

EUROCADCRETE - INTERAKTIVNÍ VÝUKA NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

EUROCADCRETE - AN INTERACTIVE LEARNING TOOL FOR DESIGNING OF CONCRETE STRUCTURES

MICHAELA ŠÍPALOVÁ

Česká republika aktivně spolupracuje na projektu EuroCADcrete, podporovaném Evropskou unií, který by měl usnadnit zavádění evropských norem v oblasti navrhování betonových konstrukcí do výuky a následně do praxe.

The Czech Republic actively cooperates in the EuroCADcrete project, supported by the European Union. This project is believed to facilitate the application of Eurocodes for the design of concrete structures in education and subsequently in the practice.

Země Evropské unie se připravují na používání evropských betonářských norem. Přechod od národních betonářských norem k normám evropským probíhá pod záštitou Sdružení evropských betonářských společností (European Concrete Societies Network – ECSN), které má sekretariát v Nizozemí. ECSN je nositelem grantu Evropské unie pro projekt s názvem EuroCADcrete, který by měl přechod usnadnit a zefektivnit, zejména při výuce navrhování betonových konstrukcí.

Jelikož nosným prvkem uvedeného projektu je vývoj interaktivního výukového programu, zapojily se do projek-

tu kromě betonářských společností jednotlivých evropských zemí také stavební fakulty evropských univerzit. V České republice pod záštitou České betonářské společnosti ČSSI (ČBS) na tomto projektu aktivně spolupracují fakulty stavební univerzity v Praze, Brně a Ostravě. Koordinátorkou projektu pro katedru betonových konstrukcí a mostů Fakulty stavební ČVUT v Praze i pro mezifakultní spolupráci jmenovaných tří českých technických univerzit je autorka článku.

Vzhledem k předpokládané komplexnosti projektu EuroCADcrete by měl na závěr vzniknout soubor pomůcek, který usnadní zavádění Eurocode v evropských zemích, a to jak na teoretické bázi, která předpokládá znalost souboru evropských norem, tak na praktické bázi, kdy si každý bude moci své nově nabyté vědomosti vyzkoušet a otestovat.

Zapojení prostředků výpočetní techniky do výuky navrhování betonových konstrukcí umožňuje generovat nekonečné množství zadání, čímž je každý student donucen pracovat samostatně. Dalším přínosem programu je usnadnění práce učitelů při opravování studentských prací. Student si totiž správnost svého výpočtu ověří sám, pomocí interaktivního přístupu programu. S přibývajícím počtem studentů je pro vyučující

stále obtížnější podrobně kontrolovat každému studentovi všechny výpočty a zbývá stále méně času na teoretické rozbor jednotlivých kroků výpočtu. V důsledku toho je mnohdy výklad předmětu navrhování betonových konstrukcí omezo-
ván na pouhý popis postupu při návrhu konstrukce, čímž se studenti nedostanou k podstatě problému a umí „jen“ dosazovat do vzorců.

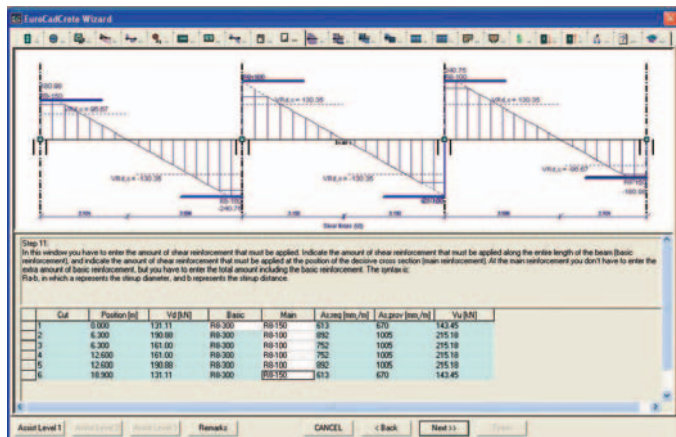
PROGRAM EUROCADCRETE

Před více než deseti lety vznikl v Nizozemí jednoduchý výukový program, který sloužil ke zkoušení studentů v oblasti navrhování a vyztužování betonových konstrukcí. Vzhledem k tomu, že se jednalo pouze o konkrétní zadání, která se každým rokem opakovala, ztratil program po několika letech svou účinnost. Díky rychlému vývoji výpočetní techniky zastaral i hardware, na který byl původní program naprogramován.

