

NÁRODNÍ TECHNICKÁ KNIHOVNA NATIONAL TECHNICAL LIBRARY



Obr. 1 Pohled na rozestavěnou budovu knihovny

Fig. 1 View of the library building under construction

Objekt má šest nadzemních a tři podzemní podlaží. V podzemní části bude umístěn parking, sklad knih a technické zázemí. 1. a 2. NP mají charakter veřejný (obr. 2) s doplňkovými funkcemi a budou prostorem volné komunikace a setkávání návštěvníků areálu vysokých škol. V těchto podlažích bude také umístěn přednáškový sál, výstavní prostor, pobočka Městské knihovny, noční studovna a kavárna. V nadzemních podlažích budou umístěny především volné výběry fondů, studovny, učebny a administrativní zázemí knihovny.

**PAVEL KASAL, LUDMILA KOSTKOVÁ,
PAVEL SMÍŠEK, PAVEL VANĚK**

Objekt Národní technické knihovny využívá moderní technologie. Velkorozponové stropy nadzemních podlaží jsou předepnuté. Systém chlazení a topení je integrován do betonové konstrukce stropů. V celé budově jsou navrženy betonové konstrukce v kvalitě pohledového betonu. The building of the National Technical Library exploits modern technology. Large-span ceilings of the above-ground storeys are pre-tensioned. The cooling and heating system is integrated in the concrete structure of the ceilings. Concrete structures in the top layer quality are designed throughout the entire building.

Národní technická knihovna (NTK) vyrůstá v Praze 6 mezi ulicemi Thákurova a Studentská, poblíž ulice Technická u Flemingova náměstí. Vzhledem k svému umístění v těsné blízkosti budov Vysoké školy chemicko-technologické, Fakulty stavební a Fakulty strojní ČVUT stane se knihovna nedílnou součástí tohoto vysokoškolského komplexu technických škol (obr. 1), a bude tak plnit nejen funkci jejich centra, ale i servisu pro různé technické vědy.

Objekt Národní technické knihovny má v půdorysu tvar zaobleného čtverce o vnějších rozměrech cca 75 x 75 m. Uprostřed budovy je umístěno obdélníkové atrium 17,3 x 28,35 m, které je otevřeno až do 6. NP a je zakryto ocelovou konstrukcí světlíku.

NOSNÁ KONSTRUKCE OBJEKTU

Objekt NTK se skládá ze dvou samostatných dilatačních částí. Celá hlavní budova knihovny tvoří jeden dilatační celek. Druhým dilatačním celkem je jednopodlažní konstrukce vnějších ramp a zásobovacího dvora.

Obr. 2 Pohled do vnitřního prostoru přízemí budovy

Fig. 2 View of the interior of the ground floor of the building

Obr. 3 Sloupy s hlavicemi v obvodové části stropu

Fig. 3 Columns with heads in the peripheral part of the ceiling



2



3

Nosný systém hlavní budovy tvoří železobetonový monolitický skelet převážně s deskami působícími ve dvou směrech. Primární modulový systém nadzemních podlaží je 15 x 15 m. V suterénních prostorách je zahuštěn rastrem sloupů v osových vzdálenostech 7,5 x 7,5 m. Systém sloupů je doplněn stěnami komunikačních a instalačních jader.

Objekt je založen na monolitické základové desce proměnné tloušťky v rozmezí 500 až 1 600 mm. Proměnnost tloušťky základové desky vyplývá z nutnosti zajištění desky proti protlačení pod sloupy.

V podzemních podlažích jsou monolitické obvodové stěny, působící jako spojitý nosník podpírané stropními deskami a základovou deskou zatíženou zemním tlakem. Stropní konstrukce podzemních podlaží je v prostoru garáží tvořena převážně deskou konstantní tloušťky 250 mm. Tato deska je místně (z důvodu vyššího zatížení) doplněna kruhovými hlavicemi o průměru 3 m tloušťky 250 mm pod desku. Stropní konstrukce centrální části budovy, vynášející velká zatížení od depozitářů, je navržena jako trámová s průvlakem v osové vzdálenosti 7,5 m příčného průřezu 700 x 650 mm na rozpětí 7,5 m. Průvlak vynášejí trámy příčného průřezu 350 x 550 mm v osové vzdálenosti 2,5 m, které podpírají desku konstantní tloušťky

150 mm. Sloupy v podzemních podlažích jsou dle potřeb dispozice jednak kruhové o průměru 500 až 900 mm, jednak obdélníkového průřezu 250 x 500 mm až 500 x 1 300 mm.

