

MAKROSTRUKTŪRINIAI BETONO BANDINIŲ,
PAGAMINTŲ NAUDOJANT BETONO ATLIEKAS, TYRIMAIOlga Finoženok¹, Rimvydas Žurauskas²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹olga.finozenok@vgtu.lt; ²rimvydas.zurauskas@vgtu.lt

Santrauka. Statybinės atliekos Lietuvoje dažniausiai naudojamos keliams tiesti. Iš susidarančių statybinių atliekų 78 % sudaro betono atliekos, naudotos plytos ir čerpės. Betono atliekos galėtų būti naudojamos kokybiškų dirbinių gamyboje. Darbe atliktas betono bandinių, pagamintų naudojant stambiuosius užpildus iš betono atliekų, pjūvio tyrimas, apskaičiuoti kiekvienos sudėtinės fazės užimami plotai.

Reikšminiai žodžiai: normalusis betonas, griovimo atliekos, betono atliekos, kartotinai naudotas užpildas.

Įvadas

Griovimo ir statybos atliekas sudaro medienos, betono, plytų ir blokų, gipso, metalų, asfaltbetonio, plastikų, stiklo ir pakuočių atliekos. Šių atliekų kiekiai skirtinguose regionuose ir šalyse yra skirtingi. Vienuose regionuose didžiąją dalį atliekų sudaro medienos atliekos, kituose – betono atliekos. Atliekų kiekiai skiriasi priklausomai nuo tuose regionuose buvusių statybos tradicijų ir šalies gamtinių išteklių. Pagrindinė griovimo atliekų tvarkymo problema – tai jų rūšiavimas. Tik išrūšiuotos atliekos gali būti naudojamos kokybiškiems produktams gaminti.

Pastarajame dešimtmetyje intensyviai pradėtos spręsti betono atliekų perdirbimo problemos. Perdirbamo betono ir griovimo atliekų kiekiai atskirose šalyse gerokai skiriasi. Pavyzdžiui, Taivanyje (Hsiao *et al.* 2002) 2002–2009 m. šių atliekų perdirbimo mastas, siekiant išvengti sąvartynų perkrovimo, turėjo išaugti nuo 50 % iki 100 %. Kitas tyrėjas iš Honkongo (Tam 2009) pažymi, kad betono atliekų iš bendro griovimo atliekų kiekio tame regione susidaro iki 70 %, tad naudoti šias atliekas yra labai aktualu.

Trupintų betono atliekų naudojimas pasaulyje yra tiriamas. Ištirta, kad jos gali būti naudojamos ne tik kaip skalda keliams tiesti, bet ir betoninėms grindinio trinkelėms gaminti (Poon, Chan 2007). Tačiau tyrėjai pateikia ir rekomendacijų, pagal kurias kiekviena šalis turėtų atlikti tyrimus ir nustatyti sąlygas, kuriomis remiantis trupintos betono atliekos būtų naudojamos naujų gaminių gamybai, nes kiekvienoje šalyje gaminiai gali būti veikiami skirtingų aplinkos poveikių.

Statybinės atliekos Lietuvoje dažniausiai naudojamos keliams tiesti kaip antrinė skalda. Šių atliekų sudėtis pri-

klauso nuo griauamo pastato tipo ir naudojamų griovimo technologijų. Morališkai ir konstrukciškai susidėvėjusių pastatų griovimo atliekas sudaro betonas, mediena, metalai, gipskartonis, tepalai, cheminės medžiagos ir stogo dangos (betono atliekos, plytos ir čerpės sudaro 78 % atliekų (Uselytė *et al.* 2007). Nebaigtų statyti pastatų griovimo atliekas sudaro betonas ir metalai. Šiuo metu antrojo tipo (neeksploatuotų) griauamų pastatų Lietuvoje yra tiek pat kiek ir pirmojo tipo. Šie pastatai – tai visuomeniniai karkasiniai pastatai, kurių statyba dėl vienu ar kitu priežasčių nebuvo baigta ir jie yra griaujami (1 pav.). Griovimo darbų technologinės operacijos yra šios: konstrukcijų trupinimo darbai, sutrupintų atliekų rūšiavimas, metalų atskyrimas, pirminis sijojimas, smulkinimas, antrinis metalų atskyrimas, sijojimas.



