

## COURSE AND RESULTS OF TESTING A SUSPENDED COMPOSITE STRUCTURE

V. Šaraškinas MSc & A. K. Kvedaras

To cite this article: V. Šaraškinas MSc & A. K. Kvedaras (2000) COURSE AND RESULTS OF TESTING A SUSPENDED COMPOSITE STRUCTURE, *Statyba*, 6:5, 315-321, DOI: [10.1080/13921525.2000.10531608](https://doi.org/10.1080/13921525.2000.10531608)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2000.10531608>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 59

---

## KABAMOSIOS BETONŠERDĖS KONSTRUKCIJOS BANDYMO EIGA IR REZULTATAI

V. Šaraškinas, A. K. Kvedaras

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

### 1. Įvadas

Kabamosios konstrukcijos pasaulyje žinomos gana seniai kaip vienos racionaliausių ir neretai efektyviausių laikančiųjų statybinių konstrukcijų. Tačiau pagrindiniam tokių konstrukcijų skersines (asimetrines arba vietines) apkrovas laikančiajam elementui – liaunajam lynui būdingi dideli poslinkiai. Šių, ir ypač kinematinių, poslinkių išvengti paprastai siekiama įvairiomis stabilizacinėmis priemonėmis. Yra sukurta daug racionalių kabamųjų konstrukcinių sistemų, pasižyminčių ir racionalumu, ir gerais techniniais ekonominiais rodikliais. Pastaruoju metu panaudojus baigtinio lenkiamojo standumo kabamąsias konstrukcijas [1–3] pasirodė, kad itin veiksmingai ir daug paprasčiau galima mažinti ne tik kabamųjų stogų deformuojamumą, bet ir taikyti įprastą valcuotąjį plieną, naudoti lengvas stogų atitvaras, mažinti atraminių konstrukcijų masę ir kt.

Atsižvelgus [4] į betonšerđių vamzdinių plieno strypų itin palankias konstrukcines savybes, kurios priklauso nuo įvairių komponentų tarpusavio sąveikos, atsirandančios apkrovimų metu, buvo sumanyta iš tokių elementų konstruoti naujos formos efektyvesnę baigtinio lenkiamojo standumo kabamąją konstrukciją. Tam buvo pasirinkta iš dviejų tuščiavidurių tiesiųjų betonšerđių vamzdinių plieno strypų sudaryta trilankstė sistema, naudotina kabamiesiems stogams, biralų talpykloms, tiltams.

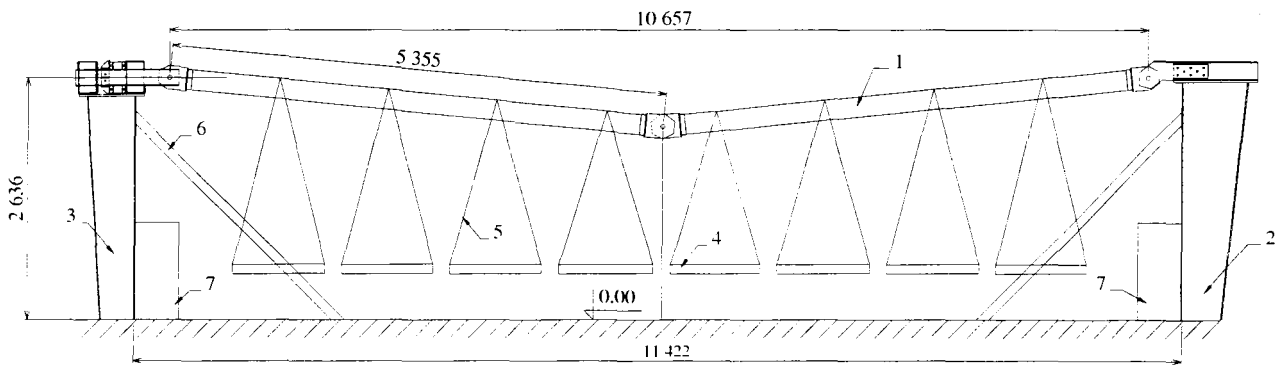
Kabamosios konstrukcijos taikomos gana svarbiems statiniams, tačiau nėra galutinai aiškūs jų projektavimo metodai, todėl prieš įdiegiant šias konstrukcijas jas būtina išbandyti pagal parengtą specialią metodiką, kuri leistų pagrįsti ar patvirtinti jų teorinės analizės prielaidas ir būdus, nustatyti racionalius parametrus. Todėl

pagrindinis šio darbo tikslas buvo sukurti įrangą ir metodiką naujo tipo baigtinio lenkiamojo standumo kabamajai konstrukcijai bandyti ir sukaupti bandymo duomenis apie jos, simetriškai apkrautos, kitimo pobūdį.

