

新耐震構造計算システム—STAR—

New Analysis Method for Aseismatic Structure

内藤 三郎*
Saburo Naito

要 約

建築設計部では、建物の企画設計から詳細設計まで適用できる建築構造計算システムを開発し、現在、運用に至っている。このシステムは、RC造、SRC造、S造あるいはこれらの部材による複合建物の構造計算と躯体数量を求める機能を有しており、30件ほどの建物設計に使用した結果、適用範囲、処理速度、計算精度および利用のし易さなど十分満足できる水準であった。また、新耐震設計法による作業量の大幅な増大にもかかわらず、構造計算に要する時間は従来のシステムより減少した。

なお、このシステムは、財団法人日本建築センターの評定を完了し、構造計算プログラムとして適切であると認められている。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. システムの概要
- § 3. システムの適用範囲
- § 4. 計算方法
- § 5. チェックシステム
- § 6. おわりに

§ 1. はじめに

建築設計部では、昭和42年、当社技術計算の先駆けとして、当時の建築基準法に準拠した構造計算プログラムを開発し、以来、構造設計に使用してきた。この間、計算機のレベルアップに伴うプログラムの変換、計算規準等の改正による内容変更、チェック機能の強化、適用範囲の拡大および図化機能の追加などの作業を、随時行なってきたが、昭和55年7月、建築基準法の改定が行われ、新耐震設計法が適用された。

この新耐震設計法は、実に半世紀余りにわたり構造技術者になれ親しまれてきた設計法の全面的な改定であり、次の規定が新しく追加・編入された。

(1) 二次設計の導入

従来の許容応力度設計法（一次設計）に加え、より大きな地震入力に対する建物の耐震性能を確保する目的で、二次設計という設計手法が義務づけられた。

(2) 震度法から層せん断力係数法へ

外力分布の定め方が、震度を基準とする方法から、層せん断力係数を基準とする方法に変更された。

(3) 建物の高さにより異なる設計法の導入

建物の高さを4種類に分類し、それぞれ異なる設計法が必要になった。

(4) 雑壁等の考慮

従来の構造設計では無視するか、あるいは適当な工学的判断で処理していた、たれ壁、腰壁、そで壁、構面外の壁等を、設計時にあるがままに評価することが要求されることになった。

(5) 層間変形角、剛性率、偏心率の計算

変形のチェック及び建物の平面的・立面的バランスのチェックが義務づけられた。

(6) 保有水平耐力の計算

建物の形状と材料強度により求まる各階の保有水平耐力が、必要保有水平耐力を上廻ることの確認を義務づけられた。

Fig.1に構造計算のフローの新旧比較を、また、Fig.2にSTARシステムにおける計算ルート・フローを示す。

従来、当社が開発した建築構造計算プログラムは、少ない容量の計算機にて短時間に計算できる利点があったが、一貫計算処理方式のため、計算途中での設計者の判断が入らずに画一的な計算となり易く、質の高い設計ができにくいという問題点があった。

そこで、新耐震設計法の施行にあわせ、また、今後の発

*建築設計部構造課係長

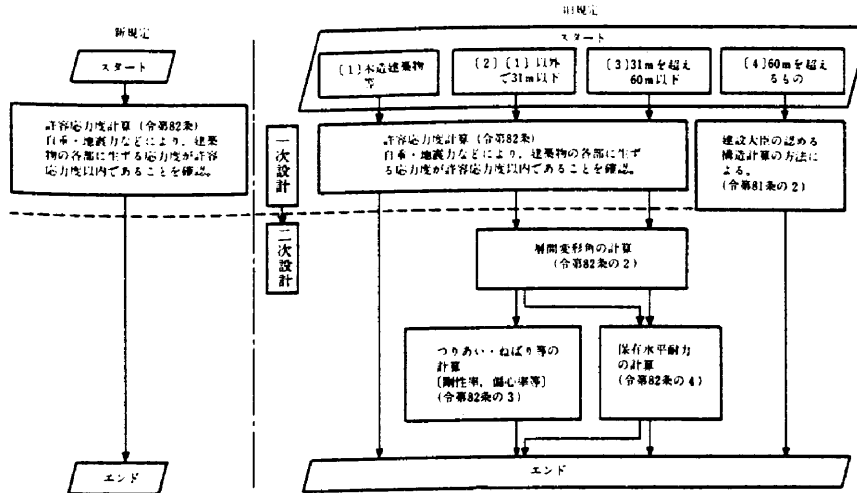
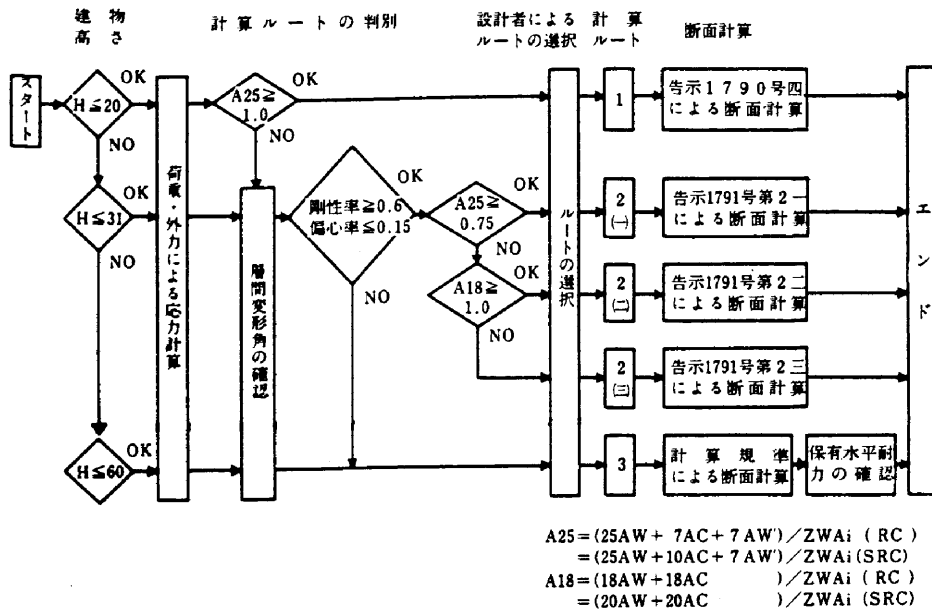


