

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Infratekniikka

Ville Virsu

Betonisten päällystekivien valmistuksessa käytet- tävän lisäaineen vaikutus kivien laatuun ja kustan- nuksiin

Opinnäytetyö 2015

Tiivistelmä

Ville Virsu

Betonisten päällystekivien valmistuksessa käytettävän lisäaineen vaikutus kivien laatuun ja kustannuksiin, 14 sivua, 3 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Infratekniikka

Opinnäytetyö 2015

Ohjaajat: tuntiopettaja Vesa Inkilä, Saimaan ammattikorkeakoulu, vastaava työnjohtaja Ossi Murto, Kouvolan Betoni Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Kouvolan Betoni Oy:n betonisissa päällystetuotteissa mahdollisuutta käyttää lisäainetta, joka valmistajan mukaan vaikuttaisi positiivisesti kivien lujuuteen, kestävyys ja ulkonäköön. Tutkittavaksi lisäaineeksi valikoitui notkistin, joka soveltuu kyseessä oleviin betonimasoihin. Tarkoitus oli myös tutkia kustannusvaikutuksia tuotteen käytön kannalta. Lisäaineen yhtenä ominaisuutena on veden vähentämisen tarkoitus, jonka kautta voitaisiin myös vähentää sementin määrää, lujuuden kuitenkin heikentymättä. Tätä kautta voitaisiin saada kustannussäästöjä. Vaikutuksia oli tarkoitus arvioida kivien tekovaiheessa ja lopullisen tuotteen osalta. Tuotantovaiheen vaikutusten arviointien kohteita olivat betonimassan käyttäytymisen muutokset sekä tämän vaikutukset massan käyttäytymiseen tuotantokoneessa. Lisäaineen vaikutuksia lopulliseen tuotteeseen oli tarkoitus arvioida testeillä, jotka ilmaisevat tuotteen lujuutta ja kulutuskestävyyttä.

Tuotteella tehtiin testierät, joihin lisättiin lisäainetta hieman eri määriä. Näin saatiin vertailtua betonimassan käyttäytymistä lisäaineen kanssa ja myös ilman. Lisäaine lisättiin massan sekaan valmistajan ohjeen mukaan. Testierät testattiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun betonilaboratoriossa, jossa Kouvolan Betoni Oy suorittaa kaikki tarvittavat testaukset betonituotteisiinsa. Testeiksi valikoitui lujuusveto-koee sekä Böhme-testi, joka mittaa kulutuskestävyyttä.

Veden määrää ei pystytty yrityksistä huolimatta vähentämään betonimassoja tehtäessä. Tästä johtuen kustannussäästöjä ei tätä kautta pystytty saamaan aikaiseksi. Kivien testien tulokset olivat vaihtelevat. Suurin yksittäinen lujuus mitattiin kivillä, jossa oli mukana lisäainetta, mutta lisäaineella tehtyjen kivien keskilujuus oli hieman heikompi kuin ilman lisäainetta tehdyillä kivillä. Lujuuden tulosten keskihajonta oli hyvin suuri lisäaineella tehdyillä kivillä. Kulutuskestävyydessä ei ilmennyt isoja eroja erien välillä. Testien perusteella positiivisia vaikutuksia lisäaineen käytöllä ei näissä kokeissa ilmennyt, eikä tällä hetkellä aineesta ole kustannuksia ajatellen hyötyä Kouvolan Betoni Oy:lle. Lisäainetta voitaisiin kuitenkin tutkia pidemmällä aikavälillä, jotta betonireseptejä voitaisiin mahdollisesti säätää ja saada positiivisia vaikutuksia aikaan.

