



INTERREG V-A
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA

SPOLOČNE BEZ HRANÍC

Globálna analýza mostov

Úvod

NÁZOV PROJEKTU:

**Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov
v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne**

**VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA**



EDUMOS

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

Globálna analýza

NELÁHKÁ ÚLOHA !

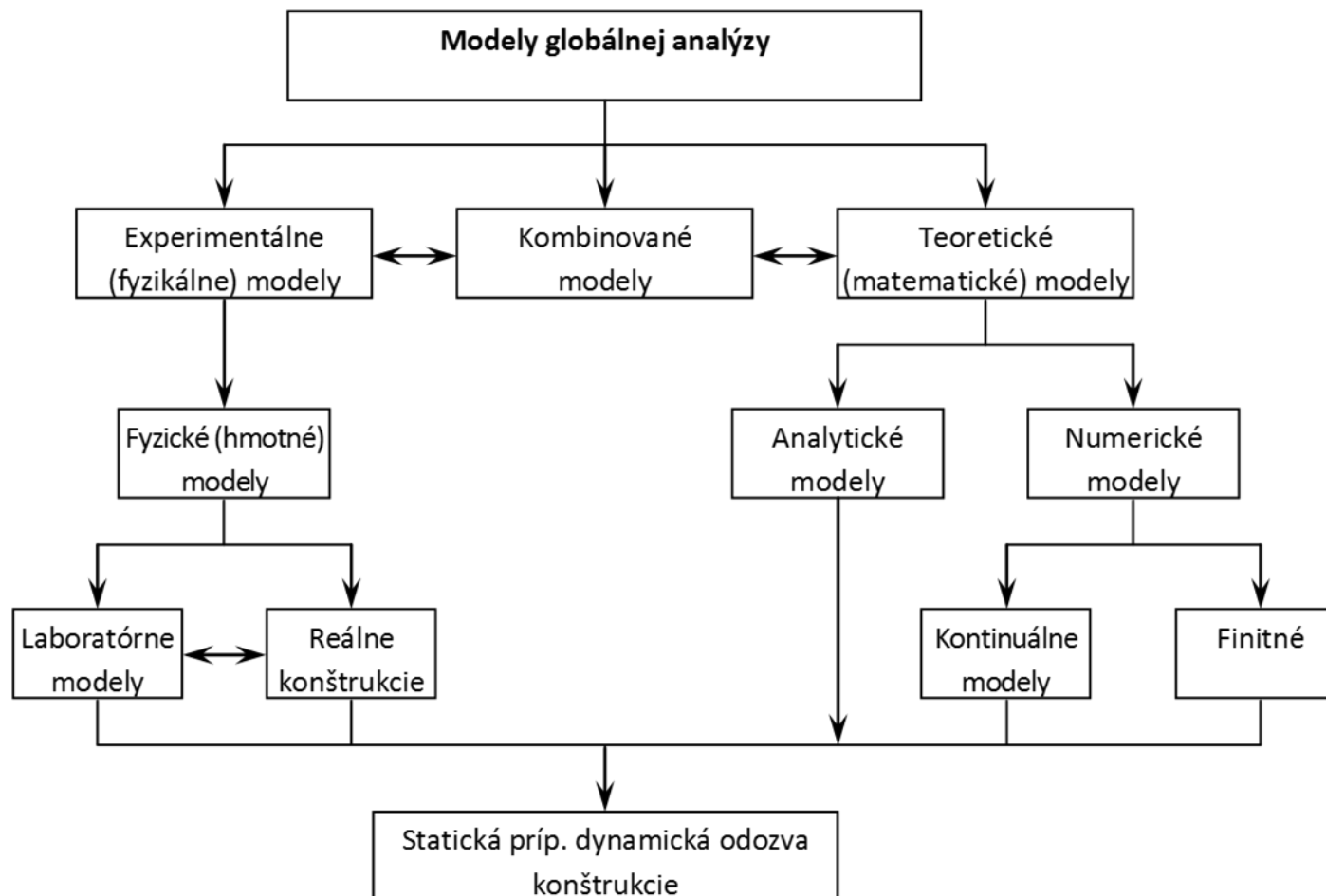
Transformačný (výpočtový) model by mal čo najvernejšie vystihnúť **reálne** pôsobenie konštrukcie. Teda jej **odozvu** na vonkajšie zaťaženie so zohľadnením **geometrických** parametrov konštrukcie a jednotlivých prvkov, ich vzájomného spojenia (**pôsobenie uzlov**), vlastností jednotlivých **materiálov**, včítane ich **degradácie** a to všetko pri čo najvernejšej idealizácii stálych a **premenných zaťažení**, v skutočnom prostredí definovanom **uložením** a **podložím** konštrukcie a okolitými **podmienkami**, pri každom počasí.

