

PROJEKTOVÁNÍ KONSTRUKCÍ POMOCÍ SYSTÉMU SCIA ESA PT 5.0

STRUCTURAL DESIGN WITH SUPPORT OF SCIA ESA PT 5.0 SYSTEM

MARTIN NOVÁK

Programový systém ESA PT 5.0 je komplexním systémem pro statickou analýzu a dimenzování stavebních konstrukcí. Kromě nástrojů na statiku obsahuje širokou nabídku dalších funkcí, které umožňují pracovat se systémem jako s obecným nástrojem pro konstruktéry. Patří sem vytváření výkresové dokumentace s možností kvalitního přenosu dat do CAD systémů a další nástroje pro parametrizaci v návaznosti na aktivní dokument atd.

Software system ESA PT 5.0 is a complex system for static analysis and design of civil engineering structures. Tools for static analysis are extended by a wide range of functionality enabling the user to use the system as a general designing tool. This includes especially the production of drawings and quality export into CAD systems, tools for parameterisation related to the active document, etc.

Na začátku letošního léta se našim projektantům dostane do rukou nová verze programu ESA. V této verzi je uplatněna nová koncepce pocházející z roku 2001, založená na technologii COM, jejíž zavedení v prvních verzích systému ESA sice doprovázely některé problémy, avšak nyní přináší své ovoce. Systém ESA PT 5.0 představuje novou kategorii programů svého druhu, jednak zapojením funkcionalitu pro stěny a desky včetně dimenzování betonu a dotažením nástrojů pro práci s ocelovými konstrukcemi, jednak tím, že program prošel od předešlé verze 4.4 radikálními úpravami vedoucími ke zvýšení rychlosti, kapacity a stability. Rychlostí řešení rozsáhlých konstrukcí předčí své předchůdce Nexis a Feat. Ve srovnání s těmito systémy ESA PT 5.0 pokrývá výrazně širší okruh funkcionality v mnoha směrech, od parametrizace přes nové výpočtové možnosti až po oblast výkresové dokumentace a grafických či alfanumerických výstupů kombinovaných i se vstupy (aktivní dokument). Především těmto novým oblastem je věnován tento článek.

Systém ESA PT byl koncipován od první verze jako nástroj na projektování konstrukcí. ESA PT tedy není nástrojem pouze na provádění statických výpočtů. Samozřejmě statická a dynamická analýza společně s posudky jsou to hlavní, avšak filosofie programu ESA PT 5.0 směřuje k vyšší univerzálnosti. Byly rozšířeny i jeho výpočtové možnosti, např. o nový způsob zavedení počátečních imperfekcí a křivostí, analýzu zatížení větrem, optimalizaci průřezů a další. ESA PT 5.0 je však obecný nástroj, který dovoluje konstruktérům vytvořit tvar konstrukce, provést pro celek nebo jeho část příslušné statické výpočty a posudky a vytvořit základní dokumentaci, ke které patří i výkresy, výkazy materiálu apod.

VZTAH TVARU KONSTRUKCE A VÝPOČTOVÉHO MODELU

Aby bylo možno pracovat se skutečným tvarem konstrukce, obsahuje popis geometrie jak základní tvar, odpovídající střednicím prutů (odpovídající výpočtovému modelu), tak i podrobné informace o skutečném tvaru každého prutu (který je nazývaný v systému ESA PT jako CAD model). Samozřejmě, oba dva modely jsou vzájemně svázané, takže např. posun centrového bodu výpočtového modelu provede odpovídající změnu v CAD modelu.

DOKUMENTACE, VÝSTUPY

Pro připravený 3D model konstrukce lze pomocí generátoru obrázků během chvilky vytvořit řezy a pohledy (samozřejmě včetně půdorysů). Obrázky jsou editovatelné, lze do nich dodatečně vkládat kóty, obecně do nich dokreslovat, popř. mazat atd. Lze je umístit na výkres, přičemž veškeré obrázky z galerie jsou dynamické, tj. svázané s modelem konstrukce. Po případných změnách konstrukce stačí nechat je stiskem jediného tlačítka přegenerovat, přičemž ručně přidané entity v obrázcích lze zachovat. Úroveň automatické generace výkresů z modelu konstrukce lze přirovnat ke specializovaným špičkovým CAD systémům včetně možnosti ovlivnit pomocí řady parametrů konečný vzhled obrázků.

