

inženýrské stavby

Arch.

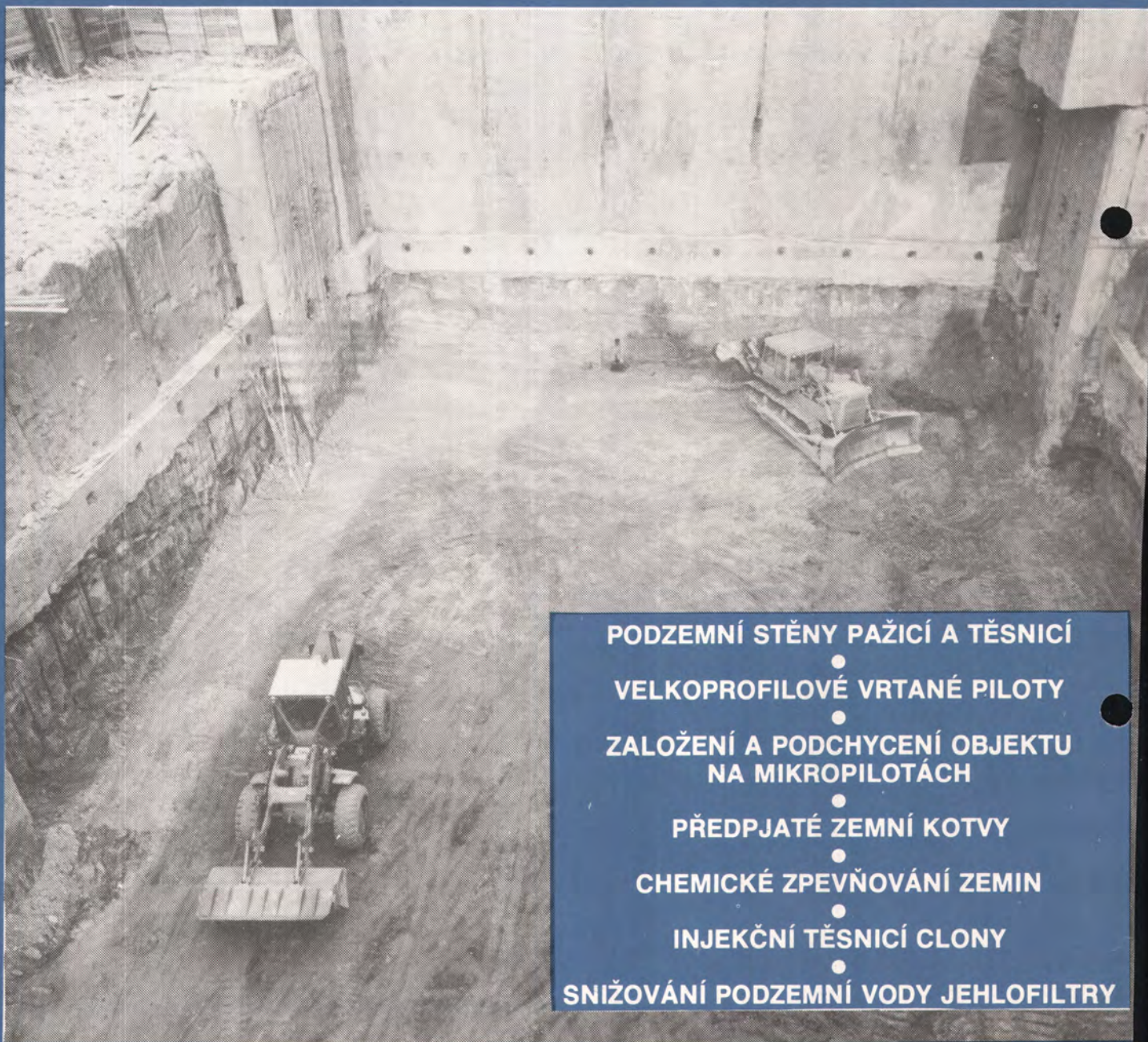
7 • 85

s přílohou **MECHANIZACE**



PROJEKTUJEME A PROVÁDÍME

RYCHLE • SPOLEHLIVĚ
A V JAKÝCHKOLIV
GEOLOGICKÝCH PODMÍNKÁCH



PODZEMNÍ STĚNY PAŽICÍ A TĚSNICÍ

•
VELKOPROFILOVÉ VRTANÉ PILOTY

•
ZALOŽENÍ A PODCHYCENÍ OBJEKTU
NA MIKROPILOTÁCH

•
PŘEDPJATÉ ZEMNÍ KOTVY

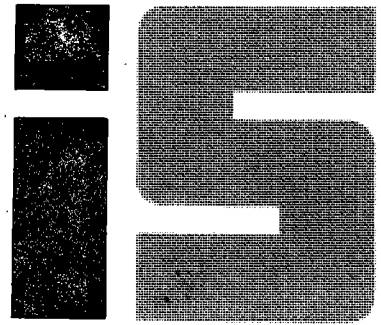
•
CHEMICKÉ ZPEVŇOVÁNÍ ZEMIN

•
INJEKČNÍ TĚSNICÍ CLONY

•
SNIŽOVÁNÍ PODZEMNÍ VODY JEHLOFILTRY

VODNÍ STAVBY

NOSITEL ŘÁDU PRÁCE
ODŠTĚPNÝ ZÁVOD SPECIÁLNÍ ZAKLÁDÁNÍ STAVEB
DOBRONICKÁ ul. 635, PRAHA 4 — LIBUŠ
PSC 148 25 TELEFON: 410 1111



7 • 1985

Kompozitní materiály ve vývoji materiálové základny stavebnictví

Zpřesňování výpočetních metod ad absurdum může přinést úspornější konstrukce jen o zlomky procent nebo přinejlepším o několik procent; cesta k dobrému návrhu konstrukce nevede ani přes odevzdání většiny práce počítači, který ji statikovi odcizuje. Důležité je však usnadňovat výpočtové metody a uvědomovat si nepřesnosti, kterých se dopouštíme. Projektant musí přemýšlet o konstrukci a v každé fázi výpočtu do ní vidět, zkrátka konstruovat, a to nejen pokud jde o geometrické uspořádání, ale i o vstupní hodnoty, o materiály a jejich vlastnosti i jejich lepší využití a také o technologie, jimiž se projekt realizuje.

