

FOTOELASTICIMETRICKÝ VÝZKUM POTRUBÍ S IMPERFEKCEMI

Ing. Josef Jíra, CSc., Ing. Jindřich Kratěna, CSc.

Spolehlivost potrubních systémů je závislá na úrovni poznání vlivu vnějších a vnitřních podmínek na jejich napjatost. Provedený fotoelastimetrický výzkum napjatosti modelů příčných průřezů potrubí ukazuje rozdíly ve velikostech napětí mezi ideálním kruhovým průřezem a průřezem s tvarovou imperfekcí představovanou elipsou. V experimentálním výzkumu je zahrnut i vliv technologie ukládání potrubí, tj. od zahrnování rýhy ve vodorovných vrstvách nebo bočním zahrnováním.

Skutečnost, že většina poruch u tranzitních potrubních systémů vzniká při provozním zatížení, signalizuje zřetelně, že napjatost a deformace potrubí nemůže být hodnocena jen podle vnitřního přetlaku a při dokonalé geometrii válcového tenkostěnného potrubí. Je proto nutné studovat skutečný stav napětí a přetvoření vyvolaný nejen přetlakem, ale i působením podloží a zásypu zeminou, vliv geometrických odchylek a účinky vzniklé technologií pokládání trub.

Je známo, že k prvotní deformaci velkopřůměrového potrubí dochází již při jeho výrobě a úpravě a vzniklé geometrické odchylky mění ideální kruhový tvar na reálný průřez, jehož tvar lze aproximovat elipsou. Po uložení se ovalita průřezu může měnit i po podélné ose potrubí. Proto bylo provedeno experimentální vyšetřování napjatosti eliptického průřezu uloženého v zemní rýze a namáhaného od zásypu zeminou před zatížením provozním tlakem. Vzhledem k citlivosti tenkostěnného potrubí na technologii ukládání bylo uvažováno namáhání od zásypu ve vodorovných vrstvách a od bočního zahrnování zeminou z okraje zemní rýhy.

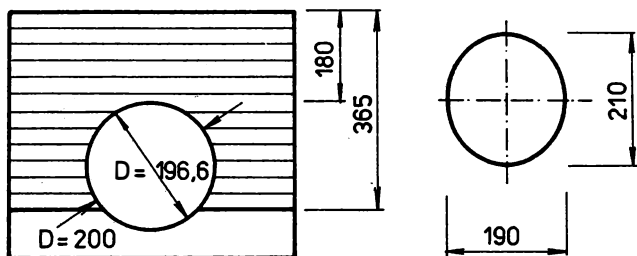
Pro modelové zkoušky byla zvolena metoda rovinné fotoelastimetrie. Cílem měření bylo porovnání velikostí napětí v jednotlivých bodech průřezu pro kruhový a eliptický tvar. Proto jsou velikosti napětí vyjádřeny v jednotkách dvojzlomu a byly vykresleny na vnitřním a vnějším povrchu průřezu. Výhodou zvolené metody je, že pro tento okrajový problém lze na obvodě potrubí přímo změřit hlavní napětí. Modely byly vyrobeny z opticky citlivého materiálu

PL-1 od výrobce Photoelastic Inc. Vyrobené modely byly dodatečně oboustranně broušeny a na jedné straně vyleštěny, což umožnilo dobrou ostrot interferenčních pruhů. Vnější průměr kruhového průřezu byl zvolen 200 mm, šířka prstence 10 mm a tloušťka stěny 3,4 mm, což odpovídá modelově některým používaným velkopřůměrovým potrubím. Velikost hlavních os eliptického průřezu byla: $2a=210$ mm, $2b=190$ mm. Modely byly uloženy mezi dvě skla tak, aby se mohly po obvodu deformovat. Jako zásyp byly použity olověné broky $\varnothing$ 4 mm a výška zásypu nad podloží modelů potrubí byla ve všech případech stejná, tj. 365 mm (obr.1). Pro zjištění změn pole napětí bylo provedeno měření 9ti modelových případů. Za základ experimentální analýzy napětí byla zvolena dvě měření kruhového průřezu se zásypem v rovnoměrných vodorovných vrstvách (obr.2) a s bočním zahrnováním. Pro tyto dva zatěžovací případy bylo potom provedeno fotoelasticimetrické vyšetřování 3 případů polohy eliptického průřezu. Za prvé byla delší osa elipsy umístěna svisle (obr.3), za druhé vodorovně (obr.4) a v třetím případě šikmo pod úhlem 45° a 135° .

