

PŘEDPJATÉ STROPNÍ KONSTRUKCE OBCHODNÍHO CENTRA BORY MALL V BRATISLAVĚ ■ PRE-STRESSED CONCRETE STRUCTURES OF THE BORY MALL SHOPPING CENTRE IN BRATISLAVA

Martin Kovář, Petr Karásek,
Vojtěch Petřík, Milan Mužík,
Milan Nikš

Článek představuje nosnou konstrukci obchodního centra Bory Mall v Bratislavě. Vzhledem k náročným požadavkům koncepčního architekta na rozpětí nosné konstrukce a umístění pasáží a otvorů bylo nutné užít předpětí v každé z dilatací obchodního centra. Nejvíce prostoru je věnováno nejnáročnější části nosné konstrukce v oblasti pasáží poblíž zastřešení nazývaného „Tornado“, kde byla tloušťka stropní desky volena 600 mm z důvodu omezení průhybů volných okrajů. ■ This paper presents the load bearing structure of the Bory Mall shopping centre in Bratislava, Slovakia. Due to ambitious requirements of the conceptual architect for the span of the concrete beams and floor slabs, placement of many voids on the floor decks, the only one possibility to cover all these complex requirements was to use pre-stressed concrete for the load bearing structure. The biggest care is dedicated to the most demanding part of the floor slabs located around the passages near the architectonic element of the roof structure called “Tornado”. Here the thickness of the slab was designed to 600mm to solve problems with deflections of cantilevers on the edge of the large voids.

Koncept obchodního centra pochází z pera věhlasného italského architekta Massimiliana Fuksase. Centrum má půdorysnou plochou 50 000 m², dvě nadzemní a jedno suterénní podlaží.

KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

Konstrukční systém je tvořen železobetonovým monolitickým skeletem s předpjatými prvky. Podzemní konstrukce jsou navrženy jako bílá vana. Objekt je vzhledem k základovému podmínkám založen na základové desce tloušťky 400 mm v kombinaci s pilotami různých délek a průměrů dle zatížení a je rozdělen na deset dilatačních celků přibližně stejné velikosti (obr. 2).

Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny monolitickými sloupy se čtvercovým průřezem 500 × 500 mm, nebo kruhovým průřezem Ø 500 mm v místě pasáží, a monolitickými schodišťovými jádry s tloušťkou stěny 250 mm. V podzemních podlažích jsou po obvodu objektu navrženy suterénní stěny tloušť-



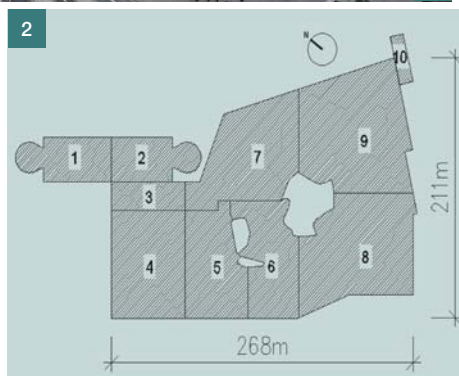
ky 300 mm odolávající zemnímu tlaku.

Základní modul skeletu je 8 × 8,1 m. Pro tento modul se při daném zatížení jeví jako ekonomicky velmi vhodný konstrukční systém hříbová deska. Vodorovné nosné konstrukce jsou tvořeny železobetonovými deskami vyztuženými hlavicemi nebo deskovými průvlaky. V běžném modulu je navržena deska tloušťky 240 mm vyztužená hlavicemi tloušťky 480 mm. V místech kolem vstupů, pasáží a nad vjezdovými rampami, kde je stavebně požadováno uvolnění dispozice, byly stropní desky doplněny plochými deskovými průvlaky. Tyto průvlaky výšky 480, 600 a 750 mm byly od rozpětí 10 m navrženy jako dodatečně předpjaté. V místě konzol delších než 5 m byly trámy vyztuženy náběhy s tloušťkou 900 mm. Pro nejdelší rozpory již bylo voleno vyšších a užších průřezů („tyčové průvlaky“).

Vzhledem k náročným požadavkům koncepčního architekta na rozpětí nosné konstrukce a umístění pasáží s rozměrnými průhledy do nižších a vyšších podlaží bylo nutné v každé dilataci použít předpětí pro vyrovnání účinků zatížení.

