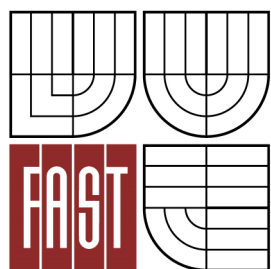




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH, POSOUZENÍ A OPTIMALIZACE OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

DESIGN AND OPTIMIZATION OF THE ARCH STRUCTURE

B.2 OPTIMALIZACE GEOMETRIE OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN HERKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. RNDr. Ing. PETR ŠTĚPÁNEK, CSc.

BRNO
2014

OPTIMALIZACE GEOMETRIE OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

Tato část práce se zabývá úpravou geometrie obloukové konstrukce ve vztahu k zadání pro řešení reálné konstrukce ekoduktu. Po dohodě s vedoucím práce byly zadány základní parametry pozemní komunikace – rychlostní směrově rozdělené komunikace kategorie D33,5/120, přes kterou má budoucí konstrukce ekoduktu přecházet. Rovněž byly určeny předpoklady zásypu konstrukce ekoduktu, kdy je uvažován podélný sklon 5,2%, resp. nad levou klenbou zásyp 3,0m a nad pravou klenbou pak 2,0m.

Při řešení části **B.1 Předběžný návrh obloukové konstrukce** byl uvažován rovnoměrný zásyp zeminou do maximální výšky 1,0m nad vrchol klenby. Vzhledem ke stanoveným parametrům zásypu a k šířkovému uspořádání uvažované pozemní komunikace bylo cílem najít optimální, v ideálním případě tzv. bezmomentový tvar střednice kleneb ekoduktu. Tímto tématem se velice podrobně zabývá řada autorů. Pro další postup řešení byly čerpány informace z práce **Optimalizace střednice přesýpaného mostu [1]**, která byla prezentována v rámci Studentské vědecké a odborné činnosti v akademickém roce 2011/2012.

Pro zjištění optimálního tvaru přesýpané konstrukce byl použit optimalizační algoritmus, který se snaží najít takový geometrický tvar střednice, na kterém při definovaném zatížení v ideálním případě nevznikají ohybové momenty. Toho má být dosaženo rovnovážným stavem mezi normálovými silami a působícím zatížením na konstrukci. Optimalizační algoritmus byl sestaven v programu MatLab 2013.

Ve výpočtu jsou pak zohledněny následující parametry:

Geometrie:	z_0 vzepětí [m] L rozpětí [m] z_{max} maximální možná výška dílku [m] h_s sklon povrchu násypu [%], může být nulový (vodorovný povrch) h_0 výška násypu nad vrcholem [m] b_0 výška průřezu ve vrcholu [m] b_{max} výška průřezu ve vetknutí [m]
Materiálové charakteristiky:	γ_m plošná tíha materiálu konstrukce [kN/m ²] γ_z plošná tíha zeminy [kN/m ²] ν Poissonovo číslo zeminy [-] f součinitel tření [-], může být nulový (zanedbává se vliv tření)
Ostatní:	g_{ost} ostatní rovnoměrné zatížení [kN/m], může být nulové (povrch bez přetížení) lim limitní hodnota pro ukončení iterace [m]

Výstupem optimalizačního skriptu jsou pak souřadnice jednotlivých bodů, tvořících střednici přesýpané konstrukce. V rámci řešení zadané konstrukce ekoduktu bylo posouzení více variant vzepětí střednice a jako vhodné řešení byla po dohodě s vedoucím práce zvolena varianta vzepětí střednice 3,50m.

