

DEMOS-E建築構造設計プログラムの使われ方と問題点

日本電信電話公社 武通研 ○ 滝野 文雄
建築局 桑形 松夫

1. はじめに

日本電信電話公社が提供している公衆データ通信サービスDEMOS-Eは大形コンピュータDIPS-1を電話回線を通じて共同利用するものであり、全国的規模で多くの建築設計事務所や建設会社等で利用されている。建築構造設計関係の利用を平均的にみると、利用者は自分でプログラムを作り使用するよりも、公社が提供しているライブラリ・プログラムを用いる方により多くコンピュータを使用している。

建築構造設計のライブラリ・プログラムには応力解析、整形の骨組をもつ建物の一貫構造計算、振動解析、部材の断面計算等のプログラムがある。これらは主に設計実務に十分に利用されることをねらいとして開発された。すなわち、建築構造設計の広範囲な領域に適用され省力化をはかること、手計算では解析が困難であるが必要性が痛感されているような計算機能をできるだけ取り入れて設計の質の向上をはかること、入出力では使いやすさに重点を置くこと、等に努めた。

本報告では、これらプログラムの使われ方について、1976年11月、12月に行なった実態調査の結果を中心にして調べ、今後の課題を検討する。

2. DEMOS-E 建築構造設計ライブラリ・プログラムの概要

2.1 プログラム設計の方針

以下にライブラリ・プログラムの開発に際して、方針としたものを列記する。

(1) 不特定多数の利用者を対象とするため、多様な要求に答えられるように適用範囲の広いことを目指す。しかし、1つのプログラムに広範囲の適用性をもたせることは、かえって使いにくいものにする恐れがあり、またFORTRANで2万ステートメントを越えるプログラムは製造の費用が非常にかかる可能性がある。このため、プログラムの明解さを保ち、誤用されないように、あるまとまった機能単位にプログラムを分割し、パッケージ化する。各プログラム間はデータ・ファイルにより、できるだけ自動的につながるようにする。これにより、構造設計の多様性に流動的に対応できる。

(2) 計算手法はわが国の建築構造設計の慣習に適した、標準的なものを用いる。現在、まだ研究段階にあると思われるものは用いることを避けるが、一方では現状を一步進めるような計算機能を取り入れるように努める。また、計算能率をよくし、計算に要するコストの低減に努める。

(3) 入出力データは伝送量を少なくすることに努める。入力データは即時処理で十分なチェックが行なえるようにする。出力データは大量の場合センター出力になるので、計算結果の一部を端末機で随時入手できるようにする。プログラム説明書は、それだけをたよりに不特定多数の利用者がプログラムを使用するのであるから、必要十分な情報を記載する。

2.2 プログラムの内容

建築構造設計用ライブラリ・プログラムを表1に示す。大別して、応力解析用のFRAPシリーズ、一貫構造計算用のBUILDシリーズ、振動解析用のDYNAシリーズが主なものである。

表1 DEMOS-E構造設計ライブラリ・プログラム

プログラム名	概 要
FRAP-GEN	任意形の立体骨組，平面骨組と平板（面内，面外）応力解析，固有値解析
FRAP-BLD	整形の平面骨組の応力解析，固有値解析。
BUILD-P	整形の建物について，部材の荷重項，柱軸力，地震時水平力等の計算
BUILD-S	-Pの出力を用いて，立体骨組または平面骨組の応力解析，固有値解析
BUILD-M	-Sの出力を用いて，鉄筋コンクリート柱，はり，壁の断面計算
BUILD-M2	-Sの出力を用いて，鉄骨鉄筋コンクリート柱，はりの断面計算
BUILD-D	-Sの出力を用いて，応力の図的出力，およびXYプロットによる応力図
DYNA	構造物（平面，立体）の固有値，地震応答解析（トリリー，Dトリリーニア）
DYNA-M	構造物（平面）の固有値解析，モーダル・アナリシス法による地震応答解析
WAVE	地震波形データ処理，スペクトル計算（相関，フーリエ，パワー，応答）等
その他，各種の部材計算用：ECHO-A1，A2，A6， 土の計算用：ECHO-A3， 構造体数量計算用：ECHO-A5（RC），BUILDQN（RC，SRC） 等がある。	

