

VÝVOJ PREFABRIKOVANÝCH KONSTRUKCÍ Z POHLEDU KOMISE FIB PRO PREFABRIKACI

DEVELOPMENT OF PREFABRICATED STRUCTURES FROM THE POINT OF VIEW OF THE FIB COMMISSION ON PREFABRICATION

LADISLAV ŠAŠEK

V článku jsou uvedeny hlavní vývojové trendy v prefabrikaci v oblasti produktů, materiálů, konstrukčních systémů a výrobních technologií. Jako příklad jsou zmíněna některá nekonvenční uplatnění prefabrikace. Zmíněny jsou sledované oblasti zájmu a program fib komise č. 6 pro prefabrikaci. Zdůrazněna je nezbytnost odlišného přístupu k návrhu prefabrikovaných konstrukcí, která vede k optimálním projektům.

This paper outlines the main developmental trends in the prefabrication of products, materials, structural systems, and production technologies. As an example, some unconventional applications of prefabrication are presented. Further, the article shows the spheres of interest, as well as the programme of fib Commission 6 on Prefabrication. The paper also emphasizes the importance of a different approach to the design of prefabricated structures, yielding optimal projects.

Cílem příspěvku je ukázat hlavní trendy vývoje prefabrikovaných konstrukcí v zahraničí. Prefabrikace je ve srovnání s výstavbou pozemních a inženýrských konstrukcí z monolitického betonu novou konstrukční technologií. Skutečný průlom nastal v 50. letech minulého století, kdy byla hlavním úkolem potřeba rekonstrukce bytového fondu po II. světové válce. V tomto období byla prefabrikace považována jako krok kupředu v industrializaci stavebnictví. V poslední době zaznamenáváme určitý ústup prefabrikace na úkor monolitického betonu díky novým technologiím skruží a bednění. Prefabrikace však stále přináší mnoho pozitiv.

Nový vývoj a technologie prefabrikovaných konstrukcí vyžadují podporu dalšího rozsáhlého výzkumu, aby dokázaly svoji konstrukční a ekonomickou platnost. Práci v oblasti výzkumu přebírají zejména výrobci prefabrikátů a jen v několika málo zemích se na ní podílejí také výzkumné ústavy a technické univerzity.

Dalším důvodem pro návaznost výzkumu jsou probíhající změny ve společnosti. Řešení, která byla používána pro bytovou výstavbu po válce, se nedají akceptovat. Současný vývoj ve stavebnictví, a tedy i v prefabrikaci, je ve velkém měřítku inspirován sociálními a ekonomickými trendy poznamenávajícími naši společnost:

- probíhá intenzivní soutěž mezi různými konstrukčními materiály a systémy; např. beton oproti oceli, nebo prefabrikát oproti monolitu nebo oceli
- roste ekologické povědomí
- zvyšují se požadavky na kvalitu, pracovní podmínky a celkový komfort.

Klíčová slova řídicí vývoj konstrukcí jako celku, a tedy i prefabrikace, jsou **výkonnost, trvanlivost a ohled na životní prostředí**. Prolínání, platnost a vývoj technických znalostí není změnou týkající se pouze prefabrikace samotné. Mezinárodní organizace, jakou je *fib*, usiluje prostřednictvím svých komisí o zajištění dal-

šího vývoje. Prefabrikace byla vždy v popředí vývoje s ohledem na modernizaci pracovních podmínek, pokrokové výrobní technologie, rychlost výstavby a vztah k životnímu prostředí.

SPECIFICKÁ FILOSOFIE NÁVRHU

Když se celkově podíváme na literaturu o prefabrikaci, zjišťujeme, že největší počet publikací se zabývá specifickými oblastmi jako jsou typy a přehled prefabrikovaných dílců, jednotlivé projektové příklady styků nebo některé výpočetní metody. Jen překvapivě málo je zaměřeno na to, jak pomoci architektovi a inženýrovi plně pochopit prefabrikovanou konstrukci a její specifickou filosofii návrhu.

Prefabrikovaný beton vyžaduje oproti monolitu rozdílné konstrukční zásady. Na počátku existují dva problémy pro danou situaci. Za prvé je to nedostatek znalostí o prefabrikaci. Mnoho architektů a inženýrů se rozpakuje použít prefabrikaci z jednoduchého důvodu, protože nevědí, jak se jí správně chopit. Za druhé je to chybný názor, že prefabrikovaný beton je pouze variantní technikou monolitu a prefabrikát je jen doplňující částí konstrukce, takže počáteční monolitická koncepce je prakticky dodržena v maximální míře. Tento názor je falešný a vede k méně optimálním projektům, než když jsou uvažovány specifické požadavky prefabrikace.

