

NÁVRH RADIÁLNÍHO PŘEDPĚTÍ ZTUŽUJÍCÍCH PRSTENCŮ HYPERBOLICKÝCH KONSTRUKCÍ

Aleš Pražák, *

Katedra betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební,
České vysoké učení technické v Praze, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6, Česká republika.
ales.prazak@fsv.cvut.cz

ABSTRAKT

Tento článek, který se zakládá z postupu a výsledků disertační práce, řeší návrh radiálního předpětí ztužujících částí konstrukce rotačního hyperboloidu, čímž jsou konstrukce tahového komínu chladicích věží s přirozeným tahem. Tento postup se však dá použít i pro válcové konstrukce, například technologických nádrží čistíček odpadních vod. Posudky řešené v této části práce se zakládají na konstrukčních detailech navržených v předešlých etapách výzkumu. Jedná se o půdorysné a výškové vedení kabelů předpínací výztuže, jejich půdorysné rozdělení z důvodu zachování velikosti chtěné předpínací síly a detail kotevních oblastí z důvodu minimalizace ztrát radiálního předpětí v těchto místech. Takto navržené předpětí je nyní posuzováno z důvodu vznikajících ztrát radiálního předpětí, dotvarování a smršťování betonu a dle výsledků je opět optimalizován původní návrh předpětí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Chladicí věž • Radiální předpětí • Ztráty předpětí • Dotvarování • Smršťování

ABSTRACT

This paper is based on the progress and results of the dissertation thesis, is solved design of post-tensioned radial reinforcement of reinforcement parts hyperbolic structures. Mainly they are structures of natural draft cooling towers, but a similar design can be used for technological tanks of wastewater treatment plant. Assessments solved in this part of research are based on design details proposed in the previous stages of the research. It is mainly about floor and elevation design of prestress cables, their floor radial distribution and details of anchor areas, to minimize losses of prestressing and maintain the desired prestressing force. This prestressing design being solved nowadays, due to prestressing losses, creep and shrinkage.

KEYWORDS

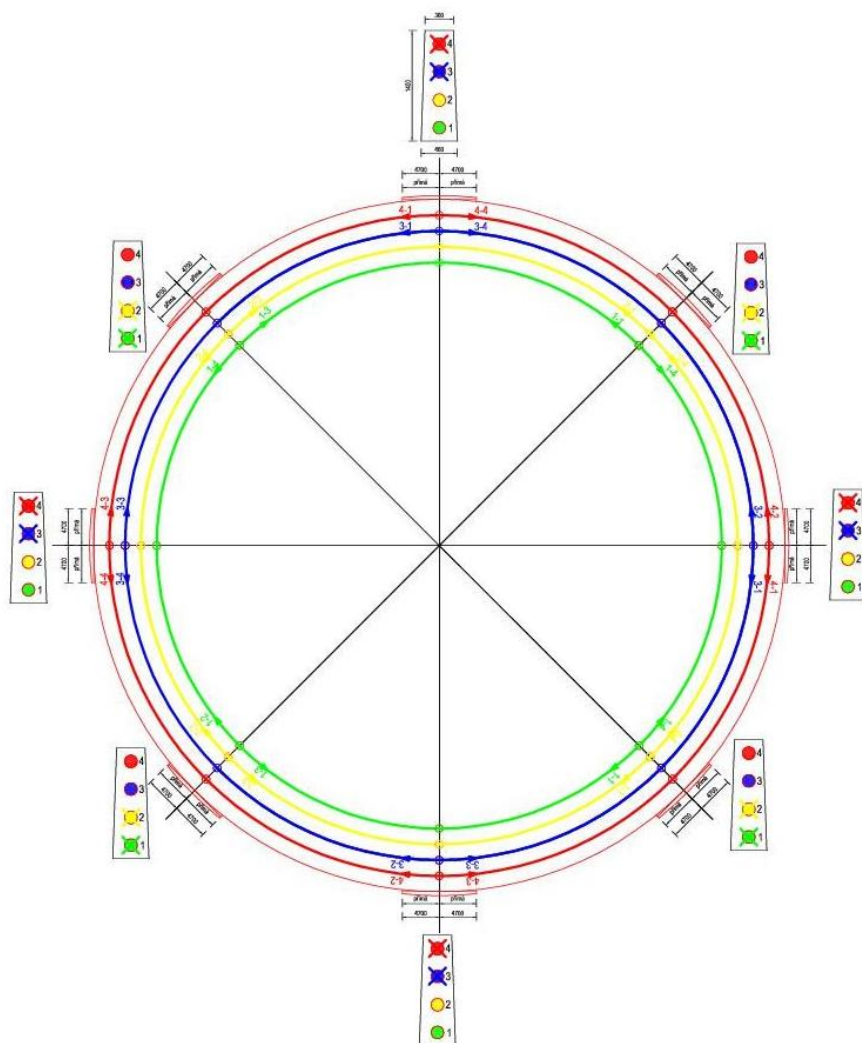
Cooling tower • Radial prestress • Prestressing losses • Creep • Shrinkage

