

%PŘÍLOHA 1

"PROGRAM PRO VÝPOČET ÚNOSNOSTI SPOJOVACÍHO PROSTŘEDKU V CLT"

"PRO SPOJ OCEL-CLT S TENKOU DESKOU"

%VSTUPY%%%

%geometrické parametry CLT

%"jednotlivé vrstvy ve kterých se nachází spojovací prostředek a
%délka spojovacího prostředku v nich[mm] (spojovací prostředek začíná u hrotu,
%součet těchto tloušťek a tloušťky plechu se rovná efektivní délce sp. prostředku):"

t = [50;20;20;20;20];

%"odklon vláken jednotlivých vrstev ve kterých se
%nahází spojovací prostředek (1=rovnoběžně s působením, 0=kolmo):"

s = [1;0;1;0;1];

%"rozměr konečných prvků[mm]:"

%(konečné prvky musí dělit jednotlivé vrstvy tak aby vzniklo celé číslo)

l = 0.01;

%materiálové parametry CLT

%"pevnost lamel v otláčení rovnoběžně s vlákny [N/mm2]:"

fh0k = 28;

%"pevnost lamel v otláčení kolmo na vlákna [N/mm2]:"

fh90k = 18;

%parametry spojovacího prostředku

%"efektivní průměr spojovacího prostředku [mm]:"

d = 20;

%"mez pevnosti oceli spojovacího prostředku [N/mm2]:"

fu = 600;

%"plastický moment únosnosti spojovacího prostředku (vzrec z EC 5 pro kruhové hřebíky) [Nmm]:"

MyRk = 0.3 * fu * d^2.6;

%geometrické parametry ocelové desky

%"tloušťka ocelové desky [mm]:"

tp = 10;

%VÝPOČET%%%

%Vektor pevností jednotlivých vrstev

fh = zeros(size(t,1),1);

for i = 1:(size(t,1))

if s(i) == 1

fh(i) = fh0k;

else

fh(i) = fh90k;

endif

endfor

fh;

%dělení spoj. prostředku konečnými prvky (vektor souřadnic x)

x = [0:1:(sum(t))-1]';

%vektor pevností v tolačení v bodech x

Fh = zeros(length(x),1);

p = 1; %pomocná proměnná

for i = 1:length(x)

if i*1 < sum(t(1:p))

Fh(i) = fh(p);

else

```

Fh(i) = fh(p);
p = p + 1;
endif
endfor
Fh;
%%%%SPOJ OCEL-DŘEVO MOD PORUŠENÍ A
%výpočet pozice změny ve směru působení zatížení
%pomocné nulové vektory:
M = zeros(length(x),1);
M1 = zeros(length(x),1);
sumM = zeros(length(x),1);
P = zeros(length(x),1);
Fz1 = zeros(length(x),1);
%vektor kladných momentů od zatížení jednotlivých konečných prvků
for i = 1:length(x)
    M(i) = Fh (i) * l * [sum(t) - x(i) - 0.5 * l+ 0.5*tp];
endfor
M;
%vektor záporných momentů od zatížení jednotlivých konečných prvků
M1 = M;
for i = 1:length(x)
    M1(i) = - M(i);
    sumM(i) = sum(M1);
endfor
%pomocný vektor pro určení polohy bodu změny zatížení
for i = 1:length(x)
    if sumM (i) > 0
        P(i) = 1;
    else
        P(i) = 0;
    endif
endfor
%Číslo konečného prvku, ve kterém dojde ke změně směru zatížení:
s = sum(P);
%vektor zatížení jedotlivých konečných prvků spojovacího prostředku
for i = 1 : length(x)
    if i <= s
        Fz1(i) = -Fh(i);
    else
        Fz1(i) = Fh(i);
    endif
endfor
Fz1;

```

```

%%%%SPOJ OCEL-DŘEVO MOD PORUŠENÍ B
%pomocné nulové vektory:
Ms2 = zeros(size(M,1),1);
P2 = zeros(length(x),1);
sumMs2 = zeros(size(M,1),1);
%momenty od kladného zatížení jednotlivých konečných prvků k bodu O řazených od
%hlavičky spojovacího prostředku
for i = 1 : size(M,1)
    Ms2(i) = M(size(M,1)+1-i) * d;
endfor

```

```

Ms2;

for i = 1 : size(Ms2,1)
    sumMs2(i) = sum(Ms2(1:i)) - MyRk;
endfor
sumMs2;

%pomocný vektor pro určení polohy bodu dosažení plastického momentu únosnosti
for i = 1:length(x)
    if sumMs2 (i) < 0
        P2(i) = 1;
    else
        P2(i) = 0;
    endif
endfor
P2;
%číslo konečného prvku,ve kterém dojde k dosažení plastického momentu únosnosti sp. prostředku:
s2 = length(x)-sum(P2);
%vektor zatížení jednotlivých konečných prvků spojovacího prostředku
Fz2 = zeros(length(x),1);
for i = 1 : length(x)
    if i <= s2
        Fz2(i) = 0;
    else
        Fz2(i) = Fh(i);
    endif
endfor
Fz2;

"ÚNOSNOST SPOJOVACÍHO PROSTŘEDKU [N]:"
Ra = sum(Fz1) * d * l
Rb = sum(Fz2) * d * l
R = min(Ra,Rb)
%%%%%VYKRESLENÍ PRŮBĚHU ZATÍŽENÍ SPOJOVACÍHO PROSTŘEDKU
%MÓD PORUŠENÍ A
subplot(2,1,1)
x = x;
y = Fz1;
plot (x,y);
set(gca,"fontsize",11)
axis([0 sum(t) min(Fz1)-5 max(Fz1)+5]);
ylabel('zatížení [N/mm2]'); xlabel('x [mm]');
title('Průběh zatížení sp. prostředku: mechanismus a');

%MÓD PORUŠENÍ B
subplot(2,1,2)
x = x;
y = Fz2;
plot (x,y);
set(gca,"fontsize",11)
axis([0 sum(t) min(Fz2)-5 max(Fz2)+5]);
ylabel('zatížení [N/mm2]'); xlabel('x [mm]');
title('Průběh zatížení sp. prostředku: mechanismus b');