Byli jsme a do značné míry ještě jsme zajatci několika materiálů, které máme k dispozici — kamene, cihel, oceli, betonu a dřeva. Přitom tyto materiály, i když navrhujeme konstrukci co nejlépe, nejsou nikdy zcela využity, což je plýtváním energií a lidskou prací. Cestou k pokroku ve všech oblastech techniky je poznání a porozumění materiálům tak, aby mohly být připraveny s volitelnými vlastnostmi.

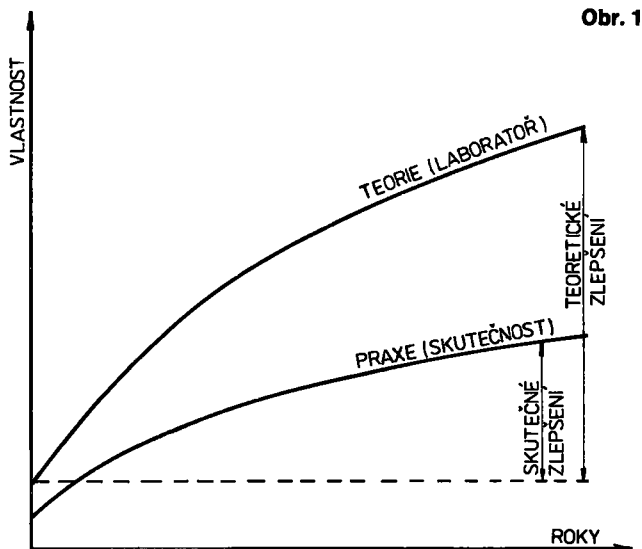
Začátkem šedesátých let se začala formovat v USA a zanedlouho i v SSSR nová disciplína vědy o materiálech a inženýrství a brzy byla zahrnuta do vysokoškolského studia. Vznikla aglomerací řady činností, které dříve existovaly v jiných, tradičnějších disciplínách. Zjistilo se, že vlastnosti materiálů často omezují životnost zařízení a systémů, a tudíž celý další vývoj moderní techniky se stal závislým na rozvoji nových materiálů. V roce 1961 až 1963 byly pověřeny v USA hned tři komise vytvořením dlouhodobého meziresortního programu v oblasti vědy o materiálech. Bylo konstatováno, že především je třeba se zaměřit na základní vědní porozumění fyzikálních jevů probíhajících v materiálech a podstatně rozšířit základnu příslušně vědecky vyškolených pracovníků. Hned nato tři federální organizace spojily úsilí a poskytly ohromné prostředky na výzkum (17 dlouhodobých programů se zúčastnilo 79 universit). Podobný vývoj lze pozorovat

