

**Vydání
Únor 2010**

Přídavný modul

RF-IMP

**Generování náhradních imperfekcí
a počátečních deformací
náhradních konstrukcí**

Popis programu

Všechna práva včetně práv k překladu vyhrazena.

Bez výslovného souhlasu společnosti ING. SOFTWARE DLUBAL S.R.O. není povoleno tento popis programu ani jeho jednotlivé části jakýmkoli způsobem dále šířit.

© Ing. Software Dlubal s.r.o.
Anglická 28 120 00 Praha 2

Tel.: +420 222 518 568
Fax: +420 222 519 218
Email: info@dlubal.cz
Web: www.dlubal.cz
www.dlubal.de

Obsah

	Obsah	Strana		Obsah	Strana
1.	Úvod	4	3.2.2	Náhradní konstrukce	23
1.1	Přídavný modul RF-IMP	4	3.3	Export imperfekcí	24
1.2	Tým pro vývoj programu RF-IMP	5	3.4	Příklad: Počáteční deformace náhradní konstrukce	25
1.3	Používání manuálu	5	4.	Všeobecné funkce	28
1.4	Spuštění modulu RF-IMP	6	4.1	Případy generování s RF-IMP	28
2.	Vstupní data	8	4.2	Jednotky a desetinná místa	30
2.1	Základní údaje	9	4.3	Export dat	30
2.2	Imperfekce	12	A	Literatura	32
3.	Generování	18	B	Index	33
3.1	Zahájení generování	18			
3.2	Generované imperfekce	21			
3.2.1	Náhradní imperfekce prutů	21			

1. Úvod

1.1 Přídavný modul RF-IMP

Mnoho norem předepisuje pro výpočet podle teorie II. řádu zohlednění imperfekcí. K tomu účelu existují ze zásady dvě možnosti. Buď se určí náhradní zatížení, což je upraveno např. v DIN 18800 část 2, odst. 2, EN 1992-1-1: 2004-15 nebo EN 1993-1-1: 2005-07. Nebo lze alternativně provést výpočet na náhradní konstrukci, jejíž uzly konečných prvků resp. systémové uzly byly posunuty podle normového zadání. V přídavném modulu RF-IMP k programovému systému RFEM jsou obě varianty k dispozici.

Počáteční deformace se stanoví v nepříznivých směrech působení. Toto může být u menších prutových konstrukcí ještě relativně přehledné, takže mohou být imperfekce určeny manuálně. Avšak u rozsáhlejších systémů s plošnými a objemovými prvky překračuje tento postup své meze, neboť pravidla pro výpočet náhradního zatížení existují jen pro pruty. Zde je RF-IMP schopný na základě tvaru deformace nebo tvaru vybočení resp. vlastního kmitání generovat výsledné imperfekce formou náhradního systému.

RF-IMP umožňuje uživateli rychle a tím pádem ekonomicky prověřovat různé případy generování pro imperfekce. Tím je podle normy zaručen postup v nejnepříznivějších směrech. Při tvoření náhradních imperfekcí pro pruty se implementace křivek vzpěrné pevnosti profilů podle EN 1992-1-1: 2004-15, EN 1993-1-1: 2005-07 nebo DIN 18800 osvědčuje jako velmi komfortní.

Jsou-li veličiny vychýlení a počáteční zakřivení zadány, vytvoří RF-IMP imperfekce v rozhodujících směrech a přenesení je do RFEMu. Náhradní imperfekce jsou ponechány zpravidla ve svém vlastním zatěžovacím stavu a mohou být následně přidány k některé skupině zatěžovacích stavů. U generování náhradního systému jsou posunuté uzly konečných prvků nasazeny do výpočetních parametrů příslušné skupiny zatěžovacích stavů. To má tu výhodu, že konstrukční údaje zůstanou beze změny a tudíž mohou být v jednom jediném modelu zachyceny různé náhradní konstrukce.

Tabulky je možno k dalšímu zpracování nebo archivaci exportovat rovnou do programu MS Excel.

Jako ostatní přídavné moduly je také RF-IMP plně integrován do RFEMu 4. Tento přídavný modul se prezentuje nejen po optické stránce jako pevná součást programu RFEM. S možností přístupu k výsledkům RFEMu (deformace zatěžovacích stavů, skupiny zatěžovacích stavů a jejich kombinace), RF-STABILITY (tvary vybočení) a RF-DYNAM (vlastní tvary) se mohou všechny náhradní imperfekce integrovat a pohodlně vygenerovat.

Přejeme Vám mnoho úspěchů s naším programem RF-IMP.

Vývojový tým společnosti ING.-SOFTWARE DLUBAL S.R.O.

1.2 Tým pro vývoj programu RF-IMP

Na vývoji programu RF-IMP se podíleli:

Koordinátoři programu

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem

Programátoři

DiS. Jiří Šmerák
Ing. Roman Svoboda

Design programu, dialogové obrázky a piktogramy

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
MgA. Robert Kolouch
Ing. Jan Milář

Kontrola programu

Ing. František Knobloch
Ctirad Martinec

Manuál, systém podpory a překlady

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl
Ing. Dmitry Bystrov
Jan Jeřábek
Ing. Jakub Harazín
Ing. Ladislav Kábrt
Mgr. Petra Pokorná
Dipl.-Ing. Veronika Erlebachová
Ing. Hana Macková

Technická podpora a konečná kontrola

Dipl.-Ing. (FH) André Bergholz
Dipl.-Ing. Rafael Ceglarek
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann
Dipl.-Ing. Frank Faulstich
Dipl.-Ing. (FH) René Flori
Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier
Dipl.-Ing. David Röseler
Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
M. Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag
Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner
Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl
Dipl.-Ing. (FH) Anke Voggenreiter

1.3 Používání manuálu

Tematické oblasti instalace, uživatelské prostředí, vyhodnocení výsledků a jejich tisk jsou podrobně popsány v manuálu RFEMu, a tak od jejich popisování upouštíme. Důraz tohoto manuálu je kladen na zvláštnosti, které se objevují v rámci práce s tímto přídatným modulem.

Manuál k RF-IMP se je řazen podle vstupních a výsledkových dialogů. V textu jsou popisována **tlačítka** uvedena v hranatých závorkách, např. [Detaily]. Kromě toho jsou zobrazena ještě vlevo na okraji. **Výrazy** dialogů, tabulek a nabídek jsou v textu zvýrazněny *kurzívou*, aby bylo usnadněno pochopení výkladu.

Manuál obsahuje také heslovitý rejstřík. Pokud i přesto nemůžete něco nalézt, je na naší webové stránce www.dlubal.cz k dispozici funkce rychlého vyhledávání, kterou můžete v seznamu všech *Otázek a odpovědí* filtrovat podle určených kritérií.

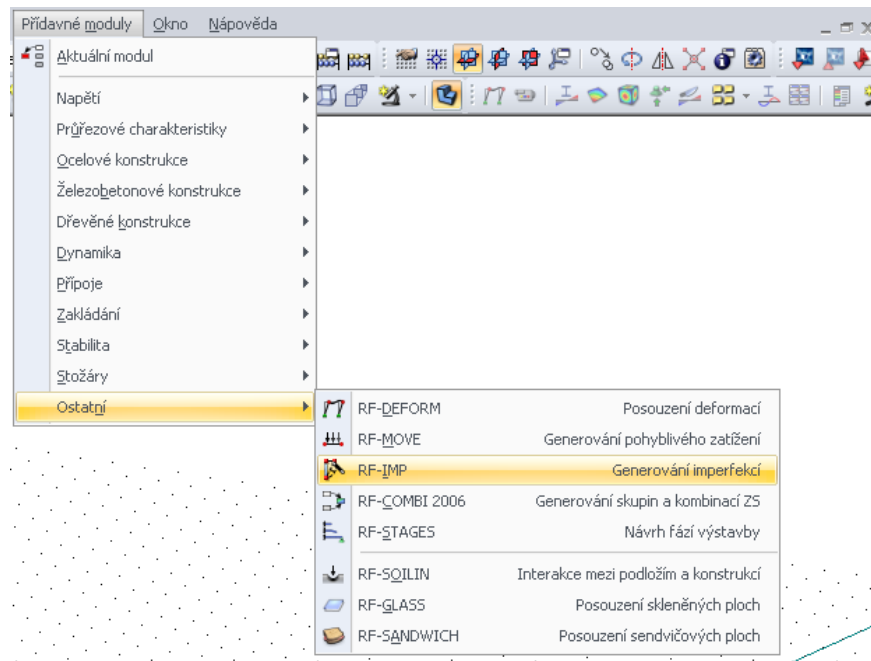
1.4 Spuštění modulu RF-IMP

V RFEMu existují následující možnosti spuštění přídatného modulu RF-IMP.

Hlavní nabídka

Spuštění programu může být provedeno příkazem z hlavní nabídky RFEMu

Přidavné moduly → Ostatní → RF-IMP.

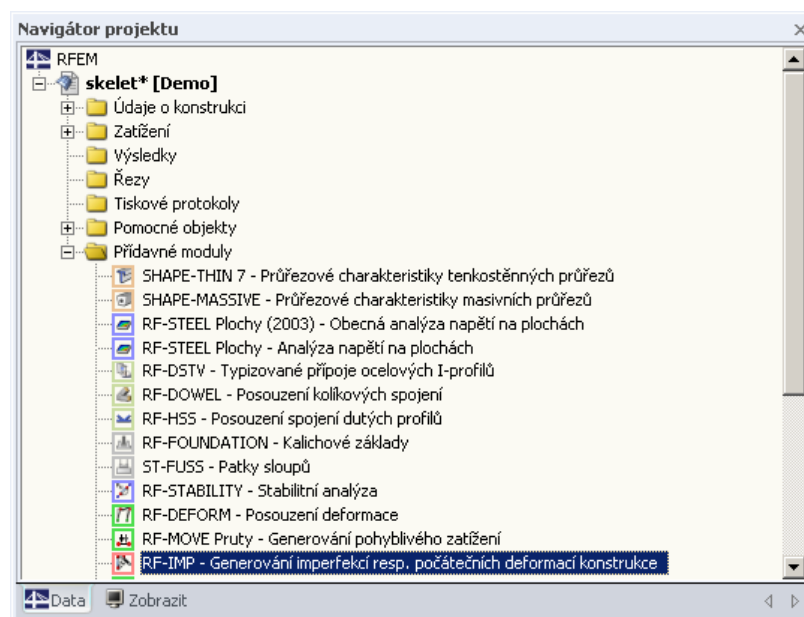


Obr. 1.1: Hlavní nabídka: *Přidavné moduly* → *Ostatní* → *RF-IMP*

Navigátor

Modul RF-IMP může být také spuštěn v navigátoru dat přes položku

Přidavné moduly → RF-IMP.



