

Zesílení monolitické kruhové střešní desky

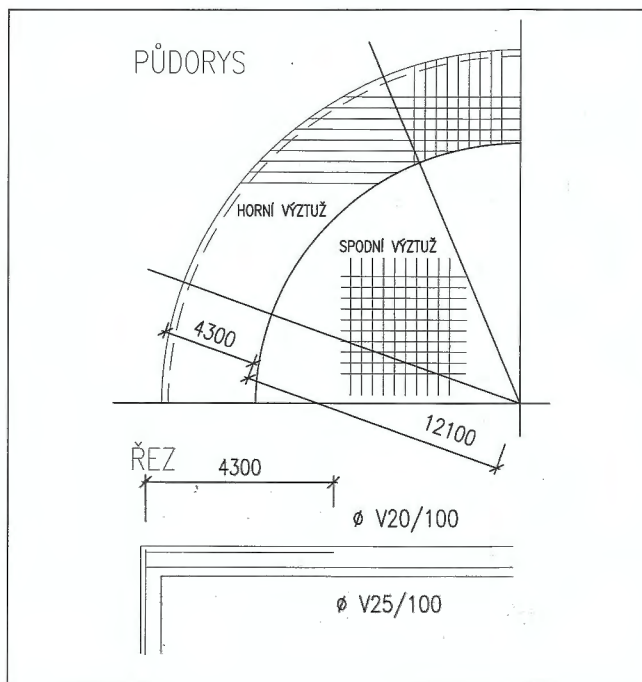
Strengthening of Reinforced Concrete Roof Slab

Petr Štěpánek, Jaroslav Vácha

Železobetonová kruhová střešní deska o rozpětí 32,4 m a tloušťce 0,5 m vykazovala při odbedňování průhyb 260 mm. Odbedňování bylo zastaveno. Konstrukce musela být zesílena. Sanace byla provedena pomocí prostorového železobetonového věšadla. Věšadlo bylo rovněž využito jako nosná konstrukce dřevěného zastřešení. Teoreticky navržený postup opravy bylo nutno korigovat vzhledem k postupu sanačních prací (vzhledem k chování konstrukce při realizaci sanace).

Reinforced concrete circular roof slab of 32,4 m in diameter and 0,5 m of thickness showed deflection 260 mm during form removal. Removal of the form was stopped. It was necessary to strengthen the structure. Spatial reinforced hanger was used for remedy. The hanger was also used as the load-bearing structure of wooden roof. Theoretical design was necessary to revise with regard to the process of the reconstruction work (behaviour of the structure during realisation).

Při výstavbě potravinářského závodu byla navržena monolitická válcová stavba s kruhovou podstavou, ke které je připojena obdélníková komunikační a technologická zóna. Světlost kruhové části objektu je 32,0 m, železobetonové stěny jsou tloušťky 0,4 m a tloušťka stropní desky 0,5 m. Výška objektu je 15,0 metrů. V části obvodu betonové stěny pod stropem je stěna přerušena otvory, mezi kterými jsou tři subtilní pilíře. V této části je kruhová deska napojena na stropní desku přílehlé obdélníkové budovy. Pro výrobu byl použit beton B30, vyztužený ocelí 10 425. Výztuž stropu byla u spodního líce desky pravoúhlá \emptyset V25 po 100 mm, horní líc desky byl vyztužen dvěma navzájem kolmými osnovami výztuže – \emptyset V20 po 100 mm v mezikruží o šířce 4,3 m v oblasti styku desky se stěnou (obr. 1).



Obr. 1 – Schéma uspořádání výztuže ve střešní desce / *Layout of roof slab reinforcement*

Obr. 2 – Celkový pohled na prostorové věšadlo / *General view on spatial hanger*



Při odbedňování stropní konstrukce se deska oddělila od spouštěných bednicích stolů. Věže byly spuštěny zhruba o 260 milimetrů. Druhý den po příchodu pracovníků provádějících odbednění bylo zjištěno, že deska „dosedla“ zpět na bednění. Průhyb desky je zřetelně vidět na obr. 2 podle vody, která po deštích zůstávala na konstrukci.

