

PRIEDO POVEIKIS ŠVIEŽIO IR SUKJETĖJUSIO SKIEDINIO SAVYBĖMS

Jurga Šeputytė¹, Asta Kičaitė²*Vilniaus Gedimino technikos universitetas**El. paštas: ¹jseputyte@gmail.com; ²asta.kicaite@vgtu.lt*

Santrauka. Darbe nagrinėjamas priedo poveikis statybinio skiedinio savybėms. Tyrimams buvo naudojami dviejų rūšių portlandcementis (klinties portlandcementis CEM II/A-LL 42,5 N ir portlandcementis be mineralinių priedų CEM I 42,5 N), smulkusis užpildas smėlis, kalkės, vanduo ir priedas: orą įtraukiantis ir stabilizuojantis. Buvo atlikti šviežio skiedinio savybių tyrimai: kūgio įsmigimo į skiedinio mišinį, skiedinio pasklidimo, skiedinio mišinio vandens išsiskyrimo, šviežio skiedinio tankio ir sukietėjusio skiedinio lenkimo ir gniuždymo stiprumo tyrimai. Rezultatai parodė, kad daugiausia vandens reikia sunaudoti ruošiant skiedinius su portlandcemenčiu be priedo, o mažiausiai – su priedu. Paaiškėjo, kad skiedinių su mišriąja rišamąja medžiaga (portlandcementis su kalkių tešla) sklidumas yra didžiausias. Įdėjus priedo į skiedinį susidaro smulkios tolygiai pasiskirsčiusios poros ir sumažėja tankis. Tokiu atveju skiedinio bandinių lenkimo ir gniuždymo stipris yra mažesnis.

Reikšminiai žodžiai: skiedinys, portlandcementis, slankumas, sklidumas, gniuždymo stipris, lenkimo stipris.

Įvadas

Statybinio skiedinio ir mišinio efektyvumui gerinti yra naudojami įvairūs priedai: vandenį sulaikančios įmaišos, skystikliai, plastikliai, redispersuojamosios įmaišos, vandens įgertį mažinančios, tirštinančios, stabilizuojančios, orą įtraukiančios įmaišos ir t. t. (Naujokaitis 2010). Naudojant priedus keičiamos fizinės ir mechaninės skiedinio mišinio savybės (Naujokaitis 2010; Vektaris 1998, 2007).

Seabra ir kt. nustatė, kad naudojant vandenį sulaikančias, pastifikuojančias ir orą įtraukiančias įmaišas pasikeičia kalkinių skiedinių reologinės savybės (Patural *et al.* 2011; Seabra *et al.* 2007, 2009).

Jasiczak J., Zielinski K. (Jasiczak, Zielinski 2006) tyrė baltymų priedo efektą skiedinio savybėms. Atlikę tyrimus Jasiczak J., Zielinski K. nustatė, kad panaudojus baltymus cementiniame skiedinyje padidėja oro kiekis ir pasikeičia šviežio ir sukietėjusio cementinio skiedinio fizinės ir mechaninės savybės. Pailgėja šviežio skiedinio rišimosi pabaigos laikas, sumažėja tankis. Sukietėjusio skiedinio bandinių tankis ir lenkimo bei gniuždymo stipris sumažėja, bet padidėja vandens įgeriamumas ir skiedinio susitraukimas.

Mokslininkai Pandey S. P., Sharma R. L. (Pandey, Sharma 2000) tyrė mineralinių priedų įtaką skiedinio stiprumui ir poringumui.

Jie pastebėjo, kad didesnis poringumas buvo gautas bandinių su lakiaisiais pelenais ir šlakais negu bandinių su klinties ir kalkių atliekomis. Tai ir nulėmė skiedinių stiprumą.

