

**PLĀNSIENU TĪTU PRESĒTA KARTONA CAURUĻU  
PIELIETOJUMA IESPĒJAS BŪVNICĪBĀ****POSSIBILITY OF USING THIN WALL WINDED  
CARDBOARD TUBES IN CONSTRUCTION**

**Matīss Apsītis**, *Master of Civil Engineering*

*Adress: Gravju street 45, LV 2008, Jurmala, Latvia*

*Phone: +37126534311; Fax +3717334230*

**Felikss Bulavs**, *Dr. habil. sc. ing., professor*

*Riga Technical University, Faculty of Civil Engineering*

*Adress: Azenes street 16, LV 1048, Latvia*

*Phone: +3717089262; Fax +3717089121*

*Atslēgas vārdi: plānsienu tīts cauruļveida būvelements, deformatīvās un nestspējas īpašības, šķiedrveida materiāls*

**Ievads**

Attīstoties materiālu ražošanas un to izgatavošanas tehnoloģijām, arī būvniecībā rodas iespējas veidot jaunus netradicionālus konstruktīvus risinājumus, ieviešot jauna tipa būvmateriālus un no tiem izveidotus būvelementus. Progresīvu būvdarīnājumu attīstības virzienu raksturo to pašsvara, ekoloģisko piesārņojumu samazinājums un patērētās enerģijas ietaupījums. Ražošanas tehnoloģija slokšņu tīšanas procesā ļauj radīt caurules, kurās tiek pielietots organisks šķiedrveida materiāls. Šķiedrveida materiālu caurules pagaidām tiek pielietotas galvenokārt vieglajā un apstrādes rūpniecībā. Tomēr atsevišķi pēdējo gadu konstruktīvi risinājumi dod pamatu pieņemt, ka šķiedrveida materiālu caurules iespējams izmantot kā nesošus būvkonstrukciju elementus.

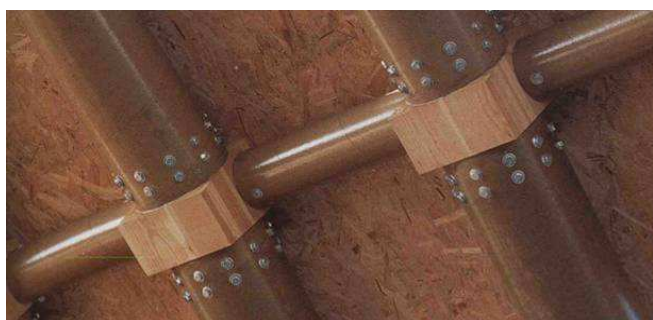
Tradicionāli šķiedrveida materiālu caurules izgatavo no pārstrādāta papīra vai kartona loksniem, kuras noklātas ar līmes kārtu spirālveidā tiek tītas viena uz otras. Tādā veidā tiek iegūts cilindrisks elements ar plašu ģeometrisku parametru variēšanas spektru. Ir iespējams izgatavot caurules, kuru diametrs pārsniedz vienu metru un sieniņas biezums ir līdz pat 50mm. Arī cilindrisko elementu veidojošo atsevišķo slāņu biezums un platums (20-2500mm) ir mainīgs lielums, bet to īpatnējais svars uz laukuma vienību var mainīties no 60 līdz 250 G/m<sup>2</sup>. Cauruļu izgatavošanai izmantojamo slāņu platums ietekmē tīšanas leņķi. Cauruļu izgatavošana notiek uz speciālām automatizētām iekārtām un viena caurule var sastāvēt no dažāda skaita un dažāda veida un biezuma loksniem. Ražošanas iekārtu jauda ir atkarīga no caurules diametra, sieniņas biezuma un pielietojamajiem materiāliem. Vidēji viena automātiskā

iekārta nodrošina cauruļu izgatavošanas apjomu 30m/min. Ražošanas process faktiski uzskatāms par pilnīgi automatizētu un neprasa darbaspēka līdzdalību.

Pēdējo divdesmit gadu laikā pasaulē veikta virkne eksperimentālu pārbaužu, lai noskaidrotu iespējas caurules pielietot kā nesošus konstrukciju elementus. Japāņu arhitekta Shigeru Ban [1] vadībā sākot ar 1986. gadu ir veikta virkne izmēģinājumu un eksperimentālu pētījumu šķiedrveida cauruļu mehānisko īpašību noteikšanai uz kuru rezultātu pamata uzbūvēti vairāki vērīenīgi projekti. 1989. gadā tika izveidota pirmā ēka – izstādes paviljons pie izstādes „Design Expo” Japānas pilsētā Nagojā. Pēc sešiem mēnešiem konstrukcija tika demontēta un tajā pielietotās caurules tika pārbaudītas uz spiedes stiprību. Neskatoties uz smagajiem laika apstākļiem cauruļu spiedes stiprība ar laiku bija tikai pieaugusi, kas toreiz tika skaidrots ar līmes sacietēšanu un pakļautību ultravioletajiem stariem.