1. ÚVOD

V rámci disertační práce, je prováděna analýza exponovaných konstrukcí skořepinových konstrukcí, čímž jsou hlavně ztužující prstence, z nichž nejvíce zatížený je spodní ztužující prsteneček, tedy návodní křídlo tahového komínu konstrukce chladicí věže s přirozeným tahem. U návodního křídla těchto specifických skořepinových konstrukcí je v tomto výzkumu zkoumáno využití radiálního předpětí pro možnou optimalizaci návrhu této exponované části konstrukce chladicí věže. Tento článek se přímo zaměřuje na posouzení navrženého předpětí v předešlých fázích výzkumu z pohledu minimalizování ztrát radiálního předpětí v součinnosti s dotvarováním a smršťování betonu. Dle výsledků je následně optimalizován návrh půdorysného a výškového vedení předpínacích kabelů radiálního předpětí a jeho půdorysného rozdělení s ohledem na minimalizování vznikajících ztrát. Podobně je upraven návrh oblasti kotev předpětí.

2. NÁVRH RADIÁLNÍHO PŘEDPĚTÍ

V rámci výzkumu je prozatím řešeno předpětí pouze v druhém betonážním prstenci od vetknutí stojek chladicí věže. Po výšce betonážního taktu, který má výšku 1,40 m, jsou uvažovány čtyři 19ti lanové kabely. Půdorysně je prsteneček konstrukce chladicí věže v řešeném místě rozdělen na 1/8. Kabely střídavě prochází přes 2/8. V každé 1/8 prochází vždy 50% kabelů a 50% je kotveno. Půdorysný a výškový průběh kabelů můžeme vidět na Obrázku 1. Takto navržené kabely v jednotlivých výškách, jejichž délky jsou vidět právě na Obrázku 1 jsou následně rozděleny na deset dílů, z nichž první a poslední jsou od kotvy k místu kdy kabel předpínací výztuže již splňuje křivost střednice konstrukce prstence dle jeho výškové pozice. Tyto body se půdorysně s danou odchylkou překrývají a hodnoty ztrát předpětí se sčítají a posuzují vůči účinkům vnějšího zatížení působícího na konstrukci chladicí věže. V kotevni oblasti je křížení předpínacích kabelů jedné výšky řešeno výškově tak, aby bylo minimalizován vznik nechtěných vnitřních sil.



KABELY 1
 $R = 43,807 \text{ m}$
 $L = 4,7 + 2 \times 34,406 + 4,7 = 78,212 \text{ m}$
 $L/4 = 8,5 \text{ m}$

KABELY 2
 $R = 43,711 \text{ m}$
 $L = 4,7 + 2 \times 34,331 + 4,7 = 78,062 \text{ m}$
 $L/4 = 8,5 \text{ m}$

KABELY 3
 $R = 43,614 \text{ m}$
 $L = 4,7 + 2 \times 34,254 + 4,7 = 77,908 \text{ m}$
 $L/4 = 8,5 \text{ m}$

KABELY 4
 $R = 43,514 \text{ m}$
 $L = 4,7 + 2 \times 34,176 + 4,7 = 77,752 \text{ m}$
 $L/4 = 8,5 \text{ m}$