Komise již publikovala průvodce projekční filosofií budov z prefabrikovaného betonu. Potřeba dalších takových publikací je nutná například v oblasti inženýrských konstrukcí.

VÝVOJ NOVÝCH MATERIÁLŮ

Poměrně dlouhou dobu se beton zdál jednoduchým materiálem, u kterého nebyl očekáván žádný další vývoj. Ve skutečnosti jsou v posledních letech postupně vyvíjeny vysokohodnotné betony, samozhutňující betony, různé druhy betonů vyztužených vlákny, nové typy superplastifikátorů a nové techniky míchání betonů. Nový vývoj betonu je mnohem zajímavější v oblasti prefabrikace než pro ostatní způsoby výstavby, protože vysoké nároky na materiál lze snadněji splnit v podmínkách tovární výroby. Uplatněním těchto materiálů může prefabrikace získat vlastní přímé technické a ekonomické výhody.

Vysokohodnotný beton (VHB)

Beton pevnosti více než 80MPa je v některých zemích běžně používán při výrobě prefabrikátů. Hlavní uplatnění je u silně zatížených sloupů, kde se výrazně zmenší průřezová plocha. Další uplatnění je u mostních a střešních nosníků velkých rozpětí, výrobků s náročnými požadavky na trvanlivost atd.

Drátkobeton

Tento druh betonu získává stále větší důležitost. Je prokázáno, že ocelová vlákna jsou schopna nahradit konvenční třmínky, zejména u předpjatých konstrukcí. To otvírá nové perspektivy pro automatický výrobní proces u mnoha prefabrikovaných výrobků.

Některé aplikace jsou již běžné, ale některé jsou pouze ve fázi experimentů. Naléhavá je potřeba nových předpisů pro návrh, výrobu a zajištění kvality tohoto typu prvků.

Samozhutnitelný beton

Použitím tohoto druhu betonu je snižována hladina hluku ve výrobnách, zlevňovány náklady na bednění a je také usnadňována betonáž silně vyztužených konstrukcí. Také u výrobků ze samozhutnitelných betonů je zapotřebí nových předpisů pro návrh a výrobu.

Hlavní přednosti při aplikaci těchto materiálů jsou snadná betonáž, hutnění bez rozmišení betonu, vyšší pevnost, rychlejší náběh pevnosti, větší hutnost, lepší objemová stabilita, delší životnost a odolnost.

VÝVOJ ZAVEDENÝCH PRODUKTŮ

Dutinové panely

Jedna z neefektivnějších stropních konstrukcí je konstrukce z dutinových panelů. Vzhledem k velkému zájmu o tento výrobek a vytvoření nových trhů a aplikací byla již vypracována řada výzkumných prací a další současně probíhají. Komise si dala za úkol informovat projektanty o vývoji dutinových panelů a vypracovat a publikovat předpisy, doporučení a příklady použití, plynoucí z výzkumu těchto konstrukcí.

Střešní prvky z lehkého betonu

Negativní vlastností betonu je jeho velká vlastní hmotnost. Poslední vývoj štíhlých střešních nosníků velkých rozpětí vede k redukci jejich vlastní hmotnosti použitím lehkého betonu a optimalizací jejich průřezů. Tyto jsou navrhovány s tenkými stěnami vyztuženými vlákny a vylehčenými otvory.

VÝVOJ RACIONÁLNÍCH KONSTRUKČNÍCH SYSTÉMŮ

Kromě klasických požadavků na kvalitu, trvanlivost a nízké náklady bude stavební průmysl konfrontován v blízké budoucnosti

Obr. 1 Administrativní budova ve Finsku je kombinací prefabrikátů, monolitu a oceli

Fig. 1 Administrative building in Finland is a combination of prefabricated units, a monolith and steel



s novými požadavky na výkonnost, pružnost použití, přizpůsobivost, demontovatelnost, recyklovatelnost atd.

Soutěž mezi různými konstrukčními materiály a systémy je hodnocena podle kvality provedení a ceny. Úspěšně bude konkurovat systém, který efektivně využije daný prostor, nabídne otevřenou dispozici bez omezení pro různý druh využití nebo umožní výměnu kterékoliv části konstrukce po vypršení doby její životnosti a případně usnadní její demolici.

