

RIBfem – Sprážené prefabrikované mosty

FEM pro pozemní a mostní stavby s rozšířením o sprážené mosty

PONTI® betonverbund obj.č.: 11.11.498

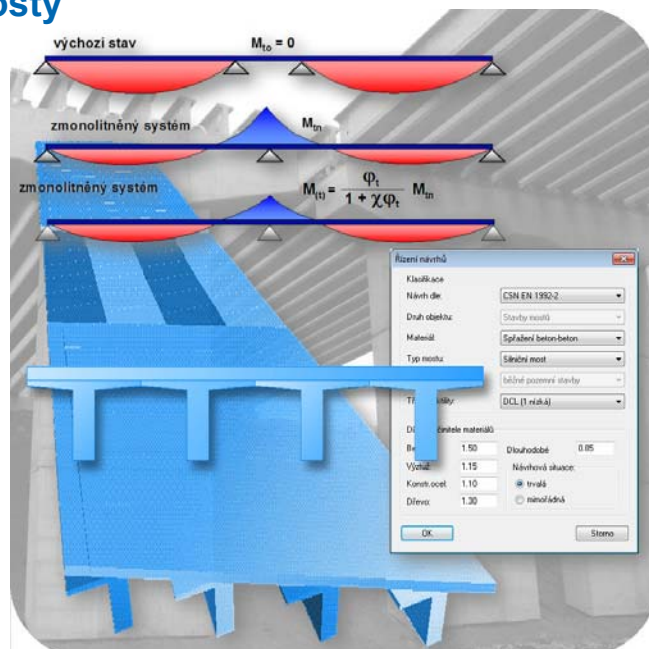
PONTI® betonverbund EXPERT obj.č.: 11.11.499

resp. samotné rozšiřující moduly TRIMAS®

RTbetonverbund rahmen obj.č.: 11.11.478

RTbetonverbund fem obj.č.: 11.11.479

- **efektivní statický výpočet a návrhy sprážených mostů beton-beton** např. dle normy ČSN EN 1992-2 aj.
- **integrována podpora řešení sprážených mostů se zohlednění historie statického systému, průřezů, zatížení a předpětí, včetně sekundárních účinků z D+S**
- **kompletní návrhy a posouzení předpjatých nebo jen ŽB prefabrikátů a celé sprážené konstrukce mostu**
- **automatizovaný protokol s grafickými průběhy, řešení komplexních prostorových výpočetních modelů mostů**

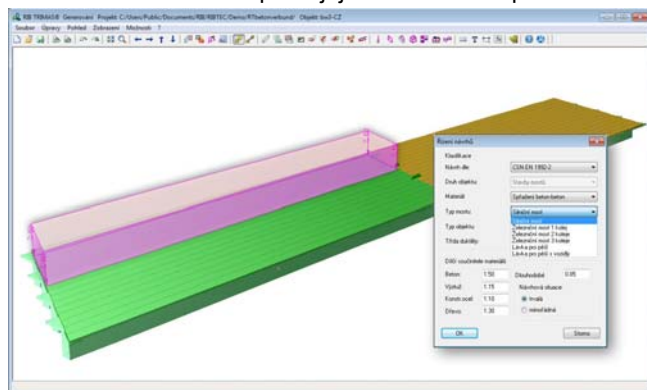


Inovativní softwarové řešení pro mostní a inženýrské stavby

Komplexní návrhy sprážených prefabrikovaných mostů

Statický výpočet a navrhování vícetrámových mostů sprážených z předpjatých nebo železobetonových mostních prefabrikátů a monolitické mostovky je poměrně častou úlohou inženýrské praxe. Četnost tohoto typu konstrukcí a efektivita jejich návrhu vyžaduje optimální softwarovou podporu. Osvědčený mostářský software **PONTI®**, s prostorovým řešičem **RIBfem TRIMAS®**, lze doplnit o funkční rozšíření **RTbetonverbund** na optimální zpracování statiky těchto typů mostů. Samostatně funkční softwarový balík **RIBfem PONTI® betonverbund** umožňuje analýzu zejména následujících typů konstrukcí:

- prefabrikované trámové mosty řešené jako rošt
- kombinované prefabrikované trámové a deskové (skořepinové) mosty
- komplexní výpočetní modely s rámovým účinkem včetně mostních opěr a jejich založení na pilotách



PONTI® betonverbund je vybaven grafickým prostředím na tvorbu výpočetních modelů 3D, včetně nové funkcionality **Undo/ReDo**, s integrovanými návrhy a posouzením předpjatých a železobetonových nosníků sprážených s monoli-

tickou deskou. K dispozici jsou i návrhy pro běžné ŽB dílce, jako např. příčníky, opěry, příčný směr desky aj.

