

UŽPILDO STAMBUMO ĮTAKA FIZIKINĖMS IR MECHANINĖMS BETONO SAVYBĖMS

Mindaugas Karieta¹, Džigita Nagrockienė²¹Magistrantas, Vilniaus Gedimino technikos universitetas²Docentė, Vilniaus Gedimino technikos universitetasEl. paštas: ¹mindaugas.karieta@gmail.com, ²dzigita.nagrockiene@vgtu.lt

Santrauka. Betonai, tai plačiausiai naudojama statybinė medžiaga. Nuo cemento, užpildų, vandens ir įvairių priedų dozavimo tikslumo ir žaliavų kiekio priklauso betono mišinio bei gaminio kokybė, savybės. Užpildų granulimetrinė sudėtis, dalelių dydis, turi didelę įtaką betono struktūrai, kuri apsprendžia fizikines ir mechanines savybes, taip pat ir reologinėms savybėms, betono mišinio elgsenai. Darbe nagrinėjama betono užpildo stambumo įtaka, sukietėjusio betono fizikinėms ir mechaninėms savybėms. Atlikus tyrimus su skirtingais, keramzito ir skaldos, užpildais matyti, kad betonuose su skirtingu užpildu, porėtu – keramzitu ir tankiu – skalda, savybės pasireiškia priešingu kitimu. Keramzitetonyje didėjant užpildo stambumui, mažėja bandinių stipris, tankis, ultragarso impulso greitis, o didėja poringosios erdvės rezervas bei įmirkis. Betone su skaldos užpildais, didėjant užpildo dalelių stambumui, didėja bandinių stipris, tankis, ultragarso impulso greitis, bet mažėja poringosios erdvės rezervas ir įmirkis.

Reikšminiai žodžiai: betonai, gniuždymo stipris, sukietėjusio betono savybės, užpildo dalelių dydis, struktūra

Įvadas

Betonai, tai plačiausiai naudojama statybinė medžiaga. Šiuo metu statybose naudojama įvairių tipų betonai. Betono platų naudojimą nulemia palyginti nedidelė kaina dėl vietinių užpildų. Jų tūris siekia iki 80 % betono tūrio (Gailius 1999). Taip pat galimybė gaminiams, konstrukcijoms suteikti įvairias formas, savybių įvairovė, mechanizuota, automatizuota gamybos, suklojimo, tankinimo technologija.

Betonai – dirbtinis akmuo, gaunamas kietėjant rišamųjų medžiagų (cemento), užpildo (smėlio, žvyro, skaldos, keramzito ir kt.), vandens bei įvairių priedų mišiniui.

Pagal užpildų rūšį betonai būna su tankiais užpildais (natūraliu smėliu, žvirgždu, skalda), kurių išdžiovintų dalelių natūralusis tankis $\rho > 2000 \dots < 3000 \text{ kg/m}^3$; su aktyvais užpildais (keramzitu, polistireniniu putplasčiu, pjuvenomis ir kt.) kurių išdžiovintų dalelių natūralusis tankis $\rho \leq 2000 \text{ kg/m}^3$ arba sausų grūdelių piltinis tankis $\rho \leq 1200 \text{ kg/m}^3$; su specialiais užpildais (šamotu, rūdų turinčios uolienomis, ketaus skrapu).

Didžioji dauguma Lietuvoje gaminamų betonų yra stambiagrūdžiai. Gaminant tokius betonus 50 ... 60% užpildų yra stambūs. Tai žvirgždas, žvirgždo, granito bei dolomito skaldos (Malakauskas, Tautkus 1996).

Betono struktūra – tai jį sudarančių komponentų dalelių forma, dydis, išsidėstymas ir ryšiai tarp jų (Deltuva 2001).

Kaip žinia, normalus betonai gaminamas iš stambiųjų ir smulkiųjų užpildų, cemento ir vandens. Kiekvienas komponentas mišinyje atlieka savitą funkciją paskirti. Stambieji užpildai sudaro betono skeletą, smulkieji užpildo tuštumas tarp stambiųjų užpildų dalelių, cementas su vandeniu sudaro hidratacijos produktus, kurie suriša visus užpildus į vieną sistemą – konglomeratą (Deltuva 1995).

