

# INVESTIGATIONS IN THE STRENGTH OF PRESTRESSED MULTILAYERED BEAMS UNDER THE ACTION OF LONG-TERM SHEAR

R. Čechavičius

To cite this article: R. Čechavičius (1998) INVESTIGATIONS IN THE STRENGTH OF PRESTRESSED MULTILAYERED BEAMS UNDER THE ACTION OF LONG-TERM SHEAR, Statyba, 4:2, 109-116, DOI: [10.1080/13921525.1998.10531389](https://doi.org/10.1080/13921525.1998.10531389)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1998.10531389>



Published online: 26 Jul 2012.



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



Article views: 45



Citing articles: 1 View citing articles [↗](#)

---

## MEDINIŲ IŠ ANKSTO ĮTEMPŲJŲ DAUGIASLUOKSNIŲ SIJŲ STIPRUMAS VEIKIANT ILGALAIKĖMS SKERSINĖMS JĖGOMS

R. Čechavičius

### 1. Įvadas

Medinių klijuotų lentų paketo sijų laikomoji galia veikiant skersinėms jėgoms kartais būna nepakankama, todėl techninėje literatūroje galima rasti įvairių pasiūlymų, kaip jas sustiprinti. Vienas iš būdų yra naudoti daugiasluoksnes sijas. Šių sijų skerspjuvyje matyti medienos sluoksniai, išdėstyti išilgai ir skersai elemento ašies. Dar labiau tokių sijų laikomąją galią galima padidinti naudojant išankstinį atskirų medienos sluoksnių apspaudimą šio straipsnio autorius pasiūlytu būdu [1]. Šis būdas buvo aprobuotas daugelyje mokslinių-techninių konferencijų bei seminarų, taip pat ir tarptautinių. Teigiamai vertindami naują techninį šios problemos sprendimą, oponentai pageidavo patikslinti šio būdo efektyvumą, kai veikia ne tik trumpalaikės, bet ir ilgalaikės skersinės jėgos.

Straipsnyje pateikiami per ilgą laiką atliktų eksperimentinių tyrimų rezultatai, kurie buvo apibendrinti išradime SU 1025831A "Medinio laikančiojo elemento gamybos būdas" (E O4C 3/12, prioritetas nuo 1981 07 11). Šis gamybos būdas skiriasi nuo 1976 m. pateikto analogiško išradimo Nr. 954237 [1] tuo, kad išankstinio apspaudimo jėgą siūloma perduoti ne vien klijuotinei siūlei, bet ir specialiai įtaisytiems virbalams. Šis būdas ne tik padidina daugiasluoksnių elementų laikomąją galią veikiant ilgalaikėms skersinėms jėgoms - tokios konstrukcijos yra patikimesnės ir atsparesnės kaitrai.

Atliktų eksperimentinių tyrimų užduotis buvo patikslinti šį naują medinių klijuotų sijų laikomosios galios padidinimo būdą veikiant ilgalaikėms skersinėms jėgoms.

Iš viso išbandyta 14 sijų: 9 daugiasluoksniės ir 5 lentų paketo bei medinio tašo.

### 2. Sijų stiprio tyrimai veikiant ilgalaikėms skersinėms jėgoms

#### 2.1. Sijų bandymo metodika

Medinės sijos buvo pagamintos Jūrės SKMK bei VISI Statybinių konstrukcijų laboratorijoje. Sijų matmenys  $l \times b \times h \approx 170 \times 6 \times 20$  cm. Iš 14 pagamintų sijų 2 buvo vientisos iš medinio tašo, 3 suklijuotos iš lentų paketo, 9 daugiasluoksniės (iš jų 8 - iš anksto įtemptos). Sijų gamybos technologija ir konstrukcija analogiška aprašytai [1]. Dvi sijos buvo išbandytos statine trumpalaikė, likusios - ilgalaikė apkrova. Kadangi ilgalaikių bandymų standą buvo leista naudoti ribotą laiką, sijos buvo bandomos santykiškai padidinta apkrova taip, kad suirtų per 100 dienų. Sijos, nesuirusios per šį laikotarpį, buvo papildomai išbandytos statine trumpalaikė apkrova, siekiant išsiaiškinti ilgalaikių apkrovų poveikį jų stipriui ir deformuojamumui.

Medinių sijų geometrinės charakteristikos pateiktos lentelėje, o daugiasluoksnių sijų skerspjuvio konstrukcija - 1 pav. Sijų tempiama (1) ir gniuždoma (4) zonos armuotos armatūros strypais  $4\emptyset 10$  AIII. Įdėklas (3) - iš penkiasluoksniės statybinės faneros su išorės lukštu išilgai elemento ašies.

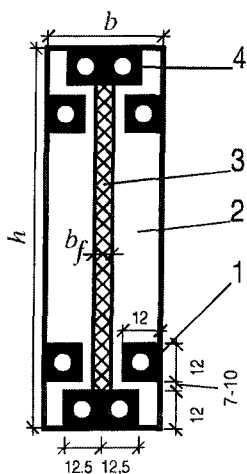
Sijų bandymo ir prietaisų išdėstymo schema bei sijų vaizdai ilgalaikio bandymo metu pateikti 2 ir 3 pav.

