



PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Výpočet styčníků ocelových konstrukcí

BKB Metal, a.s.

TOTO VZDĚLÁVÁNÍ JE FINANCOVÁNO Z PROSTŘEDKŮ ESF PROSTŘEDNICTVÍM OPERAČNÍHO PROGRAMU LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY.

Srdečně Vás vítáme na dnešním semináři

TEMPO poskytuje profesionální služby v oblasti vzdělávání dospělých od roku 1996. Ze dvou školících center v Ostravě a Praze připravujeme vzdělávací akce pro klienty z celé České republiky. Naše aktivity jsou zaměřeny do oblastí osobnostního, počítačového a jazykového vzdělávání. Naše společnost je akreditována Ministerstvem vnitra ČR. V oblasti počítačových kurzů jsme akreditováni Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy. Jsme také testovacím střediskem ECDL.

Jedním z hlavních cílů naší společnosti je podpora osobního růstu jednotlivců i celých týmů. K naplnění těchto cílů nám také pomáhá spolupráce s dalšími organizacemi v rámci projektů Evropské unie. Tvorbou a realizací grantových projektů se zabýváme již od roku 1997. V současné době je velká část našich aktivit směřována k rozvoji lidských zdrojů prostřednictvím ESF v ČR ve spolupráci s významnými zaměstnavateli v regionech celé České republiky.

Společnost TEMPO ve spolupráci s realizačním týmem Vaší společnosti připravila tento seminář, který je navržen dle vzdělávacích potřeb účastníků cílové skupiny.

Vážíme si důvěry Vás všech.

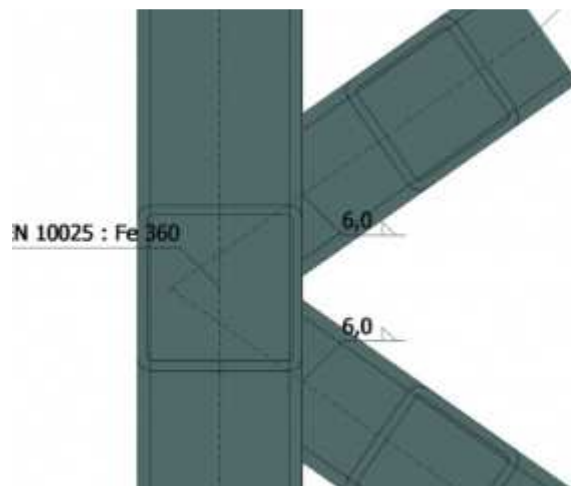
Obsah

Navrhování styčníků ocelových konstrukcí	3
Princip komponent	3
Výpočty podle Eurokódů	8
Hlavní výhody programu FIN EC	8
Jednoduché uživatelské prostředí:	8
Podpora evropských norem – Eurokódů	8
Aktuální verze norem	9
Přehledná výstupní dokumentace	9
Nové návrhové principy	9
Statika prutových konstrukcí	11
Zatížení konstrukcí	12
Dimenzační programy	13
Betonové konstrukce	14
Ocelové konstrukce	16
Kotvení sloupů patní deskou	17
Návrh při zemětřesení	18
Základní principy	18
Zásady návrhu	19
Pro svařované přípoje:	20
Pro šroubované přípoje:	20
Doporučení pro návrh a výrobu	20
Použitá literatura:	22

Navrhování styčnicků ocelových konstrukcí

Statický výpočet styčnicku ocelové konstrukce podle EN 1993-1-8 zahrnuje provedení řady posudků jednotlivých komponent styčnicku.

Tuto činnost lze významně zefektivnit použitím vhodného software, což statickovi usnadní manuální výpočtovou práci a umožní mu věnovat více času výběru různých variant řešení a optimalizaci konstrukčních prvků.



Často není ani možné přesně určit, jak se daný styčnick chová staticky, tedy zda svou tuhostí reprezentuje kloub nebo tuhé spojení. Se všemi těmito úskalími se musí statick vyrovnat a důležitým pomocníkem mu bývá zkušenost a cit pro konstrukci.

Návodem a současně předpisem pro posouzení styčnicků ocelových konstrukcí je norma ČSN EN 1993-1-8. Tato norma patří do komplexu Eurokódů.

Princip komponent

Filozofie posudku styčnicku podle uvedené normy je založena na **principu komponent**. Znamená to, že **stýčnick je modelován jako sestava základních prvků** (komponent), z nichž každý přispívá k celkové tuhosti a pevnosti styčnicku.

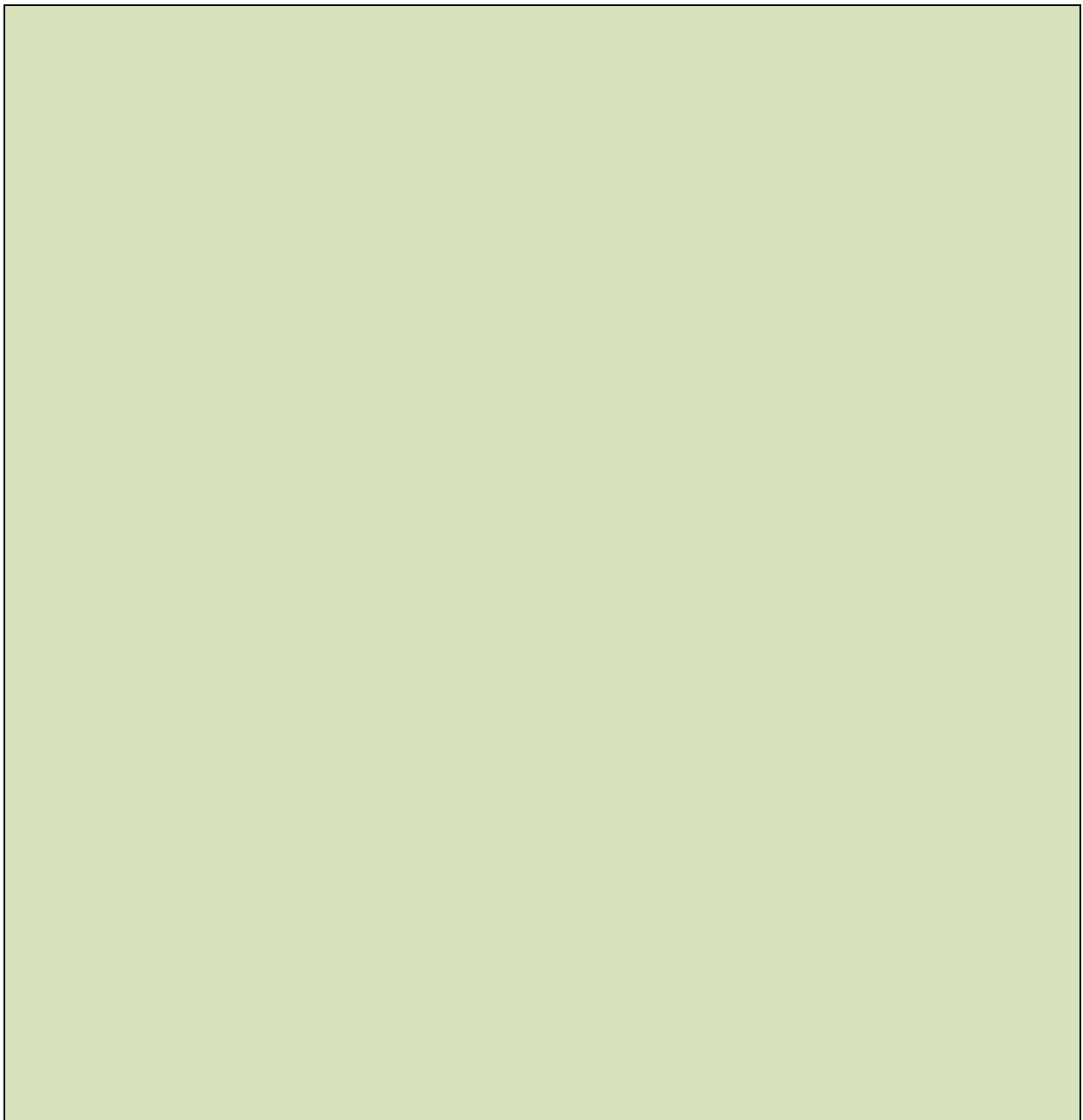
Každá komponenta je posuzována samostatně a pro každý druh namáhání styčnicku je stanovena rozhodující komponenta, což je ta, pro kterou je dosaženo nejvyšší hodnoty využití.