Mokslininkai A. Gumuliauskas, G. Abromavičius (2001) teigia, kad konglomeratinės struktūros stiprumą daugiausia lemia jungiančiosios terpės stiprumas.

Didžiausias betono gniuždomasis stipris gaunamas esant optimaliai stambiojo užpildo koncentracijai ϕ_{st} apie 0,35 (Skripkiūnas, Gumuliauskas 2007).

G. Skripkiūnas, A. Augonis ir M. Daukšys (2004) nustatė, kad betono stiprumui daro įtaką įtempimų pasiskirstymo pobūdis, kuris labai priklauso nuo stambiųjų užpildų frakcijų didumo ir tūrinio santykio betone.

Atliekant bandymus buvo pasirinkti skirtingi betono užpildai. Tankus – skaldos ir porėtas – keramzito.

Šio darbo tikslas – palyginti, kaip keičiasi betono savybės priklausomai nuo užpildo stambumo, naudojant skirtingus betono užpildus.

Tyrimų metodika

Bandiniai buvo gaminami laboratorijoje, naudojant visą reikiamą įrangą. Pradžioje buvo sumaišomi, atsverti reikiamais kiekiais, žaliavų produktai, kad pagaminti 10 l betono mišinio, o tuomet mišinys dedama į alyva išleptas formas (100×100×100 mm).

Po 24 valandų gaminiai išimti iš formų ir kietėjo vandenyje. Po 28 parų kietėjimo, buvo džiovinami konvecinėje džiovykloje ± 100 °C temperatūroje. Išdžiuve bandiniai buvo tiriami.

Gniuždymo stipris nustatytas pagal LST EN 12390-3:2009 standarto metodiką. Preso ardančiosios gniuždymo jėgos pridėjimo greitis – 0,6 MPa/s.

Bandinių tankis nustatytas vadovaujantis LST EN 12390-7:2009 nurodymais.

Ultragarso impulso greitis buvo nustatytas pagal LST EN 12504-4:2004 standarte pateiktus reikalavimus.

Tiriant įmirkio kinetiką bandiniai pradžioje 24 h buvo mirkomi vandenyje, kurio lygis siekė 1/3 bandinio aukščio ir sveriami. Tada vandens buvo pripildyta iki 2/3 bandinio aukščio ir po paros vėl sveriami. Po 48 h vandens buvo pripildyta 2cm virš bandinio. Bandiniai buvo sveriami kas 24 h, viso 7 paras nuo jų pamerkimo pradžios.

Bandinių poringosios erdvės rezervas (R) nustatomas pagal Mačiulaičio (1996) aprašomą metodiką.

Žaliavos ir bandinių mišinio sudėtys

Betono bandinių gamybai buvo naudojamas klintinis cementas CEM II/A-LL 42,5R. Šiame cemente klinkeris sudaro 80–94 %, o LL – klintis (CaCO_3), kurioje

organinės kilmės anglies yra $\leq 0,2$ %, sudaro 6–20 %. Cementas atitinka esminius standarto LST EN 197-1:2000 reikalavimus.

Granitinė skalda ir smėlis atitinka LST EN 12620:2003: Betono užpildai, standarto reikalavimus.

Keramzitas “Fibo” atitinka keliamus reikalavimus standarto LST 1271-92: Keramzito žvyras ir smėlis. Techninės sąlygos.

Tyrimams buvo pagamintos 6 partijos bandinių. 3 partijos su keramzito užpildu: K (2–4) – stambaus užpildo frakcija 2/4, K (4–8) – užpildo frakcija 4/8, K (8–16) – užpildo frakcija 8/16, sudėtys pateiktos 1 lentelėje. Kitos trys partijos buvo su skaldos užpildu: S (2–4) – užpildo frakcija 2/4, S (4–8) – užpildo frakcija 4/8, S (8–16) – užpildo frakcija 8/16, sudėtys pateiktos 2 lentelėje. Parinkinėnt sudėtis, orientuotasi į 2–5 cm mišinio slankumą, V/C santykis visose gaminių partijose buvo vienodas – 0,52.

Tyrimų analizė

Keramzitbetonio ir betono bandinių tankio priklausomybės nuo užpildo stambumo pateiktos 1 paveiksle.