Fig.1 構造計算のフロー新旧比較
Comparison between new and old design criteria

○RC, SRC造



○S造

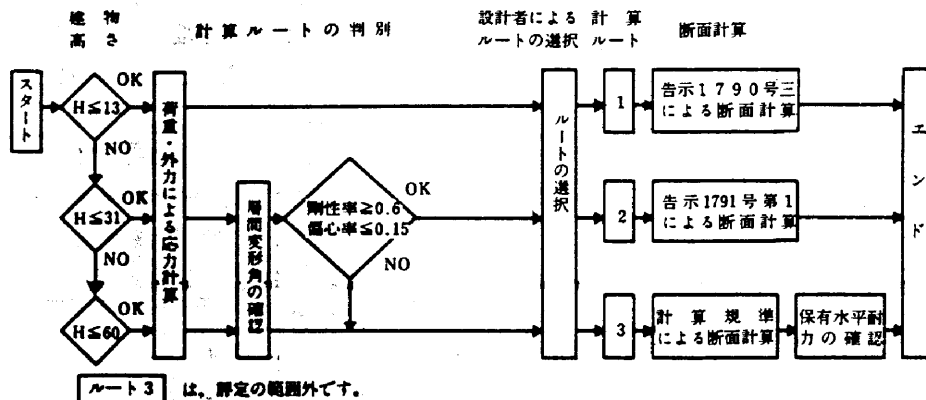


Fig.2 計算ルート・フロー
Analysis flow chart

展性を考慮した結果、表記システム—STAR (Structural calculation system by Architect) —を開発した。

以降に STAR システムの概略説明をする。

§ 2. システムの概要

STAR システムは、一般的な RC 造, SRC 造, S 造あるいはこれらの部材による複合建物の構造計算 (データチェック, 架構のモデル化, 荷重計算, 応力計算, 断面計算, 応力図などの出図および保有水平耐力の計算) を、設計者の判断を適宜加えながら行うシステムである。

当プログラムの主な特徴を以下に掲げる。

- (1) 建物のモデル化は、構造・規模・形状・地盤条件などに応じて選択できる。
- (2) 入力データとしての建物形状表現は、設計図に類似している。
- (3) 各計算に必要なデータは、計算機内でできるだけ加工して使用する。
- (4) 出力結果の確認は容易であり、構造計算書の一部としてそのまま使える。

なお、当システムは、西松建設株式会社の建築構造設計関係者用に開発されたプライベートプログラムである。

- ・プログラム名：STAR
- ・作成者及び所有者：西松建設(株)
- ・使用言語：ALGOL, FORTRAN

このシステムの主な用途を Table 1 に掲げる。

Table1 STARシステムの主な用途
Characteristics of STAR system

建築物の構造種別 構造計算	RC	SRC	S	複 合 構 造			
				RC-SRC	RC-S	S-SRC	RC-SRC-S
応 力 計 算	○	○	○	○	○	○	○
断 面 計 算	○	○	○	○	○	○	○
木造建築物等に該当 することの証明	○	○	○	○	○	○	○
層間変形角, 偏心率, 剛性率	○	○	○	○	○	○	○

