

エンジニアリング業務効率化のための オフィス・システム

Office System Suitable for More Efficient Work
in Engineering Division

飛島建設(株) 生津 知之
by Tomoyuki NAMATSU

これからの建設業は、社会の複雑な価値観と多様化したニーズに応え、いかにして作るか(how)だけでなく、何を作るか(what)に対して、より具体的に企画提案をしていく必要があると、認識されるようになってきた。

このような背景の中、当社ではエンジニアリング分野における生産性の向上、創造性の発揮などを目的としたエンジニアリング・オフィス・システム(EOS)を開発した。

このシステムは、LAN上のEWSで稼働し、特別なコンピュータの利用知識を必要とせず、エンジニアは知識カードを活用しながら、各種アプリケーションや文書データベースにより高品位な技術文書を作成できるものである。

本論文では、現在のエンジニアリング・オフィスが抱える問題点について述べると共に、これからのエンジニアリング・オフィスのあり方と、それに向けて開発されたエンジニアリング・オフィス・システムについて、その開発経過と事例について述べる。

【キーワード】EOA、技術文書、EWS

1. はじめに

建設業のエンジニアリングに、より創造性が求められるようになってきた。

しかし、エンジニアにとって、その作業場所であるオフィスの環境は、必ずしも効率化されているとは言えないのが現状である。

本論文では、このような背景をもとに、現在のエンジニアリング・オフィスが抱える問題点について述べると共に、これからのエンジニアリング・オフィスのあり方と、それに向けて開発されたエンジニアリング・オフィス・システムについて、その開発経過と事例について述べる。

2. エンジニアリング・オフィスの現状と問題点

(1) 土木設計の生産性

エンジニアリング・オフィスの現状を把握するため、その中核とも言える土木設計業務の生産性

について調査した。

生産性は、単純に定義すればアウトプットをインプットで割った商である。しかし、何をそのアウトプットとしての成果として捉えるか、また、その成果を金額として把握することが難しいなどの問題があり、必ずしも一般的な定義はない。

土木設計の生産性についても、同様であるが、ここでは、アウトプットとして、設計成果品として作成される、報告書、検討書、提案書、設計計算書などの文書に着目し、また、インプットとしては、設計に要した人工数より算出される人件費を用いて、生産性を次のように定義した。

$$p = v \times q \div m$$

p : 土木設計の生産性 (無単位)

v : 設計図書の数 (単位 : A4換算頁数)

q : 設計図書の品質 (無単位 : 0 ~ 4)

m : 設計費用 (単位 : 10万円)

設計者の作成する文書のボリュームについては、使用されている用紙サイズが各種あるため、A4

サイズに換算したページ数を用いた。ただし、これらの文書は、作成する設計者によって、その設計内容の品質に、ばらつきが生じる。内容のしっかりしている設計も、そうでない設計も、作成された文書のページ数が同じであれば、生産性は同じと言うことでは問題がある。

このため、設計の品質を、その信頼性、経済性、施工性などの基本的品質と、文書内容の分かり易さ、見栄えなどの付加価値的品質とに分け、それぞれの項目毎にチェックポイントを設定し、5段階で評価した。この評価得点を、標準的な品質の設計書を1とし、最低の品質が0となるようにつけ、それをその文書のボリュームに乘じることで考慮した。

この生産性の定義に従って過去3年間の設計図書のうち、ランダムサンプリングにより得られた56件について、その生産性をヒストグラムにした結果が図1である。

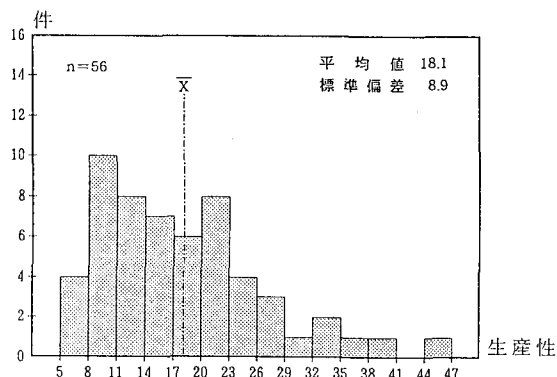


図1 土木設計の生産性ヒストグラム S58～60

(2) 土木設計業務の作業構成比率

次に、生産性を向上させるための、改善着目点を把握するため、土木設計業務の作業構成比率について調査した。調査は、約1カ月にわたり、毎日5回ランダムな時間に、設計者がどのような作業をしているかをチェックするワークサンプリングによる方法で行った。この調査結果を、図2に示す。