i v SSSR. V posledním období se ve vědeckých časopisech AN SSSR více než 50 % všech publikovaných prací zabývá materiály. Podobně věnují velkou pozornost materiálům v Japonsku, kde v minulém roce proběhl již 25. národní kongres o materiálovém výzkumu.

Jen vědec a organizátor vědy nepodléhající tzv. vědecké ztrnulosti, kterou výstižně popsal T. S. Kuhn v roce 1970 jako „akceptované modely, koncepce, způsoby myšlení a techniky, které definují koherentní tradice v jisté výzkumné oblasti“, může přinést nové objevy a posunout hranice vědění významně dopředu. Ztrnulost často způsobuje, že vědecká základna zůstává odtržena a izolována od důležitých problémů a nutí k detailnímu zkoumání, při němž jsou sledovány detaily se stále omezenějším významem, až se disciplína víc a víc obrací k problémům generovaným z ní samé, se zmenšující se relevancí k vnějším vztahům. Změny pak nastávají spíše revolučním skokem, třeba na základě objevu nového materiálu nebo nové vlastnosti materiálu či pod tlakem vnější nutnosti.

Z dosavadního vývoje lze pozorovat, že věda o materiálech je společnou základnou řady dalších disciplín, že existuje značná podobnost mezi různými třídami materiálů (např. kovy, keramikou, polymery), pokud jde o strukturu, chování, vlastnosti a výrobu, a že z hlediska různých interdisciplinárních aspektů se tato věda soustředí na vztah mezi strukturou a vlastnostmi materiálů jako základ jejich návrhů, přípravy a využití. V tom smyslu byly také definovány vědy o materiálech a materiálové inženýrství jako „soustřeďující se na zjištění a aplikaci vztahů mezi složením, strukturou a tvorbou materiálů a jejich vlastnostmi a použitelností“.

V průběhu posledního desetiletí energetická krize vyvolaná prudkým zvýšením cen základních surovin, problémy dokonalejšího využití materiálů a nezbytnost šetřit energií vedly k nutnosti věnovat zvýšenou pozornost těmto otázkám v celém světě. Jednoznačně se potvrdilo,



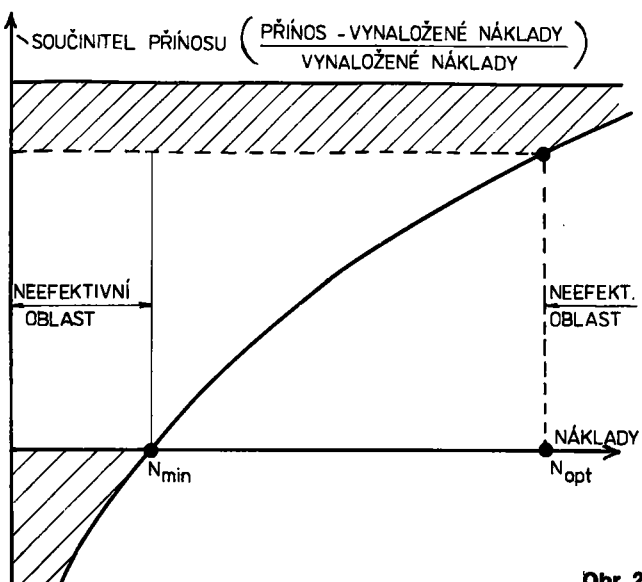
Obr. 1

že extenzivní vývoj podle dosavadních trendů se stále rostoucí spotřebou materiálů a energií není možný, neboť by vedl k úplnému vyčerpání dosavadních zdrojů v průběhu 20 až 50 let.

V současné etapě vývoje je třeba věnovat maximální pozornost efektivnějšímu využívání materiálů a surovinových zdrojů a současně usilovat o náhradu dosavadních materiálů jinými, které by plnily stejné funkce.