1 pav. Dar neeksploatuoto pastato griovimo darbai

Fig. 1. Demolition works of non-commissioned building

Europoje 1/3 antrinės skaldos pagaminama stacionariuose įrenginiuose specialiai įrengtose aikštelėse ir 2/3 – mobiliuosiuose įrenginiuose statybvietėse. Remiantis galimybių studija, parengta UAB „Ekokonsultacijos“ (Uselytė *et al.* 2007), statybinių atliekų perdirbimas Lietuvoje nuo 2002 m. iki 2006 m. išaugo 8 kartus, ir tai sudarė 50 % atliekų. 2007 m. (Uselytė *et al.* 2008) statybose Lietuvoje susidarė apie 700 tūkst. t statybos atliekų, o perdirbta apie 470 tūkst. t. Tačiau pastaraisiais metais apmirus nekilnojamojo turto rinkai ir sustojus naujų pastatų statybos darbams, liko 30–50 % neatiduočių eksploatuoti pastatų su nebaigtu pastatų karkasu. Šie pastatai, atsigavus rinkai, gali būti griaujami, tokiu atveju susidarys didelis kiekis kitu statybos lauzu neužterštų betono ir metalo atliekų.

Kaip vieną iš įmonių pavyzdžių Lietuvoje, kuri perdirba statybos atliekas, galima išnagrinėti UAB PN „Lina“. 2009 m. įmonė pardavinėjo vartotojams tokią produkciją, pagamintą iš statybinių atliekų: betono skaldą ir plytų-betono skaldą (0–16, 8–32, 16–45, 32–45, 0–45 mm frakcijų), taip pat trupintas smulkias betono ir plytų-betono 0–5 mm frakcijos daleles. Ši produkcija gaminama mobiliuosiuose smulkintuvuose, veikia linija konteinerinėms atliekoms rūšiuoti. Pagrindiniuose Vilniaus, Kauno ir Klaipėdos regionuose veikia ir kitos panašaus tipo statybos atliekų perdirbimo įmonės.

Pagal 2008-11-19 patvirtintą Europos Parlamento ir Tarybos direktyvą 2008/98/EB iki 2020 m. nustatytos tokios su statybinėmis atliekomis susijusios atliekų perdirbimo užduotys: mažiausiai 70 % nepavojingų statybos ir griovimo atliekų turi būti paruošiamos kartotinai naudoti ir perdirbti. Pagal antrinių žaliavų perdirbimo plėtros prioritetus ir priemones, skirtas 2009–2013 metams, turi būti kuriamos produktų iš antrinių žaliavų rinkos, teikiama parama antrinių žaliavų rūšiavimo, plovimo, perdirbimo projektams teikiant prioritetą aukštos kokybės perdirbimo pajėgumams sukurti ir esamiems pajėgumams tobulinti.

Remiantis nustatytais prioritetais, Lietuvoje reikėtų kurti, tirti ir populiarinti naujus produktus, pagamintus iš statybinių atliekų. Šiuo metu produktai iš statybinių atliekų naudojami tik keliams tiesti, tačiau šias atliekas galima perdirbti ir naudoti tinkamos kokybės gaminiams gaminti. Remiantis šiais prioritetais ir buvo atliktas šis tiriamasis darbas.

Naudotos medžiagos

Tiriamąjį darbo metu gaminant betoną buvo naudotos tokios žaliavos:

Cementas: klinties portlandcementis CEM II/A-L 42,5 N, kuris atitinka LST EN 197-1 standarto reikalavimus.

Šis cementas yra vidutiniškai aliuminatinis, jo fizikinės ir mechaninės savybės pateiktos 1 lentelėje.

Smulkusis užpildas: natūralus smėlis, kurio maksimalus dalelių dydis mažesnis nei 5 mm, piltinis tankis – 1,64 g/cm³, dalelių tankis – 2,41 g/cm³, stambumo modulis – 2,1.

Stambusis užpildas: žvirgždo skalda ir naudotos trupintos betono atliekos. Pagrindinės šių medžiagų charakteristikos pateiktos 2 lentelėje. Trupintos betono atliekos vaizduojamos 2 pav.