### 2. Eksperimentinių tyrimų objektas

Šių konstrukcijų tyrimas specifinis, jam reikia specialios įrangos ir metodikos. Pagal tyrimų programą buvo numatyta išbandyti naujo tipo sudėtinės baigtinio lenkiamojo standumo trilankstės kabamosios stogo konstrukcijos modelį. Šią konstrukciją sudarė du tiesieji spiraline siūle suvirinti plieno vamzdžiai, kurių viduje centrifuguojant buvo suformuota tuščiavidurė betono šerdis. Plieno vamzdžio išorinis skersmuo buvo 219 mm, o jų sienelių storis siekė 1,60 mm. Norminė (charakteringoji) plieno takio reikšmė siekė  $R_{yn} = 257$  MPa, o trūkio –  $R_{um} = 367$  MPa. Skaičiuojamosios šių dydžių reikšmės buvo:  $R_y = 270$  MPa,  $R_u = 380$  MPa.

Centrifuguotoji betono šerdis buvo kintamo storio. Prie vamzdžio galų jos storis siekė 45 mm, o toliau nuo jų ir vidurio link jis mažėjo iki 16 mm. Centrifugotosios šerdis vidutinis gniuždomasis betono prizminis stipris siekė  $R_{bm} = 90,6$  MPa, norminis –  $R_{bn} = 67,0$  MPa, o jų variacijos koeficientas 15,7%. Centrifuguotųjų elementų ilgis buvo  $l=5,43$  m, o visas perdengtas tarpatramis  $L=10,65$  m. Elementai ant kolonų buvo atremti viename lygyje, o jų vidurinio mazgo pradinis įsvyris buvo  $f_0 = 1,028$  m. Tai sudarė apie 1/10 tarpatramio dalį. Elementai su atramų kolonomis buvo sujungti lankstais. Jų tarpusavio jungtis viduriniame mazge irgi buvo lanksti. 1 pav. parodyta kabamosios stogo konstrukcijos schema.



1 pav. Bandymo schema: 1 – bandomasis elementas; 2 – vientisinė trapecinė atrama; 3 – sudėtinė suporinta trapecinė atrama; 4 – kabamasis krovinio lopšys; 5 – lynas; 6 – spyrys; 7 – armatūros įtempimo stendo atramos

Fig 1. Test arrangement: 1 – experimental member; 2 – compact tapered support; 3 – built-up twin tapered support; 4 – Boatswain's loading chair; 5 – cable; 6 – brace strut; 7 – existing supports of steel reinforcement pretensioning

### 3. Bandomosios įrangos elementai

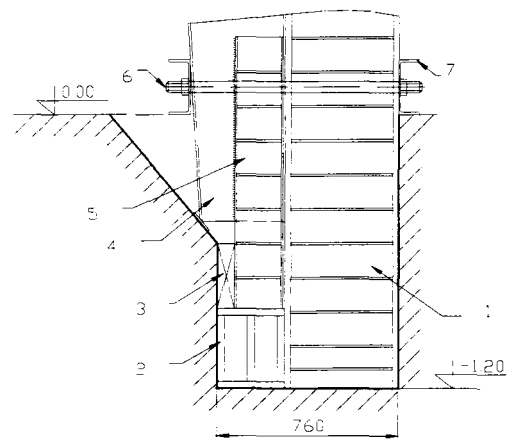
#### 3.1. Konstrukcijos atramos (kolonos)

Praktikoje taikant baigtinio lenkiamojo standumo kabamąsias konstrukcijas, paprastai jų atraminių konstrukcijų masė būna gerokai mažesnė nei įprastinių. Todėl į planuoto bandymo įrangos sudėtį įėjusios itin svarbios sudėtinės dalys – atramos irgi galėjo būti ne tokios standžios ir lengvesnės nei įprastinės. Bandomosios konstrukcijos elementai buvo prijungti prie atskirų kolonų (1 pav. 2 ir 3), kurios buvo standžiai įtvirtintos pamatuose. Kolonų tarpatramį lėmė atstumas tarp jėgos grindų duobių, susijęs su jų išdėstymu bandymo salėje.

Kolonų konstrukcija buvo skirtinga. Taip buvo todėl, kad vienoje iš jų reikėjo įrengti numatytus skečiamosios jėgos matuoklius. Kairioji kolona (1 pav. 3) buvo surinkta iš dviejų kintamojo skerspjūvio 2,90 m ilgio virintinių dvitėjų.

