

接着積層型木材梁の曲げに関する弾塑性的研究 (続・補遺)

(BASIC による計算プログラムとその使用方法解説)

浅野猪久夫

I. はじめに

筆者は先に、名古屋大学農学部演習林報告第4号(1965)に「接着積層型木材梁の曲げに関する弾塑性的研究：浅野猪久夫(初報計算法：浅野(1962))」を報告したが、当時はコンピュータが十分使用できない状況にあったので、加算機などを用いる手計算方法を主に報告した。この計算理論はさほど高度なものではなく古典的材料力学の範疇のものであるが、それでも手計算による場合は集成材梁の強度を求め、塑性たわみまでグラフ化することは非常に手間がかかり、特にラミナの積層数が多いと計算は困難であった。

しかし最近ではパーソナルコンピュータで十分な計算をすることができるようになったので、教材用に利用され、また、実用的な集成材等の設計にもある程度参考になる設計値を求めるために利用されることを意図して、プログラミング言語 BASIC (MS-DOS 版 N88BASIC) を用いて、上記論文の計算理論に従い、任意材質、任意厚みの木材ラミナを任意数接着集成した長方形断面の集成材梁の弾性、強度ならびに破壊までのたわみを計算するプログラムを作成した。これに今回は最大荷重など特定荷重時に想定される梁の端部に生ずる剪断応力分布の計算を追加([解説2]参照)して、これらの結果を数値表とグラフで表示するためのプログラムとその使用方法とを記す。なお、たわみ及び剪断応力の計算は中央集中荷重を受ける梁に限った。

このプログラムは初歩的なもので、これまで必要により追加を重ねてきたものなので未だ十分に整理されていないし、またデータ処理などに不便な点が残っているが、この計算理論を具体的に理解し、また、ある程度実用にも利用できるものとして原論文の補遺として付属させて保存することを目的に作成したものである。

既に原論文を発表してから年月を経ているにもかかわらず、この「補遺」の掲載を快く許諾された名古屋大学農学部附属演習林の林長を始め関係諸氏、並びに発表のためにご尽力くださった竹村富男教授に深甚の謝意を表すものである。

II. 計算手順と結果の概要

積層型木材梁の強度等の計算方法は原論文に詳述してあるので、ここでは BASIC プログラムによる計算手順と結果の概要を説明する。

元名古屋大学農学部木材加工学(現：生物材料工学)研究室
Laboratory of Wood Technology (Biological Material Engineering), School of Agricultural Sciences,
Nagoya University, Nagoya 464-01, Japan.
(受理：1994年11月7日)

1. データ入力

①集成材の各ラミナのヤング率，引張強度，圧縮強度および厚みを入力する。②中央集中荷重の梁の曲げ～たわみ曲線と最大荷重時の剪断応力分布を計算する場合には梁の幅とスパンを入力する。原論文は2点荷重及び単純曲げの場合の梁のたわみ計算式も含んでいるが，ここでは省略した。

2. 計算結果（最大荷重，塑性状態，応力分布，荷重～たわみ曲線など）の表示

垂直応力については集成材を単一材と見なして次の各結果を表示する。

- ① 最大荷重時……相当曲げヤング率，曲げ破壊係数，外縁歪
- ② 曲げ比例限度時……曲げヤング率，曲げ比例限度係数（応力），外縁歪
- ③ 塑性たわみ計算に必要な塑性状態……相当曲げヤング率，相当外縁応力，外縁歪
- ④ 上記各荷重状態に於ける応力分布を表示し，またグラフに図示する。

剪断応力については中央集中荷重が最大になった時の両端支持点に於ける剪断応力分布を計算して表示し，図示する。

たわみについては中央集中荷重の単純支持梁が最大荷重（破壊相当と仮定）に至るまでの梁の中央のたわみ曲線を図示する。

3. 用語等解説

【解説1】用語

最大曲げモーメント：梁の引張側ラミナの外縁，あるいはこれに隣接するラミナが引張破壊するとした時につき，梁の引張側のラミナの場合から順番に曲げモーメントを計算し，計算結果の大小を判別して，曲げモーメントが最大の時の状態をもつて最大曲げモーメントとする。この計算値は破壊曲げモーメント実験値より約10%小さくなる傾向にある（設計上の安全側，浅野論文集（1984）の建築研究所要報100号参照）が，本論においてはこの曲げモーメント計算値から曲げ破壊係数（強度）の計算値を求めている。

比例限度の曲げモーメント：集成材の圧縮側のいずれかのラミナ（通常は圧縮側外側ラミナ）が仮定上の圧縮降伏限度（弾性直線と塑性流動直線との交点）に達したときの曲げモーメントをもつて梁の比例限度の曲げモーメントとする。通常の荷重～たわみ曲線から図上で求めた曲げ比例限度よりは小さい値となる。（浅野（1962，1965）参照）

集成材の曲げヤング率（係数）M.O.Y. (M.O.E.)：集成材を均一な材質の1本の梁と仮定して，比例限度曲げモーメントから求めたヤング率。

集成材の曲げ強度（破壊係数）M.O.R.：集成材を均一な材質の1本の梁と仮定して，最大曲げモーメントから求めた曲げ破壊係数。

集成材の比例限度係数 M.P.L.：集成材を均一な材質の1本の梁と仮定して，比例限度曲げモーメントから求めた見かけの外縁応力。

その他，表の中などに“APPARENT……”と記載してあるのは，集成材を均一単一材と見なした，何等かの意味で見かけ上の梁の外縁応力，ヤング率などを表すもので，本文中では「相当曲げヤング率」「相当曲げ外縁応力」等と記した。上記 M.O.Y.，M.O.R.，M.L.P. も厳密にはこの定義に従うものであるが，集成材梁の一般的強度的性質を示す特定値として，「相当」の語を省略して通常の一材梁についての用語を用いた。

〔解説 2〕実大材の剪断強度について

実際の構造体での剪断強度は JIS 試験法等の小試験体での実験値に比べて非常に小さいことが知られている。これには形状などによる応力集中や、複合応力の作用等いろいろな理由が考えられるが、まだ実用的には理論的な扱いは困難である。

KEENAN (1974) はスプルスについて各種の試験方法で求めた広範囲の剪断面積 (約 1~1000 [IN²]) についての剪断強度の実験データを総合して、剪断強度は剪断面積の対数に比例して減少するを見出だした。その結果(1)式を得ている。

日本ではまだ大きな剪断面積についての剪断強度が殆ど求められておらず、また大型の集成材で、剪断破壊を起こすようなディメンションの試験体を製作して実験することが困難であるので、現段階ではこの KEENAN の式を参考にして大断面の梁などの剪断耐力を推定することが有効と考え、この集成材強度計算プログラムに新たに付け加えた。言うまでもなく日本産材についての実証はまだ無いので今後の研究に待たねばならず、計算値の信頼性はないが、参考値としては有用と考える。

KEENAN は ASTM-STANDARD による剪断面積 $A_s=4$ [IN²] の標準試験体で求めたスプルスの剪断強度を基準にして剪断面積からスプルスの剪断強度の変化を求める式として次式を提案している。

$$\tau=1382-486 \log (A_s / 4) \quad [\text{psi}] \quad (1)$$

但し τ は剪断強度 [PSI], A_s は剪断面積 [IN²], \log は自然対数である。

JIS 規格試験のヤング率と剪断強度との関係を用いて(1)式の間係を日本産木材へ適用するため、先ず(1)式の単位を kgf, cm² に変換し、さらに JIS 標準試験法の剪断面積 $A_s=9$ [cm²] の剪断強度を基準にする式に改めれば

$$\tau_j=112.7-34.2 \log (A_s / 9) \quad [\text{kgf/cm}^2] \quad (2)$$

日本産木材の JIS 剪断強度 S_j と曲げヤング率 E_b との間係 (林業試験場編 (1973)) は次式で表される。即ち

$$S_j=0.00107 \cdot E_b \quad [\text{kgf/cm}^2] \quad (3)$$

(2)式の右辺第 1 項 (112.7) は剪断面積 9 cm² に対応するスプルスの剪断強度になっているので、この項に(3)式の間係を入れ換えればヤング率を介して日本産各種木材へ拡張することができる。この際に傾斜係数 (34.2) も ($S_j/112.7$) の割合で変化するものとする、(2)(3)式から KEENAN の式を変形して求めた日本産木材の剪断強度 (τ_j) と剪断面積 (A_s) の間係は次式で表される。

$$\tau_j=S_j-34.2(S_j / 112.7) \log (A_s / 9) \quad [\text{kgf/cm}^2] \quad (4)$$

または

$$\tau_j=0.00107 \cdot E_b(1-0.3034 \cdot \log (A_s / 9)) \quad [\text{kgf/cm}^2] \quad (5)$$

これらの間係式は実験的に検討がなされていないので問題はあるが、参考値とするため、本計算プログラムに採用し結果をプリントアウトするとともに、CRT 上の剪断応力分布図に於いて剪断面積を考慮した各ラミナの剪断強度の評価値として赤の縦線で示した。同一樹種、同一ラミナ構成割合の集成材でも寸法が大きくなり剪断面積が大きくなると、剪断強度の評価値は指数関数的に小さくなる。

[解説3] プリントアウト表示の略語 (英語) について

- (1) NAME OF SPECIMEN : (試料名)
- (2) PLIES OF LAMINAE N=(集成材構成ラミナの数)
- (3) 各ラミナについてのデータ
LAMINA : NO. (梁の圧縮側から数えたラミナ番号), KIND (ラミナの記号)
DECR. T.S. (引張強度の低減率), Eb (曲げヤング率), Fc (圧縮強度), Ft (引張強度)
HL (厚み), TOTAL THICKNESS (HEIGHT OF BEAM) : 合計厚み (集成材としての梁高さ)
- (4) 集成材としての計算結果の表示 (集成材を単一材と見なした弾性・強度。ただし, 歪は集成材断面に於ける真値。

① RUPTURE IN BENDING (曲げ破壊時)

APPARENT M.O.Y. : ER=(相当曲げヤング率 : 実用的意味なし)

M.O.R. : FBR=(集成材の曲げ破壊係数)

COMP. SIDE STRAIN : JRC=(圧縮側外縁歪)

TENS. SIDE STRAIN : JRT=(引張側外縁歪)

② PROPORTIONAL LIMIT IN BENDING (曲げ比例限度時)

M.O.Y. : Eb=(曲げヤング率)

M.P.L. : MODULUS OF PROPORTIONAL LIMIT=(曲げ比例限度係数)

M.P.L.は APP. BEND. STRESS : FBP=(相当曲げ比例限度外縁応力) と同じ。

③ MID PLASTIC BENDING : (中間塑性時。塑性たわみ計算のための参考数値)

(5) CALCULATED RESULTS ON LOAD & NORMAL STRESS (主要な計算結果)

M.O.Y. (集成材の曲げヤング率), M.O.R. (集成材の曲げ破壊係数)

PP. LIM. STRESS=M.P.L. (曲げ比例限度時の相当外縁応力=曲げ比例限度係数)

SPAN L=(梁のスパン), HEIGHT H=(集成材の梁高さ), BREADTH B=(梁幅)

MAX. LOAD W_r =(最大中央集中荷重), MAX. DEFLX. DCR=(最大中央たわみ)

PP. LIMIT. LOAD W_p =(比例限荷重), PP.LIM. DEFLX. DCP=(比例限たわみ)

MID PLAST. LOAD W_q =(中間塑性時荷重), MIDPLAST. DEFLX. DCQ=(同たわみ)

(6) SHEARING STRESS AT EACH GLU. LAM. LAYER WHEN RUPTURED BY BENDING, AND KEENAN'S SHEARING STRENGTH OF EACH LAMINA (中央集中荷重を受ける集成材梁の両端支持点に於ける破壊時の剪断応力分布と KEENAN 相当剪断強度)

OBSERVED MAX. LOAD : 最大荷重実験値 (実験値が無いときはゼロを表示)

CALCULATED MAX. LOAD : 最大荷重計算値

LAY. DIST. RAT. (C-N) : 圧縮側から各接着層までの距離の梁高に対する比率

OBS. SH. STS. : 各接着層に於ける剪断応力実験値

CAL. SH. STS. : 各接着層に於ける剪断応力計算値

J-SH. STG. (JIS REGRES. 9cm^2 -SH. STG.) : 曲げヤング率から推定した JIS 日本産木材剪断強度相当値

K-SH. STG. (KEENAN'S CONV. NUMBER cm^2 -SH. STG.) : JIS 日本産木材の剪断強度を剪断面積 (NUMBER) で補正した値。(該当するラミナにつき上記剪断応力計算値ま

たは実験値と比較して安全性を確かめるためのもの)

MAX. SH. POS. : 最大剪断応力の層。集成材の中立軸位置

O. MAX. SH. STS. : 推定最大剪断応力実験値, C. MAX. SH. STS. : 同左理論計算値

OBS. MOR : 集成材曲げ破壊係数実験値, CAL. MOR : 同左理論計算値

(OBS/CAL) : 曲げ強度, 最大剪断強度等の各実験値と理論計算値との比率を表す。

III. パソコンによる計算の実行手順

プログラム名 : ASANOGL. BAS

スタート : LOAD "ASANOGL", RUN (f・5)

約 束 : 以下の操作で「入力」(INPUT)とは、指定された数字または文字をキーボードに打ち込んでリターンキー〈RET〉を押すことを意味する。

[1] 計算事項の選択

SELECT YOUR JOB FROM THIS 《MENU》

下記の3項目から希望する作業項目の番号を入力する。通常は(1)の項目を選べば全ての計算結果が得られる。それには〈RET〉キーを押すだけでもよい。

(1) M.O.Y., M.O.R., M.P.L. AND FIGURES OF NORMAL-STRESS-DISTRIBUTION, SHEARING-STRESS-DISTRIBUTION AND LOAD~DEFLEXION CURVE IN BENDING

集成材の曲げヤング率, 曲げ破壊係数, 曲げ比例限度係数(応力)を計算し, 垂直応力分布, 剪断応力分布, 破壊までの荷重~たわみ曲線を図示する。(M.O.Y., M.O.R., M.P.L. の定義については[解説1]参照)

(2) M.O.Y. (MODULUS OF YOUNG), M.O.R. (MODULUS OF RUPTURE), AND M. P.L. (MODULUS OF PROPORTIONAL LIMIT STRESS) IN BENDING

集成材の曲げヤング率, 曲げ破壊係数, 曲げ比例限度係数等につき, 数値だけを求めるときに選ぶ。

(3) JOB END 計算終了

[2] 予備設定

PRELIMINARY JOB

画面で次の4項目を聞いて来るので必要により“YES”のときは数字の1を入力し, “NO”のときはリターンキー〈RET〉を押す。

(1) TO PRINTOUT? YES 〈1〉 or NO 〈RET〉 :