Avainsanat: betoni, päällystekivet, notkistin

Abstract

Ville Virsu

The effects of additive mix for quality and costs, used in manufacturing concrete pavement products, 14 pages, 3 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Degree programme in Construction management

Infrastructure technology

Bachelor's thesis 2015

Instructors: Mr. Vesa Inkilä, lecturer, Saimaa University of Applied Sciences ,
Mr. Ossi Murto, foreman in charge, Kouvolan Betoni Oy

The purpose of this thesis was to examine the possibility to use a concrete admixture in pavement stones, which according to the manufacturer, would make a positive effect for the stones. The positive effect would show as better strength, durability and visual appearance. The selected admixture in this situation was plasticizer, that is suitable for this kind of concrete. One objective was also to study the impact on costs. As admixture is added in concrete, it should be possible to decrease the amount of cement without reducing the strength. That would affect the costs. All of these impacts were supposed to be evaluated at the manufacturing stage and on the final product. Impacts of evaluation in the manufacturing stage were changes of concrete mix and affects in production machine. Effects of the admixture were then supposed to be evaluated with tests, that express the strength and wear resistance of the product.

Test samples with different amounts of admixtures were made with the product. This made it possible to review the behaviour of concrete mix with and without the admixture. The admixtures were added among the concrete mix as instructed by manufacturer. These test samples were tested in the concrete laboratory of Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, University of Applied Sciences, where Kouvolan Betoni Oy performs all required tests to their concrete products. The tests which were selected were Böhme-test which measures wear resistance and a test which measures pulling strength of the product.

Despite of attempts, the amount of water could not be decreased in the concrete mix. Due to this, lowering of manufacturing costs could not be achieved. The test results of the samples varied. The greatest single strength was measured at stone made with admixture, but also these concrete stones made with admixture had lower average strength than stones without admixture. The standard deviation in stones with admixture was very high. Differences in wear resistance were minimal between samples. According to tests, there were no positive effects at using the admixture and no affect for lowering costs. It could be possible to study the product more and recipes for concrete to adjust, so positive affects could be achieved.

Keywords: concrete, pavement stones, plasticizer

Sisällys

1 Johdanto	5
1.1 Työn tarkoitus	5
1.2 Työn tavoitteet	5
2 Betoni ja sen ominaisuudet.....	5
2.1 Betoni ja sen käyttökohteet	5
2.2 Betonin lisäaineet.....	6
3 Päälystetuotteissa käytettävä betoni.....	7
3.1 Betonin koostumus.....	7
3.2 Tutkimuksessa käytettävä lisäaine ja sen vaikutukset	8
4 Päälystetuotteiden testierien valmistus.....	8
5 Testieriin tehtävät testaukset.....	11
6 Testien tuloksien analysointi	11
6.1 Halkaisuvetolujuus-kokeen tulokset	11
6.2 Böhme-testin tulokset	12
7 Johtopäätökset.....	12
7.1 Lisäaineen hyödyt, haitat ja laatuvaikutukset	12
7.2 Kustannusvaikutukset.....	13
Kuvat	13
Lähteet	14

Liitteet

- Liite 1 Halkaisuvetokokeen tulokset
- Liite 2 Böhme-testin tulokset
- Liite 3 Julkaisulupa tutkimustuloksille

1 Johdanto

1.1 Työn tarkoitus

Betonin valmistus nykypäivänä on hyvin tarkkaan valvottua. Erilaisia betonilaatuja on paljon eri käyttökohteiden mukaan. Näitä erilaisia betonilatuja voidaan mukauttaa erilaisilla kiviainesten määrillä, sementin määrällä sekä veden määrällä. Betonin rakennetta ja työstettävyyttä voidaan myös muuttaa lisäaineiden käytöllä. Näitä lisäaineita ovat esimerkiksi notkistimet, huokostimet sekä hidastimet. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia betonituotetehtaalla valmistettävien päällystekivien tuotannossa käytettävän betonimassan toimintaa, kun siihen lisätään tarkoitukseen sopivaa lisäainetta. Kokeet suoritettiin Kouvolan Betoni Oy:n betonituotetehtaalla, jonka päällystetuotteissa käytettävässä betonimassassa ei ole aikaisemmin käytetty lisäaineita.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena oli saada luotettavia tuloksia kyseessä olevan lisäaineen vaikutuksista päällystetuotteissa käytettävään betonimassaan, niin valmistuksen aikana kuin myös vaikutukset lopulliseen tuotteeseen. Testien ja tulosten perusteella voitaisiin arvioida lisäaineen mahdollista laajempaa käyttöä. Testauserät valmistetaan samana päivänä jolloin olosuhteet ovat erille samanlaiset. Varsinaiset testit suoritetaan Kymenlaakson ammattikorkeakoulun betonilaboratoriossa, jossa Kouvolan Betoni Oy suorittaa kaikki tuotteisiinsa vaadittavat testaukset.

