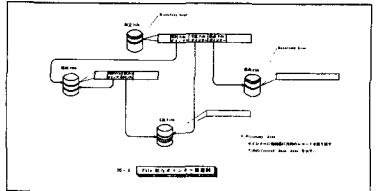
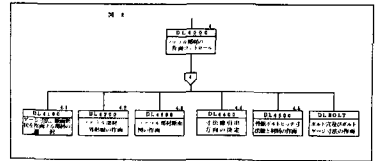
⑧ COMMON領域説明書 (図-4)

モジュール構造図を参照してデータの流れを考慮し、モジュール間のデータ受け渡しに COMMON 領域を設計する。ただし、COMMON 領域を多く作成するとモジュールの独立性が減少し、COMMON 領域の修正が多くのプログラム修正を必要とするので、必要最小限の領域に限り COMMON 領域とした。

⑨ モジュール説明書 (図-5)

モジュール分解図で示された機能を持つモジュールの詳細設計を行い、説明を記述する。

説明は仮引数の名称、属性、I/O 別、意味、使用上の注意事項を記述する。その後必要に応じて、LOCAL 変数説明書、フロ



ーチャート，HIPOの記述，および補足説明を記述した。今回のシステムは，モジュール分解作業によりモジュールステップ数が100 Step前後となるため，フローチャート，HIPO記述がなくても理解できる場合が多く，図化システムの特徴から補足説明を略図で記述すれば充分な部分が多かった。

(3) コーディング規約の作成

各種プログラムのコーディング作業は，システムが大きくなると複数の人間によって行われるので，個人差が生じ，その結果メンテナンス時にプログラム理解が困難場合が生じる。そのため，コーディング作業における個人差をなくし，モジュールの品質向上を目的としてコーディング規約を作成した。規約の概要は下記の条件を満たすものとした。

① ステップ数の制限 1モジュールのステップ数は，注釈行を含め200ステップ以下とする。この制限はモジュールの機能独立を高め，メンテナンス時に理解しやすくするためにもうけた。この規定によりモジュールのステップ数分布は(表-1)のようになり，従来のシステムに比較してきわめて少なくなった。

② 注釈行の規約 従来のシステムは，注釈行が軽んじられており，プログラムをメンテナンスする場合，HIPO記述，フローチャートとプログラムリストの両方を参照せねばならなかった。これはプログラムを修正した場合に，HIPO記述，フローチャートも修正作業が生じる欠点があった。これを防止するために，他の資料を参照せずにプログラムを理解することができるように規約をもうけた。

注釈行規約例として (a)プログラム見出し注釈行 (b)仮引数に対する説明

(c)DO文に対する説明 (d)IF文に対する条件記述 を図-6および図-7に示す。 合計ステップ数

52274 Step

③ 擬似ブロックIF文の使用

ANSI(米国規格協会)のANS-FORTRANX3.9-1978における仕様においてブロックIF文が使用されており，これは従来のFortran言語における論理型IF文に附随するGOTO文をなくす仕様となっている。このANS-FORTRANを直接使用することは，現状では電算機のコンパイラ言語の互換性に問題が残るので，図-8に示すように注釈行を利用して擬似ブロックIF文を形成させた。このため，プログラムの流れをGOTO文を考慮せず，注釈を見るだけで理解が可能となった。

④ その他のコーディング規約として (a)段ずらしコーディング (b)文番号のつけ方の規定 (c)算術IF文の廃止 を設定した。

4. あとがき

I 桁自動製図システムにおいて適用した標準化作業などの開発技法について述べた。

当システムの開発に要した期間は18ヶ月，総ステップ数は52274ステップ，開発人工数は約580人工であった。1人工当りのステップ数は90ステップであったことを考えると，開発段階における効果はあったと考えられる。標準化グループの構成員の変更が途中にあり，当初の人員が最後まで作業に加われなくて，グループ作業に支障を来たこと，およびシステム稼動後のメンテナンス作業において，当初の目的を達しているかどうかは今後の課題として残っている。

参考文献

- 1) 鋼橋構造詳細の手引，日本橋梁建設協会，1978.5
- 2) 鋼道路橋設計図の標準化基準(案)，長大橋技術研究会，昭和48年10月
- 3) ソフトウェア開発作業標準解説ドキュメント編，富士通㈱，昭和53年10月
- 4) FORTRAN 77 文法書，富士通㈱，昭和54年1月

表-1 モジュールステップ数分布

ステップ数	モジュール数	対 比 (%)
50 以下	182	29.2
51～100	280	44.9
101～150	93	14.9
151～200	38	6.1
201～250	19	3.0
251～300	10	1.6
300 以上	2	0.3
	624	100