EAN '94

32th Conference of Experimental Stress Analysis
32. konference o experimentální analýze napětí
30. 5. - 2. 6. 1994 VŠST Liberec Czech Republic

MEASUREMENT OF UNEVEN SETTLEMENT OF VERTICAL STORAGE TANKS
MĚŘENÍ NEROVNOMĚRNÉHO SEDÁNÍ VERTIKÁLNÍCH VÁLCOVÝCH NÁDRŽÍ

Pavel Vokroj

ABSTRACT
The article describes the geodetical measurement of uneven foundation settlement under hudge vertical cylindrical storage tanks for oil. The measurement of settlement in six points, uniformly distributed round tank circumference is done together with measurement of settlement of tank center under its bottom in time of hydrostatic test. Tank with volume capacity of 50.000m^3 with floating roof and with catch basin is considered.

ÚVOD

Jednou z nejvážnějších otázek analýzy sedání základů velkých uskladňovacích nádrží je možné nebezpečí nerovnoměrného sedání základu vlivem nesprávné struktury základů nebo některé okolnosti, nepříznivě ovlivňující předchozí dobrý návrh základové konstrukce,(lit.1).

Jsou kladeny přísné požadavky na odchylky tvaru stěny nádrže vzhledem k druhu základového materiálu, (lit.2). Někteří autoři představili způsob analýzy odchylek geometrie předepsaného tvaru analytickým způsobem, (lit.3,4). Byly též učiněny některé pokusy o eliminaci tohoto vlivu, (lit.5). Rovněž důležitým byl poznatek o způsobu chování se základu nádrže, (lit.6).

MĚŘENÍ

K měření odchylek sedání obvodu nádrže bylo použito geodetického způsobu pro šest bodů, rovnoměrně rozmístěných po obvodě okolku jímky na přírubě desky dna nádrže. Na obr.1 jsou uvedeny dva průběhy sedání a to pro montážní stav, (vliv vlastní tíhy nádrže) a sedání pod plným zatížením se 14 denní výdrží s výškou hladiny 14.5 m. Vodní náplň jako zkušební médium při hydrostatické zkoušce byla napuštěna v prostoru nádrže i ochranné jímky. Čárkované je v grafu uvedeno sedání a rotace nádrže jako tuhého celku. Sedání středu nádrže v ose symetrie pod dnem bylo měřeno na základě vodováhy.

Na základě šestibodového měření průběhu sedání bylo možno stanovit průběh sedání, použitím náhrady měření pomocí rozvoje křivky sedání do řady, vzt.(1), kde koeficienty A_i,B_i byly stanoveny řešením soustavy lineárních rovnic řádu n = 6, která předepsala průběh křivky změřenými body sedání. Tato řada byla dána váženým součtem symetrických (cosinových) a asymetrických (sinových) členů. Celková křivka sedání pak byla dána užitím všech 6 koeficientů A_i a B_i, (plná čára) a sedání nádrže jako tuhého celku bylo pak dáno použitím pouze koeficientů A_0, A_1 a B_1. Pozoruhodným poznatkem bylo, že bod

sedání na ose symetrie pod dnem dosáhl hodnoty 11 mm při plném zatížení s výdrží při hydrostatické zkoušce.

Soustavu lineárních rovnic obdržíme z podmínky průchodu náhradní funkce, dané rozvojem do řady, danými body, jejichž hodnoty byly získány měřením. Tak např. pro j-tou řádku této soustavy bude platit

$$\sum_{i=0}^{3} A_i.\cos(i.\phi_j) + \sum_{i=1}^{2} B_i.\sin(i.\phi_j) = d_j$$

kde A_i - koeficienty symetrické části náhrady
B_i - koeficienty antimetrické části náhrady
ϕ_j - průvodič polohy daného bodu měření
d_j - hodnota sedání daného bodu měření

Nejvýznamějšími členy rozvoje funkce sedání jsou ty s indexem $i \geq 2$, protože popisují tzv. "skořepinový" stav stěny nádrže. Jak je známo z teorie skořepin, tyto členy popisují deformaci příčného řezu nádrže a jednou z podmínek správné funkce plovoucí střechy je dodržení kruhového příčného průřezu z důvodu těsnosti plovoucí střechy a její bezchybné funkce při různých polohách hladiny vnitřní náplně. Nerovnoměrnost podkladu nádrže se projeví právě přes tyto členy rozvoje funkce sedání.

Členy rozvoje A_0,A_1 a B_1 zase popisují přemístění nádrže jako tuhého celku. Člen A_0 popisuje přemístění nádrže jako tuhého celku ve svislém směru, koeficienty A_1 a B_1 pak popisují naklonění nádrže jako tuhého celku kolem osy, ležící v rovině základu nádrže.