2 Betoni ja sen ominaisuudet

2.1 Betoni ja sen käyttökohteet

Betoni on yksi tärkeimmistä rakennusmateriaaleista ja kantavissa rakenteissa tärkein. Betonimassa koostuu yksinkertaisimmillaan runkoaineksesta eli kiviaineksesta ja sorasta, sideaineesta eli sementistä sekä vedestä. Lisäksi betoniin voidaan lisätä erilaisia lisäaineita jolla ominaisuuksia saadaan muokattua. Betonia voidaan valmistaa hyvinkin erilaisia seoksia ja lujuuksia vaihdellen osa-ainek-

sien suhteita sekä lisäaineiden määrää. Näillä ominaisuuksien muunnelmilla voidaan saada aina sopiva betoni käyttökohteeseen. Betonin valmistus on erittäin tarkkaan seurattua, kuten myös sementin sekä kiviaineksien valmistus. Näin voidaan varmistua betonin laadukkuudesta ja hyvin tarkkaan määrittää mahdollisen viallisen erän ongelmat. Betonia voidaan käyttää valaen rakenteita rakennuspai- kalla tai käyttäen betonivalmistausta, kuten betonielementtejä. Tärkeitä käyttökohteita ovat edelleen sillat, laiturit putkistot, viemärit sekä paalut. Betonin suosio perustuu edulliseen hintaan runkomateriaaleja verratessa lujuuden ja jäykkyyden suhteen sekä myös kosteuden keston. Betoni on erittäin hyvin kosteuden kes- tävä materiaali ja tämän takia sitä käytetään paljon vedenkestävissä rakenteissa. Betonista saadaan tehtyä tarvittaessa täysin vesitiivistä. Myöskään mikrobit eivät viihdy betonissa joten betoni ei itsessään homehdu.(1; 2.)

2.2 Betonin lisäaineet

Betoniin lisättävillä lisäaineilla voidaan vaikuttaa hyvin paljon betonimassan omi- naisuuksiin. Tärkeimpiä lisäaineita ovat notkistimet, hidastimet sekä huokostimet. Muita lisäaineita ovat kiihdyttimet, paisuttimet sekä erilaiset tiivistys- ja injektioai- neet, mutta näiden käyttö on huomattavan pientä. Aineilla voidaan muokata be- tonimassan käyttäytymistä ennen kovettumista sekä myös kovettuneen massan ominaisuuksia. Betonin kovettumis- ja sitoutumisnopeuteen voidaan myös vai- kuttaa. Lisäaineita käytettäessä on aina tehtävä esikokeet, jotta voidaan varmis- tua massan toimivuudesta. Lisäaineilla saattaa olla myös sivuvaikutuksia, jotka pitää ottaa huomioon näitä betonimassoja käytettäessä. (3.)

Notkistimet ovat aineita joilla pystytään vaikuttamaan betonimassan työstettävyy- teen, veden sekä sementin määrään ja näiden asioiden kautta teknisiin ja talou- dellisiin ominaisuuksiin. Notkistinta lisättäessä voidaan vettä vähentää huomattavasti betonimassassa ja koska veden ja sementin suhde on tärkein vaikuttaja betonin lujuuteen, voidaan myös sementtiä vähentää vaikuttamatta betonin lujuu- teen ja työstettävyyteen. Sementin vähentämisellä on suuri vaikutus kustannuk- siin betonimassassa. Erilaisia notkistimia on hyvin paljon ja pääsääntöisesti ne jaetaan kahteen ryhmään tehokkuuden perusteella, notkistimiin ja tehonotkisti- miin. Notkistinta käytetään normaalisti noin 1...1,5% sideaineen eli sementin

määrästä betonimassassa. Korkealujuuksisten betonien valmistus ilman notkistimia olisi käytännössä mahdotonta. (4.)

