

## MODIFIED SAWDUST CONCRETE

A. Kantautas & G. Vaickelionis

To cite this article: A. Kantautas & G. Vaickelionis (2000) MODIFIED SAWDUST CONCRETE, Statyba, 6:2, 113-119, DOI: [10.1080/13921525.2000.10531574](https://doi.org/10.1080/13921525.2000.10531574)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2000.10531574>



Published online: 26 Jul 2012.



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



Article views: 412

---

## MODIFIKUOTAS PJUVENŲ BETONAS

**A. Kantautas, G. Vaickelionis**  
Kauno technologijos universitetas

### 1. Įvadas

Pigios vietinės augalinės atliekos nuo seno buvo naudojamos Lietuvos kaimo statybose. Pjuvenų ir kitų organinių atliekų betonas bei medbetonis ir dabar naudojamas namų sienų statybai, o pjuvenų ir kalkių mišinys – sienų ir lubų šilumos izoliacijai. Statybiniai gaminiai iš medienos dalelių su mineralinėmis rišamosiomis medžiagomis sėkmingai naudojami daugelyje išsivysčiusių pasaulio šalių. Tačiau dažniausiai gaminamas specialiai paruoštas medienos užpildas, tuo tarpu pjuvenos praktiškai lieka nepanaudotos.

Šarminė cemento tešlos terpė skatina ekstraktų išsiskyrimą iš medienos užpildo [1].

Medbetonio mišinius užmaišius vandeniu išsiskiria medienoje esantys sacharidai, kurie dėl adsorbcijos ir molekulių sankabos jėgų poveikio cemento grūdelių paviršiuje sudaro ploną adsorbcinį sluoksnį. Cemento dalelės, padengtos tokia plėvele, negali agreguotis. Plėvelė trukdo vandeniui patekti prie cemento grūdelių, kartu ir hidratacijos produktų migracijai nuo jų. Tai lėtina cemento hidrolizę ir hidrataciją [2].

Betono su organiniais užpildais kokybę galima pagerinti pridėjus į mišinį mineralinių priedų. Šių priedų įtaka nepakankamai ištirta ir jie mažai naudojami.

Darbe nagrinėjama mineralinių priedų panaudojimo galimybė pjuvenų betono gamybai.

### 2. Tyrimų metodika ir naudotos medžiagos

Tyrimams naudota: portlandcementis CEM I 42,5R ir CEM I 32,5, trepelis, opoka, 950 °C temperatūroje iš-

kaitintas molis, dolomitas, klintis, skalūno pelenai, smėlis, kalkės ir įvairių medienos atmainų šviežios pjuvenos (1 lentelė).

Visi priedai, išskyrus smėlį, sumalti rutuliniame malūne ir pridėti užmaišant pjuvenų betono mišinį.

Priedų aktyvumas, t. y. savybė aplinkos temperatūroje sujungti kalcio hidroksidą, pateiktas 2 lentelėje. Tai rodo, kiek miligramų CaO iš sočiojo kalkių tirpalo per 30 parų adsorbuoja 1 g priedo [3].

Tyrimams daugiausia imti 150×150×150 mm ir 40×40×160 mm matmenų bandiniai.

Gaminių fizikinės ir mechaninės savybės nustatytos standartiniais metodais.

Stiprumas lenkiant nustatytas naudojant bandymų mašiną МИИ-100, o stipris gniuždant – hidraulinius presus П-10 ir П-50.

Susitraukimo ir brinkimo deformacijos buvo nustatytos naudojant 40×40×160 mm prizmes ir laikrodinio tipo indikatorius (tikslumas 0,01 mm).

Kadangi pjuvenų betonas pirmosiomis kietėjimo paramis yra nestiprus, todėl bandiniai buvo specialiai paruošti, kad neišmigtų indikatorius atramos. Ant viršutinės prizmės plokštumos vandeniui atspariais kljais buvo priklijuota metalinė plokštelė, į kurią rėmėsi indikatorius atrama.

Nustačius susitraukimo ir brinkimo deformacijas, tie patys bandiniai buvo panaudoti dinaminio tamprumo moduliui nustatyti. Darbe naudotas mechaninių virpesių dažnio ir slopinimo matuoklis ІČЗ-9.

