

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO VERSLO IR TECHNOLOGIJŲ FAKULTETAS

Milda Kiurienė

**DRĖGMĘ IZOLIUOJANČIŲ PRIEDŲ POVEIKIS BETONO
SAVYBĖMS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Saulius Sušinskas

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO VERSLO IR TECHNOLOGIJŲ FAKULTETAS
TECHNOLOGIJŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas
(parašas) Artūras Tautkus
(data)

DRĖGMĘ IZOLIUOJANČIŲ PRIEDŲ POVEIKIS BETONO
SAVYBĖMS

magistro projektas

Statyba (621J80001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Saulius Sušinskas
(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. Andrius Stasiškis
(data)

Projektą atliko

(parašas) Milda Kiurienė
(data)

KAUNAS, 2016

M. Kiurienė, Drėgmę izoliuojančių priedų poveikis betono savybėms, Magistro baigiamasis darbas / Vadovas doc. Saulius Sušinskas, Kauno Technologijos Universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas, technologijų katedra, - Panevėžys: 2016, 43 p.

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro darbe tiriamas drėgmę izoliuojančių priedų poveikis betono savybėms. Statybos inžinerijoje konstrukcijų hidroizoliavimas yra vienas iš svarbiausių darbų. Galima pasirinkti įvairiausių hidroizoliacijos rūšių, tačiau viena iš veiksmingiausių – betono mišinio modifikavimas, pridedant į jį įvairių priedų. Atlikus laboratorinius tyrimus galima nustatyti drėgmę izoliuojančių priedų poveikį stipruminėms betono savybėms.

Tiriamajame darbe buvo nustatyti betono kubelių gniuždymo stipriai, naudojant tris skirtingus drėgmę izoliuojančius priedus, ir palyginti su bandiniais, kurie buvo be priedų. Naudojant priedą BLIVS/PROOF (VincentPolyline) vidutinis gniuždomasis stipris – 205,70 kN, Goldenmix – 206,87 kN; MASTerBetonSZcel – 193,53 kN, o be priedų – 102,57 kN. Galima daryti išvadą, kad bandiniai su priedais atlaiko didesnę apkrovą nesuirdami. Betono mišinio slankumo klasė be priedų – S4, o įmaišius drėgmę izoliuojančių priedų – S3.

SUMMARY

The paper toward the Bachelor's degree is devoted to effect of water proofing additives on concrete properties. Waterproofing of structures is one of the most important jobs in civil engineering. One may choose from numerous waterproofing methods available however the most efficient one is concrete mix modification by integrating various additives. The laboratory tests may demonstrate the impact of waterproofing additives on concrete strength properties.

When working on the paper compression strength of three concrete samples with different waterproofing additives was tested and the results were compared to the ones of test samples without any waterproofers. The average compression strength of the test samples with BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline), Goldenmix and MASTerBetonSZcel was 205,70 kN, 206,87 kN and 193,53 kN respectively, and the ones without the additives showed 102,57 kN. The conclusion may be drawn that the test samples with additives are more resistant to compression. Mobility class of the concrete mix when it is additive-free would be S4, and with the waterproofers integrated it would be S3

TURINYS

ĮVADAS.....	8
1. BETONO MIŠINIO NAUDOJIMO APŽVALGA ŠIUOLAIKINĖJE LITERATŪROJE	9
1.1 Bendrosios žinios apie betonus	9
1.2 Betono deformacinės savybės	10
1.3 Betono priedai	11
1.4 Betono gaminių ir mišinių tyrimo centrai Lietuvoje	13
1.5 Betono mišinių gamybos įmonės Lietuvoje.....	14
1.5.1 Betono mišinių transportavimas	17
2. BETONO MIŠINIO GAMYBOS APŽVALGA.....	19
2.1 Žaliavos ir tiriamojo mišinio sudėtis	19
2.2 Bandinių gamyba.....	22
2.3 Bandinių gamyba gniuždymo stiprio nustatymui.....	23
2.4 Betono mišinio slankumo bandymas	28
3. TIRIAMOJI DALIS	30
3.1 Betono bandinių gniuždomojo stiprio analizė.....	30
3.2 Betono bandinių suirimo vizualinė analizė.....	37
3.3 Betono mišinio slankumo tyrimas	39
4. IŠVADOS.....	42
LITERATŪRA	43

PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Šalyje naudojamų įmaišų efektyvumas.....	12
1.2 pav. UAB „Betono centras“	14
1.3 pav. UAB „Perdanga“	15
1.4 pav. UAB „Šilo statyba“	16
1.5 pav. UAB „Utenos betonas“	16
1.6 pav. Betono maišyklė	17
1.7 pav. Betono mišinio gamyba statybos aikštelėje	17
1.8 pav. automobilinės betonmaišės	18
2.1 pav. Betono priedas, atstumiantis drėgmę BetonSzczel.....	20

2.2 pav. Betono priedas, atsumantis drėgmę BLIVS / PROOF (Vincent's Polyline).....	21
2.3 pav. Plastiklis GOLDENMIX.....	21
2.4 pav. Betono mišinys Weber S100 sumaišytas su vandeniu.....	22
2.5 pav. Bandinių gamyba.....	23
2.6 pav. Bandinių kietėjimas vandens vonelėje.....	24
2.7 pav. Vidutinis betono bandinių tankis.....	25
2.8 pav. 2500 kN galios presas	26
2.9 pav. 2500 kN galios hidraulinio preso schema	26
2.10 pav. Tinkamas kubinių bandinių suirimas	27
2.11 pav. Keli netinkami kubinių bandinių suirimo pavyzdžiai.....	27
7 lentelė. Betono mišinio konsistencijos klasės	28
2.12 pav. Betono mišinio dėjimas į Abramsso kūgį.....	28
2.13 pav. Betono mišinio slankumo matavimas	29
3.1 pav. Gniuždomojo stiprio bandymas su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline)	30
3.2 pav. Gniuždomasis stipris su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline).....	31
3.3 pav. Gniuždomoji jėga su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline).....	31
3.4 pav. Gniuždomojo stiprio bandymas su priedu GOLDENMIX	32
3.5 pav. Gniuždomasis stipris su priedu GOLDENMIX	32
3.6 pav. Gniuždomoji jėga su priedu GOLDENMIX.....	33
3.7 pav. Bandinių gniuždomojo stiprio bandymas su priedu GOLDENMIX.....	33
3.8 pav. Gniuždomasis stipris su priedu MASTer BetonSZcel	34
3.9 pav. Gniuždomoji jėga su priedu MASTer BetonSZcel.....	34
3.10 pav. Bandinių gniuždomasis stipris be priedų	35
3.11 pav. Gniuždomasis stipris su priedu GOLDENMIX	35
3.12 pav. Gniuždomoji jėga su priedu GOLDENMIX	36
3.13 pav. Vidutinis bandinių gniuždomasis stipris.....	36
3.14 pav. Vidutinė bandinių gniuždomoji jėga	37
3.15 pav. Bandinių su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline) suirimas	37
3.16 pav. Bandinių su priedu GOLDENMIX suirimas.....	38
3.16 pav. Bandinių su priedu MASTer BetonSZcel suirimas	38
3.17 pav. Bandinių be priedų suirimas.....	39
3.18 pav. Abramsso kūgis.....	39
3.19 pav. Betono mišinio be priedų slankumo bandymas.....	40
3.19 pav. Betono mišinio su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline) slankumo bandymas	40

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Betono mišinio Weber S100 techniniai duomenys.....	19
2 lentelė. Deklaruojamos eksploatacinės savybės	19
3 lentelė. Pavoingos sudedamosios medžiagos	19
4 lentelė. Bandinių svoris	24
5 lentelė. Bandinių matmenys	24
6 lentelė. Betono mišinio konsistencijos klasės	28

IVADAS

Šiuolaikinėje statyboje viena iš didžiausių problemų, su kuriomis susiduria ir statybininkai, ir užsakovai – naujai statomo, renovuojamo pastato hidroizoliacija. Vis dar egzistuoja nuomonių, kad šlapiame grunte pastato su į žemę įleistais pamatais pastatyti neįmanoma.

Šiuolaikines medžiagas turėtų išmanyti visi statybos dalyviai: projektuotojas, statybininkas bei užsakovas. Kita didelė problema – labai platus hidroizoliacinių medžiagų pasirinkimas. Atsakingai reikia pasirinkti tinkamiausius variantus kiekvienai konkrečiai situacijai. Netinkamai pasirinkus hidroizoliacijos medžiagą ar jų rūšį, ateityje gali atsirasti daug defektų. Taigi, poreikis naujoms technologijoms, skirtoms apsaugoti statinį nuo agresyvios aplinkos, yra vienodai svarbus tiek projektuojant, tiek renovuojant.

Išskiriami pagrindiniai hidroizoliacijos būdai:

- paviršiaus impregnavimas;
- mineralinės-polimerinės, polimerinės medžiagos;
- mineraliniai skiediniai;
- hidroizoliavimas, naudojant modifikuotą betoną;
- membraninė apsauga;
- silikatizacija.

Vienas iš plačiausiai naudojamų būdų – hidroizoliavimas, naudojant modifikuotą betoną. Taikant šią technologiją labai svarbu pasirinkti tinkamą bei optimalią betono mišinio sudėtį: visos medžiagos turi būti kokybiškos, parinktas reikiamas cemento tipas, užpildų granulometrija, mišinio temperatūra bei priedų kiekis. Norint gauti nelaidų vandeniui, atsparų agresyviai aplinkai betoną, į mišinį įmaišomas hidroizoliacinis priedas, veikiantis kristalizacijos principu. Jis sulėtina betono hidrataciją, pagerina betono nelaidumo klasę. Pagrindinis šios technologijos privalumas – konstrukcijų nebereikia dengti papildoma hidroizoliacija, hidroizoliacinės medžiagos tolygiai pasiskirsto visame betono mišinyje.

Darbo tikslas: nustatyti kaip keičiasi betono savybės, keičiantis drėgmę izoliuojančiai medžiagai.

Darbo uždaviniai:

1. Nustatyti sukietėjusio betono bandinių stiprumines savybes – tankį ir stiprumo klasę.
2. Palyginti betono stiprumines savybes su priedais ir be jų.
3. Palyginti betono slankumą.
4. Palyginti betono bandinių kubelių suirimo pobūdį.

1. BETONO MIŠINIONAUDOJIMO APŽVALGA ŠIUOLAIKINĖJE LITERATŪROJE

1.1 Bendrosios žinios apie betoną

Betonas – tai dirbtinis akmuo, gaunamas, sukietėjus mišiniui iš rišamosios medžiagos, užpildų, vandens ir priedų [1]. Statyboje dažnai naudojamas betonas tiek su hidraulinėmis, tiek su orinėmis rišamosiomis medžiagomis. Naudojami ne tik mineraliniai užpildai, bet ir įvairūs pagamintieji organiniai užpildai.

Šviežias betonas – tai paruoštas, dar nesukietėjęs, naudotinos būklės betono mišinys, kurį galima sutankinti pasirinktu būdu. *Sukietėjęs betonas* – kietojo būvio, tam tikrą stiprumą pasiekęs betonas. *Normalusis* (sunkusis) *betonas* – tai sukietėjęs betonas, kurį išdžiovinus, jo tankis yra didesnis kaip 2000 kg/m^3 , bet nėra didesnis nei 2600 kg/m^3 . *Lengvojo betono* tankis yra ne mažesnis kaip 800 kg/m^3 ir ne didesnis kaip 2000 kg/m^3 . Pagal A. Naujoką betonai klasifikuojami pasitelkus ir daugiau kriterijų [1]:

- rišamąją medžiagą (cementinius, silikatinius, gipsinius, asfaltinius, polimercementinius, polimerbetoninius, specialiuosius ir t.t.);
- aplinkos poveikį (žiūrėti 1 priedą);
- paskirtį (normalusis; sienų konstrukcinis; termoizoliacinis; hidrotechninis; kelių ir gatvių dangoms; standusis betonai; betonai iš anksto įtemptų konstrukcijų dirbiniams; apdailos ir dekoratyvinis betonai; konstrukcijų apsaugos ir remonto darbams skirtas betonai; fibrobetonai ir t.t.);
- konsistencijos klases (slankumą; Vebe; sutankinamumą; sklidumą);
- betono šeimą (vieno tipo cementus; panašius užpildus ir I tipo priedus; betoną su priedais, leidžiančiais mažinti būtinąjį vandens kiekį; visą konsistencijos klasių diapazoną; riboto stiprio klasių betonai);
- užpildų stambumą (D_{\max}) (smulkiagrūdžius, $D_{\max} = 4\text{--}8 \text{ mm}$; stambiagrūdžius, $D_{\max} = 8\text{--}63 \text{ mm}$);
- stiprumą (stiprųjį betoną – sunkųjį, kurio stiprio gniuždant klasė $C \geq 50\text{--}60$; normalųjį ir lengvąjį, kurio stiprio klasė $\leq C45/55$).