Hidastimilla voidaan vaikuttaa betonin sitoutumisen alkamisaikaan. Tämä on tarpeellista esimerkiksi pitkissä kuljetusmatkoissa. Hidastimilla voidaan myös tavoitella betonimassan muokkausajan pidentämistä. Hidastimia käytetään normaalisti vain lämpiminä ajankohtina koska kylmänä aikana matala lämpötila hidastaa sitoutumista riittävästi. (5.)

Huokostimilla voidaan betonissa olevaa ilmamäärää nostaa normaalista. Ilman huokostimia tehdyssä betonissa on ilmaa noin 1 - 2 %, mutta kun halutaan betonista saada pakkasenkestävää, pitää ilmamäärää nostaa tilanteesta riippuen noin 4 – 8 %. Huokostaettaessa betonia, massa muodostuu ilmakuplia joiden tarkoituksena on vastaanottaa paine, joka muodostuu betonissa olevan veden jäätyessä. Näiden niin kutsuttujen suojahuokosten tulisi olla sopivan kokoisia ja tietyllä etäisyydellä toisistaan, jotta ne toimisivat tarkoituksenmukaisesti. Tätä asiaa ei pystytä varmistamaan tuoreesta massasta, vaikkakin kokonaisilmamäärä pystytään toteamaan jo tässä vaiheessa. Pinta- ja ohuthiekokeilla voidaan varmistua huokostamisen onnistumisesta. (6.)

3 Päälystetuotteissa käytettävä betoni

3.1 Betonin koostumus

Päälystetuotteissa käytettävä betoni Kouvolan Betoni Oy:n päälystetuotannossa on maakostea betonia, jossa on hyvin vähän vettä verrattuna normaaliin betonimassaan. Pieni vesimäärä tuo päälystetuotteille myös säänkestävyyden, kun betonin koko vesimäärä pääsee reagoimaan sementin kanssa, jolloin kovettuneeseen betoniin ei jää ylimääräistä vettä, joka pystyisi jäätymään pakkasella. Tuotteen kuivumisvaiheessa betonia ei kuitenkaan saa päästää jäätymään, tällöin vaarana on huomattava lujuuden heikentyminen. Opinnäytetyössä tutkittavia päälystekiviä tehdään Zenith-merkkisellä tuotantokoneella, johon maakostea betoni viedään ja kone annostelee, täryttää ja muotoilee massan valmiiksi kiviä. Käytettävässä massassa ei ole ollut ollenkaan lisäaineita aikaisemmin. Tuotan-

non betonimassa on oltava erittäin tasalaatuista kosteudeltaan, jotta tuotantokone toimisi oikein. Massan ollessa liian kosteaa kivet helposti tekovaiheessa putoavat muotistaan, jolloin ne hajoavat. Massan taas ollessa liian kuivaa, tuotteista tulee helposti hauraita. Liian kostea tai kuiva massa vaikuttaa myös negatiivisesti tuotteiden pinnan laatuun. Päälystetuotteissa voidaan myös käyttää erilaisia väriaineita, joilla saadaan hyvin paljon erilaisia värisävyjä valmiisiin tuotteisiin. Väriaineita käytettäessä on otettava huomioon niiden vaikutus betonimassaan. Päälystetuotteissa ei normaalisti käytetä raudoitusta ollenkaan.

