

GRANITO ATSIJŲ ĮTAKA APDAILINIŲ SKELTO PAVIRŠIAUS
BETONO PLYTŲ SAVYBĖMSMindaugas Tumosa¹, Mindaugas Daukšys², Ernestas Ivanauskas³*Kauno technologijos universitetas**El. paštas: ¹m.tumosa@gmail.com; ²mindaugas.daukšys@ktu.lt; ³ernestas.ivanauskas@ktu.lt*

Santrauka. Nagrinėjama granito atsijų, kaip smulkiujo užpildo, naudojimo galimybė skelto paviršiaus apdailinems betono plytoms gaminti. Tirta granito atsijų įtaka betono mišinio technologinėms savybėms ir iš šių mišinių suformuotų skelto paviršiaus apdailinių betono plytų fizikinės ir mechaninės savybės, prognozuotas gaminių ilgaamžiškumas. Apdailinems betono plytoms gaminti buvo paruoštos kelios betono mišinio sudėty: smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/4 frakcijos smėlį (B1), smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/2 frakcijos granito atsijas (B2) ir 50 % 0/4 frakcijos smėlio keičiant 0/2 frakcijos granito atsijomis pagal tūrį (B3). Gaminiai formuoti liejimo būdu metalinėse formose, vėliau perskelti pusiau. Nustatytos betono mišinių technologinės savybės, iš jų pagamintų apdailinių betono plytų fizikinės ir mechaninės savybės, prognozuotas gaminių ilgaamžiškumas. Iš atliktų tyrimų rezultatų matyti, kad, tinkamai parinkus santykį smulkiajame užpilde tarp smėlio ir granito atsijų, skelto paviršiaus apdailinems betono plytoms gaminti galima naudoti granito atsijas.

Reikšminiai žodžiai: granito atsijos, skelto paviršiaus betono plytos, gniuždymo stipris, skėlimo stipris, atsparumas šalčiui.

Įvadas

Betonas – tai dirbtinis akmuo, gaunamas sukietėjus mišiniui, iš rišamosios medžiagos, užpildų, vandens ir priedų. Betonas yra sudėtingos struktūros kompozicinė medžiaga. Betono struktūros sudėtingumas pasireiškia tuo, kad jį sudaro skirtingo dydžio dalelės – nuo kelių mikronų dydžio cemento dalelių iki kelių centimetrų dydžio užpildų dalelių. Be to, betono struktūra laikui bėgant nuolat kinta, vykstant fizikiniams ir cheminiams procesams. Kintant struktūrai, keičiasi ir betono savybės (Martusevičius *et al.* 2002).

Eksploatacijos laikui ilgėjant, blogėja konstrukcijų techninė būklė, susidaro defektų ir pažeidimų, turinčių tiesioginės įtakos jų ilgaamžiškumui. Labai didelę įtaką betono ilgaamžiškumui turi vandens įgeriamumas (Attigbe 1996). Pasak G. Marčiukaičio (2000), įprastinio betono atsparumo šalčiui tyrimai rodo, kad vienodo gniuždomojo stiprio, bet didesnio vandens įgeriamumo betonas, paveiktas šalčio ciklų, susilpnėja labiau nei mažesnio vandens įgeriamumo įprastinis betonas.

Daugelis autorių betono atsparumą šalčiui sieja su jo atviruoju poringumu (vandens įgeriamumu pagal masę), tačiau nurodo, kad vien šio rodiklio nepakanka (Гочаков *et al.* 1976; Gurskis 1996). Didelę įtaką atsparumui šalčiui turi betono tankis ir gniuždomasis stipris (Grabiec *et al.* 2004).

Konstrukcijų eksploatacijos praktika ir laboratoriniai tyrimų rezultatai rodo, kad betono konstrukcijos, atitinkančios tą pačią atsparumo šalčiui klasę, veikiamos druskų tirpalų ir nuolatinių mažai kintančių neigiamų temperatūrų, pasižymi skirtingu atsparumu šalčiui (Mustafa *et al.* 2007). Techninėje literatūroje aptinkama žinių, kad betono užpildų tūrinė koncentracija, V/C santykis, tankis turi didelę įtaką betoninių gaminių eksploatacinėms savybėms ir ilgaamžiškumui.