Ilgalaikėi statinei apkrovai buvo naudotas svertas, pečių santykis - 1:2 ir 1:4. Sijos buvo apkraunamos pakopomis po 10-20 ketaus svarsčių, kurių kiekvienas svėrė  $\approx 22,5$  kg; tai sudarė  $\approx 10-20$  kN apkrovą (įvertinant sverto pečių santykį). Trumpalaikio bandymo trukmė - 0,05 dienos. Ilgalaikiai bandymai truko 1-112 dienų. Visos sijos suiro dėl skersinių jėgų poveikio jų veikimo zonoje atsiradus horizontaliems

Sijų skerspjuvio ir stiprio charakteristikos veikiant ilgalaikems skersinėms jėgoms

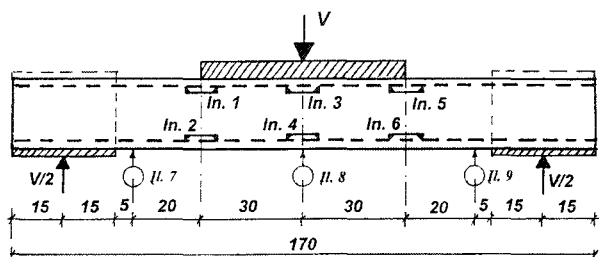
Geometrical characteristics of cross-sections and strength of beams under the action of long-time shear

Eil. Nr.	Sijų tipas	Skerspjuvio geometrinės charakteristikos						$V_t$ kN	$t$ , dn.	$\tau_t$ MPa	Žymėjimas	$\frac{\tau_t}{R_{S,t}^e}$	Pastabos
		Sijų matmenys, cm			$S_{red}$ cm <sup>3</sup>	$I_{red}$ cm <sup>4</sup>	$\sigma_y$ MPa						
		$b$	$b_f$	$h$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	S-45	4,5	-	18,5	674	9920	-	20,85	36	3,15	+	0,49	tašas, $R_{s,\mu}^e = 6,4 \text{ MPa}^{*1}$
2	S-32	4,6	-	18,7	692	10275	-	22,40	5	3,25	+	0,51	
3	S-33	4,8	-	18,5	685	10050	-	16,38	>41	3,92	$\Delta$	0,61	lentų paketas, $R_{s,\mu}^e = 6,4 \text{ MPa}^{*1}$ ; $b_d = 0,6b$
4	S-34	4,9	-	19,2	732	11180	-	19,51	2	4,34	$\Delta$	0,68	
5	S-35	4,8	-	19,2	722	10980	-	16,38	>112	3,74	$\Delta$	0,58	
6	S-41	5,1	0,67	18,7	713	10587	-	25,31	95	3,34	$\square$	0,44	
7	S-36	5,2	0,67	14,8	503	5744	1,5	18,17	73	3,09	•	0,41	daugiasluoksnės, $R_{s,\mu}^e = 7,50 \text{ MPa}^{*1}$
8	S-37	5,3	0,67	14,4	489	5417	1,5	25,52	1,1	4,34	•	0,58	
9	S-38	5,2	0,67	17,3	637	8639	1,5	38,82	0,25	5,22	•	0,70	*1, - $R_{s,\mu}^e$ - atitinkamai medinių
10	S-39	5,1	0,67	18,7	706	10477	1,5	32,39	1	4,28	•	0,57	ir daugiasluoksnių sijų
11	S-40	5,3	0,67	17,2	630	8461	1,5	32,08	7	4,54	•	0,60	eksperimentinis [1] ribinis
12	S-44	5,2	0,67	18,1	679	9690	1,5	28,75	>41	3,83	•	0,51	atsparumas skėlimui išilgai pluoštų
13	S-42	5,0	0,67	16,5	587	7587	1,5	48,75	0,05	7,45	0	0,99	
14	S-43	5,2	0,67	17,7	630	8495	1,5	48,61	0,05	6,93	0	0,92	



1 pav. Daugiasluoksnių sijų konstrukcija: 1, 4 - 4Ø10 A III armatūros strypai, įklijuoti visu sijos ilgiu; 2 - pušinės lentos; 3 - fanerinis įdėklas

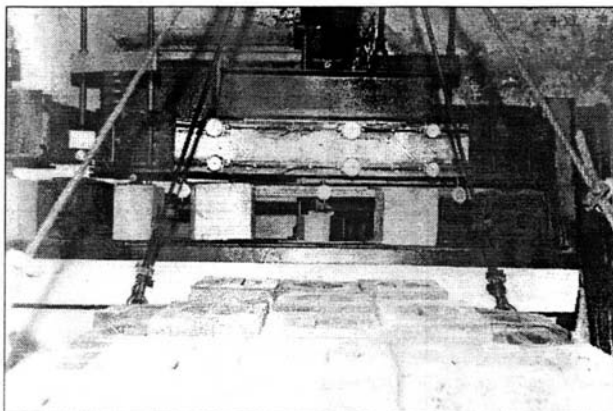
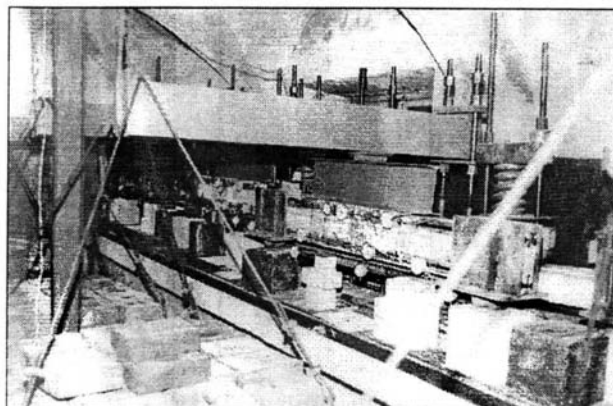
Fig 1. Cross-section of tested multilayered beams: 1, 4 - 4Ø10AIII reinforcement steel bars glued along the whole beam length; 2 - pine boards; 3 - plywood



