

THE INFLUENCE OF COARSE AGGREGATE CONCENTRATION ON THE STRENGTH OF CONCRETE AND ON THE POROSITY OF CONCRETE MORTAR

G. Skripkiūnas & V. Vaitkevičius MSc

To cite this article: G. Skripkiūnas & V. Vaitkevičius MSc (2001) THE INFLUENCE OF COARSE AGGREGATE CONCENTRATION ON THE STRENGTH OF CONCRETE AND ON THE POROSITY OF CONCRETE MORTAR, *Statyba*, 7:6, 446-452, DOI: [10.1080/13921525.2001.10531771](https://doi.org/10.1080/13921525.2001.10531771)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2001.10531771>



Published online: 30 Jul 2012.



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



Article views: 72

STAMBIOJO UŽPILDO KONCENTRACIJOS ĮTAKA BETONO STIPRUMUI IR SKIEDININĖS DALIES PORINGUMUI

G. Skripkiūnas, V. Vaitkevičius

Kauno technologijos universitetas

1. Įvadas

Betono stiprumą lemia cementinio akmens stiprumas, tačiau užpildai taip pat jam daro žymią įtaką. Laiškoma, kad betono stiprumas priklauso nuo stambiojo užpildo stiprumo tik tada, kai stambiojo užpildo stiprumas mažesnis už cementinio akmens stiprumą.

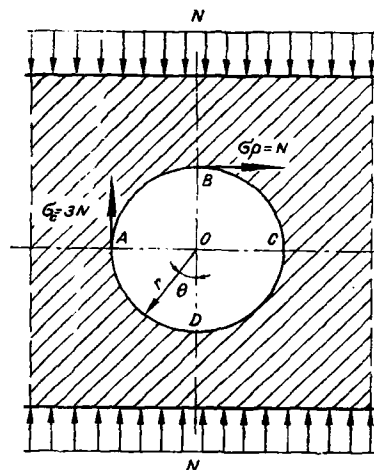
Daugeliu tyrimų nustatyta, kad stambiojo užpildo kiekis ir jo stambumas betono stiprumui turi įtakos tiek, kiek pakeičia betono mišinio vandens poreikį, tačiau mažai nagrinėtas stambiojo užpildo poveikis betono poringumui ir įtempimų koncentracijoms betone, nuo kurių taip pat priklauso betono stiprumas. Iki šiol atlikti tik teoriniai betone atsirandančių įtempimų koncentracijų apie stambų užpildą skaičiavimai, tačiau eksperimentais tai neįrodyta dėl netinkamų tyrimo metodikų – atliekant eksperimentus neatsižvelgiama į betono skiedininės dalies struktūros ir savybių pasikeitimus, kintant stambiojo užpildo koncentracijai.

Šių tyrimų tikslas buvo nustatyti, kaip keičiasi betono skiedininės dalies poringumas ir įtempimų koncentracijos joje, kintant stambiojo užpildo kiekiui betone, ir ištirti stambiojo užpildo įtaką betono stiprumui, esant tam pačiam oro kiekiui betone.

2. Įtempimų koncentracijos apkrautame betone

Apkrovus betoną, stambūs užpildas jame sukelia įtempimų koncentracijas. Ypač pavojingi betone tempimo įtempimai, nes betono arba skiedinio stiprumas tempiant sudaro tik nuo 1/6 iki 1/20 stiprumo gniuždant. A. E. Desovo nuomone, didžiausi tempimo įtempimai gniuždomame betone susidaro skiedinyje virš ir po stambiojo užpildu (taškuose B ir D) (1 pav.). Absoliučiu dydžiu jie prilygsta gniuždymo įtempimams, kuriais veikiamas betonas. Didžiausi gniuždymo įtempimai susidaro šalia stambiojo užpildo (taškuose A ir C) (1 pav.).

Dėl stambiojo užpildo sukeltų įtempimų koncentracijų gniuždymo įtempimai betone padidėja iki trijų kartų, o esant mažiems intarpams šalia stambiojo užpildo – iki devynių kartų [1, 2]. Šie rezultatai gauti sprendžiant plokščią tamprumo teorijos uždavinį, analizuojant gniuždomą plokštelę su kiauryme, ir daugiau taikytini betonams su silpnu poringu užpildu.