Globálna analýza

Analýzou konštrukcie sa rozumie proces teoretického alebo experimentálneho charakteru s cieľom navrhnuť nosné prvky konštrukcie a overiť jej spoľahlivosť. K splneniu tohto cieľa je potrebné najprv stanoviť odozvu konštrukcie na jej zaťaženia, teda určiť vnútorné sily a pretvorenia konštrukcie a jej prvkov. Proces definujúci vnútorné sily a pretvorenia konštrukcie sa nazýva globálna analýza konštrukcie. Modely:

- **teoretické (matematické),**
 - analytické,
 - numerické,
 - kontinuálne,
 - finitné,
- **experimentálne (fyzické),**
 - laboratórne (v určitej mierke),
 - reálne konštrukcie (meranie in-situ),
- **kombinované (kombinácia teor. a experim. modelov).**

Globálna analýza



Globálna analýza – 2D a 3D

Vplyv a dopady použitia MKP...

Rovinné výpočtové modely sú výhodné pri jednoduchších konštrukciách, kedy sa zavedením predpokladu riešenia po jednotlivých submodeloch nedopúšťame výraznejších nepresností.

Priestorové výpočtové modely v spojení s MKP sú v súčasnosti základnými nástrojmi globálnej analýzy mostných objektov.

Voľba medzi rovinným alebo priestorovým modelom závisí od požadovanej presnosti výstupov, zaťaženia konštrukcie, potrebe zohľadňovať imperfekcie a ich typy, typy modelovaných uzlov a pod. Podstatné sú aj úlohy a skúsenosti statika a dostupnosť kvalitného softvéru.

Globálna analýza – 2D a 3D

Vplyv a dopady použitia MKP...

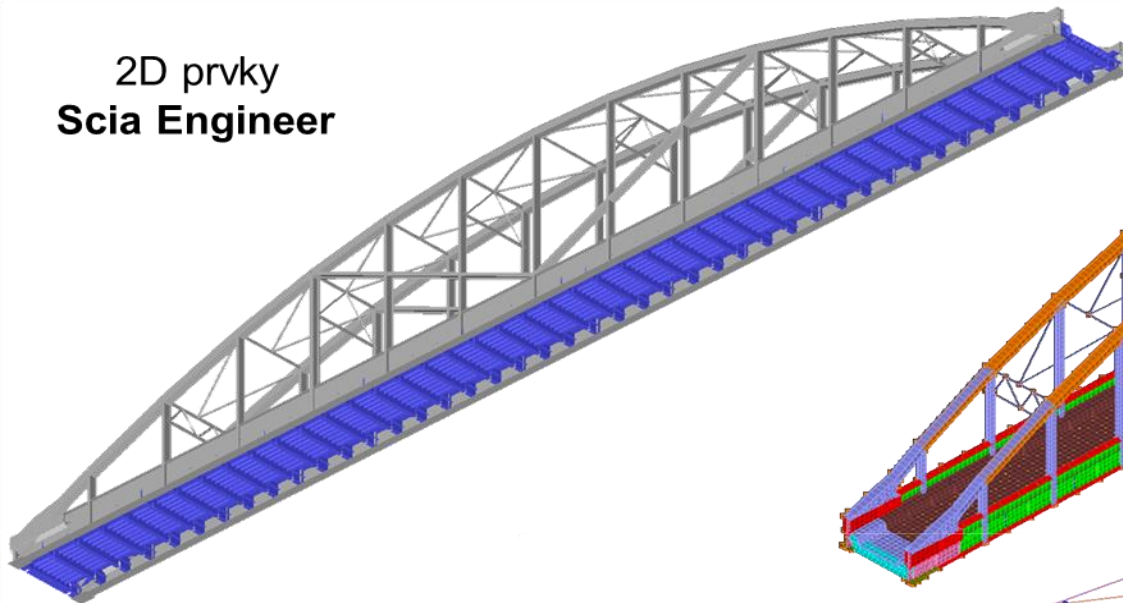
Rovinné výpočtové modely sú výhodné pri jednoduchších konštrukciách, kedy sa zavedením predpokladu riešenia po jednotlivých submodeloch nedopúšťame výraznejších nepresností.

