

Membránové konštrukcie: membránový plášť

František Kalesný

Konštrukcie povrstvených a nepovrstvených technických textílií a fólií – inak membránové konštrukcie, patria do skupiny ľahkých povrchových štruktúr. Používajú sa prevažne na prekrytie veľkorozponových priestorov a štruktúr s veľkým povrchom. Nezaplateľnou vlastnosťou membrán je, že materiál možno namáhať ťahovým napätím. Stavby tohto druhu sa vyznačujú mimoriadnou úspornosťou, a napriek určitým priestorovým nárokom, nárokom na podpornú konštrukciu a trochu komplikovanejšiemu spôsobu riešenia zvukovej a tepelnej izolácie poskytujú veľa výhod.¹

Hala Zenith 18 Štrasburg

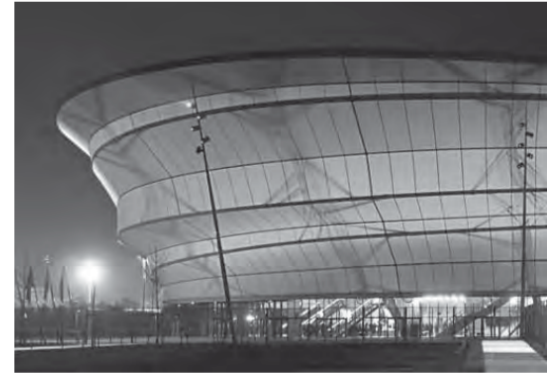
Hala Zenith 18 sa nachádza vo Francúzsku v blízkosti Štrasburgu. Zenith sú koncertné sály pre populárnu hudbu od rocku, popu až po muzikály. Koncertné haly musia mať multifunkčné technické inštalácie, variabilnú scénu, satistikovanú akustiku, priestor najmenej pre 3 000 divákov a v prípade núdze ich možno rýchlo evakuovať. Len ak sú tieto štandardy splnené, môžu používať meno Zenith. Odkedy roku 1981 Jack Lang prišiel s myšlienkou hál Zenith, ministerstvo kultúry stanovilo všeobecné podmienky, poskytuje subvencie a vyžaduje minimálne umelecké štandardy týkajúce sa aj architektonického dizajnu. V januári otvorený nový Zenith v Štrasburgu je so svojimi 10 000 sedadlami najväčším Zenithom vo Francúzsku. Nachádza sa v nížine pri bránach komunity Eckbolsheim neďaleko Štrasburgu, zámer Massimiliana a Doriana Fuksas je zrejmý na prvý pohľad. Významný orientačný bod v krajine je vytvorený a je plný dynamiky vďaka svojmu optickému tvaru a schopnosti vytvárať svojou priesačnou oranžovou obálkou svetelné efekty.

Konštrukcia jadra budovy

Vnútrná časť budovy nie je viditeľná na prvý pohľad. Pozostáva z 30 cm hrubého železobetónu, ktorý je formovaný do línií rôzneho zakrivenia, aby sa dosiahla optimalizácia maximálnej kapacity a najlepšieho výhľadu. Železobetón bol vybraný, aby zabezpečil najlepšiu možnú kontrolu akustiky.

Štruktúra

Oválna forma bola zvolená ako sochársky prvok, jej monumentálny objem nadobúda ľahkosť elipsami oceľovej konštrukcie. Dvadsať oceľových stĺpov tvorí akoby prístupový balkón, okolo masívneho jadra



a vytvára základnú štruktúru pre fasádne konštrukcie, ktoré nesú membránu. Päť horizontálnych oceľových kruhov s priemerom trúbky 50 cm uzatvára celú budovu. Ako kruhové dráhy planét majú rôzne vzdialenosti a sklony (priemerná vzdialenosť je 6 m) tie vedú k väčšej dynamike, ku ktorej vedie tiež posunutie a rotácia elíps. Kruhy sú zakotvené do betónového jadra a do zeme. Vytvárajú spájacie úrovne pre fasádne krytie. Medzi kruhmi prebiehajú laná, ktoré uťahujú membránu. Tieto laná nie sú spojené s oceľovou štruktúrou.

Vnútrné zakrivenie stien vytvára impresívnu hru tieňov a prispieva k pocitu, že miestnosť je ustavične v pohybe. Vstup je integrovaný do 5 m vysokej sklenenej steny v základnej štruktúre Zenithu, ktorá je pokrytá oranžovou oceľou na vonkajšej strane do výšky 5 m, aby vytvorila dojem continuity s hornou časťou štruktúry.