Mokslininkai Idir R., Cyr M., Tagnit-Hamou A. J. (Idir *et al.* 2010) tyrė susmulkinto stiklo kaip lėtiklio naudo-

jimą skiediniuose. Priklausomai nuo stiklo dalelių dydžio, skiediniuose gali būti nustatyti du efektai: šarminė reakcija, kuri sukelia neigiamus efektus, ir pucolano reakcija, kuri gerina skiedinio savybes. Tiriamajame cemento skiedinyje buvo naudojamos susmulkintos stiklo dalelės ir stiklo užpildai. Susmulkinto stiklo naudojimas sumažino cemento skiedinio plėtimąsi. Stambiosios dalelės padidino bandinių gniuždymo stiprį.

Sahmaran M., Christianto H. A., Yaman I. O. (Sahmaran *et al.* 2005) tyrė cheminių ir mineralinių priedų poveikį savaime susitankinančio cementinio skiedinio savybėms. Mineralinių priedų žalingas poveikis yra stiprumo sumažėjimas. Cemento dalį pakeitus mineraliniais priedais sumažėja skiedinio naudojimo tinkamumo laikas.

Izaguirre A., Lanás J., Alvarez J. I. (Izaguirre *et al.* 2010) tyrė kalkių cemento skiedinio su priedais senėjimą. Buvo nustatyta, kad geriausias priedas yra natrio oleatas. Naudojant dideliais kiekiais natrio oleatą kalkių cemento skiediniuose padidinamas ilgaamžiškumas. Taip pat ir krakmolas didina ilgaamžiškumą ir atsparumą mechaniniams veiksams. Kuo mažesnis įgerto vandens kiekis, tuo didesnis mechaninis atsparumas.

Vienos iš skiediniams svarbių įmaišų yra orą įtraukiančios įmaišos. Jas naudojant susidaro stabilūs oro burbulėliai, vienodai pasiskirstę visoje masėje, kurie ją daro poringa (Naujokaitis 2010).

Darbe nagrinėjamas orą įtraukiančio ir stabilizuojančio priedo poveikis šviežio ir sukietėjusio statybinio skiedinio savybėms.

Skiedinio žaliavos ir mišinių sudėtis

Kaip rišamosios medžiagos buvo pasirinkti AB „Akmenės cementas“ pagamintas klinties portlandcementis CEM II/A-LL 42,5 N ir portlandcementis CEM I 42,5 N (MA). Portlandcemyje CEM I 42,5 N (MA) šarmų kiekis, laikant Na₂O ekvivalentu, yra ≤0,8 %. Vandens sąnaudos normalaus tirštumo cemento tešlai klintinio portlandcemenčio CEM II/A-LL 42,5 N atveju yra 28,2 %, o portlandcemenčio CEM I 42,5 N (MA) – 25,8 %.

Kitos portlandcemenčių fizikinės savybės pateiktos 1 lentelėje.

Kaip užpildas buvo naudojamas smėlis, kurio fizikinių rodiklių vertės yra pateiktos 2 lentelėje.

1 lentelė. Portlandcemenčio fizikinės savybės

Table 1. Physical properties of Portland cement

Parametras	Portlandcemenčio rūšis	
	CEM II/LL 42,5 N	CEM I 42,5 N (MA)
Portlandcemenčio piltinis tankis, g/cm ³	1,017	1,114
Portlandcemenčio savitasis tankis, g/cm ³	3,000	3,000

2 lentelė. Smėlio fizikinės savybės

Table 2. Physical properties of sand

Parametras	0/2 mm smėlio frakcija
Smėlio piltinis tankis, g/cm ³	1,529
Smėlio dalelių tankis, g/cm ³	2,550
Smėlio drėgnis, %	0,431
Smėlio stambumo modulis	1,675

Iš negesintų kalkių (CL70), kurių aktyvumas ≥70 %, buvo ruošiama kalkių tešla, kurių tūrinė išeiga buvo 2,71 l, masinė išeiga – 3,36 kg, tešlos tankis – 1240 kg/m³.

Buvo sumaišyti 6 sudėčių mišiniai. Naudojamos rišamosios medžiagos buvo portlandcementis ir kalkių tešla, užpildas buvo 0/2 mm frakcijos smėlis. Dviem skiedinio mišiniams buvo naudojamas orą įtraukiantis ir stabilizuojantis priedas Centripor TFM 411.

