



آنالیز المان محدود خرپا در متلب و مقایسه مقادیر با نتایج تحلیل آباکوس

حسین شجاعی ۹۶۵۲۴۱۰۲۹

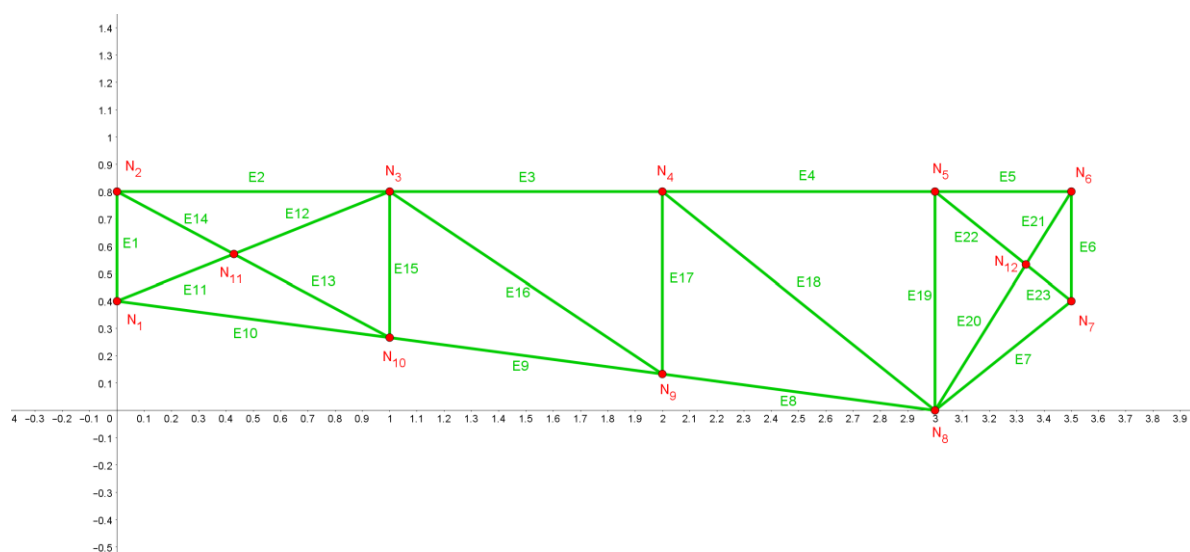


JULY 3, 2021

دکتر کمال جهانی

دانشکده فنی مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز

دیاگرام خرپا



کد نویسی MATLAB

```
clc
clear
close all
%% Truss definition

Nodes = xlsread('Data_Table.xlsx',2,'B2:C13');

Elements = [xlsread('Data_Table.xlsx',1,'B2:C24') ...
            xlsread('Data_Table.xlsx',1,'K2:K24') ...
            xlsread('Data_Table.xlsx',1,'L2:L24')];

Fext = [2, 2500, -90;
        3, 5000, -90;
        4, 5000, -90;
        5, 3750, -90;
        6, 1250, -90;
        8, 5000, 180;
        9, 4000, -90;
        10, 15000, 225];

supports = [6 1 1;
            7 2 0];

%% Elements stiffness
```

```

for i = 1:size(Elements,1)

n1 = Elements(i,1);
n2 = Elements(i,2);

x1 = Nodes(n1,1);
x2 = Nodes(n2,1);
Dx = x2 - x1;

y1 = Nodes(n1,2);
y2 = Nodes(n2,2);
Dy = y2 - y1;

L(i) = sqrt(power(Dx,2) + power(Dy,2))*1000;
Th(i) = atan2(Dy,Dx);

A = Elements(i,3);
E = Elements(i,4)*10^3;

s = sin(Th(i));
c = cos(Th(i));

k{i} = A*E/L(i)*[c^2 c*s -c^2 -s*c
                  s*c s^2 -s*c -s^2
                  -c^2 -c*s c^2 s*c
                  -s*c -s^2 s*c s^2];

end
%% Global stiffness

K = zeros(2*size(Nodes,1));
K0 = K;

for i = 1:size(Elements,1)

n1 = Elements(i,1);
n2 = Elements(i,2);

K0(2*n1-1:2*n1, 2*n1-1:2*n1) = k{i}(1:2,1:2);
K0(2*n1-1:2*n1, 2*n2-1:2*n2) = k{i}(1:2,3:4);
K0(2*n2-1:2*n2, 2*n1-1:2*n1) = k{i}(3:4,1:2);
K0(2*n2-1:2*n2, 2*n2-1:2*n2) = k{i}(3:4,3:4);

K = K + K0;
K0(:, :) = 0;

end

%% External force

F0 = zeros(2*size(Nodes,1),1);

for i = 1:size(Fext,1)

Fnode = Fext(i,1);
Fmag = Fext(i,2);
Fang = Fext(i,3)/180*pi;

fx = Fmag * cos(Fang);
fy = Fmag * sin(Fang);