Způsobů, jak efektivněji využívat materiálů a surovinových zdrojů, je celá řada a mnoho z nich lze aplikovat ihned, zatímco jiné potřebují určitý, větší nebo menší objem výzkumného úsilí. Přitom je třeba konstatovat, že převládání teoretických poznatků do praxe je všeobecně velmi pomalé, že se využívá pouze zlomku dosažených znalostí a existuje velká rezerva pro urychlení pokroku (obr. 1).

V této souvislosti je třeba si uvědomit, jaký výzkum je ve skutečnosti efektivní (obr. 2). Pítvat se s ohromnými náklady v detailech přináší jen nepatrné společenské přínosy a není ekonomické. Na druhé straně na dosažení jistých přínosů je nezbytné vynaložit jisté minimální množství prostředků. Je tedy nutno soustředit se ve výzkumu na ty oblasti, které jsou dostatečně zajištěny,



Obr. 2

ale také umět s výzkumem v jisté oblasti včas přestat, jakmile zjistíme, že přínosy jsou zanedbatelné.

Aby bylo možno objektivně srovnávat jednotlivé materiály, nelze se obejít bez podrobné, dokonalé energetické analýzy, a to od vytěžení, přes dopravu, výrobu, vlivy na životní prostředí a užitnou hodnotu. Problematiku materiálového průmyslu dobře ilustruje problémový trojúhelník (obr. 3), v němž tlaky i možnosti všech tří základních parametrů – energie, suroviny, ekologie – musí být udržovány ve stabilní rovnováze. Taková analýza je složitá, ale nezbytná pro další rozvoj společnosti. Přitom je třeba uvažovat i lidský faktor, neboť lidská práce je nejdražší energií.

Při návrhu nových, energeticky výhodných materiálů a soustav jde o to vyrobit materiál s menší energetickou náročností (v komplexním hodnocení) a s vyšší užitkovou hodnotou a delší životností.

Optimální cesta ve výzkumu nových materiálů vychází z tlaku zabezpečit nejdůležitější funkce, pro něž jsou dosavadní materiály málo vhodné nebo zcela nevhodné. K zabezpečení nových požadavků bylo třeba získat nové materiály s vysokou pevností a tuhostí v poměru k hmotnosti. To vedlo k vývoji nových kompozitních systémů s borovými, grafitovými a aramidovými vlákny. Změna a pokrok ve využití a dokonalejším spalování paliv vyžaduje nové kovové a keramické materiály s větší teplotní odolností. Zhoršující se kvalita paliv současně vyžaduje větší odolnost proti agresivním chemickým vlivům.

Aby materiál mohl být využit co nejučinněji, je třeba ho znát, vědět, co se v něm děje, co by se mohlo dít i co by se dít nemělo. Materiály je třeba považovat za systém (nebo za konstrukci), v němž existují struktury na různých úrovních, kde jsou vedle sebe jednotlivé složky, tedy i hranice mezi nimi, kde se jednotlivé složky ovlivňují navzájem, ale jsou ovlivňovány i vnějším prostředím, namáháním a v nichž od okamžiku zrodu probíhají procesy tvorby i porušování, vzniku i zániku.

Je třeba se naučit používat drahé (nebo přesněji řečeno energeticky náročné) materiály jen lokálně, tam, kde je jejich objektivně skutečně zapotřebí, umět substituovat jednu třídu materiálů jinou a navrhovat konstrukci podle vlastností a druhu použitého materiálu, příp. navrhovat materiál podle druhu konstrukce, bez přenášení jedné zaužívané techniky do druhé. Je třeba v široké míře využívat hybridní systémy, což vyžaduje hlubokou znalost použitých materiálů, ale i znalost jejich interakcí v různých podmínkách prostředí.

Takový přístup k navrhování je ovšem složitější, než vzít hodnoty udávané tabulkami, normou nebo výrobcem a na ně navrhnout konstrukci. Bez takového přístupu nelze však navrhovat a konstruovat ekonomické konstrukce.

Častou chybou bývá, že techniky, technologie a zvyklosti se přenáší z jednoho materiálu do druhého, ačkoliv pro jiný materiál jsou nevhodné. Když se objevil např. železobeton, začali jsme napodobovat dřevěné konstrukce. Teprve až byla doceněna hlavní výhoda železobetonu, tj. monolitičnost, se všemi následnými jevy, jako je redistribuce namáhání, tuhost atd., stal se železobeton skutečným konkurentem nejen dřevu, ale i oceli.