Obr. 1.2: Navigátor dat: Přídavné moduly → RF-IMP

2. Vstupní data

Zadáání parametrů pro generování probíhá v dialogích. Pro pruty a sady prutů je nabídnuta pomocná funkce [Vybrat] ke grafickému výběru.

Po spuštění RF-IMP se v novém okně vlevo objeví navigátor, který řídí oba dialogy. Nad ním se nachází roletové menu s eventuálně již existujícími případy generování (viz kapitola 4.1, str. 28).

Je-li RF-IMP poprvé spuštěn v programu RFEM, načítá tento přídatný modul v pozadí automaticky následující vstupní údaje:

- pruty a sady prutů
- zatěžovací stavy a jejich kombinace

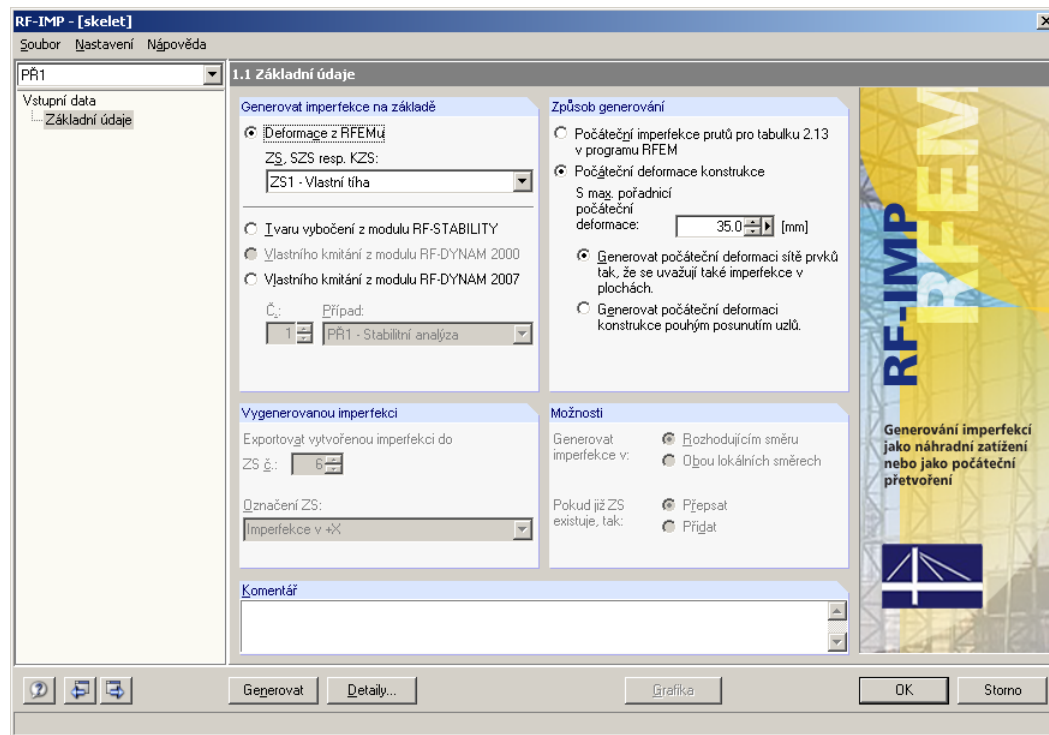


Ovládání dialogů je prováděno buď kliknutím na jejich názvy v navigátoru RF-IMP nebo listováním vlevo znázorněnými tlačítky. Funkčními klávesami [F2] a [F3] můžeme dialogem rovněž listovat vpřed resp. zpět.

Tlačítko [OK] slouží k uložení zadání a k ukončení modulu RF-IMP, zatímco tlačítkem [Storno] modul zavřeme, aniž by se data uložila.

2.1 Základní údaje

V dialogu 1.1 *Základní údaje* se stanovují podklady pro generování imperfekcí, jakož i způsob generování.



Obr. 2.1: Dialog 1.1 *Základní údaje*

Generování imperfekcí na základě

Nejprve je nutno určit, které výsledky mají sloužit jako podklad pro generování imperfekcí resp. náhradní konstrukce. K tomu existují v zásadě 3 možnosti.

Deformace z RFEMu

Určující působení vybereme ze seznamu *ZS - zatěžovací stav*, *SZS - skupina zatěžovacích stavů* resp. *KZS - kombinace zatěžovacích stavů*.

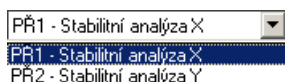
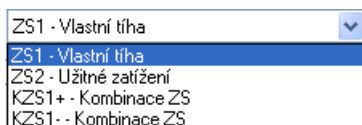
U kombinací zatěžovacích stavů je nutno vzít na vědomí malou zvláštnost. Zde existují pro každou hodnotu x dva výsledky – maximum a minimum superpozičních působení. Proto jsou v seznamu kombinací zatěžovacích stavů také dvě možnosti výběru: *KZS+* (maximum) a *KZS-* (minimum), jak je vidět na vzorovém obrázku vlevo.

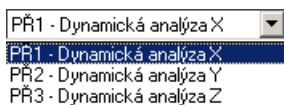
Podle DIN 18800 část 2, čl. (202) se geometrické náhradní imperfekce určují afinně k nejnižšímu tvaru vybočení. Přesně vzato by tak měl být pro každé zatížení ve vyhraněném směru s odpovídajícím tvarem deformace proveden zvláštní zatěžovací stav imperfekce. Případy generování v RF-IMP (viz kapitola 4.1, str. 28) zde nabízejí možnost vytvoření vhodných imperfekcí na základě různých deformací.

Tvaru vybočení z modulu RF-STABILITY

Imperfekce lze – jak je požadováno v DIN 18800 část 2, čl. (202) – tvořit tak, že se pokud možno nejlépe přizpůsobí tvaru deformace patřící k nejnižší vlastní hodnotě vzpěru. Avšak pro možnost převzetí stabilitních tvarů je nezbytné, aby byl přídatný modul RF-STABILITY licencován.

V seznamu Č. lze vybrat číslo relevantního tvaru vybočení, v seznamu *Případ* výsledný případ generování z RF-STABILITY.





Vlastního kmitání z modulu RF-DYNAM

Základem pro imperfekce resp. náhradní konstrukce může být vlastní tvar, který byl zjištěn dynamickým modulem. Podle licence, již máte k dispozici, můžete volit mezi moduly *RF-DYNAM 2000* a *RF-DYNAM 2007*.

V seznamu *Případ* se stanoví určující dynamický analytický případ. Ve vstupním poli *Č.* se nastaví vlastní kmitání, které má být přibráno k tvoření imperfekcí.

Pokud program RF-IMP nemůže stanovit žádné imperfekce, protože ještě neexistují žádné výsledky z RFEMu nebo modulů RF-STABILITY resp. RF-DYNAM, následuje výpočet relevantních deformací, stabilitních tvarů resp. vlastních kmitání automaticky v průběhu analýzy s RF-IMP.

Způsob generování

V zásadě existují dvě možnosti, jak imperfekce s RF-IMP tvořit. Volitelně lze určité oblasti v této sekci aktivovat nebo deaktivovat.

Náhradní imperfekce prutů

Dle DIN 18800 pro pruty nebo sady prutů se vytvoří zatěžovací stav s náhradními imperfekcemi. Tento zatěžovací stav pak lze dále použít ve skupině zatěžovacích stavů.

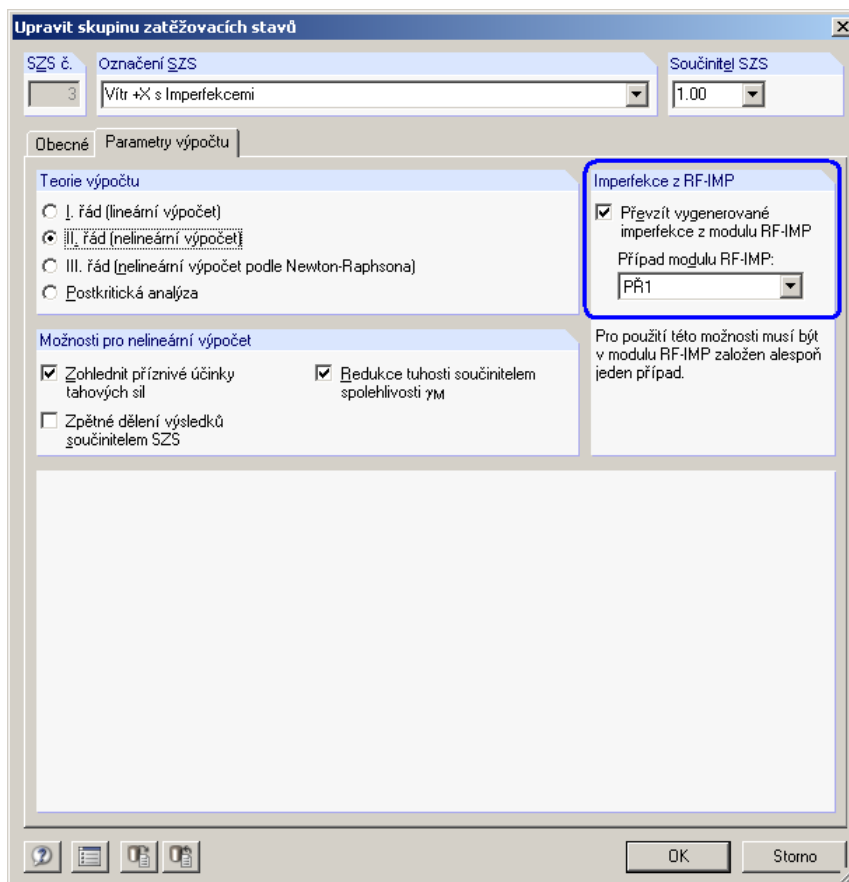
Pokud je vybrán tento způsob generování, jsou požadovány další údaje v sekcích *Generovaný zatěžovací stav imperfekce* a *Možnosti* a také v dialogu 1.2 *Imperfekce*.

Počáteční deformace náhradní konstrukce

U této možnosti generování se standardní deformace z RFEMu, RF-STABILITY nebo RF-DYNAMu změnou měřítka upraví na *maximální pořadnici počáteční deformace*, kterou uživatel stanovil jako danou. U počátečních deformací náhradních konstrukcí, které se hodí zvláště pro velké skořepinové systémy, se rozlišují dvě možnosti:

- **Generování počátečních deformací sítě konečných prvků**

Pro každý uzel konečných prvků se zjistí deformace, která leží mezi nulou a maximální danou pořadnicí. Před výpočtem podle teorie II. nebo III. řádu se pak síť konečných prvků vytvaruje podle příslušného případu v RF-IMP. K tomu musí být ve skupině zatěžovacích stavů z RFEMu vybrán požadovaný případ v RF-IMP. Údaje o konstrukci z RFEMu zůstanou nedotčeny.