Pirmā ilgeksploatējamā ēka tika uzbūvēta 1991. gadā, kad tika uzbūvēja „Dzejnieka bibliotēku” (Library of a Poet), divus gadus vēlāk Japānas atbildīgās institūcijas sertificēja materiāla pielietojumu konstrukcijās, iekļaujot to Būvniecības Standartu likumā. (Building Standard Law). Tam sekoja virkne pagaidu būvju izgatavošana, kas bija domātas zemestrīcēs cietušajiem Japānā, Turcijā un Indijā, kā arī pajumtes nodrošināšana Ruandas bēgļu nometnēs.

Lielākie līdz šim realizētie šķiedrveida materiālu cauruļu projekti ir „Papīra arka” (Paper Dome), kas realizēta 1998. gadā Masuda pilsētā (att.1) un Japānas izstāžu paviljons Expo 2000 izstādē Hannoverē (Japan Pavillion). Projekts ietver 27,2m laiduma arkas konstrukciju, kas kalpo kā nojume kokmateriālu uzglabāšanai. Arka veidota no 18 taisniem preskartona caurules posmiem, katrs 1,8m garš. Caurules ārējais diametrs 290mm, sienīņas biezums 20,5mm. Caurules apstrādātas ar akrila krāsu mitrumaizsardzības nodrošināšanai un temperatūras izmaiņu radīto kondensācijas problēmu novēršanai. Megzlu vietas projektētas un veidotas no masīva līmētā koka detaļām, kas savā starpā saista garenvirziena un šķērsvirziena caurules, kā arī kalpo kā balsts ārējam apšuvumam. Savukārt Expo paviljons veidots kā režģveida preskartona cauruļu konstrukcija, kas strādā kā arka. Projektā pielietotas caurules ar diametru 120mm, kuru sienīņas biezums 22mm.



*Att.1 No preskartona caurulēm veidotas nojumes kopskats, stiprinājuma mezgli un cauruļu galus savienošais elements [1]*

Šī darba mērķis ir izpētīt pānsienu no preskartona tītu cauruļu deformēšanās un nestspējas īpatnības un novērtēt iespēju izveidot kombinētas struktūras cauruļveida būvelementus ar uzlabotām īpašībām ilglaicīgas spiedes un lieces gadījumos. Šai nolūkā tika veikta preskartona cauruļu mehānisko īpašību pārbaude un apkopota starptautiski pieejamā informācija par līdzīgu materiālu mehāniskajām pārbaudēm un to aizsardzības iespējām pret ārējās vides iedarbības ietekmi. Eksperimentālie rezultāti iegūti cauruļu lieces un ass spiedes slogojumos īpašu vērību pievēršot spiestu elementu deformāciju attīstībai laikā.

### **Tītu preskartona cauruļu spiede**

Tā kā šķiedrveida materiālu caurules visbiežāk tiek izmantotas kā spiesti elementi, tad tika veikti eksperimentāli pētījumi ar divu veidu preskartona caurulēm, kuru garums 20cm. Divu tipu cauruļveida paraugus (att.2) raksturo šādi ģeometriskie parametri:

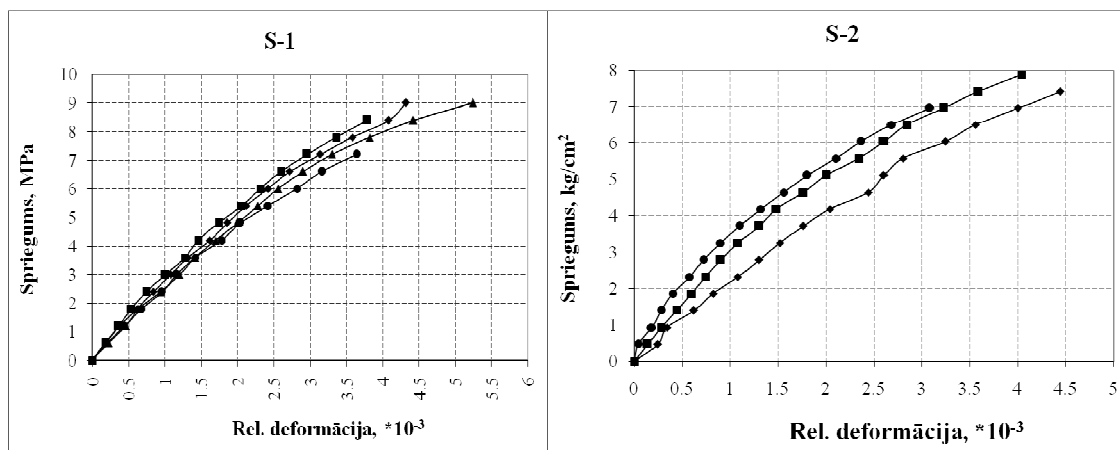
<b>Paraugu tips</b>	<b>S - 1</b>	<b>S - 2</b>
Ārējais diametrs, cm	5.5	8.5
Sieniņas biezums, cm	0.2	0.425
Šķērsgriezuma laukums, cm <sup>2</sup>	3.33	10.78

Ar mērķi izslēgt cauruļu galu lokālo sabrukumu, ar epoksīda līmi cauruļu galos tika pielīmēts 6mm biezs saplāksnis. Paraugu slogošana tika veikta ar Zwick Z100 slogošanas iekārtu, izvēloties slogošanas ātrumu 1,2kN/min. Eksperimentu laikā tika saglabāts nemainīgs relatīvais gaisa mitrums visiem paraugiem un tas praktiski sastādīja 32%. Īslaicīgās spiedes slogojumā tika pārbaudīti 9 paraugi – 5 pirmā tipa un 4 otrā tipa.