Skiedinio mišinių sudėtis pateikta 3 lentelėje.

Gaminant skiedinius pasirinktas skiedinio slankumas buvo 6,0 cm. Pagal slankumą buvo nustatinėjamas kiekvieno skiedinio tipui reikalingas vandens kiekis.

Buvo pagaminti tokie skiedinių mišiniai:

S1 – skiedinys susideda iš portlandcemenčio CEM I 42,5 N (MA) ir smėlio; S2 – iš portlandcemenčio CEM I 42,5 N (MA), smėlio, kalkių; S3 – iš klinties portlandcemenčio

CEM II/LL 42,5 N ir smėlio, S4 – iš klinties portlandcemenčio CEM II/LL 42,5 N, smėlio, kalkių; S5 – iš portlandcemenčio CEM I 42,5 N, smėlio ir orą įtraukiančio ir stabilizuojančio priedo; S6 – iš klinties portlandcemenčio CEM II/LL 42,5 N, smėlio ir orą įtraukiančio bei stabilizuojančio priedo (3 lentelė).

3 lentelė. Skiedinio mišinių sudėtis

Table 3. The composition of mortar mixtures

Medžiagos	Skiedinio medžiagų kiekiai					
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
Smėlis, g	3058					
Cementas, g	562					
Vanduo, g	711	446	711	385	313	295
Kalkės, g		432		415		
Orą įtraukiantis priedas, g					2,8	2,8

Tyrimo metodai

Skiedinio mišiniai buvo maišomi laboratorijoje mechaniniu būdu (Žurauskienė *et al.* 2009).

Pagal slankumą buvo nustatinėjamas kiekvienam skiedinio tipui reikalingas vandens kiekis. Skiedinio slankumui nustatyti naudotas standartinis kūgis (Naujokaitis 2010).

Šviežio skiedinio konsistencija buvo nustatoma (sklidumo metodu) naudojant kratymo stalą. Pradžioje nustatomas šviežio skiedinio pasklidimas. Vėliau tiriamas skiedinio tinkamumas, t. y. nustatoma, kaip skiedinio pasklidimas sumažėja 3 cm. Bandytas kartojamas kas 15 min. (LST EN 1015-3:2002).

Taip pat buvo tiriamas vandens atsiskyrimas iš skiedinio mišinio, kuris buvo nustatomas pasveriant paviršiuje išsiskyrusį vandenį po 1 h ir 2 h (Skrupkiūnas 2007).

Šviežio skiedinio bandinių tankis buvo nustatomas pagal LST EN 1015-6:2002.

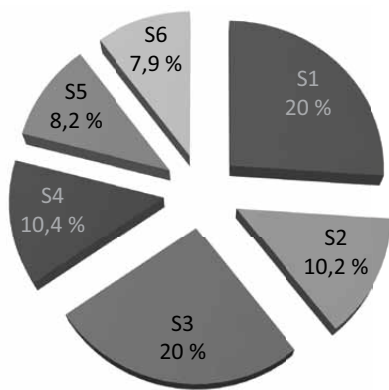
Skirtingo tipo skiediniai buvo formuojami formose (160×40×40 mm). Po 28 parų kietėjimo buvo nustatomas skiedinio gniuždymo ir lenkimo stipris (LST EN 1015-11:2002).

Makrostruktūros tyrimai buvo atliekami naudojant optinį mikroskopą MOTIC.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Pirmiausia buvo nustatomas vandens poreikis skiedinio mišiniams (1 pav.). Tyrimas buvo atliekamas naudojant kūgį.

Iš gautų rezultatų matyti, kad daugiausia – 20 % vandens sunaudojama skiedinių mišiniams S1 ir S3, kurių rišamoji medžiaga yra portlandcementis (CEM I 42,5 N (MA) arba CEM II/LL 42,5 N) be jokių priedų. Kitų skiedinių tipams reikia mažiau vandens. Mažiausias vandens poreikis pastebimas įmaišius orą įtraukiantį ir stabilizuojantį priedą.