3.2 Tutkimuksessa käytettävä lisäaine ja sen vaikutukset

Tutkimuksessa käytettäväksi lisäaineeksi valikoitui Semtu Oy:n markkinoima maakosteisiin betonimassoihin tarkoitettu notkistin, markkinanimeltään Quantec PL-501, joka markkinoijan mukaan vaikuttaisi oikein käytettynä positiivisesti kivien lujuuteen, kestävyteen sekä ulkonäköön. Lisäaineen tarkoituksena on tehdä betonimassa tiiviimpää ja sitkeämpää, jolloin myös tuotteiden tekeminen helpottuisi massan ollessa stabiilimpaa. Notkistimen tarkoituksena on myös veden vähentämisen tavoite, jolloin myös sementtiä pystyttäisiin vähentämään, joka taas toisi pitkällä tähtäimellä taloudellisia säästöjä. Tämä asia oli tutkittavana myös kun kokeita lähdettiin suorittamaan. Notkistin voidaan lisätä sekoitusveden mukana tai sekoitetaan valmiiseen massaan.

4 Päälystetuotteiden testierien valmistus

Testierät valmistettiin 9.1.2014 Kouvolan Betoni Oy:n tuotetehtaalla. Kivityyppinä toimi 60 millimetrin paksuinen suorakaidekivi, kooltaan 278 millimetriä x 138 millimetriä. Testierät suunniteltiin tehtäväksi puolen kuution erissä ja ilman väriaineita. Kouvolan Betoni Oy:n tuotetehtaan betonimyllyn laitteisto osaa korjata vesimääriä runkoaineiden kosteuden perusteella, kun nämä syötetään laitteistoon. Valmiin massan kuitenkin tarkastaa ja varmistaa mylläri, ennen kuin se syötetään tuotantolaitteisiin. Tässä vaiheessa on mahdollista korjata massan koostumusta esimerkiksi veden lisäämisellä. Tällä varmistetaan betonimassojen tasalaatuisuus ja tuotantokoneiden varma toiminta. Kouvolan Betoni Oy:n laborantti Heikki Vihertö oli mukana koemassojen valmistuksessa sekä tuotteita tehdessä.

Ensimmäiseksi valmistettiin normaali betonimassa, jolla tuotteita normaalisti tehdään. Vettä ensimmäiseen massaan tuli valmiin reseptin mukaisesti, tässä tapauksessa puolen kuution erässä noin 21 litraa. Ensimmäinen koemassa huomattiin tuotteita tehdessä hieman kuivaksi, joten tämän jälkeen valmistettiin vielä toinen normaali massa. Tähän toiseen koemassaan lisättiin hieman enemmän vettä ja lisätyn veden määräksi tuli noin 25 litraa. Sementtiä tässä erässä oli noin 200 kiloa. Toisella koemassalla tuotetta tehtäessä, todettiin massan olevan hyvää ja valmistukseen sopivaa. Koemassan 2 tiedot löytyvät liitteestä 1.

Kolmanteen koemassaan lisättiin notkistinta. Notkistimen käyttöselosteen mukaan suositeltava annos on 0,5% - 2,0% sideaineen kokonaismäärästä. Päätimme lisätä ensin 0,5 prosenttia notkistinta tämän koemassan sekaan. Sementin määrä massassa oli noin 200 kiloa, joten massaan laitettiin yksi litra notkistinta. Notkistin laitettiin sekoittimeen massan ollessa muuten valmista ja sekoitinta pyöritettiin vielä noin minuutin verran, jotta lisäaine varmasti olisi hyvin sekoittunut massan sekaan. Vettä tähän massaan laitettiin yhtä suuruinen määrä kuin aiemmin, eli 25 litraa. Tällä haluttiin kokeilla massan erilainen käyttäytyminen notkistinta lisättäessä. Tämä kolmas koemassa käyttäytyi tuotteita tehdessä hyvin samalla lailla kuin normaali massa. Vesimäärän ollessa sama kuin aiemmissa massoissa ja notkistinta lisättynä, koe-erä ei vaikuttanut liian kostealta ja toimi tuotantokoneessa hyvin.

Neljänteen koemassaan annosteltiin myös puoli prosenttia notkistinta. Notkistimen tarkoituksena oli myös vähentää veden tarvetta, joten alkuperäisestä reseptistä laskettiin veden määrää 17 litraan. Tämä vesimäärä osoittautui kuitenkin jo massan pyöriessä myllyssä liian alhaiseksi ja massa aivan liian kuivaksi, joten vettä lisättiin pienin annoksin kunnes massa oli tarkoituksenmukaista. Vettä lisättiin noin litran välein ja vettä tähänkin massaan lopulta tuli noin 24,5 litraa. Tällöin todettiin massan olevan hyvää tuotannon käyttöön. Tämä koemassa toimi myös hyvin ja tuotteiden tekeminen onnistui hienosti.

