

Konstrukce nové provozní budovy České televize v Praze

Bohumil Brůna

Nosné konstrukce budovy - zatížení a výpočet železobetonových částí konstrukce - založení objektu - uspořádání výztuže v deskách - pracovní spáry při betonáži - hlavní nedostatky při projektování a provádění konstrukcí.

Reinforced concrete structure of a television building - actions and structural analysis - foundation of the building - arrangement of the reinforcement in slabs - working joints - main shortages in the design and execution of the building.

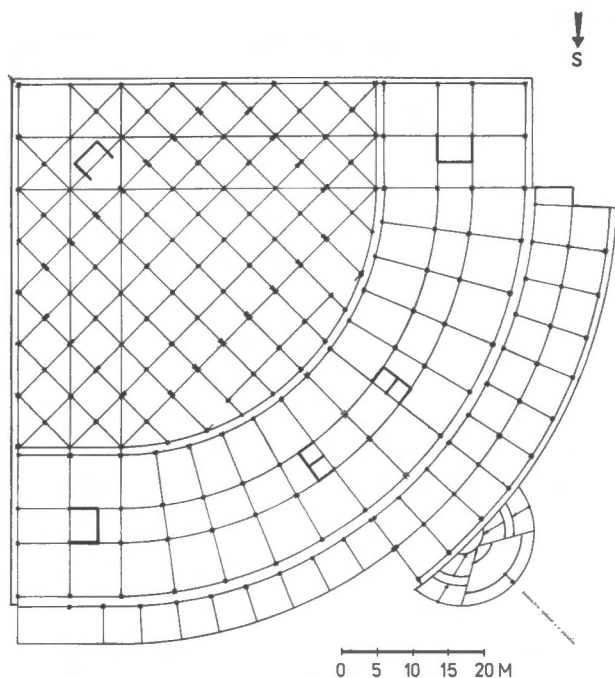
Na konci roku 1995 byla objektem nové provozní budovy ukončena výstavba souboru objektů České televize ve východním sektoru Kavčích hor v Praze 4. Budova dispozičně navazuje na dříve realizované objekty společné techniky, dílen, skladů a patrových garáží. Do nové budovy se postupně přemísťují provozy z několika lokalit v centru města. Mezi nimi i z objektu bývalé „Měšťanské besedy“, který převzala televize NOVA. Z části má budova sloužit i veřejnosti, ať již restaurací či obchody v přízemní části. Půdorysně je objekt provozní budovy dosti rozlehlý. Zaujímá zhruba čtvrtkruhovou výseč o poloměru přibližně 100 metrů (obr. 3). Výseč je rozdělena do tří sekcí, v nichž jsou provedeny tři odlišné druhy konstrukcí, vzájemně oddělené dilatácemi sledujícími oblouk výseče.



Obr. 1 – Pohled od jihozápadu na téměř dokončenou hlavní část stavby / North-west view of nearly completed main part of the building

Obr. 2 – Pohled na hlavní část budovy přes podnož vnitřní sekce, atrium podnože mezi budovou a objektem parkingu je uzavřeno stěnou ze žaluzií / View of the main part of the building through of the inner section. The sub-footing atrium between the building and the parking facility is closed by the louver wall





Obr. 3 – Půdorys dostavby objektu České televize / Plan of the Service Building

Vnitřní sekce budovy je opět přibližně čtvrtkruhová. Její nosnou konstrukci tvoří železobetonové jednopatrové rámy výšky 4,5 m, orientované ve směru diagonály, mezi kterými je pnuta spojitá stropní deska. Rozpony rámových i deskových polí jsou převážně 5,09 m. Zakřivený kraj desky je lemován spojitým trámem. Průběžným trámem jsou spojeny i hlavy krajní řady sloupů na jižní straně, přisazené k objektu parkingu. Krajní sloupy východní strany jsou z vnější strany propojeny stěnou zachycující zásyp konstrukce. Sekce je pod úrovní terénu a byla navrhována jako podnož pro dvě varianty nástaveb. První z nich měla být *nástavba pro návazné provozy televize*. Měla sledovat oba přímé kraje sekce a byla navrhována jako ocelový čtyřpodlažní jednotraktový skelet v půdorysném modulu 7,2 x 7,2 metrů. Druhou variantou nástavby je *ocelová hala studia*, šířky 25,5 m, výšky 15,0 m a délky 40,75 m, posazená na podnož napříč hlavní diagonály. Žádná z uvedených variant však zatím nebyla realizována. Místo nich bylo na části půdorysu podnože postaveno ocelové stupňovité hlediště, zbytek plochy slouží jako otevřená scéna.

