

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH
KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

STATICKÉ ŘEŠENÍ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

STATIC DESIGN OF ROOF STRUCTURE

P3. STAVEBNÍ POSTUP A VIZUALIZACE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TOMÁŠ DUDA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. Miloš ZICH, Ph.D.

BRNO 2014

Obsah

1	Popis konstrukčního systému	3
1.1	Postup výstavby	4
2	Postup výstavby řešené střešní membrány z předpjatého betonu	7
3	Vizualizace konstrukčního systému a jeho možná provedení	8
4	Seznam obrázků	10

1 Popis konstrukčního systému

Nosná konstrukce zastřešení je zobrazena na obrázcích 1.1 a 1.2. Jejími základními prvky jsou tuhá ramena ve tvaru písmene U či jiného, který neomezí její funkčnost. Ramena mohou být jak z oceli, tak i jiného materiálu, např. betonu. Pro výběr materiálu ramen je nutné zohlednit statické působení konstrukce a namáhání obvodového prstence, jež se s tvarem či postupem výstavby mění. Do těchto ramen, která tvoří obvodový prstenec střechy, jsou kotvena nosná lana v podélném i příčném směru. Tvoří tak ortogonální lanovou síť. Pomocí podélného „hlavního“ lana (může být tvořeno i z více kusů) bude konstrukce vyzdvižena. Příčná lana střechy udávají výsledný tvar střešní plochy. Jedná se tak o střechu dvojí křivosti, konkrétně o střechu podepřenou visutým lanem. Obvodový plášť je nesen svislými lany kolem celé konstrukce, které napomáhají celkové stabilitě konstrukce a zvyšují její tuhost.



Obrázek 1.1 Vizualizace konstrukčního systému



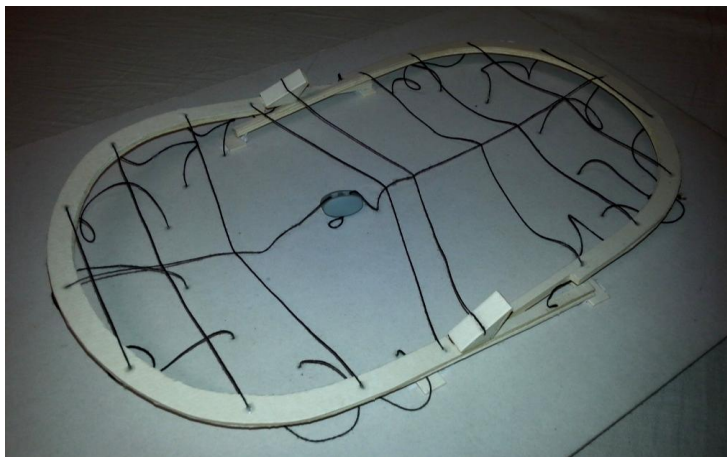
Obrázek 1.2 Vizualizace řešené konstrukce

Cílovou oblastí užití navrhovaného konstrukčního systému mohou být stavby halových objektů pro sportovní účely menší a střední velikosti (např. zastřešení bazénů, zimních stadiónů, jezdeckých hal, tělocvičen atd.), stavby skladů s volnou dispozicí vnitřního prostoru, hangáry a garáže zemědělských strojů, přenosné vojenské a civilní stany velkých rozměrů. Systém je určen jak pro stavby s trvalým, tak i dočasným či snadno smontovatelným a rozebíratelným zastřešením.

