

## Výroční zpráva ÚTAM AV ČR za rok 2003

### I. Textová část

#### 1. Vědecká činnost pracoviště a uplatnění jejích výsledků

a)

ÚTAM provádí teoretický a experimentální výzkum problémů mechaniky materiálů, konstrukcí a prostředí, zejména mechaniky kontinua, dynamiky a stochastické mechaniky, mechaniky tenkostěnných konstrukcí, biomechaniky, mechaniky porušování, mechaniky partikulárních látek, historických materiálů a konstrukcí a řeší interdisciplinárně problémy záchrany a zachování kulturního dědictví.

b)

Vytvoření mezomechanického modelu přetváření a kumulativního poškození v betonu při složitém zatěžování (B). Objasnění fyzikálního významu pojmů „backstresses“ a „overstresses“ (B). Formulace kinematiky kontinua pomocí diferenciální geometrie (B). Popis nestability trhliny ve tvárných materiálech pomocí optické metody interpolačních elips (B). Objasnění vlivů technologie na termomechanické a magnetické vlastnosti materiálů s tvarovou pamětí (B).

Rozklad obecně nestacionárních procesů na součet frekvenčně stacionárních procesů s více či méně disjunktními úzkopásmovými spektry pomocí waveletové a Fourierovy transformace a odvození nové metody rozkladu do empirických bázevých polynomů (B). Zjištění oblastí a typů nestabilit štíhlé konstrukce obtékané vzduchem a posouzení možností vzniku stochastické resonance u aeroelastických systémů (B). Identifikace poškození konstrukcí a zahrnutí vlivu materiálových a geometrických nelinearit na dynamickou odezvu konstrukcí vystavených náhodným otřesům (B).

Vypracování teoreticko-experimentální metody na určení rozměru ostrého průchozího defektu typu trhliny ve stěně plynovodního potrubí při jeho rehabilitaci přetížením vnitřním tlakem vody (B). Vypracování funkce násobnosti trhlín pro soustavu povrchových rovnoběžných trhlín pro posouzení nebezpečnosti korozně-napěťových trhlín u konstrukcí pracujících v korozním prostředí (B). Odvození křivek rozkmit namáhání  $S - \text{životnost } N$  tenkostěnných ocelových nosníků mostního typu vystavených účinkům mnohonásobně opakovaných zatížení pro mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti (B).

Definice a kvantifikace nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících únosnost plošných základů (B). Teorie obecného bočního tlaku a posuzování stability svahů. Experimentální prokázání časové nestability pasivního tlaku v klidu. (B). Kritika teorie mezních stavů únosnosti v geotechnice a doporučení alternativního postupu pro návrh svahů (B).

Experimentální výzkum mechanických vlastností malých vzorků spongiózní kosti pomocí CCD kamery s vysokým rozlišením. Definice materiálových vlastností v konečněprvkových modelech celých kostí v závislosti na hodnotě relativní hustoty tkáně v daném místě získané z odpovídajícího CT snímku (B). Vytvoření detailního modelu lidské lebky na základě tomografických snímků lidské hlavy pořizovaných v řezech ve vzdálenosti 0.33 mm a využití modelu pro výzkum stavu napětí během extrémního zatížení při dopravní nehodě (B). Parametrická studie léčby kontraktury měkkých tkání lidského prstu pro různý stupeň poškození (B). Posouzení vlivu zakřivení kloubních ploch na statické zatížení hlezenního kloubu člověka (B).

Vypracování a aplikace několika metod digitální optické identifikace stavu a deformací povrchu těles (B). Rozvoj metody aktivní termografie pro diagnostiku poruch povrchových vrstev historických objektů (C). Rozvoj bezdotykové detekce poruch omítkové vrstvy pomocí měření rychlostí kmitání povrchu (B). Výzkum metodiky zjišťování mechanických vlastností

dřeva historických objektů pomocí zkoušení nestandardních malých vzorků (B). Vývoj metodiky zkoušení mechanických vlastností silikátových historických staviv na malých vzorcích (B). Návrh metodiky sledování poruch historických objektů včetně databáze (C).

c) Žádné specifické úpravy nejsou navrhovány.

d)

Ústav se zúčastnil Týdne vědy a techniky 2003, každoroční vrcholné popularizační činnosti AV ČR. Pro tuto příležitost byl aktualizován videoprogram prezentující výzkumnou činnost a organizační strukturu ústavu, vyrobeny nové demonstrační panely (nyní v ústavu trvale vystavené) a zorganizována služba poskytující zájemcům žádané informace.