1 pav. Įtempimų pasiskirstymas betone apie poringą stambų užpildą

Fig 1. Distribution of stresses in the concrete near porous coarse aggregate

Minėtus samprotavimus patvirtina ir I. N. Achverdovo atlikti eksperimentai, naudojant plokščius modelius su optiškai jautrios medžiagos matrica ir užpildais iš cementinio akmens. Poliarizaciniu-optiniu metodu buvo nustatyti įtempimai ir apskaičiuotas tempimo įtempimų koncentracijos koeficientas:

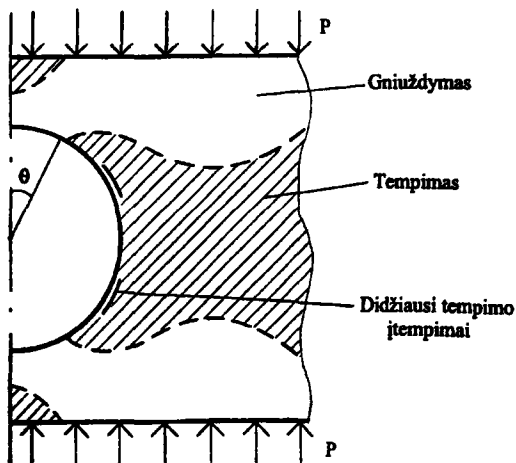
$$K_{\tau} = \tau_{max} / \tau_{vid} \quad (1)$$

τ_{max} – maksimalūs tempimo įtempimai, susidarantys gniuždomame betone; τ_{vid} – vidutiniai tempimo įtempi-

mai gniuždomame betone. Šie tyrimai parodė, kad įtempimų koncentracijos koeficientas K_{τ} priklauso nuo stambiojo užpildo ir skiedinio tamprumo modulių santykio E_{st}/E_{sk} bei stambiojo užpildo koncentracijos betone. Didėjant E_{st}/E_{sk} , proporcingai didėja ir koeficientas K_{τ} , o esant pastoviam E_{st}/E_{sk} , koeficientas K_{τ} didėja, didėjant stambiojo užpildo koncentracijai betone. Kai stambiojo užpildo betone yra mažiau negu 20%, įtempimų koncentracijos betone minimalios ($K_{\tau} \approx 1$) nepriklausomai nuo E_{st}/E_{sk} , o, esant maksimaliai stambiojo užpildo koncentracijai betone ir $E_{st}/E_{sk} = 3$, koeficiento K_{τ} reikšmė padidėja iki 2,4–2,7 [3].

Kad E_{st}/E_{sk} turi įtakos įtempimų koncentracijai betone, patvirtina A. S. Dmitrijevo bandymai, atlikti su betonais, kuriuose kaip stambusis užpildas buvo panaudoti plieno gabalai. Tokių betonų prizminis stiprumas buvo daug mažesnis negu betonų su kalkakmenio užpildu [4].

O. J. Bergas, su bendradarbiais, nagrinėdamas įtempimų pasiskirstymą trimatėje tampriojoje erdvėje su sferiniu intarpu iš tampresnės medžiagos, esant vienašiam gniuždymui, padarė išvadą, kad tempimo įtempimai atsiranda skiedinyje šoninėje stambiojo užpildo zonoje, o gniuždymo įtempimai – skiedinyje, esančiame stambiojo užpildo viršutinėje ir apatinėje dalyse (2 pav.) [5, 6].



2 pav. Įtempimų pasiskirstymas betone apie tankų stambųjį užpildą

Fig 2. Distribution of stresses in the concrete near dense coarse aggregate

Didžiausi tempimo įtempimai atsiranda skiedinio ir stambiojo užpildo kontakto zonoje, kai kampas $\theta \approx 60^\circ$ (kiekviename stambiojo užpildo simetriniame ketvirtyje). Tolstant nuo stambiojo užpildo paviršiaus, ir tempimo, ir gniuždymo įtempimų koncentracijos koeficientai staigiai mažėja. Panašius rezultatus gavo S. P. Shah ir G. Winteris, tirdami plyšių atsiradimą apie sferinius užpildus idealizuotame betono modelyje [7], N. I. Netesa, taikydamas baigtinių elementų metodą [8], bei Novosibirsko inžinerinio statybos instituto mokslininkai, modeliudami betono struktūrą baigtinių elementų metodu [9].

Maksimali tempimo įtempimų koncentracijų reikšmė priklauso nuo stambiojo užpildo ir skiedinio tamprumo modulių santykio ir, kai šis santykis 2, ji lygi $0,15 P$, kur P – gniuždymo įtempimai, kuriais apkrautas betonas. Kai užpildas kubinės formos, gaunami didesni įtempimų koncentracijos koeficientai ir pačiu netinkamiausiu šių užpildų išsidėstymo atveju gali 25% viršyti įtempimų koncentracijos koeficientų reikšmes su sferiniais užpildais. Užpildo tūrinei koncentracijai betone didėjant nuo 0,5 iki 0,7, tempimo įtempimų koncentracijos koeficientai padidėja nuo 10% iki 15%, o, kai užpildai kubinės formos, – iki 30% [8].