Na této tradici a zkušenostech vznikl EuroCADcrete, který byl vyvinut za spolu-

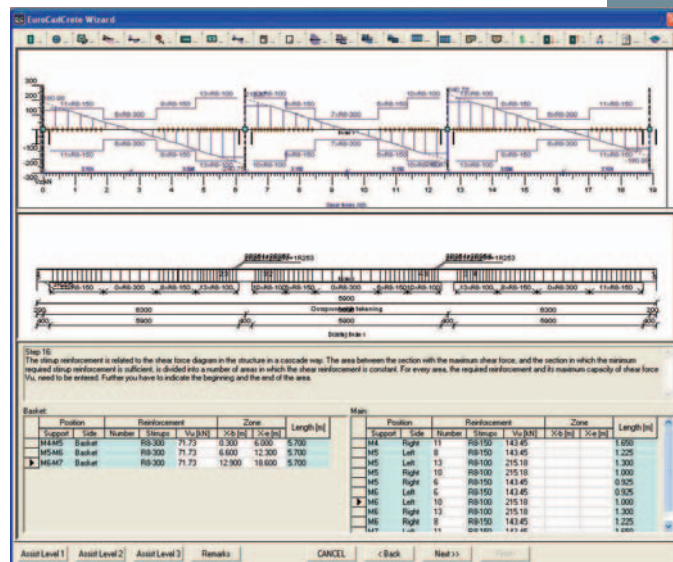
Obr. 1 Step 11 – průběh posouvajících sil s vyznačením únosnosti betonu a smykové vyztuže

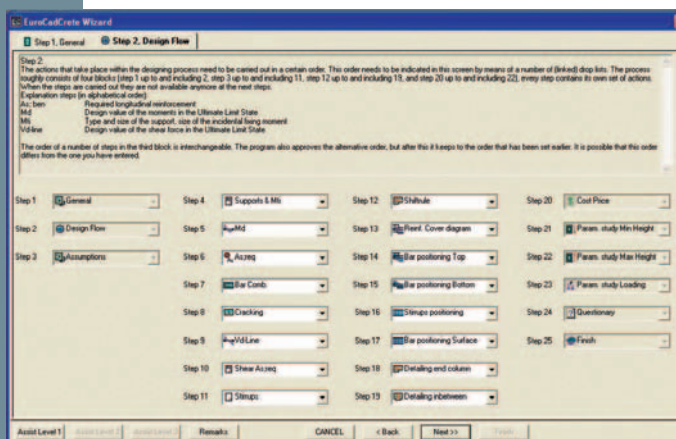
Fig. 1 Step 11 – the shear force diagram with indicated bearing capacity of concrete and shear reinforcement



Obr. 2 Step 16 – rozmístění třmínků v prvku s vyznačením vykrytí obrazce posouvajících sil

Fig. 2 Step 16 – distribution of stirrups along length of beam with indicated coverage of shear force diagram