Pagrindiniai betono rodikliai yra atsparumas šalčiui, stipris, nelaidumas vandeniui. Retai kada nustatomas yra vandens įgeriamumas, betono atsparumas dilumui, brinkimas, traukiamasis, atsparumas korozijai ir kiti rodikliai. Betono savybės nustatomos standartiniais ir reglamentuotais metodais, bandant specialiai pagamintus bandinius arba iš konstrukcijų išgręžtus bandinius.

Pagal Europos Sąjungos standartus smėlio betonas ir betonas klasifikuojamas pagal betono klases (pvz., C20/25). Dažniausiai betonas vertinamas pagal jo stiprumą veikiant gniuždymo jėgai. Raidė nurodo betoną (angl. Concrete), pirmi du skaitmenys žymi mažiausią charakteristinį betono gniuždymo stiprį, MPa bandant cilindrinis bandinius, o paskutiniai du skaitmenys – mažiausią charakteristinį betono gniuždymo stiprį, MPa bandant kubinius bandinius. Lietuvos bandymo laboratorijose betono gniuždymo stipris nustatomas bandant kubelius.

Sutartinis Lietuvoje gaminamo betono žymėjimas yra toks:

LST EN 206-1-C30/37-XF2-F200-W8-CI 0,20-D16-S3

Čia:

LST EN 206-1 – Lietuvos standartas LST EN 206-1 Betonas. 1 dalis. Techniniai reikalavimai, savybės, gamyba ir atitiktis, taikomas kartu su LST EN 1974 LST EN 206-1 taikymo taisyklės ir papildomieji nacionaliniai reikalavimai;

C30/37 – betono gniuždymo stiprio klasė pagal LST EN 206-1 4 skyrių;

XF2 – aplinkos poveikio klasė pagal informacinį LST EN 1974 P priedą;

F200 – atsparumas šalčiui (šaldymo ir (arba) atšildymo ciklai) pagal LST L 1428.17;

W8 – betono nelaidumas vandeniui pagal norminį LST 1974 O priedą;

CI 0,20 – chloridų kiekis betone pagal LST EN 206-1 5.2.7;

D16 – didžiausias užpildo dalelių matmuo pagal LST 1974 5.4.4;

S3 –slankumo klasė pagal LST EN 206-1 4 skyrių. [11]

1.2 Betono deformacinės savybės

Betono struktūrą lemia jo sudėtis, gamyba, kietėjimas, sudėtinės medžiagos ir kiti procesai. Tarp pavienių komponentų susidaro įtempiai, ryšiai, kurie pasiskirsto pagal komponentų fazių sąveiką, deformatyvumą, stiprumą. Nuo vieno komponento jie persiduoda kitiems, o dėl vykstančių išorės poveikių įvyksta jų persiskirstymas. Fazių lietimosi zonose susidaro įtempių koncentracija, gali atsirasti mikroplyšių, dislokacijų. Todėl ir įvyksta deformacijos. Pasak David W. Mokarem (2012), deformacijos būna:

- temperatūrinės – susidaro kai kinta aplinkos temperatūra. Kai betonas šildomas – plečiasi, o kai šaldomas – traukiasi. Betono su sunkiaisiais stambiaisiais užpildais temperatūrinės deformacijos itin priklauso nuo betono sudėties: didėjant cementinio akmenskiekiui deformacijos yra didesnės. Sausas betonas mažiau plečiasi negu drėgnas. Didėjant temperatūrai, didėja drėgno betono deformacijos. Labai tai pastebima, kai drėgnas betonas sušąla. Susidarius ledui betono porose ir kapiliaruose susidaro žymūs tempimo įtempiai, ir betonas deformuojasi. Temperatūrinės betono deformacijos yra labai artimos metalo

deformacijoms dėl temperatūros poveikio, todėl gelžbetoninėse konstrukcijose šios deformacijos sutapdamos nesukelia papildomų defektų;

- savaiminės susitraukimo ir brinkimo – atsiranda dėl cheminių ir fizikinių procesų, kai kinta betono drėgnis. Dėl cheminių ir fizikinių deformacijų atsiranda vidinių įtempimų, gali paksikeisti išoriniai matmenys. Betonui kietėjant kinta jo tūris. Didžiausias tūrio sumažėjimas kietėjant būna tada, kai, paruoštame betone tarp užpildų yra nemažai smulkių tuštumų ir kapiliarų, prisipildžiusių vandens. Betono tūris gali sumažėti daliai vandens perėjus į cemento junginius, o kitai daliai išgaravus. Kai stambusis užpildas suartėja tiek, kad sudaro standų karkasą, gaminio tūris jau nebemažėja. Karbonizacinis susitraukimas vyksta tada, kai kalcio hidroksidas jungiasi su atmosferoje esančiu anglies dvideginiu. Susitraukimas dėl drėgmės pokyčių ir karbonizacinis susitraukimas vyksta jau sukietėjusiame betone, ir medžiagoje prie armatūros strypų gali susidaryti mikroplyšiai. Betono susitraukimo deformacijos priklauso nuo v/c santykio, įmaišų tipo, cemento atmainos, cemento kiekio betone, kietėjimo aplinkos ir temperatūros, užpildų stambumo, drėgnio ir granulimetrinės sudėties;
- dėl išorinių trumpalaikių ir ilgalaikių poveikių bei veikiant apkrovoms. Betonas yra tampriai plastiška medžiaga, nes jo struktūra sudaryta iš kelių fazių: cementinio (arba kitos rišamosios medžiagos) akmens ir užpildų stambesnių ar smulkesnių grūdelių. Betone dėl jo sudėties, t.y. dėl gamybos technologinių veiksnių bei dėl struktūros nevienodumo atsiranda mikroplyšių ir dislokacijų. Bandinio, apkrauto išorine, dažniausiai gniuždomąja, apkrova, irimas prasideda defektų vietose. Iš pradžių dėl apkrovos sukeltų įtempimų bandinys deformuojasi proporcingai, santykinė deformacija iki tam tikro apkrovos dydžio per visą skerspjūvį yra vienoda. Tokios deformacijos vadinamos tampriosiomis. Toliau tolygiai didinant apkrovas, betono struktūroje atsiranda dar daugiau pokyčių ir dislokacijų – prasideda mikroplyšių jungimasis, didėjimas, ima keistis bandinio išoriniai matmenys, ryškėja plastinės deformacijos. [1]

1.3 Betono priedai

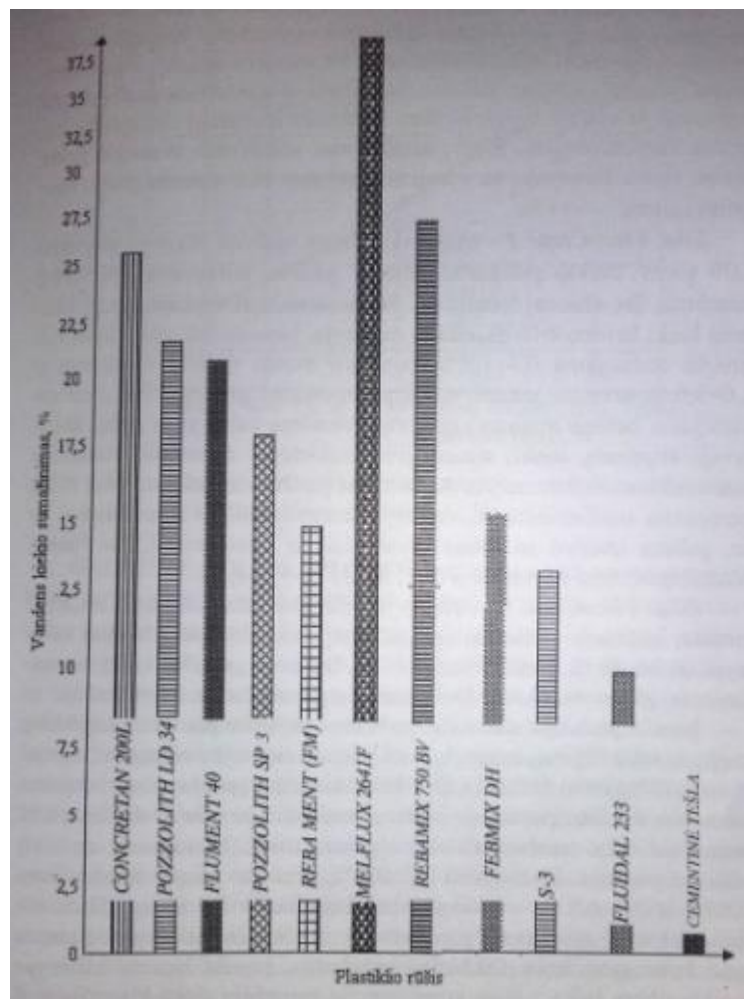
Gaminamo betono kokybė priklauso nuo jo sudėties, todėl svarbu parinkti tokias medžiagas, kurios betonui suteiktų norimas savybes pagal paskirtį gaminiams ir konstrukcijoms, kad jos galėtų patikimai funkcionuoti įvairioje aplinkoje. Dažniausiai tai pasiekama įmaišant įvairių cheminių priedų, kurie pagerina betono savybes.

Cheminiai priedai yra skirstomi į šiuos[1]:

- skystiklius ar plastiklius. Tai įmaišios, kuriomis betono mišinyje vandens kiekį galima sumažinti daugiau kaip 5 %, o jeigu nekeičiame vandens kiekio – padidinti betono mišinio slankumą, arba gauti abu rezultatus kartu. Po 7 ir 28 parų betono stiprumas padidėja daugiau

kaip 110 %, palyginti su kontroliniais bandiniais. Dažniausiai naudojami skystikliai: Conflo, Wintaplas, Febmixdh, pozzolith 90, C-3 ir t.t.;

- superskystiklius ar superplastiklius. Tai įmaišos, kurių įdėjus, nekeičiant betono mišinio konsistencijos, galima sumažinti reikalingą vandens kiekį (dugiau kaip 12 %), arba nekeičiant reikalingo vandens kiekio – padidinti mišinio slankumą, arba gauti abu rezultatus kartu. Gniuždant po 28 parų kietėjimo, betono stipris gaunamas didesnis nei 115 %. Dažniausiai naudojamos šios įmaišos: Melment F 10, Rebament FM, Concretan 200L, Flument 40 ir t.t.;



1.1 pav. Šalyje naudojamų įmaišų efektyvumas

- priedai, įtraukiantys orą. Tai įmaišos, kurių įmaišius į betono mišinį susidaro tam tikras kiekis smulkių uždarytų porų, kurios lieka sukietėjus betonui. Dažniausiai naudojamos įmaišos: Entrainit, Sika AEP, Sika-; ir t.t.;
- rišimosi greitikliai. Įmaišius šių įmaišų į betono mišinį yra paskatinamas cemento rišimasis ir kietėjimas, taip pat padidėja pradinis kietėjimo stiprumas. Dažniausiai naudojamos įmaišos: Frostproferhardener, geležies chloridas, natrio formiatas ir t.t.;
- priedai, mažinantys vandens atsiskyrimą. Tai įmaišios, kurių įdėjus į betono mišinį, vanduo atsiskiria mažiau, arba net visai neatsiskiria. Šioms įmaišoms keliami tam tikri reikalavimai.