Jsou-li známy rozhodující komponenty styčnicku, je pak možno velmi efektivně zvyšovat únosnost styčnicku jako celku změnou právě té rozhodující komponenty.

Jako typické příklady komponent styčnicku lze uvést: šrouby v tahu, šrouby ve stříhu, šrouby v otláčení, čelní deska v ohybu, tlačená část stěny a pásnice nosníku, tažená část stěny nosníku, stěna sloupu ve smyku, stěna sloupu v tahu, pásnice sloupu v ohybu, svary, vytržení skupiny šroubů a další typy pro různá konstrukční uspořádání styčnicků.

Pro každou komponentu se vypočítává návrhová únosnost, pro některé z nich pak i tuhost a rotační kapacita.

Prostor pro poznámky:



Pro řešení komplexních úloh se využívá vhodný software. Jedním z tradičních softwarových produktů, řešící problematiku styčníků ocelových konstrukcí jsou programy.

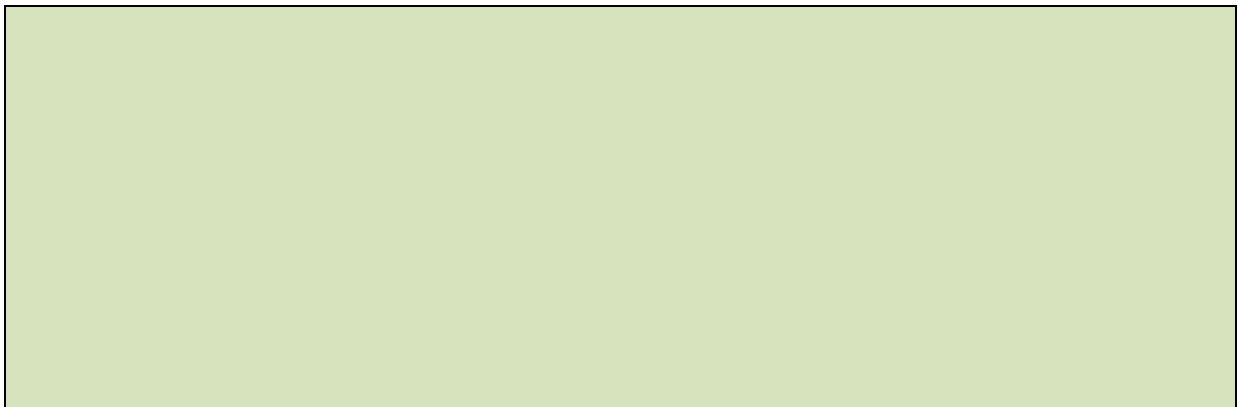
- Ocelové spoje,
- Ocelová patka.

Základní možnosti, které programy poskytují:

Ohybově tuhý styčnick:

Pro posouzení únosnosti je styčnick modelován komponentami: čelní deska v ohybu, pásnice sloupu v ohybu, šrouby v tahu, stěna sloupu ve smyku, pásnice náběhu v tlaku, stěna nosníku v tahu, stěna nosníku ve smyku, šrouby ve stříhu, otláčení šroubů v čelní desce, otláčení šroubů v pásnici sloupu, čelní deska ve smyku, vytržení skupiny šroubů z čelní desky, napjatost ve svarech. Pro výpočet tuhosti styčnicku se pro jednotlivé komponenty stanoví součinitel tuhosti a z výsledného celkového součinitele tuhosti se vypočítá celková rotační tuhost přípoje. Podle tuhosti je pak možno rozhodnout, má-li být na přípoj pohlíženo jako na tuhý či polotuhý.

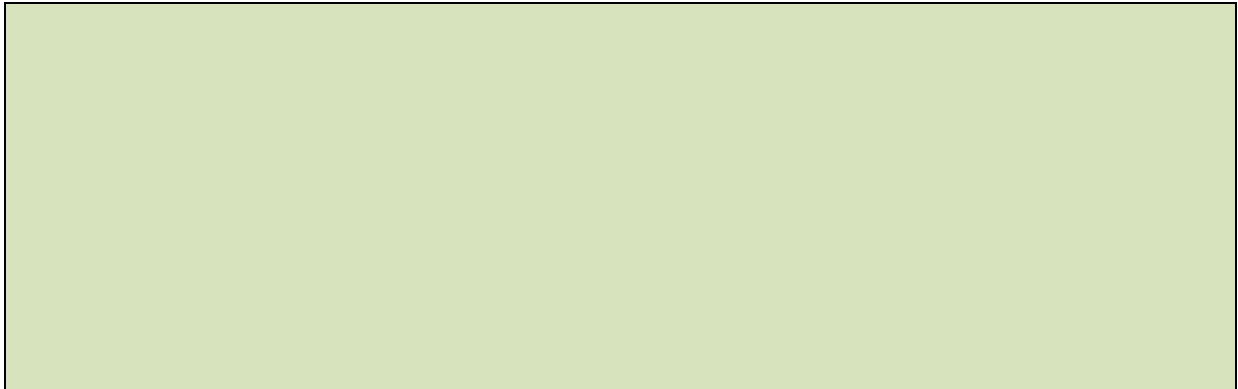
Prostor pro poznámky:



Kloubový styčnick

Často používaným typem spoje je kloubové spojení nosníku s průvlakem. Schéma takového styčnicku je znázorněno na obr. 2. Modelování spoje pomocí komponent se bude pochopitelně lišit od předešlého případu. Zde přijdou ke slovu komponenty: stěna nosníku ve smyku, šrouby ve stříhu, otláčení šroubů v čelní desce, otláčení šroubů ve stěně průvlaku, čelní deska ve smyku, vytržení skupiny šroubů z čelní desky, napjatost ve svarech. Výpočet tuhosti zde odpadá, protože styčnick je z hlediska statiky považován za kloubový.

Prostor pro poznámky:

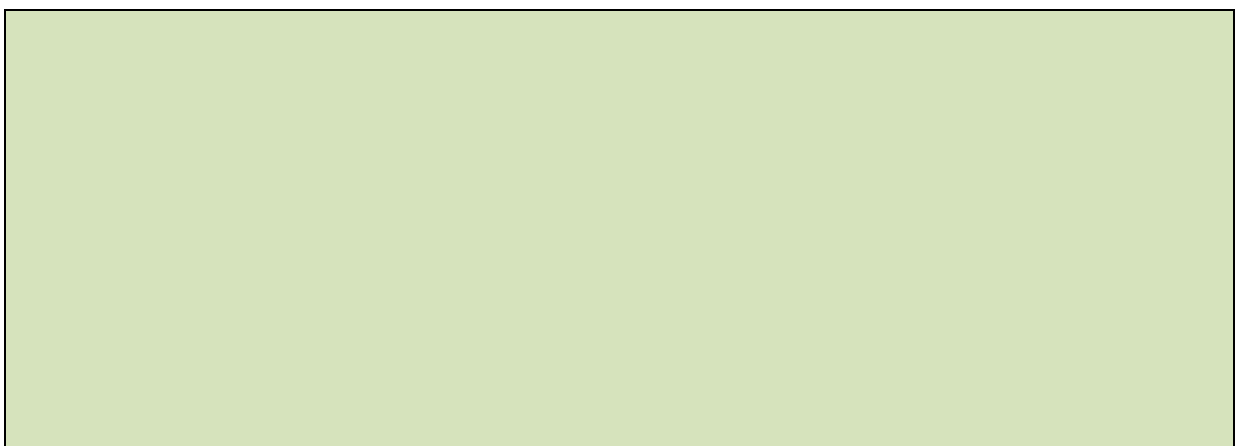


Styčníky příhradových konstrukcí

Oblíbené příhradové konstrukce s sebou přinášejí další typy styčnicků. Nejčastěji je to připojení prvků profilu úhelníku k pásům příhradových nosníků pomocí styčnickového plechu nebo svařené styky trubkových prutů, ať už kruhového nebo čtyřhranného průřezu. U tohoto styčnicku se pro každou z diagonál posuzuje porušení povrchu pásu, prolomení povrchu pásu smykem, porušení pásu smykem a porušení vlastní diagonály.