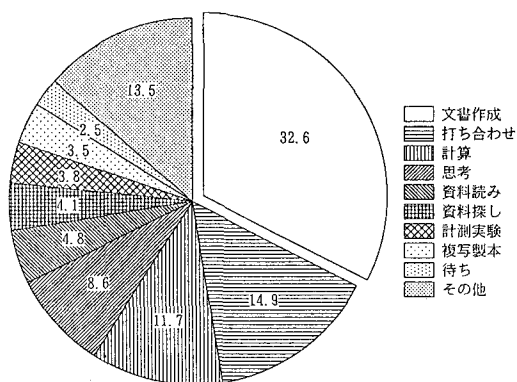


図2 設計業務作業構成比率

(3) 現状のまとめと問題点

上記の現状分析ほか、それらをさらに層別した分析の結果から、土木設計における現状をまとめてみると、次のようになる。

土木設計の生産性に関しては、

- ・生産性の平均値を設計書1ページ当りの金額に換算した場合、問題があることが分かった。また、そのばらつきも大きい。
- ・生産性は、年々向上してはいるもののまだ十分でなく、ばらつきも拡大傾向にある。
- ・文章表現、必要記載事項のもれ、文書体裁の悪さ、解析モデルの妥当性等の順に、品質の評価得点のばらつきが大きい。

設計者の作業内容として

- ・設計者は、文書作成、打ち合せ、資料探し等に、多くの時間をとられている。
- ・打ち合せ作業については、管理者的立場に近い者ほど、その割合が多くなり、逆に若手設計者ほど文書作成時間が、増えてきている。
- ・設計者の本来的業務外の作業が10%以上を占めている。

以上の現状を考察すると、土木設計における生産性は、まだまだ十分とは言えない。その理由として、次の事項が揚げられる。

- ①文書作成作業が中心であるにもかかわらず、コンピュータ出力結果や参考文献、写真の切り貼りを行うなど、編集作業が効率的でない。
- ②文書が標準化されていないので、設計者は、文書を作成する度に、構成、記載事項などを

検討しなければならず、しかも、その品質には、かなりのバラツキがある。

- ③設計ノウハウの蓄積、共有化がなされていないので、経験豊富な設計者と若手では、文書の品質に、かなりの差がある。
- ④作成した文書が多いので、参照したい文書を探すのに手間取る。
- ⑤ホストやパソコンなどコンピュータを使い分ける必要があり、その度に操作方法やOSコマンドが異なり、煩わしい。
- ⑥資料室やコンピュータ機器まで、移動しなければならない。

このように、エンジニアリング・オフィスでは、様々な難題を抱えており、エンジニアリングのための、トータルなオフィスのシステム化が必要であると言える。

3. エンジニアリング・オフィス・システムの基本構想

エンジニアの創造性を高揚し、設計の品質をあげ、しかも、その生産性向上を狙った、エンジニアリング・オフィスのトータルシステム、『エンジニアリング・オフィス・システム（以後EOSと言う）』はどうあるべきか、その基本構想について述べる。

EOSの基本構想の策定については、エンジニアリング・オフィスの現状分析結果を踏まえ、理想的なエンジニアリング・オフィスについて考えるという演繹的アプローチによった。

（1）基本概念

エンジニアリングには、標準化による生産性の向上、創造性の発揮、単純作業から知的作業への転換が求められ、それらを満足するために、EOSは、以下の概念を持つシステムであると考えた。

- ①紙と鉛筆を、ディスプレイとマウスに置き換え、効率的に技術文書が作成できる。
- ②設計ノウハウが蓄積、共有化され、タイムリーにエンジニアに教示できる。
- ③文書の標準化による品質の確保
- ④エンジニアが移動しなくても、ワークステ