V oblasti napojení kruhové desky na stropní desku přilehlého objektu vznikly na sloupech trhliny, které svědčí o nadměrných natočeních a o nadzvedávání desky – viz obr. 3. Výztuž ani beton sloupů nebyly schopny přenést vznikající tahová napětí od nadměrných deformací.

Na styku stropní desky a válcové stěny se dodatečně téměř po celém obvodu – zhruba v polovině tloušťky desky – vytvořila trhlina. Další trhliny vznikly ve válcové stěně: zhruba po pěti metrech se rozevřely svislé trhliny na výšku přibližně čtyř metrů.

Přepočít navrhované konstrukce

Ústav betonových a zděných konstrukcí (ÚBaZK) FAST VUT v Brně provedl rozsáhlou analýzu navrhované konstrukce, při které byly využity jak programové systémy pro lineární řešení konstrukcí metodou konečných prvků (NEXX, FEM), tak i systém ANSYS, jehož pomocí byla provedena kompletní nelineární analýza konstrukce. Provedené numerické studie prokázaly, že konstrukce vykazuje nedostatky z hlediska:

- ◆ mezního stavu únosnosti – jednalo se zejména o nedostatečně nadimenzovaný styk válcové stěny s deskou, dále pak i o slabou vodorovnou výztuž ve stěně,
- ◆ mezního stavu přetvoření střešní desky.

Střešní deska nevykazovala dostatečnou spolehlivost, takže bylo rozhodnuto o sanaci.



Obr. 3 – Poruchy sloupu v oblasti napojení desky k přilehlé obdélníkové budově vyvolané nadměrnou deformací desky / Failure of column head in the joint of the slab and the rectangular part of building

Návrh sanace konstrukce

Sanaci navrhla firma STAVOCONSULT Brno, posouzení návrhu sanace pro investora provedl ÚBaZK FAST VUT v Brně.

Vstupní údaje pro analýzu:

- ◆ deformace konstrukce (skutečný stav),
- ◆ přílišná smělost konstrukce - 1/60 rozpětí,
- ◆ nevyztužený horní líc desky,
- ◆ smršňovací trhlinky na horní ploše desky,
- ◆ vodorovná trhlina v kruhové desce.

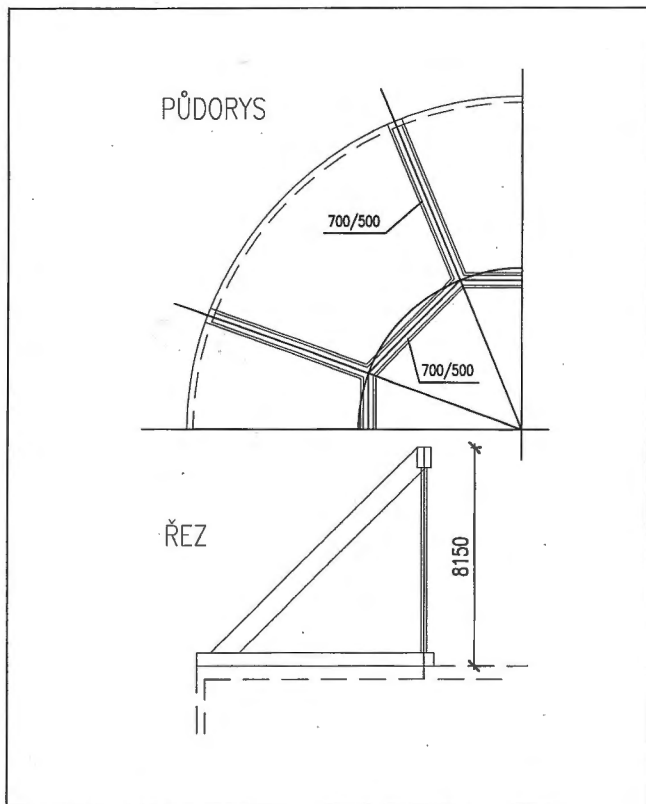
Za uvedených podmínek byla provedena parametrická studie pro kruhovou desku, po obvodě kloubově uloženou, jejíž rozpětí bylo zkráceno mezilehlými podporamai - závěsy. Místa závěsů byla volena tak, aby byla minimalizována tahová napětí horního nevyztuženého povrchu desky.