Kromě sil od nástaveb, přenášených přímo do sloupů podnože, byla stropní konstrukce navržena na svislé normové zatížení 12 kPa. Střední sekce, která má půdorysný tvar výseče mezikruží o šířce 21,6 m, je hlavní částí *průvozní budovy*. Její nosnou konstrukci tvoří v převážné míře šesti-podlažní bezprůvlakový skelet z monolitického železobetonu. Jeho sloupy jsou v radiálním směru v modulech 7,5 + 5,0 + 7,5 m, v tangenciálním směru v úhlech 7,5°, což představuje rozpony 4,8 až 7,5 metrů. Na obou koncích výseče jsou dvě přímá pole v modulu 7,2 m. Desky pěti spodních stropů jsou po obvodě výseče konzolově vyloženy pouze 0,8 m, což není při rozpětí přílehlých polí 7,5 respektive 7,2 m optimální; obdobně je tomu u poměru rozpětí krajních polí k rozpětí středního pole trojtraktu, který má hodnotu 1,5. Sloupy skeletu mají převážně čtvercový průřez o straně 450 mm, v nejnižším podlaží o straně 600 mm. Část sloupů třetího podlaží na vnější straně oblouku, před odskočenou fasádou, má kruhový profil o průměru 530 mm. Byly navrženy jako ocelové trouby vyplněné betonem. Konstrukční výška pater zdola nahoru je 2 x 5,0 + 1 x 4,2 + 3 x 3,6 metrů. Krajní sloupy nejvyššího podla-

ží jsou nad polovinou délky zalomeny o 30° od svislice a jejich hlavy jsou v tangenciálním směru spojeny atikovými nosníky lichoběžníkového průřezu, sledujícími kruhové půdorysné zakřivení konstrukce. Železobetonové desky stropů této sekce byly navrženy v tloušťce 250 mm, takže při provedení z betonu B 30 ještě nevyžadovaly nad sloupy žádné hlavice. Přitom normové zatížení desek v patrech je 7,0 kPa v krajních traktech a 11 kPa v traktu středním (bez vlastní tíhy). Uvedená zatížení zahrnují vedle užitého nahodilého ještě zatížení od příček, podlah a úprav podhledů stropů. Deska střechy byla navržena pro normové zatížení 2,0 kPa. Kvůli své značné délce konstrukce byla rozdělena příčně na dvě části. Dilatace prochází podle hlavní diagonály stavby, sloupy podél ní jsou zdvojeny, avšak jen v nejniž-

ším podlaží. Nad ním železobetonová konstrukce odskakuje od dilatace symetricky o jeden podélný modul, čímž se vytváří prostor, do něhož je na výšku pěti podlaží vložena ocelová konstrukce vstupní a komunikační haly. Její prvky jsou pnuty mezi odskočené železobetonové části skeletu. Pro možnost osazení kotev ocelových prvků vložené konstrukce, byly kraje desek zesíleny trámy.



Obr. 4 – Pohled na část nedokončené konstrukce bezprůvlakového skeletu se schodištvým jádrem / View of the uncompleted part of the flat-slab car-casse structure with the staircase core

Prostorovou tuhost obou dilatačních částí železobetonového skeletu zajišťují dvě zrcadlově shodné dvojice stěnových jader schodišť a výtahových šachet, rovněž z monolitického železobetonu. Vlastní schodiště v jádrech však mají ocelovou konstrukci, kotevnu od stěn ocelovými hmoždinkami se šrouby. Jádra jsou situována ve středním traktu a nahrazují i příslušné sloupy modulové osnovy. Ze vzájemného odstupů jader a jejich natočení vyplývá, že celkové vodorovné přetvoření konstrukcí obou dilatačních částí je prováděno rotací kolem průsečíku hlavních os menší tuhosti dvojice jader (při zanedbání tuhosti sloupů). Ten je přibližně 51 m od kruhové střednice vnitřního traktu a není společný pro obě dilatační části.