ションで各種コンピュータを利用できる。

- ⑤実オフィス環境の整備により、エンジニアの創造性を促進する。

これらを実現するために、ソフト、ハード両面からの充実した支援が必要不可欠となる。

（2）ソフトウェアの構成

EOSのソフトウェアは、図3に示すように、基本OSであるUNIXの上に、デスクトップ、シェル、カーネルの3つのソフトウェア群で構成される。

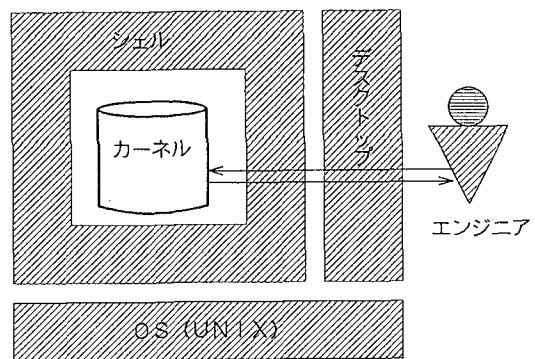


図3 ソフトウェア構成

a) 設計情報資源（カーネル）

EOSでは、設計のアプリケーション・プログラムや、設計データ、過去に作られた設計図書など、直接設計に必要なソフトウェア資源をカーネルと呼んでいる。

このカーネルは、広い意味で設計ノウハウであるといえる。アプリケーション・プログラムはブラックボックス化された設計ノウハウであり、文書化された設計図書は、そこに明示的または暗示的に、設計ノウハウが散りばめられていると考えられる。

設計者の、これら設計ノウハウの活用度如何が、設計の効率や品質を左右すると言ってよい。しかし、これまでの、設計プログラムについて言えば、その作成者しかその使い方を知らないとか、そのプログラムが大型計算機、ミニコン、パソコンなどに分散され、それぞれが独立しているための使いづらさから、充分活用されなかったことも多い。設計図書にしても似たような状況にあり、倉庫の

奥深くに眠っている貴重な資料がどれだけあるか分からない。

E O Sでは、この設計のためのプログラムや設計図書などのソフトウェア資源を、設計者誰もが利用できるように一元管理し、共有化する。

b) 基本機能(シェル)

カーネルを利用するための支援ソフトを、シェルと呼んでいる。

これまでのコンピュータ利用環境は、エンジニアにとって、決して満足できるものではなかった。大型コンピュータを利用するためには、面倒なJCLやコマンドを覚えなければならなかったし、最近特に身近になってきたパソコンでも、使用する各プログラム毎に、その操作方法を習得しなければならなかった。

そこで、シェルはこの煩わしいO Sの知識を必要とせず、しかも、全てのアプリケーションソフトに対して、共通の操作環境を提供するインターフェイス・ソフトとして位置づけた。

ここにE O Sの基本機能として抽出された主なものを列挙する。

- ①技術文書作成機能
- ②設計知識解説機能
- ③設計標準化支援機能
- ④技術計算プログラム自動作成機能
- ⑤外部データベース検索機能
- ⑥社内データベース検索機能
- ⑦設計図書管理機能
- ⑧打ち合せ記録管理機能
- ⑨設計レビュー支援機能
- ⑩設計情報通信機能
- ⑪プレゼンテーション支援機能
- ⑫設計業務管理機能

c) デスクトップ

デスクトップは、エンジニアリングのオフィス環境を、シミュレートし、ソフトウェアとして取り込んだものである。これによりエンジニアは、実際のオフィスで作業する感覚で、コンピュータを操作できる。

例えば、コンピュータを立ち上げ自分の名前でログインすると、初期画面としてオフィスが現れ、そこには自分の机と仕事に必要な備品として文書

キャビネットや、くずかご、印刷機があるといった具合である。このデスクトップは、今後必ずしも物理的に仕切られたオフィスを必要とせず、コンピュータを通して自由にオフィスを構築することが可能であり、ダイナミックな組織作りができる。

(3) ハードウェアの構成

E O Sのハードウェアは、複数のEWS(Engineering Work Station)と、それを結ぶLAN、およびその周辺機器で構成される。さらに、LANは、大型コンピュータとも接続され、そこから全国のネットワークにアクセスすることができる。