U styčnickového plechu se posuzuje smyková, normálová a momentová únosnost a únosnost svarů plechu. U jednotlivých diagonál se pak posuzuje oslabený průřez, šrouby ve smyku, otláčení šroubů na plechu a na průřezu prutu a vytržení skupiny šroubů. Pro posudek vytržení skupiny šroubů je potřeba posoudit všechny možné tvary vytržení, a to jak vytržení ze styčnickového plechu, tak vytažení z průřezu prutu.

Prostor pro poznámky:

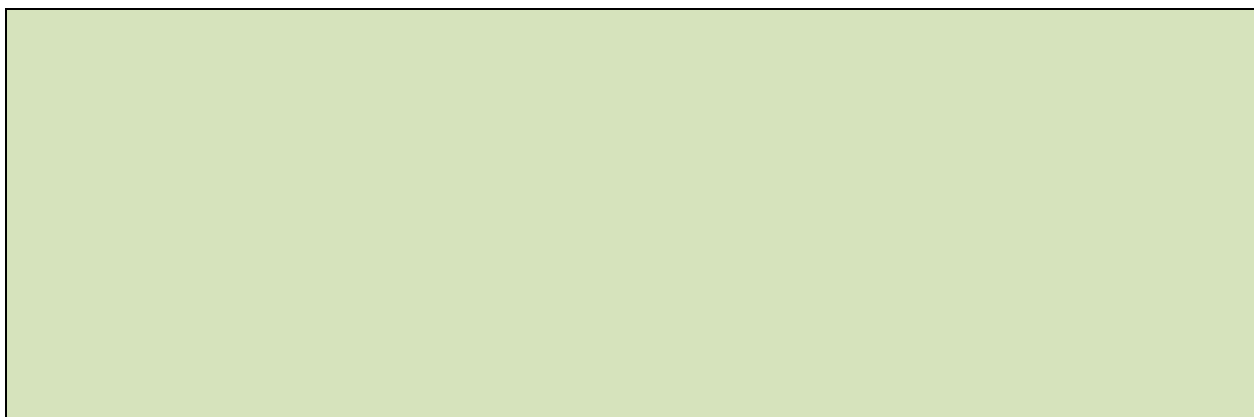


Patka ocelového sloupu s kotevními šrouby

Patka sloupu je speciálním typem styčnicku ocelové konstrukce. K ocelovým prvkům zde přibývá betonová část základu, je tedy třeba použít patřičné partie z Eurokódu pro betonové konstrukce (EN 1992-1-1). Pro kotvení sloupů se používají speciální kotevní šrouby, např. šrouby s hákem nebo kotevní hlavou, či šrouby zalepené v předvrtaných otvorech.

Součástí výpočtu je posouzení únosnosti betonu v tlaku, posudek páčení šroubů v tažené části patního plechu, výpočet momentové únosnosti šroubů, posouzení svarů mezi sloupem a patním plechem, posouzení ohybu patního plechu. Pro další statické výpočty se též stanovuje celková tuhost spoje.

Prostor pro poznámky:



Výpočty podle Eurokódů

Z důvodu sjednocování norem užívaných v EU došlo v březnu 2010 ke zrušení všech národních norem jednotlivých členských zemí. Po tomto datu zůstaly v platnosti pouze jednotné evropské normy – tzv. eurokódy.

Výpočty dle Eurokódů umožňuje produkt FIN EC navazuje na program FIN 10.

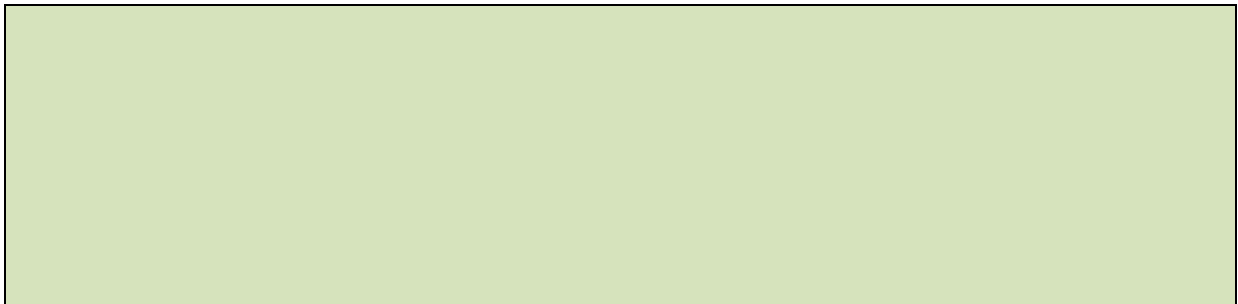
Hlavním úkolem tohoto programu je umožnit statikům a projektantům navrhování a posuzování konstrukcí dle Eurokódů. I když tyto normy s sebou často přinášejí složitější principy posuzování, FIN EC si uchoval:

- jednoduché ovládání,
- snadné zadávání dat,
- osvědčený modulární systém,
- širší výpočtové možnosti,
- nový systém pro tvorbu výstupních protokolů.

Hlavní výhody programu FIN EC

Jednoduché uživatelské prostředí:

Program využívá uživatelské rozhraní podobné programu FIN10, umožňující snadné zadávání vstupních dat a jednoduchou tvorbu výstupní dokumentace.



Podpora evropských norem – Eurokódů

Programy provádějí návrh a posouzení nosných prvků dle nových evropských norem (Eurokódů). Podporovány jsou normy ČSN EN 1992-1-1 (Navrhování betonových konstrukcí), ČSN EN 1993-1-1 (Navrhování ocelových konstrukcí), ČSN EN 1993-1-2 (Navrhování ocelových konstrukcí na účinky požáru), ČSN EN 1995-1-1 (Navrhování dřevěných konstrukcí), ČSN EN 1996-1-1 (Navrhování zděných konstrukcí). Programy FIN 2D, FIN 3D a Betonový výsek obsahují automatický generátor kombinací dle ČSN EN 1990.

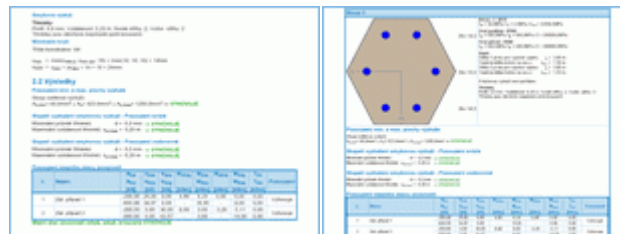
Aktuální verze norem

Programy FIN EC jsou pravidelně aktualizovány. V rámci těchto aktualizací jsou zpracovávány též všechny změny návrhových a souvisejících norem. Programy FIN EC umožňují uživatelům posuzovat konstrukce vždy dle aktuálních verzí návrhových norem.

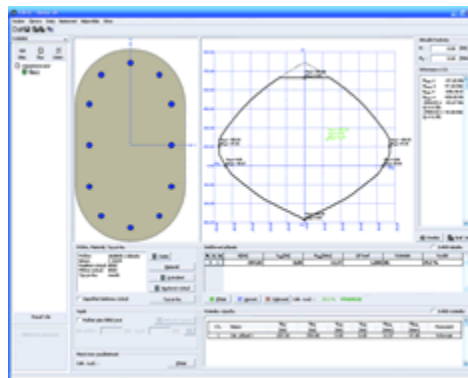
Přehledná výstupní dokumentace

Vylepšená grafická podoba nových výstupů reaguje na současné požadavky zákazníků. Vychází z osvědčené koncepce použité u programu GEO5 a TRUSS4. Základem je generace statického protokolu podle stromové nabídky. Výsledkem je velice přehledný a komfortní výstup, který je stále aktuální.