Betono stiprumas gniuždant padidėja iki 80 %, o slankumas sumažėja iki 50 %, lyginant su kontroliniu bandiniu. Vandenyje tirpstantys modifikuotieji polimerai (tai metilceliuliozė, karboksimetilceliuliozė ir kt.) didina mišinio gebėjimą sulaikyti vandenį, gerina sukibimą, mažina traukimąsi, padidina sukietėjusio mišinio mechaninį stiprumą (sukibimo su pagrindu stiprį);

- kietėjimo greitikliai. Tai įmaišios, kurios padidina ankstyvąjį betono stiprumą, arba neturi jokios įtakos betono mišinio rišimosi trukmei. Kietėjimo greitikliai leidžia betonui kietėti ir neigiamoje aplinkos temperatūroje. Dažniausiai gamyboje naudojami greitikliai: Conopped, Kalcio formiatas, Ličio karbonatas ir t.t.
- rišimosi lėtikliai. Tai įmaišos, kurios sulėtina mišinio rišimąsi. Gamyboje dažniausiai naudojami lėtikliai: Targon 19, PlastRetard PE, Lasment 10 ir t.t.
- vandens įgėrį mažinančios įmaišos. Tai įmaišos, kurios sumažina vandens įgėrį, sumažina kapiliarinį vandens įgėrį. Naudojant šią įmaišą, po 7 parų kietėjimo, kapiliarinis įgėris bandant yra 50 % mažesnis, lyginant su kontroliniu mišiniu. Dažniausiai naudojamos įmaišos: Rendamix, Hidrofix, Ceasit 1 ir t.t.
- kiti priedai.

Visi įmaišiniai priedai turi atitikti bendruosius reikalavimus. Jie turi būti vienalyčiai – tiek miltelių, tiek skysčio pavidalo, ir visas priedo kiekis – vienodos spalvos. Svarbu, kad ant įmaišinio cheminio priedo pakuotės arba naudojimo instrukcijos būtų nurodyti šie dalykai:

- veiksmingosios medžiagos kiekis;
- lyginamojo tankio vertė (D) gali kisti $\pm 0,03$, kai $D > 1,10$, ir $\pm 0,02$, kai $D \leq 1,10$; čia D – gamintojo nurodyta vertė.
- sausųjų medžiagų kiekis turi atitikti sąlygas: $0,95T < X < 1,05T$, kai $T \geq 20 \%$, ir $0,9T \leq X < 1,10T$, kai $T < 20 \%$; čia T – gamintojo nurodyta vertė, masės %; X – bandymų rezultatai, masės %;
- įtaka rišimosi trukmei, įmaišius didžiausią rekomenduojamą dozę esant 20 °C temperatūrai, turi būti ne mažesnė kaip 30 min.;
- tikrinama pH vertė, bendras chloro kiekis ir šarmų (Na_2O ekvivalentu) kiekis (neturi būti didesni nei nurodytoji gamintojo vertė).

1.4 Betono gaminių ir mišinių tyrimo centrai Lietuvoje

Lietuvoje yra nemažai betono gaminių ir mišinių ir cemento skiedinio tyrimo laboratorijų.

1. UAB „Laboratorinių bandymų centras“ [4] atlieka betono gaminių ir mišinių, statybinių skiedinių bandymus. Kvalifikuoti ir atestuoti specialistai atlieka cheminius ir mechaninius bandymus (rišimosi trukmė, V/C santykis, šarmų ir sulfatų kiekių nustatymus, gniuždymo stiprį. Taip pat nustato ar gaminiai tinkami naudojimui, išduoda sertifikatus.
2. AB „Problematika“ bandymų laboratorija. Bandymų laboratoriją sudaro skyriai: betono ir gruntų, asfaltbetonio, kelio sankasos ir dangos, bituminių medžiagų skyriai. Įmonės padaliniai yra Šiauliuose ir Vilniuje. Laboratorijoje veikia kokybės sistema, kuri atitinka LST EN ISO/IEC 17025 standartą ir laboratorijos akreditavimo procedūrą, todėl atliekamų bandymų rezultatai yra vertinama ne tik Lietuvoje, bet ir užsienio šalyse.
3. KTU Architektūros ir statybos instituto Kompozicinių ir apdailos medžiagų laboratorija;
4. Statybinė laboratorija, AB Panevėžio statybos trestas.

1.5 Betono mišinių gamybos įmonės Lietuvoje

Lietuvoje yra daug įmonių, gaminančių betono skiedinius, pardavinėjančius tiek didmenine, tiek mažmenine prekyba.

1. UAB „Betono centras“ turi filialus Panevėžyje, Vilniuje, Kaune, Šiauliuose ir Klaipėdoje. Įmonė gamina įvairiausių betono mišinius, cemento ir smėlio mišinius, mūro skiedinius, kalkių ir smėlio mišinius bei pardavinėja statybines medžiagas:
 - a) smėlį (0/1 mm, 0/2 mm, 0,4 mm);
 - b) žvirgždo skaldą (4/16, 16/32 frakcijos).

UAB „Betono centras“ gaminiai gaminami parenkant kokybiškus komponentus, kurie atitinka visus būtinus normatyvinius dokumentus ir turi CE sertifikatus.



1.2 pav. UAB „Betono centras“

1. UAB „Perdanga“ turi filialus Kaune, Klaipėdoje ir Vilniuje. Įmonė gamina betono ir gelžbetonio konstrukcijas, betoninius aplinkos tvarkymo gaminius, prekinio betono mišinius, betoninius šulinių žiedus ir vamzdžius, statybinius mišinius, prekinę armatūrą. Prekinio betono mišiniai gaminami Vilniaus ir Klaipėdos miestuose. Gaminama naudojant modernias ir šiuolaikiškas, automatines „STETTER“ firmos technologines linijas. Įmonės novatoriškumas užtikrina, kad gaminami betono mišiniai yra kokybiški ir atitinka visus būtinis Lietuvos ir ES standartų reikalavimus. Gaminių kokybę įvertinama atitikties sertifikatais ir nuolat prižiūrima įmonės laboratorijų specialistų. Tai viena iš moderniausių betono mišinių gamybos linijų Lietuvoje, kurioje pagaminama net iki 150 m³/h aukštos kokybės betono mišinių. Pirkėjas gali pasirinkti iš 1000 – čio betono mišinio receptų.



1.3 pav. UAB „Perdanga“

2. UAB „Šilo statyba“ turi ilgametę patirtį gaminant aukštos kokybės gelžbetoninius gaminius (bloškai, sąramos, žiedai su dugnu, žiedai, pusžiedžiai, skobos, dangčiai, g/b liukai), cementinius skiedinius ir betoną. Įmonės gaminamas betonas atitinka visus reikalingus Lietuvos ir ES reikalavimus ir standartus (LST EN 206-1:2002, LST EN 206-1:2002/A1:2004, LST EN 206-1:2002/A2:2005 ir LST 1974:2005). Gaminami įvairių klasių betono mišiniai.



1.4 pav. UAB „Šilo statyba“

3. UAB „Utenos betonas“ įkurtas 2007 m. Betono gamybos linija pagaminta ir sumontuota žinomos Vokietijos firmos „ELBA“. Ši gamybinė linija yra viena didžiausių Utenos apskrityje, visiškai automatizuota. Pagrindinė įmonės veikla: betono mišinių gamyba ir tiekimas. Įmonė gamina įvairių rūšių betono mišinius, smėlbetonio mišinius. Gaminamo betono kaina keičiasi nuo aplinkos poveikio XC2 – XC4 (W-hidro) ir XF1 – XF3 (F – šalčio ciklai) klasės bei prieššaltinių priemonių papildomo panaudojimo. Taip pat UAB „Utenos betonas“ siūlo betono bei smėlbetonio mišinių pervežimo paslaugas specializuotu transportu.



1.5 pav. UAB „Utenos betonas“

4. Betoniniai mišiniai gali būti gaminami ne tik įmonės, bet ir statybos aikštelėse. Maišymo įranga priklauso nuo reikiamo pagaminti betono mišinio kiekio. Jeigu reikia nedaug mišinio, naudojamos betono maišyklės.



1.6 pav. Betono maišyklė

Jeigu reikalingas didelis betono mišinio kiekis, maišoma naudojant automobilines betono maišykles. Į jas, pagal visas betono mišinio gamybos technologijas, supilami visi reikalingi priedai.



1.7 pav. Betono mišinio gamyba statybos aikštelėje

1.5.1 Betono mišinių transportavimas

Vystantis statybos rinkai, svarbu visas reikalingas medžiagas gauti greitai ir numatytu laiku, todėl kiekvienas statybos dalyvis privalo tiksliai atlikti savo pareigas. Statybai reikalingų medžiagų logistika yra vienas iš svarbiausių efektyvios statybos rodiklių. Betono mišiniai iš gamybos vietos į statybas gali būti transportuojami:

- Automobilinėmis betonamaišėmis (krovimas apie 9 m^3);
- Savivarčiais sunkvežimiais (krovimas apie 4 m^3);
- Betono siurbliais (našumas – $160 \text{ m}^3/\text{h}$, padavimo aukštis – 34 m , padavimo atstumas – 120 m).



1.8 pav. automobilinēs betonmaišēs

2. BETONO MIŠINIO GAMYBOS APŽVALGA

2.1 Žaliavos ir tiriamojo mišinio sudėtis

Betono bandiniams gaminti buvo naudojamas sausas betono mišinys Weber S100 (tai modifikuotas portlandcemenčio, kvarcinio smėlio ir naudingųjų priedų mišinys).

1 lentelė. Betono mišinio Weber S100 techniniai duomenys

Sudėtis	Cementas, smėlis, modifikuojantys priedai, užpildo frakcija - 400
Sluoksnio storis	Ne mažiau 30 mm; šildymo sistemose 40 – 80 mm (ne mažiau kaip 35 mm virš laidų)
Vidutinis stipris gniuždant po 28 parų kietėjimo	25 MPa
Chromo (VI) koncentracija skiedinyje	≤ 0,0002 %
Sąnaudos	Apie 2 kg/m ² /mm
Pakuotė	25 kg maišai
Sandėliavimas	Sandėliuoti originalioje pakuotėje, uždaroje, sausose patalpose ne ilgiau kaip 12 mėn. Statybos objekte maišus reikia laikyti ant padėklų, maišus apsaugant nuo kritulių
Atitinka standarto reikalavimus	EN 1504–3:2006

2 lentelė. Deklaruojamos eksploatacinės savybės

Esminės charakteristikos	Eksploatacinės savybės	Darnioji techninė specifikacija
Degumo klasifikavimas pagal Euro klases	A1	EN 1504-3:2006
Atsparumas gniuždymui (klasė)	R2	
Vandenyje tirpių chloridų kiekis	≤ 0,05 %	
Sukibimo stipris	≥ 0,8 MPa	
Susitraukimas/ išsiplėtimas	≥ 0,8 MPa	
Atsparumas karbonizacijai	NPD	
Elastingumo modulis	NPD	
Terminis suderinamumas	≥ 0,8 MPa	
Sklidumas	NPD	
Terminio plėtimosi koeficientas	NPD	
Kapiliarinė absorbcija	NPD	

NPD (eksploatacinės savybės nenustatytos, angl. „NoPerformanceDetermined“)

3 lentelė. Pavojingos sudedamosios medžiagos

Cheminis pavadinimas	Koncentracija (%) produkto masės	Pavojingumo simboliai	Rizikos (R) frazės
Portlandcementis	10 - 30	Xi	37/38; 41

Bandymams atlikti naudojami šie drėgmę izoliuojantys priedai:

1. MASTerBetonSZcel. Plastifikatorius, kuris didina betono nepralaidumą vandeniui. Tai betono priemaiša mažinanti sugeriamumą ir sandarinanti. Pagrindinės įmaišos savybės:

- priemaiša, kuri suteikia galimybę sumažinti į betono mišinį pilamo vandens kiekį, sandarinanti (kai išlaikoma vienoda mišinio konsistencija), bei plastifikuojanti;
- palengvina betono formavimą;
- žymiai yra pagerinamas cemento drėkinimas ir dispersija;
- padidina patvarumą, sumažina sugeriamumą bei padidina nepralaidumą vandeniui.