1 lentelė. Cemento fizikinės ir mechaninės savybės

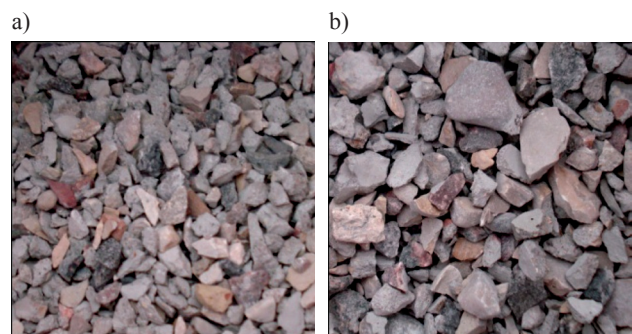
Table 1. Physical-mechanical properties of the cement

Parametras	Vertė
Ankstyvasis stipris gniuždant po 2 parų, N/mm ²	21
Standartinis stipris gniuždant po 28 parų, N/mm ²	47
Rišimosi pradžia, min.	155
Rišimosi pabaiga, min.	288
Savitasis paviršius, cm ² /g	3100
Dalelių savitasis tankis, g/cm ³	2,75
Piltinis tankis, g/cm ³	1,02

2 lentelė. Stambaus užpildo charakteristikos

Table 2. Characteristics of coarse aggregate

Stambusis užpildas	Parametras ir jo vertė		
	piltinis tankis, g/cm ³	dalelių tankis, g/cm ³	tuštymėtumas, %
Žvirgždas 5–10 mm	1,44	2,47	42
Žvirgždas 10–20 mm	1,43	2,42	41
Betono atliekos 5–10 mm	1,10	2,03	46
Betono atliekos 10–20 mm	1,13	2,26	50



2 pav. Trupintos betono atliekos: a – 5–10 mm frakcijos; b – 10–20 mm frakcijos

Fig. 2. View of crushed concrete waste: a – 5–10 mm fraction; b – 10–20 mm fraction

Mikroužpildas: trupintos betono atliekos, kurių dalelių dydis mažesnis kaip 0,125 mm, didžioji šio užpildo dalis išbrya per sietą, kurio akelių dydis – 0,063 mm, jų liko <10 % pagal LST EN 12620:2003+A1:2008. Mikroužpildo piltinis tankis – 0,95 g/cm³, dalelių tankis – 2,13 g/cm³.

Tiriamųjų mišinių sudėtys

Tiriamąjį darbu metu buvo sumaišyti trys betono mišiniai, kurių žymenys – A, B, C. Betono sudėtis apskaičiuota pagal žaliavų charakteristikas dažniausiai taikomu tūrių metodu, aprašytu literatūroje. Betono mišinių sudėtys pateiktos 3 lentelėje. Pasirinkta betono gniuždomojo stiprio klasė – C30/37, slankumas – 3 cm.

Darbe buvo naudojami stambūs užpildai, kurių dalelių dydis – 5–20 mm, trečiame betono mišinyje (C) stambiuoju užpildu buvo trupintas žvirgždas, pirmame (A) – trupinto žvirgždo ir trupintų betono atliekų mišinys, trečiame (B) – tik trupintos betono atliekos. Sudarant mišinį iš žvirgždo skaldos ir trupintų betono atliekų (A) buvo vadovautasi optimaliu mišinio frakcijų santykiu: kai naudojamos dvi mišinio frakcijos ir didžiausias leistinasis stambaus užpildo dalelių skersmuo – 20 mm, tai 5–10 mm frakcijos užpildo kiekis mišinyje 35 %, o 10–20 mm frakcijos – 65 %.

Betono atliekos buvo sutrupintos žiauniniu trupintuvu ir išsijotos laboratoriniais sietais. Buvo atskirtos frakcijos, priklausančios stambiesiems užpildams, smulkiesiems užpildams ir mikroužpildams. Darbe buvo naudojamos trupintos betono atliekos, kurių dalelės didesnės kaip 5 mm, ir betono atliekų dalelės, kurios priklauso mikroužpildų grupei. Mikroužpildu mišinyje C buvo pakeisti 8 % cemento masės. Pagal LST 1577:1999 mikroužpildo ir CEM II A portlandcemenčio masių santykis neturi viršyti 15 %, šiame darbe buvo pasirinkta įdėti pusę šio kiekio.