Ve dnech 23.-27. září 2003 se ústav účastnil Salonu inovací a investic, nově zavedené součásti prestižního stavebního veletrhu FOR ARCH 2003. Hlavním cílem akce bylo poskytnout příležitost pro neformální prezentaci výsledků základního a aplikovaného výzkumu a jejich aplikace do praxe. Návštěvnost expozice AV ČR (5 pracovišť) předčila očekávání. Ústav pro tuto příležitost a k 50. výročí své činnosti v rámci AV připravil, vedle panelové prezentace, speciální informačně-propagační CD ROM, jehož se v průběhu pěti dnů veletrhu rozdalo několik set kusů.

Na evropské úrovni popularizoval ústav svou činnost jako Centrum Excellence prostřednictvím informace o průběhu řešení projektu podporovaného Evropskou komisí „ARCCHIP“ (Advanced Research Center for Cultural Heritage Interdisciplinary Projects) formou pozvané plenární přednášky a posteru na zasedání Evropského sdružení pro stavební výzkum E-CORE – NAS Workshop (FP6 & Construction Research in the Enlarged European Union) ve dnech 6. a 7. 11. 2003 ve Varšavě.

V Akademickém bulletinu a v populárně vědeckých časopisech byla publikována řada článků přibližujících odborné i laické veřejnosti výsledky výzkumné činnosti ústavu.

e)

Pamětní medaile k 50. výročí TU Žilina byla udělena Prof. Pirnerovi.

Prof. M. Škaloud je členem kolektivu, kterému byla udělena Cena Inženýrské akademie České republiky za vynikající technické dílo - za výstavbu 4 nádrží rekordních rozměrů v rámci rozšíření tankoviště ropy MERO a.s. v Nelahozevsi. Výstavba těchto nádrží byla jednou z podmínek vstupu České republiky do Evropské unie.

Dr. Náprstek je místopředsedou komise AVČR pro obhajoby doktorských (DSc) prací.

## 2. Vědecká a pedagogická spolupráce pracoviště s vysokými školami

a)

Zpracování originálních experimentálních přístupů pro formulaci mikromechanických modelů konstitutivních rovnic poškození při tvorbě kavit na dvou typech materiálů (ve spolupráci s FAV ZČU v Plzni).

Spolupráce na vývoji metody X-ray Dynamic Defectoscopy s Ústavem technické a experimentální fyziky ČVUT. Spolupráce na vývoji pixelových detektorů MEDIPIX určených k zobrazování pomocí X-záření v rámci mezinárodní spolupráce MEDIPIX koordinované CERN. Spolupráce na vývoji 3D RID detektorů a zobrazování pomocí neutronů tamtéž. Spolupráce na vývoji neutronografické metody s Ústavem technické a experimentální fyziky ČVUT a Ústavem jaderných výzkumů Řež AV ČR.

Spolupráce na grantových projektech (GAČR) s FSv ČVUT Praha.

b) Ústav nemá společné pracoviště s VŠ.

c)

Ústav má uzavřeny prováděcí smlouvy o zajištění doktorského studia s Fakultou strojní ČVUT Praha, Fakultou jaderného a fyzikálního inženýrství ČVUT Praha a s Fakultou stavební ČVUT (potvrzeno akreditační komisí), jedná se o smlouvě s Fakultou dopravní ČVUT Praha. Všechny obsahují návrh rozšíření akreditace pro ÚTAM v rámci stávajících DSP. Smlouva je naplňována s FSv ČVUT Praha a FJFI ČVUT Praha, neformálně s Fakultou dopravní ČVUT v Praze.

Pracovníci ústavu jsou členy oborových rad na FS ČVUT Praha, FJFI ČVUT Praha, FSv ČVUT Praha, FAST VŠB Ostrava, FS FT TU Liberec, FS TU Žilina (SK) a pravidelně jsou jmenováni do zkušebních komisí pro státní doktorské zkoušky, do komisí pro obhajoby doktorských a habilitačních prací na těchto školách, na DF Jana Pernera Univerzity Pardubice i v zahraničí (University College, Dublin, Irsko). Zajišťují specializované přednášky doktorského studia na uvedených VŠ a vypracovávají oponentské posudky doktorských disertací i habilitačních prací.