*Att.2 Cauruļveida paraugi.*

Slogojuma gaitā iegūtās spriegumu – deformāciju līknes parādītas att.3 a, b. Deformāciju mērīšana tika realizēta ar indikatoriem, kuru bāze 50mm, bet iedaļas vērtība 0,002mm.



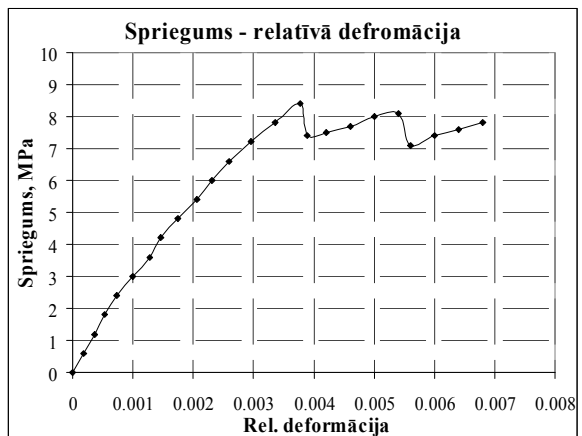
Att. 3. Pirmā (a) un otrā (b) veida spiestu cauruļveida paraugu spriegumu – deformāciju līknes

Eksperimentāli tika konstatēts, ka pirmā veida spiestu paraugu nestspējas zudumam atbilstošajiem spriegumiem (kritiskiem spriegumiem) ir neliela izkliede (tā nepārsniedz 5% no vidējās vērtības) un to vidējā vērtība ir  $R_1 = 8,84$  MPa. Otrā veida paraugu analogo spriegumu maksimālā novirze no vidējās vērtības  $R_2 = 8,02$  MPa nepārsniedza 8%. Paraugu deformēšanās raksturs ļauj secināt, ka pirmā veida paraugi diapozonā līdz  $0,6R_1$  praktiski deformējas lineāri. Šai diapozonā paraugu deformācijas raksturo Junga moduļa vērtība  $E_1 = 2,22$  GPa. Eksperimenta rezultātā tika konstatēts, ka par spiesto paraugu nestspējas zuduma cēloni uzskatāms lokāls noturības zudums (att. 4a) pa vājināto šķērsriezuma daļu – spirālveida šuvi, kas veidojas cauruļu ražošanas procesā. Sabrukuma veidu var uzskatīt par kvaziplastisku, tā kā pēc maksimālās sprieguma vērtības sasniegšanas (kritiskā stadija) paraugs turpina deformēties, uzņemot aptuveni 90% no maksimālās slodzes. Deformāciju līknes zāģveida raksturs liecina par lokālu sabrukumu uzkrāšanos paraugu struktūrā. Paraugu slopojuma dinamika redzama att. 4b

a



b



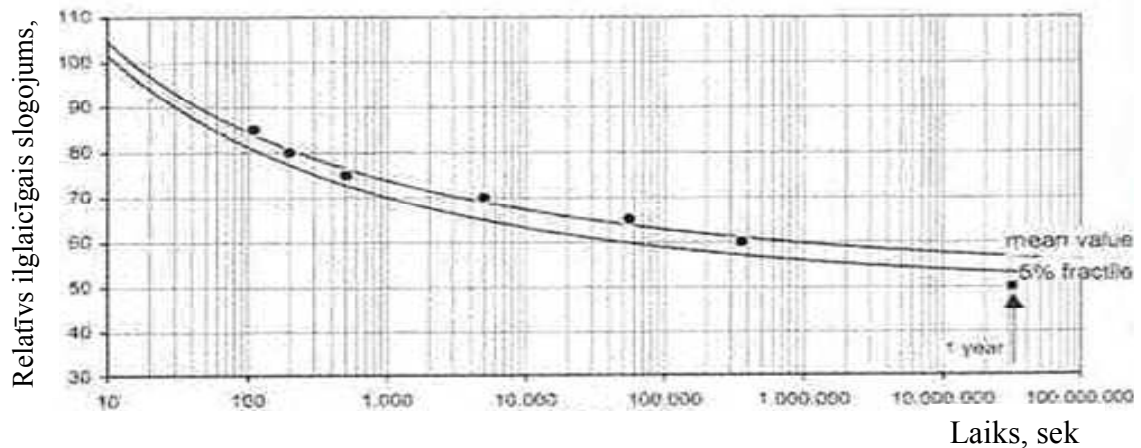
Att.4 Cauruļu sabrukuma raksturs (a) un deformāciju aina pēckritiskajā stadijā (b).