PŘEDPĚTÍ

Kromě desek v oblasti pasáží bylo předpětí aplikováno v plochých trámech na velká rozpětí a v tyčových průvlacích, které vynášejí sloupy vyšších pater. Většina trámů byla předepnuta systémem čtyřlanových kabelů



v plochých kanálcích. Předpínací i betonářská výztuž typického deskového průvlaku je zobrazena na obr. 3. Trámy s rozpětím delším než 15 m byly předepnuty dvojicí (trojicí) 12lanových kabelů.

Samostatnou kapitolu trámů tvoří tzv. „transfer-beamy“ (přechodové trámy), které vynášejí sloupy vyšších podlaží. Tyto trámy mají průřez 1 000 × 1 000 mm. Pro rozpětí delší než 8 m byly tyto trámy předepnuty dvojicí 12lanových kabelů. Přechodové trámy měly být předpínány postupně dle nárůstu zatížení. Jako technologicky vhodnější řešení se ukázalo napnutí kabelů až po vybetonování horních pater při současném podstojkování tak, aby ještě nepředpjatý trám nebyl přetěžován, což by mělo za důsledek vznik značných počátečních deformací. V místě hlavního vstupu do objektu jsou trámy s rozpory až 19 m. Tyto trámy mají průřez 900 × 1 000 mm a jsou předepnuty dvojicí 12lanových kabelů. Trámy v oblasti vstupu jsou zobrazeny na obr. 4.

Obr. 1 Obchodní centrum Bory Mall v Bratislavě ■ Fig. 1 Bory Mall shopping centre in Bratislava

Obr. 2 Půdorysné schéma objektu s vyznačením dilatačních celků ■ Fig. 2 Scheme of the object with dilatation numbers

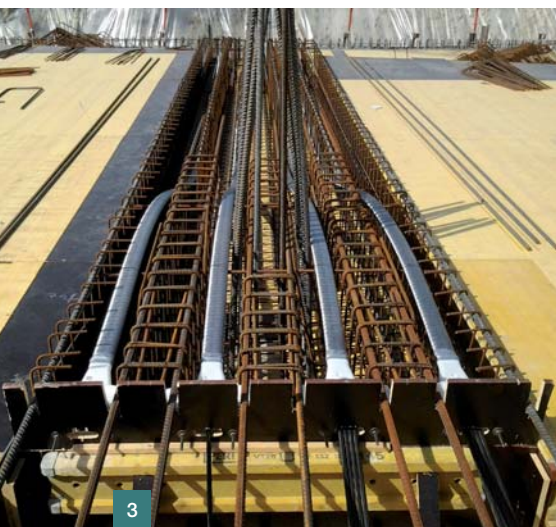
Obr. 3 Typický deskový průvlak se sestavou plochých kabelů předpětí ■ Fig. 3 Typical pre-stressed flat girder

Obr. 4 Velké rozpory stropní konstrukce v místě vstupu do OC ■ Fig. 4 Entrance to the shopping centre with the large span pre-stressed beams

Obr. 5 Rozmístění sloupů a průhledů v místě pasáží ■ Fig. 5 Layout of the columns and voids near the courts

Obr. 6 Prostor v oblasti zastřešení zvaného „Tornádo“ ■ Fig. 6 Space of steel roof called “Tornado”

Obr. 7 Pohled na hotové „Tornádo“ ■ Fig. 7 View on “Tornado” roof element



Technicky velmi zajímavá oblast z hlediska návrhu nosné konstrukce se nachází v okolí zastřešení nazývaného „Tornádo“ (na styku dilatací 6, 7, 8 a 9). (obr. 2, 5 až 7). V této oblasti jsou disponovány pasáže s rozsáhlými otvory ve stropních deskách, které ve spojení se sloupy rozmístěnými podle architektonických požadavků vytvářejí oblasti s velkými rozpory a vyloženími konzol stropních desek, kde by bez použití předpětí byly výrazně překročeny limitní průhyby. Tato místa byla pracovně nazvána jako „náměstí“ a byla tvořena deskami tloušťky 600 mm z důvodu omezení průhybů volných okrajů. Předpětí bylo v těchto deskách umístěno v navzájem křížujících se trajektoriích pro dosažení maximálního zvedacího účinku. Bylo užito čtyřlanových

kabelů v plochých kanálcích. V případě několika kabelů, které tvořily fiktivní podporu pro ostatní kabely předpětí, byl zvolen 12lanový systém. Půdorysné schéma a fotografie ze stavby jsou na obr. 8 až 11. Červeně je ve schématech vyznačena hrana otvorů a rozmístění sloupů v oblasti tlusté desky.