2 pav. Indikatorių išdėstymo schema sijų bandymų metu:  $\blacksquare$  - (0,001-0,002 mm) tikslumo indikatoriai (In. 1÷In. 6) ant armatūros, bazės ilgis - 10 cm;  $\hat{\circ}$  - 0,01 mm tikslumo įlinkiamačiai (Il. 7÷Il. 9)

Fig 2. The scheme of indicators during a long-term testing of beams:  $\blacksquare$  - within precision of 0,001-0,002 mm indicators (In. 1÷In. 6) on reinforcement in the base of 10 cm;  $\hat{\circ}$  - to within 0,01 mm deflection indicators (Il. 7÷Il. 9).

plyšiams. Kad įklijuota armatūra keliose sijose atskilo nuo medienos, buvo pastebėta prieš pat suirimą. Įklijuotos faneros atsisluoksniavimo nepastebėta. Norint užtikrinti pakankamą sijų pastovumą iš lenkimo momento veikimo plokštumos, sijų atraminės dalys buvo pagamintos iš "U" formos metalo lakštų. Tam sijų plotis buvo 3-4 mm mažesnis negu atstumas tarp metalinių briaunų. Koncentruota apkrova į siją perduota 60 cm ilgio štampu (metalinis dvitėjis profilis Nr. 14). Per ilgalaikius bandymus deformacijos buvo matuojamos tik mechaniniais prietaisais (indikatoriais), per trumpalaikius - indikatoriais ir ten-



3 pav. Sijos ilgalaikio bandymo metu: a - bendras vaizdas; b - prietaisų išdėstymas

Fig 3. The beams during a long-term test: a - common view; b - laying out of the devices

zojutikliais (3 pav.). Atliekant bandymus buvo laikomasi specialiųjų darbų saugos taisyklių: laisvasis svertas galėjo laisvai įlinkti tik 3-4 cm, - tai atitiko  $\approx 0,5$  cm sijos įlinkį. Sijai įlinkus daugiau, dalį apkrovos perimdavo laboratorijos grindys. Sijų deformacijos pirmą savaitę po apkrovimo buvo fiksuojamos kas 1-2 dienas, vėliau 1-2 kartus per savaitę. Ilgalaikių bandymų stendo metalinio rygelio savitasis svoris, kai jėgos petys 1:4, nustatytas žiediniu dinamometru, buvo lygus 5,7 kN, o kai petys 1:2 - 2,85 kN.

## 2.2. Sijų deformacijos veikiant statinei trumpalaikiai ir ilgalaikiai apkrovai

Dėl medienos defektų bei anizotropiškumo visi bandiniai vienas nuo kito skyrėsi tiek deformacijų eiga, tiek plyšių susidarymo kinetika, todėl buvo praveru kiekvieną bandinių grupę aprašyti atskirai. Sijų bandymus aprašome lentelėje pateikta tvarka:

**A. Medinis tašas:**

SIJA S-45. Po 25 dienų apkrovimo atsirado horizontalūs išilginiai skėlimo plyšiai sijos neutraliosios ašies zonoje, po 29 dienų pastebėtas armatūros atsi-  
sluoksniavimas gniuždomoje ir tempiamoje zonoje. Sija suiro po 36 dienų.

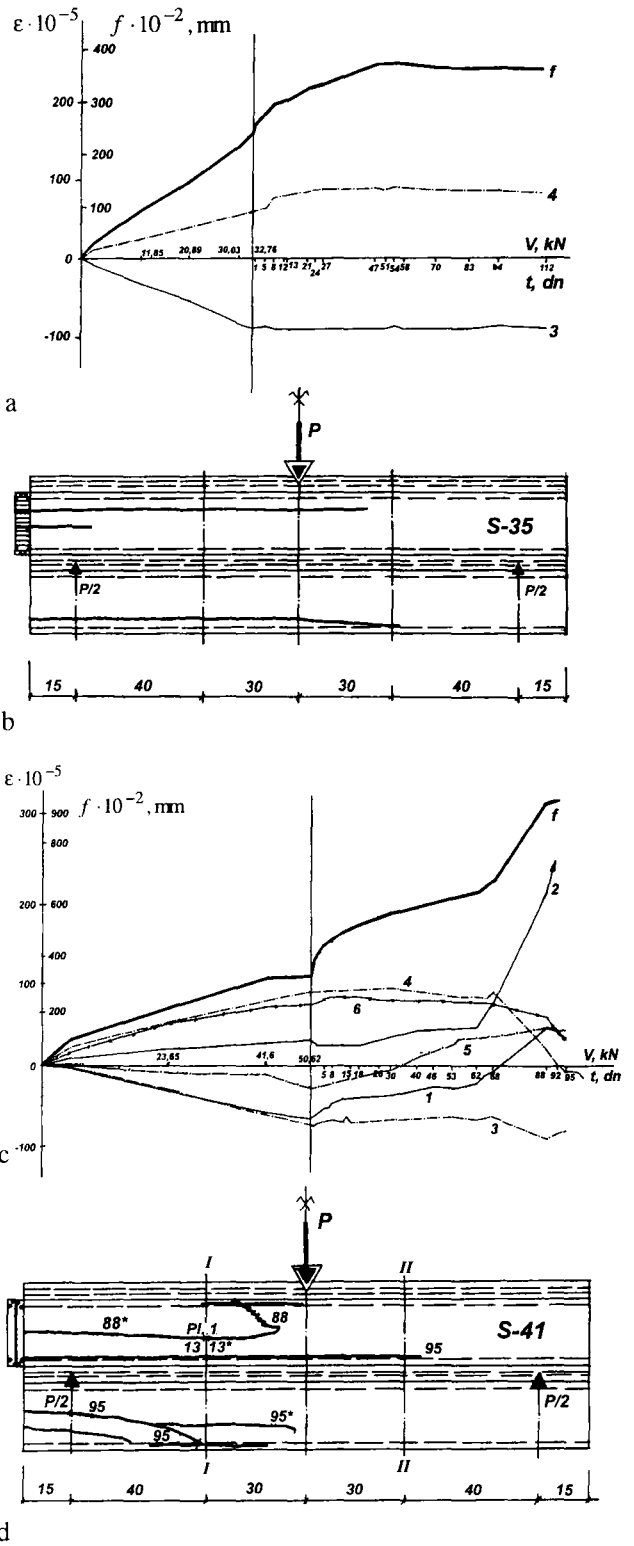
SIJA S-32. 44,8 kN ilgalaikė apkrova buvo per didelė šiai sijai: plastinės deformacijos greitai didėjo ir įspėjo eksperimentuotoją apie galimą greitą sijos suirimą. Sija suiro po 5 dienų dėl horizontalaus plyšio atsiradimo ties gniuždomos zonos armatūra; suirimo metu dalis išilginės armatūros atsiklijavo.