Didžiausių tempimo įtempimų koncentracijų vietoje – stambiojo užpildo ir skiedinio kontakto zonoje (2 pav.), kai tempimo įtempimai viršija stambiojo užpildo ir skiedinio sukibimo stiprumą, atsiranda mikroplyšių, kurių kryptis beveik sutampa su jėgos veikimo kryptimi. Žemų klasių betonuose pradžioje gali atsirasti išilginių mikroplyšių skiedinyje tarp stambiojo užpildo dalelių (virš ir po jomis) jėgos veikimo kryptimi, nes šioje vietoje taip pat atsiranda tempimo įtempimų koncentracijos. Šie plyšiai atsiranda tada, kai atsiradę tempimo įtempimai viršija skiedinio stiprumą tempiant [6]. Tai rodo, kad aukštų klasių betonams ypač svarbus užpildo sukibimas su cementiniu akmeniu, tuo tarpu žemų klasių betonams svarbesnis skiedinio stiprumas tempiant.

Prancūzų mokslininkai, tyrinėję betono stiprumo priklausomybę nuo skirtingų stambiųjų užpildų, eksperimentais įrodė, kad cementinio akmens ir skiedinio stiprumas visada didesnis už betono stiprumą [10].

3. Tyrimų metodika

Norint nustatyti stambiojo užpildo kiekio įtaką betono fizikinėms ir mechaninėms savybėms, betono mi-

šiniai buvo ruošiami su trimis V/C santykiais (V/C=0,3; V/C=0,4; V/C=0,6), kurių skiedininė dalis buvo viena, keitėsi tik stambiojo užpildo koncentracija φ_{st} – nuo 0 iki 0,5.

Bandymams naudotas portlandcementis CEM I 52,5, pagamintas AB „Akmenės cementas“, kurio savitasis paviršius – 370 m²/kg, vandens kiekis normalaus tirštumo tešlai – 27,25%. Kaip tankus stambusis užpildas buvo naudojama dviejų frakcijų 4/8 mm ir 8/16 mm granitinė skalda, pagaminta AB „Granitas“, kurios vidutinis dalelių tankis – 2650 kg/m³, skalumas – 7,3%, markė pagal stiprumą – 1400. Kaip poringas užpildas buvo naudojamas dviejų frakcijų 4/8 mm ir 8/16 mm keramzito žvirgždas, pagamintas AB „Palemono keramika“, kurio vidutinis dalelių tankis – 741 kg/m³, poringumas – 66,3%, vandens įgėris – 16,3% ir cilindrinis stiprumas – 0,93 MPa. Tyrimams buvo naudojamas Zatyšių karjero smėlis, kurio stambumo modulis – 2,5.

Betono mišiniams paruošti buvo naudojami sausi užpildai. Cementas ir užpildai buvo dozuojami pagal masę, o vanduo ir plastifikuojantis priedas – pagal tūrį. Betono mišiniai 3 min. buvo maišomi laboratorinėje 50 l gravitacinėje maišyklėje.

Betono savybėms nustatyti buvo formuojami bandiniai – 10×10×10 cm kubai. Esant normaliam betono mišinio slankumui (V/C=0,3; V/C=0,4), bandiniai buvo formuojami iš karto. Esant V/C=0,6, betono mišiniai buvo labai plastiški, todėl periodiškai permaišant buvo laukiama, kol jie pradės rįstis, ir tik tada buvo formuojami bandiniai. Taip daryta tam, kad formuojant bandinius betono mišiniai neišsisluksniuotų ir neatsiskirtų vanduo. Betono su skirtinga stambiojo užpildo (keramzito) koncentracija struktūra parodyta 3 pav. Stambiojo užpildo dalelės pasiskirsto tolygiau, kuo didesnė stambiojo užpildo koncentracija.