BetonSzczel yra pilamas į vandenį pradedant maišyti betono mišinį, arba baigiant maišyti, kai norima padidinti šlapio mišinio efektą. Ši įmaiša gali aeruoti betoną.



2.1 pav. Betono priedas, atstumiantis drėgmę BetonSzczel

2. BLIVS / PROOF (Vincent's Polyline). Pagrindiniai įmaišos privalumai ir savybės:

- Tinka hidrotechniniam betonui;
- Padidina atsparumą vandens slėgiui;
- Stabdo baltų druskų atsiradimą;
- Itin pagerina sukibimą su plytomis;
- Turi plastifikuojančių savybių;
- Sutankina ir pakeičia betono struktūrą;
- Panaikina susisluoksniavimą;
- Mažina betono dulkelį;

Šis priedas įmaišomas į vandenį, kuris yra skirtas skiedinio gamybai (galima sumažinti apie 10 % naudojamo vandens kiekio). Paruoštą betono mišinį būtina sunaudoti per 60 min.



2.2 pav. Betono priedas, atsumantis drėgmę BLIVS / PROOF (VincentPolyline)

3. GOLDENMIX – tai miltelių pavidalo įmaišinis priedas. Pagrindinės savybės:

- Pagerina rišimosi charakteristikas, skiedinio struktūrą;
- Sumažina tikimybę įtrūkimų ir plyšių susidarymui;
- Ilgiau išlaiko plastiškumą, neišsisluoksniuoja skiedinys;
- Padidinamas ilgalaikis atsparumas;
- Paviršiuje nesusidaro baltų druskos dėmių;
- Padidinamas plastiškumas;
- Padidėja sukietėjusio skiedinio nepralaidumas vandeniui ir atsparumas šalčiui.

GOLDENMIX miltelius galima sumaišyti su sausais betono mišinio komponentais arba reikia ištirpinti vandenyje ir sumaišyti su skiedinio mišiniu. Itin svarbu, kad GOLDENMIX nereaguoja su kitais cheminiais priedais. Naudojant plastiklį yra galimybė dirbti žemoje aplinkos temperatūroje (iki – 2 °C).



2.3 pav. Plastiklis GOLDENMIX

2.2 Bandinių gamyba

Betono mišinio gamybos priemonės:

- sausas betono mišinys Weber S-100;
- 3 litrai švaraus vandens,
- maišymo indas;
- kastuvas;
- svarstyklės;
- matavimo indas;
- drėgmę izoliuojantys priedai:
 - MAsterBetonSZcel;
 - BLIVS / PROOF (VincentPolyline);
 - GOLDENMIX;

Weber S-100 25 kg maišo turinį supilama su 3 litrais šalto ir švaraus vandens. Vanduo su sausu betono mišiniu sumaišoma kastuvu, kol nebelieka sausų miltelių.



2.4 pav. Betono mišinys Weber S100 sumaišytas su vandeniu

Betono mišinys su kiekvienu drėgmę izoliuojančiu priedu ruošiamas atskirai. Apskaičiuojamas reikalingo drėgmę izoliuojančio priedo reikalingas kiekis:

1. MAsterBetonSZcel. Šio plastifikatoriaus į 50 kg cemento reikia pilti 0,5 l. Sauso betono mišinyje Weber S100 yra 5 kg cemento.

$$x = \frac{0,5 \times 5}{50} = 0,05 \text{ l}$$

2. BLIVS / PROOF (VincentPolyline). Šio priedo į 50 kg cemento reikia 1,0 l.

$$x = \frac{1,0 \times 5}{50} = 0,11$$

3. GOLDENMIX. Šių miltelių į 50 kg cemento reikia 16 g.

$$x = \frac{16,0 \times 5}{50} = 1,5 \text{ g}$$

2.3 Bandinių gamyba gniuždymo stiprio nustatymui

Betono bandinių gamybai reikalingos priemonės:

- metalinės, nuimamais kraštais formos 100x100x100 mm;
- semtuvėlis;
- vibracinis stalelis;
- drėgnas audeklas;

Betono mišinys su kiekvienu drėgmę izoliuojančiu priedu sukrečiamas į tris formas 100x100x100 mm.



2.5 pav. Bandinių gamyba

Betono mišinys, sudėtas į formas, sutankinamas ant vibracinio stalelio, kurio mažiausias vibracinis dažnis 40 Hz (2400 ciklų per min.), taip, kad neišsisluoksniuotų ir neišsiskirtų cemento pienas. Sutankinti bandiniai paliekami kietėti 2 paroms, saugant juos nuo vibracijų,

sukrėtimų ir staigaus džiūvimo, $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros aplinkoje. Sukietėję bandiniai paženklinami aiškiai su nenuplaunamu juodu markeriu. Išimti iš kietėjimo formų bandiniai dedami į vonelę su vandeniu, kurio temperatūra yra $20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Betono bandinius vanduo apsemia 2 cm.



2.6 pav. Bandinių kietėjimas vandens vonelėje

Prieš sukietėjusių bandinių padėjimo į bandymų mašiną, išimami iš vandens, nušluostoma perteklinė drėgmė ir paliekama nudžiūti 3 paroms, kad būtų galima tinkamai įvertinti bandinių atsparumą gniuždymui. Išdžiūvusių bandinių paviršiai kruopščiai nuvalomi su šepetėliu, kad neliktų laisvų grūdelių arba pašalinių medžiagų, kad būtų tinkamas ir optimalus sąlytis su bandymų preso plokštėmis. Bandiniai taip pat pamatuojami slankmačiu ir pasveriami svarstyklėmis.

Rezultatai pateikiami 4 ir 5 lentelėse.

4 lentelė. Bandinių svoris

Bandinio pavadinimas	1 bandinio svoris	2 bandinio svoris	3 bandinio svoris
Bandinys su priedu BLIVS / PROOF (VincentPolyline)	2100 g	2140 g	2060 g
Bandinys su priedu GOLDENMIX	2100 g	2060 g	1820 g
Bandinys su priedu MASTerBetonSZcel	1860 g	1920 g	1820 g
Bandiniai be priedų	2020 g	2040 g	1760 g

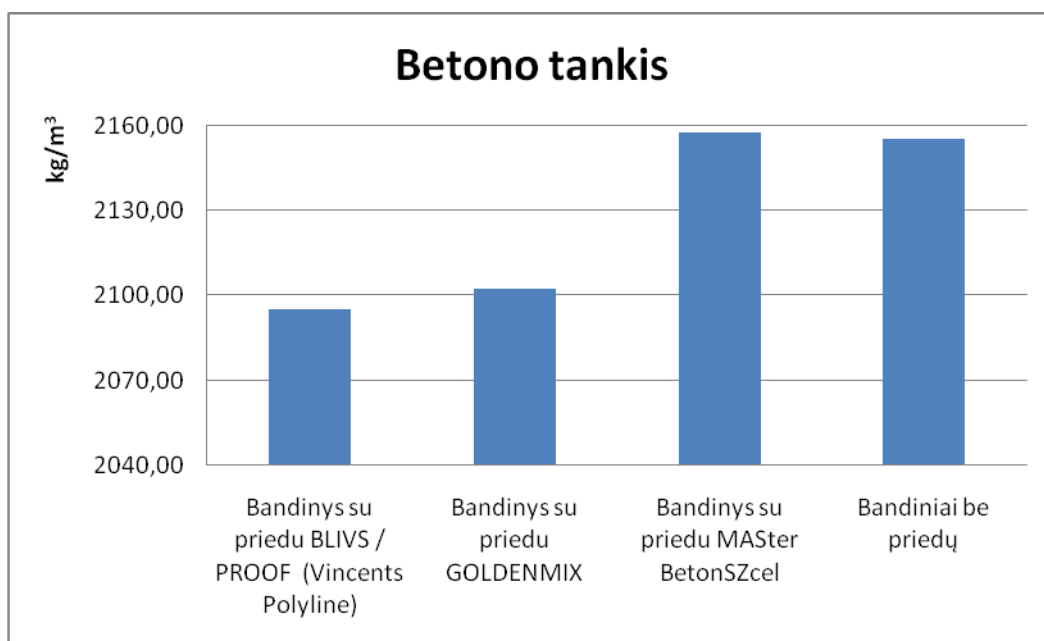
5 lentelė. Bandinių matmenys

Bandinio pavadinimas		1 bandinys	2 bandinys	3 bandinys
Bandinys su priedu BLIVS / PROOF (VincentPolyline)	aukštis	100 mm	100 mm	100 mm
	plotis	100 mm	100 mm	100 mm
	ilgis	100 mm	100 mm	100 mm
Bandinys su priedu GOLDENMIX	aukštis	100 mm	100 mm	100 mm
	plotis	100 mm	100 mm	100 mm
	ilgis	100 mm	100 mm	100 mm

Bandinys su priedu MAsterBetonSZcel	aukštis	86 mm	89 mm	85 mm
	plotis	100 mm	100 mm	100 mm
	ilgis	100 mm	100 mm	100 mm
Bandiniai be priedų	aukštis	94 mm	93 mm	83 mm
	plotis	100 mm	100 mm	100 mm
	ilgis	100 mm	100 mm	100 mm

Visi duomenys suvedami į kompiuterį ir užfiksuojami. Apskaičiuojamas bandinių tankis. 2.7 paveikslėlyje pateikiami vidutiniai bandinių tankiai.

\wwq

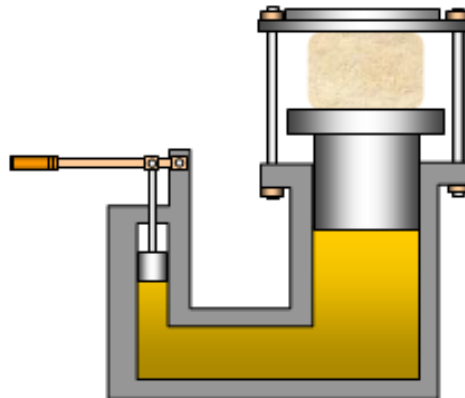
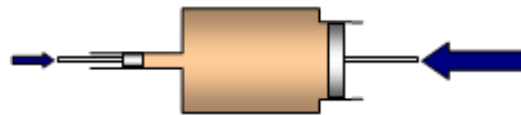


2.7 pav. Vidutinis betono bandinių tankis

Sukietėjusių betono bandinių bandymai atliekami su 2500 kN galios presu. Prieš dedant bandinius į presą, švariai nuvalomi visi atraminiai paviršiai. Tarp 2500 kN galios preso plokščių ir sukietėjusio bandinio nėra dedami jokie intarpai, tik pagalbinės plokštės. Betono kubelių bandiniai dedami taip, kad apkrova tektų statmenai formavimo krypčiai. Padėjus bandinį į presą, jo centras privalo sutapti su bandymų mašinos apatinės plokštės centru $\pm 1\%$ nurodyto kubelio kraštinės dydžio tikslumu.