Visi betono mišiniai buvo maišomi laboratorijoje rankiniu būdu. Pagamintas reikiamos konsistencijos betono mišinys buvo sudedamas į formas. Bandiniai buvo tankinami vibruojant ant laboratorinės vibracinės aikštelės apie 1 min. Bandiniai formose kietėjo 24 h, paskui išimti iš formų bandiniai buvo panardinti į (20±2) °C temperatūros vandenį pagal

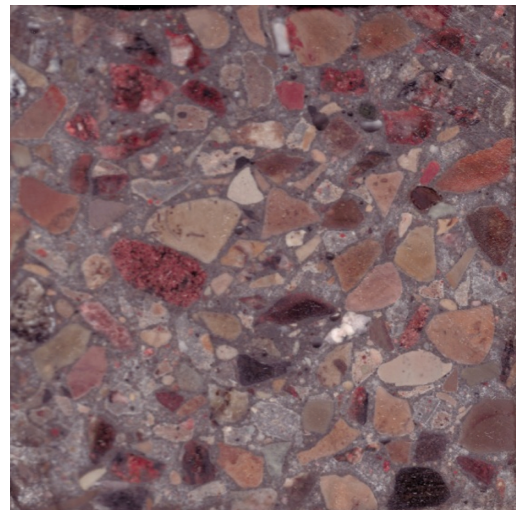
LST EN 12390-2. Vandenyje jie buvo laikomi 27 paras. Iš laboratorijos sąlygomis pagamintų trijų betono partijų buvo atrinkta po penkis bandinius (100×100×100 mm).

Tyrimo metodikos

Vaizdų kūrimo programa buvo ištirtas nuskenuotas bandinių, pažymėtų žymenimis A, B ir C, vaizdas. Jis nuskenuotas 800dpi vaizdo kokybe. Vaizdams kurti naudota *Adobe Photoshop CS2* programa, kuria skirtingomis spalvomis pavaizduotos šios fazės: balta – poros, šviesiai pilka – cemento akmuo su smulkusiais užpildais, tamsiai pilka – cemento akmuo su smulkiais užpildais iš trupintų betono atliekų ir juoda – stambusis užpildas iš trupintų betono atliekų (uolienos). Naudojant programinę įrangą apskaičiuoti kiekvienos spalvos užimami plotai.

Tyrimų rezultatai

Žymeniu A, B ir C pažymėti betono kubeliai (100×100×100 mm), pagaminti naudojant betono atliekas, po 28 parų kietėjimo buvo perpjauti ir atliktas jų vizualinis sudėtinių medžiagų atpažinimas. Žymeniu A pažymėto perpjauto kubelio vaizdas po skenavimo pateiktas 3 pav.



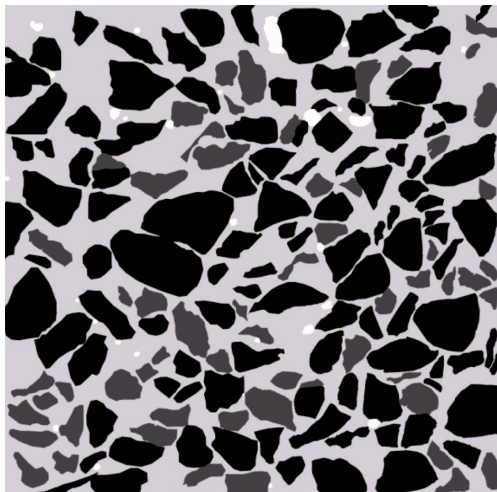
3 pav. Betono bandinio, pažymėto žymeniu A, vaizdas
Fig. 3. View of concrete sample A

3 lentelė. Betono mišinių A, B ir C sudėtys

Table 3. Composition of concrete mixtures A, B and C

Betono žymuo	Sudėtis						
	cementas, kg/m ³	stambusis užpildas, kg/m ³		smulkusis užpildas, kg/m ³	vanduo, l/m ³	mikroužpildas, kg/m ³	V/C
		betono atliekos	žvirgždas				
A	440	408	758	356	189	–	0,43
B	440	991	–	556	189	–	0,43
C	405	–	1288	356	189	35	0,47

Kompiuterinės grafikos programa atliktas nuskenuoto vaizdo tyrimas. Atskiros fazės, sudarančios bandinį, išskirtos skirtingomis spalvomis. Bandinio vaizdas pateiktas 4 pav.