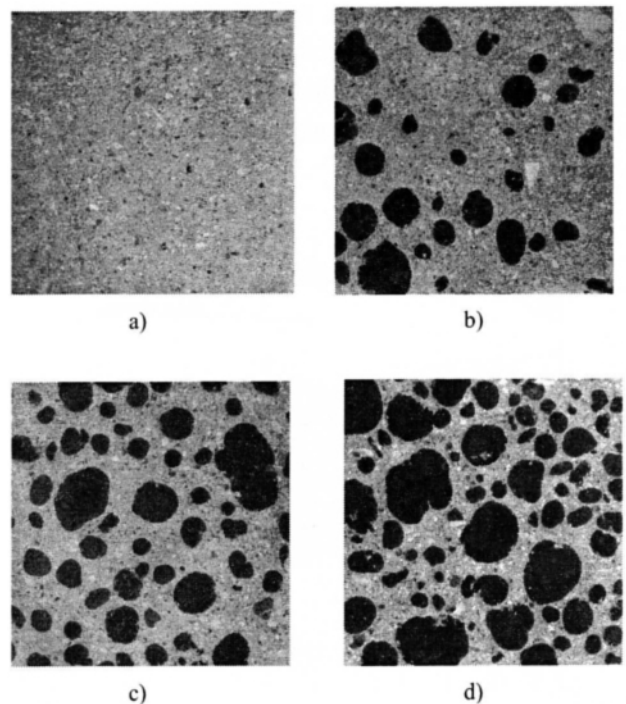
Bandiniai išbandyti po 28 parų kietėjimo režimėse kameroje (20±2°C temperatūra, 95±5% santykinė drėgmė). Betono atviras poringumas (kapiliarinis poringumas) nustatytas pagal vandens įgėrį, o uždaras poringumas (oro kiekis betone) – pagal betono tankį ir savitąjį tankį. Skiedinio poringumas apskaičiuotas pagal betono poringumą, stambiojo užpildo poringumą ir skiedinio kiekį betone. Skaičiuojant skiedinio poringumą laikyta, kad tankaus stambiojo užpildo (granitinės skaldos) poringumas lygus nuliui.

4. Tyrimų rezultatai

Betono fizikinės ir mechaninės savybės buvo tiriamos keičiant stambiojo užpildo koncentraciją, tačiau esant pastoviam V/C santykiui ir cementinės tešlos kiekiui skiedinyje. Tyrimų rezultatai pateikti 1 ir 2 lentelėse.

Kaip matyti iš 1 ir 2 lentelių bei 4 ir 5 pav., didėjant tankaus stambiojo užpildo koncentracijai betone, jo stipris gniuždamas didėja, o, didėjant poringo stambiojo užpildo koncentracijai betone, jo stipris gniuždamas mažėja. Tačiau kintant stambiojo užpildo koncentracijai, žymiai keičiasi ir oro kiekis betono mišinyje bei betone (1 ir 2 lentelės), kuris taip pat turi didelės įtakos betono stiprumui. Žinoma, kad 1% sulaukto oro betone sumažina betono stiprumą apie 5% [11].

Įvertinę oro kiekio įtaką betono stiprumui, gauname 4 ir 5 pav. pavaizduotas kreives, kurios rodo, kad stambiojo užpildo koncentracijos didėjimas turi neigiamos įtakos betono stiprumui, kai oro kiekis betone yra pastovus.



3 pav. Keramzitbetonio bandinių skelto paviršiaus vaizdas, esant skirtingai stambiojo užpildo koncentracijai φ_{st} : a – 0, b – 0,15, c – 0,3, d – 0,5

Fig 3. The view of the broken surface of expanded clay aggregate concrete with different volumetric concentration of coarse aggregate φ_{st} : a – 0, b – 0.15, c – 0.3, d – 0.5

1 lentelė. Betonų su tankiu stambiuoju užpildu (granitine skalda) fizikinės ir mechaninės savybės

Table 1. Physical and mechanical properties of the concretes with dense coarse aggregate (crushed granite)