A jaká je situace nyní? Vrátili jsme se opět na počátek

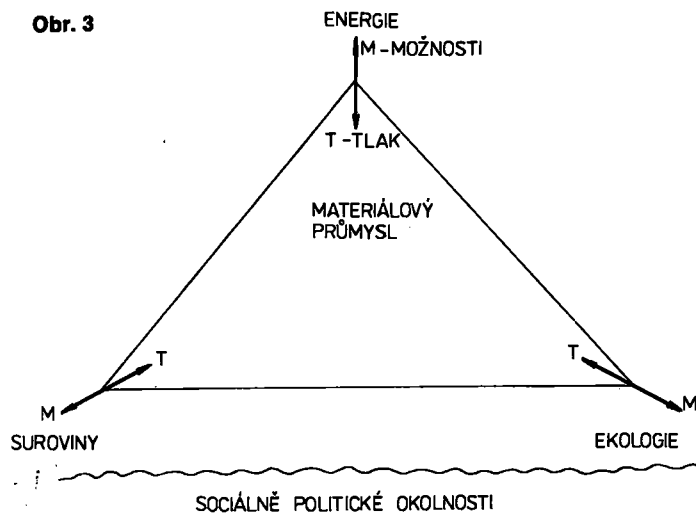
a pod záštitou industrializace jsme rozkousovali konstrukce do více méně samostatných dílů, prostých prvků, z nichž je skládáme. Hlavní výhody jsme tedy ztratili a navíc jsme nuceni neúměrně zmnožit transportní zařízení. Je evidentní, že tento postup je neekonomický a energeticky mnohem náročnější než vytvoření monolitu na místě (s použitím takových racionalizačních technik, jako je montované, opakovatelně použité bednění, svařované výztužné sítě, výztužení vláknou, pneumatický transport betonu s použitím plastifikátorů a superplastifikátorů atd.). Obdobně je tomu u ocelových konstrukcí, u nichž možnost dokonalého svařování poskytla opět předpoklad pro vytvoření spojitě, monolitické konstrukce. Opět jsme se vrátili k montování konstrukcí z částí jen slabě spojených a k sestavování celku z jednotlivých prostých prvků, těžších nejméně o 30 až 50 %. Stejně chyby se dopouštíme, chceme-li např. aplikovat plasty a kopírujeme tradiční technologie. Nelze např. vytvořit stejnou skladbu stropní konstrukce nebo střešního či obvodového pláště s hmotou s výbornou nebo nulovou propustností. Nelze výhodně použít okna z plastů a konstruovat je jako okna dřevěná. Nelze použít skelný laminát pro potrubí s tekoucí vodou s abrazivními součástmi náhradou např. za kameninu. Čím jsou materiály složitější, tím více je třeba jim rozumět a vědět, jak a k čemu je použít.

Jedním z racionálních způsobů řešení je tvorba materiálů kompozitních, u nichž správnou skladbou jednotlivých složek a zajištěním jejich vhodné spolupráce se dosahuje kvalitativně nových vlastností. Těchto vlastností nelze dosáhnout žádnou jednotlivou složkou samostatně ani jejich prostým součtem (čímž se liší od materiálů složených, kde výsledná vlastnost je prostý součet vlastností jednotlivých složek) (obr. 4).

Klasickým příkladem kompozitu je cementový beton, který však také prochází změnami. Vytvářejí se terciární kompozity, vystužované krátkými ocelovými, minerálními nebo plastovými vlákny. Nastane-li změna matrice — pojiva, vytváří se tzv. plastbetony, plastmalty apod. Kombinací (hybridizací) tradičních a nových, anorganických a organických matic se vytvářejí systémy dvoustrukturní, v nichž existují dvě nezávislé, ale spolupracující struktury matic (jako PIC, PCC). Rozšiřují se pěnové a vyztužené termoplasty (jako polypropylén, polykarbonát apod.) s vysokou dimenzionální stabilitou a jednoduchou výrobou a nové druhy polymerů, redukující nebezpečí požáru a vzniku jedovatých plynů při hoření. Polyorganofosfazanové s inorganickou kostrou naleznou v budoucnu jistě široké pole uplatnění. Hlavním konstrukčním prvkem v budoucnu by měly být sendviče různých druhů a účelů, zajišťující optimálně všechny potřebné vlastnosti.