**B. Lentų paketo sijos:**

SIJA S-33. Sija buvo apkrauta palyginti nedidele ilgalaikė apkrova - 32,76 kN, atsižvelgiant į mažesnių tokių elementų suklijavimo paviršių. Po 41 dienos armatūros deformacijos nei tempiamojoje nei gniuždomosiose zonoje praktiškai nepakito, todėl bandymas buvo nutrauktas. Toliau sija buvo išbandyta statine trumpalaikė apkrova norint nustatyti, koks bus jos poveikis po ilgalaikės apkrovos. Kai  $V = 39,64$  kN, atsirado išilginis horizontalus mikroplyšys, užfiksuotas tenzojutikliais. Sija suiro staiga, veikiant skersinei jėgai  $V_{u,d} = 65,34$  kN. Tai 20,7% daugiau, negu apskaičiuota teoriškai ( $V^{tr}$ ). ( $V^{tr}$  - teorinis sijų stipris, veikiant trumpalaikėms skersinėms jėgoms, įvertinant eksperimentiškai nustatytą medienos atsparumą skėlimui išilgai pluoštų [1, 2].)

SIJA S-34. Analogiška sija buvo apkrauta apie 20% didesne apkrova. Tiek įlinkių, tiek armatūros deformacijos buvo tiesiogiai proporcingos apkrovos padidėjimui ir greitas suirimas negrėsė, tačiau jau kitą dieną sijos įlinkis buvo didesnis, negu leido bandymo įranga (0,5 cm), ir dalis apkrovos teko grindims. Tempę atpalaidavome, tačiau išilginių horizontalių plyšių nepastebėjome. Sija sulūžo po 2 dienų.

SIJA S-35. Sija apkrauta tik  $0,58V^{tr}$ . Kaip ir reikėjo laukti, veikiant ilgalaikėi apkrovai jau po 15-30 dienų deformacijos nusistovėjo ir toliau kito labai nedaug (4 pav., a). Po 112 dienų bandymas buvo nutrauktas ir sija išbandyta statine trumpalaikė apkrova. Ji suiro staiga, atsiradus horizontaliam plyšiui, kai trumpalaikė apkrova  $V_u = 59,64$  kN. Tai apie 6,5% daugiau, nei apskaičiuota teoriškai ( $V^{tr}$ ) [1, 2]. Iš šių preliminarių apskaičiavimų galima padaryti išvadą,



4 pav. Sijų S-35 (a) ir S-41 (b) deformacijos veikiant ilgalaikėi apkrovai bei plyšių susidarymo kinetika (sijų išklotinės): 1÷6 - armatūros santykinės deformacijos (In. 1÷In. 6);  $f$  - sijos vidurio įlinkis, - - - - - įklijuoti armatūros strypai

Fig 4. Strain of the beams S-35 (a) and S-41 (b) under a long-term loading (lay-out of the beams) and kinetics of cracking: 1÷6 - strain of steel reinforcement (In. 1÷In. 6);  $f$  - deflection of the beam in the middle, - - - - - steel reinforced bars, glued in

kad santykiškai maža ilgalaikė apkrova [ $V_t = (0,58 - 0,61)V^{tr}$ ], nesukelianti plastinių deformacijų ar mikroplyšių atsiradimo, elemento laikomosios galios praktiškai nesumažina.

### C. Daugiasluoksnės sijos:

SIJA S-41. Šiuose bandymuose tai vienintelė daugiasluoksnė sija be išankstinio apspaudimo. Kitos dvi tokios pat sijos supleišėjo dėl santykinės oro drėgmės kitimo laikymo metu. Tai didelis tokių sijų trūkumas, labai ribojantis jų taikymą. Sija buvo apkrauta  $V_t = 50,62 \text{ kN} \approx 0,44V^{tr}$ . Tai gana nedidelė santykinė apkrova, tačiau dėl didelių vidinių įtempių skersai medienos pluošto, atsiradusių medienai džiūstant, jau po 13 dienų skersinių jėgų veikimo zonoje užfiksuotas horizontalus mikroplyšys Pl. 1. Jo plotis siekė 0,05 mm. Po 88 dienų plyšys pradėjo smarkiai didėti, nors jo plotis praktiškai nepasikeitė, gerokai augo tik šlyjamosios deformacijos, kurios suirimo metu (po 95 dienų) siekė net 10 mm (4 pav. b).