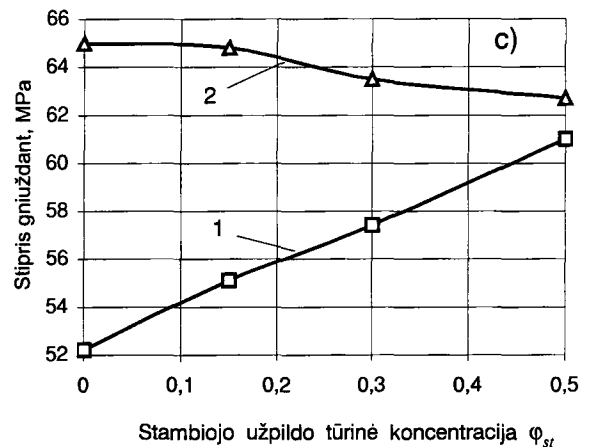
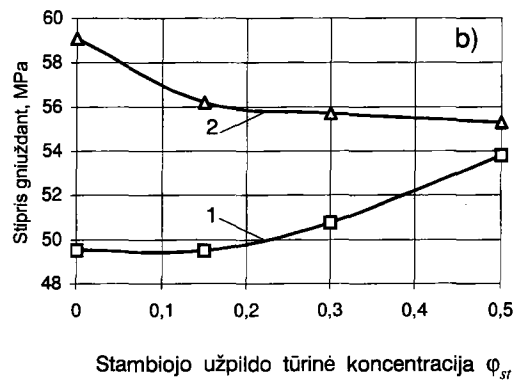
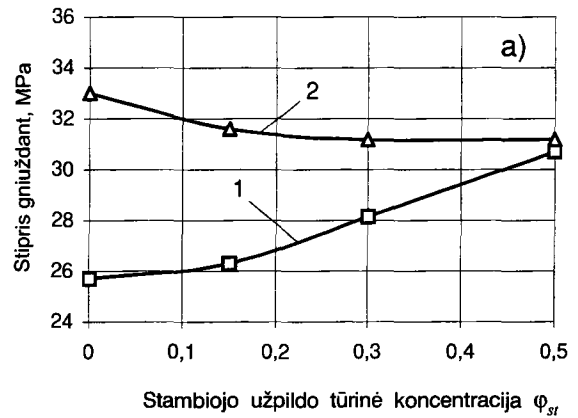
ϕ_{st}	Tankis, kg/m ³	Stipris gniuždant, MPa	Oro kiekis, %		Kapiliarinis poringumas, %	
			betone	skiedinyje	betone	skiedinyje
V/C = 0,3						
0	2233	52,2	4,9	4,9	18,5	18,5
0,15	2295	55,1	3,5	4,1	16,4	19,3
0,3	2435	57,4	2,1	3,0	13,2	18,9
0,5	2510	61,0	0,6	1,2	9,9	19,8
V/C = 0,4						
0	2217	49,5	3,9	3,9	19,3	19,3
0,15	2305	49,5	2,7	3,2	17,5	20,6
0,3	2376	50,8	2,0	2,9	14,3	20,4
0,5	2460	53,8	0,6	1,2	12,1	24,2
V/C = 0,6						
0	2110	25,7	5,7	5,7	23,6	23,6
0,15	2189	26,3	4,0	4,7	19,7	23,2
0,3	2300	28,1	2,1	3,0	14,9	21,3
0,5	2418	30,7	0,2	0,4	11,6	23,2

2 lentelė. Betonų su poringu stambiuoju užpildu (keramzitu) fizikinės ir mechaninės savybės

Table 2. Physical and mechanical properties of the concretes with porous coarse aggregate (expanded clay aggregate)

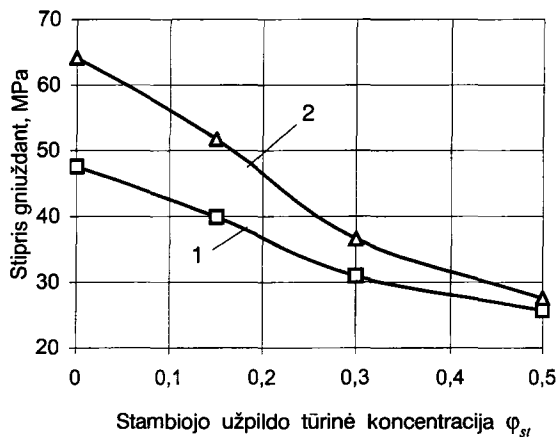
ϕ_{st}	Tankis, kg/m ³	Stipris gniuždant, MPa	Oro kiekis, %		Kapiliarinis poringumas, %	
			betone	skiedinyje	betone	skiedinyje
V/C = 0,4						
0	2231	47,4	4,5	4,5	18,9	18,9
0,15	2063	39,9	9,2	4,0	17,8	16,2
0,3	1863	31,0	20,6	3,9	11,2	8,0
0,5	1612	25,7	29,5	1,8	7,4	2,0

Betono stiprumo sumažėjimą, didėjant stambiojo užpildo koncentracijai, lemia įtempimų koncentracijos ir betono struktūros defektai, atsirandantys apie stambų užpildą. Didesnis stiprumo sumažėjimas betonuose su tankiu užpildu pastebėtas stambiojo užpildo koncentracijai ϕ_{st} didėjant nuo 0 iki 0,15. Betonuose su poringu stambiuoju užpildu (keramzitu) betono stiprumas proporcingai mažėja, stambiojo užpildo koncentracijai didėjant nuo 0 iki 0,5.