これらのプログラムは図1に示すように，データ・ファイルを通じて相互につながっている。すなわち，プログラムの計算結果の一部は手作業を仲介せずに，直接他のプログラムの入力の一部となる。

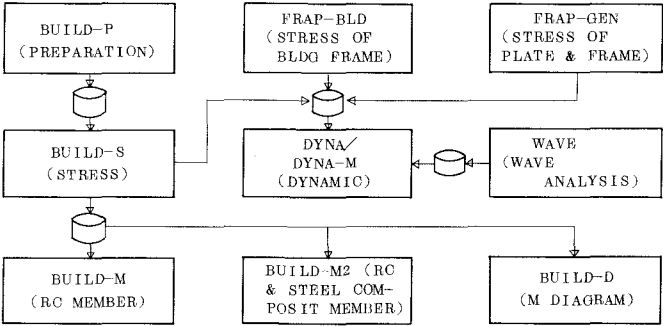


FIG.1 DEMOS-E LIBRARY PROGRAMS FOR STRUCTURAL DESIGN

2.3 BUILD

DEMOS-E BUILDについて少し詳しくここにのべる。

BUILDは日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説

1971改」，「鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 1975改」および建築構造に関する法令にのっとり，鉄筋／鉄骨鉄筋コンクリート造建築の構造計算を行なうものであり，図1のようにBUILD-P，-S，-M，-M2，-Dのプログラムと，入力データをチェックし，チェックリストの作成を行なうBUILDCKとから成っている。ここにチェック・リストとは建物の形態や構造計算条件を簡潔に記述し，プログラムへの適用性を検討するためのものである。

BUILD-Pは柱，はり，基礎ばりの荷重項，柱軸力，地震力の計算のほか，床スラブ，小はり，片持ばりの応力計算，各部材の型わくとコンクリートの数量計算を行なう。BUILD-Sは立体骨組または平面骨組の応力解析を行なうが，立体骨組としての解析は，例えば，建物でねじれの影響を考える必要がある時，耐震壁（ブレースに置換）に直交フレームの影響を考える必要がある時，水平荷重時に基礎の浮上りを考える必要がある時，下の階で柱がぬけているような時，等に効果的に用いることができる。BUILD-M/M2は部材設計用応力の組合せ，柱とはりについて主筋，せん断補強筋，鉄骨の計算，柱はり接合部の鉄骨パネル計算，耐震壁のせん断補強筋と開口部補強筋の計算等を行う。

通常の建物では，BUILD-P，S，MまたはM2を順次呼び出し，一貫した構造計算を行ない，計算書を作成することができる。建物が複雑でBUILDでは不十分な場合は，手計算でデータを補充しながらBUILDを使用することもできる。

構造設計では，例えば部材断面形を小修正して応力解析や断面計算をやり直したい場合がある。また，耐震壁の剛性を変化させて，その結果を検討したい場合がある。BUILDは，図2のように，データを修正追加しながら計算を繰り返して，構造設計を行なっていく設計プロセスに十分に対応できるように作られている。