Tämän jälkeen tehtiin vielä yksi koemassa, johon annosteltiin notkistinta yksi prosentti. Myös tähän massaan koetettiin vähentää veden annostusta jo alun alkaen, mutta kuten edellisessä koe-erässä, tässäkin jouduttiin vettä annostelemaan normaali määrä. Massa toimi tuotantokoneessa kuitenkin hyvin.

Koe-eriä tehtäessä tehtiin huomio kivien pinnan muutoksista ilman lisäainetta ja tätä lisättyä. Koemassoilla joissa oli lisäainetta, pinta tuli hieman sileämmäksi kuin ilman lisäainetta. Ohessa ovat kuvat 1 ja 2, kuvassa 1 on ilman lisäainetta valmistettu kivi ja kuvassa 2 on lisäaineella valmistettu kivi. Kivien pinnassa on huomattava ero sileyden suhteen. Kuvat ovat otettu kivien kuivettua.



Kuva 1. Ilman lisäainetta valmistettu kivi



Kuva 2. Lisäaineen kanssa valmistettu kivi

5 Testieriin tehtävät testaukset

Koe-eriin valittiin tehtäväksi kaksi erilaista testiä, joilla pyrittiin selvittämään erien välisiä eroja lujuuden sekä kulumisen osalta. Nämä testit olivat Halkaisuvetolujuus-koe ja kulumisen testaava Böhme-testi. Nämä testaukset suoritettiin standardin SFS-EN 1338 – Betoniset päällystekivet mukaisesti. Kokeet suoritettiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa tammikuussa 2015. Testieriksi valittiin valmistetuista koe-eristä toinen ja neljäs erä. Molemmista eristä valittiin 11 kappaletta kiviä, kahdeksan kappaletta halkaisuvetolujuus-testiä varten sekä kolme kappaletta Böhme-testiä varten. Kivet valittiin tuotetuista kivinipuista samoista paikoista, jotta tuotantokoneen muotin mahdollinen erilainen kuluminen eri kohdista ei vaikuttaisi kivien testituloksiin.

6 Testien tuloksien analysointi

6.1 Halkaisuvetolujuus-kokeen tulokset

Halkaisuvetolujuus-kokeen tulokset ovat liitteessä 1. Näissä tuloksissa päällystekivi 1 on koe-erästä 2, joka on tehty ilman lisäainetta. Päällystekivi 2 on tuloksissa koe-erästä 4, joka tehtiin lisäaineen kanssa. Lisäainetta tässä erässä oli 0,5%.

Tulokset olivat mielenkiintoiset. Kiviä tehtäessä huomioitiin lisäaineen positiivinen vaikutus pinnan sileyteen. Tästä johtuen arvioitiin kivien tiheyden olevan suurempi, jolla olisi myös positiivinen vaikutus lujuuteen, tulokset kuitenkin osoittavat ilman lisäainetta tehtyjen kivien lujuuden suuremmaksi. Lisäaineella tehdyillä kivillä näyttäisi olevan hyvin suuri hajonta tulosten suhteen. Suurin yksittäinen lujuus on kivellä, joka on tehty lisäaineella, mutta myös yksittäinen pienin lujuus. Ilman lisäainetta tehdyissä kivissä keskihajonta on huomattavasti pienempi ja kivien lujuus vähintäänkin riittävä. Lujuuden keskiarvo ilman lisäainetta tehdyillä kivillä on 5,1 Mpa, kun taas lisäaineen kanssa tehtyjen kivien lujuuden keskiarvo on 4,8 Mpa.