入力データと計算結果を印字するためには“YES”を選ぶ。[解説3]参照。

データ入力が終わった後(即ち[4]梁のスパンおよび幅の入力が終わった時)に再び計算状況のチェックのため下記の数値のプリントアウトを聞いて来るが, 通常は必要が無い場合が多いので〈RET〉キーを押してスキップすればよい。参考までにプリントアウト事項を下記に示す。

① XX : 曲げ外縁応力基数, MM : 曲げヤング率基数, JK : 既知歪, JX : 搜索計算歪

- ② UL：各ラミナの厚比，LC：各ラミナの降伏点歪，LT：各ラミナの引張限度歪
 - ③ LMR：LMP：LMQ：それぞれ破壊時，比例限時，塑性時に対応して各ラミナが分担する曲げモーメントの割合を表示する。この事項は有用な場合がある。
 - ④ UUL：外縁，接着層および圧縮降伏点に於ける応力分布。後述の図で見の方が分かり易いので，正確な数値を必要とする場合以外は表示を必要としない。
- (2) TO COMPARE OBSERVED DATA WITH CALCULATED VALUES ? YES <1> or NO <RET>
実験値があってこれを計算値と比較するときは“YES”を選ぶ。
- (3) TO STOP AND DISPLAY EACH STEPS OF CALCULATION ? YES <1> or NO <RET>
計算の途中結果をCRT上で確認していくには“YES”を選ぶ。
- (4) TO SKIP THE FIGURES OF L~D CURVE AND OTHERS ? YES <1> or NO <RET>
数値計算の結果のグラフ表示を必要としないときは“YES”を選ぶ。

[3] 各ラミナについての基礎データの入力法の選択

SELECT THE WAY OF DATA-INPUT

(1) ALL DATA, DESCRIBED IN THIS PROGRAMME

計算方法を学習するに便利のようにプログラム中に強度のモデル値として，1) ナラ材のデータ，2) スギ材のデータ，3) ラワン材の繊維方向データ，4) ラワン材の繊維直角向データが記入されている。3) と4) とはラワン合板のモデル計算のために用いたものである。

このプログラムは未だ基礎データなどをデータファイルに保存して取り出すプログラムを持っていない。プログラムに新たなデータを記入するにはディスプレイを“OK”表示として“EDIT 1160”でプログラムのデータ記入欄を呼び出し，既にデータが記入されている行番号1150のデータを参考にして行番号1160以降に“DATA”としてラミナ記号，ヤング率，圧縮強度，引張強度の順に直接書き加える必要がある。ラミナのデータを分類してここに覚えさせておけば効率的にデータ入力ができる。デフォルト値では全部で8データまで記入できる（追加可能）。

(2) ALL FUNDAMENTAL VALUES, FROM KEY BOARD

基本的な入力方法。これを選んだ場合は，梁を構成する全てのラミナにつきヤング率，引張強度，圧縮強度および厚みをこの順に入力する。

(3) YOUNG'S MODULUS PARALLEL TO THE GRAIN, FROM KEY BOARD

(30,000 <= Eb <= 150,000 [kgf/cm²])

ラミナの繊維方向の曲げヤング率を入力すれば「木材工業ハンドブック，日本産木材の木材強度表」の広葉樹・針葉樹を含めた無欠点木材について求めた関係式によって繊維方向曲げヤング率から引張及び圧縮強度を計算用数値として求め，同時にこれを表示する。

STANDARD QUALITY (S.Q.) は各樹種の平均強度値について，また LOW QUALITY (L.Q.) は下限値について統計的に求めた直線関係式で各強度値を求める。上記“Eb”の範囲は下記直線相関式を求めた曲げヤング率の範囲を示す（プログラム内のヤング率記号には

“E”を用いている)。繊維方向ラミナの集成材についてはこの入力方法を使うのが有用である。

S.Q. : COMPRESSIVE STRENGTH : $F_c = 0.00312 * E_b + 114$

TENSILE STRENGTH : $F_T = 0.00950 * E_b + 69$

L.Q. : COMPRESSIVE STRENGTH : $F_c = 0.00325 * E_b$

TENSILE STRENGTH : $F_T = 0.00770 * E_b$

ただし F_c は圧縮強度, F_T は引張強度, E_b は曲げヤング率。

(4) M.O.Y. (E_b), COMP. STG. (F_c), AND M.O.R. (F_b) OF EACH LAMINA, FROM KEY BOARD

実験的に求めた各ラミナの曲げヤング率 (E_b), 圧縮強度 (F_c), 曲げ破壊係数 (F_b) を入力する。引張強度は, 単一材の曲げ破壊係数計算理論により F_b と F_c とから逆計算して求めるようになっている。強度が未知のラミナについて実験的に強度を求める場合, 引張強度は求め難い場合が多いので, この入力方法を実用的な方法として使うことが出来る。

[4] 集成材についてのデータ入力方法

DATA INPUT :

INPUT SPECIMEN'S NAME ? : 試料記号を入力 (文字, 数値, 記号も可)

INPUT NUMBER OF PLYS ? : 集成材のプライ数を入力 (デフォルト値最大 200 迄。可変)

次にラミナの弾性・強度を聞いてくるので, CRT の表示に従って圧縮側ラミナから順次データを入力する。データ入力方法は [3] 項の選択により, 以下のように多少異なる。

[3] の(1)の場合 : CRT の上部にプログラム内に記入してある特定のデータの試料記号が表示されるので, その中から希望する番号を選んで数字で入力する。つぎに

DECREASING RATE OF TENS. STG. (%) (<=90) ?

と聞いてくるので, もしラミナに天然, あるいはジョイントなどの加工上の欠点がある場合はその引張強度の低減率を%値で入力する (但し 90%以下)。続いてそのラミナの厚みを入力する。以下すべてのラミナにつき同様に入力を繰り返す。

[3] の(2)の場合 : 各ラミナにつき曲げヤング率, 引張強度 (強度低減が必要な場合は低減した値), 圧縮強度, ラミナ厚みの順に入力する。

[3] の(3)の場合 : ラミナの繊維方向のヤング率を $30,000 \leq E_b \leq 150,000$ [kgf/cm²] の範囲で入力する。次に下欄に

STANDARD QUALITY (S.Q.) OR LOW QUALITY (L.Q.) ?

と聞いてくるので, S.Q. の場合は <RET> または “S” を, L.Q. の場合は “L” を入力する。次に

DECREASING RATE OF TENS. STG. (%) (<=90) ?

に対しては, 前記(1)と同様に引張強度の低減率を%値 (90%以下) で入力する。続いてラミナの厚みを入力する。以下全ラミナにつき入力を繰り返す。

[3] の(4)の場合 : 実験的に求めた各ラミナにつき曲げヤング率 (M.O.Y.), 圧縮強度 (F_b), 曲げ破壊係数 (M.O.R.) をこの順に入力する。M.O.R. の値は F_c の値のほぼ 2.5 倍以下とすること。引張強度 (F_t) は M.O.R. を入力した後に計算値が表示される。続いてそ

のラミナの厚みを入力する。以下全ラミナにつき入力を繰り返す。

データの修正：全てのラミナのデータ入力が終わると

ARE YOU OK ? IF OK THEN STRIKE <RET>.

IF YOU FOUND MISTAKES THEN INPUT NUMBER OF THE LAMINA

と指示があるので、もし間違って入力している場合はそのラミナの番号を入力し、そのラミナに関する全てのデータを入れ直す。正しい場合は <RET> キーを押して次へ進む。

梁のスパンおよび幅の入力：[1] 計算事項の(1)を選択した場合は、下欄に順次

INPUT SPAN L OF BEAM [cm] ? (単純支持梁のスパン)

INPUT BREADTH B OF BEAM [cm] ? (長方形断面梁の幅)

と聞いて来るので、梁の支点間のスパンと梁の幅を入力する。次に、

IF OK THEN STRIKE [RET] .

IF YOU FOUND MISTAKES THEN INPUT [ANY KEY]

に対し、もし上記LかBの値に誤りがあればどれか文字キーを押してLとBとの両方を修正する。正しいときは <RET> キーを押して次へ進む。

CRT上での計算結果の表示：[2] 予備設定の(3)で「計算の途中結果をCRT上で確認」を選択した場合はまず、①「最大荷重時の結果(曲げ破壊係数、見掛けのヤング係数等)」②「曲げ比例限度の時の結果(曲げ比例限度係数、曲ヤング率)」③「塑性状態の計算結果」がこの順に表示される。

次に[1] 計算事項(1)の場合「荷重および垂直応力」に関して総合結果が表示され、引き続き「剪断応力」に関し、実験値(実験値の無い場合はゼロ表示)および計算値について、最大荷重時の梁両端支持部に於ける剪断応力が各接着層ごとに表示され、その右2欄に各ラミナのヤング率から推定したJIS剪断強度並びに剪断面積で補正したKEENAN剪断強度がそれぞれ表示される。

[1] 計算事項(2)の時は「垂直応力」関連のみの総合結果が表示される。

[2] 予備設定(2)を指定してある時は、実験値と計算値との比較表が表示される。

これらは、<RET> キーで順に次へスキップする。記号等は[解説3]参照。

プリントアウト：もし[2] 予備設定の1番目の項目で「プリントアウト」を選択していればここまでの間に次のようにプリントアウトされる。(用語、記号については[解説3]参照)

[1] 計算事項の設定(1)の場合：

- ① 主要な曲げ荷重と垂直応力につき：曲げヤング率、曲げ破壊係数、曲げ比例限度係数、外縁歪等が総合的にプリントされる。
- ② 剪断応力につき：最大荷重の時の梁支持点に於ける各接着層の剪断応力の実験値(実験値が無い場合はゼロ表示)および理論計算値、各ラミナのJIS相当剪断強度、KEENAN相当剪断強度、その他、最大剪断応力部位(弾性状態の中立軸位置)と最大剪断応力等がプリントされる。
- ③ 実験値と計算値の比較：[2] 予備設定(2)で実験値との比較を指定した場合のみ曲げヤング率、曲げ破壊係数、最大剪断応力につき比較データがプリントされる。

[1] 計算事項の設定(2)の場合：

- ① 集材材の曲げヤング率、曲げ破壊係数、比例限度係数、および外縁歪等がプリントされ

る。剪断応力やたわみは計算されない。

② 予備設定で実験値との比較を指定した場合は比較表が表示される。

垂直応力分布, 剪断応力分布, 荷重～たわみ曲線の各関数の計算と記憶: プリントアウトが終わると次の表示が現れ, 少し間を置き [5] 項へ移る。

FIGURES OF STRESS-DISTRIBUTIONS AND LOAD~DEFLEXION CURVE
WAIT A MOMENT PLEASE !

[5] 図示するグラフの選択

SELECT GRAPHING JOB FROM THIS 《MENU》

次の表の(1)~(4)の中から必要な項目を選び, 該当番号を入力する。

- | | |
|----------------------------------|--------------|
| (1) NORMAL STRESS DISTRIBUTION | (垂直応力分布図示) |
| (2) SHEARING STRESS DISTRIBUTION | (剪断応力分布図示) |
| (3) LOAD~DEFLEXION CURVE | (荷重～たわみ曲線図示) |
| (4) GRAPHING JOB END | (図示作業終了) |

YOUR SELECTION ? (1~4)

[5] -(1)垂直応力分布図示を選んだ場合 (Fig. 1):

① 最初に最大荷重時の梁の最大モーメント部位の断面に於ける垂直応力分布が表示される。横軸は応力度 (正值は引張, 負値は圧縮) を示す。縦軸は梁高さを, 各接着層および中立軸の位置を, 全高を1として圧縮表層からの寸法を比率で示してある。図の左欄には下記のような集成材としての主な計算結果が表示される。

BRD (梁幅), HGT (梁高), SPN (梁スパン), SH. A. (梁中立面の剪断面積)
MAX. L. (最大荷重), PP. LIM. L (比例限度荷重), MAX. DEF. (最大たわみ)
PP. LIM. DEF. (比例限度たわみ), M.O.Y. (曲げヤング率), M.O.R. (曲げ破壊係数)
M.P.L. (比例限度係数), MX. SH. (最大荷重時の梁支持点の最大剪断応力)

② 下欄に “MOVE CURSOR AND WRITE. <RET> FOR NEXT STEP !” と出るので必要によりカーソルを動かして図の中に文字等を記入することができる。<RET>キーを押せば次のステップへ進む。

③ 下欄に “NEED COPY <C>, OR PHOTO <P>, OR NEXT STEP <RET> ?” と出るので, ハードコピーする時は “C” を, 写真に取る時は “P” を入力する。<RET> キーを押せば次へ進む。

④ 下欄に

(1) OTHER GRAPHS (2) UNUSED (3) or <RET> OTHER LOAD LEVELS

“1” を入力すれば ([5] 表示するグラフの選択) へ戻る。

“2” は予備 (動作せず)。

“3” を入力または単に <RET> キーを押せば次へ進む。

⑤ 下欄に

LOADING LEVEL ?

(1) Prop. Limit (2) Mid Plastic Load (3) Max. Load (4) NEXT STEP
<RET>

“1” を入力すれば比例限度荷重時の図が変わる。

“2”を入力すれば途中段階の塑性状態の図に変わる。

“3”を入力すれば最大荷重時の図へ戻る。

“4”を入力または単に〈RET〉を押せば [5] 表示するグラフの選択へ戻る。

[5] -(2)剪断応力分布図示を選んだ場合 (Fig. 2) :

① 最初に最大荷重時の梁支持点の断面に於ける剪断応力分布が表示される。横軸は応力度 (正值)。縦軸は梁高さで、全高を1として各接着層および中立軸の位置を圧縮表層からの寸法の比率で示す。左欄は [5] -(1)の①に同じ。

② [5] -(1)の②に同じ。 ③ [5] -(1)の③に同じ。 ④ [5] -(1)の④に同じ。

⑤ 下欄に

LOADING LEVEL ?