Šios kolonos įtvirtinimo pamate schema parodyta 2 pav. Jos siauresnieji galai buvo įstatyti į jėgos grindų duobes ir  $\varnothing 50$  mm plieno templėmis (2 pav. 6) pačios kolonos suveržtos su esamomis armatūros įtempimo stendo atramomis (2 pav. 1). Į duobes nuleisti kolonos galai buvo specialiai pailginti lovio Nr. 20 atkarpomis (2 pav. 5) ir sutvirtinti metalinėmis plokštėmis (2 pav. 3). Kolonų sienelė skersai buvo sutvirtinta sąstandomis, padarytomis iš  $63 \times 63 \times 5$  mm kampuočių. Dvi atskiros kolonos į vientisą atramą buvo sujungtos keliose vietose pastatytais gulsčiais ramsčiais, padarytais iš dvitėjo Nr. 10 atkarpų. Kita konstrukcijos

atrama (1 pav. 2) buvo padaryta iš vieno didesnių matmenų trapecinio dvitėjo. Ji buvo įleista į kitą jėgos duobę ir pritvirtinta prie armatūros įtempimo stendo atramų gulsčiais ramsčiais. Ši atrama kaip ir pirmoji buvo standžiai įtvirtinta jėgos duobėje. Siekiant sumažinti lenkiamuosius momentus bei gulsčiuosius poslinkius, atramos iš vidinės tarpatramio pusės šonų papildomai buvo paremtos spyriais, padarytais iš dvitėjų



2 pav. Trapecinės kolonos įtvirtinimo pamate schema: 1 – armatūros įtempimo stendo atrama; 2 – plieninė atraminė dėžė; 3 – atraminė plieno plokštė ( $t=50$  mm); 4 – trapecinis virintinis dvitėjis; 5 – lovis Nr. 20; 6 – templė ( $\varnothing 50$  mm); 7 – lovis Nr. 24

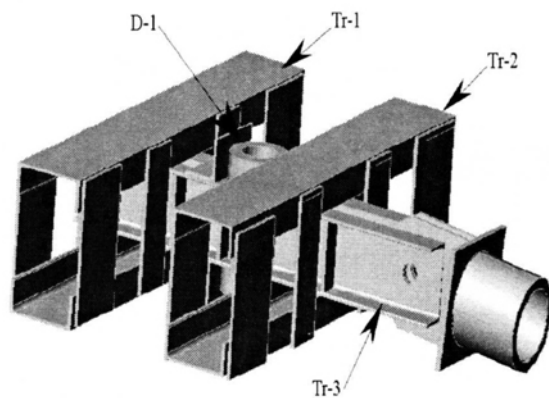
Fig 2. Arrangement of tapered column fixation in foundation: 1 – existing support of test bench for pretensioning reinforcing bars; 2 – steel supporting box; 3 – steel supporting plate ( $t=50$  mm); 4 – welded tapered I-beam; 5 – channel No 20; 6 – stringer ( $\varnothing 50$  mm); 7 – channel No 24

Nr. 14 sijų (1 pav. 6). Tarp šių dviejų jėgos duobių buvo 11,4 m atstumas. Prie abiejų atramų platesniųjų galų buvo privirintos 20 mm storio plieno plokštelės su išgręžtomis 25 mm skylėmis, prie kurių laikančiosios traversos (3 pav.) buvo priveržtos  $\varnothing 24$  mm stipriaisiais varžtais.

### 3.2. Stogo konstrukcijos elementų tvirtinimo mazgai

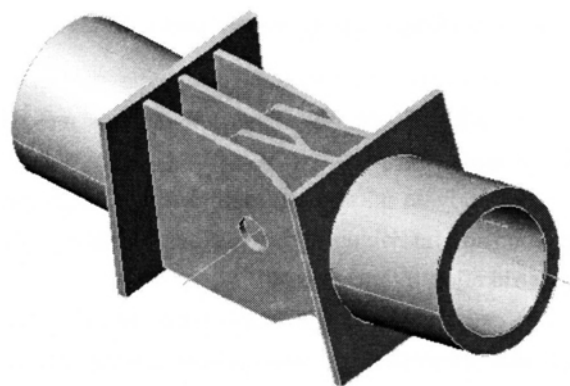
Bandomosios konstrukcijos kabamieji elementai su kolonomis buvo jungiami lanksčiai. Paprastai kabamųjų konstrukcijų lankstams siekiama suteikti savybes, kuo artimesnes teorinėms. Nagrinėjamo baigtinio lenkiamojo standumo naujo tipo kabamosios betonšerdės vamzdinės plieno konstrukcijos kaip ir išorinis kevalas buvo itin plonasienės, be to, egzistavo vidinė plonasienė betono šerdis, taigi mazgams įrengti reikėjo specifinių sąlygų. Todėl statmenai elementų galams buvo privirintos 10 mm storio plieno plokštės. Prie jų buvo privirintos vienodos 10 mm plokštelės su išgręžtomis  $\varnothing 50$  mm skylėmis, kaip parodyta 4 pav. Stogo konstrukcijos atskiro kabamojo elemento ir kolonos jungtis parodyta 5 pav. Šis elementas prie kolonos buvo prijungtas per specialiai pagamintą detalę (5 pav. 2), kuri buvo išpjauta iš 20 mm storio plieno lakšto. Ši detalė varžtais pritvirtinta prie dviejų aštuoniais  $\varnothing 20$  mm varžtais prie atramos prijungtų Nr. 20 lovių.