これからのエンジニアリング・オフィスは、このEWSを中心に、ネットワークを通して、情報の伝達、蓄積、共有化、を計ることができる新しい時代に入っていると考える。

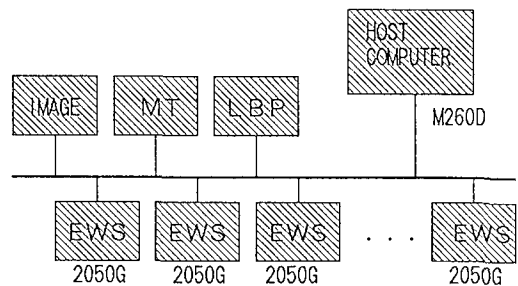


図4 ハードウェア構成

次にEWSに要求される機能について述べる。

①高速演算処理

設計の解析モデルは、現実近づけようとすればするほど複雑となり、その解析に必要なとされる演算量も多くなる。このような高速な演算処理を必要とする技術計算にも、充分耐えられる性能を得ることで、これまで、ホスト系の大型コンピュータで処理してきた技術計算も、かなりの部分、このEWSで処理が可能となり、また、これまで処理能力の面で問題となっていたパソコンプログラムも、このEWSに移植することで、統一された環境でのコンピュータ利用が計れる。

②図形処理

技術計算の特色の一つに、図形処理がある。

技術計算の計算結果は、図形で表現することにより、一目で理解することが出来る。

EWS上でエンジニアがあらゆる作業を行おうとすると、この図形処理機能を充実させ、設計図などの詳細まで判別できる高細精度と、十分な処理速度で、表示できることが必要である。

③大容量のファイル記憶

先に述べた設計のためのソフトウェア資源であるカーネルは、日々蓄積されていくものであり、それらを全てコンピュータ上に記録するためには、膨大な記憶容量が必要である。

このような情報を蓄積できる大容量ファイル記憶装置が必要不可欠である。

4. E O S 開発体制

このE O Sを開発するに当たり、昭和61年7月にプロジェクトを発足させた。プロジェクトは、情報システム部員3名と土木設計部員3名の合計6名で構成され、E O Sのコンセプト作りから、E O Sのシステム設計に至るまでの作業を行った。この間、土木設計部門のユーザと、直接意見交換をする場を設定し、ユーザの意見をできるだけ多く取り入れた。プログラム開発に当たっては、プログラマとして9名増員した。

一方、土木設計部門では、このプロジェクトに合わせ、設計の標準化に取り組んだ。

またE O S開発に対しては、未解決の技術的課題が多く、当社の技術力だけでは開発が困難であると判断し、日立製作所の協力を得た。

5. E O S の主な機能

開発したE O Sは多くの機能を持つが、その中で特徴的なものを以下に解説する。

(1) アプリケーションによる技術文書作成

現状分析の結果から明らかに、エンジニアリングの生産性を向上させるためには、技術文書作成の効率化が不可欠である。そこで、技術文書作成の機能は、どうあるべきか検討を行った。

技術文書は、いわゆる事務処理の分野で作成される文書と比べて、次の点で特徴的である。

- ①テキストのなかに、数式や記号（ギリシャ文字、単位 etc.）が多い。
- ②図や表が多く、その内容表現も、かなり精度を必要とする。
- ③文書中には、アプリケーション・プログラムの計算結果が多く含まれる。
- ④グラフは、ビジネスグラフのほかに、高度な数式で表されるグラフが多く使われている。
- ⑤文書のページ数は、比較的多く、100ページを超えるものもある。
- ⑥文書全体の構成については、定型的なものが多い。

このような特徴を持つ技術文書を作成する機能について、以下に述べる。

通常、文書は、それを章や節に分けて作成する。章や節は、文書の論理的な意味で、分割され構成される。このような文書構造を論理構造と呼び、この論理構造を構成する一つの単位を、文書オブジェクトと呼ぶ。