1 pav. Vandens poreikis skiedinio mišiniui
Fig. 1. Water content in the mortar mix

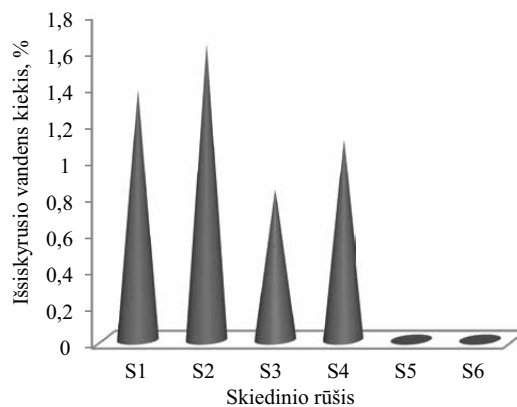
Tokiu atveju S5 skiediniams reikia naudoti 8,2 %, o S6 skiediniams – tik 7,9 % vandens. Jau maišymo metu stebimas priedo poveikis, mišinys pasidaro puresnis, susidaro stabilūs oro burbulėliai, pasiskirstę visoje masėje.

Didžiausias pasklidimas yra skiedinių su portlandcemenčiu ir kalkių tešla. Tokiu atveju su portlandcemenčiu CEM I 42,5 N (MA) ir kalkėmis pasklinda 17 cm, o su portlandcemenčiu CEM II/LL 42,5 N ir kalkėmis – 17,2 cm. Kalkių tešla suteikia skiediniui plastiškumo. Mažiausias pasklidimas yra skiediniuose su orą įtraukiančiu ir stabilizuojančiu priedu. Skiedinio, kuriame yra portlandcemenčio CEM I 42,5 N (MA) ir orą įtraukiančio ir stabilizuojančio priedo, pasklidimas siekia 13,2 cm. Panašus rezultatas gaunamas naudojant ir klinties portlandcementį CEM II/LL 42,5 N – 13,3 cm.

Buvo nustatomas laiko periodas, per kurį skiedinio pasklidimas sumažėja 3 cm. Naudojant abiejų rūšių portlandcementį pastebėta panašumų. Skiediniai, kuriuose yra mišri rišamoji medžiaga, t. y. naudojamas portlandcementis su kalkėmis, skiedinio pasklidimo sumažėjimas pasiekiamas per 85 min. Kitų skiedinių pasklidimo sumažėjimas įvyksta per 115 min.

Dar viena svarbi šviežio statybinio skiedinio savybė yra išsisluoksniavimas. Todėl statybinio skiedinio mišinys buvo paliktas stovėti 2 valandas (2 pav.), kad iš jo išsiskirtų vanduo. Matyti, kad iš skiedinio vien tik su portlandcemenčiu CEM I 42,5 N (MA) išsiskyrė 1,37 % vandens, o su klinties portlandcemenčiu CEM II/LL 42,5 N – 1,58 % vandens. Skiediniuose naudojant portlandcementį su orą įtraukiančiu ir stabilizuojančiu priedu per dvi valandas visiškai neišsiskyrė vandens. Šiuo atveju susidaro stabilesnė skiedinio struktūra, kuri labai gerai sulaiko mišinyje vandenį ir neleidžia vandeniui išsiskirti paviršiuje.

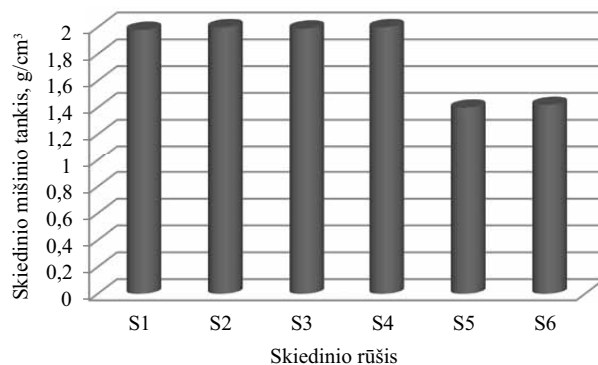
Įdėjus priedo skiedinio mišinyje susidaro tam tikras kiekis smulkių vienodai pasiskirsčiusių porų, dėl kurių