V rámci studijních programů magisterského a bakalářského studia vedou rovněž přednášky a cvičení. V rámci projektově orientované výuky na FD CVUT se studenti účastní řešení problémů zadávaných pracovníky ústavu a připravují si podklady pro své diplomové práce. Pro Restaurátorskou školu AVU byl uspořádán krátký přednáškový cyklus 2002/2003 založený na výzkumu v oblasti použití vápenných malt pro ochranu památek.

Doktorandi ústavu používají v rámci dohod s vysokými školami služby superpočítačových center (ČVUT).

### **3. Spolupráce pracoviště s dalšími institucemi a s podnikatelskou sférou**

a) Ústav je členem konsorcia ústavů a institucí, jehož cílem je zajistit přístup vědeckých pracovníků k referenčním databázím a full-textovým zdrojům.

Ústav spolupracuje s Národním památkovým ústavem při výzkumu kulturního dědictví a vývoji metod jeho záchrany.

b) Celkem 12, např.:

Posouzení a kontrola montáže hokejové haly Sazka v Praze, zpráva pro EXCON a.s., 2003.

Měření vibrací od provozu metra v místě stavby budovy Pankrác House. Zpráva pro PORR-Swietelsky v.o.s, ÚTAM AVČR Praha, 2003.

Termografická měření pro 1. Lékařskou fakultu Praha.

Posouzení stavebních škod v areálu státního zámku Veltrusy (v souvislosti se záplavami v roce 2002).

c) Nové firmy na základě výsledku činnosti ústavu nevznikly.

d) Více než 50, např.:

Expertizy a odborné posudky výzkumných programových projektů, výzkumných záměrů, grantových projektů pro MŠMT, Ministerstvo dopravy, Ministerstvo průmyslu a obchodu, Státní ústav dopravního projektování, ČVUT, domácí i zahraniční grantové agentury (GAČR, 5.Rámcový program EK), expertizní dohled nad evropským projektem 5.RP EK SUIT.

Řada expertíz pro soudy ČR.

Spolupráce s Českým normalizačním institutem na tvorbě mezinárodních norem (Eurokód 8 – seizmická zatížení).

### **4. Mezinárodní vědecká spolupráce pracoviště**

a)

Program EU COST14 „Impact of Wind and Storm on City Life and Built Environment“ .

KONTAKT ME503 Vibration of engineering structures due to stochastic and high-speed loads (University of Tokyo, Japan)  
KONTAKT 07-2003-04 KLIMA (Technological Building and Civil Engineering Institute Ljubljana, Slovenija)  
KONTAKT 11-2003-04 STYČNÍKY (University of Ljubljana, Slovenia)  
KONTAKT 08-2003-04 VÁPENNÉ MALTÝ (University of Ljubljana, Slovenia)  
ECOEST2 – ERB FMG ECT 950048 – ISMES, TU Wuppertal, TU Opole, TMR Programme Action 2, Access to large facilities, „Damage estimation using dynamic excitation“, Bergamo, Italy  
ICA1-CT-2000-70013 *Centrum Excellence ARCCHIP*, 2000/2003, 5. Rámcový Program EC, řešitel  
EVK4-2002-00124 *Cultural Heritage Protection in a Sustainable Society (CHEPRISS)*, 5. Rámcový program, Advanced Study Course, 2003, (nositel University College London), spolupráce  
EVK4-2001-00091 On-site investigation techniques for the structural evaluation of historic masonry buildings ONSITEFORMASONRY, 2002-2004, 5. Rámcový Program EC, odpovědný spoluřešitel  
EVK4-CT-2002-30011 Intelligent Measurement Technology for Laser Cleaning of Historic Buildings and Monuments HISTO-CLEAN, 2003-2004, 5. Rámcový Program EC, odpovědný spoluřešitel  
Projekt NSF č. INT-0122251, U.S.-Czech Engineering Research: In-Situ Evaluation of Historic Wood Buildings, 2001-2004, (hlavní nositel North Carolina State University), odpovědný spoluřešitel, v ČR podporováno grantem KONTAKT ME 660 (MŠMT ČR)

b)

State-of-the-Art v širokém spektru výzkumu kulturního dědictví a příprava dvacítky Expression of Interests, iniciace několika mezinárodních projektů spolupráce a získání grantů v 5. a 6. RP EC i v rámci bilaterálních smluv (Čs-US granty, KONTAKT).