ZDROJOVÝ KÓD OPTIMALIZAČNÍHO ALGORITMU:

```
% BEZMOMENTOVÁ STŘEDNICE PŘESYPANÉHO MOSTU
% VSTUPY
% Lze zadat přímo do tohoto souboru nebo načíst z grafického rozhraní:
% Geometrie:
z0 = str2double(get(handles.z0,'String'));
L = str2double(get(handles.L,'String'));
zmax = str2double(get(handles.zmax,'String'));
hs = str2double(get(handles.hs,'String'));
h0 = str2double(get(handles.h0,'String'));
b0 = str2double(get(handles.b0,'String'));
bmax = str2double(get(handles.bmax,'String'));
% Materiálové charakteristiky:
gammaM = str2double(get(handles.gammaM,'String'));
gammaZ = str2double(get(handles.gammaZ,'String'));
nu = str2double(get(handles.nu,'String'));
f = str2double(get(handles.f,'String'));
% Ostatní:
gost = str2double(get(handles.gost,'String'));
lim = str2double(get(handles.lim,'String'));
% VÝPOČET
[deltax, n, r, z] = geometrie(z0, L, zmax);
i = 1:n;
x(i) = deltax*i;
plot(x,r,'k-.');
hold on;
[h] = nasyp(hs, h0, deltax, n);
[Gost] = ostatnizatizeni(gost, deltax, n);
m = 0;
chyba(i)=0;
while sum(chyba) < n & m < 10000
m = m+1;
[dl] = delkadilku(z, deltax, n);
[b] = prurez(b0, bmax, dl, n);
[G0] = vlastnitiha(b, dl, gammaM, n);
[gn, Gn] = zemina(h, z, r, gammaZ, deltax, n);
[p, S] = bocnitlak(gn, gost, nu, z, n);
[Ht, Vt] = treni(p, S, f, dl, z, deltax, n);
[Fx, Fz] = sily(G0, Gost, Gn, Vt, S, Ht, n);
[zopr, H0] = oprava(Fx, Fz, z0, deltax, n);
for i = 1:n
if abs(zopr(i)-z(i)) <= lim
chyba(i) = 1;
else
chyba(i) = 0;
end
end
z = zopr;
r(1) = z(1);
for i = 2:n
r(i) = r(i-1)+z(i);
end
end
i = 1:n;
souradnice(i,2) = 0;
souradnice(i,1) = 1000*x(i);
souradnice(i,2) = -1000*r(i);
dlmwrite('souradnice', souradnice);
plot(x,r,'r');
legend('výchozí střednice', 'optimalizovaná střednice');
```

```

% DISKRETIZACE VÝCHOZÍ GEOMETRIE - parabola 2. stupně
function [deltax, n, r, z] = geometrie(z0, L, zmax)
a = sqrt((L.^2*(z0-zmax))/(4*z0));
b = L/2 - a;
n = round((L/2)/b);
deltax = (L/2)/n;
i = 1:n;
x(i) = deltax*i;
r(i) = (4*z0/L.^2)*x(i).^2;
z(1) = r(1);
i = 2:n;
z(i) = r(i)-r(i-1);
end
% DISKRETIZACE NADNÁSYPU
function [h] = nasyp(hs, h0, deltax, n)
i = 1:n;
c(i) = deltax*(hs/100)*(2*i-1)/2;
h(i) = h0-c;
end
% OSTATNÍ ROVNOMĚRNÉ ZATÍŽENÍ
function [Gost] = ostatnizatizeni(gost, deltax, n)
i = 1:n;
Gost(i) = gost*deltax;
end
% DÉLKA DÍLKU
function [dl] = delkadilku(z, deltax, n)
for i = 1:n
a = deltax;
b = z(i);
dl(i) = sqrt(a*a+b*b);
end
end
% VÝŠKA PRŮŘEZU
function [b] = prurez(b0, bmax, dl, n)
k = (bmax - b0)/sum(dl);
i = 1:n;
ksi(i) = 0;
ksi(1) = dl(1)/2;
i = 2:n;
ksi(i) = ksi(i-1) + (dl(i-1)/2) + (dl(i)/2);
b(i) = b0+k*ksi(i);
end
% VLASTNÍ TÍHA
function [G0] = vlastnitiha(b, dl, gammaM, n)
for i = 1:n
G0(i) = b(i)*gammaM*dl(i);
end
end
% ZATÍŽENÍ ZEMINOU
function [gn, Gn] = zemina(h, z, r, gammaZ, deltax, n)
for i = 1:n
y(i) = h(i)+r(i)-(z(i)/2);
gn(i) = gammaZ*y(i);
Gn(i) = gn(i)*deltax;
end
end
% BOČNÍ TLAK
function [p, S] = bocnitlak(gn, gost, nu, z, n)
K = nu/(1-nu);
i = 1:n;
p(i) = gn(i)+gost;
s(i) = K*p(i);
for i = 1:n
S(i) = s(i)*z(i);
end
end
% TŘENÍ
function [Ht, Vt] = treni(p, S, f, dl, z, deltax, n)