1 lentelė. Pjuvenų charakteristikos

Table 1. Characteristics of sawdust

Pjuvenos ir jų sudėtis, %	Dalinis likutis (%) ant sietų, kurių akelės mm					Piltinis tankis, kg/m <sup>3</sup>
	2,5	1,6	1,0	0,63	0,4 ir likutis	
23,0% lapuočių ir 77,0% spygliuočių	3,32	17,69	26,98	31,18	20,83	89,5

**2 lentelė.** Mineralinių priedų hidraulinis aktyvumas

**Table 2.** Hydraulic activity of mineral additives

Mineralinis priedas	Hidraulinis aktyvumas, mg CaO/g
Trepelis	360
Opoka	310
Iškaitintas molis	125
Dolomitas	110
Klintis	100
Smėlis	-
Kalkės	-
Skalūno pelenai	-

Šilumos laidumo koeficientas nustatytas „Dr. Bock Bauart Weiss“ sistemos šilumos laidumo matavimo prietaisu (GOST 7076-78), naudojant 250x250x50 mm matmenų bandinius.

**3. Rezultatai ir jų aptarimas**

Mineralinių priedų efektyvumo tyrimų rezultatai pateikti 3 lentelėje. Iš jų matyti, kad kuo didesnis priedo aktyvumas, tuo šis priedas efektyvesnis. Geriausiai tai patvirtina šutintų bandinių tyrimo rezultatai. Apie priedo efektyvumą galima spręsti iš šutintų ir natūraliomis sąlygomis kietėjusių bandinių stiprių gniuždant santykio, išreikšto %. Kuo šis santykis artimesnis 100%, tuo priedas efektyvesnis. Gautieji rezultatai patvirtina, kad priedo efek-

tyvumas proporcingas hidrauliniam jo aktyvumui. Plačiai naudojamas priedas – smėlis nėra efektyvus, bet jis mažina pjuvenų betono deformacines savybes, todėl yra pageidautinas. Bandiniai su kalkių ir skalūno pelenų priedu po šutintimo buvo išsipūtę ir suiro, imant juos iš formų.

Iš rezultatų (3 lentelė) matyti ir tai, kad kalkių ir skalūno pelenų priedas turi teigiamos įtakos pjuvenų betonui, kietėjančiam natūraliomis sąlygomis. Kalkės ir skalūno pelenai yra ne tik mineralizatoriai, bet ir savarankiškos rišamosios medžiagos. Bandymų rezultatai patvirtina, kad pjuvenų betono gamybai neracionalu naudoti daug aukštos markės portlandcemenčio, kadangi naudojant tokį patį mažiau aktyvios mineralinės rišamosios medžiagos (kalkės ir kuro pelenai) arba pucolaninės medžiagos priedą gaunami tokie pat ar net geresni rezultatai.

Nustatyta, kad naudojant tokį patį portlandcemenčio ir opokos rišamosios medžiagos priedo kiekį į tirpalą išsiskiria mažiau tirpių medžiagų, nei naudojant portlandcemenčio priedą, be to, mažesnis gauto tirpalo pH (4 lentelė). Šį ekstrakto koncentracijos sumažėjimą galima paaiškinti dvejopai: pirma, hidrauliniai mineraliniai priedai (opoka) savo paviršiumi absorbuoja tirpias medienos medžiagas ir sumažina jų koncentraciją tirpale, antra, į cementinį mišinį pridėtas hidraulinis priedas sumažina tešlos pH ir medienos užpilde esanti hemiceliuliozė mažiau skyla į monosacharidus.

**3 lentelė.** Mineralinių priedų įtaka pjuvenų betono (cementas – 1 masės dalių, pjuvenos – 0,45 masės dalių, priedas – 0,3 masės dalių, vanduo – 0,83–0,92 masės dalių) stipriui

**Table 3.** Influence of mineral additives on sawdust concrete (cement – 1 mass part, sawdust – 0,45 mass part, additives – 0,3 mass part, water — 0,83–0,92 mass part) strength