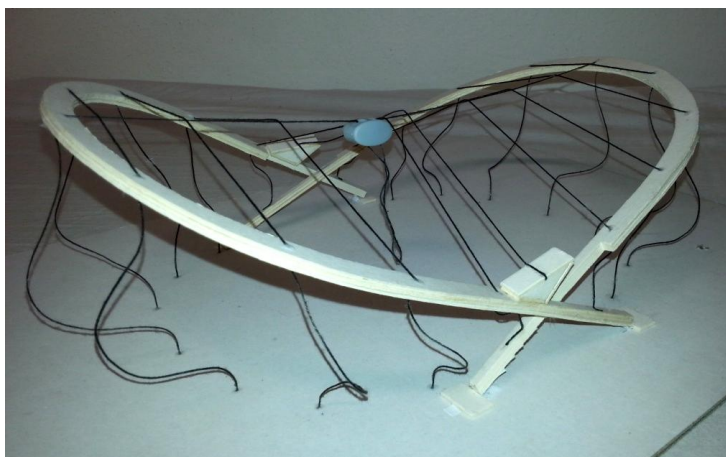
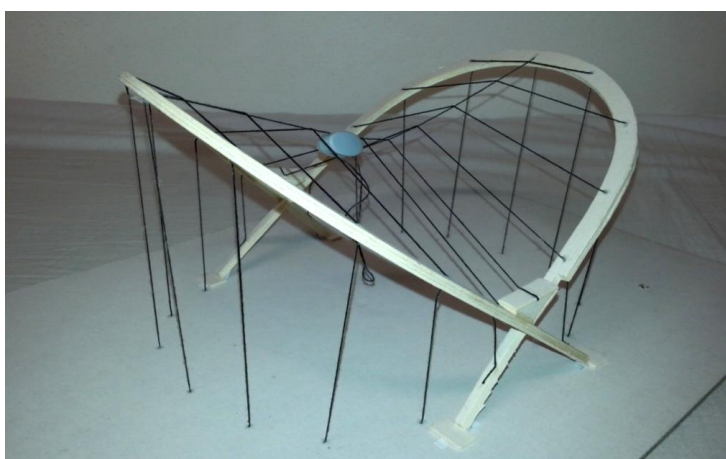
Tomuto segmentu stavební výroby dnes dominují montované ocelové haly, jejichž konstrukční systém je složen z příhradových nosníků namáhaných převážně ohybem, sloupů namáhaných tlakem a ztužidel (tah, tlak). Tyto zavedené systémy umožňují montáž haly během několika týdnů až měsíců. Jejich základy tvoří obvykle železobetonové patky. V méně únosných zeminách pak pásy, rošty, desky či piloty. Základy je nutné provést pod každým nosným sloupem což je spojeno s poměrně velkým objemem zemních prací. Nevýhodou stávajících halových staveb je nutnost práce ve výškách už během montáže nosného konstrukčního systému a nutnost přítomnosti nákladných zdvihacích zařízení na staveništi. Další variantou (méně používanou) jsou obloukové haly z vlnitého plechu. Tyto však mají limitovanou světlou výšku konstrukce v závislosti na půdorysných rozměrech.

1.1 Postup výstavby

Tuhá ramena jsou svými konci připojena k čepům umožňujícím otáčivý pohyb ramene okolo osy čepu (obr. 1.1, 1.2). Tyto čepy jsou kotveny do pevných základů (pilot či betonových patek). Nosné lano střechy propojuje vrcholy ramen. To se napne pomocí předpínacího zařízení umístěného buď ve středu střešní plochy, nebo ve vrcholech rámu. Zařízení umožní napnutí nosného lana (v lanu dojde ke vzniku tahových sil), čímž dojde k vyzdvižení konstrukce (ramena se zvednou). Současně se napínají i příčná lana a lana obvodového pláště. Příčná lana střechy kotvená k tuhým ramenům a natažená přes primární nosná lana se dopnou po napnutí primárního nosného lana. Postup zdvihu konstrukce je znázorněn pomocí jejího vytvořeného jednoduchého modelu na obrázcích č. 1.3 až 1.5.