Do výpočetního modelu je zahrnuta historie statického systému, průřezů, zatížení a předpětí. K významným vlivům dále patří automatizované zohlednění sekundárních zatížení v důsledku dotvarování a smršťování.

Návrhy a posouzení sprážené konstrukce probíhají volitelně podle mostních norem ČSN EN 1992-2, dále pak obecná EN 1992-2 nebo národní DIN EN, ÖNORM EN, BS EN aj. starší DIN-Fb 102.

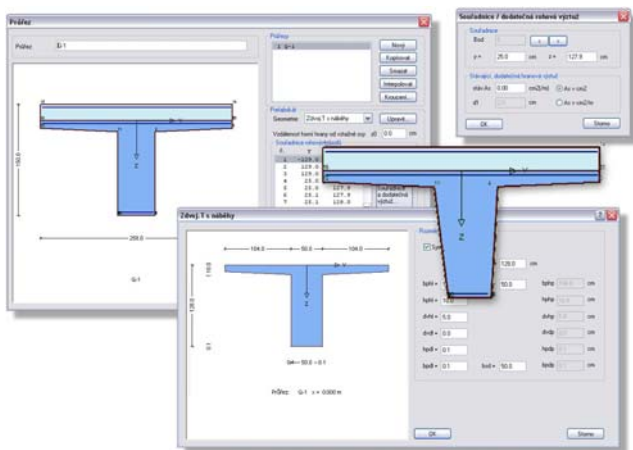
Mostářský software pro stavební praxi

S funkčním rozšířením o sprážené betonové průřezy se softwarový balík **RIBfem PONTI®** stává ještě efektivnějším inženýrským nástrojem, který optimálně podporuje jednotlivé pracovní kroky v profesním prostředí. Návrhové algoritmy generují přehledné grafické průběhy, které obsahují mj. stupně využití k jednotlivým mezním stavům únosnosti, použitelnosti a únavy. Možné je řešení například následujících úloh:

- časově závislý vznik průřezů z prefabrikované a monolitické části (historie průřezů)
- časově závislá zatížení s rozdílným okamžikem aktivity (historie zatížení)
- předpětí s různým okamžikem aktivace, např. při dvoustupňovém předpětí (historie předpětí)
- typ předpětí s dodatečnou soudržností, bez soudržnosti nebo s okamžitou soudržností (tj. předpětí prefabrikátu v lící formě)
- různé stavy statického systému a propojení prostých nosníků do spojených nosníků (historie statického systému)
- lineární výpočet vnitřních účinků pro všechna vnější zatížení a vynucená přetvoření, dvojestupňové předpětí, sekundární vlivy (dotvarování + smršťování) s automa-

tickým generováním všech potřebných návrhových kombinací

- návrh a posouzení železobetonu a předpjatého betonu na rovinný pohyb se zohledněním dotvarování, smršťování a relaxace