2.8 pav. 2500 kN galios presas



2.9 pav. 2500 kN galios hidraulinio preso schema

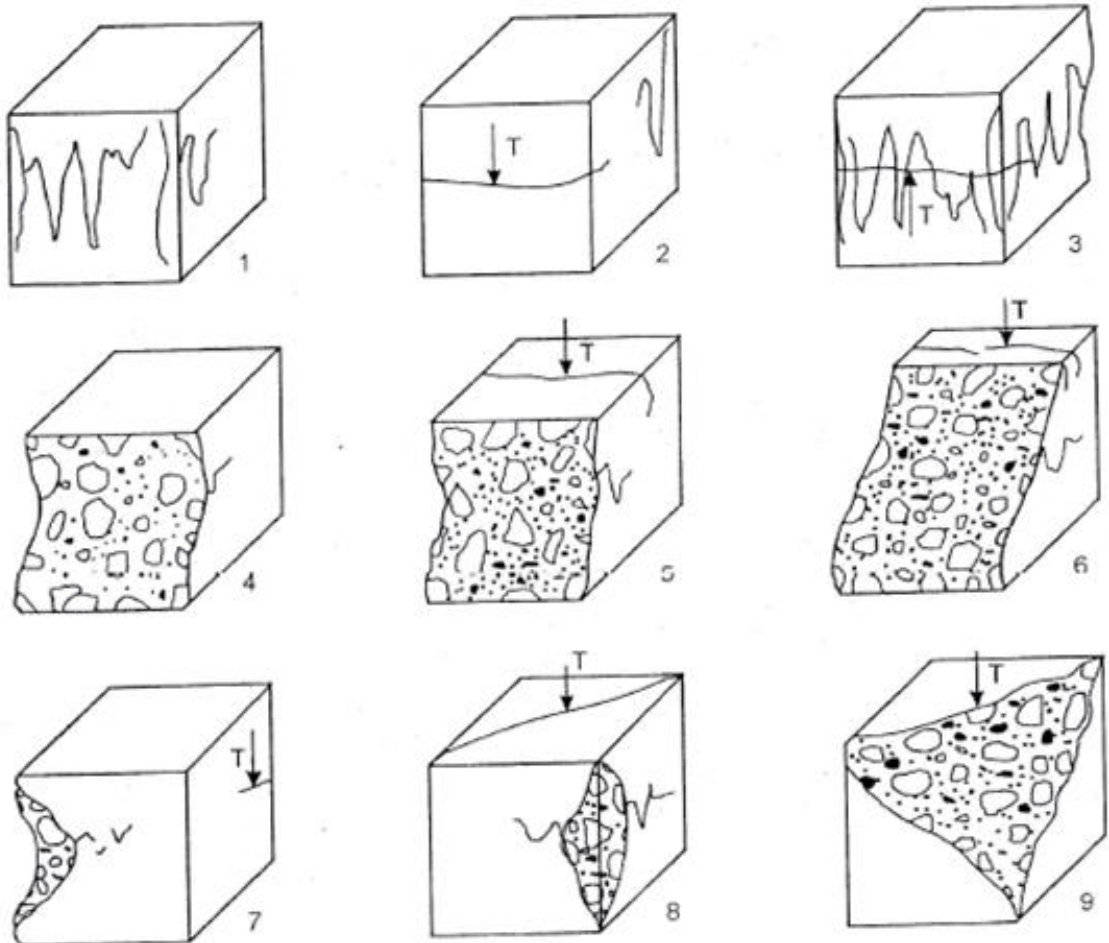
Prieš atliekant bandymus 2500 kN galios presui nustatomas pastovus apkrovos didinimas nuo 0,2 MPa/s ($\text{N/mm}^2 \text{ s}$) iki 1,0 MPa/s ($\text{N/mm}^2 \text{ s}$) greitis. Apkrova bandiniui yra perduodama tolygiai, be jokių smūgių, bei nepertraukiamai didinama pasirinktu $\pm 10 \%$ greičiu tol, kol daugiau nebedidėja.

Remiantis LST EN 12390-3 „Betono bandymas. 3 dalis. Bandinių stipris gniuždant“ pavaizduoti tinkami ir netinkami suirusių kubinių betono bandinių bandymo pavyzdžiai 2.10 ir 2.11 paveikslėliuose.



PASTABA. Visi „atvirieji“ paviršiai yra sutrūkę maždaug vienodai, sąlyčio su plokščėmis paviršiai dažniausiai mažai pažeisti.

2.10 pav. Tinkamas kubinių bandinių suirimas



PASTABA. T = tempimo plyšiai

2.11 pav. Keli netinkami kubinių bandinių suirimo pavyzdžiai

2500 kN galios presu betono bandiniai slegiami tol, kol suyra iki 15 %. Gniuždymo stipris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

čia:

f_c – stipris gniuždant megapaskaliais (N/mm^2);

F – didžiausia ardomoji apkrova (N);

A_c – bandinio skerspjūvio plotas (mm^2 – kurį veikė gniuždymo jėga, apskaičiuojamas iš bandinio nurodyto dydžio (žr. LST EN 12390 – 1) arba iš bandinio matmenų matavimo priedo.

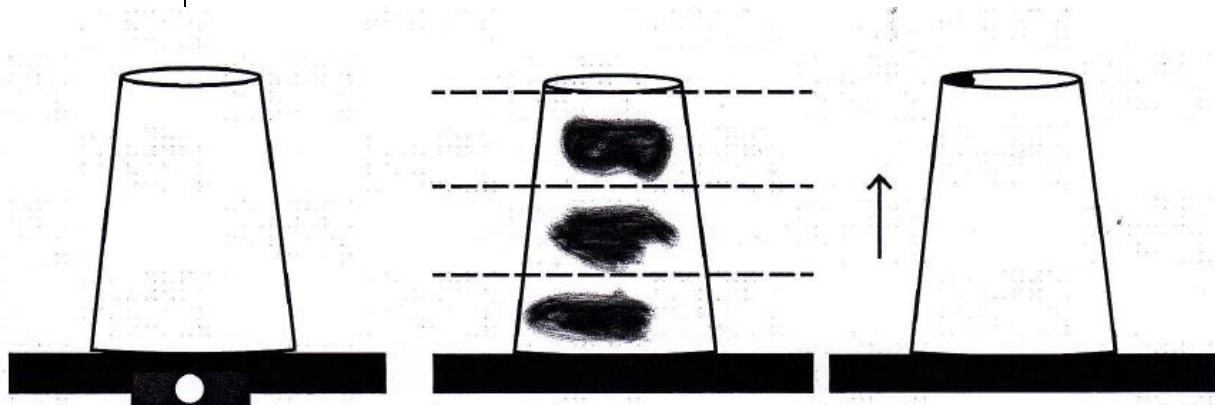
Stipris gniuždant išreiškiamas $0,5 MPa (N/mm^2)$ tikslumu.

2.4 Betono mišinio slankumo bandymas

Betono mišinio slankumas – dažniausiai naudojamas nesukietėjusio betono konsistencijos nustatymo būdas. Pagal fizikines mechanines savybes betono mišiniai užima tarpinę padėtį tarp kietųjų kūnų ir klampiųjų skysčių. Betono mišinio slankumas nustatomas kūgio suslūgimas milimetrais, naudojant kūginę formą (Abramsso kūgį). Metodo betono mišinio slankumui nustatyti negalima naudoti ypač standiems ir ypač skystiems mišiniams. Pagal slankumą betono mišiniai skirstomi į klases, kurios nurodo betono mišinio suslūgimą.

6 lentelė. Betono mišinio konsistencijos klasės

Slankumo klasė	Slankumo klasės aprašymas
S1	Nuoslūgis nuo 10 iki 40 mm. Toks mišinys vežamas transportu be maišymo įrangos
S2	Nuoslūgis nuo 50 iki 90 mm. Toks mišinys vežamas automobilinėmis betono maišyklėmis
S3	Nuoslūgis nuo 100 iki 150 mm. Toks mišinys transportuojamas betono siurbliais
S4	Nuoslūgis nuo 160 iki 200 mm. Toks mišinys transportuojamas betono siurbliais
S5	Nuoslūgis nuo 22 mm



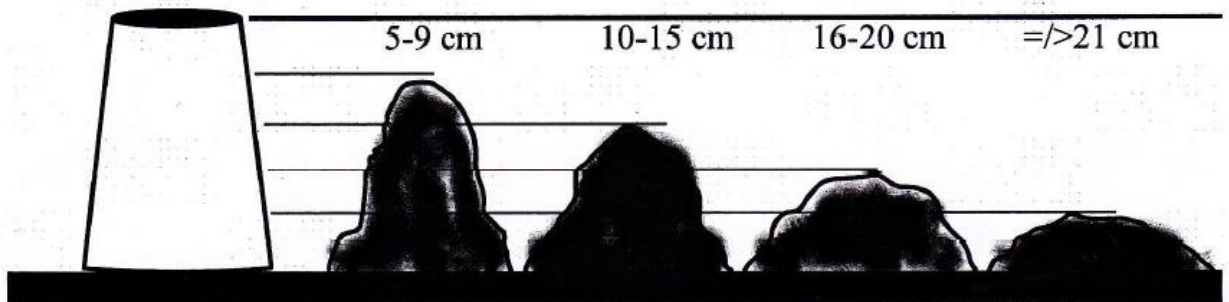
2.12 pav. Betono mišinio dėjimas į Abramsso kūgį

Bandymui atlikti naudotos priemonės:

- kratymo staliukas;
- nupjauto kūgio forma (Abramsso kūgis);
- tankinimo strypas;
- semtuvas;

- liniuotė;
- drėgnas audinys.

Norėdami atlikti betono nuoslūgio bandymą pirmiausia dedame metalinį kūgį (Abramsso kūgio aukštis 30 cm) platesniaja dalimi žemyn ant idealiai plokščio paviršiaus ir tvirtai pritvirtiname iš abiejų pusių. Tada krečiamas betono mišinys į kūgį trimis sluoksniais iki tol, kol kūgis bus visiškai užpildytas. Kiekvienas sluoksnis sutankinamas 16 mm skersmens, 600 mm ilgio metaliniu strypu 25 strypo dūriais. Jie kiekvieno sluoksnio plote yra paskirstomi tolygiai. Apatinis sluoksnis smaigstomas šiek tiek pakreiptais dūriais, antras ir viršutinis sluoksniai sutankinami smeigiant tik iki jau sutankinto sluoksnio. Užpildžius kūgį, reikia su mentele sulygtinti paviršių ir tolygiai nuimti kūgio formą. Po to, kai mišinys išsilaisvina iš formos, jį veikia jo paties svoris, suslūgsta, ir šis milimetrais išmatuotas nuoslūgis (h) yra slankumo rodiklis (S).



2.13 pav. Betono mišinio slankumo matavimas

Pamatavus mišinio nuoslūgį (cm) palyginame su buvusia forma (kūgiu).

5–9 cm. Plastiška konsistencija. Nuoslūgis 5/9;

10–15 cm. Pusiau skysta konsistencija. Nuoslūgis 10/15;

16–20 cm. Skysta konsistencija. Nuoslūgis 16/20;

=/> 21 cm. Labai skysta konsistencija. Nuoslūgis >21.

Mišinio konsistenciją galima matuoti ir kitais metodais (pagal sklidumą, Vebe prietaisu), bet statybos aikštelėje pats patogiausias yra kūgio nuoslūgio matavimas. [12]

3. TIRIAMOJI DALIS

Siekiant išsiaiškinti, kaip priklauso betono savybės nuo drėgmę izoliuojančių priedų, bandymai buvo atlikti KTU Panevėžio verslo ir technologijų fakulteto laboratorijoje. Rezultatai atrinkti ir susisteminti, kad atitiktų nagrinėjamą temą.

Siekiant nustatyti drėgmę izoliuojančių priedų poveikį betono savybėms, pirmiausia nagrinėjamas betono stipris gniuždant su kiekvienu pasirinktu priedu:

- a) BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline);
- b) Goldenmix;
- c) MASTerBetonSZcel.