Odvození vztahů mezi mechanickými charakteristikami polymerní matrice a polymerního kompozitu, které umožňují předpověď dlouhodobých mechanických vlastností pomocí redukovaného experimentálního programu (v rámci Joint Research Project between BAS and AS CR „Experimental and Theoretical Study of the Relaxation Phenomena of Thermoset Matrix-Mineral Filler Composites“. Research partners: Central Laboratory of Physico-Chemical Mechanics of the Bulgarian Academy of Sciences and ITAM AS CR (2003-2005).

c)

ENGINEERING MECHANICS 2003 (12.-15.5. Svatka, 260 účastníků ze 7 zemí, 32 zahraničních).

ARCCHIP Workshops ARIADNE 14 -16 – v roce 2003 ÚTAM pořádal 3 workshopy, kterých se zúčastnilo 52 vědeckých pracovníků, z toho 44 zahraničních (29 ze zemí EU, 14 z přístupujících zemí, jeden z Egypta a 8 z ČR).

MEZINÁRODNÍ LETNÍ KURZ (v Praze a Telči od 6.7. do 18.7.2003) o moderních metodách záchrany a zachování kulturního dědictví v rámci rekvalifikace nezaměstnaných sicilských žen, převážně architektek. 20 zahraničních účastníků, 4 domácí lektori z ÚTAM.

d)

Ústav navštívilo více než 60 zahraničních vědců, řada z nich špičkových odborníků nebo významných organizátorů vědy ve svých zemích, o jejich významnáních nemáme informace.

Dlouhodobé pobyty zahraničních hostů v ústavu:

Prof. Jang-Dar-Yau, Tamkang Univ. Taipei, Taiwan

Associated Prof. Dr. Bo Kasal, North Carolina State University, USA

Prof. Julia Hristova, DSc., Sofia, Bulharsko

Prof. Dr. Ioan Száva, Brasov, Rumunsko

Ing.arch. Leticia Leitao, Portugalsko (PhD. Student)  
Ing. Biljana Šćepanović, Monte Negro (PhD. Student)

e)

Meziústavní projekt ÚTAM – USTARCH SAV: „Spolehlivost diagnostiky imperfekcí stavebních konstrukcí in situ a na jejich fyzikálních modelech“ (2003-2005)

## 5. Předpokládané hlavní okruhy vědecké činnosti pracoviště v příštím roce

### *Mechanika kontinua:*

Rozvoj lomové mechaniky s ohledem na mikromechanické modely konstitutivních vztahů poškození při tvorbě dutin.

Aplikace nekonečně dimenzionálních Riemannových variet Riemannových metrik v kinematice kontinua.

Aplikace obecné mezomechanické koncepce na matematické modelování deformace, kumulativního poškození a tvarové paměti u technicky významných materiálů.

Materiálový výzkum v oblasti materiálů s tvarovou pamětí.

### *Dynamika a stochastická mechanika:*

Stochastické chování konstrukcí s náhodnými imperfekcemi tvaru a materiálu v interakci s okolním prostředím.

Vliv materiálových a geometrických nelinearit na dynamickou odezvu konstrukcí vystavených náhodným otřesům.

Analýza mechanických soustav s předpětím, které lze využít pro útlum kmitání způsobené jedoucí soustavou sil.

### *Mechanika tenkostěnných konstrukcí:*

Lomová mechanika a mezní stavy rozměrných svařovaných systémů.

### *Biomechanika:*

Segmentace různých typů tkání a stanovení jejich hranic na snímcích získaných z počítačové tomografie a magnetické rezonance s cílem připravit podklady pro automatickou i poloautomatickou tvorbu sítě elementů pro metodu konečných prvků v biomechanice.

Výpočtové a experimentální modelování biomechanických procesů v kyčelním kloubu a mikropohyby acetabulárních implantátů při použití konečněprvkového 3D modelu.

Vyšetřování lubrikace hlezenního kloubu člověka při chůzi.