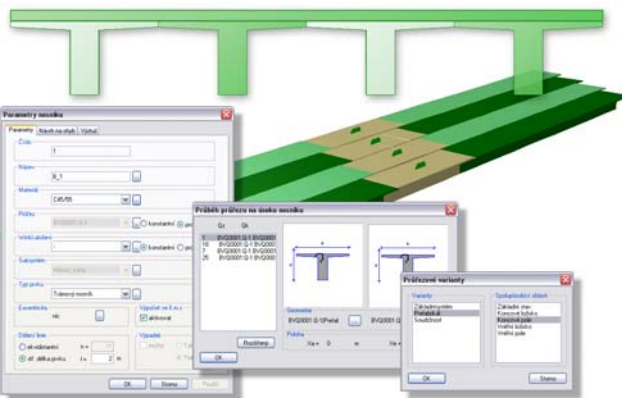
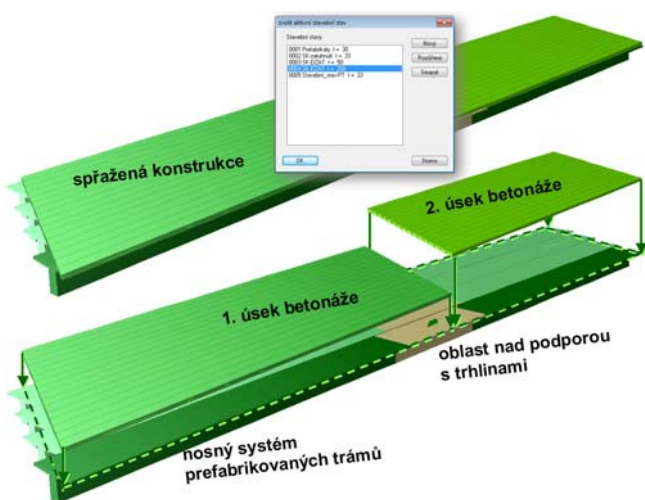
- kompletní návrhy železobetonu a předpjatého betonu pro všechny mezní stavy únosnosti, použitelnosti a únavy včetně posouzení životnosti
- návrh výztuže proti štěpení v kotevní oblasti předpínacích lan prefabrikátů.

Správa spřažených průřezů

Na rozdíl od monolitických a segmentových mostů je popis spřažených betonových průřezů podstatně komplikovanější a má pro řešení úlohy zásadní význam. Během návrhu konstrukce vede každá změna průřezu, resp. jeho dílčích částí, zpravidla ke změnám tuhosti celého statického systému a ke změnám zatížení od vlastní tíhy.

Z těchto důvodů je důležité, aby byla datová správa spřažených betonových průřezů a z nich vyplývajících variant průřezů co nejpřehlednější. V tomto je automatizovaně obsažen i vliv spolupůsobící šířky desky.

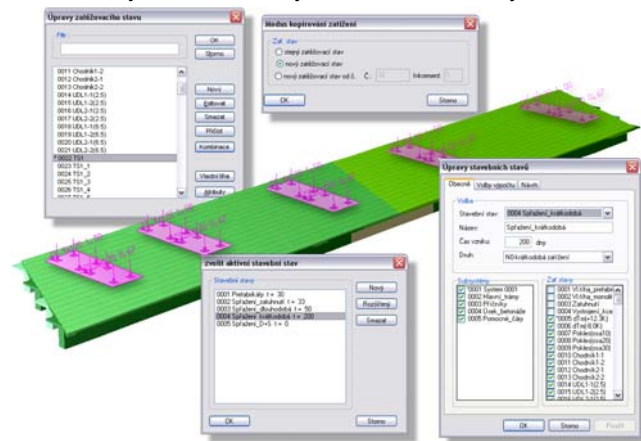
Jako parametrizované dílčí průřezy prefabrikátu jsou k dispozici obdélníkový průřez, průřez T nebo průřez zdvojené T (I), popř. I s bočními náběhy horní/dolní pásnice a stojiny. Průřezy prefabrikátů mohou být symetrické podél svislé osy, resp. ve zvláštních případech i nesymetrické. Dílčí části průřezu se skládají z různých druhů betonu (prefabrikát + monolit).



Zadání výpočetního modelu FEM

RIBfem PONTI® betonverbund zohledňuje všechny technologické zvláštnosti spřažených betonových mostů, které vyplývají ze spřažení dvou různých částí průřezu a mají tak podstatný vliv na jejich tuhostní a deformační chování. Zohlednění úseků betonáže, oblastí vzniku trhlin v betonové desce nad podporami a její spolupůsobící oblasti je v maximální míře automatizováno. Pro každý stavební stav se zohledňuje vliv montážní a zatěžovací historie a redistribuce, včetně vlivů historie průřezů pomocí techniky jejich tzv. variant.

Dle konkrétní potřeby statického návrhu mohou být nosníky modelovány s konstantní výškou nebo s náběhy.