```

%PŘÍLOHA 2

"PROGRAM PRO VÝPOČET TUHOSTI SPOJOVACÍHO PROSTŘEDKU V CLT"

"PRO SPOJ OCEL-CLT S TENKOU DESKOU"

%VSTUPY%%%

%geometrické parametry CLT

%"jednotlivé vrstvy ve kterých se nachází spojovací prostředek a
%délka spojovacího prostředku v nich[mm] (spojovací prostředek začíná u hrotu,
%součet těchto tloušťek a tloušťky plechu se rovná efektivní délce sp. prostředku):"

t = [10;20;20];

%"odklon vláken jednotlivých vrstev ve kterých se
%nahází spojovací prostředek (1=rovnoběžně s působením, 0=kolmo):"

s = [1;0;1];

%"rozměr konečných prvků[mm]:"

%(konečné prvky musí dělit jednotlivé vrstvy tak aby vzniklo celé číslo)

l = 1;

%materiálové parametry CLT

%"tuhost lamel v otláčení rovnoběžně s vlákny [N/mm2]:"

kp0 = 28;

%"tuhost lamel v otláčení kolmo na vlákna [N/mm2]:"

kp90 = 18;

%parametry spojovacího prostředku

%"efektivní průměr spojovacího prostředku [mm]:"

d = 6;

%"modul pružnosti oceli spojovacího prostředku [N/mm2]:"

E = 210000;

%geometrické parametry ocelové desky

%"tloušťka ocelové desky [mm]:"

tp = 10;

%"předepsaný posun ocelové desky [mm]:"

w = 1;

%VÝPOČET%%%

%ohybová tuhost spojovacího prostředku [Nmm2]

EI = E * (pi*d^4)/64;

%tuhost pružiných podpor [N/mm]

kh0 = kp0 * d * l

kh90 = kp90 * d * l

%Vektor tuhostí jednotlivých vrstev

kh = zeros(size(t,1),1);

for i = 1:(size(t,1))

if s(i) == 1

kh(i) = kh0;

else

kh(i) = kh90;

endif

endfor

kh;

%dělení spoj. prostředku konečnými prvky (vektor souřadnic x tzn. souřadnic konečných prvků)

```
x = [0:1:(sum(t))];
```

```
%vektor umístjící pružinu k daném místu v kci
```

```
Kh = zeros(length(x),1);
```

```
p = 1; %pomocná proměnná
```

```
for i = 1:length(x)
```

```
    if i*1 <= sum(t(1:p))
```

```
        Kh(i) = kh(p);
```

```
    else
```

```
        Kh(i) = kh(p);
```

```
        p = p + 1;
```

```
    endif
```

```
endfor
```

```
Kh;
```

```
%%%%MATICE TUHOSTI KONSTRUKCE K
```

```
%počet prutů v soustavě
```

```
n = size(x,1);
```

```
%počet neznámých v soustavě
```

```
m = 2*n + 2;
```

```
%úhel natočení prutu v souř. systému:
```

```
o = 0;
```

```
%cosinus úhlu:
```

```
c = cos(o);
```

```
%sinus úhlu:
```

```
s = sin(o);
```

```
%Matice tuhsti prutů vetknutí-vetknutí v CLT
```

```
l1 = l; %délka prutů v CLT
```

```
Kvv = 2*(EI / l1)*[6*(c^2/l1^2), -3*c/l1, -6*(c^2/l1^2), -3*c/l1;
```

```
                -3*c/l1, 2, 3*c/l1, 1;
```

```
                -6*(c^2/l1^2), 3*c/l1, 6*(c^2/l1^2), 3*c/l1;
```

```
                -3*c/l1, 1, 3*c/l1, 2];
```

```
%Matice tuhosti prutu vetknutí-vetknutí v ocelové desce
```

```
l3 = tp/2; %délka prutu vetknutí-vetknutí v oceli
```

```
Kvv2 = 2*(EI / l3)*[6*(c^2/l3^2), -3*c/l3, -6*(c^2/l3^2), -3*c/l3;
```

```
                -3*c/l3, 2, 3*c/l3, 1;
```

```
                -6*(c^2/l3^2), 3*c/l3, 6*(c^2/l3^2), 3*c/l3;
```

```
                -3*c/l3, 1, 3*c/l3, 2];
```

```
%Lokalizace matic tuhosti prutů do matice tuhosti konstrukce
```

```
%pomocné matice:
```

```
Kzeros = zeros(m,m);
```

```
K1 = Kzeros;
```

```
Kn = Kzeros;
```

```
Ki = Kzeros;
```

```
%lokalizace matice tuhosti prutu 1
```

```
K1(1:4,1:4) = Kvv;
```

```
K1;;
```

```
%umístění matice tuhosti posledního (n-tého) prutu
```

```
Kn(m-3:m,m-3:m) = Kvv2 (:,:);
```

```
Kn;
```

```
%umístění matic tuhosti vnitřních prutů
```

```
%pomocná matice Kil:
```

```
mn = m-4; %počet prvků matice Kil
```

```
Kil = zeros(mn,mn);
```

```

for i = 1 : mn
    %hlavní diagonála
    Kil(1+2*i,1+2*i) = Kvv(1,1) + Kvv(3,3);
    Kil(2+2*i,2+2*i) = Kvv(2,2) + Kvv(4,4);
    Kil(1,1) = Kvv(1,1);
    Kil(2,2) = Kvv(2,2);
    Kil(mn-1,mn-1) = Kvv(3,3);
    Kil(mn,mn) = Kvv(4,4);
    %vedlejší diagonála 1
    Kil(2+2*i,1+2*i) = Kvv(3,4) + Kvv(1,2);
    Kil(3+2*i,2+2*i) = Kvv(3,2);
    Kil(3,2) = Kvv(3,2);
    Kil(2,1) = Kvv(2,1);
    Kil(mn,mn-1) = Kvv(4,3);
    Kil(mn-1,mn-2) = Kvv(3,2);
    %zrcadlení
    Kil(i,i+1) = Kil(i+1,i);
    %vedlejší diagonála 2
    Kil(1+2*i,2*i-1) = Kvv(3,1);
    Kil(2+2*i,2*i-1) = Kvv(4,1);
    Kil(2+2*i,2*i) = Kvv(4,2);
    %zrcadlení
    Kil(2*i-1,1+2*i) = Kil(1+2*i,2*i-1);
    Kil(2*i-1,2+2*i) = Kil(2+2*i,2*i-1);
    Kil(2*i,2+2*i) = Kil(2+2*i,2*i);
endfor

%matice Ki
Ki(3:m-2,3:m-2) = Kil(1:mn,1:mn);

%Příspěvek tuhosti pružin do matice tuhosti konstrukce
Kv = zeros(m,m);
for i = 1 : 0.5*m-1
    Kv(2*i-1,2*i-1) = Kh(i);
endfor
Kv;

%Matice tuhosti konstrukce
K = Ki + K1 + Kn + Kv;

%VEKTOR ZATÍŽENÍ f
f = zeros(m,1);

%%%VÝPOČET POSUNŮ
%matice tuhosti pro neznámé posuny
Km = [K(1:m-2,1:m-2),K(1:m-2,m);K(m,1:m-2),K(m,m)];
%vektor konstant:
lm1 = K(1:m,m-1);
lm = zeros(m,1);
for i = 1:m
    lm(i) = lm1(i) * w;
endfor
lm2 = lm;
lm = [lm(1:m-2,1);lm(m,1)];

%vektor neznámých posunů a natočení:
r1 = inv(Km) * (-lm);