Matome, kad betono tankis kito priešingai betonuose su skirtingais užpildais. Didėjant keramzito granulių dydžiui tankis bandiniuose mažėjo, nuo 1713,3 kg/m³ iki 1522,5 kg/m³ su didžiausia užpildo frakcija, taip pat ir piltinis keramzito granulių tankis mažėja didėjant jų stambumui. Betone su skaldos užpildu tankis kinta priešingai – didėja, didėjant užpildo stambumui, nuo 2197,5 kg/m³ iki 2295,3 kg/m³.

1 lentelė. Betono su keramzito užpildu sudėtyss

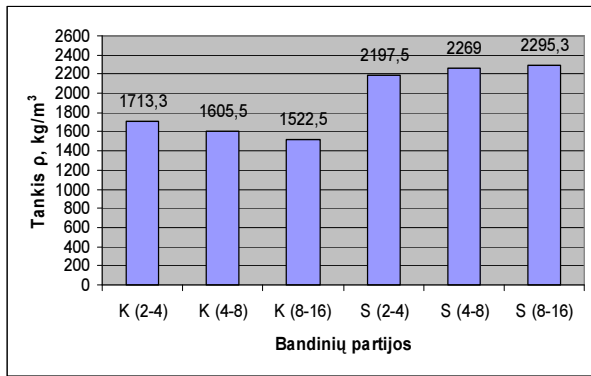
Table 1. The composition of concrete with expanded clay aggregates

Betono tipas (pagal užpildo stambumą)	Cementas, kg/m ³	Keramzito granulių užpildas, kg/m ³			Vanduo, l/ m ³	Smėlis, kg/ m ³	V/C
		2-4 mm	4-8 mm	8-16mm			
K (2-4)	403,8	196,5	-	-	210	839,1	0,52
K (4-8)	413	-	155,6	-	215	869,4	0,52
K (8-16)	423	-	-	138,9	220	874,7	0,52

2 lentelė. Betono su skaldos užpildu sudėtyss

Table 2. The composition of concrete with crushed aggregates

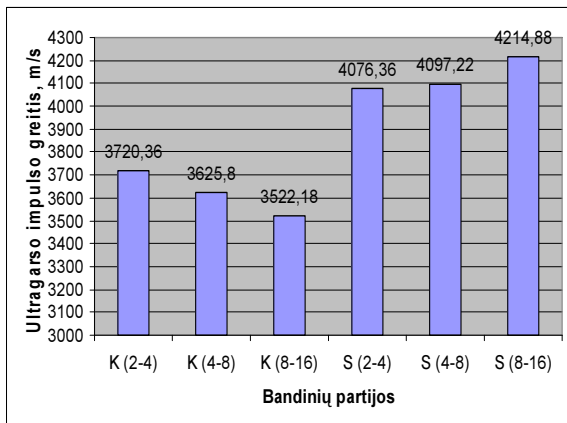
Betono tipas (pagal užpildo stambumą)	Cementas, kg/m ³	Skaldos užpildas, kg/m ³			Vanduo, l/ m ³	Smėlis, kg/ m ³	V/C
		2-4 mm	4-8 mm	8-16mm			
S (2-4)	403,8	1074,2	-	-	210	589,3	0,52
S (4-8)	384,6	-	1160,1	-	200	540,7	0,52
S (8-16)	365,4	-	-	1212,9	190	527,6	0,52



1 pav. Vidutinis bandinių tankis

Fig. 1. The average sample density

Tiriant ultragarso impulso greitį (2 pav.) ir gniuždymo stiprį (3 pav.) parametrų kitimo dėsningumas toks pat kaip ir bandinių tankio diagramoje.