SIJA S-36. Nors apkrova tik  $0,41 V^{tr}$ , sija pradėjo irti po 62 dienų ilgalaikės apkrovos: užfiksuoti dideli įlinkių bei armatūros deformacijų padidėjimai. Po 73 dienų atsirado horizontalus plyšys, kuriam plėtojantis sija ir suiro. Taip greitai plyšys galėjo atsirasti dėl ten buvusios šakos.

Šiuo, taip pat ir kitais bandymais nustatytas deformacijų (įtempių) sumažėjimas atskiruose armatūros strypuose yra sietinas su įtempių relaksacijos bei valkšnumo procesais, vykstančiais armatūros įklijavimo siūlėje, ir dėl to pasireiškiančiu armatūros atsisluoksniavimu, pastebėtu keliose sijose prieš pat jų suirimą. Sijų vidurio įlinkiai (Il. 8) buvo nustatyti kraštinių indikatorių (Il. 7, 9) atžvilgiu.

SIJA S-37. Pirmiausia sija buvo apkrauta nedidele santykinė apkrova - tik 32,8 kN, tačiau, kadangi kitą dieną deformacijos didėjimas buvo nedidelis, nutarta šią apkrovą padidinti ir uždėta dar 20 svarsčių. Po 10 min. pasigirdo smūgio garsas, traškesys, ir skersinių jėgų veikimo zonoje apie 15 cm ruožu suiro tempiamos armatūros sujungimas su medžiu, o vėliau garsiai pokštelėjęs staiga suiro armatūros sujungimas su medžiu sijos gniuždomoje zonoje. Suirimo vietoje pastebėti medienos defektai - iš vienos pusės šaka, iš kitos - medienos sluoksnių įvijumas.

Matyt, tai pagreitino elemento suirimą. Santykinė apkrova siekė  $0,58 V^{tr}$ .

SIJA S-38. Sija apkrauta didele santykinė apkrova  $0,70 V^{tr}$ , todėl jau apkrovos dėjimo metu atsirado horizontalus 0,01 mm pločio išilginis plyšys, kuriam didėjant sija greitai suiro.

SIJA S-39. Ilgalaikė apkrova siekė  $0,57 V^{tr}$ . Ši apkrova sukėlė plastines deformacijas armatūroje, todėl buvo logiška laukti greito šios sijos suirimo. Sija sulūžo po dienos, kai atsirado horizontalus plyšys, kurio plotis suirimo metu siekė 0,4 mm.

SIJA S-40. Sija suiro po 7 dienų atsiradus horizontaliam išilginiam plyšiui, kurio plotis siekė 1,5-2,0 mm. Po suirimo užfiksuotas gniuždomos bei tempiamos armatūros sujungimo su mediena suirimas skersinių jėgų veikimo zonoje.

SIJA S-44. Veikiant  $0,51V^{tr}$  apkrovai vyko nedidelis deformacijų persiskirstymo procesas tarp armatūros ir medienos. Buvo galima sulaukti šios sijos suirimo, tačiau dėl laiko stokos bandymą po 41 dienos nutraukėme, ir sija buvo išbandyta trumpalaikė statine apkrova. Ji pradėjo pleišėti išilgai gniuždomos ir tempiamos armatūros esant  $V \geq 43,35 \text{ kN}$ , o suiro, kai  $V_u$  siekė 73,59 kN. Tai sudarė tik 66% teorinės apkrovos, veikiant trumpalaikėms skersinėms jėgoms [1, 2]. Taigi ilgalaikė apkrova, sukelianti dideles plastines deformacijas, gerokai mažina sijos stiprį, net jei apkrovimo metu nebuvo pastebėta sijos supleišėjimo.

SIJA S-42. Sija išbandyta statine trumpalaikė apkrova. Išanalizavus jos deformacijas, nustatytas tenzojutikliais, užfiksuota, kad horizontalus mikroplyšys atsirado, kai apkrova siekė 75,94 kN. Esant  $V = 86,89 \text{ kN}$ , horizontalaus išilginio plyšio plotis siekė 1,5 mm, o šlyjamosios deformacijos  $\approx 1 \text{ mm}$ . Padidinus apkrovą iki 96,29 kN, sija suiro, esant tangentiniams įtempimams  $\tau_u$ , artimiems eksperimentais nustatytam daugiasluoksnių sijų atsparumui skėlimui išilgai pluoštų [1].

SIJA S-43. Taip pat paveikta trumpalaikės apkrovos. Kai  $V = 65,0 \text{ kN}$ , nustatyta mikroplyšių susidarymo pradžia. Tai patvirtino ir deformacijos, užfiksuotos tenzojutikliais. Horizontalūs plyšiai užfiksuoti jau kitoje pakopoje:  $V_{pl} = 74,84 \text{ kN}$ . Kai  $V$  pasiekė 85,2 kN, pasigirdo būdingi sujungimo tarp armatūros ir medienos irimo traškesiai. Prieš suirimą gniuždoma

armatūra vis labiau atsiklijavo ir traškėdama atskilinėjo nuo medžio. Horizontalaus plyšio plotis suirimo metu siekė 0,1 mm, o šlyjamosios deformacijos - iki 5-6 mm. Sija suiro esant apkrovai  $V_u = 97,22$  kN, kai  $\tau_t = 0,92 R_{s,u}^e$ .