Spiesto cauruļveida paraugu eksperimentālo pārbaužu rezultātu salīdzinājums ar literatūras datiem redzams tab.1

Tab.1 Paraugu eksperimentālo pārbaužu rezultātu salīdzinājums ar literatūras datiem

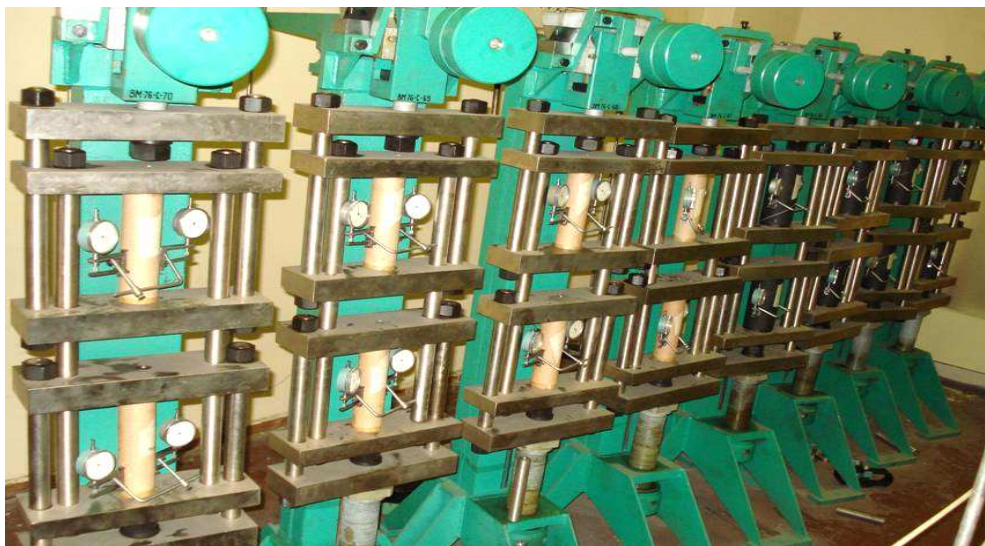
Cauruļu izmēri			Kritiskais spriegums, MPa	Elastības modulis, GPa	Literatūra
ārējais diametrs, cm	sieniņas biezums, cm	garums, cm			
5,5	0,2	20	8,84	2,22	
8,5	0,425	20	8,02	2,05	
10	2,5	40	10,51	1,99	[6]
28	1,5	60	11,61	2,46	[6]
29,1	2,05	60	10,12	2,15	[3]
12	2,2	24	9,53	1,57	[5]

Dortmundes Universitātē [2] tika veiktas preskartona cauruļu ilglaicīgās nestspējas pārbaudes. Caurules, kuru ārējais diametrs 12 cm, sieniņas biezums 2,2 cm, garums 24 cm, tika noslogotas ar daudzpakāpju nemainīgu slodzi. Katras nākamās pakāpes slodze atšķīrās par 5% no īslaicīgās spiedes kritiskā sprieguma. Iegūtie rezultāti (att.5) liecina par to, ka preskartona caurulēm ir izteikti asimptotisks ilglaicīgās nestspējas līknes raksturs un ilglaicīgais kritiskais spriegums pēc viena gada sastāda 50% no attiecīgās īslaicīgās vērtības



Att. 5. Cauruļu spiedes ilglaicīgās stiprības līkne. [2]

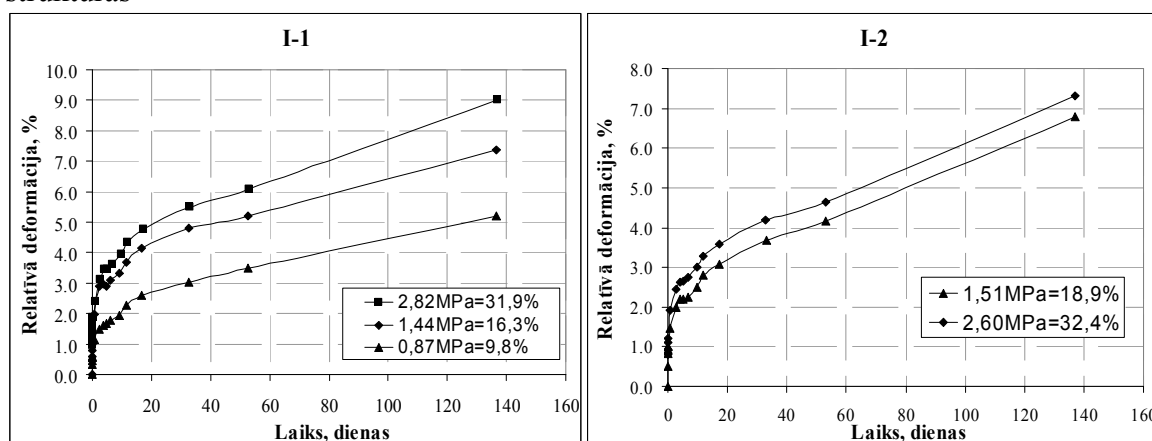
Tā kā konstruktīvie elementi ekspluatācijas gaitā pakļauti ilglaicīgam slogojumam, tad aktuāla ir problēma par šo elementu deformāciju attīstību laikā. Abu veidu cauruļu paraugu šļūdes līknes tika iegūtas slogojot paraugus sviras tipa standos pie konstantas slodzes (att.6).



