V Í C E S M Ě R N Ý S N Í M A Č N A P J A T O S T I P A R T I K U L Á R N Í C H L Á T E K

Ing. Miroslav Durečka

Referát popisuje pružný člen a pouzdro snímače měřícího napjatost ve třech vzájemně kolmých směrech a snímače měřícího napjatost ve třech směrech v rovině vzájemně svírajících 120° a ve směru k této rovině kolmém. První verze je určena k zjišťování napjatosti prostorových modelů při známých směrech hlavních napětí. Druhá verze je vhodná např. pro zjišťování napjatosti rovinných modelů při neznámých směrech hlavních normálných napětí.

1. Úvod

Vícesměrné snímače jsou užívány pro měření rozložení napjatosti ve složitějších fyzikálních modelech podzemních děl. Snímače jsou k tomuto účelu vkládány do důležitých míst modelu při jeho stavbě. Pro stavbu modelů se užívají partikulární látky /1/, které splňují vzhledem k modelované skutečnosti podmínky podobnosti. Vícesměrné snímače jsou dalším pokračováním řady snímačů jednosměrných /2, 3, 4/ a dvousměrných /5/ a jejich vývoj byl motivován potřebou měření na stále složitějších rovinných modelech, kde často nemůžeme odhadnout směr hlavních normálných napětí a potřebou měření na prostorových modelech. Vícesměrný snímač nelze totiž nahradit několika snímači jednosměrnými, protože je nelze umístit do jednoho místa, ani příliš blízko sebe, aby se vzájemně neovlivňovaly /6/.

2. Popis snímačů

Mechanická část snímačů sestává z pružného členu a pouzdra. Pružný člen je v principu tvořen dutým válcem s pravidelně vytvořenými štěrbinami v jeho stěně ve dvou výškových úrovních - viz obr. 1. Štěrbiny jedné úrovně jsou posunuty po obvodu o polovinu délky štěrbiny vůči štěrbinám druhé úrovně. Tím je vytvořena prstencovitá část pružného členu spojená s konci válce pomocí zbývajících sloupků. Počet štěrbin a tedy i sloupků jedné úrovně je u třísměrné verze roven počtu 4 a u čtyřsměrné verze je roven počtu 6. Pro vysvětlení funkce pružného členu rozvineme jeho třísměr-

nou verzi do roviny - viz obr. 2. Při zatížení ve směru osy Z je síla přenášena přes sloupky úrovně 1 na prstenec a odtud přes sloupky úrovně 2 na druhý konec válce. Prstenec můžeme přibližně nahradit nekonečným prutem zatíženým ve stejných vzdálenostech, jenž je podepřen uprostřed mezi dvěma silami. Ve vyšrafovaných částech prutu se objeví namáhání ve smyku za ohybu. Pro příznivé rozložení napjatosti navrhneme prstenec o průřezu I a tento nahradíme tedy nekonečným prutem o průřezu I - viz obr.3.

Ohybový moment bude potom

$$M = -\frac{1}{24}\frac{P}{I}\left(24\frac{d^3}{I} - 6\frac{(a+c)c^2}{I} + 3\frac{c^3}{I} + 4c^2 - 24d^2\right) /Nm/$$

Moment setrvačnosti k neutrální ose

$$I = \frac{BH^3 - bh^3}{12} \; /m^4/$$

Statický moment

$$S = \frac{1}{8} B\,(H^2 - h^2) \; /m^3/$$

Napětí normálné ve vzdálenosti e od neutrální osy vyvolané ohybem

$$\sigma_b = \frac{Me}{I} \; /N/m^2/$$

Smykové napětí tamtéž vyvolané posouvající silou P

$$\tau_e = \frac{PS}{Id} \; /N/m^2/$$

Průběh napětí σ_b a τ_e je znázorněn též na obr. 3. Ve vyšrafovaných oblastech a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, d_1, d_2 je smykové napětí τ_e přibližně konstantní a je tedy možno jej měřit v libovolném místě tenzometry umístěnými pod úhlem 45° vzhledem k podélné ose prutu. Bude-li střed tenzometrů ležet na podélné ose prutu, bude účinek napětí σ_b na signál tenzometrů eliminován. Zatížení ve směru os X a Y vyvolají smyková napětí např. ve sloupcích a, c resp. b, d. Tato smyková napětí měříme tenzometry umístěnými na sloupcích pod úhlem 45° vzhledem k jejich ose. Umístěním tenzometrů též na vnitřní straně sloupků a správným zapojením do můstků dosáhneme eliminaci účinků všech ostatních namáhání.