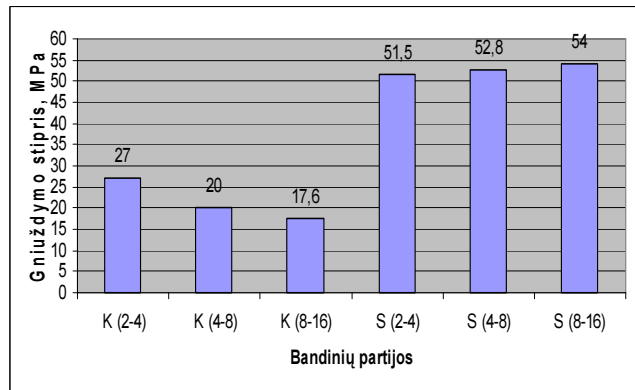
2 pav. Ultragarso impulso greitis

Fig. 2. Ultrasonic pulse velocity

Atlikus tyrimus nustatyta, kad keramzitbetonyje ultragarso impulso greitis kito beveik pastoviu dydžiu nuo 3720,30 m/s iki 3522,10 m/s, o betone su skaldos užpildu, esant užpildo frakcijai 8/16, ultragarso impulso greitis padidėjo iki 4214,88 m/s, esant užpildo frakcijai 4/8 iki 4097,22 m/s, o esant užpildo frakcijai 2/4, ultragarso impulso greitis buvo gautas 4076,36. Nustatyta, kad keramzitbetonyje, kuo užpildo dalelių dydis didesnis, tuo ultragarso impulso greitis mažesnis, o betone su skaldos užpildu, kuo dalelių dydis didesnis, tuo ultragarso impulso greitis didesnis.

Gniuždymo stipris keramzitbetonyje, didėjant užpildo stambumui, mažėjo pastebimai, nuo 27 MPa iki 17,6 MPa. Paties keramzito granulų stipris taip pat mažėja didėjant dalelių dydžiui. Betone su skaldos užpildu, didėjant dalelių stambumui, gniuždymo stipris taip pat didėjo,

tačiau ne taip stipriai, kaip keramzitbetonyje, nuo 51,5 MPa, esant mažiausiai užpildo frakcijai, iki 54 MPa, esant didžiausiai užpildo frakcijai.

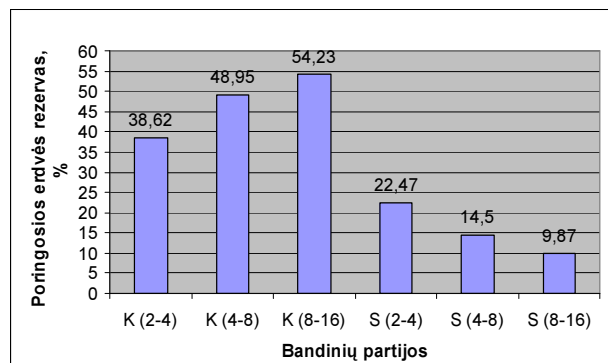


3 pav. Gniuždymo stipris

Fig. 3. Compressive strength

Atliekant tyrimus su betonais buvo nustatytas poringosios erdvės rezervas (R), tai bandinio poringosios erdvės dalis, kuri iš pradžių yra nepripildyta vandens, bet ciklinių bandymų metu pamažu užsipildo. Tyrimų rezultatai pateikti 4 paveiksle.

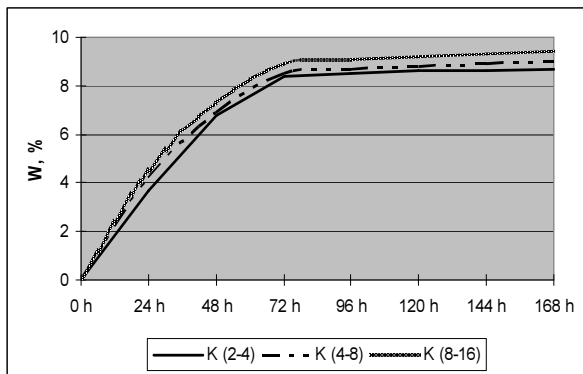
Keramzitbetonyje poringosios erdvės rezervas didėjo nuo 38,62 % iki 54,23 %, didinant užpildo stambumą ir buvo gerokai didesnis nei normaliajame betone. Tik pastarajame matome, kad R, didinant užpildo stambumą, mažėjo ir tarp skirtingų partijų bandinių, S(2-4), R = 22,47 % bei S(8-16), R = 9,87 %, skyrėsi daugiau negu dvigubai. Galima teigti, kad betone su skaldos užpildais, užpildų stambumas poringosios erdvės rezervo tūrį įtakoja labiau nei betone su keramzito užpildu.



