

VIRTUÁLNÍ ZKUŠEBNA ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ NA INTERNETU VIRTUAL TESTING LABORATORY FOR REINFORCED CONCRETE STRUCTURES ON THE INTERNET

PETR BRANIŠ, JAN ČERVENKA

Virtuální testovací laboratoř je internetová aplikace provozovaná na internetovém serveru. Umožňuje stavebním inženýrům provádět analytické výpočty pevnosti betonových konstrukcí bez nutnosti vlastnit specializovaný program a vysoký výpočetní výkon.

The Virtual Testing Laboratory is an Internet application run on the internet server. It allows civil engineers to perform analytical computations of strength of concrete structures without owning a specialized program and high computational output.

Virtuální testovací laboratoř (VTLS), internetová aplikace provozovaná na serveru, umožňuje stavebním inženýrům provádět analytické výpočty pevnosti betonových konstrukcí bez nutnosti vlastnit specializovaný program a vysoký výpočetní výkon, zajišťuje veškerou správu dat v projektech, komunikaci s terminálovým serverem i následné on-line vyúčtování pronajatého času na výpočetním serveru. Nabízí též možnosti konzultace výpočtu s odborníky prostřednictvím několika komunikačních kanálů (email, videokonference, „instant messaging“).

VTLS komunikuje s uživatelem výhradně prostřednictvím technologií sítě internet. Výhodou tohoto pojetí je relativně nízká hardwarová i softwarová náročnost aplikace na straně klienta (uživatele). Všechny výpočty i další manipulace s daty se provádějí na serveru, výstupy získává uživatel ze standardního internetového prohlížeče.

VTLS je součástí projektu ISTforCE (Intelligent Services and Tools for Concurrent Engineering, www.ISTforCE.com) [3], [4].

Cílem tohoto rozsáhlého mezinárodního projektu bylo vytvoření internetové platformy pro stavebního inženýra – tj. tvorba specializovaného portálu na bázi WWW, přes který je přístupná řada on-line služeb, které zjednoduší a zefektivní práci při navrhování stavby. Jedná se zejména o různé specializované výpočty, poradenské služby, on-line databáze stavebních dílů a e-commerce služby.

Hlavním cílem VTLS bylo zpřístupnit existující softwarový produkt pro nelineární analýzu (program Atena [1], [2]) jako on-line internetovou službu. Základním požadavkem je možnost spouštění z libovolného počítače připojeného k internetu. K tomu bylo zapotřebí vybudovat výkonný server s možností vzdáleného připojení pro provádění výpočtů a internetovou aplikaci, která bude přes internetový prohlížeč zajišťovat veškerou komunikaci s uživatelem – zejména přihlášení, nahrání dat na server, realizace terminálového připojení a stažení výsledků.

Program ATENA [1],[2], který je hlavním výpočtovým nástrojem virtuální laboratoře umožňuje provádět simulace chování železobetonových konstrukcí v provozních nebo mezních stavech. Program modeluje vznik trhlin, drcení betonu nebo tečení výztuže. Moderní numerické modely programu umožňují přesnější výpočty rozmístění a šířky trhlin, průhybů nebo ověření maximální únosnosti konstrukce.

REALIZACE

Server je umístěn na komunikační věži v Praze 7-Holešovicích a připojen na páteřní síť internetu rychlostí 100 Mbit/s. Jeho vzdálená správa je zajištěna pomocí Terminal Services a pomocí systému vzdálené kontroly VNC. Server je přístupný na internetové adrese

www.cervenka.cz/vtls. V současné době probíhá zkušební provoz v anglické verzi. V tomto období je možné získat přístupová práva do virtuální laboratoře zdarma.

Systémové požadavky – VTLS funguje na libovolném počítači připojeném do sítě internet s nainstalovaným webovým prohlížečem. Z důvodů použití ActiveX komponenty pro realizaci přístupu na terminálový server je doporučen Internet Explorer verze 4 a vyšší. Pro pohodlnou práci je doporučeno rozlišení 1024 x 768 pixelů a minimálně 256 barev. Pro optimální chod aplikace je doporučeno rychlé internetové připojení (minimálně 56 kbit/s).