Aplikace konečněprvkového modelu lidské lebky pro návrh ochranných prostředků hlavy.

### *Historické konstrukce a sídla:*

Interdisciplinární problémy materiálů architektonického dědictví, zejména nedestruktivní testování zdiva a dřevěných prvků, kompatibilita starých a nových vápenných omítek a experimentální práce na dřevěných stavbách – chování historických i novodobých dřevěných spojů a konstrukčních soustav při mechanickém namáhání, změny vlastností dřeva v průběhu času.

Výzkum dopadů změny klimatu, znečištění ovzduší a působení větru na trvanlivost a porušování historických materiálů a konstrukcí, výzkum vlivu cestovního ruchu na degradaci historických sídel a vývoj nástrojů pro jejich ochranu (3 nové projekty 6.RP EK).

### *Výpočetní technika a informatika:*

Převod databáze knihovního fondu do formátu knihovnaého systému Aleph, jak vyplývá z podmínek zapojení ústavu do celoakademického projektu sloučení informací do jediné virtuální knihovny.

## Přílohy:

### 1) Anotace nejvýznamnějších výsledků:

#### **Vápenné malty vyztužené přírodními vlákny**

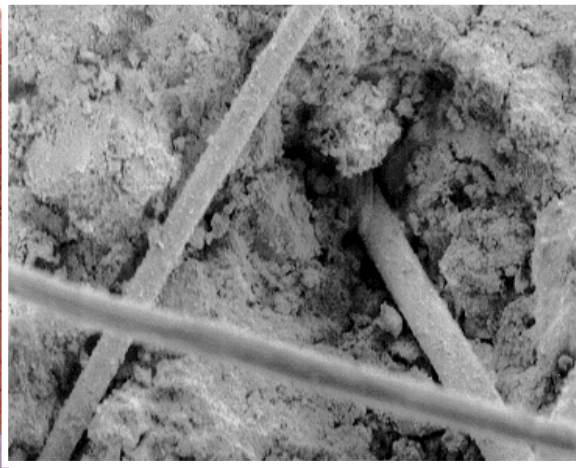
Vápenné malty vyztužené přírodními vlákny jsou jedním z tradičních kompozitních materiálů, který se vyznačuje vynikajícími vlastnostmi a trvanlivostí. Jeho chování však nebylo vědecky popsáno a proto se stalo předmětem výzkumného projektu podporovaného Ministerstvem kultury ČR a řešeného ve spolupráci Akademie věd ČR, Národního památkového ústavu a ČVUT Praha. Při výzkumu jsme teoreticky odvodili optimální průřezy vláken, studovali dávkování a jeho vliv na mechanické vlastnosti kompozitu a zkoumali chování malty vyztužené různými typy přírodních i syntetických vláken (např. koňskými nebo kozími chlupy). Dosažené výsledky objasňují některé mechanismy, ke kterým dochází při tuhnutí a tvrdnutí vápenné matrice protkané krátkými vlákny. Tyto mechanismy podporují vznik husté sítě velmi malých trhlinek, které vyrovnávají objemové změny v matrici a omezují vznik větších smršťovacích trhlin. Výsledkem je výrazné zlepšení odolnosti malty proti povětrnostním vlivům a významné prodloužení její životnosti na exponovaných místech obvodového pláště stavby.

#### **Lime mortars with natural fibres**

Lime mortars reinforced with natural fibres represent one of traditional materials with outstanding characteristics and durability. Its behaviour has not been scientifically explained, which initiated a research project supported by the Czech Ministry of Culture and carried out by the Czech Academy of Sciences in co-operation with the National Heritage Institute and the Czech Technical University in Prague. During the research work, we have established optimum cross-section shapes of fibres, we studied dosage of fibres and its influence on mechanical characteristics of the composite and investigated behaviour of mortars reinforced with different types of natural as well as synthetic fibres, (e.g. horse's or goat's hair). Results achieved clarify some mechanisms acting during setting and hardening of lime matrix filled with short fibres. They support an initiation of a dense net of very fine cracks which compensate matrix volumetric changes and prevent rise of larger shrinkage cracks. As a result, we obtain a mortar with a remarkably improved weathering resistance and a significant prolongation of its lifespan on severely loaded places of the building outer skin.