Priedas	Bandinių stipris gniuždant, MPa						$(R_{gn.šut.}/R_{gn.n.k.}) \times 100\%$		
	Natūraliai kietėjusių			Šutintų ir natūraliai kietėjusių			3 paras	7 paras	56 paras
	3 paras	7 paras	56 paras	1 parą	7 paras	56 paras			
Be priedo	2,73	3,39	4,36	1,61	1,80	1,99	59,19	53,10	45,64
Cementas*	4,12	5,19	7,09	2,39	3,23	4,98	58,01	62,24	70,27
Trepelis	3,79	5,14	7,52	3,71	4,72	7,35	98,00	91,82	97,74
Opoka	3,51	4,91	8,25	3,41	4,46	7,76	97,10	90,92	94,06
Iškaitintas molis	3,40	4,83	7,01	2,59	3,38	5,12	76,15	69,97	73,03
Dolomitas	3,11	4,33	5,87	1,86	2,37	4,24	59,94	54,76	72,18
Klintis	3,09	4,26	5,61	1,92	2,39	3,99	62,28	56,10	71,12
Smėlis	2,73	3,40	4,57	1,74	1,91	2,40	63,74	56,18	52,51
Kalkės	4,15	5,22	7,14	-	-	-	-	-	-
Malti skalūno pelenai	3,43	5,41	7,43	-	-	-	-	-	-
Nemalti skalūno pelenai	3,08	5,15	7,05	-	-	-	-	-	-

\* Cemento kiekis yra 1,0 + 0,3 = 1,3 masės dalys

Kai rišamosios medžiagos panaudota daugiau kaip 10 g, ekstrakto koncentracijos mažėjimą abiem atvejais galima sieti su tuo, kad medienos dalelės padengiamos vis storesniu rišamosios medžiagos sluoksneliu ir ekstraktvai jau nebegali pereiti į tirpalą. Panaudojus 30 g cemento ir opokos mišinio, visas vanduo buvo sujungtas ir ekstrakto nepavyko išskirti.

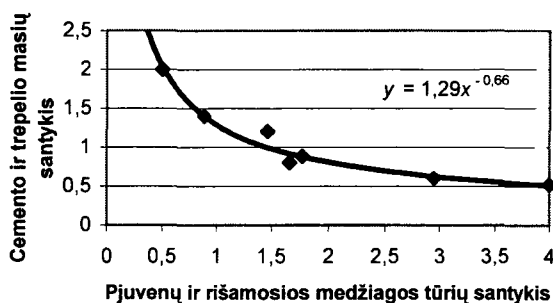
**4 lentelė.** Portlandcemenčio CEM I 32,5 (savitasis paviršius 300 m<sup>2</sup>/kg) ir portlandcemenčio bei opokos rišamosios medžiagos (50%+50% savitasis paviršius 750 m<sup>2</sup>/kg) priedų įtaka drebulės ekstrakto (10 g pjuvenų užpilta 100 ml vandens) rodikliams, kai ekstrakcija vyko 80 °C temperatūroje 24 valandas

**Table 4.** Influence of cement and cement-gaize binding material additives on asp extract data

Priedo kiekis, g	Portlandcementis		Portlandcementis + opoka	
	Ektrakto pH	Ektrakto koncentracija, %	Ektrakto pH	Ektrakto koncentracija, %
-	7,55	0,149	7,40	0,153
2,5	10,35	0,728	9,50	0,604
5,0	10,50	0,878	10,12	0,743
7,5	11,60	0,923	11,32	0,749
10	11,85	0,902	10,92	0,702
20	12,08	0,552	11,32	0,460
30	12,15	0,449	-	-

Ištirtos betonų mišinių sudėtys plačiu portlandcemenčio ir trepelio kompozicinės rišamosios medžiagos ir pjuvenų santykių intervalu.

1 paveiksle parodyta cemento ir trepelio masių santykio bei pjuvenų ir rišamosios medžiagos tūrio santykio priklausomybė betonui kietėjant hidroterminėmis sąlygomis.



**1 pav.** Cemento ir trepelio masių santykio bei pjuvenų ir rišamosios medžiagos tūrių santykio priklausomybė

**Fig 1.** Dependency of cement and rottenstone mass upon sawdust and binding material volume

Nustatyta, kad optimaliai ši sąryšį aprašo lygtis:

$$y = 1,29 \cdot x^{-0,66}, \quad (1)$$

čia  $y$  – cemento ir trepelio masių santykis,  $x$  – pjuvenų ir rišamosios medžiagos tūrių santykis.

Pagal šią lygtį galima nustatyti optimalų cemento ir trepelio santykį, kai betono mišinyje keičiamas pjuvenų kiekis.