```

```

F0(2*Fnode-1 : 2*Fnode,1)= [fx;fy];
end

%% Applying supports

cnt = 0;

for i = 1:size(supports,1)
    Snode = supports(i,1);
    Stype = supports(i,2);
    Sorien = supports(i,3);

    if Stype == 1
        if Sorien == 1
            cnt = cnt + 1;
            uu_zero(cnt) = 2*Snode - 1;
        elseif Sorien == 2
            cnt = cnt + 1;
            uu_zero(cnt) = 2*Snode;
        end
    elseif Stype == 2
        cnt = cnt + 2;
        uu_zero(cnt-1 : cnt) = 2*Snode-1 : 2*Snode;
    end
end

%% Solving Eq.

Kc = K;
Fc = F0;

Kc(:, uu_zero) = [];
Kc(uu_zero, :) = [];

Fc(uu_zero, :) = [];

U0 = Kc^-1*Fc;

uu_all = 1:2*size(Nodes,1);
uu_nonzero = uu_all;
uu_nonzero(uu_zero) = [];

U(uu_all, 1) = 0;
U(uu_nonzero, 1) = U0;

F = K*U;

for i = 1:size(Elements,1)

    s = sin(Th(i));
    c = cos(Th(i));

    n1 = Elements(i,1);
    n2 = Elements(i,2);

    Delta = [-c -s c s]*[U(2*n1-1); U(2*n1); U(2*n2-1); U(2*n2)];

    A = Elements(i,3);
    E = Elements(i,4)*10^3;

    P = A*E/L(i)*Delta;

```

```

El_result(i, 1) = Delta;
El_result(i, 2) = P;
El_result(i, 3) = P/A;
end

%% Display results

fprintf('\n')
fprintf('*****[ Nodes Displacement ]*****\n')

for i = 1:size(Nodes,1)

fprintf('Node(%2g) X_disp:%8.5g um | Y_disp:%8.5g um\n',i,U(2*i-1)*1000,
U(2*i)*1000)
end

fprintf('\n\n')
fprintf('*****[ Elements Force ]*****\n')
for i = 1:size(Elements,1)
fprintf('Element (%2g) Force: %g N\n',i,El_result(i, 2)*1e3)
end

fprintf('\n\n')
fprintf('*****[ Elements Stress ]*****\n')
for i = 1:size(Elements,1)
fprintf('Element (%2g) Stress: %g MPa\n',i,El_result(i, 3))
end

```

خروجی های کد نویسی

الف) جابجایی گره ها:

```

*****[ Nodes Displacement ]*****
Node( 1) X_disp:  780.48 um | Y_disp: -16672 um
Node( 2) X_disp: -855.91 um | Y_disp: -16675 um
Node( 3) X_disp: -844.18 um | Y_disp: -12509 um
Node( 4) X_disp: -673.95 um | Y_disp: -7006.6 um
Node( 5) X_disp: -348.36 um | Y_disp: -1697.9 um
Node( 6) X_disp:      0 um | Y_disp: -69.736 um
Node( 7) X_disp:      0 um | Y_disp:      0 um
Node( 8) X_disp: 2475.5 um | Y_disp: -2012.9 um
Node( 9) X_disp: 2104.8 um | Y_disp: -7099.8 um
Node(10) X_disp: 1295.7 um | Y_disp: -12559 um
Node(11) X_disp: 101.44 um | Y_disp: -14882 um
Node(12) X_disp: 116.85 um | Y_disp: -274.75 um