(1) Lmax * 1/3 (2) Lprop. limit (3) Lmax * 2/3 (4) Lmax (5) NEXT STEP 〈RET〉

と出るので、

“1”を入力すれば最大荷重の1/3荷重時の剪断応力分布図に変わる。

“2”を入力すれば曲げ比例限度荷重時の図になる。

“3”を入力すれば最大荷重の2/3荷重時の剪断応力分布図になる。

“4”を入力または単に〈RET〉を押せば [5] 表示するグラフの選択へ戻る。

(備考) 図の右寄りに各ラミナについて縦線 (カラーの場合は赤線) が出るが、これは KEENAN(1974)の方法による実大材の剪断強度の推定値を参考値(KEENAN 相当剪断強度)として示している。この方法では梁が大きくなり剪断面積が広がるにつれて剪断強度を低く見積るようになっている。[解説2] 参照。

[5] -(3)応力たわみ曲線図示を選んだ場合 (Fig. 3) :

① 図の縦軸および横軸の設定

IF YOU WANT TO SET MIN-& MAX-VALUES OF FRAMES YOURSELF, INPUT
〈Y〉 ELSE STRIKE 〈RET〉

1) 通常は先ず〈RET〉キーを押す。この場合はX軸Y軸の計算値の最大値からほぼ適切なスケールが自動的に決まり、直ちに荷重～たわみ曲線が図示される。横軸は、たわみ [cm]。縦軸は、荷重 [kgf]。曲線の中の“◎”印は曲げ比例限度、最終点の“◎”印は最大荷重の点を示す。左欄は [5] -(1)の①に同じ。

2) X軸Y軸のスケールを変更したいときは“Y”を入力する。白線の座標図が表示されるので、横軸の最小値、最大値、目盛り間隔、次に縦軸の最小値、最大値、目盛り間隔の順に入力する。最小値は通常ゼロとする。最大値は左欄に示される荷重及びたわみの最大値計算値を参考にして、これより小さい値にならぬように設定する。

② 以下〈RET〉キーで次の順序で作業を進める。

MOVE CURSOR AND WRITE. ([5] -(1)の②に同じ)

NEED COPY〈C〉, OR PHOTO〈P〉. ([5] -(1)の③に同じ)

(1) OTHER GRAPHS (2) FRAME CHANGE (3) UNUSED

“1”を押せば [5] 表示するグラフの選択へ戻る

“2”を押せば横軸縦軸の設定へ戻るなので、適切なスケールに再設定できる。

“3”は予備 (動作せず)。

[5] -(1) 図示作業終了を選んだ場合 :

JOB END? YES <1> NO <RET>

“1”を入力すればN88BASICへ戻る。

<RET>キーを押せば[4]集成材についてのデータ入力のところから再計算できる。この場合[1]計算事項の選択及び[2]予備設定は変わらない。

IV. あとがき

木材の強度的なばらつきを少なくして信頼度の高い材料とするため、梁や柱を集成材で製作し材質の均等化を計るが、品等の異なる材や、異質の材のラミナを組合せる場合にはその組合せに配慮する必要がある。集成材の梁の上下面に優良材を配することはすでに常識的に行われるようになっているが、強度部材として一層木材の信頼度を高めるためには、集成材の製造工程において、より適正なラミナの配置と強度値の予測が必要になってくる。現在は集成材製造工程で各ラミナのヤング率を計測することは一般的になっており、集成材強度の概略計算に利用できる。この計算プログラムが教材としてのみならず、集成材設計上の参考値の計算に幾分でも役立つことができれば望外の喜びとするところである。

この計算方法は合板の強度などにも適用できるが、複合異方性板としての曲げヤング率の計算の場合は繊維に平行または直角の場合にのみ正確な計算値が得られるので、曲げの軸と繊維方向とに傾斜がある場合には弾性論的な補正計算が必要である(浅野(1982)参照)。また、外縁材に比し積層材の中心部材の弾性が著しく小さく、その厚みの割合も大きい場合には荷重点のめり込みが大きくなり、計算値がよく適合しない場合が生ずるので、これらのことをお断りしておく。

[付記] 付録として掲げたプログラムリストは冗長に過ぎる嫌いがあるが、フロッピーディスクとしてこのプログラムを筆者らより提供することは可能である。

引用文献

- 浅野猪久夫(1962)集成材はりの応力およびたわみ計算に関する研究. 材料試験 11 (100): 38-43.
- 浅野猪久夫(1965)接着積層型木材梁の曲げに関する弾塑性的研究. 名大演報 4: 1-49.
- 浅野猪久夫編(1982)木材の事典. pp. 159-161, 朝倉, 東京.
- 浅野猪久夫教授退官記念会(1984)浅野猪久夫教授研究論文集. この論文集には, 浅野(1962, 1965)の論文が pp. 1-6, 16-66 に, またこれらに関連した報文[建築研究所要報 100 (1950), 144 (1951)] が pp. 73-113, 114-137 に, それぞれ複写収録されている。
- KEENAN, F. J. (1974) Shear Strength of Wood. F.P.J. 24(9): 63-70.
- 林業試験場編(1973)木材工業ハンドブック. pp. 234-235, 丸善, 東京.

浅野猪久夫

Studies on the elastic and the plastic bending of various types of glued laminated wood beams (Supplementary complement)

Ikuo ASANO

This paper presents the BASIC Programme and its Instruction on the generalized calculation-method of the bending moment and the deflexion in both elastic and plastic conditions of glued laminated wood-beams composed of many numbers of laminae of various kind of wood reported on the preceding paper "Bulletin of the Nagoya University Forest No. 4 (1965)".


```

1840 LOCATE 26, 5:PRINT "[kgf/cm2]"
1850 LOCATE 38, 5:PRINT "[kgf/cm2]"
1860 LOCATE 50, 5:PRINT "[kgf/cm2]"
1870 LOCATE 62, 5:PRINT "[cm]"
1880 COLOR 6: IF DAA=1 THEN 2060 ELSE 1890
1890 IF NC>GM AND NC>PE THEN PE=GM ELSE PE=NC
1900 FOR P=1 TO PE
1910 LOCATE 0,5+P:PRINT SPACE$(220)
1920 LOCATE 0, 5+P :PRINT ZZ
1930 LOCATE 25, 5+P :INPUT E(ZZ): IF E(ZZ)=0 THEN 1930
1940 MM=ZZ: IF DAA=3 THEN 1950 ELSE 1960
1950 GOSUB *SUBR.2:LOCATE 0,20:PRINT SPACE$(80):GOTO 2000
1960 LOCATE 37, 5+P :INPUT FC(ZZ): IF FC(ZZ)=0 THEN 1960
1970 IF DAA=4 THEN LOCATE 57,5+P:PRINT" ":LOCATE 49,5+P:COLOR 3:INPUT"M.O.R. ";FB(ZZ):LOCATE
30,21:PRINT SPACE$(25):COLOR 6: IF FB(ZZ)=0 OR FB(ZZ)>2.5*FC(ZZ) THEN COLOR 3:LOCATE 30,21:
PRINT"NOTICE ! 0 < M.O.R. <=2.5*Fc":GOTO 1970
1980 IF DAA=4 THEN GOSUB *SUBR.4:LOCATE 49,5+P:PRINT SPACE$(15):LOCATE 49,5+P: PRINT FT(ZZ)
:GOTO 2000
1990 LOCATE 49, 5+P :INPUT FT(ZZ): IF FT(ZZ)=0 THEN 1990
2000 LOCATE 61, 5+P :INPUT HL(ZZ):IF HL(ZZ)=0 THEN 2000
2010 ZZ=ZZ+1
2020 NEXT P
2030 ZQ=ZZ-PE:GOSUB *SUBR.3
2040 IF PE<NC THEN NC=NC-GM: GOTO 2050 ELSE GOTO 2250
2050 IF DAA=1 THEN 2060 ELSE 1880
2060 COLOR 6
2070 IF NC>GM AND NC>PE THEN PE=GM ELSE PE=NC
2080 FOR P=1 TO PE
2090 LOCATE 0, 5+P :PRINT ZZ
2100 LOCATE 4,5+P:PRINT SPACE$(220):LOCATE 4,5+P :INPUT "DATA No.=";NOD
2110 IF NOD>DTN OR NOD=0 THEN GOTO 2100
2120 LOCATE 18,5+P:COLOR 3: INPUT "DECREASING RATE OF TENS.STG.(%)(<=90)";TSQ(ZZ): COLOR 6:
LOCATE 4,5+P:PRINT SPACE$(70):IF TSQ(ZZ)>90 THEN 2120
2130 LOCATE 4, 5+P :PRINT " "
2140 NAM$(ZZ)=ZNA$(NOD): E(ZZ)=ERE(NOD): FC(ZZ)=FFCC(NOD): FT(ZZ)=FFTT(NOD)*(1-TSQ(ZZ)/100)
2150 LOCATE 4, 5+P :PRINT NAM$(ZZ)
2160 LOCATE 15, 5+P :PRINT TSQ(ZZ)
2170 LOCATE 26, 5+P :PRINT E(ZZ)
2180 LOCATE 38, 5+P :PRINT FC(ZZ)
2190 LOCATE 50, 5+P :PRINT FT(ZZ)
2200 LOCATE 62, 5+P :INPUT HL(ZZ):IF HL(ZZ)=0 THEN 2200
2210 ZZ=ZZ+1
2220 NEXT P
2230 ZQ=ZZ-PE:GOSUB *SUBR.3
2240 IF PE<NC THEN NC=NC-GM:GOTO 2060 ELSE GOTO 2250
2250 REM === Total Thickness =====
2260 LOCATE 35,PE+7:PRINT "TOTAL THICKNESS OF LAMINA"
2270 LOCATE 62,PE+7:PRINT HL:COLOR 6
2280 IF PRT$<>"1" THEN 2310
2290 LPRINT " TOTAL THICKNESS (HEIGHT OF BEAM)";

```



```

2700 FOR I=1 TO N
2710 LPRINT " LT(;"I;"="";LT(I)
2720 NEXT I
2730 REM ===== Dual Arrangement of Basic Data at each Glue Layers =====
2740 FOR I=1 TO N
2750 P=2*I-1: EE(P)=E(I): CC(P)=-FC(I):LLT(P)=LT(I):LLC(P)=-LC(I):TT(P)=FT(I):UUL(P)=UL(I-1)
2760 P=2*I : EE(P)=E(I): CC(P)=-FC(I):LLT(P)=LT(I):LLC(P)=-LC(I):TT(P)=FT(I):UUL(P)=UL(I)
2770 NEXT I
2780 REM ----- Calculation(2) Calculation of Bending Strength -----
2790 ON ITM GOTO 2800,2800,6530
2800 DV=0 :REM ---Dvision 1=Max.Load, 2=Prop.Lim.Ld., 3=Mid-plastic Ld.--
2810 DV=DV+1 : ON DV GOTO 2820,3030,3230
2820 REM ----- Calculation(2-1) Rupture in Bending -----
2830 PRINT :PRINT " (1) == RUPTURE IN BENDING =="
2840 ULK=UL(N) : JK=LLT(2*N)
2850 SM=0 : K=N:KR=N : KJJ=2*K : GOSUB *SUBR.5 : GOSUB *SUBR.6
2860 EMX=E(N)
2870 FOR I=N TO 1 STEP -1
2880 IF EMX>=E(I) THEN 2890 ELSE EMX=E(I):K=I
2890 NEXT I
2900 IF K=N THEN 2960
2910 JK=LLT(2*K) : KJJ=2*K : ULK=UL(K) : GOSUB *SUBR.5
2920 IF MM<=MM1 THEN 2930 ELSE GOSUB *SUBR.6
2930 IF K=(N-1) THEN 2960 ELSE K=N-1:JK=LLT(2*K):KJJ=2*K:ULK=UL(K)
2940 GOSUB *SUBR.5
2950 IF MM<=MM1 THEN 2960 ELSE 3000
2960 FOR P=1 TO 2*N
2970 JMR(P)=JM1(P) : JJR(P)=JJ1(P) : JCR(P)=JC1(P)
2980 NEXT P
2990 SMR=SM1:MMR=MM1:XXR=XX1:JKR=JK1:SSTR=SST1:KR=K1:KJJR=KJJ1 : GOTO 3320
3000 KR=K:KJJR=KJJ:GOSUB *SUBR.6
3010 K=K-1 : JK=LLT(2*K) : KJJ=2*K : ULK=UL(K)
3020 GOTO 2940
3030 REM ----- Calculation(2-2) Prop.Limit in Bending-----
3040 PRINT :PRINT " (2) == PROPORTIONAL LIMIT IN BENDING =="
3050 K=0 : KJJ=1 : ULK=UL(0) : JK=LLC(1) : SM=0
3060 IF ITM=1 AND ABS(JK)>ABS(JJR(1)) THEN JK=JJR(1)
3070 GOSUB *SUBR.5
3080 GOSUB *SUBR.6
3090 FOR P=1 TO 2*N
3100 IF JJ1(P)>0 THEN 3120
3110 IF ABS(JJ1(P))>ABS(LLC(P)) THEN 3180 ELSE 3130
3120 IF JJ1(P)>LLT(P) THEN 3190
3130 NEXT P
3140 FOR P=1 TO 2*N
3150 JMP(P)=JM1(P) : JJP(P)=JJ1(P) : JCP(P)=JC1(P)
3160 NEXT P
3170 SMP=SM1:MMP=MM1:XXP=XX1:JKP=JK1:SSTP=SST1:KP=K1:KJJP=KJJ1 : GOTO 3320
3180 JK=LLC(P):GOTO 3200
3190 JK=LLT(P)

```

```

3200 Y=INT(P/2+.3)
3210 ULK=UL(Y): K=Y: KJJ=P: GOSUB *SUBR.5
3220 GOTO 3080
3230 REM ----- Calculation(2-3-2) in a Mid-Plastic Condition -----
3240 PRINT :PRINT " (3) == MID PLASTIC BENDING FOR SUCCESSIVE CALCULATION =="
3250 K=N : ULK=UL(K) : KJJ=2*K : SM=0
3260 LLCK=ABS(JJP(2*N)) : LLTK=ABS(JJR(2*N))
3270 JK= LLCK+(LLTK-LLCK)/4 : GOSUB *SUBR.5 : GOSUB *SUBR.6
3280 FOR P=1 TO 2*N
3290 JMQ(P)=JM1(P) : JJQ(P)=JJ1(P) : JCQ(P)=JC1(P)
3300 NEXT P
3310 SMQ=SM1:MMQ=MM1:XXQ=XX1:JKQ=JK1:SSTQ=SST1:KQ=K1:KJJQ=KJJ1: GOTO 3320
3320 REM ----- Results on E, Fb, NL -----
3330 FOR I=1 TO N
3340 P=2*I : LM(I)=(JM1(P-1)+JM1(P))/SM1
3350 NEXT I
3360 E=12*XX1 : FB=6*MM1
3370 NL=INT(-JJ1(1)*1000/(JJ1(2*N)-JJ1(1)))/1000
3380 REM ===== Calculation (3) Normal Stress Distribution =====
3390 FOR I=1 TO N
3400 P=2*I-1
3410 IF JJ1(P)<=0 AND JJ1(P)>=LLC(P) THEN 3430
3420 IF JJ1(P)<=0 AND JJ1(P)<LLC(P) THEN 3440 ELSE 3510
3430 JSTS(P)=JJ1(P)*EE(P) : ULB(P)=0:JSTSB(P)=0:GOTO 3600
3440 JSTS(P)=LLC(P)*EE(P)
3450 IF P=2*I THEN GOTO 3510
3460 ULC=0 : UL(0)=0 : ULC2=0 : ULC=UL(I-1):ULC2=UL(I)
3470 ULB(P)=NL-(NL-ULC)*LLC(P)/JJ1(P)
3480 JSTSB(P)=LLC(P)*EE(P)
3490 IF ULB(P)<ULC OR ULB(P)>ULC2 THEN ULB(P)=0 :JSTSB(P)=0
3500 GOTO 3600
3510 REM ----- Case of Tensile strain -----
3520 IF JJ1(P)>0 AND JJ1(P)<=LLT(P) THEN 3540
3530 IF JJ1(P)>0 AND JJ1(P)>LLT(P) THEN 3550 ELSE 3600
3540 JSTS(P)=JJ1(P)*EE(P) : ULB(P)=0:JSTSB(P)=0:GOTO 3600
3550 JSTS(P)=0
3560 IF P=(2*I-1) THEN 3600
3570 ULT=0 : UL(0)=0 : ULT=UL(I):ULT2=UL(I-1)
3580 ULB(P)=NL+(ULT-NL)*LLT(P)/JJ1(P) : JSTSB(P)=LLT(P)*EE(P)
3590 IF ULB(P)>ULT OR ULB(P)<ULT2 THEN ULB(P)=0:JSTSB(P)=0
3600 IF P=2*I THEN 3620
3610 P=2*I :GOTO 3410
3620 NEXT I
3630 ON ITM GOTO 3640,3640
3640 ON DV GOTO 3650,4060 ,4420
3650 REM ----- Case of max.load -----
3660 ER=E:ERI=INT(.5+E):FBR=FB:FBRI=INT(.5+FB*10)/10:NLR=NL
3670 PRINT"RUPTURE IN BENDING"
3680 JRCI=INT(.5+(JJR(1)*10^6)/10^6:JRTI=INT(.5+(JJR(2*N)*10^6)/10^6
3690 PRINT "APPARENT M.O.Y: ER=";ERI;"[kgf/cm2]","COMP.SIDE STRAIN:JRC=";JRCI