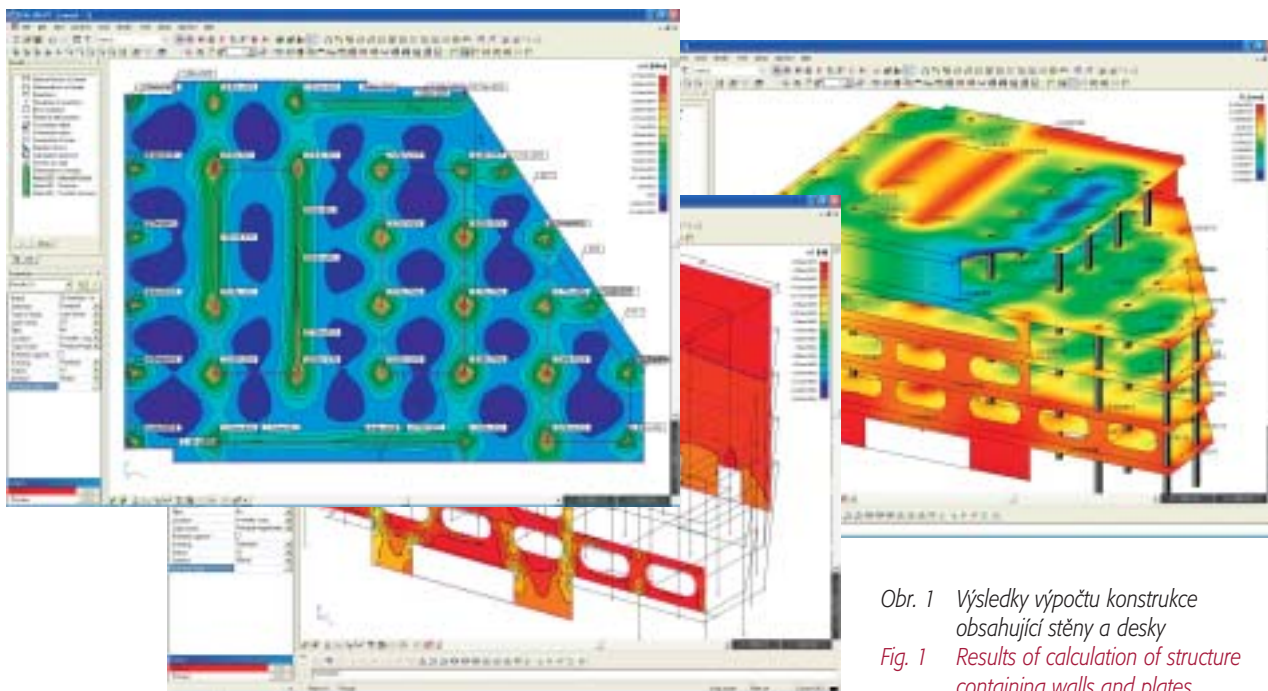
STĚNY, DESKY, PRUTY, UZLY..

Nástroje pro práci s geometrií vycházejí z celkové filosofie uživatelského prostředí systému ESA PT. Platí základní pravidlo, že cokoli lze kdykoli vybrat kliknutím myši či výřezem, který se zadává přímo tažením bez nutnosti volat funkce z menu. Pro vybrané entity se ihned objeví jejich vlastnosti v neustále otevřeném dialogu vlastností. Toto pravidlo je použito jak pro prvky konstrukce, tak i pro geometrické uzly. Způsob editace, ale i kontroly geometrie vybraním uzlů a přepsáním jejich souřadnic je rychlý a odpovídá zvyklostem stávků. Vybrané prvky konstrukce či uzly lze kromě toho snadno posouvat způsobem drag-and-drop, tj. stačí za ně myši chytout a posunout na požadované místo. Při těchto operacích je k dispozici uživatelský souřadnicový systém (UCS) rozšířený o další možnosti. Pro práci v rovině i v prostoru má uživatel k dispozici bodovou síť a modulární čárový rastr, který může být pravoúhlý, válcový či sférický, resp. tvořený jejich libovolnou kombinací.