また、この文書オブジェクトを構成する要素としては、いわゆる文章としての文字列（テキスト）、数式、図、表、グラフ、イメージなどが含まれてくる。

このように文書を、文書オブジェクト、さらには、要素として分解、定義することにより、アプリケーション・プログラムからの取扱が可能となる。

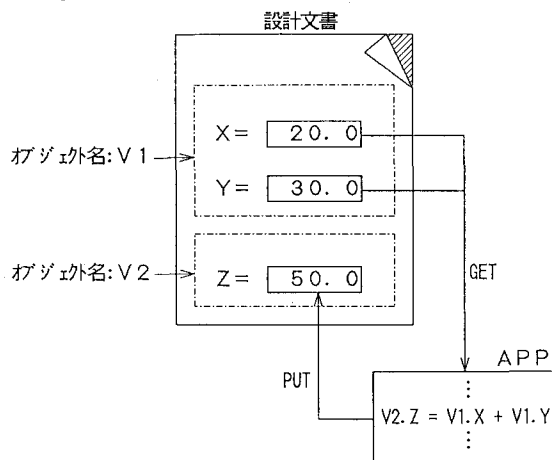


図5 アプリケーションによる技術文書作成

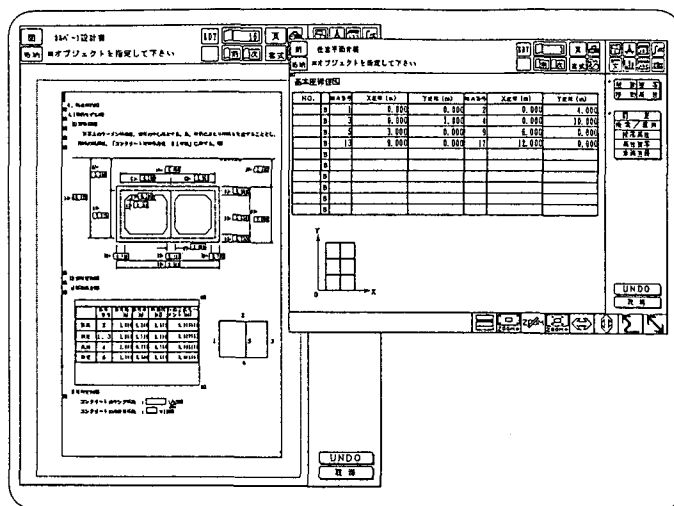
例えば、要素としての文章の一つに、Xという名前をつける。あわせて、この文章が属する文書オブジェクトにVという名前をつける。すると、アプリケーションでは、この文書オブジェクトVの中の要素Xとして識別が可能となり、そこに値をPUTしたり、そこから値をGETしたりすることができる。このとき、アプリケーションプログラムからみて、文書オブジェクトのレイアウトは、一切、意識しなくても処理が可能となる。

カーネルとして位置づけられる土木設計アプリケーションは、これまでの土木設計業務の中で比

較的多く利用されてきたものを対象とした。これは、これまでにホストコンピュータやパソコン等で利用されていたもので、その中核になる計算部分だけをEWSに移植し、その入出力部分は文書とアプリケーションとのインターフェイス機能を利用して開発した。

その内訳として、以下に主なものを列挙する。

山留め設計計算、支保工計算、ボックスカルバート、杭基礎、斜面安定計算、土圧計算ライブラリ、RC断面算定ライブラリ、任意形骨組み計算、海洋構造物設計計算、ダム施工計画



文書から構造解析入力シートに
値が取り込まれ
構造解析が実行される

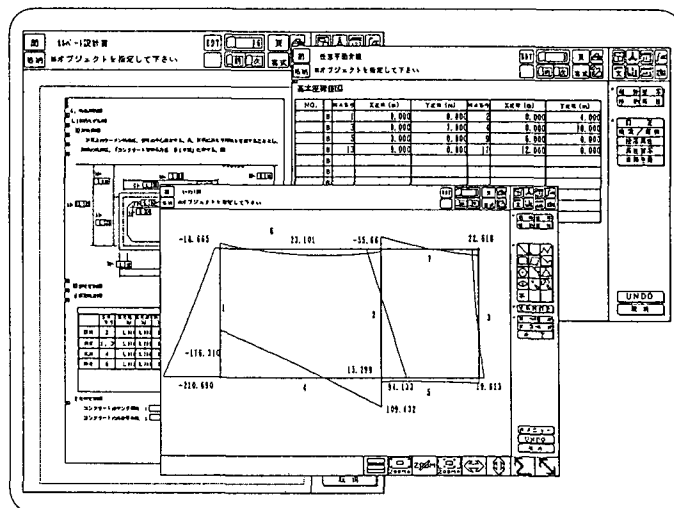


図6 アプリケーション実行例

(2) 知識カード検索表示

土木領域においてエンジニアの行う作業には、不確定要素が多く、経験的な知識が必要とされる。このような専門的判断のために適切な知識を、文書形式でタイムリーに表示するのが、知識カード検索表示機能である。これにより、知識や経験が少ないエンジニアでも、適切な判断をすることが可能となる。

a) 知識の共有化

ここで、エンジニアが必要とする専門的知識は、以下のように3分類する事ができる。

- ①文献情報・・・参考文献や以前に作成された類似書類に記載されている解説・数値・公式など、既に、ドキュメント化されているもの。
- ②ノウハウ・・・エンジニアが個人レベルで保有している専門的知識であり、経験的な要素が多分に含まれ、ドキュメント化されていないもの。
- ③プログラム・・・標準化された手順に沿って実施できるプロセスを、ブラックボックス化したもの。