```

```

3700 PRINT "          M.O.R:FBR=";FBRI;"[kgf/cm2]","TENS.SIDE STRAIN:JRT=";JRTI
3710 PRINT " NEUT.LINE: NL(c-n)=";NLR
3720 IF PX<>1 THEN GOTO 3750
3730 PRINT "XXR=";XX1;" MMR=";MM1;" KJJR=";KJJ1;" JKR=";JK1;" JXR=";JJR(1)
3740 IF PRT$="1" THEN LPRINT "XXR=";XX1;" MMR=";MM1;" KJJR=";KJJ1;" JKR=";JK1;" JXR=";JJR(1)
3750 IF PY<>1 THEN GOTO 3800
3760 IF PRT$="1" THEN LPRINT:LPRINT"*RUPTURE*" MOMENT RATIO OF EACH LAMINA : LM(I)"
3770 FOR I=1 TO N
3780 PRINT" LMR(";I;")=";LM(I) : IF PRT$="1" THEN LPRINT " LMR(";I;")=";LM(I)
3790 NEXT I
3800 IF STP$="1" THEN COLOR 5:PRINT:INPUT"STRIKE <RET> TO NEXT STEP !",0:COLOR 7:CLS
3810 IF PZ<>1 THEN GOTO 3990
3820 PRINT "STRESS DISTRIBUTION": IF PRT$="1" THEN LPRINT SPACES(11);"* STRESS DISTRIBUTION:
      UUL(I)"
3830 FOR I=1 TO N
3840   P=2*I-1
3850   PRINT"UUL (";P;")=";INT(.5+1000*UUL(P))/1000;" JJR(";P;")=";INT(.5+1E+06*JJ1(P))/1E+06;
      " JTSR(";P;")=";INT(.5+JSTS(P))
3860   IF PRT$="1" THEN LPRINT "UUL (";P;")=";INT(.5+1000*UUL(P))/1000;" JJR(";P;")=";INT(.5
+1E+06*JJ1(P))/1E+06;" JTSR(";P;")=";INT(.5+JSTS(P))
3870   PRINT "ULBR(";P;")=";INT(.5+1000*ULB(P))/1000; " JJR(";P;")=";INT(.5
+1E+06*JJ1(P))/1E+06;" JTSR(";P;")=";INT(.5+JSTS(P))
3880   BRK$="UNDO"
3890   IF PRT$="1" THEN IF ULB(P)=0 THEN LPRINT"ULBR(";P;")=";BRK$;" JJR(";P;")=";INT(.5
+1E+06*JJ1(P))/1E+06;" JTSR(";P;")=";INT(.5+JSTS(P))
      ;" JTSBR(";P;")=";INT(.5+JTSB(P))
3900   P=P+1
3910   IF PRT$="1" THEN IF ULB(P)=0 THEN LPRINT"ULBR(";P;")=";BRK$;" JJR(";P;")=";INT(.5
+1E+06*JJ1(P))/1E+06;" JTSR(";P;")=";INT(.5+JSTS(P))
      ;" JTSBR(";P;")=";INT(.5+JTSB(P))
3920   PRINT "ULBR(";P;")=";INT(.5+1000*ULB(P))/1000;" JJR(";P;")=";INT(.5
+1E+06*JJ1(P))/1E+06;" JTSR(";P;")=";INT(.5+JSTS(P))
      ;" JTSBR(";P;")=";INT(.5+JTSB(P))
3930   IF PRT$="1" THEN LPRINT "UUL (";P;")=";INT(.5+1000*UUL(P))/1000;" JJR(";P;")=";INT(.5
+1E+06*JJ1(P))/1E+06;" JTSR(";P;")=";INT(.5+JSTS(P))
3940   PRINT "UUL (";P;")=";INT(.5+1000*UUL(P))/1000;" JJR(";P;")=";INT(.5+1E+06*JJ1(P))/1E+06
      ;" JTSR(";P;")=";INT(.5+JSTS(P))
3950   IF PRT$="1" THEN LPRINT STRING$(65,"-")
3960   PRINT STRING$(65,"-")
3970 NEXT I
3980 IF STP$="1" THEN COLOR 5: PRINT:INPUT"STRIKE <RET> TO NEXT STEP",0:COLOR 7:CLS
3990 FOR I=1 TO N
4000   LMR(I)=LM(I)
4010 NEXT I
4020 FOR P=1 TO 2*N
4030   JJR(P)=JJ1(P): UULR(P)=UUL(P): JTSR(P)=JSTS(P):ULBR(P)=ULB(P): JTSBR(P)=JTSB(P)
4040 NEXT P
4050 IF ITM=1 OR ITM=2 THEN 2810
4060 REM ----- Case of Prop.Limit Load -----
4070 EP=E:EPI=INT(.5+E):FBP=FB:FBPI=INT(.5+FB*10)/10:NLP=NL
4080 JPCI=INT(.5+(JJP(1)*10^6))/10^6:JPTI=INT(.5+(JJP(2*N)*10^6))/10^6

```

```

4090 PRINT"PROPORTIONAL LIMIT IN BENDING "
4100 PRINT "          M.O.Y: EP=";EPI;"[kgf/cm2]", "COMP.SIDE STRAIN:JPC=";JPCI
4110 PRINT "APP.BEND.STRESS FBP=";FBPI;"[kgf/cm2]", "TENS.SIDE STRAIN:JPT=";JPTI
4120 PRINT " NEUT.LINE: NL(c-n)=";NLP
4130 IF PY<>1 THEN GOTO 4170 ELSE IF PRT$="1" THEN LPRINT: LPRINT"**PROP.LIM.** MOMENT RATIO
      OF EACH LAMINA: LM(I)"
4140 FOR I=1 TO N
4150 PRINT LMP("I;")=";LM(I) : IF PRT$="1" THEN LPRINT " LMP("I;")=";LM(I)
4160 NEXT I
4170 IF STP$="1" THEN COLOR 5:PRINT:INPUT "STRIKE <RET> TO NEXT STEP",0:COLOR 7:CLS
4180 IF PZ<>1 THEN GOTO 4350 ELSE PRINT"STRESS DISTRIBUTION":IF PRT$="1" THEN LPRINT SPACE$(11
);"** STRESS DISTRIBUTION:          UUL(I)"
4190 FOR I=1 TO N
4200 P=2*I-1
4210 PRINT "UUL ("P;")=";INT(.5+1000*UUL(P))/1000;" JJP("P;")=";INT(.5+1E+06*JJ1(P))/1E+06
;" JSTSP("P;")=";INT(.5+JSTS(P))
4220 IF PRT$="1" THEN LPRINT "UUL ("P;")=";INT(.5+1000*UUL(P))/1000;" JJP("P;")=";INT(.5
+1E+06*JJ1(P))/1E+06;" JSTSP("P;")=";INT(.5+JSTS(P))
4230 PRINT "ULBP("P;")=";INT(.5+1000*ULB(P))/1000;" " JSTSBP("P;")=
";JSTSB(P)
4240 BRK$="UNDO"
4250 IF PRT$="1" THEN IF ULB(P)=0 THEN LPRINT"ULBP("P;")=";BRK$;" "
JSTSBP("P;")=";BRK$ ELSE LPRINT "ULBP("P;")=";INT(.5+1000*ULB(P))/1000;" "
;" JSTSBP("P;")=";INT(.5+JSTSB(P))
4260 P=P+1
4270 IF PRT$="1" THEN IF ULB(P)=0 THEN LPRINT"ULBP("P;")=";BRK$;" "
JSTSBP("P;")=";BRK$ ELSE LPRINT "ULBP("P;")=";INT(.5+1000*ULB(P))/1000;" "
;" JSTSBP("P;")=";INT(.5+JSTSB(P))
4280 PRINT "ULBP("P;")=";INT(.5+1000*ULB(P))/1000;" " JSTSBP("P;")=
";JSTSB(P)
4290 IF PRT$="1" THEN LPRINT "UUL ("P;")=";INT(.5+1000*UUL(P))/1000;" JJP("P;")=";INT(.5
+1E+06*JJ1(P))/1E+06;" JSTSP("P;")=";INT(.5+JSTS(P))
4300 PRINT "UUL ("P;")=";INT(.5+1000*UUL(P))/1000;" JJR("P;")=";INT(.5+1E+06*JJ1(P))/1E+06
;" JSTSR("P;")=";INT(.5+JSTS(P))
4310 IF PRT$="1" THEN LPRINT STRING$(65,"-")
4320 PRINT STRING$(65,"-")
4330 NEXT I
4340 IF STP$="1" THEN COLOR 5:PRINT:INPUT"STRIKE <RET> TO NEXT STEP",0: COLOR 7:CLS
4350 FOR I=1 TO N
4360 LMP(I)=LM(I)
4370 NEXT I
4380 FOR P=1 TO 2*N
4390 JJP(P)=JJ(P): UULP(P)=UUL(P): JSTSP(P)=JSTS(P): ULBP(P)=ULB(P): JSTSBP(P)=JSTSB(P)
4400 NEXT P
4410 IF ITM=1 THEN 2810 ELSE IF ITM=2 THEN 4900
4420 REM ----- Case in a Mid Plastic Load -----
4430 EQ=E:EQI=INT(.5+E):FBQ=FB:FBQI=INT(.5+FB*10)/10:NLQ=NL
4440 JQCI=INT(.5+(JQ(1)*10^6))/10^6:JQTI=INT(.5+(JQ(2*N)*10^6))/10^6
4450 PRINT"MID PLASTIC BENDING "
4460 PRINT " APPARENT M.O.Y: EQ=";EQI;"[kgf/cm2]", "COMP.SIDE STRAIN:JQC=";JQCI

```



```

4850 BB=LOG((BR-1)/(BQ-1))/LOG((AR-1)/(AQ-1)) : AA=(BR-1)/(AR-1)^BB
4860 REM === Loads (WP,WR,WQ) & Deflexion (DCP,DCR,DCQ) =====
4870 DCP=L^2*SSTP/(12*H) : DCR=DCP*FNC(AR) : DCQ=DCP*FNC(AQ)
4880 WP=4*B*H^2*MMR/L:WR=4*B*H^2*MMR/L:WQ=4*B*H^2*MMQ/L:WPI=INT(.5+WP*10)/10:WRI=INT(.5+WR*10)/10:WQI=INT(.5+WQ*10)/10
4890 DCPI=INT(.5+DCP*1000)/1000:DCRI=INT(.5+DCR*1000)/1000:DCQI=INT(.5+DCQ*1000)/1000
4900 REM ===== Printout on Results of Load & Normal Stress =====
4910 IF ITM=2 THEN 4930
4920 CLS: PRINT: PRINT " (4) == CALCULATED RESULTS ON LOAD & NORMAL STRESS ==": PRINT:IF PRT$="1" THEN LPRINT:LPRINT "===== CALCULATED RESULTS ON LOAD & NORMAL STRESS =====":LPRINT:GOTO 4940 ELSE 4940
4930 CLS: PRINT: PRINT "===== CALCULATED RESULTS ON NORMAL STRESS =====": PRINT: IF PRT$="1" THEN LPRINT: LPRINT "===== CALCULATED RESULTS ON NORMAL STRESS =====":LPRINT
4940 PRINT "M.O.Y.=";EPI;"[kgf/cm2] M.O.R.=";FBRI;"[kgf/cm2] M.P.L.=";FBPI;"[kgf/cm2]":IF PRT$="1" THEN LPRINT "M.O.Y.=";EPI;"[kgf/cm2] M.O.R.=";FBRI;"[kgf/cm2] M.P.L.=";FBPI;"[kgf/cm2]":LPRINT
4950 PRINT "MAX.L: C.STRAIN:JRC=";JRCI;" T.STRAIN:JRT=";JRTI;" N.LINE:NLR(c-n)=";NLR:IF PRT$="1" THEN LPRINT "MAX.L: C.STRAIN:JRC=";JRCI;" T.STRAIN:JRT=";JRTI;" N.LINE:NLR(c-n)=";NLR
4960 PRINT "P.L.L: C.STRAIN:JPC=";JPCI;" T.STRAIN:JPT=";JPTI;" N.LINE:NLP(c-n)=";NLP: PRINT:IF PRT$="1" THEN LPRINT"P.L.L: C.STRAIN:JPC=";JPCI;" T.STRAIN:JPT=";JPTI;" N.LINE:NLP(c-n)=";NLP
4970 IF ITM=2 THEN COLOR 5:INPUT "STRIKE <RET> TO NEXT STEP";O:COLOR 7:GOTO 5830 ELSE IF ITM=2 THEN 5830
4980 PRINT:PRINT "SPAN L=";L;"[cm]","HEIGHT H=";H;"[cm]","BREADTH B=";B;"[cm]":PRINT: IF PRT$="1" THEN LPRINT:LPRINT "SPAN L=";L;"[cm]","HEIGHT H=";H;"[cm]","BREADTH B=";B;"[cm]"
4990 PRINT "MAX. LOAD Wr=";WRI;"[kgf]","MAX. DEFLX. DCR=";DCRI;"[cm]": IF PRT$="1" THEN LPRINT "MAX. LOAD Wr=";WRI;"[kgf]","MAX. DEFLX. DCR=";DCRI;"[cm]"
5000 PRINT"PP. LIMIT LOAD Wp=";WPI;"[kgf]","PP.LIM. DEFLX. DCP=";DCPI;"[cm]": IF PRT$="1" THEN LPRINT"PP. LIMIT LOAD Wp=";WPI;"[kgf]","PP.LIM. DEFLX. DCP=";DCPI;"[cm]"
5010 PRINT"MID PLAST.LOAD Wq=";WQI;"[kgf]","MID PLAS.DEFLX.DCQ=";DCQI;"[cm]": IF PRT$="1" THEN LPRINT"MID PLAST.LOAD Wq=";WQI;"[kgf]","MID PLAS.DEFLX.DCQ=";DCQI;"[cm]"
5020 PRINT" Wp/Wr=";INT(.5+100*WP/WR)/100;" WQ/WR=";INT(.5+100*WQ/WR)/100," DCP/DCR=";INT(.5+100*DCP/DCR)/100;" DCQ/DCR=";INT(.5+100*DCQ/DCR)/100
5030 IF PRT$="1" THEN LPRINT" Wp/Wr=";INT(.5+100*WP/WR)/100;" WQ/WR=";INT(.5+100*WQ/WR)/100," DCP/DCR=";INT(.5+100*DCP/DCR)/100;" DCQ/DCR=";INT(.5+100*DCQ/DCR)/100: LPRINT
5040 IF STP$="1" OR ITM=1 THEN COLOR 5:PRINT:INPUT"STRIKE <RET> TO NEXT STEP",O:COLOR 7:CLS
5050 IF SHE$="Y" OR SHE$="y" THEN 5070 ELSE GOSUB *SUBR.7 : GOTO 6410
5060 REM ZZZZZZZZZ Calculation of Shear Stress in Center-Loaded Beam ZZZZZZZZZ
5070 REM ----- Shear -----
5080 IF SHE$="Y" OR SHE$="y" THEN 5090 ELSE 6410
5090 SHA=L*B/2 :NH=NP*H :SL=0:HL(0)=0
5100 FOR I=0 TO N
5110 SL=SL+HL(I) : NL(I)=SL-NH
5120 P=2*I : NNL(P)=NL(I)
5130 P=2*I+1 : NNL(P)=NL(I)
5140 NEXT I
5150 REM === Shear in Glue Layers =====
5160 LST(0)=0: SLST=0: SLST(0)=0: CG=0: SCG=0 :G1=0:G2=0:CG1=0
5170 FOR Q=1 TO 2*N STEP 2
5180 I=(Q+1)/2

