

Instalace, vstupní a výstupní data pro skript *bridge*

Tento text doplňuje Technické podmínky č. 199 Min. dopravy ČR (TP199),

<https://pjp.k.rsd.cz/technicke-podminky-tp/>

Instalace

Skript je v jazyku Octave, takže pro jeho použití je nutno instalovat volně dostupný program GNU Octave, verze 4.2.2 nebo novější. Návod k instalaci a instalační balíčky jsou na

wiki.octave.org/Octave_for_Debian_systems
octave.org/download

pro operační systémy (OS) Windows, Linux a BSD. Instalace ve Windows vyžaduje stažení a spuštění installeru, v Linuxu jeden příkaz z příkazové řádky OS. GNU Octave je interpret a silný nástroj pro všechny druhy vědeckých a technických výpočtů ale uživatel skriptu *bridge* nemusí o něm nic znát. Instalace *bridge* zahrnuje jen volbu/vytvoření libovolného pracovního adresáře a v něm unzip *bridge.zip* a unzip *bridge_scripts.zip* v tomto pořadí. Pro běh *bridge* se nejprve spustí Octave příkazem *octave* z příkazové řádky v pracovním adresáři nebo kliknutím na ikonu 'octave' v aplikačním menu OS. Ve druhém případě je nutno najít a zvolit pracovní adresář v boxu File Browser okna Octave. *bridge* čte vstupní data ze souboru *data* v prac. adresáři. Tento soubor je nutno vytvořit/opravit/zkopírovat. Soubor *bridge.zip* obsahuje dva vzory souboru *data*, tyto vzory jsou také na konci tohoto návodu, odkud je lze do souboru *data* zkopírovat. Oba vzory jsou připraveny v Linuxu, takže nový řádek je kodován jedním znakem (LF). Když je vzor použit ve Windows, kde je nový řádek kodován dvěma znaky, CR LF, *bridge* může postrádat separátor (viz syntax níže) a skončit s chybou. Vložte mezeru před každý nový řádek nebo použijte na soubory *dataxxxxx* nějaký konverzní program.

Použití skriptu

Skript v jednom běhu vypočte stav mostu pro zatížení jedné úrovně. Snadno se to opakuje pro jinou úroveň, danou proměnnou *v*, viz *Vstupní data*. Mezní stav se hledá zkusmo postupným zvětšovaním *v* (závislost veličin mezního stavu na *v* není lineární). Vstupní data pro zatížitelnost klenbových mostů jsou vždy nejistá, takže mezní stavy stačí najít jen přibližně. Zabudována jsou zatěžovací schemata podle ČSN 72 6222 a výstupy umožňují kontrolovat mezní stavy podle TP199. Pro jiná zat. schemata a výstupy pro jiné mezní stavy je nutno skript adaptovat. Pro takové případy a při problémech s použitím skriptu použijte prosím mail petr.rericha@fsv.cvut.cz.

Vstupní data *data*:

Syntax:

Soubor sestává z dvojic znakových řetězců:

jméno proměnné hodnota ... *jméno proměnné* hodnota *jméno proměnné*
hodnota ...

Separátory řetězců mohou být mezera, nový řádek nebo tabulátor a jejich libovolné kombinace s opakováním. *jméno proměnné* a hodnota nesmí tedy obsahovat separátory.

Pořadí proměnných je pevné, podle seznamu níže.

Znakové řetězce *jméno proměnné* jsou klíče a musí být stejné jako v seznamu níže. Tatáž proměnná může mít jiný symbol v TP199, např. písmeno s indexy nebo z řecké abecedy. Tento symbol je v tomto seznamu uveden v závorkách.

Uvnitř posloupnosti řetězců nesmí být jiné než *jméno proměnné*, hodnota proměnné a separátory.

Po řetězcích vstupních dat může následovat jakýkoli text.