Ukázka výstupních dokumentů z programu Beton 3D



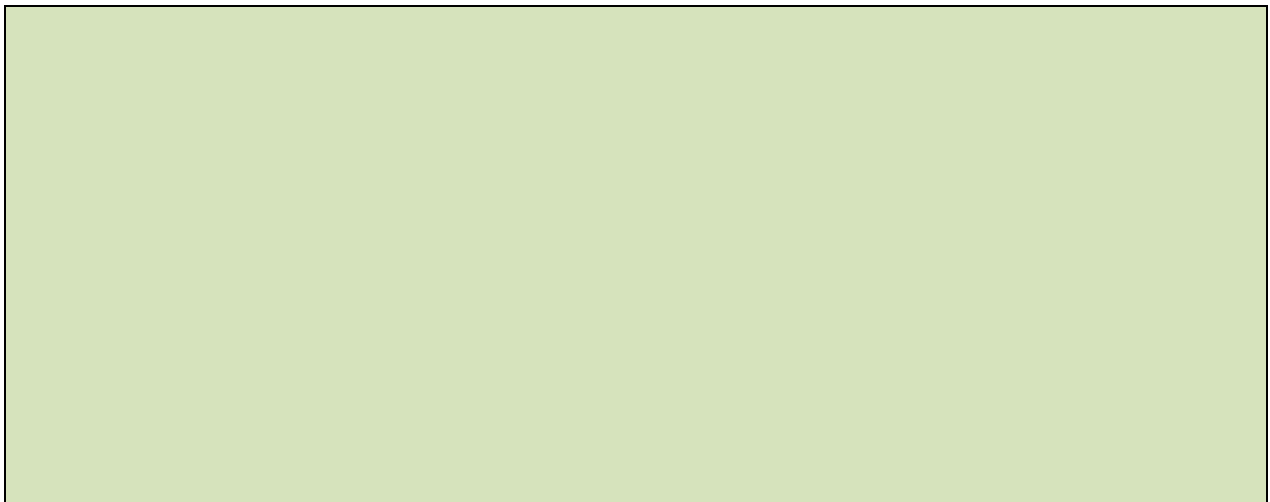
Nové návrhové principy



Eurokódy přinášejí v porovnání s ČSN zcela nové návrhové principy, které bylo nutné do programu FIN EC zpracovat.

Pravděpodobně nejvýraznější změny se objevily v normě EN 1990 zabývající se zásadami navrhování konstrukcí:

- jsou zavedeny nové typy kombinací (základní, mimořádné, seizmické),
- přibyly nové kombinační součinitele u zatěžovacích stavů,
- oddělilo se sestavování kombinací pro první (únosnost) a druhý (použitelnost) mezní stav.



U mezního stavu únosnosti má nyní projektant možnost volby mezi základní a alternativními kombinacemi, které umožňují šetrnější návrh konstrukcí. Pro mezní stav použitelnosti jsou definovány tři typy kombinací:

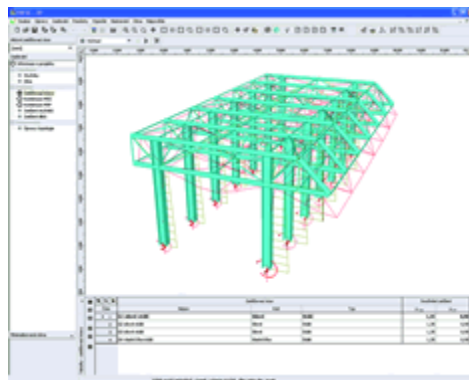
- charakteristické,
- kvazistálé
- a časté.

Evropské normy zavádějí v kombinacích i další novinky jako je například hlavní proměnné zatížení či součinitele spolupůsobení proměnných zatížení. Všechny tyto údaje je samozřejmě možné v nové verzi programu zadat.

S ohledem na tyto změny byl do programu FIN EC zabudován automatický generátor kombinací, který umožňuje rychlé vytvoření kombinací dle předem stanovených parametrů. Uživatel může vybírat hlavní proměnná zatížení, zatížení působící společně nebo naopak vzájemné vylučování zatěžovacích stavů.

Rozdílné přístupy k návrhu se objevily i v řadě dalších norem (normy pro stanovení zatížení na konstrukci, jednotlivé normy pro posouzení). Nejvýznamnější změny jsou popsány u jednotlivých programů.

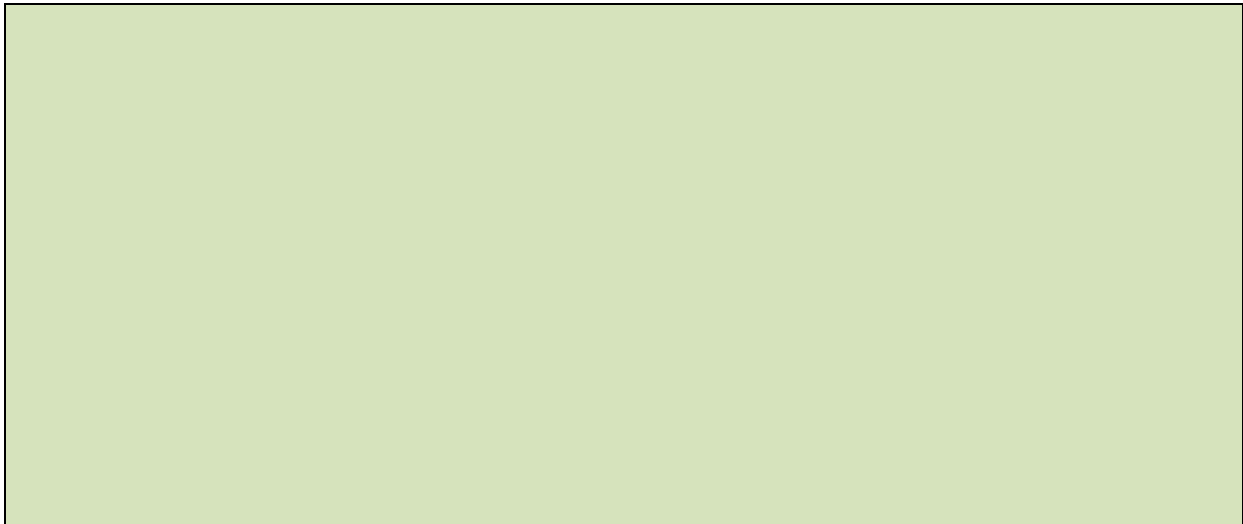
Statika prutových konstrukcí



FIN EC 2D a FIN EC 3D jsou programy pro výpočty prutových konstrukcí v rovině a prostoru metodou konečných prvků.

Obsahují:

- široké možnosti zadávání konstrukce a zatížení,
- spolehlivé výpočtové jádro
- a nástroje pro snadnou tvorbu výstupní dokumentace.
- Podpora Eurokódů umožňuje například automatické doplňování normových součinitelů dle typu zatížení,
- a kategorie umístění či snadné generování zatěžovacích kombinací za pomoci výkonného generátoru.
- Programy mohou předávat jednotlivým dimenzačním modulům údaje o jednotlivých prvcích včetně spočtených vnitřních sil.
- Zpět pak dokáží načíst výsledky posouzení.

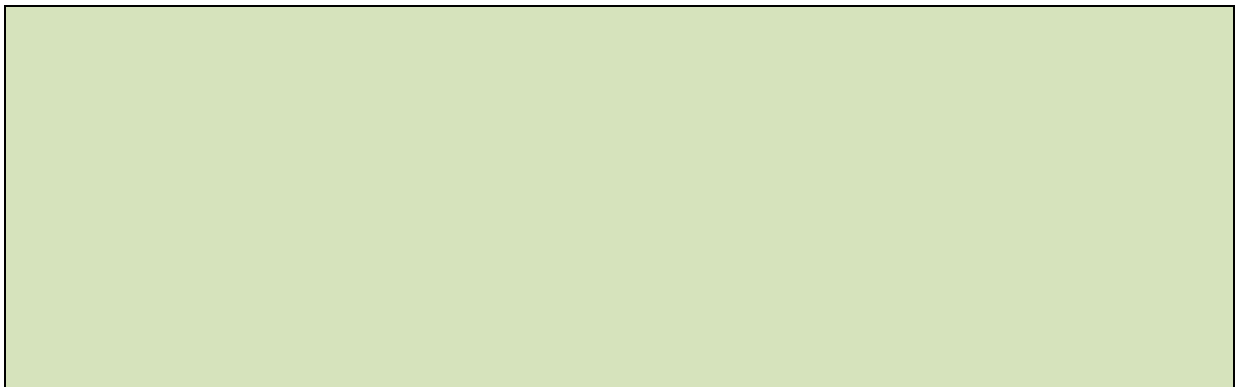


FIN EC 2D – Program **pro výpočty rovinných prutových konstrukcí.**

FIN EC 3D – Program umožňuje **výpočty prostorových prutových konstrukcí.**

Průřez – Program pro výpočet průřezových charakteristik libovolných průřezů.