Šie trumpalaikiai bandymai dar kartą patvirtino ankstesniais bandymais [1] nustatytą eksperimentinio atsparumo skėlimui išilgai pluoštų ( $R_{s,u}^e$ ) dydį.

### 2.3. Sijų stiprio priklausomybė nuo apkrovos veikimo trukmės

Medinių klijuotų daugiasluoksnių iš anksto įtemptųjų sijų ( $\sigma_y = 1,5$  MPa) bandymas ilgalaikė (iki 73 dienų) apkrova parodė pakankamą klijuotinės siūlės stiprį: nė vienoje sijoje nepastebėta fanerinio įdėklo atsiskuosiavimo ar atskilimo nuo medinio elemento. Tokių sijų, taip pat ir palyginimui išbandytų sijų iš vientiso medinio tašo ar suklijuotų iš lentų paketo stiprio priklausomybė nuo apkrovos veikimo trukmės pateikta lentelėje bei 5 paveiksle. Kaip matome iš pateiktų rezultatų, tokių sijų atsparumas skersinėms jėgoms veikiant ilgalaikėi apkrovai yra gerokai mažesnis, negu apskaičiuotas pagal formulę [3]:

$$\tau_t = \tau_{st} + \alpha(\lg t_{st} - \lg t), \quad (1)$$

čia  $\tau_t$  - medienos skėlimo išilgai pluoštų ilgalaikis stipris, priklausantis nuo apkrovos veikimo trukmės  $t$ , (s);  $\tau_{st}$  ir  $t_{st}$  - medienos skėlimo išilgai pluoštų stipris ir apkrovos veikimo trukmė (s) standartiniuose bandymuose;  $\alpha$  - pataisos koeficientas,  $\alpha = 0,5$  MPa.

Standartinis sijų bandymas veikiant trumpalaikėms apkrovoms truko  $\approx 1$  h, t.y.  $\approx 0,05$  dienos. Pagal (1) formulę apskaičiuotas teorinis ilgalaikis medienos skėlimo išilgai pluoštų stipris, kai apkrovos veikimo trukmė  $t = 25$  metai, yra lygus  $\tau_t = 0,589 R_{s,u}^e$  sijoms iš tašo ar lentų paketo, ir  $\tau_t = 0,650 R_{s,u}^e$  daugiasluoksnioms sijoms. Šios teorinės ilgalaikės apkrovos veikimo koeficiento

$$\left( k_{ilg} = \frac{\tau_t}{R_{s,u}^e} \right)$$

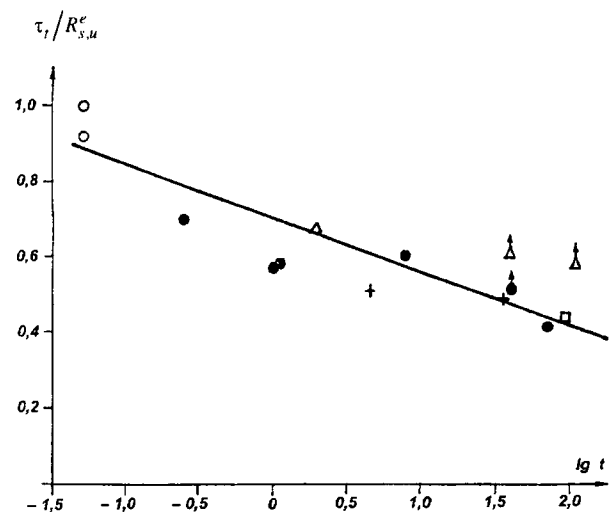
reikšmės yra artimos gautoms eksperimentais [4, 5], bandant standartinius bandinius:  $k_{ilg} = 0,59 - 0,64$ . Klijuotųjų elementų  $k_{ilg}$  sumažėja iki 0,4-0,5 [6, 7].

Bandymais gautus rezultatus apdorojome matematinės statistikos metodais [8, 9] ir, neatsižvelgdami į išbandytų sijų skerspjūvių konstrukcinius savitumus (tašo, klijuotos lentų paketo ar daugiasluoksnių), tiesinės koreliacijos būdu gavome santykinio sijų stiprio ( $\tau_t/R_{s,u}^e$ ) sumažėjimo priklausomybę nuo ilgalaikių skersinių jėgų veikimo trukmės ( $t$ , dn.):

$$\tau_t/R_{s,u}^e = 0,696 - 0,12 \lg t. \quad (2)$$

Šios lygties koreliacijos koeficientas  $r = 0,839$ , vidutinė paklaida  $m_r = 0,0787$ , ryšio patikimumas  $r/m_r = 10,7 \gg 4$ .

Techninėje literatūroje rekomenduojama ekstrapoliuoti ne daugiau kaip 10-30 kartų, todėl mūsų atliktų ilgalaikių bandymų (iki 112 dienų) rezultatus būtų galima ekstrapoliuoti tik iki 10 metų, ekstrapoliacija iki 25 metų būtų nepatikima. Antra, buvo laikoma, kad sijos, nesuirusios dėl ilgalaikės apkrovos veikimo ir išbandytos trumpalaikė apkrova (S-33, S-35 ir S-44), suiro paskutinę bandymo dieną, t.y. šie rezultatai buvo iš dalies sumažinti. Iš atliktų bandymų galima teigti, kad klijuotų medinių, tarp jų ir iš anksto įtemptųjų daugiasluoksnių, sijų medienos stipris skėlimui išilgai pluoštų veikiant ilgalaikėms skersinėms jėgoms yra gerokai mažesnis negu standartinių bandinių ir per 10 metų yra lygus tik 0,27 trumpalaikio tokių sijų stiprio.