Kitas konstrukcijos elementas su atrama sujungtas per specialiai sukonstruotą traversą Tr-3, kuri buvo įterpta tarp kitų dviejų traversų Tr-1 ir Tr-2 ir galėjo judėti gulsčiai (3 pav.). Traversos Tr-1 ir Tr-2 buvo pagamintos iš lovių Nr. 20, o Tr-3 – iš suporintų Nr. 18 lovių, sustiprintų skersinėmis sąstandomis. Trinčiai tarp traversų sumažinti tarp jų slankiųjų paviršių buvo padėta speciali medžiaga. Traversos Tr-1 ir Tr-2 varžtais buvo prisuktos prie kolonų ir sudarė uždara sistemą. Tarp traversų Tr-1 ir Tr-3 buvo įstatyti du žiediniai 30 t keliamosios galios laikrodinio tipo dinamometrai D-1 ir D-2 (3 pav.). Traversa Tr-3 gulsčiai slinkdama spaudžia dinamometrus, pagal kurių rodmenis buvo nustatoma bandymo metu atsirandanti skečiamoji jėga. Mazgų jungiamosios 10 mm storio plokštelės prie plono plieno kevalo buvo privirintos per specialius papildomus, ant bandomojo elemento kevalo užmautus ir privirintus apvalkalus, nes tiesiogiai virinti kevalas buvo per plonas. Jie pagaminti iš 5 mm storio plieno juostų ir prie kevalo buvo privirinti pusautomačiu angliarūgš-



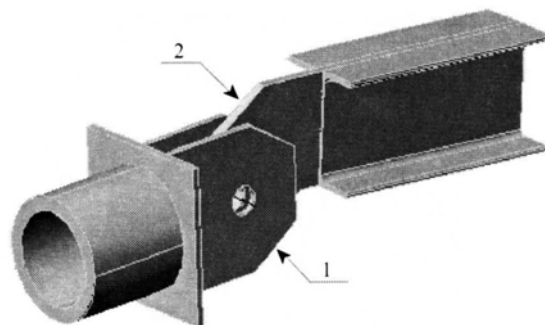
**3 pav.** Elemento ir kairiosios atramos (1 pav.) traversos jungtis: D-1 – dinamometras; Tr-1 ir Tr-2 – skersinės traversos; Tr-3 – išilginė lankstą laikanti traversa

**Fig 3.** Joint of member and left support cross-member (Fig 1): D-1 – force measurement unit; Tr-1 and Tr-2 – lateral cross-members; Tr-3 – longitudinal cross-member carrying the pin



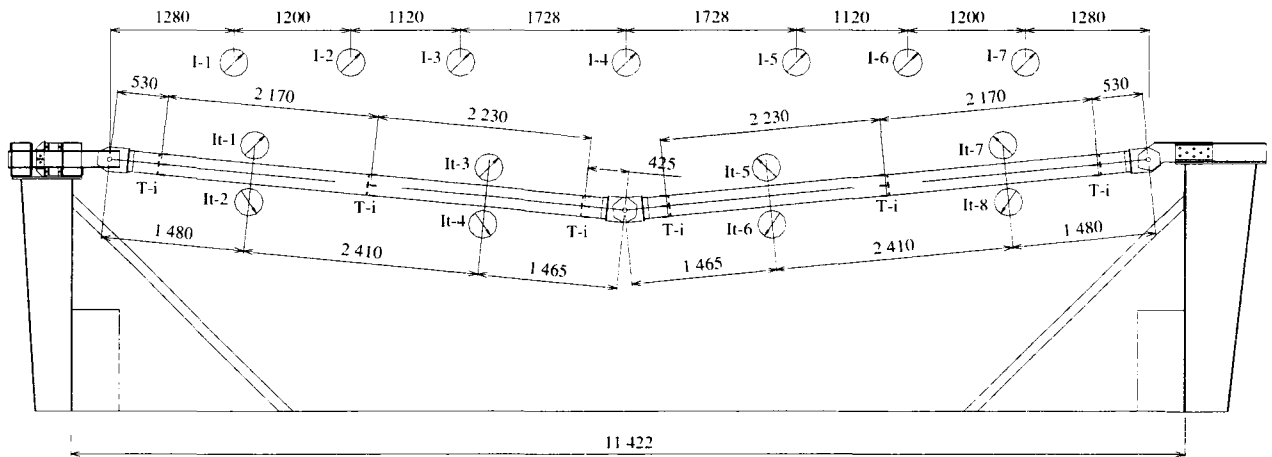
**4 pav.** Elementų jungties vidurinis mazgas (be varžto)