Obr. 4 – Indikátor „a“ pro měření deformací na horním povrchu desky / Surface indicator „a“ for measuring deflections on the upper surface of slab



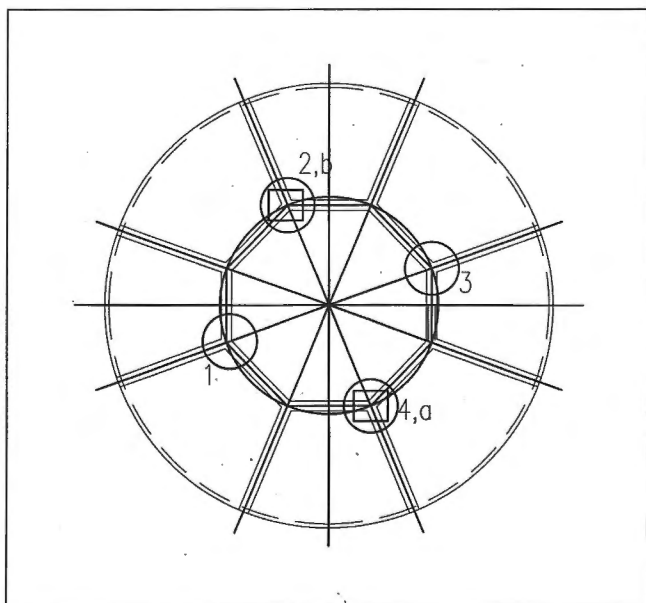
Obr. 5 – Indikátorové hodinky pro měření nadzvednutí desky na jejím dolním povrchu / Surface indicator for measuring deflections on the low surface of slab



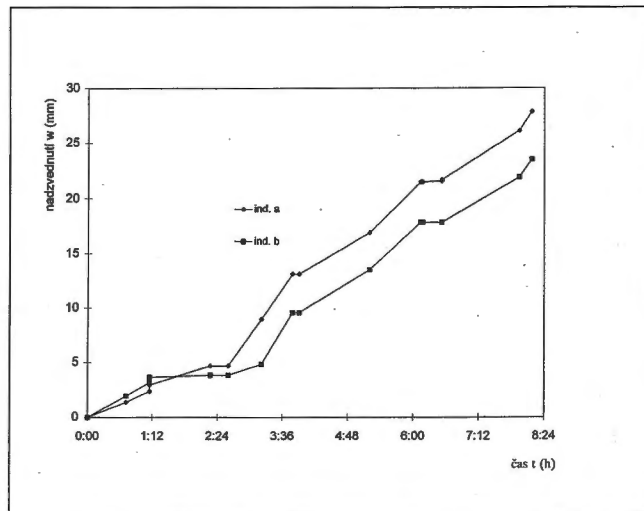
Obr. 6 – Prostorové věšadlo / Spatial hanger

Výsledkem řešení je prostorové osmiboké věšadlo (obr. 6), které tvoří trám 0,7 m vysoký, 0,5 m široký a 6,0 m dlouhý, podpíraný šikmou vzpěrou o stejném profilu, uloženou na obvodě. Pod touto konstrukcí je na původní desce vybetonován osmiboký prstenec o stejném půdorysu s osmi táhly, eliminujícími vodorovnou složku reakce svislých vzpěr věšadla.

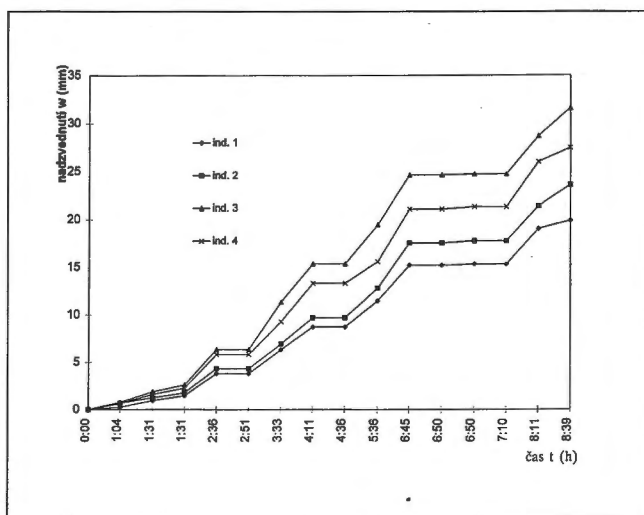
V každém vrcholu osmiúhelníkového věšadla jsou umístěna táhla, tvořená dvěma svazky po čtyřech lanech, jejichž kotevní oblasti jsou umístěny do horního trámu věšadla a dodatečně zapuštěny do spodního líce kruhové stropní desky.