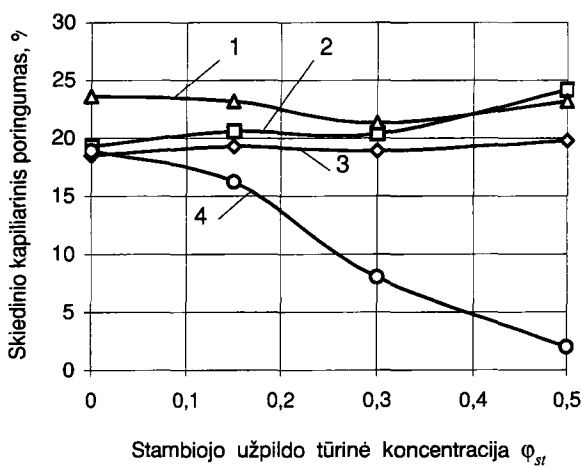
4 pav. Betono (V/C = 0,6 (a); V/C = 0,4 (b); V/C = 0,3 (c)) stiprumo priklausomybė nuo stambiojo užpildo (granitinės skaldos) koncentracijos ϕ_{st} : 1 – neišvertinus oro kiekio betone; 2 – esant tam pačiam oro kiekiui betone

Fig 4. Relationship between compressive strength of concrete (W/C=0.6 (a); W/C=0.4 (b); W/C=0.3 (c)) and volumetric concentration of coarse aggregate (crushed granite) ϕ_{st} : 1 – concrete with current entrained air; 2 – concrete with constant entrained air



5 pav. Betono ($V/C = 0,4$) stiprumo priklausomybė nuo stambiojo užpildo (keramzito) koncentracijos φ_{st} : 1 – neįvertintus oro kiekio betone; 2 – esant tam pačiam oro kiekiui betone

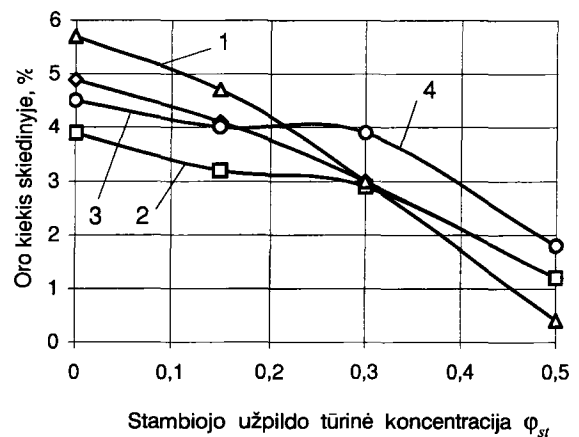
Fig 5. Relationship between compressive strength of concrete ($W/C=0.4$) and volumetric concentration of coarse aggregate (expanded clay aggregate) φ_{st} : 1 – concrete with current entrained air; 2 – concrete with constant entrained air



6 pav. Betono skiedininės dalies kapiliarinio poringumo priklausomybė nuo stambiojo užpildo koncentracijos φ_{st} : 1 – betonas su tankiu stambioju užpildu, $V/C = 0,6$; 2 – tas pats, $V/C = 0,4$; 3 – tas pats, $V/C = 0,3$; 4 – betonas su poringu stambioju užpildu, $V/C = 0,4$

Fig 6. Relationship between capillary porosity of concrete mortar and volumetric concentration of coarse aggregate φ_{st} : 1 – concrete with dense coarse aggregate, $W/C=0.6$; 2 – the same, $W/C=0.4$; 3 – the same, $W/C=0.3$; 4 – concrete with porous coarse aggregate, $W/C=0.4$

Stambusis užpildas turi įtakos ir betono skiedininės dalies struktūrai. Kadangi tankaus stambiojo užpildo vandens įgeriamumas labai mažas, jis nepakeičia vandens kiekio skiedinyje ir todėl skiedinio kapiliarinis po-



7 pav. Oro kiekis betono skiedininėje dalyje priklausomybė nuo stambiojo užpildo koncentracijos φ_{st} : 1 – betonas su tankiu stambioju užpildu, $V/C = 0,6$; 2 – tas pats, $V/C = 0,4$; 3 – tas pats, $V/C = 0,3$; 4 – betonas su poringu stambioju užpildu, $V/C = 0,4$