Obr. 3 Step 2 – postup řešení
Fig. 3 Step 2 – design flow

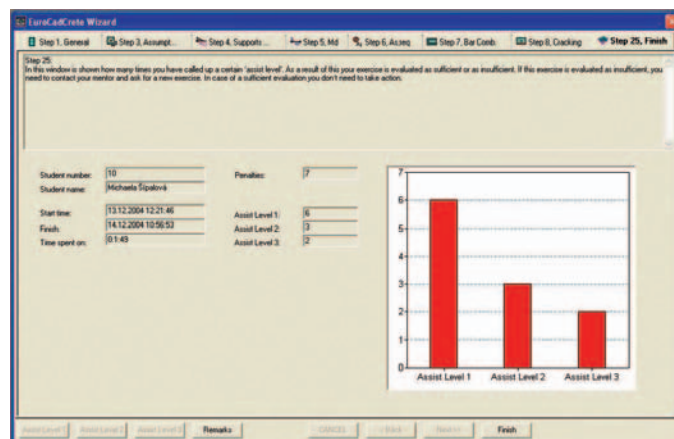
práce Technické univerzity v Delftu a firmy Matrix Software BV, vlastníci komerční software MatrixFrame (MxFrame). Pro přechod na evropské normy, zejména pak normu EN 1992-1-1 „Navrhování betonových konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby“, bylo třeba program i jeho výukovou nástavbu upravit. Přitom vznikla myšlenka využít programu i v jiných evropských zemích kromě Nizozemí. V současnosti je program upraven na poslední verzi Eurocode 2 a v budoucnu budou přidány modifikace pro jednotlivé státy, které program přizpůsobí příslušným Národním přílohám evropské normy.

Program EuroCADcrete je vytvořen jako nástavba k dostupnému softwaru MxFrame, který je komerčně využíván statiky a slouží nejen pro výpočet vnitřních sil na prvcích, ale je zde také možno betonovou konstrukci dimenzovat. Na betonářském modulu programu MxFrame je postaven kontrolní mechanismus programu EuroCADcrete.

Současná verze programu EuroCADcrete slouží k testování znalostí studentů při

navrhování a vyztužování prutových konstrukcí (nosníků, spojených nosníků a konzol). Základní cíle, které chce EuroCADcrete plnit, můžeme shrnout do následujících bodů:

- Studenti by měli být schopni navrhovat základní betonové prvky podle platných norem a jejich výpočty by měly být zkontrolovány a opraveny bez nadměrné asistence vyučujících.
- Na začátku úlohy je třeba, aby student zadal správný sled kroků, podle kterých je třeba při návrhu prvků postupovat, čímž prokáže, že chápe princip navrhování (obr. 3).
- Student nemůže pokračovat dalším krokem v řešení úlohy, pokud správně nesplnil krok stávající. Tak se jasně ukáže, ve které části výpočtu má student chybu.
- Studenti by měli při procvičování úloh získat také jakýsi „inženýrský úsudek“, který se týká především ekonomické stránky návrhu. Tomuto problému je věnována sekvence kroků, ve které si studenti mohou sami vytvořit parametrickou studii pro jejich prvek se srovnáním cen jednotlivých variant návrhů. Ekonomické hledisko návrhu konstrukce, které bylo u nás dlouho opomí-



Obr. 5 Závěrečný krok – vyhodnocení úlohy
Fig. 5 Last Step – evaluation of exercise

jeno, nabývá v dnešní době stále větší významnosti.

- Vyřešení úlohy způsobem „pokus-omyl“ se předchází třístupňovým systémem nápověd. Používání nápovědy je programem kontrolováno (obr. 4). Přílišné používání nápovědy vede k neúspěšnému dokončení úlohy.

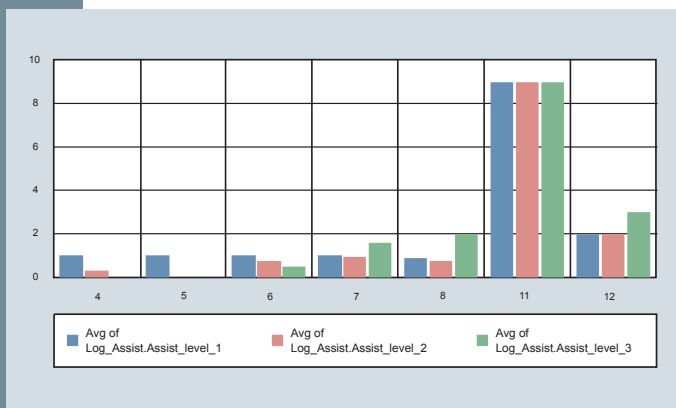
Program EuroCADcrete si dává za cíl naučit studenty nejen správnému postupu při navrhování betonových prvků, ale také pomoci pochopit základní principy navrhování betonových konstrukcí.