Dėl stambiųjų užpildų ir skiedininės dalies sąveikos šiuo metu nėra bendros nuomonės. Tradicinės nuomonės atstovai teigia, kad suminis užpildų paviršiaus plotas turi būti minimalus, t. y. betono mišinys reikia projektuoti su kuo didesniu stambiųjų užpildų kiekiu. Kiti autoriai (Gumuliauskas 1990) nurodo, kad stambiųjų užpildų mišinyje turi būti ne maksimalus stambiojo užpildo kiekis. Autoriai G. Skripkiūnas ir kt. (2000) mano, kad daug dėmesio projektuojant stiprųjį betoną turi būti skiriama stambiųjų užpildų pasiskirstymui betono skiedininėje dalyje ir įtempių koncentracijos židiniams aplink stambuosius užpildus.

Betono gniuždymo stipris didėja iki tam tikros stambiųjų užpildų tūrinės koncentracijos, o paskui pradeda mažėti. Didžiausias gniuždymo stipris dažniausiai gaunamas, kai stambiųjų užpildų tūrinė koncentracija betone yra apie 50 % (Skripkiūnas *et al.* 2004; Gumuliauskas *et al.* 2001).

V. Sodianė ir S. Kriščiūnienė (2008) teigia, kad betono mišinių komponentų kiekius tikslingiau būtų nustatyti pagal stambiųjų ir smulkiųjų užpildų savitųjų paviršiaus plotų santykius, nes skirtingos granulometrinės sudėties užpildų masės vieneto savitųjų paviršių plotai gali gerokai skirtis, esant vienodam masių santykiui. Tyrimai parodė, kad aukštų klasių betonams (C35/45 ir aukštesnių) tikslinga 25 % gamtinio smėlio pakeisti šiurkščiomis granito skaldos atsijomis. Tuo atveju betono gniuždymo stipris padidėja net 10 MPa.

Tyrimo metodai ir medžiagos

Tyrimams buvo naudotas AB „Akmenės cementas“ pagamintas portlandcementas CEM II/A-L 42,5 N. Vandens sąnaudos normalaus tirštumo cemento tešlai gauti sudaro 24,6 %. Cemento savitasis paviršius 360 m²/kg, dalelių tankis 3110 kg/m³, piltinis tankis 1220 kg/m³. Smulkusis užpildas buvo 0/4 frakcijos smėlis, kurio piltinis tankis $\rho = 1670 \text{ kg/m}^3$ ir 0/2 frakcijos granito atsijos, kurių piltinis tankis $\rho = 1550 \text{ kg/m}^3$. Stambusis užpildas buvo 5/8 frakcijos granito skalda, kurios piltinis tankis $\rho = 1327 \text{ kg/m}^3$. Užpildų granulometrinė sudėtis pateikta 1 lentelėje. Tyrimams naudotas UAB „Semtu“ polikarbonsilo polimerų pagrindu pagamintas superplastiklis *Semflow 17*, kurio į mišinį dėta 1,0 % cemento masės.

Betono mišiniai buvo maišomi laboratorinėje dirbtinio maišymo maišyklėje. Cementas, sausi užpildai buvo dozuojami pagal masę, o vanduo ir cheminis priedas – pagal tūrį. Cheminis priedas tirpalo pavidalu buvo įmaišomas į mišinį kartu su vandeniu, naudojamu mišiniui paruošti.

Betono bandiniai prizmės formos 200×100×100 mm ir kubelių formos 100×100×100 mm liejimo būdu buvo formuojami metalinėse formose tankinant betono mišinius laboratorinėje vibracinėje aikštelėje. Vėliau jie kietinti 28 paras vandenyje, kurio temperatūra 20±2 °C.

Betono mišinio tankis nustatytas pagal LST EN 12350-6, slankumas – pagal LST EN 12350-2, oro kiekis šviežiame betone – pagal LST EN 12350-7. Betono bandinių tankis nustatytas pagal LST EN 12390-7, kubelių gniuždymo stipris – pagal LST EN 12390-3, betono prizmių skėlimo stipris nustatytas naudojant 10 mm skersmens strypus tarp preso plokščių ir bandinio, betono poringumo parametrai – matuojant vandens įgeriamumo kinetiką pagal standarte GOST 12730.4-78 nurodytą metodiką.

Šiame darbe nagrinėjama granito atsijų, kaip smulkiujo užpildo, įtaka betono mišinio technologinėms savybėms, iš šių mišinių suformuotų skelto paviršiaus betono plytų fizikinėms mechaninėms savybėms ir ilgaamžiškumui.