Veškeré tvary prutů i hran desek mohou být v systému ESA přímé i zakřivené. Kromě kruhového oblouku je implementována parabola, spline a Béziérová křivka. Jejich tvar je definován mezilehlými uzly, takže kromě jiných možností editace lze vždy tyto vnitřní uzly posunout na požadované místo a tím dosáhnout toho, že křivka tímto bodem prochází. Takto lze zadávat snadno i značně složité tvary. Stejně možnosti má uživatel průřezu, který může být definován přímými a zakřivenými hranami. Nenajde-li uživatel potřebný průřez v databázi předdefinovaných průřezů, má možnost zadat si jej tvarem v grafickém editoru. Samozřejmě může být složen i z částí z různého materiálu, s otvory, jako tenkostěnný či tlustostěnný atd.

BETONOVÉ KONSTRUKCE

Dimenzování betonových konstrukcí je rozděleno do dvou částí. Jednak lze počítat nutné plochy výztuže, dále lze výztuž zadávat a pro tuto výztuž provést posouzení. Co se týká prutů, návrh výztuže pro nosníky je založen na předpokladech rovinného ohybu, pro sloupy je možno po-



Obr. 1 Výsledky výpočtu konstrukce obsahující stěny a desky
Fig. 1 Results of calculation of structure containing walls and plates

čítat nutnou výztuž pro obousměrný ohyb, resp. excentrický tlak. Návrhové plochy výztuže je možné počítat pro libovolné spočtené zatěžovací stavy či kombinace. Parametry návrhu (pevnostní parametry oceli, předpokládané profily prutů, krytí atd.) se mohou nastavit globálně pro celou konstrukci nebo pro jednotlivé vybrané prvky zvlášť.

Z hlediska nastavení i z hlediska výpočtu rozlišujeme čtyři základní typy modelu pro výpočet – nosník, sloup, deskový nosník a žebro. Jednotlivé typy mají specifické parametry potřebné pro výpočet. Za zmínku stojí automatické výpočty minimálního krytí výztuže v závislosti na prostředí a použitých materiálech, podobně také součinitel dotvarování. Novým prvkem v dimenzování je použití „základní výztuže“, což umožňuje předvyztužit si daný prvek a potom pouze dopočítávat přídatnou výztuž. Při návrhu se samozřejmě provádí kontroly na konstrukční zásady a další předpoklady definované v normách. Nedílnou součástí návrhu výztuže je zobrazení přepočtených vnitřních sil, ať již se zohledněním redukce vnitřních sil v podporách nebo přepočtených momentů vlivem zvětšených excentricit normálových sil.

Na návrh navazuje posouzení výztuže na vznik a šířku trhlin. Program umožňuje provést posouzení buď přímo na navrženou výztuž nebo později na skutečnou, zadanou uživatelem. Součástí systému je i návrh výztuže s ohledem na šířku trhlin.

Zadání výztuže v prutech je založeno na

šablonách vyztužení. Tento nový přístup byl zvolen s ohledem na splnění požadavků na jednoduchost práce a současně požadavků na univerzálnost při práci s komplikovanými tvary průřezů. Je možno vyztužit v podstatě jakýkoli tvar průřezu, přičemž lze vyztužovat i pruty zakřivené a pruty s náběhy. Šablony definují schematické uspořádání výztuže v průřezu, a to jak pro podélnou výztuž, tak pro třmínky. Základní šablony jsou dodávány s programem a je možné je doplňovat a tím vytvářet vlastní uspořádání výztuže. Jelikož má výztuž uloženu informaci, ke které hraně průřezu přísluší, reaguje odpovídajícím způsobem na změnu rozměrů průřezu. Takto lze tedy výztuž i snadno editovat, např. změnit počet vložek ve vrstvách, jejich průměr atd. Pro zadanou výztuž je možno počítat průhyby konstrukce na základě skutečných tuhostí průřezů.