Formavimo mišinyje didinant pjuvenų kiekį rišamojoje medžiagoje reikia didinti ir hidrauliškai aktyvios medžiagos kiekį.

Pjuvenų betonui kietėjant žemesnėse temperatūrose tirpių ekstraktyvių medžiagų iš medienos užpildo išsiskiria mažiau ir todėl reikia mažiau trepelio.

Ištirta pjuvenų betono bandinių išlaikymo prieš šutinimą trukmės įtaka betono stiprumui. Prieš šutinimą bandinius su portlandcemenčio-trepelio rišamąja medžiaga reikia išlaikyti 4–6 valandas. Tuo tarpu bandinių be trepelio priedo negalima šutinti, nes jie išsipučia ir praranda stiprumą.

Trepelį pakeitus opoka, esminių pokyčių nepastebėta. Pirmosiomis kietėjimo paromis geresni stiprumo rodikliai gauti naudojant trepelio priedą, bet po 28 parų, 3 ir 6 mėnesių kietėjimo šis skirtumas išnyksta. Tikriausiai tai susiję su didesniu trepelio, palyginti su opoka, hidrauliniu aktyvumu.

Remiantis literatūros analize ir ilgalaikiais pjuvenų ir pjuvenų betonų tyrimais, nustatyta, kad optimalus kalcio chlorido kiekis, naudojamas ruošiant betono mišinius su įvairiomis rišamosiomis medžiagomis, yra 12–15% panaudotų pjuvenų masės. Kalcio chloridas veikia kaip kompleksinis priedas, greitinantis rišamosios medžiagos kietėjimą, ir kaip pjuvenų mineralizatorius. Tikslus kalcio chlorido kiekis priklauso nuo daugelio veiksnių: nuo pjuvenų smulkumo, dalelių formos, medienos rūšies, nuo rišamosios medžiagos. Imant smulkesnes ir su didesniu lapuočių medienos kiekiu pjuvenas, kalcio chlorido reikia daugiau. Naudojant cemento ir opokos (trepelio) rišamąją medžiagą, galima ir visai apsieiti be kalcio chlorido priedo.

Nustatyta sukietėjusių bandinių drėgnio įtaka pjuvenų betono stipriui. Yra žinoma, kad kietėjant arbolitui, jo stipris didėja neproporcingai sumažėjusio drėgnio kiekiui. Didžiausias arbolito stipris yra, kai jo drėgnis 15–17%. Toliau mažėjant drėgniui, destruktinių procesų, atsirandančių dėl padidėjusio bandinių susitraukimo, stipris taip pat mažėja [4].

Kreivė neturi ekstremumo (2 pav.), kaip ir arbolito atveju [5]. Iš 2 pav. matyti, kad pjuvenų betono stiprumas, mažėjant gaminio drėgmeniui, didėja. Nustatyta, kad optimaliai šį ryšį aprašo lygtis:

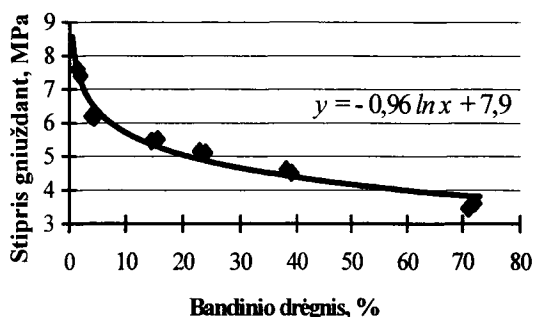
$$y = -0,96 \cdot \ln(X) + 7,9, \quad (2)$$

Pagal šią lygtį apskaičiuota, kad:

$$y = 0,96 \cdot \ln\left(\frac{W}{X}\right) + R, \quad (3)$$

čia  $R$  – žinomas gaminio stipris gniuždant (MPa), kai jo drėgnis  $W$  (%),  $y$  – prognozuojamas gaminio stipris gniuždant (MPa), kai jo drėgnis  $X$  (%).

Pagal šią lygtį galime nustatyti gaminio stiprumą gniuždant, esant įvairiam jo drėgmeniui.