5 pav. Sijų stiprio priklausomybė nuo apkrovos veikimo trukmės (žymėjimus  $\circ, \bullet, \Delta, \square, +$  žr. lentelėje)

Fig 5. Relationship between the beam strength and the duration of loading ( $\circ, \bullet, \Delta, \square, +$  see Table)

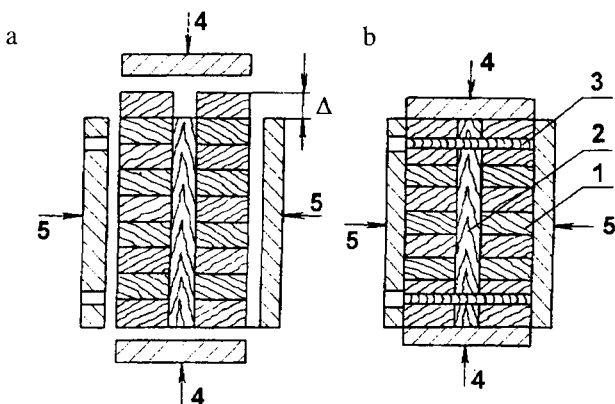
### 3. Naujas medinių laikančiųjų elementų gamybos būdas

#### 3.1. Išradimo SU 1025831 trumpas aprašymas

Išradime Nr. 94237 [1] aprašytas medinių klijuotų elementų laikomosios galios padidinimo būdas. Šio būdo esmė - iš anksto įtemptųjų elementų naudojimas daugiasluoksnio skerspjuvio sijoms. Tai leidžia didinti elementų laikomąją galią veikiant trumpalaikėms skersinėms jėgoms ir sumažinti ar visai eliminuoti skersinio tempimo įtempčių neigiamą įtaką jų laikomajai galiai.

Veikiant ilgalaikiai apkrovai ar kilus gaisrui, kintant aplinkos temperatūrai bei drėgmei, iš anksto įtemptos siūlės stipris dėl vidinių įtempčių poveikio ir galimo mikroplyšių atsiradimo nėra visiškai patikimas. Norint padidinti tokių sijų patikimumą veikiant ilgalaikėms skersinėms jėgoms ar gaisro atveju, autorius siūlo išankstinio apspaudimo jėgą perduoti ne vien klijuotinei siūlei, bet ir specialiai įrengtiems virbalams [10].

Sijos gaminamos tokia tvarka (6 pav.): daugiasluoksnio elemento sluoksniai su medžio pluoštais, orientuotais išilgai elemento ašies (1), yra iš anksto sugniuždomi skersai medienos pluoštų (4). Gniuždy-



6 pav. Išradime SU 1025831 pateikto daugiasluoksnio iš anksto įtempto elemento gamybos schema prieš (a) ir po (b) suklijavimo ir virbalų įrengimo: 1 - išilginiai medienos sluoksniai; 2 - skersinis medienos ar faneros sluoksnis; 3 - virbalas; 4 - vertikalus apspaudimas  $\sigma_y$ ; 5 - horizontalus apspaudimas  $\sigma_x$

Fig 6. The manufacture scheme of multilayered prestressed element described in the invention SU 1025831 before (a) and after (b) gluing together and fitting in the pivots: 1 - longitudinal timber layers; 2 - lateral layer of timber or plywood; 3 - pivot; 4 - vertical prestresses  $\sigma_y$ ; 5 - horizontal prestresses  $\sigma_x$

mo jėga neturi sukelti įtempčių ( $\sigma_y$ ), didesnių už medienos proporcingumo ribą skersai pluoštų. Šie sluoksniai (1) yra suklijuojami su sluoksniais, kuriuose medienos pluoštai orientuoti skersai elemento ašies (2), ir kurie prieš suspaudimą dydžiu  $\Delta \geq \sigma_y h / E_{90}$  yra trumpesni už (1).

Horizontalus daugiasluoksnio elemento apspaudimas  $\sigma_x$  (5) turi garantuoti kokybišką suklijavimą ( $\sigma_x = 0,5-0,7$  MPa). Po galutinės klijų polimerizacijos elementas sujungiamas virbalais (3). Šis būdas ne tik didina medinių klijuotų elementų laikomąją galią veikiant ilgalaikėmis skersinėms jėgoms, bet ir užtikrina didesnę tokių konstrukcijų patikimumą bei atsparumą kaitrai.

#### 3.2. Išradimo formulė

Medinio laikančiojo elemento gamybos būdas, į kurį įeina pavienių medienos sluoksnių su pluoštais, orientuotais išilgai ir skersai elemento ašies, suklijavimas; medienos sluoksnių su pluoštais, orientuotais išilgai elemento ašies, suspaudimas skersai pluoštų iki įtempčių, neviršijančių medienos proporcingumo ribos, ir išlaikymas sugniuždytų iki galutinės klijų polimerizacijos, besiskiriantis tuo, kad, siekiant padidinti tokių elementų ilgaamžiškumą ir atsparumą kaitrai veikiant skersinėms jėgoms, po suspaudimo elemente yra įrengiamos skersinės kiaurymės, į kurias įdedami virbalai.