Obr. 5 – Pohled mezi rozestoupené části skeletu s vloženými ocelovými konstrukcemi ochozů, průčelní stěny a střechy vstupní haly / View between spaced parts of the carcasse with inserted steel structures of the galleries, front wall and roof of the entrance hall

Uložení ocelové konstrukce vstupní haly musí ve všech výškových úrovních umožnit rozdíly v horizontálním přetvoření obou betonových částí konstrukce. Její prvky mají vždy na jedné straně kluzné uložení, ať již jde o dvakrát lomené schodnice ramen schodišť, nosníky plošin ochozů a střechy, či o konstrukci prosklených obloukových stěn fasád. Z ocelové konstrukce stěny vnějšího oblouku je vyložena 13 m trubková konstrukce vstupní pergoly, šířky 10 m a ve tvaru válcové plochy. Kromě uložení na konstrukci stěny je pergola zavěšena dvojicí šikmých ocelových táhel do krajních železobetonových sloupů. Další dvojice táhel vedených od pergoly šikmo dolů a ukotvených do atikové obruby třetí, rampové sekce,



Obr. 6 – Konstrukce předsazeného schodiště s pohledem vstupní pergoly / Structure of the overhanging staircase with the view of the entrance pergola

zajišťuje pergolu proti vztlaku větru. Celoskleněný plášť vstupní haly je na betonovém skeletu vystřídán skládaným pláštěm, jehož vnější kovová část s okny je dodávkou francouzské firmy Rinaldi-Structal. Příčky ve skeletu jsou jednak lehké, sádrokartonové v krajních traktech, ve vnitřním traktu zděné z dvouděrových cihel. V podlažích s větší konstrukční výškou jak 3,6 m byly dlouhé zděné příčky ztuženy ocelovými profily.

Třetí sekce, na vnější straně výseče, má půdorys mezikružného pásu dvou šířek. Na jejich rozhraní je konstrukce rozdělena příčnou dilatací. Nosnou konstrukci širší části tvoří radiálně uspořádané jednopatrové rámy o dvou polích rozponů 5,3 m a stejném úhlovém odstupu 5°, mezi kterými je pnuta spojitě deska, s konzolou na vnějším obvodu, ztuženou atikou. Konstrukční výška této části je v celém rozsahu stejná a navazuje na výšku druhého podlaží hlavní části budovy. V druhé části jsou rámy shodně uspořádané, mají jen jedno pole a od dilatace ke konci se postupně snižují podle nivelety sjezdové rampy. Desky mezi rámy jsou vodorovné, z rozdílu výšek desek přilehlých k průvlaku vyplývá jeho výška. Místo sloupů na vnějším oblouku tvoří rámovou podporu stěna sestupné výšky. Konstrukce je v obou částech z monolitického železobetonu a slouží jako nosný element přístupové komunikace k hlavní části budovy. Prostory pod komunikací v širší části jsou využity pro komerční účely. Kromě vlastní tíhy a tíhy vozovky se spádovými vrstvami a hydroizolací, je konstrukce navržena na normové zatížení 4,0 kPa, popř. na účinky dvacetitunového vozidla.

Před touto sekcí je na hlavní půdorysné diagonále stavby umístěno vnější schodiště. Jeho nosnou železobetonovou konstrukci tvoří výseč pláště dvojice souosých komolých kuželů, s povrchy stejných spádů. Průměr základny spodního kužele je 17,4 m, průměr vrcholové roviny horního kužele je 6 m. Jednu sečnou plochu kuželů tvoří svislá válcová plocha, určená vnějším obloukem rampové sekce, a odřezává kužely za jejich osou ve vzdálenosti 1,75 m. Druhý výřez kuželů je určen dvojicí svislých polorovin, svírajících vzájemně úhel 120° a vycházejících z průsečíku obvodu vrcholové roviny s hlavní diagonálou stavby. Zůstalé torzo kuželů má půdorysný tvar křídel motýla. Takto „dotvořená“ klenba byla navržena o tloušťce 200 mm. V patě je upnuta do téměř půlkruhového věnce s vnějším poloměrem 10,36 m, nepřerušeno výřezem polorovin, ale naopak staženým základovou deskou. Ve výřezu polorovinami je věnec pouze oslaben vybráním pro pět schodů do prvního suterénu. Na vnějším plášti kuželového torza a také věnce jsou nabetonovány v kruhových výsečích stupně pro výstup na úroveň komunikace třetí sekce. Kromě vlastní tíhy a tíhy kamenného obkladu schodiště byla konstrukce navržena na normové zatížení 4,0 kPa.