VÝVOJ VÝKONNÝCH VÝROBNÍCH TECHNOLOGIÍ

Očekávané změny a vývoj bude záviset zejména na vztahu k životnímu prostředí, pracovním podmínkám, kratší pracovní době apod. Automatizace výroby bude dominantní změnou ve výrobě prefabrikátů v dalších dekádách. Máme dobré příklady automatizace výroby betonových potrubí a menších výrobků, vyráběných ve velkých sériích, jako jsou dlaždice, stožáry, pražce apod. Začíná se s automatickou výrobou dutinových panelů. Výhodná je výroba předpjatých prvků na dlouhých drahách, kde je ve srovnání s železobetonem vykazována větší kapacita a nižší pracnost.

PROGRAM KOMISE Č. 6 – PREFABRIKACE V POSLEDNÍCH LETECH

Oblasti zájmů komise jsou zejména v podpoře vedení a koordinace výzkumu a vývoje prefabrikovaného betonu na univerzitách v různých zemích, vytváření praktických průvodců pro návrh a výrobu, doporučení pro praxi, vytváření koncepce pro tvorbu norem.

Program komise je rozdělen do několika aktivních pracovních skupin, které se zabývají tématy:

- předpjaté prefabrikované dutinové stropy
- styky prefabrikovaných konstrukcí
- hybridní konstrukce
- vliv prefabrikace na životní prostředí
- levné bydlení
- prefabrikované mosty

Obr. 2 Lepené dřevěné nosníky a sloupky nesou prefabrikovanou stropní desku

Fig. 2 Glued timber beams and columns carry a prefabricated ceiling slab



Předpjaté prefabrikované dutinové stropy

Tato pracovní skupina je aktivní již řadu let. V roce 2002 vydala již třetí publikaci praktických doporučení a další publikace se připravuje. Skupina se v současné době zabývá kroucením panelů, návrhem velkých otvorů, přenosem vodorovných a nestatických zatížení.

Styky prefabrikovaných konstrukcí

Styky patří k nejdůležitějším článkům prefabrikace. Jejich správný návrh je předpokladem úspěchu prefabrikace. Styky musí vyhovět různorodosti návrhů a použití a současně musí splňovat ostatní kritéria související s výrobou, manipulací, skladováním a montáží. V literatuře sice existují dobré příklady styků, ale jsou často nepoužitelné pro konkrétní případy. Aby se vyplnila tato mezera, pracovní skupina připravuje praktického průvodce pro návrh styků. Dokument se bude zabývat hlavně principy pro návrh styků a základním mechanismem přenosu sil v konstrukci.

Hybridní (smíšené) konstrukce

Použití prefabrikovaných konstrukcí v kombinaci s jinými stavebními prvky jako je monolitický beton, zdivo, ocel a dřevo, rozšiřuje možnost jejich uplatnění. Hybridní prefabrikovaná konstrukce je termín, který popisuje kombinaci prefabrikátu s jedním nebo více nebetonovými stavebními elementy v jedné konstrukci. Tyto konstrukce nelze zaměňovat se spřaženými konstrukcemi, které využívají výhodu kombinace různých materiálů v jednom průřezu, vyplývající z jejich typických fyzikálních vlastností (např. spřažené ocelobetonové nosníky).

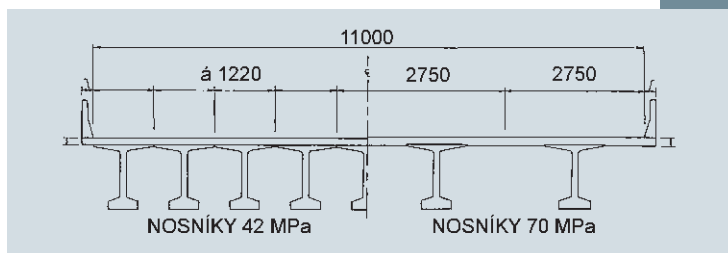
Kombinace prefabrikátu s jinými materiály (obr. 1 a 2) přináší mnoho výhod oproti použití pouze jednoho materiálu. Hybridní nebo chcete-li smíšené konstrukce mohou být důležitým prvkem pro splnění architektonických požadavků a zrychlení postupu výstavby. Tím současně umožňují snížení stavebních nákladů. Užítí těchto smíšených konstrukcí je zejména ve víceposchodových budovách, garážích, průmyslových budovách, rodinných domech apod.

Oproti monolitické konstrukci vyžadují hybridní konstrukce méně skruže, bednění, mokrého procesu, méně práce na stavbě a méně zdržení vlivem špatného počasí. Celková úspora času je cca 20%.