1. lentelė. Užpildų granulometrinė sudėtis

Table 1. A granulometric composition of aggregates

Sieto akelių matmenys, mm	Išbirų suma, %		
	0/4 frak. smėlio	0/2 frak. granito atsijų	5/8 frak. granito skaldos
11,2	–	–	100
10	–	–	97,12
8	–	–	83,06
5	100	–	7,64
4	98,2	100	3,24
2	82,1	87,64	1,08
1	59,9	54,16	0,0
0,71	44,4	44,83	
0,5	35,5	35,50	
0,25	1,3	18,58	
0,125	0,4	5,63	
0,09	0,2	3,42	
0,063	0,1	0,96	
Medžiagų kiekis ant rinkinio dugno	0,0	0,08	

Tyrimų rezultatai

Pagal klasikinį betono sudėties skaičiavimo metodą buvo suprojektuota C45/50 projektinės stiprio klasės betono mišinio sudėtis.

Buvo tiriamos kelios betono mišinio sudėtys, skirtos apdailinėms skelto paviršiaus betono plytomis gaminti: smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/4 frakcijos smėlį (B1), smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/2 frakcijos granito atsijas (B2) ir 50 % 0/4 frakcijos smėlio keičiant 0/2 frakcijos granito atsijomis pagal tūrį (B3) (žr. 2 lentelę).

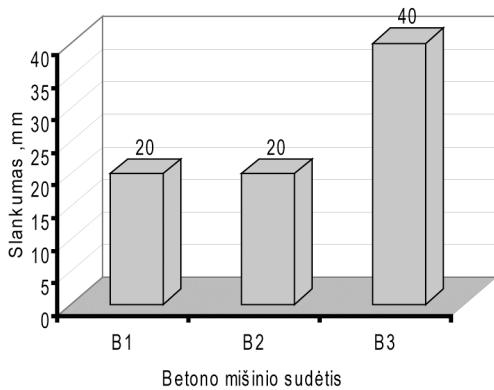
2 lentelė. Betono mišinių sudėtys

Table 2. The compositions of concrete mixtures

Medžiagos	Medžiagų kiekiai 1m ³ betono mišinio, kg		
	B1	B2	B3
Cementas CEM II/A–L 42,5 N	495	498	498
Vanduo	170	172	172
V/C	0,34	0,34	0,34
0/4 frakcijos mėlės	1136	–	389
0/2 frakcijos granito atsijos	–	955	460
5/8 frakcijos granito skalda	639	814	920
Semflow 17	4,95	4,98	4,98
Betono mišinio tankis, kg/m ³	2321	2324	2334

Betono mišinių technologinės savybės

Betono mišinių slankumo kitimas, priklausomai nuo betono mišinio sudėties, pavaizduotas 1 paveiksle. Iš šio paveikslo matyti, kad tirtų betono mišinių slankumas kinta nuo 20 iki 40 mm. Tai atitinka S1 slankumo klasę pagal standartą LST EN 12350-2, nes betono mišinių sudėtyje buvo projektuojamos esant tai pačiai konsistencijos klasei.



1 pav. Betono mišinio slankumo kitimas, priklausomai nuo mišinio sudėties

Fig. 1. Changes to the slump in concrete mixture depending on the composition of the mixture

Betono mišinių tankio kitimas, priklausomai nuo mišinio sudėties, pavaizduotas 2 pav. Iš šio paveikslo matyti, kad didžiausias mišinio tankis gautas, kai naudoto smulkiuoju užpildu 50 % 0/4 frakcijos smėlio pakeista 0/2 frakcijos granito atsijomis pagal tūrį (B3), o mažiausias – smulkiuoju užpildu naudotas tik 0/4 frakcijos smėlis (B1).

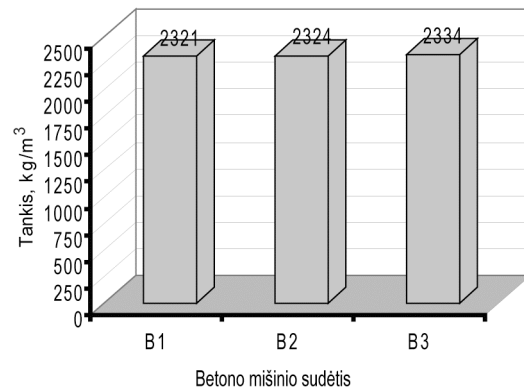
Oro kiekio betono mišinyje kitimas, priklausomai nuo mišinio sudėties, pavaizduotas 3 pav. Iš šio paveikslo matyti, kad didžiausias oro kiekis mišinyje gautas, smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/2 frakcijos granito atsijas (B2). Kadangi granito atsijos yra smulkesnės, o jų dalelės šiuurkštesnės nei smėlio dalelės, jos į mišinį maišymo metu įtraukia papildomą oro kiekį. Mažiausias oro kiekis mišinyje gautas, kai naudotas smulkusis užpildas, kurio 50 % 0/4 frakcijos smėlio pakeista 0/2 frakcijos granito atsijomis pagal tūrį (B3) (gautas didžiausias mišinio tankis).