Tuloksien perusteella lisäaineella ei näyttäisi olevan positiivista vaikutusta kivien lujuuteen. Testikivet valittiin samoista kohdista kivinippuja ja kuitenkin keskihajonta on hyvin suuri lisäaineella tehdyillä kivillä. Tämä voisi viitata massan epähomogeenisuuteen, jota kuitenkin yritettiin pienentää riittävällä sekoitusajalla.

6.2 Böhme-testin tulokset

Böhme-testin tulokset ovat liitteessä 2. Tuloksissa sarja 1 on koe-erästä 2, joka tehtiin ilman lisäainetta. Sarja 2 on koe-erästä 4, jossa lisäainetta oli 0,5%.

Böhme-testin tulokset ovat molemmilla koe-erillä hyvin lähellä toisiaan ja huomattavia eroja ei tässä testissä syntynyt. Huomattavaa on kuitenkin lisäaineella tehtyjen kivien tiheydet, joissa on enemmän hajontaa kuin ilman lisäainetta tehdyillä kivillä. Tuloksien mukaan kuluminen on kuitenkin molemmilla erillä hyvin samantyyppistä ja alittaa helposti standardin mukaisen maksimikulutuksen.

7 Johtopäätökset

7.1 Lisäaineen hyödyt, haitat ja laatuvaikutukset

Nyt tehtyjen testien tuloksien mukaan lisäaineen käytöllä ei olisi tässä tilanteessa huomattavia positiivisia vaikutuksia, lujuuteen lisäaineella oli lähinnä negatiivinen vaikutus. Lujuudet täyttävät kyllä hyvin standardien vaatimukset, mutta verrattuna normaaliin massaan, hajontaa ilmeni hyvin paljon enemmän. Kuten aikaisemmissa kuvissa käy ilmi, lisäaine hieman vaikutti kivien visuaaliseen ilmeeseen.

Kivistä tuli hieman sileämpiä, joka on positiivista normaalisti. Sileämmässä pinnassa tosin pienet rikkonaisuudet erottuvat hyvin paljon selkeämmin kuin hieman karkeammassa pinnassa. Pinnan erot ja paremmuus ovat kuitenkin hyvin pitkälle makuasia.

7.2 Kustannusvaikutukset

Näiden kokeiden tarkoituksena oli selvittää myös mahdollisuutta vähentää sementin määrää betonimassoissa. Tämä olisi mahdollista veden vähentämisen kautta, johon lisäaineen piti antaa mahdollisuus. Näissä kokeissa ei kuitenkaan pystytty vettä vähentämään, vaikka lisäainetta massoihin lisättiin. Tästä johtuen ei sementin vähentämistä voitu alkaa betonimassoihin tekemään. Lisäaineen vaikutusta veden vähentämiseen ja tätä kautta sementin vähentämiseen olisi syytä tutkia pidemmällä aikavälillä, jolloin mahdollisesti saataisiin reseptiä säädettyä kohdilleen, vaarantamatta tuotekoneen toimivuutta ja tätä kautta vaikutuksia tuotteiden valmistuksen ja paketoinnin aikatauluihin. Vaikka sementtiä pystyttäisiin vähentämään, pitää kustannuksia ajatella myös kokonaisuutena. Otettaessa lisäaine vakituiseen käyttöön, pitäisi Kouvolan Betoni Oy:n investoida hieman lisäainelaitteistoihin, jotta ylimääräinen lisäaine voitaisiin annostella automaattisesti. Tällä hetkellä betonituotetehtaan myllyllä ei ole mahdollista suoraan ottaa käyttöön uutta lisäainetta.