**Fig 4.** Middle node of the joint of members (bolt isn't shown)



**5 pav.** Elemento ir dešinėsios atramos (1 pav.) detalių jungtis: 1 – traversa; 2 – jos lanksto laikiklis

**Fig 5.** Joint of member and right support (Fig 1) details 1 – cross-member; 2 – its pin jig



6 pav. Tenzojutiklių (T-i), indikatorių tenzometrų (It-i) bei įlinkiamačių (I-i) išdėstymo schema

Fig 6. Arrangement of tenzoresistors (T-i), indicator tenzometers (It-i) and deflection-measuring devices (I-i)

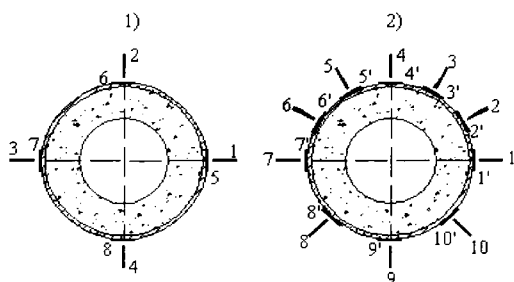
ties (CO<sub>2</sub>) dujų aplinkoje. Kitos jungiamosios detalės buvo privirintos rankiniu būdu Ø42 markės elektrodais.

#### 4. Konstrukcijos bandymo metodika ir eiga

Aptariamą konstrukciją bandymo tikslas:

- patikrinti sukurtos įrangos ir taikytos metodikos tinkamumą;
- bandymo iki suirimo metu nustatyti šios naujos kabamosios tuščiaavidurės betonšerdės vamzdinės plieno konstrukcijos kitimo pobūdį;
- nustatyti kabamąją konstrukciją ardančią apkrovą; eksperimentiškai nustatyti eksploatacinę apkrovą ir užfiksuoti atsirandančius konstrukcijos elementų įtempius bei poslinkius.

Kabamoji konstrukcija buvo bandoma iki suirimo apkraunant ją sutelktinėmis jėgomis, kurios jos elementams buvo perduodamos per simetriškai kas 1,184 m 8 taškuose išdėstytus lynus (1 pav.).



7 pav. Tenzojutiklių išdėstymas prie atramos ir vidurinio mazgo (1) bei elemento viduryje (2)

Fig 7. Tenzoresistors' spacing near support and middle joint (1) and at the middle of member (2)

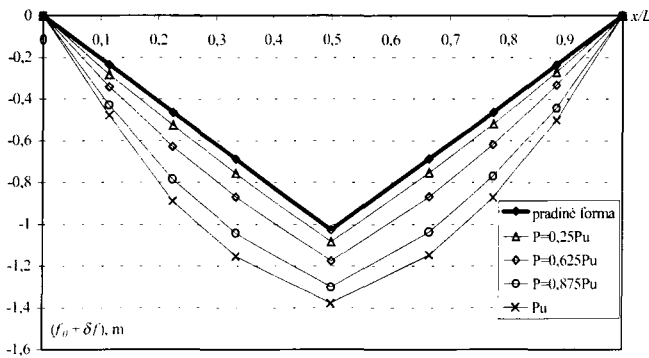
Skersinė apkrova buvo keliami laipsniškai, ant lynais pakabintų padėklų kraunant specialius svarsčius. Po kiekvienos apkrovimo pakopos buvo numatyta ne trumpesnė kaip 10 min pertrauka, skirta prietaisų rodmenims užrašyti. Žiediniu dinamometru, įrengtu kairiojoje atramoje, buvo matuojama skečiamoji jėga (3 pav.).

Tenzojutikliais (jų išdėstymas parodytas 6 ir 7 pav.) kas apkrovimo pakopą buvo matuotos išorinio plieno kevalo santykinės išilginės ir skersinės deformacijos elementų būdingiausiuose pjūviuose, t. y. jo viduryje, ties atramomis ir prie vidurinio mazgo.

Atskirų konstrukcijos taškų statieji, taip pat ir atramų viršūnių gulstieji poslinkiai buvo matuojami įlinkiamačiais. Jų išdėstymo schema parodyta 6 pav.

