

Exoskelet – ocelové konstrukce a GRC na projektu Sky Park

V původně průmyslové zóně poblíž centra Bratislavy se v posledních letech rozrůstá vysoce moderní administrativně-rezidenční čtvrť. Jako součást rozsáhlé výstavby na území bývalých průmyslových závodů jsou dokončovány i tři bytové domy pod názvem **SKY PARK**. Pro návrh objektů prestižního bydlení investor **Penta Investments** angažoval londýnský architektonický ateliér se světovou působností Zaha Hadid Architects. Charakteristickým pohledovým prvkem objektu je obklad dílci ze sklovláknobetonu, který je ukotven na ocelové konstrukci. V tomto článku se zaměříme na konstrukční řešení Exoskeletu, především pak na ocelovou konstrukci a prostorově tvarované dílce ze sklovláknobetonu – GRC.

Na první pohled identické výškové budovy, stojící v zákrytu, jsou navrženy ve tvaru podobném homoli, a to na přibližně eliptickém půdorysu. Nejvyšší bod stavební konstrukce se nachází ve výšce 104,05 metru.

EXOSKELET

Výrazným architektonickým prvkem, který zdůrazňuje tvar a výšku objektů a zásadně je odlišuje od staveb podobných je konstrukce zvaná Exoskelet. Po fasádě se vertikálním směrem pne deset svislých „sloupů“ spojených horizontálně dvanácti vodorovnými prstenci. Tyto prvky spolu tvoří nepřehlédnutelnou vnější kostru budovy evokující zdání nosného systému.

Svislé prvky se směrem k vrcholu věže sbíhají k ose objektu a půdorysný rozměr prstenců se současně s tím zmenšuje. Pohledově pak struktura Exoskeletu rozděluje fasádu budovy na různé velké čtyřúhelníkové plochy, zakřivené podle měnícího se tvaru opláštění. Díky velmi světlému odstínu blízkému bílé v kontrastu k tmavým odstínům ostatní plochy fasády se Exoskelet stává charakteristickým prvkem architektury zmíněných rezidenčních domů.

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE K TÉTO ČÁSTI SKY PARK

Projekt, dokumentace OK, fasády:	OKF, Brno, Ingsteel, Bratislava, Slovensko
GRC výroba:	BB fiberbeton, Skensved, Dánsko
GRC montáž:	Ingsteel, Bratislava, Slovensko
OK výroba:	SIGNUM, Hustopeče, Ingsteel, Bratislava, Slovensko
OK montáž:	GRITON, Jihlava, Ingsteel, Bratislava, Slovensko

Exoskelet, tedy hlavně jeho pohledové plochy, je vytvořen z prostorově tvarovaných dílců ze sklovláknobetonu (Glassfibre Reinforced Concrete – GRC). Dílce GRC byly obecně rozděleny na tři typy:

- „nodes“ – kříže,
- vertikální dílce paprsků,
- horizontální dílce prstenců.



Pohled na tři výškové bytové budovy SKY Park rezidence ve výstavbě

Dolní část Exoskeletu (až do výšky cca 92,50 metru) je kotvena prostřednictvím sofistikované ocelové podkonstrukce na železobetonovou nosnou konstrukci budovy. Od této výšky plynule na železobetonovou konstrukci (ŽB) navazuje ocelová konstrukce – v realizačním týmu zvaná pro zjednodušení „čepice“.

ZPŮSOB KOTVENÍ, ÚNOSNOST

V dolní části bylo nezbytné navrhnutí kotvení, které bude splňovat mnoho předpokladů. K nejzajímavějším patří:

- nízká hmotnost (bude úsporné),
- předepsaná únosnost,
- možnost všesměrné rektifikace,
- možnost jednoduchého zabudování do tepelně-izolačních vrstev (uzavřené profily),
- minimalizaci prostupů tepelnou izolací (minimální vliv na tloušťku tepelné izolace).

Zastavme se u otázky únosnosti, kdy skutečným „oříškem“ bylo navrhnutí kotvení pomocí lepených či mechanických kotev do bohatě vyztužených železobetonových pilířů a stěn. To vše bez možnosti převrtat výztuž zejména v lících plochách. Řešením se ukázalo obkročit kritická místa ŽB konstrukce komplikovaným kotvením prvkem a kotvit do pilířů ze stran. Tato skutečnost spolu s nejistou a spíše rostoucí hmotností dílců GRC (*Pozn.: vlivem technologie výroby vzrostla hmotnost nejtěžšího dílce z teoretických 312 kg na skutečných 453 kg*) zásadně ovlivnila náročnost projekčních prací.