2-1 システムの概略フロー

当システムの概略フローを Fig.3 に掲げる。

2-2 利用形態

システムの利用は、設計者により所定のデータシートに記入されたデータを、カード化、あるいは端末機より直接入力することから始まる。作成されたデータの処理は、STAR01 を必ず作動させ、その結果としてのエラーメッセージに従い、プロジェクトデータを繰返し修正する。これで大部分のエラーはなくなり、最終の結果はプ

ロセスデータとしてファイル出力をする。また、この過程において致命的なエラーが発生した場合は、プロセスデータを作成しないようなシステムになっているので、後続のパッケージプログラムは起動されない。このプロセスデータが以降のパッケージである STAR11 ~ STAR81 までのデータとなり、また各パッケージで得られた計算結果は同じくプロセスデータとして保存され、以後の処理で利用される。従って、システム全体としての一貫性は保たれている。

なお、設計者が追加・修正できるデータファイルとしては、プロジェクトデータ及び断面リストに限られ、プロセスデータについては変更できないので、一貫処理と端末機を使用した分割型処理とは、同じ結果が得られる。

また、分割型処理は、各パッケージの間で、設計者の判断によるデータの追加・修正及び処理の続行・中断などが可能である。

従って、システム内で用意されている各部材の剛性評価の調整、基礎浮き上り時の調整及び基礎バネ適正值の設定、塔屋を2個以上有する建物等の処理、直交方向大梁にて支持される架構の処理並びに建物形状データでの把握が難しい架構外の壁などの検討に、効果的に利用されている。

§ 3. 適用範囲

3-1 建物の形状

適用できる建物形状としては次の条件がある。①全ての大梁・柱はX及びY方向架構面内にあり、同一方向の架構は交叉しないこと。②全ての大梁は水平であり、大梁・柱共に中間で曲らないこと。

③各階で剛床の仮定が成立すること。

である。

計算可能な建物の概念図を Fig.4 に示す。

3-2 建物規模の制限

$$① 2 \leq (NX, NY, NZ) \leq (94, 19, 48)$$

$$② 4 \leq (NX + NY) \leq (96)$$

$$③ 8 \leq (NX \cdot NY \cdot NZ) \leq (2000)$$

但し、NX：X方向最大架構数

NY：Y方向最大架構数

NZ：最大層数

3-3 使用材料

<コンクリート>

種類：普通・軽量コンクリートとも FC180~FC270。

区分：床上端より上階床上端までを同一種類とし、各階単位に指定する。(Fig.5)