Vzhled a ovládání – Celý systém komunikuje s uživatelem výhradně prostřednictvím internetového prohlížeče. S aplikací se zachází naprosto stejně, jako s ostatními internetovými stránkami. Uživatel předává serveru instrukce pomocí odkazů a vyplňováním formulářů a odpovědi dostává ve formátu HTML. Rozložení uživatelského prostředí (obr. 1) je schematicky znázorněno v tabulce 1. Ve středu se nalézá pracovní plocha se správou projektů a úkolů. Po levé straně je dynamicky se měnící menu a po pravé straně se objevuje nápověda pro aktuální činnost uživatele.

Po připojení na terminálový server se uživateli otevře nové okno prohlížeče s ActiveX komponentou terminálu. V okně se provádí příprava dat a jejich analýza. Se softwarem Atena2D se pracuje naprosto stejně, jako by byl nainstalován přímo na uživatelské počítači.

POPIS SYSTÉMU

Základní části VTLS (obr. 2):

- registrace a přihlašování
- správa projektů a úloh
- konzultace
- systém pro posílání zpráv
- účtování
- administrace systému
- nápověda

VTLS je koncipována jako neveřejná aplikace, k jejímu užívání je tudíž třeba získat uživatelský účet zabezpečený heslem. Těchto účtů je v systému několik

Tab. 1 Schéma uživatelského prostředí virtuální zkušebny

Tab. 1 Scheme of the users' interface of the virtual testing room

Záhlaví – zůstává stále stejné

Menu – dynamicky se mění podle toho, jakou akci uživatel právě vykonává

Pracovní plocha – zde probíhá správa projektů a úloh, posílání zpráv, konzultace i administrace systému

Nápověda – dynamicky se mění podle toho, v jaké části systému se uživatel právě nachází

typů a liší se od sebe úrovní oprávnění. Přihlašování probíhá z hlavní stránky VTLS.

Pro nové uživatele VTLS je připraven **registrační formulář**, ve kterém je nutno vyplnit jméno a kontaktní údaje, případně název a adresu firmy. Formulář je rovnou odeslán správci systému. Ten po ověření poskytnutých údajů vytvoří nového uživatele (většinou typu power-user).

V případě zapomenutého hesla, nabízí VTLS možnost zaslát heslo na emailovou adresu uživatele. Procedura probíhá tak, že uživatel napíše do formuláře svojí emailovou adresu, VTLS prověří zda v databázi taková adresa existuje a pokud ano, odešle uživateli heslo.

Základním úkolem VTLS je obhospodařovat soubory určené k analýze na terminálovém serveru a soubory výsledků těchto analýz. Skupina souborů náležících k jednomu analytickému výpočtu se nazývá úloha (task). Skupina souvisejících úloh se nazývá projekt (project).

Nové **projekty** mohou vytvářet uživatelé úrovně admin nebo poweruser. Ke každému projektu se definují přístupová práva ostatním uživatelům. Implicitně může s projektem pracovat jen jeho autor a administrátor. Zakladatel projektu určí konzultanty.

Nové **úlohy** mohou tvořit všichni uživatelé s právem přístupu k projektu. Data úlohy jsou uložena na serveru ve speciální adresářové struktuře a nelze přistupovat přímo. Pokud chce některý uživatel s úlohou pracovat, musí si soubory „vytáhnout“ do svého pracovního adresáře na serveru. Soubory úlohy je možno aktualizovat soubory z pracovního adresáře. Aby se zamezilo vzájemnému přepisování dat, má uživatel možnost si úlohu „zamknout“. V takovém případě mají ostatní uživatelé k úloze sice přístup, ale nemohou data přepisovat. Mohou však vytvořit novou úlohu zkopírováním původní a s tou pracovat standardním způsobem.