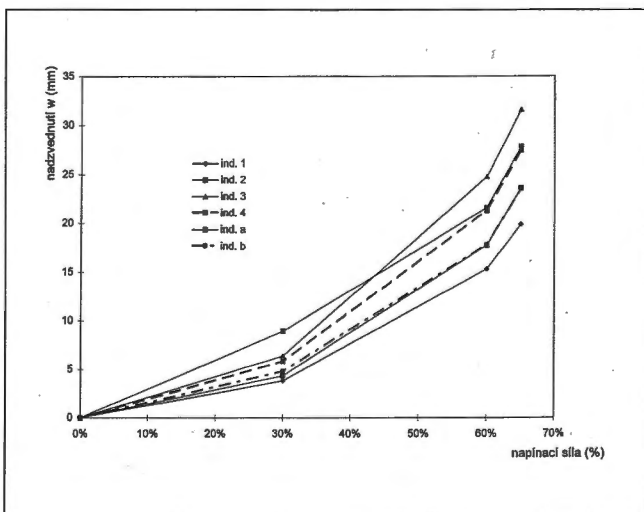
Obr. 7 – Uspořádání měřicích bodů na střešní desce / Layout of the measured points on the roof slab



Obr. 8 – Závislost nadvzdnutí desky při napínání na čase. Měření na horním povrchu / Time dependence deformation of slab under tension. Measuring on the upper surface of the slab



Obr. 9 – Závislost nadvzdnutí desky při napínání na čase. Měření na dolním povrchu desky / Time dependence deformation of slab under tension. Measuring on the low surface of the slab



Obr. 10 – Závislost nadvzdnutí desky na celistvosti napínací síly / Dependence of deformation on tensing force

Aby bylo možno sledovat postup aktivace táhel při zvedání deformované stropní desky, byly na horní povrch osmiúhelníkového prstence nadbetonovaného na desku osazeny dva průhyboměry a na spodní líc sanované desky čtyři indikátory. Schéma jejich umístění je na obr. 7. Přesnost použitých přístrojů umožňovala čtení na setiny mm; odhadovat bylo možno tisíce mm. Na přípravě a organizaci měření in situ se kromě ÚBaZK FAST VUT v Brně podíleli i pracovníci BESTEX, s. r. o.

Na obr. 4 je zachycen indikátor „a“ na horním povrchu prstence; na obr. 5 je stojánek s indikátorem 3, který byl použit pro měření deformací na spodním povrchu desky.

Táhla byla aktivována čtyřmi napínacími pistolemi. Postupně bylo vneseno předpětí dosahující 65% maximální napínací síly jednoho lana, která činila 190 kN. Při dosažení této hodnoty byla stropní deska přivednuta o 20 až 30 mm. Další napínání bylo zastaveno, protože na přetvořené konstrukci nebylo vhodné vytvářet podmínky pro vznik dalších trhlin. Všechna táhla byla postupně ve dvou etapách dopnuta na stejnou hodnotu předpínací síly. Po injektáži kotevních oblastí byla táhla obetonována svislými rozpěrami. Spodní líc střešní desky, který je umístěn v trvale vlhkém prostředí, byl opatřen stěrkou na bázi polyakrylátů.

Hodnoty naměřených deformací při napínání táhel jsou zakresleny na obr. 8, 9 a 10. Během celého postupu napínání byly kontrolovány průhyby desky v místech závěsů. Projektantem vypočtené hodnoty byly srovnávány s hodnotami naměřenými. Postup sanace (vlastního napínání) byl upravován vzhledem k reálné odezvě konstrukce.