```

```

5190 IF JJP( Q)<0 AND JJP( Q+1)<0 THEN 5220
5200 IF JJP( Q)<=0 AND JJP( Q+1)>=0 THEN 5240
5210 IF JJP( Q)>0 AND JJP( Q+1)>0 THEN 5220
5220 REM ----- Shear in Compression or Tension Side -----
5230 LST(I)=(EE(Q)*JJP(Q)*NNL(Q)-EE(Q+1)*JJP(Q+1)*NNL(Q+1))/2 : GOTO 5280
5240 REM ----- Shear at Neutral Layer -----
5250 LSTNU =EE(Q)*JJP(Q)*NNL(Q)/2
5260 LST(I)=-EE(Q+1)*JJP(Q+1)*NNL(Q+1)/2
5270 SLSTNU=SLST+LSTNU : SLST=SLSTNU
5280 SLST=SLST+LST(I) : SLST(I)=SLST
5290 NEXT Q
5300 REM ===== Results on Shearing =====
5310 FOR I=0 TO N
5320 TYT(I)=SLST(I)*(WR/WP)/L*2 : TYE(I)=SLST(I)*(WRE/WP)/L*2
5330 NEXT I
5340 TYT(N)=0:TYE(N)=0
5350 TYTM=SLSTNU*(WR/WP)/L*2 :TYTMI=INT(.5+TYTM*10)/10
5360 TYEM=TYTM*(WRE/WR) :TYEMI=INT(.5+TYEM*10)/10
5370 IF WL$<>"" THEN RETURN
5380 REM ===== Shear(1) M.O.R in Experimental Bending =====
5390 RFB=FBRE/FBR
5400 REM ----( from KEENAN : Ss=112.7-34.2Log(As/9) [kg/cm^2] )-----
5410 FOR I=1 TO N
5420 SVY(I)= .00107*E(I)
5430 KST(I)=SVY(I)-34.2*LOG(SHA/9)*SVY(I)/112.7/LOG(10)
5440 SVE(I)=TYE(I)/(1-34.2*LOG(SHA/9)/112.7/LOG(10))
5450 NEXT I
5460 REM ===== Print & Printout on Shearing Results =====
5470 CLS:LOCATE 1,0:PRINT" (5) == SHEARING STRESS WHEN BEAM RUPTURED [UNIT:kgf/cm2] =="

```

```

5660 LPRINT "RATE(c-n) "; " SHEAR. STS. "; " SHEAR. STS. "; "          9cm2-SH. STG. "; SHA; "cm2-SH.
STG.
5670 LPRINT "          "; " [kgf/cm2] "; " [kgf/cm2] "; "          [kgf/cm2] "; " [kgf/cm2]
"
5680 LPRINT STRING$(73,"-")
5690 FOR I=0 TO N
5700  LPRINT USING "#.## "; UL(I);
5710  LPRINT USING "#####.# "; TYE(I);
5720  LPRINT USING "#####.# "; TYT(I)
5730  I=I+1 : IF I=N+1 THEN 5780
5740  LPRINT USING "#####.# "; SVY(I);
5750  LPRINT USING " #####.# "; KST(I)
5760  I=I-1
5770 NEXT I
5780 LPRINT STRING$(73,"-")
5790 LPRINT "MAX.SH.POS. ", "OBS.MAX.SH.STS. ", "CAL.MAX.SH.STS."
5800 LPRINT USING "#####.## " ; NP,
5810 LPRINT USING " #####.#[kgf/cm2]" ; TYEMI,
5820 LPRINT USING " #####.#[kgf/cm2]" ; TYTMI,
5830 IF CMP$<>"1" THEN 5920
5840 CLS: PRINT:PRINT" (6) == COMPARISON OF OBSERVED DATA WITH CALCULATED VALUES UNIT:[kgf/
cm2] ==":IF PRT$="1" THEN LPRINT:LPRINT:LPRINT" === COMPARISON OF OBSERVED DATA WITH CALCULAT
ED VALUES ====="
5850 IF PRT$="1" THEN LPRINT " [kgf/cm2]"," [kgf/cm2]"," [ratio]"
5860 PRINT:PRINT"OBS.M.O.Y.=";EPEI,"CAL.M.O.Y.=";EPI,"M.O.Y.(OB/CA)=";INT(.5+(EPE/EP)*100)/
100: IF PRT$="1" THEN LPRINT "OBS.M.O.Y.=";EPEI,"CAL.M.O.Y.=";EPI,"M.O.Y.(OB/CA)=";INT(.5+(EPE
/EP)*100)/100
5870 PRINT"OBS.M.O.R.=";FBREI,"CAL.M.O.R.=";FBRI,"M.O.R.(OB/CA)=";INT(.5+(FBRE/FBR)*100)/100
:IF PRT$="1" THEN LPRINT "OBS.M.O.R.=";FBREI,"CAL.M.O.R.=";FBRI,"M.O.R.(OB/CA)=";INT(.5+(FBRE
/FBR)*100)/100
5880 IF SHE$="" THEN 5900
5890 PRINT"OB.MAX.SH.STS.=";TYEMI,"CA.MAX.SH.STS.=";TYTMI,"MX.SH.(OB/CA)=";INT(.5+(TYEM/TYTM)
*100)/100: IF PRT$="1" THEN LPRINT "OB.MAX.SH.STS.=";TYEMI,"CA.MAX.SH.STS.=";TYTMI,"MX.SH.(OB/
CA)=";INT(.5+(TYEM/TYTM)*100)/100
5900 PRINT: PRINT STRING$(74,"="): PRINT
5910 IF STP$="1" OR ITM=1 OR ITM=2 OR SHE$="Y" THEN COLOR 5:PRINT:INPUT"STRIKE <RET> TO NEXT
STEP",0:COLOR 7:CLS
5920 IF PRT$="1" THEN LPRINT:LPRINT STRING$(75,"="):LPRINT:LPRINT:LPRINT
5930 IF ITM=2 THEN 6510
5940 IF GRP$="1" THEN 6510 :REM --Skip Graphing and End Job -----
5950 REM ZZZZZZZZ Arranging Variables of Shear Stress ZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZ
5960 CLS: LOCATE 10,10:COLOR 4: PRINT "FIGURES OF STRESS-DISTRIBUTIONS AND THE LOAD~DEFLEXION
CURVE"
5970 LOCATE 25,12:COLOR 3:PRINT "WAIT A MOMENT PLEASE !":COLOR 7
5980 FOR Q=1 TO 2*N STEP 2
5990  CG1=CG1+CG:DSP=(UUL(Q+1)-UUL(Q))*100:CG=INT(.5+DSP):SCG=SCG+CG:G1=CG1:G2=SCG: IF G2>100
THEN G2=100
6000  FOR G=G1 TO G2+1
6010  HJP(G)=(((UUL(Q+1)-UUL(Q))- .01*(DSP/CG)*(G-G1))/(UUL(Q+1)-UUL(Q)))*(JJP(Q)-JJP(Q+1))+
JJP(Q+1)

```



```

6020 HNL(G)=NNL(Q)+H*(G-G1)*.01*(DSP/CG)
6030 NEXT G
6040 FOR G=G1 TO G2-1
6050 HST(G)=(EE(Q)*HJP(G)*HNL(G)-EE(Q)*HJP(G+1)*HNL(G+1))/2
6060 SHST=SHST+HST(G) : SHST(G)=SHST
6070 IF WL$="" THEN WL=WR
6080 HYT(G)=SHST(G)*(WL/WP)/L*2
6090 DSR(G)=(HNL(G)-HNL(0))/H :REM --Distance Ratio from Comp.sid----
6100 NEXT G
6110 NEXT Q
6120 REM ZZZZZZZZ Arranging Variables of LOAD`DEFLEXION Curves ZZZZZZZZZZZZZZZZZ
6130 RVL=1:INX=203:WDH=48+8*8:INY=3
6140 NGP=INT(.5+AR*100) : SP=5 : K=0
6150 IF NGP>20 THEN TNG=INT(20):RP=1 ELSE TNG=NGP:RP=0
6160 IF ED$="Y" OR ED$="Y" GOTO 6170
6170 FOR G=1 TO TNG STEP SP
6180 IF AA=1 AND BB=1 THEN Y=1:X=DCP:GOTO 6210
6190 Y=((AR-1)/(AR*100-1))*(G+K-1)+1
6200 X=FNC(Y)*DCP
6210 D(G,2)=Y*WP : D(G,1)=X : ND(G)=2
6220 NEXT G
6230 REM === Check ===
6240 IF (K+G)>=NGP THEN 6250 ELSE 6290
6250 FOR G=1 TO TNG STEP SP
6260 D$=STR$(D(G,1)) : LG=LEN(D$)
6270 D$=STR$(D(G,2)) : LG=LEN(D$)
6280 NEXT G
6290 FOR G=1 TO TNG STEP SP :FOR NMX=1 TO 2
6300 R(G+K)=2 : DT(G+K,NMX)=D(G,NMX)
6310 NEXT NMX:NEXT G
6320 K=TNG+K
6330 IF RP=0 THEN GOTO 6360
6340 IF RVL*(NGP-K)>20 THEN TNG=INT(20/RVL):RP=1 ELSE TNG=NGP-K:RP=0
6350 GOTO 6170
6360 FOR G=1 TO NGP
6370 DTT(G,1)=DT(G,1)
6380 DTT(G,2)=DT(G,2)
6390 NEXT G
6400 REM ZZZZZZZZZ Selection of Graphing Items ZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZZ
6410 CLS 3: PRINT:PRINT:PRINT:COLOR 6
6420 PRINT"[5] SELECT GRAPHING JOB FROM THIS <<MENU>>":COLOR 4
6430 PRINT:PRINT" (1) NORMAL STRESS DISTRIBUTION "
6440 PRINT:PRINT" (2) SHEARING STRESS DISTRIBUTION"
6450 PRINT:PRINT" (3) LOAD`DEFLEXION CURVE"
6460 PRINT:PRINT" (4) GRAPHING JOB END":PRINT
6470 LOCATE 0,14:COLOR 6:INPUT"YOUR SELECTION ? (1`4)";GRA
6480 IF GRA<1 OR GRA>4 THEN 6470
6490 IF GRA=4 THEN CLS 3:PRINT: PRINT:PRINT:GOTO 6510
6500 ON GRA GOSUB *SUBR.7,*SUBR.9,*SUBR.8:GOTO 6410
6510 CLS 3:COLOR 6:LOCATE 5,12:INPUT "[6] JOB END ? YES<1>, NO<RET> ",JON$