#### 5. Bandymo rezultatai

Bandymas parodė, kad įranga buvo pakankamai standi ir leido gauti duomenis, būtinus kabamosios konstrukcijos kitimo pobūdžiui vertinti. Ją tinka naudoti, kai reikia įvertinti projektuojamos baigtinio lenkiamojo standumo betonšerdės vamzdinės plieno kabamosios konstrukcijos kitimo pobūdį ir tinkamumą, kadangi tam jokių rekomendacijų projektavimo normose nėra. Bandyto metu gauti duomenys apie konstrukcijos įlinkių, skečiamosios jėgos ir išorinio plieno kevalo deformacijų kitimą įvairių apkrovimo pakopų metu leidžia tvirtinti, kad jos visuminis kitimo pobūdis iš esmės panašus į tiesiųjų baigtinio lenkiamojo standumo plieninių strypų [2]. Pagal įlinkiamačių rodmenis buvo nubraižytos kabamųjų stogo elementų deformuotosios schemos



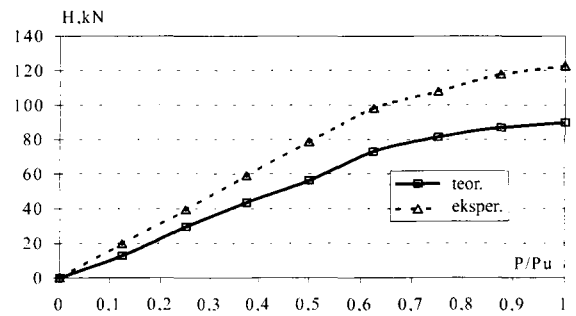
**8 pav.** Stogo konstrukcijos pradinė ir deformuoti schema:  $P$  – bandomoji apkrova;  $P_u$  – ardančioji apkrova;  $x$  – apkrovos pridėties taškų atstumas nuo kairiosios atramos;  $L$  – tarpatramio ilgis

**Fig 8.** Initial and deformed flow diagrams of roof structure:  $P$  – test load;  $P_u$  – failure load;  $x$  – distance of loading points from left support;  $L$  – span length

kiekvienam apkrovimo atvejui (8 pav.). Kaip matyti, konstrukcijoje atsirado dideli statieji poslinkiai. Šie poslinkiai maksimalūs buvo elementų viduryje (tarpatramio ketvirčiuose). Vidurinio mazgo statusis poslinkis didėjo daug lėčiau nei minėtų pjūvių. Todėl, projektuojant tokio tipo kabamuosius stogus, reikia atsižvelgti į tai, kad labai išsikreivinantys elementai gali sužaloti paklotą ir juos tenka dimensionuoti pagal tinkamumo (II) ribinį būvį.

Kabamųjų stogų ribinių stačiųjų poslinkių didumai nėra griežtai apibrėžti, nes kiekvienu atveju jie priklauso nuo bendrosios stogo konstrukcinės schemos bei pakloto konstrukcijos ir medžiagų. Pagal [5], ribinis konstrukcijos tarpatramio vidurio įlinkis  $\delta f$  gali būti imamas lygus  $L/300$  tarpatramio daliai (jeigu stogo konstrukcija surinkta iš skydų ir nėra vientisinė). Bandytosios konstrukcijos ribinis įlinkis, pagal [5], turi siekti 35,5 mm. Todėl galima teigti, kad bandytoji konstrukcija pasiekė tinkamumo (II) ribinį būvį, kai apkrova sudarė  $p = 3,4$  kN/m. Kai apkrova yra asimetrinė, ribinis bet kurios konstrukcijos vietos įlinkis gali būti padidintas iki tarpatramio  $L/150$  dalies. Tuomet mūsų atveju jis siektų 71 mm. Toks įlinkis atitiko apkrovą  $p = 4,91$  kN/m. Kai ji buvo  $p = 9,80$  kN/m, vienas iš elementų suiro apie 1 m nuo atramos nutolusiame pjūvyje trūkus tempiamojo ruožo plieno kevalui.