```

```

Node(15) X_disp: 116.85 um | Y_disp: -274.75 um
Node(16) X_disp: 101.44 um | Y_disp: -14882 um
Node(17) X_disp: 1295.7 um | Y_disp: -12559 um

```

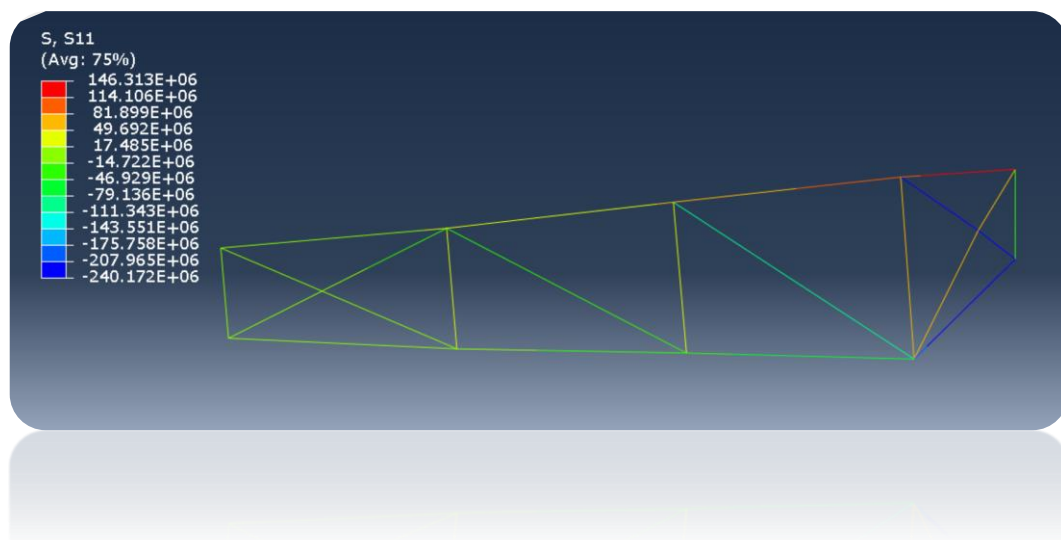
(ب) تنش آلمان ها:

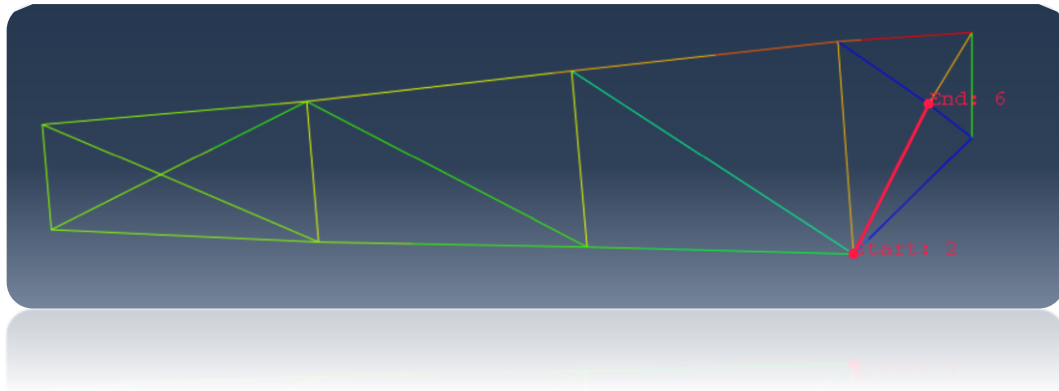
```
*****[ Elements Stress ]*****
Element ( 1) Stress: -1.8441 MPa
Element ( 2) Stress: 2.46216 MPa
Element ( 3) Stress: 35.7481 MPa
Element ( 4) Stress: 68.3734 MPa
Element ( 5) Stress: 146.313 MPa
Element ( 6) Stress: -34.868 MPa
Element ( 7) Stress: -205.751 MPa
Element ( 8) Stress: -58.9143 MPa
Element ( 9) Stress: 15.5507 MPa
Element (10) Stress: -6.34573 MPa
Element (11) Stress: 6.74896 MPa
Element (12) Stress: 6.78602 MPa
Element (13) Stress: -6.68284 MPa
Element (14) Stress: -6.74576 MPa
Element (15) Stress: 18.8753 MPa
Element (16) Stress: -88.7107 MPa
Element (17) Stress: 27.9483 MPa
Element (18) Stress: -100.535 MPa
Element (19) Stress: 78.7472 MPa
Element (20) Stress: 69.4027 MPa
Element (21) Stress: 69.4027 MPa
Element (22) Stress: -240.172 MPa
Element (23) Stress: -240.172 MPa
```