2 pav. Pjuvenų betono bandinių drėgnio įtaka stipriui gniuždant

Fig 2. Influence of sawdust concrete humidity on its compressive strength

Ištirta cikliško džiovinimo ir drėkinimo įtaka cemento-trepelio (opokos)-pjuvenų betono savybėms. Atlikus 20 džiovinimo ir drėkinimo ciklų, nebuvo pastebėta esminio bandinių stiprumo sumažėjimo, taip pat nepasi-

keitė ir pjuvenų betono išvaizda (neatsirado įtrūkimų ar nutrupėjimų).

Malta klintis taip pat yra nedidelio hidraulinio aktyvumo ir klintmilčių priedas betone duoda teigiamus rezultatus.

Optimalus pridedamų maltų klinčių priedo kiekis sudaro 50–75% nuo cemento kiekio. Labiausiai klinčių priedo įtaka pasireiškia pradinėse betono kietėjimo proceso stadijose ir kai betono sudėtyse yra mažas cemento kiekis. Šiuo atveju bandinių stipris, palyginti su kontroliniais (be klinčių priedo), padidėja 1,5–3,5 karto.

Cemento sąnaudos pjuvenų betone, kurio tankis 750–1100 kg/m<sup>3</sup>, turi sudaryti ne mažiau kaip 300 kg/m<sup>3</sup>. Priklausomai nuo įvairių technologinių faktorių tokio betono stipris gniuždant gali būti nuo 3 iki 17 MPa (5 lentelė).

Kadangi medienos ir cemento kompozicinėms medžiagoms būdingos didelės susitraukimo ir brinkimo deformacijos, šiems tyrimams skirtas ypatingas dėmesys. Buvo matuojamos susitraukimo deformacijos gaminiui kietėjant ir džiūstant, jam brinkstant vandenyje ir pakartotinai džiūstant.

Pjuvenų betonas ruoštas su smėlio priedu ir be jo.

Absoliučios susitraukimo deformacijos po 1,5 mėn. kietėjimo gana didelės ir natūraliomis sąlygomis kietėjusio betono yra 8–13,7 mm/m (0,8–1,37%), o šutinto – 5,2–8,6 mm/m (0,52–0,86%). Šios deformacijos beveik atitinka arbolito susitraukimo deformacijas [4].

Brinkimo deformacijos yra 1,1–2,5 mm/m (0,1–0,25%) ir taip pat neviršija arbolito brinkimo deformacijų (0,2–0,25%) [4]. Tik bandiniuose be smėlio brinkimo deformacijos siekia 3,2–4,5 mm/m (0,32–0,45%).

5 lentelė. Pjuvenų betono su skirtingais rišamosios medžiagos ir pjuvenų tūrių santykiais savybės. Portlandcemenčio ir trepelio (opokos) santykis rišamojoje medžiagoje yra optimalus

Table 5. Properties of sawdust concrete with different binding material and sawdust volume relation. Cement and rottenstone (gaize) relation in the binding material is optimal

Rišamosios medžiagos ir pjuvenų tūrio santykis	Rišamosios medžiagos sąnaudos, kg/m <sup>3</sup>	Pjuvenų betono tankis, kg/m <sup>3</sup>	Bandinių stipris gniuždant, MPa		Bandinio drėgnis, %
			šutintų	po 28 parų	
1 : 2,95	609	810	3,24	4,20	61
1 : 1,77	694	865	5,83	7,61	55
1 : 1,66	702	869	7,20	10,56	57
1 : 1,47	760	862	7,75	10,72	59
1 : 0,88	966	1064	13,74	17,60	43

Pakartotinai betonas traukiasi daug mažiau. Betonas su smėlio priedu susitraukia ne daugiau kaip 2 mm/m (0,2%), o be smėlio – šiek tiek daugiau – 2,7–4,1 mm/m (0,27–0,41%). Taigi išdžiovintų gaminių susitraukimo deformacijos yra nedidelės.

Šutintų bandinių deformacijos mažesnės, negu bandinių, kietėjusių natūraliomis sąlygomis. Todėl pjuvenų betono gaminius prieš naudojimą ir apdailinimą reikia išdžiovinti.

Atlikus susitraukimo ir brinkimo deformacijų tyrimus su tais pačiais bandiniais nustatytas pjuvenų betono dinaminis tamprumo modulis. Matavimai atlikti su mechaninių virpesių dažnio ir slopinimo matuokliu IČZ-9.