Kuvat

Kuva 1. Ilman lisäainetta valmistettu kivi s. 10

Kuva 2. Lisäaineen kanssa valmistettu kivi s. 11

Lähteet

1. Betonitekniikan oppikirja By 201 s. 15
2. Betoni.com (Perustietopaketti) <http://www.betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti> Luettu 21.2.2015
3. Betonitekniikan oppikirja By 201, lisäaineet s. 63
4. Betonitekniikan oppikirja By 201, notkistimet s. 64
5. Betonitekniikan oppikirja By 201, hidastimet s. 67
6. Betonitekniikan oppikirja By 201, huokostimet s. 66

Tilaja	Kouvolan Betoni Oy	Tilauspvm	14.1.2015
		Näytteen saapumispvm	19.12.2014
Viite	201/testierä		
Tuote	Pihakivet 278*140*60		
Valmistus pvm.	9.1.2014		
Tutkimuksen tiedot	SFS-EN 1338, Pihakivien lujuus ja kuluman mittaaminen Böhme-testillä		
Tutkimuslaitoksen yhteishenkilö	Laboratorioinsinööri Teemu Pirinen, p. 044 702 8270, sähköposti. teemu.pirinen@kyamk.fi		

TULOKSET:

SFS 1338 LIITE F: Halkaisuvetolujuus, testipvm. 14.1.2015

Taulukko 1. Päälystekiven 1 halkaisuvetolujuustulokset

Tunnus	Murtokuorma [kN]	Lujuus [Mpa]	Murtokuorma kiven pituusyks. kohden [N/mm]
1_4	156,4	5,3	560
1_5	147,1	5,0	530
1_6	160,9	5,3	580
1_7	171,1	5,8	620
1_8	150,1	5,0	540
1_9	138,9	4,7	500
1_10	152,5	5,1	550
1_11	128,7	4,3	460
Keskiarvo	150,7	5,1	543
Keskihajonta	13,1	0,4	48,6

Taulukko 2. Päälystekiven 2 halkaisuvetolujuustulokset

Tunnus	Murtokuorma [kN]	Lujuus [Mpa]	Murtokuorma kiven pituusyks. kohden [N/mm]
2_4	177,4	5,9	640
2_5	147,8	4,9	530
2_6	134,0	4,4	480
2_7	120,6	4,1	430
2_8	114,7	3,9	410
2_9	205,0	6,9	740
2_10	120,9	4,0	430
2_11	139,6	4,7	500
Keskiarvo	145,0	4,8	520
Keskihajonta	31,4	1,0	115,4

Tämän tutkimusselosteen osittainen julkaiseminen on sallittu vain tutkimuslaitoksen kirjallisella luvalla.

SFS 1338 LIITE H: Kulutuskestävyys, Böhme-testillä, testipvm. S1, 16.1.2015, S2, 20.1.2015

Taulukko 3. Böhme-testin tulokset päällystekivet 1

Tunnus	Tiheys [g/mm ³]	Painonmuutos [g]	Tilavuuden muutos [mm ³]	Kuluminen [1000 mm ³ / 5000 mm ²]
Sarja 1.1	0,00221	21,00	9503	9873
Sarja 1.2	0,00219	19,30	8811	9191
Sarja 1.3	0,00218	20,40	9377	9694
Keskiarvo	0,00219	-	-	9590

Taulukko 4. Böhme-testin tulokset päällystekivet 2

Tunnus	Tiheys [g/mm ³]	Painonmuutos [g]	Tilavuuden muutos [mm ³]	Kuluminen [1000 mm ³ / 5000 mm ²]
Sarja 2.1	0,00215	21,30	9899	10115
Sarja 2.2	0,00221	19,40	8777	8945
Sarja 2.3	0,00217	19,30	8889	9015
Keskiarvo	0,00218	-	-	9360

Kotkassa 20.1.2015
Betonintestauspalvelut
Digitaalinen allekirjoittaja: Matti
Havuaho
Päiväys: 2015.01.20 14:55:15 +02'00'
Matti Havuaho, RI (AMK)

Tämän tutkimusselosteen osittainen julkaiseminen on sallittu vain tutkimuslaitoksen kirjallisella luvalla.

Tutkimuselostuksen julkaiseminen

Kouvolan Betoni Oy:n Ville Virsu, saa julkaista tutkimuselostuksen RAK2015009 opinnäytetyössään.

Digitaalinen allekirjoittaja:

Matti Havuaho

Päiväys: 2015.04.20 08:31:59

+03'00'

Matti Havuaho

KymiLabs, betonintestauspalvelut

Kotka, 20.4.2015