Z důvodů větší flexibility dispozičního řešení prostoru v nadzemních podlažích je zde navržena velkorozponová konstrukce s modulem 15 x 15 m. Základním nosným systémem všech stropů v nadzemní části objektu je obousměrně předepnutá stropní deska konstantní tloušťky 300 mm doplněná v místě sloupů kuželovými hlavicemi (obr. 3). Ve střední části objektu mají hlavice průměr 6 m, u obvodových sloupů průměr 4,5, resp. 5 m. Výška hlavice včetně konstrukce desky se pohybuje od 800 do 1 000 mm v závislosti na průměru sloupu a světlé výšce podlaží. Svislé konstrukce tvoří sloupy o průměru 500 až 900 mm a stěny komunikačních a instalačních jader tloušťky 200 až 250 mm. Vnější okraje stropních desek i obvody vnitřních atrií nadzemních podlažích jsou ztuženy parapetními nosníky.

Hlavní schodiště jsou navržena jako kombinace železobetonových prefabrikovaných schodišťových ramen a monolitických podest. Schodiště v atriu je pak plně monolitické.

Technicky zajímavá je střední část stropu nad 1. NP, který vlastně tvoří podlahu

Materiál	Objem	
konstrukční beton [m ³]	19 450	
výztuž [t]	měkká	3 130
	přepínací	310
bednění [m ²]	53 300	

Tab. 1 Hlavní objemy

Tab. 1 Volume of main materials

atria. Tento strop je zavěšen za okraj stropu nad 2.NP pomocí předpjatých betonových táhel o průměru 250 mm.

HYDROIZOLACE SPODNÍ STAVBY

Ochrana proti průniku podzemní vody a zemní vlhkosti do vnitřních prostor objektu je zajištěna použitím kombinace bentonitových rohoží a vodonepropustné železobetonové konstrukce. Vzhledem k tomu, že hladina podzemní vody se nachází hlouběji než základová spára, je vodonepropustná betonová konstrukce provedena pouze do úrovně stropu

Obr. 4 Předpínací kabely v oblasti hlavice

Fig. 4 The tendons in the drop area

Obr. 5 Aktivní a pasivní kotvení systému SO 6-4

Fig. 5 Stressing and dead-end anchorages of the SO 6-4 system





Obr. 6 Dokončený díl 1, probíhá ukládka dílu 2

Fig. 6 Just finished part 1, placing of the part 2 in progress

nad 3. PP. Vyztužení železobetonové konstrukce základové desky a obvodových stěn ve 3. PP je tedy navrženo na maximální výpočtovou šířku trhlin 0,2 mm a konstrukce je postavena z vodostavebního betonu, pracovní spáry jsou těsněny těsnícím plechem potaženým bituménem. Do obvodových stěn byly vkládány

Obr. 7 Kotevní kapsy po injektáži kabelů

Fig. 7 Stressing pockets after grouting of the tendons

Obr. 8 Ukládka předpínacích kabelů 3.NP

Fig. 8 Tendon placing of the 3rd floor

tzv. trhačí lišty, kterými jsou předurčena místa vzniku smršťovacích trhlin a zároveň jsou tyto trhliny těsněny vůči průniku vody.

PŘEDPĚTÍ STROPNÍCH KONSTRUKCÍ

Stropní desky v nadzemních podlažích bylo nutné z důvodů velkých rozpětí obousměrně předepnout. Desky jsou předpínané dodatečně lanovým předpínacím systémem SO 6-4 se soudržností s pasivní kotvou typu H 6-4. Použity tak byly čtyřlanové kabely v plochých kanálkách, které jsou vhodné pro předpínání tenkých deskových konstrukcí z důvodu dosažení maximální excentricity přepínací výztuže vůči střednicové rovině předpínané konstrukce. Stropní deska je silně vyztužena těmito kabely ve sloupových pružích, kde je jedenáct kabelů s osovou vzdáleností 400 mm (obr. 4). Ve specifických případech je osová vzdálenost zkrá-

cena v jednom směru dokonce na polovinu. Mezipodporové pruhy jsou vyztuženy předpínacími kabely s typickou osovou vzdáleností 1 500 mm. Kabely jsou kládeny tak, aby u okraje stropní konstrukce byly vždy vystřídány kabely s aktivní a pasivní kotvou (obr. 5).