Obr. 2.2: RFEM-Dialog Upravit skupinu zatěžovacích stavů, záložka Parametry výpočtu

- **Generování počáteční deformace konstrukce posunutím uzlů**

Zde dochází - na rozdíl od výše popsané metody - ke změně konstrukčních údajů. Souřadnice uzlů RFEM-dialogu 1.1 se dle stanovené deformace posunou. Další údaje u skupin zatěžovacích stavů tak nejsou potřebné.



U tohoto způsobu generování se může pro každou konstrukci zohlednit jen jeden tvar imperfekce, protože uzly mohou být posunuty jen jednou.

Generovaný zatěžovací stav imperfekce

Tato sekce je aktivní jen pro způsob generování *Náhradních imperfekcí*.

Číslo ZS udává, do kterého zatěžovacího stavu mají být imperfekce po generování exportovány. První volné číslo zatěžovacího stavu je zde přednastaveno. *Označení zatěžovacího stavu* lze zadat přímo nebo jej lze vybrat z předdefinovaného seznamu.

Po generování následuje ještě kontrolní dotaz před konečným předáním do RFEMu.

Možnosti

Také tato sekce je aktivní jen pro způsob generování *Náhradních imperfekcí*.

Imperfekce mohou být generovány v *Rozhodujícím směru* nebo v *Obou lokálních směrech*. Je-li zvolena první možnost (standardní nastavení), určí RF-IMP imperfekci jen v jednom směru, tedy buď ve směru lokální osy prutu y , nebo z . O výsledné deformaci resp. vychýlení vlastního tvaru rozhodne tolerance (srov. kapitolu 3.1, str. 18). Tato přednastavená tolerance je také zohledněna v případě generování v obou lokálních směrech.

Pokud se v sekci *Generovaný zatěžovací stav imperfekce* nastaví číslo již existujícího zatěžovacího stavu, zpřístupní se dvě dodatečná kontrolní pole. Těmi lze zvolit, zda má RF-IMP již navržený zatěžovací stav *Přepsat* anebo má generované náhradní imperfekce *Přidat*.

Komentář

Toto vstupní pole je k dispozici pro uživatelské poznámky, které např. popisují a vysvětlují dané parametry v aktuálním případě generování v RF-IMP.

Detaily...

Přes tlačítko [Detaily] lze kontrolovat nastavení tolerance pro RF-IMP. Bude spuštěn dialog *RF-IMP – Detaily*, který je vysvětlen v kapitole 3.1 na straně 18.

2.2 Imperfekce

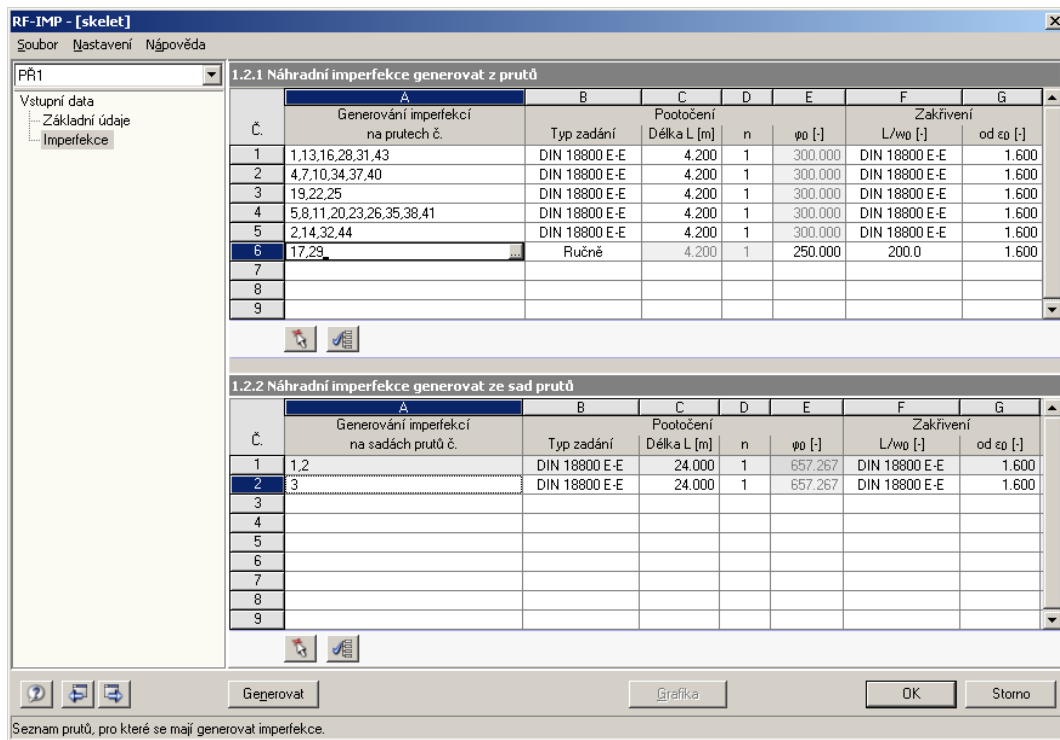
Druhý dialog tohoto modulu je k dispozici jen v případě, pokud je v dialogu 1.1 zadáno generování *Náhradních imperfekcí pro pruty*.

Dialog 1.2 *Imperfekce* je rozdělen do dvou částí: Horní část 1.2.1 *Náhradní imperfekce generovat z prutů* se týká prutů relevantních pro generování, dolní část 1.2.2 *Náhradní imperfekce generovat ze sad prutů* bere na zřetel sledy prutů (skupiny prutů jsou pro imperfekce zpravidla nevhodné).

Obě části tohoto dialogu nabízejí totožné režimy zadávání. Jediným rozdílem je, že se všechna zadání v dialogu 1.2.1 vztahují jen na jednotlivé pruty, zatímco parametry dialogu 1.2.2 platí pro sady prutů. Jelikož jsou až na tento rozdíl obě části identické, jsou v dalším textu popsány společně.

Zadání mohou být editována běžnými klávesovými zkratkami, jako např. smazání aktuálního řádku s [Ctrl+Y] (srov. manuál k programu RFEM, kapitola 4.4.8).

Jednotky a desetinná místa délek a zatížení se upravují přes hlavní nabídku **Nastavení** → **Jednotky a desetinná místa** (srov. kapitulu 4.2, str. 30).



Obr. 2.3: Dialog 1.2 *Imperfekce*

Generování imperfekcí na prutech / sadách prutů

Ve sloupci A se stanoví čísla prutů resp. sad prutů.



Upozorňujeme, že sady prutů musí být definovány v programu RFEM, aby bylo možné je v modulu RF-IMP vybrat. Modul RF-IMP vytvoření sad prutů neumožňuje.



S tlačítky [Vybrat] lze pruty resp. sady prutů v pracovním okně RFEM graficky vybrat. Alternativně se kliknutím do vstupního pole zpřístupní tlačítko [...], které tuto grafiku také spustí.



Po kliknutí na pruty resp. sady prutů v pracovním okně RFEMu budou jejich čísla převzata do dialogu *Vícenásobný výběr*. Tento dialog umožňuje také návrat k RF-IMP. Odpovídající čísla budou pak do dialogu zanesena.

S tlačítky [Vše] budou pro generování vybrány vždy všechny pruty resp. sady prutů a zaneseny do jednoho řádku.



U sad prutů není nutné, aby bylo číslování zahrnutých prutů postupné, a orientace prutů v sadě se smí střídát. Nicméně jedinou podmínkou je, aby měly všechny pruty v sadě stejné natočení.

Vychýlení

V sloupcích B až E lze stanovit parametry pro zadání vychýlení. Jsou možné následující tři způsoby zadání:

- DIN 18800 E-E (posuzovací metoda elasticky-elasticky)
- DIN 18800 E-P (posuzovací metoda elasticky-plasticky)
- EN 1992-1-1: 2004-12 (posuzovací metoda elasticky)
- EN 1993-1-1: 2005-07 (posuzovací metoda plasticky)
- Manuálně

DIN 18800 E-E
DIN 18800 E-E
DIN 18800 E-P
EN 1992-1-1: 2004-12 (Eurokód 2)
EN 1993-1-1: 2005-07 (Eurokód 3)
DIN 1045-1: 2001-07
DIN 1052: 2004-08
Ručně



Způsob zadání

Sloupec B nabízí možnost vybrat jeden z výše jmenovaných způsobů zadání. Kliknutím do vstupního pole se zpřístupní tlačítko [▼], přes které lze ze seznamu zvolit hodící se zadání. Tento seznam se rovněž spustí funkční klávesou [F7].

U obou způsobů zadání podle DIN 18800 se hodnota vychýlení $1/\varphi_0$ automaticky zanesou do sloupce E.

Délka L

Délka L znázorňuje systémovou délku imperfektního prutu. Tato je zohledněna v Rovnici 2.1 (viz dole).

V tomto sloupci jsou přednastaveny délky prutů, které však mohou být v případě potřeby upraveny. Kliknutím do vstupního pole se zpřístupní tlačítko [...], které přepnutím do pracovní plochy programu RFEM umožní grafické určení délky.

n

n představuje počet na sobě nezávislých příčin pro vychýlení prutů resp. sad prutů, které mají být zohledněny. Na ukázkou viz obr. 5 v DIN 18800 část 2, odst. 2.3. Zpravidla se pro n může dosadit počet stojek rámu pro podlaží ve sledované rámové rovině.

$1/\varphi_0$

Pokud vybereme ve sloupci B *Manuální* způsob zadání, lze zde hodnotu vychýlení zanechat přímo. Oba sloupce *Délka L* a n jsou v tomto případě inaktivní.

Je-li vychýlení vypočítáno automaticky podle jednoho z obou způsobů zadání podle DIN 18800, činí toto pro jednodílné pruty zpravidla:

$$\varphi_0 = \frac{1}{200} \cdot r_1 \cdot r_2$$

Rovnice 2.1: Vychýlení φ_0 podle DIN 18800 část 2, rovnice (1)

Podkladem pro tento výraz je posuzovací metoda **elasticky-plasticky**. Oba redukční součinitele r_1 a r_2 vypočítáme následně.

$$r_1 = \sqrt{\frac{5}{l}}$$

kde l : systémová délka prutu resp. sady prutů

Rovnice 2.2: Redukční součinitel r_1

Rovnice 2.2 platí jen pro délky ≥ 5.00 m. Pro $l < 5.00$ m se za r_1 dosadí 1.

$$r_2 = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{1}{n}} \right)$$

kde n : počet na sobě nezávislých příčin pro vychýlení

Rovnice 2.3: Redukční součinitel r_2

Pokud bude vybrána posuzovací metoda **elasticky-elasticky**, probíhá výpočet vychýlení podle stejného schématu. Avšak protože posouzení napětí je jako např. v modulu RF-STEEL prováděno na základě metody *elasticky-elasticky*, smí být vychýlení podle DIN 18800 část 2, čl. (201) zredukováno na $\frac{2}{3}$ základní hodnoty (tedy $\varphi_0 = \frac{1}{300}$). Tímto je vzata v úvahu skutečnost, že plastická rezerva průřezu není plně využita.