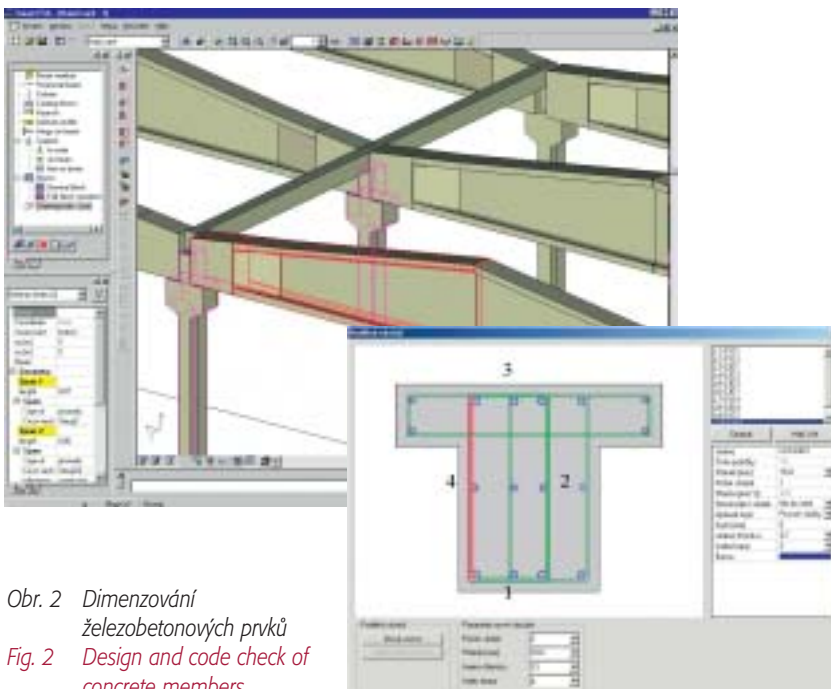
U plošných dílců, tj. desek, stěn, resp. stěnodesek, se pracuje s nutnými plochami výztuže, včetně výpočtu průhybů. Pro návrh je možné definovat až deset vrstev výztuže až ve třech směrech, přičemž vlastnosti výztuže je možné definovat odděleně pro horní a dolní povrch.

PARAMETRIZACE – PROGRAM V PROGRAMU

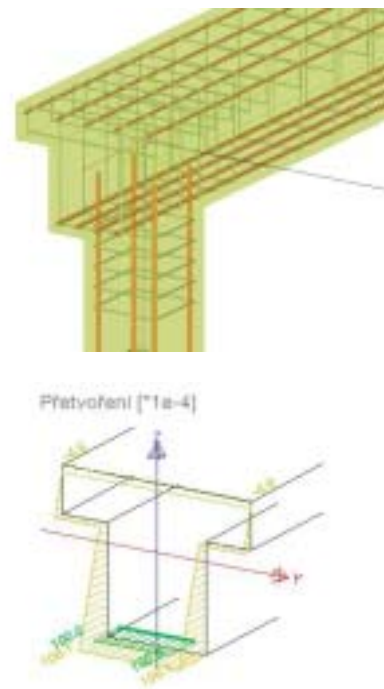
Zcela kvalitativně nové možnosti přináší ESA PT s použitím parametrizace. Co že parametrizace představuje a jak vlastně funguje? Uživatel jako první nedefinuje seznam parametrů. To je vlastně tabulka,