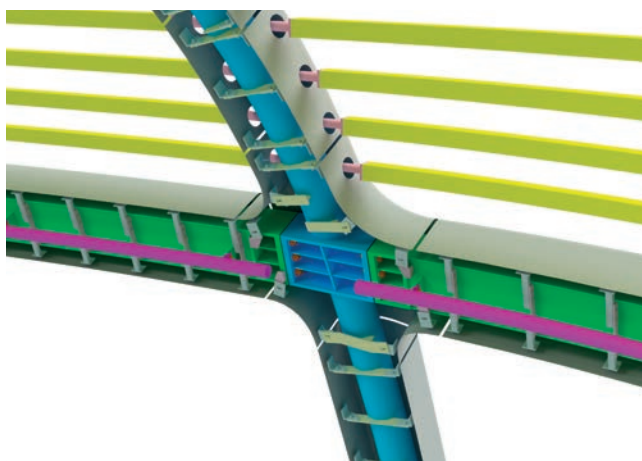
Samostatnou kapitolou byl návrh nutného systému trojstupňové rektifikace. První stupeň je poměrně standardně určen k vyrovnání tolerancí a nerovností ŽB konstrukce. Druhý stupeň umožňuje, společně s permanentní aktivitou geodeta při vytyčování, dorovnání do přesnější polohy – blízké teoretické definitivní poloze. Třetí stupeň byl navržen pro dorovnání tolerance výrobních rozměrů dílce GRC a jeho polohy s co nejvyšší návazností na dílce sousední s předepsanou šířkou spáry.



Detail styčnicku



Čepice s obkladem GRC – 3D model



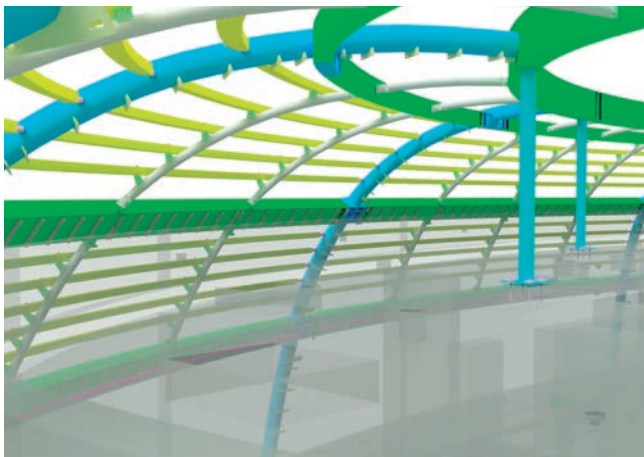
Detail styčnicku – 3D model

Veškeré kotvení a rektifikační práce probíhaly v minimálním (skrytém) prostoru, konkrétně mezi dílcem GRC a železobetonem, resp. tepelnou izolací. Všechny detaily musely být na tuto činnost připraveny. Spojie posuvné jsou vybaveny vložkami z polyamidu pro snížení koeficientu tření, spoje fixní jsou navrženy jako třecí s předpjatými šrouby. V této části měly dílce GRC mírně zborcených tvarů svůj vlastní nosný ocelový rám, který zajišťoval jednak vlastní tuhost dílce pro přepravu a manipulaci, jednak slouží pro přenos zatížení z plochy dílce do míst kotvení. Náročnost výroby a montáže v této části zvyšovala velká variabilita veškerých dílců, vystupňovaná proměnným tvarem a tolerancemi železobetonového skeletu odlišnými na jednotlivých budovách. Spotřeba oceli na tuto „filigránskou“ podkonstrukci byla cca 65 tun.