Fig 7. Relationship between entrained air content in the concrete mortar and volumetric concentration of coarse aggregate φ_{st} : 1 – concrete with dense coarse aggregate, $W/C=0.6$; 2 – the same, $W/C=0.4$; 3 – the same, $W/C=0.3$; 4 – concrete with porous coarse aggregate, $W/C=0.4$

ringumas išlieka pastovus, didėjant tankaus stambiojo užpildo koncentracijai (6 pav.). Poringas stambus užpildas (keramzitas) pasižymi dideliu vandens įgeriamumu (daugiau nei 16%), dėl ko, didėjant stambiojo užpildo koncentracijai betone, žymiai sumažėja vandens kiekis betono skiedininėje dalyje ir jos kapiliarinis poringumas (6 pav.). Dėl minėtų reiškinų padidėja betono skiedininės dalies stiprumas, kas dar labiau padidina skirtumą tarp stambiojo užpildo ir skiedininės dalies stiprumų. Kai užpildo stiprumas žymiai mažesnis už skiedinio stiprumą, susidaro didelės tempimo įtempimų koncentracijos virš ir po stambioju užpildu (1 pav.), kurios labai sumažina betono stiprumą (3 pav.). Šiuos samprotavimus patvirtina bandinių suirimo pobūdis – gniuždomi bandiniai suiro, atsiradus plyšiams, lygiagrečiams su apkrovos veikimo kryptimi, visame bandinio tūryje.

Didelį betono su poringu užpildu skiedininės dalies stiprumą patvirtina betoninių bandinių skelto paviršiaus vaizdas (3 pav.). Betono su poringu stambioju užpildu irimas vyksta per užpildo daleles, o ne per skiedinio ir užpildo kontakto zoną, kaip būna bandant betoną su tankiu stambioju užpildu.

Oro kiekis betonų tiek su tankiu, tiek su poringu stambioju užpildu skiedininėje dalyje proporcingai mažėja, didėjant stambiojo užpildo koncentracijai (7 pav.).

Oro kiekis labiau sumažėja didesnio plastiškumo betono mišiniuose. Oro kiekio kitimas skiedininėje betono dalyje nepriklauso nuo stambiojo užpildo poringumo, kadangi tiek tankaus, tiek poringo stambiojo užpildo savitasis paviršius toks pats, kas ir turi didžiausios įtakos oro kiekiui skiedinyje ir betono mišinyje.

Stambiojo užpildo neigiamas poveikis betono stiprumui gniuždant atsiranda ir dėl silpnescio stambių dalelių sukibimo su cementiniu akmeniu, nes cementinio akmens ir užpildų sukibimas didėja, mažėjant užpildų dydžiui [12].

Tyrimai rodo, kad atitinkamai parinkus stambiojo užpildo savybes ir jo kiekį betono mišinyje, galima sumažinti įtempimų koncentracijas betone, atitolinti plyšių susidarymo procesus, padidinti betono stiprumą ir išplėsti betono panaudojimo galimybes.

5. Išvados

1. Didėjant tiek tankaus, tiek poringo stambiojo užpildo koncentracijai, oro kiekis betono skiedininėje dalyje ir betone mažėja, t. y. mažėja uždaras betono skiedininės dalies poringumas.

2. Atviras (kapiliarinis) betono skiedininės dalies poringumas, didėjant stambiojo užpildo koncentracijai, keičiasi nežymiai, kai stambusis užpildas tankus, ir žymiai sumažėja, didėjant stambiojo poringo užpildo koncentracijai.

3. Betono stiprumui gniuždant, esant tai pačiai skiedininės dalies sudėčiai, daugiausia įtakos turi du veiksniai: oro kiekis arba uždaras betono poringumas ir stambiojo užpildo kiekis bei jo stiprumas.

4. Esant tam pačiam oro kiekiui betone ir tai pačiai skiedininės dalies sudėčiai, didėjant stambiojo užpildo koncentracijai, betono stipris gniuždant mažėja dėl struktūrinių defektų ir įtempimų koncentracijų, kurios susidaro apie stambųjų užpildą.

5. Stambiojo užpildo koncentracijos įtaką betono stiprumui ir oro kiekiui jame būtina įvertinti projektuojant betono mišinius.

Literatūra

1. А. Е. Десов. Пути получения и область применения высокопрочного бетона // Бетон и железобетон, № 3, 1969, с. 7–12.
2. Г. А. Калниньш, И. А. Калис. Керамзитогазобетон для несущих конструкций зданий. Рига: Зинатне, 1976. 128 с.

