

ISBN 978-9984-48-406-8

ISSN 2500-9915

**LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
VIDES UN BŪVZINĀTŅU FAKULTĀTE**



**BŪVNICĪBAS STUDIJU PROGRAMMAS
STUDENTU UN MAĢISTRANTU
ZINĀTNISKI PRAKTISKĀ KONFERENCE
BŪVNICĪBA'2022**

2022.gada 20.jūnijā, Jelgavā

KONFERENCES ZIŅOJUMU TĒŽU KRĀJUMS

LLU
Jelgava 2022

Būvniecības studiju programmas studentu un maģistrantu zinātniski praktiskā konference Būvniecība'2022. – Konferences ziņojumu tēžu krājums / atbildīgā par izdevumu Gusta S.– Jelgava, 2022.- 29 lpp.
Sastādīja: Ziemeņiča D., LLU ARBU

Programmas un zinātniskā komiteja

Andersons G., Dr.sc.ing., LLU BUVK

Gusta S., Dr.oec., LLU ARBU

Kreilis J., Dr.sc.ing., LLU BUVK

Šteinerts A., Dr.sc.ing., LLU ARBU

Ozola L., Dr.sc.ing., LLU BUVK

Brencis R., Dr.sc.ing., LLU ARBU

Skadiņš U., Dr.sc.ing., LLU BUVK

Štrausa S., Mg.sc.ing., LLU ARBU

Preikšs I., Mg.sc.ing., LLU ARBU

Pavārs M., Mg.sc.ing., LLU ARBU

Vikse I., Mg.oec., LLU ARBU

ILLU VBF ARHITEKTŪRAS UN BŪVNICĪBAS KATEDRAS
SEKCIJA „BŪVNICĪBA”

Lauris Gailums, Raitis Brencis

STARPSIENU SKAŅAS IZOLĀCIJA PIELIETOJOT SALMUS UN
KAŅEPJU SPAĻUS
SOUND INSULATION OF PARTITIONS USING STRAW AND HEMP
SHIVE 6

Jānis Gargurns, Andris Šteinerts

KOKSNES PELNU IZMANTOŠANAS IESPĒJAS BŪVJAVU
MAISĪJUMU IZGATAVOŠANAI
USAGE OF WOOD ASH IN DRY MIXTURES 8

Kristaps Gargurns, Silvija Štrausa

VENTILĒJAMO FASĀŽU STIPRINĀJUMU TEHNOLOĢISKO
RISINĀJUMU IZPĒTE DAUDZSTĀVU ĒKĀM
RESEARCH OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR
VENTILATED FACADE MOUNTING ON MULTISTOREY
BUILDINGS 10

Paula Grundmane, Preikš Ilmārs

ATTĪRĪTU UN MODIFICĒTU KAŅEPJU SPAĻU PIELIETOŠANAS
IESPĒJAS ALFA ĢIPŠA KOMPOZĪTOS
POSSIBILITIES OF USING PURIFIED AND MODIFIED HEMP
SHIVES IN ALPHA GYPSUM COMPOSITES 13

Nauris Rokjāns, Andris Šteinerts

LĪMĒTO JUMTU SEGUMU KVALITĀTES NODROŠINĀŠANAS
PROBLĒMAS
PROBLEMS OF QUALITY ASSURANCE OF GLUED ROOF
COVERINGS 15

II LLU VBF BŪVKONSTRUKCIJU KATEDRAS
SEKCIJA „BŪVKONSTRUKCIJU RISINĀJUMI”

Buceniece Ilze, Lilita Ozola

RIBOTO KOKA PANEĻU FORMMAIŅAS NESTSPĒJAS ANALĪZE
THE ANALYSIS OF RACKING STRENGTH CAPACITY FOR
TIMBER FRAME PANELS

18

Dzenītis Māris, Guntis Andersons

CEĻA UZBĒRUMU EFEKTIVITĀTE UZ PĀĻIEM KŪDRAINĀS
GRUNTĪS
EFFICIENCY OF ROAD EMBANKMENTS ON PILES IN PEAT
SOILS

21

Krēmers Jānis, Ulvis Skadiņš

TĒRAUDA ĪSŠĶIEDRU BETONA MEHĀNISKO ĪPAŠĪBU
RAKSTURVĒRTĪBAS ATKARĪBĀ NO TESTĒŠANAS METODĒM
MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL FIBRE REINFORCED
CONCRETE DEPENDING ON TEST METHODS

23

Kuļevskis Kristens, Skadiņš Ulvis

ŠĶIEDRU BETONA TRĪSSLĀŅU SIENU PANEĻU NESTSPĒJA
SPIEDĒ UN LIECĒ / BEARING CAPACITY OF STEEL FIBRE
REINFORCED CONCRETE SANDWICH PANELS IN
COMPRESSION AND BENDING

25

Neiburgs Arturs, Bruno Ķirulis

VIENLAIDUMA SIJU RAŽOŠANAS UN MONTĀŽAS RESURSU
OPTIMIZĀCIJA PIELIETOJOT PARAMETRISKOS ALGORITMUS/
SINGLE SPAN BEAM PRODUCTION AND ASSEMBLY RESOURCE
OPTIMIZATION APPLYING PARAMETRIC ALGORITHMS

27

ILLU VBF ARHITEKTŪRAS UN BŪVNICĪBAS KATEDRAS
SEKCIJA „BŪVNICĪBA”

STARPSIENU SKAŅAS IZOLĀCIJA PIELIETOJOT SALMUS UN KAŅEPJU SPAĻUS

SOUND INSULATION OF PARTITIONS USING STRAW AND HEMP HIVE

Lauris Gailums

LLU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības maģistra

studiju programmas “Būvniecība” maģistrants

Raitis Brencis

Dr.sc.ing.

Abstract. The main goal of this project is to determine the feasibility of straw and hemp slabs for sound insulation of gypsum plasterboard partition structures. Tasks - review of regulatory enactments and literature, to prepare 100, 125 and 150 mm thick samples of plasterboard constructions of partitions with 5 different sound insulation materials - Knauf mineral wool, Paroc mineral wool, hemp shive, wheat and oat straw. To determine the sound insulation capacity of partition structures using the full-resistance sound insulation measuring device. To compare the sound insulation properties of alternative materials with the performance of Knauf gypsum board structures and to assess whether they are able to meet the requirements of LBN 016 – 15.

Ievads. Maģistra darba mērķis noteikt salmu un kaņepju spaļu pielietojumu skaņas izolācijai ģipškartona starpsienu konstrukcijām. Izvirzītie uzdevumi – normatīvo aktu un literatūras apskats, sagatavot 100, 125 un 150 mm biezus starpsienu ģipškartona konstrukciju paraugus ar 5 dažādiem skaņas izolācijas materiāliem – Knauf minerālvate, Paroc minerālvate, kaņepju spaļi, kviešu un auzu salmi. Noteikt starpsienu konstrukciju skaņas izolācijas spējas izmantojot pilnās pretestības skaņas izolācijas mērīšanas iekārtu. Salīdzināt alternatīvo materiālu skaņas izolācijas spējas ar Knauf ģipškartona karkasa konstrukciju rādītājiem un novērtēt vai tie spēj izpildīt LBN 016 – 15 noteiktās prasības.

Metodika. Par pamatu maģistra darbam izmantots Latvijas būvnormatīvs LBN 016-15 “Būvakustika”, kurā norādītas normatīvās prasības skaņas gaisā izolācijai $R'w$ (dB) atbilstoši telpas veidam. Būvnormatīvā noteikts, ka skaņas gaisā izolācijas vērtībām jābūt diapazonā no 46 dB līdz 72 dB. Starpsienu konstrukcijas balstītas uz Knauf W112 izstrādātajām starpsienu sistēmām. Pētnieciskajā daļā izmantojot pilnās pretestības skaņas izolācijas cauruli noteikti skaņas pārvades zudumu dati, pēc kuriem iegūtas skaņas gaisā izolācijas vērtības un veikta rezultātu analīze.

Rezultāti. Kopēji materiāli sasniedza skaņas gaisā izolācijas vērtības 22 – 34 dB. Ar izolācijas slāņa biezumu 50 mm tika sasniegtas vērtības 22 – 32 dB, ar 75 mm tika sasniegtas vērtības 30 – 34 dB un ar 100 mm tika sasniegtas vērtības 32 – 34 dB. Knauf sistēmām norādītais skaņas izolācijas indekss ir robežās 51 – 56 dB. Skaņas pretestības caurulē iegūtais ir robežās 30 – 32 dB, kas ir par 19 – 24 dB, jeb 37 – 44% zemākas vērtības. Tas skaidrojams ar

atšķirīgo metožu izmantošanu. Skaņas pretestības caurulē iegūtie rezultāti ir zemāki, taču tie sniedz ieskatu uz skaņas izolācijas spējām un ļauj novērot rezultātu tendenci un izdarīt secinājumus, piemēram, vai ir vērts izbūvēt un pārbaudīt pilnajā laboratoriskajā modelī, kura izbūve salīdzinoši prasa lielākus finansiālos ieguldījumus.