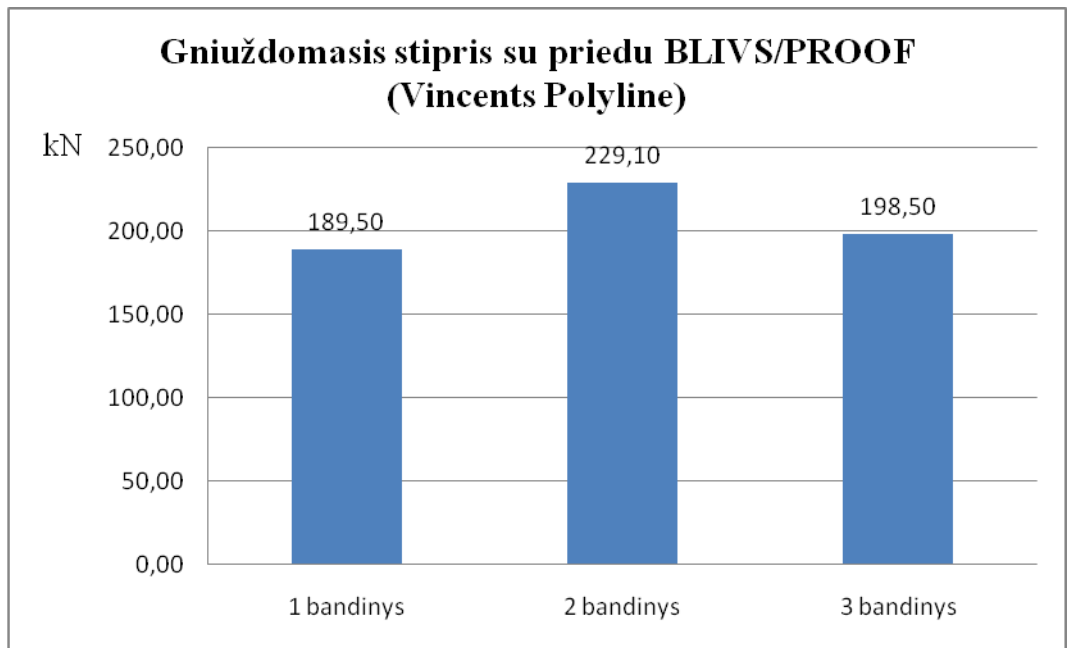
Bandiniams gaminti naudojamas sausas betono mišinys Weber S100, kurio deklaruojamas atsparumas gniuždymui yra 25 MPa ir atitinka EN 1504-3:2006 standarto reikalavimus.

3.1 Betono bandinių gniuždomojo stiprio analizė



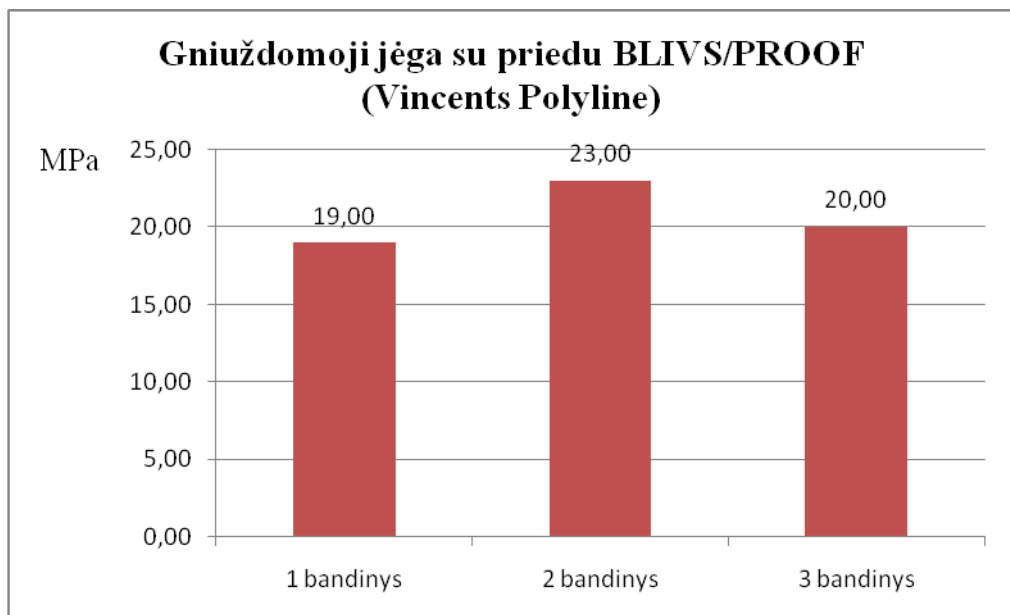
3.1 pav. Gniuždomojo stiprio bandymas su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline)

Bandymai atliekami su 2500 kN hidrauliniu presu. Betono bandinių kubeliai su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline) kruopščiai nuvalomi su šepetėliu, kad neliktų laisvų grūdelių ir bandymo rezultatai būtų tikslesni. Kubeliai sudedami į preso vidurį ir tolygiai spaudžiami.



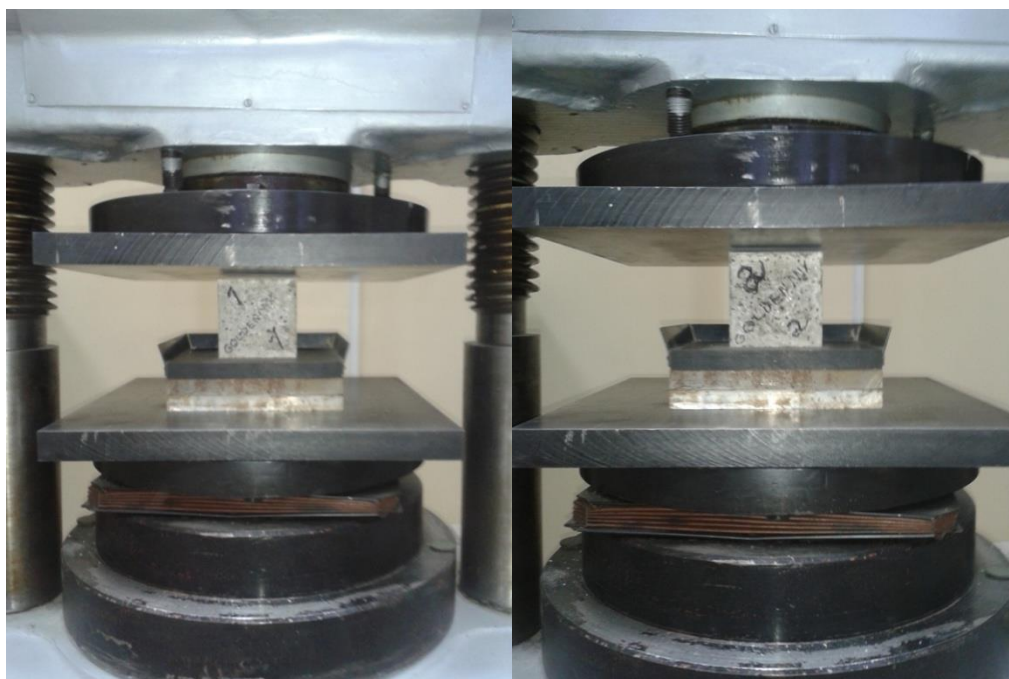
3.2 pav. Gniuždomasis stipris su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline)

Betono kubelių bandiniai slegiami tol, kol bandiniai suyra 15 %. Bandinių su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline) gniuždomasis stipris kinta nuo 189,50 kN iki 229,10 kN. Didžiausią apkrovą atlaikė bandinys Nr. 2.



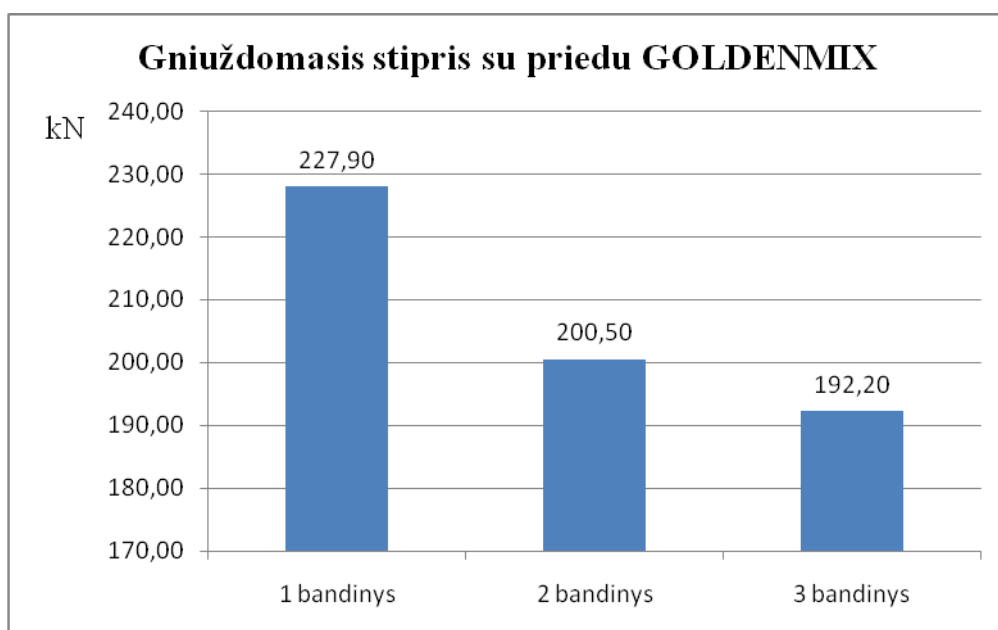
3.3 pav. Gniuždomoji jėga su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline)

Bandinių su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline) gniuždomoji jėga kinta nuo 19,00 MPa iki 23,00 MPa. Didžiausią jėgą atlaikė bandinys Nr. 2.



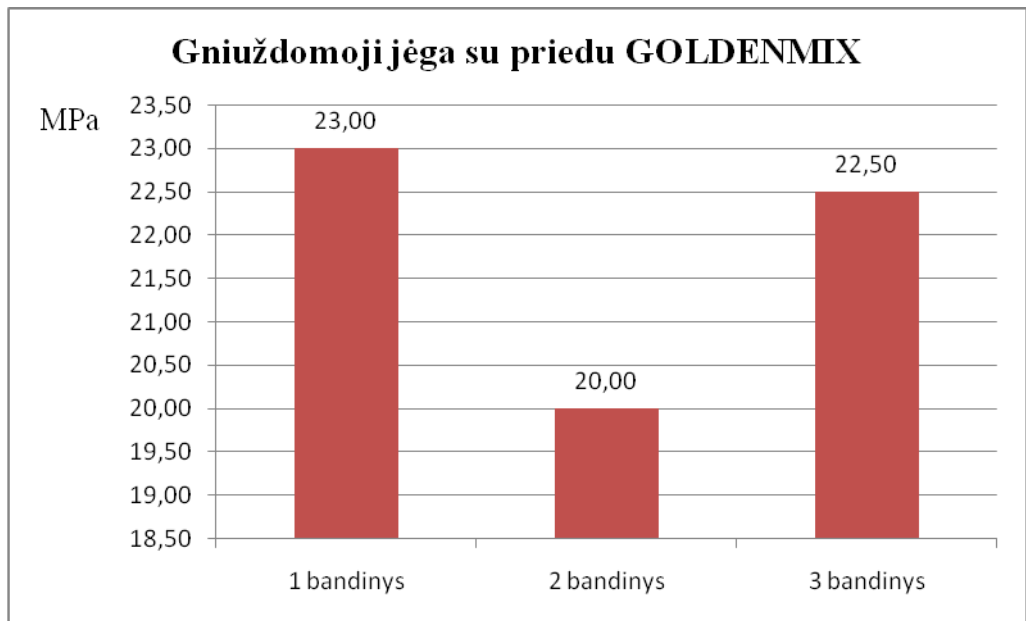
3.4 pav. Gniuždomojo stiprio bandymas su priedu GOLDENMIX

Toliau bandymai atliekami su trimis betono kubeliais, kuriuose yra įmaišytas priedas GOLDENMIX. Į presą bandiniai dedami taip, kad kubelių lygūs paviršiai kontaktuotų su preso apatiniu ir viršutiniu paviršiumi.



3.5 pav. Gniuždomasis stipris su priedu GOLDENMIX

Bandinių su priedu GOLDENMIX gniuždomasis stipris kinta nuo 192,20 kN iki 227,90 kN. Didžiausią apkrovą atlaikė bandinys Nr. 1.