3. И. Н. Ахвердов, А. Е. Смольский, В. В. Скочеляс. Моделирование напряженного состояния бетона и железобетона. Минск: Наука и техника, 1973. 232 с.
4. А. С. Дмитриев. Влияние крупного заполнителя на прочность и деформативность высокопрочного бетона // Вопросы общей технологии и ускорения твердения бетона. М.: Стройиздат, 1973, с. 24–34.
5. О. Я. Берг, Е. Н. Щербаков, Н. Г. Хубова. О пространственном напряженном состоянии бетона при одноосном сжатии // Известия ВУЗОВ. Строительство и архитектура, № 2, 1972, с. 8–13.
6. О. Я. Берг, Н. Г. Хубова, Е. Н. Щербаков. Разрушение контакта между заполнителем и раствором при сжатии бетона // Известия ВУЗОВ. Строительство и архитектура, № 8, 1972, с. 13–17.
7. N. J. Carino. A discussion of the paper "The Influence of Premix Polymer Additives on the Deformation Behavior of Concrete" by D. J. Cook and V. Sirivivatnanon // Cement and Concrete Research, Vol 8, No 5, 1978, p. 775–778.
8. Н. И. Нетеса. Механика и технология бетонов. Киев-Донец: Вища школа, 1987. 146 с.
9. С. М. Сергеев, В. А. Беккер, В. В. Безденев. Моделирование напряженного состояния растворной части вокруг гранул крупного заполнителя бетона при действии на него внешней сжимающей нагрузки // Известия ВУЗОВ. Строительство и архитектура, № 5, 1982, с. 21–25.
10. F. Larrard, A. Belloc. The Influence of Aggregate on the Compressive Strength of Normal and High-Strength Concrete // ACI Materials Journal, Vol 94, No 5, 1997, p. 417–426.
11. В. Н. Шмигальский. Виброуплотнение бетонных смесей // Технологическая механика бетона: Сборник научных трудов. Рига, 1985, с. 115–127.
12. S. Walker, D. L. Bloem. Effects of Aggregate Size on Properties of Concrete // Journal of the American Concrete Institute, Vol 57, No 3, 1960, p. 283–298.

Įteikta 2001 01 20

THE INFLUENCE OF COARSE AGGREGATE CONCENTRATION ON THE STRENGTH OF CONCRETE AND ON THE POROSITY OF CONCRETE MORTAR

G. Skripkiūnas, V. Vaitkevičius

Summary

The results of experiments dealing with coarse aggregate concentration influence on the concrete strength and the structure of hardened cement paste and mortar of concrete are presented in the paper.

Experiments were performed on concrete with dense coarse aggregate (crushed granite) which strength is more than strength of mortar and lightweight porous aggregate (expanded clay aggregate) with strength less than that of mortar. Physical and mechanical properties of concrete with dense coarse

aggregate are presented in Table 1 and the concretes with the porous coarse aggregate in Table 2. The decrease of entrained air content with the increase of coarse aggregate concentration ϕ_{st} were determined both for concretes with dense and porous coarse aggregate. The entrained air has a significant effect on concrete strength – 1% of entrained air decreases the strength of concrete about 5% [11]. The influence of the coarse aggregate concentration on the compressive strength of concrete with the constant air content is presented in Figs 3 and 4. With the increase of coarse aggregate concentration the concrete strength decreases when the entrained air content in concrete is constant. The main reasons of the concrete strength reduction are the stress concentration and structural defects near the coarse aggregate.

Coarse aggregate affects the structure of mortar. Dense coarse aggregate has negligible water absorption and does not change water content in mortar of concrete, and capillary porosity of mortar remains constant when the concentration of dense coarse aggregate ϕ_{st} increases (Fig 5). Porous coarse aggregate (expanded clay aggregate) has large water absorption (more than 16%), therefore water content in mortar of concrete is reduced and capillary porosity of mortar is significantly reduced when the concentration of porous coarse aggregate ϕ_{st} increases (Fig 5).

The entrained air content in mortar with both dense and porous coarse aggregate decreases inverse proportionally to coarse aggregate concentration ϕ_{st} (Fig 6).

The investigations have shown that suitable selection of properties and volumetric concentration of coarse aggregate can reduce stress concentration in concrete and increase the concrete strength.

.....
Gintautas SKRIPKIŪNAS. Doctor, Associate Professor. Dept of Building Materials, Kaunas University of Technology (KTU). Studentų St. 48, LT-3031 Kaunas, Lithuania. E-mail: Gintautas.Skripkiunas@saf.ktu.lt

A graduate of KTU (1985). Doctor (1994). From 1994 Head of the Dept of Building Materials at KTU. Member of Board of Lithuanian Association of Construction Industry, member of American Concrete Institute (ACI). Research interests: concrete structure and properties, concrete durability, concrete technology.

.....
Vitoldas VAITKEVIČIUS. MSc, Assistant. Dept of Building Materials. Kaunas University of Technology (KTU). Studentų St. 48, LT-3031 Kaunas, Lithuania. E-mail: Vitoldas.Vaitkevicius@saf.ktu.lt

A graduate of Civil Engineering Faculty of KTU (1994). Doctoral studies at KTU (1995–2000). Research interests: concrete properties, high-strength concrete, concrete technology.