4 pav. Betono bandinio, pažymėto žymeniu A, vaizdas: balta spalva pažymėtos poros; šviesiai pilka – naujai susidaręs cemento akmuo su smulkiuoju užpildu; tamsiai pilka ir juoda – betono atliekos (tamsiai pilka – cemento akmuo su smulkiaisiais užpildais ir juodai – stambieji užpildai)

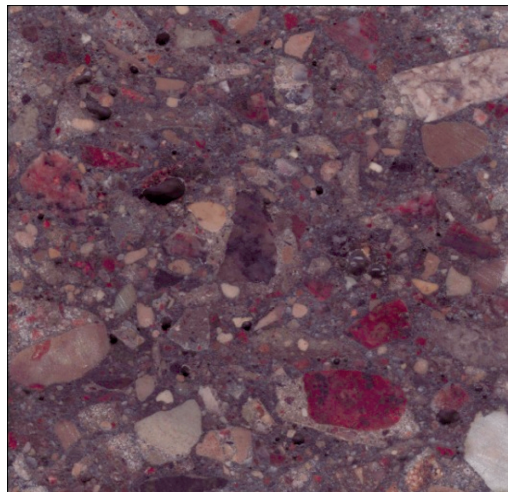
Fig. 4. View of concrete sample A: white colour is used to indicate pores; light grey – newly created cement stone with fine aggregate; dark grey and black – concrete waste (dark grey – cement stone with fine aggregates and black – coarse aggregates)

Naudojant specialiuosius *Adobe Photoshop CS2* programos efektus, apskaičiuota, kiek ploto užima kiekviena spalva. Nustatyta, kad 4 pav. balta spalva pažymėtosios poros užima 0,81 % (pažymėtosios ir į skaičiavimus įtrauktos tik tos poros, kurių skersmuo $\geq 0,9$ mm), šviesiai pilka spalva pažymėtasis cemento akmuo užima 45,21 % ir tamsiai pilka bei juoda spalva pažymėtasis stambusis užpildas iš trupintų betono atliekų – 53,98 % (juoda spalva pažymėti stambieji užpildai sudaro 41,83 %, o tamsiai pilka – tai senas trupintas cemento akmuo su smulkiaisiais užpildais – 12,15 %).

5 pav. matyti, kaip pasiskirsčiusios trupintos betono atliekos bandinyje. Vizualinio atpažinimo metu buvo pastebėta, kad pusė stambiojo užpildo trupinimo metu yra atitrūkusi nuo cemento akmens, o pusė grūdelių mišinyje yra stipriai sukibę su cemento akmeniu. Stambūs užpildai betone yra pasiskirstę tolygiai ir jie visur praskirti naujai sumaišyta cemento tešla su smulkiaisiais užpildais.

Dalis stambiųjų užpildų iš trupintų betono atliekų sudaryti iš uolienos dalelių ir prilipusių iš vienos ar kelių pusių cemento akmens dalių. Atliekų mikrostruktūrinius tyrimus mokslininkai (Tam *et al.* 2005, 2009) teigia, kad šiame, prilipusiame prie uolienos dalelės, cemento akmenyje yra atsiradę įtrūkių trupinant betono atliekas, kurie gali paveikti

betono gaminių gniuždomąjį stiprį. Taip pat šis cemento akmuo gali turėti gana daug porų, kurių skaičius priklauso nuo statybinių atliekų poringumo.



5 pav. Betono bandinio, pažymėto žymeniu B, vaizdas
Fig. 5. View of concrete sample B

Kompiuterinės grafikos programa atliktas nuskenuoto vaizdo tyrimas. Atskiros fazės, sudarančios bandinį, išskirtos skirtingomis spalvomis. Tyrimo vaizdas pateiktas 6 pav.

Apskaičiavus, kiek ploto užima kiekviena spalva 6 pav., nustatyta, kad balta spalva pažymėtos poros užima 1,43 % (pažymėtos ir į skaičiavimus įtrauktos tik tos poros, kurių skersmuo $\geq 0,9$ mm), šviesiai pilka spalva pažymėtas