Nahrání dat na server se provádí pomocí http přenosu. Data se načtou do HTML formuláře a odešlou na server. Data se vždy nahrávají do pracovního adresáře uživatele. Odtud lze přenést do adresáře úlohy a zpřístupnit tak ostatním uživatelům. Systém podporuje i moderní způsoby výměny dat s produktově orientovanými databázemi a CAD systémy ve formátu IFC2x a DXF. Více informací o nastupujícím objektově orientovaném standardu IFC pro výměnu dat mezi inženýrskými aplikacemi lze získat na internetové adrese

se www.iai-international.org nebo www.proDAEC.org.

Pokud si uživatel chce stáhnout data úlohy (typicky výsledky analýzy) má dvě možnosti:

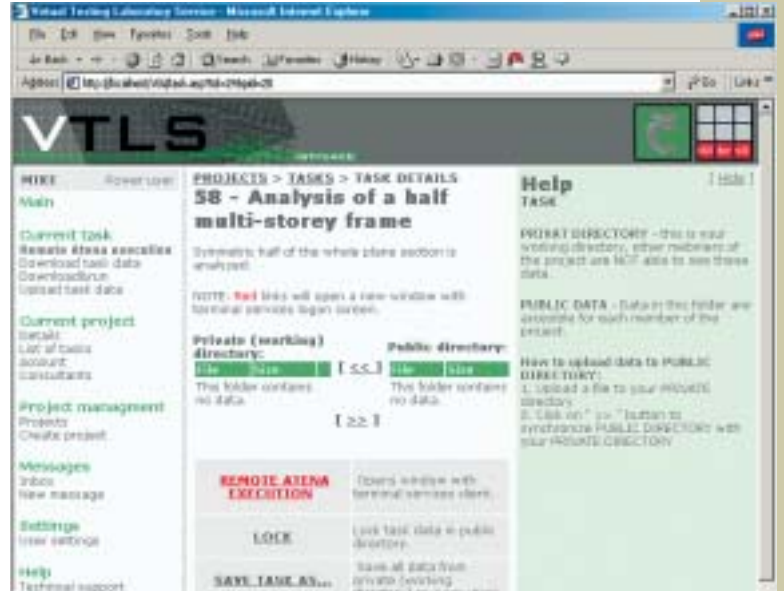
- klasický „download“ – data se pomocí COM komponenty na straně serveru

zkomprimují do jednoho souboru a ten je uživateli nabídnut ke stažení.

- „download“ a spuštění – tato volba je určena pro uživatele, kteří vlastní produkt Atena2D a mají jej nainstalován na svém počítači. Při tomto způsobu stažení pracuje uživatel s komponentou Acti-

Obr. 1 Příklad vzhledu pracovní plochy virtuální laboratoře

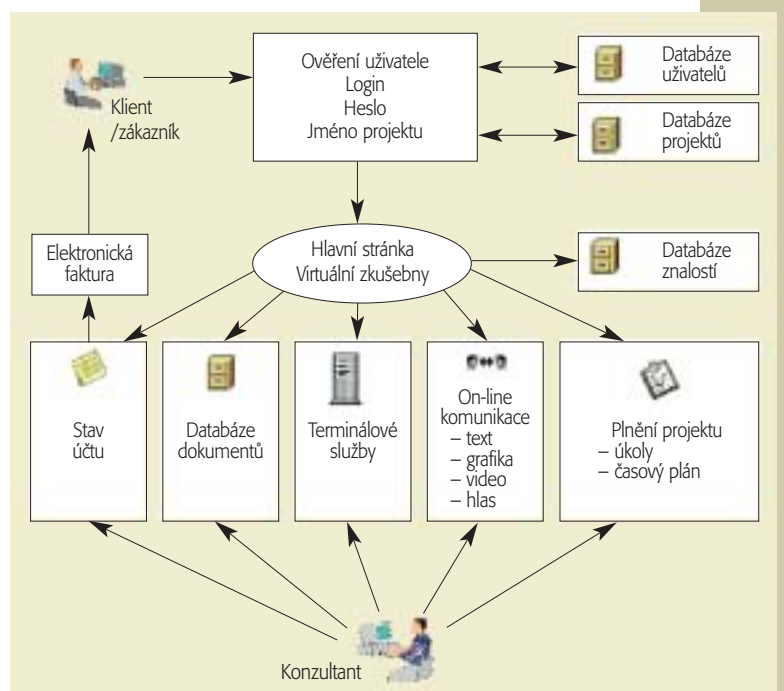
Fig. 1 Typical view of the virtual laboratory user interface