Díky jednoduchosti práce s programem je eliminována nutnost speciálního zaškolování studentů k zvládnutí programu. Program pracuje s využitím „pomocníka“ („wizardu“) tak, že prochází se studenty jednotlivé kroky (Step 1 až 25) výpočtu a při špatném vyřešení dílčího kroku nepustí studenta k dalšímu kroku.

Pomůckou při řešení úlohy jsou tři stupně nápovědy s různou velikostí penalizace udělováním trestných bodů. Program během zadávání automaticky upozorňuje na chyby. Cílem studentů je nasbírat v průběhu práce co nejmenší počet trestných bodů (obr. 5).

Veškerá činnost studentů v programu EuroCADcrete je ukládána do chráněné centrální databáze. Program nazvaný MxTeachers Tool, do kterého je přístup chráněn heslem, umožňuje vyučujícím vytvářet vlastní typy úlohy, nastavit vlastnosti úlohy dle potřeby a kontrolovat výsledky studentů. Díky centrální databázi je možné kontrolovat úspěšnost studentů v průběhu řešení úloh a po přerušení práce není nutné, aby student procházel celou úlohou znovu, ale začne krokem, který naposledy řešil.

Obr. 4 Statistika používání nápovědy během řešení úlohy
Fig. 4 Statistics on use of assist levels during solving task



Informace o úspěšnosti studentů při řešení úlohy si může vyučující prohlédnout či vytisknout po skončení hodiny ve výsledkovém dokumentu (report). Ten obsahuje seznam studentů s přehledem počtu trestných bodů, které získali v jednotlivých krocích, je zde uvedeno, zda student splnil úlohu úspěšně, případně ke kterému kroku se při řešení dostal.

EuroCADcrete na Fakultě stavební ČVUT

Katedra betonových konstrukcí a mostů Fakulty stavební ČVUT v Praze se za podpory ČBS aktivně podílí na práci na projektu. Dvakrát až třikrát do roka všichni evropští spoluřešitelé projektu jednájí na mítincích, kde si předávají zkušenosti a jsou seznamováni se stavem plnění záměrů projektu. Začátkem července 2004 se konala dílčí schůzka nizozemských a českých zástupců řešitelských týmů na pražské stavební fakultě.

Připomínky diskutované na pražské schůzce byly zapracovány do novější, síťové, verze programu, předané řešitelům projektu na říjnovém mítinku v Amsterdamu. Zástupci České republiky zde předali ostatním spoluřešitelským týmům vzorový výpočet návrhu a posouzení železobetonové desky dle Eurocode 2 a jejich práce byla ostatními členy týmu hodnocena velmi kladně.

Práce na vývoji programu

V současné době probíhá testování programu EuroCADcrete pro prutové konstrukce se studenty. Výukový program EuroCADcrete se stále vyvíjí. Práce na projektu se dá shrnout do tří základních okruhů navazujících na sebe.

- vypracování učebních materiálů a vzorových příkladů sloužících ke kontrole správnosti práce programu,
- spolupráce s programátory programu a průběžné připomínkování jednotlivých, postupně vyvíjených verzí,
- zavedení programu do výuky a úprava učebních plánů pro jednotlivé předměty využívajících program.

Učební materiály

K vypracování učebních materiálů katedra betonových konstrukcí a mostů Fakulty stavební v Praze přispěla kompletně a podrobně vyřešeným příkladem na jednosměrně pnutou desku o třech polích. V současné době probíhá tvorba příkladů pro nosník s převislým koncem.

Připomínkování programu

Při vývoji software se objevují stále nové a nové problémy. Některé vznikají z rozdílných postupů při navrhování a vyztužování betonových konstrukcí v jednotlivých evropských státech. Proto pokládáme za úspěch, že se nám daří prosazovat rozšíření programu tak, aby zohledňoval i zvyklosti obvykle používané v Čechách.

Příkladem je rozšíření nápovědy týkající se výpočtu minimálních ploch ohybové výztuže také o postup s využitím tabulek (obr. 6). Jiné problémy vznikají chybou při převádění výpočtů do strojové verze. Počítač stále zůstává strojem, který zatím neumí nad výpočtem uvažovat tak, jak se v normě předpokládá. Je tedy nutné všechna „pokud“ a „když“ normy exaktně naprogramovat.