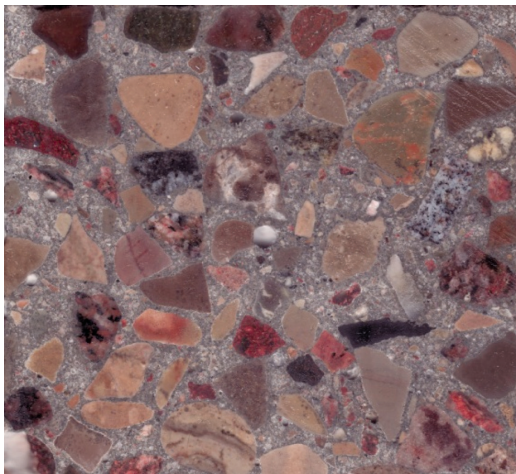
6 pav. Betono bandinio, pažymėto žymeniu B, vaizdas: balta spalva pažymėtos poros; šviesiai pilka – naujai susidaręs cemento akmuo su smulkiuoju užpildu; tamsiai pilka ir juoda – betono atliekos (tamsiai pilka – cemento akmuo su smulkiaisiais užpildais ir juoda – stambieji užpildai)

Fig. 6. View of concrete sample B: white colour is used to indicate pores; light grey – newly created cement stone with fine aggregate; dark grey and black – concrete waste (dark grey – cement stone with fine aggregates and black – coarse aggregates)

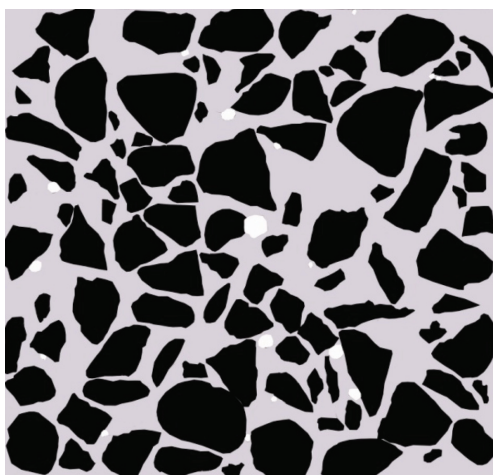
cemento akmuo užima 46,63 % ir tamsiai pilka bei juoda spalva pažymėtas stambūs užpildas iš trupintų betono atliekų – 50,95 % (juoda spalva pažymėti stambieji užpildai sudaro 27,07 %, o tamsiai pilka – tai senas trupintas cemento akmuo su smulkiaisiais užpildais – 23,88 %). Palyginus gautojo ploto (6 pav.) fazių išsidėstymą plokštumoje su fazių tūriais visame betono bandinių plote, matyti, kad visame betono tūryje stambūs užpildai užima 49 % tūrio. Galima teigti, kad betono bandinyje stambūs užpildai iš trupintų betono atliekų išsidėsto tolygiai visame plote.

7 pav. matyti, kaip pasiskirstę stambūs betono užpildai bandinyje.

Kompiuterinės grafikos programa atliktas nuskenuoto vaizdo tyrimas. Atskiros fazės, sudarančios bandinį, išskirtos skirtingomis spalvomis. Tyrimo vaizdas pateiktas 8 pav.



7 pav. Betono bandinio, pažymėto žymeniu C, vaizdas
Fig. 7. View of concrete sample C



8 pav. Betono bandinio, pažymėto žymeniu C, vaizdas: balta spalva pažymėtos poros; šviesiai pilka – naujai susidaręs cemento akmuo su smulkiuoju užpildu; juoda – stambieji užpildai

Fig. 8. View of concrete sample C: white colour is used to indicate pores; light grey – newly created cement stone with fine aggregate; black – coarse aggregates

Apskaičiavus, kiek ploto užima kiekviena spalva 8 pav., nustatyta, kad balta spalva pažymėtos poros užima 0,64 % (pažymėtos ir į skaičiavimus įtrauktos tik tos poros, kurių skersmuo $\geq 0,9$ mm), šviesiai pilka spalva pažymėtas cemento akmuo užima 44,83 % ir juoda spalva pažymėtas stambūs užpildas – 54,54 %. Jei palygintume gauto ploto (8 pav.) fazių išsidėstymą plokštumoje su fazių tūriais visame betono bandinių plote, pamatytume, kad visame betono tūryje stambūs užpildai užima apie 62 % tūrio.

Išvados

Statybų sektoriuje susidaranti griovimo ir statybos atliekos, ypač betono griuvėsiai, turėtų būti sunaudojami naujų tinkamos kokybės produktų gamyboje, remiantis antrinių žaliavų perdirdimo prioritetais.