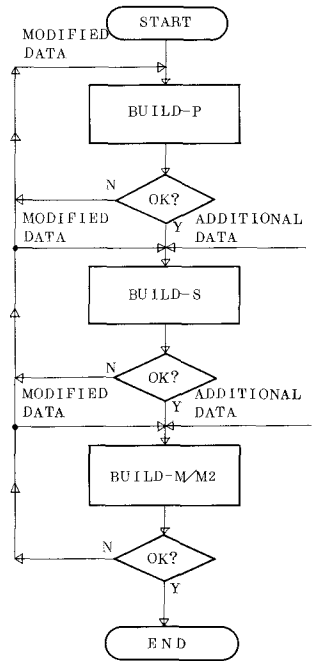


FIG. 2 PROCESSING FLOW OF BUILD

2.4 建築構造設計における適用領域

表2は，通常の建築構造設計を考えた場合，各作業段階別に，どのようなライブラリ・プログラムが対応するかを示

している。表中に四角の枠で囲んだものは，そのプログラムがかなり広範囲に適用されることを示している。

表には，手作業の場合，必要な延作業時間を各段階別に％で示している。

表2 建築構造設計におけるライブラリ・プログラムの主な適用領域

作業段階	基本設計	準備計算	応力計算	断面計算	雑計算	図面作成
作業量%	5～30	10～20	10～25	10～20	10～30	20～50
RC, SRC 造建築	B F-BLD	B - P	B - S F-BLD	B-M/M2 B - Z	E - A1 E - A2 E - A3	
S造建築	B F-BLD	B - P	B - S F-BLD	E - A6	同上	
超高層建築	B F-BLD D-M	B - P D	B - S F-BLD	B-M/M2 E - A6	同上	
一般構造物	F-GEN D-M	D	F-GEN	B - Z E - A6	同上	

F: FRAP, B: BUILD, D: DYNA, E: ECHO.

□ は広範囲に適用

3 ライブラリ・プログラムの使われ方

3.1 プログラム別の利用率

構造関係のライブラリ・プログラムのうち最もよく利用されているのはFRAPシリーズであり、1975年度の1年間に4万件以上（データ・チェック用プログラムの使用件数は除く）利用されている。図3に構造関係ライブラリプログラムの利用件数と計算時間（CPU時間）の比率を、全国集計したものについて示している。なお、データ・チェック用プログラムは除き、BUILDについては、利用件数は-Pだけ、計算時間は-P、-S、-M、-M2を集計したものを用いている。

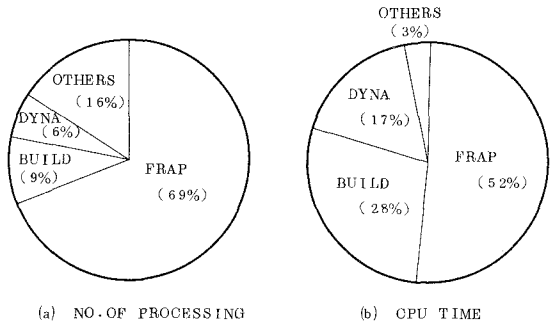


FIG. 3 LIBRARY PROGRAM USAGE

図4はFRAPシリーズ、DYN A

シリーズ、BUILD-Pの利用件数比率を、地方別に示したものである。この図からBUILDが、東京等に比較して福岡等ではは

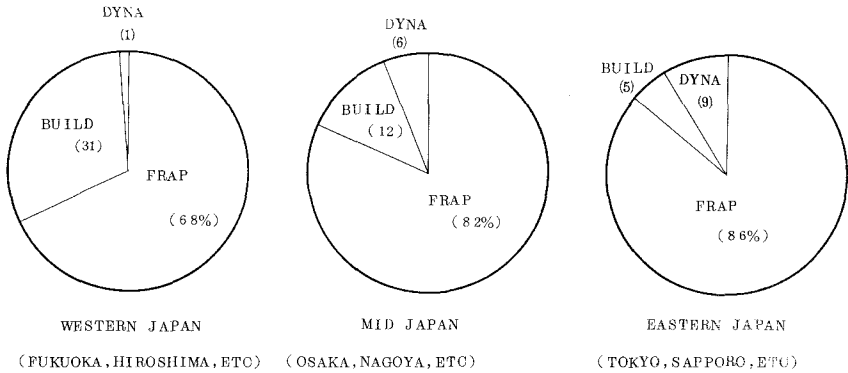


FIG. 4 NO. OF PROCESSING

るかによく利用されていることがわかる。この地域差を生じる第1の理由は「慣れ」であると考えられる。表3に各プログラムのサービス開始時期を都市別に示す。東京、名古屋、大阪地方の利用者は、BUILDのサービス開始時期までに、FRAPに慣れてしまったと考えることができる。すなわち、これらの都市では、応力解析にはFRAPを用い、荷重計算、断面計算は主に手作業で行なうという利用方法をとっていることが、後述する実態調査の際に、一般的な傾向として認められた。

3.2 実態調査

1976年11月、12月に行なった構造関係ライブラリ・プログラム利用の実態調査について、結果の一部をここに示す。内訳は建築設計事務所31社、建設会社9社、合計40社であり、地域別では東京13社、大阪21社、福岡6社である。東京が他と比較して少なすぎるきらいがあるが、以