(ج) نتایج تنش برای آلمان های مطلوب:

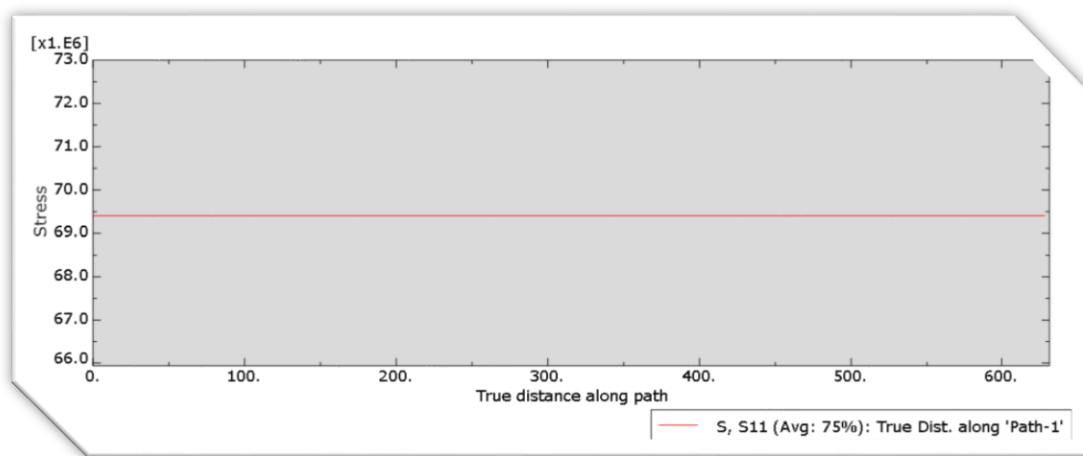
Element **AB**: Element (20) Stress: 69.4027 MPa

با توجه به نتیجه حاصل از تحلیل آلمان محدود خریا در نرم افزار متلب آلمان AB تحت تنش کششی ۶۹,۴۰۲۷ مگاپاسکال می باشد. نتایج تحلیل آباکوس برای این آلمان نیز به صورت زیر می باشد.





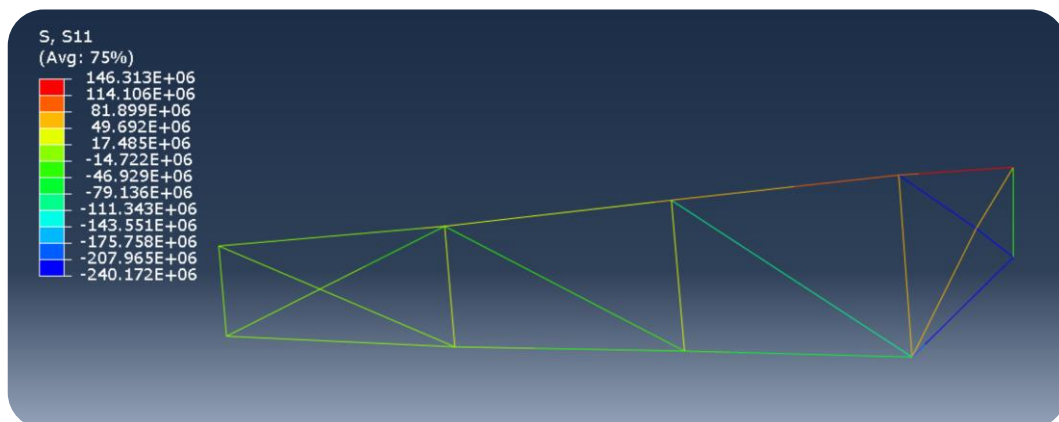
با ایجاد path روی المان مورد نظر، توزیع تنش را در راستای این المان به دست می آوریم.