Výseč – Program počítá průřezové a výsečové charakteristiky průřezů složených ze stěn (např. ocelové průřezy nebo betonové komorové průřezy).



Zatížení konstrukcí

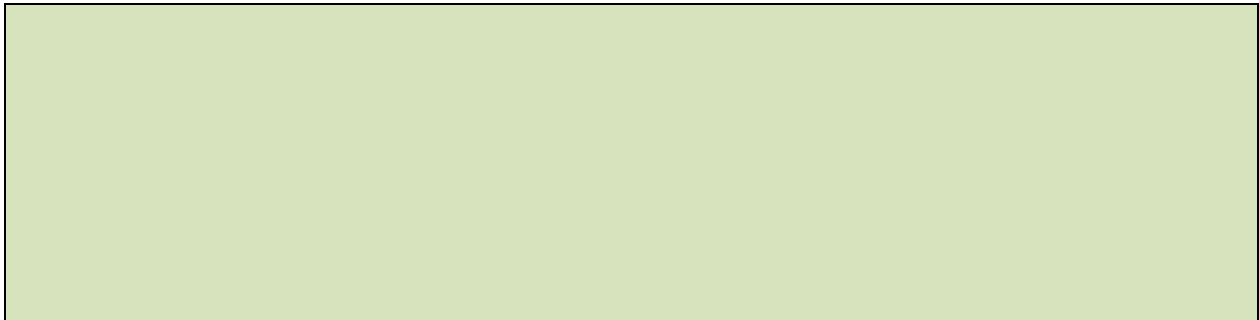
Zatížení – Program určený pro sestavování protokolů o zatížení dle norem:

- EN 1990 (Zásady navrhování),
- a EN 1991 (Zatížení konstrukcí).

Program obsahuje databáze profilů a materiálů:

- podle EN 1991-1-1,
- dle údajů výrobců.

Protokoly lze definovat jako plošné, prutové nebo bodové – program umožňuje jednoduché automatické lokalizace protokolů a jejich přepočty na různé zatěžovací šířky, resp. plochy. Program vytváří zatěžovací schémata pro zatížení sněhem a větrem dle EN 1991-3 resp. 1991-1-4. Tato schémata mohou být vytvářena nejen pro základní typy střech (sedlová, valbová atd...) ale též pro střechy s komplikovaným půdorysem.



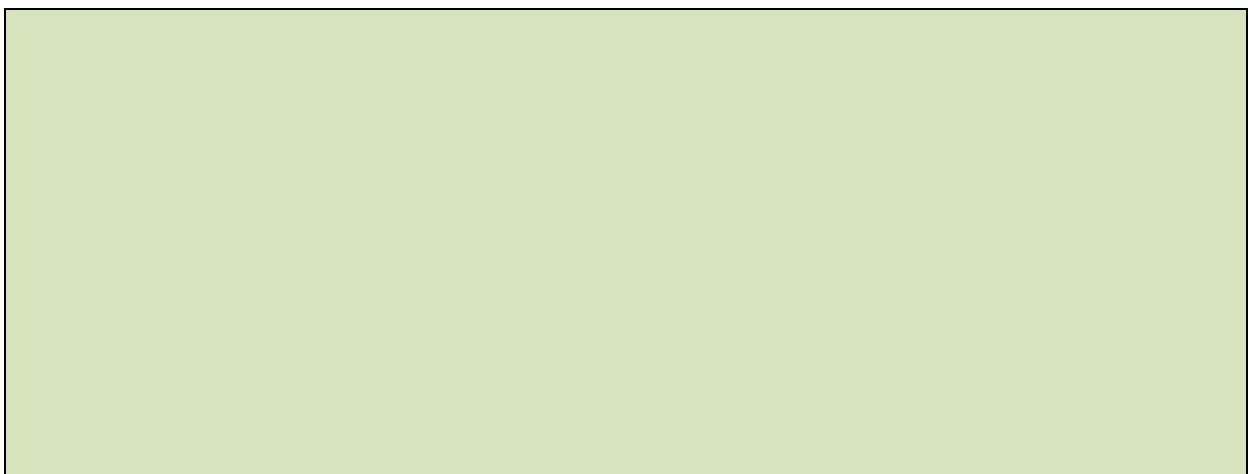
Dimenzační programy

Soubor dimenzačních programů slouží k posouzení nosných prvků konstrukcí (beton, dřevo, ocel) dle jednotlivých návrhových norem.

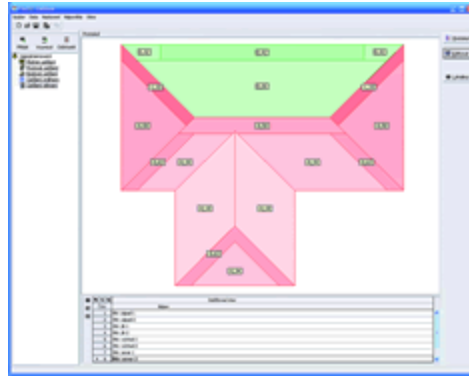
Programy mohou buď pracovat jako součást statických programů FIN EC 2D a 3D nebo zcela samostatně.

V prvním případě dimenzační programy přebírají od statického programu geometrické údaje o prvcích a vnitřní síly a po posouzení vrací zpět upravené dimenze.

V samostatném režimu programy umí posoudit vybraný průřez či dílec na zadané vnitřní síly. Takto lze snadno navrhnout a posoudit konstrukce spočtené ručně či v jiných programech.



Betonové konstrukce



Programy pro posuzování betonu počítají podle norem EN 1992-1-1 a EN 1992-2.

Pro mezní stav únosnosti jsou mezní ohybový moment a/nebo normálová síla počítány pomocí metody mezních přetvoření s použitím bilineárního pracovního diagramu pro beton a diagramu s omezeným poměrným přetvořením a stoupající horní větví pro ocel.

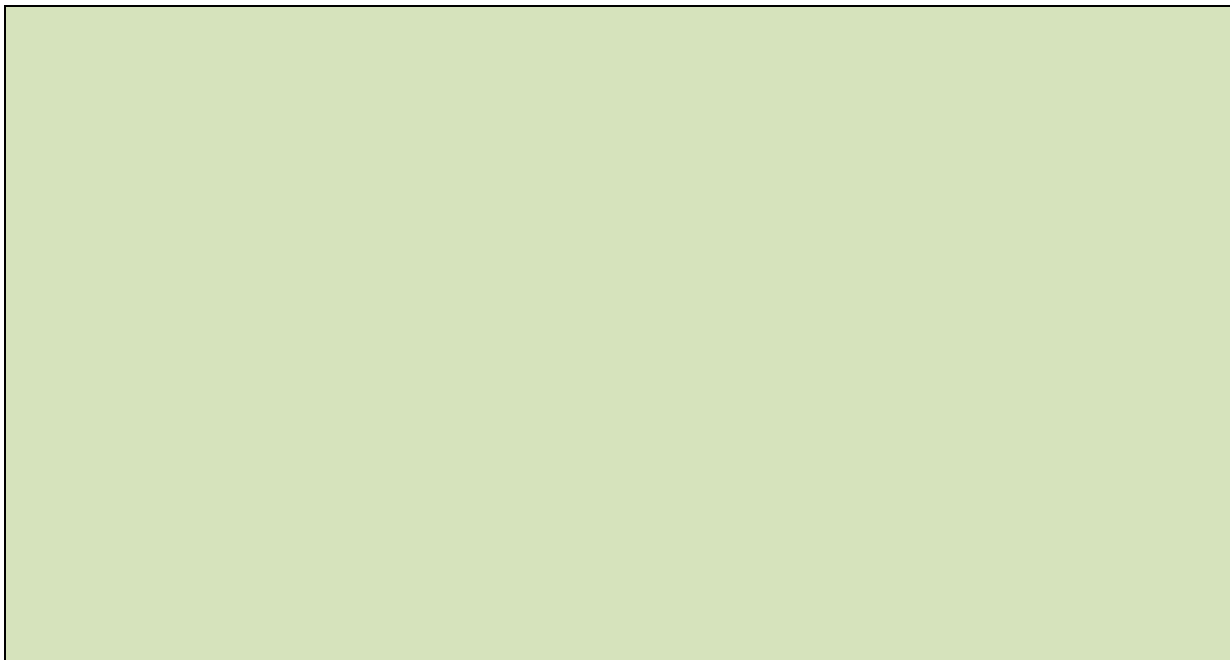
Je možné volit, zda ocel působí i v tlaku či nikoliv.