Na realizáciu membránovej fasády sa diskutovalo o viacerých možnostiach :

- Sedlovito tvarovaná membrána
- Vankúš s negatívnym tlakom
- Vankúš v tvare sedla na lanovej sieti
- Zvlnená lanová štruktúra
- Vankúš s pozitívnym tlakom

Geometria, ktorú architekt rozvinul, bola založená na myšlienke rovnakej dĺžky membrány medzi dvoma kruhmi, takže široké plochy membrány boli ploché a malé plochy boli zakrivené.

Na širokých plochách by to vytváralo rozumný tvar, ale na úzkych plochách by bol rozdiel dvoch polomerov od 90 do 2 metrov. Na získanie rovnováhy by sme potrebovali rovnaký pomer, to znamená, ak napríklad predpätie v osnove je 1 kN/m, predpätie v útku by bolo 45 kN/m.

Všetky vytvorené sedlové tvary vyzerali veľmi plocho, úplne odlišne od architektonického zámeru. Spolu s ním sme našli riešenie s dodatočnými údoľnými lanami, aby sme získali po celej ploche porovnateľný tvar, ale toto riešenie skončilo s veľmi ostrou geometriou, na rozdelenie tlaku, takže sme zvýšili predpätie v osnove na udržanie mierneho zakrivenia povrchu. v konečnej podobe, tvare 6 máme predpätie 1/3 kN/m a povrch je stále hladký.

Membránový plášť

Ľahká membrána je v kontraste s ťažkým jadrom stavby a zaoberá budovu nad vstupným priestorom. Bol to jeden z kľúčových prvkov projektu.



Farba, priehľadnosť a kvalita povrchu boli hlavnými otázkami. v štádiu projektovania sa diskutovalo o väčšine dostupných membránových materiálov. Oranžová farba bola v rozpore s vysokou priehľadnosťou. Pri PVC a PFFE bola translucencia v rozpätí od 6 do 7 %. Najprv sa rozhodlo, že projekt sa zrealizuje z Tenary, ktorá v prvých testoch preukázala priehľadnosť až 20 %.

Ale z časových dôvodov sa napokon rozhodlo použiť silikónové sklenené vlákna, s ktorými sa dalo dosiahnuť priehľadnosť až takmer 14 %. Okrem toho sa použil špičkový lak, ktorý zabraňoval akumulácii nečistoty, takže sa nevyžadovalo rozsiahle čistenie. Použitie silikónom potiahnuté sklenené vlákna od Interglas Atex 5000 spĺňajú všetky estetické a mechanické nároky. Nielenže sú priehľadné, ale sú odolné aj proti tlaku, sú ohňovzdorné, hydrofóbne a veľmi formovateľné. Materiál bol dodaný v 3 m širokých roľkách kotúčoch a vyrobený a zváraný v spoločnosti Canobbio. Silikónom potiahnuté sklenené vlákna, o ktorom sa v architektonických kruhoch hovorí ako o súčasnom stavebnom materiáli, má garantovanú životnosť desať rokov a očakávanú životnosť aspoň dvadsať rokov. Tvar 26,8 m vysokej fasády sa ustavične mení z previsnutých zón do viac či menej vertikálnych zón.

Medzi osou 7 a osou 18 sú oceľové kruhy pripojené k betónovej konštrukcii vzperami. v ostatných osiach sú kruhy pripojené na veľké naklonené oceľové stĺpy. v dôsledku nepravidelného tvaru membrány bolo nemožné realizovať rovnomerne rozdelený tlak membrány. Dopad vlastnej váhy je rôzny a tak je rozdiel medzi nominálnym a reálnym predpätím rôzny v závislosti od výšky steny.

Všetky membránové panely sú fixované extrudovanými hliníkovými profilmi vyvinutými pre projekt. Profil umožnil minimalizovať roztvorenie spojov a uzatvárací poklop bolo možné zachovať malý a privarený na hladký povrch. Tento detail bol pôvodne navrhnutý pri riešení s Tenarou, ale testy ukázali, že s malými úpravami ako zväčšený polomer zakrivenia sa dá použiť aj pri materiáli Atex. Tento detail bol použitý na všetky membránové upevnenia. Pozdĺž údoľných lán sú dva extrudované profily pripevnené k lanu páskou tvaru U. Na fixovanie tangenciálnych síl pozdĺž lán sú niektoré zo svoriek vybavené uzatváracími svorkami.

Pozdĺž kruhov je extrudovaný profil pripevnený na súvislú oceľovú platňu v zásade s rovnakým

detailom. Vertikálny spoj je spojený s horizontálnym spojom, aby umožnil veľký odklon membrány. Plán švov bol navrhnutý tak, aby všetky švy nadväzovali. Vďaka veľkému obvodu sa to dalo ľahko rozčleniť a faktor odpadu bol ešte stále rozumný.