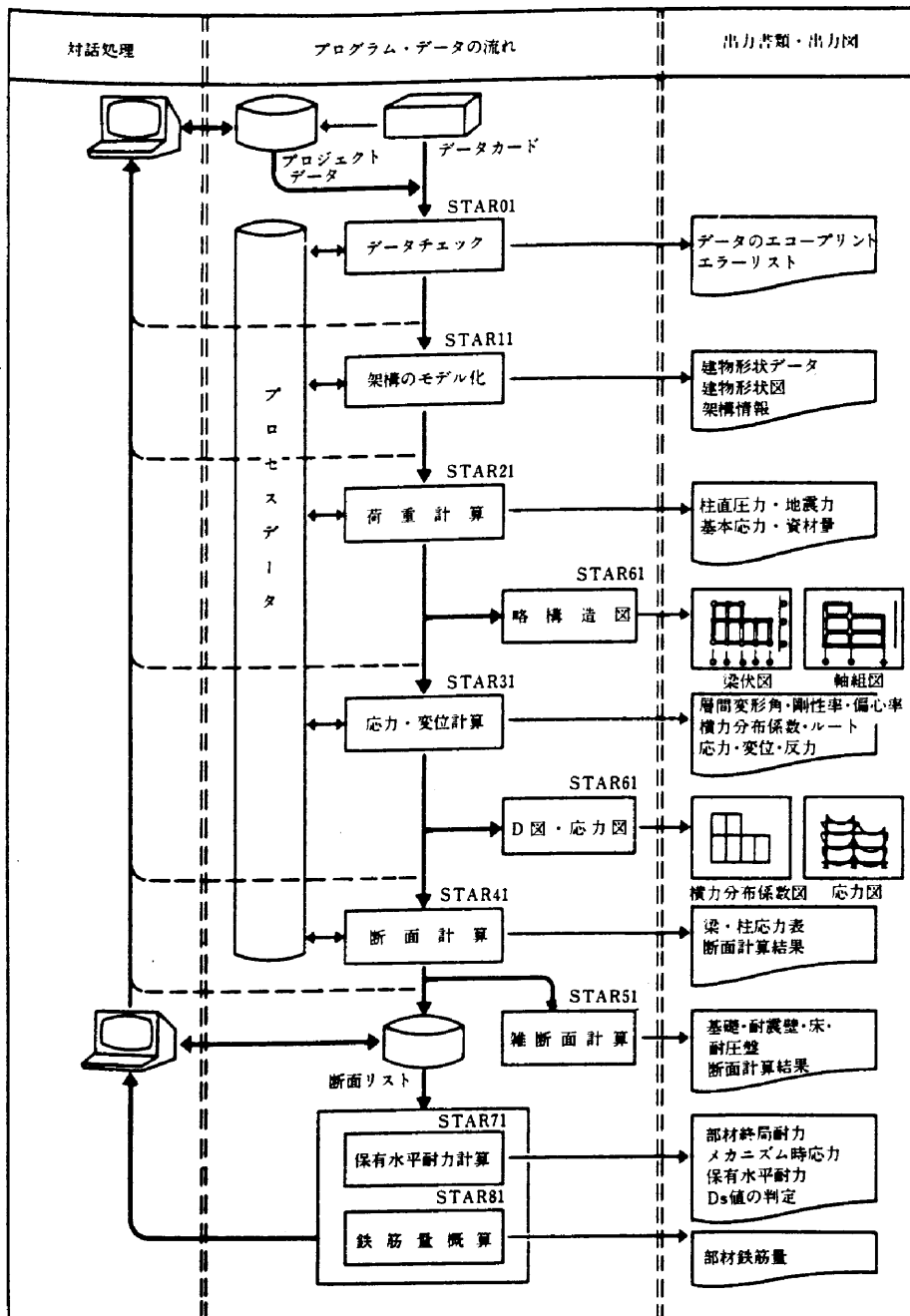


Fig.3 STARシステムの概略フロー
Main flow chart of STAR system

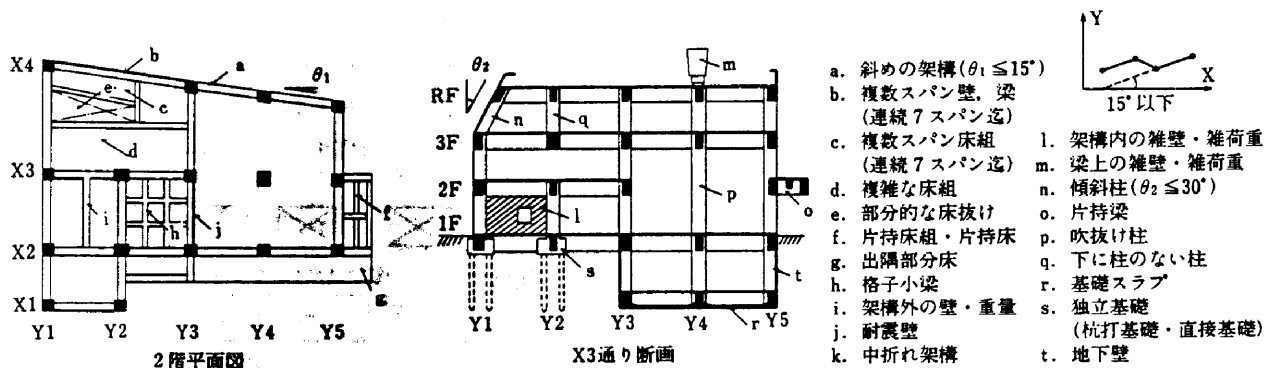


Fig.4 計算可能な建物の概念図
Buildings to which this system may be adapted

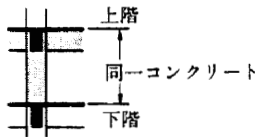


Fig.5 計算におけるコンクリートの区分
Classification of concrete placing

〈鉄筋〉

種類：SR24, SD30, SD35, SD40。

径：9φ~32φ, D10~D38。

〈鉄骨〉

種類：SS41, STK41, STKR41, SM50, STK50, STKR50。

素材：鋼材断面性能表に登録された材料を使用する。

〈杭・地盤〉

杭：既成コンクリート杭, 鋼杭, 場所打コンクリート杭

地盤：地耐力

3-4 部材の構造形式

構造形式は、Table 2 に示す。

Tsble2 部材の構造形式
Application system of structure

	梁	柱	床	耐震壁	ブレース	基礎	雑壁
RC	○	○	○	○	△	○	△
SRC	○	○	-	-	△	-	-
S	○	○	-	-	△	-	-

○：扱える
△：扱えるが断面計算はしない
-：扱えない

3-5 部材の形式と断面形状

〈配筋形式〉

梁・柱各々につき、RC, SRC用に指定する。(Fig.6)