Secinājumi.

1. Pētītajiem materiāliem ir līdzīgi skaņas izolācijas rādītāji. Rezultāti svārstās 12 dB robežās, bet ja neietver vienu izteikti atšķirīgo rezultātu, tad tie svārstās 4 dB robežās.
2. Mērījumos materiāli sasniedza skaņas izolācijas vērtības 22 – 34 dB. Šīs vērtības ir par 19 – 24 dB, jeb 37 – 44% zemākas nekā dotas Knauf sistēmās tādai pat konstrukcijai.
3. Augstāko skaņas gaisā izolācijas vērtību – 34 dB sasniedza 75 mm kviešu salmu un 100 mm kaņepju spaļu skaņas izolācijas;
4. Tradicionālos skaņas izolācijas materiālus ir iespējams aizstāt ar dabiskas izcelsmes augu valsts produktiem. Kaņepju spaļi un salmi spēj nodrošināt līdzvērtīgu skaņas absorbēšanas spēju minerālvatei un to dzīves cikls ir dabai draudzīgāks.

Izmantotā literatūra.

1. Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 016 – 15 "Būvakustika" [Skatīts 10.04.2022] Pieejams:<https://likumi.lv/ta/id/274976-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-016-15-buvakustika>
2. Knauf metāla karkasa starpsienas [Skatīts 08.04.2022] Pieejams:https://mdbapi.knauf.com/v1/pdf_download.php?p=g&action=download&a=820054&c=844ea8d0887ad90655cf58c33c673e71
3. International standart ISO 717 – 1 [Skatīts 28.04.2022] Pieejams:<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/77435/1609f1821aa54f128753faa0423d239a/ISO-717-1-2020.pdf>

Kopā 38 literatūras avoti.

KOKSNES PELNU IZMANTOŠANAS IESPĒJAS BŪVJAVU MAISĪJUMU IZGATAVOŠANAI

USE OF WOOD ASH FOR DRY MIXTURES OF MORTARS

Jānis Gargurns

LLU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības maģistra studiju programmas “Būvniecība” maģistrants

Andris Šteinerts

Dr. sc. ing., LLU Arhitektūras un būvniecības katedras asociētais profesors

Abstract. In the process of burning fuel to produce heat, ash as a waste is generated - which must be disposed after of burning the wood or other combustible material. By focusing more on waste-free technologies and recycling processes, which is very important today, it is possible to use this waste - ash - to develop new technologies or construction products. If ash could be used as a substitute of cement and in the production of some products, the amount of ash to be utilized would be reduced, which is a positive indicator today when we make our land greener and more energy efficient, because cement is used on a large scale around the world in almost all construction works: bridges, roads, buildings, underground structures and much more.

Ievads. Kurināmā sadegšanas procesā siltuma ieguvei veidojas atkritumi - pelni, kas pēc koksnes vai cita degt spējīgā materiāla sadegšanas ir jāutilizē. Pievērsoties vairāk bezatlikumu tehnoloģijām un otrreizējas pārstrādes procesiem, kas mūsdienās ir ļoti aktuāli, ir jāmeklē iespējas šos atkritumus izmantot jaunu tehnoloģiju vai produktu izstrādei. Ja pelnus būtu iespējams izmantot kā cementa aizvietošanu dažādu produktu ražošanā, tad mazinātos utilizējamo pelnu apjoms, kas mūsdienās ir pozitīvs rādītājs, kad visapkārt veidojam mūsu zemi zaļāku un energoefektīvāku, jo cements visā pasaulē tiek pielietots ļoti lielos apmēros un tas ir sastopams gandrīz visās būvēs: tiltos, uz ceļiem, ēkās, pazemes konstrukcijās un daudz kur citur.

Metodika. Izpētīti un analizēti dažādi literatūras avoti. Izveidota eksperimentālo izmēģinājumu receptūra. Eksperimenta praktiskā veikšana un rezultātu apstrāde ar SIA “Gren Latvija” pelniem SIA “SAKRET” laboratorijā.

Rezultāti. Par pamatu ņemot SIA “SAKRET” būvjavu sausā maisījuma formulas tika izveidoti trīs eksperimentāli būvjavu maisījumi ar 7%, 12% un 20% ar SIA “Gren Latvija” un Sakret 1 pelnu piedevu. Noskaidrots, ka Gren pelnu granulometrijā ir ļoti liels izdedžu daudzums, kas rodas krāsnī kā cietie atlikumi pēc atkritumu incinerācijas un kas frakcijā ar 0.125, 0.25 un 0.5 daļiņu izmēriem sasniedz 50.09% cieto izdedžu daudzumu. Sakret 1 pelnos šo cieto daļiņu saturs ir tikai 12.83%. Javas maisījumiem ar 7%, 12% un 20% sijātu Gren 2 pelnu piedevu izplūde uz kratāmā galdiņa bija 155(±10) mm robežās, Maisījumi ar nesijātu Gren 1 pelnu 7% un 12% piedevu un maisījums bez pelniem neiekļāvās iepriekš minētajā amplitūdā. Javas maisījumu blīvums ar 20% Gren 1 sijātu pelnu, kā arī ar 7% nesijātu pelnu piedevu iekļāvās robežās 2,2(±10) kg/dm³. Gaisa poru saturs tika mērīts ar

gaisa iesaistes mērītāju un tika konstatēts, ka minimālai vērtībai jābūt 4% robežās. Javas maisījumi ar Sakret 1 un maisījums bez pelniem iekļāvās šajās robežās, bet javas maisījumi ar SIA "Gren Latvija" pelnu piedevu neiekļāvās šajās robežās, to rezultāti atrodas zem 4%. No javas maisījumu blīvuma un gaisa satura mērījumiem redzams, ka tos var ietekmēt dažādi faktori, piemēram maisījuma sagatavošanas veids - (kā maisa, cik ilgi maisa un ar ko maisa), kā arī pildvielu granulometriskā sastāva attiecības. Javas maisījumam bez pelnu piedevas graujošās slodzes liecē 28 dienā bija 3.08 kN, bet ar 20% pelnu piedevu ir zemāka stiprība nekā ar 7% un 12% pelnu piedevu, taču maisījums ar Gren pelnu 7% piedevu uzrāda vienu no visaugstākajiem stiprības rādītājiem. Maisījumam ar 20% Sakret 1 pelnu piedevu ir mazākas spiedes stiprības izmaiņas 28 dienu vecumā nekā ar Gren pelniem, taču ar 12% Gren pelnu piedevu spiedes stiprība ir augstāka nekā ar 20% piedevu. Neskaitot maisījumus bez pelnu piedevu, kuriem ir visaugstākā tilpummasa, maisījumiem ar nesijātiem Gren 1 7% pelnu un Skaret 1 20% pelnu piedevas ir vislielākā tilpummasa. Paraugiem ar augstāku tilpummasa ir arī lielāka mehāniskā stiprība. Šādu javas receptūru var ieteikt ieviešanai ražošanai.

Secinājumi un priekšlikumi. Koksnes pelni var būt rentabls portlandcements daļējs aizstājējs daudzu cietējoši būvstrādājumu izgatavošanā, jo tiem piemīt hidrauliskas īpašības. SIA "SAKRET" pašreiz nevēlas izmanto SIA "GREN Latvija" pelnus, jo tas palielinātu ražošanas izmaksas un cementa patēriņu. Pelnu piedeva samazina sauso maisījumu mehānisko stiprību. Javas maisījumu mehāniskās īpašības ir līdzīgas javām gan ar SIA „SAKRET” pelniem, gan ar SIA „Gren Latvija” 7% pelniem. Līdz ar to ražošanas procesā ir iespējams izmantot abu veidu pelnus.

Ja SIA "GREN Latvija" vēlas piedāvāt savus pelnus būvniecības produktu ražošanai, tiem jāuzlabo savu pelnu kvalitāte un jāveic pelnu sijāšana.