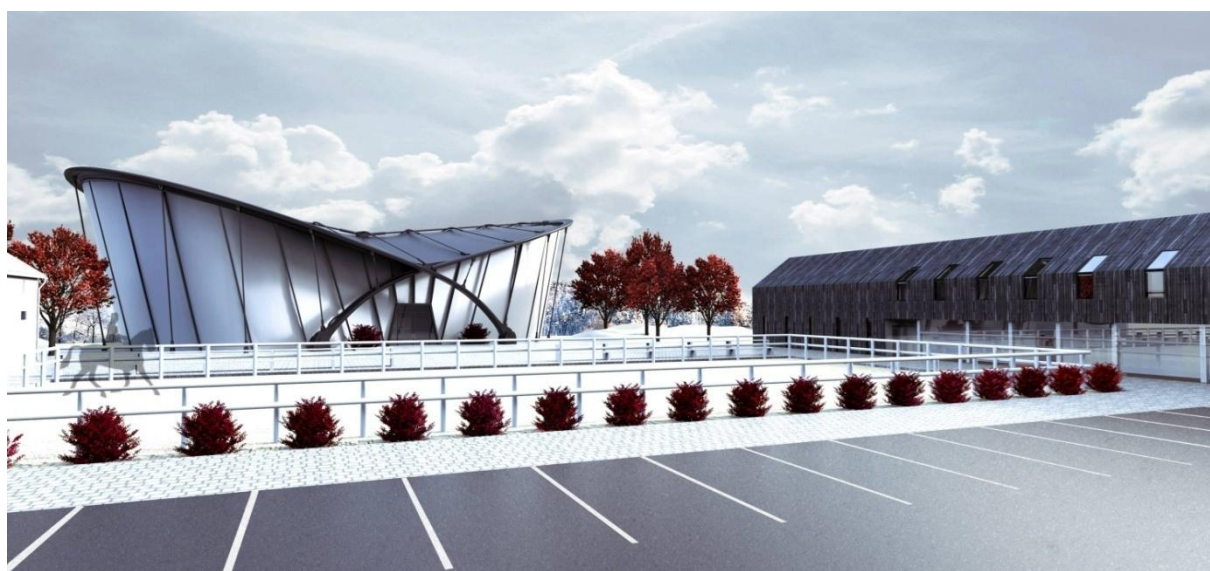
Obrázek 1.3 Model před vyzdvižením

*Obrázek 1.4 Zdvih konstrukce**Obrázek 1.5 Poslední fáze zdvihu – finální tvar*

Navrhovaný nosný konstrukční systém by mohl být realizován během několika dnů (u menších jednoduchých staveb bez pevných základů během několika hodin). Základy konstrukčního systému tvoří pouze tlačené piloty (či patky) v případě, že jsou sklopené tak, aby střednice ramene procházela jádrem průřezu základu pod uložením čepů tuhých ramen, a mikropiloty, k nimž budou kotvena lana obvodového pláště. Základy tak nevyžadují velký objem zemních prací a jsou velice úsporné co do spotřeby betonu. Také doba provádění základů se předpokládá kratší než u současných systémů. Minimální počet pilot (nebo skupin pilot) je dvě u varianty navrženého konstrukčního systému s jedním společným čepem pro obě ramena. Lana konstrukčního systému jsou namáhána tahem a tuhá ramena v závislosti na jejich tvaru převážně tlakem. Celkový objem použité oceli je předpokládán nižší než u stávajících typů konstrukčních systémů ocelových hal při stejné velikosti zastřešené plochy a stejné světlé výšce. Oproti stávajícím typům montovaných hal je u navržené konstrukce

předpokládána snadnější smontovatelnost a rozebíratelnost a také dynamická odolnost díky absenci tuhých spojů. Další výhodou je pak možnost sestavení celého systému na zemi bez nutnosti práce ve výškách a jeho následný zdvih. Je zde také předpoklad nižších nároků na množství pracovních sil a materiálu potřebného k sestavení konstrukce.

Zastřešení i opláštění konstrukčního systému může být realizováno mnoha způsoby obdobně jako u podobných visutých lanových a membránových konstrukcí běžně realizovaných po celém světě. V případě užití membránového opláštění pro stanové konstrukce může být textilní či membrána z fólie připojena ke konstrukčnímu systému ještě před jeho zdvihem a vypnuta během zvedání konstrukce. Takto mohou být budována zastřešení velkých ploch v rekordně krátkém čase. Zastřešení lze také realizovat upevněním kovových panelů na lana po vyzdvižení konstrukce, jak je tomu u dříve uvedených staveb jako je J. S. Dorton aréna nebo hala Scandinavium či panelů z tvrzeného skla nebo panelů betonových. Nic také nebrání sestavení víceraamenných systémů zdviháných obdobným způsobem. Konstrukční systém nabízí velkou architektonickou a vzhledovou variabilitu takto realizovaných staveb. Možný vzhled řešeného objektu jízdárny je znázorněn vizualizací Lucie Šponarové (obr. 1.6).



Obrázek 1.6 Vizualizace objektu jízdárny (autor: Lucie Šponarová)

Výše uvedený konstrukční systém a mechanismus výstavby je dílem studenta VUT Bc. Ondřeje Slowika a Lucie Šponarové, studentky architektury VŠB-TUO. V diplomové práci byl použit jako podkladový materiál pro statické posouzení a návrh střešní skořepiny.