☒ KOTVENO

● PROCHÁZEJÍCÍ NEKOTVENO

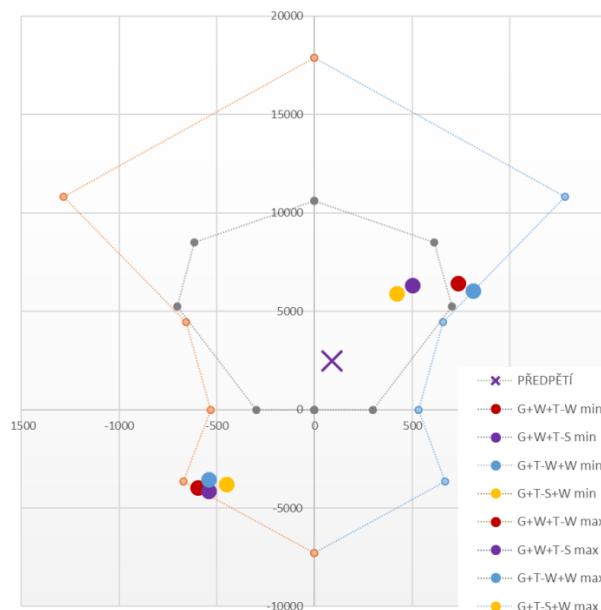
Obrázek 1: Schéma půdorysného vedení a rozdělení předpínacích kabelů

3. ZTRÁTY PŘEDPĚTÍ

Radiální předpětí bylo navrženo dle dříve získaných výsledných hodnot od kombinací jednotlivých působících zatížení na existující stávající konstrukci.

Z těchto hodnot a následného návrhu bylo pro předpětí návodního křídla navrženo 6 kabelů po 15-ti lanech dodatečného soudržného předpětí.

Jednotlivé kabely (v jednotlivých výškách) byly posuzovány z hlediska mezního stavu únosnosti průřezu pro všechny kombinace vnějších zatížení působících na konstrukci chladicí věže během její životnosti. V interakčním diagramu vykresleném na Obrázku 4 je zobrazeno posouzení druhého betonážního taktu s využitím předpětí pro extrémní hodnoty od kombinací jednotlivých zatěžovacích stavů ve směru y. V tomto diagramu je již redukována betonářská výztuž o 45% a proto jsou výsledné extrémní hodnoty na kraji plochy únosnosti betonářské výztuže v průřezu.



Obrázek 4: Posouzení průřezu v druhém betonážním taktu při uvažování předpětí.

3.1. Návrh vedení kabelů a kotevních oblastí

Dále bylo nutné navrhnout půdorysné a výškové vedení kanálků pro vedení předpínací výztuže a následně jejich křížení, kotvení v kotevní oblasti. Nejprve bylo nutné navrhnout umístění kotevních náliček, což bylo navrženo z důvodu lepší rektifikace a ochrany na vnějším povrchu návodního křídla. Kotvení na vnější straně tahového komínu je vhodné i z hlediska působení předpínacích kabelů při křížení v místě kotevních oblastí jednotlivých částí. Při návrhu téměř nulového obloukového zakřivení, vznikají nižší ohybové momenty, které jsou nechtěným účinkem tohoto způsobu vyztužení.

Dle těchto podmínek bylo navrženo půdorysné vedení (zakřivení) kanálků předpínací výztuže, a to na 8 částí (po 45°). Délka jednotlivých „segmentů“ předpětí je 47,42 m. Celkovou délku jednoho kabelového „segmentu“ můžeme rozdělit na kotvící vzdálenost, přechodnicovou část a radiální vedení kabelu, což zakresleno na Obrázku 5. Délka kabelu je rozdělena na 1,81+4,69+34,42+4,69+1,81 m, celkem 47,42 m. Kotvící vzdálenost (1,81 m) je počítána od dosažení kabelů předpínací výztuže vnějšího povrchu stěny tahového komína.

Výškové vedení kabelů při křížení v kotevní oblasti je řešeno v tečné vzdálenosti 4,69 m.

4. ZKUŠEBNÍ VZORKY

V rámci optimalizace návodního křídla konstrukce chladicí věže bylo cílem vytvořit a následně odzkoušet reálné zkušební vzorky, dle kterých by bylo možné přímo dokázat efektivitu radiálního předpětí v tomto extrémně zatíženém místě konstrukce. Dle možnosti laboratoře a možných velikostních a zatěžovacích poměrů byly navrženy zkušební vzorky. Vzorky mají křivost upravenou dle poměru, aby bylo působení předpětí vůbec měřitelné.