Pro výpočet změny vstupních momentů vlivem vzpěru jsou na výběr dvě zjednodušené metody: Metoda založená na jmenovité tuhosti a na jmenovité křivosti.

Smyk je posuzován jak pro prvek bez smykové výztuže, tak pro prvek se smykovou výztuží. Prvek bez smykové výztuže je posuzován podle teorií jak pro vyztužený tak pro prostý beton a je využita větší z hodnot. Při posuzování prvků se smykovou výztuží je použit model náhradní příhradoviny s proměnným sklonem tlakových diagonál, který umožňuje optimalizaci využití smykové výztuže. Je posuzováno volné kroucení s možností uvažování výztuže na kroucení.

Mezní stav omezení napětí je počítán pro charakteristickou kombinaci zatížení a stanovuje maximální napětí v betonu i výztuži, při kterých nedochází k nepříjemným trhlinám či deformacím.

Dále je prováděna kontrola třídy betonu podle zvoleného prostředí, ve kterém je prvek umístěn. K dispozici je též pomocný výpočet minimálního krytí výztuže a kontrola konstrukčních zásad (množství výztuže, vzdálenosti jednotlivých kusů výztuže) pro zvolený typ prvku (nosník, sloup, deska, stěna).



Beton 2D – Program počítá rovinný ohyb a smyk symetrických profilů (namáhání N , V_z , M_y). Umožňuje výpočet a vykreslení interakčního diagramu $M+N$ (svislý řez interakčním diagramem). V porovnání s programem Beton 3D je lepší ergonomie ovládání díky podmínce symetrie průřezu i výztuže.

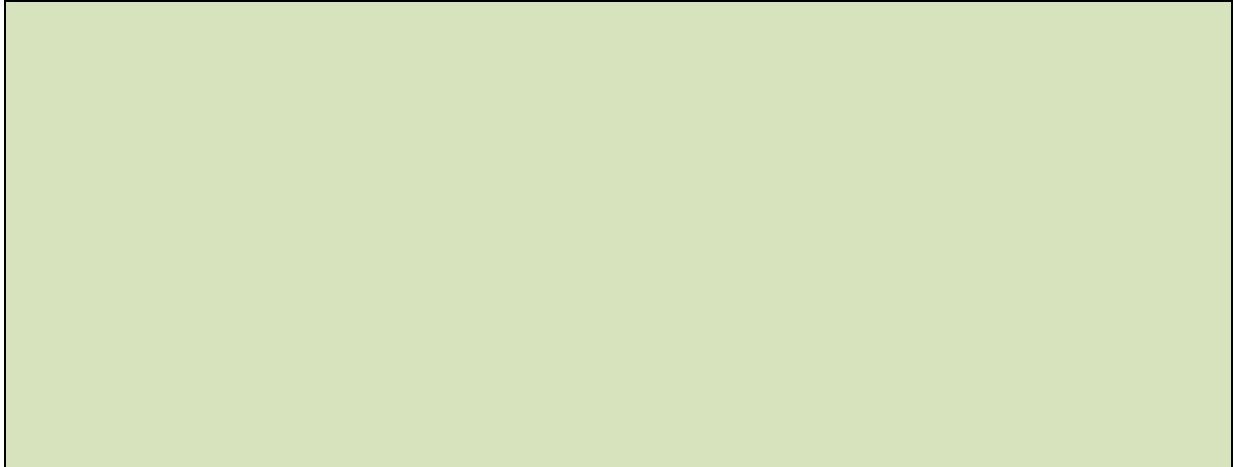
Beton 3D – Program počítá prostorový ohyb, šikmý smyk i kroucení obecných profilů (namáhání N , V_z , V_y , M_y , M_z , M_x). Umožňuje výpočet a vykreslení interakčního diagramu M_y+M_z pro zvolené N (vodorovný řez interakčním diagramem).

Beton Prostý – Program je určen k posouzení únosnosti obecných profilů z prostého betonu (namáhání N , V_z , V_y , M_y , M_z). Umožňuje výpočet interakčního diagramu a posouzení průřezu na smyk.

Betonový výsek – Program počítá rovinný ohyb a smyk symetrických profilů (namáhání V_z , M_y) na horizontálních betonových konstrukcích, jako jsou např. spojitý nosník nebo rámový výsek. Je možná automatická generace zatížení a kombinací (výpočtová, charakteristická, kvazistálá), dostupná je však i možnost zadat zatížení libovolně (spojité zatížení, bodové zatížení). Krom posouzení podélné a smykové výztuže jsou též kontrolovány konstrukční zásady včetně dopočtu kotevních délek. Mezní stav použitelnosti je posuzován na všechny 3 stavy uvedené v normě. Pro charakteristickou kombinaci zatížení je spočten mezní stav napětí a pro kvazistálou kombinaci jsou spočteny vznik a velikosti kolmých trhlin pomocí přímého výpočtu (nikoliv pomocnými metodami) a průhyb od zatížení, dotvarování

a smršťování betonu. Na rozdíl od předchozích programů je nabízeno kompletní posouzení jednoduché konstrukce nikoliv prvku.

Protlak – Program pro výpočet protlačení železobetonové desky podle ČSN EN 1992-1-1. Lze zadat obecný průřez sloupu, otvory v desce, vyztužení třmínky, resp. ohyby.



Ocelové konstrukce

Ocel – Program provádí posouzení ocelových prvků podle normy EN 1993-1-1. Posuzovanými prvky jsou celé dílce nebo jednotlivé řezy dílců. Prvky mohou být průřezu celistvého nebo členěného, program nabízí kromě standardně používaných tvarů průřezu i možnost zadání vlastního průřezu. Provádí se posouzení tahu, tlaku, ohybu, smyku a volného i vázaného kroucení a vzájemné kombinace těchto namáhání. Posudek je proveden včetně posouzení dalších jevů, jako je klopení, vzpěr, oslabení průřezu a štíhlost dílce.

Ocel Požár – Program pro výpočet požární odolnosti ocelových prvků podle normy EN 1993-1-2. Vychází z kompletního posudku ocelových prvků a dopočítává rezervu v únosnosti, která je vyjádřena jako doba požární odolnosti. Program posuzuje jak prvky nechráněné, tak i prvky se zadanou požární ochranou. Požární ochrana může být realizována nástřiky, nátěry, obklady či obdobnými ochrannými konstrukcemi. Program obsahuje databázi materiálů pro požární ochranu a nabízí i možnost použití materiálů vlastních. Průběh teploty při požáru je v programu modelován pomocí teplotních křivek popsanych v normě EN 1991-1-2. Jsou zde nominální teplotní křivky a křivka parametrická.

Ocelové spoje – Program je určen k posouzení spojů ocelových konstrukcí. Program umožňuje jednoduchým způsobem vypočítat únosnost styčnicku pro rámové, stropní nebo příhradové konstrukce složené z válcovaných i svařovaných průřezů.

Ocelové patky – Program určený pro výpočet únosnosti, tuhosti a posouzení přípoje sloupu z ocelových válcovaných, či svařovaných profilů na betonový základ.

Kotvení sloupů patní deskou

Kotvení sloupů ocelových konstrukcích se provádí patní deskou, obetonováním a jejich kombinaci. Kotvení sloupů patní deskou sestává ze spodní části sloupu, z patní desky a z kotevních šroubů.