この中で、特に「ノウハウ」は、整理することが難しく、エンジニアに伝達しにくい知識である。

最近、このようなノウハウを利用する方法として、AIソフトウェア・ツールを使用したエキスパート・システムが考えられている。しかし、コンピュータに知識を記憶させ、コンピュータが推論し、診断や設計を行うには、結果の検証方法や学習機能等について、まだまだ解決しなければならない課題が多い。さらに、エンジニア個人の持つノウハウを、AIツールで利用できる状態にするには、KEなどの専門家の存在が必要であり、エンジニア自らが、知識を蓄積・利用していくことは困難である。

そこで、EOSでは、専門的判断はコンピュータが主体的に行うのではなく、知識を文書形式で表示することにより、エンジニアが自ら判断をくだすことを基本と考えた。このため、知識は、文書作成過程で、蓄積・更新・利用することが可能でなければならない。こうすることにより、知識を組織的に共有化することができる。さらに、こ

の知識を水平展開することにより、ドキュメントの品質向上だけでなく、知識や経験の少ないエンジニアの教育としても利用することが可能である。

b) 機能概要

このように、文書形式で表現された知識を、我々は、『知識カード』と呼ぶ。知識カードは、ドキュメント作成用のウィンドウとは別のウィンドウ上に同時に表示され、エンジニアの思考を中断させることなく、知識の参照が可能となる。

知識カードの参照は、以下に示す3つの方法によるものとする。

①知識参照マークによる表示

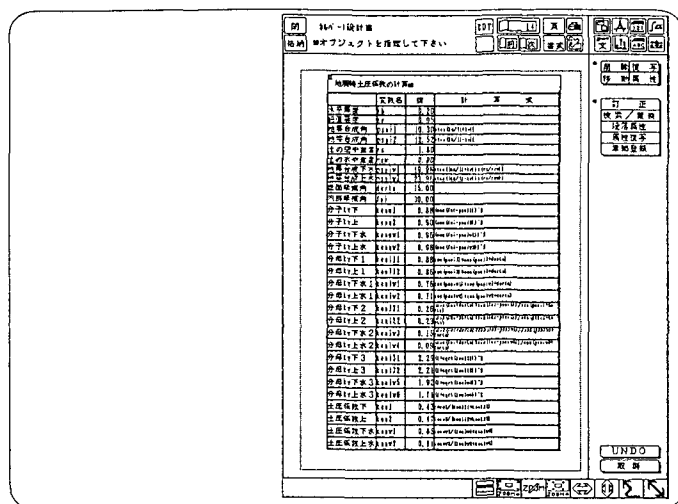
文章中に設定されている知識参照マークにより、知識カードを表示する方法である。この方法は、あらかじめ雛形文書が用意されている場合に適用される。雛形文書を利用する場合でも、条件や設計項目の違いで、エンジニアの専門的判断が必要となる。そこで、専門的な判断が必要と想定される文書中に、知識参照マークを定義しておく。なお、この知識参照マークは、さらに知識カードの中に定義が可能である。

②キーワードによる検索

知識参照マークが設定されていない場合や、既に表示されている知識カードに関連する知識をさらに参照する場合、随時、キーワードによる検索ができる。なを、知識カードが体系的に分類されているので、分類項目による検索ができる。また、キーワード自体も、体系化されており、上位のキーワードにより、下位のキーワードを持つ全ての知識カードを検索することができる。