Betono bandinių fizikinės ir mechaninės savybės

Betono bandinių prizmių 200×100×100 mm matmenų tankio kitimas, priklausomai nuo betono mišinio sudėties, pavaizduotas 4 pav.

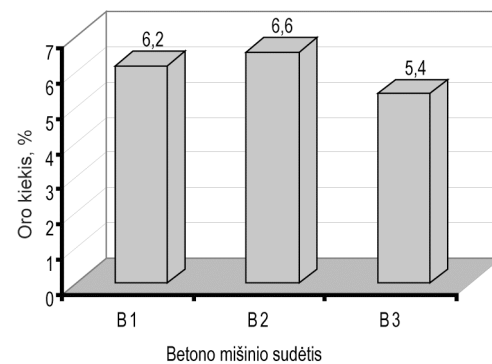
Iš šio paveikslo matyti, kad didžiausias betono bandinių tankis gautas 50 % 0/4 frakcijos smėlio pakeitus 0/2 frakcijos granito atsijomis pagal tūrį (B3), o mažiausias –

smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/2 frakcijos granito atsijos (B2).



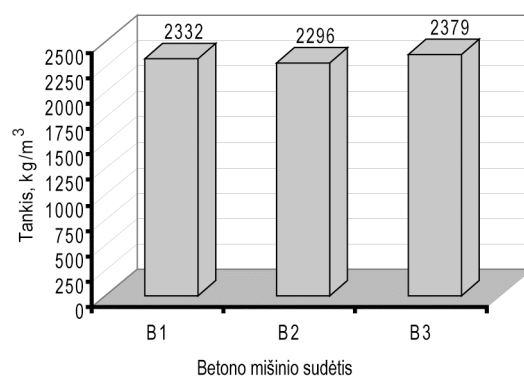
2 pav. Betono mišinio tankio kitimas, priklausomai nuo mišinio sudėties

Fig. 2. Changes in the density of concrete mixture depending on the composition of the mixture



3 pav. Oro kiekio betono mišinyje kitimas, priklausomai nuo mišinio sudėties

Fig. 3. Changes in air content in concrete mixture depending on the composition of the mixture

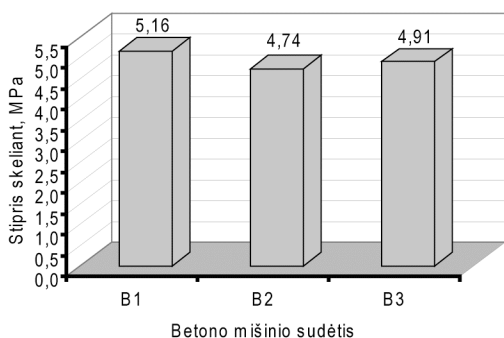


4 pav. Betono bandinių tankio kitimas, priklausomai nuo mišinio sudėties

Fig. 4. Changes in the density of concrete blocks depending on the composition of the mixture

Betono bandinių prizmių skėlimo stiprio, naudojant 10 mm skersmens strypus tarp preso plokščių ir bandinio, kitimas, priklausomai nuo betono mišinio sudėties, pavaizduotas 5 pav. Matyti, kad betono bandinių skėlimo

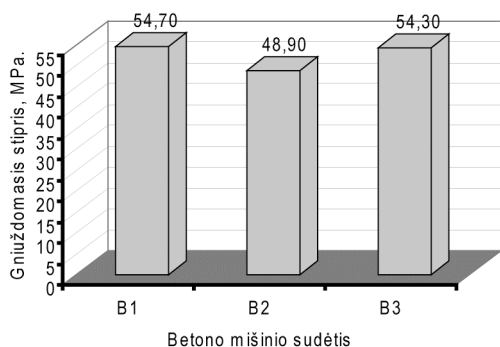
stipris buvo didžiausias smulkiuoju užpildu naudojant 0/4 frakcijos smėlį (B1), mažiausias – smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/2 frakcijos granito atsijas (B2).



5 pav. Betono bandinių skėlimo stiprio kitimas, priklausomai nuo mišinio sudėties

Fig. 5. Changes in the splitting strength of concrete blocks depending on the composition of the mixture

Betono bandinių kubelių 100×100×100 mm matmenų gniuždymo stipris, priklausomai nuo betono mišinio sudėties, pavaizduotas 6 pav.