Aby tuhá protilehlá komunikační jádra umístěná vždy cca v polovině strany zaobleného čtvercového půdorysu budovy nebránila vnesení plnohodnotné předpínací síly do stropní konstrukce, byla dilatačně oddělena od stropní konstrukce tak, že stropní konstrukce je na stěnách jader uložena na kluzných ložiscích. Tento konstrukční detail zajistil, že vnesením předpínací síly do stropních desek nejsou namáhána komunikační jádra, a bylo tak vyloučeno riziko vzniku trhlin v okolí jader.

Celkově bylo nainstalováno přibližně 310 t předpínací výztuže, 63 km ocelových kanálků, 2 200 aktivních a 2 200 pasivních kotev do šesti nadzemních podlaží konstrukce v rytmu jedno patro za jeden měsíc.

Základním úkolem v přípravné fázi projektu bylo sladění potřeb jednotlivých prací při ukládce stropních desek. Nejednalo se „jen“ o koordinaci předpínacích, železářských a betonážních prací, ale navíc i o ukládku systému podlahového vytápění integrovaného do nosné konstrukce.

Při návrhu betonážních úseků bylo nutné zohlednit především postup ukládky předpínacích kabelů (obr. 6). Převážná část kabelů je kotvena v líci konstrukce a dosahuje tedy maximální délky vymezené půdorysem konstrukce. Pro ukládku těchto kabelů bylo nutné zajistit bednění i sousedních úseků. Navíc s ohledem na typ konstrukčního systému se vrstvy



předpínacích kabelů střídají, v základním případě jsou spodní vrstvou kabely ve směru „x“, ovšem v deskovém pruhu nad skrytým průvlakem ve směru „y“ se nevyhnutelně dostávají do horní vrstvy, což dále zvyšovalo náročnost ukládky. Tuto okolnost bylo nutno zohlednit v návrhu pracovních spár jednotlivých stropních konstrukcí, a tedy i počtu a velikosti betonážních úseků. Nakonec byla vybrána varianta se šesti betonážními úseky, která byla během výstavby od úrovně 3. NP dále optimalizována na pět úseků.

Mezi další specifika projektu patří detaily v oblasti aktivních kotev (obr. 7). V některých případech dobíhají předpínací kabely do líce konstrukce pod dosti ostrým úhlem a kotevní kapsy jsou z tohoto důvodu poměrně hluboko zapuštěné. Kapsy bylo nutné technologicky vyřešit tak, aby se spára jejich dobetonávky neprokreslovala do spodního pohledového líce stropu. To bylo zajištěno minimalizací výšky kotevního čela, čímž se otevřela možnost provedení betonáže kotevní kapsy v její spodní části až do líce konstrukce současně při betonáži stropní desky.

Předpínací kabely byly sestavovány přímo v bednění z důvodu jejich délky a střídání jejich vrstev s pouze minimálním využitím prefabrikace (obr. 8). Nejprve probíhala montáž aktivního kotvení do čela bednění a na připravené podpory

byl sestaven kanálek v požadované délce kabelu. Následně byla směrem od pasivního kotvení prostrkána lana. Po osazení injektážních a odvzdušňovacích napojení ve vrcholech kabelu a v oblasti kotvení byla zahájena ukládka horní výztuže. Doba ukládky předpínacích kabelů jednoho patra trvala pouze čtrnáct dnů.

Po betonáži a dosažení pevnosti betonu 24 MPa bylo zahájeno napínání. Tomu bezprostředně předcházela příprava před napínáním, která zahrnuje vyjmutí plastových bednicích dílců kotvení a osazení litinových kotevních hlavice SO 6-4 a kotevních klínků. Napínací postup byl v projektu rozdělen do čtyř etap. V podstatě se jednalo o postupné napnutí každého čtvrtého kabelu po obvodě. S ohledem na množství kotev tento postup neměl zásadní vliv na produktivitu, napnutí jednoho patra bylo provedeno během pěti dnů.

Kabely byly injektovány po dokončení každé stropní úrovně. Ačkoliv se jednalo o délku kanálků cca 10,5 km, injektáž patra byla provedena během tří dnů.