```

```
%Vektor posunů a natočení [mm,rad]:
```

```
r = [r1(1:m-2,1);w;r1(m-1,1)];
```

```
%Reakce v podpoře [N]:
```

```
R = K(m-1,1:m) * r;
```

```
"TUHOST SPOJOVACÍHO PROSTŘEDKU [N/mm]:"
```

```
Kser = abs(K(m-1,1:m) * r)
```

```
Ku = (2/3) * Kser
```

```
%%%VYKRESLENÍ PRŮBĚHU OHYBOVÉ ČÁRY SPOJOVACÍHO PROSTŘEDKU
```

```
%Vektor posunů [mm] :
```

```
fr = zeros(m/2,1);
```

```
for i = 1 : m/2
```

```
    fr(i) = r(2*i-1);
```

```
endfor
```

```
fr;
```

```
plot(2,1,1)
```

```
x = [x;sum(t)+l3];
```

```
y = fr;
```

```
plot (x,y);
```

```
set(gca,"fontsize",20)
```

```
axis([0 sum(t)+l3 min(fr) max(fr)]);
```

```
ylabel('posuny [mm]'); xlabel('x [mm]');
```

```
title('deformace spojovacího prostředku');
```

%PŘÍLOHA 3

"PROGRAM PRO VÝPOČET TUHOSTI KOTVY TYPY 1"

%VSTUPY%%%

%"zatížení kotvy tahovou silou [N]:"

F = 100;

%geometrické a materiálové parametry CLT

%"šířka průřezu [mm]:"

bd = 300;

%"výška průřezu [mm]:"

hd = 200;

%"modul pružnosti [N/mm2]:"

Ed = 11000;

%parametry tahové kotvy

%"šířka průřezu [mm]:"

bo = 91;

%"výška průřezu [mm]:"

ho = 3;

%"délka ocelového pásku mezi místy se spojovacími prostředky [mm]:"

L2 = 212+2*48;

%"modul pružnosti [N/mm2]:"

Eo = 210000;

%"normálová tuhost průřezu [N]:"

EAO = Eo*bo*ho;

%parametry spojovacích prostředků

%"počet spojovacích prostředků v řadě:"

ns = 5;

%"počet řad spojovacích prostředků:"

nr = 1;

%"rozteč spojovacích prostředku v řadě [mm]:"

a1 = 32;

%"modul prokluzu jednoho spojovacího prostředku [N/mm]:"

Kser = 2305;

%"únosnost spojovacího prostředku [N]:"

R = 20;

%VÝPOČET TUHOSTI KOMPONENTY K1%%%

%"normálová tuhost průřezu CLT [N]:"

EAd = Ed*bd*hd;

%"normálová tuhost průřezu plech[N]:"

EAO = Eo*bo*ho;

%"počet spojovacích prostředků:"

n = ns*nr;

%počet neznámých

m = 2*ns-1;

%vektory tuhostí jednotlivých prvků

%"tuhosti komponent proflů

%"vektor tuhosti CLT

Kdrevo = zeros(ns-1,1);

for i = 1:ns-1

Kdrevo(i) = EAd/a1;


```

endfor

%vektor tuhosti ocel
Kocel = zeros(ns-1,1);
for i = 1:ns-1
    Kocel(i) = EAo/al;
endfor

%pomocná tuhost na místě m a v místě 0
km = 0;

%vektory tuhostí ocel+dřevo+pomocná tuhost na místě m
k = [km;Kdrevo;Kocel;km];

%VÝPOČET TUHOSTI PRO MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI
%tuhosti komponent spoj. prostředků
ksers = zeros(ns+(ns-1),1);
for i = 1:2*ns-1
    ksers(i) = Kser*nr;
endfor
ksers;

%vektor zatížení
f = zeros(m,1);
f(1,1) = F;
f;

%matice tuhosti
%pomocná matice tuhosti K1
Klser = zeros(m,m);
for i = 1:m
    Klser(m+1-i,i) = -ksers(i);
    Klser(i,i) = k(i) + k(i+1) + ksers(i);
    Klser(ns,ns) = k(ns) + ksers(ns);
    Klser(i,i+1) = -k(i);
    Klser(i+1,i) = Klser(i,i+1);
    Klser(1,2) = -k(2);
    Klser(2,1) = Klser(1,2);
    Klser(ns,ns+1) = 0;
    Klser(ns+1,ns) = 0;
endfor
Kmser = Klser(1:m,1:m);
Kmser;

%posuny [mm]
rser = inv(Kmser) * f;
rser;

%TUHOST KOMPONENTY kser1 [N/mm]
kser1 = F / rser(1)

%zatížení jednotlivých spojovacích prostředků [N]:
Fs = zeros(ns,1);
for i = 1:ns