Drdácký, M., Michoinová, D., Procházka, P.P.: Maltovinové směsi vyztužené vlákny pro obnovu a záchranu uměleckých památek, *Výzkumná zpráva ÚTAM AV ČR*, Prosinec 2002, 146 stran.

Drdácký, M.F., Michoinová, D.: Lime mortars with natural fibres, in Proc. Int. Symp. "Brittle Matrix Composites 7", A.M.Brandt, V.C.Li and I.H.Marshall, eds., ZTUREK RSI and Woodhead Publ., Warsaw 2003, pp.523-532



## **Určení délky průchozí trhliny potrubí na základě teoretických vztahů odvozených ze zjištěných parametrů úniku vody při tlakové reparaci**

Pro bezporuchový spolehlivý provoz vysokotlakých potrubí, např. plynovodů, je potřebná znalost jejich technického stavu a s tím související znalost geometrických imperfekcí a defektů ve stěně. K jejich identifikaci a lokalizaci lze v zásadě použít vnitřní inspekci potrubí pomocí nákladného inspekčního zařízení, které k detekci využívá různých mechanických, magnetických a ultrazvukových metod. Naprostá většina vysokotlakých plynovodů však není technicky ani dispozičně uzpůsobena vnitřní inspekci, a proto je nutné zajistit jejich potřebnou spolehlivost postupem vytvoření bariér proti rozvoji ostrých defektů, např. tlakovou reparací vyčleněných úseků plynovodu vodou. Pokud se vyskytuje ve stěně potrubí průchozí trhlina určité délky, pak při monotonním nárůstu tlaku vody v potrubí během tlakové reparace dochází k jejímu úniku, a to tím více, čím je trhlina delší a čím je tlak vyšší. Této skutečnosti využil autor k vypracování teoreticko-experimentální metody na určení délky průchozí trhliny na základě teoretických vztahů odvozených ze zjištěných parametrů úniku vody při tlakové reparaci s uvažováním deformace pláště, stlačitelnosti vody a zavzdušnění potrubí. Výhodou této metody je, že je ekonomicky i technicky nenáročná a poskytuje konzervativní odhad velikosti průchozí trhliny, neboť apriorně předpokládá, že veškerý únik vody je způsoben pouze jednou trhlinou a nikoliv dvěma či více trhlinami.

### **Leakage of Water from Linepipe as the Way for Determination of the Size of a Through Crack in the Wall**

For a safe operation of high pressure pipelines, e.g. gas pipelines, a knowledge of their technical condition as well as of geometrical imperfections and defects in the wall is necessary. In principle, an internal inspection of a pipeline by means of expensive inspecting apparatuses utilizing various mechanical, magnetic and ultrasonic methods can be used for identification and localization of the defects. However, the majority of high pressure gas pipelines are not adapted for the internal inspection and therefore it is necessary to ensure their reliability by means of inducing barriers against the development of sharp defects using e.g. a pressure reparation of chosen sections of a gas pipeline with water. If a crack of a certain size occurs in the pipe wall then water leaks from the pipeline during increasing the water pressure. The volume of the leaking water is the bigger the longer is the crack and the higher is the pressure. The author utilized this fact to develop a theoretical-experimental method for determination of the length of a through crack on the basis of theoretical relationships derived from the measured parameters of the leakage of water during pressure reparation with accounting the deformation of the shell, compressibility of water and airing of the pipeline. The advantage of this method is its economical and technical unpretentiousness on one hand and a conservative assessment of the size of the crack on the other hand.

*Gajdoš, L.: Leakage of Water from Linepipe as the Way for Determination of the Size of a Through Crack in the Wall. Proceedings of the National Conference with International Participation ENGINEERING MECHANICS 2003, held at Svatka, Czech Republic, May 12-15, 2003, paper No 267, 12 pp.*

## **Experimentální výzkum mechanických vlastností spongiózní kosti při použití malých vzorků pomocí CCD kamery s vysokým rozlišením**

Pro tvorbu matematických modelů částí lidského skeletu je velmi důležitý vhodný popis mechanických vlastností spongiózní kosti. Spongiózní kost je nelineární, vysoce nehomogenní materiál s viskoelastickými vlastnostmi. Některé mechanické vlastnosti, jako Youngův modul pružnosti nebo pevnost v tahu či ohybu jsou závislé na relativní hustotě tkáně, kterou lze získat z tomografických snímků dané kosti.

