EAN 93
31. konference o experimentální analýze napětí
25.–27.5.1993 Měřín ČESKÁ REPUBLIKA

PHOTOSTRESS INVESTIGATION INTO THE ORTHOTROPIC BRIDGE DECKS

POUŽITÍ REFLEXNÍ FOTOELASTICIMETRIE PŘI VYŠETŘOVÁNÍ ORTOTROPNÍCH MOSTNÍCH DESEK

Kratěna J., Junková S., Kolář F.

Three different details of passage of the longitudinal girder through the cross girder were compared. Photo-Stress technique was used to advantage because it enabled to find out the stress concentration very precisely and to compare their values. Besides, it was possible to observe stress distribution in the whole area that was fitted with photoelastic sheets and to determine the directions of principal stresses.

Tento příspěvek je součástí rozsáhlejšího výzkumu napjatosti ortotropních mostních desek, který probíhá v současné době v ÚTAM AV ČR jednak teoreticky, jednak experimentálně. Experimentální část byla řešena pomocí tenzometrie a fotoelasticimetrie. Výsledky obou experimentálních metod se velmi dobře navzájem shodovaly. V tomto článku bude pojednáno pouze o fotoelasticimetrickém měření.

Předmětem zkoumání byly tři ocelové modely části mostovky železničních mostů (obr. 1). Tyto tři modely se navzájem lišily detailem průniku podélníku příčníkem (obr. 2). Byla zjišťována napjatost v horní desce, v podélníku a zejména v příčníku. Nejprve bylo provedeno fotoelasticimetrické měření, které poskytlo přehled o rozložení napětí na celém vyšetřovaném povrchu konstrukce a zároveň umožnilo přesně zjistit směry hlavních napětí. Kromě toho byla přesně zjištěna místa největších koncentrací napětí. Pro vyhodnocení jednotlivých hlavních napětí

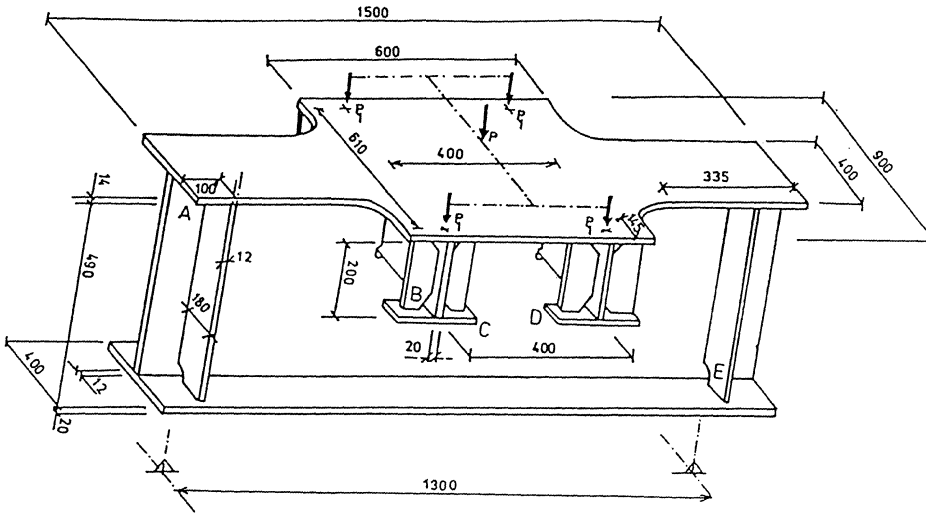
je však velmi výhodné doplnit výzkum tenzometrickým měřením. Proto po ukončení fotoelasticimetrického měření byly opticky citlivé vrstvy odstraněny a na ocelové modely byly nalepeny tenzometry do míst, která byla stanovena předcházejícím měřením.

Ačkoliv pro získání hlavních napětí pak není třeba používat tenzometrických růžic, byly tyto růžice druhou skupinou, která tato měření prováděla, použity. To umožnilo kontrolu výsledků obou druhů experimentu.

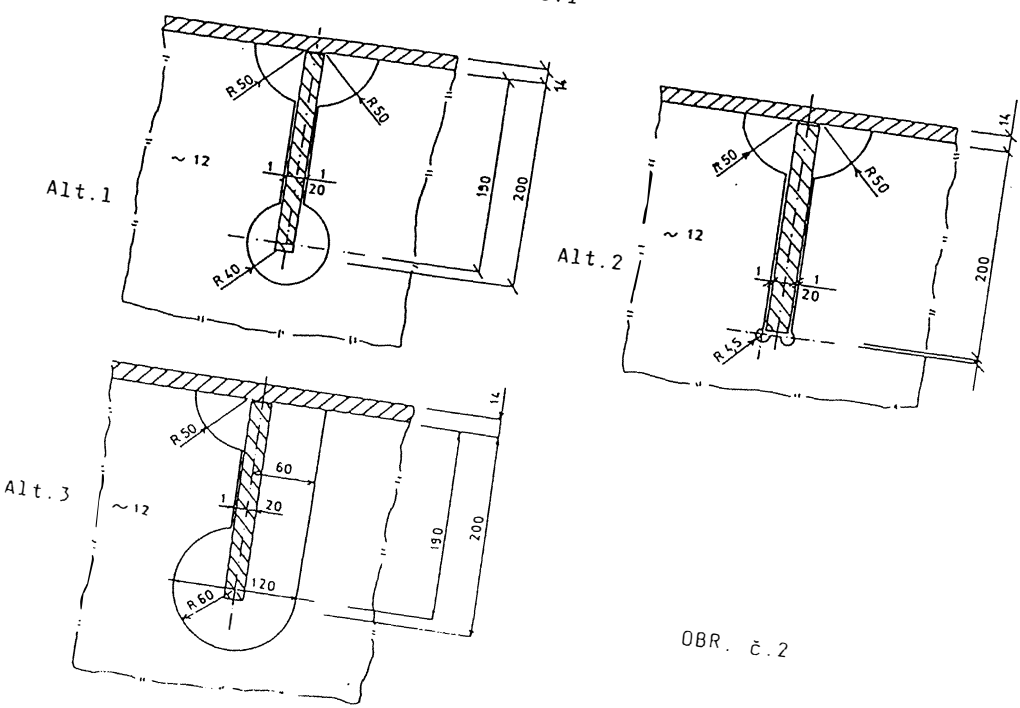
Zjištěná maxima koncentrací napětí nebyla ovšem na všech třech modelech přesně ve stejných místech. Při tenzometrickém měření bylo však rozhodnuto nalepit růžice na všech třech modelech na stejná místa, pokud to dovoloval tvar detailu průchodu podélníku příčníkem. Pak je třeba si uvědomit, že tenzometrickým měřením nebyly v některých případech zjištěny absolutně největší hodnoty napětí jednotlivých nosníků.