Bandiniai tirti pagal [6] metodiką ir rezultatai apskaičiuoti pagal šią formulę:

$$E_{din.} = 0,965 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{l}{h}\right)^3 \cdot \frac{P \cdot f_i^2}{b} \cdot T, \quad (4)$$

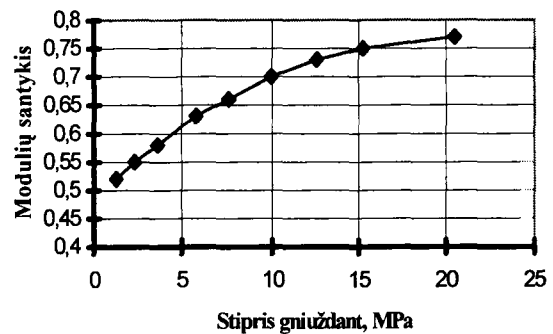
čia  $E_{din.}$  – dinaminis tamprumo modulis,  $\text{kg/cm}^2$ ;  $f_i$  – rezonansinis dažnis, Hz;  $h$  – bandinio skerspjūvio aukštis virpesių kryptimi, cm;  $b$  – bandinio skerspjūvio plotis, cm;  $l$  – bandinio ilgis, cm;  $T$  – koeficientas, 1,4.

Dinaminis tamprumo modulis rodo tik tampriąsias medžiagos savybes, bet neįvertina valkšnumo, nes virpančiame bandinyje atsiranda tik labai maži įtempimai. Dėl šios priežasties dinaminis tamprumo modulis daug didesnis už statinį tamprumo modulį. Dinaminio ir statinio tamprumo modulių reikšmių skirtumą lemia tai, kad betono heterogeniškumas šiuos modulius veikia skirtingais mechanizmais. 3 pav. parodyta statinio ir dinaminio modulio santykio priklausomybė nuo betono stiprio [7].

Statinio tamprumo modulio reikšmės, apskaičiuotos pagal 3 pav., pateiktos 6 lentelėje.

Iš 6 lentelės duomenų matyti, kad pjuvenų betonu, ypač be smėlio priedo (1, 5, 6 sudėtyse), tamprumo modulis savo reikšmėmis artimas lengvųjų betonu su poringais užpildais tamprumo moduliams, esant tam pačiam betono stiprumui ir 1,7–2,5 karto mažesnis už sunkiojo betono tamprumo modulius.

Imant daugiau rišamosios medžiagos ir smėlio (9 sudėtis), šių betonų tamprumo modulis artimas atitinkamo stiprumo sunkiojo betono tamprumo moduliui. Smėlio priedas pjuvenų betono sudėtyse turi teigiamos įtakos betono deformacinėms savybėms ir tamprumo modulis padidėja. Taigi pjuvenų betono tamprumo savybes galime reguliuoti, keisdami jo struktūrą.



3 pav. Betono stiprio įtaka statinio ir dinaminio tamprumo modulių santykiui

Fig 3. Influence of concrete compressive strength on the relation of static and dynamic elasticity moduli

6 lentelė. Įvairių pjuvenų betono sudėčių tamprumo moduliai

Table 6. Elasticity moduli of various compositions of sawdust concrete

Sudėties šifro Nr.	Betono tankis, $\text{kg/m}^3$	Stipris gniuždant, MPa	Dinaminis tamprumo modulis, MPa	Statinis tamprumo modulis, MPa
1	776	6,37	7685	4918
2	974	6,56	8785	5622
3	968	11,29	11715	8318
4	968	12,51	11563	8383
5	927	15,39	14912	11184
6	927	14,69	14966	11150
7	1189	14,67	17659	13156
8	1189	13,97	17059	12624
9	1343	15,85	29759	22468

7 lentelė. Pjuvenų betono ir arbolito šilumos laidumo koeficientai

Table 7. Coefficients of heat conductivity of sawdust concrete and arbolite

	Šilumos laidumo koeficientai, W/(m·K), kai tankis, kg/m <sup>3</sup>							
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Arbolitas (sausas)	0,095	0,12	0,14	0,16	0,18	-	-	-
Pjuvenų betonas (sausas)	0,116	0,145	0,162	0,178	0,193	0,207	0,220	0,234
Apskaičiuotos reikšmės, kai gaminio drėgnis:								
W=10%	0,174	0,217	0,243	0,267	0,289	0,310	0,330	0,351
W=15%	0,199	0,246	0,271	0,293	0,313	0,331	0,346	0,362

Nustatant pjuvenų betono atsparumą šalčiui, buvo tirti bandiniai, pagaminti iš liesųjų (3:1) ir riebiųjų (5:1) mišinių be smėlio priedo.