```



```

6980 LOCATE 26,5+QQ:PRINT E(ZQ)
6990 LOCATE 38,5+QQ:PRINT FC(ZQ)
7000 LOCATE 50,5+QQ:PRINT FT(ZQ)
7010 LOCATE 62,5+QQ:PRINT HL(ZQ)
7020 ZQ=ZQ+1
7030 NEXT QQ:COLOR 6
7040 REM ----- Confirmation -----
7050 LOCATE 0,20:COLOR 3:PRINT "ARE YOU OK ? IF OK THEN STRIKE <RET>."
7060 LOCATE 0,21:INPUT "IF YOU FIND MISTAKES THEN INPUT MISTAKE NUMBER ";VV:COLOR 7:VC=VV MOD
GM:IF VC=0 THEN P=GM ELSE P=VC
7070 IF VV>N THEN 7060
7080 LOCATE 0,20:PRINT SPACE$(250)
7090 IF VV=0 THEN GOTO 7410 ELSE GOTO 7110
7100 REM ===== Correction of Mis-input Data =====
7110 LL=P:COLOR 3:IF DAA=1 THEN 7170 ELSE IF DAA=2 THEN 7120 ELSE IF DAA=3 THEN 7270 ELSE 7340
7120 LOCATE 0, 5+LL:PRINT SPACE$(80):LOCATE 0, 5+LL:PRINT VV
7130 LOCATE 25, 5+LL:INPUT E(VV) :IF E(VV)=0 THEN 7130
7140 LOCATE 37, 5+LL:INPUT FC(VV):IF FC(VV)=0 THEN 7140
7150 LOCATE 49, 5+LL:INPUT FT(VV):IF FT(VV)=0 THEN 7150
7160 LOCATE 61, 5+LL:INPUT HL(VV):IF HL(VV)=0 THEN 7160 ELSE COLOR 6:GOTO 7040
7170 LOCATE 0, 5+LL:PRINT VV
7180 LOCATE 4, 5+LL:PRINT SPACE$(70):LOCATE 4,5+LL:INPUT "DATA No.="; NOD:IF NOD>BTN OR NOD=0
THEN 7180
7190 LOCATE 19,5+LL:INPUT"DECR.ofT.STG.(%)";TSQ(VV): LOCATE 4, 5+LL:PRINT SPACE$(70)
7200 NAM$(VV)=ZNA$(NOD):E(VV)=ERE(NOD):FC(VV)=FFCC(NOD): FT(VV)=FFTT(NOD)*(1-TSQ(VV)/100)
7210 LOCATE 5, 5+LL:PRINT NAM$(VV)
7220 LOCATE 15, 5+LL:PRINT TSQ(VV)
7230 LOCATE 26, 5+LL:PRINT E(VV)
7240 LOCATE 38, 5+LL:PRINT FC(VV)
7250 LOCATE 50, 5+LL:PRINT FT(VV)
7260 LOCATE 61, 5+LL:INPUT HL(VV):IF HL(VV)=0 THEN 7260 ELSE COLOR 6:GOTO 7040
7270 LOCATE 0, 5+LL:PRINT SPACE$(70)
7280 LOCATE 0, 5+LL:PRINT VV
7290 LOCATE 25, 5+LL:INPUT E(VV):IF E(VV)=0 THEN 7290
7300 MM=VV
7310 GOSUB *SUBR.2 :LOCATE 0,20:PRINT SPACE$(80)
7320 LOCATE 61, 5+LL: INPUT HL(VV):IF HL(VV)=0 THEN 7320
7330 VV=0:COLOR 6: GOTO 7040
7340 LOCATE 0,5+LL:PRINT SPACE$(80):LOCATE 0,5+LL:PRINT VV
7350 LOCATE 25,5+LL:INPUT E(VV):IF E(VV)=0 THEN 7350
7360 LOCATE 37,5+LL:INPUT FC(VV):IF FC(VV)=0 THEN 7360
7370 LOCATE 49,5+LL:INPUT "M.O.R. , ";FB(VV):IF FB(VV)=0 THEN 7370
7380 MM=VV:GOSUB *SUBR.4:LOCATE 49,5+LL:PRINT SPACE$(20):LOCATE 49,5+LL:PRINT FT(VV)
7390 LOCATE 61,5+LL:INPUT HL(VV):IF HL(VV)=0 THEN 7390
7400 VV=0 :COLOR 6:GOTO 7040
7410 REM ----- When mis-input is not found -----
7420 CLS 3:COLOR 4:LOCATE 1,2:PRINT"NAME: ";NSP$:LOCATE 15,2:PRINT "PLIES OF LAMINA";N
7430 LOCATE 6,3:PRINT"LAMINA"
7440 LOCATE 27,3:PRINT "E"
7450 LOCATE 39,3:PRINT "Fc"

```

```

7460 LOCATE 51,3:PRINT "Ft"
7470 LOCATE 63,3:PRINT "HL"
7480 IF PRT$<>"1" THEN 7560
7490 LPRINT:LPRINT:LPRINT "NAME OF SPECIMEN : ";NSP$:LPRINT
7500 LPRINT "PLIES OF LAMINAE N=";N :LPRINT
7510 ON DAA GOTO 7520,7530,7540
7520 LPRINT " LAMINA "; " " ;"Eb " ;"Fc " ;"Ft " ;"HL":GOTO
7550
7530 LPRINT " LAMINA "; " " ;"Eb " ;"Fc " ;"Ft " ;"HL":GOTO
7550
7540 LPRINT " LAMINA ";"QUALITY ";"Eb " ;"Fc " ;"Ft " ;"HL"
7550 LPRINT"NO. KIND DECR.T.S.YOUNG.MOD. ";"COMP.STG. ";"TENS.STG. ";"LAM.THICK.":LPRINT
" [%] [kgf/cm2] [kgf/cm2] [kgf/cm2] [cm]"
7560 LOCATE 0,4:PRINT"NO. KIND DECR.ofT.STG.%"
7570 LOCATE 27,4:PRINT "YOUNG.MOD."
7580 LOCATE 39,4:PRINT "COMP.STG."
7590 LOCATE 51,4:PRINT "TENS.STG."
7600 LOCATE 63,4:PRINT "LAM.THICK."
7610 FOR PP=1 TO PE
7620 LOCATE 0,5+PP:PRINT ZP
7630 IF DAA=3 THEN 7660 ELSE IF DAA=2 THEN 7680
7640 LOCATE 4,5+PP:PRINT NAM$(ZP)
7650 LOCATE 15,5+PP:PRINT TSQ(ZP):GOTO 7680
7660 LOCATE 5,5+PP:PRINT QU$(ZP)
7670 LOCATE 15,5+PP:PRINT TSQ(ZP)
7680 LOCATE 26,5+PP:PRINT E(ZP)
7690 LOCATE 38,5+PP:PRINT FC(ZP)
7700 LOCATE 50,5+PP:PRINT FT(ZP)
7710 LOCATE 62,5+PP:PRINT HL(ZP)
7720 IF PRT$<>"1" THEN 7810
7730 LPRINT USING "### " ;ZP;
7740 LPRINT USING "& &" ;NAM$(ZP);
7750 LPRINT USING "& &" ;QU$(ZP);
7760 LPRINT USING "###" ;TSQ(ZP);
7770 LPRINT USING "##### " ;E(ZP);
7780 LPRINT USING "###.# " ;FC(ZP);
7790 LPRINT USING "###.# " ;FT(ZP);
7800 LPRINT USING "##.### " ;HL(ZP)
7810 HL=HL+HL(ZP):ZP=ZP+1
7820 NEXT PP
7830 RETURN
7840 REM =====<<<SUBROUTINE 4 >>>( Fc from Fc , Fb(M.O.R.) of Lamina)=====
7850 *SUBR.4
7860 IF FB(MM)<=FC(MM) THEN FT(MM)=FB(MM):GOTO 7870 ELSE FT(MM)=FC(MM)*(FB(MM)+FC(MM))/(3*
FC(MM)-FB(MM))
7870 RETURN
7880 REM =====<<< SUBROUTINE 5 >>>(Calculation of Total Stress Area "SA" and Decison of the
External Tensile Stress when SA comes nearly to zero in a Beam)==
7890 *SUBR.5
7900 LPG=0:IF ITM=1 THEN 7910 ELSE JXM=ABS(JK)*10/5: GOTO 7950

```

```

7910 ON DV GOTO 7920,7930,7940
7920 JXM=ABS(4*10/5*LLT(2*N)):GOTO 7950
7930 JXM=ABS(1*10/5*LLC(1)) :GOTO 7950
7940 JXM=ABS(4*10/5*JK) :GOTO 7950
7950 EPS=ABS(JK)/10 : SM=0:JX1=0:JX2=0
7960 IF JK<0 THEN 7970 ELSE JX=-JXM:ULX=UL(0): GOTO 7980
7970 JX=JXM : ULX=UL(N)
7980 S=3
7990 S=S-1 : SA=0
8000 IF S>0 THEN 8040
8010 IF INT(.5+100*SA1)=INT(.5+100*SA2) THEN 8040
8020 JX=JX2+SA2*(JX1-JX2)/(SA2-SA1)
8030 IF JX/JX1=>0 THEN 8050 ELSE JX=-JX:GOTO 8050
8040 JX=.5*JX
8050 FOR I=0 TO N
8060 U=(UL(I)-ULX)/(ULK-ULX) : J(I)=JX-U*(JX-JK)
8070 P=2*I : JJ(P)=J(I)*(1-.00001)
8080 P=2*I+1 : JJ(P)=J(I)*(1-.00001)
8090 NEXT I
8100 FOR P=1 TO 2*N
8110 JC(P)=JJ(P) : IF JC(P)<0 THEN 8150
8120 IF JC(P)>LLT(P) THEN 8130 ELSE 8140
8130 JC(P)=LLT(P)
8140 A(P)=(JC(P)^2)*EE(P)/2 : GOTO 8160
8150 IF ABS(JC(P))<ABS(LLC(P)) THEN 8140 ELSE A(P)=(JC(P)-LLC(P)/2)*CC(P)
8160 Q=P MOD 2 : IF Q<>0 THEN A(P)=-A(P)
8170 SA=SA+A(P)
8180 NEXT P
8190 PRINT SA
8200 IF ABS(SA)<=EPS THEN 8220
8210 SA1=SA2:JX1=JX2: SA2=SA:JX2=JX: GOTO 7990
8220 PRINT "SAEND=";SA:PRINT
8230 FOR P=1 TO 2*N
8240 IF JC(P)<0 THEN 8260
8250 JM(P)=(JC(P)^3)*EE(P)/3 : GOTO 8280
8260 IF JC(P)>LLC(P) THEN 8250
8270 JM(P)=((JC(P)^2)/2-(LLC(P)^2)/6)*CC(P)
8280 Q=ABS(P) MOD 2
8290 IF Q<>0 THEN JM(P)=-JM(P)
8300 SM=SM+JM(P)
8310 NEXT P
8320 SST=JJ(2*N)-JJ(1) : MM=SM/(SST^2) : XX=SM/(SST^3)
8330 RETURN
8340 REM =====<<<< SUBROUTINE 6 >>> ( Reservation of Pre-gained Data )=====
8350 *SUBR.6
8360 FOR P=1 TO 2*N
8370 JM1(P)=JM(P) : JJ1(P)=JJ(P) : JC1(P)=JC(P)
8380 NEXT P
8390 SM1=SM:MM1=MM:XX1=XX:JK1=JK:SST1=SST:K1=K:KJJ1=KJJ
8400 RETURN

```

```

8410 REM =====<<<< SUBROUTINE 7 >>>>( Graphing of Stress Distribution )=====
8420   *SUBR.7
8430 WIDTH 80,25:CONSOLE 0,25,0,1:SCREEN 0,0,1:COLOR 7:CLS
8440 NAME$="TEST NAME":XID$="NORMAL STRESS [kgf/cm2]":YID$="THICK.[ratio]"
8450 ON GRA GOTO 8460,8530,8600
8460 REM ----- Rupture in Bending -----
8470 NL=NLR
8480 FOR G=1 TO 2*N
8490   D(G,1)=INT(.5+JSTSR(G)) :REM --Stress at each Glue Layer and Surf--
8500   D(G,2)=UULR(G)           :REM --Ratio of Glue-layer-distance from C.Side--
8510   BR(G,1)=INT(.5+JSTSBR(G)):BR(G,2)=ULBR(G)
8520 NEXT G : GOTO 8680
8530 REM ----- Prop. Limit in Bending -----
8540 NL=NLP
8550 FOR G=1 TO 2*N
8560   D(G,1)=INT(.5+JSTSP(G))
8570   D(G,2)=UULP(G)
8580   BR(G,1)=INT(.5+JSTSBP(G)) : BR(G,2)=ULBP(G)
8590 NEXT G : GOTO 8680
8600 REM ----- A Plastic Condition in Bending -----
8610 NL=NLQ
8620 FOR G=1 TO 2*N
8630   D(G,1)=INT(.5+JSTSQ(G))
8640   D(G,2)=UULQ(G)
8650   BR(G,1)=INT(.5+JSTSBQ(G)) : BR(G,2)=ULBQ(G)
8660 NEXT G : GOTO 8680
8670 XMIN2=0:XMAX2=0
8680 FOR G=1 TO 2*N
8690   XMIN1=D(G,1):IF XMIN2>D(G,1) THEN XMIN2=D(G,1)
8700 NEXT G
8710 XMINLEF=VAL(LEFT$(STR$(XMIN2),2)):XMINLEN=LEN(STR$(XMIN2))
8720 XMIN=(XMINLEF-6)*10^(XMINLEN-2):MNI=XMIN/10
8730 FOR G=1 TO 2*N
8740   XMAX1=D(G,1):IF XMAX2<D(G,1) THEN XMAX2=D(G,1)
8750 NEXT G
8760 XMAXLEF=VAL(LEFT$(STR$(XMAX2),2)):XMAXLEN=LEN(STR$(XMAX2))
8770 IF XMAXLEN>=5 THEN NLEN=.5 ELSE NLEN=1
8780 XMAX=(XMAXLEF+NLEN)*10^(XMAXLEN-2):MXI=XMAX/10
8790 YMIN=0:YMAX=1
8800 REM ----- Graph Frame Setting -----
8810 X1=XMIN:X2=XMAX:Y1=0:Y2=2
8820 SCR$="C" : 'COLOR 4:LOCATE 5,19:INPUT"MONOCHROME (M), COLOR (C)";SCR$
8830 IF SCR$="C" OR SCR$="c" THEN SCREEN 3,0:YMX=322 ELSE IF SCR$="M" OR SCR$="m" THEN SCREEN
      2,0:YMX=322 ELSE BEEP:GOTO 8820
8840 WINDOW(XMIN,YMIN)-(XMAX,YMAX+.05) :REM --(+.05)is Space for X-Scale--
8850 CLS:VIEW(158,40)-(638,YMX),,7
8860 FOR X=XMIN TO XMAX STEP 100
8870   IF X MOD 500=0 THEN LINE(X,YMAX+.05)-(X,(YMAX+.05-3*(YMAX-YMIN)/100)),7 ELSE LINE(X,
YMAX+.05)-(X,(YMAX+.05-(YMAX-YMIN)/100)),7:LINE(0,YMAX)-(0,YMIN)
8880 NEXT X