OCELOVÁ KONSTRUKCE

Konstrukcí „čepice“, začínající ve výšce 92,35 metru, se řeší geometricky nejsložitější část Exoskeletu, kdy tvar objektu směřuje rychle ke svému vrcholu a dramaticky se zužuje. Dílce GRC zde nabývají sice již menších rozměrů, ovšem jejich tvar je zásadně složitější. Kromě tvaru respektujícího hlavně jednoose zakřivený povrch fasády v dolních partiích jsou zde dílce zakřiveny podle dvou i tří os, nezděrná sledují tvar šroubovice. Všechny paprsky i prstence „čepice“ jsou podporovány nosnou ocelovou konstrukcí o rozměrech sportovní haly (přibližně 43 × 25 metrů, výška činí 12 metrů) s nejvyšším bodem 104,05 metru nad terémem. Ocelová konstrukce zde plní jak funkci nosnou, tak některé části mají vyloženě estetickou pohledovou funkci.

Nosné prvky jako sloupy jsou navrženy z trubek (TR Ø 273) nebo prstence – zde se jedná o svařované truhlíky o rozměrech až 500 × 280 mm. Díky komplexním tvarům a minimálnímu prostoru



Detail ocelové čepice – 3D model

mezi GRC a ocelovou konstrukcí (šlo jen o několik centimetrů) musela nosná konstrukce rovněž přísně respektovat tvar Exoskeletu. Výrobce i montážní organizace se musely vypořádat se všemi požadavky takto navržené konstrukce. Výroba vzorků k posouzení investorem, výrobní procesy probíhající v individuálně navržených šablonách a přípravcích pro každý dílec, dílenská sestava velké části konstrukce a montáž pod nepřetržitým dohledem geodeta, patřily mezi hlavní z nich. Montážní spoje byly navrženy především jako čepové nebo šroubové, případně jako atypické mechanicky spojované.

Pohledové ocelové dílce (lamely) ovíjejí v deseti rovnoběžných nad sebou umístěných řadách celý obvod „čepice“ a v přesně určených místech pronikají povrchem Exoskeletu. Statický a konstrukční návrh lamel vycházel z údajů ze zkoušek v aerodynamickém tunelu. Průřez tvaru nepravidelného pětiúhelníku byl podmíněn architektonickými požadavky a jeho konstrukční složení (čtvercová trubka, plochy z plechů a přední hrana z tenké trubky) bylo odlišeno na několika výrobních vzorcích.

Zajímavostí prvků lamel je detail jejich koncového připojení, které muselo být řešeno tak, aby lamely mohly být namontovány bez viditelných šroubů, bez montážních svarů – vše s respektem k tepelné roztažnosti. Na obou svých koncích byly nasunuty do nevelkých otvorů v dílcích GRC. Celá konstrukce „čepice“ na jednom objektu má hmotnost přibližně 90 tun.

Dílce GRC s ohledem na zmíněný omezený prostor byly na konstrukci „čepice“ realizovány bez vlastního nosného rámu. Toto opatření mělo za následek nutnost kotvit každý dílec bodově ve vzdálenosti maximálně 500 mm. Některé dílce tak byly připojeny až na šestnácti místech, což s uvažovanou tolerancí montáže ocelové konstrukce a výroby GRC vyžadovalo v minimálním prostoru realizovat četná kotvení s možností vícesměrné rektifikace.

Odpovídající funkčnost a zároveň jednoduchost pro přibližně 700 kotevních bodů s nestejnou geometrií zajistily kombinované ocelo-hliníkové kotevní přípravky, umožňující montážní svrtání v každé poloze bez nutnosti obnovy nátěru a krátkodobé hrozby koroze ve vrtných otvorech.

APLIKACE 3D

V přípravném období montáže „čepice“ a GRC jsme měli možnost pomoci pokročilých metod 3D projektování a kreslení navrhout sofistikované tvary a detaily. Ty umožňovaly realizaci architektonického záměru. Pomocí digitální animace jsme simulovali montáž dílců GRC v komplikovaných podmínkách a geometrii. Touto metodou jsme efektivně nahradili výrobu fyzických modelů a zdoluhavých pokusů na nich. Digitální procesy se ukázaly nezbytným stupněm k úspěšnému průběhu dodávky takto komplikovaných konstrukčních soustav.

Pohled na dokončené budovy s kompletně realizovaným Exoskeletem staví na odív bezchybné splnění plánů investora a estetického záměru architekta, to vše také díky erudici a nasazení celého projekčního a realizačního týmu.

Ing. Petr Brosch
okf@okf.cz
OKF s. r. o., Brno



Detail ocelové čepice