Poznámka: Okrajové podmínky (omezení posunutí, podepření) se ve vstupních datech nedefinují. Skript je dodává následujícím způsobem:

Konce klenby a vozovky jsou vetknuté s třemi výjimkami, vysvětlenými níže. Referenční čáry klenby a vozovky jsou čerchované v obr. 1 a na jejich koncích jsou nulová posunutí i rotace. Jedna výjimka je volné svislé posunutí na konci vozovky a hranice zásypu, pokud je hranice zásypu svislá, což je předpokládaná okrajová podmínka, sousedí-li klenba s navazující klenbou, viz pravý konec v obrázku. Referenční čáry také definují hranice tělesa zásypu takže kompatibilita posunutí je zajištěna. Levá a pravá hranice zásypu jsou skloněné nebo svislé. Skloněná hranice, levá v obr. 1, aproximuje zásyp integrovaný s přilehlým náspem a body na hranici jsou fixovány v obou směrech, viz bodová podepření v obrázku. Svislá strana simuluje podepření sousedním polem mostu, takže je zamezeno jen vodorovnému posunutí, zatímco svislé posunutí je volné, viz posuvná podepření v obrázku. Svislé a skloněné hranice násypu se mohou libovolně kombinovat.

Druhá výjimka z fixovaných konců klenby jsou pružně uložené patky klenby na fiktivních konečných prvcích klenby. Jeden takový prvek o délce *abutserlleft* je naznačen v obrázku pod levou patkou klenby.

Třetí výjimka z fixovaných konců klenby je vnucené vodorovné posunutí vp_n celé *pravé* hranice. v v součinu je faktor referenčního proměnného (dopravního) zatížení a p_n je průměrné roztážení klenby při referenčním proměnném zatížení, vypočítané v první fázi řešení.

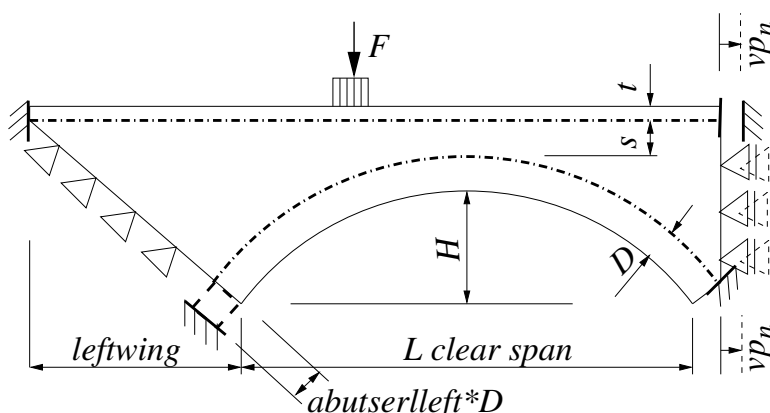


Figure 1: Schematický řez jedním polem mostu s různými okrajovými podmínkami.

Seznam vstupních dat

Znakové řetězce *jméno proměnné* (klíče) jsou v seznamu proloženy.

dpmag - zvětšení posunutí vůči geometrii pro jejich zviditelnění.

gamma_G (γ_G) - faktor stálého zatížení, závisí na druhu hledaného mezního stavu

v - faktor proměnného zatížení, mění se při hledání mezního stavu

L - světlost klenby

H - vzepětí klenby

D - tloušťka klenby

Barch - šířka klenby, *Barch* = 1 pro rovinnou deformaci, při použití s TP199 je to vždy

Ea - Youngův modul zdiva klenby

Ga - smykový modul zdiva klenby

grhoarch ($g\varrho_a$) - specifická tíha zdiva klenby

nel - počet elementů klenby, určuje hustotu sítě prvků v celé konstrukci

leftwing ≥ 0 (l_l) - když *leftwing* > 0 , jsou vozovka a klín zásypu protaženy o *leftwing* doleva za patku klenby. Obě složky posunutí jsou nulové na hranici zásypu. Když *leftwing* = 0, je vlevo sousední klenba, hranice zásypu je svislá, nulová je pouze vodorovná složka posunutí na hranici, svislá složka je volná.

rightwing ≥ 0 (l_r) - totéž pro pravé křídlo ale vodorovná složka posunutí na hranici může být nenulová, úměrná proměnnému zatížení, viz roztažení klenby *rbxfac* (p_n v TP199) níže.