poweruser	Touto úrovní zabezpečení je vybavena většina uživatelů VTLS. Poweruser může vytvářet a upravovat projekty a úlohy, přidělovat k nim oprávnění, určovat k projektům konzultanty a podílet se na projektech a úlohách jiných uživatelů, pokud mu na to byla přidělena oprávnění
user	Tento uživatel může pracovat na existujících projektech na které mu byla přidělena oprávnění, může vytvářet nové úlohy, nemá však možnost vytvářet vlastní projekty
consultant	Může pracovat s projekty, ke kterým byl přidělen, může k projektům přidávat účetní položky za poskytnuté konzultace
accountant	Spravuje účetní položky u všech projektů, vytváří XML faktury pro e-commerce server

Obr. 2 Schéma součástí virtuální laboratoře

Fig. 2 Components of virtual testing laboratory



veX – zvolí adresář, kam se mají data stáhnout, komponenta nahraje a dekomprimuje ZIP soubor a otevře všechny soubory Atena2D (*.CC2)

Soubory které mají definovány asociace lze přímo otevřít v okně terminálu a pracovat s nimi. Standardně se jedná o soubory programu Atena2D (*.CC2). Celý proces probíhá tak, že uživatel otevře soubor příslušným tlačítkem, následně se otevře okno terminálu s výzvou k přihlášení a poté se uživateli otevře asociovaný program se zvoleným souborem (*.CC2 – Atena2D).

Ke každému projektu může být přiřazen jeden nebo více **konzultantů**, kteří jsou uvedeni v seznamu u projektu. Pokud potřebuje uživatel VTLS pomoc při řešení úlohy (příprava dat, výpočet), zvolí ze seznamu konzultanta a naváže s ním spojení. K dispozici je celá škála komunikačních kanálů.

V systému, kde na jednom projektu pracuje více uživatelů, je velice důležité zajistit jejich snadnou **komunikaci**, což vede ke značnému zefektivnění vývoje. VTLS nabízí mimo klasických forem komunikace (email, telefon) též vlastní integrovaný systém zaslání zpráv (obr. 3).

Každý nový uživatel systému, získává virtuální poštovní schránku (VTLS mailbox). Může přijímat od ostatních uživatelů zprávy a sám zprávy posílat. Uživatelé se tak

mohou mezi sebou podělit o zkušenosti, pomáhat si při analýzách a podobně.

VTLS je komerční aplikací. Nedílnou součástí systému je proto i **účetvací modul**. Ten obhospodařuje veškeré platby za užívání systému – tj zejména:

- používání systému (tj. získání přístupového oprávnění)
- užívání výpočetního serveru
- konzultace

Každý uživatel a každý projekt patří vždy pod některého ze zákazníků registrovaných v systému. U všech projektů jsou shromažďovány účetní položky. Ty může vytvářet administrátor, účetní (accountant) nebo konzultant. Z těchto položek vytváří účetní faktury, které jsou následně odesílány zákazníkovi.

Vytvořené faktury lze buď tisknout a dále s nimi zacházet klasickým způsobem, nebo je možné využít služeb ISTforCE e-commerce serveru. VTLS umožňuje převedení existující faktury na dokument XML. Ten je následně pomocí protokolu HTTP automaticky odeslán na adresu e-commerce serveru. Veškeré další zacházení s XML fakturou (např. online platba) je již plně v kompetenci e-commerce serveru.