Zohlednění historie výstavby

Každý statický model spřaženého mostu musí zohledňovat vlivy vzniku trhlin v betonu, vlivy historie výstavby a zatížení a vlivy dotvarování a smršťování. Změny statického modelu v důsledku jiné skladby průřezů, úseků betonáže, materiálů, uložení, tuhosti kloubů apod. probíhají v oddělených stavebních stavech. Výkonné funkce přitom zajišťují bezpečnou a rychlou změnu variant průřezů závislých na zatížení. Vzhledem k tomu, že se při definici tuhosti jednotlivých průřezů aplikuje tzv. metoda celkového průřezu, přistupují do výpočtu automaticky další, fiktivní stavební stavy pro sekundární zatížení v důsledku dotvarování a smršťování, poklesů podpor a popř. vynucených přetožení. Bez zapracování vlivů etapovitě výstavby do výpočetního modelu nelze vyhovět požadavkům aktuálních evropských norem.

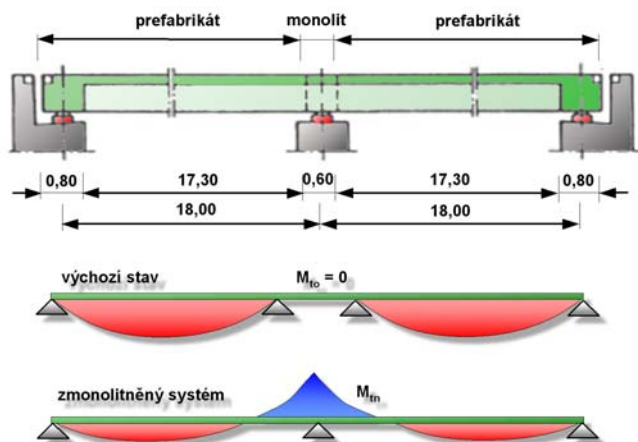
Výkonná technologie FEM

RIBfem PONTI® betonverbund plně využívá funkční spektrum řešiče **RIBfem TRIMAS®**. Vyšetření deformací a vnitřních účinků probíhá moderními technologiemi konečných prvků. Obsažená knihovna konečných prvků umožňuje řešení nejružnějších inženýrských úloh v oblasti staveb mostů:

- prostorové příhradové a nosníkové prvky
- prostorové deskové, stěnové a zakřivené skořepinové prvky

- objemové a kontaktní prvky (v případě rozšíření o vrstvenatý model podloží)

V **RIBfem TRIMAS**® lze modelovat jak prostorové prutové, tak i kombinované prutové a plošné konstrukce. Obvykle se uvažuje s tuhostí nosníků v podélném směru a příčným roznosem zatížení přes **ortotropní desku**. Podrobný popis **RIBfem TRIMAS**® je obsahem samostatného technického listu.

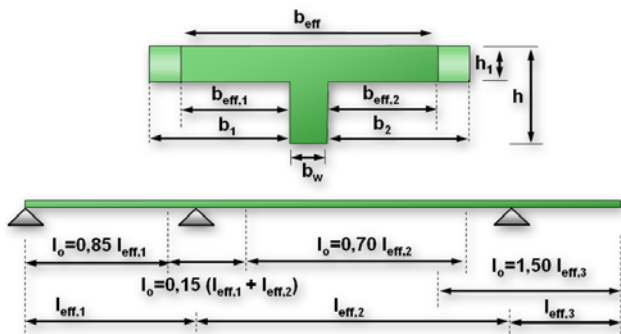


Vnější zatížení a návrhové kombinace

Možné je zadávání všech běžných typů zatížení nezávisle na dělení sítě FEM, jako např. bodová zatížení, lineární proměnná spojitá zatížení, nosníková zatížení, teplotní zatížení, vynucené deformace, libovolná plošná zatížení a pojezd pohyblivých zatížení. Každý zatěžovací stav se z hlediska zvolené normy a typu konstrukce klasifikuje svým tzv. atributem.

Předdefinovány jsou veškeré běžné typy mostních zatížení s příslušnými kombinacími součiniteli dle aktivní normy. Program umožňuje až šest různých jízdních pruhů. Z přiřazení atributů zatěžovacím stavům jsou automaticky sestaveny veškeré potřebné návrhové kombinace.

