



PETRAŠIŪNŲ DOLOMITO ATSIJŲ IR DOLOMITMILČIŲ TINKAMUMO ĮPRASTINIO SUNKIOJO IR SUSITANKINANČIO BETONO MIŠINIUOSE PRIELAIDOS

Vitoldas Vaitkevičius¹, Arminas Štuopys², Ernestas Ivanauskas³

Kauno technologijos universitetas, Studentų g. 48, LT-51367 Kaunas, Lietuva

El. paštas: ¹vitoldas.vaitkevicius@ktu.lt; ²arminas.stuopys@ktu.lt; ³ernestas.ivanauskas@ktu.lt

Įteikta 2010 06 14; priimta 2010 10 06

Santrauka. Šių eksperimentinių tyrimų tikslas – įvertinti šalutinio dolomito uolienos perdirbimo produkto 0/2 mm frakcijos atsijų ir jų malinio, vadinamo dolomitmilčiais, naudojimo galimybes betono technologijoje. Straipsnyje aptariamos įvardytų produktų iš dolomito naudojimo betono mišinyje prielaidos ir įvertinamos fizikinės, mechaninės bei technologinės prekinio ir technologinio betono su dolomito atsijomis savybės. Dolomito atsijų ir dolomitmilčių pucolaninės savybės per trumpalaikį cementinio akmens ar betono kietėjimo laikotarpį normalioje (kambario) temperatūroje nepasireiškė, todėl šiuos mineralinius priedus racionalu naudoti įprastiniuose betonuose tik kaip smulkaus užpildo (smėlio) ir iš dalies cemento pakaitalą. Maltų dolomito atsijų priedas nepadidina vandens kiekio normalaus tirštumo tešlai gauti, pagerina cementinio akmens porų struktūrą ir jo atsparumą šalčiui. Maltos dolomito atsijos sumažina įprastinėje temperatūroje kietėjusio cementinio akmens gniuždomąjį ir lenkiamąjį stiprį, tačiau nedidelis jų kiekis (iki 15–20 proc. cemento masės) gali būti rekomenduojamas susitankinančio ir kitokio smulkiagrūdžio betono mišinyje, nes cementinio akmens mechaninės savybės sumažėja šiuo atveju nedaug – apie 10–12 proc.

Reikšminiai žodžiai: dolomitas, Petrašiūnų karjeras, dolomito atsijos, dolomitmilčiai, pucolaninis aktyvumas, betonas, smulkus užpildas, gniuždomasis stipris.

1. Įvadas

Žinoma, kad skirtingo smulkumo dolomitas (jo skalδος gamybos atsijos, dirvoms kalkinti naudojamas malinys) gali būti naudojamas glaisto, statybinių klijų, sausųjų mišinių, trąšų, stogo dangų, asfalto gamyboje. Ši žaliava naudojama ir stiklo, net kosmetikos pramonėje ir katalitiniuose procesuose (Tsirambides 2001; Corella, Toledo, Padilla 2004). Tokios nerūdinės uolienos racionalus naudojimas leistų išplėsti ir betono mišinio žaliavų bazę, dolomito uoliena būtų perdirbama kompleksiskai, sunaudojant šiuo metu mažiau paklausius šalutinius jos perdirbimo produktus. Be to, tikėtina, kad platesnis jų naudojimo mastas leistų taupyti cementą, sumažinti aplinkos taršą dulkėmis.

Publikacijų apie įprasto ar susitankinančio betono savybių modifikavimą inertinėmis antrinėmis žaliavomis nėra daug, daugelio tyrėjų dėmesys skiriamas aktyviesiems (pucolaniniams) priedams. Manome, kad

ir dolomitas kartu su kitomis Lietuvoje randamomis ar importuojamomis uolienomis (klintimis, opoka, granitu, trepelium) gali būti panaudotas kaip mineralinis betono priedas (mikroužpildas). Tokių mineralinės ar technogeninės kilmės mikroužpildų bei aktyviųjų mineralinių priedų poreikis itin išaugo pradėjus diegti susitankinančio betono mišinius (Brameshuber 2002; Ludwig *et al.* 2001; Technical bulletin TB – 15-03 2005). Ši didelio takumo mišinį galima paruošti su didesniu cemento ir smulkaus smėlio kiekiu arba, kas yra racionalu, dalį cemento jame pakeisti smulkiu mineraliniu (technogeniniu) priedu (Ludwig *et al.* 2001). Tačiau cemento betono mišinyje sutaupysime, jei jis bus sumaišytas su tokio paties ar labai panašaus smulkumo mikroužpildais ar pucolaniniais priedais. Vis dėlto mokslinėje literatūroje galima aptikti teiginių, kad betono mišinyje racionalu naudoti ir plačiausiai paplitusių uolienų – dolomito, granito, ar klinčių – skal-

dos atsijas (Ho *et al.* 2001). Šios žaliavos dažniausiai nereaguoja su cemento hidratacijos produktais arba jų sąveika nepastebima. Į betono mišinius inertinių mikroužpildų dedama betono struktūrai pagerinti ir rišamajai medžiagai taupyti. Daugeliu atvejų apsiribojama inertinius mikroužpildus naudojant tik žemo ir vidutinio stiprumo betone (Reschke 2000; Ferraris, Obla, Hill 2001).

2. Darbo tikslai

Straipsnyje aprašytų eksperimentinių tyrimų tikslas – įvertinti (patikrinti) Petrašiūnų telkinio dolomito uolienos perdirbimo į skaldą subproduktų – 0/2 mm frakcijos dolomito atsijų ir jų malinio, dar vadinamo dolomitmilčiais, naudojimo galimybes betono technologijoje. Be to, rentgenografiniais dolomito atsijų, jų malinio (dolomitmilčių) ir jais modifikuoto cementinio akmens tyrimais siekta patikrinti hipotetinę dolomito sąveikos su cemento hidratacijos produktais galimybę, jais buvo įvertinta dolomito smulkiųjų frakcijų, taip pat tirpiųjų ir netirpiųjų uolienos komponentų cheminė (mineralinė) sudėtis, identifiкуotos uolienos priemaišos. Šiame straipsnyje aptariamos įvardytų produktų iš dolomito naudojimo betono mišinyje prielaidos ir įvertinamos fizikinės, mechaninės bei technologinės prekinio ir technologinio betono su dolomito atsijomis savybės (nesirišant prie konkrečios sudėties ar paskirties betono).