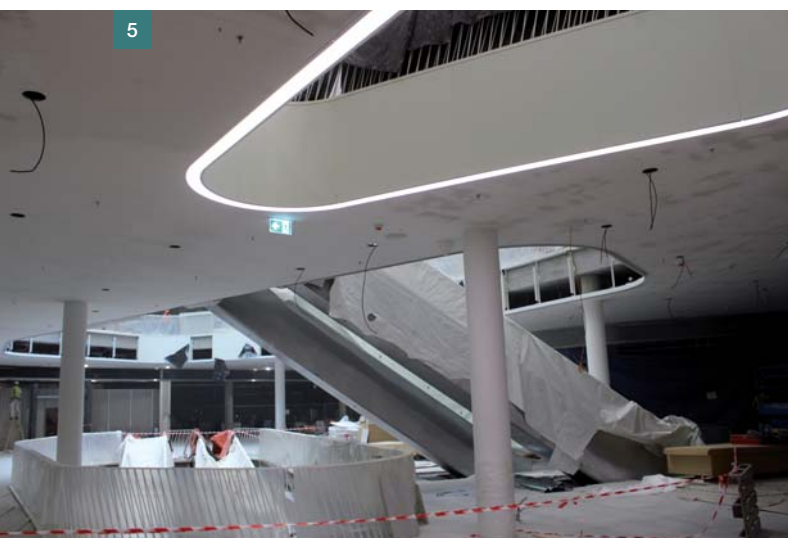
Předpětí bylo vnášeno z napínacích kapes, v kterých byla vynechána výztuž, která byla následně doplněna za pomoci svařovaného spoje. V případě pasivních (nenapínaných) kotev bylo užito systému mrtvých kotev s cibulovým rozpletem.

V několika málo případech bylo nutno velmi rychle s dodavatelem vyřešit problém zřejmě nesprávně probetonované kotevní oblasti v místě kotvení cibulového rozpletu v desce tloušťky 240 mm,



7

projevující se při napínání kabelu poklesem napětí na předpínacím zařízení a porušením betonu v místě cibulových kotev. Bylo nutné odstranit beton v místě cibulové kotvy a poničený konec kabelu nahradit novou systémovou kotvou, zpětně místo dobetonovat a znovu napnout kabel. Zde se proká-



5



6

zala nezbytnost vedení protokolů o napínání jednotlivých kabelů, neboť vizuálně nebylo tento jev možné identifikovat

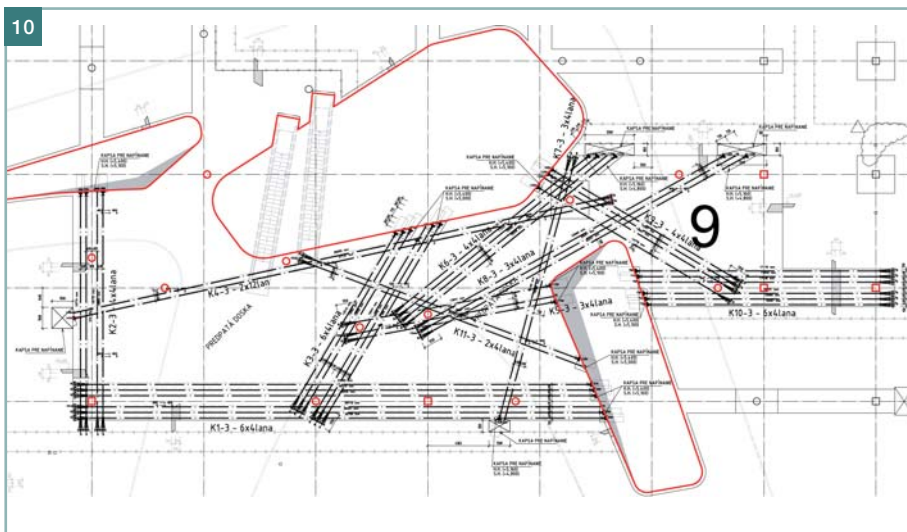
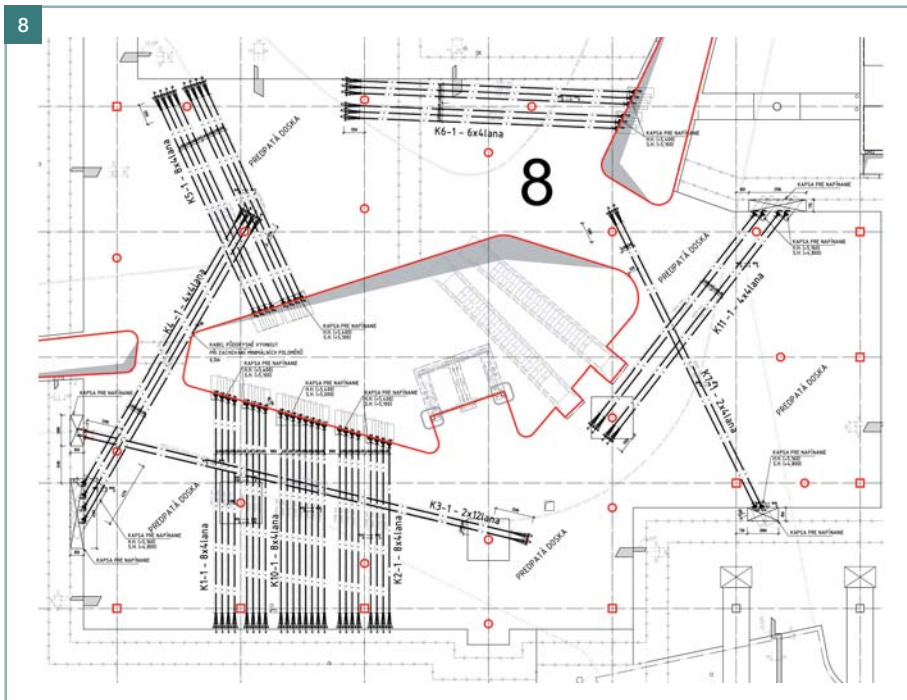
STATICKÝ VÝPOČET