Izmantotā literatūra:

1. Concrete without cement – A green alternative fly ash [b.g.] [tiešsaiste] [skatīts 2022. gada 21. februārī]. Pieejams: <https://theconstructor.org/concrete/green-concrete-without-cement-flyashalternative/10667/>
2. Coal ash utilisation over the world and in Europe (2005) [tiešsaiste] [skatīts 2022. gada 25. februārī]. Pieejams: http://www.coalash.co.il/sadna/Abstract_Fueborn.pdf

Kopā 47 literatūras avoti

VENTILĒJAMO FASĀŽU STIPRINĀJUMU TEHNOLOĢISKO RISINĀJUMU IZPĒTE DAUDZSTĀVU ĒKĀM RESEARCH OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR VENTILATED FACADE MOUNTING ON MULTISTOREY BUILDINGS

Kristaps Gargurns

LLU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības maģistra studiju programmas “Būvniecība” maģistrants

Silvija Štrausa

Asoc. Prof., (Emeritus) Mg. sc. ing.

Abstract. Ventilated wall system is the most effective outdoor paving technology to solve the problem of protection from moisture and weather at the same time offering heat and sound insulation. The system guarantees excellent performance in terms of temperature and humidity, without the need to interfere with the internal layout of the building or change its interior decoration. The reasons for its growing popularity include the significant energy savings that it offers, as well as the ability to improve the comfort of living. Building renovation and insulation works can improve the energy efficiency of the building. Along with this, the total amount of thermal energy consumed is reduced to provide favourable conditions for persons who are in the building.

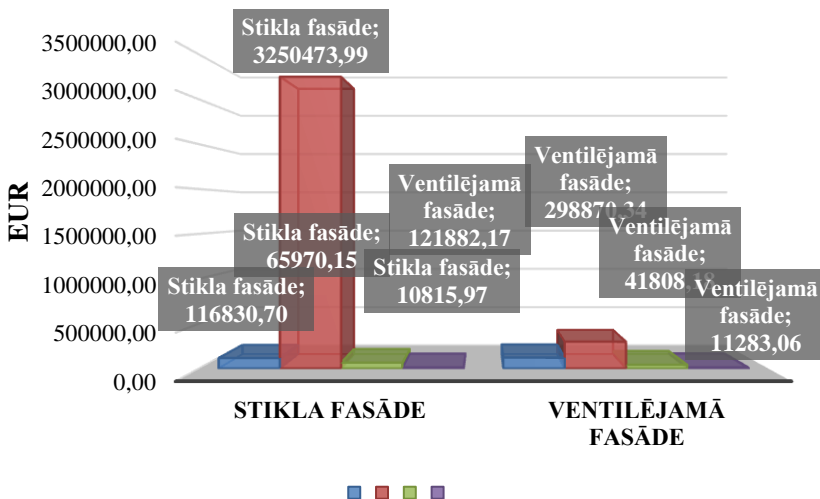
Ievads. Ventilējamā sienu sistēma ir visefektīvākā āra seguma tehnoloģija, lai atrisinātu problēmu, kas saistīta ar aizsardzību pret mitrumu un laika apstākļiem, vienlaikus piedāvājot siltuma un skaņas izolāciju. Sistēma garantē izcilu veiktspēju temperatūras un mitruma ziņā, bez nepieciešamības iejaukties ēkas iekšējā izkārtojumā vai mainīt tās iekšējo apdari. Pieaugošās popularitātes iemesli ietver ievērojamo enerģijas ietaupījumu, ko tas piedāvā, kā arī spēju uzlabot dzīves komfortu. Veicot ēkas renovāciju un siltināšanas darbus iespējams uzlabot ēkas energoefektivitāti. Līdz ar to tiek samazināts kopējais siltumenerģijas apjoms, kas tiek patērēts, lai nodrošinātu labvēlīgus apstākļus personām, kas atrodas ēkā.

Metodika. Literāro materiālu zinātniskā izpēte ventilējamo fasāžu iespējamajiem izolācijas materiāliem un to uzstādīšanas tehnoloģijām LLU Vides un būvzinātņu fakultātes ēkai (VBF). Pārskatot un analizējot literatūru, tika veikts norobežojošo konstrukciju siltumtehnikais aprēķins Vides un būvzinātņu fakultātes ēkai.

Rezultāti. Lai noteiktu VBF ēkas norobežojošo konstrukciju siltināšanas iespējas, tika noskaidrots:

- Ēkas pašreizējais īpatnējais siltuma zudumu koeficients $eg=120,81$ kWh/m² gadā. Ēkas energosertifikāts 2017 gadā;
- Ar atkalšanas metodi noskaidrots sienu paneļu materiāls, paneļu biezums, stiprinājuma veids;
- Veikts norobežojošo konstrukciju siltumtehnikais aprēķins, siltināšanas materiāla biezuma optimizācija 180 mm;
- Ēkas energoefektivitātes rādītājs $eg=37,1$ kWh/m² gadā;

- Ventilējamo fasāžu sistēmu masas aprēķins un izvērtējums;
- Ventilējamo fasāžu sistēmu izmaksas.



1.1. Att. Stikla un ventilējamās fasādes izmaksu salīdzinājums. [Avots: K.Gargurns]

Secinājumi. Aprēķinot norobežojošo konstrukciju siltumtehniku, optimizējot siltuma izolācijas biezumus, veicot optimālu logu un durvju nomaiņu, var iegūt ēkas energoefektivitātes rādītājus apkurei $eg = 37,1$ kWh/m² gadā (īpatnējais siltuma koeficients). 0 enerģijas ēkas normatīvais siltuma zuduma koeficients ir 45 kWh/m² gadā pēc (MK noteikumiem Nr. 222). Patreizējais VBF ēkas rādītājs apkurei ir 120,81 kWh/m² gadā.

1. Paredzot ventilējamo fasāžu sistēmas ierīkošanu ir jāņem vērā papildus svara pieaugums uz ēkas nesošo karkasu, līdz ar to pirms projektēšanas uzsākšanas jāveic ēkas tehniskā apsekošana.
2. Vērtējot darba izmaksas, tika pieņemts, ka divas fasādes veic ar Paroc sistēmām, bet divas fasādes ar stikla konstrukcijām. Veicot stikla fasādes tāmes aprēķinus VBF fakultātes ēkai DR un DA pusei, aptuvenās izmaksas sastāda 4 miljonus eiro, bet veicot ventilējamās fasādes tāmes aprēķinus ZA un ZR pusei, aptuvenās izmaksas sastāda 531 tūkstotis eiro. Stiklotās fasādes izmaksā astoņas reizes dārgāk.

Priekšlikumi. VBF fakultātes ēkai ieteiktu izmantot ISOVER V-6, jo pēc konstrukciju masas aprēķina ir viss vieglākais, jo tajā arī iekļaujas ēkas īpatnējais siltuma zudums kurš līdz ar to izpilda ēku energoefektivitātes prasības. Lai kvalitatīvāk noteiktu faktiskos siltuma zudumus un siltuma caurlaidības koeficientus VBF fakultātes ēkai, mērījumus nepieciešams veikt ar siltuma plūsmas sensoriem.

Izmantotā literatūra.

1. Ventilējamās - piekaramās fasādes [b.g.] [tiešsaiste] [skatīts 2021. gada 18. oktobrī]. Pieejams: https://bkfasades.lv/lv/ventilejamas-piekaramasfasades?gclid=CjwKCAjwn8SLBhAyEiwAHNTJbZTpRdxVCfxB2hpfWdvUIqinvhLaHI0CaLm8MqSAOiqrNEZPD1WHxoCuUoQA vD_BwE
2. Ventilētās fasādes (2014) [tiešsaiste] [skatīts 2021. gada 18. oktobrī]. Pieejams:file:///C:/Users/krist/Downloads/Ventilated_Facades_LV_20141 2.pdf
3. Ventilējamā fasāde fasādes [b.g.] [tiešsaiste] [skatīts 2021. gada 18. oktobrī]. Pieejams: <https://www.isover.lv/pielietojums/ventilejama-fasade>

Kopā 101 literatūras avots.

ATTĪRĪTU UN MODIFICĒTU KAŅEPJU SPAĻU PIELIETOŠANAS IESPĒJAS ALFA ĢĪPŠA KOMPOZĪTOS POSSIBILITIES OF USING PURIFIED AND MODIFIED HEMP SHIVES IN ALPHA GYPSUM COMPOSITES

Grundmane Paula

LLU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības maģistra studiju programmas “Būvniecība” maģistrante

Preikšs Ilmārs

Mg.sc.ing.,Lektors

Abstract. Energy and material costs, increasing environmental pollution, global warming and other factors are stimulating research and opportunities to use natural and renewable resources. Expanding the use of hemp products is a promising development in the world, providing a basis for sustainable economic growth based on naturally renewable resources. Due to the low density and high porosity of hemp shives, the combination of hemp and binder can produce high-quality products such as hemp concrete, fiberboard and lightweight composites. The preparation of hemp shives before incorporation into the composite material is of great importance, so various processing technologies for hemp shives are being studied to increase their adhesion to the matrix, thus improving the mechanical properties of the composite material.