3. Žaliavos ir tyrimų metodika

Tyrimuose naudotos dolomito atsijos iš Petrašiūnų karjero (Pakruojo r., UAB „Dolomitas“), frakcija – 0/2 mm, vidutinis tankis – 2600 kg/m³, piltinis tankis – 1690 kg/m³, tuštumingumas – 39,1 proc., smulkiųjų kiekis (užterštumas dulkėmis ir molio dalelėmis) <4,9 %, savitasis paviršius, nustatytas Bleino prietaisu, – 1085 cm²/g. 0/2 mm frakcijos dolomito atsijų santykinis malamumas buvo lyginamas su kitos inertinės antrinės žaliavos – tokios pačios frakcijos granito atsijų malamumu. Ši inertinė medžiaga – granitinės skaldos perdirbimo atlieka – betono technologijoje naudojama retai. Abi medžiagos buvo malamos laboratoriniu rutuliniu malūnu (malimo kūnai – plieniniai rutuliai) vienodą laikotarpį. Dolomitmilčių ir laboratoriniu rutuliniu malūnu papildomai sumaltų dolomito atsijų fizikinės savybės buvo panašios: vidutinis tankis – 2600 kg/m³, piltinis tankis – 1210 kg/m³, tuštumingumas – 53,5 proc., savitasis paviršius po papildomo sumalimo – 3030 cm²/g ir 4070–4200 cm²/g.

Tyrimų pradžioje rentgenodifrakciniu ir granulometriais metodais buvo ištirta betono mišiniuose kol kas plačiau nenaudojamų dolomito skaldos smulkinimo atsijų ir šių dolomito atsijų malinio (dirvų rūgštingumui reguliuoti naudojamų dolomitmilčių) cheminė-mineralinė bei dalelių granulimetrinė sudėtis, įvertintos betono technologijoje svarbios fizikinės jų savybės (dalelių forma, savitasis paviršiaus plotas, paviršiaus būklė ir t. t.), įtaka cementinės tešlos ir cementinio akmens savybėms. Vėliau buvo suprojektuoti ir laboratorinėmis sąlygomis paruošti skirtingų technologinių bei stiprumo savybių betono mišiniai, iš jų suformuoti ir išbandyti bandiniai (100×100×100 mm matmenų kubai).

Rentgenografiniai naudotų žaliavų tyrimai buvo atlikti rentgenodifraktometru DRON-7, kurio antikatodas buvo varinis, filtras – iš nikelio, įtampa tarp rentgeno vamzdžių galų – 30 kV, anodinė srovė – apie 8 mA, diafragmos plyšelių plotis kito nuo 1,0 iki 0,01, bandinio sukimosi greitis 1–2°/min, rentgenogramų užrašymo greitis – 600 mm/min. Šiems tyrimams paruošėme po kelis dolomito pavyzdžius: smulkiųjų frakcijų dolomito dalelių (natūralios būsenos) ir druskos rūgštyje netirpią minėtų dolomito frakcijų dalį. Palyginimui rentgenografiniu metodu buvo ištirtos ir filtraciniuose Petrašiūnų karjero baseinuose susikaupusios dolomitinės skaldos plovimo atliekos (nuoplovos).

Visi rentgenografiniams tyrimams ruošti dolomito uolienos mėginiai buvo papildomai susmulkinti grūstuvėlyje, paskui iš šių miltelių paruošti analizuoti bandiniai. Be to, tos pačios dolomito uolienos frakcijos apie parą veiktos 10 proc. koncentracijos druskos rūgšties (HCl) tirpalu ir neištirpusi (neskilusi) paveiktos uolienos dalis surinkta ant filtravimo popieriaus. Druskos rūgštyje netirpias priemaišas žaliavose tyrėme neištirpusią dolomito dalį nuplovę distiliuotu vandeniu ir plaudami papildomai frakcionavę į stambiają (0,63/0,125 mm) bei smulkesniąją frakcijas. Abiejų frakcijų bandiniai buvo išdžiovinti ir papildomai susmulkinti grūstuvėliu, tada užrašytos jų rentgenogramos.

Nustatę vandens poreikį normaliai tirštumo tešlai gauti (pagal LST EN 196–3) tešlose su portlandcementu (savitasis paviršiaus plotas – 366 m²/kg) bei dolomito atsijų maliniu (420 m²/kg) ir vertindami maltų dolomito atsijų (dolomitmilčių) įtaką cementinio akmens mechaninėms savybėms, paruošėme cementinės tešlos (vandens ir cemento bei vandens ir kietųjų dalelių naudojant dolomito miltelius santykis V/C (V/K) = 0,266) bandinius. Dalyje jų cementas buvo keičiamas maltomis dolomito atsijomis (10, 20 ir 30 proc. cemento masės). Po 28 parų kietėjimo cementinio akmens ban-

dinėliai (po šešias 40×40×160 mm matmenų prizmelės) buvo išmatuotos, pasvertos, nustatytas cementinio akmens tankis bei gniuždomasis ir lenkiamasis stipris.