```

```

Fs(i) = (ksers(i)/nr)*abs(rser(i) - rser(m+1-i));
Fs(ns) = (ksers(ns)/nr)*abs(rser(ns));
endfor
Fs;

%Vykreslení sil ve spojovacích prostředcích
%funkce polohy spoj. prostředků:
p = zeros(ns,1);
for i = 1:ns
    p(i) = a1 * (i-1);
endfor
p;
subplot(1,1,1)
x = p;
y = Fs;
plot(x,y);
scatter(x,y, 'k');
axis([0 p(ns-1) 0 [max(Fs)+ 0.1*max(Fs)]]);
ylabel('sila [kN]'); xlabel('umístění spojovacího prostředků v řadě [mm]');
set(gca,"fontsize",14)
title('sily v jednotlivých spojovacích prostředcích');

```

```

%VÝPOČET TUHOSTI PRO MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

```

```

%tuhost spojovacího prostředku
Ku = (2/3) * Kser;
%tuhosti komponent spoj. prostředků
kus = zeros(ns+(ns-1),1);
for i = 1:2*ns-1
    kus(i) = Ku*nr;
endfor
kus;

```

```

%PRUŽNÝ VÝPOČET_NULTÁ ITERACE

```

```

%vektor zatížení

```

```

f = zeros(m,1);
f(1,1) = F;
f;

```

```

%matice tuhosti

```

```

%pomocná matice tuhosti => matice K1

```

```

K1 = zeros(m,m);
for i = 1:m
    K1(m+1-i,i) = -kus(i);
    K1(i,i) = k(i) + k(i+1) + kus(i);
    K1(ns,ns) = k(ns) + kus(ns);
    K1(i,i+1) = -k(i);
    K1(i+1,i) = K1(i,i+1);
    K1(1,2) = -k(2);
    K1(2,1) = K1(1,2);
    K1(ns,ns+1) = 0;
    K1(ns+1,ns) = 0;
endfor

```

```

K = K1(1:m,1:m);

```

```

K;

```

```

%posuny [mm]
r = inv(K) * f;
r;
% Tuhost komponenty kul- nultá iterace [N/mm]
KuS = F / r(1);
%zatižení jednotlivých spojovacích prostředků [N]:
Fs = zeros(ns,1);
    for i = 1:ns
        Fs(i) = (kus(i)/nr)*abs(r(i) - r(m+1-i));
        Fs(ns) = (kus(ns)/nr)*abs(r(ns));
    endfor
Fs;

%PLASTIZACE_PRVNÍ ITERACE
%pomocné vektory tuhosti spoj. prostředků po plastizaci
ksP1 = zeros(ns,1);
ksP2 = zeros (m-ns,1);
%pomocné vektroy zatižení
fP1 = zeros (ns,1);
fP2 = zeros (m-ns,1);
%vektory zatižení a tuhosti spoj. prostředku po plastizaci
%první část
for i = 1:ns;
    if Fs(i) >= R;
        ksP1 (i) = 0;
        fP1(i) = -R * nr +f(i);
    else
        ksP1(i) = kus(i);
        fP1(i) = f(i);
    end
end
ksP1;
fP1;
%druhá část
for i = 1 : m-ns
    ksP2(i) = ksP1(ns-i);
    fP2(i) = -fP1(ns-i);
    if fP1(1) < F
        fP2(m-ns) = R * nr;
    else
        fP2(m-ns) = 0;
    endif
endfor
ksP = [ksP1 ; ksP2];
ksP;
fP = [fP1 ; fP2];
fP;

%matice tuhosti
%pomocná matice tuhosti => matice K2
K2 = zeros (m,m);
    for i = 1:m
        K2(m+1-i,i) = -ksP(i);
        K2(i,i) = k(i) + k(i+1) + ksP(i);
    endfor

```

```

    K2(ns,ns) = k(ns) + ksP(ns);
    K2(i,i+1) = -k(i);
    K2(i+1,i) = K2(i,i+1);
    K2(1,2) = -k(2);
    K2(2,1) = K2(1,2);
    K2(ns,ns+1) = 0;
    K2(ns+1,ns) = 0;
endfor
Kp1 = K2(1:m,1:m);
Kp1;

%posny [mm]
r2 = inv(Kp1) * fP;
r2;
%Tuhost komponenty kul- první iterace [N/mm]
KuSp = F / r2(1);

%zatížení jednotlivých spojovacích prostředků [N]
FsPs1 = zeros(ns,1);
for i = 1:ns
    if ksP(i) > 0
        FsPs1(i) = (ksP(i)/nr)*abs(r2(i) - r2(m+1-i));
    else
        FsPs1(i) = R;
    end

    if ksP(ns) > 0
        FsPs1(ns) = (ksP(ns)/nr)*abs(r2(ns));
    else
        FsPs1(ns) = R;
    end
end
FsPs1;
for i = 1:ns
    if FsPs1(i) > R
        FsP(i) = R;
    else
        FsP(i) = FsPs1(i);
    end
end
FsP;

%PLASTIZACE_DRUHÁ ITERACE
if FsP(i) > R
    %pomocné vektory tuhosti spoj. prostředků po plastizaci
    ksP12 = zeros(ns,1);
    ksP22 = zeros(m-ns,1);
    %pomocné vektory zatížení
    fP12 = zeros(ns,1);
    fP22 = zeros(m-ns,1);
    %vektory zatížení a tuhosti spoj. prostředku po plastizaci
    %první část
    for i = 1:ns;
        if FsP(i) >= R;