Liesųjų betonų (3:1) stipris gniuždant po 25 šaldymo ciklų sumažėjo 13,8%, o masės nuostoliai siekė 2,8%. Po 50 šaldymo ciklų stipris gniuždant sumažėjo 29,8%, o masės nuostoliai siekė 9,07%. Riebiųjų betonų (5:1) po 75 šaldymo ciklų stipris gniuždant sumažėjo 9,8%, o masės nuostoliai siekė 2%. Pridėjus prie šių sudėčių smėlio priedą, atsparumas šalčiui padidėtų, nes, kaip buvo nustatyta, tada sumažėja susitraukimo deformacijos.

Galima daryti išvadą, kad paruoštų sudėčių pjuvenų betono atsparumas šalčiui ne mažesnis kaip 25–75 ciklai.

Arbolito atsparumas šalčiui – ne mažesnis kaip 25–50 ciklų [4].

Pjuvenų betonai pasižymi mažu šilumos laidumu, artimu arbolitui (7 lentelė). Tai leidžia šias medžiagas naudoti konstrukcinių termoizoliacinių medžiagų gamybai.

#### 4. Išvados

1. Pjuvenų betono mišiniuose hidrauliniai priedai efektyviai sumažina pjuvenose esančių ekstraktų neigiamą įtaką rišamųjų medžiagų hidratacijai, todėl pjuvenų nereikia papildomai mineralizuoti.

2. Hidrauliniai (pucolaniniai) ir kiti panašūs priedai: malta opoka, trepelis, degtas molis, klintmilčiai, dolomitas bei skalūno pelenai – gali būti naudojami kaip efektyvi pjuvenų betono sudedamoji dalis bei mineralizuojantis priedas. Šie priedai yra geri betonui kietėjant natūraliomis sąlygomis ir ypač efektyvūs betoną apdorojant hidrotermiškai (šutinant). Priedus pagal efektyvumo mažėjimą galima išdėstyti į tokią eilę: trepelis, opoka, degtas molis, dolomitas, klintis.

3. Nustatyta, kad pjuvenų betono mineralinė sudedamoji dalis (priedai) daro teigiamą įtaką cemento rišimuisi ir kietėjimui dėl dviejų priežasčių: 1) hidrauliniai ir kiti naudoti mineraliniai priedai iš skystosios fazės absorbuoja ekstraktyvias, cemento kietėjimą lėtinančias medžiagas ir taip sumažina jų koncentraciją tirpale ir 2) sumažina skystosios fazės pH, todėl pjuvenose ar kitame augalinės kilmės užpilde esanti hemiceliuliozė mažiau skyla į paprastesius cukrus.

4. Optimalų cemento ir trepelio santykį pjuvenų betono mišinyje galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$y = 1,29 \cdot x^{-0,66},$$

čia  $y$  – cemento ir trepelio masės santykis,  $x$  – pjuvenų ir rišamosios medžiagos tūrio santykis (rišamoji medžiaga – portlandcementis + trepelis).

5. Nustatyta matematinė priklausomybė tarp stiprio gniuždant ir bandinio drėgnio:

$$y = 0,96 \cdot \ln\left(\frac{W}{X}\right) + R,$$

čia  $R$  – žinomas gaminio stipris gniuždant (MPa), kai jo drėgnis  $W$  (%),  $y$  – prognozuojamas gaminio stipris gniuždant (MPa), kai jo drėgnis  $X$  (%).

6. Naudojant portlandcemenčio ir mineralinio priedo mišinį, galima gaminti natūralaus kietėjimo ir šuntintą pjuvenų betoną, kurio tankis 750–1200 kg/m<sup>3</sup> ir stipris gniuždant 3–17 MPa.

7. Pjuvenų betono atsparumas šalčiui ne mažesnis kaip 25–75 ciklai.

8. Išdžiovintų gaminių susitraukimo deformacijos yra nedidelės. Pjuvenų betonai pasižymi mažu šilumos laidumu, dėl to šios medžiagos tinka mažagabaričių konstrukcinių termoizoliacinių medžiagų gamybai.