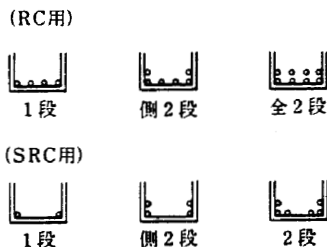


Fig.6 梁・柱の配筋形式
Bar arrangement of beam and column

〈鉄骨断面〉

鉄骨タイプ形状で、単材, I形式組立材, +形式組立材を指定する。

〈梁〉

RC：コンクリートの断面形状は、矩形の一定断面とし、指定した配筋形式により配筋する。

SRC：コンクリートの断面形状及び配筋は、RCに同様であり、鉄骨断面を指定する。

S：SRCと同様に、鉄骨断面を指定する。

〈柱〉

RC, SRC, Sとも梁に準ずる。

〈床〉

DL=床版厚・単位体積重量・仕上材。

LL=(床用・小梁用・架橋用・地震用)積載荷重。

TL=DL+LLで表現し、荷重として扱う。

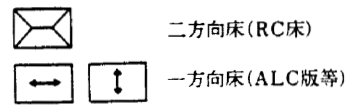


Fig.7 床の荷重計算モデル
Loading condition imposed on floor slab

〈壁〉

耐震壁：RC壁厚・単位体積重量・仕上材・剛性評価率・開口で表現し、重量計算、開口周比の検討および剛性低減に開口を考慮する。

なお、応力計算におけるモデルを Fig.8 に示す。

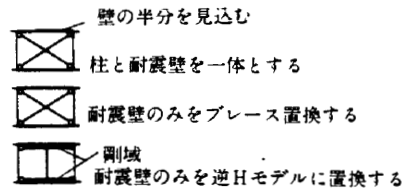


Fig.8 応力計算における耐震壁のモデル
Model of shear wall

雑壁：表現は耐震壁と同様であり、開口部周囲のたれ壁, 腰壁, そで壁は大梁・柱の剛性および剛域として考慮する。

〈ブレース〉

形状・鉄骨断面で表現する。

応力計算におけるモデルを Fig.9 に示す。



Fig.9 応力計算におけるブレースのモデル
Model of brace

〈基礎〉

種類・形状・支持耐力・支持条件・使用材料で表現し、

杭基礎、地耐力基礎を扱う。

応力計算におけるモデルはピン、固定およびバネとして扱う。

〈床組〉

床・小梁・小梁位置・梁作用力で表現し、普通小梁、格子小梁など Fig.10 に示すような形状が扱える。

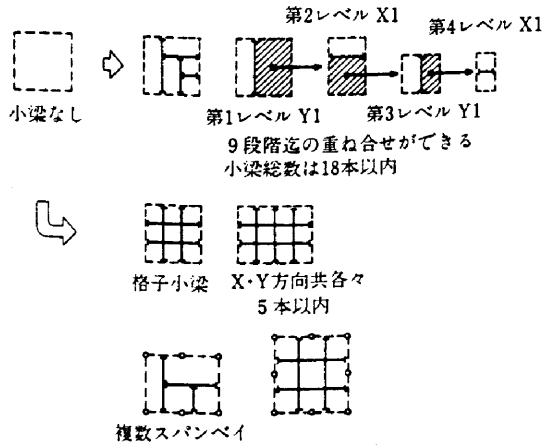


Fig.10 床組の形状
Type of floor system

- 〈基礎〉 26以下
- 〈床組〉 125以下
- 〈作用荷重〉 1000以下

3-7 荷重の種類と組合せ

荷重の種類およびその組合せを Table 3 に示す。

Table3 荷重の種類と組合せ
Category and combination of loads

項目	内容
固定荷重 G	架構自重及び雑荷重
積載荷重 P	床用・小梁用・架構用・地震用
地震荷重 K	基準法によるせん断力係数又は指定係数
積雪荷重 S	特殊作用力として扱う
風荷重 W	
土圧等 D	
移動荷重	特殊作用力として扱う
組合せ	上記荷重による応力計算結果の組合せ (1) 組合せの指定がない場合 長期応力 G+P 短期応力 G+P±n・K nは特記指定の値 (2) 組合せの指定がある場合 [上記(1)の組合せ]+[組合せ指定値]