Testování programu

Na půdě Fakulty stavební v Praze již proběhlo testování jedné z verzí programu se studenty. Vzhledem k tomu, že program je stále pouze v anglické verzi a jednalo se o první testování, zvolili jsme jednoduchou variantu úlohy obsahující pouze kroky dotazující se na výpočet ohybové plochy výztuže. Studenti měli zadání jednoduchou geometrii konstrukce, jednalo se o spojitý nosník o dvou polích. Zjistili jsme, že v některých případech program spočítal chybně nutné množství výztuže nad podporou. Nedostatek je nutné vyřešit před tím, než bude výukový program vydán v konečné verzi.

Program je testován i doktorandy katedry, a to na kompletním typu úlohy, která obsahuje jak dimenzování průřezu, tak následné vyztužení celého prvku (obr. 3). Tento přístup by měl odhalit všechny nedostatky programu.

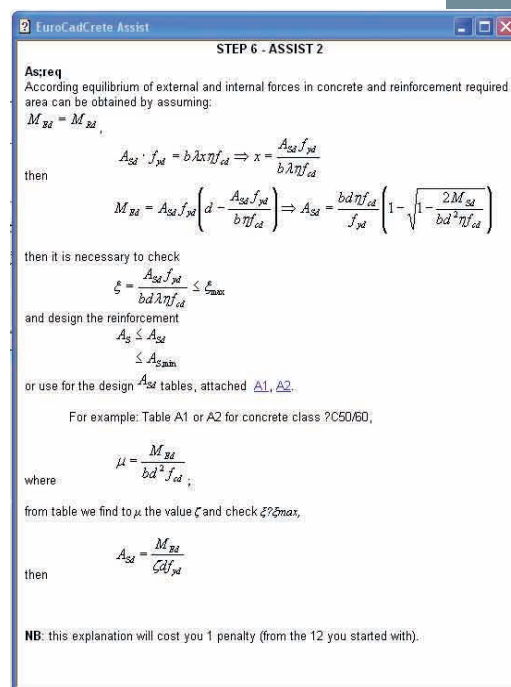
V neposlední řadě jsou na katedře s programem seznamováni vyučující, kteří svými zkušenostmi z pedagogické praxe pomáhají vytvořit optimální rozsahy příkladů pro jednotlivé skupiny studentů podle dosažených znalostí.

Zavádění do výuky

Se zaváděním strukturovaného studia na Fakultě stavební ČVUT v Praze jsou intenzivně připravovány nové učební osnovy pro studenty bakalářského programu. Při tvorbě předmětů se již počítá se zařazením této interaktivní složky do výuky.

SHRNUTÍ A ZÁVĚR

Hlavním cílem programu EuroCADcrete



Obr. 6 Nápověda 2 – výpočet minimální plochy ohybové výztuže

Fig. 6 Assist level 2 – calculation of minimum longitudinal reinforcement

je zkvalitnění a zefektivnění výuky v době, kdy v zemích Evropské unie dochází k zavádění Eurocode místo dosud platných národních norem. Spolu s programem vznikají i nové učební materiály, které nahradí stávající skripta a učebnice, vypracováváné dosud podle národních norem.

V budoucnosti by měl být uvedený program nástrojem, který garantuje maximální výukový efekt při minimálních nárocích na vyučujícího. Učitelé se tak budou, místo kontrolování správnosti výsledků, moci více věnovat vysvětlování principu a teoretického pozadí jednotlivých výpočtů. Uvedený přístup přinese výhody především studentům, kteří budou mít více času na diskuze o teorii a principech navrhování betonových konstrukcí.

Zaváděná verze programu EuroCADcrete se zatím týká prutových konstrukcí. Plánované rozšíření softwarového systému o desky, sloupy a stěny umožní vznik komplexního programu, který bude nejen podporovat výuku navrhování betonových konstrukcí, ale pomůže stavebním inženýrům při přechodu z českých norem na Eurocode.