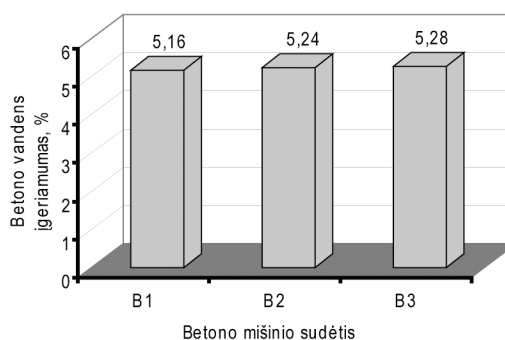
6 pav. Betono bandinių gniuždymo stiprio kitimas, priklausomai nuo mišinio sudėties

Fig. 6. Changes in the compressive strength of concrete blocks depending on the composition of the mixture

Iš šio paveikslėlio matyti, kad betono bandinių gniuždymo stipris, kai smulkiuoju užpildu naudojamas 0/4 frakcijos smėlis (B1), kurio 50 % 0/4 frakcijos smėlio pakeista 0/2 frakcijos granito atsijomis pagal tūrį (B3), atitinka C40/50 projektinę betono stiprio klasę, kai smulkiuoju užpildu naudojamos tik 0/2 frakcijos granito atsijos – neatitinka C40/50 projektinės betono stiprio klasės. Šiuo atveju naudojant smulkesnį užpildą, tai yra 0/2 frakcijos granito atsijas, reikėjo didinti cemento kiekį, norint užtikrinti reikiamą bandinių gniuždymo stiprį. Tačiau tyrimo tikslas buvo įvertinti granito atsijų įtaką betono savybėms, išlaikant vienodą cemento kiekį esant skirtingoms betono mišinio sudėtims.

Betono bandinių pilnutinis vandens įgeriamumas, priklausomai nuo betono mišinio sudėties, pavaizduotas 7 pav. Matyti, kad betono bandinių vandens įgeriamu-

mas, neatsižvelgiant į tai, koks smulkusis užpildas buvo naudotas, mažai skiriasi ir kinta nuo 5,16 iki 5,28 %.



7 pav. Betono bandinių pilnutinio vandens įgeriamumo kitimas, priklausomai nuo mišinio sudėties

Fig. 7. Changes in the total water absorption of concrete blocks depending on the composition of the mixture

Betono atsparumas šalčiui prognozuotas tokia seka:

- betono bandinio 100×100×100 mm dydžio kubas perskeliamas į keturias dalis, kurios džiovinamos 90 °C temperatūros džiovinimo spintoje parą laiko;
- nustatoma šių bandinių vandens įgeriamumo kinetika pagal GOST 12730.4-78;
- nustatius vandens įgeriamumo kinetiką apskaičiuojamas betono bendras, atviras ir uždaras poringumas. Bendras betono poringumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$P_b = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}\right), \% \quad (1)$$

čia P_b – bendras betono poringumas, %; ρ_b – betono tankis, kg/m³; ρ_s – betono savitasis tankis, kg/m³.

Betono atviras (kapiliarinis) poringumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$P_a = W_p \cdot \frac{\rho_b}{1000}, \% \quad (2)$$

čia P_a – atviras betono poringumas, %; W_p – pilnutinis betono bandinių vandens įgeriamumas, %.

Betono uždaras (oras, esantis betone) poringumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$P_u = P_b - P_a, \% \quad (3)$$

čia P_u – uždaras betono poringumas, %.

- iš standarte GOST 12730.4-78 pateiktos nomogramos tirtam betonui parenkami porų dydžių apibūdinantys santykiniai rodikliai: λ – vidutinio porų dydžio rodiklis ir α – porų vienodumo rodiklis.

Žinant betono poringumo parametrus ir remiantis A. E. Šeikino metodologija galima prognozuoti betono atsparumą šalčiui pagal atsparumo šalčiui kriterijų:

$$K_s = \frac{P_u}{0,09 \cdot P_a}, \quad (4)$$

čia K_s – atsparumo šalčiui kriterijus.

Žinant betono atsparumo šalčiui kriterijų K_s , prognozuojamas užšaldymo ir atšildymo ciklų skaičius, kurį atlaikys betonas pagal empirinę priklausomybę.

3 lentelė. Betono bandinių poringumo parametrai

Table 3. Porosity parameters of concrete blocks

Betono sudėtis	Pilnutinis vandens įgeris, %	Poringumas, %			Poringumo rodikliai	
		bendras	atviras	uždaras	λ	α
B1	5,16	16,09	11,43	4,66	1,59	0,77
B2	5,24	16,18	11,58	4,59	1,96	0,77
B3	5,28	15,49	11,77	3,72	1,96	0,82

Iš 3 lentelės matyti, kad, nepriklausomai nuo betono mišinio sudėties, tirtų apdailinių skelto paviršiaus betono plytų pilnutinis vandens įgeriamumas kinta nuo 5,16 iki 5,28 %. Keraminių plytų vandens įgeriamumas, priklausomai nuo plytos markės, gali būti nuo 6 iki 8 %, o atsparumo šalčiui markė – nuo F15 iki F50. Silikatinių plytų vandens įgeriamumas, priklausomai nuo plytos markės, gali būti nuo 8 iki 16 %, o pagal atsparumą šalčiui turi atlaikyti nuo 15 iki 50 užšaldymo ir atšildymo ciklų skaičių (Оснoвин *et al.* 2005).