PŘÍKLAD POUŽITÍ VTLS

Simulaci skutečného chování stavebních konstrukcí pomocí virtuální laboratoře lze

s výhodou použít při různých fázích návrhu konstrukce, např. posouzení šířky trhlin v provozním stavu nebo přesnější určení mezních hodnot zatížení. Neméně důležitou aplikační oblastí je údržba a opravy stavebních konstrukcí.

V příkladě několikapatrové rámové konstrukce (obr. 4) z předpjatého a nepředpjatého betonu bylo cílem ověřit šířku trhlin a redistribuci vnitřních sil při provozním a stálém zatížení.

Dodavatel odmítl převzít záruky za důkladné probetonování silně vyztuženého rámového rohu. Situaci komplikovala skutečnost, že se jedná o pohledové části konstrukce, které nebudou po realizaci zakryty a kontrola šířky trhlin byla tudíž důležitým faktorem návrhu.

Obr. 1 zobrazuje pracovní plochu uživatele po přihlášení do virtuální zkušebny. Na této ploše si inženýr organizuje práci do různých projektů, dílčích úkolů a variant výpočtu. Poklepáním na nápis „REMOTE ATENA EXECUTION“ dojde ke spuštění programu na vzdáleném serveru virtuální zkušebny a na vlastní počítač uživatele se přenáší pouze grafické okno aplikace (obr. 5).

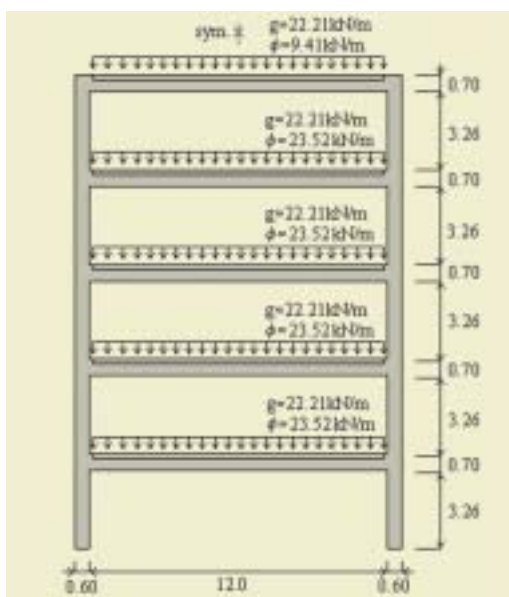
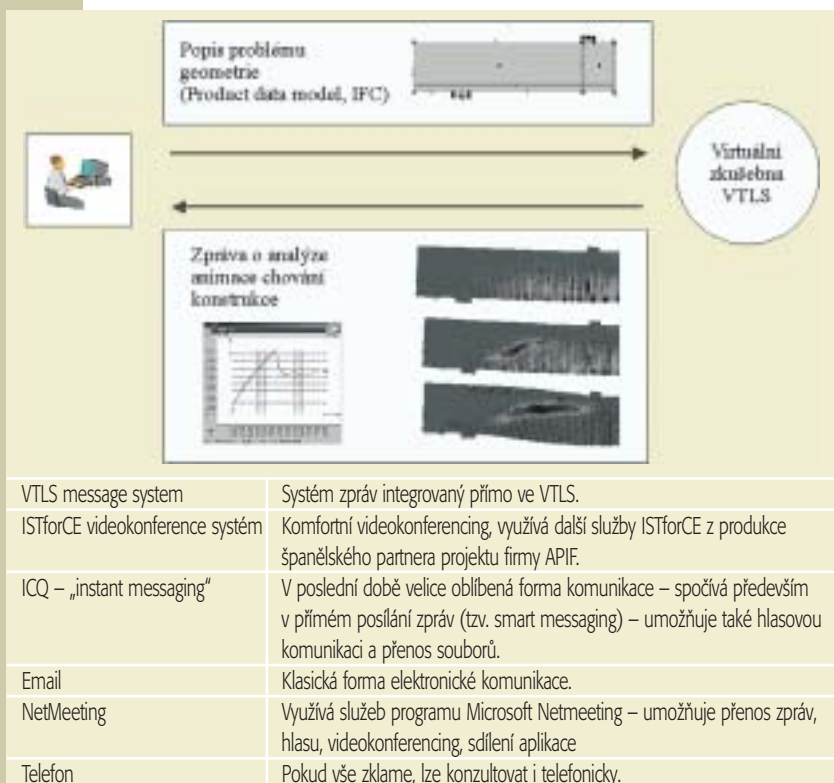
V tomto okně proběhne zadání geometrie, vyztužení a materiálových vlastností. Vlastní analýza pomocí virtuální zkušebny probíhá podobně jako zatěžovací zkouška ve skutečné laboratoři, s tím rozdílem, že zde lze testovat konstrukce libo-