Priestorové výpočtové modely v spojení s MKP sú v súčasnosti základnými nástrojmi globálnej analýzy mostných objektov.

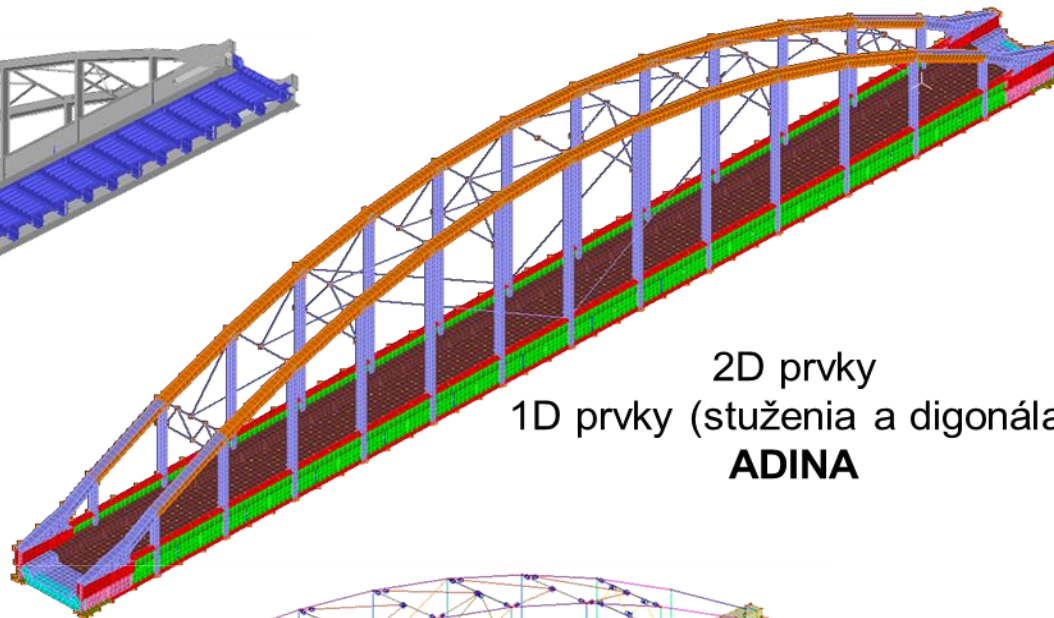
Voľba medzi rovinným alebo priestorovým modelom závisí od požadovanej presnosti výstupov, zaťaženia konštrukcie, potrebe zohľadňovať imperfekcie a ich typy, typy modelovaných uzlov a pod. Podstatné sú aj úlohy a skúsenosti statika a dostupnosť kvalitného softvéru.