Umístění tenzometrů je znázorněno pro jednoduchost na části rozvinutého pružného členu - viz obr. 4. Jsou užity polovodičové tenzometry AP 120-3-12 OSP Gottwaldov. Veškerá elektrická instalace je kryta přípravkem 3140 RTV fy Dow Corning. Pružné členy (třísměrný viz obr. 5) a pouzdra (polovina třísměrného - viz obr. 6, polovina čtyřsměrného - viz obr. 7) jsou vyrobeny z nerezavějící oceli 17 351 dle ČSN 41 7351 vzhledem k požadavku měření v hydratujících materiálech. Dimenzování tloušťky stěn prstence a sloupků je podřízeno požadavku na co nejtužší snímač /4/ při požadovaných jmenovitých signálech a při kontrole namáhání tak, aby σ_{red} nepřesahovalo nikde 30 % meze pružnosti /7/.

3. Závěr

Popsané snímače slouží pro měření v geomechanice. Pružných členů je však možno použít i v jiných oborech pro měření sil, ohybových a kroutících momentů.

Literatura

/1/ J. Feda Základy mechaniky partikulárních látek, NČSAV, 1977

/2/ M.Jurečka Tenzometrická metoda měření napjatosti na fyzikálních modelech, dílčí zpráva ÚGG ČSAV, 1977

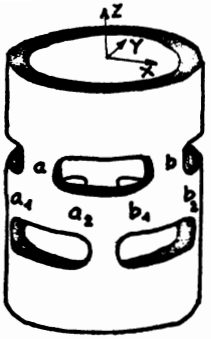
/3/ M.Jurečka Užití polovodičového tlakového snímače TM 440 pro měření v ekvivalentních materiálech, dílčí zpráva ÚGG ČSAV, 1982

/4/ M.Jurečka Polovodičové snímače tlaku jmenovitého rozsahu 200 kPa a 2 MPa pro měření v ekvivalentních materiálech, závěrečná zpráva ÚGG ČSAV, 1985

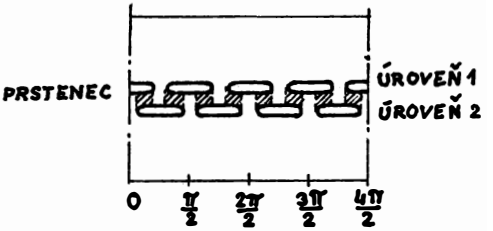
/5/ M.Jurečka Pružný prvek snímače malých rozměrů měřícího napjatost ve dvou směrech, dílčí zpráva ÚGG ČSAV, 1983

/6/ J.Málek Fotoelasticimetrické vyšetření rozložení napětí v okolí snímačů tlaku, dílčí zpráva HOÚ ČSAV, 1976

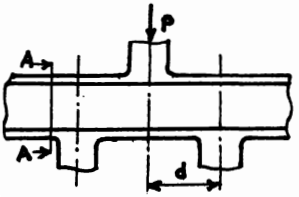
/7/ K.Zehnula Snímače neelektrických veličin, SNTL, 1977

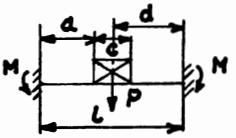


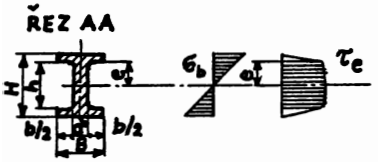
OBR. 1



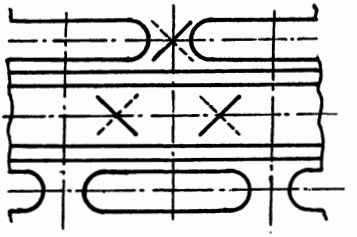
OBR. 2



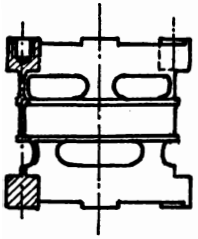




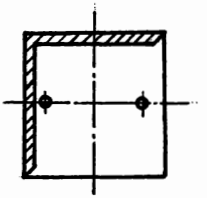
OBR. 3



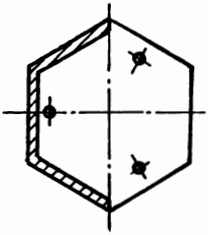
OBR. 4



OBR. 5



OBR. 6



OBR. 7