POHLEDOVÝ BETON

Povrch téměř všech železobetonových konstrukcí budovy NTK je navržen jako pohledový beton. Tyto betonové plochy po odbednění zůstávají již jako finální povrchy konstrukcí bez překrytí další vrstvou (omítkou, obkladem) a budou pouze natřeny ochranným bezbarvým nátěrem zajišťujícím jejich bezprašnost. Na betonových plochách zůstává viditelný rastr bednicích překližek a rastr míst po spínání bednění. Oba rastry byly předem stanoveny architektem s ohledem na použitý typ bednění. Na každou konstrukci byl vypracován projekt nasazení bednění s vyznačením spárořezu.

Na bednění svislých vnitřních konstrukcí bylo použito bednění PERI TRIO Struktur. Základem tohoto bednění jsou panely rámového bednění TRIO, jejichž povrch je opatřen hladkou překližkou, která překrývá i ocelový rám panelu a nedochází tak k otisku rámu do betonu. Při betonáži byla využívána vysoká únosnost a tuhost rámového bednění i větší variabilita nasazení bednění na různé typy konstrukcí než u bednění nosníkového, které je zpravidla navrženo a vyrobeno právě na jednu danou konstrukci. Povrch bednění vytvářely hladké překližky o rozměrech 1 250 x 2 500 mm. Spínání bednění bylo navrženo ve vodorovném směru ve vzdálenosti 1 250 mm a bylo vždy umístěno osově na styku dvou sousedních překližek.

Půdorysně zakřivená obvodová stěna suterénních prostor byla bedněna systémem PERI RUND FLEX. Šířka základních vnitřních panelů byla 2 400 mm.

Pro kruhové sloupy bylo použito ocelové kruhové bednění. Bednění každého sloupu bylo půdorysně natočeno tak, aby svislé švy bednění navazovaly na spárořez stropů resp. spárořez hlavice.

Vodorovné konstrukce byly bedněny příhradovými dřevěnými nosníky, plášť byl vytvořen překližkou v základním rozměru 625 x 2 500 mm. Překližky byly opět kladeny dle předem stanoveného spárořezu, jehož základní rastr odpovídal rastru modulových os objektu.

Velmi náročné bylo provedení bednění kuželových hlavice sloupů. Bednění muselo být navrženo tak, aby přeneslo poměrně značné zatížení od vrstvy betonu tloušťky až 1 m bez větších deformací. Po zvážení několika možných systémů bednění od použití systémových prvků až po výrobu speciálních dřevě-

Obr. 9 Bednění hlavice sloupu

Fig. 9 Formwork of the head of the column

Obr. 10 Dokončené bednění stropu s hlavici nad sloupy

Fig. 10 Completed formwork of the ceiling with heads above the columns





Základní údaje o stavbě

Investor	Státní technická knihovna	
Architekt	Projektíl architekti, s. r. o.	
Projektant statické části	spodní stavba	Helika, a. s.
	vrchní stavba	PPP, spol. s r. o.
Generální dodavatel	Sdružení Metrostav, a. s. a OHL ŽS, a. s.	
Dodavatel železobetonové konstrukce	Metrostav, a. s., divize 6	
Dodavatel předpínacího systému	VSL SYSTÉMY (CZ), s. r. o.	

ných ramenátů jsme zvolili takovou konstrukci bednění hlavice, která jako hlavní nosný prvek využila běžně užívané dřevěné příhradové nosníky. Základem se stal nosný trojúhelníkový prvek, sestavený z typových dřevěných příhradových nosníků doplněných dřevěnými hranoly a překližkou. Takto vyrobené prvky byly paprskovitě uloženy na předem připravenou vodorovnou podpěrnou konstrukci hlavice (obr. 9). Plášť bednění hlavice

ce tvořily dvě vrstvy tenké překližky (10 a 6 mm), které umožnily překližku skroužit do požadovaného tvaru kuželové plochy. Bednění kuželové plochy každé hlavice bylo složeno z jednotlivých výsečí tak, že každá překližka vytvořila šestnáctinu kuželové plochy (obr. 10).