Globálna analýza – 3D

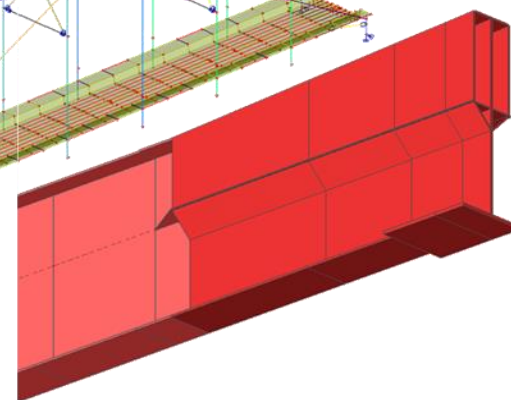
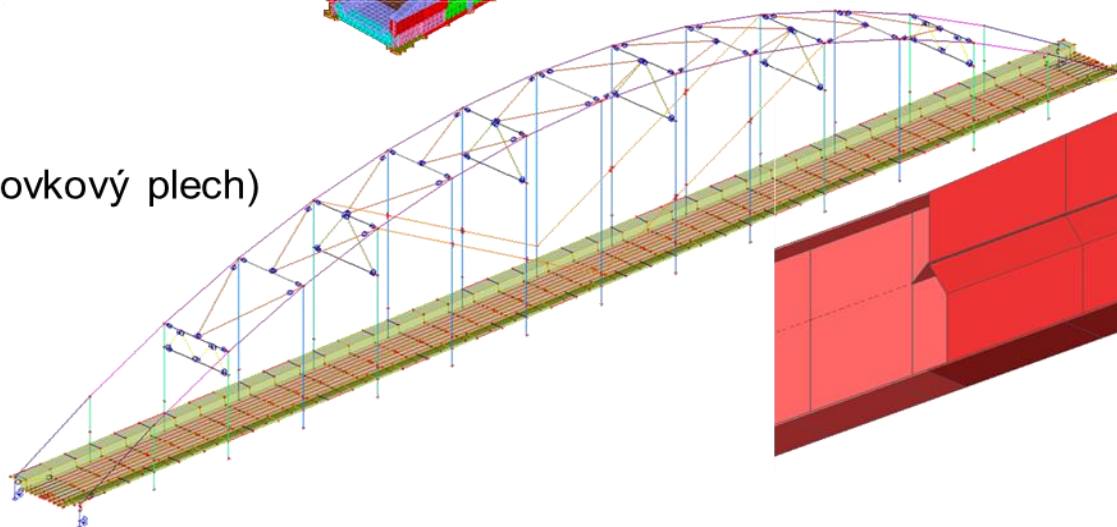
2D prvky
Scia Engineer



2D prvky
1D prvky (stuženia a digonála)
ADINA



1D prvky
2D prvky (mostovkový plech)
Scia Engineer



Globálna analýza mostov – plošné konečné prvky

V prípade použitia plošných výpočtových modelov je výber analýzy závislý od analyzovaného problému. Upravená verzia tabuľky z prílohy C k STN EN 1993-1-5 – pomôcka predpokladov pre MKP analýzu plošných prvkov.

Príklad použitia – riešený problém		Globálna analýza zohľadňuje účinky pretvorenia	Materiálový pracovný diagram	Zohľadnenie imperfekcií
1	pružná odolnosť, efekt ochabnutia šmykom	teóriou 1. rádu	lineárny	nie
2	plastická odolnosť v MSÚ	teóriou 1. rádu	nelineárny	nie
3	kritické zaťaženie pre vydúvanie steny	teóriou 2. rádu	lineárny	nie
4	pružná odolnosť pri vydúvaní	teóriou 2. rádu	lineárny	áno
5	pružno-plastická odolnosť pri vydúvaní v MSÚ	teóriou 2. rádu	nelineárny	áno

Globálna analýza – dynamická vs. statická

Každé zaťaženie je obecné premenné s časom. Z hľadiska možnosti vyšetrovať napätia a pretvorenia konštrukcie vo vzťahu k jej rýchlosti a zrýchleniu (pri kmitavých pohyboch) rozoznávame globálnu analýzu dynamickú alebo statickú.

- Dynamický výpočet berie do úvahy premennosť napätí a pretvorení konštrukcie vplyvom zotrvačných síl.
- Analýzy náročné na počítačový čas ale najmä na zadefinovanie správnych vstupných parametrov, najmä tlmiacich vlastností.
- Analýza dynamickej odozvy konštrukcie na vynútené dynamické budenie (zaťaženie) je nutná iba v niektorých prípadoch - bežným prípadom je budenie seizmickými vlnami.
- Dynamická analýza je predpísaná však aj pri určitých typoch a rozpätiach železničných mostov navrhovaných pre trate s vysokými rýchlosťami.