Ještě v projektu pro stavební povolení se uvažovalo plošně založení všech sekcí na deskách v celém rozsahu dilatačních částí, a to kvůli možným vývěrům spodní vody. Vycházelo se přitom z průzkumu a zjištění při zakládání sousedního ob-

kladu schodiště byla konstrukce navržena na normové zatížení 4,0 kPa. Ještě v projektu pro stavební povolení se uvažovalo plošně založení všech sekcí na deskách v celém rozsahu dilatačních částí, a to kvůli možným vývěrům spodní vody. Vycházelo se přitom z průzkumu a zjištění při zakládání sousedního ob-

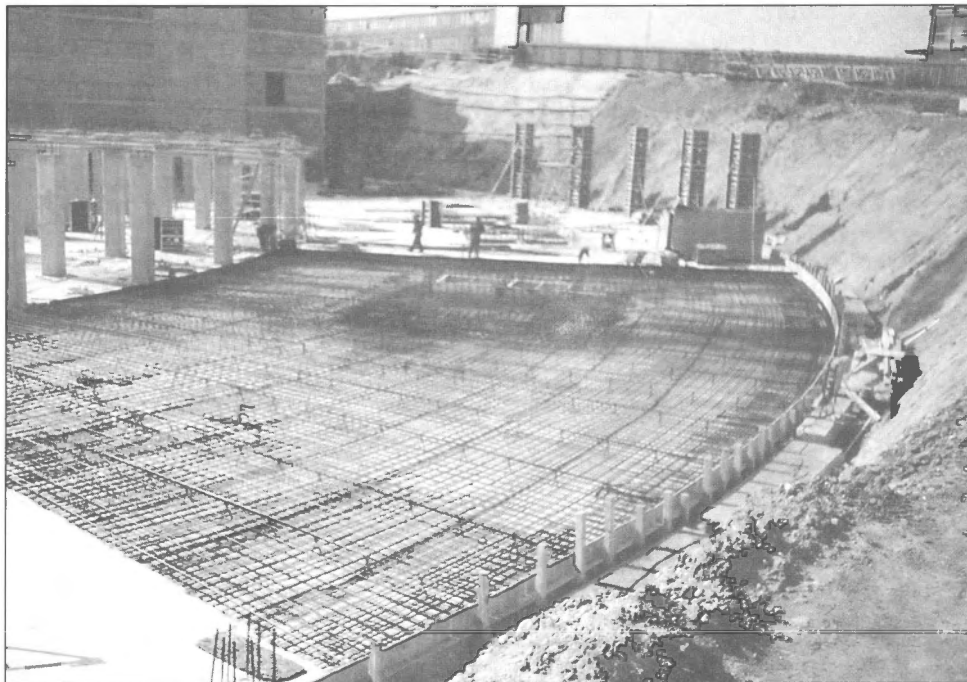
jektu patrových garáží, podle kterých měla být základová spára v celém rozsahu stavby v úrovni málo zvětralých břidlic. Podle později poskytnutého geologického průzkumu bylo zjištěno, že povrch břidlic prudce zapadá severním směrem pod uvažovanou spáru, čímž by jižní polovina stavby byla založena na málo stlačitelné hornině, kdežto část severní na jejím pokryvu dosti stlačitelným eluviem pankrácké terasy. Mocnost eluvia pod spárou v nejsevernější části byla přes deset metrů. Pro zabezpečení stejnoměrného sedání se proto zvolilo založení prvních dvou sekcí na velkoprofilových pilotách. U lehkých konstrukcí vnější rampové sekce a předloženého schodiště bylo založení na deskách ponecháno, neboť tyto konstrukce vyvolají jen nepatrnou změnu přitížení v úrovni základové spáry. Piloty byly situovány v lokálních osách sloupů konstrukce a pod výztužnými jádry na osách jejich stěn. Jejich funkcí bylo převzít pouze svislé tlakové síly sloupů a jader. Velikost sil byla stanovena výpočtem, přičemž síly pod jádry jsou závislé i na vzájemné rozteči pilot pod jádrem. Bylo výhodou, že patní spáry jader byly při nejméně příznivé kombinaci zatížení jen tlačeny. Délky pilot byly proměnné v závislosti na hloubce skalního podkladu, od třinácti metrů v severní části, až po krátké třímetrové pilíře v části jižní. Z hlav pilot nebyla vytažena žádná výztuž pro spojení s konstrukcí, ale hlavy pilot byly spojeny slabě vyztuženou deskou tloušťky 150 mm, zajišťující horizontální stabilitu dlouhých pilot. Povrch desky v jedné rovině s hlavami pilot byl ideálním podkladem hydroizolačního systému. Na takto připravený a izolací opatřený „pilotový stůl“ byly pod oběma sekcemi provedeny dilatované, 400 mm silné základové desky skeletů. Jejich výztuž zachycovala jen nevelké lokální momenty v patách sloupů a obvodových stěn suterénů, zatížených zemním tlakem. Při návrhu výztuže těchto desek se přihlíželo i k účinkům smršťování betonu. Ekonomické porovnání původní a změněné koncepce založení hlavních sekcí objektu, provedené dodavatelem stavby, ukázalo jednoznačně výhodnost provedené změny. Ta byla přínosem i pro vlastní provádění prací, spojených se založením zmíněných sekcí.