s - hloubka zásypu nad korunou klenby

t - tloušťka vozovky,

E_{Er} - Youngův modul vozovky

G_{Gr} - smykový modul vozovky

B_r - šířka vozovky $B_r = 1$ pro rovinnou deformaci

grhoroad ($g\varrho_r$) - specifická tíha vozovky

E_f - Youngův modul zásypu

n_{uf} - Poissonovo číslo zásypu

b_f - šířka zásypu, $b_f = 1$ pro rovinnou deformaci

grhof ($g\varrho_f$) - specifická tíha zásypu

phi (φ) - úhel vnitřního tření zásypu

cohesion (*c*) - kohese zásypu

abutserlleft (ξ_l) - relativní délka (vzhledem k tloušťce klenby) fiktivního konečného prvku, který definuje tuhost podepření levé patky klenby. Doporučená rel. délka 1. Menší délka znamená větší tuhost a naopak

abutserlright (ξ_r) - totéž pro pravou patku.

rbxfac (p_n) - roztažení podpor klenby od referenčního proměnného zatížení hlavně vlivem poddajnosti sousedních polí mostu v horizontálním směru. Skript ho násobí faktorem zatížení *v* a použije jako vnucené horizontální posunutí celé pravé hranice pole (podpory klenby, hranice zásypu a konce vozovky).

ftsize - velikost fontu pro čísla uzlů v kresbě sítě, doporučená velikost 8.

load_pattern - číselný kod zatěž. schematu, tři schemata jsou aktuálně k dispozici s kody 1,6,9. Implementují tři schemata pro zatížení normální, výhradní a výjimečné podle ČSN 73 6222. Jiná schemata je nutno naprogramovat, skript obsahuje dvě funkce, *axle_train* a *unilpuw* (rovnoměrné zatížení na jednotku šířky klenby) pro podporu programování. Tři hotová schemata jsou popsána níže. V každém běhu skriptu se použije jen jedno z nich.

Zatěžovací schema 1, normální zatížitelnost:

axlefpuw - síla na nápravu nebo součet sil vedle sebe stojících náprav, dělená/y šířkou klenby, při referenčním zatížení.

res_position - vzdálenost výslednice dvojnápravy od levé patky klenby dělena světlostí klenby, může být i záporná, nápravy mimo vozovku skript vynechává. Vzdálenost náprav v dvojnápravě je 1.2 m.

unilpuw - rovnoměrné zatížení na jednotku šířky klenby

from - relativní (vzhledem k délce vozovky) vzdálenost levého začátku rovnoměrného zatížení od levého konce vozovky.

upto - relativní vzdálenost pravého konce rovnoměrného zatížení od levého konce vozovky
Zatěžovací schemata 6 a 9, zatíž. výhradní a výjimečné, kody jsou počty náprav:
axlefpuw - totéž jako pro schema 1
res_position - horizontální vzdálenost výslednice náprav od levé patky klenby dělená světlostí klenby.
Nápravy mimo rozsah vozovky se neuplatní.

ftsize - velikost fontu pro hodnoty napětí v kresbě výsledků, doporučená velikost 8.
niter - mez počtu Newton-Raphson iterací, vylučuje zacyklení, doporučená hodnota 9. Pokud *niter* = 0 provede se jen první krok iterace, kdy je klenba lineárně pružná. To slouží hlavně pro kontrolu správnosti FEM modelu. Iterace slouží k dosažení rovnováhy v nelineární soustavě (v *bridge* vinou vyloučeného tahu v ložných sparách).
ifdrawiter - výběr iterací, pro které se kreslí stav napětí a hloubka trhlin (do jednoho obrázku)
ifdrawiter = 0 žádný obrázek, *ifdrawiter* = 1 - kreslí se pouze poslední iterace,
ifdrawiter > 1 kreslí se všechny iterace
tol - tolerance poměru L^2 norem zbytkové nerovnováhy v uzlech a zatížení uzlů (L^2 norma: druhé mocniny komponent vektoru se sečtou a součet se odmocní). Vzhledem k účelu a přesnosti modelu je adekvátní *tol* = 0.001. Pokud jsou vstupní data a model korektní, stačí pro dosažení této přesnosti do deseti iterací, většinou méně než pět.