Betono su dolomito atsijomis ir dolomitmilčiais tyrimams buvo paruošti analogiški mišiniai, kuriuose cemento kiekis buvo po 420 kg/m³; V/C santykis – 0,39; stambus užpildas – žvirgždas, kito, tik smulkaus užpildo sudėtis – gamtinį smėlį skirtingu santykiu keitėme dolomito atsijomis. Šiuose tyrimuose buvo specialiai sumaišyti skirtingos konsistencijos mišiniai – slankumo klasės S2 ir standumo (Vebe) klasės – V2 (LST EN 12350-3). Iš jų suformuoti betono bandiniai buvo kietinami šutinimo kameroje, 50 °C temperatūroje, 10 valandų – panašus režimas taikomas kietinant technologinį betoną surenkamųjų gelžbetoninių konstrukcijų gamybos cechuose.

4. Dolomito atsijų bei dolomitmilčių sudėtis ir savybės

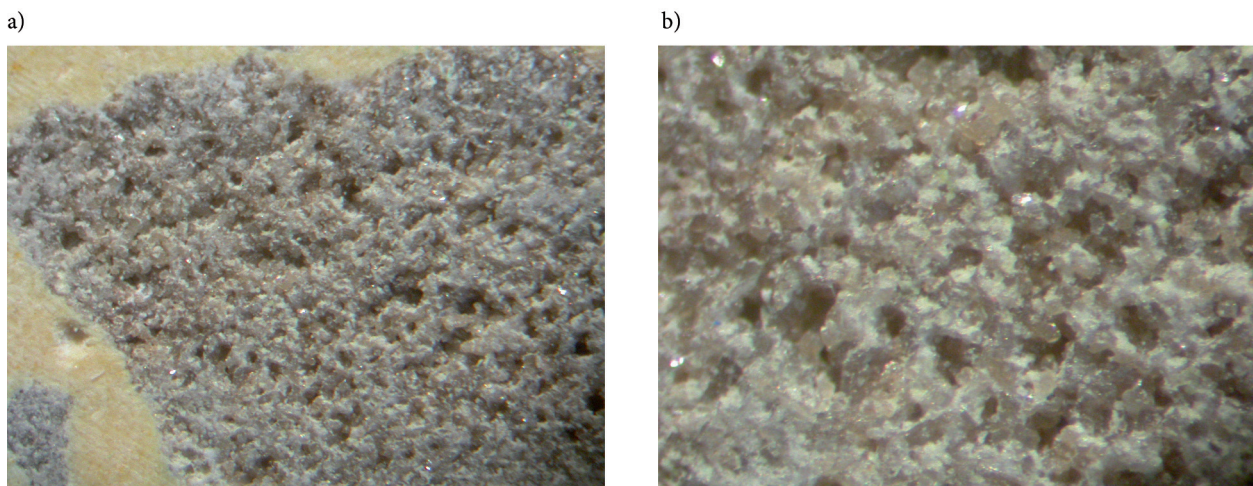
Kaip parodė dolomito dalelių ir jomis modifikuoto cementinio akmens bei betono apžiūra mikroskopu (1 pav.), jų paviršius yra itin nelygus, kriauklėtas ir porėtas, todėl gerai sukimba su cementiniu akmeniu. Tačiau pačios dalelės yra beveik taisyklingos, artimos kubinei ar net ovalinei formai, o briaunos jose – ne tokios aštrios (nuzulintos mechaniškai) nei granito ir kitokiose skaldos atsijose. Dėl šių paviršiaus ypatybių jos ne tik pagerina modifikuoto cementinio akmens mechanines fizikines savybes, bet ir beveik nepadidina vandens poreikio normalaus tirštumo tešlai gauti, o dėl

beveik optimalios dalelių formos neblogina mišinių reologinių savybių.

Stambiausiųjų frakcijų dolomito dalelių paviršiuje jau 20–40 kartų didinančiu optiniu mikroskopu galima išžiūrėti gelsvus intarpus – dalis geležingų mineralų jose yra išdūlėję ir limonitizuoti (virtę gelsvu geležies hidroksidu (Spry *et al.* 1996). Nors šiuos išdūlėjusius ir dar neoksiduotus geležingus mineralus (piritą, limonitą) galima koncentruoti, pavyzdžiui, susmulkintą dolomitą paveikus druskos rūgštimi, tačiau jų dalelės yra pernelyg smulkios (ypač atsijų malinyje) ir jų yra pernelyg mažai, kad keltų pavojų betonui kaip galimos destrukcijos šaltinis (Colleparidi, Ramachandran 1992; RILEM TC191-ARP 2005; Tagnit-Hamou *et al.* 2008).

0/2 mm frakcijos dolomito atsijų ir jų malinio (dolomitmilčių) rentgenodifrakcinės analizės rezultatai iš esmės nesiskiria. Jų rentgenogramos yra mažai informatyvios – dominuoja dolomito smailės, yra kvarcui ir lauko špatams priklausančių smailių (palyginti mažai), kitokioms priemaišoms priklausančios difrakcinės smailės nematomos (jas uždengia pagrindiniams mineralams priklausančios smailės).

Stambesnėse druskos rūgšties tirpalu apdorotose dolomito liekanose dominuoja piritas (FeS₂) ir kvarcas (2 pav.). Piritos dalelės, jei jos yra didesnės kaip 1,5–2,0 mm skersmens, betone ir skiedinyje vengtinės dėl šiam mineralui būdingo destrukcinio poveikio (RILEM TC191-ARP 2005), tačiau šiuo atveju jos buvo gana smulkios, <0,2 mm skersmens, todėl manome, kad didelio pavojaus betone nekeltų, galbūt lemtų tik vos pastebimus spalvos pokyčius (gerai žinoma, kad