```

```

8890 FOR Y=0 TO 1 STEP .1
8900 IF Y=.5 THEN LINE(XMIN,Y)-((XMIN+3*(XMAX-XMIN)/100),Y) ELSE LINE(XMIN,Y)-((XMIN+(XMAX-
XMIN)/100),Y)
8910 NEXT Y
8920 REM ----- Normal Stress Distribution -----
8930 FOR G=1 TO 2*N
8940 LINE(XMIN,D(G,2))-(XMAX,D(G,2))
8950 NEXT G
8960 LINE(XMIN+165,NL)-(XMAX-200,NL),7,,&HF99F
8970 FOR G=1 TO 2*N STEP 2
8980 DU1=D(G,1):DU2=D(G,2):DL1= D(G+1,1):DL2=D(G+1,2):BU1=BR(G,1):BU2=BR(G,2):BL1=BR(G+1,1):
BL2=BR(G+1,2)
8990 IF BL1>0 THEN LINE(0,BL2)-(BL1,BL2):DL1=BL1:DL2=BL2:
      REM --Tensile Break at a Inside Lamina-----
9000 IF BU1<>0 THEN LINE(DU1,DU2)-(BU1,BU2):GOTO 9020 ELSE 9010
9010 IF BL1<>0 THEN LINE(DU1,DU2)-(BL1,BL2):GOTO 9030 ELSE 9040
9020 LINE(BU1,BU2)-(DL1,DL2):GOTO 9050
9030 LINE(BL1,BL2)-(DL1,DL2):GOTO 9050
9040 LINE(DU1,DU2)-(DL1,DL2)
9050 IF DU1<0 THEN XCP1=-ABS(DU1)/10:YCP1=DU2+.005 ELSE XCP1=ABS(DU1)/10:YCP1=DU2+.005
9060 IF DL1<0 THEN XCP2=-ABS(DL1)/10:YCP2=DL2-.005 ELSE XCP2=ABS(DL1)/10:YCP2=DL2-.005
9070 IF DU1>=1 OR DU1<=-1 THEN PAINT (XCP1,YCP1),3,7
9080 IF DL1>=1 OR DL1<=-1 THEN PAINT (XCP2,YCP2),3,7
9090 NEXT G
9100 LOCATE 16, 2:PRINT YMIN:LOCATE 16,19:PRINT YMAX
9110 XNT=(638-158)*(-XMIN)/(XMAX-XMIN)/8      :REM --Zero Position of Strength--
9120 LOCATE 17,21:PRINT XMIN: LOCATE 73,21:PRINT "+":XMAX: LOCATE(18+XNT),21:PRINT 0
9130 LOCATE 40,22:PRINT XID$
9140 LOCATE 17, 0:PRINT YID$:COLOR 6:LOCATE 53, 0:PRINT:NAM$;" ( ";NSP$;" )"
9150 LOCATE 35, 1:PRINT "COMP.SIDE":LOCATE (XNT+5),21:PRINT "TENS.SIDE":COLOR 4
9160 LOCATE 25,INT(20*NL):PRINT "N (=":NL;")":LOCATE 74,INT(20*NL):PRINT "N"
9170 LOCATE 53,1:IF LDL=1 THEN PRINT"[PROP.LIM.LOADING]" ELSE IF LDL=2 THEN PRINT"[MID PLASTIC
LOADING]" ELSE PRINT"[MAXIMUM LOADING]"
9180 LOCATE 46, 3:PRINT"APPARENT SKIN FIB.STS.":LOCATE 68, 3:IF LDL= 1 THEN PRINT "(M.P.L.)="
ELSE IF LDL=2 THEN PRINT" =" ELSE PRINT"(M.O.R.)="
9190 LOCATE 60, 4:IF LDL=1 THEN PRINT:FBPI;"[kgf/cm2]" ELSE IF LDL=2 THEN PRINT:FBQI;"[kgf/cm2
]" ELSE PRINT:FBRI;"[kgf/cm2]"
9200 GOSUB *SUBR.11 : GOSUB *SUBR.10
9210 LOCATE 0,22,1:PRINT"CHOICE YOUR JOB NUMBER !"
9220 INPUT"(1) OTHER GRAPHS (2) UNUSED (3)or<RET> OTHER LOAD LEVEL ? ",RE:ON RE GOTO 9250,8
820,9230
9230 LOCATE 0,22,1:COLOR 7:PRINT "LOADING LEVEL ? "
9240 INPUT "(1)Prop.Limit (2)Mid Plastic Load (3)Max.Load (4)Next Step<RET> ? ",LDL
:COLOR 6:REP=1:GOSUB 9250:SE$="Y": ON LDL GOTO 8530,8600,8460,6410:GOTO 6410
9250 VIEW(0,0)-(639,YMX),0 :CLS: WINDOW(0,0)-(639,199): VIEW(0,0)-(639,199),0,0 :SCREEN 0,0:IF
REP=1 THEN RETURN ELSE LOCATE 0,20:PRINT" JOB END"
9260 RETURN
9270 REM =====<<<< SUBROUTINE 8 >>>> ( Load-Deflexion Curve )=====
9280 *SUBR.8
9290 WIDTH 80,25:CONSOLE 0,25,0,1:SCREEN 0,0:COLOR 7:CLS

```

```

9300 NAM$="TEST NAME":XID$="Deflexion at center of beam [cm]":YID$="Load [kgf]":XDA$="X-DATA"
:YDA$="Y-DATA"
9310 XDA$="X-DATA":YDA$="Y-DATA"
9320 REM ----- Graph Frame Setting -----
9330 LOCATE 0,15: PRINT SPACE$(79): LOCATE 0,10:COLOR 5: INPUT"IF YOU WANT TO SET MIN- & MAX-
VALUES OF FRAMES YOURSELF, THEN INPUT <Y>
ELSE STRIKE <RET> ",SE$
9340 CLS:XMIN=0
9350 DCRLEF=VAL(LEFT$(STR$(INT(.5+DCR)),2)): DCRLEN=LEN(STR$(INT(.5+DCR))): XMAX=(DCRLEF+1)*
10^(DCRLEN-2):IF DCRLEF<5 THEN XI=10^(DCRLEN-3) ELSE XI=10^(DCRLEN-2)
9360 YMIN=0: WRLEF=VAL(LEFT$(STR$(INT(.5+WR)),2)): WRLEN=LEN(STR$(INT(.5+WR))):YMAX=(WRLEF+1)*
10^(WRLEN-2):IF WRLEF<5 THEN YI=10^(WRLEN-3) ELSE YI=10^(WRLEN-2)
9370 IF SE$="Y" OR SE$="y" THEN 9380 ELSE 9480
9380 SCREEN 0,0:CLS:LINE(140,0)-(620,160),4,B
9390 COLOR 4: LOCATE 0,2:PRINT"YMAX>";WRI;"[kgf/cm2]": LOCATE 0,18:PRINT"XMAX>";DCRI;"[cm]":
COLOR 7
9400 LOCATE 17,20: PRINT SPACE$(20): LOCATE 17,20: INPUT"X MINIMUM ";XMI$: IF VAL(XMI$)>=0
AND VAL(XMI$)<DCRI THEN XMIN=VAL(XMI$) ELSE 9400
9410 LOCATE 60,20: PRINT SPACE$(20): LOCATE 60,20: INPUT"X MAXIMUM ";XMA$: IF VAL(XMA$)>=
DCRI THEN XMAX=VAL(XMA$) ELSE 9410
9420 LOCATE 30,18: PRINT SPACE$(20): LOCATE 30,18: INPUT"INTERVAL OF X ";XI$: IF VAL(XI$)>0
AND VAL(XI$)<VAL(XMA$) THEN XI=VAL(XI$) ELSE 9420
9430 COLOR 6:LOCATE 16,19:PRINT SPACE$(20):LOCATE 16,19:INPUT"Y MINIMUM ";YMI$: IF VAL(YMI$)
>=0 AND VAL(YMI$)<WRI THEN YMIN=VAL(YMI$) ELSE 9430
9440 LOCATE 16,0: PRINT SPACE$(20): LOCATE 16,0:INPUT"Y MAXIMUM ";YMA$: IF VAL(YMA$)>=WRI
THEN YMAX=VAL(YMA$) ELSE 9440
9450 LOCATE 20,10:PRINT SPACE$(25): LOCATE 20,10: INPUT"INTERVAL OF Y ";YI$: IF VAL(YI$)>0 AND
VAL(YI$)<VAL(YMA$) THEN YI=VAL(YI$) ELSE 9450
9460 IF JB=3 THEN YMIN=YMIN*100:YMAX=YMAX*100:YI=YI*100
9470 COLOR 3:LOCATE 20,15:PRINT"IF ERROR STRIKE <E> ELSE ANY KEY";: A$=INPUT$(1): IF A$="E" OR
A$="e" THEN COLOR 6:GOTO 9400 ELSE COLOR 4:GOTO 9480
9480 X1=XMIN:X2=XMAX
9490 Y1=YMIN:Y2=YMAX
9500 CLS 3
9510 SCR$="C"
9520 IF SCR$="C" OR SCR$="c" THEN SCREEN 3,0: YMX=322 ELSE IF SCR$="M" OR SCR$="m" THEN SCREEN
2,0:YMX=322 ELSE BEEP:GOTO 9510
9530 WINDOW(XMIN,-YMAX)-(XMAX,-YMIN)
9540 CLS:VIEW(158,1)-(638,YMX),,7
9550 FOR X=XMIN TO XMAX STEP XI
9560 IF DCRLEF<5 THEN XNN=3 ELSE XNN=2
9570 IF X/XI MOD 5*10^(DCRLEN-XNN)/XI=0 THEN LINE(X,-YMIN)-(X,-(YMIN+3*(YMAX-YMIN)/100)),7
ELSE LINE(X,-YMIN)-(X,-(YMIN+(YMAX-YMIN)/100)),7
9580 NEXT X:GOTO 9640
9590 X3=X1
9600 FOR X=X3 TO X2 STEP X3
9610 IF X>X3*9.9 THEN X3=X:GOTO 9600
9620 LINE(LOG(X)/2.30259,-YMIN)-(LOG(X)/2.30259,-(YMIN+(YMAX-YMIN)/100)),7
9630 NEXT X
9640 FOR Y=YMIN TO YMAX STEP YI

```



```

9650 IF WRLEF<5 THEN YNN=3 ELSE YNN=2
9660 IF Y/YI MOD (5/YI)*10^(WRLEN-YNN)=0 THEN LINE(XMIN,-Y)-(XMIN+3*(XMAX-XMIN)/100,-Y),
7 ELSE LINE(XMIN,-Y)-(XMIN+(XMAX-XMIN)/100,-Y),7
9670 NEXT Y:GOTO 9800
9680 Y3=Y1
9690 FOR Y=Y3 TO Y2 STEP Y3
9700 IF Y>Y3*9.9 THEN Y3=Y:GOTO 9690
9710 LINE(XMIN,-LOG(Y)/2.30259)-(XMIN+(XMAX-XMIN)/100,-LOG(Y)/2.30259),7
9720 NEXT Y:GOTO 9800
9730 FOR Y=-4 TO 4
9740 LINE(XMIN,-Y)-(XMIN+(XMAX-XMIN)/100,-Y),7
9750 NEXT Y
9760 FOR Y=10 TO 90 STEP 10
9770 LINE(XMAX,-LOG(Y/(100-Y)))-(XMAX-(XMAX-XMIN)/100,-LOG(Y/(100-Y))),7
9780 NEXT Y
9790 LINE(XMIN,0)-(XMAX,0),7
9800 G=1
9810 LINE( 0, 0)-(DCP,-WP),5:CIRCLE(DCP,-WP),(XMAX-XMIN)/125,6
9820 FOR G=1 TO NGP STEP SP
9830 IF G>1 GOTO 9840 ELSE 9890
9840 LINE (DTT1,-DTT2)-(DTT(G,1),-DTT(G,2)),6
9850 CIRCLE(DTT1,-DTT2),(XMAX-XMIN)/325,0,,6.28:PAINT(DTT1,-DTT2),0
9860 CIRCLE(DTT(G,1),-DTT(G,2)),(XMAX-XMIN)/325,0,,6.28:PAINT(DTT(G,1),-DTT(G,2)),0
9870 CIRCLE(DTT1,-DTT2),(XMAX-XMIN)/300,6,,6.28
9880 CIRCLE(DTT(G,1),-DTT(G,2)),(XMAX-XMIN)/300,6,,6.28:GOTO 9890
9890 DTT1=DTT(G,1):DTT2=DTT(G,2)
9900 NEXT G
9910 LINE(DTT1,-DTT2)-(DCR,-WR),5:CIRCLE(DCR,-WR),(XMAX-XMIN)/325,0:CIRCLE(DCR,-WR),(XMAX-XMIN
)/300,6:CIRCLE(DCR,-WR),(XMAX-XMIN)/125,3
9920 COLOR 6:LOCATE 13,0:PRINT Y2:LOCATE 15,20:PRINT Y1
9930 LOCATE 19,21:PRINT X1:LOCATE 74,21:PRINT X2
9940 LOCATE 22,1:PRINT YID$:LOCATE 53,15:PRINT;NAM$;" ( ";NSP$;" )"
9950 LOCATE 35,22:PRINT XID$ : COLOR 4
9960 GOSUB *SUBR.11 : GOSUB *SUBR.10
9970 LOCATE 0,22,1:PRINT"WHAT JOB DO YOU CHOICE ?"
9980 INPUT"(1) OTHER GRAPH<RET> (2) FRAME CHANGE (3) UNUSED ? ",RE:VIEW(0,0)-(639,VMX),0,0:
CLS:REP=1:SE$="Y":ON RE GOTO 9990,9340,9510
9990 COLOR 7:LOCATE 0,20:PRINT"GRAPH MAKING END"
10000 RETURN
10010 REM =====<<<< SUB.PROGRAM 9 >>>> ( Shear-stress Distribution )=====
10020 *SUBR.9
10030 WIDTH 80,25:CONSOLE 0,25,0,1:SCREEN 0,0,1:COLOR 6:CLS
10040 NAM$="TEST NAME":XID$="SHEARING STRESS [kgf/cm2]":YID$="THICK.[ratio]"
10050 WLR=1
10060 FOR G=0 TO N
10070 SH(G)=TYT(G) :REM --(Shearing Stress at each Glue Layer and Surface)-
10080 DH(G)=UL(G) :REM --(Ratio of Glue-Layer's Distance from Comp.Side)--
10090 KS(G)=KST(G) :REM --(KEENAN's Shear Stress)-----
10100 JS(G)=SVY(G) :REM --(JIS max. Shear Stress)-----
10110 NEXT G