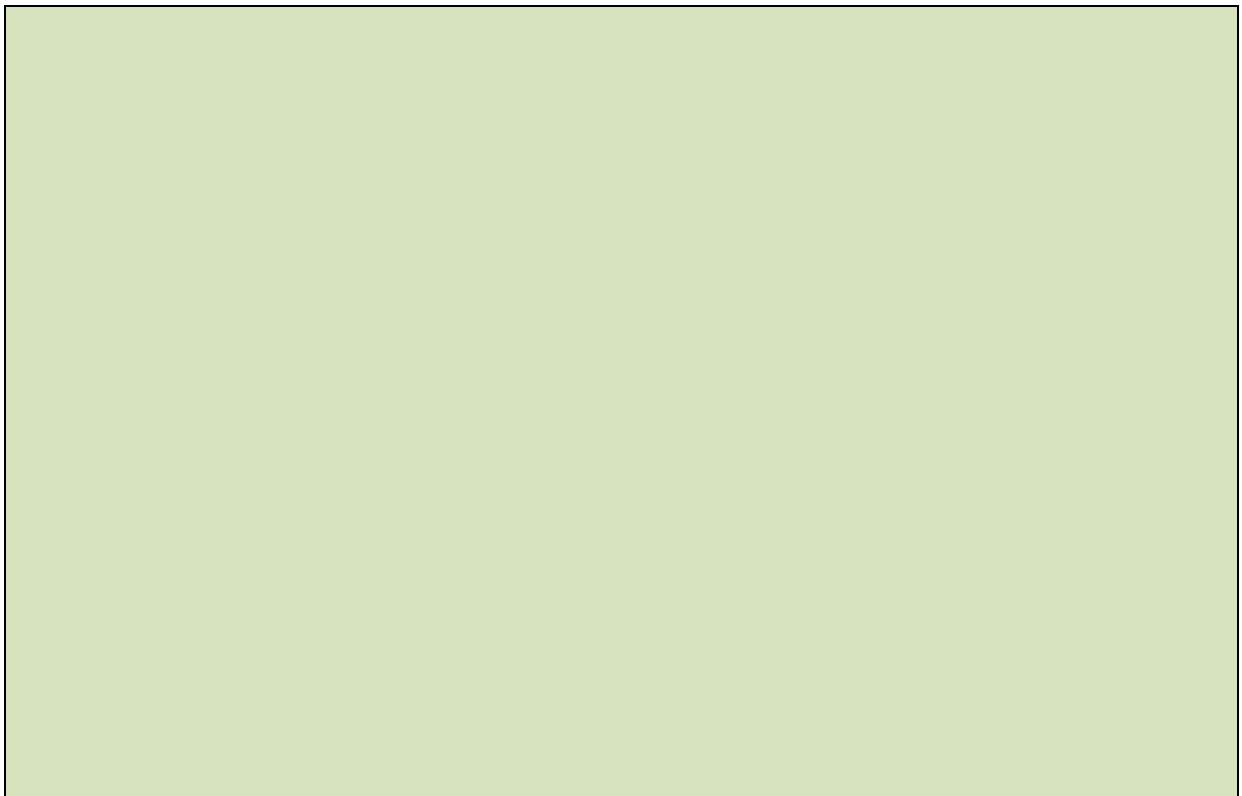
Ekonomicky nejvýhodnější vycházejí nevyztužené patní desky. Deska s výztuhami se navrhuje podle stejných zásad jako nevyztužená deska. Používá se především pro patky namáhané kromě normálové síly též ohybovým momentem. Patní deska se ukládá na konstrukci spodní stavby, např. betonový základ.

Norma EN 1993-1-8 zahrnuje pravidla pro výpočet únosnosti a tuhosti kotvení sloupu patní deskou pro sloupy z otevřených i uzavřených profilů metodou component. Metodiku lze využít pro patní desky vyztužené dalšími profily a obetonováním. Vliv základové konstrukce, který může být v některých případech významný, není v EN 1993-1-8 řešen.

Tradičně se pro kloubové kotvení patní deskou navrhovala patní deska tak tlustá, aby bylo zajištěno rovnoměrné rozdělení napětí pod patní deskou. Návrh ohybově tuhého kotvení využíval pružného rozdělení vnitřních sil a představy zachování rovinnosti průřezu. Pro pružné rozdělení napětí pod patní deskou bylo z výminky rovnováhy stanoveno napětí v betonu v tlaku a síla v kotevních šroubech. Ačkoliv metodika zanedbávala vliv deformace průřezu,

kotevních šroubů a betonu, v praxi se osvědčila. Přesnější postup v normě EN 1993-1-8 umožňuje ekonomičtější a spolehlivější řešení. Pro stanovení vnitřních sil se používá plastické rozdělení napětí. Poddajná patní deska se převádí na náhradní tuhou desku, pod kterou se posuzuje únosnost betonu v koncentrovaném tlaku.

Pro výpočet tuhosti se obdobně jako u přípoje nosníku na sloup čelní deskou využívá metody komponent. Styčnick se rozdělí na komponenty, a určí se jejich únosnost a tuhost. Při skládání komponent se uvažuje vlivem normálové síly a ohybového momentu.



Návrh při zemětřesení

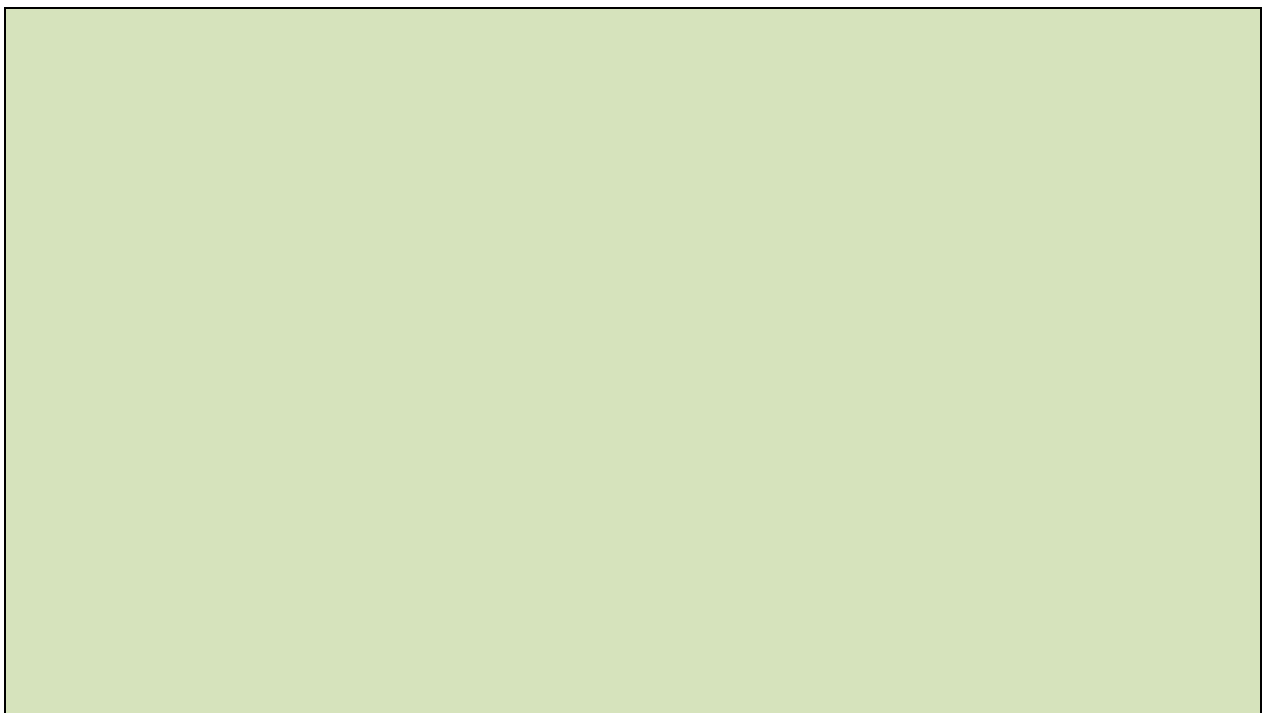
Základní principy

Spolehlivost všech typů konstrukcí v seismicky aktivních oblastech se zajišťuje tažností oceli a ocelové konstrukce jsou pro tyto oblasti proto přirozeně vhodné. Po ničivých zemětřeseních s epicentry v Northridge a v Kobe se v USA a Japonsku prohloubil rozvoj poznatků. Při obou zemětřeseních se ocelové konstrukce osvědčily, ale vykazovaly neočekávaně velké množství poškození styčnicků. Detaily s poruchami vykazovaly nevhodné koncentrace napětí, místní plastifikaci a prostorové napětí zvláště v přípojích nosníků na sloupy. Nevhodné svary byly provedeny s nedostatečně tažným přídavným materiálem a nebyla zajištěna kontrola kvality

po jejich výrobě. Jako nevhodné se ukázalo chování velkých prvků a jejich přípojů, kde se, podle výzkumů z osmdesátých let, využívalo spojování neobvykle štíhlých prvků (panelů stěny sloupu ve smyku, v tahu a tlaku, stojiny připojovaných nosníků v tlaku a smyku).