Velké uplatnění by nesporně mohly a měly mít konstrukce na bázi dřeva a výrobky ze dřeva a jiných biomateriálů, tedy obnovitelných surovinových zdrojů. Energeticky jsou bez konkurence, neboť na přípravu 1 t žeziva je třeba 1,6 GJ elektrické energie proti 13,6 GJ.t⁻¹ oceli a 72,6 GJ.t⁻¹ hliníku. Lesy pokrývají 33 % pevniny a 10 % celé země (zhruba 20 až 25 % všeho materiálu produkovaného fotosyntézou). Objem těžebního dřeva na zemi překračuje součet výroby oceli, hliníku a plastů dohro-

Obr. 3



mady. Kromě přímého využití na stavební prvky lze dřeva využít k získání řady cenných surovin (pro stavebnictví, ale i pro jiná odvětví), zejména z hemicelulózy, ligninu, pentosanů apod.). Uplatnění dřeva ve stavebnictví a chemii je samozřejmě mnohonásobně účinnější než jeho spalování.

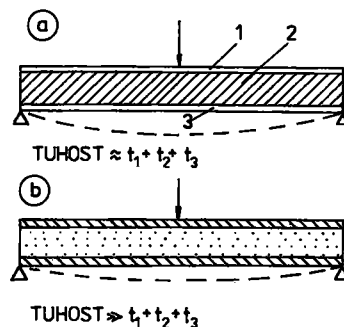
Co z toho vyplývá pro stavebnictví?

Zdá se, že prvním a základním krokem musí být přehodnocení celého tradičního postupu myšlení, odpoutání se od materiálového diktátu, charakterizovaného vztahem materiál—vlastnosti a zavedení nového přístupu, charakterizovaného vztahem účel—energie—konstrukce—materiál.

V hrubé stavbě je rozhodující energetické hodnocení. V dokončovacích pracích je třeba uplatnit větší měrou skutečnou industrializaci, tj. nepracovat s novými materiály starými zednickými technologiemi, nesnažit se vytvářet z nových materiálů staré prvky, ale využívat nových materiálů a jejich možností k novým, vysoce produktivním technologiím, k vytváření nových tvarů a nových systémů, v nichž jednotícím zřetelcem musí být dokonalé využití potenciálních vlastností použitých materiálů, a tím globální úspora energie.

Od strojního a chemického průmyslu je třeba pro stavebnictví vyžadovat vhodné materiály a zařízení, které tuto cestu umožní.

Nebudu uvádět, kde všude je možno výhodně využít plastů a kompozitů na bázi plastů. Vždyť dnes existuje 20 až 25 plastických hmot, které se uplatňují ve dvaceti hlavních odvětvích stavebnictví, na 113 úsecích a vytvářejí asi 800 skupin upotřebení a dalších asi 500 skupin je možných.



Obr. 4

Například bezesparé podlahoviny z vhodných kompozitů na bázi termosetických pryskyřic jsou nesporně progresivním a dobrým řešením. Dodnes však nemáme speciální, pouze pro potřeby stavebníků vyráběné pryskyřice, tvrdidla atd.

Plasty jsou nenahraditelné při rekonstrukcích historických památek, dřevěných konstrukcí, mostů, nádrží atd. Vhodné živičně-epoxidové kompozity mohou úspěšně řešit trvalou ochranu mostů, sanovat lze (místo vyměňovat) např. betonové pražce apod. Také různé izolace lze vytvářet z kompozitních systémů na bázi plastů. Okna z PVC a dalších termoplastů jsou ze všech hledisek výhodnější než okna dřevěná. Z plastů lze vyrábět také všechny druhy potrubí, a to i pro plyn, horkou vodu, sálavé vytápění a agresivní tekutiny.