V RF-IMP je tato redukce standardně přednastavena, protože posuzovací metoda *elasticky-elasticky* představuje obvyklou výpočetní metodu programů společnosti Dlubal.

Počáteční zakřivení

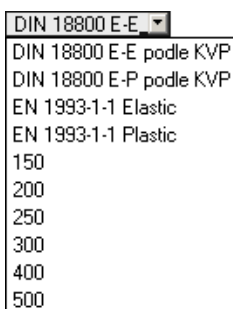
Ve sloupcích F a G lze stanovit parametry pro zadání počátečního zakřivení. Jsou možné následující způsoby zadání:

- DIN 18800 E-E podle KVP (křivka vzpěrné pevnosti)
- DIN 18800 E-P podle KVP
- EN 1992-1-1 (elasticky)
- EN 1993-1-1 (plasticky)
- Výběr počátečního zakřivení L/w_0

L/w_0

Ve sloupci F lze vybrat jeden z výše jmenovaných způsobů zadání. Kliknutím do vstupního pole se zpřístupní tlačítko [▼], přes které lze ze seznamu zvolit hodící se zadání. Seznam se rovněž spustí funkční klávesou [F7].

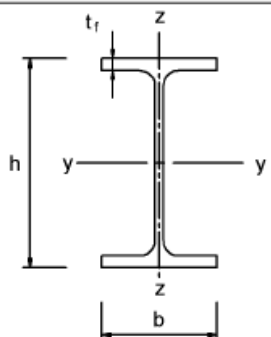
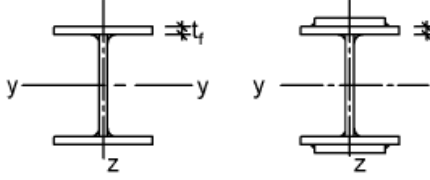

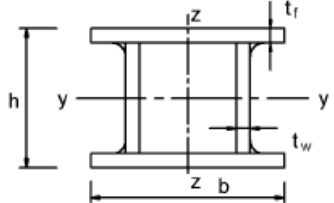
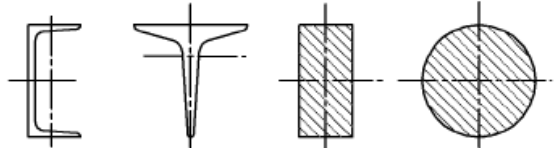
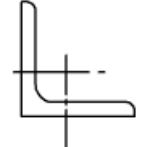
Tento seznam obsahuje obvyklé hodnoty pro počáteční zakřivení dle DIN 18800 včetně dvou možností *DIN 18800 podle KVP* (křivka vzpěrné pevnosti). Výpočet počátečního zakřivení podle křivky vzpěrné pevnosti je popsán v DIN 18800 část 2, odst. 2.2. Hodnotu počátečního zakřivení pro jednodílné pruty lze pro tento případ zjistit v DIN 18800 část 2, tabulka 3.



KVP	Hodnota w_0 počátečního zakřivení
a	L/300
b	L/250
c	L/200
d	L/150

Tabulka 2.1: Hodnota počátečního zakřivení podle DIN 18800 část 2, tabulka 3

Přiřazení křivek vzpěrné pevnosti *a* až *d* k typům průřezu je prováděno dle DIN 18800 část 2, tabulka 5 (viz následující Obr.2.4).

Průřez	Meze	Vybočení kolmo k ose	Křivka vzpěrné pevnosti	
			S235 S275 S355 S420	S460
Válcované průřezy 	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a a ₀
		$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b a a
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b a a
		$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d d c
Svařované průřezy 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	b c b	
	$t_f > 40 \text{ mm}$	y-y z-z	c d c	
Duté průřezy 	válcované za tepla	všechny	a a ₀	
	tvarované za studena	všechny	c c	
Svařované duté průřezy 	všechny průřezy kromě níže uvedených výjimek	všechny	b b	
	tlusté svary: $a > 0,5 t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	všechny	c c	
U, T a plně průřezy 		všechny	c c	
Úhelníky 		všechny	b b	

Obr.2.4: Přiřazení průřezů ke křivkám vzpěrné pevnosti dle DIN 18800 část 2, tabulka 5

od ε_0

Do posledního sloupce dialogu je zanesena hodnota ukazatele ε_0 , od které má být počáteční zakřivení zohledněno současně s vychýlením. Dle DIN 18800 část 2, čl. (207) činí tato přednastavená hodnota $\varepsilon_0 = 1.6$, neboť teprve až od této hodnoty se stává pomocné počáteční zakřivení relevantním. Avšak i údaje definované uživatelem nebo výběr přes tlačítko [▼] jsou v tomto vstupním poli možné.

Tyto ukazatele různých prutů resp. sad prutů budou nejprve zjištěny výpočtem podle teorie II. řádu v programu RFEM a posléze porovnány s mezním ukazatelem. Pokud to bude nutné, budou počáteční zakřivení zohledněna pro další výpočty.

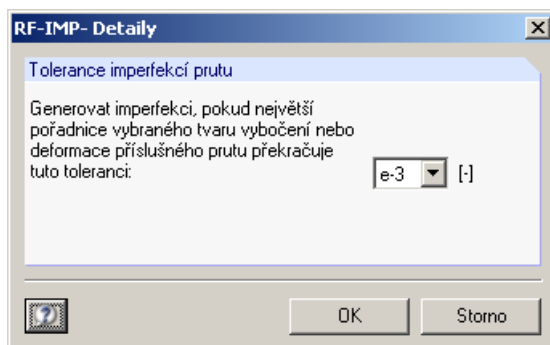
3. Generování

Tato kapitola popisuje, jak lze vytvořit imperfekce jako náhradní zatížení resp. jako počáteční deformaci náhradní konstrukce a jak jsou tyto výsledky dále předány do programu RFEM.

3.1 Zahájení generování

Detaily...

Před generováním doporučujeme zkontrolovat nastavení tolerance pro RF-IMP. Ta je přístupná v dialogu 1.1 *Základní údaje* přes tlačítko [Detaily], které spustí následující dialog:



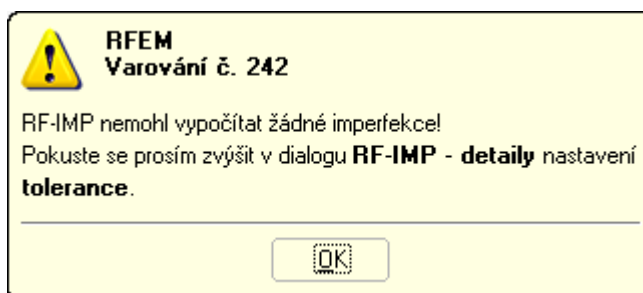
Obr. 3.1: Dialog *RF-IMP - Detaily*

Přes *Tolerance* lze ovládat, od které pořadnice zvolené deformace nebo tvaru vybočení se imperfekce vytvoří. Malé výchylky nebudou tedy ve tvaru deformace nebo tvaru vybočení zohledněny, pokud leží pod nastavenou hodnotou. Pro pruty a sady prutů s výchylkami pod touto hranicí nebudou pak žádné imperfekce stanoveny.

Hodnotu tolerance lze nastavit v seznamu přes tlačítko [▼]. K dispozici jsou hodnoty od *e-1* do *e-9*. *e-1* zde odpovídá zaokrouhlení na jedno desetinné místo, zatímco nastavením *e-9* bude zohledněno devět desetinných míst.

RF-IMP zkoumá normované hodnoty uzlů u tvaru deformace resp. tvaru vybočení. Maximální hodnoty se přitom normují jako ,1'. Činí-li např. maximální deformace u konstrukce 10 cm a tato odpovídá normované hodnotě 1, znamená výchylka 0,08 cm normovanou hodnotu 0,008. U tolerance nastavené na *e-3* (limit zaokrouhlení na tři desetinná místa: 0,005) určí RF-IMP pro tento prut náhradní imperfekci, protože normovaná hodnota leží nad touto hranicí. U tolerance *e-2* by zůstala imperfekce pro tento prut nezohledněna, neboť je jeho normovaná deformace menší než tolerance se dvěma desetinnými místy 0,05.

V případě, že RF-IMP nemůže na základě nastavené tolerance vytvořit žádnou imperfekci prutu, objeví se u generování odpovídající hlášení.



Obr. 3.2: Varování u příliš nízké tolerance

Tolerance – jak popsáno nahoře – lze zvýšit zohledněním více desetinných míst.

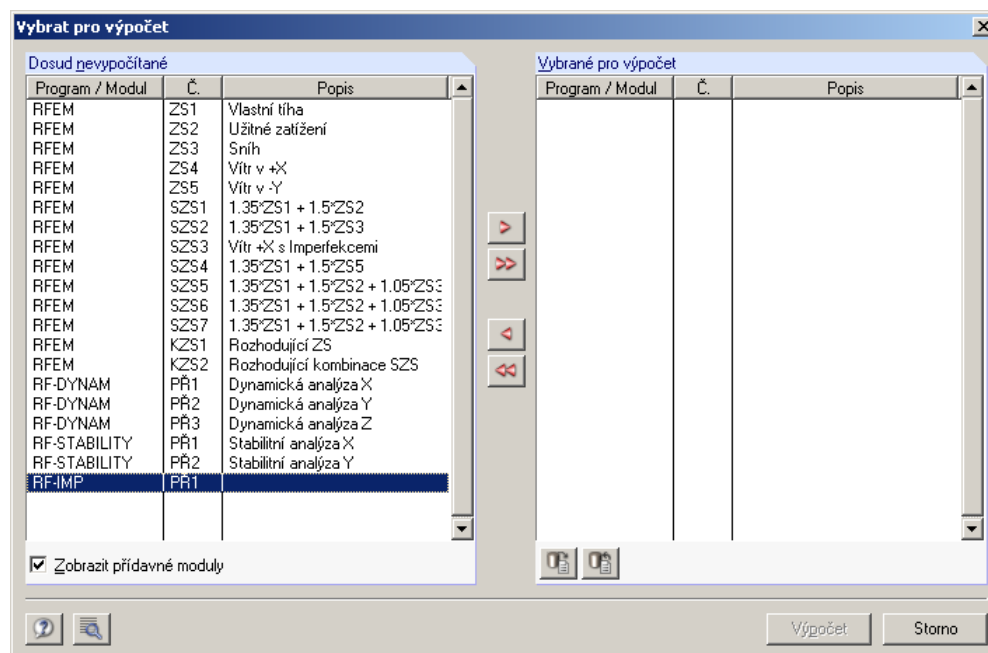
Generovat

Na generování počáteční deformace náhradních konstrukcí nemá tento dialog žádný vliv.