### 4. Išvados

1. Medinių klijuotų daugiasluoksnių iš anksto įtemptųjų sijų laikomąją galią, jų patikimumą, veikiant ilgalaikėms skersinėms jėgoms, galima padidinti išradime SU 1025831 nurodytu būdu.

2. Iš daugiasluoksnių klijuotų lentų paketo ir vientisų medinio tašo sijų bandymų nustatytas santykinio medienos stiprio skėlimui išilgai pluoštų sumažėjimas, veikiant ilgalaikėms apkrovoms, yra didesnis, negu pateiktas literatūroje standartinių bandymų metu. Šio stiprio sumažėjimo priklausomybę nuo ilgalaikių apkrovų veikimo trukmės ( $t$ , dn.) galima apskaičiuoti pagal pateiktą formulę (2).

3. Ilgalaikių apkrovų poveikis sijų laikomajai galiai priklauso nuo jų intensyvumo: jei tokios apkrovos sijoje plastinių deformacijų nesukelia, jų laikomoji galia nesumažėja ir, priešingai, plastinių defor-



macijų bei mikroplyšių atsiradimas rodo ir sijos laikomosios galios, veikiant trumpalaikėms skersinėms jėgoms, sumažėjimą.

#### Literatūra

1. R. Čechavičius. Medinių klijuotų daugiasluoksnių sijų stiprumo tyrimai veikiant trumpalaikėms skersinėms jėgoms // *Statyba*, Nr. 1 (13). Vilnius: Technika, 1998, p. 5-11.
2. СНиП-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования. Москва: Стройиздат, 1982. 65 с.
3. А. Боровиков, Б. Уголев. Справочник по древесине. Москва: Лесная промышленность, 1989. 293 с.
4. Ф. Беленкин, В. Яценко. Деформативность и сопротивляемость древесины как упруго-вязкого тела. Киев: Изд-во Акад. наук УССР, 1957. 200 с.
5. Н. Леонтьев. Длительное сопротивление древесины. Москва: Гослесбутиздат, 1957. 132 с.
6. В. Васильев. Влияние на прочность и прогиб клееных деревянных балок поперечной силой при длительном действии нагрузки // *Труды Вор. ИСИ*, т. 16, вып. I/ч. I, 1971, с. 67-72.
7. А. Фрейдин, К. Буба. Прогнозирование свойств клеевых соединений древесины. М.: Лесная промышленность, 1980. 223 с.
8. Н. Леонтьев. Техника статистических вычислений. М.: Лесная промышленность, 1968. 250 с.
9. Ю. Адлер, Е. Маркова, Ю. Грановский. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1971. 283 с.
10. Р. Чехавицюс. Описание изобретения SU1025831 А, Е04 С3/12. Способ изготовления деревянного несущего элемента // Официальный бюллетень государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий "Открытия, изобретения". Москва: Всесоюзный научно-исследовательский институт патентной информации, № 24. 1983, с. 91.

Įteikta 1998 03 18

#### INVESTIGATIONS IN THE STRENGTH OF PRESTRESSED MULTILAYERED BEAMS UNDER THE ACTION OF LONG-TERM SHEAR

R. Čechavičius

#### S u m m a r y

The results of long-term experiments are presented in the paper. As a result of the experiments, invention SU 1025831 was developed under the name "The method of manufacture of a timber load-bearing element" (E 04 C 3/12, priority since July 11, 1981).

The objective of the experiments performed was to check the method of increase of load bearing capacity of glulam beams under the influence of long-term shear.

14 beams were tested: nine of them were multilayered and 5 made of board-package and square-sawn timber.

All the beams failed because of the action of shear forces. Two beams were tested by static short loading, the rest twelve by long-term loading. Three beams, that have not failed because of the action of long-term loading, then were tested by short-term loading.

From the tests of multilayered, glulam and solid square-sawn timber beams the decrease of the relative strength wood split alongside fibres under the action of long-term shear is bigger than that given in literature in case of standard experiments. Relationship of the level of decrease of this strength with the duration of long-term loading may be calculated according to the equation (2).

The influence of long-term loading on the load-bearing capacity of these beams depends on the intensity of actions: if such a load does not cause the plastic deformations in the beam, their load-bearing capacity does not decrease and vice versa - the appearance of plastic deformations and micro-cracks means the decrease of load bearing capacity of the beam under a short-term shear.

A short description of invention SU 1025831 is also presented in the paper. The invention is devoted to the perfection of the former invention No 954237. The latter one suggested an increase of load-bearing capacity of glulam elements under a short-term shear.

Under a long-term load, or in case of fire, when the temperature and moisture around is changing, the strength of prestressed joint of these beams may not be fully guaranteed because of the influence of inner stresses and possible micro-cracking.

With the purpose to increase the strength of beams under a long-term shear the author offers additionally to install pivots (Fig 6, 3) after giving prestress and full polymerisation.

This method does not only increase the load-bearing capacity of multilayered elements under a long-term shear, but also ensures a higher reliability and fire resistance of such structures.

.....  
**Rimantas ČECHAVIČIUS.** Doctor, Associate Professor. Dept of Steel and Timber Structures. Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania.

A graduate of Kaunas University of Technology in 1963 (civil engineer). Doctor's degree in 1972. In 1979 research visit to Helsinki Technological University (Finland). In 1982-86 Associate Professor at Annaba University (Algeria). Author and co-author of 5 patents and more than 50 papers. Research interests: increase of load bearing capacity of timber glulam structures and their connections.