4 pav. Poringosios erdvės rezervas R

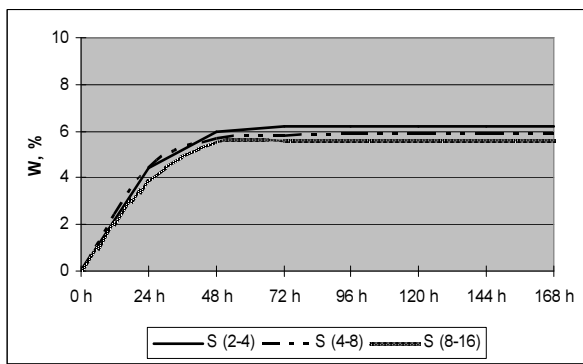
Fig. 4. Reserve of pore volume R

Tiriant įmirkio kinetiką, gauti rezultatai pateikiami 5 ir 6 paveiksluose.



5 pav. Įmirkio kinetika betono bandiniuose su keramzito užpildu

Fig. 5. Absorption kinetics of the concrete specimens with expanded clay aggregates



6 pav. Įmirkio kinetika betono bandiniuose su skaldos užpildu

Fig. 6. Absorption kinetics of concrete specimens with crushed aggregates

Įmirkis betono su keramzito granulėmis gerokai didesnis nei betono su skaldos užpildu. Analizuodami įmirkio kinetikos kreives matome, kad įmirkis keramzitbetonyje po 24 h yra mažesnis, nei betone su skaldos užpildu, tačiau po 48 h situacija priešinga ir įmirkis toliau sparčiai didėja, kol po 72 h matomas lūžis ir tolesnis įmirkio didėjimas jau gana lėtas, o betone su skaldos užpildu matome, kad lūžis įvyksta jau po 48 h, o po 96 h bandiniai pasiekia maksimalų įmirkį ir beveik nebeįmirksta. K (2–4) įmirkis po 7 parų $W = 8,7\%$, K (4–8) – $W = 9\%$, K (8–16) – $W = 9,4\%$, S (2–4) – $W = 6,2\%$, S (4–8) – $W = 5,9\%$, S (8–16) – $W = 5,6\%$.

Atlikus tyrimus nustatyta, kad keramzitbetonyje didėjant dalelių dydžiui įmirkis didėja, o betone su skaldos užpildu – mažėja.

Išvados

1. Nustatyta, kad betono bandinių savybės tiesiogiai priklauso nuo užpildo dalelių dydžio. Betonuose su skirtingu užpildu, porėtu – keramzitu ir tankiu – skalda, jos kinta priešingai.

2. Nustatyta, kad keramzitbetonyje, kuo dalelės didesnės, tuo jo tankis mažesnis, kadangi užpildas didėjant dalelėms lengvėja, jo piltinis tankis gerokai sumažėja, o betone su skaldos užpildu dalelių dydžiui didėjant – didėja ir tankis. Ultragarso greitis kinta tuo pačiu dėsningumu kaip ir tankis bei gniuždymo stipris. Nustatyta, kad šie faktoriai tarpusavyje susiję ir kintant bandinyje kuriam nors iš jų – ta pačia linkme kinta ir kiti. Stipris gniuždamas keramzitbetonyje priklauso ir nuo paties užpildo stiprumo, o jis, kuo smulkesnis, tuo stipresnis, nes granulių piltinis tankis gerokai padidėja, jose mažiau tuštumų, be to gaunamas tankesnis betonas. Betone su skaldos užpildu dalelių dydžiui didėjant, stipris – didėja.

3. Poringosios erdvės rezervas keramzitbetonyje didėja, didėjant užpildo stambumui, kadangi stambesnės granulės turi daugiau oro, įtraukiamo į mišinį, kurio dėka formuojant bandinius susidaro daugiau porų, o betone su skaldos užpildais – atvirkščiai, kadangi užpildai nebeoporėti, tai (R) mažėja. Jis didesnis betone su smulkesniais užpildais, kadangi šie turi savybę įtraukti daugiau oro dėl savo smulkumo ir didesnio paviršiaus ploto.