Konstrukce desky, původně navržená pravděpodobně pouze pro první skupinu mezních stavů se spolupůsobením měkké válcové stěny – *tloušťka stěny a rozpětí desky jsou v nepoměru* – byla zesílena prostorovým vేశadlem. Celý systém nově vytvořené konstrukce splňuje podmínky mezních stavů použitelnosti ve znění NAD EC2, včetně detailů a konstrukčních zásad.

Na základě získaných a ověřených poznatků z realizace sanace, je nutné především upozornit navrhovatele na rozdíl při návrhu izotropních desek z heterogenního materiálu, který má vyhovět současně i mezním stavům použitelnosti. Rovněž jednostranné vyztužení desky, bez možnosti regulace rozvoje trhlin od smršťování a využití dekompresního účinku vyztuže, je považováno za riskantní a musí se ve svém důsledku projevit nepřiměřenou deformací.

V praxi se při zpracování návrhu sanace osvědčil způsob práce obvyklý v zahraničí, při kterém je navržené projektové řešení podrobena oponentuře nezávislou institucí. Potvrdila se i nutnost provádět měření odezvy konstrukce in situ, zejména při náročnějších zásazích do konstrukce, což v oblasti konstrukcí pozemních a průmyslových staveb není zcela běžné.

*Doc. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc., Ústav betonových a zděných konstrukcí FAST VUT v Brně, Údolní 53, 602 00 Brno,
Ing. Jaroslav Vácha, Stavoconsult, Podleš 35, 624 00 Brno*

Výsledky ankety „Železářny Annahütte“ – Betonářské dny 1996

Betonářské dny „BD 96“ byly spojeny s anketou týkající se průzkumu používání a znalosti výrobního programu našeho v současné době největšího výrobce svařovaných betonářských sítí (a též drátů ve stejné kvalitě oceli jako sítě – rovnané ale zejména ve svících pro armovny a prefy). Průzkum se též týkal způsobu používání tohoto specifického výrobku a možnosti jeho co neširšího uplatnění ve stavebních konstrukcích. Důvodem této ankety je zájem výrobce zoptimalizovat výrobní sortiment z hlediska užitečných, ale i ekonomických důvodů do mezí, které by odpovídaly tvrdým podmínkám na trhu a zároveň pokud možno největšímu okruhu uživatelů – stavebníků, statiků, stavebních firem apod. Anketní otázky byly připraveny za pomoci pana profesora Procházky, který se na naši žádost ujal i předsednictví komise, která celou anketu vyhodnotila.

*Složení komise: prof. Ing. Jaroslav Procházka CSc. – předseda
prof. Ing. Milík Tichý DrSc.
Ing. Vlastimil Šrůma CSc.*

Z obdržených odpovědí vybrala a navrhla komise jako nejpříhodnější následující příspěvky:

- 1. místo Ing. František Šindýlek, Ostrava – Poruba*
- 2. místo Ing. Ladislav Pýcha, Libušín*
- 3. místo Ing. Jan Tischer, Praha 5*

Za první místo byl udělen týdenní zájezd do Tunisu, za druhé a třetí místo byly zaslány hodnotné ceny.

Vyhodnocením anketních otázek komisí byly získány následující rozhodné informace:

- ♦ vyztužené sítě Železářny Annahütte zná a používá 82% respondentů,*
- ♦ nejpožadovanější úpravy byly ve prospěch únosnějších typů s průměrem drátu 8, 8d, 10, 12 s roztečí drátů 100 až 150 mm pro jedno, i dvousměrné sítě. U jednosměrných sítí byl doporučován příčný drát průměru 5,6 mm o vzdálenostech 200 až 250 mm.
doporučené délky: 5000, 6000, 8000 mm
doporučené šířky: 2150, 2400, 2800 mm,*
- ♦ často byl zdůrazňován požadavek na výroby na zakázku,*
- ♦ požadována byla častější aktualizace výrobní řady, požadavek osvětové konzultační činnosti.*

Vzhledem k množství účastníků konference však byl počet odpovědí podle mého názoru velmi malý, ačkoliv ceny, které Železářny Annahütte nabídly za zamyšlení nad vyplněním dotazníku, byly velmi hodnotné. Požadavek odborné diskuse a poradenství k problémům při vyztužování konstrukcí pomocí betonářských sítí nabízíme na stránkách tohoto časopisu případně na našich kontaktních adresách a telefonech.

Adolf Godík