V každém z obou dialogů RF-IMP je k dispozici tlačítko [Generovat] k vygenerování dat zatěžovacího stavu resp. náhradní konstrukce pro RFEM.

Také z prostředí programu RFEM lze iniciovat generování v RF-IMP. RF-IMP je jako přídatný modul uveden v dialogu *Vybrat pro výpočet* - podobně jako zatěžovací stav nebo skupina zatěžovacích stavů. Tento dialog lze v RFEMu spustit přes nabídku

Výpočet → Vybrat pro výpočet.



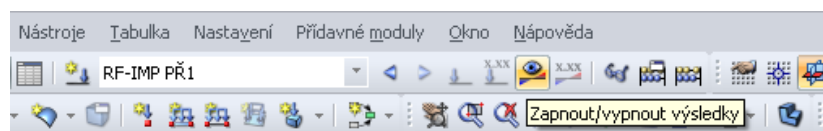
Obr. 3.3: Dialog *Vybrat pro výpočet*

Chybí-li v seznamu *Nevypočítané* případy generování v RF-IMP, musí se aktivovat zaškrtnutím políčka *Ukázat přídatné moduly*.

Tlačítkem [▶] lze vybrané případy RF-IMP převzít do seznamu vpravo. Výpočet pak spustíme kliknutím na odpovídající tlačítko.

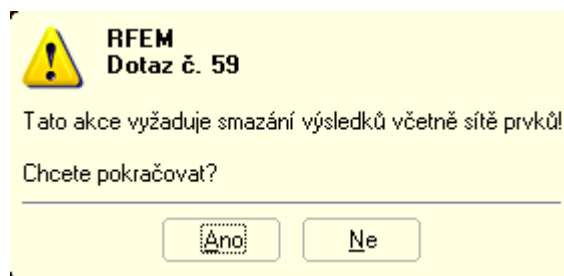
Také přes seznam v panelu nástrojů lze daný případ generování přímo vypočítat. Vyberte požadovaný případ RF-IMP a pak klikněte na tlačítko [Zapnout/vypnout výsledky].

Výpočet



Obr. 3.4: Přímý výpočet případu generování RF-IMP v programu RFEM

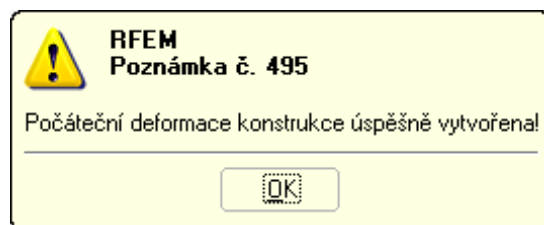
V případě, že má být počáteční deformace náhradní konstrukce tvořena s možností „Posunutí uzlů“ na základě již vypočítaných deformací, následuje před generováním dotaz, zda mají být výsledky vymazány.



Obr. 3.5: Dotaz před vymazáním výsledků

Bude-li tento dotaz kladně potvrzen, změní RF-IMP výchozí konstrukci. Předchozí vypočítané deformace jsou pak v tomto případě samozřejmě nesprávné.

Zjišťování imperfekcí resp. náhradní konstrukce se děje – závisle na modelových údajích – během velmi krátké doby. Po úspěšném generování se objeví v Obr. 3.7 resp. v Obr. 3.9 znázorněný dialog 2.1 *Náhradní imperfekce* s imperfekcemi prutů a sad prutů resp. ploch a uzlů konečných prvků. Bude-li tvarovaná konstrukce oproti tomu vytvořena posunutím uzlů, objeví se odpovídající hlášení.



Obr. 3.6: Hlášení po generování náhradní konstrukce

Generování imperfekcí resp. náhradní konstrukce je tímto dokončeno. V případě, že je definováno více případů RF-IMP, musí se generování provést pro každý případ RF-IMP zvlášť.



U výpočtu jedním tahem, který je spuštěn přes nabídku

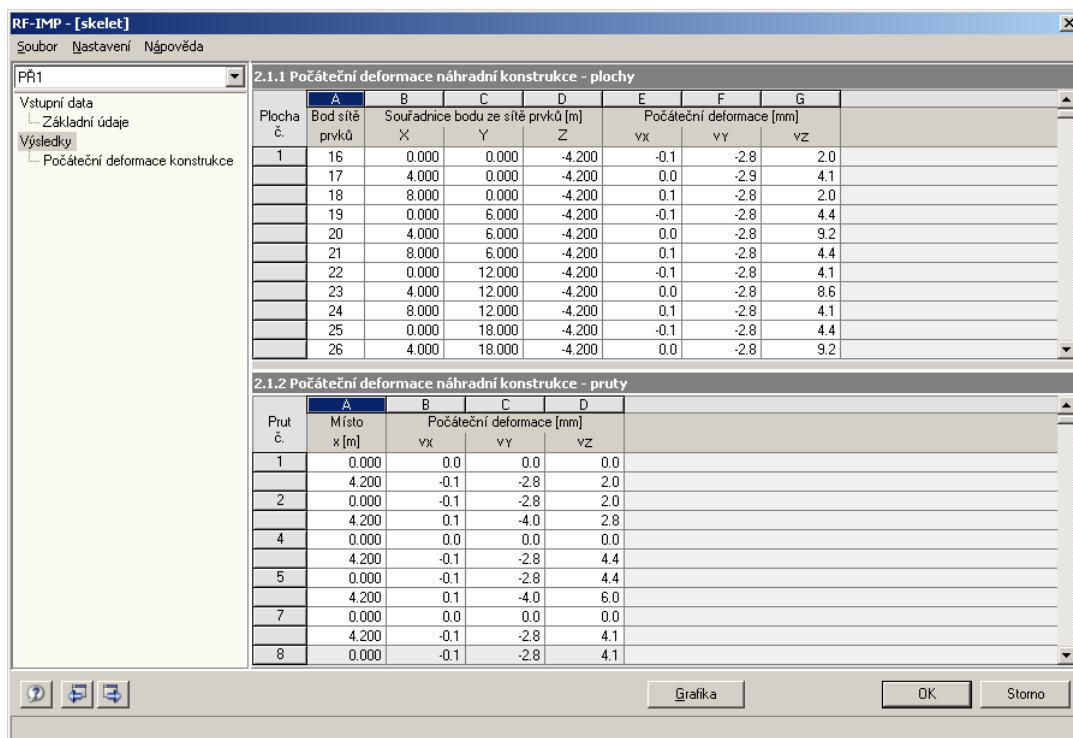
Výpočet → Vypočítat vše

budou vypočítány všechny zatěžovací stavy RFEMu a také všechny případy přídatného modulu. Je-li k dispozici případ RF-IMP se způsobem generování *Náhradní imperfekce prutů*, bude tento rovněž počítán. Generované imperfekce nebudou však automaticky exportovány jako zatěžovací stav do RFEMu. To pak musí proběhnout v modulu RF-IMP manuálně. U způsobu generování *Počáteční deformace náhradní konstrukce* je případ RF-IMP z celkového výpočtu vynechán. Všechny výsledky by musely být opět smazány, protože byla změněna výchozí konstrukce – a výpočet by byl v tomto případě zamítnut.

3.2 Generované imperfekce

Výstup generovaných výsledků je prováděn v různé podobě pro generované *náhradní imperfekce* a vytvořené *náhradní konstrukce*. Jaké výstupní dialogy budou použity, závisí na způsobu generované imperfekce.

3.2.1 Náhradní imperfekce prutů



Obr. 3.7: Dialog 2.1 Náhradní imperfekce

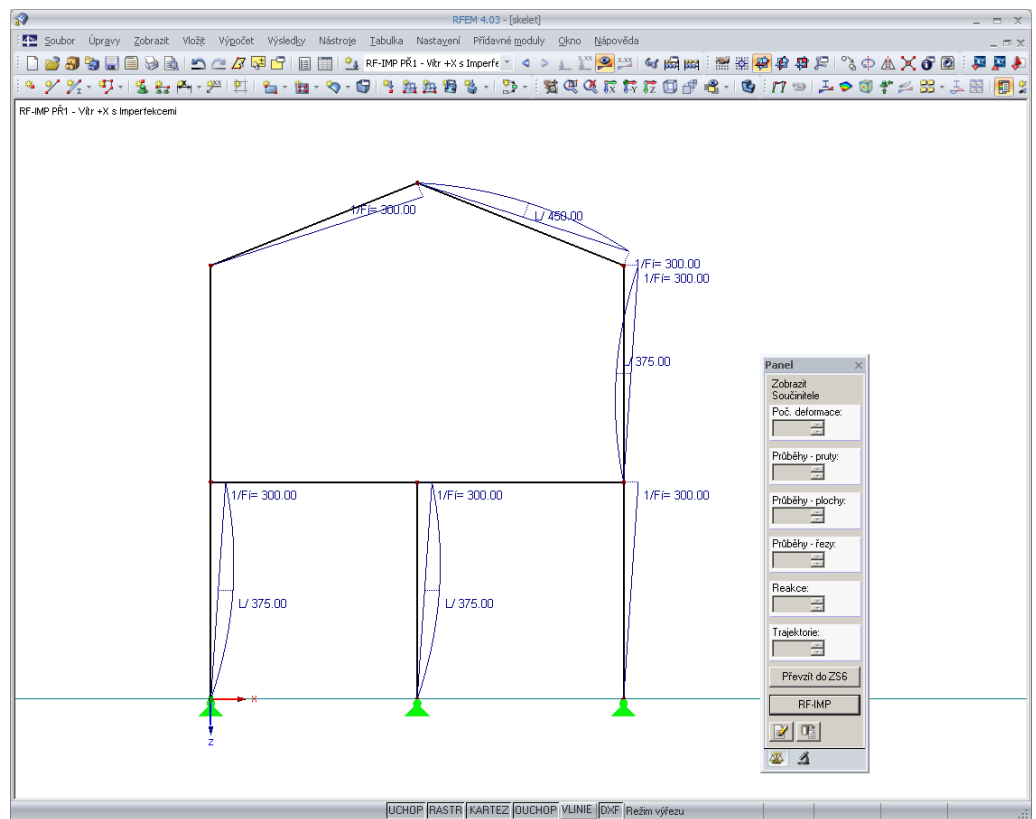
Po generování se objeví dvoudílný dialog 2.1 *Náhradní imperfekce*. V obou těchto tabulkách jsou uvedeny jednotlivé *pruty* resp. *sady prutů* s generovanými imperfekcemi. Uvedený *směr* se vztahuje na lokální osy prutů *y* nebo *z*, v jejichž směrech působí vychýlení a počáteční zakřivení.

U zjišťování náhradních imperfekcí nejsou brány v úvahu pruty a sady prutů s tahovou silou.