Att. 6 Cauruļu šļūdes eksperimenta kopskats.

Mērījumi tika veikti ar pulksteņa tipa indikatoriem. Eksperimenta apstākļi atbilda istabas tipa apstākļiem. Eksperimentāli iegūtās šļūdes līknes parādītas att. 7. Līknes iegūtas pie vairākiem spiedes sprieguma līmeņiem, kuri sastāda daļu no atbilstošo cauruļu tipu kritisko spriegumu vērtībām. Iegūtās šļūdes līknes liecina par būtisku deformāciju pieaugumu laikā, kas ir nevēlama parādība ilglaicīgi slogojamās konstrukcijās. Nemot vērā to, ka īslaicīgās deformācijas ir ar kārtu  $10^{-3}$  (sk. att.3), bet deformācijas pēc 130 slogojuma dienām ar kārtu  $10^{-2}$ , konstatējam, ka preskartona cauruļu deformācijas laikā izmainījušās vairāk kā desmitkārtīgi. Tādēļ, izmantojot preskartona caurules kā konstruktīvus elementus, svarīga problēma ir to šļūdes ierobežošana vai pat novēršana. Šādu rezultātu var sasniegt izveidojot kombinētas struktūras cauruļveida elementus, kuros vienu no komponentēm veidotu praktiski

nešļūdējošs vai maz šļūdējošs materiāls. Šai nolūkā ērti izmantojami dažādas struktūras



Att. 7. Pirmā (a) un otrā (b) veida cauruļu šļūdes līknes pie dažādiem spriegumu līmeņiem.

kompozītie materiāli. Par perspektīviem var uzskatīt stikla audumu plastikus, kuru pielietojams kombinētu cauruļveida elementu izveidošanā uzskatāms par racionālu kā no tehnoloģiskā tā arī ekonomiskā viedokļa. Stikla audumu plastu raksturīga īpašība ir tā, ka to īslaicīgo un ilglaicīgo elastības moduļu attiecība atkarībā no stikla auduma tipa un polimērsveķu veida mainās robežās no 2 līdz 2,5. Tātad šos materiālus var uzskatīt par maz šļūdējošiem.

Ar stikla audumplasta kārtu pārklātu plānsienu šķiedrveida cauruļu struktūru var reducēt uz divslāņainu aprēķina modeli, kurš vienmērīgi tiek slogots pa visu šķērsriezuma laukumu ar vienmērīgi izkliedētu slodzi. Šāda kombinēta elementa deformēšanos caurules ass virzienā vienasīga slogojuma gadījumā raksturo vienādojumu sistēma:

$$\begin{cases} E_1 \varepsilon_1(t) = \sigma_1(t) + \int_0^t K_1(t-\theta) \sigma_1(\theta) d\theta \\ E_2 \varepsilon_2(t) = \sigma_2(t) + \int_0^t K_2(t-\theta) \sigma_2(\theta) d\theta \\ \varepsilon_1(t) = \varepsilon_2(t) = \varepsilon_z(t) \\ V_1 \sigma_1(t) + V_2 \sigma_2(t) = \sigma_z \end{cases}, \quad (1)$$

kur  $V_1$  un  $V_2$  relatīvais šķiedrveida materiāla un kompozītmateriāla daudzums kombinētajā cauruļveida elementā.

Parametri ar indeksu 1 attiecas uz šķiedrveida materiālu, bet ar indeksu 2, uz kompozītmateriālu.

Vidējo spriegumu caurules ass virzienā  $\sigma_z = 4N/(d_2^2 - d_1^2)$  nosaka caurulei pieliktā slodze un kombinētās caurules ārējais ( $d_2$ ) un iekšējais ( $d_1$ ) diametrs. Sistēmas (1) atrisināšanai nepieciešams izvēlēties konkrētus materiālu šļūdes kodolus  $K_1(t-\theta)$  un  $K_2(t-\theta)$  formā, kura pietiekami precīzi apraksta to šļūdes līknes konkrētā slogojuma diapazonā. Prakse rāda, ka pietiekami precīzāti pe lielām slogojuma laika vērtībām var iegūt izmantojot kodolus eksponentfunkcijas formā

$$K_i(t-\theta) = \alpha_i \exp[-\beta_i(t-\theta)].$$

Izmantojot eksponentfunkcijas tipa kodolus abu veidu materiāliem un atrisinot sistēmu (1), iegūstam [3] izteiksmi kombinētas struktūras caurules deformāciju izmaiņas laikā noteikšanai sloģojuma virzienā:

$$\varepsilon_z(t) = [1 + A_1 \exp(-\gamma_1 t) + A_2 \exp(-\gamma_2 t)] \frac{4N}{(d_2^2 - d_1^2)H_z} \quad (2)$$