Norma EN 1993-1-8 zahrnuje pravidla pro stanovení pevnosti a tuhosti styčnicků ocelových konstrukcí. Vliv seismického a dynamického zatížení není zahrnut. Přípoje v seismických oblastech musí splňovat tyto základní podmínky:

- schopnost přetížení;
- dostatečnou rotační kapacitu (tažnost);
- dostatečnou robustnost (detaily odolávající silám v neočekávaných směrech).



Zásady návrhu

Experimentální a analytický výzkum seismického zatížení, ocelí, svařování, lomové mechaniky a chování styčnicků a jejich sestav byl završen doporučeními pro návrh styčnicků do seismických oblastí a na přísnější kontrolu materiálu a výroby konstrukcí.

V USA doporučení zahrnují návrh rámců vhodných pro seismické oblasti z roku 1997 NEHRP Provisions [BSSC, 1997] a doporučení AISC [AISC, 1997], zvláště pak směrnice Běžné rámy do seismických oblastí (OMRF, Ordinary Moment Resisting Frames), Středně odolné rámy do

seismických oblastí (IMRF, Intermediate Moment Resisting Frames) a Speciální rámy do seismických oblastí (SMRF, Special Moment Resisting Frames). Tyto tři typy konstrukcí se charakterizují rotační kapacitou 0,01, 0,02 a 0,03 rad. Přípoje lze navrhnout jak na plnou únosnost připojovaných prvků (FR, Fully Restrained) tak na částečnou únosnost (PR, Partially Restrained). Směrnice doporučují volbu typu přípojí, zatížení, typ globální analýzy, konstrukční řešení a postup návrhu styčniců včetně ověření požadované a dosahované rotační kapacity.

Chování ohybově tuhých rámu je výrazně ovlivněno chováním jejich styčniců. Ve směrnicích se doporučuje:

- koncepce globálního řešení s tuhými sloupy a poddajnými nosníky;
- vhodný návrh únosnosti stěny sloupu ve smyku;
- ověření únosnosti přípojí, včetně redukce jejich únosnosti při opakovaném namáhání;
- ověření vlivu druhého řádu;
- ověření místní ztráty stability prvků.

Směrnice se při návrhu přípojí zaměřují na vhodnou volbu typu přípoje a na podrobnou metodiku řešení vybraných typů přípojí (Pre-qualified Connections). U správně zvolených přípojí se očekává splnění definovaných požadavků. Ty jsou:

Pro svařované přípoje:

- rovnoměrnost napětí v nebezpečném průřezu svaru;
- vrubová houževnatost svařovaného materiálu;
- vrubová houževnatost přídavného materiálu.

Pro šroubované přípoje:

- velikost šroubů, typ díry, utažení;
- únosnost oslabeného průřezu.

V Evropě je podle normy pro styčnicové spoje 1993-1-8 možno předpovědět momentovou únosnost $M_{j,Rd}$ a na základě tuhosti komponentů k_i i jejich tuhost.

Stanovení rotační kapacity pro seismické navrhování není v normě EN 1993-1-8 zahrnuto a je soustředěno do normy EN 1998-1.

Doporučení pro návrh a výrobu

Eurokód 8 - EN 1993-1-8 doporučuje v konstrukcích styčnicové spoje s disipací energie:

- Návrh musí zabránit lokalizaci plastických oblastí, velká vnitřní pnutí a výrobní vady. Vhodnost návrhu je třeba ověřit na experimentu.

- Svařované přípoje tupými svary bez disipace energie s prvky s disipací energie musí splňovat požadavky na přetížení.
- Pro svařované přípoje koutovými svary nebo šroubované přípoje bez disipace energie musí být zajištěno, aby únosnost přípoje byla vyšší než 1,35 násobek plastická únosnosti připojovaného prvku
- Používá se pouze spojů třídy B (třecí spoje odolné proti prokluzu v mezním stavu použitelnosti) a C (třecí spoje odolné proti prokluzu v mezním stavu únosnosti) ve smyku a přípojů třídy E v tahu (spoje s předpjatými vysokopevnostními šrouby v tahu) s kontrolou utahování šroubů. Jsou povoleny též přípoje s přesnými šrouby.
- U šroubovaných přípojů se požaduje únosnost ve smyku 1,2 vyšší než je únosnost ve otláčení.
- Pevnost a deformační kapacita prvků a jejich přípojů při cyklickém zatěžování musí být prověřena experimentálně a splňovat požadavky na typ konstrukce a třídu tažnosti. Tyto požadavky se vztahují na všechny přípoje v konstrukci s disipací energie. Požadavky na tažnost jsou shrnuty v článku 6.6 a 6.9 normy EN 1998-1. Tažnost konstrukce se popisuje požadovaným natočením ve styčnicích a dosahovanou rotační kapacitou styčniců, kde se definuje parametr φ_p jako:

Norma EN 1998-1 předepisuje pro styčníky nosníků se sloupy ohybově tuhých rámců (MRF, Moment Resistant Frame):

- V případě, že konstrukce je navržena na disipaci energie v nosníku, navrhuje se přípoj nosníku na sloup na přetížení. Uvažuje se přetížení od momentu $M_{pl,Rd}$ a od posouvající síly $(V_G, Ed + V_M, Ed)$ podle článku 6.6.2 v normě EN 1998-1.
- Polotuhé styčníky a styčníky s částečnou únosností s disipací energie lze využít při splnění všech těchto podmínek: a) rotační kapacita styčniců odpovídá požadovanému natočení; b) doloží se, že prvky připojené do styčniců budou v mezním stavu únosnosti (MSÚ) stabilní; c) při stanovení vodorovné deformace objektu se uvažuje s neformovatelností styčniců.
- Styčníky se navrhnu tak, aby jejich rotační kapacita φ_{Cd} nebyla menší než 35 mrad pro třídu tažnosti H a 25 mrad pro třídu tažnosti M pro $q > 2$. Při cyklickém namáhání se musí dosáhnout této hodnoty bez poklesu pevnosti a tuhosti o více než 20%, hodnoty musí být prověřeny experimenty. Tento požadavek nezávisí na předpokládané poloze disipativní oblasti.
- Pro styčníky s částečnou únosností, se stanovuje únosnost sloupů při plastické únosnosti styčniců.

Vliv konstrukčního řešení a materiálu na nelineární chování ohybově tuhých styčniců byl studován v posledních letech v řadě zemí. Vliv vlastností materiálu se nejčastěji popisuje poměrem meze kluzu k mezi pevnosti f_y/f_u (YUSR, Yield-to-Ultimate Stress Ratio). Pro poměr poměr 0,65 až 0,80 nevykazují styčníky do natočení 30 mrad podstatné koncentrace napětí. Pro hodnotu YUSR = 0,95 se délka plastického kloubu u styčniců při natočení 30 mrad zkracuje na polovinu v porovnání se styčníky z materiálu YUSR = 0,80. Krátký plastický kloub

zvyšuje koncentraci napětí a vede k místní ztrátě stability při nižším namáhání a snižuje odolnost při nízkocyklové únavě.

Použitá literatura:

Wald F., Sokol Z.: Styčníky ocelových konstrukcí, ČVUT, Praha 1999.

www.access-steel.com

www.fsv.cvut.cz/cestruco

fast10.vsb.cz/temtis