3-6 要素数の制限

- 〈梁 (大梁+小梁)〉 99以下
- 〈柱〉 99以下
- 〈床荷重〉 99以下
- 〈壁〉〈ブレース〉 各99以下
- 〈壁開口〉 99以下

3-8 各種壁の取扱い

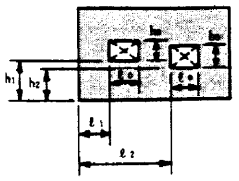
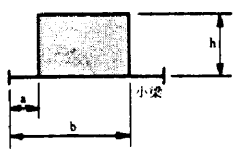
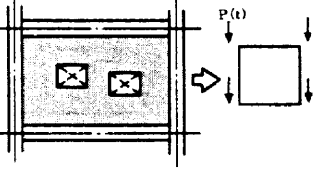
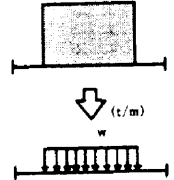
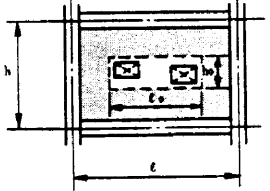
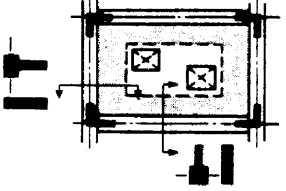
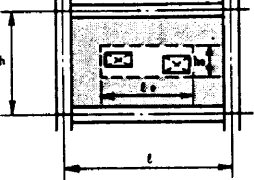
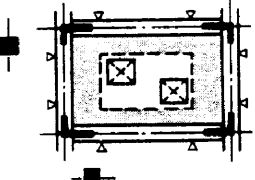
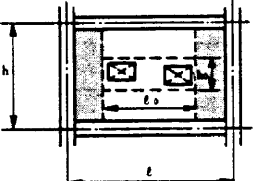
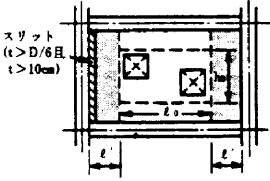
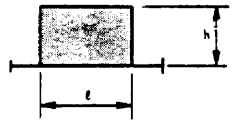
新耐震設計法において、重要な項目である壁の取扱い方を Table 4, Table 5 に示す。当システムでは、壁を構面内の壁と構面外の壁に分け、構面内の壁をさらに耐震壁、たれ壁、腰壁、そで壁およびその他の壁に分類して処理する。

Table4 STARシステムにおける壁の取扱い方
Application system of wall

		開口なし 開口あり ≤ 0.4	剛性		断面 計算	層間 変形角	剛性率	偏心率	告示1790, 1791のチェック			
			大梁	柱					大梁	柱	25Aw	7Aw
構面内の壁	耐震壁 (耐力壁) t ≥ 12cm	開口なし	○	×	○	○	○	○	○	-	○	
		開口あり ≤ 0.4	○	×	○	○	○	○	○	-	○	
		上記以外	警告：耐震壁としてのデータ内容確認									
	腰壁・たれ壁	スリットなし	×	○	○	×	梁形で計算	○	○	○	-	×
		柱面のみスリットあり	×	×	○	×	梁形で計算	○	○	○	-	×
		梁面スリットあり	壁重量のみ扱い、その他の影響は無視									
		その他										
	そで壁	スリットなし ℓ ≥ (45cm, 0.3ho)	○	×	×	○	柱形で計算	○	○	○	-	×
		スリットなし 上記以外	○	×	×	○	柱形で計算	○	○	○	-	×
		柱面のみスリットあり	×	×	×	○	柱形で計算	○	○	○	-	×
柱面スリットあり		×	×	×	×	×	×	×	×	-	×	
構面外壁	雑壁(雑壁の補正により入力する壁)	×	×	×	×	×	○	○	○	-	×	
	t ≥ 10cm, ℓ ≥ 100cm 床組より求める壁	×	×	×	×	×	×	×	×	-	×	

Aw : 計算する方向に設けた耐力壁の水平断面積
Aw : 耐力壁以外の壁の水平断面積

Table5 STARシステムにおける壁の取扱い方
Application system of wall

	構面内の壁		構面外の壁
	耐震壁 ($t \geq 12\text{cm}$)	腰壁・たれ壁・そで壁	
壁の認識	 <p>○入力データにより認識</p>	同 左	(床組より求める壁) 
荷重計算		同 左	(床組より求める壁) 
応力計算	 <p>○開口低減率 $1 - 1.25\sqrt{ho\ell_0/h\ell}$ ○ $\max(\sqrt{ho\ell_0/h\ell}, \ell_0/\ell) > 0.4$ は警告</p>	 <p>○ $t > D$ かつ $t > 10\text{cm}$ ○柱・梁の剛性修正可 ○剛域長の修正可</p>	/
断面計算	 <p>○開口低減率 $\min(1 - \ell_0/\ell, 1 - \sqrt{ho\ell_0/h\ell})$ ○適用範囲 $\sqrt{ho\ell_0/h\ell} \leq 0.4$</p>	 <p>○柱・梁断面算定位置</p>	
壁量の計算	 <p>AW : $\max(\sqrt{ho\ell_0/h\ell}, \ell_0/\ell) \leq 0.4$ AW' : $\max(\sqrt{ho\ell_0/h\ell}, \ell_0/\ell) > 0.4$</p>	 <p>スリット ($t > D/6$ 且 $t > 10\text{cm}$)</p> <p>AW : ($\ell' \geq 45\text{cm}$ かつ $\ell' \geq 0.3ho$) のそで壁。但し、25AWは $t \geq 12\text{cm}$、18AWは $t \geq 15\text{cm}$ AW' : 上記以外のそで壁および、スリットで分離したそで壁</p>	(床組より求める壁) 
その他	○偏心率、剛性率、層間変形角に考慮する。	○($t > D/6$ かつ $t > 10\text{cm}$)は、偏心率、剛性率、層間変形角に考慮する。	(雑壁) ○外部階段等で評価する壁は、偏心率、剛性率、層間変形角に考慮する。但し、その評価は構造計算書に記す。