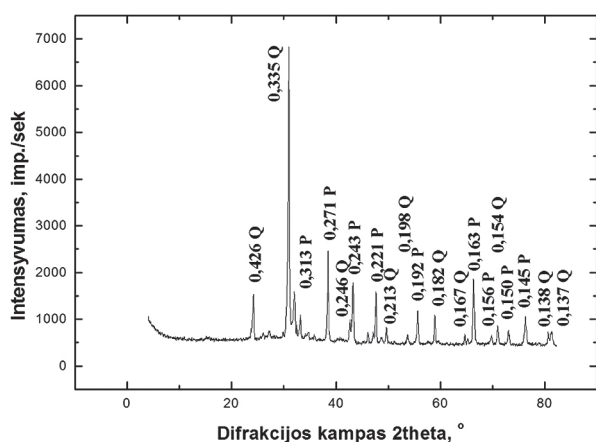


1 pav. Cementinio akmens ir dolomitinio užpildo kontaktinė zona: a – pilka spalva – porėtas dolomito dalelės paviršius, gelsva nuotraukos kraštuose – cementinis akmuo (padidinta 20 kartų); b – tos pačios dolomito dalelės paviršiaus struktūra (padidinta 30 kartų)

Fig. 1. The contact zone of cement paste and dolomitic aggregate: (a – a magnification of 20 times; the porous surface of a dolomite particle is coloured grey; cement paste is coloured light-yellow at the edges of the photo; b – the structure of the surface of the same dolomite particle (a magnification of 30 times)

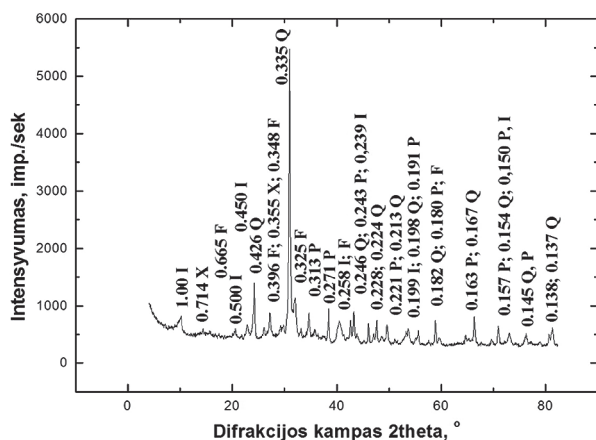
dolomite vyksta geležies junginių oksidacija, todėl jis gelsvėja) (Spry *et al.* 1996).

Smulkojoje druskos rūgštyje neištirpusioje dolomito frakcijoje (3 pav.) dominuoja kvarcas, yra piritas, mažiau – lauko špatų, molio mineralų (ilito, chlorito), labai mažai – neidentifikuotų junginių, spėjame, kad distiliuotu vandeniu neišplautų chloridų (smailės $d = 0,300$ ir $0,391$ nm). Tačiau šiuo metu nenaudojamos dolomito skaldos plovimo atliekose (nuoplovose – filtraciniuose laukuose nusistovėjusios uolienos pulpoje) molingos medžiagos kiekis yra dar didesnis (apie 6–8 proc.) ir nepastovus – panašus kaip Petrašiūnų



2 pav. Stambių druskų rūgštyje neištirpusių dolomito priemaišų rentgenograma: dominuoja kvarcas (Q) ir piritas (P), lauko špatų smailės – neintensyvios ir jų nedaug

Fig. 2. The XRD pattern of coarse dolomitic admixtures insoluble in hydrochloric acid: quartz (Q) and pyrite (P) are prevailing, only few peaks belonging to feldspar are of low intensity



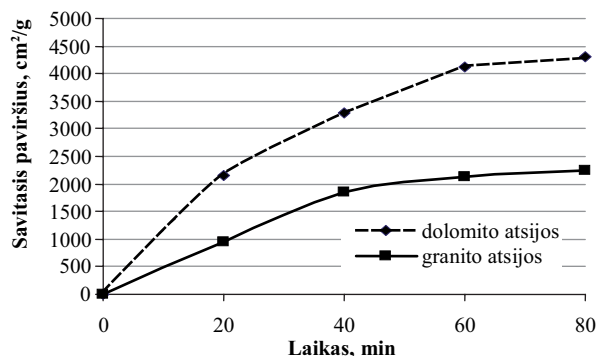
3 pav. Druskos rūgštyje netirpios smulkios dolomito dalies rentgenograma: dominuoja kvarcui (Q), piritui (P), molio mineralams ilitui (I), chloritui (X) priskirtinos smailės, lauko špatai (F)

Fig. 3. The XRD pattern of a fine part insoluble in hydrochloric acid: the peaks of quartz (Q), pyrite (P), clay minerals / illite (I), chlorite (X) and feldspar (F) are prevailing

karjero pirmojo horizonto uolienose. Šiose atliekose, be kvarco ir lauko špatų, yra ir kalcito priemaiša – tuo jos skiriasi nuo dolomito skaldos ir atsijų mineralinės sudėties. Dėl nepastovios mineralinės sudėties ir didelio užterštumo moliu šių atliekų betono mišiniuose naudoti negalima. Visų tirtų dolomito frakcijų (atsijų, jų malinio ir nuoplovų) molingą frakciją (dalelių dydis mažesnis nei $0,002$ mm) sudaro hidrožerutis (ilitas) ir labai nedaug (sprendžiant iš rentgenodifrakcinių kreivių intensyvumo – apie 10–20 kartų mažiau) chlorito. Toks itin smulkių molio mineralų dalelių kiekis dolomitui, kaip potencialiam betono / skiedinio smulkiam užpildui nepavojingas.

Geležies kristalinių mineralų – geležies hidroksido ar sulfidų rentgenogramose aptikta palyginti mažai (labai apytikriai iki 1–2 proc.). Geležies sulfidai (piritas ir t. t.) dolomito uolienoje išsidėstę retų intarpų ir koncentrijų pavidalu, todėl ir smulkiosiose uolienos frakcijose jų kiekis nepastovus, bet nereikšmingas.