kur

$$A_1 = \frac{a_3 - \gamma_1(a_1 + a_2)}{(\gamma_1 - \gamma_2)(b_3 + a_3)} \gamma_2; \quad A_2 = -\frac{a_3 - \gamma_2(a_1 + a_2)}{(\gamma_1 - \gamma_2)(b_3 + a_3)} \gamma_1$$

$$\gamma_{1,2} = \left( 1 \mp \sqrt{1 - \frac{4b_3}{(b_1 + b_2)^2}} \right) \frac{b_1 + b_2}{2};$$

$$a_1 = \alpha_2(1 - V_2 E_1 / E_z) \quad b_1 = \beta_2 + V_2 \alpha_2 E_1 / E_z$$

$$a_2 = \alpha_1(1 - V_1 E_B / E_z) \quad ; \quad b_2 = \beta_1 + V_1 \alpha_1 E_2 / E_z$$

$$a_3 = \alpha_1 \alpha_2 + \beta_1 a_1 + \beta_2 a_2 \quad b_3 = b_1 \beta_1 + b_2 \beta_2 - \beta_1 \beta_2$$

$$E_z = V_1 E_1 + V_2 E_2; \quad H_z = E_z / (1 + a_3 / b_3)$$

Sakarība (2) dod iespēju novērtēt, kā izmainījies cauruļveida elementa šļūdes diapazons, pievienojot tam stikla auduma slāni. To nosaka sakarība:

$$\frac{\varepsilon_z(\infty)}{\varepsilon_z(0)} = 1 + \frac{a_3}{b_3} = \eta_z \quad (3)$$

Parametrs  $\eta_z$  raksturo kombinētās caurules šļūdamību, t.i., deformāciju iespējamo izmaiņas lielumu laikā pie nemainīgas slodzes. Izmantojot sakarības (2) apzīmējumus, iegūstam izteiksmi

$$\eta_z = c \eta_2, \quad (4)$$

kur

$$c = E_z / (V_1 E_1 \eta_2 / \eta_1 + V_2 E_2)$$

Parametri  $\eta_2$  un  $\eta_1$  raksturo attiecīgi kompozītmateriāla un šķiedrveida materiāla šļūdamību. Analizējot sakarību (4), konstatējam, ka kombinētās caurules šļūdamība ass virzienā ir proporcionāla kompozītmateriāla šļūdamībai, piekam proporcionalitātes koeficients  $c$  ir lielāks par vienu gadījumos, ja  $\eta_2 < \eta_1$ . Koeficienta  $c$  vērtību iespaido cauruli veidojošo slāņu kvantitatīvā attiecība.

Izmantojot sakarību (4), varam konstatēt, ka pirmā veida preskartona caurules pastiprinot ar vienu mm ( $V_2 = 0,33$ ) biezu stikloplasta slāni, kura elastības modulis ir  $E_2 = 36.7$  GPa [4], bet šļūdamības parametrs  $\eta_2 = 2.4$ , koeficienta  $c$  vērtība ir **1,09**. Tas liecina par to, ka kombinētās caurules šļūde vienasīgās spiedes gadījumā tikai par 9% pārsniedz stikloplasta šļūdi. Tātad piedāvātais kombinētu sistēmu princips dod iespēju būtiski samazināt būvelementu šļūdamību. Kombinēto struktūru priekšrocības attiecināmas arī uz cauruļveida būvelementu spiedes stiprību.

### Tītu preskartona cauruļu liece

Tā kā reālās stienveida būvkonstrukcijās jāērēķinās ar to, ka ir iespējama atsevišķu elementu liece un līdz ar to ir svarīgi novērtēt šādu elementu spēju pretoties lieces momentam. Laboratorijas apstākļos tika veikta tītu preskartona cauruļu

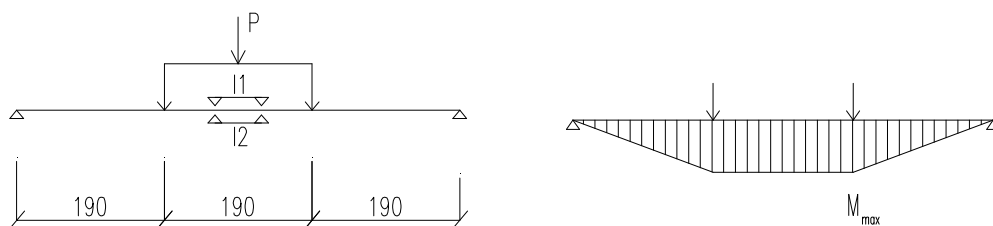


eksperimentāla pārbaude četrpunktu šķērsslieces slogojuma gadījumā. Eksperimenti tika veikti ar pirmā veida caurulēm, kuru garums bija 60 cm.