Ievads. Enerģijas un izejvielu izmaksas, vides piesārņojuma palielināšanās, globālā sasilšana un vēl citi faktori stimulē pēfīt un meklēt iespējas dabisko un atjaunojamo resursu izmantošanai. No kaņepēm iegūstamo produktu pielietojuma paplašināšana ir uzskatāms par perspektīvu attīstības virzienu pasaulē, kas veido pamatu ilgtspējīgai ekonomiskai izaugsmei uz dabiski atjaunojamo resursu bāzes. Kaņepju spaļu zemā blīvuma un augstās porainības dēļ kaņepju un saistvielas kombinācijā iespējams radīt augstas kvalitātes produktus, piemēram, kaņepju betonu, šķiedru plātnes un vieglus kompozītmateriālus. Liela nozīme ir kaņepju spaļu sagatavošanai pirms iestrādes kompozītmateriālā, tādēļ tiek pētītas dažādas kaņepju spaļu apstrādes tehnoloģijas, lai palielinātu to adhēziju ar matricu, tādējādi uzlabojot kompozītmateriāla mehāniskās īpašības.

Metodika. Atlasīti un izpētīti literatūras avoti, veikts praktisks eksperiments, kura laikā tika veikta ķīmiska un hidrotermiska kaņepju spaļu apstrāde un komozītmateriālu izgatavošana. Apstrādāti un analizēti iegūtie eksperimentālie dati.

Rezultāti. Alfa ģipša references paraugi uzrāda spiedes stiprību no 43.7 – 64.4 MPa, un lieces stiprību 10.0 – 12.3 MPa. Paraugiem, kuriem pievienoti kaņepju spaļi spiedes stiprība ir no 0.2 – 17.2 MPa, bet lieces stiprība 0.1 – 7.6 MPa Tas norāda uz to, ka kaņepju spaļu pievienošana alfa ģipša kompozītos samazina kompozītmateriāla mehāniskās īpašības. Ģipša paraugu sasaistīšanās laiks bija 30 min., bet pievienojot kaņepju spaļus, to sasaistīšanās laiks daudzkārtīgi palielinājās, un bija 24-48 h. Izveidoto kompozītmateriālu tilpummasa variē no 863 kg/m³ līdz 963 kg/m³.

Secinājumi. Kompozītmateriāla mehāniskās un fizikāli mehāniskās īpašības ir atkarīgas no izmantoto kaņepju spaļu modifikācijas metodes, kā arī PVA izmantošanas. Uz to norāda paraugu spiedes un lieces rezultātu lielā amplitūda, kā arī to tilpummasas lielā amplitūda.

Ilgais kompozītmateriālu saistīšanās laiks norāda, ka organisko pildvielu izmantošana kompozītmateriālos palielina materiāla saistīšanās laiku.

Lai arī jaunizveidoto kompozītmateriālu stiprības rezultāti ir zemāki par alfa ģipsi, kopumā labākos stiprības rezultātus uzrādīja paraugi, kuros ir izmantoti hidrotermiski modificēti kaņepju spaļi (ar un bez PVA), un tiem ir potenciāls nākotnē tikt izmantotiem gan nenesošu konstrukciju būvniecībā, gan kā apdares materiālu iekštelpās.

Izmantotā literatūra.

1. An Overview of Alkali Treatments of Hemp Fibres and Their Effects on the Performance of Polymer Matrix Composites. Pieejams: <https://www.intechopen.com/chapters/78892>
2. Lightweight gypsum composites: Design strategies for multi-functionality. Pieejams: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946510001411?casa_token=KDtJPvzW0U8AAAAA:qNEtHvjHDEwWAbkBFkaGg3h5kfvWsRjT-wNBTtDJ4ZZmQm6HcTmq6qztsS2gV3GMIEf9P0QI_dY
3. Properties Characterization of Chemically Modified Hemp Hurds. Pieejams: <https://www.mdpi.com/1996-1944/7/12/8131>
4. Sustainable biobased composites for advanced applications: recent trends and future opportunities – A critical review. Pieejams: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666682021001122>
5. Water-resistant hemp fiber-reinforced composites: In-situ surface protection by polyethylene film. Pieejams: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669017308294>

Kopā 32 literatūras avoti.

LĪMĒTO JUMTU SEGUMU KVALITĀTES NODROŠINĀŠANAS PROBLĒMAS

PROBLEMS OF QUALITY ASSURANCE OF GLUED ROOF COVERINGS

Nauris Rokjāns

LLU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības
maģistra studiju programmas “Būvniecība” maģistrants

Andris Šteinerts

Dr. sc. ing.

Abstract. Glued roofs are technically and economically advantageous and popular. Consequently, this type of roof is widespread not only in Europe but worldwide. Despite the relative popularity of this type of roofs, quality control options are limited and often not used at all. It is widely believed that new roofs are watertight because there was no time to break down, but practice often demonstrates that even new roofs can have defects.

Ievads. Līmētie jumti no tehniski ekonomiskā viedokļa ir izdevīgi un populāri. Līdz ar to, šo konkrēto jumtu tips ir plaši sastopams ne tikai Eiropā, bet visā pasaulē. Neskatoties uz samērā lielo jumtu popularitāti kvalitātes kontroles opcijas ir limitētas un nereti vispār netiek lietotas. Plašs uzskats ir, ka jauni jumti ir ūdens necaurlaidīgi, jo tiem nav bijis laiks sabojāties, taču prakse bieži rāda, ka pat jauniem jumtiem var būt defekti.

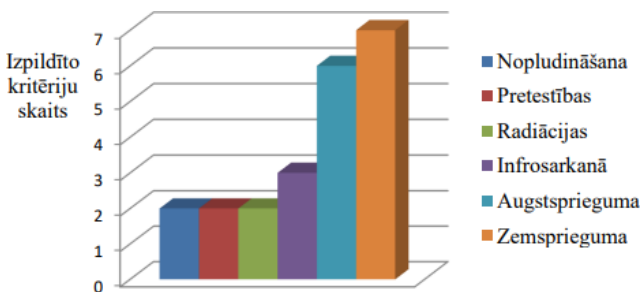
Metodika. Literatūras avotu analīze par pētāmo problēmu. Tehniski ekonomiskā analīze līmētojumtu kvalitātes kontroles nodrošināšanai.

Rezultāti. Darba ietvaros tika sastādītas septiņas lokālās tāmes paraugēkai (Daudzdzīvokļu ēka Liepājā). Tāmju rezultatīvās summas tiek atspoguļotas 1. tabulā.

Lokālo tāmju kopsavilkums (Autora sastādīts)

Tāmes	EURO	Cena salīdzinot ar jumta seguma maiņu, %
Paraugēkas jumta siltināšana un jumta segas iekļāšana	50748.70	100%
Controlit GS iestrāde un divreizēja augstsprieguma pārbaude	4183.40	8.24%
Augstsprieguma pārbaude	361.80	0.71%
Controlit GS iestrāde un divreizēja zemsprieguma pārbaude	4247.00	8.37%
Zemsprieguma pārbaude	393.60	0.77%
Jumta nopludināšanas pārbaude	2964.28	5.84%
Infrasarkanā termogrāfijas pārbaude	380.80	0.75%
Elektriskās pretestības pārbaude	624.00	1.23%
Radioaktīvā jumta mitruma mērīšana	700.80	1.38%

Katrai no iepriekš minētajām kvalitātes kontroles metodēm ir savas priekšrocības un trūkumi. Pēc literatūras avotos atrodamās informācijas tika sastādīti kritēriji, kuros var uzskatāmi redzēt priekšrocības pārbaudes metodēm no tehnoloģijas viedokļa. Lai varētu veikt uzskatāmu salīdzinājumu, tika izveidota diagramma, kurā attēlots cik no noteiktajiem kritērijiem var tikt izmantotas katra no atbilstošajām metodēm (1. attēls).



1. attēls. Kvalitātes kontroles metožu salīdzinājums pēc noteiktajiem kritērijiem

(Autora sastādīts)

Secinājumi un priekšlikums. Bezkontakta augstsprieguma pārbaude ir tehniski ekonomiski izdevīgākā metode līmēto jumtu defektu konstatēšanā un kvalitātes kontroles nodrošināšanā (ilgtermiņā), ja tiek projektēta jumta seguma maiņa vai jauna seguma ieklāšana.