2 pav. Vandens kiekis, išsiskyręs skiedinio mišinyje
Fig. 2. The amount of water released in the mortar mix

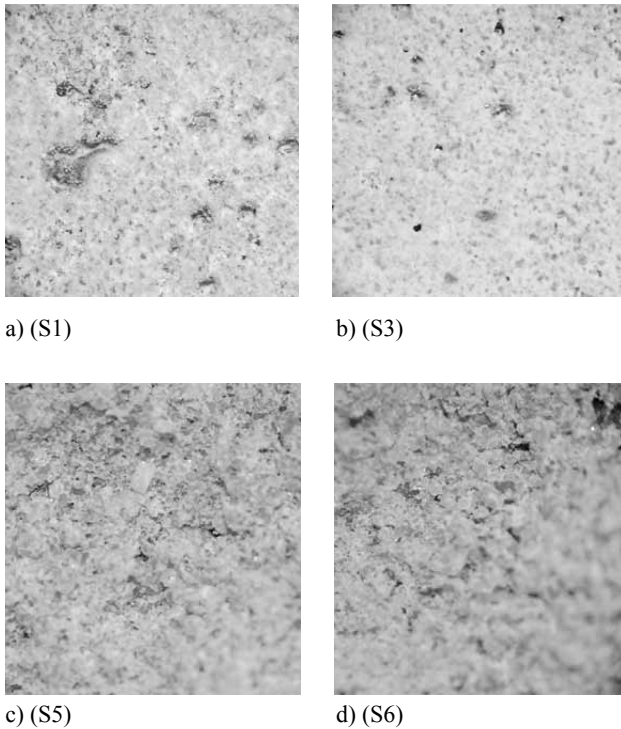
užimamo tūrio skiedinio mišinio bandinys tampa lengvesnis, o tankis mažesnis. 3 pav. matyti, kad mažiausiu tankiu 1,389 g/cm³ pasižymi skiedinys su portlandcemenčiu CEM I 42,5 N ir orą įtraukiančiu bei stabilizuojančiu priedu. Kitos skiedinių tankio vertės panašios. Skiedinio S1 su portlandcemenčiu CEM I 42,5 N tankis buvo 1,980 g/cm³, skiedinio S3 su portlandcemenčiu CEM II-LL 42,5 N – 1,990 g/cm³, skiedinio S2 su portlandcemenčiu CEM I 42,5 N ir kalkėmis ir skiedinio S4 su portlandcemenčiu CEM II-LL 42,5 N ir kalkėmis tankis – 2,000 g/cm³.

Įdėjus priedo skiedinio mišinyje susidaro tam tikras kiekis smulkių vienodai pasiskirsčiusių porų, dėl kurių užimamo tūrio skiedinio mišinio bandinys tampa lengvesnis, o tankis mažesnis. 3 pav. matyti, kad mažiausiu tankiu 1,389 g/cm³ pasižymi skiedinys su portlandcemenčiu CEM I 42,5 N bei orą įtraukiančiu ir stabilizuojančiu priedu. Kitos skiedinių tankio vertės panašios. Skiedinio S1 su portlandcemenčiu CEM I 42,5 N tankis yra 1,980 g/cm³, skiedinio S3 su portlandcemenčiu CEM II-LL 42,5 N – 1,99 g/cm³, skiedinio S2 su portlandcemenčiu CEM I 42,5 N ir kalkėmis bei skiedinio S4 su portlandcemenčiu CEM II-LL 42,5 N ir kalkėmis tankis – 2,0 g/cm³.