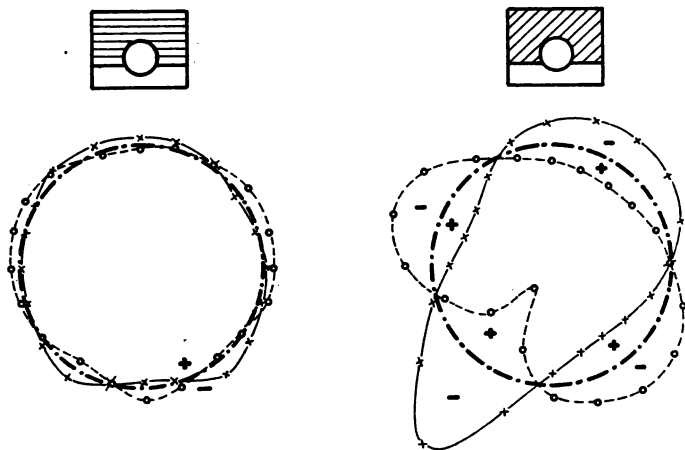
Modelové vyšetřování eliptického průřezu ukazuje, že tato tvarová odchylka způsobuje významné zvětšení úrovně napětí a radiálních deformací obvodu, i když zjištěná pole napětí se liší pro různou polohu delší osy elipsy. Napětí ve stěně může tedy mít již před uvedením do provozu potrubního systému vyšší úroveň, než předpokládáme. Z provedených modelových zkoušek dále vyplývá, že tento nepříznivý stav se prohloubí použitím technologie bočního zahrnování zemní rýhy.

Další fotoelasticimetrický výzkum se zabýval vyšetřováním napjatosti modelu kruhového průřezu přerušeného šikmým svarem, který svíral s podélnou osou potrubí úhel 70° . Svar byl modelován s převýšením ve styku cca $1/3$ tloušťky stěny, což ve stěně vytváří nespojitost. Během experimentu se ukázalo, že tato diskontinuita, která může vzniknout v praxi výrobní chybou u svařovaných trub, vytváří předpoklady pro vznik koncentrátorů napětí.

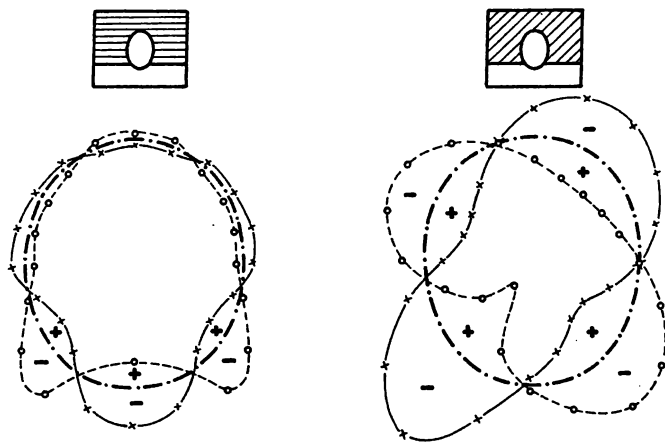
Z toho vyplývá, že skutečné hodnoty napětí u průřezů potrubí s tvarovou imperfekcí dosahují vyšších hodnot již od zásypu zemí, než je dáno výpočtem pro ideální kruhový průřez. Tento jev v superpozici s účinky od dalšího namáhání během provozu může být zdrojem lokálních koncentrací napětí, které vytvoří předpoklady pro snížení spolehlivosti potrubních systémů.



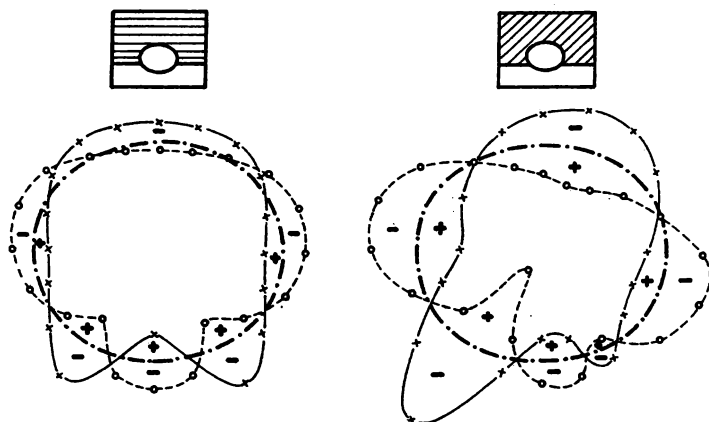
0br . 1



0br . 2



Обр. 3



Обр. 4