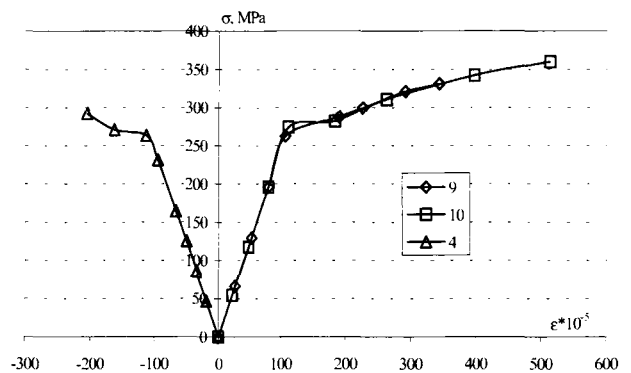
Pagal [4] apskaičiuota elementų, kaip lenkiamųjų, ribinė apkrova yra  $p_u = 7,20$  kN/m. Toks gana didelis skirtumas gali būti paaiškintas tuo, kad bandytieji betonšerdziai elementai yra ne tik lenkiami, bet ir



**9 pav.** Skečiamosios jėgos  $H$  kitimas pagal apkrovų santykį  $P/P_u$

**Fig 9.** Flow diagram of horizontal thrust force  $H$  due to the loading ratio  $P/P_u$

tempiami. Todėl jų ribiniam būviui nustatyti būtina atsižvelgti ir į ašinę jėgą. Iš tiesų taikant tokio ribinio būvio nustatymo metodiką reikia atsižvelgti į sudėtingą įtempių būvį, atsiradusį pasireiškus tarpusavio sąveikai tarp abiejų apkrauto skerspjuvio dalių – išorinio itin plonasienio plieno kevalo ir vidinės tuščiavidurės betono šerdies. Bandymai parodė, kad konstrukcija suiro, kai laikančiųjų elementų kevalo įtempiai pasiekė plieno ribinį tempiamąjį stiprį (trūki) ir kevalas trūko. Tuomet plieno kevalo plastinės deformacijos buvo itin didelės, o patys didžiausi tempiamieji įtempiai užfiksuoti kevalo tempiamojo ruožo prie elementų atraminių mazgų (7 pav. 1, tenzjutiklis Nr. 4) bei elementų vidurio, t. y. tarpatramio ketvirčiuose (7 pav. 2, tenzjutiklis Nr. 9), skerspjuviuose (10 pav).



**10 pav.** Tempiamojo ir gniuždomojo plieno kevalo ruožų (elemento vidurio) normalinių įtempių ir santykinų deformacijų kitimo grafikai: 4, 9, 10 – tenzjutiklių numeriai pagal 7 pav. 2

**Fig 10.** Normal stress-strain diagrams of tension and compression zones of steel shell (at the middle of member): 4, 9, 10 – numbers of tenzoresistors due to Fig 7. 2

Teoriškai skečiamoji jėga buvo apskaičiuota pagal formulę [6]:

$$H = pL^2 / [8(f_0 + \delta f)], \quad (1)$$

čia  $p$  – išorinė apkrova ( $kN/m$ );  $L$  – konstrukcijos tarptraimis;  $f_0$  – vidurinio mazgo pradinio išsvyrio reikšmė;  $\delta f$  – vidurinio mazgo statusis poslinkis.

Kaip kinta kabamosios konstrukcijos skečiamoji jėga bandymo metu, parodyta 9 pav. Tarp teoriškai apskaičiuotosios ir bandymais gautosios jos reikšmių skirtumas buvo apie 26%, kuris galėjo susidaryti ir dėl bandymo metu atsiradusių trinties jėgų tarp laikančiųjų traversų Tr-1 ir Tr-3.

## 6. Išvados

Sukurtoji įranga ir taikyta metodika yra tinkama praktikoje vykdyti baigtinio lenkiamojo standumo betonšerdžių vamzdinių plieno kabamųjų stogo konstrukcijų bandymus apbruojant projektuotą atmainų praktinį tinkamumą.

Bandymo metu gauti duomenys leidžia tvirtinti, kad bandytosios konstrukcijos visuminis kitimo pobūdis iš esmės panašus į tiesiųjų baigtinio lenkiamojo standumo plieno strypų.

Naujosios kabamosios konstrukcijos, sudarytos iš baigtinio lenkiamojo standumo betonšerdžių vamzdinių tuščiavidurių plieno strypų, bandymu nustatyta ardančioji apkrova sudarė 9,8 kN/m. Ji pasiekta, kai buvo visiškai išnaudotas betonšerdžių tuščiavidurių elementų išorinio plieno kevalo tempiamasis stiprumas, ir yra didesnė, nei ribinė, apskaičiuota teoriškai kaip tik lenkiamajam elementui.

Užfiksuota, kad elementų išorinio plieno kevalo tempiamajame ruože atsirado didelės plastinės santykinės deformacijos, būdingos plienui irimo metu. Tuo tarpu gniuždomojo krašto deformacijos buvo tik artimos toms, kurios atsiranda plieno takumo pradžios momentu.