Obr. 3 Schéma výměny dat mezi inženýrem a VTLS

Fig. 3 Schematic description of data exchange between an engineer and VTL

Obr. 4 Řešený patrový rám

Fig. 4 The analyzed frame structure



volných rozměrů a tvarů. Nejprve se určí způsob podepření a historie zatěžování. Poté je možno spustit vlastní výpočet, který opět probíhá na vzdáleném serveru virtuální zkušebny a inženýr průběžně sleduje graficky znázorněné výsledky na obrazovce již během vlastní analýzy (obr. 6), např. diagram odezvy konstrukce, rozdělení poměrných deformací a vývoj trhlin. V této fázi je možné se při déle trvajících výpočtech kdykoliv odpojit od výpočtového serveru. Během odpojení výpočet na serveru virtuální zkušebny dále pokračuje a při pozdějším připojení lze dále pokračovat v práci na úloze, např. zpracovávat a zkoumat získané výsledky.

Hlavním kritériem v tomto ukázkovém projektu bylo nalézt způsob vyztužení konstrukce tak, aby šířky trhlin v provozním stavu nepřekročily hodnotu 0,3 mm. Při podobných situacích je nelineární analýza neocenitelným nástrojem, který umožňuje inženýrům simulovat chování konstrukce v provozním stavu a experimentovat s různými způsoby vyztužení pro docílení žádaného efektu.

Numerická simulace potvrdila, že je možné snížit počet předpinacích kabelů ze dvou na tři při zachování základních konstrukčních požadavků, tj. zejména velikosti průhybu a šířky trhlin od provozního zatížení. Virtuální zkušebna umožnila ověřit navržené způsoby vyztužení pomocí internetu bez nutnosti nákupu specializovaného softwaru.

ZÁVĚR

Simulace chování a virtuální testování se dostávají do popředí zájmu ve všech průmyslových odvětvích od výroby polovodičů po automobilový průmysl. V současné době se tento nový způsob práce prosazuje i v oblasti stavebnictví. Autoři článku již několik let spolupracují na výrobě programu ATENA, který umožňuje provádět realistické simulace železobetonových stavebních konstrukcí. Virtuální testovací laboratoř umožňuje přístup k moderním analytickým nástrojům pomocí internetu a tím by mohla přispět k širšímu využívání moderních informačních technologií ve stavební praxi.