Díky používání programu po celé Evropě je v budoucnosti možné dosáhnout sjednocení statických výpočtů ve všech

evropských zemích. Proto je účast České republiky na programu důležitá. Práci na projektu ovlivňujeme finální podobu programu a přizpůsobujeme ho požadavkům českému způsobu navrhování betonových konstrukcí. Naši absolventi tak budou mít zaručené srovnatelné vzdělání v oblasti navrhování betonových konstrukcí se studenty zahraničních univerzit, které budou tento program též používat.

Česká republika se spoluprací na vývoji projektu EuroCADcrete podílí na tvorbě podmínek, které by v budoucnu měly ovlivnit navrhování betonových konstrukcí ve všech zemích Evropské unie. Před-

Literatura:

- [1] *Weener, R. J.*: EuroCADcrete, a Computer Aides Learning tool for education in reinforced concrete. Conference ECPPM 2002, Portorož, 2002
- [2] *Galjaard, H. J. C.*: EuroCADcrete, an improved design exercise in reinforced concrete. Workshop CIB W78 IABSE EG-SEA-AI, Reykjavik, 2000
- [3] Matrix Software BV, Nijmegen, NL, <http://www.eurocadcrete.com>
- [4] Matrix Software BV, Nijmegen, NL, <http://www.matrix-software.nl/uk>

pokládá se, že absolvování výuky programem EuroCADcrete bude významným bodem životopisu stavebního inženýra. Pro české studenty bude jednodušší absolvovat stáže na zahraničních univerzitách, případně se ucházet v zahraničí o zaměstnání.

Ing. Michaela Šípalová
Katedra betonových konstrukcí a mostů
Fakulta stavební ČVUT
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
tel.: 224 354 364
e-mail: michaela.sipalova@fsv.cvut.cz

REŠERŠE ZE ZAHRANIČNÍCH ČASOPISŮ

PLOVOUCÍ „MONOLITH“ VE ŠVÝCARSKÉM MURTENU

Celé číslo časopisu *Structural Engineering International* 4/2004 je věnováno prozatímním konstrukcím. Příkladem je plovoucí betonový „Monolith“ o objemu 33 000 m³, jenž patří mezi dosud největší prozatímní konstrukce umístěné na vodě a který byl postaven v rámci výstavy ve švýcarském městě Murten s názvem „Okamžik a věčnost“.

Uvnitř monolitu, který navrhl tým designérů v čele s Jeanem Nouvelem, je vystaveno historické „Panorama bitvy v Murtenu“ a multimediální přehled „Swiss Version 2.1“.

Plovoucí objekt je tvořen třemi částmi: plovoucí plošinou složenou z jednoho sta čtvercových pontonů z lehkého betonu, kotevním systémem zajišťujícím stabilitu objektu při zatížení vlnami a větrem a ocelovou konstrukcí s fasádou. „Monolith“ je



plně vybaven jako normální budova, tzn. výtahy a jiná technická a sociální zařízení. *Structural Engineering International* 4/2004, str. 264, autor: *Philippe Menétrey*

RENOVACE FASÁD A VENTILAČNÍCH SYSTÉMŮ V HELSINKÁCH

Finský odborný časopis *Betoni* 3/2004 popisuje renovaci fasád a ventilačních systémů úřední budovy finského Svazu stavebního průmyslu v Helsinkách. Projekt zahrnoval výměnu oken a obkladových prvků tenké fasády, na níž bylo nahrazeno obkladové cihelné zdivo panely z bílého betonu, přidání tepelné izolace a opravu střešních vpustí.

Betoni 3/2004, str. 54, autor: *Sirkka Saarinen*

VZHLED A KONSTRUKCE INTEGRÁLNÍCH BETONOVÝCH MOSTŮ

V současném navrhování mostů je běžnou praxí využívat klouby a nosníky. V článku uveřejněném v německém měsíčníku *Beton- und Stahlbetonbau* se autor zaměřil na zapomenuté výhody monolitických mostů, jež ukazuje na příkladech nových staveb se zvláštním důrazem na odolnost konstrukcí. *Beton- und Stahlbetonbau* 10/2004, str. 774, autor: *Matthias Schüller*