Žinoma, kad pridėjus mikroužpildų arba aktyvių mineralinių priedų, padidėja cemento tešlos tūris, betono mišinys tampa paslankesnis, vienalytiškesnis (Guthardt 2002). Ruošiant susitankinančio betono mišinį, cemento tešlos tūris turi būti apie $320\text{--}370$ l/m³ arba sudaryti apie 40 % viso betono mišinio tūrio (Дросслер 2004). Tuomet nereikia pereikvoti cemento tarp betono užpildų esančioms tuštymėms užpildyti ir mišinio reologinėms charakteristikoms (sklidumui, takumui) pagerinti. Tačiau technologiniu požiūriu svarbu, kad šį mikroužpildą būtų lengva sumalti, t. y. malimas iki reikiamo smulkumo pareikalautų nedaug energijos, jis truktų kiek galima trumpiau. 0/2 mm frakcijos dolomito atsijų ir tos pačios frakcijos granito atsijų santykinio malamumo rodiklis – gauto malinio smulkumas – palygintas (4 pav.). Abi medžiagos buvo malamos vienodą laikotarpį – po 20, 40, 60 ir 80 min.



4 pav. Dolomito ir granito atsijų smulkumo priklausomybė nuo malimo trukmės

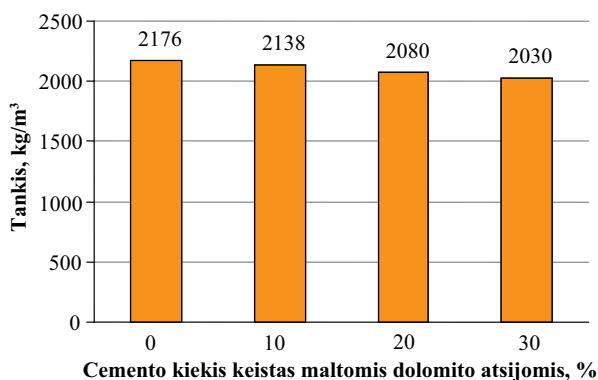
Fig. 4. Graph of the dolomite and granite screenings finesse dependence on the duration of the material milling

Iš tyrimų duomenų matyti, kad dolomitą sumalti yra kur kas lengviau nei granitinės skaldos atsijas. Jų optimalus malimo laikotarpis yra iki 40–50 min, malant ilgiau, malinio smulkumas beveik nedidėja: ilgesnis malimo laikotarpis tik padidintų elektros energijos suvartojimą nei suteiktų galimybę gauti smulkesnį mikroužpildą. Be to, vienodą laikotarpį maltų granito atsijų malinio smulkumas yra apie 1,5–2 kartus mažesnis nei dolomito. Dolomito atsijų malimo laikotarpis priklauso nuo norimo malinio smulkumo ir gali kisti gerokai plačiau (šiuo atveju optimalus būtų iki 60–65 min, nes malant ilgiau, dalelių savitasis paviršius padidėja nedaug). Todėl padarėme išvadą, kad dolomito atsijos malamos kur kas geriau nei granito. Toliaus tyrimams buvo pasirinktos maltos dolomito atsijos, kurių savitasis paviršiaus plotas buvo nuo 300 iki 420 m²/kg.

5. Maltų dolomito atsijų įtaka cementinio akmens ir betono savybėms

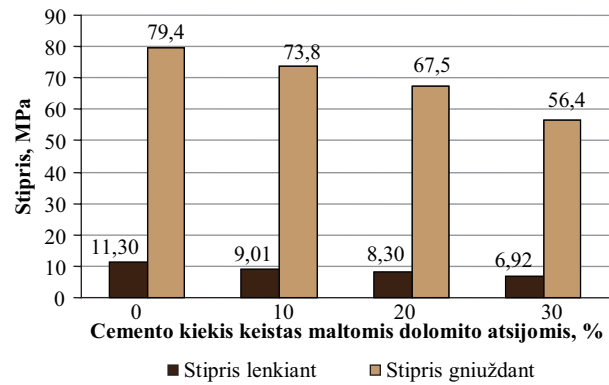
Vandens poreikis normaliai tirštumo tešlai vien tik su portlandcemenčiu ir dolomito atsijų maliniu gautas 26,6 proc. (cementui), o už cementą smulkesniam maltam dolomitui – 21,1 proc. Iš to sprendžiame, kad dolomito dalelėms drėkinti reikia mažiau vandens. Tikėtina, kad taip įvyksta dėl artimos optimaliai smulkiųjų dolomito dalelių formos ir mažesnio jų įgėrio.

Dolomito priedo įtaką cementinio akmens savybėms (tankiui gniuždant ir stipriui lenkiant) iliustruoja 5 ir 6 pav. Matyti, kad cementinio akmens tankis, didinant maltų dolomito atsijų kiekį, palyginti su cementinio akmens be dolomito priedo tankiu, sumažėja 1,7, 4,4 ir 6,7 proc. (kai maltų atsijų kiekis buvo atitinkamai 10, 20 ir 30 proc. cemento masės).



5 pav. Cementinio akmens tankio priklausomybė nuo maltų dolomito atsijų kiekio

Fig. 5. The dependence of cement paste density on the amount of the powdered dolomite screenings



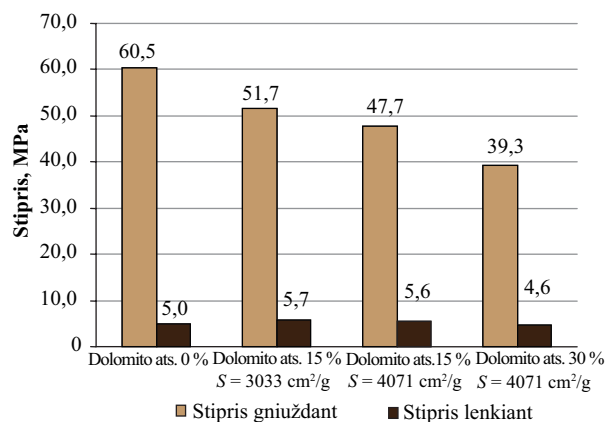
6 pav. Cementinio akmens stiprio priklausomybė nuo maltų dolomito atsijų kiekio

Fig. 6. The dependence of cement paste strength on the amount of the powdered dolomite screenings

Stipris gniuždant dėl malto dolomito priedo sumažėjo atitinkamai 7, 15 ir 29 proc. (šis sumažėjimas yra santykinai mažesnis už pridėto malto dolomito kiekį). Tiesa, stipris lenkiant sumažėjo kiek daugiau – 20, 26,5 ir beveik 39 proc.