```

```

i = 1:n;
P(i) = p(i)*deltax;
for i = 1:n
    sin = z(i)/dl(i);
    cos = deltax/dl(i);
    Vt(i) = f*(S(i)*sin*sin+P(i)*sin*cos);
    Ht(i) = f*(S(i)*sin*cos+P(i)*cos*cos);
end
end
% SÍLY PŮSOBÍCÍ NA DÍLEK
function [Fx, Fz] = sily(G0, Gost, Gn, Vt, S, Ht, n)
i = 1:n;
Fx(i) = S(i)+Ht(i);
Fz(i) = G0(i)+Gost(i)+Gn(i)-Vt(i);
end
% OPRAVA
function [zopr, H0] = oprava(Fx, Fz, z0, deltax, n)
i = 1:n;
sumaFx(1) = Fx(1);
V(1) = Fz(1);
for i = 2:n
    sumaFx(i) = sumaFx(i-1)+Fx(i);
    V(i) = V(i-1)+Fz(i);
end
rozdil = 100;
liml = 10;
m1 = 0;
H0 = 10000;
while rozdil > liml & m1 < 1000000
    m1 = m1+1;
    H0 = H0-1;
    for i = 1:n
        zopr(i) = deltax*V(i)/(H0-sumaFx(i));
    end
    z0opr = sum(zopr);
    rozdil = abs(z0-z0opr);
end
rozdil = 10;
liml = 1;
m1 = 0;
H0 = H0+1;
while rozdil > liml & m1 < 1000000
    m1 = m1+1;
    H0 = H0-0.1;
    for i = 1:n
        zopr(i) = deltax*V(i)/(H0-sumaFx(i));
    end
    z0opr = sum(zopr);
    rozdil = abs(z0-z0opr);
end
rozdil = 1;
liml = 0.1;
m1 = 0;
H0 = H0+0.1;
while rozdil > liml & m1 < 1000000
    m1 = m1+1;
    H0 = H0-0.01;
    for i = 1:n
        zopr(i) = deltax*V(i)/(H0-sumaFx(i));
    end
    z0opr = sum(zopr);
    rozdil = abs(z0-z0opr);
end
rozdil = 1;
liml = 0.01;
m1 = 0;
H0 = H0+0.01;
while rozdil > liml & m1 < 1000000

```

```

m1 = m1+1;
H0 = H0-0.001;
for i = 1:n
zopr(i) = deltax*V(i)/(H0-sumaFx(i));
end
z0opr = sum(zopr);
rozdil = abs(z0-z0opr);
end
rozdil = 1;
lim1 = 0.001;
m1 = 0;
H0 = H0+0.001;
while rozdil > lim1 & m1 < 1000000
m1 = m1+1;
H0 = H0-0.0001;
for i = 1:n
zopr(i) = deltax*V(i)/(H0-sumaFx(i));
end
z0opr = sum(zopr);
rozdil = abs(z0-z0opr);
end
rozdil = 1;
lim1 = 0.0001;
m1 = 0;
H0 = H0+0.0001;
while rozdil > lim1 & m1 < 1000000
m1 = m1+1;
H0 = H0-0.00001;
for i = 1:n
zopr(i) = deltax*V(i)/(H0-sumaFx(i));
end
z0opr = sum(zopr);
rozdil = abs(z0-z0opr);
end
rozdil = 1;
lim1 = 0.00001;
m1 = 0;
H0 = H0+0.00001;
while rozdil > lim1 & m1 < 1000000
m1 = m1+1;
H0 = H0-0.000001;
for i = 1:n
zopr(i) = deltax*V(i)/(H0-sumaFx(i));
end
z0opr = sum(zopr);
rozdil = abs(z0-z0opr);
end
end

```

POUŽITÉ ZDROJE:

- [1] Chrásková P. : Optimalizace střednice přesýpaného mostu, Studentská vědecká a odborná činnost – akademický rok 2011/2012. Dostupné z : <http://www.fsv.cvut.cz/svoc/2012/vysledky/i2.pdf>

VARIANTY STŘEDNICE KCE V NÁVAZNOSTI NA VZEPĚTÍ KLENBY
D33,5/120
M 1:200