kde je každý parametr definován svým jménem, typem a hodnotou. Pak lze v editačních dialogích jednotlivých entit jednoduše přiřadit vybraným položkám nedefinované parametry. Změna hodnoty parametru vyvolá totéž co změna způsobená uživatelem přepsáním v editačním dialogu. To by ještě nebylo samo o sobě tak průlomovým nástrojem, kdyby nebylo možné definovat parametry typu vzorec, ve kterých vystupují jiné parametry. Vzorce mohou obsahovat kromě základních aritmetických operací i funkce, např. goniometrické, mocniny atd. Výrazy mohou být i logické a představovat podmínky, které lze dosadit i do vlastností typu „existence entity“. Takto lze tedy parametrizovat nejen velikost, ale i existenci požadovaných entit, případně v závislosti na dalších podmínkách. Aby bylo možné se při větším počtu parametrů orientovat v jejich zadání, lze parametry ve speciálním prostředí umístit na uživatelsky vytvořený dialog, složený ze zvoleného počtu záložek, kde lze parametry doplnit obrázky (bmp nebo wmf), vysvětlující jejich význam. Takto **zparametrizovaný model** lze použít např. některým z následujících způsobů:

- **Uživatelské šablony.** V projektu se zparametrizovanými daty je možno vytvořit dokument s tabulkami a obrázky, dále případně i galerii a výkresy. Jejich obsah je regenerovatelný. Po nastavení parametrů a přepočtení konstrukce lze získat jediným kliknutím myši kompletní výstupy, které



Obr. 2 Dimenzování
železobetonových prvků
Fig. 2 Design and code check of
concrete members



stačí prohlédnout, popř. vytisknout. Uživatelé potřebující řešit větší počty variant konstrukcí podobného typu řádově zvýší svou produktivitu a omezí možnost chyb. Rovněž uživatelé zaměřeni na analýzu pouze určitého typu konstrukcí jsou zbaveni nutnosti naučit se pracovat s celým prostředím systému.

• **Parametrické bloky.** Do otevřeného projektu lze vložit na zadané místo model načtený z jiného projektu. Pokud se načítá zparametrizovaný projekt jako první,

objeví se dialog s parametry, které si uživatel nastaví a po jejich potvrzení je vytvořen odpovídající tvar vkládaného modelu spolu s dalšími daty, který si pomocí kurzoru umístí na požadované místo. Nevystačí-li si uživatel s bloky, které jsou součástí instalace, může si bloky vytvořit buď sám nebo si může jejich zhotovení zajistit u dodavatele programu.

ZÁVĚR

Systém přesahuje běžnou statiku pokrytím

dalších potřeb konstruktérů. Přitom si zachovává kompaktní strukturu, tj. chová se jako jeden program. Autoři systému věří, že mezi uživateli najde uplatnění a oblibu a úspěšně naváže na své předchůdce.

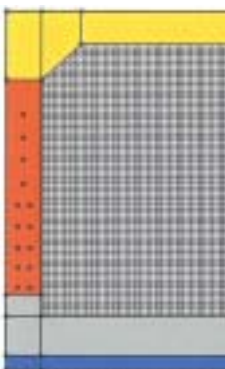
Ing. Martin Novák, CSC.
SCIA CZ, s. r. o.

Thákurova 3, 160 00 Praha 6
tel.: 224 322 425, fax: 224 322 288
e-mail: info.praha@scia.cz, www.scia.cz

OCHLAZOVÁNÍ BETONU

Řízení teploty během výstavby betonových konstrukcí je velmi důležité. K snížení teploty v tvrdnoucím betonu byl vyvinut speciální trubkový chladič systém integrovaný do ochlazovaných prvků (obr. 1, 2). Řízené snižování teploty tuhneoucího a tvrdnouceho betonu umožnilo ovlivňovat rozdělení a hodnoty napětí od teploty (obr. 3, 4) a tak zamezit vzniku thlin v mladém betonu, přestože betonáže prefabrikovaných tunelového ostění pro nizozemskou vysokorychlostní železnici probíhaly v teplém letním počasí.

Concrete Engineering International, Vol. 8, No. 2, Summer 2004, pp. 11–16



Obr. 1 Rozdělení chladičích
trubek ve stěně tunelu

Obr. 2 Výztuž stěny s PE trubkami



Obr. 3 Rozdělení
teploty
v a) nechlazeném
a b) chlazeném
průřezu

Obr. 4 Rozdělení
napětí
v a) nechlazeném
a b) chlazeném
průřezu