2 Postup výstavby řešené střešní membrány z předpjatého betonu

V diplomové práci byla řešená pouze střešní skořepina, jejíž tvar výše zmíněný konstrukční systém definoval. Ve statickém výpočtu nebylo uvažováno s vyzvednutím konstrukce jako celku tahem tak, jak je popsáno v kapitole 1.1. Obvodový rám byl prohlášen jako dokonale tuhý a bude provedený ze železobetonu. Časová analýza řešená ve statickém výpočtu P4 počítá s přednostním vybudováním obvodových prstenců, které budou podepřeny pylony v místech obvodových lan. Postup výstavby řešené skořepiny v této diplomové práci je popsán v bodech následovně:

1. Zakotvení hlavního nosného lana do obvodového rámu a jeho napnutí na 50%
2. Zakotvení příčných nosných lan a jejich uchycení k hlavnímu lanu
3. Dopnutí hlavního nosného lana na 100%
4. Dopnutí příčných nosných lan na 50% (postup napínání od středu skořepiny)
5. Osazení rektifikačních podložek na nosná lana a pokládka střešních panelů
6. Vyhotovení věnců, pokládka předpínacích kabelů skořepiny do věnců a instalování předpínacích kotev.
7. Zalítí spár betonovou zálivkou
8. Technologická přestávka 28 dní
9. Napnutí předpínacích kabelů skořepiny na 50% v příčném směru (napínat od středu)
10. Napnutí předpínacích kabelů skořepiny na 50% v podélném směru (napínat od středu)
11. Dopnutí kabelů v příčném směru
12. Dopnutí kabelů v podélném směru
13. Injektáž kabelových kanálků nosných i předpínacích kabelů. Injektovat od obvodového prstence. Odvzdušnění u hřebene střechy
14. Montáž střešní skladby

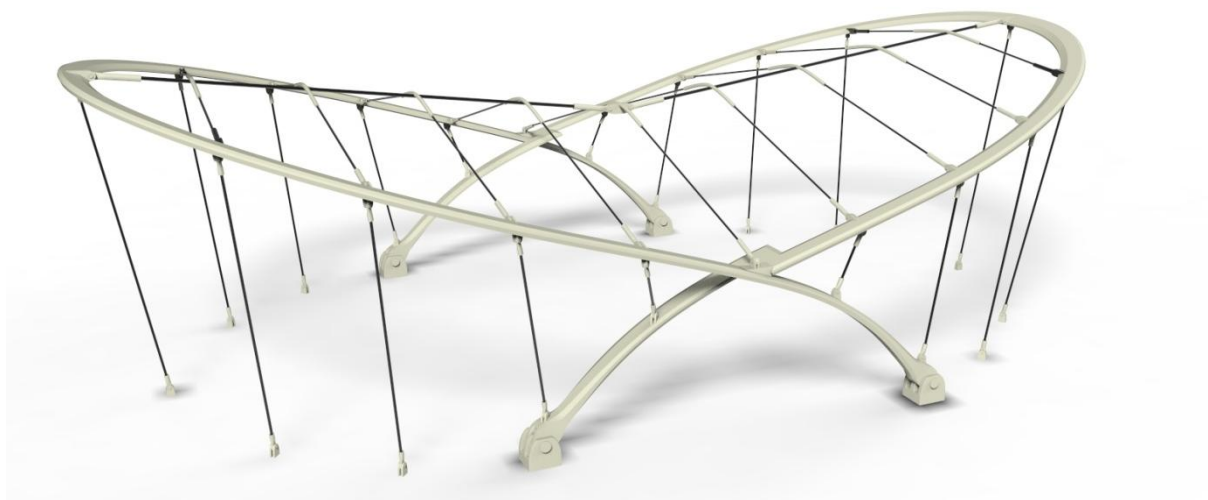
3 Vizualizace konstrukčního systému a jeho možná provedení