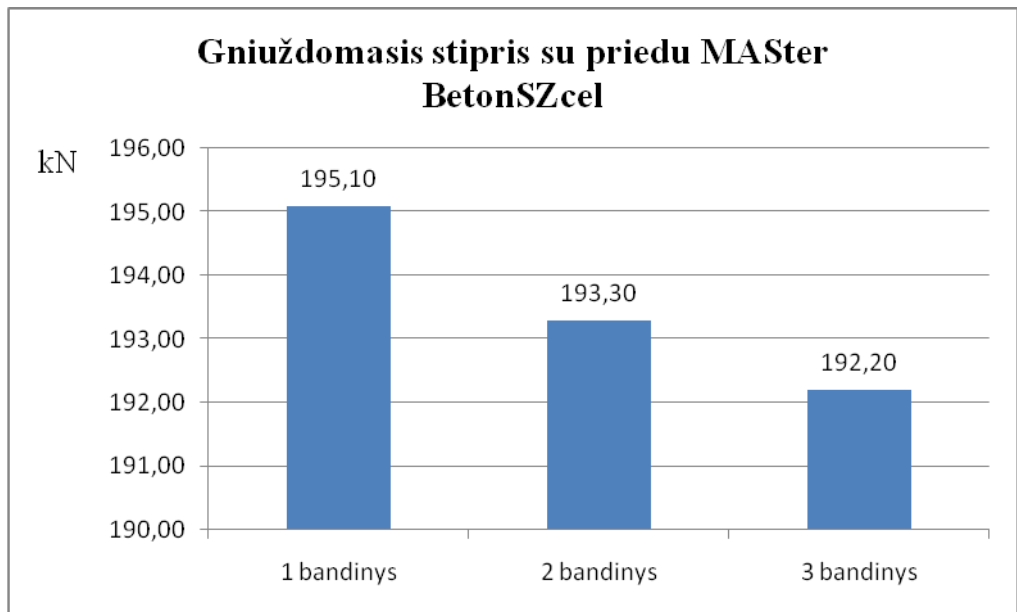
3.6 pav. Gniuždomoji jėga su priedu GOLDENMIX

Bandinių su priedu GOLDENMIX gniuždomoji jėga kinta nuo 20,00 MPa iki 23,00 MPa. Didžiausią jėgą atlaikė bandinys Nr. 1.



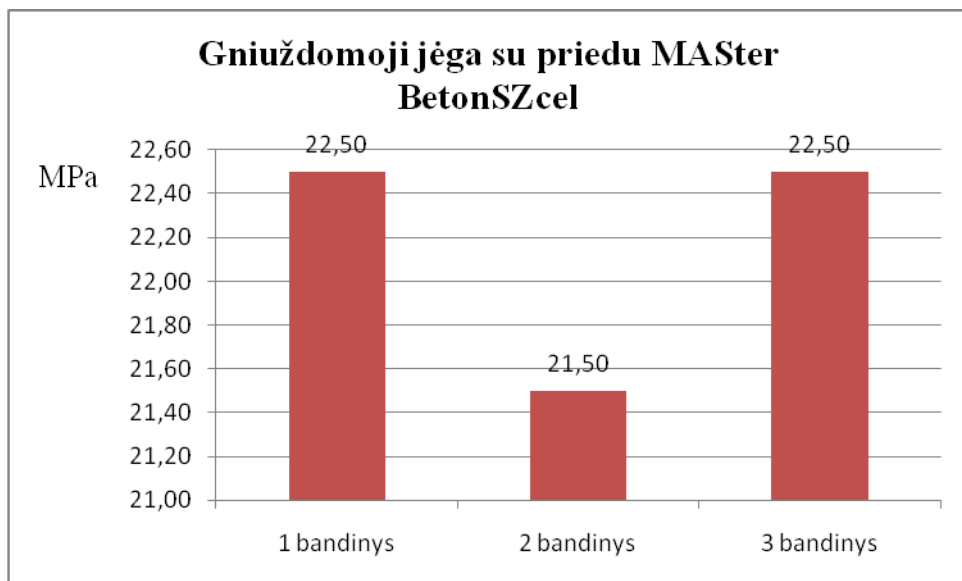
3.7 pav. Bandinių gniuždomojo stiprio bandymas su priedu GOLDENMIX

Gniuždomojo stiprio bandymas atliekamas su kubeliais, kurių sudėtyje yra įmaišytas priedas MAsTerBetonSZcel.



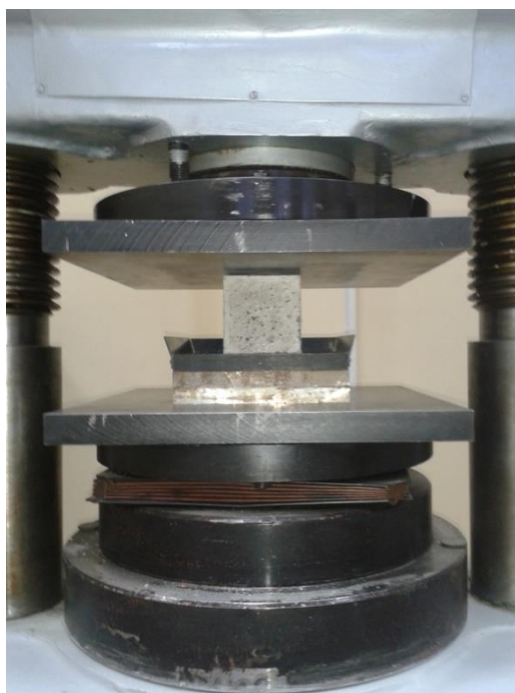
3.8 pav. Gniuždomasis stipris su priedu MAsterBetonSZcel

Bandinių su priedu MAsterBetonSZcel gniuždomasis stipris kinta nuo 192,20 kN iki 195,10 kN. Didžiausią apkrovą atlaikė bandinys Nr. 1.



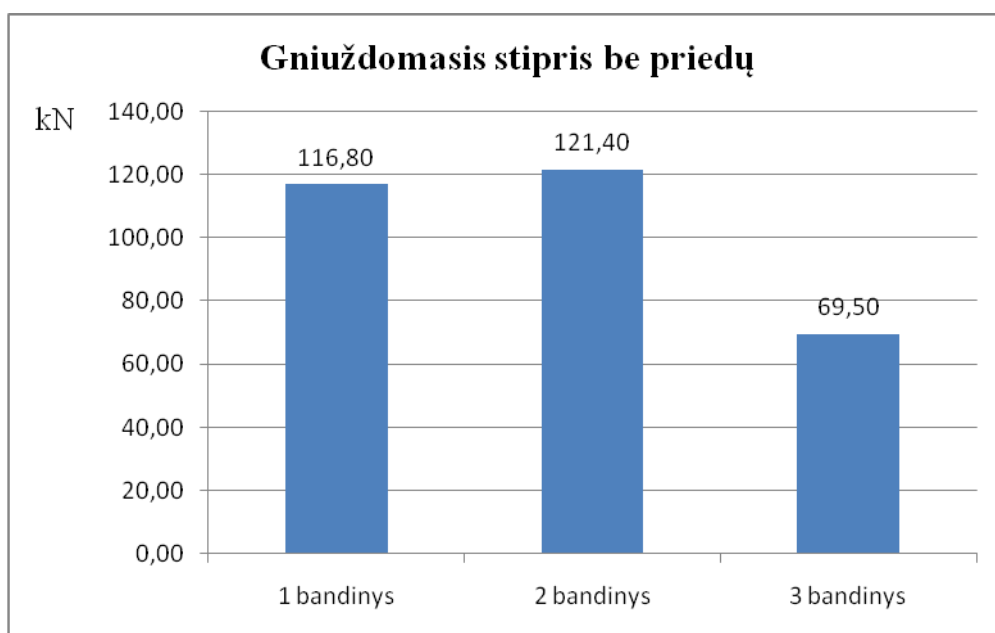
3.9 pav. Gniuždomoji jėga su priedu MAsterBetonSZcel

Bandinių su priedu MAsterBetonSZcel gniuždomoji jėga kinta nuo 21,50 MPa iki 23,00 MPa. Didžiausią jėgą atlaikė bandiniai Nr. 1 ir Nr. 3.



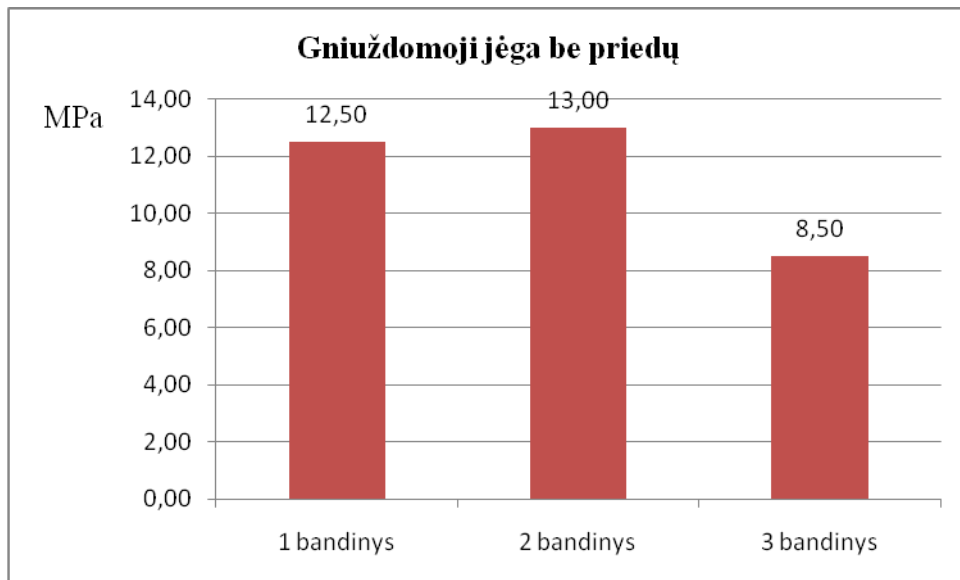
3.10 pav. Bandinių gniuždomasis stipris be priedų

Kad galėtume palyginti gniuždomuosius stiprius, bandymai taip pat atliekami su bandiniais be priedų. Su šiais bandiniais bus lyginami kitų bandinių, su drėgmę izoliuojančiais priedais.



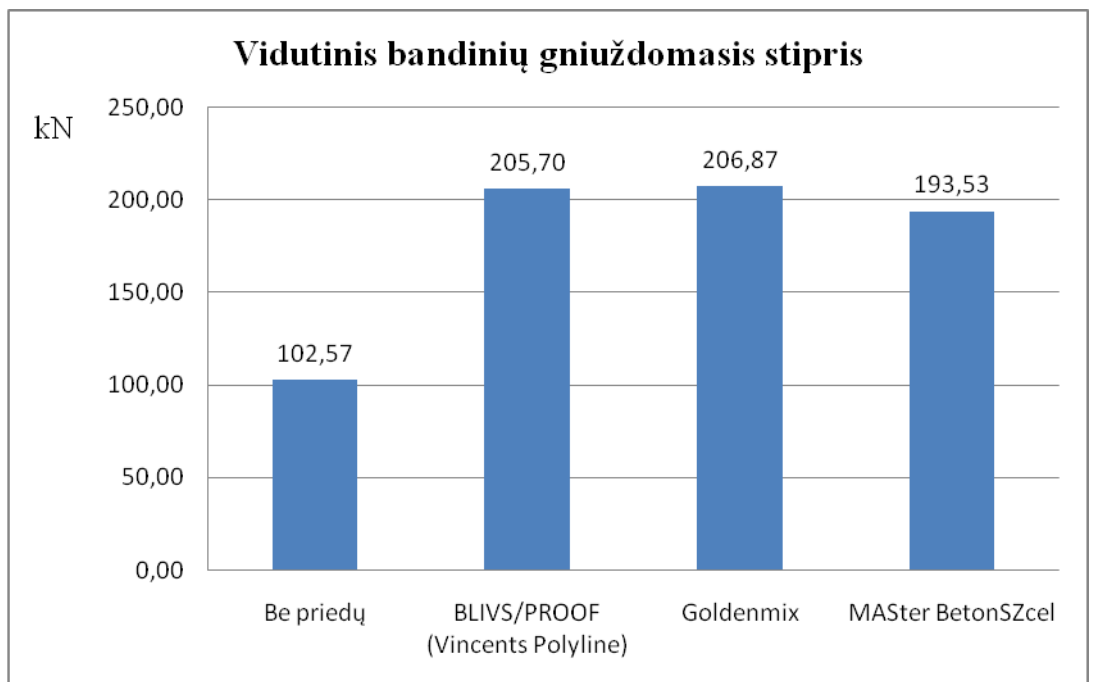
3.11 pav. Gniuždomasis stipris su priedu GOLDENMIX

Bandinių be priedų gniuždomasis stipris kinta nuo 65,50 kN iki 116,80kN. Didžiausią apkrovą atlaikė bandinys Nr. 2.