表3 サービス開始時期

都市名	FRAP, DYN A	BUILD
東京	71年 3月	74年 8月
名古屋	72年 8月	74年 8月
大阪	71年 6月	74年 8月
福岡	74年 10月	74年 10月

下にてのべるプログラム利用に関する傾向は十分に一般性があると考えられる。

3.2.1 ライブラリ・プログラムの利用比率

ライブラリ・プログラムが適用できる範囲内で、ライブラリ・プログラムを何等かの形で用いて設計した件数の全件数に対する比率を各企業について調べた。図5の横軸はこの比率であり、縦軸には企業数のひん度分布と、その累積を示す。この比率は必ずしも厳密な作業分析から得られたものではないが、コンピュータ利用の傾向は十分に表わしていると考えられる。図から、半数以上の企業では、全設計件数の80%以上の件数について、ライブラリ・プログラムを利用していることがわかる。

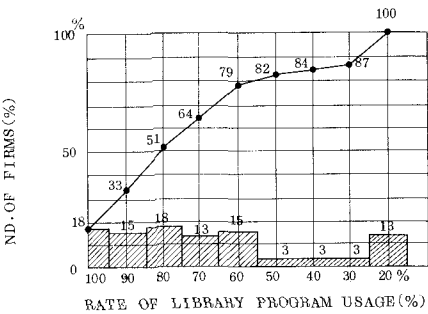


FIG.5 RATE OF LIBRARY PROGRAM USAGE

3.2.2 プログラムを用いる理由

各ライブラリ・プログラム毎に、用いる理由として下記の項目をあげて順位をつけてもらった。

- (1) 設計作業の省力化,
- (2) 設計作業時間の短縮,
- (3) 設計コストの低減,
- (4) 構造物のコスト低減,
- (5) 手計算では不可能,
- (6) 計算が正確, 個人差がない,
- (7) 設計変更, 試行錯誤によい。

表4 プログラムを用いる理由とその重みづけ (%)

プログラム名	第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	その他
FRAP-GEN	手 不 可 能	時 間 短 縮	省 力 化	対 変 更	
	3 1 %	1 9 %	1 3 %	1 3 %	2 4 %
FRAP-BLD	時 間 短 縮	省 力 化	正 確 さ	対 変 更	
	2 6	2 0	1 4	1 3	2 7
BUILD	時 間 短 縮	省 力 化	対 変 更	正 確 さ	
	2 5	2 1	1 5	1 2	2 7
DYNA	手 不 可 能	時 間 短 縮	対 変 更	正 確 さ	
	4 3	1 3	1 3	9	2 2

つけられた順位について、1 位に 5 点、2 位に 4 点 ……、5 位に 1 点の重みづけをし、全企業の値を総計し、これを % に換算したものを表 4 に示す。この結果から、FRAP-GEN と DYNA は似た傾向があり、手作業では不可能が理由の第 1 である。一方、FRAP-BLD と BUILD では設計時間の短縮と省力化が利用の主な理由になっている。

表5 プログラムのマイナス面と重みづけ

プログラム名	第 1 位	第 2 位	その他
FRAP-GEN	出力・見にくい	入力・書にくい	
	1 7 %	1 6 %	6 7 %
FRAP-BLD	設計コスト高	マニュアル複雑	
	1 4	1 3	7 3
BUILD	入力・書にくい	出力・多い	
	1 6	1 4	7 0
DYNA	設計コスト高	マニュアル複雑	
	2 1	1 8	6 1

3.2.3 プログラムのマイナス面

表 5 に、プログラムの持つマイナス面が示されてい

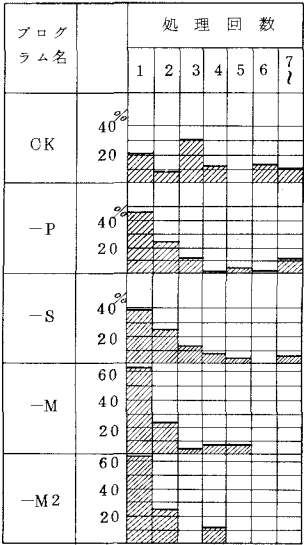
る。調査方法とまとめ方は前節と同様であり、用いない理由として；マニュアルが理解しにくい、入力書きにくい、入力エラーが多くプログラムに通りにくい、計算コストを含めて設計コストが高すぎる、計算結果を得るまでに時間がかかりすぎる、設計変更や試行錯誤にうまく対応できない、出力がみにくい、出力が多すぎる、の各項目をあげた。調査の結果は、全体にばらついており、際立った項目は出てこなかった。