Globální chování jednotlivých dilatačních celků bylo vyšetřováno užitím 3D numerických modelů s desko-stěnovými prvky. Pro návrh a posouzení účinků předpětí bylo použito numerických modelů s fázemi výstavby, které měly mimo jiné prokázat vhodnost oddělení tlustých desek smršťovacími pruhy od běžné stropní desky. Konstrukce byla analyzována na 3D desko-stěnovém modelu, který byl rozdělen na jednotlivé dilatační celky (obr. 12). Velikost prvku sítě MKP byla volena 500 mm. Běžné modely celé dilatace byly používány pro ověření celkového působení konstrukce a návržení železobetonových prvků na MSÚ.

Obr. 8 Schéma předpínací výztuže desky náměstí v dilataci č. 8 ■ Fig. 8 Scheme of pre-stressing cables in dilatation No. 8

Obr. 9 Foto desky v dilataci č. 8 z doby ukládání kabelů ■ Fig. 9 Picture of pre-stressing cables in dilatation No. 8

Obr. 10 Schéma předpínací výztuže desky náměstí v dilataci č. 9 ■ Fig. 10 Scheme of pre-stressing cables in dilatation No. 9



Účinky předpětí byly zjišťovány na modelech patrových výseků. Předpětí bylo v deskách modelováno pomocí diskretních kabelů se zdrojovou geometrií přiřazených k fiktivním prutům vloženým do desky.

Hlavním důvodem vnášení předpětí bylo omezení průhybů. Předpětí bylo navrženo jako částečné s přípuštěním tahových napětí od kvazi-stálé kombinace a dekomprese od stálých zatížení.

Konstrukce byla analyzována nejen standardním numerickým 3D modelem, ale bylo užito také modelů s fázemi výstavby pro ověření zvoleného postupu výstavby s oddělením „tlustých“ desek „náměstí“ smršťovacími pruhy za účelem zvýšení vlivu předpětí při napínání samostatných desek „náměstí“ – obr. 13 a 14. V jednotlivých fázích výstavby bylo počítáno se změnami modulu pružnosti betonu v čase a bylo užito modifikátorů ohybových vlastností pro snížení ohybové tuhosti stropních desek vlivem trhlin. Statickou analýzou s použitím fází výstavby byl zjištěn výskyt menších dlouhodobých průhybů, které by se na jednoduchém statickém modelu bez fází výstavby nezjistily. Tento výsledek byl zcela v souladu s očekáváním.