Vidutinio porų dydžio rodiklis kinta nuo 1,59 iki 1,96. Jis rodo, kad poros yra vidutinio dydžio, kokios paprastai būna betone, nenaudojant orą įtraukiančio priedo. Porų vienodumo rodiklis kinta nuo 0,77 iki 0,82. Jis rodo, kad porų pasiskirstymas pagal dydį yra normalus, tai yra betone yra įvairaus dydžio porų.

Betono atsparumas šalčiui priklauso nuo betono poringumo, nes tik į poras gali prasiskverbti vanduo (Naujokaitis 2007). Kapiliarinės poros turi lemiamos įtakos konglomerato atsparumui šalčiui. Jos yra atviros ir lengvai užsipildo vandeniui (Skripkiūnas 2007). Nuo vandens kiekio medžiagoje priklauso sukeliamas ardomasis poveikis užšalimo metu. Oro poros, susidaranti konglomerate dėl įtraukto oro, skirtingai nei kapiliarinės poros, didina konglomerato atsparumą šalčiui. Oro poros yra uždaros, įmirkymo metu vanduo į jas nepatenka.

Priklausomai nuo betono mišinio sudėties, betono uždaras poringumas (įtrauktas oras betone) kinta nuo 4,66 iki 3,72 % (3 lentelė). Kaip matyti, mažėjant uždaram betono poringumui, mažėja atsparumo šalčiui kriterijus ir prognozuojamas betono atsparumas šalčiui pagal užšaldymo ir atšildymo ciklų skaičių (4 lentelė).

4 lentelė. Betono atsparumo šalčiui kriterijus ir prognozuojamas atsparumas šalčiui

Table 4. The criterion of concrete resistance to frost and forecasted resistance to frost

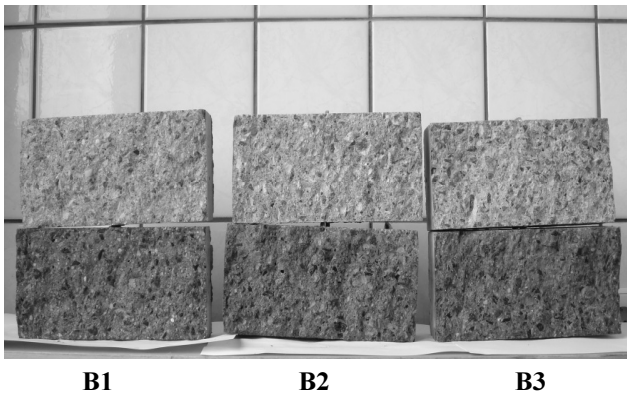
Betono sudėtis	K_s	Prognozuojamas atsparumas šalčiui pagal ciklus
B1	4,53	apie 700
B2	4,41	apie 680
B3	3,52	apie 550

Iš 4 lentelės matyti, kad didžiausias betono atsparumo šalčiui kriterijus ir prognozuojamas atsparumas šalčiui pagal užšaldymo ir atšildymo ciklų skaičių yra būdingas B1 betono sudėčiai, kai smulkiuoju užpildu naudotas 0/4 frakcijos smėlis (B1). Mažiausias betono atsparumo šalčiui kriterijus ir prognozuojamas atsparumas šalčiui pagal užšaldymo ir atšildymo ciklų skaičių būdingas B3 sudėties betonui, kai naudoto smulkiojo užpildo 50 % 0/4 frakcijos smėlio pakeista 0/2 frakcijos granito atsijomis pagal tūrį (B3).