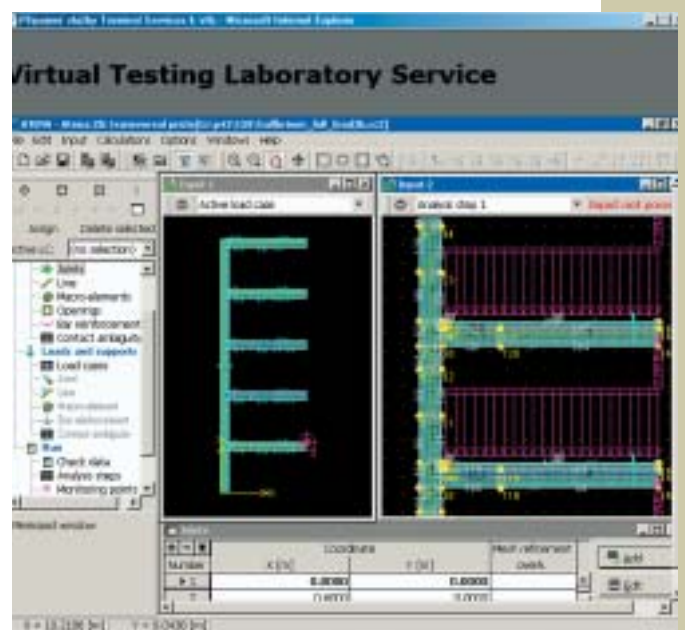
Autoři děkují Evropské unii za finanční podporu při vývoji VTLS v rámci projektu ISTforCE IST-1999-11508 a České grantové agentuře za podporu při vývoji prostorových materiálových modelů v grantu č. 103/99/0755.

Literatura:

- [1] Červenka V., Pukl R.: Computer Models of Concrete Structures, Structural Engineering International, Vol. 2, No. 2, IABSE Zurich, ISSN 1016-8664, 1992, 103-107
- [2] Dokumentace programu ATENA, Červenka Consulting, www.cervenka.cz, 2002
- [3] Červenka J., Červenka V., Scherer R.: Virtuální zkušebna betonových konstrukcí, Sborník České betonářské dny 2001, ČBS, Praha
- [4] Červenka J., Pukl R.: Testing of Building Structures in the Web: Towards Virtual Labs, Goncalves R., Steiger-Garcia A. & Scherer R. J. (eds.) "Product and Process Modelling in Building and Construction", Proc. 3rd ECPPM 2000, 25-27 Sept. 2000, Lisbon, Portugal, publ. Balkema, Rotterdam, The Netherlands

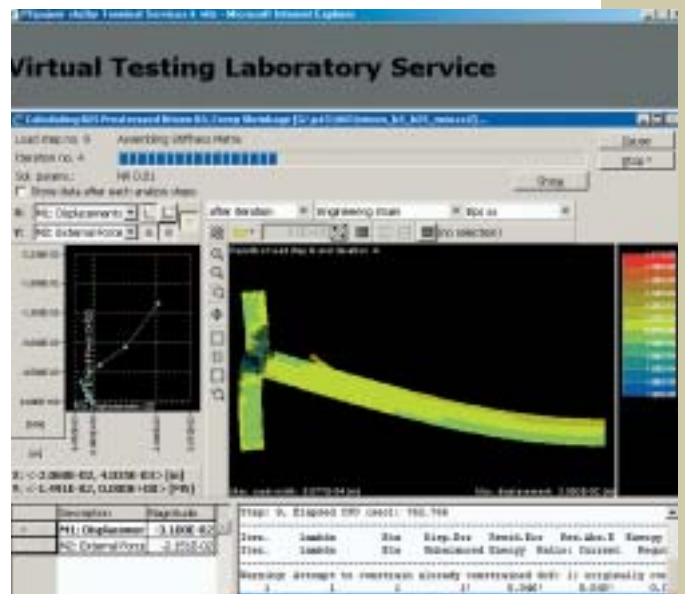
Obr. 5 Vzdálený běh aplikace v okně internetového prohlížeče při analýze rámové konstrukce

Fig. 5 User interface of the virtual laboratory and remote ATENA execution



Obr. 6 Deformovaný tvar a rozdělení trhlin od stálého a provozního zatížení, rámový výsek

Fig. 6 Deformed shape and crack distribution in the frame connection due to permanent and service loading.



Petr Braniš
e-mail: petr.branis@centrum.cz
Ing. Jan Červenka, PhD.
e-mail: cervenka@cervenka.cz

oba: Červenka Consulting
Předvoje 22, 162 00 Praha 6
tel.: 220 610 018, fax: 222 612 227
www.cervenka.cz