§ 4. 計算方法

4-1 地震力

- 〈地上部分〉 建築基準法施行令第88条第1項による。
- 〈地下部分〉 建築基準法施行令第88条第4項による。
- 〈塔 屋〉 局部水平震度 (IG) をとる。
- 〈二次設計〉 $C_0=1.0$ で求める水平作用力をとる。

4-2 応力計算

全ての架構は、X・Y方向別に平面架構とし、曲げ・せん断・軸方向変形および剛域を考慮した変位法で扱い、剛性マトリックスの解法はウェブフロント法による。また、告示による構造計算のルート表を作成する。(Table 6 参照)

Table6 構造計算のルート表
Route chart of structural analysis

ハンベツ	コウモク	ルート					ケイサン ケック
		1	2			3	
			(←)	(□)	(⇒)		
タカサ	<=20M	○					11.0M
タカサ	<=31M		○	○	○		11.0M
タカサ	<=60M					○	11.0M
A25	>=1.0	×					0.38
A25	>=0.75		×				0.38
A18	>=1.0			×			0.98
ヘンケイカク	<=1/200		○	○	○	○	1/960
ゴウセイリツ	>=0.60		○	○	○		0.79
ヘンシンリツ	<=0.15		○	○	○		0.00
ジンセイ	ノ カクホ				○		
テキヨウ	ノ カヒ	×	×	×	○	○	
コウゾウ	ケイサン				○		

$A25 = (25AW + 7AC + 7AW) / Z.W.A I$ (RC)
 $= (25AW + 10AC + 7AW) / Z.W.A I$ (SRC)
 $A18 = (18AW + 18AC) / Z.W.A I$ (RC)
 $= (20AW + 20AC) / Z.W.A I$ (SRC)

4-3 断面計算

本システムで扱う部材断面設計の範囲を Table 7 に示す。

Table7 部材断面設計の範囲
Category of sectional force

	大梁	柱	耐震壁	基礎	床	耐圧盤
RC造	○	○	○	○	○	○
SRC造	○	○	×	×	×	×
S造	○	○	×	×	×	×

なお、断面計算する基礎の形式は直接基礎、杭基礎とする。

4-4 保有水平耐力計算

フレームは、一次設計により得られた応力の比による節点振り分け法を、また、耐震壁は、仮想仕事の原理を

用いた略算法により、各階の保有水平耐力の計算を行う。この計算は、一次設計による断面計算結果の部材リストを修正して利用する方法と、新規に部材リストを作成して利用する方法がある。

なお、必要保有水平耐力計算に必要な構造特性係数 D_s も合わせて計算する。

§ 5. チェックシステム

当システムには、①入力データチェック、及び②各計算実行時のチェック機能があり、①②それぞれにつき、エラーあるいは警告の2段階のメッセージを出力する。

①. 入力データチェック：

入力データについて、1行ごとのフォーマット、妥当性、データ間の論理チェックを行う。

②. 計算実行時のチェック：

プログラムの実行中に行うチェックをメッセージ出力する。

Table 8 に計算実行時の警告メッセージを示す。

Table8 計算実行時の警告メッセージ
Warning message

キゴウ	プログラム	メイ	エラー	スウ	ケイコク	スウ
A	データ	チェック	(STAR01)	0		2
B	カコウ	ノ モデルカ	(STAR11)	0		0
C	カジュウ	ケイサン	(STBR21)	0		0
D	オウリョク	ケイサン	(STAR3)	0		0
E	オウリョク	ヒョウ	(STAR4A)	0		0
F	ハリ	ダンメン	ケイサン (STAR42)	0		0
G	ハシラ	ダンメン	ケイサン (STAR43)	0		0
H	キツ	ノ ケイサン	(STF 000)	??		??
I	タイシンヘキ	ノ ケイサン	(STK 600)	??		??
J	ユカ	ノ ケイサン	(STS 100)	??		??
K	タイアツパン	ノ ケイサン	(STT 100)	??		??
L	チカヘキ	ノ ケイサン	(STW 000)	??		??
M	オウリョク	ズ	(STAR61)	??		??
N	ホユウ	スイヘイ	タイリョク (STAR71)	??		??
O	テッキン	スウリョウ	ガイサン (STAR81)	??		??
				0		2