Zadání spojitých zatížení probíhá s odkazem na absolutní nebo relativní délku základny danou začátkem a koncem zatěžované osy. Definice os je libovolná, tj. mohou být tvořeny např. po jednotlivých polích nebo konstrukčních dílcích. Generování pojezdu zatěžovacích vlaků probíhá automaticky pomocí obsažených normových (EN, DIN) nebo vlastních zatěžovacích maker. Zatěžovací makro se přitom pohybuje s předepsaným přírůstkem podél libovolné osy s nebo bez excentricity k ose zatěžovaného dílce a vytváří tak jednotlivé zatěžovací stavy. Obalová křivka (odlehčující účinky se neuvažují) těchto zatěžovacích stavů se automaticky vyhodnocuje vylučujícím způsobem a je pak součástí příslušných návrhových kombinací.



Zohlednění historie zatěžování

Historie zatěžování musí korespondovat s procesem výstavby. **Roznos zatížení v příčném směru** na spřažené nosníky se uskutečňuje nejlépe ortotropně působící deskou (staticky skořepinou) vozovky. Zatížení vlastní tíhou se

stanovuje vždy z aktuálních parametrů spřažených průřezů. Principiálně se všechna zatížení mostu rozdělují do čtyř skupin:

Zatížení na prefabrikát: prefabrikáty, zatížení od betonáže a 1. stupeň předpětí.

Zatížení na již spřažené průřezy: ztuhnutí, 2. stupeň předpětí, vystrojení konstrukce a poklesy podpor.

Krátkodobá zatížení: všechny proměnná zatížení, pojezdy vozidel, únavová zatížení, klimatická zatížení, vítr, rozjezdové a brzděné účinky aj.

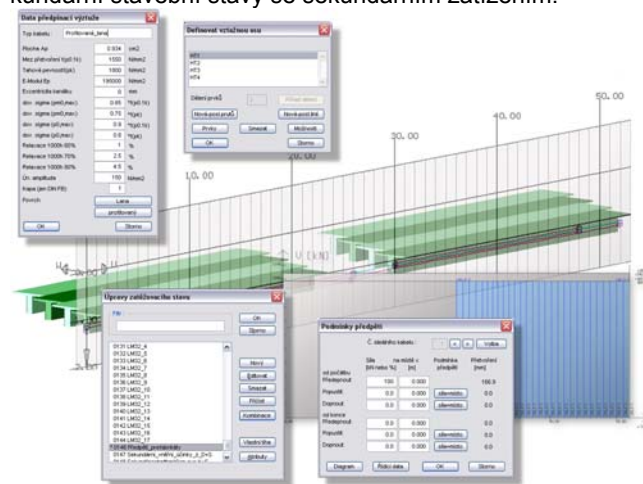
Sekundární zatížení: vynucená přetvoření vlivem dotvarování a smršťování.

Každý zatěžovací stav je svojí aktivací přiřazen k určitému stavebnímu stavu.

Výkonné funkce dopravního zatížení pro silniční, 1 až 3-kolejné železniční mosty, lávky pro pěší a cyklisty dle národních norem řady EN automatizovaně podporují rychlé a efektivní definice všech potřebných návrhových kombinací.

Sekundární účinky

Generování všech sekundárních zatížení od zatížení betonáže, vystrojení konstrukce, smršťování a vynucených přetvoření probíhá samočinně formou ekvivalentních teplotních zatížení. K již existujícím stavebním stavům, vyplývajících z dílčích úseků betonáže, vystrojení a krátkodobých zatížení, jsou programem automaticky generovány další tzv. sekundární stavební stavy se sekundárním zatížením.



Předpětí spřažených betonových nosníků

Vedle vícenového předpětí prefabrikátů v lící formě je možný 2. stupeň předpětí s dodatečnou soudržností nebo bez soudržnosti.