Slogojuma shēma (att.8) realizē tīrās lieces gadījumu caurules vidusdaļā, kur lieces momenta vērtību atkarībā no pieliktā šķērsspēka P nosaka izteiksme

$$M_{\max} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{3} = 0,95 \cdot P(Nm), \text{ bet maksimālos stiepes un spiedes spriegumus sakarība}$$

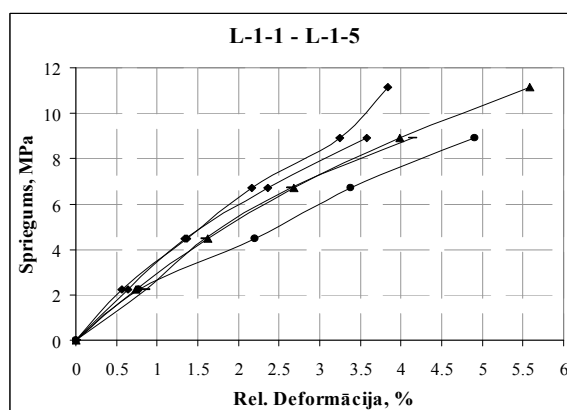
$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{9,5 \cdot P}{4,26 \text{ cm}^3} = 22,3 \cdot P \text{ MPa}$$



Att.8. Slogojuma shēma un lieces momenta epūra



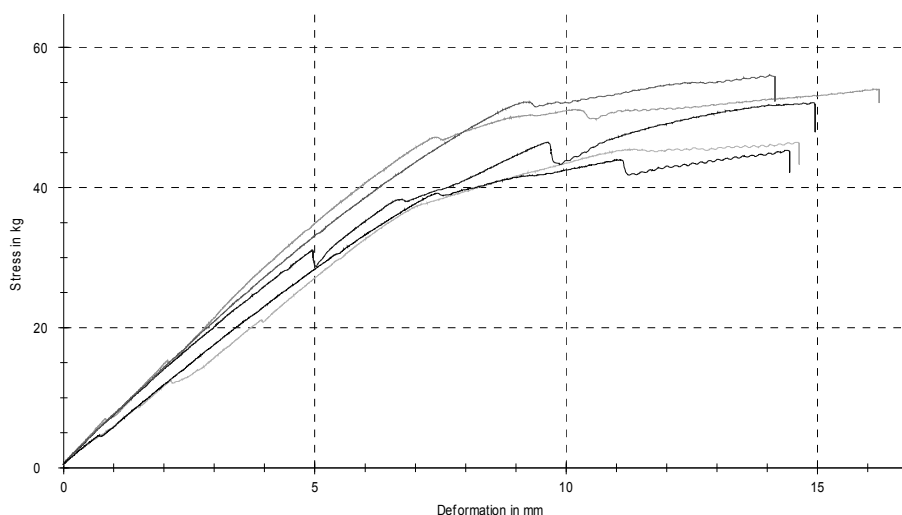
Att. 9 Lieces eksperimenta kopskats



Att. 10. Cauruļu maksimālo stiepes spriegumu – relatīvo deformāciju līknes liecē

Izmantojot slogojuma ierīci ZWICK Z100, tika iegūti eksperimentālie rezultāti. Slogojuma gaitā realizējot nemainīgu slogošanas ātrums - 30 N/sek. Paraugu slogojuma realizācijai tika izmantotas koka konstrukcijas traversa un tērauda skavas ar gumijas starplikām, kuras nodrošināja vienmērīgu slodzes padevi uz caurules virsmu un nepieļāva lokālas deformācijas (att.9). Deformāciju mērījumi tika izdarīti ar

pulksteņtipa indikatoriem ar iedaļas vērtību 0,002 mm. Sakarības starp noteiktajām maksimālā sprieguma vērtībām un izmēritajām relatīvajām deformācijām uz cauruļu virsmas to ass virzienā maksimāli stieptajā zonā parādītas att.10. Vidējā slodzes vērtība, pie kuras tika novērots cauruļu nestspējas zudums, bija 0,508 kN un līdz ar to kritiskā sprieguma vērtība stieptajā un spiestajā caurules zonā - 11.3 MPa. Šī vērtība pārsniedz kritiskā sprieguma vērtību vienasīgās spiedes gadījumā. Paralēli ar indikatoru mērījumiem tika veikta automātiska slodzes – maksimālās izlieces līknes reģistrācija un šie rezultāti parādīti att. 11.



Att. 11. Automātiski reģistrētās liekto cauruļu spēka – izlieču līknes.

## Secinājumi

Veiktās šķiedrveida materiāla cauruļu ilglaicīgās eksperimentālās pārbaudes pierāda, ka šāda veida materiāliem ir izteikta deformāciju atkarība no sloģojuma ilguma. Vairāk kā desmitkārtīgs deformāciju pieaugums 130 dienās liecina par šādu materiālu neracionālumu ilglaicīgi ekspluatējamās konstrukcijās. Situācija mainās gadījumā, ja šķiedrveida materiāla caurules tiek pastiprinātas ar nešļūdējošu vai mazšļūdējošu materiālu slāņiem. Veiktās eksperimentālās tīto preskartona cauruļu pārbaudes četrpunktu lieces gadījumā, parādīja, ka līdzīgi kā materiālu pārbaudēs, arī cauruļu gadījumā to nestspējas zudums liecē iestājas pie slodzēm, kurām atbilstošās normālspriegumu vērtības ir lielākas par šo cauruļu kritiskajiem spriegumiem vienasīgajā spiedē.