?? ジョウコウ シテ イナイ プログラム

<== ジョウコウ シタ プログラム

§ 6. おわりに

新耐震設計法の施行(昭和56年6月)にあわせて開発・実用化を行った本システムの有用性は、今までの運用により、十分に実証された。一方、現実の建物形状は多種・多様化しており、これらの複雑な形状をさらに取入れたシステムへのレベルアップや、各種基準の改定によるプログラムの修正に対しても、今回、STARシステムを自社で開発し得たことは、今後のプログラム開発・運用にとって、計り知れないほど大きな意義がある。

STAR 説明用資料を Table 9 に示す。

Table9 STARシステム説明用資料
References to STAR system

(1) システム概要書	システムの目的・処理の流れ・運用・適用範囲・計算方法・入力と出力等をまとめた資料
(2) システムの構成	JOBの構成、ファイル構成、プログラムの構成・管理、使用機器等をまとめた資料
(3) 仮定条件と計算理論	建物形状の認識方法及び各パッケージにおける仮定条件及び計算理論等をまとめた資料
(4) 適用範囲チェックリスト	適用範囲の確認と、範囲外の場合の対処方法等を一覧表にて示し、誤った利用を防ぐ為の資料
(5) エラーチェッカー一覧	入力データのエラー及び各パッケージでのエラーをまとめた資料
(6) 入力データ作成法	データシート一覧、データ作成上の注意事項等を記入したデータシート
(7) 入力データ作成例	RC, SRC, S造建物用データを作成し、説明を加えた資料
(8) 出力結果の見方と出力例	出力記号一覧及び上記例題出力結果に説明を加えた資料
(9) 比較計算例	RC, SRC, S造建物につき、手計算と比較した資料
(10) 構造計算書例	出力結果に手書きの項目を加えて構造計算書にまとめた例
(11) 鋼材断面性能表	システムで使用される鋼材断面性能及び新たに追加作成を行う場合の方法等を記した資料
(12) システム利用マニュアル	システムを利用するに際して、注意すべき事項、および、適用範囲外の事項などをまとめた資料

なお、当 STAR システムは昭和57年10月4日付けて、
財団法人日本建築センタープログラム評定委員会に評定申込み
をし、昭和58年1月31日付けて評定が完了した。

評定に際して御指導頂いた九州大学の牧野稔教授並び
に明治大学の洪忠熹教授に、この紙面をかりて改めて御
礼申し上げる次第です。

—SIを使う際の注意—

メートル系単位とヤード・ポンド系単位の国際的統一を目的として、国際単位系—SI (Système International d'Unités) が採用され国内でも順次、実施されています。ここでは、私達建設技術者がよく使う単位について説明します。

〈空間及び時間〉

●長さ、距離等

m ; mm, cm, kmのように使います。
KM, Km等は間違いです。

●面積、体積等

m², m³ ; mm², cm², km², mm³, cm³, km³のように使い、lも併用できます。

●速度

m/s ; cm/s, mm/s, km/sとして使い、
m/h, m/minも可ですが、
m/H, m³/H等は表記の間違いです。

〈力学〉

●質量

kg ; g, tも併用できます。

●密度等

kg/m³ ; t/m³, kg/l, g/lも併用できます。

●力

N(ニュートン) ; 1kgf (1kgではありません) は、9.8Nです。1,000N以上はk(キロ)を使い、例えば
350kgf=350×9.8N=3.43kN (キロニュートン)となります。

●モーメント

N・m ; 350kgf・mは上の計算から
(ニュートンメートル) 3.43kN・mとなります。

●圧力、応力

Pa(パスカル) ; 1kgf/cm²は
N/m² 9.8×10⁴Pa(=98kPa)です。
M(メガ, 10⁶)を用いると都合がよく、1kgf/cm²=0.098MN/m²(=0.098MPa)と約1/10にすればSIにかえられます。

●仕事、エネルギー ; W・hも使用できますが、KW
J(ジュール) H, Kw,等は間違いです。
W・s(ワット秒) ; 1kgf・mは9.8J, 1W・hは
3,600Jです。

〈表記法について〉

これまで述べた, m, kg, s, N, Pa, J, W等を基本として, S I単位の10の整数乗倍を表わすために次の接頭語を用います。

10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻¹	デシ	d
10	デカ	da
10 ²	ヘクト	h
10 ³	キロ	k
10 ⁶	メガ	M
10 ⁹	ギガ	G

〈表記の間違いの例〉

- m/s/s/ → m/s²とする。
- kg・m/s³/K → kg・m・s⁻³・K⁻¹とする
かkg・m/(s³・K)又は
(kg・m)/(s³・K)とする。
- μkg, kkg → kgには接頭語をつけないのでmg, Mgとする。
- mg/cm³, kg/dm³ → 分母には接頭語を使わない方がよい。それぞれg/l, Mg/m³とする。
- N/cm², kN/dm², kN/mm²等 → 使わない。kN/m²
(kPa), MN/m²
(MPa), GN/m²
(GPa)等を使う。