V porovnání s ocelovou konstrukcí vyžadují hybridní konstrukce méně prvků, méně protipožární ochrany, méně mokrého procesu a práce na stavbě. Nedochází tolik ke zdržení vlivem špatného počasí a celková úspora představuje 10 až 15% času.

Vliv prefabrikace na životní prostředí

Otázky vlivu životního prostředí na výstavbu budou stále důležitější. Z tohoto důvodu byla vytvořena nová komise *fib*, která se obecně zabývá problematikou vlivu betonových konstrukcí na životní prostředí. Všechny nové a současně probíhající práce v této problematice budou koordinovány touto komisí. Komise pro prefabrikaci podporuje práci v nové skupině a někteří její členové se na ní také aktivně podílí. Hlavními směry, které je nutno zdůraznit, jsou způsoby recyklování betonu v prefách, scénáře a příklady životního cyklu prefabrikovaných výrobků; systémy, využívající akumulaci tepla v prefabrikovaných stropích pro snížení nákladů na vytápění a chlazení; možnosti demontáže a opakovaného použití betonových elementů.



Obr. 3 Vliv pevnosti betonu na počet nosníků

Fig. 3 The effect of strength of concrete on the number of the beams

Levné bydlení

Dalším problémem, kterým se zabývá komise pro prefabrikaci, je nalézt levný typ a způsob výroby obydlí pro chudé a přelidněné oblasti světa. Zajistit slušnou životní úroveň bydlení v těchto oblastech bude stále důležitější a *fib* má velký zájem se této problematice věnovat.

Prefabrikované mosty

Nedávno byla dokončena studie, která zmapovala současný stav a vývojové tendence prefabrikovaných mostů. Jedná se zejména o typologii prefabrikátů pro mosty (podélné nosníky, segmenty, úložné prahy, pilíře), způsoby uložení (prosté a spojitě konstrukce mostů), výrobu, dopravu a montáž. Práce skupiny probíhá v několika stupních. V prvním stupni to byla studie, která zmapovala typy prefabrikovaných mostních konstrukcí a zhodnotila jejich výhody a nevýhody na základě zkušeností z historie a současnosti. Druhý stupeň této práce bude vytvoření „Praktického průvodce pro návrh a praxi“. Ve třetím stupni budou nové poznatky shrnuty v „Technických doporučeních pro návrh a výrobu“, které budou sloužit jako základ koncepce pro tvorbu norem.

Velmi důležitou disciplínou návrhu prefabrikovaných mostů je jejich estetické ztvárnění, které bývá často předmětem kritiky. Na příkladech se dá ukázat, že je možné se s tímto aspektem úspěšně vypořádat. Jsou navrhovány speciálně tvarované krajní nosníky, půdorysně zakřivené nosníky a nebo nosníky s proměnnou výškou v příčném řezu.

Za zmínku stojí také některé nové trendy ve vývoji betonových konstrukcí, které je zvláště vhodné využít pro prefabrikova-

BETOSAN[®] sanační a speciální materiály pro stavebnictví

sanace železobetonu OBCHODNĚ-TECHNICKÁ KANCELÁŘ
Na Dolinách 23
147 00 Praha 4
mobil: 602 121 617
tel./fax: 241 431 212
e-mail: praha@betosan.cz

příklady do betonu, náhrada betonu

hydroizolace

sanace vlhkého a zasoleného zdiva

podlahové systémy

speciální maltoviny

materiály na bázi syntetických pryskyřic

prodejní sklad PRAHA mobil: 602 344 891
výroba a prodejní sklad BATELOV mobil: 606 331 430
prodejní sklad PLZEŇ mobil: 603 294 091
prodejní sklad BRNO mobil: 603 711 464

www.betosan.cz Držitel certifikátu ČSN EN ISO 9001:2001



Obr. 4 Prosecká estakáda

Fig. 4 Prosek's elevated road

né mosty. Jedná se o mosty z vysokohodnotného betonu a integrované mosty.

O výhodách vysokohodnotného betonu (VHB) jsem se zmínil výše. U prefabrikovaných mostů z nosníků umožní použití VHB úsporu jejich počtu (obr. 3), zvětšení rozpětí polí (50 až 60 m) nebo snížení konstrukční výšky.

Protože jsme ve skutečnosti také omezeni možnostmi montážních a dopravních prostředků, lze na základě optimalizovaného návrhu uvažovat pro nosníky délky maximálně 37 m. Praktický rozsah pevností betonu je 70 až 90 MPa. Neméně podstatné jsou také dlouhodobé úspory nákladů, vyplývající ze snížené údržby a delší životnosti konstrukce.