3 pav. Skirtingų tipų šviežio skiedinio tankis
Fig. 3. Density of different types of fresh mortar

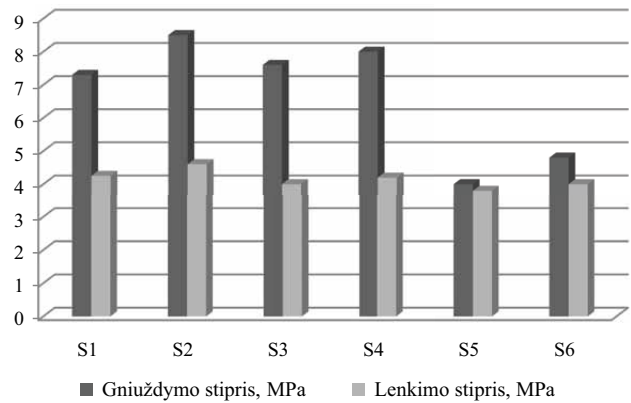
Optiniu mikroskopu buvo atlikti makrostruktūros tyrimai (4 pav). Didinta 12 kartų. Įdėjus į skiedinį priedo, keičiasi skiedinio struktūra, tai akivaizdžiai matyti iš 4 pav. pateiktų nuotraukų. Šiuo atveju formuojasi kitokia paviršiaus ir vidinė struktūra. Paviršiuje matyti daug daugiau porų. Įdėjus orą įtraukiančių įmaišų skiedinio mišinyje susidaro tam tikras kiekis smulkių vienodai pasiskirsčiusių uždarytų porų (Naujokaitis 2010). Galima manyti, kad ir šiuo atveju bandinio viduje susidaro daug įvairių atvirų ir uždarytų porų.



4 pav. Sukietėjusio skiedinio makrostruktūros vaizdas
Fig. 4. View of the macro-structure of hardened mortar

Susidariusi struktūra daro poveikį ir skiedinio mechaninėms savybėms. Po 28 parų kietėjimo buvo nustatomi skiedinio bandinių lenkimo ir gniuždymo stipriai. Pirmiausia buvo nustatomas skiedinio bandinių lenkimo stipris, o vėliau skiedinio bandinių gniuždymo stipris. Gauti tyrimų rezultatai pateikti 5 pav. Didžiausiu lenkimo stipriu pasižymėjo skiediniai su portlandcemenčiu CEM I 42,5 N (MA) ir kalkėmis, kurie siekė 4,6 MPa.

Taip pat 5 pav. matyti, kad didesnėmis gniuždymo vertėmis pasižymi skiediniai su portlandcemenčiu CEM I 42,5 N (MA) ir kalkėmis, kurie siekė 8,4 MPa. Mažesniu gniuždymo stipriu pasižymi skiediniai su portlandcemenčiais bei orą įtraukiančiu ir stabilizuojančiu priedu.



5 pav. Sukietėjusio skiedinio lenkimo ir gniuždymo stipris
Fig. 5. Flexural strength and compressive strength of hardened mortar

Išvados

1. Daugiausia vandens, t. y. 20 %, sunaudojama skiediniams su portlandcemenčiu gaminti. Skiediniuose naudojant orą įtraukiantį ir stabilizuojantį priedą gerokai sumažėja vandens poreikis.
2. Skiedinių su mišriąja rišamąja medžiaga (portlandcementis su kalkių tešla) sklidumas yra didžiausias, o tinkamumo naudoti laikas trumpiausias.
3. Pridėjus orą įtraukiančio ir stabilizuojančio priedo susidaro stabilesnė skiedinio struktūra, kuri sustabdo vandens išsiskyrimą. Net ir po dviejų valandų nebuvo pastebėta vandens išsiskyrimo.
4. Mažiausia šviežio skiedinio su portlandcemenčiu CEM I 42,5 N ir priedu tankio vertė yra 1,389 g/cm³. Įdėjus į skiedinį priedo susidaro smulkios tolygiai pasiskirsčiusios poros ir sumažėja tankis.
5. Panaudojus orą įtraukiantį ir stabilizuojantį priedą ir pasikeitus skiedinio struktūrai stebima lenkimo ir gniuždymo stiprio sumažėjimo tendencija.