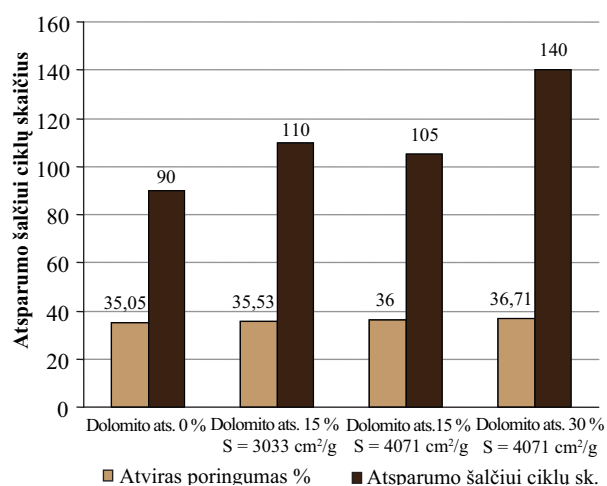
Iš šių rezultatų padarėme išvadą, kad maltas dolomitas neturėtų labai padidinti vandens poreikio betono mišinyje, o jo poveikis skiedinio ar betono technologinėms bei mechaninėms savybėms yra susijęs su cementinės tešlos tūrio padidiniu bei teigiama įtaka rišamosios medžiagos ir šių smulkiųjų užpildų mišinio granulimetrinei sudėčiai. Gera dolomito atsijų malinio savybė, kad jos nepadidina vandens kiekio normalaus tirštumo tešlai gauti, o cementinio akmens stiprį gniuždant sumažina santykinai mažiau nei pridėdama šio priedo. Kita vertus, santykiškai didesnis cementinio akmens stiprio lenkiant sumažėjimas rodytų, kad per palyginti trumpą laikotarpį (28 kietėjimo paras) dolomito pucolaninės (aktyviosios) savybės nepasireiškia – smulkiosios dolomito dalelės su cemento hidratacijos produktais nereaguoja ir papildomo rišklio kiekio betone nesudaro. Šie rezultatai prieštarautų kai kuriems duomenims literatūroje (Deng, Tang 1993; Spry, Gan, Cody 1996; Ho, Sheinn, Ng, Tam 2001), tačiau tokius prieštaravimus aiškintume dolomito uolienu mineralinės sudėties skirtumais bei trumpu cementinio akmens kietėjimo laikotarpiu mūsų tyrimuose.

7 pav. pateikti cementinio akmens stiprio kitimo rezultatai, kai dalis portlandcemenčio pakeičiama maltomis dolomito atsijomis. Cementą keičiant maltomis dolomito atsijomis, cementinio akmens stipris gniuždant mažėja tiek didinant maltų dolomito atsijų kiekį, tiek didinant jų smulkumą. Lenkiamasis cementinio akmens stipris, kai maltų atsijų buvo pridėta 15 proc., nežymiai (apie 10–12 proc.) padidėjo. Gali būti, kad taip



7 pav. Cementinio akmens stiprio priklausomybė nuo maltų dolomito atsijų kiekio ir smulkumo. Bandiniai kietinti 50 °C temperatūroje

Fig. 7. The dependence of cement paste strength on the amount and finesse of the powdered dolomite screenings. The specimens were cured at a temperature of 50 °C

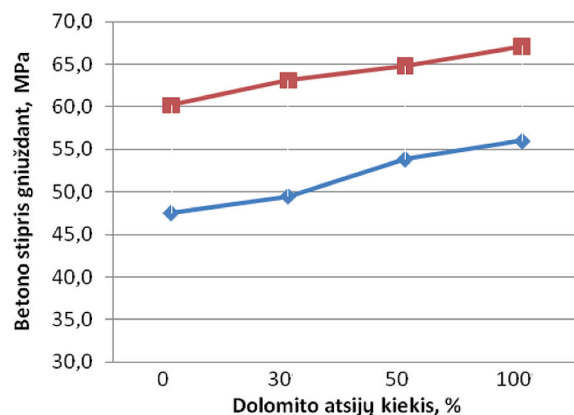


8 pav. Cementinio akmens hipotetinė atsparumo šalčiui priklausomybė nuo maltų dolomito atsijų kiekio, nustatyta pagal bandinių vandens įgėrio kinetiką (Шейкин, Добшиц 1989)

Fig. 8. The causal relationship between the hypothetical freezing–thawing resistance of cement paste and the amount of the powdered dolomite screenings. Freezing–thawing resistance was established after investigation into the water sorption kinetic of the samples (Шейкин, Добшиц 1989)

įvyko ir dėl aukštesnėje temperatūroje pasireiškusių dolomito ir cemento hidratacijos produktų sąveikos.

Tačiau, sprendžiant iš cementinio akmens porėtumo parametrų (santykinio porų skersmens ir pasiskirstymo, dominuojančių porų pobūdžio, atvirų ir uždarytų porų santykinio kiekio ir t. t.), nustatytų pagal gerai žinomas metodikas (Шейкин, Добшиц 1989), didėjant smulkiai malto dolomito atsijų kiekiui, cementinio akmens, o kartu ir betono atsparumas šalčiui turėtų kiek padidėti (8 pav.). Tai galima paaiškinti didėjančiu



9 pav. Betono stiprio priklausomybė nuo santykinio dolomito atsijų (frakcija 0/2 mm) kiekio ir mišinio konsistencijos

Fig. 9. The dependence of concrete compressive strength on the amount and mixture consistency of relative dolomite screenings (fraction 0/2 mm)

uždarytų porų kiekiu bei kitais teigiamais pokyčiais betono (cementinio akmens) porų struktūroje.