Projekt železobetonových konstrukcí všech sekcí byl v obou stupních zpracován autorem tohoto příspěvku. Projekt ocelových konstrukcí vypracovala firma EXCON Praha, projekt pilotáže firma Čeněk a Ježek s. r. o., rovněž z Prahy. Statický výpočet k oběma stupňům projektu železobetonových konstrukcí je kompilací klasického „ručního“ výpočtu a počítačové analýzy vybraných částí konstrukce programem FEAT, verze 3.0. Při návrhu a výpočtu konstrukce bezprůvlakového skeletu se veškeré vodorovné účinky zatížení přisoudily výztužným jádrům, a rámy desek a sloupů se proto uvažovaly bez vodorovných posuvů, přičemž se respektovala lineární změna tuhosti deskových příčlů v obloukové části konstrukce v příčných rámech. Dále byly respektovány zásady ČSN 731204 - *Navrhování betonových deskových konstrukcí prnutých ve dvou směrech*.

Účinky zatížení železobetonové konstrukce od vložených ocelových konstrukcí byly přebírány z podkladů zpracovatelů jejich projektu. Nedostatkem při zpracovávání realizačním projektem bylo, že upřesněné síly ocelové konstrukce a místa kotvení byly poskytovány později, než vyžadoval plynulý postup prací na projektu železobetonové konstrukce. Při výpočtu předloženého schodiště bylo torzo klenby bráno jako lomený deskový rám proměnné tuhosti,

zahrnující malé příčné zakřivení šikmých částí. Výpočet jednopodlažních konstrukcí sekce vnitřní a rampové byl rutinní a běžnou záležitostí.

Realizační stupeň projektu železobetonových konstrukcí uvádí, vedle obvyklých údajů o tvarech, výztuži a detailech konstrukce, polohy a způsob provedení pracovních spar desek velkých ploch, postup betonáže jejich dílčích záběrů, jakož i vlastnosti betonové směsi. Cílem bylo maximálně eliminovat důsledky smršťování betonu. Byla věnována pozornost jednoduchému provádění výztuže desek při jejich půdorysném zakřivení. Základové desky jsou vesměs tlusté 400 mm, s dvousměrnou nosnou výztuží při obou površích. Ve vnitřní sekci bylo zvoleno její ortogonální uspořádání, rovnoběžné s přímými kraji desky. Na obloukové straně je systém doplněn při obou lících dvojicí průběžných prutů ve třetích vrstvách. Průběžnost těchto prutů byla docílena příložkovými svary. Ve střední sekci byla výztuž základové desky kladena vějířovitě v radiálním směru a v obloucích ve směru tangenciálním. Zakřivení prutů do oblouků se provádělo až při jejich ukládání. Pro horní výztuž byly projektem navrženy kozičky, stavěné radiálně a s roztečí noh v tomto směru jednoho metru. Na ně se pokládala tangenciální výztuž horního líce desky a na ni dále vějířovitá radiální výztuž. V každém poli kozičky se snadno kontroloval počet předepsaných prutů výztuže, jejichž poloha se dobře fixovala (obr.7).