## Literatūras saraksts

1. Chiba Polytechnic College, Housing Environment Department, Tokyo, Japan, Assistant Prof. Dr. Minoru Tezuka, Matilda McQuaid „Shigeru Ban”, Phaidon Press Ltd., 2003.g., 240p.
2. University of Dortmund, Faculty of Building, Dortmund, Germany, Dr. Ing. ClausBlock, Matilda McQuaid „Shigeru Ban”, Phaidon Press Ltd., 2003.g., 240p.
3. Skudra, F. Bulavs, K. Rocens. Kriechen und Zeitstandverhalten Verstärkter Plaste. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1975, 215 S.

4. M. Skudra, F. Ya. Bulavs, M. R. Gurvich, A. A.Kruklinsh. Structural Analysis of Composite Beam Systems.- Technomic Publishing Co., USA, 1991. p.296

**Apsītis M., Bulavs F. Plānsienu tītu presēta kartona cauruļu pielietojuma iespējas būvniecībā.** Darba ietvaros attīstīta ideja par netradicionālu materiālu izmantošanu konstruktīvu būvelementu izgatavošanā. Tiek pētītas iespējas izmantot no pārstrādāta papīra loksnēm veidotas caurules atvieglinātās pārseguma tipa konstrukcijās. Tīšanas procesa rezultātā iespējams izgatavot dažāda diametra un biezuma caurules. Tīšanas tehnoloģija pieļauj veidot caurules ar atšķirīgu slāņu orientāciju un struktūru. Atsevišķie ilgekspluatējamie un pagaidu būvju piemēri ir pamats pētījumiem par šķiedrveida materiālu mehāniskām īpašībām konkrētos ekspluatācijas apstākļos. Darbā iegūta virkne eksperimentālu rezultātu par tītu divu tipu preskartona cauruļu deformatīvām īpašībām vienasīgas spiedes un šķērslieces slogojumos un konstatētas to nestspējas attiecīgo slogojumu gadījumos. Iegūtiem rezultātiem raksturīga neliela izkliede (nepārsniedz 10%) un tie principiāli neatšķiras no literatūrā sastopamajiem. Konstatēta izteikta cauruļu šļūde, kas uzskatāms par šāda veida būvelementu būtisku trūkumu. Tiek apspriesta un rekomendēta iespēja izveidot kombinētas struktūras caurules, pievienojot papildus maz šļūdējošu materiālu slāņus. Uz strukturālās teorijas pamata pierādīts, ka izmantojot 30% stikloplasta kombinēto cauruļu šļūda tikai par 9% pārsniedz stikloplasta šļūdi. Konstatēts, ka cauruļu nestspēja ir pietiekama, lai tās pielietotu pārsegumu konstrukcijās.

**Apsītis M., Bulavs F. Possibility of using thin wall winded cardboard tubes in construction.** Idea of using non traditional materials in creation of building constructions is developed. Possibility of using tubes made of recycled paper sheets is investigated for use in lightweight constructions.

As a result of winding process it is possible to create various diameter and thickness tubes. Winding technology allows creating tubes with different orientation and structure layers. Already realized long term and short term buildings built from this material is the base for studying mechanic properties of fibrous materials in determined conditions of exploitation. Multiple experimental results from axial compression and bending tests were obtained as a result of examining tubes of two types. The results obtained show little (not exceeding 10%) dispersion of data and they principally do not differ from results available in literature. Serious creep was found and it can be called a fault for this kind of building elements. A possibility to create combined structure material by adding low creep layers is discussed and proposed. Based on structural theory it is proven that using 30% of glass fiber in the combined structure leads to a result which only by 9% exceeds the creep of glass fiber itself. It is found that the compression resistance of tubes is sufficient to use them in building structures

**Апситис М., Булавс Ф. Возможность использования намотанных тонкостенных труб из прессованного картона в строительстве.**

Разработана идея использовать нетрадиционные материалы в изготовлении конструктивных элементов строительства. Изучаются возможности использования труб, сделанных из переработанных бумажных листов, в конструкциях облегченного типа покрытия. В результате процесса обмотки возможно создать трубы различного диаметра и толщины. Технология обмотки позволяет создавать трубы с различной ориентацией и слоями структуры. Примеры некоторых долгосрочно эксплуатируемых и временных зданий стали основанием исследования об механических свойствах волокнистых материалов в конкретных условиях эксплуатации. В работе получены многократные экспериментальные результаты о деформативных и крепостных свойствах волокнистых материалов труб двух типов в наруженности осевого сжатия и поперечного полого. Результатам характерна небольшая (не превышающая 10 %) дисперсия данных, и они принципиально не отличаются от результатов, доступных в литературе. Констатируется серьезная подзучесть труб, что считается существенным недостатком этого вида строительных элементов. Обсуждается и рекомендуется возможность создать трубы комбинированной структуры, добавляя дополнительные слои малоползучих материалов. На основе структуральной теории доказано, что используя 30 % стеклянного волокна, ползучесть комбинированных труб только на 9 % превышает ползучесть стеклянного волокна. Констатируется, что прочность сжатия труб достаточна, чтобы “использовать их в конструкциях покрытия”.