V tomto dialogu není možné generované imperfekce editovat.

Přes tlačítko [Grafika] se zobrazí vytvořené imperfekce v pracovním okně programu RFEM. Lze zkontrolovat, zda byly vytvořeny imperfekce také na všech prutech a sadách prutů, které jsou ohroženy vybočením.

Grafika



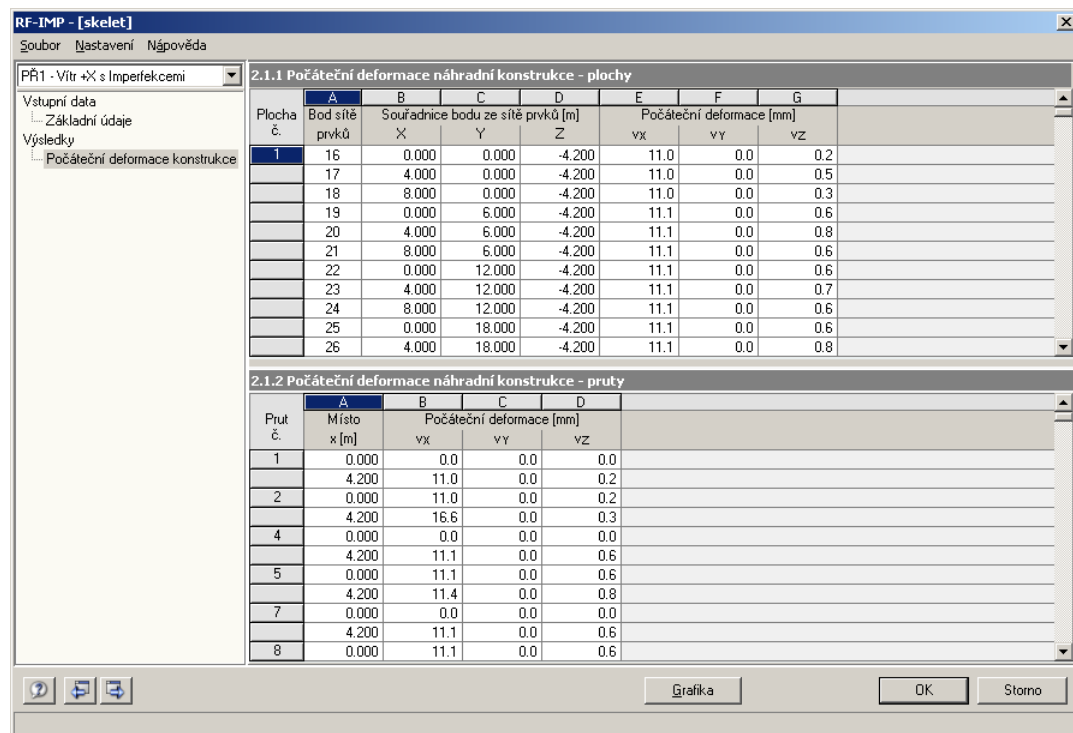
Obr. 3.8: Grafika generovaných náhradních imperfekcí

RF-IMP

Přes tlačítko [RF-IMP] v panelu následuje návrat do modulu RF-IMP, kde lze zadané údaje případně změnit a spustit nový generovací proces.

3.2.2 Náhradní konstrukce

Počáteční deformace sítě konečných prvků



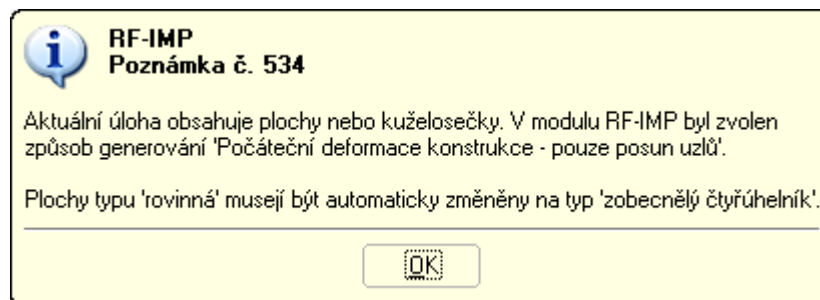
Obr. 3.9: Dialog 2.1 Počáteční deformace náhradní konstrukce

U možnosti „Generování počáteční deformace sítě konečných prvků“ se objeví dvoudílný dialog 2.1 *Počáteční deformace náhradní konstrukce*. V obou těchto tabulkách jsou uvedeny posuny uzlů konečných prvků pro jednotlivé *plochy* a *pruty*. Uvedené *počáteční deformace* se vztahují na globální souřadnicový systém XYZ.

V kapitole 3.4 od strany 25 uvádíme krátký příklad k vytvoření náhradní konstrukce.

Počáteční deformace konstrukce

Předtím, než bude počáteční deformace konstrukce vytvořena *posunutím uzlů*, se objeví hlášení, že je nutno konvertovat rovné plochy na plochy čtvercové. Toto je zapotřebí z toho důvodu, aby mohly být hraniční linie ploch přizpůsobeny tvaru deformace nebo stabilitnímu tvaru.



Obr. 3.10: Hlášení o existenci rovinných ploch nebo kuželoseček

Po generování se objeví hlášení znázorněné na Obr. 3.6. To znamená, že vytvoření změněného výchozího systému bylo okamžitě provedeno. Generování je tímto dokončeno.

OK

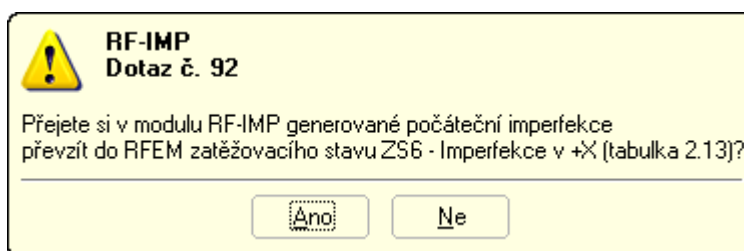
Storno

Ve změněné náhradní konstrukci budou souřadnice uzlů přizpůsobeny. Aby je bylo možné kontrolovat např. v RFEM-dialogu 1.1 *Uzly*, můžeme tlačítka [OK] nebo [Storno] modul RF-IMP ukončit. Vezměte prosím v úvahu, že nelze provést úpravy ve středech prutů nebo ploch, protože mohou být změněny pouze souřadnice krajních uzlů.

3.3 Export imperfekcí

Tato kapitola popisuje, jak lze generované *imperfekce* jako zatěžovací stav exportovat do programu RFEM. *Náhradní konstrukci* oproti tomu vytvoří RF-IMP pro RFEM automaticky a poskytne ji pak pro skupiny zatěžovacích stavů (srov. Obr. 2.2, str. 11) resp. jako změněné souřadnice uzlů v RFEM-dialogu 1.1 *Uzly*.

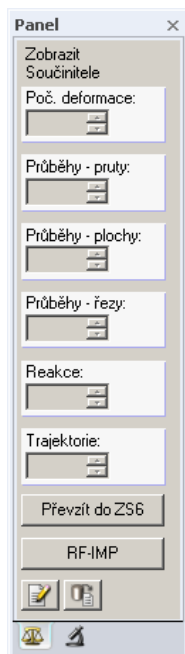
S [OK] lze generované náhradní imperfekce z každého RF-IMP-dialogu exportovat do RFE-Mu. Objeví se následující dotaz.



Obr. 3.11: Dotaz před exportováním dat zatěžovacích stavů

Převzít do Z52

Jak ukazuje Obr. 3.8, existuje také v grafickém prostředí RFEM možnost předání. V panelu je nabízeno tlačítko [Převzít do ZS...], které rovněž aktivuje nahoře zázorněný dotaz.

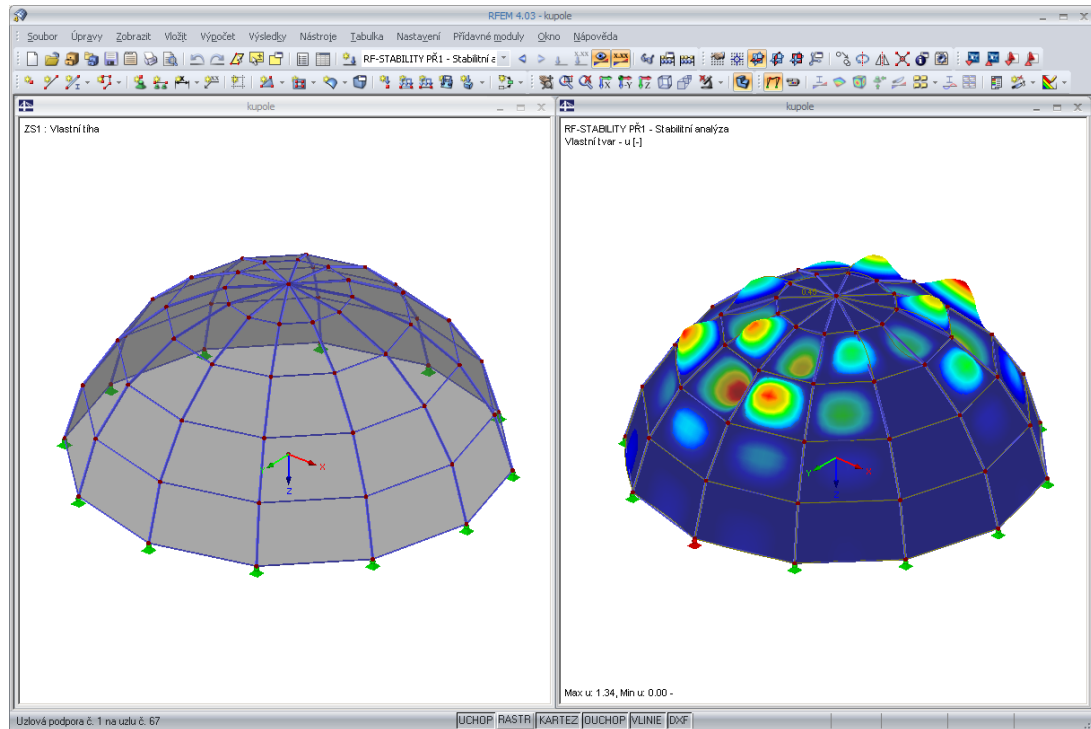


Obr. 3.12: Panel s tlačítkem *Export*

Imperfekce budou po převzetí zaneseny do RFEM-tabulky 2.13 *Imperfekce*, kde mohou být popř. ještě přizpůsobeny nebo doplněny.