Obrázek 3.1 Vizualizace 1



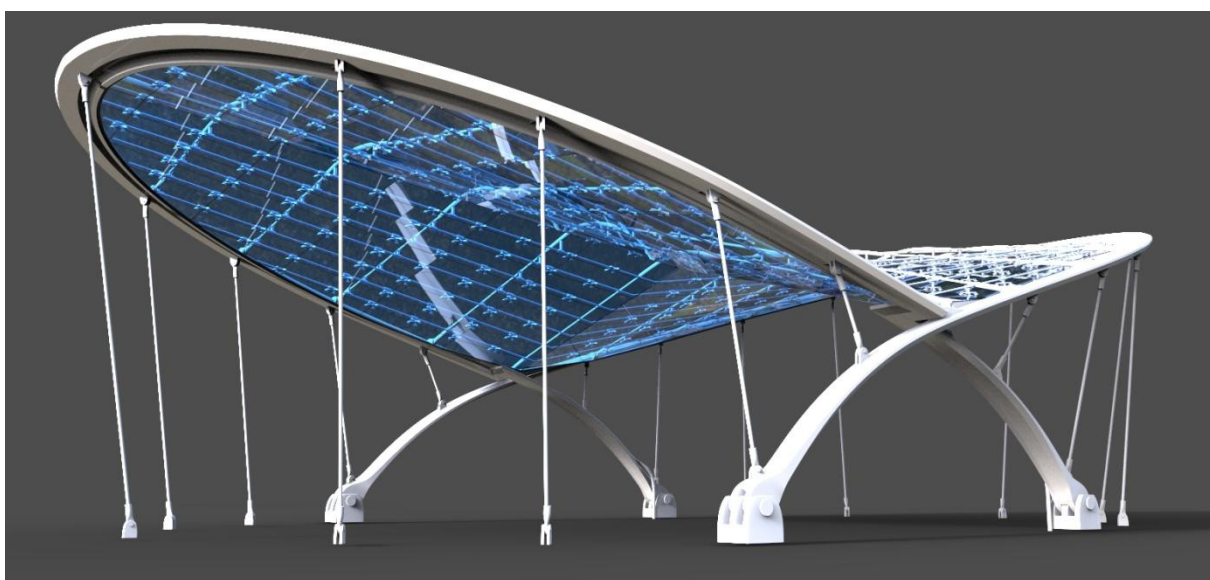
Obrázek 3.2 Vizualizace 2



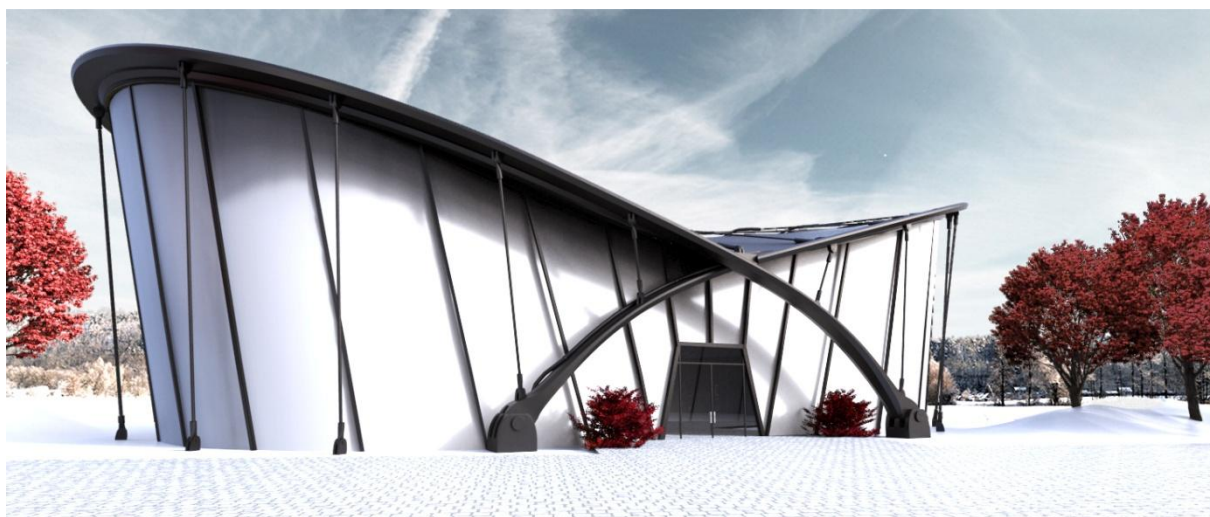
Obrázek 3.3 Vizualizace 3



Obrázek 3.4 Vizualizace 4



Obrázek 3.5 Vizualizace 5 – provedení se skleněnou střechou



Obrázek 3.6 Vizualizace 6 – provedení jako textilní membrána (autor Lucie Šponarová)

4 Seznam obrázků

<i>Obrázek 1.1 Vizualizace konstrukčního systému</i>	3
<i>Obrázek 1.2 Vizualizace řešené konstrukce</i>	3
<i>Obrázek 1.3 Model před vyzdvižením</i>	4
<i>Obrázek 1.4 Zdvih konstrukce</i>	5
<i>Obrázek 1.5 Poslední fáze zdvihu – finální tvar</i>	5
<i>Obrázek 1.6 Vizualizace objektu jízdrny (autor: Lucie Šponarová)</i>	6
<i>Obrázek 3.1 Vizualizace 1</i>	8
<i>Obrázek 3.2 Vizualizace 2</i>	8
<i>Obrázek 3.3 Vizualizace 3</i>	8
<i>Obrázek 3.4 Vizualizace 4</i>	9
<i>Obrázek 3.5 Vizualizace 5 – provedení se skleněnou střechou</i>	9
<i>Obrázek 3.6 Vizualizace 6 – provedení jako textilní membrána</i>	9