Pro získání dostatečně přesného popisu mechanických vlastností spongiózní kosti v závislosti na její relativní hustotě jsme provedli tahové i tlakové zkoušky za použití malých vzorků spongiózní kosti, které jsou předem nasnímány pomocí počítačového tomografu s rozlišením 512x512 pixelů. Tyto vzorky byly velmi pečlivě odebírány ve směru shodném s trabekulárním uspořádáním spongiózní kosti.

Relativní deformace vzorků byla zjišťována pomocí CCD kamery s vysokým rozlišením. Za tímto účelem jsme vypracovali metodu pro detekci značek nepravidelného tvaru, které jsou vyznačeny na povrchu každého vzorku. Značkami je povrch vzorku pokryt ve dvou směrech, což nám umožnilo stanovit i deformace ve směru příčném k ose namáhání.

Výsledky těchto mechanických testů umožňují definovat materiálové vlastnosti v konečněprvkových modelech celých kostí v závislosti na hodnotě relativní hustoty tkáně v daném místě získané z odpovídajícího CT-snímku. Daná kost je nejprve nasnímána pomocí CT a po vytvoření geometrie daného modelu jsou pro každý element sítě stanoveny materiálové vlastnosti. Mechanické testy prováděné na celých kostech pak slouží ke stanovení spolehlivosti těchto konečněprvkových modelů určit maximální namáhání různých kostí pro různé namáhání (tah, tlak, ohyb, kroucení).



Jiroušek O., Jírová J., and Vavřík D. Development of testing equipment for measuring mechanical properties of cancellous bone. In Fischer C. Naprstek J., editor, *ENGINEERING MECHANICS 2003*, volume 1 of 1, pages 144-145, Svratka, Czech Republic, 12 May 2003. AS CR, ITAM.

Jiroušek O., Jírová J., and Vavřík D. Measurement of material properties of cancellous bone using small specimens and optical identification method. In Hamza M. H., editor, *IASTED International Conference on Biomechanics (BioMECH 2003)*, volume 1 of 1, pages 262-264, Rhodos, Greece, 30 June 2003. IASTED, ACTA Press.

Jiroušek O., Matlach R., and Jírová J. Use of nonlinear finite element modeling in prediction of the whole bone fracture. In *13th European Society of Biomechanics Conference*, volume 1 of 1, pages 139-140, Wroclaw, Poland, 1 September 2002. Polish Society of Biomechanics, Wroclaw University of Technology.

### **Experimental research of the mechanical properties of cancellous bone using small samples observed by a high resolution CCD camera**

For construction of mathematical models of parts of the human musculoskeletal system an adequate knowledge of material properties of the trabecular bone is of high importance. Trabecular bone is non-linear, highly inhomogeneous material with viscoelastic properties.

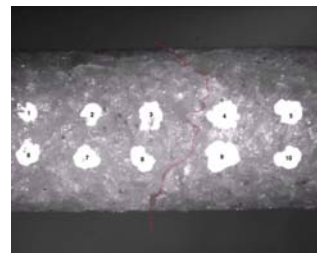


Material properties, e.g. Young's Modulus of Elasticity are dependent on the apparent density which can be retrieved from the digital images obtained from Computer Tomography scanning.

To obtain the mathematical description of the material properties of the cancellous bone related to its apparent density mechanical tests of small samples of cancellous bone are undertaken. Both compressive and tensile specimens are drilled out of different places from human femurs with great care according to the trabecular structure. Before the mechanical testing, samples are scanned using a standard CT scanner.

The surface strains of the samples are detected using a high resolution CCD camera. To determine the time-dependent position of the markers a fully automatic detection method working for markers of irregular shape was designed and implemented. The surface of the sample is covered with the markers in both directions to enable strain calculation in the direction perpendicular to the loading direction.

Results of the mechanical testing enable us to define the material properties of the cancellous bone in relation to the apparent density of the bone sample obtained from the appropriate CT scan. The whole bone is scanned using a tomograph and geometry of the finite element model is constructed. For every element of the model material properties are calculated based on the density values obtained from the appropriate CT scan. Experimental validation of the finite element models and their reliability to predict the ultimate stress in different loading conditions, e.g. tension, compression, three-point bending and torque.