Trupintos betono atliekos gali būti naudojamos kaip stambūs užpildai betono produktams gauti. Kai šios atliekos mišiniams naudojamos vietoje stambaus užpildo, jos tolygiai pasiskirsto visoje betono masėje.

Apskaičiavus užimamus kiekvienos betono sudėtinės dalies plotus (dvimatėje erdvėje) nustatyta, kad betono atliekos, naudojamos betono mišiniuose, pasiskirsto tolygiai. Šis pasiskirstymas atitinka dalelių pasiskirstymą visame bandinio plote.

Trupinant betono atliekas, prilipusiam prie uolienos dalelės cemento akmenyje gali būti atsiradę įtrūkių, kurie gali paveikti betono gaminių gniuždomąjį stiprį.

Literatūra

- Hsiao, T. Y.; Huang, Y. T.; Yu, Y. H.; Wernick, I. K. 2002. Modeling materials flow of waste concrete from construction and demolition wastes in Taiwan, *Resources Policy* 28: 39–47. doi:10.1016/S0301-4207(03)00004-7
- LST 1577 Concrete and mortar fillers. Technical requirements. Lithuanian Standards Board. Vilnius, 1999. 6 p.
- LST EN 12390-2 Testing hardened concrete - Part 2: Making and curing specimens for strength tests. Lithuanian Standards Board. Vilnius, 2009. 8 p.
- LST EN 12620:2003+A1:2008 Aggregates for concrete. Lithuanian Standards Board. Vilnius, 2009. 56 p.
- LST EN 197-1:2001/A1:2004 Cement – Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements. Lithuanian Standards Board. Vilnius, 2006. 9 p.
- Poon, Chi-Sun; Chan, Dixon. 2007. Effects of contaminants on the properties of concrete paving blocks prepared with recycled concrete aggregates, *Constructions and Building Materials* 21: 164–175. doi:10.1016/j.conbuildmat.2005.06.031
- Tam, Vivian W. Y. 2009. Parameters for assessing recycled aggregate and their correlation, *Waste Management and Research* 27: 52–58. doi:10.1177/0734242X07079875

- Tam, Vivian W. Y.; Gao, X. F.; Tam, C. M. 2005. Microstructural analysis of recycled aggregate concrete produced from two-stage mixing approach, *Cement and Concrete Research* 35: 1195–1203. doi:10.1016/j.cemconres.2004.10.025
- Tam, Vivian W. Y.; Gao, X. F.; Tam, C. M.; Ng, K. M. 2009. Physio-chemical reactions in recycle aggregate concrete, *Journal of Hazardous Materials* 163: 823–828. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.07.031
- Uselytė, R; Silvestravičiūtė, I.; Karaliūnaitė, I. 2007. *Atliekų panaudojimo naujiems produktams gaminti ir šių produktų įteisinimo galimybių studija* [Recovery of new products and product validation of the feasibility study] [online], UAB „Ekokonsultacijos“ [žiūrėta 2009 m. rugsėjo 3 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.uzsidirbkpats.lt/filemaager/download/273/Ekokonsultacijos_Prodaktu_iteisinimas_galutinis.pdf>.
- Uselytė, R; Silvestravičiūtė, I.; Šleinotaitė-Budrienė, L. 2008. *Antrinių žaliavų perdirbimo plėtros prioritetų ir priemonių 2009–2013 metams studija* [Recycling development priorities and measures in 2009–2013 year study] [online], UAB „Ekokonsultacijos“ [žiūrėta 2009 m. spalio 13 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.ukmin.lt/lt/veiklos_kryptys/pramone_ir_verslas/reglamentavimas/mokslo%20studijos/AZPP_studijos_ataskaita_Ekokonsultacijos_12_31.pdf>.
- Руководство по подбору составов тяжелого бетона.* 1979. Москва: Стройиздат.

MACROSTRUCTURAL RESEARCH OF CONCRETE SAMPLES MADE USING CONCRETE WASTE

O. Finoženok, R. Žurauskas

Abstract

Most often construction waste in Lithuania is used for road construction. 78 % of construction waste consists of concrete waste, bricks and tiles. Concrete waste can be used for the production of higher quality products, and this waste can be returned to the production technological cycle. Sectional analysis of the samples, produced by using coarse aggregates from concrete waste, is carried out during the research and covering areas of every integrated phase are calculated.

Keywords: normal weight concrete, demolition waste, concrete waste, recycled aggregate, filler aggregate.