Pagal vandens įgeriamumo kinetiką įvertinus poringumo parametrus, skirtingų sudėčių apdailinių skelto paviršiaus betono plytų prognozuojamas betono atsparumas šalčiui atitinka 500–700 užšaldymo ir atšildymo ciklų skaičių. Atsižvelgiant į vyraujančias klimatinės oro sąlygas Lietuvoje per metus gali įvykti 9–17 užšalimo ir atšilimo ciklų. Tiek ciklų nepakaktų suardyti tirtų apdailinių betono plytų betono struktūros, nes betarpiškai reikėtų 500–700 užšaldymo ir atšildymo ciklų poveikio. Be to, laikui bėgant keičiasi cementinio akmens hidratacijos laipsnis, o kartu ir akmens poringumas. Betono mikroporingumas mažėja, ir betonas tampa atsparesnis šalčiui, kai v/c yra absoliučiuoju dydžiu mažesnis (Naujokaitis 2007). Todėl tokių apdailinių skelto paviršiaus betono plytų ilgaamžiškumas gali būti matuojamas šimtui metų ir daugiau. Be abejo, tam turi įtakos ir klimatinės betono plytų eksploatacijos sąlygos: ar dėl užšalimo ir atšilimo poveikio betono plytos nuolat mirks vandenyje, ar jas veiks ledą tirpančios medžiagos ir jūros vanduo.

Iš skirtingų betono mišinio sudėčių pagamintų apdailinių skelto paviršiaus betono plytų vaizdas pateiktas 8 pav.

Skelto paviršiaus apdailinės betono plytos gautos perskėlus suformuotus prizmės formos 200x100x100 mm matmenų bandinius. Iš šio paveikslėlio matyti, kad smulkusis užpildas turi įtakos skelto betono paviršiaus spalvai. Smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/4 frakcijos smėlį, skeltas betono paviršius turi gelsvą atspalvį, o smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/2 frakcijos granito atsijas, jis yra pilko atspalvio. Smulkiuoju užpildu naudojamo 50 % 0/4 frakcijos smėlio pakeitus 0/2 frakcijos granito atsijomis pagal tūrį, jis pasižymi pilko ir gelsvo atspalvių deriniu.



8 pav. Skelto paviršiaus apdailinės betono plytos

Fig.8. The exterior concrete bricks of the cleaved surface

Naudojant spalvotus pigmentus, baltąjį cementą, įvairios spalvos granitinę skaldą, galima gauti įvairių atspalvių skeltą betono paviršių ir pagaminti apdailines skelto paviršiaus betono plytas pagal užsakovo pageidavimus.

Iš atliktų tyrimų rezultatų matyti, kad tinkamai parinkus santykį smulkiajame užpilde tarp smėlio ir granito atsijų, skelto paviršiaus apdailinėms betono plytoms gaminti galima naudoti granito atsijas.

Išvados

1. Skirtingų betono mišinio sudėčių slankumas atitinka S1 slankumo klasę, nes betono mišinių sudėtys buvo projektuojamos tai pačiai konsistencijos klasei.

2. Didžiausias mišinio tankis ir atitinkamai mažiausias oro kiekis mišinyje gautas, smulkiuoju užpildu naudoto 50 % 0/4 frakcijos smėlio pakeitus 0/2 frakcijos granito atsijomis pagal tūrį (B3). Panašus mišinio tankis ir oro kiekis mišinyje gautas smulkiuoju užpildu naudojant tiek 0/4 frakcijos smėlį (B1), tiek 0/2 frakcijos granito atsijas (B2).

3. Didžiausias betono bandinių tankis gautas 50 % 0/4 frakcijos smėlio pakeitus 0/2 frakcijos granito atsijomis pagal tūrį (B3), o mažiausias – smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/2 frakcijos granito atsijas (B2).

4. Betono bandinių skėlimo stipris gautas didžiausias smulkiuoju užpildu naudojant 0/4 frakcijos smėlį (B1), mažiausias – smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/2 frakcijos granito atsijas (B2).

5. Bandinių gniuždymo stipris smulkiuoju užpildu naudojant 0/4 frakcijos smėlį (B1) ir 50 % 0/4 frakcijos smėlio pakeitus 0/2 frakcijos granito atsijomis pagal tūrį (B3) atitinka C40/50 projektinę betono stiprio klasę; smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/2 frakcijos granito atsijas – neatitinka C40/50 projektinės betono stiprio klasės.

6. Betono bandinių vandens įgeriamumas nepriklausomai nuo to, koks smulkusis užpildas buvo naudotas, mažai skiriasi ir kinta nuo 5,16 iki 5,28 %. Pagal vandens įgeriamumo kinetiką įvertintus poringumo parametrus, skirtingų betono sudėčių prognozuojamas betono atsparumas šalčiui atitinka 600–700 užšaldymo ir atšildymo ciklų skaičių.