Obr. 7 - Uspořádání výztuže základové desky střední sekce / Reinforcement of the foundation slab of the central segment

Obdobně byla prováděna i výztuž slabších desek stropů této sekce s tím rozdílem, že výztuž byla více koncentrována v obou směrech do sloupových pruhů a nad sloupy ještě doplněna výztuží smykovou. Použitý druh oceli výztuže byl 10425, v menším množství 10216.

Betony konstrukcí byly navrženy převážně třídy B 30, s výjimkou vnější rampové sekce, která byla navržena z betonu B 20. S ohledem na požadavek čerpatelnosti směsí, byla v dokumentaci limitována jejich zpracovatelnost sednutím kužele dle Abramse 140 mm, docílená zásadně ověřenou ztekucující přísadou. Tam, kde byla přísada omylem vynechána, došlo i přes rozdělení betonáže desky na menší záběry ke vzniku *smršťovacích trhlinek*, jak je dokumentuje fotografie na obr. 8. Na něm jsou trhlinky zvláště zřetelné při pruskách vody při prvním dešti po odbednění.



Obr. 8 – Smršťovací trhliny ve stropní desce, zvýrazněné průsaky srážkové vody / *Shrinkage cracks in the floor slab, shown by leaks of rain water*

Druhým negativním jevem při provádění konstrukce byla nedostatečná péče věnovaná *přesnému osazení kotevních bloků pro kotvení ocelových konstrukcí vstupní haly*. Projektem uvažovaná tolerance + 50 mm v poloze osazení se na některých místech ukázala malá. Kotvení se zde muselo dodatečně upravovat a jeho únosnost ověřovat *zatěžovací zkouškou*. Naštěstí s úspěšným výsledkem. Nutno dodat, že s podobnými problémy se v posledních letech setkávám poměrně často. Vyplynají z větší části z podstatně rychlejšího tempa stavění, než bylo v minulém režimu. Chyba však není ve vyšší rychlosti výstavby, ale v *nedostatečné úrovni kontroly*, jak vnitřní u zhotovitele stavby, tak vnější ze strany dozoru investora. Tyto kontroly nestačí zvýšenému tempu výstavby.

Údaje o stavbě:

Investor:	Česká televize Praha
Generální projektant:	Spojprojekt a.s. Praha (Ing. Arch. Václav Aulický, Ing. Jiří Říha)
Projekt ocelových konstrukcí:	EXCON Praha
Projekt pilotáže:	Čeněk a Ježek, s. r.o., Praha
Dodavatel stavby:	Konstruktiva Group - BRANKO, akciová společnost
Datum zahájení stavby:	02.1994
Datum ukončení stavby:	12.1995

Ing. Bohumil Brůna, Nad Výšinkou 8, 150 00 Praha 5

Skleněný most v Benátkách

Díky podpoře amerického finančníka Jamese Sherwooda a avantgardního benátského levicového starosty a filozofa Massima Cacciariho se přes kanál Arsenale v Benátkách v Itálii uskuteční stavba prvního mostu ze skla. Autorem návrhu je muránský sklářský výtvarník Luciano Vistosi, který je znám svými mistrovskými díly, vyznačujícími se bohatou invencí. Dnešní dřevěný most o rozpětí 35 m bude nahrazen podivuhodnou konstrukcí ze skleněných, na svislo poskládaných desek, vázících kolem dvou tun. V konstrukci se použije oceli jen na svorníky, vše ostatní bude ze skla, včetně zábradlí. O betonu se nikde nehovoří, ale nepochybujeme, že se někde, třeba v patkách, prosadí.

Zdá se, že myšlenka skleněného mostu v unikátní benátské architektuře dobře obstojí. Most bude v noci prosvětlen, aby se zdůraznila jeho zelenomodrá průhlednost. Očekává se, že se most stane novou benátskou dominantou. (The Sunday Times, č. 8967, 7. července 1996)