3.4 Příklad: Počáteční deformace náhradní konstrukce

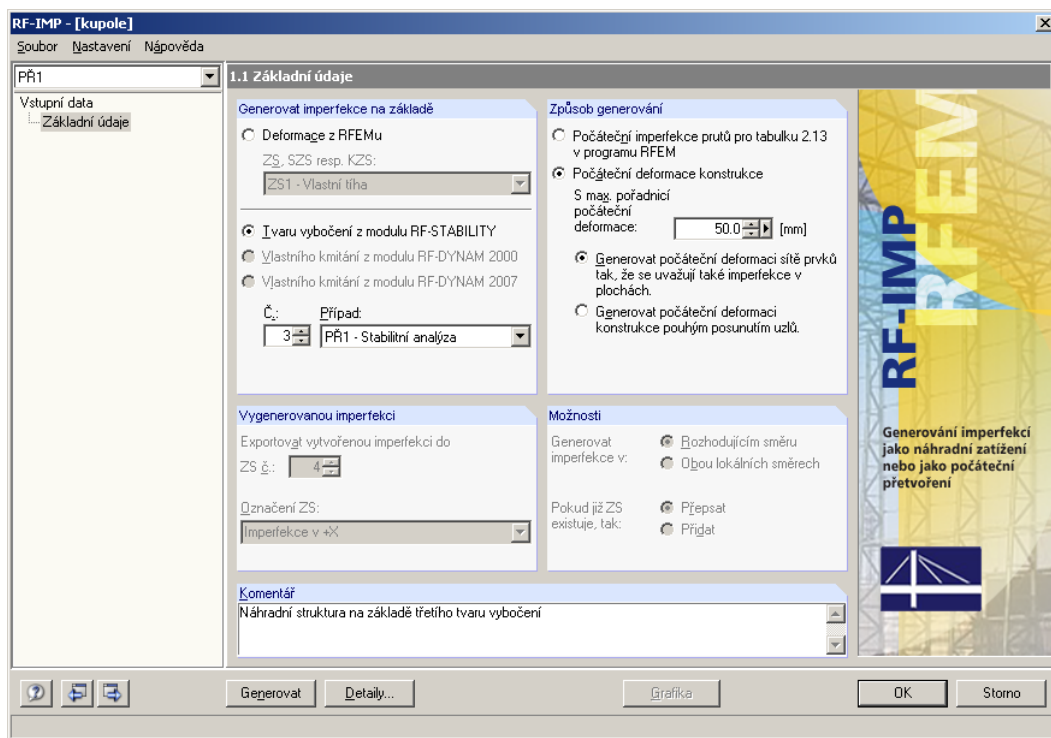
V tomto příkladu mají být pro kupoli konstruovanou v programu RFEM generovány imperfekce formou počáteční deformace náhradní konstrukce. Aby mohlo být zachyceno boulení ploch, bude zjištěna počáteční deformace sítě konečných prvků na základě tvaru vybočení.



Obr. 3.13: Model kupole a tvar vybočení

V modulu RF-STABILITY jsou stabilitní tvary vypočteny na základě vlastní tíhy.

Po otevření modulu RF-IMP se objeví dialog 1.1 *Základní údaje*. Zde se provedou následující zadání:

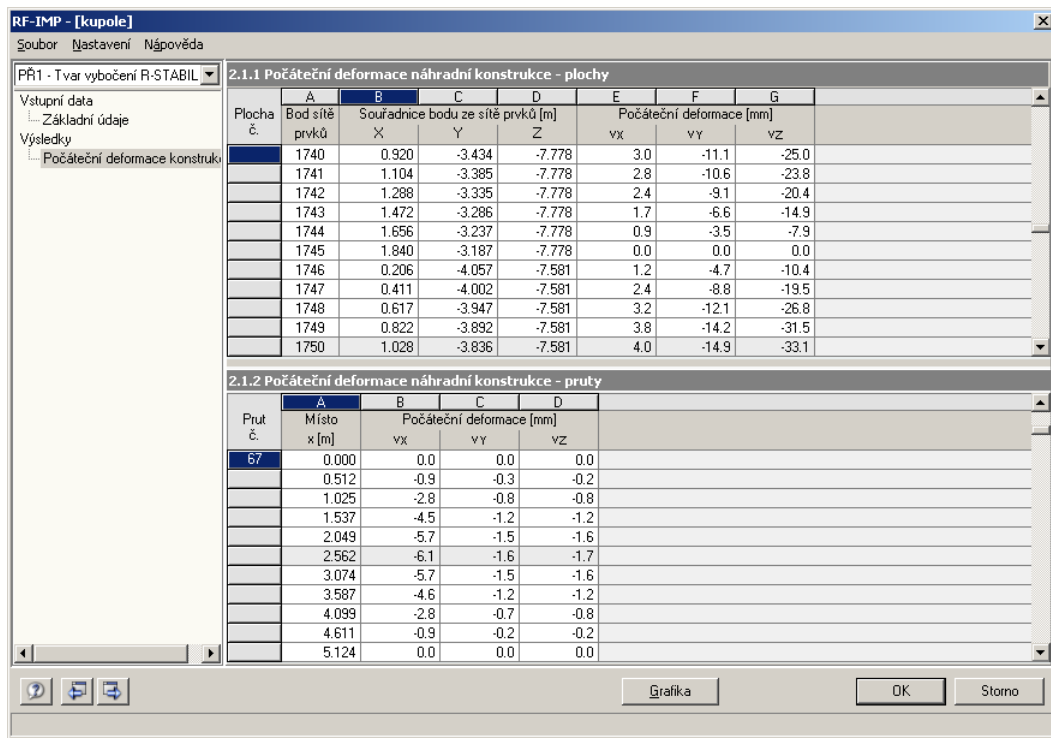


Obr. 3.14: RF-IMP-dialog 1.1 *Základní údaje*

Jako určující je ve vstupním poli Č. přednastaven **třetí tvar vybočení**. Pořadnice počáteční deformace je předpokládána maximálně 50 mm, tzn., že normované deformace budou přičteny k souřadnicím uzlů konečných prvků. Zadání je tím kompletní.

Generovat

Po [Generování] náhradní konstrukce budou posunuté uzly konečných prvků *ploch* zobrazeny v tabulce.

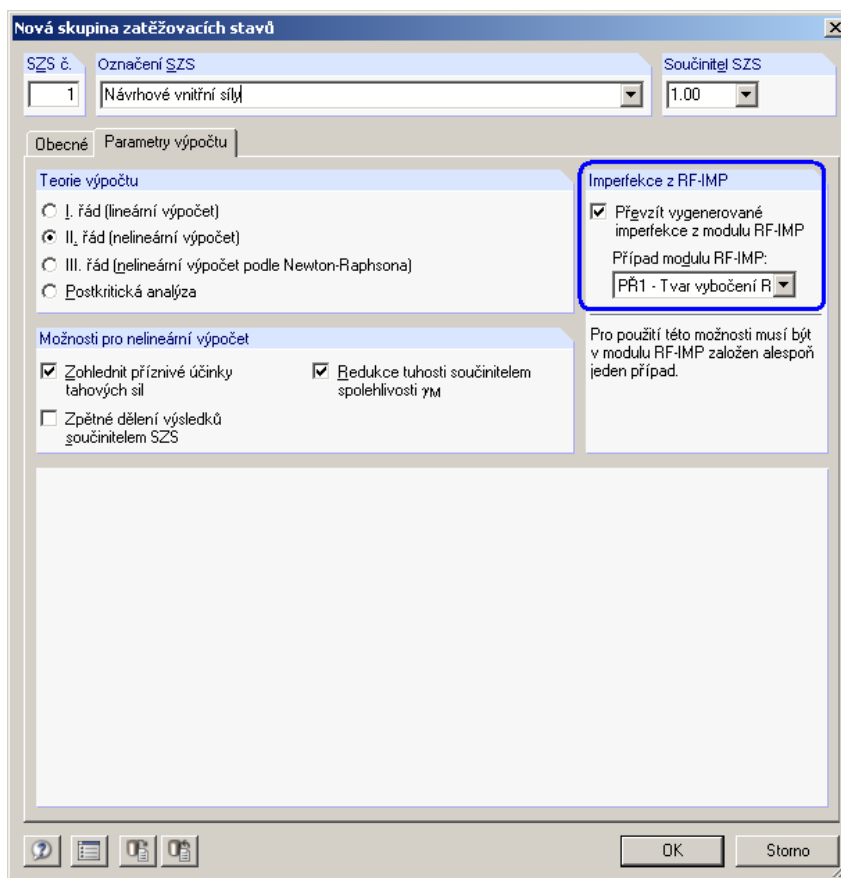


Obr. 3.15: RF-IMP-dialog 2.1: *Počáteční deformace náhradní konstrukce*

Grafika

Tlačítkem [Grafika] lze provést vizuální kontrolu imperfekcí.

Při zřízení nové skupiny zatěžovacích stavů budou generované imperfekce nastaveny v záložce *Parametry výpočtu*.



Obr. 3.16: Dialog *Nová skupina zatěžovacích stavů*, záložka *Parametry výpočtu*

4. Všeobecné funkce

Tato kapitola představuje na závěr některé funkce nabídky a možnosti exportování případů generování.

4.1 Případy generování s RF-IMP

Existuje možnost seskupovat parametry generování nebo pruty a sady prutů v samostatných případech generování. Tímto mohou být ke generování imperfekcí do různých případů RF-IMP přibrány například určité pruty, zatížení nebo tvary vybočení. Je možné, že pro určité oblasti modelu budou rozhodující imperfekce na základě různých tvarů vybočení. Dle současného stavu techniky je nutno je také náležitě odděleně zvážit.

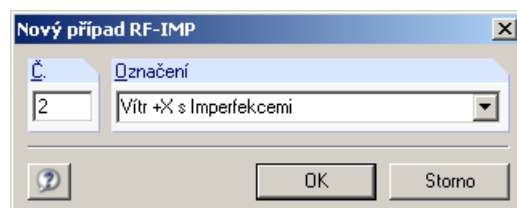
Jestliže používáte různé případy generování, dejte prosím pozor na již zadaná počáteční čísla zatěžovacích stavů a k nim patří možnosti generování, aby bylo vyloučeno neúmyslné přepsání.

Založení nového případu RF-IMP

Nový případ generování lze zřídit přes nabídku RF-IMP

Soubor → **Nový případ.**

Objeví se následující dialog.



Obr. 4.1: Dialog *Nový případ RF-IMP*

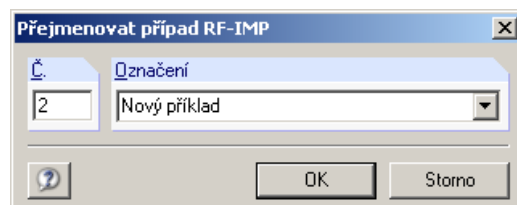
V tomto dialogu lze zadat (ještě nepřirazené) *Číslo* i *Označení* nového případu generování. Stisknutím [OK] se ke stanovení nových parametrů zobrazí dialog RF-IMP 1.1 *Základní údaje*.