Literatūra

- Attiogbe, E. K. 1996. Predicting freeze–thaw durability of concrete – A new approach, *ACI Materials Journal* 93(5): 457–464.
- Grabiec, A. M.; Piasta, Z. 2004. Study on compatibility of cement – superplasticiser assisted by multicriteria statistical optimization, *Journal of Materials Processing Technology* 152(2): 197–203. doi:10.1016/j.jmatprotec.2004.03.020
- Gumuliauskas, A.; Abromavičius, G. 2001. Užpildų įtaka betono struktūros dalių stiprumui, iš *Betonas ir gelžbetonis: konferencijų pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, 41–45.
- Gurskis, V. 1996. Ryšiai tarp betono atsparumo šalčiui ir struktūros rodiklių, iš *Hidroinžinerija ir žemėtvarka: tarptautinės mokslinės konferencijos, įvykusios Kaune, pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, 54–57.
- Marčiukaitis, G. 2000. Betono mišinio sudėties ir kokybės įtaka konstrukcijų standumui ir pleišetumui, iš *Betonas ir gelžbetonis, konferencijų pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, 36–41.
- Martusevičius, M.; Kaminskas, R.; Mítuzas, J. A. 2002. *Rišamųjų medžiagų technologija*. Kaunas: Technologija, 6–16.
- Naujokaitis, A. 2007. *Statybinės medžiagos. Betonai: mokomoji knyga*. Vilnius: Technika. 356 p. doi:10.3846/966-S
- Şahmaran, M.; Li, V. C. 2007. De-icing salt scaling resistance of mechanically loaded engineered cementitious composites, *Cement and Concrete Research* 37(7): 1035–1044. doi:10.1016/j.cemconres.2007.04.001
- Skipkiūnas, G. 2007. *Statybinų konglomeratų struktūra ir savybės: vadovėlis*. Kaunas: UAB „Vitae Litera“. 334 p.
- Skipkiūnas, G.; Augonis, A.; Daukšys, M. 2004. Stambaus užpildo granulometrijos įtaka betono mišinio ir betono savybėms, iš *Pažangioji statyba: konferencijų pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, 167–174.
- Skipkiūnas, G.; Vaitkevičius, V.; Ščiukas, R. 2000. Stambaus užpildo įtaka betono stiprumui, iš *Betonas ir gelžbetonis: konferencijų pranešimų medžiaga*. Kaunas, 89–94.
- Sodienė, V.; Kriščiūnienė, S. 2008. Superplastikliu Muraplast FK61 modifikuoto hidrotechninio betono savybės, *Technologijos mokslo darbai vakarų Lietuvoje* 6: 131–136.
- Гочаков, Г. И.; Орендлихер, Л. П.; Савин, И. И.; Ворони, В. В.; Алимов, Л. А.; Новикова, И. П. 1976. Состав, структура и свойства цементных бетонов, iš Gočakov, G. I. ir kt. *Cementinių betonų sudėtis, struktūra ir savybės*. Moskva: Стройиздат. 156 c.
- Гумуляускас, А. Д. 1990. О структурных основах проектирования состава бетонной смеси, в кн.: *Технологическая механика* [Gumuliauskas, A. D. Betono mišinio sudėties projektavimo struktūriniai pagrindai]. Рига, 85–99.
- Основин, В. Н.; Шуляков, Л. В.; Дубяго, Д. С. 2005. *Справочник по строительным материалам и изделиям* [Osnovin, V. N. et al. Statybinų medžiagų ir dirbinių žinynas]. Ростов н/Д: Феникс. 443 c.

THE INFLUENCE OF GRANITE SIFTINGS ON THE PROPERTIES OF CLEAVED SURFACE EXTERIOR CONCRETE BRICKS

M. Tumosa, M. Daukšys, E. Ivanauskas

Abstract

Research deals with granite siftings as fine aggregate possibilities to be used for manufacturing cleaved surface exterior concrete bricks. The article describes the influence of granite siftings on the technological properties of concrete mixture and on the physical mechanical properties of cleaved surface exterior concrete bricks formed using these mixtures and forecasts product durability. The following several compositions of concrete mixture for producing exterior concrete bricks are composed: using only 0/4 fraction sand (B1) as a fine aggregate, using only 0/2 fraction granite siftings (B2), and 50% of 0/4 fraction sand replacing with 0/2 fraction granite siftings (B3) depending on the volume. The products were formed in metal moulds; at a later stage, they were cleaved in half. The technological properties of concrete mixture and the physical mechanical properties of cleaved surface exterior concrete bricks formed using the above introduced mixtures were tested forecasting product durability. The results of the conducted research reveal that due to the properly selected ratio between sand and granite siftings in the fine aggregate, granite siftings may be used for manufacturing cleaved surface exterior concrete bricks.

Keywords: granite siftings, cleaved surface exterior concrete bricks, splitting strength, compressive strength, frost resistant.