Reizēm ekonomiski izdevīgāk ir esošā defektētā jumta mūža garuma pagarināšana, veicot lokalizētus remontdarbus, nosakot bojātās zonas ar infrasarkanā termogrāfijas pārbaudi vai elektriskās pretestības pārbaudi.

Līmētā jumta kvalitātes kontrole veicot jumta nopludināšanu vēl joprojām tiek izmantota, taču balstoties uz pētījumā iegūto informāciju tā ir salīdzinoši neefektīva metode, kas nespēj uzrādīt niecīgus hidroizolācijas slāņa defektus, turklāt šī metode ir ekonomiski neizdevīga un patērē lielu daudzumu ūdens.

Eiropas Savienībai, tās standartizācijas organizācijai CEN vajadzētu centralizēti izstrādāt līmēto jumtu kvalitātes kontroles standartus, tas popularizētu kvalitātes kontroles lietojumu, tādejādi ceļot kopējo jumtu kvalitātes līmeni. Veicot līdzīgu specifiski mērķētu anketēšanu, vajadzētu ievērtēt lielu laika rezervi respondentu meklēšanai.

Izmantotā literatūra.

Kopā darbā izmantoti 67 avoti.

II LLU VBF BŪVKONSTRUKCIJU KATEDRAS
SEKCIJA „BŪVKONSTRUKCIJU RISINĀJUMI”

RIBOTO KOKA PANEĻU FORMMAIŅAS NESTSPĒJAS ANALĪZE THE ANALYSIS OF RACKING STRENGTH CAPACITY FOR TIMBER FRAME PANELS

Ilze Buceniece

LLU, Vides un būvzinātņu fakultāte (VBF), Profesionālās augstākās izglītības maģistra studiju programmas “Būvniecība” maģistrante

Lilita Ozola

Prof., Dr.sc.ing., LLU VBF Būvkonstrukciju katedra

Abstract. The racking strength capacity problem of timber frame panels has been studied by experimental tests using mini-size models. Design racking strength of the models was found according to methods A and B suggested by LVS EN 995-1-1.

For the experimental tests three series of different types of panel models were made and tested under static load. The displacements between the sheathing and timber frame elements were measured. For the detail investigation of behaviour of mechanical fasteners the timber frame panel model was created in Dlubal RFEM software defining wood frame elements as orthotropic surfaces and simulating embedment action of screws by fictive members of isotropic steel material. Non-uniform distribution of reactive shear forces from screw-to-screw along fasteners row was detected similar to the results obtained treating Dlubal RFEM model.

Ievads. Šajā darbā, balstoties uz speciālās literatūras pētījumiem, apkopota un analizēta informācija par riboto koka paneļu formmaiņas nestspējas aprēķina metodoloģiju, paneļu konstruēšanas nosacījumiem un daudzu autoru iegūtajiem eksperimentālo pētījumu rezultātiem. Darbā ir aprobēta riboto koka paneļu diafragmu teorētiskās formmaiņas nestspējas noteikšana saskaņā ar LVS EN 995-1-1 piedāvātajām metodēm A un B. Bet viens no galvenajiem eksperimentālā un skaitliskā modeļa (Dlubal RFEM) izmēģinājumu mērķiem bija savienotājlīdzekļu reaktīvo spēku sadalījuma raksturojums starp rindā izvietotām skrūvēm (pa paneļa perimetru).

Metodes. Eksperimentālajā pētījumā tika izgatavoti trīs sērijas (3x5 gab.) ar atšķirīga veida koka karkasa paneļu modeļiem (skrūvēti ar iekšējo ribu, skrūvēti bez iekšējās ribas, skrūvēti+līmēti ar iekšējo ribu) ar orientēto šķiedru plātnes (OSB) apšuvumu, kuri slogoti paneļa diagonāles virzienā simulējot horizontālā spēka iedarbes efektu uz reālu sienas paneli. Pētījumā tiek noteikts savstarpējais pārvietojums starp plātni un koka karkasu, kā arī analizēti iegūtie paneļa eksperimentālās nestspējas un pārvietojumu rezultāti salīdzinājumā ar 5.Eiropkodeksa metodēm A un B. Paneļa darbības modelēšanai izmantota datorprogramma Dlubal RFEM. Programmas modeļi koka ribas definētas kā virsmas, kas izgatavotas no ortotropa elastīga materiāla (koksnes), bet savienotājlīdzekļa iespiešanas efekts simulēts ar fiktīvu elementu palīdzību.

Eksperimentu rezultāti. Samērā laba atbilstība iegūta, salīdzinot koka karkasa un plātnes savstarpējo pārvietojumu lielumus statiskajā testā un Dlubal RFEM modeļi simulētos. Eksperimenta laikā paneļu sabrukuma slodze netika sasniegta. Paneļa eksperimentālā nestspēja tika definēta pirms

paneļa izkļaušanās no darba plaknes – savērpšanās. Testu rezultāti apkopoti tabulās un grafikos.

Secinājumi.

1. Koka karkasa ēku stinguma diafragmu (paneļu) formmaiņas nestspēja tiek plaši pētīta visā pasaulē gan analītiski, gan eksperimentāli, bet joprojām nav viennozīmīga pieņēmuma par metodoloģiju, kas dotu iespēju adekvāti ievērtēt visus ietekmējošos faktorus.
2. 5.Eirokodeksā dotās diafragmas formmaiņas nestspējas aprēķinu metodes A un B nesniedz pilnvērtīgu aprēķina analīzi. Metodes A un B neievērtē reaktīvo spēku nevienmērīgā sadalījuma ietekmi uz formmaiņas nestspēju.
3. Eksperimentu rezultāti liecina, ka, papildus izmantojot poliuretāna līmi plātnes stiprināšanai, iespējams paaugstināt formmaiņas nestspēju aptuveni 2.3 reizes.
4. Koka karkasa un plātnes savstarpējie pārvietojumi skrūvēto paneļu modeļu testos un Dlubal RFEM modelī apstiprina izvirzīto hipotēzi, ka bīdes spēku sadalījums starp rindā izvietotajiem savienotājlīdzekļiem ir nevienmērīgs.
5. Skrūvētajiem paneļiem ar iekšējo ribu nestspēja ir aptuveni 1,2 reizes lielāka nekā paneļiem bez iekšējās ribas, kas norāda, ka vidējās rindas savienotājlīdzekļiem arī ir zināma loma bīdes spēku pārnesšanā.

Literatūra.

1. LVS EN 1995-1-1:2014. 5.Eirokodekss - Koka konstrukciju projektēšana. 1-1.daļa: Vispārīgi. Vispārīgie noteikumi un noteikumi būvēm.
2. L.Ozola. Koka būvkonstrukciju aplēse un konstruēšana. Jelgava: LLU, 2011. 208.lpp.
3. Källsner, B., Girhammar, U.A. Analysis of fully anchored light-frame timber shear walls - elastic model, *Materials and Structures*, Volume 42, 2009., p. 301–320.
4. Gattesco, N., Boem, I. Stress distribution among sheathing-to-frame nails of timber shear walls related to different base connections: Experimental tests and numerical modelling. *Construction and Building Materials*, Volume 122, September 2016, Pages 149-162.
5. Vessby, J., Olsson, A. Stabilizing strategies for multi-storey timber frame structures. *Proceedings of World Conference on Timber Engineering WCTE 2006*, 2006.
6. Vessby, J., Enquist, B., Petersson, H., Alsmarker T. Experimental study of cross-laminated timber wall panels. *European Journal of Wood Products*. Vol.67, 2009, p.211–218.
7. Vessby, J. Analysis of shear walls for multi-storey timber buildings, - Linnaeus University Dissertations, 2008. - 111 p.

CEĻA UZBĒRUMU EFEKTIVITĀTE UZ PĀĻIEM KŪDRAINĀS GRUNTĪS

EFFICIENCY OF ROAD EMBANKMENTS ON PILES IN PEAT SOILS

Māris Dzenītis

LLU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības maģistra studiju programmas “Būvniecība” maģistrants

Guntis Andersons

Dr.sc.ing., asoc.prof. (Emeritus)

Abstract. One of the main components of road construction is the base, because the structural layers of the road surface are based on it. That is why it is very important to carry out correct and high-quality work on the weak base so that the road surface does not deform and increase the service life of the road. In order to reduce the cost of road construction, it is necessary to choose which weak foundation reinforcement methods will be the most suitable and advantageous, but there are factors that limit the choice. One of the main factors influencing the choice of the subsoil reinforcement method is the geotechnical composition of the soil and the thickness of the weak subsoil. It is necessary to carry out geotechnical research of the base in order to know above which soils the road will be designed.