Každý model byl zatěžován silou 1 000 kN, která byla roznášena do čtyř bodů (obr. 1). Opticky citlivé vrstvy z epoxidové pryskyřice byly nalepeny na horní desku mostovky shora a zdola v místě křížení podélníku s příčníkem a na podélník i na příčník v místě průchodu podélníku příčníkem.

Porovnáním výsledků měření u jednotlivých modelů byly zjištěny následující skutečnosti. V horní desce byly nejmenší koncentrace napětí zjištěny u nosníku č. 2. Rozdíl mezi nosníkem č. 1 a č. 3 byl nevýznamný. Poměrně velký rozptyl výsledků v jednom bodě na obou površích podélníku svědčil o tom, že navržený podélník je málo tuhý, takže při zatěžování má snahu boulit. Protože předmětem zájmu u podélníku bylo místo na jeho dolní hraně v místě průchodu příčníkem, bylo možno ze součtu všech čtyř výsledků zjistit, že nosník č. 2, ačkoliv má největší rozptyl (což je ovšem způsobeno pevným spojením příčníku s podélníkem bez vykrojení otvoru), je v celkovém součtu hodnot napětí rovnocenný s nosníkem č. 1. Podélník nosníku č. 3 je namáhán poněkud více. Na příčníku byly největší koncentrace napětí zjištěny u nosníku č. 3. Maximální zjištěné hodnoty na okraji otvoru byly m = 11,44 u dolního otvoru, avšak tyto hodnoty jsou tlakové. Z hlediska možnosti vzniku trhlin však jsou mnohem nebezpečnější obvodové tahy (m = 7,50) zjištěné u horního otvoru. Detail nosníku č. 3 je v tomto místě nejnepříznivější. U nosníků č. 1 a 2 jsou celkové


1500
600
610
400
900
400
335
14
100
A
12
190
180
200
B
C
D
E
20
400
400
12
20
1300

OBR. č.1


Alt.1
R50
R50
~ 12
1
1
20
R40
14
190
200
Alt.2
R50
R50
~ 12
1
1
20
R15
14
200
Alt.3
R50
60
~ 12
1
20
R60
120
14
190
200

OBR. č.2

koncentrace napětí nižší a jejich velikosti se navzájem příliš neliší. Výše uvedené koncentrace u horního výřezu příčníku modelu č. 3 pod horní deskou odpovídají tahovému napětí přes 400 MPa, což je v souladu s tenzometrickým měřením.

Ačkoliv byl velmi dobrý soulad mezi fotoelasticimetrií a tenzometrií, přesto bylo zjištěno, že některé tenzometry musely být špatně nalepeny, neboť jejich výsledky byly v příkrém rozporu s fotoelasticimetrií. V jednom případě byly dokonce směry hlavních napětí určené tenzometricky významně odlišné od správného směru. V jiných případech, kdy tenzometry byly nalepeny co nejblíže k volnému okraji ocelového modelu, avšak v místech velkých koncentrací napětí, nebyly hodnoty hlavního napětí kolmého k volnému okraji nulové, ale pohybovaly se v rozmezí několika desítek MPa (-72MPa až 44 MPa).

Při hodnocení provedených experimentů je třeba přihlédnout i ke skutečnosti, že při zatížení modelů zatížením 1 000 kN byla v některých místech již překročena mez kluzu materiálu. O tom svědčily oblasti plastických deformací, které se projevily v opticky citlivé vrstvě po odtížení. Z toho vyplývá, že ty tenzometrické růžice, které byly nalepeny v takových plastických zónách, udávaly napětí vyšší, než ve skutečnosti v konstrukci bylo.

Z vyhodnocení měření vyplynulo, že nosník č. 3 je nejméně příznivý z hlediska napjatosti a možnosti vzniku trhlin. Nosníky č. 1 a č. 2 jsou lepší a jsou prakticky rovnocenné. U nosníku č. 1 byly zjištěny vyšší hodnoty napětí v horní desce a u nosníku č. 2 byly zase zjištěny vyšší hodnoty napětí v podélníku v místě svaru s příčníkem, což je ovšem zcela logické. Pokud jde o vlastní příčník, nebyly zjištěny významné rozdíly mezi detaily nosníku č. 1 a nosníku č. 2.

Ing. Jindřich Kratěna, CSc., Ing. Simona Junková
Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR
128 49 Praha 2, Vyšehradská 49
RNDr. František Kolář
Ústav geotechniky AV ČR
Praha 8, V Holešovičkách 41