3.2.4 BUILDの省力効果

BUILDを用いた場合、手作業ですべて計算する場合に比してどの程度の省力効果があるかを、準備計算、応力計算、断面計算の各作業段階別に調査した。結果は手作業の推定値に対する比であるので概算値ではあるが、大まかにいえば次のことがいえる。

- (1) 準備計算では、モデル化の単純な建物ではかなりの省力効果（50％程度）が期待できる。しかし、複雑な建物では入力データが多くなり、手作業よりも人手を要する場合も少なくない。
- (2) 応力計算では省力効果が大きく、10～50％程度の手手で十分な場合が多い。
- (3) 断面計算では、計算結果をみて配筋に手直しをしたり、手計算を追加したりする必要があるため、省力効果はかなりばらつくが、20～50％位の省力化は通常期待できる。

表6 1件当たりBUILDの処理回数



3.2.5 1件当たりBUILDの処理回数

ある建築構造物を計算処理する場合、入力データの誤り、設計変更、計算パラメータを変えたシミュレーション等のため、同一プログラムを複数回計算処理することがしばしばある。BUILDを用いて計算した実施例50件について、各プログラム毎に処理した回数を表6に示す。図の横軸は1つの構造物について行った処理回数、縦軸は実施例のひん度分布（％）である。

- (1) BUILDCKは主としてプリチェックのプログラムであり、処理回数のほとんどが入力データの誤りと考えられる。2回以下で通るのは約30％であり、一方7回以上が約10％ある。
- (2) Pでは約50％が1回で通っている。2回以上処理したものの約半数は入力の誤りによる。
- (3) Sでは入力の誤りは殆んどなく、処理回数の多いものは主として耐震壁の挙動をつかむためのものである。なお、平面骨組とした応力解析が約40％、立体骨組が約60％の割合になっている。
- (4) M、M2は2回以内の計算処理がほとんどである。

なお、入力データの誤りを起こす率について、かなり個人差があることを数社から聞かされた。一般にプログラム作成では個人差が著しく、場合により能率が1桁違うという報告もあるが、入力データの作成についても同様の事情にあるようである。このため、入力データの作成を分業化して適材をこの作業に配置することは、企業全体の能率を向上させる1つの方策であろうかとも思われる。

4. 問題点と今後の課題

ライブラリ・プログラムの概要と使われ方についてのべてきたが、ここで問題点を列記する。

(1) 適用領域 現在サービスされているライブラリ・プログラムが構造設計のルーチン作業領域を十分にカバーしていないことは表2に示す通りである。ことに、基本設計段階は、構造体の性能、コストを決める上で重要な段階であるが、プログラムが低利用であることが調査の結果明らかとなった。この段階は詳細な計算は不必要であり、簡便な計算で、適用範囲の広いシステムが望まれ、今後開発の大きな課題であると考ええる。その他図面化、鉄骨系設計プログラム等が必要である。

(2) 計算機能 耐震要素として重要な耐震壁について、BUILDでは手計算のレベルを一歩進めて、基礎浮上りの考慮、直交フレームの効果等の計算が可能になっている。現在、電電公社の建物はBUILDを用いて設計することを原則としているが、手計算時代には解析ができないため設計者の「工学的判断」に依存していた耐震壁まわりの扱いが、BUILDの使用によりかえって混乱を起こす傾向がでてきた。フレームと耐震壁との変形の適合条件と耐震壁の剛性低下の関係を追求したくなるため等の理由からである。実際には地震荷重、塑性域での部材の挙動等のため、「工学的判断」によらざるを得ない点が未だ多くあり、ある程度以上の解析はあまり意味がないと考えられる。今後地震荷重の問題、構造物が保有する耐力と変形性能の問題等、現状の設計レベルを前進させることが重要な課題となる。