## Literatūra

1. Н. И. Никитин. Химия древесины и целлюлозы. Москва–Ленинград: Изд. АН СССР, 1962. 711 с.
2. Л. П. Хорошун, А. С. Щербаков. Прочность и деформативность арболита. Киев: Наукова думка, 1979. 191 с.
3. F. Aleinikovas, V. Jasiukevičius, V. Latvys ir kt. Bendrosios silikatų technologijos laboratoriniai darbai. Vilnius: Mintis, 1967.
4. И. Х. Наназашвили. Строительные материалы из древесноцементной композиции. Ленинград: Стройиздат, 1990. 415 с.
5. В. И. Бухаркин и др. Использование древесных отходов для производства арболита (опыт работы предприятий). Москва: Древесная промышленность, 1975.
6. Проекты нормативных документов на определение акустических характеристик материалов и на использование этих характеристик для определения качества бетона в образцах, изделиях и конструкциях. Рига, 1962.
7. А. М. Невиллю Свойства бетона (перевод с англ.). Москва: Издательство литературы по строительству, 1972.

Iteikta 1999 11 08

## MODIFIED SAWDUST CONCRETE

A. Kantautas, G. Vaickelionis

### Summary

Wood-cement materials are widely produced and applied in many developed countries. In this case special prepared wood aggregates are employed. Wood sawdust practically is not employed.

Extracts, present in wood, slow down the cement hydration. The influence of mineral additives on this process was determined. The efficiency of mineral additives depends on their hydraulic activity.

It has been found that the mineral components (additives) of sawdust concrete have a positive effect on cement setting and hardening due to two reasons: 1) hydraulic and other mineral additives absorb wood extracts from liquid phase which inhibit and retard setting of cement and reduce their concentration in solution; 2) reduce pH of liquid phase so the hemicellulose which is in sawdust or other wood aggregates, less disintegrate lightly soluble sugars.

When sawdust amounts are different, the optimum cement and rottenstone relation is not constant:

$$y = 1,29x^{-0,66},$$

where  $y$  is cement and rottenstone mass relation,  $x$  is sawdust and binding material (cement+rottenstone) volume relation.

The influence of sawdust concrete humidity on its strength was found:

$$y = 0,96 \cdot \ln\left(\frac{W}{X}\right) + R,$$

where  $y$  is concrete compressive strength (MPa), when its humidity  $X$  (%),  $R$  is concrete compressive strength (MPa), when its humidity  $W$  (%).

The possibility of accelerating the hardening process of concrete mixes of cement-rottenstone (gaize)-sawdust system by means of steaming at 80 °C was studied, too. It is impossible when producing ordinary wood-cement materials.

The physical and technical properties of sawdust concrete such as shrinkage strain, expansion deformations and elastic modulus were determined.

Sawdust concrete contraction deformation depending on concrete density may vary by 8...14 mm/m and expansion (in humid conditions) by 1,1...2,5 mm/m. Deformation decreases when quartz sand additive is used. When the concrete gets dry repeatedly, deformations are smaller.

The sawdust concrete elasticity modulus is similar to that of light concrete with inorganic additives having the same density.

Its frost resistance depends on the concrete structure and cement quantity. When the concrete with a small amount of sawdust is used (cement+additive:sawdust=5:1), the samples endure 75 freezing cycles.

The heat conductivity of sawdust concrete is low.

The experimental data have shown that structural thermoinsulated small blocks can be produced from these concrete mixes.

---

**Aras KANTAUTAS.** Doctor, Associate Professor. Dept of Silicate Technology. Kaunas University of Technology. Radvilėnų pl. 19, LT-3028 Kaunas, Lithuania.

A graduate of Kaunas Politechnic Institute (presently Kaunas University of Technology) (1990). Doctor (technical sciences, 1996). Author and co-author of 22 scientific articles and 2 study-guides. Research interests: properties of silicate binding materials, chemistry engineering.

---

**Giedrius VAICKELIONIS.** Doctor, Associate Professor. Dept of Silicate Technology. Kaunas University of Technology. Radvilėnų pl. 19, LT-3028 Kaunas, Lithuania.

A graduate of Kaunas Politechnic Institute (presently Kaunas University of Technology) (1981). Doctor (technical sciences, 1997). Author and co-author of 15 scientific articles, 2 inventions and 2 study-guides. Research interests: properties of sawdust concrete, properties and technology of glass.