Pro zkušební vzorky bylo navrženo bednění, které bude také sloužit pro modelování (vnášení) navržených uvažovaných zatěžovacích stavů (zatížení teplotou, větrem).

4.1. Vyztužení vzorků

Z hlediska posouzení byly navrženy dva zkušební vzorky: a) vyztužený η -betonářskou výztuží, b) vyztužený 0,4 η -betonářskou výztuží a μ -dodatečnou předpínací výztuží. Vyztužení betonářskou výztuží bylo navrženo dle konstrukčních zásad, přičemž bylo navrženo krytí betonářské výztuže 30 mm. Stupeň vyztužení betonářskou výztuží je vyjádřen konstantou η a stupeň vyztužení dodatečným předpětím je vyjádřeno konstantou μ .

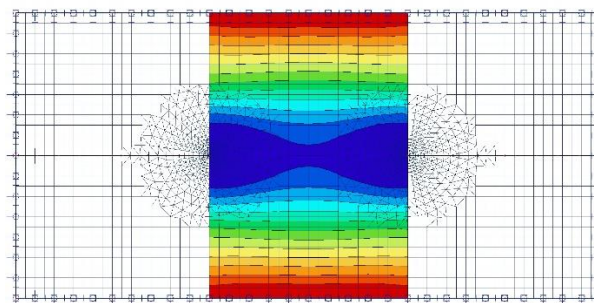
Pro zkušební vzorek b) bylo navrženo dodatečně předpětí, které bude představovat třílanový kabel, o jmenovitém průměru jednotlivých lan 15,7 mm. Lana jsou navržena dle EN 10138-3 v pevnostní třídě 1860 MPa, se zaručenou mezí pevnosti (F_{pk}) 279 kN a mezí kluzu ($F_{p0,1}$) 246 kN.

4.2. Modelování zatěžovacích stavů na zkušebních vzorcích

Na zkušebních vzorcích budou modelovány a zkoušeny kombinace těchto zatížení: vlastní tíha, zatížení větrem, zatížení teplotou (oslunění). Zatížení větrem bude určeno výškou působení na reálnou konstrukci (v poměru upravený ke zkušebnímu vzorku) a budou modelovány tři stavy zatížení větrem: a) v místě maximálního tlaku, b) v místě maximálního tahu, c) přímo v místě přechodu mezi tlakovým a tahovým zatížením větrem.

4.3. Model vzorku

Z důvodu kontroly sledovaných napětí od vnášených modelovaných zatížení na zkušebních vzorcích byl posouzen výpočtový model zkušební vzorku (viz Obrázek 9).



Obrázek 9: Výpočetní model zkušební vzorku – průběh ohybového momentu m_y

5. VÝSLEDKY

Prozatím byla samotným výpočtem potvrzena efektivnost využití radiálního předpětí pro tenkostěnné konstrukce, což se samozřejmě dá využít i při samotném projektování stěn jednotlivých nádrží ČOV, ale u tak specifických inženýrských staveb jako jsou chladicí věže by tento přínos byl zajímavější a to hlavně z důvod prevence před sanacemi v maximálně zatížených místech.

6. ZÁVĚR

Jak bylo již popsáno, výpočtem byla efektivnost využití předpětí u skořepinových inženýrských staveb jako jsou chladicí věže. Dalším postupem prací se řeší odzkoušení těchto poznatků na fyzických zkušebních vzorcích. Tyto vzorky mají nahradit část konstrukce návodního křídla konstrukce chladicí věže, což je nejvíce namáhaná část, ve které navíc dochází k největšímu vzniku poruch, které je potřeba hlídat a sanovat. Návrh předpětí a jeho posouzení na modelu konstrukce je jedna část práce, ale návrh vedení kanálků předpínací výztuže, její křížení a návrh samotných kotevních oblastí je řešeno v další části práce. Při vnesení předpětí do konstrukce vznikne v konstrukci trojosá napjatost, která je pro samotný charakter materiálu, jeho vlastnosti a působení efektivnější. Velmi zajímavý problém

k řešení je také vliv předpětí na dotvarování této řešené oblasti (návodního křídla) a vůči zbytku konstrukce tahového komínu chladicí věže.