Charakteristické body křivky předpínacího kabelu se popisují ve dvou konstrukčních rovinách – v půdoryse a v náryse. Tyto konstrukční roviny odpovídají rozvinutému tvaru obecně zakřivených vztažných os. Kontrolní body křivky v náryse a půdoryse jsou vzájemně nezávislé. Výsledná prostorová křivka kabelu – kubický spline – vzniká složením definic z obou rovin. Křivky kabelů mohou být v nárysné rovině generovány různým způsobem:

- automatická standardní křivka s horní a dolní polohou krytí a polohou inflexního bodu od podpor
- dialogové zadání souřadnic bodů křivky vztažené na počátek příslušné osy
- odkazem na geometrii/výšek již existujícího referenčního kabelu
- posuvem překlopením o 180 stupňů a kopírováním po úsecích
- rovnoměrným rozložením kabelů v definované oblasti půdorysu (u plošných systémů)

Praktickou pomůckou je i automatická kontrola dodržení přípustných poloměrů křivosti.

Všestranné podmínky předpětí

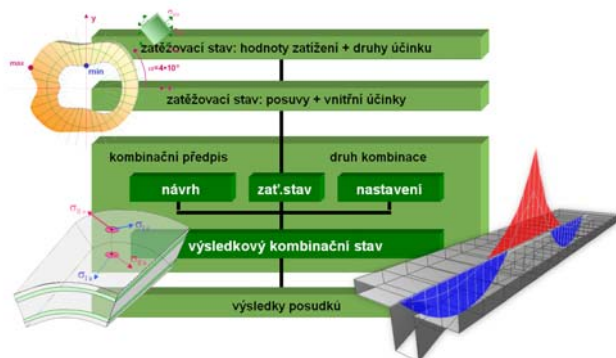
V zásadě jsou na každém konci předpínacího kabelu možné 4 podmínky předpětí: předepnout, popustit, dopnout, zakotvit s pokluzem. Tyto podmínky se definují prostřednictvím předpínací síly nebo zadáním procenta z dovolené předpínací síly. Každá fáze předpětí se zobrazuje graficky formou průběhu předpínací síly podél konstrukce. Dále lze definovat 3 podmínky předpětí:

- dodržení dané síly na daném místě
- dodržení dosavadní síly na daném místě
- dodržení dané síly na libovolném místě

Ze zadané geometrie předpínacích kabelů lze generovat výkres mřížky a tento exportovat ve formátu DXF do libovolného systému CAD.

Výkonná technologie kombinací

Přiřazením tzv. atributů zatěžovacím stavům jsou generovány veškeré kombinace zatěžovacích stavů v souladu s národní mostní normou EN 1991-2. Veškerá tato nastavení lze přitom dále libovolně upravovat a doplňovat. Šablony kombinačních stavů generují veškeré v automatických návrzích potřebné kombinace pro posuvy, reakce a vnitřní účinky s příslušnými kombinačními součiniteli a logickými operátory (a, nebo, a/nebo).



Návrhy železobetonu, předpjatého a spráženého betonu RIBfem PONTI® betonverbund aplikuje na každý řešený sprážený nosník podél definované časové osy, tj. až v 6 různých časových okamžicích, následující návrh a posouzení:

Mezní stav únosnosti

- minimální výztuž a výztuž na celistvost
- únosnost na ohyb s normálovou silou
- únosnost na posouvající sílu a kroucení
- smyková únosnost ve spřahovací spáře

Mezní stav únavy

- únava měkké a předpjaté výztuže
- tlaková únava betonu
- ekvivalentní rozkmit únavového porušení měkké a předpjaté výztuže

Mezní stav použitelnosti

- dekomprese
- omezení tlakových napětí v betonu
- omezení napětí v měkké výztuži
- omezení napětí v předpínací výztuži
- minimální výztuž (široké trhliny)
- stabilita trhlín

Konstrukční detaily

- výztuž na štěpení kotevni oblasti předpínacích kabelů prefabrikátu

Koncepce evropských návrhových norem vychází ze systému „tří komponent“, které rovnocenným způsobem hodnotí mezní stavy únosnosti, použitelnosti a životnosti.



Přehledné výstupy

Selektivní výstup výsledků s okamžitým náhledem dokumentu je konfigurovatelný prostřednictvím zobrazované struktury obsažených kapitol.

Veškerá zadání systému a výsledky se graficky zobrazují. Zobrazení výsledků je volitelně buď přímo na statickém modelu nebo na zvoleném trámu mostu ve formě průběhů. Výstupní protokol obsahuje jak alfanumerické, tak i grafické výsledky. Výstupy jsou rovněž k dispozici i ve formátu čitelném např. pro MS Word.