Ievads. Viena no ceļu konstrukcijas galvenajām sastāvdaļām ir pamatne, jo uz tās balstās konstruktīvās ceļa seguma kārtas. Tieši tādēļ ļoti svarīgi pareizi un kvalitatīvi veikt vājas pamatnes pastiprināšanas darbus, lai ceļa segā nerastos papildus deformācijas un palielinātos ceļa kalpošanas laiks. Lai samazinātu ceļu izbūves izmaksas nepieciešams izvēlēties piemērotāko un izdevīgāko vājas pamatnes pastiprināšanas metodi. Galvenie faktori, kas ietekmē pamatnes pastiprināšanas metodes izvēli ir grunts ģeotehniskās īpašības un vājas pamatnes slāņa biezums. Tādēļ jāveic pamatnes ģeotehnisko izpēti, lai zinātu, uz kādām gruntīm tiks projektēts ceļš.

Metodika. Darbā apskatīta literatūra, par ceļu uzbērumu ierīkošanas metodēm uz vājas nestspējas pamatnēm. Analizētas pielietotās ceļu būvniecības metodes. Maģistra darbā plašāk apskatītas divas vājas pamatnes uzlabošanas metodes - vājas nestspējas pamatnes grunts apmaiņas un pēdējos gados pielietotā grunts-betona pāļu metode. Veikti darba apjomu, materiālu un izmaksas aprēķini katrai metodei. Noteikts kādu metodi ir izdevīgāk pielietot pie kāda vājas grunts slāņa biezuma.

Rezultāti. Apskatītajā ceļa posmā teorētiski prognozētais uzbēruma sēšanās lielums neuzlabotai pamatnei būtiski pārsniedz projektētajai ceļa kategorijai pieļaujamo lielumu – ceļa sēšanās kritērijs neizpildās. Tādēļ nepieciešams veikt pasākumu kopumu ceļa sēšanās samazināšanai. Pielietojot vājas grunts apmaiņas metodi, ceļa pamatnes sēšanās kritērijs izpildās - aprēķinātā sēšanās iekļaujas attiecīgās ceļa kategorijas pieļaujamajās sēšanās robežās ($1 \text{ kop} < 1 \text{ piel}$, kur: 1 kop – kopējā sēšanās; 1 piel - pieļaujamā sēšanās). Darbā noskaidrots, ka pieaugot apmaināmā grunts slāņa biezumam, palielinās arī pamatnes sēšanās lielums. Vājo grunts slāni nostiprinot ar grunts-betona

pāļiem samazinās grunts pamatnes sēšanās lielums, salīdzinot ar vājās grunts nomaiņu.

Pielietojot vājās grunts apmaiņas metodi viena metra biežam vājam grunts slānim aptuvenās kopējās izmaksas ir 15200 euro (10 m garam ceļa posmam), bet pielietojot vājās grunts nostiprināšanu ar grunts-betona pāļiem izmaksas sasniedz - 26878 euro (Iekārta pāļu ierīkošanai piegādāta no Polijas). Pie vājās nestspējas grunts slāņa biezuma 3,3 m izmaksas abām metodēm ir aptuveni vienādas. Palielinoties grunts vājā slāņa biezumam, strauji pieaug vājās grunts apmaiņas izmaksas. Ja iekārtas nebūtu jātransportē no Polijas, tad jau 1,8 metra bieža vājās nestspējas grunts slāņa gadījumā vājās grunts nomaiņas un vājās grunts pastiprināšanas ar grunts-betona pāļiem izmaksas būtu aptuveni vienādas.

Secinājumi.

1. Ceļa uzbēruma vājās nestspējas pamatnes grunts pastiprināšanai līdz 3,3 m biezu vājās nestspējas grunts slāni ekonomiski izdevīgāk ir nomainīt - pielietot grunts apmaiņu, bet vājo grunts slāni biežāku par 3,3 m ir izdevīgāk vājo grunts slāni pastiprināt ar grunts-betona pāļiem (Iekārta pāļu ierīkošanai piegādāta no Polijas).
2. Ja Latvijas ceļu būves organizācijām būtu atbilstoši mehānismi, tad jau 1,8 m biezu vājās nestspējas grunts slāni būtu ekonomiski izdevīgāk pastiprināt ar grunts-betona pāļiem.
3. Vājās nestspējas grunts pamatnes pastiprināšanai, pielietojot grunts-betona pāļus, samazinās kopējā pamatnes sēšanās, salīdzinot ar vājās grunts apmaiņu.

Izmantotā literatūra.

1. VAS Latvijas Valsts ceļi, Ceļu specifikācijas 2019 [skatīts 2021.gada 12. decembrī]. Pieejams: https://lvceļi.lv/wpcontent/uploads/2020/09/CS2019_ar_Grozījumiem_Nr1un2-1-1.pdf
2. Ravindra K. Dhir, Gurmel S. Ghataora, Ciarán J. Lynn (2017). 8 - Road Pavements, Sustainable Construction Materials, Woodhead Publishing, p. 209- 223. [skatīts 2021. gada 12. decembrī] Pieejams: <https://www.sciencedirectcom.ezproxy.llu.lv/topics/engineering/subbase-layer>
3. Virsis E.; Paeglītis A.; Zarins A Road design on low bearing capacity soils (2020) [tiešsaiste] [skatīts 2022. gada 23. maijā]. Pieejams: <https://bjrbejournals.rtu.lv/article/view/bjrbe.2020-15.481/2321>

Kopā 26 literatūras avots.

TĒRAUDA ĪSŠĶIEDRU BETONA MEHĀNISKO ĪPAŠĪBU RAKSTURVĒRTĪBAS ATKARĪBĀ NO TESTĒŠANAS METODĒM MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL FIBRE REINFORCED CONCRETE DEPENDING ON TEST METHODS

Jānis Krēmers

LLU, Vides un būvzinātņu fakultāte, Profesionālās augstākās izglītības maģistra studiju programmas „Būvniecība” maģistrants

Skadiņš Ulvis

Dr.sc.ing., Asociētais profesors

Abstract. In the Master's thesis standard test methods for steel fiber reinforced concrete (SFRC) are evaluated. Material properties like tensile and residual strength obtained by loading specimens in direct tension, three-point bending with notch (according to standard EN 14651), and large round slabs (diameter of 1650 mm) in bending are compared. Inter laboratory tests for the notched prisms was conducted as well. The obtained tensile properties are evaluated by non-linear FEM software ATENA Science. The results show that the chosen test method strongly influences scatter of the measured properties. Coefficient of variation for residual strength was around 12% for specimens with larger fracture surface, e.g. round slabs, 23% for prisms in bending and 40% for prisms in direct tension, which had the smallest cross-section area. Inverse analysis performed with large round slab numerical simulation revealed that residual tensile behaviour should be taken smaller than the one derived from prism tests.

Ievads. Standartizētās un biežāk lietotās tērauda īsšķiedru betona testa metodes raksturojas ar salīdzinoši lielu rezultātu izkliedi, kas noved pie biežākām šķiedrbetona konstrukcijām. Maģistra darbā tika veikts pētījums par tērauda īsšķiedru betona mehānisko īpašību raksturvērtību noteikšanas metodēm un to salīdzinājums. Pielietojot inverso analīzi, tika noteiktas un salīdzinātas šķiedrbetona stiepes funkcijas, kas iegūtas no siju paraugu un lielizmēra plātņu paraugu testu rezultātiem.

Metodika. Darbā apskatītas biežāk lietotās tērauda īsšķiedru betona standartizētās testa metodes. Veikta ar vienādu materiālu sagatavotu paraugu testēšana ar dažādām metodēm, salīdzinot iegūtos rezultātus savstarpēji. Atbilstoši pirmajai metodei paraugi tika testēti trīspunktu liecē saskaņā ar LVS EN 14651 standartu. Ar otro, nestandardizēto aksiālās stiepes metodi, tika testēti pirmajā metodē sagrautie paraugi. Kā trešā metode tika apaļu lielizmēra (1.65 m diametrā) plātņu testēšana. Apraksfīta īsšķiedru betona materiāla modeļu siju un plātņu paraugu definēšana, veiktas testu simulācijas, stiepes funkcijas noteikšanai lietota inversā analīze.