Ta část celkového sedání, která ovlivňuje skořepinové chování nádrže je patrná na obr.1 a je vymezeny plochou mezi čárkovanou a plnou čarou křivky sedání pro oba zatěžovací stavy. Poznamenejme, že pro analýzu sedání se použila projektová hodnota konstanty pružného podloží 30 MN/m^3, (0.03 MPa/mm).

ZÁVĚR

Jak je patrné z obr.1, tak plné zatížení má na nádrž stabilizující vliv, protože relativní hodnoty sedání pro plné zatížení, vzhledem k vlivu vlastní tíhy, se snížily. Rovněž absolutní hodnoty sedání nádrže jako tuhého celku jsou o řád vyšší než hodnoty, vyjadřující skořepinovou část celkové hodnoty pro $i \geq 2$.

Porovnáním hodnot sedání obvodového pláště a středního bodu nádrže na ose symetrie lze říct, že model Winklerova typu podloží je zde vyhovující a sedání neodpovídá teorii pružného poloprostoru, (Bousinesq, Gorbunov and Posadov), která slouží za podklad naší normy pro stanovení sedání podkladu. Povrchový model sedání podle Winklera zde dostatečným způsobem vystihl skutečné sedání nádrže a zjednodušil tím podstatnou měrou numerickou analýzu napjatosti a deformací nádrže při sedání.

Měření a numerická analýza uvedeného případu byla vyvolána obavou nerovnoměrného sedání nádrže vlivem odvodňovacích a odkalovacích betonových šachet, situovaných v

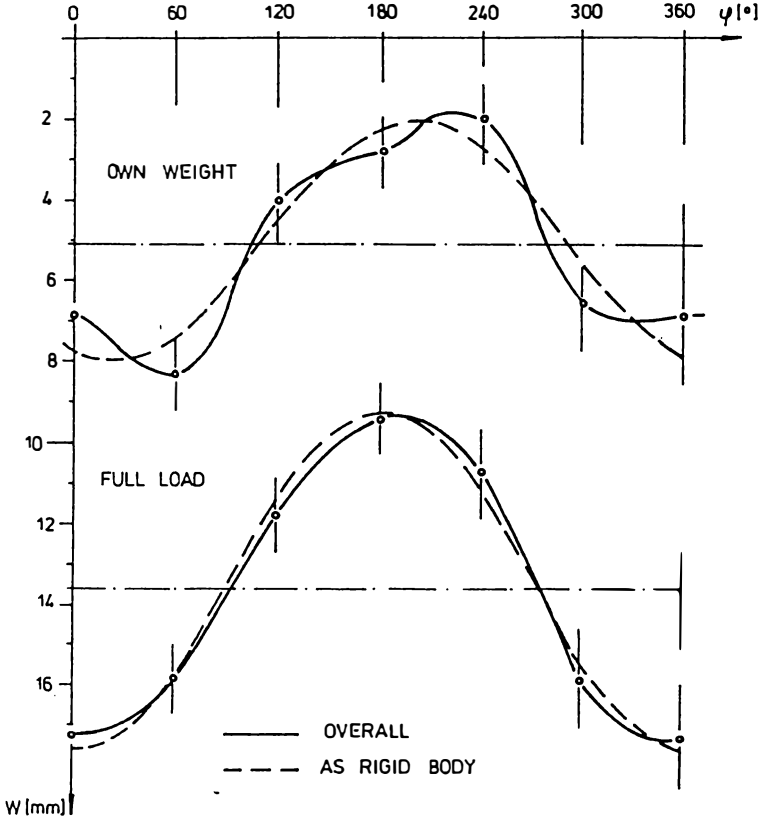

FIG. 1: COURSE OF SETTLEMENT

konstrukci základu nádrže. Původní návrh, kdy dno nádrže mělo přímo ležet na těchto betonových konstrukcích, byl změněn tak, že mezi dnem a betonovými konstrukcemi byla vytvořena pružná vrstva, ve které se uvedené sedání odehrává.

LITERATURA

(1) Yamamoto S., Kawano K.: Investigation of Cause for a Tank Accident, IASS Meeting, San Diego CA, 1976

(2) API Standard 650, Welded Steel Tanks for Oil Storage, American Petroleum Institute, 8-th Edition, 1988

(3) Palmer S. C.: Effect of Foundation Settlement, University of Cambridge, Sept. 1992

(4) Brandes K.: Verformungen grosser Tankbehalter durch unterschiedliche Fundamentsetzungen wahrend der Montage, Bauingenier 55 (1980), Springer-Verlag Berlin

(5) Vokroj P.: Simulace nerovnoměrného sedání uskladňovacích nádrží, 9-th Mezinár. vědecká konference, Žilina, Slovensko 9/93

(6) Kolář V., Němec I.: Studie nového modelu podloží staveb, Academia Praha 1986.