Globálna analýza – dynamická vs. statická

- Zvláštne požiadavky na výpočtový model oproti statickej analýze (tuhostné parametre, spolupôsobenie, uzly, hmoty,..)
- Vo väčšine prípadov, kedy je nutné zhodnotiť dynamickú stabilitu konštrukčného systému, sa však dajú využiť výsledky analýzy vlastného kmitania (napr. lávky pre peších).
- Výpočet vlastných tvarov a vlastných frekvencií nepredstavuje v dnešnej dobe zložitú úlohu, najmä pri použití vhodných softvérov.
- V bežných prípadoch, kedy nie je striktne predpísaná dynamická analýza konštrukcie, je možné dynamické účinky zohľadniť dynamickým súčiniteľom, vplyv zotrvačných síl je vtedy zahrnutý vo zväčšujúcom súčiniteli, ktorým sa prenasobia výsledky statickej analýzy.
- Skombinovaním tohoto postupu s priestorovým výpočtovým modelom nastáva problém „dvoch dynamických súčiniteľov“ pri overovaní napr. mostovkových prvkov (príloha E).

Globálna analýza mostov – typy a metódy

Z hľadiska využitia nelineárnych vlastností materiálov je možné stanoviť vnútorné sily na konštrukcii:

- materiálovo nelineárnou analýzou – pružnostným výpočtom,
- materiálovo nelineárnou analýzou - iba vo zvláštnych prípadoch (napr. plochy) alebo pri mimoriadných návrhových situáciách

Z hľadiska zohľadnenia pretvorenia konštrukcie a možných imperfekcií konštrukcie a jej prvkov rozlišujeme:

- globálnu analýzu podľa teórie prvého rádu,
- globálnu analýzu podľa teórie druhého rádu – je všeobecnejšia, zložitejšia, náročnejšia na softvér.

Globálna analýza mostov – typy a metódy lokálne vs. globálne účinky

Pri priestorových modeloch využívaných pre globálnu analýzu sa stretávame s problémom **odseparovania globálnych a lokálnych účinkov** od konkrétného zaťažovacieho stavu, prípadne kombinácie. Pri niektorých posúdeniach je dôležité sa odlíšiť „rozdielne zdroje“ týchto účinkov.

Vo všeobecnosti by sme mali vyšetrovať postavenie dopravy pre extrémny lokálny účinok, zistiť jeho globálny efekt a prvok posúdiť. Ale zároveň by malo byť predmetom výpočtu aj postavenie dopravy pre extrémny globálny účinok v danom prvku, následne by bolo potrebné zistiť jeho lokálny efekt a prvok znova posúdiť.

Globálna analýza mostov – typy a metódy lokálne vs. globálne účinky

Druhým dôvodom odseparovania lokálnych a globálnych účinkov je, že pri nepriamom zohľadňovaní dynamických účinkov majú prvky mostovky a hlavný nosník všeobecne iný dynamický súčiniteľ. Tento problém, niekedy nazývaný „**problémom dvoch dynamických súčiniteľov**“, sa dá spolu s predošlým riešiť viacerými spôsobmi.

Najpoužívanější spôsobov riešenia pozostávajúci z analýzy priestorového výpočtového modelu na dva krát:

- 1) Najskôr vykonáme analýzu priestorového modelu s podperami v miestach budúcich ložísk, čím získame akúsi celkovú odozvu konštrukcie na zaťaženie.
- 2) V druhom kroku zavedieme ďalšie, fiktívne podpory vo vytipovaných uzloch tak, aby sme zabránili globálnym deformáciám konštrukcie. Druhý krok odpovedá tak tzv. lokálnej odozve na zaťaženie.
- 3) Globálny účinok získame odčítaním lokálnych účinkov od celkových účinkov.