```

```

ksP12 (i) = 0;
fP12(i) = -R * nr +f(i);
else
ksP12(i) = kus(i);
fP12(i) = f(i);
end
end
ksP1;
fP1;
%druhá část
for i = 1 : m-ns
ksP22(i) = ksP12(ns-i);
fP22(i) = fP12(ns-i);
if fP12(1) < F
fP22(m-ns) = R * nr;
else
fP22(m-ns) = 0;
endif
endfor
ksP2 = [ksP12 ; ksP22];
ksP2;
fP2 = [fP12 ; fP22];
fP2;

%matice tuhosti
%pomocná matice tuhosti => matice K3
K3 = zeros(m,m);
for i = 1:m
K3(m+1-i,i) = -ksP2(i);
K3(i,i) = k(i) + k(i+1) + ksP2(i);
K3(ns,ns) = k(ns) + ksP2(ns);
K3(i,i+1) = -k(i);
K3(i+1,i) = K3(i,i+1);
K3(1,2) = -k(2);
K3(2,1) = K3(1,2);
K3(ns,ns+1) = 0;
K3(ns+1,ns) = 0;
endfor
Kp2 = K3(1:m,1:m);
Kp2;

%posuny [mm]
r3 = inv(Kp2) * fP2;
r3;
%Tuhost komponenty ku1- druhá iterace [N/mm]
" TUHOST SPOJE [N/mm]:"
KuSp2 = F / r3(1)

%zatížení jednotlivých spojovacích prostředků
FsPs12 = zeros(ns,1);
for i = 1:ns
if ksP2(i) > 0
FsPs12(i) = (ksP2(i)/nr)*abs(r3(i) - r3(m+1-i));
else

```

```

        FsPs12(i) = R;
    end

    if ksP2(ns) > 0
        FsPs12(ns) = (ksP2(ns)/nr)*abs(r3(ns));
    else
        FsPs12(ns) = R;
    end
end
FsPs12
for i = 1:ns
    if FsPs12(i) > R
        FsP2(i) = R;
    else
        FsP2(i) = FsPs12 (i);
    end
end
FsP2;
else
    Fsfin = FsP;
    Kufin = KuSp;
end
%TUHOST KOMPONENTY kul [N/mm]
kul = Kufin

%VÝPOČET TUHOSTI KOMPONENTY k2%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
k2 = EAo / L2

%VÝPOČET TUHOSTI KOTVY 1%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
" TUHOST KOTVY 1 PRO MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI [N/mm]:"
kser = (kser1*kser1*k2)/(kser1*k2+kser1*kser1+k2*kser1)

" TUHOST KOTVY 1 PRO MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI [N/mm]:"
ku = (kul*kul*k2)/(kul*k2+kul*kul+k2*kul)

```

%PŘÍLOHA 4

"PROGRAM PRO VÝPOČET TUHOSTI KOTVY TYPU 2"

%VSTUPY%%%

%"zatížení kotvy tahovou silou [N]:"

F = 10;

%geometrické a materiálové parametry CLT

%"šířka průřezu [mm]:"

bd = 400;

%"výška průřezu [mm]:"

hd = 800;

%"modul pružnosti [N/mm2]:"

Ed = 11000;

%parametry tahové kotvy

%"šířka průřezu [mm]:"

bo = 140;

%"výška průřezu [mm]:"

ho = 3;

%"délka ocelového pásku mezi místem se spojovacími prostředky"

%"a horizontálním plechem [mm]:"

L2 = 150;

%"modul pružnosti [N/mm2]:"

Eo = 210000;

%parametry spojovacích prostředků do CLT

%"počet spojovacích prostředků v řadě:"

ns = 25;

%"počet řad spojovacích prostředků:"

nr = 3;

%"rozteč spojovacích prostředků v řadě [mm]:"

a1 = 80;

%"modul prokluzu jednoho spojovacího prostředku [N/mm]:"

Kser = 1153;

%"únosnost spojovacího prostředku [N]:"

R = 80000;

%parametry kotvy do betonu

%"efektivní plocha průřezu kotvy [mm2]:"

Aef = 459;

%"efektivní délka kotvy, po kterou ji není bráněno v protažení [mm]:"

L3 = 20;

%"modul pružnosti [N/mm2]:"

Eb = 210000;

%VÝPOČET TUHOSTI KOMPONENTY K1%%%

%"normálová tuhost průřezu CLT [N]:"

EAd = Ed*bd*hd;

%"normálová tuhost průřezu plechu[N]:"

EAO = Eo*bo*ho;

%"počet spojovacích prostředků:"

n = ns*nr;

%počet neznámých

m = 2*ns-1;

%vektory tuhostí jednotlivých prvků

```

%tuhosti komponent profilu
%vektor tuhosti CLT
Kdrevo = zeros(ns-1,1);
for i = 1:ns-1
    Kdrevo(i) = EAd/a1;
endfor

%vektor tuhosti ocel
Kocel = zeros(ns-1,1);
for i = 1:ns-1
    Kocel(i) = EAo/a1;
endfor

%pomocná tuhost na místě m a v místě 0
km = 0;

%vektory tuhostí ocel+dřevo+pomocná tuhost na místě m
k = [km;Kdrevo;Kocel;km];

%VÝPOČET TUHOSTI PRO MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI
%tuhosti komponent spoj. prostředků
ksers = zeros(ns+(ns-1),1);
for i = 1:2*ns-1
    ksers(i) = Kser*nr;
endfor
ksers;

%vektor zatížení
f = zeros(m,1);
f(1,1) = F;
f;

%matice tuhosti
%pomocná matice tuhosti Kl
Klser = zeros(m,m);
for i = 1:m
    Klser(m+1-i,i) = -ksers(i);
    Klser(i,i) = k(i) + k(i+1) + ksers(i);
    Klser(ns,ns) = k(ns) + ksers(ns);
    Klser(i,i+1) = -k(i);
    Klser(i+1,i) = Klser(i,i+1);
    Klser(1,2) = -k(2);
    Klser(2,1) = Klser(1,2);
    Klser(ns,ns+1) = 0;
    Klser(ns+1,ns) = 0;
endfor
Kmser = Klser(1:m,1:m);
Kmser;

%posuny [mm]
rser = inv(Kmser) * f;
rser;

%TUHOST KOMPONENTY kser1 [N/mm]