(3) 使いやすさ 表5からわかるように、入力、出力、マニュアルがコンピュータを使いやすくし、作業能率をあげる上から重要な事項である。現在入力として自由書式を用いている。これは有効桁数が自由に取れ、左詰めにすれば伝送量がへるというメリットがある。今回の調査で、数社において固定書式を作り、これを自動的に自由書式に変換している例があった。通常の建物では有効桁数がぼびきまっているので固定様式の帳票を作ると記入しやすいようである。将来、入力書式として図6に示す3種類の書式を使用可能にしていきたいと考えている。aは現状、bは固定、cは言語的書式でありデータの見直し等に有効である。図ははりの断面形定義と配置の例である。

出力は一般に次の計算の入力になるので、バイナリ形式のファイルにも格納するような配慮が必要である。

マニュアルは詳細なプログラム利用説明書と、簡便な入力法を主としたものと、2種類用意しておくことが好ましいといえる。

(4) 慣れ 利用者の習慣として「慣れ」の問題がある。十分に使用法をマスターしたものを、そう簡単に他のものへ乗り移ることは出来ない。このためプログラムは徐々にレベルアップをはかり、新しいプログラムは既サービスのプログラムにデータ・ファイル等を通じてつなげて行くような配慮が必要と思われる。

(a) PSZ1 5, 35,75,1.8
PME1 5, 2,4,1,3,1,1

(b) 61 5 35 75 1.8
71 5 2 4 1 3 1 1

(c) PSZ1 G5,35×75CM,P=1.8
PME1 G5,Z2-4, X1-3@YS1

FIG.6 INPUT FORMAT

謝辞 ライブラリ・プログラム利用の実態を調査するに当たり、協力をいただき、有益な助言をいただいた利用者の各位に、お礼申し上げます。

DEMOS-E BUILDING STRUCTURE DESIGN LIBRARY PROGRAMS,
INVESTIGATION OF USAGE AND SOME PROBLEMS

F. Takino* and M. Kuwagata**

Throughout Japan, many building engineering firms and construction companies subscribe to DEMOS-E TSS service offered by N.T.T. (Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation), whereby to use N.T.T.'s large computers called DIPS-1 through telecommunication network in order to make their own programs as well as to execute library programs prepared in DEMOS-E. As to building engineering, more computer time is spent in execution of library programs than in making and execution of user's own programs.

In building structure design library programs, there are stress analysis programs (FRAP series), automated design programs of reinforced concrete building structures having rectangular frames (BUILD series), dynamic analysis programs (DYNA series), member design programs and so on (Fig. 1). These programs were developed to be fully used in design practice. Among them FRAP series are the most frequently used, i. e. forty thousands times in a year. Next to FRAP are used BUILD series.

An investigation how library programs were used among building engineering firms was held in November and December 1976. Forty building engineering firms including design departments of construction companies were chosen in Tokyo, Osaka, and Fukuoka for this purpose.

Some results from the investigation are shown below.

- (1) Library programs are very often used in most of engineering firms. More than half of firms use library programs in more than 80% of cases in structural design (Fig. 5).
- (2) Reasons why library programs are used depend upon characters of programs. BUILD series programs are mainly used for shortening design time and reduction of manpower which, in case of simple structures, amounts to 50% in preparation calculation (BUILD-P), 50-90% in stress calculation (BUILD-S) and 20-50% in member calculation (BUILD-M/M2).
- (3) It was investigated how many times BUILD programs were processed in one case of structural designing because of data error or repetition of designing (Fig. 2). Average numbers of processing times in each program are; 3.5 times in check program BUILDCK (mainly data error), 2.5 times in BUILD-P (a half data error and a half repetition of designing), 2.5 times in BUILD-S (repetition) and 1.7 times in BUILD-M/M2 (repetition). In BUILD-S, 40% of total cases are calculated as plane frames, whereas 60% as space frames.

Following points are planned to be developed in future;

- (a) A program which covers preliminary or conceptual design phase.
- (b) Functions of calculating such as earthquake loading, ultimate strength and ductility of structures, behaviour of shear walls etc.
- (c) Preparation of manifold input formats from rigid format to language like format (Fig. 6)

* Musashino Electrical Communication Laboratory, Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation (N.T.T.)

** Building Engineering Bureau, N.T.T.