Membrána bola rozdelená do desiatich sektorov a každý sektor pozostával z ôsmich panelov. So zvoleným pomerom predpätia sa zvýšila tuhosť v smere útku a tak najväčšie napätie bolo v útku. Maximálne napätie v osnove je približne 18 kN/m a v útku 30 kN/m. Preto v zónach s vysokým napätím musí byť membrána spevnená. Rohové detaily musia byť takisto spevnené. Všetky strihy membrány boli vyrobené automaticky ako kompletne súbory DXF so všetkými požadovanými detailnými informáciami a kontrolnými značkami, aby umožnili presné zoradenie na fasáde.²

Priebeh realizácie

Na konečné rozhodnutie o materiáloch a detailoch sa vyhotovil model. Aby sa membrána uchránila pred poškodením, pozdĺž kruhov bol priľnavý pruh neoprénou prilepený na horný a dolný okraj. Oceľová inštalácia sa začala stĺpmi a vrchným kruhom. Všetky kruhy boli vyrobené z prefabrikovaných oblúkov a spojené na mieste. Aby sa pri týchto spojoch umožnila tolerancia, oceľová platňa bola vyrobená s pozdĺžnymi otvormi.

V polovici septembra v prvej štvrtine boli inštalované všetky kruhy, takže sa mohlo začať s inštaláciou membrány. Oceľový plášť bol dokončený za 18 mesiacov, membránové opláštenie vyžadovalo 10 týždňov od výroby po montáž. Po výrobe osemdesiatich fasádnych panelov, tieto boli dopravené na miesto a pospájané. Počas montáže osemdesiatich pruhov v spoločnosti Canobbio použili trik. Vytvorili druh napínacej štruktúry, na ktorú položili membránu a dopravili ju do výšky montáže. Takže fasáda bola uzatvorená kus po kuse. Extrudovaný profil bol profilovaný tak, aby bol paralelný po spojení dvoch profilov. Počas inštalácie údoľné laná nemohli byť dokončené, preto údoľná línia musela byť uzatvorená pomocnými lanami. Takže v prvej polovici decembra 2008 boli inštalované všetky membránové panely. Pred Vianocami boli sfinalizované všetky úpravy a detaily uzatváracích klapiek. Prvé svetelné testy sa začali s osvetlením fasády a haly.

V širokej oblasti je membrána pripevnená na dlhé oceľové stĺpy, v úzkych priamo na betónovú stenu.

Osobitne vo večerných hodinách vidieť, že konečný výsledok sa veľmi približuje k pôvodnému návrhu. Takže projekt bol dokončený načas a začiatkom januára 2009 sa konali prvé koncerty.³

Skúsenosti zo zahraničia ukazujú, že prínos nových technológií súvisiacich s membránovými štruktúrami je oveľa väčší a nesústredil sa len na oblasť technických textílií. Stále otvorený systém ďaleko presiahol svoje hranice a výrazne sa začína presadzovať v oblastiach doteraz dominantným postavením ťažkého stavebníctva. Ich výhody sa začínajú uplatňovať nielen pri tradične veľkorozponových plošných nosných konštrukciách halového typu, ale aj výškových stavbách, kde svojimi vlastnosťami umožňujú použitie ich v systémoch ich opláštenia v interiéri aj v exteriéri. Nezastupiteľnú úlohu nadobúdajú pri vytváraní klimatizovaného veľkopriestoru a chráneného mestského prostredia.⁴ Najlepšie stavby patria k originálnym nielen z hľadiska architektonickej formy, ale zároveň sú to aj špičkové technické diela s vysokou úrovňou technického detailu charakterizované ako architektúra Hi – Tech. Sú to stavby originálne vo všetkých smeroch.

Požiadavka „za menej dosiahnuť viac“ ako výsledná predstava architektúry z ľahkých alebo veľkorozponových plošných konštrukcií tým obsahuje ďaleko siahajúcu dimenziu, ktorá tvorí duchovný stredobod princípu ľahkého spôsobu stavania.⁵

Hala Zenith 18 Štrasburg – celkový pohľad

Pohľad na železobetónové jadro a membránové opláštenie

Detail membránového opláštenia

Schématické prierezy fasádnym opláštením

¹ BUBNER, Ewald: Membrane konstruktion – verbindungstechniken, 1. und 2. Auflage 1997/1999, Verlag und Druck: Druckerei Wehlmann GmbH, Essen, Deutschland

² www.Tensi Net.com, 2010, BERND STIMPFLE: The Zénith de Strasbourg

³ www.Zenith Strasbourg, World architecture News, Laura Salmi

⁴ REIN, Alfréd – WILHELM, Viktor: Membrane construction, Detail 2000/6

⁵ Klaus – Michael Koch s prispěním Brian Foster, Knut Göppert, Karl Habermann,

⁶ Thomas Herzog, John Puden, William Taylor a David Wakefield: Bauen mit membranen, Prestel Verlag, München – Berlin – London – New York 2004