```



```
kser1 = F / rser(1)
```

```
%zatižení jednotlivých spojovacích prostředků [N]:
```

```
Fs = zeros(ns,1);
```

```
for i = 1:ns
```

```
    Fs(i) = (ksers(i)/nr)*abs(rser(i) - rser(m+1-i));
```

```
    Fs(ns) = (ksers(ns)/nr)*abs(rser(ns));
```

```
endfor
```

```
Fs;
```

```
%Vykreslení sil ve spojovacích prostředcích
```

```
%funkce polohy spoj. prostředků:
```

```
p = zeros(ns,1);
```

```
for i = 1:ns
```

```
    p(i) = a1* (i-1);
```

```
endfor
```

```
p;
```

```
subplot(1,1,1)
```

```
x = p;
```

```
y = Fs;
```

```
plot(x,y);
```

```
scatter(x,y, 'k');
```

```
axis([0 p(ns-1) 0 [max(Fs)+ 0.1*max(Fs)]]);
```

```
ylabel('síla [kN]'); xlabel('umístění spojovacího prostředků v řadě [mm]');
```

```
set(gca,"fontsize",14)
```

```
title('sily v jednotlivých spojovacích prostředcích');
```

```
%VÝPOČET TUHOSTI PRO MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI
```

```
%tuhost spojovacího prostředku
```

```
Ku = (2/3) * Kser;
```

```
%tuhosti komponent spoj. prostředků
```

```
kus = zeros(ns+(ns-1),1);
```

```
for i = 1:2*ns-1
```

```
    kus(i) = Ku*nr;
```

```
endfor
```

```
kus;
```

```
%PRUŽNÝ VÝPOČET_NULTÁ ITERACE
```

```
%vektor zatížení
```

```
f = zeros(m,1);
```

```
f(1,1) = F;
```

```
f;
```

```
%matice tuhosti
```

```
%pomocná matice tuhosti => matice K1
```

```
K1 = zeros(m,m);
```

```
for i = 1:m
```

```
    K1(m+1-i,i) = -kus(i);
```

```
    K1(i,i) = k(i) + k(i+1) + kus(i);
```

```
    K1(ns,ns) = k(ns) + kus(ns);
```

```
    K1(i,i+1) = -k(i);
```

```
    K1(i+1,i) = K1(i,i+1);
```

```
    K1(1,2) = -k(2);
```

```
    K1(2,1) = K1(1,2);
```

```

        K1(ns,ns+1) = 0;
        K1(ns+1,ns) = 0;
    endfor
K = K1(1:m,1:m);
K;
%posuny [mm]
r = inv(K) * f;
r;
% Tuhost komponenty kul- nultá iterace [N/mm]
KuS = F / r(1);
%zatížení jednotlivých spojovacích prostředků [N]:
Fs = zeros(ns,1);
    for i = 1:ns
        Fs(i) = (kus(i)/nr)*abs(r(i) - r(m+1-i));
        Fs(ns) = (kus(ns)/nr)*abs(r(ns));
    endfor
Fs;

%PLASTIZACE_PRVNÍ ITERACE
%pomocné vektory tuhosti spoj. prostředků po plastizaci
ksP1 = zeros(ns,1);
ksP2 = zeros(m-ns,1);
%pomocné vektroy zatížení
fP1 = zeros(ns,1);
fP2 = zeros(m-ns,1);
%vektory zatížení a tuhosti spoj. prostředku po plastizaci
%první část
for i = 1:ns;
    if Fs(i) >= R;
        ksP1(i) = 0;
        fP1(i) = -R * nr + f(i);
    else
        ksP1(i) = kus(i);
        fP1(i) = f(i);
    end
end
ksP1;
fP1;
%druhá část
for i = 1 : m-ns
    ksP2(i) = ksP1(ns-i);
    fP2(i) = -fP1(ns-i);
    if fP1(1) < F
        fP2(m-ns) = R * nr;
    else
        fP2(m-ns) = 0;
    endif
endfor
ksP = [ksP1 ; ksP2];
ksP;
fP = [fP1 ; fP2];
fP;

%matice tuhosti

```

```

%pomocná matice tuhosti => matice K2
K2 = zeros(m,m);
for i = 1:m
    K2(m+1-i,i) = -ksP(i);
    K2(i,i) = k(i) + k(i+1) + ksP(i);
    K2(ns,ns) = k(ns) + ksP(ns);
    K2(i,i+1) = -k(i);
    K2(i+1,i) = K2(i,i+1);
    K2(1,2) = -k(2);
    K2(2,1) = K2(1,2);
    K2(ns,ns+1) = 0;
    K2(ns+1,ns) = 0;
endfor
Kp1 = K2(1:m,1:m);
Kp1;

%posny [mm]
r2 = inv(Kp1) * fP;
r2;
%Tuhost komponenty kul- první iterace [N/mm]
KuSp = F / r2(1);

%zatížení jednotlivých spojovacích prostředků [N]
FsPs1 = zeros(ns,1);
for i = 1:ns
    if ksP(i) > 0
        FsPs1(i) = (ksP(i)/nr)*abs(r2(i) - r2(m+1-i));
    else
        FsPs1(i) = R;
    end

    if ksP(ns) > 0
        FsPs1(ns) = (ksP(ns)/nr)*abs(r2(ns));
    else
        FsPs1(ns) = R;
    end
end
FsPs1;
for i = 1:ns
    if FsPs1(i) > R
        FsP(i) = R;
    else
        FsP(i) = FsPs1(i);
    end
end
FsP;

%PLASTIZACE_DRUHÁ ITERACE
if FsP(i) > R
    %pomocné vektory tuhosti spoj. prostředků po plastizaci
    ksP12 = zeros(ns,1);
    ksP22 = zeros(m-ns,1);
    %pomocné vektory zatížení
    fP12 = zeros(ns,1);