Betono su dolomito atsijų priedu fizikines ir mechanines savybes reprezentuoja jo gniuždomojo stiprio priklausomybė nuo santykinio dolomito atsijų ir įprastinio smėlio kiekio (9 pav.). Jos nustatytos bandinius suformavus iš skirtingos konsistencijos (slankaus ir standaus) betono mišinio, kuriame dolomito atsijomis buvo pakeistas skirtingas smėlio kiekis.

Gauti rezultatai rodo, kad dolomito atsijos gali būti smėlio – smulkaus betono užpildo – pakaitalu. Visą smėlį pakeitus 0/2 mm frakcijos dolomito atsijomis, pagrindinių betono mechaninių savybių jos neblogina, stiprio gniuždant rezultatai net geresni už betono, tik su smulkiuoju smėlio užpildu. Ši tendencija būdinga standiems ir slankiems betono mišiniams.

6. Išvados

1. Dolomito atsijos ir jų malinys (dolomitmilčiai) yra pastovios mineralinės sudėties, jose dominuoja dolomitas, yra kvarco ir lauko špatų bei nedidelis (iki 1 proc.) kitų priemaišų (geležingų ir molio mineralų) kiekis. Pastarųjų priemaišų dalelės labai smulkios ir cementinio akmens (skiedinio, betono) savybėms didelės įtakos neturi.
2. Dolomito atsijų ir jų malinio (dolomitmilčių) pucolaninės savybės per trumpalaikį cementinio akmens ar betono kietėjimo laikotarpį normalioje (kambario) temperatūroje nepasireiškia, todėl šiuos mineralinius priedus racionalu naudoti įprastiniuose betonuose tik kaip smulkaus užpildo (smėlio) ir iš dalies cemento pakaitalą. Tikėtina, kad aukštesnėje

- temperatūroje (per 50 °C), dolomito malinys gali pasireikšti kaip silpnas pucolaninis priedas, tačiau tam patvirtinti reikėtų atlikti detalesnius tyrimus.
3. Dolomito atsijos, kai jomis pakeičiamas smėlis (arba dalis smėlio), iki 12 proc. padidina betono gniuždomąjį stiprį. Tai sietina su mišinio granulometrinės sudėties pagerinimu – jame padaugėja smulkiųjų (0,063–0,250 mm) frakcijų, gaunama tankesnė betono struktūra.
 4. Dolomito atsijoms sumalti iki cemento smulkumo naudojama gerokai mažiau energijos, nei tam reikėtų naudojant granito skaldos atsijas. Be to, tokio malinio smulkumą lengva reguliuoti keičiant malimo trukmę, todėl dolomito atsijos yra perspektyvi betono mikroužpildų gamybos žaliava.
 5. Maltų dolomito atsijų priedas nepadidina vandens kiekio normalaus tirštumo tešlai gauti, pagerina cementinio akmens porų struktūrą ir, sprendžiant pagal vandens įgėrio kinetiką, padidėjusį uždarų porų kiekį, jo atsparumą šalčiui. Maltos dolomito atsijos sumažina įprastinėje temperatūroje kietėjusio cementinio akmens stiprį gniuždant ir laukiant, tačiau nedidelis jų kiekis (iki 15–20 proc.) gali būti rekomenduojamas susitankinančio ir kitokio smulkiagrūdžio betono mišinyje, nes cementinio akmens mechaninės savybės sumažėja šiuo atveju nedaug – apie 10–12 proc.

Literatūra

- Brameshuber, W. 2002. *Selbstverdichtender Beton*. 67 S.
- Collepari, M.; Ramachandran, V. S. 1992. Effect of Admixtures, in *Proceedings of the 9th International Congress on the Chemistry of Cement*, India, Vol. 1: 529–570.
- Corella, J.; Toledo, J. M.; Padilla, R. 2004. Olivine or dolomite as in-bed additive in biomass gasification with air in a fluidized bed: which is better? *Energy Fuels* 18(3): 713–720. doi:10.1021/ef0340918
- Deng, M; Tang, M. S. 1993. Mechanism of dedolomitization and expansion of dolomitic rocks, *Cement and Concrete Research* 23(6): 1397–1408. doi:10.1016/0008-8846(93)90077-M
- Ferraris, C. F; Obla, K. H; Hill, R. 2001. The influence of mineral admixture on the rheology of cement paste and concrete, *Cement and Concrete Research* 31(2): 245– 255. doi:10.1016/S0008-8846(00)00454-3
- Guthardt, W. 2002. Selbstverdichtender Beton – Innovation am Beispiel, *Beton-Information Spezial* 3: 56–59.
- Ho, D. W. S; Sheinn, A. M. M; Ng, C. C; Tam, C. T. 2001. The use of quarry dust for SCC applications, *Cement and Concrete Research* 32: 505–511. doi:10.1016/S0008-8846(01)00726-8
- Ludwig, H; Weise, W; Hemrich, N. 2001. *Selbstverdichtender Beton-Grundlagen und Praxis*. Betonwerk+Fertigtel-Technik. Vol. 6. 59 p.
- Reschke, T. 2000. *Der Einfluss der Granulometrie der Feinstoffe auf die Gefügeentwicklung und die Festigkeit von Beton*. Dissertation, Bauhaus-Universität Weimar Schriftenreihe der Zementindustrie, Heft 62.
- RILEM TC191-ARP. 2005. AAR-7 International Specification to Minimize Damage from Alkali Reactions in Concrete.
- Spry, P. G; Gan, G. L; Cody, R. D. 1996. The formation of rims on dolomite aggregate in iowa highway concrete, in *Semisequicentennial Transportation Conference Proceedings*, 15–23.
- Tagnit-Hamou, A; Saric-Coric, M; Rivard, P. 2008. Internal deterioration of concrete by the oxidation of pyrrhotitic aggregates, *Cement and Concrete Research* 35(1): 99–107. doi:10.1016/j.cemconres.2004.06.030
- Tsirambides, A. 2001. Industrial applications of the dolomite from Potamia, Thassos Island, N. Aegean Sea, Greece, *Materials and Structures* 34(2): 110–113. doi:10.1007/BF02481559
- Дросслер, К. 2004. Самоуплотняющийся бетон: производство, укладка и ценовая эффективность на практическом опыте [Drossler, K. Self-compacting concrete: manufacture, laying and cost-effectiveness under practical usage], *Международное бетонное производство* 1: 64–67.
- Шейкин, А. Е.; Добшиц, Л. М. 1989. Цементные бетоны высокой морозостойкости [Sheikin, A. E.; Dobshic, L. M. Cement concrete of high freezing – thawing resistance]. Ленинград: Стройиздат.