Velkop průměrové potrubí z plastových granulárních kompozitů je velmi odolné proti mechanickému i chemickému namáhání, je energeticky výhodnější a má nepoměrně delší životnost než potrubí z dosavadních materiálů. Všechny druhy tepelněizolačních pěn přinášejí velké úspory primární i sekundární energie (např. polyuretanová deska má 25-krát lepší izolační schopnost než cihelné zdivo při 750-krát menší hmotnosti). Zastřešení deskami, membránami a nafukovacími konstrukcemi skýtá ohromné možnosti, střešní příslušenství a odpadní žlaby a roury by měly být samozřejmostí, fasádní panely z vyztužených plastů lze použít v kombinaci s ostatními vrstvami v abnormálních rozměrech (např. přes tři patra). Využití skelných laminátů by mohlo být značně široké. Sanitární zařízení lze dnes vyrábět komplexně z plastů a kompozitů a zcela vyloučit kovy a keramiku atd.

Často probíhají polemiky o tom, je-li správné nebo možné snižovat objem materiálů při rostoucím objemu investic. Odpověď je jednoznačná: snaha o snížení spotřeby oceli, barevných kovů a jiných materiálů pro stejný

nebo i větší objem výstavby je velmi správná. Zvýšené nároky na investice nelze v žádném případě řešit lineárním zvýšením nároků na materiály, na jejich množství. S tím opět souvisí nezbytnost dívat se na stavební dílo jinak než dosud. Jestliže předpokládaná životnost moderních technologií je 10 až 20 let, nemá smysl budovat stavbu na 80 let. Je třeba maximálně využívat lehkých zastřešení, která poskytují moderní kompozity vyztužené vlákny; jednoplášťové, nejjednodušší tam, kde nejsou kladeny velké nároky na vytápění, tj. např. ve výrobcích s dostatečným množstvím technologického tepla, tepla odpadajícího při výrobě, a dvouplášťových v ostatních případech. Je třeba naučit se projektovat, vyrábět a zacházet s kostrovými pneumatickými konstrukcemi a vyvíjet dostatečný tlak na zajištění výroby těchto prvků. Shrňme tedy, jaký další nezbytný vývoj vědy a technologií může zabezpečit materiálové požadavky stavebnictví. Je to:

1. Maximální využití existujících, dosud nezpracovávaných zdrojů surovin, zejména odpadových (popílky, chemická sádra, lignin, dřevitý odpad atd.).

2. Integrace volby materiálů a návrhu dílů a konstrukcí k zajištění minimální energetické náročnosti při výrobě i využití.

3. Vývoj nových nebo zlepšených materiálů a složených systémů k umožnění redukce množství materiálů a energie pro danou funkci.

4. Zvýšená konzervace a ochrana materiálů pro zvýšení životnosti dílů.

Z toho vyplývá, že další pokrok se neobejde bez významné změny v myšlení, bez široké osvětové práce a podstatného zvýšení pozornosti výuce materiálového inženýrství na všech středních i vysokých technických školách.

Ing. Richard A. Bareš, DrSc.,
Ústav teoretické a aplikované mechaniky ČSAV Praha

MANFRED MIEHLBRADT, Švajčiarsky federálny technologický inštitút
v Lausanne

DT 624.012.41

Moderné metódy navrhovania betónových konštrukcií

Informácia o doplnkoch a zmenách, ktoré obsahujú Odporúčania FIP pre praktické navrhovanie železobetónových a predpätých konštrukcií vypracované na podklade Modelovej normy CEB/FIP pre betónové konštrukcie.

Pri navrhovaní konštrukcií pomocou počítačov mali by všetky úsudky a úvahy vychádzať z čo možno najjednoduchších princípov a pravidiel. Len tak môžu byť počítače účinným nástrojom a dokonalým doplnkom inžinierskych postupov.

Preto aj normové predpisy musia byť skoncipované, ako to vyjadril Francúz N. Esquillan, tak, aby ich skúsený projektant po niekoľkých použitíach poznal takmer naspamäť a len z času na čas bol nútený overiť si niektoré číselné hodnoty v tabuľkách a grafoch.

Normové predpisy s celoštátnou, resp. medzinárodnou platnosťou nie je ľahké vypracovať. Na príprave Modelovej normy pre betónové konštrukcie (Model Code for concrete structures — MC 78) medzinárodnej spoločnosti Comité euro-international du béton (CEB) a Fédération internationale de la précontrainte (FIP) pracovali takmer štvrté storočia. Intenzívna práca zahŕňala aj skúšky a porovnávacie výpočty (TTC 77) za účasti predovšetkým inžinierov z praxe. Ich kritika podstatne ovplyvnila konečné znenie MC 78 [1].