```

```

fP22 = zeros (m-ns,1);
%vektory zatížení a tuhosti spoj. prostředku po plastizaci
%první část
for i = 1:ns;
    if FsP(i) >= R;
        ksP12 (i) = 0;
        fP12(i) = -R * nr +f(i);
    else
        ksP12(i) = kus(i);
        fP12(i) = f(i);
    end
end
ksP1;
fP1;
%druhá část
for i = 1 : m-ns
    ksP22(i) = ksP12(ns-i);
    fP22(i) = fP12(ns-i);
    if fP12(1) < F
        fP22(m-ns) = R * nr;
    else
        fP22(m-ns) = 0;
    endif
endfor
ksP2 = [ksP12 ; ksP22];
ksP2;
fP2 = [fP12 ; fP22];
fP2;

%matice tuhosti
%pomocná matice tuhosti => matice K3
K3 = zeros(m,m);
for i = 1:m
    K3(m+1-i,i) = -ksP2(i);
    K3(i,i) = k(i) + k(i+1) + ksP2(i);
    K3(ns,ns) = k(ns) + ksP2(ns);
    K3(i,i+1) = -k(i);
    K3(i+1,i) = K3(i,i+1);
    K3(1,2) = -k(2);
    K3(2,1) = K3(1,2);
    K3(ns,ns+1) = 0;
    K3(ns+1,ns) = 0;
endfor
Kp2 = K3(1:m,1:m);
Kp2;

%posuny [mm]
r3 = inv(Kp2) * fP2;
r3;
%Tuhost komponenty kul- druhá iterace [N/mm]
" TUHOST SPOJE [N/mm]:"
KuSp2 = F / r3(1)

%zatížení jednotlivých spojovacích prostředků

```

```

FsPs12 = zeros(ns,1);
for i = 1:ns
    if ksP2(i) > 0
        FsPs12(i) = (ksP2(i)/nr)*abs(r3(i) - r3(m+1-i));
    else
        FsPs12(i) = R;
    end

    if ksP2(ns) > 0
        FsPs12(ns) = (ksP2(ns)/nr)*abs(r3(ns));
    else
        FsPs12(ns) = R;
    end
end
FsPs12
for i = 1:ns
    if FsPs12(i) > R
        FsP2(i) = R;
    else
        FsP2(i) = FsPs12 (i);
    end
end
FsP2;
else
    Fsfin = FsP;
    Kufin = KuSp;
end
%TUHOST KOMPONENTY kul [N/mm]
kul = Kufin

%VÝPOČET TUHOSTI KOMPONENTY k2%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
k2 = EAo / L2

%VÝPOČET TUHOSTI KOMPONENTY k3%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
EAb = Eb * Aef;
k3 = EAb / L3

%VÝPOČET TUHOSTI KOTVY 2%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
" TUHOST KOTVY 2 PRO MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI [N/mm] :"
kser = (kser1*k3*k2)/(kser1*k2+kser1*k3+k2*k3)

" TUHOST KOTVY 2 PRO MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI [N/mm] :"
ku = (kul*k3*k2)/(kul*k2+kul*k3+k2*k3)

```

%PŘÍLOHA 5

"PROGRAM PRO VÝPOČET ÚNOSNOSTI A TUHOSTI CLT PŘI ZATÍŽENÍ TLAKEM KOLMO NA ROVINU"

%"(program je vytvořen pro symetrické stropní desky,"

%"uvažuje liniové zatížení na 1m běžný stěny)"

%Vstupy%%%

%materiálové parametry

%"pevnost CLT v tlaku kolmo na rovinu [N/mm2]:"

fc90k = 4;

%"tuhost CLT v tlaku kolmo na rovinu [N/mm2]:"

E90mean = 450;

%"úhel roznášení ve vrstvě rovnoběžné se stěnou [°]:"

alpha0 = 15;

%"úhel roznášení ve vrstvě kolmé na stěnu [°]:"

alpha90 = 45;

%dílčí součinitelé materiálu:

 %dílčí součinitel bezpečnosti materiálu:

 gM = 1.25;

 %modifikační součinitel

 kmod = 0.8;

%geometrické parametry CLT

%"jednotlivé vrstvy a jejich tloušťky [mm]:"

t = [40,40,40,40,40];

t = t';

%"směřování jednotlivých vrstev (1=kolmo na stěnu, 0=rovnoběžně):"

s = [1,0,1,0,1];

s = s';

%"tloušťka stěny uložené na stropní desce [mm]:"

b = 80;

%"umístění stěny (1=u kraje stropní desky, 2=uprostřed):"

u = 2;

%Zatížení

%"nárhové zatížení [kN/m]:"

Fc90d = 150;

%VÝPOČET%%%

%návrhová pevnost:

fc90d = kmod * (fc90k/gM);

%celková výška CLT [mm]:

hCLT = sum(t);

%otlačovaná plocha [mm]:

Ac = 1000 * b;

%efektivní plocha stropní desky:

 %vektor jednotlivých přidavných tluštěk:

Laddi = zeros(length(t),1);

for i = 1:length(t)

if s(i) == 1

 Laddi(i) = tan(alpha90*(pi/180)) * t(i);

else

 Laddi(i) = tan(alpha0*(pi/180)) * t(i);

endif

endfor

Laddi;

```
%přídavek k otláčované ploše vlivem roznosu zatížení [mm]:  
ladd = sum(Laddi(1:((length(t)/2)-0.5),1)) + 0.5 * Laddi((length(t)/2)+0.5,1);  
Acef = 1000 * (u * ladd + b);
```

```
"SOUČINITEL ROZDOSU ZATÍŽENÍ:"
```

```
kc90 = (Acef/Ac)^0.5
```

```
%ÚNOSNOST
```

```
"NÁVRHOVÉ NORMÁLOVÉ TLAKOVÉ NAPĚTÍ KOLMO NA ROVINU STROPNÍ DESKY [N/mm2]:"
```

```
sc90d = 1000 * Fc90d/Ac
```

```
"STUPEŇ VYUŽITÍ STROPNÍ DESKY Z POHLEDU ÚNOSNOSTI:"
```

```
n = sc90d/(kc90 * fc90d)
```

```
%TUHOST
```

```
"LINIOVÁ TUHOST STROPNÍ DESKY V TLAKU KOLMO NA ROVINU [N/mm2]:"
```

```
Kc90 = (kc90 * Ac * E90mean) / (hCLT * 1000)
```

%PŘÍLOHA 6

"PROGRAM PRO VÝPOČET PRVKŮ MATICE TUHOSTI LIBOVOLNÉHO CLT"

%Program po zadání parametrů jednotlivých vrstev vypočítá nenulové prvky

%matice tuhosti ortotropní plochy

%%%

%geometrické parametry CLT

%"jednotlivé vrstvy a jejich tloušťky [mm]:"

t = [40,40,40];

t = t';

%"směřování jednotlivých vrstev (1=rovnoběžně se směrem x, 0=kolmo):"

s = [1,0,1];

s = s';

%šířka lamel [mm]:

a = 100;

%materiálové parametry CLT:

%modul pružnosti jednotlivých vrstev ve směru x [N/mm²):

Ex = [10000;0;10000];

%modul pružnosti jednotlivých vrstev ve směru y [N/mm²):

Ey = [0;10000;0];

%smykový modul pružnosti jednotlivých vrstev ve směru xy [N/mm²):

Gxy = [575;575;575];

%smykový modul pružnosti jednotlivých vrstev ve směru xz [N/mm²):

Gxz = [416.7;416.7;416.7];

%smykový modul pružnosti jednotlivých vrstev ve směru yz [N/mm²):

Gyz = [0;575;0];

%redukční součinitelé:

kred33 = 0.388;

kred88 = 0.488;

%%%

%počet vrstev

n = length(t);

%počet podélných vrstev

n0 = sum(s);

%počet příčných vrstev

n90 = n - n0;

%poloha těžišťové osy jednotlivých vrstev od horní hrany panelu [mm]:

Tv = zeros(n,1);

for i = 1:n

Tv(i) = 0.5*t(i)+sum(t(1:i-1));

endfor

Tv;

%těžiště vrstev ve směru x:

Txp = zeros(n,1);

for i = 1:n

if s(i) == 1

Txp(i) = Tv(i);

else

Txp(i) = 0;

endif

endfor

Txp;


```

%těžiště vrstev ve směru y:
Typ = zeros(n,1);
for i = 1:n
    if Txp(i) == 0
        Typ(i) = Tv (i);
    else
        Typ(i) = 0;
    endif
endfor

Typ;

%těžiště panelu ve směru x:
Tx = (Txp' * t)/sum(t'*s);

%těžiště panelu ve směru y:
Ty = (Typ' * t)/(sum(t)-sum(t'*s));

%vzdálenost těžišť krajních vrstev [mm]:
av44 = sum(t) - 0.5*t(1) - .5*t(n);
av55 = sum(t) - t(1) - t(n) - 0.5*t(2) - 0.5*t(n-1);

%prvek k11 (Bx) [Nmm]:
kp11 = zeros(n,1);
for i = 1:n
    kp11(i,1) = Ex(i) * t(i) *(Tx-sum(t(1:(i-1)))-0.5*t(i))^2 + Ex(i) * ((t(i)^3)/12);
endfor
k11 = sum(kp11)

%prvek k22 (By) [Nmm]:
kp22 = zeros(n,1);
for i = 1:n
    kp22(i,1) = Ey(i) * t(i) *(Ty-sum(t(1:(i-1)))-0.5*t(i))^2 + Ey(i) * ((t(i)^3)/12);
endfor
k22 = sum(kp22)

%prvek k33 (Bxy) [Nmm]:
kp33 = zeros(n,1);
for i = 1:n
    kp33(i,1) = 2*Gxy(i)*t(i)*(min(Tx,Ty)-sum(t(1:(i-1)))-0.5*t(i))^2 + Gxy(i)*((t(i)^3)/6);
endfor
k33 = kred33 * sum(kp33)

%prvek k44 (Sxz) [N/mm]:
kp44 = zeros(n,1);
for i = 2:n-1
    kp44(i) = t(i)/Gxz(i);
endfor
kp44(1) = (t(1))/(2*Gxz(1));
kp44(n) = (t(n))/(2*Gxz(n));

k44 = 1/((1/av44^2)*(sum(kp44)))

%prvek k55 (Syz) [N/mm]: ZKONTROLUJ!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
kp55 = zeros(n,1);
for i = 3:n-2
    kp55(i) = t(i)/Gyz(i);
endfor
kp55(2) = (t(2))/(2*Gyz(2));
kp55(n-1) = (t(n-1))/(2*Gyz(n-1));

```

```
kp55;  
if sum(length(t)) == 3  
k55 = t(2)*Gyz(2)  
else  
k55 = 1/((1/av55^2)*sum(kp55))  
endif  
%prvek k66 (Dx) [N/mm]:  
kp66 = zeros(n,1);  
for i = 1:n  
    kp66(i) = t(i) * Ex(i);  
endfor  
k66 = sum(kp66)  
  
%prvek k77 (Dx) [N/mm]:  
kp77 = zeros(n,1);  
for i = 1:n  
    kp77(i) = t(i) * Ey(i);  
endfor  
k77 = sum(kp77)  
  
%prvek k88 (Dxy) [N/mm]:  
kp88 = zeros(n,1);  
for i = 1:n  
    kp88(i) = t(i) * Gxy(i);  
endfor  
k88 = kred88 * sum(kp88)
```