Jiroušek O., Jírová J., and Vavřík D. Development of testing equipment for measuring mechanical properties of cancellous bone. In Fischer C. Naprstek J., editor, *ENGINEERING MECHANICS 2003*, paper No 300, 4 pp, Svratka, Czech Republic, 12 May 2003. AS CR, ITAM.

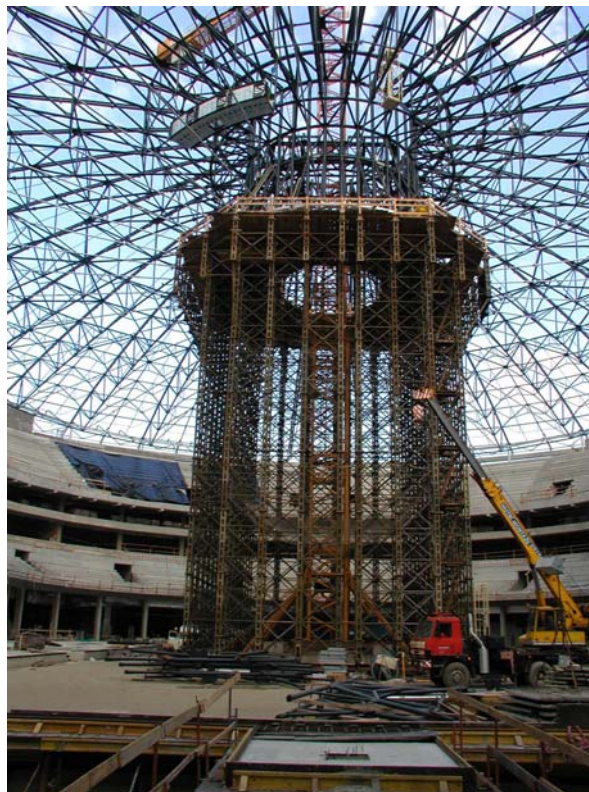
Jiroušek O., Jírová J., and Vavřík D. Measurement of material properties of cancellous bone using small specimens and optical identification method. In Hamza M. H., editor, *IATED International Conference on Biomechanics (BioMECH 2003)*, volume 1 of 1, pages 262-264, Rhodos, Greece, 30 June 2003. IATED, ACTA Press.

Jiroušek O., Matlach R., and Jírová J. Use of nonlinear finite element modeling in prediction of the whole bone fracture. In *13th European Society of Biomechanics Conference*, volume 1 of 1, pages 139-140, Wroclaw, Poland, 1 September 2002. Polish Society of Biomechanics, Wroclaw University of Technology.

Významný výsledek spolupráce s podnikatelskou sférou:

### **Experimentální ověření napjatosti střešní ocelové konstrukce haly Sazka**

Ocelová konstrukce o hmotnosti 700 tun zastřešuje prostor víceúčelové sportovní haly oválného půdorysu, s kapacitou 17000 diváků. Konstrukci střechy tvoří 36 příhradových vazníků, které se v radiálách sbíhají ke středovému kruhovému prstenci. Každý ocelový vazník má ocelové táhlo, které přebírá vodorovnou reakci od zatížení. Při montáži vznikl úkol postupného napínání čtvěric táhel tak, aby po napnutí poslední čtvěrice, byly ve všech táhlech shodné síly. ÚTAM provedl měření napětí v táhlech v různých fázích stavby střechy a ověřil teoretický výpočet hlavního projektanta. Táhla byla opatřena dvojicemi aktivních a kompenzačních odporových tenzometrů a byla sledována napětí ve všech táhlech. Tým experimentátorů ÚTAM aplikoval své bohaté zkušenosti a přispěl tak k realizaci světově unikátní ocelové konstrukce.



2) Seznam knižních a CD ROM publikací:

Marek, P., Brozzetti, J., Guštar, M., Tikalsky, P.: Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo Simulation (Background, Exercises and Software), 2<sup>nd</sup> edition, 491 pp + CD ROM; ITAM AS CR, 2003

ENGINEERING MECHANICS 2003, Eds. Jiří Náprstek and Cyril Fischer, 417 pp + CD ROM

CD ROM – vědecko-populární informace o ústavu