4. Iš įmirkio kinetikos diagramų nustatyta, kad įmirkis keramzitbetonyje po 24 h yra mažesnis, nei betone su skaldos užpildu, tačiau po 48 h keramzitbetonyje įmirkis toliau sparčiai didėja, kol po 72 h matomas lūžis ir tolesnis įmirkio didėjimas jau gana lėtas, o betone su skaldos užpildu nustatyta, kad lūžis įvyksta jau po 48 h, o po 96 h bandiniai pasiekia maksimalų įmirkį ir beveik nebeįmirksta.

Literatūra

- Deltuva, J. 2001. Betono struktūros geometrinė interpretacija, *Pažangioji statyba: konferencijos pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, 58 – 63.
- Deltuva, J. 1995. The Transformation Principles of Concrete Macrostructure to the Structural Elements, in *4th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques*. Vilnius. Lithuania, 86 – 91.
- Gailius, A; Vislavičius, K; Žukauskas, D. 1999. Some Optimisation Problems of the Aggregates Composition of Concrete, in *6th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques*. Vilnius. Lithuania, 158 – 162.

- Gumuliauskas, A.; Abromavičius, G. 2001. Užpildo įtaka betono struktūros dalių stiprumui, *Pažangioji statyba: konferencijos pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, 41 – 45.
- Gumuliauskas, A.; Skripkiūnas, G. 2007. Cementbetonio kelias: nuo klasikinio iki racionalaus, *Nauja statyba*, 2(24): 48 – 50; 3(25): 67 – 69.
- LST EN 12390-7:2009. Sukietėjusio betono bandymai. 7 dalis. Sukietėjusio betono tankis. 10 p.
- LST EN 12504-4:2004. Betono bandymas. 4 dalis. Ultragarso impulso greičio nustatymas. 14 p.
- LST EN 12390-3:2009. Sukietėjusio betono bandymai. 3 dalis. Bandinių gniuždymo stipris. 18 p.
- Malakauskas, M.; Tautkus, R. 1996. Betono su dolomitinės skaldos tyrimai, *Statyba ir architektūra: konferencijos pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, 125 – 126.
- Mačiulaitis, R. 1996. *Fasadinės keramikos atsparumas šalčiui ir ilgaamžiškumas*. Vilnius: Technika. 132 p.
- Mačiulaitis, R.; Vaičienė, M.; Žurauskienė, R. 2009. The Effect of Concrete Composition and Aggregates Properties on Performance of Concrete, *Journal of Civil Engineering and Management* 15(3): 317 – 324.
- Skripkiūnas, G.; Augonis, A.; Daukšys, M. 2004. Stambaus užpildo granulometrijos įtaka betono mišinio ir betono savybėms, *Pažangioji statyba: konferencijos pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, 167 – 174.
- Skripkiūnas, G.; Vaitkevičius, V. 2001. Stambiojo užpildo koncentracijos įtaka betono stiprumui ir skiedininės dalies poringumui, *Statyba* 6(7): 446 – 452.
- Venkateswara Rao, S.; Seshagiri Rao, M.V.; Rathish Kumar, P. 2010. Effect of Size of Aggregate and Fines on Standard and High Strength Self Compacting Concrete, *Journal of Applied Sciences Research* 6(5): 433 – 442.

THE INFLUENCE OF THE THICKNESS OF THE FILLER ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CONCRETE

M. Karieta, D. Nagrockienė

Abstract

Concrete is a widely used building material. The quality and characteristics of a concrete mixture and manufactured article depends on the precision of the dosage of cement, water and different component parts. The granular-metric composition of the filler, the size of particles have great influence on the concrete structure, which determines its physical and mechanical characteristics, also on reological features and the behaviour of concrete mixture. The aim of this work has been to analyse the influence of the thickness of the filler on the physical and mechanical characteristics of the solid concrete. The study of different fillers i.e. expanded clay and broken stone has shown that the characteristics of different fillers, one porous in case of expanded clay and the other dense in case of broken stone are expressed differently. If the thickness of the concrete filled with expanded clay increases, the firmness and density of the sample and the speed of ultrasound impulse decrease, and the reserved porosity and saturation increase. On the contrary, if the particles become thicker in the filler of the broken stone, the firmness and density of the sample and the speed of ultrasound impulse increase whereas the reserved porosity and saturation decrease.

Keywords: concrete, compression power, characteristics of the solid concrete, size of the filler, structure.