Přejmenování případu RF-IMP

Označení případu generování lze změnit přes nabídku RF-IMP

Soubor → **Přejmenovat případ.**

Objeví se dialog *Přejmenovat případ RF-IMP*.



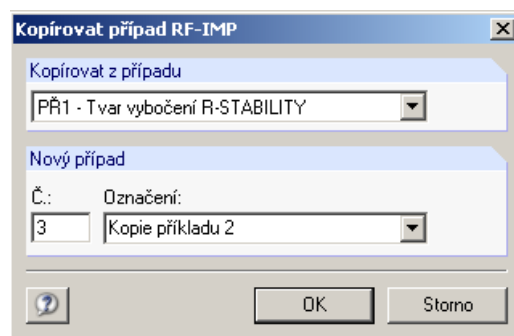
Obr. 4.2: Dialog *Přejmenovat případ RF-IMP*

Kopírování případu RF-IMP

Vstupní údaje aktuálního případu generování lze kopírovat přes nabídku RF-IMP

Soubor → **Kopírovat případ**.

Objeví se dialog *Kopírovat případ RF-IMP*, ve kterém se stanoví číslo a označení nového případu.



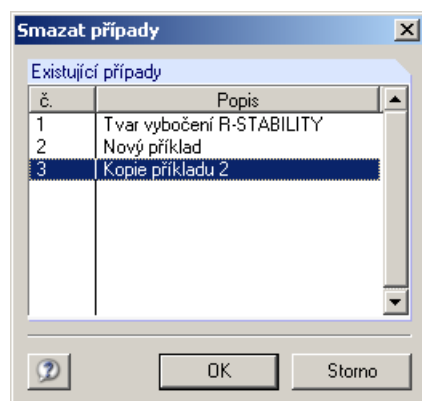
Obr. 4.3: Dialog *Kopírovat případ RF-IMP*

Smazání případu RF-IMP

Existuje možnost vymazání návrhových případů přes nabídku RF-IMP

Soubor → **Smazat případ**.

V dialogu *Smazat případy* se v seznamu *Existující případy* vybere požadovaný návrhový případ, který bude stisknutím [OK] smazán.



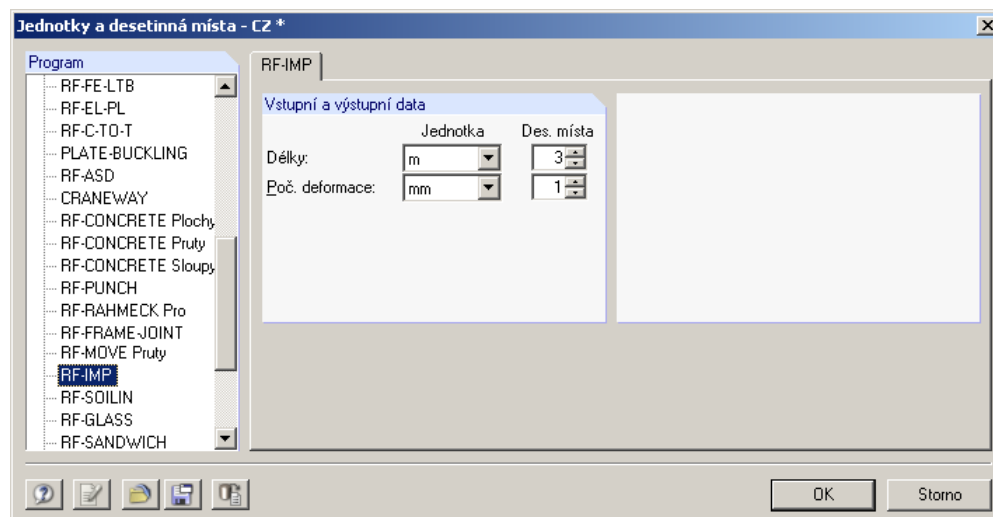
Obr. 4.4: Dialog *Smazat případy*

4.2 Jednotky a desetinná místa

Jednotky a místa za desetinnou čárkou jsou v RFEMu stejně jako ve všech přídatných modulech řízeny centrálně. V RF-IMP je dialog k nastavení jednotek přístupný přes nabídku

Nastavení → Jednotky a desetinná místa.

Bude spuštěn dialog známý z RFEMu, modul RF-IMP je přednastaven.



Obr. 4.5: Dialog *Jednotky a desetinná místa*



Nastavení mohou být uložena v profilu uživatele a na jiných místech zase použita. Popis těchto funkcí najdete v kapitole 12.6.2 v manuálu RFEMu.

4.3 Export dat

Export dat generovaných náhradních konstrukcí je prováděn primárně do hlavního programu RFEM: Zde je vytvořen zatěžovací stav *imperfekce*, který lze popř. přizpůsobit nebo doplnit. Předání náhradních zatížení do RFEMu je podrobně popsáno v kapitole 3.3 na straně 24. S určitým omezením lze data RF-IMP poskytnout také přímo pro ostatní programy.

Mezipaměť

Označené buňky dialogů 1.2 *Imperfekce* a 2.1 *Generované imperfekce* popř. *Počáteční deformace náhradní konstrukce* lze přes [Ctrl+C] kopírovat do mezipaměti a s [Ctrl+V] vložit například do některého programu na zpracování textů. Nadpisy tabulkových sloupců zůstávají nezohledněny.

Výstupní protokol

Data RF-IMP nelze přímo integrovat do výstupního protokolu. Lze však exportovat imperfekce vytvořené v zatěžovacích stavech RFEMu přes nabídku

Soubor → Export do souboru RTF popř. BauTextu.

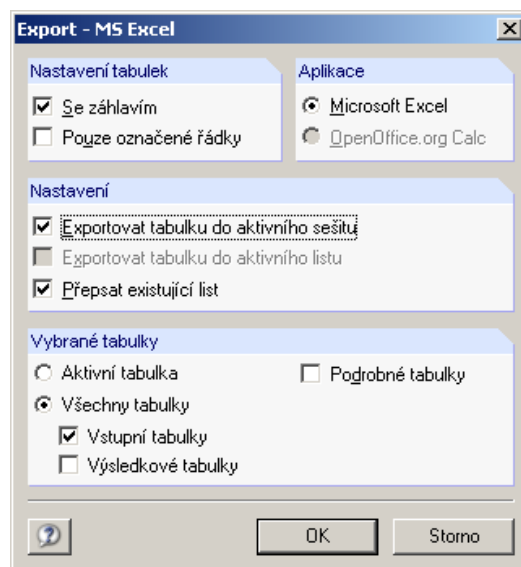
Tato funkce je popsána v kapitole 11.1.11 v manuálu pro RFEM.

Excel

RF-IMP umožňuje přímý export dat do programu MS Excel. Tato funkce se spustí přes nabídku

Soubor → Exportovat tabulky....

Otevře se následující exportní dialog.



Obr. 4.6: Dialog *Export - MS Excel*

Pro export dat přijdou dle konceptu v úvahu jen tabulky 1.2 *Imperfekce* a 2.1 *Generované imperfekce* popř. *Počáteční deformace náhradní konstrukce*. Stisknutím [OK] bude zahájen export dat. Excel bude automaticky spuštěn, nemusí být na pozadí otevřen.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Generování imperfekcí		Pootočení			Zakřivení		
2	Č.	na prutech č.	Typ zadání	Délka L [m]	n	ψ_0 [-]	L/W ₀ [-]	od ϵ_0 [-]	
3	1	31,34,37,40,43	DIN 18800 E-E	4,200	1	300,000	DIN 18800 E-E	1,600	
4	2	16,19,22,25,28	DIN 18800 E-E	4,200	1	300,000	DIN 18800 E-E	1,600	
5	3	1,4,7,10,13	DIN 18800 E-E	4,200	1	300,000	DIN 18800 E-E	1,600	
6	4	32,35,38,41,44	DIN 18800 E-E	4,200	1	300,000	DIN 18800 E-E	1,600	
7	5	2,5,8,11,14	DIN 18800 E-E	4,200	1	300,000	DIN 18800 E-E	1,600	
8	6	17,18	DIN 18800 E-E	5,800	1	323,110	DIN 18800 E-E	1,600	
9	7	56-65	DIN 18800 E-E	4,308	1	300,000	DIN 18800 E-E	1,600	
10									
11									
12									
13									
14									

Obr. 4.7: Výsledek exportu v *Excelu*

A Literatura

- [1] DIN 18800 (11.90) Teil 1: Stahlbauten - Bemessung und Konstruktion, Beuth Verlag, Berlin/Wien/Zürich, 1992
- [2] DIN 18800 (11.90) Teil 2: Stahlbauten - Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken, Beuth Verlag, Berlin/Wien/Zürich, 1992
- [3] DIN V ENV 1993-1-1 (Eurocode 3): Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1: Allgemeine Bemessungsgrundlagen, Bemessungsregeln für den Hochbau, 1993

B Index

D

Deformace	9
Délka	14
Desetinná místa	12, 30
Detaily	12, 18

E

Elasticky-elasticky	13, 15
Elasticky-plasticky	13, 14
Epsilon ϵ_0	16
Excel	31
Export	24, 30

G

Grafika	21, 24
---------------	--------

I

Imperfekce	12, 21
Instalace	5

J

Jednotky	12, 30
----------------	--------

K

Kombinace ZS	9
Komentář	12
Křivka vzpěrné pevnosti	15
KVP	15

M

Manuálně	14
----------------	----

N

n příčiny	14
Náhradní imperfekce	10, 21
Náhradní konstrukce	10, 19, 23
Natočení prutu	13
Navigátor	8

P

Počáteční deformace posunem uzlů	11
--	----

Počáteční deformace sítě konečných prvků ..	10, 23
---	--------

Počáteční zakřivení	15
---------------------------	----

Přepsat	12
---------------	----

Přidat	12
--------------	----

Případ generování	28, 29
-------------------------	--------

Profil uživatele	30
------------------------	----

Pruty	13, 21
-------------	--------

R

Redukční součinitel	14
---------------------------	----

RF-DYNAM	10
----------------	----

RF-IMP-Případ	10, 20, 28
---------------------	------------

RF-STABILITY	9, 25
--------------------	-------

S

Sady prutů	13, 21
------------------	--------

Skupina ZS	10
------------------	----

Souřadnice deformace	10
----------------------------	----

T

Tolerance	18
-----------------	----

Tvar vybočení	26
---------------------	----

U

Ukazatel	16
----------------	----

Ukončení modulu RF-IMP	8
------------------------------	---

Určující směr	11
---------------------	----

Uzly konečných prvků	23
----------------------------	----

V

Vlastní kmitání	10
-----------------------	----

Vychýlení	11
-----------------	----

Z

Zahájit generování	18
--------------------------	----

Zatěžovací stav	11
-----------------------	----

Zatěžovací stav imperfekce	11
----------------------------------	----

Způsob zadání	15
---------------------	----