```

```

10120 XMAX2=0
10130 FOR G=0 TO N
10140   XMAX1=INT(.5+KS(G)):IF XMAX2<INT(.5+KS(G)) THEN XMAX2=INT(.5+KS(G))
10150 NEXT G
10160 IF TYTM>XMAX2 THEN XMAX2=INT(.5+TYTM) :REM --for Deciding Max.X-scale--
10170 XMAXLEF=VAL(LEFT$(STR$(XMAX2),2)):XMAXLEN=LEN(STR$(XMAX2))
10180 IF XMAXLEN>=5 THEN NLEN=.5 ELSE NLEN=1
10190 XMAX=(XMAXLEF+NLEN)*10^(XMAXLEN-2):MXI=XMAX/(XMAX/10)
10200 XMIN=-XMAX/10
10210 YMIN=0:YMAX=1
10220 REM ----- Graph Frame Setting -----
10230 X1=XMIN:X2=XMAX:Y1=0:Y2=2
10240 SCR$="C" : 'COLOR 4:LOCATE 5,19:INPUT"MONOCHROME (M), COLOR (C)";SCR$
10250 IF SCR$="C" OR SCR$="c" THEN SCREEN 3,0:YMX=322 ELSE IF SCR$="M" OR SCR$="m" THEN SCREEN
  2,0:YMX=322 ELSE BEEP:GOTO 10240
10260 WINDOW(XMIN,YMIN)-(XMAX,YMAX+.05)
10270 CLS:VIEW(158,40)-(638,YMX),,7
10280 FOR X=0 TO XMAX STEP MXI
10290   IF X MOD 5*MXI=0 THEN LINE(X,YMAX+.05)-(X,(YMAX+.05-3*(YMAX-YMIN)/100)),7 ELSE LINE(X,
  YMAX+.05)-(X,(YMAX+.05-(YMAX-YMIN)/100)),7: LINE(0,YMAX)-(0,YMIN),7,,&HF99F
10300 NEXT X
10310 FOR Y=0 TO 1 STEP .1
10320   IF Y=.5 THEN LINE(XMIN,Y)-((XMIN+3*(XMAX-XMIN)/100),Y) ELSE LINE(XMIN,Y)-((XMIN+(XMAX-
  XMIN)/100),Y)
10330 NEXT Y
10340 REM ----- Shear Stress Distribution -----
10350 FOR G=0 TO N
10360   LINE(XMIN,DH(G))-(XMAX,DH(G))
10370 NEXT G
10380 LINE(XMIN,NP)-(XMAX,NP),7,,&HF99F
10390 FOR I=0 TO 98
10400   IF DSR(I+2)=0 THEN LINE(HYT(I)*WLR,DSR(I+1))-(0,1),5 ELSE LINE(HYT(I)*WLR,DSR(I+1))-
  (HYT(I+1)*WLR,DSR(I+2)),5
10410 NEXT I
10420 FOR G=0 TO N
10430   LINE(SH(G),DH(G))-(SH(G),(DH(G)+.02)),6
10440   LINE(SH(G+1),DH(G+1))-(SH(G+1),(DH(G+1)-.02)),6
10450   IF G=N THEN 10470
10460   LINE(KS(G+1),DH(G))-(KS(G+1),DH(G+1)),3
10470 NEXT G
10480 LINE(TYTM,NP+.02)-(TYTM,NP-.02),6
10490 LOCATE 16, 2:PRINT YMIN:LOCATE 16,19:PRINT YMAX
10500 XNT=(638-158)*(-XMIN)/(XMAX-XMIN)/8 :REM --Zero Position of Strength--
10510 LOCATE 24,21:PRINT ;0
10520 LOCATE 73,21:PRINT "+";XMAX:LOCATE(18+XNT),21:PRINT
10530 LOCATE 40,22:PRINT XID$
10540 LOCATE 17, 0:PRINT YID$:COLOR 6:LOCATE 48, 0:PRINT;NAM$;" ( ";NSP$;" )"
10550 LOCATE 35,1:PRINT "COMP.SIDE":LOCATE (30+XNT),21:PRINT "TENS.SIDE":COLOR 4
10560 LOCATE 26,INT(20*NP):PRINT "N (=";NP;")":LOCATE 74,INT(20*NP ):PRINT "N"
10570 IF WL$="1" THEN LL$="LOADING LEVEL= Lmax*1/3" ELSE IF WL$="2" THEN LL$="LOADING LEVEL

```

```

= Lprop.limt." ELSE IF WL$="3" THEN LL$="LOADING LEVEL = Lmax*2/3" ELSE IF WL$="4" OR WL$=""
THEN LL$="LOADING LEVEL = Lmax" ELSE LL$=""
10580 LOCATE 48,1:PRINT "[";LL$;"]"
10590 LOCATE 45,3:PRINT"SHEAR-S. AT N-N ="
10600 LOCATE 62,3: IF WL$="1" THEN PRINT INT(.5+TYTM*10/3)/10;"[kgf/cm2]" ELSE IF WL$="2" THEN
PRINT INT(.5+TYTM*WP*10/WR)/10;"[kgf/cm]" ELSE IF WL$="3" THEN PRINT INT(.5+TYTM*20/3)/10;"[
kgf/cm2]" ELSE PRINT TYTMI;"[kgf/cm2]"
10610 GOSUB *SUBR.11 : GOSUB *SUBR.10
10620 LOCATE 0,22,1:PRINT"WHAT JOB DO YOU CHOICE ?"
10630 INPUT"(1) OTHER GRAPHS (2) UNUSED (3)or<RET> OTHER LOAD LEVELS ";RE: ON RE GOTO 10680
,10240,10640
10640 COLOR 7:LOCATE 0,22:PRINT SPACE$(24):LOCATE 0,22:PRINT "LOADING LEVEL ?"
10650 INPUT" 1:Lmax*1/3 2:Lprop.limt. 3:Lmax*2/3 4:Lmax 5:NEXT STEP<RET> ";WL$:REP=1:
GOSUB 10680:SE$="Y"
10660 COLOR 6:IF WL$="1" THEN WLR=1/3 ELSE IF WL$="2" THEN WLR=WP/WR ELSE IF WL$="3" THEN WLR=
2/3 ELSE IF WL$="4" THEN WLR=1 ELSE GOTO 6410
10670 GOTO 10060
10680 VIEW(0,0)-(639,VMX),0: CLS: WINDOW(0,0)-(639,199):VIEW(0,0)-(639,199),0,0:SCREEN 0,0: IF
REP=1 THEN RETURN ELSE LOCATE 0,20:PRINT" JOB END"
10690 WINDOW(0,0)-(639,199): VIEW(0,0)-(639,199),0,0: SCREEN 0,0: IF REP=1 THEN RETURN ELSE
LOCATE 0,20:PRINT" JOB END"
10700 RETURN
10710 REM =====<<<< SUBROUTINE 10 >>>>( Final Treatment in Figures )=====
10720 *SUBR.10
10730 LOCATE 0,23:PRINT SPACE$(79):LOCATE 0,23:COLOR 3:PRINT"MOVE CURSOR AND WRITE. <RET> FOR
NEXT STEP !";:COLOR 4:LINE INPUT COMM$
10740 LOCATE 0,23:PRINT SPACE$(79):LOCATE 0,23: COLOR 5: INPUT"NEED COPY <C>, OR PHOTO <P> ,
OR NEXT STEP <RET> ? ",R$: IF R$="P" OR R$="p" THEN GOTO 10770 ELSE IF R$="C" OR R$="c" THEN
GOTO 10750 ELSE GOTO 10780
10750 LOCATE 0,23:PRINT SPACE$(79):LPRINT CHR$(27);">":COPY 3
10760 LPRINT CHR$(27);"H";CHR$(27);"]":LPRINT CHR$(12):GOTO 10780
10770 LOCATE 0,23,1:PRINT SPACE$(79):LOCATE 0,23: PRINT "STRIKE <SPACE> FOR NEXT STEP !":FOR
T=1 TO 5000:NEXT T:LOCATE 0,23,0:PRINT SPACE$(79):R$=INPUT$(1):IF R$<>" THEN BEEP:GOTO 10760
10780 RETURN
10790 REM =====<<<<SUBROUTINE 11 >>>>( Results-Expression in Figures )=====
10800 *SUBR.11
10810 LOCATE 0,0:PRINT"BRD=";B;"[cm]":LOCATE 0,1:PRINT"HGT=";HL;"[cm]":LOCATE 0,2:PRINT"SPN=";
L;"[cm]":LOCATE 0,3:PRINT"SH.A.=";INT(.5+SHA);"[cm2]"
10820 LOCATE 0,4:PRINT "MAX. LOAD[kgf]":LOCATE 0,5:PRINT;WRI: LOCATE 0,6: PRINT"PP.LIM.LD.
[kgf]":LOCATE 0,7:PRINT;WPI
10830 LOCATE 0,8:PRINT "MAX. DEF.[cm]":LOCATE 0,9:PRINT;DCRI:LOCATE 0,10:PRINT"PP.LIM.DEF.
[cm]":LOCATE 0,11:PRINT;DCPI
10840 LOCATE 0,13:PRINT "M.O.Y.[kgf/cm2]": LOCATE 0,14:PRINT;EPI: LOCATE 0,15:PRINT "M.O.R.[
kgf/cm2]": LOCATE 0,16:PRINT;FBRI: LOCATE 0,17:PRINT "M.P.L.[kgf/cm2]": LOCATE 0,18: PRINT;
FBPI:LOCATE 0,19:PRINT"MX.SH.[kgf/cm2]": LOCATE 0,20:PRINT;TYTMI
10850 RETURN

```

(2) 計算結果の出力例

Table 1. Summary of calculated results.

```

*****
NAME OF SPECIMEN :SAMPLE          PLIES OF LAMINAE N: 3
Lamina          Eb          Fc          Ft          HL
NO. KIND DECR.T.S. YOUNG.MOD. COMP.STG.  TENS.STG.  LAM.THICK.
      [%] [kgf/cm2] [kgf/cm2] [kgf/cm2] [cm]
  1  NARA          0  127000      430.0      1050.0      2.000
  2  SUGI          0   53000      240.0      560.0       5.000
  3  NARA          0  127000      430.0      1050.0      1.000
TOTAL THICKNESS (HEIGHT OF BEAM):                8.000

===== CALCULATED RESULTS ON LOAD & NORMAL STRESS =====
M.O.Y.= 105524 [kgf/cm2] M.O.R.= 654.8 [kgf/cm2] M.P.L.= 384.8 [kgf/cm2]
MAX.L: C.STRAIN:JRC=-.011254 T.STRAIN:JRT= .008268 N.LINE:NLR(c-n)= .576
P.L.L: C.STRAIN:JPC=-.003386 T.STRAIN:JPT= .003908 N.LINE:NLP(c-n)= .464

SPAN L= 120 [cm]          HEIGHT H= 8 [cm]          BREADTH B= 8 [cm]
MAX. LOAD Wr= 1862.7 [kgf]          MAX. DEFLX. DCR= 2.181 [cm]
PP. LIMIT LOAD Wp= 1094.6 [kgf]    PP.LIM. DEFLX. DCP= 1.094 [cm]
MID PLAST.LOAD Wq= 1367 [kgf]      MID PLAS.DEFLX.DCQ= 1.376 [cm]
Wp/Wr= .59 WQ/WR= .73             DCP/DCR= .5 DCQ/DCR= .63

=== SHEARING STRESS AT EACH GLUED LAYER WHEN RUPTURED BY BENDING ===
& KEENAN'S SHEARING STRENGTH OF EACH LAMINA
OBSERVED MAX.LOAD: 1991.1 [kgf]    CALCULATED MAX.LOAD: 1862.7 [kgf]

LAY.DIST. OBSERVED CALCULATED          JIS REGRES.    KEENAN'S CONV.
RATE(c-n)  SHEAR.STS. SHEAR.STS.          9cm2-SH.STG.  480 cm2-SH.STG.
      [kgf/cm2] [kgf/cm2] [kgf/cm2] [kgf/cm2] [kgf/cm2]
-----
0.00          0.0          0.0          135.9          64.7
0.25          19.0         17.8         56.7           27.0
0.88          13.3         12.4         135.9          64.7
1.00          0.0          0.0
-----
MAX.SH.POS.          OBS.MAX.SH.STS.          CAL.MAX.SH.STS.
  0.46                21.2[kgf/cm2]          19.8[kgf/cm2]

=== COMPARISON OF OBSERVED DATA WITH CALCULATED VALUES ===
      [kgf/cm2]          [kgf/cm2]          [ratio]
OBS.M.O.Y.= 110000          CAL.M.O.Y.= 105524          M.O.Y.(OB/CA)= 1.04
OBS.M.O.R.= 700            CAL.M.O.R.= 654.8          M.O.R.(OB/CA)= 1.07
OB.MAX.SH.STS.= 21.2        CA.MAX.SH.STS.= 19.8          MX.SH.(OB/CA)= 1.07
*****

```

Words or figures with underlines indicate 'INPUT DATA'.

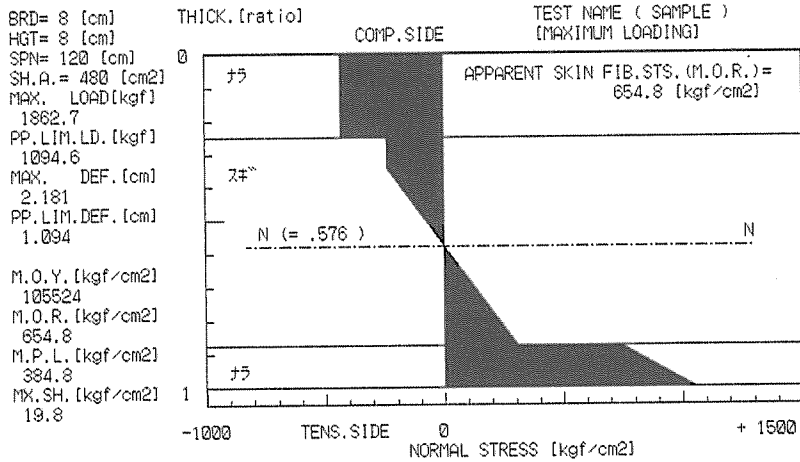


Fig. 1. Normal stress distribution at maximum load.

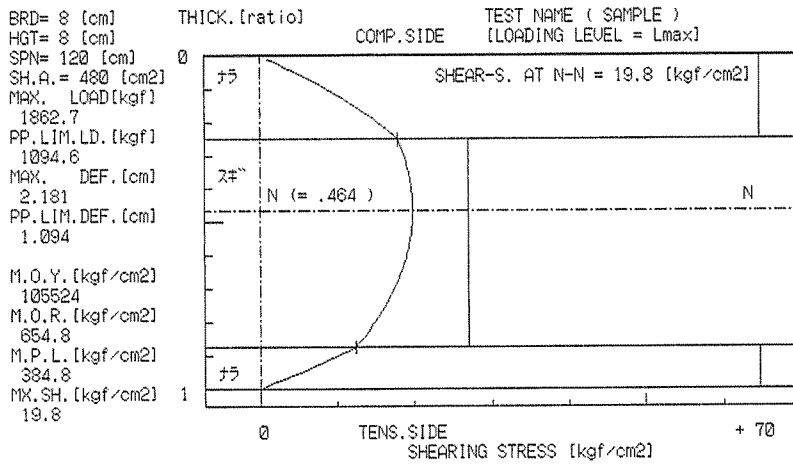


Fig. 2. Shearing stress distribution at maximum load.

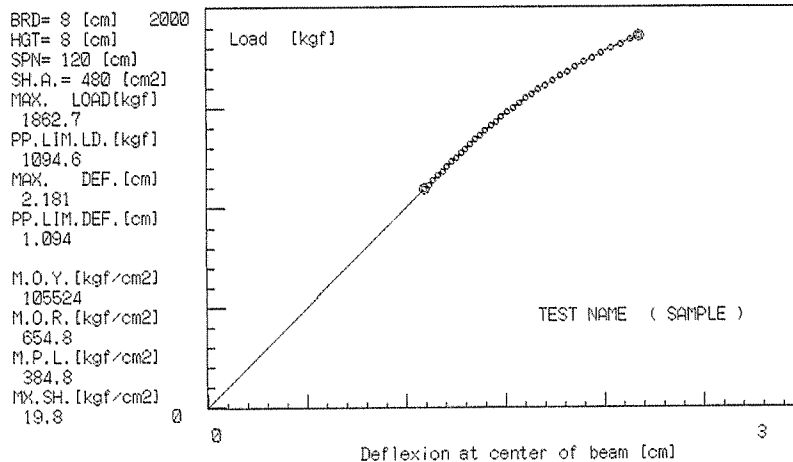


Fig. 3. Load-deflection curve at maximum load.