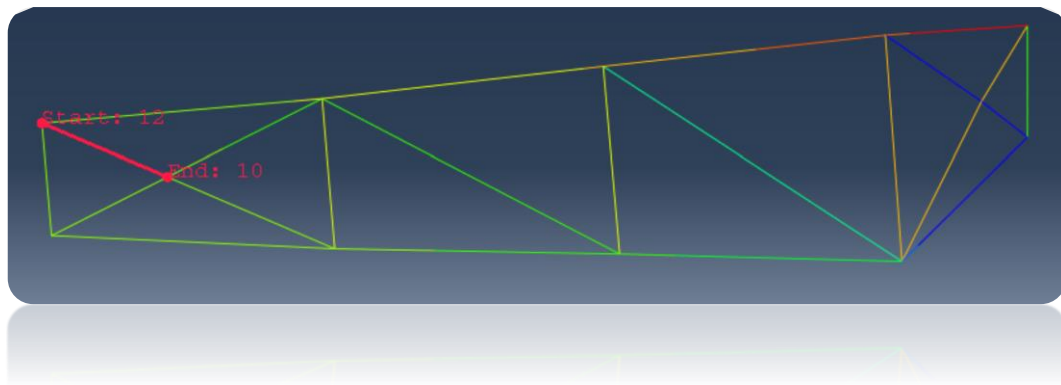


با توجه به نمودار فوق مشاهده می شود مقدار تنش به دست آمده برای این المان برابر با ۶۹,۴ مگاپاسکال که این مقدار دقیقاً برابر با نتیجه به دست آمده حاصل از تحلیل متلب می باشد.

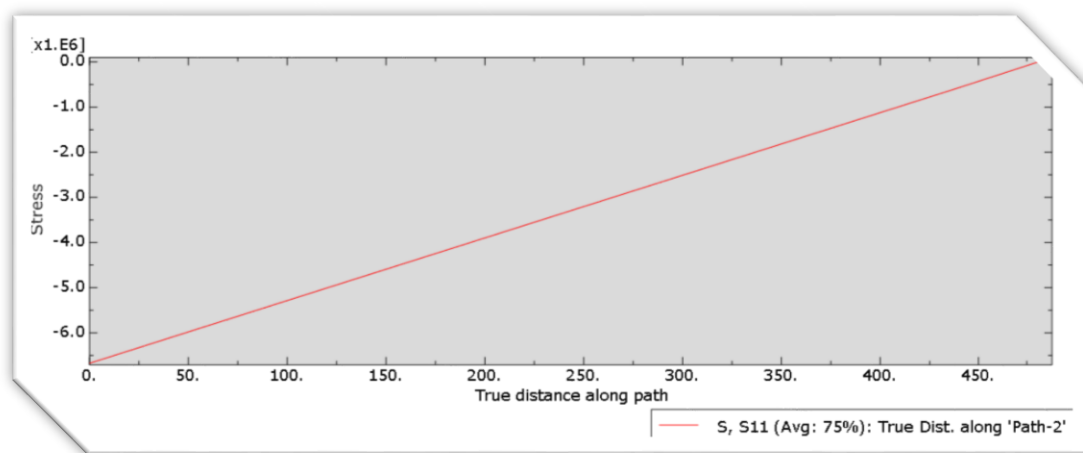
Element **CD: Element (14) Stress: -6.74576 MPa**

با توجه به نتیجه حاصل از تحلیل المان محدود خرپا در نرم افزار متلب المان CD تحت تنش فشاری ۶,۷۴۵۷۶ مگاپاسکال می باشد. نتایج تحلیل آباکوس برای این المان نیز به صورت زیر می باشد.





با ایجاد path روی المان مورد نظر، توزیع تنش را در راستای این المان نیز به دست می آوریم.



با توجه به نمودار فوق مشاهده می شود مقدار تنش به دست آمده برای این المان برابر با **۶,۷**- مگاپاسکال که این مقدار دقیقاً برابر با نتیجه به دست آمده حاصل از تحلیل متلب می باشد.

توجه شود که به دلیل توزیع **خطی** تنش در المان مقدار ابتدایی نمودار را انتخاب می کنیم زیرا در نرم افزار متلب فرض شده است که این توزیع **ثابت** است.