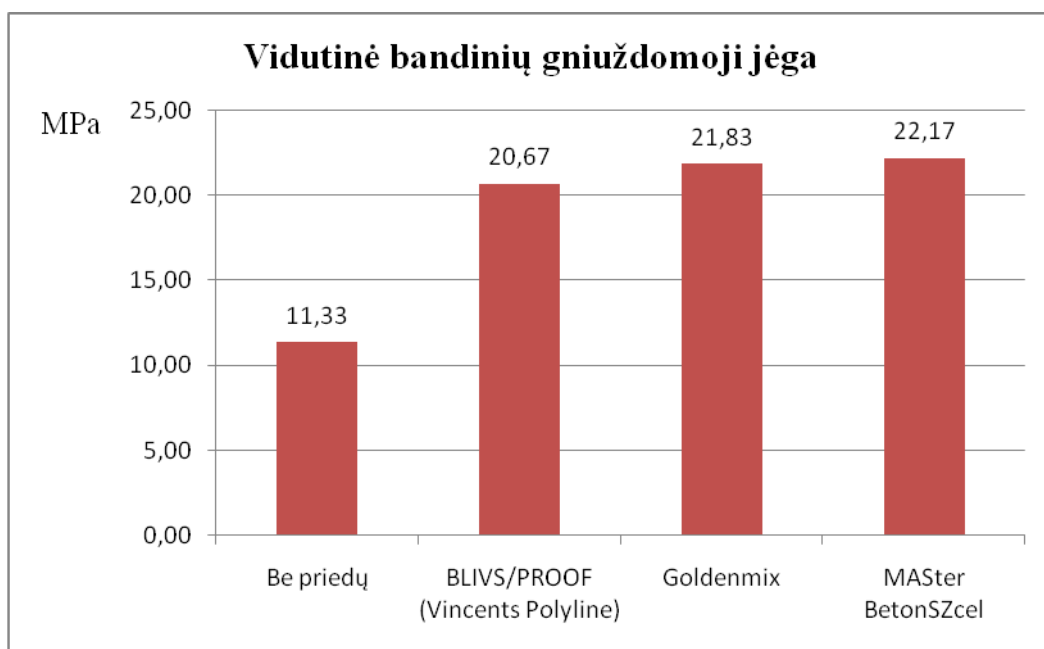
3.12 pav. Gniuždomoji jėga su priedu GOLDENMIX

Bandinių be priedų gniuždomoji jėga kinta nuo 8,50 MPa iki 13,00 MPa. Didžiausią jėgą atlaikė bandinys Nr. 2.



3.13 pav. Vidutinis bandinių gniuždomasis stipris

Diagramoje yra pateikti bandinių su priedais ir be jų vidutiniai gniuždomieji stipriai. Iš diagramos matyti, kad bandinių su drėgmę izoliuojančiais priedais gniuždomasis stipris yra ženkliai didesnispalyginti su bandiniais be priedų. Didžiausias gniuždomasis stipris yra su priedu GOLDENMIX – 206,87 kN.



3.14 pav. Vidutinė bandinių gniuždomoji jėga

Diagramoje pateiktos bandinių su priedais ir be jų vidutinės gniuždomosios jėgos. Iš diagramos matyti, kad bandinių su drėgmę izoliuojančiais priedais, gniuždomoji jėga yra ženkliai didesnė lyginant su bandiniais be priedų. Didžiausia gniuždomoji jėga yra su priedu MAsterBetonSZcel – 22,17MPa.

3.2 Betono bandinių suirimo vizualinė analizė

2500 kN hidraulinis presas yra nustatytas, kad duomenis užfiksuotų, kai bandiniai suyra 15%. Betono bandiniai giuždant suiro skirtingai.



3.15 pav. Bandinių su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline) suirimas

Betono bandiniai su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline) pradėjo irti, kai vidutinis gniuždomasis stipris buvo 205,70 kN. Bandinyje Nr. 1 atsirado gerai matomi įtrūkimai, kelios dalys atsiskyrė nuo pagrindinio kubelio, palyginti su kitais dviem likusiais bandiniais. Iš visų

trijų bandymų bandinys Nr. 1 atlaikė mažiausią gniuždomąją jėgą 19,00 MPa, nors ir nebuvo lengviausias. Bandinyje Nr. 2 atsirado keli tolygūs įtrūkimai kiekviename bandinio šone. Bandinyje Nr. 3 matosi ryškūs aptrupėjimai viršutinėse keblio briaunose.



3.16 pav. Bandinių su priedu GOLDENMIX suirimas

Betono bandiniai su priedu GOLDENMIX pradėjo irti vidutiniškai, kai gniuždomasis stipris buvo 206,87 kN. Bandinyje Nr. 3 atsirado labai aiškiai matomi įtrūkimai su smulkių dalių atsiskyrimu nuo pagrindinio bandinio. Įtrūkimai pastebimi tolygūs visame bandinyje, su didesniais nei 2 mm įtrūkimais. Bandinyje Nr. 2 matomos aiškiai atskilusios viršutinės briaunos, kiekvienoje kubelio sienoje matoma po kelis 1 mm pločio įtrūkimus, einančius per visą kubelio aukštį. Bandinys Nr. 1 atlaikė didžiausią gniuždomąjį stiprį, ir bandinio suirimas matomas minimaliai.



3.16 pav. Bandinių su priedu MASTerBetonSZcel suirimas

Betono bandiniai su priedu MASTerBetonSZcel pradėjo irti vidutiniškai, kai gniuždomasis stipris buvo 193,53 kN. Bandinyje Nr. 2 atsirado aiškiai matomi įtrūkimai, kurie atsirado tik vienoje bandinio pusėje. Įtrūkimai eina įstrižai nuo viršutinės bandinio susikirtimų briaunų 1,5 mm pločio. Bandinyje Nr. Matomi viršutinių briaunų pažeidimai, nežymūs nutrupėjimai, skylimai, maždaug 1 mm pločio, yra pasiskirstę tolygiai per visą bandinį. Bandinys Nr. 1 atlaikė didžiausią gniuždomąjį stiprį 195,1 kN, matomi nežymūs bandinio skylimai, kurių nėra visame bandinyje.



3.17 pav. Bandinių be priedų suirimas

Betono bandiniai be priedų pradėjoirti vidutiniškai, kai gniuždomasis stipris buvo 102,57 kN. Visuose trijuose bandiniuose matomi aiškūs suirimo požymiai. Daugiausia suiro bandinys Nr. 3, bandinys sutrupėjo apie 35 proc., įtrūkimai didesni nei 3 mm. Kad bandinys suirtų, buvo panaudota mažiausia gniuždomoji jėga – 8,5 MPa. Bandinyje Nr. 2 atskilo vienoje bandinio pusėje dideli betono gabaliukai, bandinys suiro 20 proc., kitoje bandinio pusėje matomi 2 mm skylimai.

3.3 Betono mišinio slankumo tyrimas

Betono mišinio slankumas nustatomas Abramsso kūgi, kurio aukštis yra 30 cm.



3.18 pav. Abramsso kūgis

Pirmiausia betono mišinys paruošiamas be priedų. Į kūgį betono tešla sukrečiama trimis sluoksniais, kiekvieną jį sutankinant, kol kūgis tolygiai užpildomas. Kai kūgis yra užpildytas, išlėto ir tolygiai keliama forma, kol betono mišinys išbėga ir jį veikia tik nuosavas svoris.



3.19 pav. Betono mišinio be priedų slankumo bandymas



3.19 pav. Betono mišinio su priedu BLIVS/PROOF (Vincent's Polyline) slankumo bandymas

Atlikus bandymą ir pamatavus kiek betono mišinys susmego, nustatyta, kad paruošto betono mišinio Weber S100, konsistencija yra skysta, nuoslūgis 20 cm. Betono mišinio konsistencijos klasė – S4.

Atlikus bandymus su drėgmę izoliuojančiais priedais ir pamatavus kiek betono mišinys susmego, nustatyta, kad nuoslūgis svyruoja nuo 13–15 cm. Betono mišinio konsistencijos klasė – S3.

4. IŠVADOS

1. Laboratoriniais bandymais nustatyta, kad drėgmę izoliuojantys priedai žymiai pagerina betono savybes.

2. Pagal rezultatus galima teigti, kad drėgmę izoliuojantys priedai žymiai padidina gniuždomąjį stiprį ir gniuždomąją jėgą, palyginti su bandiniais be jokių priedų:

a) su priedu BLIVS/PROOF (VincentPolyline) vidutinis gniuždomasis stipris – 205,70 kN, vidutinė gniuždomoji jėga – 20,67 MPa;

b) Goldenmix vidutinis gniuždomasis stipris – 206,87 kN, vidutinė gniuždomoji jėga – 21,83 MPa;

c) MASTerBetonSZcel vidutinis gniuždomasis stipris – 193,53 kN, vidutinė gniuždomoji jėga – 22,17 MPa;

d) be priedų vidutinis gniuždomasis stipris – 102,57 kN, vidutinė gniuždomoji jėga – 11,33 MPa.

3. Drėgmę izoliuojantys priedai sumažina betono bandinių suirimo procentą, mažesnis yra skilimų plotis bei atskilusių bandinio dalių kiekis.

4. Betono mišinio be priedų slankumo klasė – S4, o su drėgmę izoliuojančiais priedais – S3.

LITERATŪRA

1. **A. Naujokas**, „Statybinės medžiagos. Betonai“, Vilnius. Technika. 2009. 10 – 13 psl., 74 – 90 psl., 160 – 163 psl.,
2. **V. Jonkus, E. Jasiškienė**, „Betono ir skiedinio superplstiklis SBS“. Iš *konfeencijos „Betonas ir gelžbetonis: dabartis ir ateitis“*, įvykusios Kaune 1999 m. balandžio 8 – 9 d., *straipsniai*. Kaunas: Technologija, 1999. 59 – 63 psl.
3. **A. Abasova, D. Nagrockienė**, „Plastifikatoriaus poveikis sukietėjusio betono savybėms“. Iš konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2012 m.
4. Internetinė prieiga
http://www.spec.lt/katalogas/imone/laboratoriniu_bandymu_centras_uab_231318 [žiūrėta 2015-10-28].
5. Internetinė prieiga <http://www.problematika.lt/lt/bandymu-laboratorija/> [žiūrėta 2015-10-28].
6. Internetinė prieiga <http://www.perdanga.lt/lt/produkcija> [žiūrėta 2015-11-13].
7. Lietuvos standartas LST EN 12390-2 „Betono bandymas. 2 dalis. Bandinių pagaminimas ir kietinimas stipriui nustatyti“, Vilnius. Lietuvos standartizacijos departamentas. 2003.
8. Lietuvos standartas LST EN 12390-3 „Betono bandymas. 3 dalis. Bandinių stipris gniuždant“, Vilnius. Lietuvos standartizacijos departamentas. 2003.
9. **W. Schulze**, „DerBaustoff Beton und seineTechnologie. VerlagfürBauwesen“, Berlin. 1997
10. **W. Scholz, H. Knoblauch**, „Baustoffkenntnis“, Düsseldorf, Werner – Verlag, 1995
11. Lietuvos standartas „LST EN 206-1 taikymo taisyklės ir papildomieji nacionaliniai reikalavimai“, Vilnius. Lietuvos standartizacijos departamentas. 2003., 19 psl.
12. **M. Pelikša** „Statybinių medžiagų laboratorinių darbų metodiniai nurodymai“, Šiauliai. 2007. 67 psl.
13. **M. Kiurienė, S. Sušinskas**, „Concrete reinforced steel fiber research“. Iš *tarptautinės konfeencijos „Intelektualiosios technologijos logistikoje ir mechatronikos sistemose - ITELMS'2015“*, įvykusios Panevėžyje 2015 m. gegužės 21 – 22 d., *straipsniai*.