POSTUP VÝSTAVBY

Postup výstavby objektu byl značně ovlivněn hned několika skutečnostmi:

Obr. 11 Vývody topného systému uloženého v konstrukci stropu

Fig. 11 Outlets of the heating system placed in the floor structure

Obr. 12 Výztužná hlavice sloupu před montáží předpínací výztuže

Fig. 12 Reinforcement of the head of the column before tendon placing

Obr. 13 Budova knihovny při betonáži nejvyššího stropu

Fig. 13 Library building during concreting of the top ceiling



- požadavkem výstavby betonových konstrukcí v kvalitě pohledového betonu,
- nutností předpětí velkorozponových stropních konstrukcí,
- zvoleným systémem vytápění budovy pomocí topných rohoží integrovaných do středu tloušťky betonové stropní konstrukce (obr. 11).

Všechny profese podílející se na výstavbě železobetonových konstrukcí a návaznost jednotlivých činností, které byly nutné provést při výstavbě, byly předem důkladně analyzovány. Z časového hlediska byla nejnáročnější výstavba stropů nadzemních podlaží s předpínacími stropy.

Na výstavbě železobetonových kon-

strukcí stropu se kromě tradičních profesí, jako je tesař, železář a betonář, podíleli také elektrikáři, montážníci předpínací výztuže a instalatéri, kteří prováděli ukládku topného systému.

Výstavba stropu zahrnovala následující činnosti:

- bednění hlavic sloupů
- bednění desky stropu
- montáž elektrorozvodů
- uložení spodní vrstvy měkké betonářské výztuže
- montáž distanční výztuže pro tvrdou předpínací výztuž
- ukládka předpínací výztuže
- montáž distanční výztuže pro potrubí topení
- montáž topného systému
- montáž distanční výztuže vrchní vrstvy betonářské výztuže
- ukládka vrchní vrstvy betonářské výztuže
- kompletace předpínacího systému – montáž odvodušnění
- kompletace topení a elektrorozvodů
- betonáž.

Výstavba jednoho stropu nadzemní-

ho podlaží trvala díky vynikající koordinaci všech výše uvedených činností pouze 28 dní.

ZÁVĚR

V České republice byly postaveny již desítky dodatečně předpínaných nosných konstrukcí. Konstrukce Národní technické knihovny však patří k těm nejvýznamnějším, neboť z pohledu použité technologie dodatečného předpínání v některých parametrech překonává ostatní do této doby dokončené projekty a také rozsahem použití pohledového betonu se jedná o jednu z největších staveb u nás.

Náročnost výstavby takovéto konstrukce byla umocněna volbou konstrukčního systému (velkorozponové předpínané stropy) se způsobem vytápění objektu pomocí podlahových rohoží. Tato kombinace technických a technologických řešení z ní ve výsledku činí konstrukci dosti unikátní, zvláště přihlédneme-li k tomu, že hrubá stavba byla dokončena za pouhých deset měsíců.

Dodržet velmi náročný postup prací se

podarilo i díky spolupráci zúčastněných dodavatelských firem s projektantem konstrukce v předrealizační fázi a odpovídajícímu nasazení zdrojů.

Ing. Pavel Kasal, Ph.D.

e-mail: kasal@metrostav.cz

Ing. Ludmila Kostková

e-mail: kostkova@metrostav.cz

oba: Metrostav, a. s., divize 6

Bystrá 2243, Praha 9

tel.: 266 011 600, fax: 266 011 633

www.metrostav.cz

Ing. Pavel Smíšek

Ing. Pavel Vaněk

oba: VSL SYSTÉMY (CZ), s. r. o.

V Násypu 339/5, Praha 5

tel.: 251 091 680, fax: 251 091 699

e-mail: vsi@vsl.cz, www.vsl.cz

fotografie na obr. 1, 4 až 8 z archívu

VSL SYSTÉMY (CZ), s. r. o., obr. 3 a 9 až 13

z archívu Metrostav, a. s.



Vaše spojení s vývojem nových technologií

DODATEČNÉ PŘEDPÍNÁNÍ • konstrukcí budov • spínání budov • bezesparé podlahy • mostních konstrukcí • sil, nádrží, zásobníků • mostní závěsy • prodej předpínacích tyčí **TECHNOLOGIE** • manipulace s těžkými břemeny • výsuv mostních konstrukcí • letmá betonáž • mostní segmenty **GEOTECHNIKA** • opěrné stěny • trvalé zemní kotvy



VSL SYSTÉMY (CZ), s.r.o.
V Násypu 339/5, 152 00 Praha 5
tel: +420 251 091 680
fax: +420 251 091 699
e-mail: vsi@vsl.cz, http://www.vsl.cz