ZÁVĚR

V článku byla představena nosná konstrukce obchodního centra Bory Mall v Bratislavě se zaměřením na předpjaté prvky, při jejichž návrhu byla výzvou zejména identifikace technicky a ekonomicky korektního řešení předpjaté

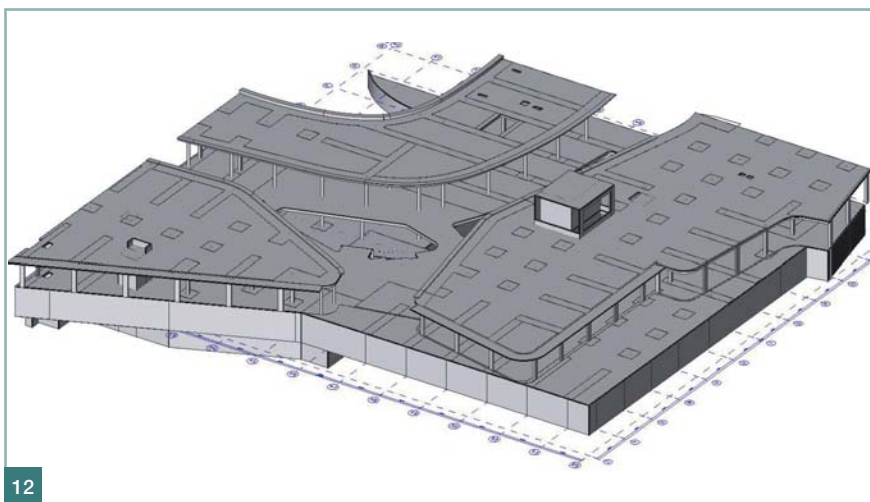
Obr. 11 Foto desky v dilataci č. 9 z doby ukládání kabelů ■ Fig. 11 Picture of pre-stressing cables in dilatation No. 9

Obr. 12 Výpočetní model jedné z dilatací (dilatace 8) ■ Fig. 12 FEM model of dilatation No. 8

Obr. 13 Schéma průhybů stropní konstrukce ve fázi napnutí lan – $U_{z,max} = 30$ mm ■ Fig. 13 Deflections of the slab in phase of pre-stressing – $U_{z,max} = 30$ mm

Obr. 14 Schéma průhybů stropní konstrukce na konci životnosti – $U_{z,min} = -33$ mm ■ Fig. 14 Deflections of the slab in phase of $t = 50$ years – $U_{z,min} = -33$ mm

Obr. 15 Dokončené obchodní centrum ■ Fig. 15 Completed shopping centre



11

12

Literatura:

- [1] Kovář M., Petřík V., Karásek P., Mužík M., Nikš M. (2013): Realizační dokumentace stavby Bory Mall, nosné konstrukce – horní stavba, předpjaté konstrukce
- [2] Kovář M., Petřík V., Karásek P., Mužík M., Nikš M. (2014): Předpjaté konstrukce obchodního centra Bory Mall v Bratislavě, In 21. Betonářské dny 2014, Praha: ČBS ČSSI, ISBN 978-80-903806-7-7

ké požadavky exponovaných oblastí, generující značná rozpětí polí a vložení konzol, se podařilo najít technicky správné a zároveň hospodárné řešení. Vzhledem k celkové náročnosti díla byla v průběhu výstavby nutná vzájemná komunikace mezi projektantem a dodavatelskou společností, díky které byly exponované části nosné konstrukce provedeny bez výraznějších problémů.



15

stropní desky v místě pasáží s otvory. Řešení zadání vyžadovalo využití zkušeností s řešením technicky náročných projektů velkého rozsahu v ČR i v zahraničí pro dosažení dispoziční, objemové a konstrukční logiky v koncepci návrhu. I přes poměrně komplikované zadání respektující architektonic-

Architektonický návrh	Massimiliano Fuksas Architects
Generální projektant	Helika, a. s.
Projektant	PPP, spol. s r. o.
Developer	Penta Investments, s. r. o.
Prováděcí projekt	březen až září 2013
Dokončení hrubé stavby	březen 2014

Fotografie: 1 – Peter Kurocka / FlyFoto, 2 až 14 – archiv společnosti Helika, 15 – Bory Mall Management

Ing. Martin Kovář
e-mail: martin.kovar@helika.cz



Ing. Vojtěch Petřík, Ph.D.
e-mail: vojtech.petrik@helika.cz



Ing. Petr Karásek, Ph.D.
e-mail: petr.karasek@helika.cz



všichni: Helika, a. s.
tel.: 281 097 111
www.helika.cz

Ing. Milan Mužík
e-mail: milan_muzik@pppczech.cz



Ing. Milan Nikš
e-mail: milan_niks@pppczech.cz



oba: PPP, spol. s r. o.
tel.: 466 530 221
www.pppczech.cz