Výstup *bridge*:

Hlavní výstup je kresba sítě prvků s extrémními (negativními) normálovými napětími (vypsána bez znaménka) a hloubkami trhlin v ložných sparách klenby, obojí v konečných prvcích. Napětí jsou v číselné formě pro snadnou kontrolu MÚ, hloubky trhlin jsou znázorněny graficky, numericky pak v textovém výstupu, viz seznam níže. Prvky klenby vznikají při diskretizaci spojitě klenby a nejsou to klenáky! Kresba je prezentována v novém okně 'Figure 2' a zapsána do souboru 'viewdef.pdf' v pracovním adresáři. Skript produkuje před výpočtem kresbu 'Figure 1' s čísly uzlů sítě a pozicemi náprav použitého zat. schematu. Tato kresba je zapsána do souboru 'axles.pdf'

Pomocný textový výstup v příkazovém okně Octave:

- 1 Některá vstupní data pro kontrolu
- 2 Poměry L^2 (rms) norem nerovnováhy v uzlech/zatížení v uzlech v iteračních smyčkách.
- 3 Reakce ve všech vázaných složkách posunutí včetně těch v pružných podporách. Na každém konci klenby a vozovky působí dvě síly, jedna v referenční čáře skořepiny (ve styku se zásypem), druhá při druhém povrchu skořepiny. Radiální složka druhé síly je vždy nula. Moment obou sil vzhledem ke středu příčného řezu dává ohybový moment v řezu.
- 4 Součet y složek zatížení a reakcí - částečná kontrola celkové rovnováhy
- 5 Maximum poměru V/N (smyková/normálová síla) v klenbě pro kontrolu smykového selhání v ložných sparách.
- 6 Relativní hloubky trhlin v ložných sparách klenby, kladné hodnoty indikují trhliny na vnitřní (spodní) straně klenby, pro kontrolu MSOZ (mezního stavu opakovaného zatížení).
- 7 Složky x a y posunutí patek a koruny klenby. Vztahují se k bodům na referenční křivce klenby. Složky t platí pro body na vnitřním líci klenby ve směrech tangenciálních k referenční křivce, kladné ve směru napravo. Posunutí patek by měla být podstatně menší než ta v koruně.

Vzory souboru *data*

Střední klenba mostu o třech polích:

```
dpmag 50
gamma_G 1.35
v 1.10
L 11.4 H 1.9 D 0.8 Barch 1 Ea 10000000 Ga 5000000 grhoarch 23
nel 20
leftwing 0.0 rightwing 0 s 1.0
t 0.2 EEr 10000000 GGr 5000000 Br 1 grhoroad 23
Ef 5000 nuf 0.30 bf 1.0 grhof 18 phi 30 cohesion 0.0
abutserlleft 1.0 abutserlright 0.0 rbxfac 0.00013
ftsize 8
load_pattern 1
axlefpw 65.8 res_position 0.250
unilpw 9.85 from 0.0 upto 0.5
ftsize 8
niter 9 ifdrawiter 1 tol 0.001
```

Here there is a place for remarks, 'bridge' does not read past the 'tol' value

Single span bridge:

```
dpmag 50
gamma_G 1.00
v 0.52
L 7.0 H 3.0 D 0.5 Barch 1 Ea 10000000 Ga 5000000 grhoarch 23
nel 20
leftwing 3 rightwing 3 s 0.6
t 0.2 EEr 10000000 GGr 5000000 Br 1 grhoroad 23
Ef 5000 nuf 0.30 bf 1.0 grhof 18 phi 30 cohesion 0.0
abutserlleft 1.0 abutserlright 1.0 rbxfac 0
ftsize 8
load_pattern 1
axlefpw 64.1 res_position 0.250 unilpw 9.62 from 0.0 upto 0.55
ftsize 8
niter 9 ifdrawiter 1 tol 0.001
```

Most s jednou klenbou, mezní stav únosnosti, studie vlivu roztažení podpor

Skript podporuje ověření citlivosti mostu na změny parametrů. Projektanti oceňují tuto podporu vzhledem chronické nejistotě vstupních dat výpočtu zatžitelnosti. Podobné ověření trvá se skriptem jen několik minut.