Na konkrétním případě nosné konstrukce mostu můžeme porovnat návrh devíti nosníků z normálního betonu pevnosti 42 MPa a návrh čtyř nosníků z vysokohodnotného betonu pevnosti 70 MPa.

Příkladem konstrukce, která využívá všech podstatných výhod kombinace prefabrikace a monolitu byla rekonstrukce významné pražské estakády mezi Prosekem a Vysočany (obr. 4). Poškozenou nosnou konstrukci z nosníků KA – 61, stativa i pilíře bylo nutno v rámci rekonstrukce mostu nahradit novými konstrukcemi s požadovanou zatížitelností. Návrh lehké prefabrika-

vané vrchní stavby umožnil využití původního založení mostu, navrženého na menší zatížení. Nový konstrukční systém byl v celé délce mostu navržen spojitý, dilatační spáry jsou pouze na koncích mostu. Nová půdorysně zakřivená konstrukce o třinácti polích má celkovou délku 253 m.

V příčném řezu je nosná konstrukce tvořena šesti dodatečně předpjatými prefabrikovanými nosníky T93, které jsou nad podporami zmonolitněny příčnicí s průběžnou výztuží desky. Nosná konstrukce je uložena na těchto příčnicích na dvojici hrncových ložisek. Tento konstrukční systém podstatně omezuje nároky na údržbu mostu, protože redukuje počet dilatačních spár i počet nutných ložisek na minimum. Oproti monolitu se použitím prefabrikovaných nosníků omezí množství skruže a bednění a zrychlí se postup výstavby mostu.

Mnoho zajímavých příkladů použití prefabrikátů v mostním stavitelství přináší studie vydaná komisí pro prefabrikaci v květnu 2004.

ZÁVĚR

Pohled na prefabrikaci v různých zemích světa je odlišný, ale v zásadě se mnoho neliší od našeho. Zdá se, že u nás se v posledních letech až příliš ustoupilo od této technologie, která byla a je na dobré úrovni. Vzhledem k současným možnostem dopravy je zřejmé, že prefabrikace je v mnoha případech ekonomickým řešením. Při stále větším důrazu na estetiku konstrukcí poskytuje použití prefabrikátů větší variabilitu, přesnost tvaru a lepší kvalitu povrchů.

Co se týče srovnání úrovně prefabrikace s vyspělými státy světa, lze konstatovat, že Česká republika je na velmi dobré úrovni a nemusí se stydět.

Ing. Ladislav Šašek, CSc.
zástupce ČR v komisi fib pro prefabrikaci
Mott MacDonald Praha, spol. s r. o.
Národní 15, 110 00 Praha 1
tel.: 221 412 822, fax: 221 412 810
e-mail: sasek@mottmac.cz, www.mottmac.cz

PRODEJ JEDNOTLIVÝCH ČÍSEL ČASOPISU

Dovolujeme si upozornit čtenáře, kteří mají zájem o jednotlivá čísla časopisu, tzn. že nechtějí využívat pohodlí předplatného, kdy jim pošta doručí každé číslo časopisu až do schránky, na možnost nákupu časopisu v několika prodejních odborné literatury a v redakci časopisu:

Knihkupectví Fraktály
Betlémské náměstí 169/5a
110 00 Praha 1

otevřeno: celý týden včetně soboty a neděle od 10 do 20 hodin

www.fraktaly.cz

Prodejna Akademického nakladatelství CERM
Veveří 95 (Stavební fakulta), 662 37 Brno

otevřeno: v pondělí a ve středu od 8 do 17 hod., v úterý a ve čtvrtek od 8 do 15 hodin a v pátek od 8 do 13 hodin

Prodejna technické literatury v Praze-Dejvicích, bohužel, ukončila prodej časopisu v roce 2004.

Při nákupu časopisu v redakci doporučujeme předem telefonickou domluvu termínu.

Jednotlivá čísla časopisu je možno si **vypůjčit** v Národní knihovně ČR, Státní technické knihovně a Městské knihovně hl. m. Prahy, Moravské zemské knihovně v Brně, v krajských knihovnách v Karlových Varech, v Havlíčkově Brodu, v Pardubicích, ve Zlíně, ve vědeckých knihovnách v Českých Budějovicích, v Kladně, v Plzni, v Ústí nad Labem, v Liberci, v Hradci Králové, v Ostravě a v Olomouci a ve fakulturních knihovnách v Praze, Brně a Ostravě.