Rezultāti. Trīspunktu lieces testos tika iegūti rezultāti ar variācijas koeficientu virs 23%, stiepes testos variācijas koeficients pārsniedza 40%. Lielizmēra plātņu testos iegūto rezultātu variācija bija vismazākā, koeficients zem 12%.

Secinājumi. Lielizmēra plātņu testiem novērota būtiski mazāka rezultātu izkliede salīdzinājumā ar mazāka izmēra paraugiem.

Lielizmēra plātņu simulācija, kas balstās uz siju trīs punktu lieces testa, salīdzinoši precīzi prognozē lielizmēra plātņu rezultātus līdz 5 mm izliecei. Samazinot no sijām iegūtās stiepes funkcijas sākuma un beigu daļas, tika iegūta stiepes funkcija, kas raksturo plātņu testu vidējo vērtību līdz 25 mm izliecei.

Izmantotā literatūra.

1. LVS EN 14651+A1:2007 Ar metāla šķiedrām pildīta betona testēšanas metodes. Stiepes stiprības mērīšana liecot (proporcionalitātes robeža (LOP), paliekošā stiprība), 2007.
2. Suta, Martins; Lukasenoks, Arturs; Cepuritis, Rolands;, «Determination of material design values for steel fibre reinforced self-stressing concrete (SFRSSC) structures,» %1 “20th International Scientific Conference: Engineering for Rural Development” conference paper., Jelgava, 2020.
3. X. Destrée, SP-268: Fiber Reinforced Concrete in Practice. Special Publication 268-12, ACI, 2010.
4. Tereza Sajdlová. ATENA Program Documentation. Part 4-7. ATENA Science-GiD FRC Tutorial. Step by step guide for nonlinear analysis of fiber reinforced concrete structures with ATENA and GiD. Prague. 2016.
5. LVS EN 1992-1-1+AC:2014 L : 2. Eurokodekss. Betona konstrukciju projektēšana. 1-1. daļa: Vispārīgie noteikumi un noteikumi ēkām., 2014.

ŠĶIEDRU BETONA TRĪSSLĀŅU SIENU PANEĻU NESTSPĒJA SPIEDĒ UN LIECĒ

BEARING CAPACITY OF STEEL FIBRE REINFORCED CONCRETE SANDWICH PANELS IN COMPRESSION AND BENDING

Kuļevskis Kristens

LLU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības maģistra studiju programmas “Būvniecība” maģistrants

Skadiņš Ulvis

Dr.sc.ing., Asociētais profesors

Abstract. Due to ever increasing construction costs and environmental threats the demand for both financially advantageous and sustainable low-rise buildings is on the rise. Recent studies suggest the use of pre-cast sandwich wall panels consisting of two thin steel fiber reinforced concrete (SFRC) layers and lightweight thermal insulation core. In the Master’s thesis a study on such wall panels is carried out. Load bearing capacity in compression and bending of the panels is evaluated both experimentally and numerically. The panels were tested in eccentric compression and four-point bending in laboratory. Non-linear FEM analysis was performed using ATENA Science software. The results have shown that the tested almost full-scale panels were able to resist loads of 93-120 kN in bending and more than 1300 kN in eccentric loading. The FEM analysis provided similar results – with bending capacity close to 100 kN and near-identical relative deformations in eccentric compression. It can be said that aforementioned wall panels perform as a partially composite structural system, and the walls with relatively thin SFRC bearing layers have sufficient load bearing capacity necessary for low rise buildings.

Ievads. Vispārējām būvniecības izmaksām kļūstot arvien dārgākām, un, pieaugot pieprasījumam pēc energoefektīvām ēkām, tiek pētīta trīssslāņu paneļu izmantošana arī privātajā ēku sektorā. Portugāļu zinātnieki J.Barros un R. Lameiras piedāvā inovatīvu risinājumu šai problēmai, izmantojot šķiedru betona trīssslāņu sienu paneļus. Šie paneļi sastāv no diviem 30-60 mm bieziem šķiedru betona slāņiem. Elementa nestspēju nodrošina sienas kompozītā darbība, un šķiedru betons nodrošina sienām nosacītu plastiskumu, tādējādi novēršot trausla sabrukuma iespējamību. Šādi sienu paneļi varētu būt energoefektīvs un ekonomisks risinājums privātajā sektorā. Minēto zinātnieku piedāvātie trīssslāņu paneļu ir apskatīti Portugāles klimatiskajiem apstākļiem, ar 60 mm biezu paredzēto siltumizolācijas slāni. Vēsākās klimatiskajās zonās, piemēram, Latvijā, ir nepieciešams izmantot biezāku siltumizolācijas slāni, tādējādi sarežģījot kompozītās darbības sasniegšanu. Maģistra darbā apskatīti analogi trīssslāņu paneļi, bet ar Latvijas klimatiskajiem apstākļiem piemērotu siltumizolācijas slāņa biezumu.

Metodika. Atlasīti un izpētīti literatūras avoti, eksperimentāli pārbaudīti trīssslāņu sienu paneļi liecē un ekscentriskā spiedē, kā arī noskaidrotas šķiedru betona materiāla īpašības kontroles prizmu un kubu pārbaudēs. Veiktas

teorētiskās pārbaudes izmantojot nelineārās galīgo elementu metodes programmatūru.

Rezultāti. Noskaidrots, ka lieces paraugiem nestspēja ir robežās no 92.8-119.5 kN. Pirmās plaisas tika novērotas pie slodzes, kas ir mazāka par 50% no maksimālās nestspējas. Pēc plaisu veidošanās lieces stingums būtiski nemainās, slodzei turpinot pieaugt. Maksimālā slodze tiek sasniegta pie izlieces 7 līdz 12 mm. Sasniedzot maksimālo slodzi, nestspēja samazinās ļoti pakāpeniski. Pirmās plaisas tika novērotas pie slodzes, kas ir mazāka par 50% no maksimālās nestspējas. Pēc relatīvo deformāciju grafikiem var secināt, ka paneļi liecē nestrādā kā pilnīgi kompozīts elements, bet kā daļējs kompozīts. Gan augšējam, gan apakšējam slānim veidojas spiestā un stieptā puse.

Teorētiski noteiktā maksimālā slodze ir tuvu 100 kN. Līdz 40...50 kN tiek prognozēta lineāri elastīga darbība, pēc kuras sākās nesošo slāņu plaisāšana. Tās rezultātā samazinās lieces stingums. Slogošanas plastiskās stadijas sākums tiek paredzēts pie 95 kN.

Secinājumi. Pēc spiedes un lieces eksperimentiem noskaidrots, ka trīs slāņu sienas šķērsgriezums, kas sastāv no šķiedru betona ārējiem slāņiem un savienots ar kopņu veida savienotājdetaļām, strādā kā daļēji kompozīts elements. Vienā gadījumā elastīgajā stadijā netika novērota praktiski nekāda ārējo slāņu kopdarbība.

Šķiedru daudzums neietekmē sienas paneļu nestspēju liecē un spēka-pārvietojuma līknes raksturu. Vienīgā atšķirība, kas pamanāma slogošanas līknēs, ir izteiktāks spēka kritums jaunu plaisu veidošanās brīdī.

Ar nelineāro galīgo elementu metodes programmu noteikta darbība ekscentriskā spiedē precīzi atspoguļo eksperimentālās slogošanas rezultātus. Paraugu slogošana liecē samērā precīzi tiek prognozēta paraugam ar izteiktāku šķērsgriezuma kopdarbību.

Izmantotā literatūra.

6. fib Model Code for Concrete Structures 2010. Berlin: Ernst & Sohn; 2013.
7. Kristijan Kolozvari, Lauren Biscombe, et.al. "State-of-the-art in nonlinear finite element modeling of isolated planar reinforced concrete walls". 2019.
8. Losch, E.D., Hynes, P.W., Andrews J.R. et.al. "State of the art of precast/prestressed concrete sandwich wall panels". PCI journal. 2011.
9. Rodrigo Lameiras, Joaquim A.O. Barros, et.al., "Seismic behaviour of precast sandwich wall panels of steel fibre reinforced concrete layers and fibre reinforced polymer connectors". 2021.
10. Tomlinson, D. G., Teixeira, N. "Behaviour of partially composite precast concrete sandwich panels under flexural and axial loads". Kingston, Ontario, Canada: Queen's University, PhD Thesis. 2015.

Kopā 29 literatūras avoti.