Vidurinio mazgo įlinkis didėjo šiek tiek lėčiau negu elementų vidurinių pjūvių, kurių įlinkiai buvo didžiausi. Bandymu nustatyta eksploatacinė apkrova, kuriai veikiant konstrukcijoje yra pasiekiamas tinkamumo (II) ribinis būvis, sudarė apie 30% ardančiosios apkrovos.

Bandytosios kabamosios konstrukcijos baigtinio lenkiamojo standumo tiesiųjų tuščiavidurių betonšerdžių

vamzdinių plieno strypų ribiniam būviui nustatyti būtinai atsižvelgti į tarp abiejų pagrindinių skerspjūvio komponentų – išorinio itin plonasienio plieno kevalo ir vidinės tuščiavidurės betono šerdies – atsirandančią tarpusavio sąveiką, kadangi tokie elementai, apkrauti skersinėmis apkrovomis, yra ne tik lenkiami, bet ir tempiami, ir ji yra kitokia nei vien lenkimo atveju.

## Literatūra

1. A. Juozapaitis. Tiesių baigtinio lenkiamojo standumo strypų kabamoji konstrukcija. Daktaro disertacijos santrauka. V.: Technika, 2000. 36 p.
2. И. Калминзер. Работа изгибно-жестких нитей из прямолинейных стержней в упругом и упруго-пластическом состояниях. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МИСИ, 1985. 22 с.
3. А. Юозапайтис, В. Вайткявичюс. Особенности расчета наклонной прямой висячей нити конечной изгибной жесткости // Науч. труды вузов ЛитССР. Строительные конструкции, № 15. Вильнюс: Мокслас, 1989, с. 5–11.
4. А. Kvedaras. Metalo konstrukcijos iš betonu užlietu vamzdžių. Mokomoji knygelė. V.: VISI, 1985. 99 p.
5. Металлические конструкции. Спец. курс. Под ред. Н. С. Стрелецкого. М.: Стройиздат, 1965. 367 с.
6. Н. С. Москалев. Конструкции висячих покрытий. М.: Стройиздат, 1980. 336 с.

Įteikta 2000 06 15

## COURSE AND RESULTS OF TESTING A SUSPENDED COMPOSITE STRUCTURE

V. Šaraškinas, A. K. Kvedaras

### Summary

Testing a suspended roof structure has been performed. The span of construction is 10.65 m, the support height 2.60 m. Element supports are pins. Joint between elements in the middle of span is a pin, too. Structural elements were made from steel tubes with hollow concrete core. The thickness of the tube wall 1.60 mm, and a concrete core wall about 20 mm. The length of elements 5.35 m. The tested roof structure was loaded with 8 vertical loads. The strain distribution in 3 sections of the composite elements was analysed. In seven points of the structure, vertical deflections were measured. The horizontal reaction was measured too as it is shown in Fig 10. Additionally, horizontal deflections of columns were controlled by 3 indicator tenzometers.

The roof structure resistance was analysed and indicated loads of the ultimate and the serviceability limit states were reached.

During the test, the serviceability limit state was reached under the load of 3,40 kN/m. The vertical deflection at the

$\frac{1}{4}$  of span exceeded  $L/300$ , the ultimate value for member under asymmetrical loading. Failure occurred under the load of 9,80 kN/m, when one of the composite roof elements collapsed close to its supporting zone at a distance of about 1 m from the support. The normal stress of this cross-section reached the value of steel tensile strength. An experimental ultimate load is by about 27% less than the theoretical one determined for flexural member.

Investigation shows the developed equipment and applied methods being useful for testing suspended structures of final flexural stiffness made from straight concrete-filled steel tubular members. It has been finalised that overall behaviour of the tested structure is very close to that of straight suspension steel members of final flexural stiffness. It has been experimentally determined that the failure load of 9.80 kN/m was achieved when total tension strength of the external steel shell was used up. The presented value is greater than the ultimate one calculated only for the flexural member. Because composite members of the suspended structure are not only flexural but also tensional ones, it is necessary, for prediction of their limit state, to take into account the inter-

action between both components of composite cross-section (external steel shell and hollow concrete core) under such loading conditions.

.....  
**Viačeslavas ŠARAŠKINAS.** MSc, PhD student. Dept of Steel and Timber Structures (1996). Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: slavik@rasa.vtu.lt

Research interests: steel and composite structures, analysis of structures using computer simulation.

.....  
**Audronis Kazimieras KVEDARAS.** Doctor Habil, Professor. Head of Department of Steel and Timber Structures. Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: akve@st.vtu.lt

Civil engineer (1960), PhD (1968). Research visit to Czech Technical University (Prague, 1973–74), Imperial College of Science and Technology of London University (1977–79). Dr Habil (2000). Research interests: behaviour, development, investigation, design, manufacture of steel, composite structures and connections.