③知識文書の閲覧

知識カード自体は、分類やキーワードの属性と切り離して考えると、通常の文書ファイルである。従って、頁をめくるイメージで知識カードの閲覧をすることが可能である。



スプレッドシートに
計算式を定義すると



計算結果が文書中に
自動的に取り込まれる

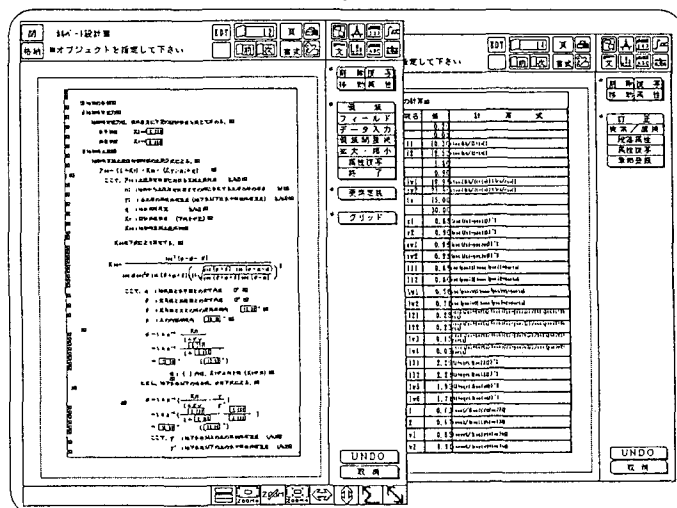


図8 拡張スプレッドシート実行例

6. システムの導入効果

システム開発のテスト段階における実績をもとに、システム導入効果を予測する。

(1) 設計の生産性向上

設計の標準書式を作成するのに、実績として1日約7から10ページ作成できている。これは、コンピュータを使わずに、作成した場合とほぼ同じ程度と言ってよい。しかし、設計書は、1回作

成したら、それで終わりと言うわけではなく、設計依頼者との話し合いによって、何回か変更しなければならなくなるのが一般である。そのため、2回目からは、かなりの時間短縮が期待できる。このことによる効率アップは25%から30%程度あるものとする。また、設計の標準書式を利用して、設計を進めた場合は、虫喰いの穴埋め方式で設計書を作成できるので、試算では、60から70%の効率アップが計れるものと期待できる。

従って、品質も考慮した設計業務全体の生産性

は、総合的にみて35から40%向上できると考えている。

(2) 定性的効果

定性的効果としては、次のような事が期待できる。

- ①設計者は、単純作業から解放され、より創造的な仕事に、時間がかけられるため、設計品質向上につながる。
- ②設計書(土木設計書、施工計画書)の標準化が進む。
- ③設計ノウハウの水平展開が可能となる。
- ④設計した文書をそのまま保存しておき、次の設計に利用できる。
- ⑤見栄えのよい設計書ができる。

(3) 波及効果

アプリケーション開発において、その入出力のフォーマット設計に多くの時間がとられている。しかし、本システムを利用したアプリケーション開発の場合、入出力フォーマットを全く意識しなくてよいため、プログラム設計工数が軽減された。入出力レイアウトは、後から文書の利用者が自由に変えればよい。これは、プログラム開発担当者にとって、画期的なことである。

7. 今後の課題

今回開発したEOSは、これまでにあまり例のないシステムであり、従って、今後解決を必要とする課題もいくつか残されている。

①文書作成機能の充実

EOSのコンセプトにある文書作成機能として、まだ満たされていないものがある。今後、それらの機能を開発されることが望まれる。

②設計の標準化推進

今回、作成された設計標準書式は、土木設計業務の一部であり、業務効率化のためには、さらに多くの設計に対応できるよう設計標準書式を充実させていく必要がある。

③実オフィス環境の整備

今回、開発プロジェクトでは、照明の問題、空調の問題、打ち合せスペースなど、エンジニアが創造性を発揮できる作業環境についても検討し、ダイナミックアドレッシング方式によるオフィスのレイアウトを考えたが、実現にまでは至ってない。今後とも効率的な実オフィス環境について取り組んで行きたい。

④適用領域の拡大

EOSは、そのカーネルとしてのソフトウェア資源、すなわち設計のためのプログラム、設計データ、設計文書などを置き換えることで、土木の設計領域に限らず、土木の計画領域や建築の設備計画など多くのエンジニアリング領域に対応可能である。今後は、このような領域にもEOSを展開できるようにしたい。

8. おわりに

EOSは、エンジニアリングの生産性を向上させるための基盤となるシステムである。そして、今後このシステムはさらに充実させていかなければならないし、またこれをベースに、土木設計の分野に限らず多くのエンジニアリング領域に、このシステムの適用を図っていかなければならないと考えている。最後に、われわれの勝手で気ままな意見にも耳を傾け、協力していただいた日立製作所の方々に、心より感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 渡辺, 中村, 中根: 「エンジニアリング業務効率化のためのオフィス・システム」 HITACユーザ研究会 第26回大会