PRECONDITIONS FOR THE APPLICATION OF PETRAŠIŪNAI QUARRY DOLOMITE SCREENINGS AND DOLOMITE POWDER IN CONVENTIONAL AND SELF-COMPACTING CONCRETE MIXES

V. Vaitkevičius, E. Ivanauskas, A. Štuopys

Abstract. The objective of these experimental studies is to evaluate (verify) the possibility of applying by-products (0/2 mm fraction dolomite screenings or dolomite powder) obtained in the process of producing crushed dolomite from Petrašiūnai dolomite quarry rocks in concrete technology. A rational application of this material expands the range of concrete mix aggregates and provides an integrated use of dolomite rock by consuming less attractive by-products of dolomite processing. The article discusses the possibilities of using the above introduced dolomite by-products in concrete applications and gives a preliminary assessment of physical, mechanical and technological characteristics of commercial and technological concrete with dolomite screenings. 0/2 mm fraction dolomite screenings from Petrašiūnai dolomite quarry with an average density of 2600 kg/m³, a bulk density of 1690 kg/m³, a bulk porosity of 39.1%, fine particle content (contamination with dust and clay

particles) of < 4,9%, a specific surface of 1085 cm²/g determined by Blaine tester were used for experimental study. The physical characteristics of dolomite powder and dolomite screenings additionally crushed in a lab ball mill were similar: an average density of 2600 kg/m³, a bulk density of 1210 kg/m³, a bulk porosity of 53,5% and a specific surface after additional milling of 3030 cm²/g and 4070...4200 cm²/g respectively. Dolomite particles have a rough, **conchoidal and porous surface, however, their form is close to cubic or even oval while their edges are less sharp (mechanically grated)** compared to granite or other crushed stone screenings. Therefore, dolomite particles bond very well with cement stone and almost do not increase water demand for producing a paste of normal consistency and do not weaken the rheological properties of the mixes. Dolomite screenings or dolomite powder from Petrašiūnai quarry have stable mineral composition, but the XRD patterns of rock provide little information: although dolomite peaks are prevailing, quartz and feldspar peaks can also be noticeable. Moreover, ferrous minerals (pyrite, limonite) are present in dolomite, nevertheless, so few particles of these impurities are so small (< 0.2 mm in diameter) that they pose no risk of the potential destruction of concrete. Energy consumption of crushing dolomite screenings to reach the fineness of cement particles is much lower compared to crushing granite screenings. The crushed granite screenings are 1.5–2 times finer compared to the fineness of dolomite screenings crushed for the same time. Besides, the fineness of carbonate rock powder can be easily adjusted by changing crushing time. Therefore, dolomite screenings is a very perspective raw material for producing concrete micro-aggregates. No pozzolanic behaviour of dolomite screenings and dolomite powder during the short-term curing of cement stone or concrete under normal (room) temperature conditions were observed, and therefore a rational application of these mineral admixtures in conventional concretes would be only as substitutes for fine aggregate (sand) and only partly for cement. Most probably, dolomite powder can behave as a weak pozzolanic admixture at higher temperatures (above 50 °C); however more detailed studies are required to prove this supposition. The powdered dolomite admixture does not increase water demand for obtaining the paste of normal consistency but improves the structure of cement stone pores and frost resistance. The crushed dolomite screenings reduce the compressive and bending strength of concrete cured under ordinary temperature conditions; however, a small content of these admixtures (up to 15 ÷ 20 per cent of cement mass) can be recommended for self-compacting concrete and other fine-grained concrete mixes because the deterioration of the mechanical characteristics of cement stone is insignificant, i.e. about 10 ÷ 12 per cent. Dolomite screenings substituting for sand (or a part of sand) in conventional Portland cement concrete improve the granular composition of the mix, increase the content of fine (0.063 ÷ 0.25 mm) fractions and grow in the compressive strength of such concrete by 12 per cent. Such concrete has a better structure dominated by closed pores. Therefore, fine aggregate from dolomite screenings (or with them) is recommended for Portland cement mixes or cement grouts.

Keywords: dolomite, Petrašiūnai quarry, dolomite screenings, powdered dolomite, pozzolanic activity, concrete, fine aggregate, compressive strength.

Vitoldas VAITKEVIČIUS. Assoc. Prof., the Head of the Department of Building Materials at Kaunas University of Technology (KTU). Research interests: high strength and ultra-high strength concrete, the use of secondary raw materials in concrete technology.

Ernestas IVANAUSKAS. Assoc. Prof. at the Department of Building Materials at Kaunas University of Technology (KTU). Research interests: self-compacting concrete, the use of secondary raw materials in building trade, nanotechnology in concrete technology.

Arminas ŠTUOPYS. A researcher at the Department of Building Materials at Kaunas University of Technology (KTU). Research interests: fibre – reinforced concrete, concrete admixtures, historical building materials.