Literatūra

- Idir, R.; Cyr, M.; Tagnit-Hamou, A. 2010. Use of fine glass as ASR inhibitor in glass aggregate mortars, *Construction and Building Materials* 24(7): 1309–1312.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.12.030>
- Izaguirre, A.; Lanas, J.; Alvarez, J. I. 2010. Ageing of lime mortars with admixtures: durability and strength assessment, *Cement and Concrete Research* 40: 1081–1095.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2010.02.013>
- Jasiczak, J.; Zielinski, K. 2006. Effect of protein additive on properties of mortar, *Cement and Concrete Composites* 28: 451–457.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2005.12.007>

- LST 197-1:2000. Cementas. 1 dalis. Įprastinių cementų sudėtis, techniniai reikalavimai ir atitikties kriterijai. Vilnius, 2000. 26 p.
- LST EN 1015-11:2002 (LST EN 1015-11:2004). Mūro skiedinio bandymo metodai. 11 dalis. Sukietėjusio skiedinio stiprio lenkiant ir gniuždant nustatymas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002.
- LST EN 1015-3:2002 (LST EN 1015-3+A1:2004). Mūro skiedinio bandymo metodai. 3 dalis. Šviežio skiedinio konsistencijos nustatymas (sklidumo metodu). Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002.
- LST EN 1015-6:2002/A1:2007. Mūro skiedinio bandymo metodai. 6 dalis. Šviežio skiedinio tūrinio tankio nustatymas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002.
- Naujokaitis, A. 2010. *Statybinės medžiagos. Sausieji statybiniai mišiniai*. Vilnius: Technika. 363 p.
- Pandey, S. P.; Sharma, R. L. 2000. The influence of mineral additives on the strength and porosity of OPC mortar, *Cement and Concrete Research* 30: 19–23.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846\(99\)00180-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846(99)00180-5)
- Patural, L.; Marchal, P.; Govin, A.; Grosseau, P.; Ruot, B.; Deves, O. 2011. Cellulose ethers influence on water retention and consistency in cement-based mortars, *Cement and Concrete Research* 41: 46–55.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2010.09.004>
- Sahmaran, M.; Christianto, H. A.; Yaman, I. O. 2005. The effect of chemical admixtures and mineral additives on the properties of self-compacting mortars, *Cement and Concrete Composites* 28: 432–440.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2005.12.003>
- Seabra, M. P.; Labrincha, J. A.; Ferreira, V. M. 2007. Rheological behavior of hydraulic lime-based mortars, *Eur. Ceram. Soc.* 27(2–3): 1735–1741.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2006.04.155>
- Seabra, M. P.; Paiva, H.; Labrincha, J. A.; Ferreira, V. M. 2009. Admixture effect on the fresh state properties of aerial lime based mortars, *Const. Build. Mater.* 23(2): 1147–1153.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.06.008>
- Skripkiūnas, G. 2007. *Statybinių konglomeratų struktūra ir savybės*. Kaunas: Vitae Litera. 334 p.
- Vektaris, B. 1998. *Smulkiagrūdžiai statybiniai mišiniai ir skiediniai*. Kaunas: Technologija. 230 p.
- Vektaris, B. 2007. *Kalkinių skiedinių ir aktyvo betono rišamosios medžiagos*. Kaunas: Technologija. 135 p.
- Žurauskienė, R.; Nagrockienė, D.; Mačiulaitis, R.; Kičaitė, A.; Červokienė, A.; Žurauskas, R. 2009. *Statybinės medžiagos*. Vilnius: Technika. 166 p. <http://dx.doi.org/10.3846/1091-S>

To determine the effects of additives on the mortar mix, the analysis of cone penetration into the mix, mortar mobility, water extraction out of mortar, density and flexural and compressive testing were conducted. When put into mortar, air-entraining and stabilizing additives changed structure. In this case, density and flexural and compressive strength of mortar are reduced.

Keywords: mortar, portland cement, mobility, flow characteristics, compressive strength, flexural strength.

THE IMPACT OF ADDITIVE ON THE PROPERTIES OF FRESH AND HARDENED MORTAR

J. Šeputytė, A. Kičaitė

Abstract

This paper considers the impact of additives on the properties of mortar. For investigation purposes, two types of Portland cement (CEM II/A-LL 42.5 N and CEM I N (MA)), fine aggregate sand, lime, water and air-entraining and stabilizing additives were used.