VIENLAIDUMA SIJU RAŽOŠANAS UN MONTĀŽAS RESURSU OPTIMIZĀCIJA PIELIETOJOT PARAMETRISKOS ALGORITMUS. SINGLE SPAN BEAM PRODUCTION AND ASSEMBLY RESOURCE OPTIMIZATION APPLYING PARAMETRIC ALGORITHMS.

Arturs Neiburgs

LLU, Vides un būvzinātņu fakultāte, profesionālās maģistra studiju programmas “Būvniecība” maģistrants.

Bruno Ķirulis

Dr.sc.ing., LLU, Vides un būvzinātņu fakultāte, Būvkonstrukciju katedra – viesdocents

Abstract. The optimization of simply supported single span beam resources is studied in the master's thesis. Beams made of steel, solid wood, glue-laminated timber and reinforced concrete were compared. The fitness function of the optimization is to find the beam with the lowest resource consumption (expressed in terms of costs) at a given span and load. Within the framework of the model, a parametric algorithm for dimensioning the respective beams has been developed in accordance with the Eurocode and there have been developed resource calculation algorithm. Serviceability limit state and Ultimate limit state were the main restrictions to the optimization problem.

Ievads. Maģistra darbā pētīta brīvi balstītas vienlaiduma sijas resursu optimizācija. Tika salīdzinātas sijas, kas izgatavotas no tērauda, masīvkoka, līmētas koksnes un dzelzsbetona. Optimizācijas mērķa funkcija ir atrast siju ar mazāko resursu patēriņu (izteikts kā izmaksas) pie dotā laiduma un sloģojuma. Darba ietvaros izveidots parametrisks, attiecīgo siju dimensionēšanas algoritms, saskaņā ar Eirokodeksu un izveidoti resursu aprēķini. Visi apskatītie resursi tika sadalīti blokos, no ražošanas posma līdz uzmontētai konstrukcijai objektā. Kā ierobežojumi pamatā tika definēti nestspējas un lietojamības robežstāvokļa nosacījumi.

Metodika. Siju dimensionēšanai izveidoti 3 parametriski aprēķinu algoritmi – tērauda, koka un dzelzsbetona sijām. Attiecīgie algoritmi ļauj veikt dimensionēšanu arī līmētās koksnes sijām, saliekamā un monolītā dzelzsbetona sijām. Sijām izmantotie resursi tika apvienoti grupās, un katrai no tām tika noteikta vērtība. Resursu aprēķinā iekļautas, pēc autora domām, tās, kas var būtiski ietekmēt siju kopējās izmaksas. Darba ietvaros netiek detalizētāk pētīti atsevišķu resursu aprēķini. Transporta izmaksu analīzei izstrādāts parametrisks algoritms izmaksu aprēķinam. Tika apskatīts viens laiduma un sloģojuma gadījums, visu materiālu sijām un noteikta transporta izmaksu ietekme. Optimizācijas veikšanai tika pielietots Ģenētiskais algoritms un Atkvēlināšanas metode. Optimizācijai tika pieņemti siju laidumi no 3 līdz 8 m ar soli 0.5 m (11 varianti), attālumi starp siju centriem attiecīgi 0.8 m, 3 m, 6 m. Katram laiduma un siju soļa gadījumam tika piemēroti 2 veida sloģojumi: $G1=1.5 \text{ kN/m}^2$ $Q1=2.0 \text{ kN/m}^2$ un $G2=1.5 \text{ kN/m}^2$ $Q2=4.0 \text{ kN/m}^2$. Dotie parametri ļauj kopumā iegūt 264 optimizāciju rezultātus attēlotus telpiskās izmaksu virsmās, kur x ass norāda laidumu, y ass

sloojumu un siju soli, bet z ass parāda kopējās resursu izmaksas. Tiek noteiktas visu plakņu krustošanās vietas. Līknes ar zemākām izmaksu vērtībām projicētas uz grafiku veidojot optimālo risinājumu zonas katram materiāla veidam.

Rezultāti. Katram optimizācijas gadījumam tika noteikta resursu bloku vērtību un kopējās sijas izmaksas. Darba ietvaros apskatīti vairāki gadījumi mainot izejmateriālu cenas atbilstoši 2022. gada Aprīļa un Maija tirgus situācijai. Tērauda siju optimālo rezultātu gadījumā pamatā ir šauru plauktu dubult-T sijas (UPE un IPE), ar tērauda klasi no S235, S275 vai S355. Iegūtās izmaksu līknes ir nevienmērīgas, kas izskaidrojams ar pielietoto profilu sortimentu. Masīvkoka sijām optimālā risinājuma materiāla klases ir C24, C27, C30, , C40 un C45. Lielāka laiduma un sloojuma sijām, kā optimālais risinājums tiek atrasts līmētās koksnes sijas ar klasēm GL32h un GL36c. Dzelzsbetona gadījumā apskatīta rūpnieciski ražota un monolīta sija. Optimālo risinājumu gadījumā sijām tika pielietota betona klase no C20/25 līdz C90/105 un vidējais stiegrojuma daudzums ap 60 kg/m³. Dzelzsbetona siju optimizācija ir izteikti datorresursu ietilpīgs process, bet biežāk nonāk pie modeļa lokālā optimuma. Optimizācijas procesā novērots, ka algoritms meklē labāko risinājumu starp lielāka šķērsriezuma siju ar mazāku stiegrojumu daudzumu un mazāka šķērsriezuma siju, bet lielāku stiegrojuma daudzumu. Transporta izmaksu analizē novērots, ka vienas sijas transporta izmaksas nostabilizējas, pārvadājot 30 sijas un vairāk. Pie šāda apjoma sāk izzust nepilno kravu efektus.

Secinājumi. Parametriskais optimizācijas modelis ir praktiski pielietojams kompleksu būvkonstrukciju optimizācijas problēmu atrisināšanai. Tas ļauj zināmās robežās pielāgot modeli konkrētām situācijām, piemēram, citām materiālu un darbaspēku izmaksām vai atšķirīgām ražošanas tehnoloģijām. Šādā veidā iespējams atrast optimālo risinājumu atbilstoši situācijai. Pastāv ciwšā sakarība starp modeļa sarežģītību un optimizācijas rezultāta atrašanu. Jo sarežģītāka problēma, jo lielāks datora skaitļošanas resurss ir nepieciešams risinājuma atrašanai. Ir jāanalizē, cik detalizētu un precīzu modeli vēlamies veidot, un kādus rezultātus iegūst. Atkarībā no optimizācijas uzdevuma sarežģītības, mainās metodes risinājuma atrašanai. Līdzīgi, kā novērots literatūras aprakstā, komplicētāku problēmu gadījumā tiek pielietotas hibrīda metodes. Piemēram, tērauda un koka siju gadījumā pilnībā pietika ar ģenētiskā algoritma pielietošanu, tad dzelzsbetona siju gadījumā rezultāti ātrāk tika iegūti kombinējot ģenētisko algoritmu ar atkvēlināšanas metodi.

Priekšlikumi. Darbā izstrādātā modeļa dzelzsbetona sijas sadaļu iespējams pārskatīt un izanalizēt, ar mērķi to vienkāršot. Tas ļautu iegūt optimizācijas rezultātus īsākā laikā, līdz ar to arī sniedzot plašākas iespējas dažādu problēmu analīzei. Papildus dotā modeļa attīstīšanai, perspektīvā iespējams izstrādāt jaunus parametriskus modeļus citu konstrukciju optimizācijas problēmu risināšanai. Atbilstoši darbā iekļautajiem principiem varētu izstrādāt un salīdzināt kopņu resursu optimizāciju apskatot šo pašu trīs materiālu variantus. Vēl interesants un perspektīvs virziens būtu

daudzlaiduma konstrukciju resursu optimizācija. Šāda veida sijām samērā bieži atrisinājums nav acīmredzams, tādēļ parametriska optimizācijas pieeja var sniegt ievērojamu pienesumu efektīvāku projektu realizācijai.

Izmantotā literatūra.

1. Slawomir Koziel, Xin-She Yang .Computational Optimizations, Methods and Algorithms. Springer, 2011
2. Osman Özkaraca. A review on usage of optimization methods in geothermal power generation. Article in Mugla Journal of Science and Technology · June 2018
3. M. Iqbal, M. Azam, M. Naeem, A.S.Khwaja, A.Anpalagan. Optimization classification, algorithms and tools for renewable energy: A review. RenewableandSustainableEnergyReviews39(2014)640–654
4. Stojan Kravanja, Goran Turkalj, Simon Šilih, Tomaž Žula. Optimal design of single-story steel building structures based on parametric MINLP optimization. Journal of Constructional Steel Research 81 (2013) 86–103

Kopā 55 literatūras avoti.